

トンネルと地下 **11**

vol. 48
no. 11
2017

Tunnels and Underground

中・短尺ボーリングを併用し得られた地質情報で断層破碎帯を施工
崩落対策および湧水対策を駆使し強風化花崗岩地山を施工
ノンコア削孔検層を活用した補助工法要否の判定と小土かぶり部の掘削
長距離水中流動充填材の開発によるトンネル内部の汚染水除去と閉塞
東京都心部を縦断する大深度・長距離シールドの設計

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、軟弱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4.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

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

吸引ダクトが無くても**全ての断面、全ての延長**に対応

たった**37kW**で**2,750m³/min** イーダスコ270使用時

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO

イーダスコ240/イーダスコ270
ファン動力30kW ファン動力37kW

NETIS

公共工事における新技術活用システム
登録番号: TH-100024-VE

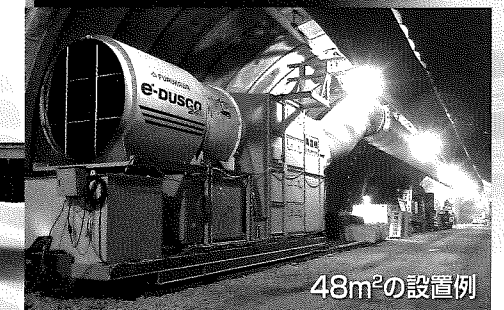
経済産業省後援
第39回優秀環境装置
日本産業機械工業会 会長賞

全てのトンネルに適用可能!



- クラス最高の集じん効率95%^{※4}
- 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



48m²の設置例

希釈封じ込め方式での計算例

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

| 品名 | e-DUSCO240 | e-DUSCO270 |
|---------------------|--|--|
| 型式 | FTE2400/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 ^{※5} |
| 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 (伸縮風管接続時と同じ) | 23kW・28kW・40kW・任意 (伸縮風管接続時と同じ) |
| 洗浄水 ^{※3} | 2.4~3.2m ³ /回 | |
| 捕集ダスト処理 | 湿式 | |
| 集じん効率 ^{※4} | 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 入口ダクト及び絞リダクトは含みません。※2 台車および揚重用具の高さは含みません。※3 機種により多少異なります。
 ※4 JIS Z 8808 並びに換気技術指針(H24.3)に定める試験方法に基づき第三者計量機関により測定した値です。※5 任意設定にて最大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

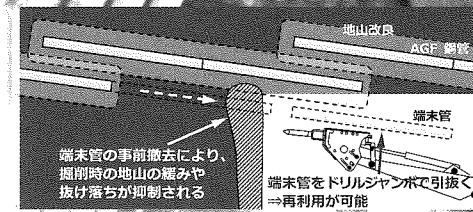
URL:<http://www.furukawa-sanki.co.jp/>

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

日本で生まれ、世界へ広がる。NATMの補助工法

掘削断面内の末端管を引抜き、掘削時の地山への影響を低減

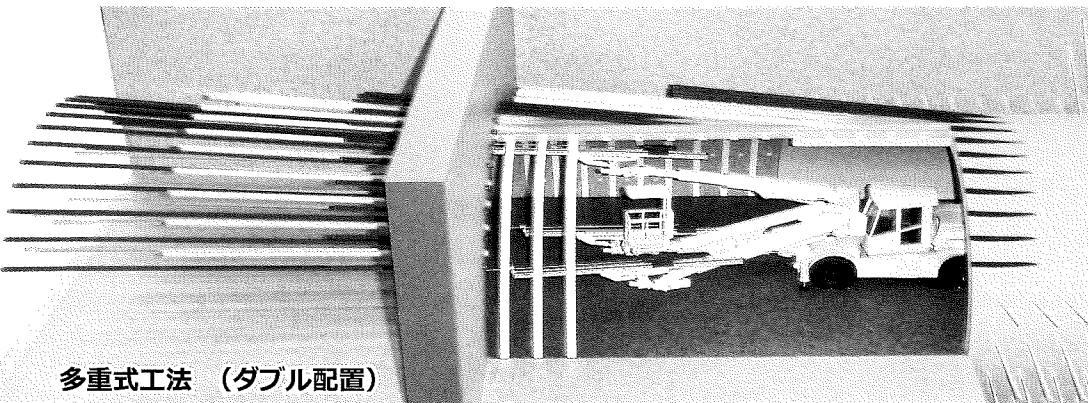
鋼管設置時に、専用の治具を使用して末端管を中間管から引抜く工法
掘削時の末端管切断撤去が不要なため、撤去の衝撃による
地山の抜け落ちや周辺の緩みなどの懸念がなく
末端管の再利用もできることから
コスト低減も可能となります



NETIS登録番号:CB-150001-A
AGF-Tk工法

多重式長尺フォアパイリング NETIS登録番号:CG-130024-A

多重式工法とは奇数管と偶数管の施工断面をずらし、鋼管あるいは改良体が常にダブル配置となる工法です。鋼管下部や鋼管間からの地山の抜け落ちが低減でき、天端の安定性および経済性が向上します。

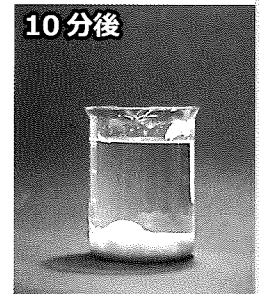
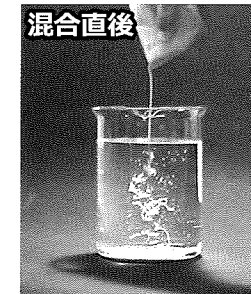


▶ 補助工法ラインアップ 注入式フォアボーリング / 各種長尺フォアパイリング / エコリムーフ工法
パノラマ工法 (φ60.5MRS、φ76.3、φ89.1)



スーパーSRF シリカレジン系注入材

- 地山改良効果に優れ、湧水下でも発泡・固結
- 水に溶解しないため、白濁や泡立ちが発生しない



KOD-M (カバード・エム) ウレタン系減水・止水材

- 帯水地山でのトンネル掘削工事における切羽の安定
- 帯水弱層における補強および減水、止水
- コンクリートクラックの漏水補修 (トンネルや水路等)



多岐にわたり適用可能

▶ 営業品目 各種ロックボルト / GRPロックボルト / 高耐力ロックボルト / ロックボルト定着材 / 各種注入材 / コンクリート皮膜養生剤クラテキユア / 建設資材全般

KATECS

株式会社カテックス 建設資材事業部

〒460-8331名古屋市中区上前津1丁目3番3号

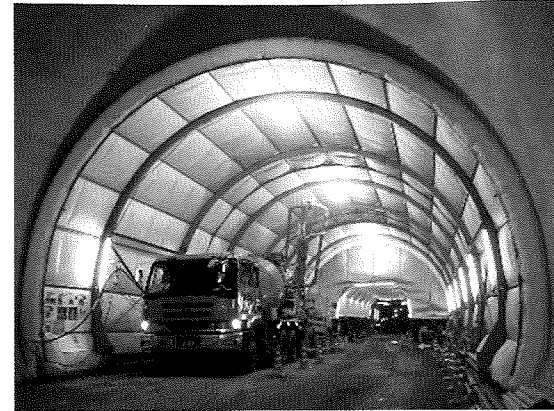
| | | |
|--------------------|------------------|------------------|
| 技術部・中部営業部 | TEL 052-331-8821 | FAX 052-332-0164 |
| 東京支店 | TEL 03-3260-8321 | FAX 03-3266-1648 |
| 東京支店(仙台事務所) | TEL 022-344-6041 | FAX 022-344-6042 |
| 関西営業所 | TEL 06-6578-3235 | FAX 06-6578-3237 |
| 九州営業所 | TEL 092-574-0856 | FAX 092-574-0846 |
| 北海道地区(㈱エイチ・アール・オー) | TEL 011-821-5868 | FAX 011-821-6644 |

URL <http://www.katecs.jp/> email construction@katecs.co.jp

バルーンの東宏です



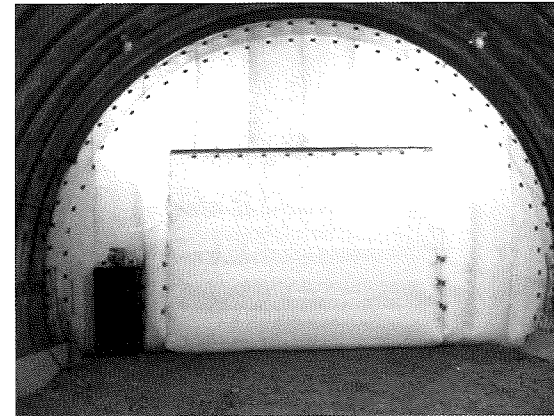
セントル養生バルーン(HR-04005VE)



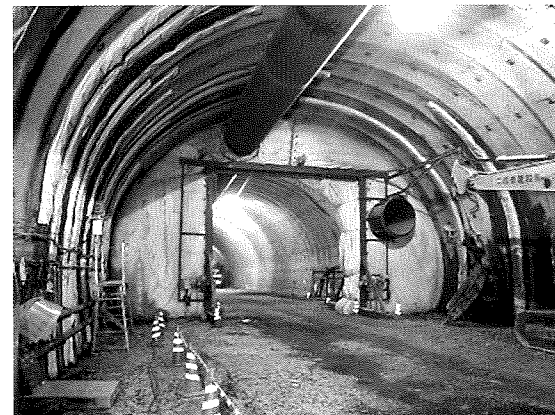
コンクリート養生バルーン(HR-04005VE)



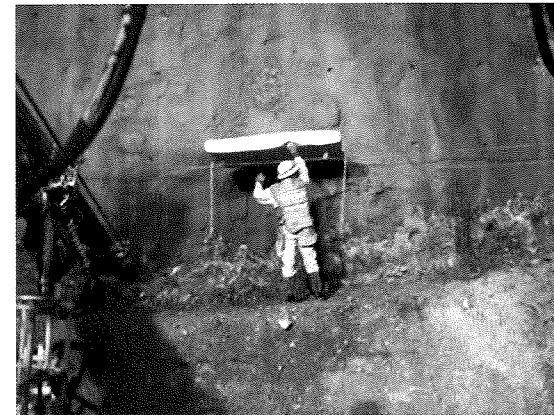
アクアカーテン(HR-110011VE)



隔壁バルーン(HK-100007VR)



トラベルクリーンカーテン(HK-120040A)



肌落防護マット

《取扱い製品》 積算温度管理システム、モイスタータックプチ、トラミッキーカバー、ベルコン昇降装置
キュアマイスター、モイストキュア、支保工スクレツパ、セントル、シート台車、棧橋、他

TOUKOU 株式会社 東 宏

本社 札幌市東区東雁来9条3丁目2番3号
TEL011-792-3000 FAX011-792-3333

東京支店 墨田区両国2丁目18番4号 中尾ビル4F
TEL03-6659-3841 FAX03-6659-3845

URL <http://www.k-toukou.co.jp/>

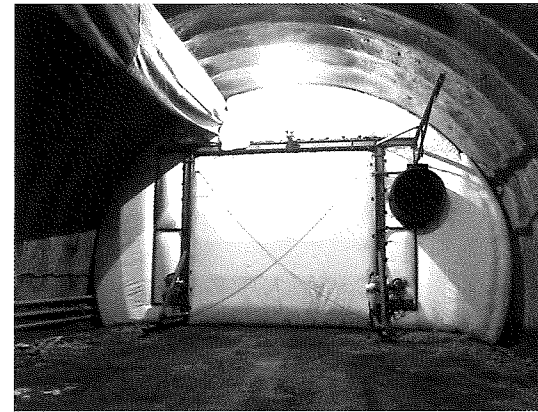
トラベルクリーンカーテン(TCC)

NETIS登録 HK-120040-A 特許5757758号

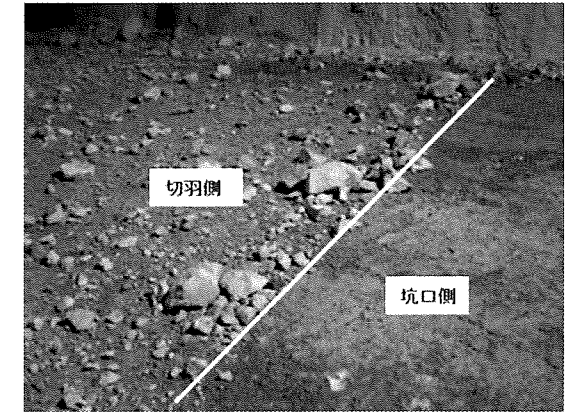
特徴

- 1, 粉塵を完全に封じ込め、粉塵が坑内へ拡散しません
- 2, 発破飛散石を完全に受け止め、重機を飛散石から守ります
- 3, クラッシャーの切羽側へ設置することで、サイドダンプによるズリ運搬距離が短縮可能となります

写真



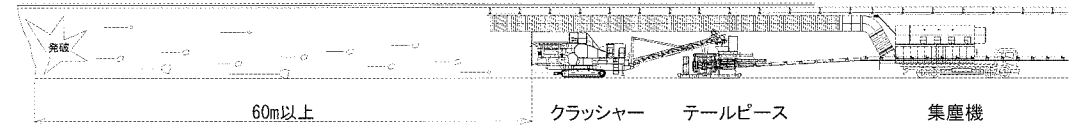
発破時のTCC



発破後の防護状況

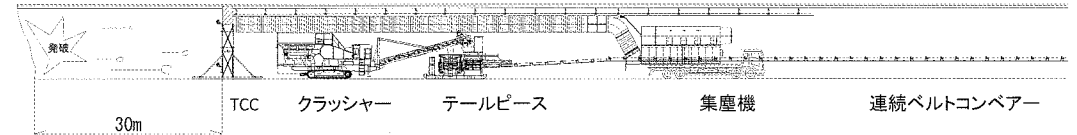
概念図

従来工法



従来工法: 切羽からクラッシャーまでの距離が長く、サイドダンプでの移動距離が長い

TCC工法



TCC工法: 切羽からクラッシャーまでの距離が短く、サイドダンプでの移動時間が短縮される
又、移動距離が短くなることでサイドダンプの負担が減少する(修理費の低減)

総販売元

ITOCHU

伊藤忠建機株式会社

エンジニアリング事業部 山岳土木機械部
東京都中央区日本橋室町1丁目13番7号
電話 03(3242)5022 FAX 03(3242)0370

製造

TOUKOU 株式会社 東 宏

本社 札幌市東区東雁来9条3丁目2番3号
TEL011-792-3000 FAX011-792-3333
東京支店 墨田区両国2丁目18番4号 中尾ビル4F
TEL03-6659-3841 FAX03-6659-3845

URL <http://www.k-toukou.co.jp/>

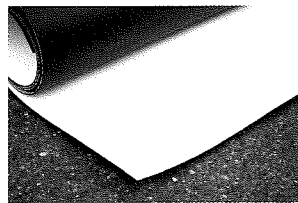
ウォータータイトトンネル 防水システム



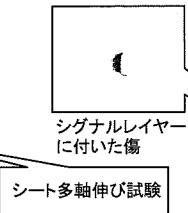
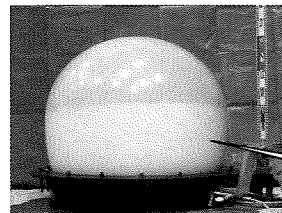
非排水型防水システム用メンブレン
KFCタイトライナー

シート防水材

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

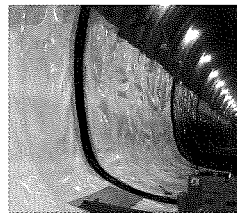
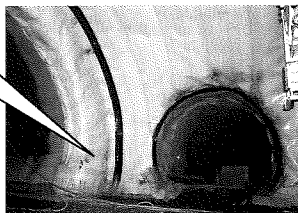


シグナルレイヤー付防水シート



シグナルレイヤーに付いた傷

シート多軸伸び試験



基本システム

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

漏水対策システム

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

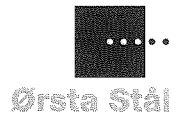
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

1本1本が大切! だから

次世代 防食 ロックボルト

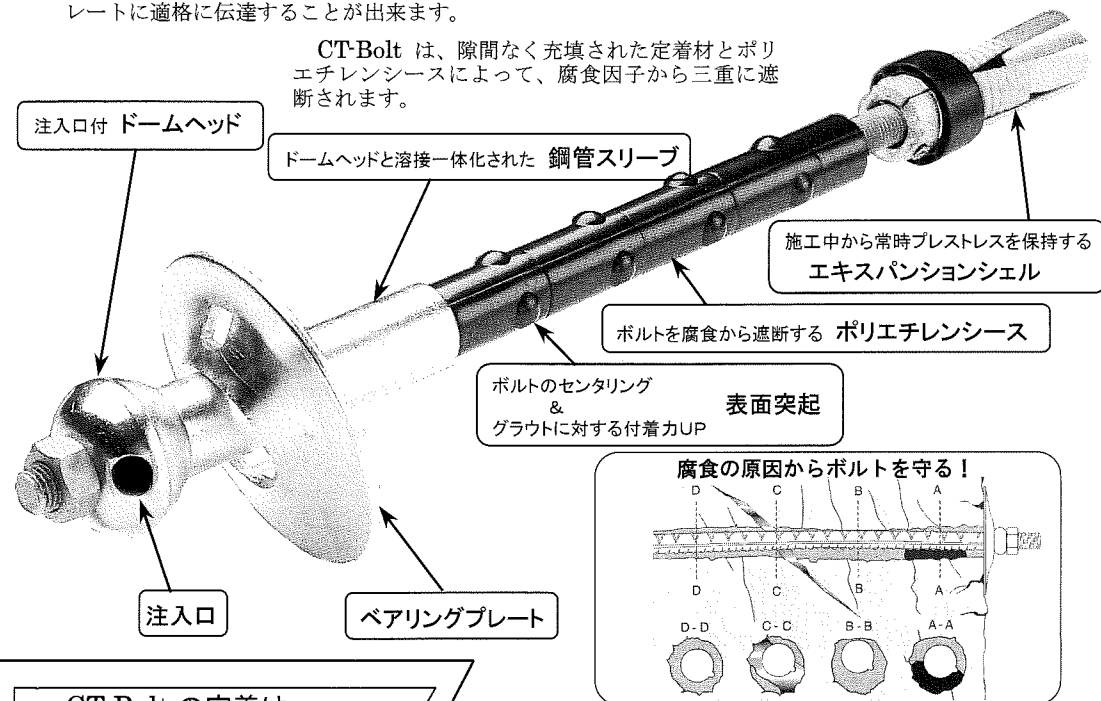
CT-Bolt



通常施工により超長期支保

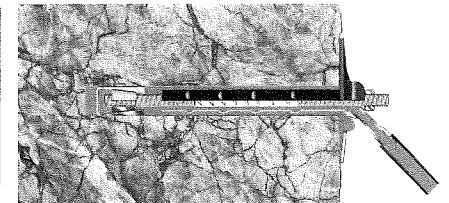
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

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



CT-Bolt の定着は・・・

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



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

完全充填

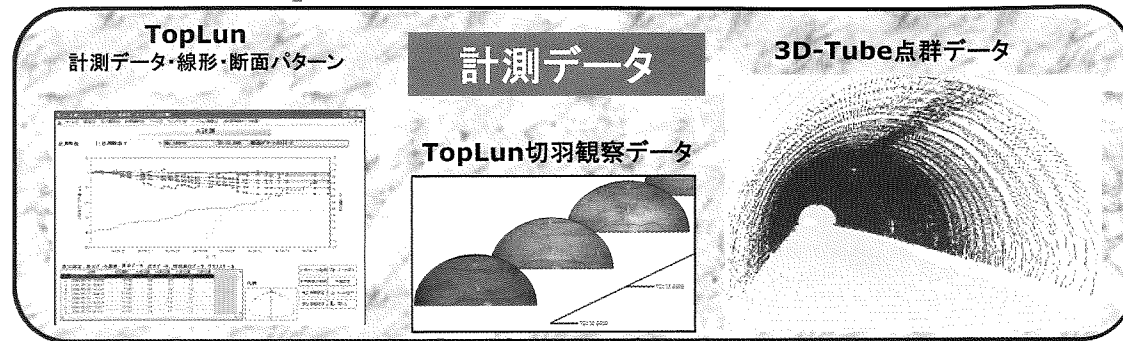
CT-Bolt は、広い範囲の粘度のグラウト注入が可能です。グラウトはポリエチレンスリーブ内に充填された後、先端部から孔壁とスリーブの間を充填して戻り、リターンによって全面定着が確認出来ます。

総発売元 Your Fastening Partner

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

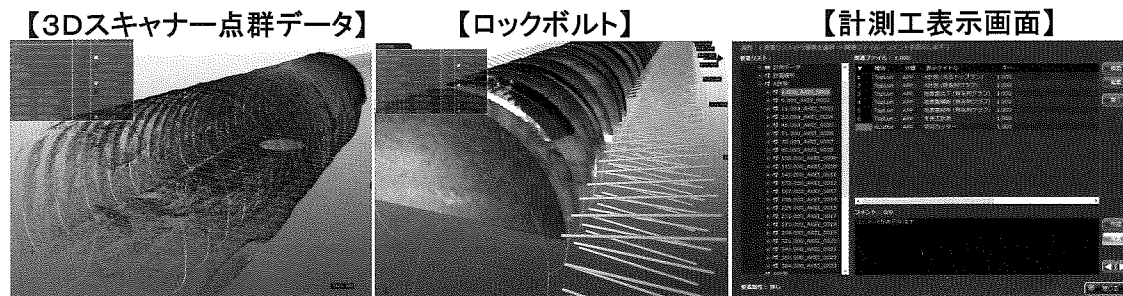
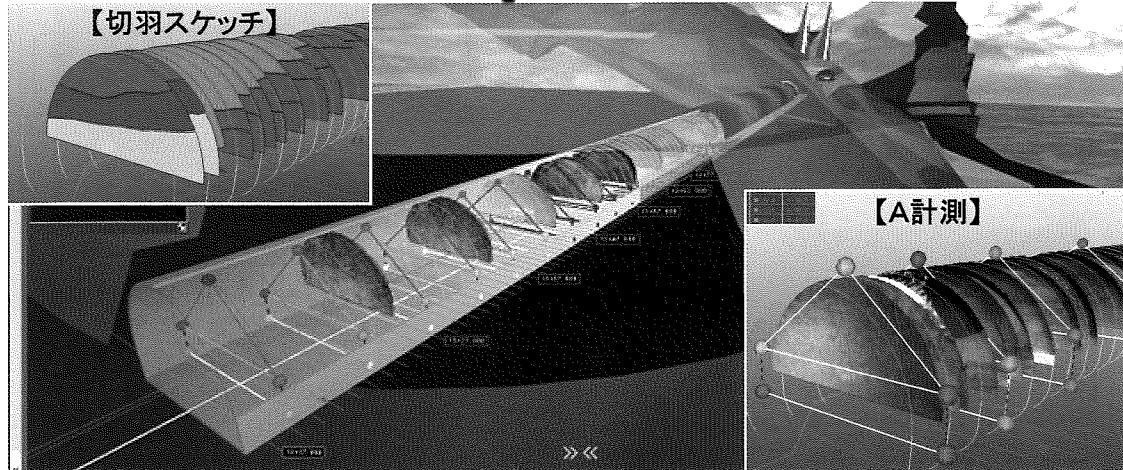
〒105-0011 東京都港区芝公園2丁目4番1号
お問い合わせ先 TEL: 03-6402-8256
技術部 FAX: 03-6402-8255

4D Mapで各種計測データを統合管理



各種データ
Synchro

4D Map トンネルCIM統合管理システム



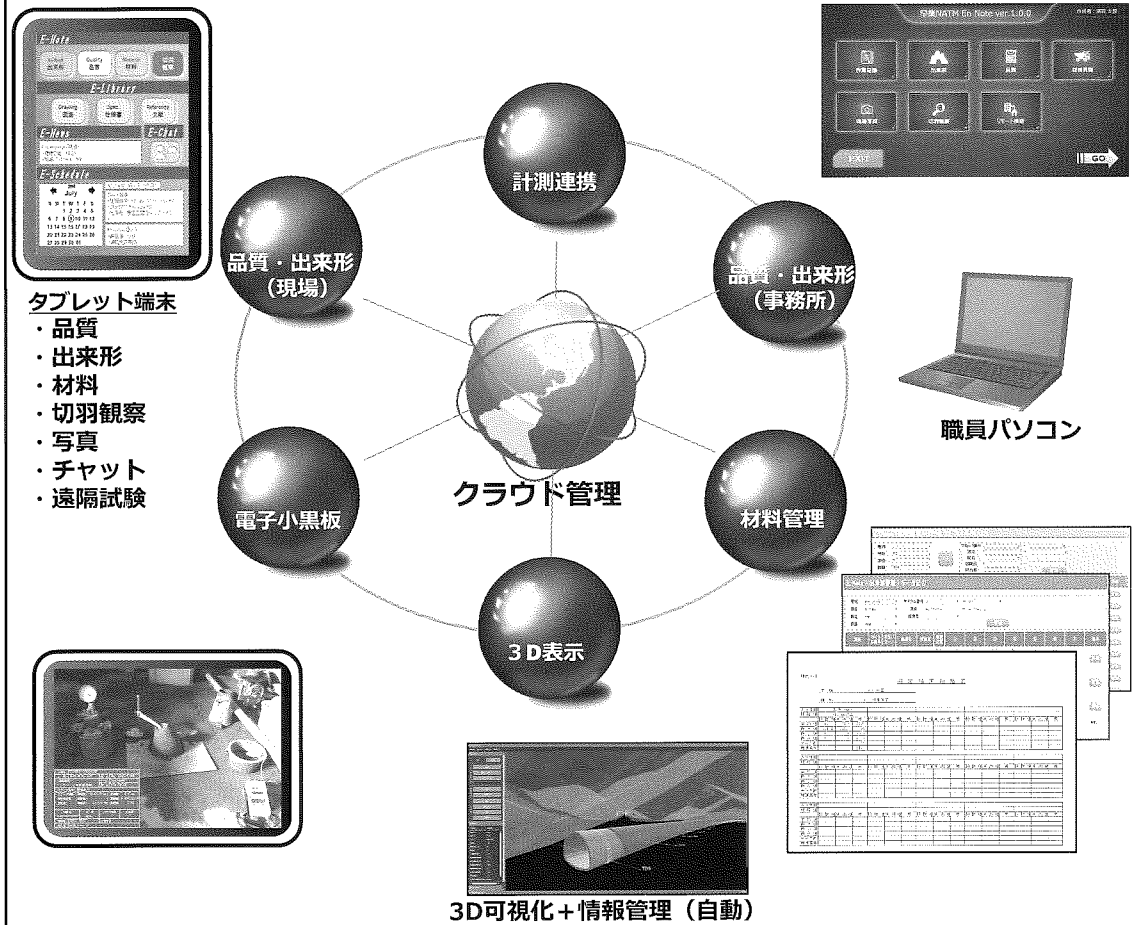
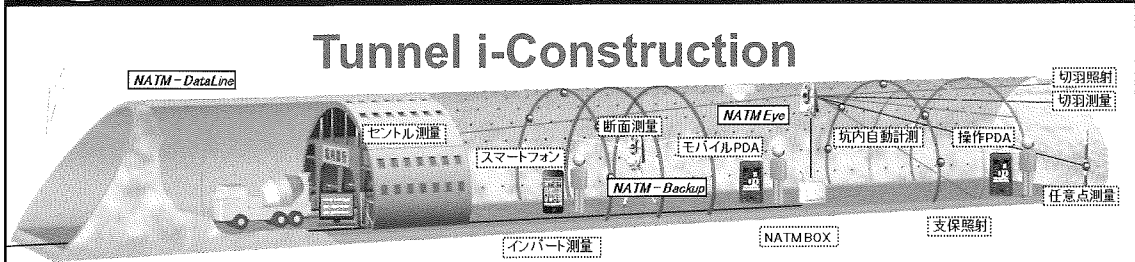
《帳票や図面を3Dモデルに関連付けを行いデータの一元管理を可能にします。》

- 各種計測データ取込
A計測や切羽観察のデータのみならず、3Dレーザースキャナーの点群データも自動取込が可能です。
- 各種ソフトへの出力
各種設計・モデリングソフト等へ簡単に出力が可能です。
- 4次元管理
3次元モデルと計測データの複合管理が可能です。土木構造物に時系列的計測データが統合されました。



株式会社 ソーキ 特機事業部
〒272-0014 千葉県市川市田尻3-6 TEL:0120-856-998 URL:http://www.sooki.co.jp/

NEW 究極のトンネル施工管理システム 生産性向上への挑戦！！ En-Note

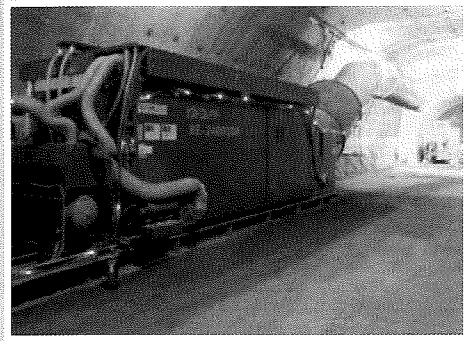


- ・現場で計測値を直観的な操作でタブレットに入力
- ・工事用小黑板で楽々撮影

↓
黒板、野帳要らずで、現場の作業のみで各種情報はデータサーバへ保管



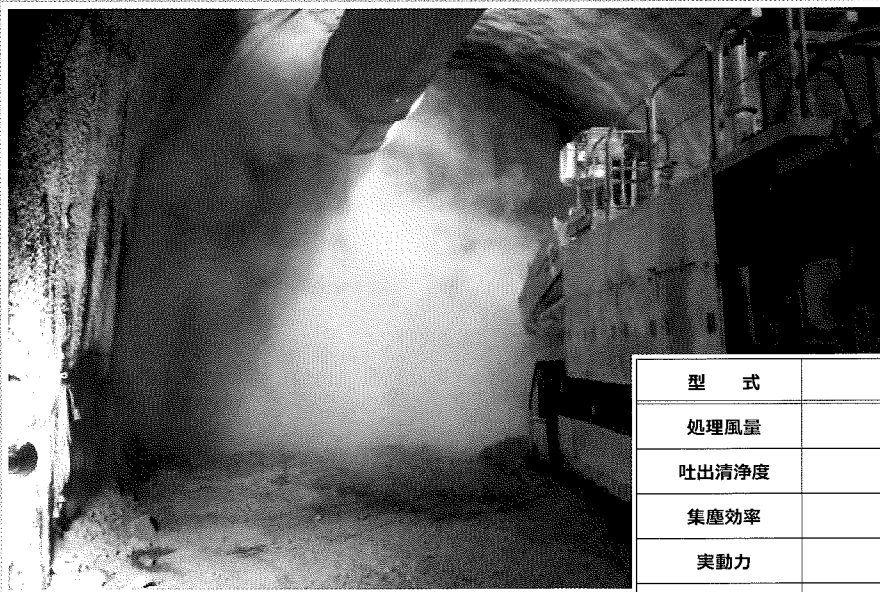
株式会社 演算工房
■京都本社 〒602-8268 京都府京都市上京区智恵光院通中立売下ル山里町237番地3
TEL:075-417-0100 FAX:075-417-0200



動力60%低減実現！(当社従来比)

吸引捕集換気システム **RE-2400QDP 新登場**

「コンパクト&低動力&高浄度」を一度に実現した孤高のスペック



| | |
|------------|--------------------------|
| 型 式 | RE-2400QDP |
| 処理風量 | 2,400m ³ /min |
| 吐出浄度 | 0.1mg/m ³ 以下 |
| 集塵効率 | 99%以上 |
| 実動力 | 440V・83kW |
| 寸法 (L×W×H) | 2,869×12,963×3,387(mm) |
| 重量 | 12,600kg |

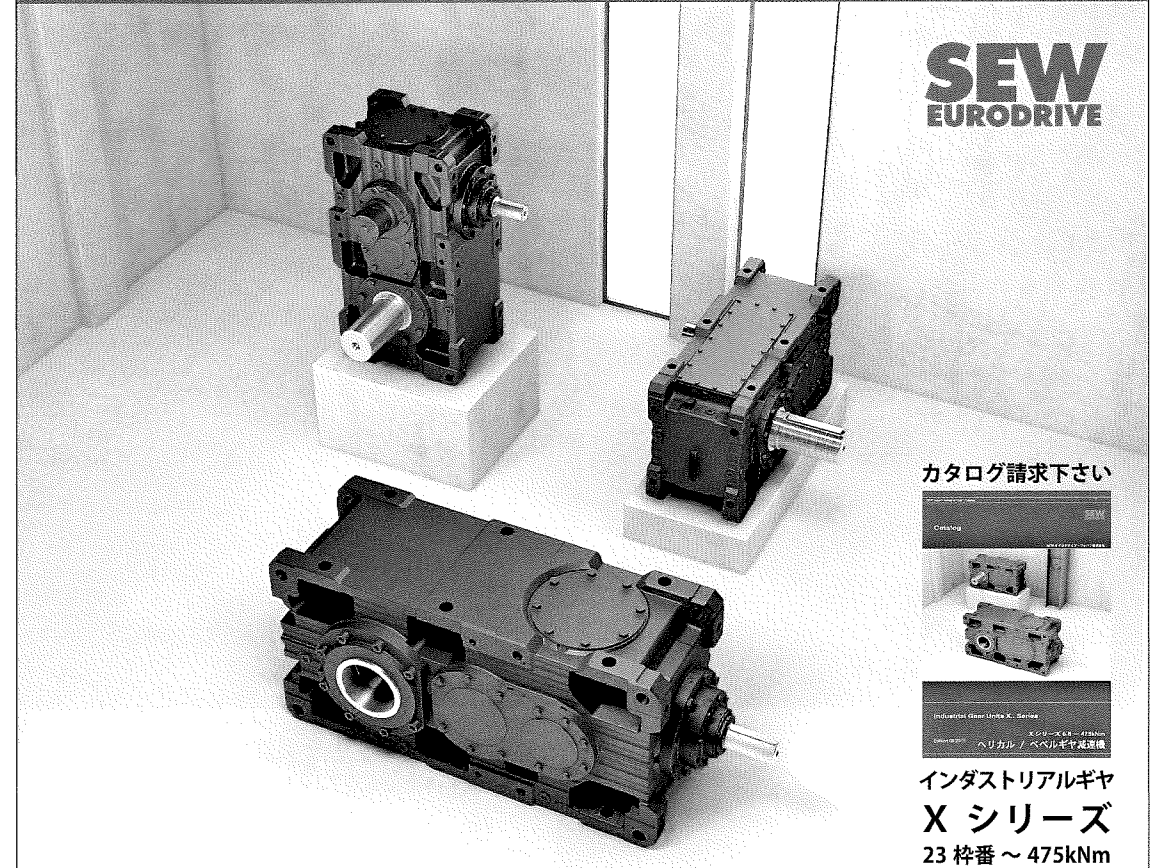
最適環境を創造する
株式会社 流機 エンジニアリング

〒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

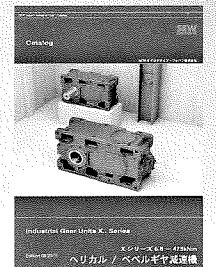


《京都工場組立開始!!》SEWのXシリーズ

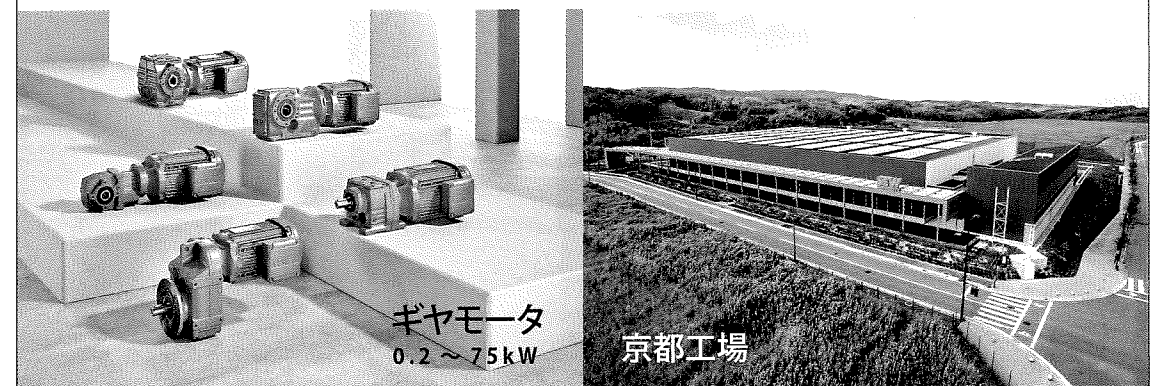
- ・減速機の世界トップブランドSEWがお届けするヘリカル/ベベル・ヘリカルギヤユニットです。
- ・ドイツ製高品質部品(ギヤ、シャフト、ケーシング等)を標準在庫して組立てる made in Japan 品です。ギヤモータ同様に、Xシリーズも短納期でカスタマイズして納入致します。



カタログ請求下さい



インダストリアルギヤ
Xシリーズ
 23 枠番 ~ 475kNm



京都工場

SEW- オイロドライブ・ジャパン株式会社

SEW 検索

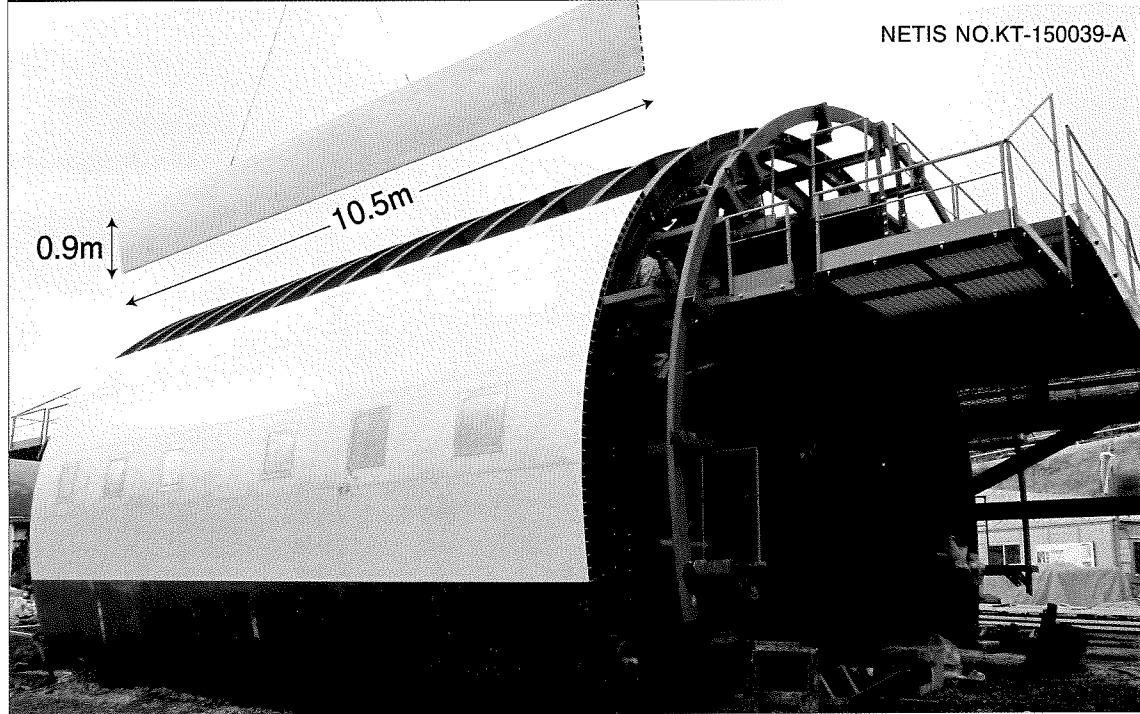
本社・磐田工場：静岡県磐田市 京都工場：京都府相楽郡精華町

東京(営)03-5408-0521 名古屋(営)052-228-8608 大阪(営)06-6444-8330 福岡(営)092-291-3600

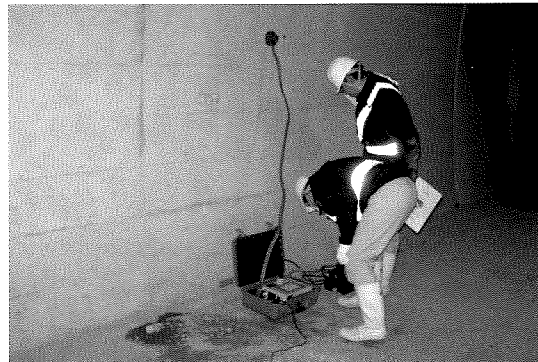
NEW

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



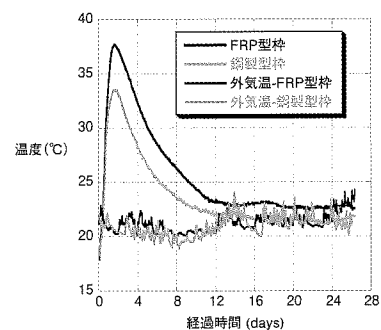
■ 透気試験実施



覆工コンクリートの表層部分を測定した結果、コンクリートの中性化速度係数が30%~50%程度低下し耐久性が大幅に向上することを確認した。

■ 覆工コンクリート温度の経時変化

[富崎大学との共同研究により、横フジタ 古江トンネル南にて測定]



◎3~4°C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 |
| ■ 東京営業所 | 〒103-0022 | 東京都中央区日本橋室町1-12-12 水島ビル3 | TEL:03-6860-7796 |
| ■ 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 |
| ■ 分校工場 | 〒922-0304 | 石川県加賀市分校町又1-1 | TEL:0761-74-3070 |

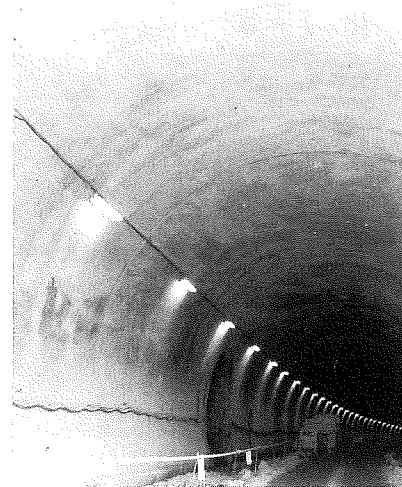
コンクリートの劣化、欠陥箇所の改修、補修……

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〉

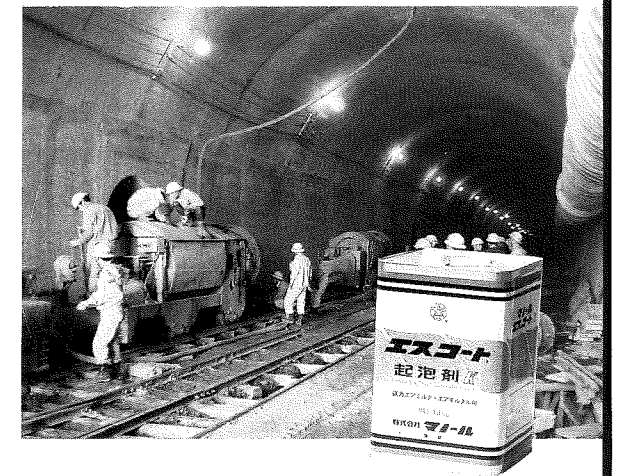
プレミックス急硬モルタルと
特殊ラテックスの
複合材で
短時間で実用強度が得られる
即日補修工法です。



- 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



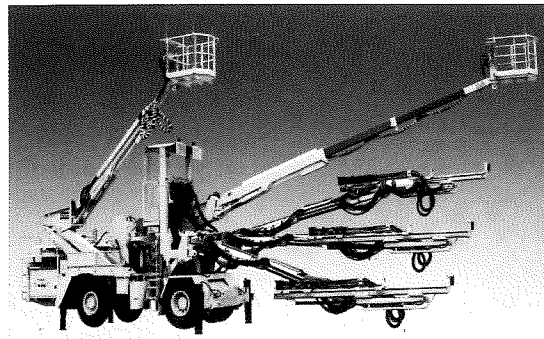
- 強力な分散性と安定した流動性
- ノーブリージング
- 任意の強度の選定
- セメント, 骨材の種類が任意

◆ 土木資材の総合プランナー ◆



株式会社 マーイル

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

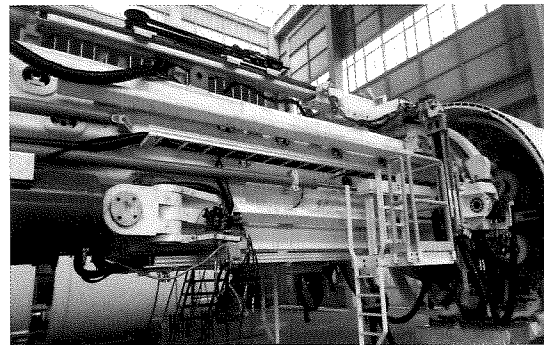


Jumbo ロックツールズ

DRISS®

穿孔探査システム
Drilling Survey System

NETIS 登録番号：CB-020021-VE
切羽前方探査システム



TBM 搭載型先進ボーリングマシン
Probe Drilling System



一般仮設配管材



ドリルマシン株式会社 DRILL MACHINE CO., LTD.

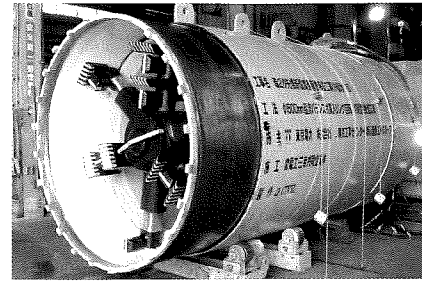
お客様に真に信頼される企業をめざし更なる技術・サービスの発展に邁進いたします。

- 本社 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里6-16-8
☎(03)3806-3377 fax(03)3806-8461 Email: tokyo@drill.co.jp
URL: http://www.drill.co.jp
- 関西支店 〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5丁目8番4号
☎(078)802-5551 fax(078)802-5528 Email: kansai@drill.co.jp
- 九州営業所 〒830-0021 福岡県久留米市篠山町12-3-301
☎(0942)27-5992 fax(0942)27-5993 Email: kyusyu@drill.co.jp
- 兵庫工場 〒679-1332 兵庫県多可郡多可町加美区大袋川端454-3
☎(0795)36-0461 fax(0795)36-0467 Email: hyogo@drill.co.jp
- 千葉D C 〒270-1616 千葉県印西市岩戸3578-1
☎(0476)99-0810 fax(0476)99-0817 Email: chiba@drill.co.jp

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



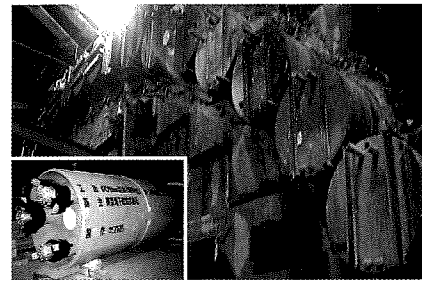
φ1500mm 貫入リング回転切削型掘進機 (接合切削時)

- 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、内部駆動装置を発達側へ迅速に引戻しが可能(駆動装置引き戻し再設置可能)
- 急曲線・高深度施工に対応可能
- 軟弱層~玉石・砂礫層に対応可能

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法



φ1016mm 鋼管対応リターン回収機能付掘進機

- ① 地下水位以下の施工が可能
- ② 高水圧対応
- ③ 長距離・曲線施工
- ④ 到達立坑不要

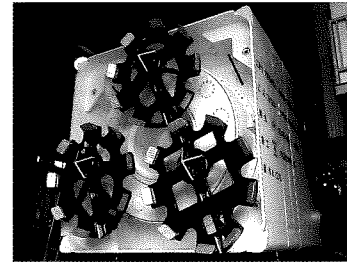
密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法の特徴

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

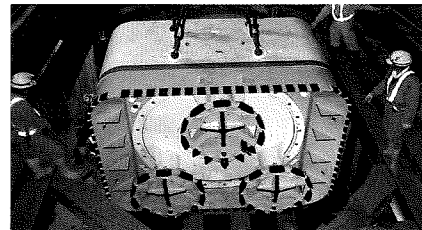
ボックス推進工法

ボックス推進工法協会 NETIS QS-100019-A

多軸自転・公転掘進機 (内空寸法□3000×3000)



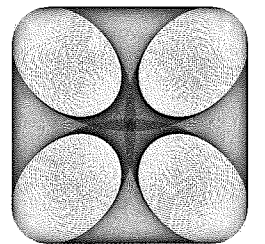
多軸自転・公転掘進機 (内空寸法□2800×1800)



- ① 経済性
- ② 工期短縮
- ③ 狭路施工技術
- ④ 地表面への影響低減
- ⑤ 短距離からの施工

ボックス推進工法の活用例

- 電力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函渠・雨水函渠の構築
- 先受け大断面アンダーパス工事の構築



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

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



〒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

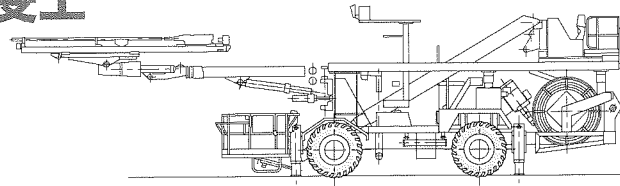
建設コンサルタント登録番号：建23第8677号
測量登録番号：登録第(2)-30507号
建設許可番号：国土交通大臣許可(特-23)第19193号

※各工法協会会員名簿については、ホームページをご参照下さい。

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

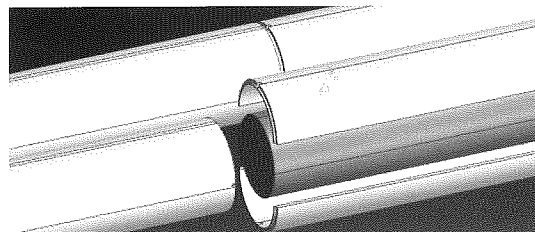
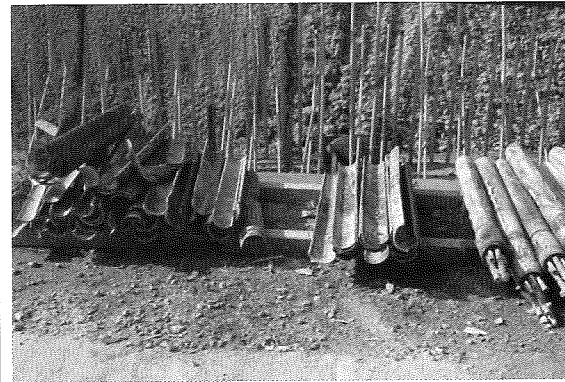
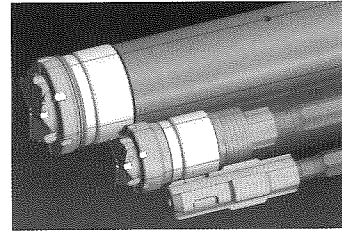
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Piling Method



AGF-Me工法

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

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



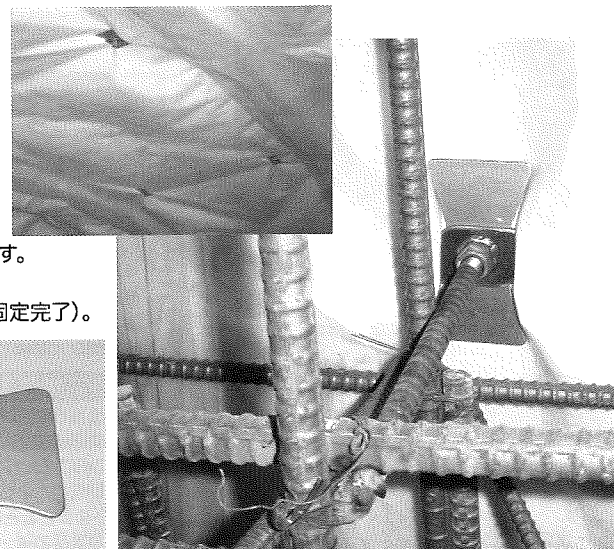
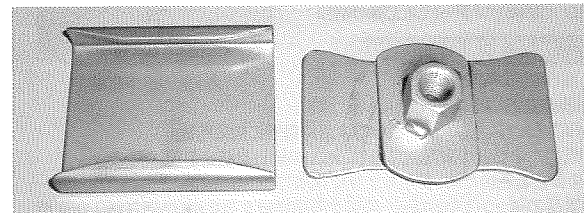
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

- 支保工へ溶接したグリッパーに防水シートを当てます。
- 回転プレートを押し込みます。
- 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)

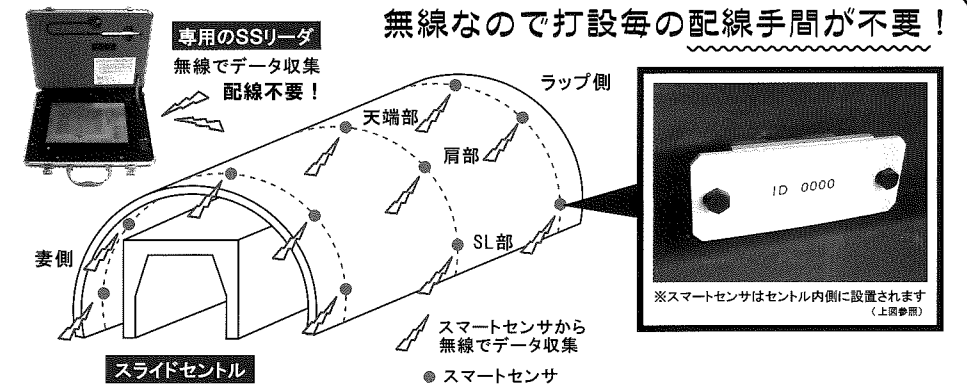
特許取得済 **表面温度センサ!** NETIS登録番号 QS-110040-VE
【スマートセンサ型枠システム・セントル仕様】

圧力センサ 完成間近!

『スマートセンサ型枠システム・セントル仕様』との併用で
コンクリートの **温度・強度・圧力の一元管理** が可能に!!

お知らせ

『NETIS登録5周年記念キャンペーン』は平成29年9月末日を以て終了致しました。数多くのお申し込みを頂き、ありがとうございました。



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とができます。

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 児玉株式会社エンジニアリング事業部
共同研究開発 特許製品
〒812-0042 福岡市博多区豊2-4-23 TEL: 092-474-5360
Email: engi.office@kodama-boss.jp

月刊推進技術

購読のご案内



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

わが国のライフラインなどのインフラ整備またはその再構築や新たな地下空間の築造に、掘削残土量やCO₂排出量を抑制し、なおかつ耐震性の高い推進工法のニーズが高まっています。月刊推進技術では、円滑かつ適正に推進工事を行っていただくため、必要とされる技術情報をわかりやすく解説をしております。また、推進関連のニュースはどこよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管路敷設に限らず、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おります。

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



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 info@lswb.co.jp

推進工事技士試験 過去6年間(2011~2016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「合格への近道」は、過去問題を「実際に解いてみることだ」と多くの合格者からの声が寄せられています。本書では模範解答はもちろん、その問題が工法体系のどこから出典されたのかが記載されています。出典箇所がわかるので、学習するポイントが明確化され「効率的な学習ができ合格できた」との声も多く寄せられています。

是非とも、本誌をご活用いただき合格していただければ幸いです。

2016年度版発売中!!

1. 内容と特長

- 過去6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・解説集は実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出典箇所を明記

2. 価格

各年度単位 2,000円(消費税・送料込)

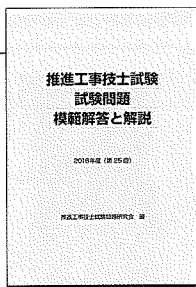
3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

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

これらのことをインターネットでご案内しています。 [推進工事技士試験](#) 検索

購入方法は
こちらから



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 info@lswb.co.jp

推進工法の理論と実際

推薦の言葉

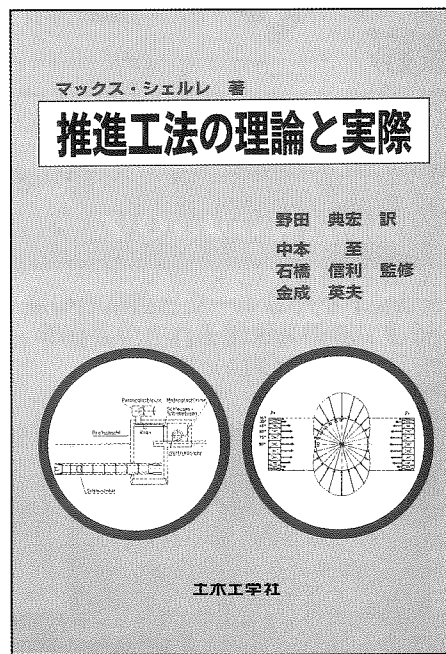
中本 至・石橋信利・金成英夫

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

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。

より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**

【好評発売中】

セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 送料 290円

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

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

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

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

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

〈セグメントの新技术〉

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

株式会社 **土木工学社**

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

きりーとーりー線
《ご注文票》

セグメントの新技术 _____ 冊 申込みます。

所在地 〒 ()

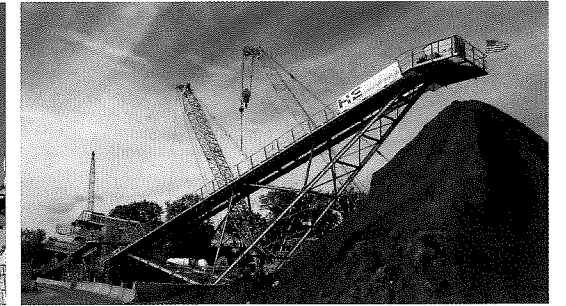
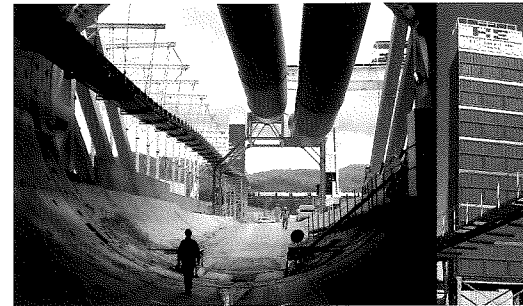
事業所名 _____

部 課 名 _____

申込者名 _____

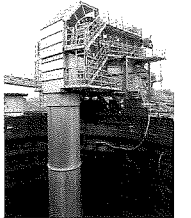
H+E
H+E LOGISTIK GMBH

Clever Conveying



| | |
|------------------------|------------------|
| Tunnel Diameter: | 7.10 m |
| Min. Radius: | 1,000 m |
| Mineral: | 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 |
| Mineral: | 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: 森永

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

VOLVO 建設機械

TMS Techni-Metal Systèmes

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

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



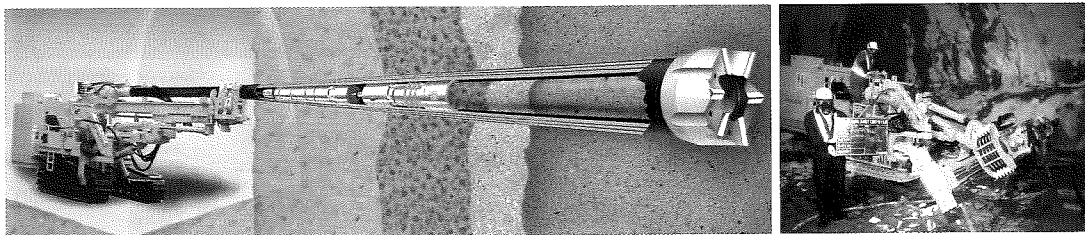
山崎マシーナリー株式会社

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

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も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こなえ、施工時間が大幅に短縮できます。
- 2重管ワイヤーラインサンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来と比べて大幅に向上しました。



KOKEN 鉷研工業株式会社

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

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

お問合せ先: エンジニアリング本部 エンジニアリング部
TEL. 03-6907-7512 FAX. 03-6907-7522

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

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

消費電力約40kW

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)

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)

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

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eDevilI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。

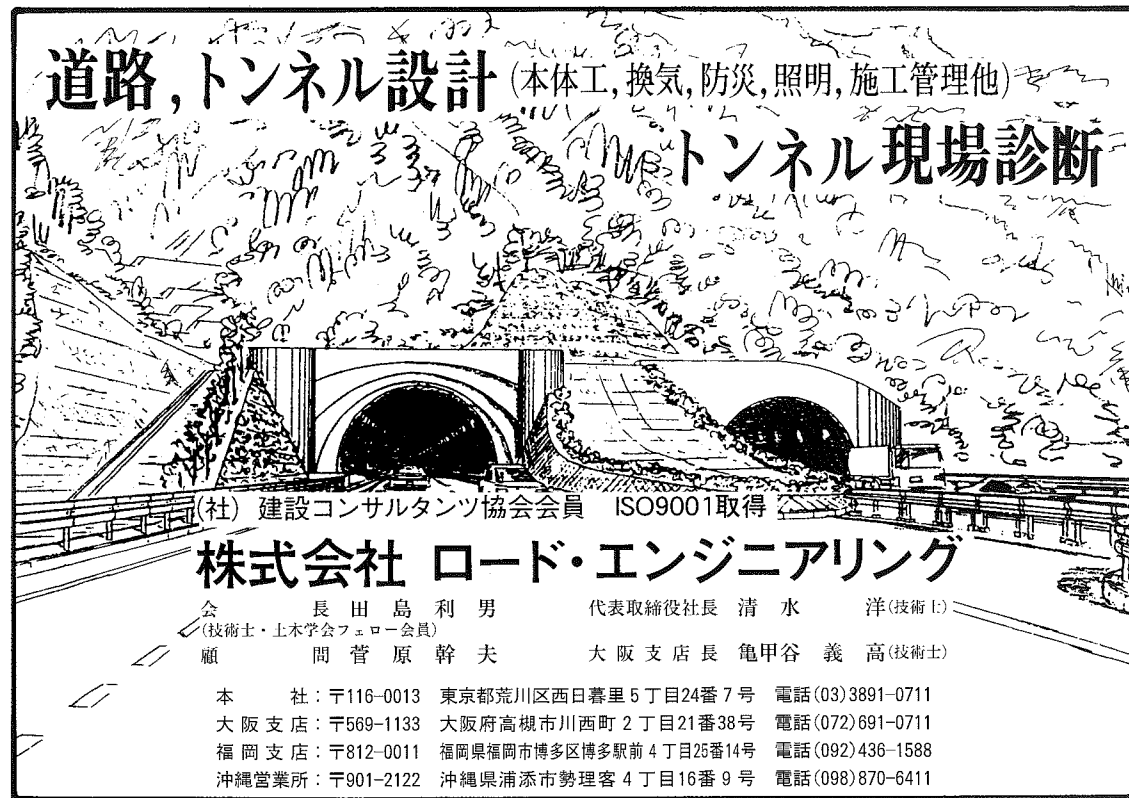
一日でも早く完工する為に、日々の発破のモデル化、計測をして効率化を図っております。オリカ社がどのような形で貴社のお手伝い出来るかについて orica.com/edevill にアクセスしてeDevilI Case Studyのビデオをご覧になって下さい。

orica.com



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) 建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会長 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)
顧問 菅 原 幹 夫 大阪支店長 亀 甲 谷 義 高 (技術士)

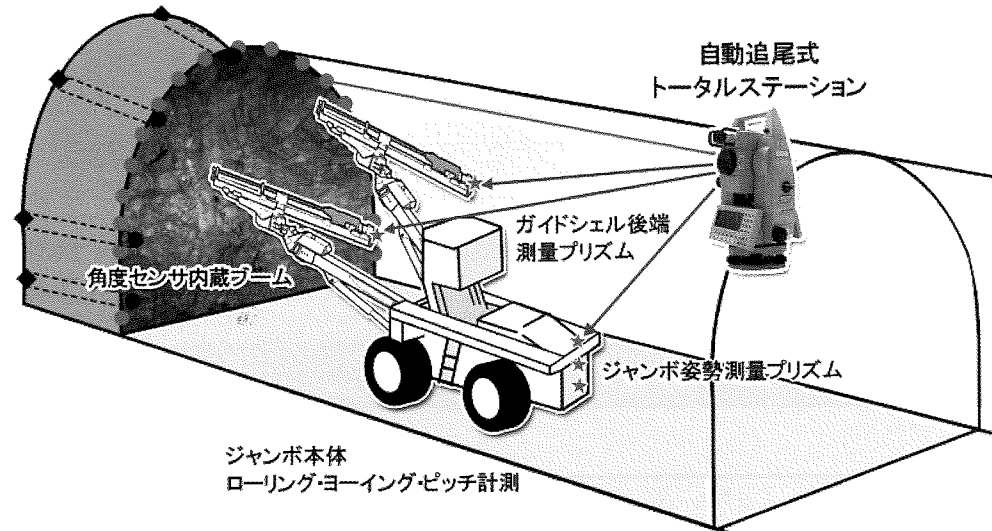
本 社: 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号 電話(03)3891-0711
大阪支店: 〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号 電話(072)691-0711
福岡支店: 〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前4丁目25番14号 電話(092)436-1588
沖縄営業所: 〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号 電話(098)870-6411

NETIS登録番号:KK-100049-A

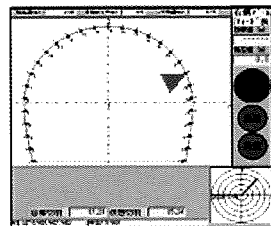
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

TEL:047-371-3191 FAX:047-371-3190

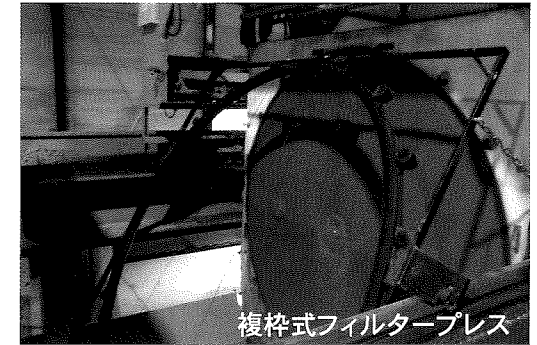
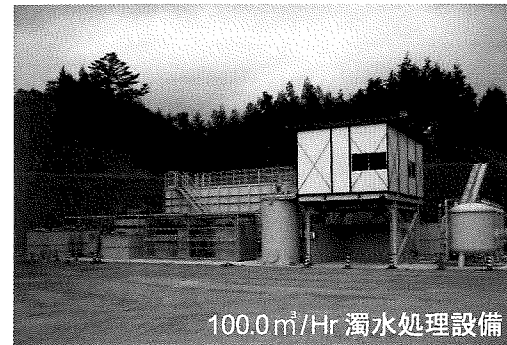
FRD 古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

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



10T ダンプ



4.5m³バケツ搭載ダンプ



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

魅力ある現場を目指して

梅田 一成 5

■計画

東京都心部を縦断する大深度・長距離シールドの設計

—東京下水道 千代田幹線—

毛利 光夫・畑 誠・小川 貴浩・石堂 暁 51

■施工

中・短尺ボーリングを併用し得られた地質情報で断層破碎帯を施工

—北陸新幹線 新北陸トンネル(大桐工区)—

吉森 佑介・高原 英彰・鎌田 和孝・中本 大悟 7

崩落対策および湧水対策を駆使し強風化花崗岩地山を施工

—鳥取西道路 気高青谷トンネル—

庄司 万寿・有松 俊文・石原 堅志・花田 憲治 15

ノンコア削孔検層を活用した補助工法要否の判定と小土かぶり部の掘削

—九州横断自動車道 田代第二トンネル—

峰 潔毅・井上 浩二・松崎 利宣・古家 義信 23

長距離水中流動充填材の開発によるトンネル内部の汚染水除去と閉塞

—福島第一原子力発電所海水配管トンネル内部閉塞工事—

西郡 一雅・大津 仁史・日比 康生・柳井 修司 41

■連載講座

トンネル新技術への挑戦(最終回)

—執筆を終えて(座談会)—

「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 61

■現場だより

「鉄道の歴史」満載の福井県敦賀市より

八尾 浩樹 14

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

機械屋が歩んだシールドと地下工事

吉沢 武久 31

■資料

土木情報

編集部 22

トンネルジャーナル

編集部 40

工法・技術・製品ニュース

編集部 60

トンネルワールドニュース

JTA 国際委員会 73

■会報

会報

日本トンネル技術協会 76

【表紙説明】

崩落対策および湧水対策を駆使し強風化花崗岩地山を施工

鳥取西道路 気高青谷トンネル



気高青谷トンネル第1工事は、全長2,132mのうち、起点側の延長1,021mを施工するものである。このうち、540mの区間で注入式長尺鋼管先受け工を主体とした補助工法を採用して掘削を行った。また終点側は熱水変質作用を受けた風化花崗岩と凝灰角礫岩の層境を掘削することになり、突発湧水や路盤の泥濁化に苦慮した。写真は完成した坑内の状況である。

〔写真提供：国土交通省〕(本文15頁参照)

ヤマモト **くがんき** 無騒音 無振動 静かな破碎 超大型油圧破碎機 **YTB1120** **トンネルビッカー**

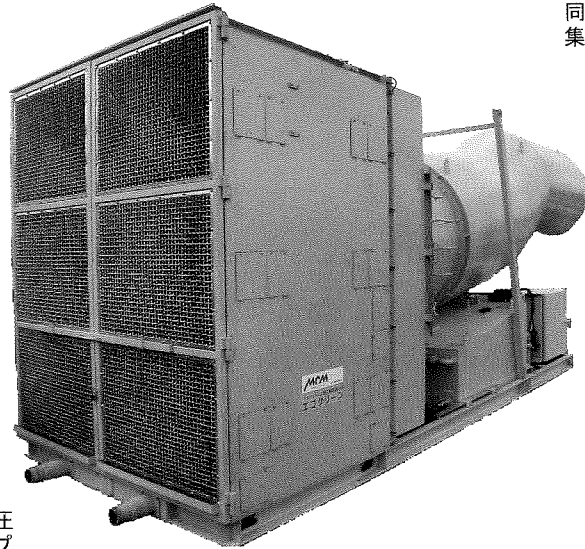
ヤマモトロックマシン株式会社
 本社 東京都千代田区丸の内2丁目4番1号 丸の内ビル 903区 ☎ (03)3201-0701(代)
 工場 広島県庄原市東城町川西424-1 ☎ (08477)2-2137(代)
 仙台営業所 (022)792-4534(代) 大阪営業所 (06)6531-1571(代) 高知営業所 (088)892-4048(代) 九州営業所 (092)471-0381(代)

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よそ1/4

コンパクト
同クラス集じん機の中で最小

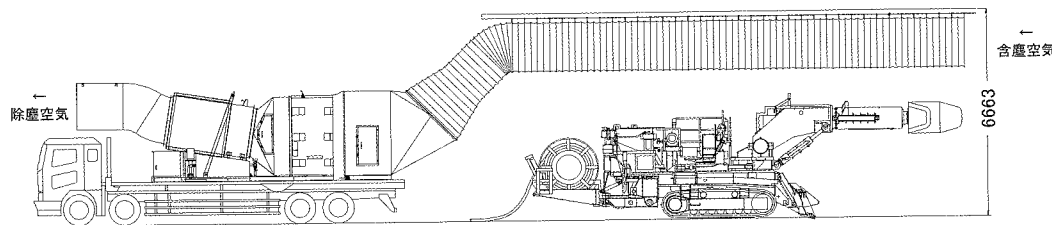
処理風量
750m³/minから3000m³/minまで製作実績あり

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ご提供しております。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

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)

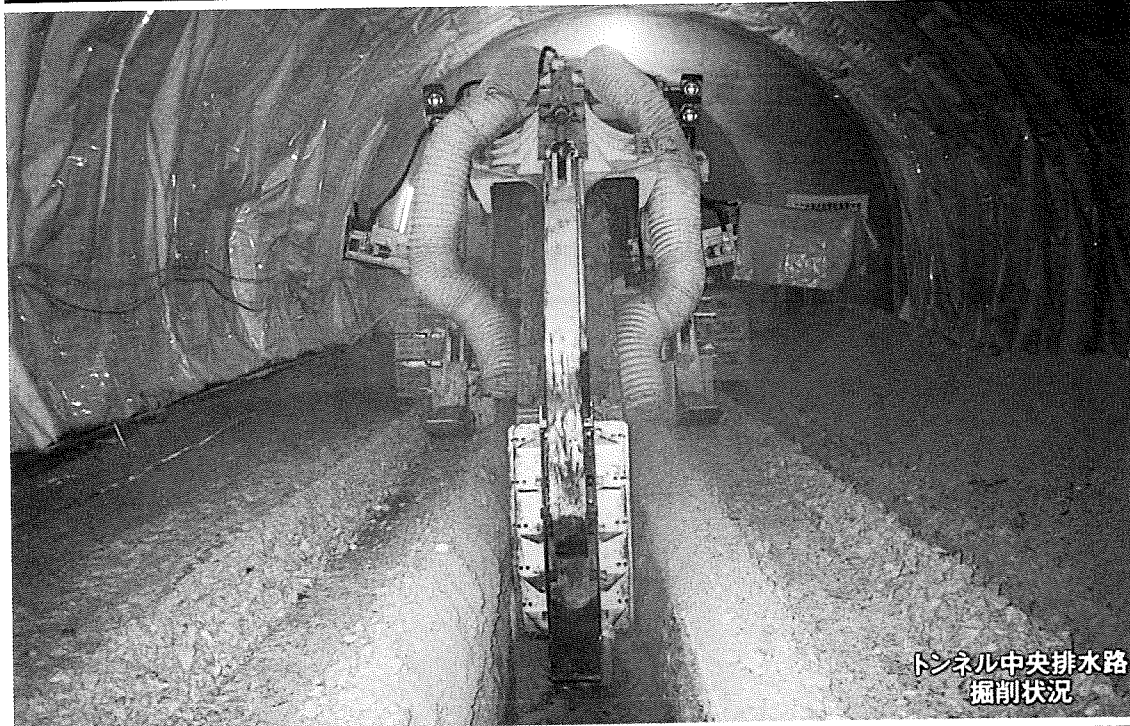
小山 幸 則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

(幹 事)

- | | |
|---|---|
| 伊 藤 哲 男 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル研究担当部長 | 藤 井 義 文 株式会社竹中土木常務執行役員 |
| 江戸川 修 一 清水建設株式会社土木技術本部副本部長 地下空間統括部長 | 松 原 利 之 飛鳥建設株式会社技術研究所所長 |
| 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 | 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 |
| 坂 田 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 | 吉 岡 大 蔵 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官 |
| 中 間 祥 二 株式会社大林組生産技術本部統括部長 | 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 事業監理部計画課長 |

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 | 真 下 英 人 一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所所長 |
| 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 |
| 今 田 徹 東京都立大学名誉教授 | 山 田 隆 昭 東日本高速道路株式会社参与 (シニアエキスパート) |

〔委員〕

| | |
|---|---|
| 砂 金 伸 治 国立研究開発法人土木研究所つくば中央研究所 道路技術研究グループ(トンネル)上席研究員 | 中 井 宏 東京都下水道局建設部設計調整課長 |
| 伊 藤 哲 男 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル研究担当部長 | 中 谷 誠 一 東京都水道局建設部工務課長 |
| 河 村 和 信 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 技術企画部技術企画課総括課長補佐 | 平 野 隆 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 |
| 岡 野 法 之 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室長 | 安 田 智 東京都交通局建設工務部計画改良課長 |
| 清 水 満 東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長 | 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/>

トンネル工事は新時代へ

1000~2000mトンネルに1.5km 延伸コンベヤシステムを
パッケージでレンタルをスタート

☆本システムの4大特長

1. パッケージのレンタルで安心

- ・レンタルシステムによる初期費用の軽減
- ・資産計上の必要無し(損金処理)
- ・ユニット、パーツの共通化で休転期間短縮

2. 高性能破碎機で工期短縮

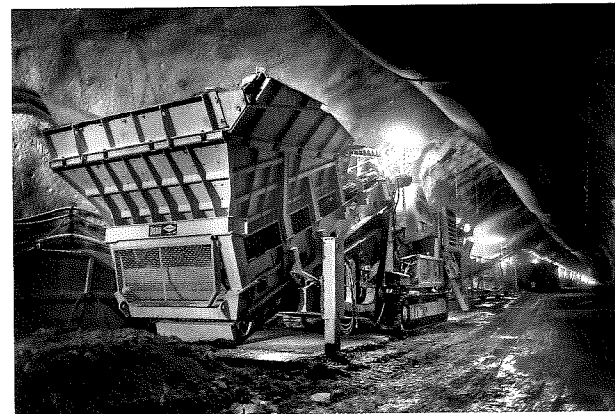
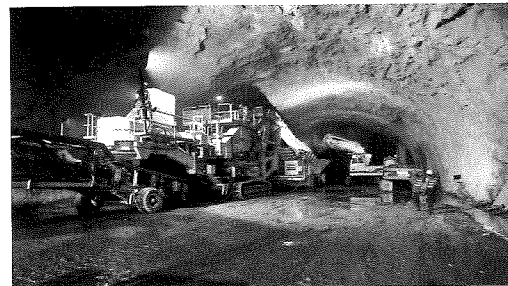
- ・標準グリズリタイプとオプションとしてエプロンタイプ(投入高2.5m)が選択可能
- ・高破碎力のCジョークラッシャーで硬岩(4000kgf/cm²)にも対応可能
- ・簡単油圧セット調整で常に破碎粒度が小さく一定

3. ベルトコンベヤ搬送で安全

- ・ダンプ輸送の事故リスクを低減
- ・搬出ズリの滞積・横持ち・再処理が簡単
- ・覆工、インバート作業に対して安全

4. 粉塵・騒音・排気ガスを低減

- ・ベルトコンベヤにより坑内作業環境が改善
- ・路盤補修の削減によるコスト削減



※写真はエプロンタイプです(LT96EUG)

1.5km 延伸ベルトコンベヤシステム概要

・延伸ベルトコンベヤシステム主仕様

| 項目 | 仕様 |
|------------|-----------------|
| 時間当たりの搬送能力 | 300t/h (最大) |
| コンベヤ機長 | 1,000m~2,000m * |
| コンベヤ総揚程 | 45m |
| ベルト速度 | 150m/min |
| ベルト幅 | 600mm |
| 駆動部総出力 | 150kW |
| ベルト継足量 | 300m × 10ロール |
| ベルト貯蔵能力 | 450m |




*トンネル勾配により変動致します

設置条件によっては専用設計が必要になります

・主要構成機器

| No | 名称 | 主仕様 |
|----|--------------|---------------------|
| 1 | 移動式破碎機 LT96E | 300t/h、160kW |
| 2 | テールピース台車 | 自走式クローラ、アウトリガ4ロード |
| 3 | ベルトストレージ | ベルト貯蔵能力最大450m |
| 4 | ベルト接合架台 | 300mロール用、レール方式 |
| 5 | メインドライブ | 150kW×4P×1台、インバータ制御 |

〈問合せ先〉


日建リース工業株式会社
 本社 トンネル営業推進部 TEL(03)3295-9111

日本コンベヤ株式会社
 本社 コンベヤ営業部 TEL(03)6859-3511

宇部興産機械株式会社
 電力・インフラ営業グループ TEL(03)5419-6293

掲載頁
7

中・短尺ボーリングを併用し得られた地質情報で断層破碎帯を施工
—北陸新幹線 新北陸トンネル(大桐工区)—

鉄道・運輸機構 吉森 佑介

北陸新幹線(金沢・敦賀間)の新北陸トンネルは、福井県南越前町~敦賀市に位置する延長約20kmの山岳トンネルである。このうち大桐工区は、南越前町内の工事延長3,605mを担当する。

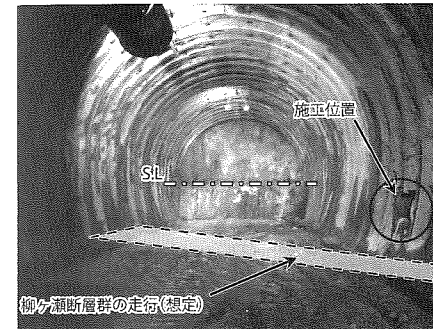
地山は、砂岩を主体とした硬岩地山と亀裂が発達した砂岩・粘板岩互層が入替り出現するとともに断層が断続的に現れ地質性状の変化が著しく、本坑終点方にかけて柳ヶ瀬断層群を通過することが予想されている。そのため事前に地山状況を把握することで適切に掘削工法を選定しながら工事を進める必要がある。

本稿では、中尺コアボーリングとドリルジャンボによる30mのさぐり削孔を用いた断層破碎帯での施工について報告する。

Tunnelling through a Fault Fracture Zone Based on Geological Information Obtained through Short and Medium Length Boring Survey —The Hokuriku Shinkansen, the Shin-Hokuriku Tunnel (Ogiri Lot)—

By Yusuke Yoshimori, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

The Shin-Hokuriku Tunnel Project on the Hokuriku Shinkansen (between Kanazawa and Tsuruga) is to build a 20km-long mountain tunnel located between Minami-Echizen Town and Tsuruga City in Fukui Prefecture. The Ogiri Lot is a section on this project of 3,605m-long tunnel in Minami-Echizen Town.



柳ヶ瀬断層群の走行(想定)

写真はコアボーリングの施工位置

Geology of the site consists of hard rock ground mainly composed of sandstone, alternating strata of weathered sandstone and slate and faults which appear alternately. Changes in geological condition are marked; it was anticipated that the tunnel near end portal would pass through Yanagase fault group. For this reason, it is necessary to select appropriate excavation methods by gaining an understanding of the geological condition in advance to progress with works.

This report contains information on construction in fault fracture zones using medium-length core boring survey and exploring drills in with length of 30m bored by and drill jumbo.

掲載頁
15

崩落対策および湧水対策を駆使し強風化花崗岩地山を施工
—鳥取西道路 気高青谷トンネル—

アイサワ工業(株) 庄司 万寿

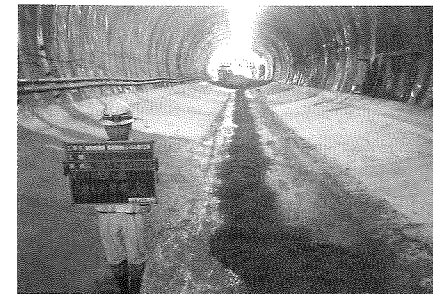
気高青谷トンネル第1工事では、全長2,132mのうち起点側工区の延長1,021mを施工するものであり、うち540mの区間(TD.230~770m)で注込式長尺鋼管先受け工を主体とした補助工法を採用して掘削を行った。とくに起点側(TD.230~600m)は結晶の粗い花崗岩が深層風化した砂粒状の真砂土地山で切羽が自立しにくい状況で小崩落が頻発した。また終点側は熱水変質作用を受けた風化花崗岩と凝灰角礫岩の層境を掘削することになり、TD.600m付近では突発湧水や路盤の泥濘化に苦慮した。

本稿では、主に施工中に見られた崩落の処置、突発湧水対策などについてその概要を報告する。

Tunnel in Strongly Weathered Granite Making Use of Measures against Collapse and Welling —The Tottori-Nishi Road, Ketaka Aoya Tunnel—

By Manjyu Shouji, Aisawa Construction Co., Ltd.

The Ketaka Aoya Tunnel Project is a construction of a 2,132m-long tunnel. The Ketaka Aoya Tunnel Lot 1 is one of this project to bore 1,021 meters from starting portal. 540m-section from TD.230m to TD.770m was excavated adopting auxiliary methods mainly involving the grouting type forepiling. In particular, geology from TD.230m to TD.600m consisted of sandy deeply decomposed granite which caused unstable cutting face and frequent instances of small ground collapses. In addition, in the section beyond TD.600m we excavated boundary between weathered granite that had undergone hydrothermal alteration and tuff-breccia and around TD.600m, we struggled with outbreaks of welling water and base course becoming muddy.



写真は仮暗渠排水管設置

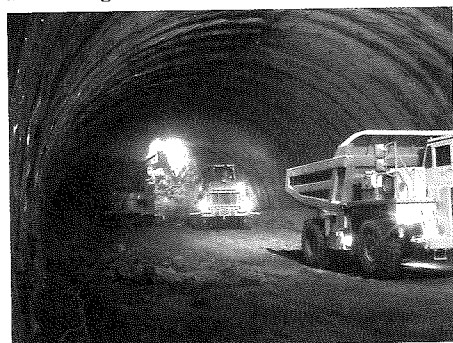
This report mainly contains measures against collapse and welling water outbreak observed during construction and their outline.

田代第二トンネルは、九州横断自動車道延岡線の嘉島JCT～矢部IC間に位置する延長531mの2車線道路トンネルである。本トンネルでは、脆弱な御船層群の掘削において補助工法の要否を判定するためにノンコア削孔検層を活用した判定基準を構築し、その適用性を確認した。また最小土かぶりが約3mとなる小土かぶり区間では、事前にコアボーリングおよび3次元解析による検討を行い、掘削時には計測結果にもとづいて解析を修正し、地表面の安定を図った。一部、大きな地表面沈下が懸念された箇所では支保の補強および仮インバート閉合によって坑内変位を抑制しトンネルおよび地表地山の安定を確保した。

本稿では本トンネルで採用した補助工法の要否の判定基準の適用性と小土かぶり区間の掘削実績について報告する
Decision on the Usage of Auxiliary Methods Utilizing Non-Core Drilling Logging and Excavation under Small Cover —The Kyushu Odan Expressway, Tashiro 2nd Tunnel—

By Kiyotake Mine, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

The Tashiro 2nd Tunnel is a two-lane road tunnel of 531m in length located between Kashima Junction and Yabe Interchange on the Nobeoka Line of the Kyushu Odan Expressway. In order to determine whether auxiliary methods are required in excavation of weak Mifune Group, we constructed criteria using non-core drilling logging and checked their adaptability. In addition, in ground with small overburden (minimum cover of approx. 3m), we investigated in advance using core boring and three-dimensional analysis, reviewed analysis based on measurement results at the time of excavation and stabilized the ground surface. We ensured stability of tunnel and surface ground in places where there was concern about large ground surface settlement by controlling deformation of tunnel through reinforcing tunnel supports and temporary closing of tunnel invert.



写真は貫通の様子

This report contains information on the adaptability of standards to determine auxiliary methods used in this construction and excavation results for tunneling under small overburden.

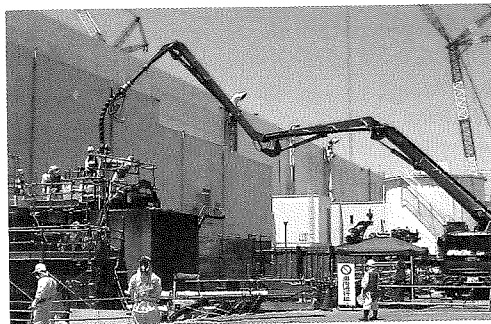
福島第一原子力発電所では、東北地方太平洋沖地震に伴い発生した津波により被災し、その後、敷地海側に配置するトンネルおよび立坑に高濃度の汚染水が滞留したことから、この汚染水の除去および内部の閉塞を最優先課題の一つと位置付け、2014年11月より水中で長距離流動可能なセメント系充填材を用いてトンネルおよび立坑の内部閉塞、汚染水の除去を行った。トンネル部は土かぶり約15m、内空幅約4mの上半単心円断面である。

本稿では、本工事のために開発した長距離水中流動充填材の性能確認実験、実施工における充填材の品質管理および放射線防護などの、とくに配慮した事項について紹介する

Removal of Contaminated Water from inside Tunnels and Tunnel Filling with the Development of Long-Distance Underwater Flowable Filler —The Seawater Pipe Filling Project in the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant—

By Kazumasa Nishikouri, Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc.

Since the tsunami that occurred in conjunction with the Tohoku Earthquake, as highly-concentrated polluted water has accumulated in tunnels and vertical shafts located on the sea side of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, the removal of this pollution and fill in tunnel were positioned as a priority issue and since November 2014, we have been removing polluted water from tunnels and filling in tunnel and vertical shafts using cement filler that can flow over long distances underwater. The tunnel has cross-section of top heading formed a simple circle of 4m in width and overburden of 15m.



写真は充填材の打込み状況

This report contains information on experiments to confirm the performance of long-distance underwater flowable filler developed for these tasks and items that required particular situation such as quality management of filler during construction and protection against radiation.

東京下水道は、神田下水の整備から約130年が経過しており再構築を進めている。都心部を流れる飯田橋幹線、中段幹線、高段幹線などは、老朽化が著しく再構築が必要であるが、平常水位が高く再構築工事を行うことが困難なため、代替幹線である千代田幹線を整備し、既設幹線の水位を低下させ、再構築工事を行う計画である

千代田幹線整備事業は、JR飯田橋駅近傍から、東京都下水道局芝浦水再生センターまでの延長約8.7kmの幹線を、シールド外径5.5m(内径4.9m)、土かぶり約50mで布設するものであり、東京下水道における幹線整備事業の中でも最大級の巨大プロジェクトである

本稿では、その設計(当初計画)において検討した課題などについて報告する

Design of Shield TBM Which Traverses the Central Tokyo in Great-Depth for Long-Distance —The Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government, Chiyoda Sewer Main—

By Mitsuo Mouri, Tokyo Metropolitan Government

As sewerage system in Tokyo has been in place for approximately 130 years since sewer was first built in Kanda, The Tokyo Metropolitan Government Bureau of Sewerage is rebuilding sewerage infrastructure. Reconstruction due to deterioration is particularly necessary for the Iidabashi, Chudan and Koudan sewers main that flow through Tokyo but as their average water level are high and it is difficult to reconstruct, we made a project is to build the Chiyoda sewer main which is alternatively used as those existing sewer pipes in order to reduce the water level of them to allow to conduct reconstruction.

The Chiyoda sewer main Project consists of the laying of an 8.7km pipe from near JR Iidabashi Station to Tokyo Metropolitan Government Bureau of Sewerage Shibaura Water Regeneration Plant using a shield TBM with an outer diameter of 5.5m (inner diameter: 4.9m) which drills under approximately 50m. It is one of the largest project in the Bureau of Sewerage.

This report contains information on issues investigated during design (original design).



図は計画平面図

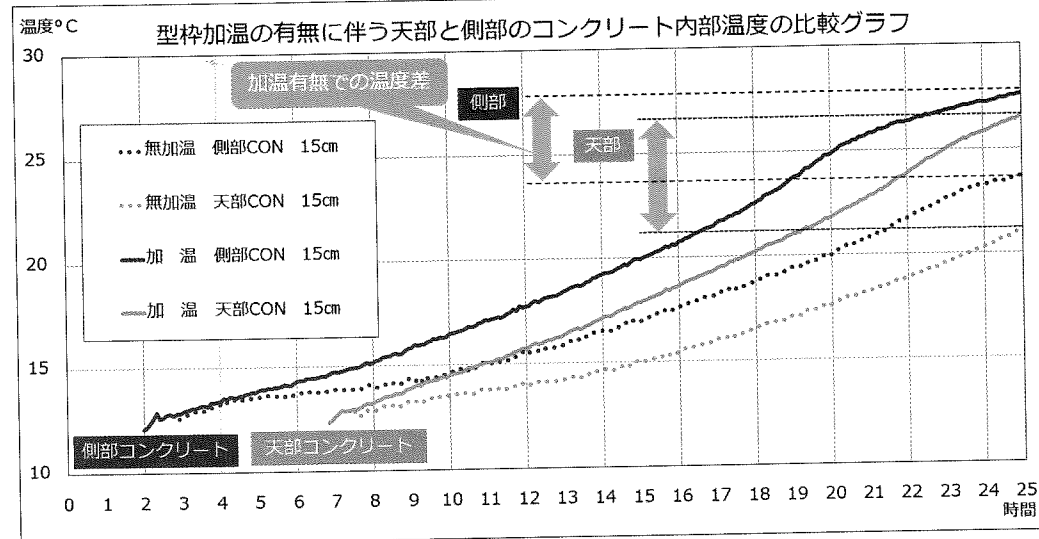
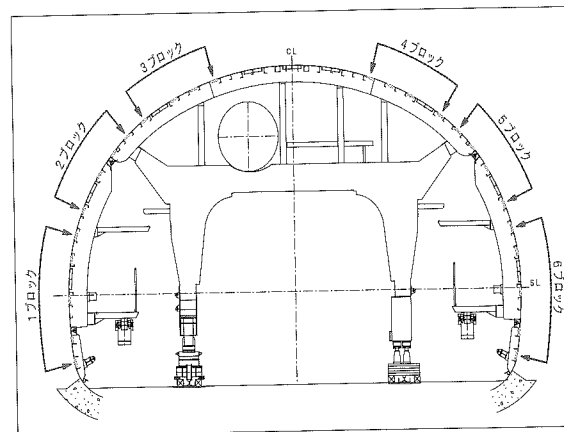
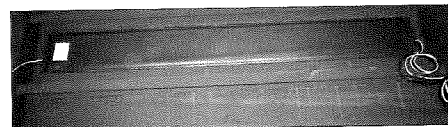
面状発熱体シートによるセントル加温養生システム

NETIS登録申請中

■ 特長

- ・加温する事でコンクリートの硬化温度を20% (約5℃) 上げる事ができる
- ・コンクリートの水和反応を促進し脱枠時の必要強度が確保できる
- ・表面と内部の温度上昇差を小さくし応力によるひび割れが防止できる
- ・表面の硬化を促進し表面強度と透気係数などの表層品質が向上し表面剥離が防止できる
- ・安全性 (引火防止)、省人化 (作業削減)、環境改善 (CO₂減少) に優れている

| シート1枚当たりの性能 | |
|-------------|------------------------|
| 名称 | 規格 |
| 面状ヒーター | 145×1,310 mm |
| 抵抗値 | 494Ω ±20% (396 ~ 592Ω) |
| 電圧 | 200 V |
| 消費電力 | 81.0 W |
| 電流 | 405 mA |
| 漏れ電流 | 0.10 mA |
| 温度 | 70℃以上 |
| 絶縁耐圧 | AC 1,500 V 60 秒 |
| 絶縁抵抗 | DC 500V 100 MΩ以上 |



岐阜工業株式会社

営業部本部 岐阜県瑞穂市宮田三舞越199番地
TEL 058-257-1001 FAX 058-257-1011
URL <http://www.gifukogyo.co.jp/>

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

【製造元】

TECHNO
テクノプロ株式会社

AKT/O Group



魅力ある現場を目指して

西松建設(株)常務執行役員土木事業本部副本部長(本協会理事)

梅田一成

建設業は、国民にとって不可欠な生活と産業の基盤を提供する産業であり、国民の安心・安全と快適な生活環境を確保するために、その役割は非常に大きいと言えます。このように大きな役割を担う産業ではありますが、最近の建設業就労者数はピーク時(1997(平成9)年)と比較し約70%に減少し、また就労者の高齢化が進行しており、建設業として今後の担い手確保が喫緊の課題となっています。

山岳トンネル工事では、NATMの導入から約40年が経過し、現在ではNATMが標準工法として採用されています。各種の大型専用機械を使用することで、効率的な施工を目指しています。ずり搬出に連続ベルコンの採用や高性能な集じん装置の設置など、坑内の環境も改善されています。しかし、一般の人が想像する山岳トンネル現場とは、3K(汚い、きつい、危険)環境での作業ではないでしょうか。ここに、非常にやりがいの感じる仕事である反面、トンネル現場での仕事に就労しようとする若年労働者を確保することを困難としている一つの理由があるように思います。

そこで、山岳トンネル工事の現場をはじめ、建設業に憧れをもって就労し、誇れるような「魅力ある現場」とするための最近の動きについて考えてみました。

まず毎日作業を行う坑内環境についてですが、切羽での掘削作業は、常に危険を伴います。自然が相手ですから地山状況の急変や突発湧水、また切羽の肌落ちなど、毎日切羽は変化します。切羽における岩塊の肌落ちによる事故は残念ながら毎年発生しています。山岳トンネル工事では、切羽からの肌落ち災害がいったん発生すると大きな災害となる危険性があることは認識されているとおりです。そんな中、昨年12月、厚生労働省より「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」が策定され公表されました。このガイドラインでは、山岳トンネル工事の切羽における労働災害の防止を図ることを目的としており、事業者は切羽における肌落ち災害防止対策を講じることが責務であるとされています。切羽における肌落ち防止計画を作成し、その防止計画では十分な肌落ち対策ができないおそれがあると認められる場合は、発注者および設計者と十分検討を行い、適切な肌落ち防止計画に変更することが求められています。適切な計画を実行することで、安全な作業環境を確保し、労働災害を防止しようというものです。このためには切羽状況に応じた適切な補助工法の選定が重要であり、切羽状況の判断が要点になります。それには、「技術の伝承」により経験豊富な技術者への

育成を推進することが必要です。突発的な地山挙動にも何かしら前触れ・兆候のようなものがあるはずで、経験の浅い若年技術者には、その挙動を確実に捕らえるために、常に「地山と対話しながら掘る」ことが大切だと指導しています。

また、近年では切羽前方の地山状況を探査により把握する方法も開発、実用化されており、その技術の適用によって危険を事前に察知することがある程度可能になってきています。ただし、探査のみでは切羽および掘削箇所周囲の地山を完全に把握することは困難だと考えます。地山の一部の探査結果から全体へ展開して推察するためには、実績の積み重ねにより精度を上げていくことになります。これにより突発的な危険の回避が可能となり、掘削場所で働く労働者の安全が向上していくものと考えています。前方地山の探査については、更なる技術開発や結果の積み重ねにより、今後も進展していくことを期待します。

次に労働環境についてですが、建設業における休日の状況は、建設工事全体では約65%が4週4休以下で就業している実態があります。受注者は、指定された工期を遵守するために、協力業者と一体となって少ない休日にもかかわらず努力しています。このような状況の中、今年3月に政府は「働き方改革実行計画」において、適正な工期設定、適切な賃金水準の確保、週休2日の推進などによる休日確保などに関する取組みを推進することを決定しました。これを受けて8月28日には、建設業の働き方改革に関する関係省庁連絡会議において「建設工事における適正な工期設定等のためのガイドライン」が示されました。この中では、適正な工期設定を行うことを通じて、建設業の担い手ひとり一人の長時間労働の是正や週休2日の確保などの働き方改革に確実に結びつけていくこと、また生産性の向上に業界を挙げて取り組むことを求めています。時間外労働を削減し、休日を増やすことで、建設業に就労することに魅力を感じてもらい、建設業の担い手を確保することを目指しています。一方、休日の増加、時間外労働の削減により収入が減少することを懸念する意見もあります。そのため、適切な賃金水準の確保も重要です。労働者によっては、収入を確保するために休日の少ない現場へ移動することも考えられます。したがって、業界全体で一斉に週休2日に取り組まないと労働者の移動による弊害が発生する可能性もあります。また、休日の増加や就労人口の減少に対して、i-Constructionの推進による作業効率の向上や公共工事における施工時期などの平準化など、建設生産システムにおける生産性の向上の取組みも必要です。長年、建設業が抱えていた労働環境の改善に向けて、いま、発注者とともに建設業全体がこの課題に真摯に取り組んでいます。

建設業の製品製作の場である現場が魅力的であり、今後の建設業の担い手となる若者が憧れと誇りをもって就業できる場となるように、関係者全員が努力していくことが重要です。取組みは始まったばかりのものもあります。建設業界が真の実力を発揮して、将来のために今やらなければならないことを、力を合わせて取り組んでいくことを望みます。

施工

中・短尺ボーリングを併用し得られた地質情報で断層破碎帯を施工

—北陸新幹線 新北陸トンネル(大桐工区)—

鉄道・運輸機構大阪支社敦賀鉄道建設所 吉 森 佑 介
 鉄道・運輸機構大阪支社敦賀鉄道建設所所長 高 原 英 彰
 鉄道・運輸機構大阪支社敦賀鉄道建設所担当副所長 鎌 田 和 孝
 (株)熊谷組北陸支店新北陸トンネル作業所工事課長 中 本 大 悟

1 はじめに

北陸新幹線は東京都を起点とし、長野市付近、富山市付近、小浜市付近を經由して大阪市に至る延長約690kmの路線で、1973(昭和48)年に整備計画が決定された。高崎・長野間の約117kmについては1997(平成9)年10月に長野五輪に合わせて開業し、2015(平成27)年3月に長野・金沢間の約228kmが開業した。現在建設中の北陸新幹線(金沢・敦賀間)については、2012(平成24)年6月に国土交通大臣より認可を受けた。2015(平成27)年1月の政府・与党申合せにおいて、沿線地方公共団体の最大限の取組みを前提に、3年前倒しし、2022(平成34)年度末の完成を目指すこととされた。

北陸新幹線(金沢・敦賀間)の工事区間は白山総合車両所(石川県白山市)から敦賀駅(福井県敦賀市)まで、工事延長は約115kmであり、内訳は、路盤約2.3km(約2%)、橋梁約16.4km(約14%)、高架橋約58.2km(約51%)、トンネル約37.7km(約33%)となっている。新北陸トンネルは北陸新幹線(金沢・敦賀間)にて工事を進めている福井県南越前町から敦賀市に位置する延長約20kmの山岳トンネルであり、北陸新幹線としては長野県飯山

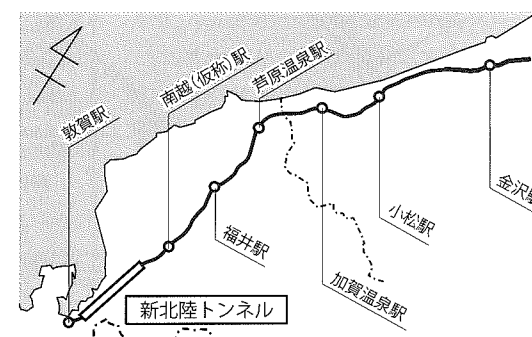


図-1 新北陸トンネル位置図

市と新潟県上越市を結ぶ飯山トンネルに次ぐ2番目の長さとなっている(図-1)。

本稿では、新北陸トンネル(大桐工区)において、中尺コアボーリングとドリルジャンボによる30mのさぐり削孔を用いた断層破碎帯での施工について報告する。

2 工事概要

新北陸トンネル(大桐工区)は、北陸新幹線新北陸トンネルのうち、南越前町内の工事延長3,605mの工区である。工事内容を表-1、掘削断面を図-2、地質縦断面図を図-3に示す。現在(2017(平成29)年9月1日時点)の進捗状況は、掘削2,016m(56%)、

表-1 工事内容

| | |
|--------|------------------------------------|
| 工事名称 | 北陸新幹線新北陸トンネル(大桐) |
| 路線名 | 北陸新幹線(金沢・敦賀間) |
| 工事場所 | 福井県南条郡南越前町地内 |
| 工期 | 2013(平成24)年12月24日~2019(平成31)年5月23日 |
| 発注者 | 鉄道・運輸機構大阪支社 |
| 受注者 | 熊谷・不動テトラ・梅林・森特定建設工事共同企業体 |
| トンネル延長 | 本坑3,605m, 斜坑483m |
| トンネル線形 | 直線, 上り8% |
| トンネル工法 | NATM(発破) |
| 掘削断面積 | 73.5m ² (図-2) |

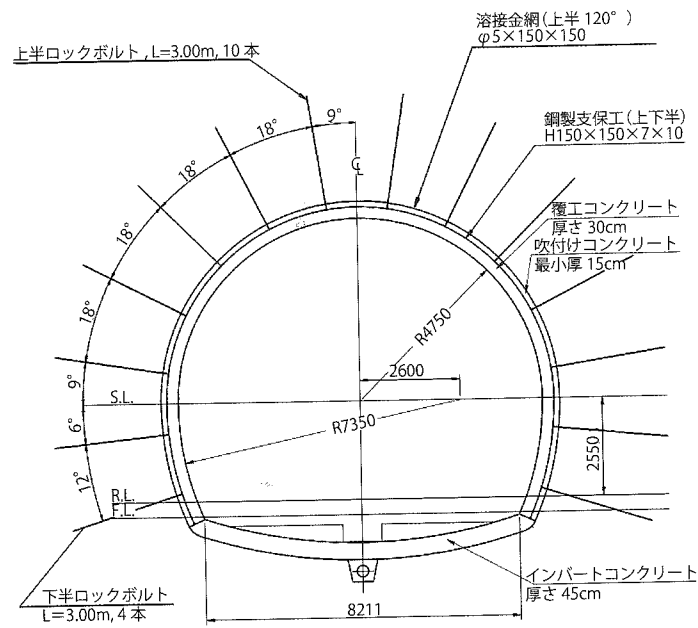


図-2 標準断面図

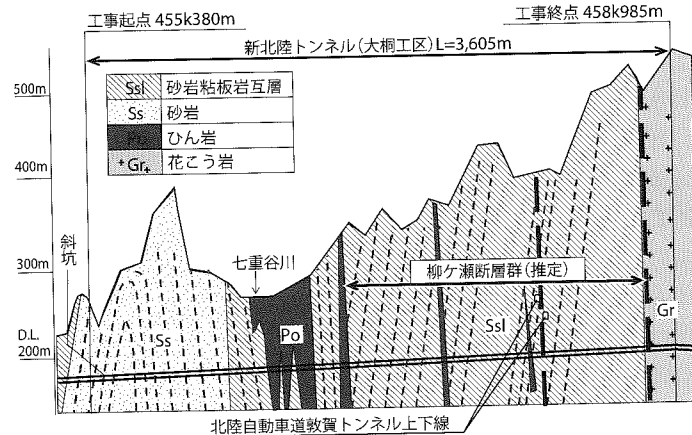


図-3 地質縦断図

覆工980m(27%), インバート1,234m(34%)となっている。

3 地形・地質概要

本工区の地質は、工事起点から大半の区間において、美濃帯に属す古生代~中生代ジュラ紀の堆積岩で構成されており、砂岩、粘板岩(頁岩)、チャートおよび緑色岩類などの岩石、地層が発達している。砂岩を主体とした硬岩地山と亀裂が発達した砂岩・粘板岩互層が入れ替わり出現するとともに断層が断続的に現れる地質性状の変化が著しい地山である。工事終点の一部の区間においては、花崗岩や花崗閃緑岩で構成されている。また、中古生層のため亀裂が発達しており、亀裂内に蓄積された湧水(帯水)や地表面を流れる川や沢からの供給水で多量の湧水の発生が予想される。

新北陸トンネルにおいては、既往の調査より活断層との交差が予想されており、本工区では、柳ヶ瀬断層群との交差が予想されている(図-4)。

柳ヶ瀬断層は、日本海沿岸の福井県福井市鮎川から丹生郡越廼村越前岬沖の若狭湾東縁を通り、滋賀県伊香郡木之本町を経て、岐阜県不破郡垂井町に至る「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部」と、福井県敦賀市の立石岬付近から敦賀湾を横切り、滋賀県伊香郡余呉町に至る「裏底-柳ヶ瀬断層帯」からなる。本稿で述べている柳ヶ瀬断層は「柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部」に属している¹⁾。工事の終点方で柳ヶ瀬断層群を通過し、その中で北陸自動車道と約40mの離隔で交差する。北陸自動車道の施工実績より多量湧水が確認されており、軟弱な地山であることを考慮すると困難な施工が予想される²⁾。

4 前方探査の概要

先述のような地質条件を持つトンネルにおいては、急な地山状況の変化が、安定した掘削へ与える影響が大きいため、前方探査により事前に地山状況を把握しながら掘削する必要がある。新北陸トンネル(大桐工区)では、従来はトンネル全線においてドリルジャンボを用いたさぐり削孔を、事前調査から予測される脆弱層や層境付近では、トンネル側壁からの発破振動を受信して地山状況を把握する弾性波探査(反射法)を実施し、多量湧水が予測される地点では周波数により地山状況を把

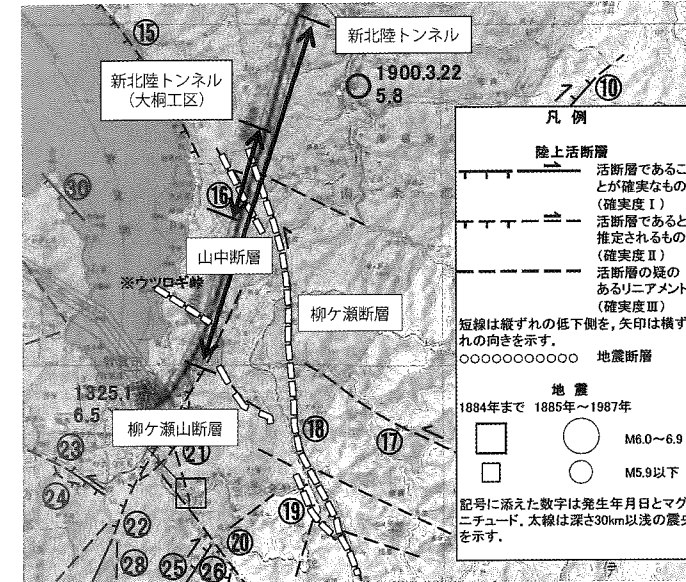


図-4 北陸新幹線、新北陸トンネル付近の活断層³⁾

握する電磁波探査(FDEM法)を実施している。さらに、必要に応じて主にノンコア水抜きボーリングを実施してきたが、456k720m付近において突発湧水を伴う切羽の大規模な抜け落ちにより掘削を一時中止した。これを踏まえて従来の前方探査に加えコアボーリングの追加施工を計画・実施している。

4-1 さぐり削孔の概要

さぐり削孔はドリルジャンボを用いて、削孔速度、湧水状況および投入エネルギーから前方地山状況を把握を目的として実施する。削孔径は65mm, 削孔長は30m, 削孔位置は切羽下半2か所(写真-1)、施工方向は掘削方向前方とし、調査はトンネル全線で実施した。ボーリングビットは、くりこのはげが良く、破砕帯での掘削に適したリトラックビットを用いた(写真-2)。

4-2 コアボーリングの概要

コアボーリングは、トンネル切羽前方の地山状況を把握および水位低下を目的に実施する。本調査は専用のマシンが必要となり、通常の掘削と並行して施工できないため、週末に施工し、工程への影響を最小限に抑えている。

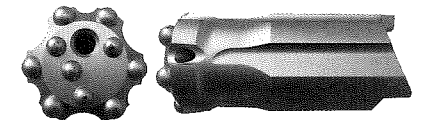


写真-2 リトラックビット

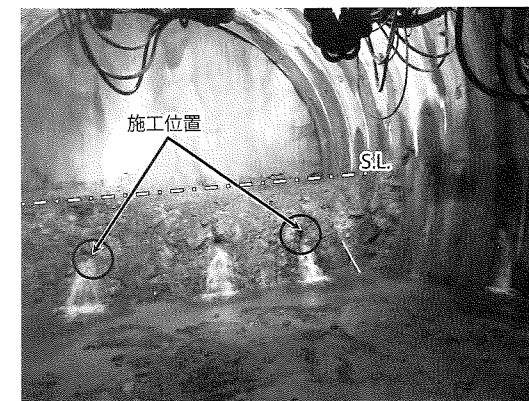


写真-1 さぐり削孔の施工位置

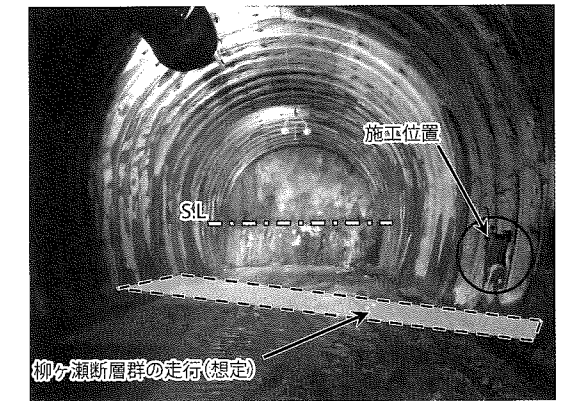


写真-3 コアボーリングの施工位置

また、調査方法は高速削孔が可能なPSワイヤーライン工法を採用し、掘削径は101mm、掘削長は100m以上を基本とし、削孔位置は切羽後方の側壁部(写真-3)、施工方向は外向き10°、上向き3°とした。事前調査より、柳ヶ瀬断層は掘削方向の右から左へ傾斜して走行していることが想定されており、より早く地質変化を捉えるため、掘削方向右側からの施工を計画・実施している。

4-3 さぐり削孔とコアボーリングの併用効果

さぐり削孔では、掘削方向前方の地山状況を通常の掘削機により手軽に把握できるため、経済性と施工性に優れ、急激な地山状況の変化に対応できる長所がある。しかし、削孔エネルギーでの判定のため、亀裂などの地山の詳細な把握が困難であること、短尺のため、事前対策の検討に限界があるといった短所が挙げられる。

一方コアボーリングでは、水圧計測が可能であり水抜き効果も高いことから、水圧に伴う切羽崩壊の防止が図れるだけでなく、コア採取により詳細で長期的な地山状況を把握でき、事前対策の検討が行える。また、削孔後は清水処理が可能になり濁水処理費用の軽減が図られる。しかし、専用のマシンによる施工のため、柔軟な対応が困難であることと、掘削方向が斜め前方のため、削孔長が大きくなると本線から離れた位置でのコア採取になり、地層の走向傾斜の観点から精度が落ちるといった短所が挙げられる。

以上より、コアボーリングとさぐり削孔の併用により、双方の短所を補完しながら地山状況を把握することで適切な施工を実施することとした。

5 断層破碎帯の施工

断層破碎帯の施工は、掘削時の地山の自立性が悪いことが想定されていたため、前方探査の実績にもとづき補助工法選定フローを作成し、施工方法の判断基準とした。

5-1 補助工法選定フローの提案

さぐり削孔とコアボーリングの併用にもとづく断層破碎帯での補助工法選定フローを図-5に示す。

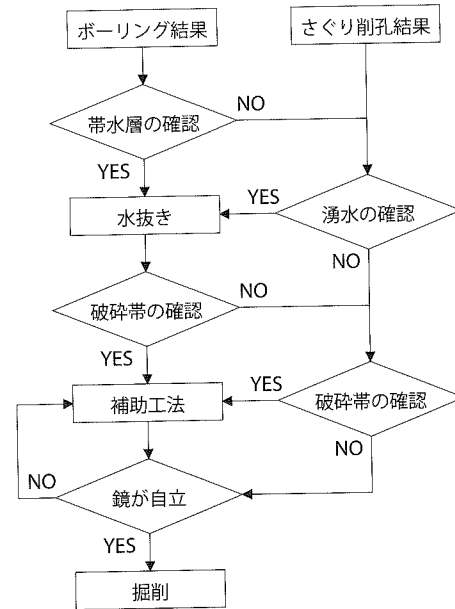


図-5 断層破碎帯における補助工法選定フロー

まず、ボーリング結果より帯水層が確認された場合、水抜きの実施を検討した。これにより切羽到達までに可能な限り水位を低下させる。破碎帯に起因する孔壁崩壊により安定した水抜きが困難であると判断した場合は鋼管を用いた水抜き(以下「鋼管水抜き工」)の実施を検討した(以下「ケースA」とする)。鋼管水抜き工は、管径が76.3mm、長さ12.5mの鋼管を用いて水抜きを実施した。この鋼管は長尺先受け工で用いる鋼管であり、汎用性が高く迅速な対応が可能な材料を用いることとした。また、湧水状態に応じ鋼管を組み合わせることで、鋼管水抜き工の長さを変化させた。

次にボーリング結果より破碎帯が確認された場合は、さぐり削孔結果を踏まえて補助工法を検討する。補助工法は先受け工とした(以下「ケースB」とする)。先受け工は、ボーリング結果・切羽観察結果より短尺・長尺の使い分けを実施した。短尺の先受け工は管径が27.2mm、長さ3mのボルトを用いた注入式フォアボーリングを、長尺の先受け工は管径が76.3mm、長さ12.5mの鋼管を9mピッチに打設する小口径長尺フォアパイリングを検討した。注入材は、水中でも硬化性の高いシリカレジンを用いた。

これらの対策にもかかわらず鏡の自立が困難な場合は追加の補助工法を検討した。追加の補助工法は鏡ボルトを検討した(以下「ケースC」とする)。当工区のような中生代の堆積層では地下水が亀裂に不連続的に帯水するため、事前の水抜きでは十分に水位を低下させられない可能性が考えられる。工程が厳しい中、切羽進行を止めて水位低下が認められるまで水抜きをすることや、加背割りを小さくするといった対策では合理的でない判断し、ケースCでは、鏡の安定と地山のゆるみ抑制のために、鏡ボルトを併用した。鏡ボルトは、長尺先受け工と同じ鋼管を用いて実施することを検討した。

以上の補助工法の諸元をまとめたものを表-2に示す。

5-2 施工内容と結果

図-6に、断層破碎帯での前方探査位置平面図を示す。この区間は、柳ヶ瀬断層群と推定される断層破碎帯が出現し、切羽で断層粘土と推測される地山とその背面から多量湧水を確認している(写真-4)。そのため、通常さぐり削孔とコアボー

表-2 補助工法の諸元

| ケース | A | B | | C |
|---------|--------|------|------|------|
| | | 短尺 | 長尺 | |
| 管径(mm) | 76.3 | 27.2 | 76.3 | 76.3 |
| 管の長さ(m) | 12.5 | 3.0 | 12.5 | 12.5 |
| ラップ長(m) | - | 1 | 3 | 3 |
| 注入材 | シリカレジン | | | |

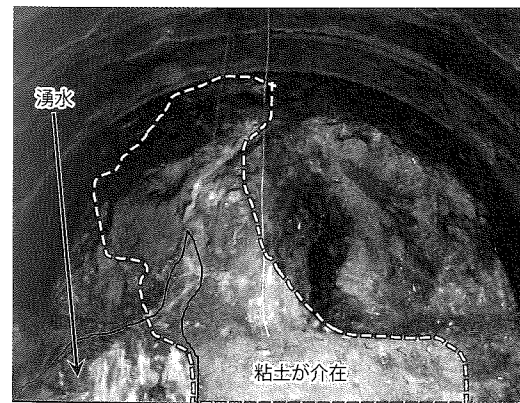


写真-4 切羽状況(457k107m)

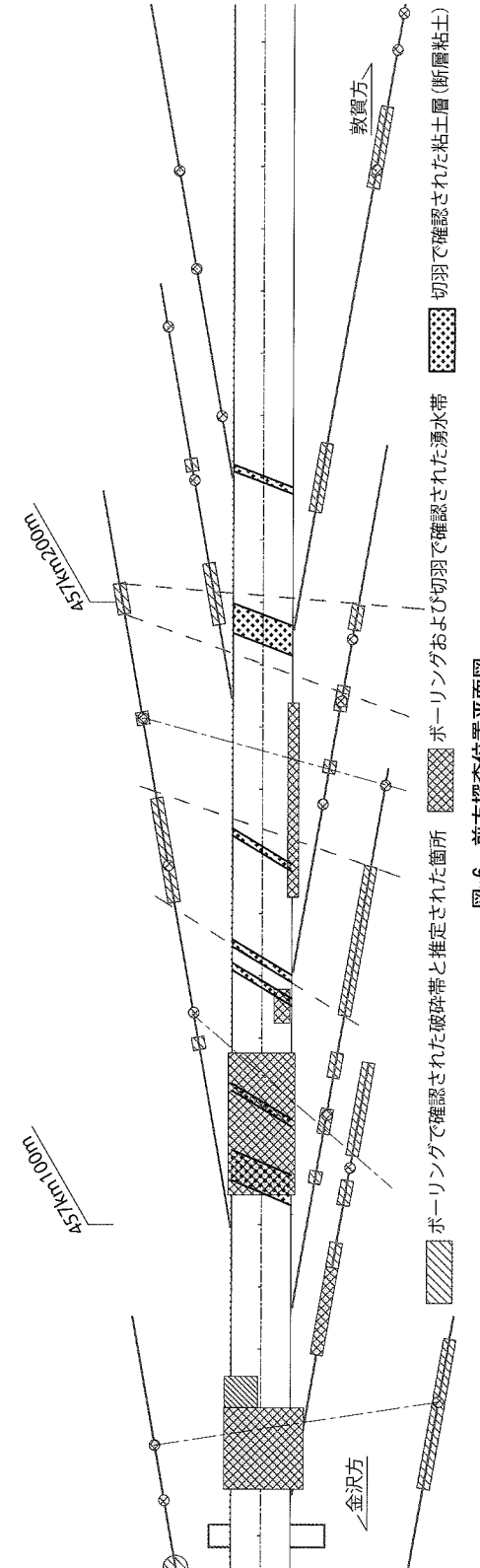


図-6 前方探査位置平面図

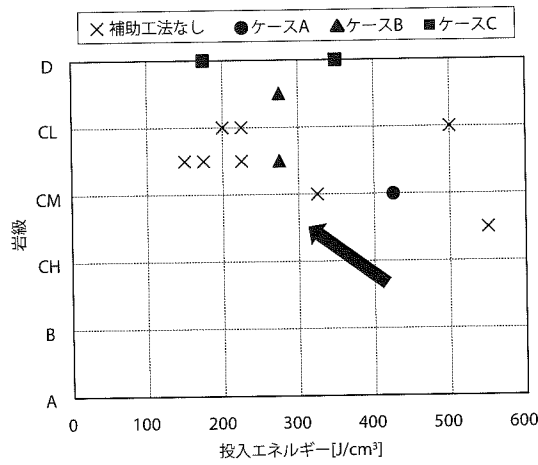


図-7 投入エネルギーと岩級の関係

表-3 岩級区分⁴⁾

| 岩級 | 特徴 |
|----|--|
| A | きわめて新鮮なもので造岩鉱物および粒子は風化・変質は受けていない。亀裂・節理はよく密着しそれらの面に沿って風化の跡は見られないもの。ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。 |
| B | 岩質堅硬で開口した(たとえ1mmでも)亀裂あるいは節理はなく、よく密着している。ただし、造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化・変質が見られる。ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。 |
| CH | 造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けているが岩質は比較的堅硬である。一般に褐鉄鉱などに汚染せられ、節理あるいは亀裂の間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマーの強打によって割れ目に沿って岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。 |
| CM | 造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少軟らかくなっている。節理あるいは亀裂の間の粘着力は減少しており、ハンマーの普通程度の打撃によって、割れ目に沿って岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。ハンマーによって打診すれば少し濁った音を出す。 |
| CL | 造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており、岩質も軟らかくなっている。節理あるいは亀裂の間の粘着力は減少しており、ハンマーの打撃によって割れ目に沿って岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質が残留する。ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。 |
| D | 岩石鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており、岩質も著しく軟らかい。節理あるいは亀裂の間の粘着力はほとんどなく、ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけで崩れ落ちる。剥脱面には粘土質物質が残留する。ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。 |

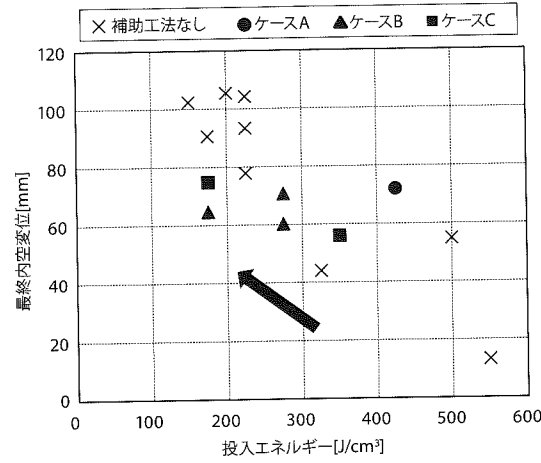


図-8 投入エネルギーと最終内空変位の関係

リングに加えて、前方地山の水抜きを主目的として、120mの水抜きボーリングを掘削方向左側で追加実施し、地山状況の推定に努めた。

図-7に投入エネルギーとコアボーリングの岩級相関図を、図-8に削孔エネルギーと内空変位の最終変位を、岩級区分を表-3に示す。ここで、投入エネルギーはさぐり削孔より得られる打撃圧・回転圧・フィード圧より総合的に算出したエネルギーである。

図-7より、投入エネルギーが小さくなるほど岩級も低級になる傾向を示しており、さぐり削孔とコアボーリング結果には一定の相関があることが示唆される。補助工法の適用規模も、さぐり削孔とコアボーリング結果から地質状況が悪くなるほど大きくなる傾向が見られるが、投入エネルギーが小さく、岩級評価も良くない箇所においても補助工法の対策なく掘削できている実績もあることから、さぐり削孔やコアボーリングから得られる地質情報以外の切羽周辺湧水量なども補助工法の適用規模に影響を与えていることが推測される。

図-8より、投入エネルギーと最終内空変位に相関が見られる。また、補助工法を適用した断面では適用していない箇所と比較して変位量が相対的に小さいことも認められる。これより、さぐり削孔結果より切羽前方にてある程度の変位量を予測することが可能であり、適切な支保パターンの検討に寄与することが期待される。

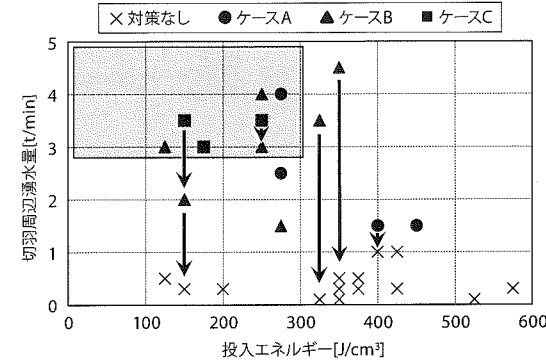


図-9 投入エネルギーと切羽周辺湧水量の関係

以上より、コアボーリングで事前に切羽前方の地山状況を把握し、さぐり削孔により直近の地山状況を一定の精度をもって再確認できることが示唆された。

切羽の安定は地質状況だけでなく、湧水状況とも関係があることから、図-9に削孔エネルギーと切羽周辺湧水量の相関図を示す。切羽周辺湧水量は「切羽および手前1D程度から発生した湧水量」である。

この表より投入エネルギーが小さく、切羽周辺湧水量が多い区間ほど大規模な補助工法を適用する傾向が見られ、切羽周辺湧水量が3t/minを超え、投入エネルギーが300J/cm³を下回ると切羽が自立しないケースが見られた(図-9中太枠)。しかし、同程度の投入エネルギーが観測された場合、切羽周辺湧水量が少ないケースにおいて相対的に補助工法の適用規模を1ランク落として施工することができ、切羽周辺湧水量が切羽の安定性に大きな影響を与えていることが見て取れた(図-9中矢印)。

以上より、コアボーリングとさぐり削孔を併用し、かつ、切羽周辺湧水量を含めて総合的に判断することで、適切な支保パターンおよび補助工法を選定することが可能になり、断層破砕帯においても図-5に示すフロー図に沿って合理的・経済的な施工が期待できる。

6 まとめ

本工区の断層破砕帯における前方探査と施工結果から得られた知見を以下に示す。

- ① コアボーリングとさぐり削孔を併用し、得られる結果を相互に補完することによって、切羽前方の地山状況を把握し、適切な施工を行うことができた。
- ② 補助工法選定フローにより、段階的な補助工法の判断ができたため、施工効率と経済性を考慮した工法を採用することができた。
- ③ 補助工法の適用結果より、切羽周辺の湧水量を事前に低下させることで補助工法の適用規模を抑え、経済的な施工の実施が期待できる。
- ④ さぐり削孔・コアボーリングから得られる地質情報を蓄積することで、更なる施工精度の向上が見込まれる。

7 おわりに

コアボーリングとさぐり削孔の併用による補助工法選定フローにもとづいた掘削により、現在も柳ヶ瀬断層群の中を大規模崩落、縫返しなどなく施工を進めている。今後は、北陸新幹線(金沢・敦賀間)の開業に向けて、課題を克服しつつ前方地山の予測精度を高め、安全にトンネル工事を進めていく。

最後に、本工事にあたり貴重なご意見をいただいた関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の長期評価について、pp.1-5, 2004.1.
- 2) 磯谷勇輔：敦賀地区のトンネル群、北陸自動車道、トンネルと地下、Vol.6, No.10, pp.43-49, 1975.10.
- 3) 活断層研究会編：日本の活断層、分布図と資料、東京大学出版会、1980.
- 4) 建設省大臣官房技術調査室監修：ボーリング柱状図作成要領(案)解説書(改訂版)、日本建設情報総合センター、1999.5.



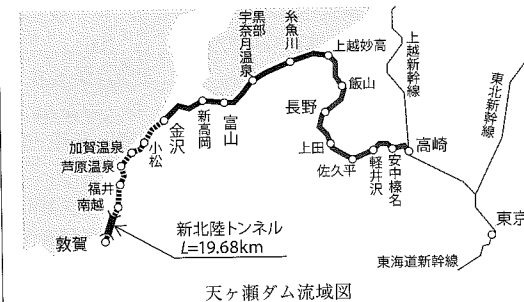
「鉄道の歴史」満載の福井県敦賀市より

八尾 浩樹

北陸新幹線、金沢-敦賀間のうち新北陸トンネルは福井県の南越前町から敦賀市に至る全長19.68kmの長距離、大断面トンネルである。田尻工区は6つの工区のうち、終点側から2番目の敦賀市内に位置する。その敦賀市には、近代日本の鉄道史上「日本一」「日本初」を冠するものがいくつかある。

敦賀市は、古くから畿内と北陸を結ぶ交通の要衝であり、冬でも比較的風が穏やかな気候から、港街として発展してきたが、鉄道の歴史においても先駆的な役割を果たしている。明治初頭、日本で最初に計画された鉄道4路線の1つに京都-敦賀線が選定され、1882(明治15)年、蒸気機関車が日本海側に初めて、敦賀へ乗り入れている。その後、敦賀港からウラジオストクへ定期船が就航したのを機に、1912(明治45)年には東京から敦賀港までの直通列車の運行が開始され、東京からシベリア鉄道を乗り継いで、パリやロンドンへ旅することができるようになった。この列車は「欧亜国際連絡列車」と呼ばれ、それまで航路で1か月以上を要した旅がおよそ半月に短縮され、ヨーロッパへの新たな玄関口として多くの人々や文化が、この地を通じて行き来することとなった。近年、映画でも話題になった、杉原千蔵の「命のビザ」を持ったユダヤ人は、全員この敦賀港から入国した。この列車はその後の大戦の影響で消滅してしまっただが、敦賀港駅舎が敦賀鉄道資料館として再現されており、当時の繁栄をうかがい知ることができる。

また、北陸本線の旧敦賀-今庄間は、日本一の鉄道難所と呼ばれ、わずか1駅間に12のトンネルと4つのスイッチバックがあるほどの急勾配であり、機関士は



敦賀鉄道資料館(旧敦賀港駅舎を再現)



北陸本線旧路線跡(スイッチバック)

煙に苦勞しながら峠を越えていたと想像される。昭和30年代後半、当時日本最長の北陸トンネルが開通し、旧路線は廃止となったが、これらの路線跡は日本の鉄道史に残る貴重なものとして国の登録有形文化財に指定され、現在でも見ることができる。

一方、施工中の北陸新幹線は、金沢-敦賀間の開通へ向け、各工区とも急ピッチで工事が進められている。当工区では下り勾配11%、延長712mの斜坑と、2,120mの本坑を施工する。地質は美濃帯の砂岩・粘板岩の混在岩が主体で、土かぶりは最大170m、最小40mである。途中、ウツロギ岬断層とそれに隣接する強風化花崗岩帯が位置し、慎重な施工が求められている。掘削の後半では比較的硬質な岩盤が想定されている。

2017(平成29)年5月末現在、斜坑180m地点を掘削中であり、今冬に本坑へ到達予定である。今後も、輝かしい敦賀の鉄道史に恥じぬよう、無事故での竣工を目指し、皆が一致団結して取り組む所存である。(奥村・西武・半澤共同企業体新北陸トンネル田尻工区所工事課長)

施工

崩落対策および湧水対策を駆使し強風化花崗岩地山を施工

一鳥取西道路 気高青谷トンネル

アイサワ工業(株)気高青谷トンネル第一工事主任 庄司 万寿
アイサワ工業(株)気高青谷トンネル第一工事所長 有松 俊文
アイサワ工業(株)技術開発部部長 石原 堅志
国土交通省中国地方整備局鳥取河川国道事務所建設監督官 花田 憲治

1 はじめに

鳥取西道路は、鳥取県の鳥取市本高から同市青谷を結ぶ一般国道9号のバイパスとして計画された延長19.3kmの自動車専用道路である。一般国道9号は、鳥取市を東西に結ぶ唯一の主要幹線道路であり、朝夕をはじめ観光シーズンに深刻な渋滞が発生している。

また、この区間は代替道路がないため、大きな事故や災害などの発生時には、日常生活はもとより、地域の経済活動に多大な支障をきたしている。このため、渋滞の緩和を図るとともに、災害時や

緊急時における代わりとなる路線の確保が求められている。さらに鳥取市東部では、中国横断自動車道姫路鳥取道路の事業が進められており、鳥取市西部では青谷羽谷道路が開通しこれらと連携して地域交通を促す幹線道路ネットワークの形成が望まれている。

鳥取西道路は、鳥取東部地域の活性化や地域圏の拡大など地域経済の発展に役立つことを目的としている。

2 工事概要

気高青谷トンネル第1工事は、鳥取市気高町から青谷町に至る全長L=2,132mの気高青谷トンネルのうち気高町側から延長1,021mの区間を第1工事として施工するものである。2014(平成26)年7月にトンネル掘削に着手して、2016(平成28)年4月に到達、同年9月に覆工コンクリートの施工を完了した。図-1にトンネル計画位置図を、表-1、図-2にトンネル施工概要を示す。

3 地質概要

気高青谷トンネルは、北北西方向に標高を減ずる幅約2km程度の山地に計画されている。

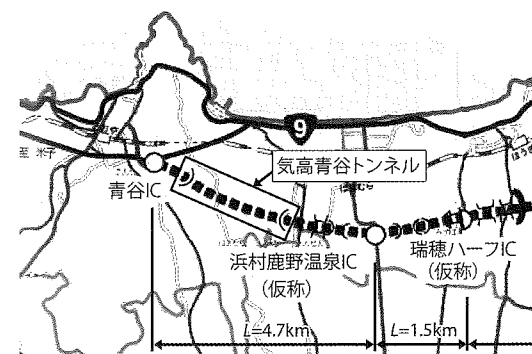


図-1 トンネル位置図

表-3 前方削孔速度による判断指標 (探りノミφ=65mm)

| 岩質 | 掘削 | 判断基準 |
|------|--------|------------|
| 低強度層 | 危険 | 30s/m以下 |
| 軟質 | 注意 | 30~60s/m程度 |
| 中・硬質 | おおむね安定 | 60s/m以上 |

※上記判断基準は、層状岩盤あるいは土砂層を対象とするものであり、中硬質塊状岩盤の場合は、多亀裂で60s/m以上の場合は危険な場合もありうる。

管フォアパイリング工を併用しての掘削となった。また、崩落部、突発湧水部も対策を行いながらの施工となった。

補助工法の採用にあたっては、長尺鋼管フォアパイリング工の打設ピッチに合わせて9mごとに行った前方探査(ボタンビット、φ75mm、L=13m、3か所/断面)の削孔速度、切羽状況をもとに決定した。

削孔速度の判断基準(表-3)は臨床トンネル補助工法委員会¹⁾を参考にし、60s/m以下を軟質、30s/m以下を低強度層と判断し補助工法の必要性の指標とした。

4-2-1 起点側

設計どおり、マサ状の強風化花崗岩が出現し天端付近は不安定であること、前方探査の結果より低強度層が多くみられることから注入式長尺鋼管フォアパイリング工を施工した。当初設計の注入材はモルタル系であったが、湧水も多く見込まれることからシリカレジンに変更した。

4-2-2 中間部、地層境界部

当初設計ではDI-b-iおよびCI、CII-bであったがマサ状の強風化花崗岩が連続し、天端付近の自立性がきわめて悪く、9mごとに前方探査、切羽岩質確認を行い、補助工法の有無の判定を行いながら掘削を進めていた。切羽岩質は強風化花崗岩となっており、天端付近の小崩落がたびたび起こっていた。

TD.230m付近の切羽天端付近で起こった小崩落が止まらず、周辺地山も連鎖的に崩落をくり返す、結果的に手前支保工5基を含む大崩落となった(図-4、写真-1)。天端部からの抜け落ちが止ま

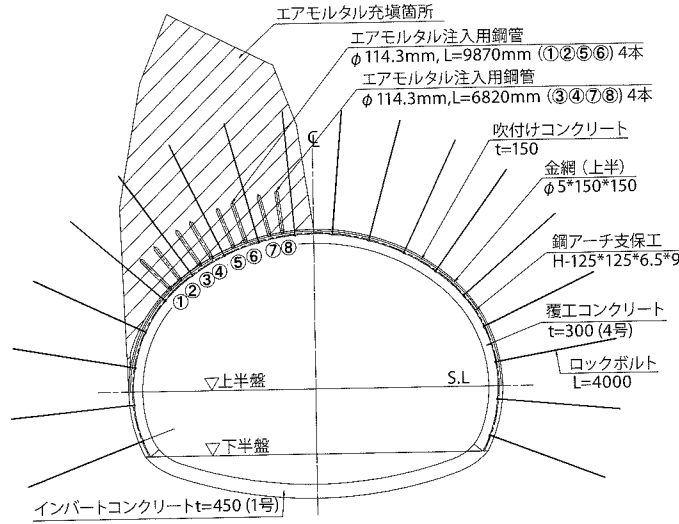


図-4 崩落部断面図

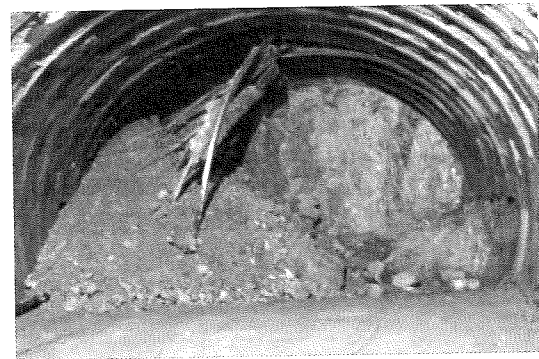


写真-1 崩落状況

らなかつたため、掘削土にて埋戻しを行い、吹付けコンクリートt=500mmを盛土法面に施工し補強を行った。

空洞部には、第1段階としてエアモルタルの注入を行った。φ114.3mmの鋼管を打設しガイド管とし、その中に塩ビ管VP50を挿入し注入管とした。また、充填を確認するためリーク確認用の鋼管も同時に打設し、リークが確認できるまで注入を行い147m³の充填を行った。

第2段階として、空洞部を確実に充填するため注入式長尺鋼管φ76.3mmを打設しシリカレジン注入了。10か所打設し、2,650kgの薬液注入となった(図-5、写真-2)。

空洞充填後、縫返し作業に入り倒壊した支保工(H-125)を撤去し、発注者と受注者として組織され

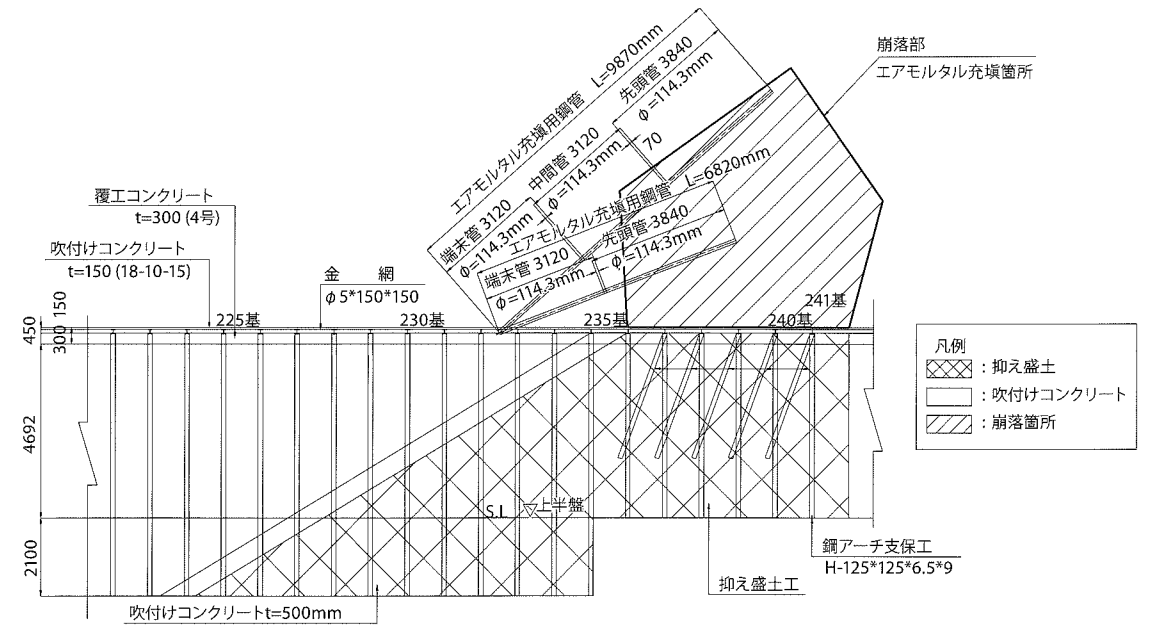


図-5 崩落対策図



写真-2 空洞部充填完了



写真-3 TD.600m地層境界部(帯水層)

た対策検討会の検討結果より2ランクアップの支保工(H-200)を設置した。

縫返し後は、崩落対策として注入式長尺鋼管フォアパイリングを併用して掘削を行った。

4-3 TD.600m付近 突発湧水対策

この付近は地層境界部にあたり強風化花崗岩と帯水層とみられる粘土層が出現した。この粘土層が遮水層となり上部に帯水を賦存していた。天端のロックボルト施工時、打設孔(2か所)より1,000L/minの突発湧水が発生した(写真-3、4)。

切羽岩質は強風化花崗岩であり切羽からの多量の湧水は流出・崩落の危険があったため、先行し



写真-4 湧水状況(ロックボルト孔)

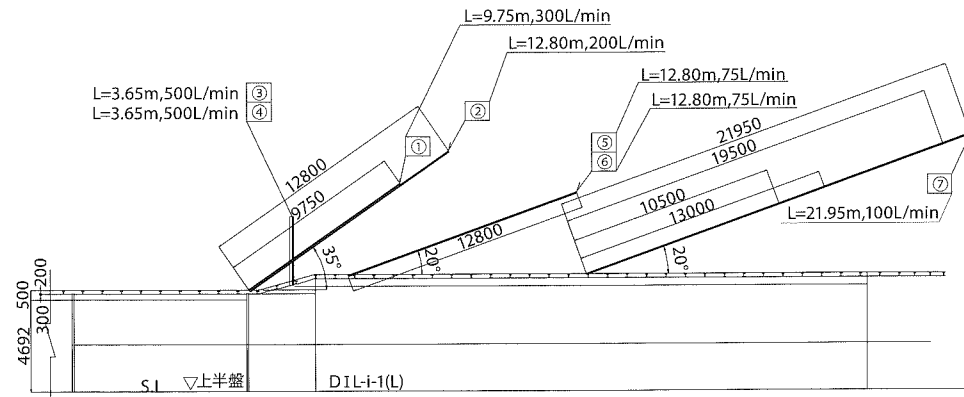


図-6 水抜き工図

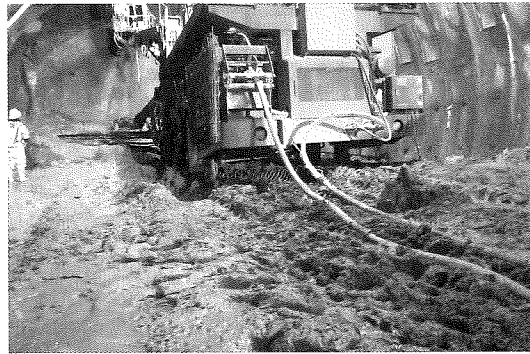


写真-5 切羽付近路盤状況

での水抜きを行った。切羽後方よりφ76.3mmの鋼管を帯水層まで打設し、導水、集水、排水を行うことにより切羽前方の帯水を切羽面から流出しないよう処理し掘削を進めた(図-6)。水抜き孔からは総量で100t/hの湧水が確認された。

4-4 路盤対策工

TD.600m付近からは、切羽からの多量の湧水を伴いながらの施工となった。岩質は強風化花崗岩、帯水層(粘土層)、凝塊角礫岩が互層になり出現した。このため湧水を伴った掘削ずりは路盤を泥濘化させ施工機械の足場確保が困難となった。また、側溝内に流入したヘドロは水中ポンプをつまらせ、切羽付近の冠水、ずり出しランプのタイヤに付着したヘドロが坑外まで持ち出され、路面の悪化、粉塵発生の原因となった(写真-5)。

4-4-1 インバートの早期施工, 仮暗渠排水管設置

路盤下部からの湧水および周面排水の処理として、インバートの早期施工を行い仮暗渠排水管

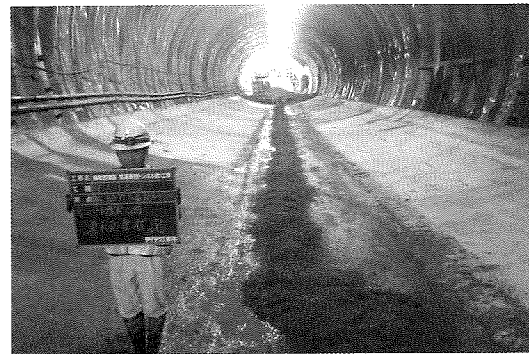


写真-6 仮暗渠排水管設置

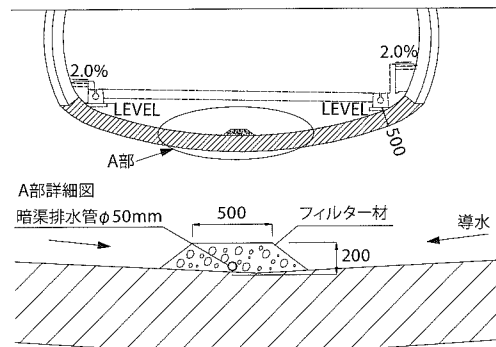


図-7 仮暗渠排水管施工工図

φ50mmを設置しそこに導水し集水・排水を行い路盤の維持を図った(写真-6, 図-7)。

4-4-2 ヘドロ吸引, 路盤改良, ロードマット敷設

切羽付近の安全な重機作業ヤードの確保のため、側溝に堆積したヘドロをバキューム車にて吸引し軟弱部をセメント改良, ロードマットを敷設した(写真-7~9)。



写真-7 バキュームによるヘドロ吸引

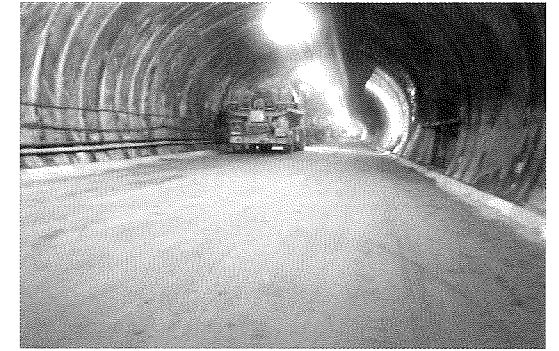


写真-9 泥濘化対策完了後

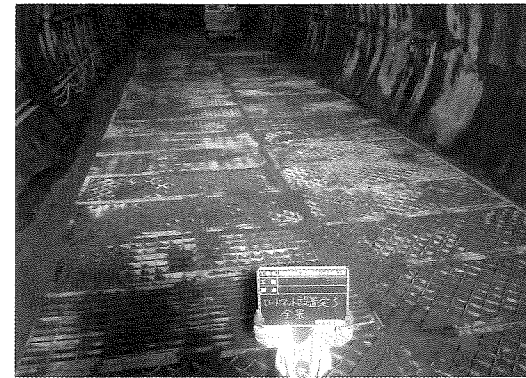


写真-8 ロードマット敷設

5 おわりに

本工事では、大小の崩落が多数発生し、また湧水もかなりあったが、適切で早い対策を講じたこともあり無事故で完成した。

当工事で採用した対策が同種工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) NPO法人臨床トンネル工学研究所トンネル補助工法委員会：平成20年~21年活動報告書。

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

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

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

土木情報 No. 533

今月の主な入札結果 (9月10日~10月9日)

| 事業主体 | 工 事 名 | 請 負 会 社 | 請負額 単 位 百万円 |
|-----------|---------------------------|---------------|-------------------|
| 東北地整 | 県道吉間田滝根線広瀬1号T | 前田建設工業 | 2,816.58 |
| 関東地整 | H29・H30 R357号市川共同溝補強その9 | 工建設 | 245.5 |
| 〃 | 東関道石神地区函渠 | 大昭建設 | 152.2 |
| 〃 | H29小貝川左岸大夫落樋管改築 | 村本建設 | 388 |
| 中部地整 | H29 42号尾鷲第4 T南部 | 前田建設工業 | 2,427.7 |
| 〃 | H29牧田川金草川排水樋門改築 | 鴻池組 | 1,085.5 |
| 〃 | H29由比地区山中排水T | 森本組 | 623 |
| 四国地整 | H29-32天神ヶ谷川水圧函路 | ノバック | 595 |
| 〃 | H29佐川管内T補修外 | 福留開発 | 168.5 |
| 〃 | H29土佐管内T補修 | ミタニ建設工業 | 105 |
| 水資源機構 | 房総導水路緊急改築山武・東金地区サイホン補強外 | 遠藤建設 | 204 |
| 鉄道・運輸機構 | 北海道新幹線、磐石T(北)他 | 西松・浅沼・中山・岸本JV | 6,821.77 |
| 中日本高速道路 | 新東名高速道路萱沼T | 清水建設 | 5,350 |
| 西日本高速道路 | 舞鶴若狭自動車道石原工事 | 浅沼組 | 2,438 |
| 茨城県 | 29国補地道第285-5号、花野井川水路BOX築造 | 高橋・本田JV | 238 |
| 千葉県 | 公下(雨水)管渠布設(運公H29-1) | 上国興業 | 256 |
| 都・財務局 | 下高井戸調節池 | 大成・徳倉JV | 3,605 |
| 都・水道局 | 江東区有明一丁目地先配水本管(700mm)新設 | 浅沼組 | 1,048.12 |
| 都・下水道局 | 千住閘屋ポンプ所建設その6 | 大林・大本JV | 2,515 |
| 〃 | 江東区平野四丁目、三好三丁目付近再構築 | 森本組 | 1,750 |
| 山梨県 | 朝穂堰地区漆戸水路T(第3工区) | 富士島建設 | 103.5 |
| 長野県 | H29県営かんがい排水事業西天竜地区5号水路T補修 | 浅川建設工業 | 289.5 |
| 〃 | 〃 7号 〃 | 清野建設 | 186.86 |
| 大分県 | H29防安国改日第1号道路改良 | 梅林・田中JV | 1,709.18 |
| 大阪広域水道企業団 | 送水管布設(千里幹線BP管・豊中市)2工区 | 清田・ユニオンJV | 784.1 |
| 宇都宮市 | 準用河川越戸川BP築造(分割3号) | 野沢実業 | 112.64 |
| 埼玉県和光市 | 市道1号線17越戸川第1号雨水幹線整備 | 田中工業 | 137 |
| 新潟市 | 東下35号大石排水区分水人孔築造下水道 | 秋葉建設興業 | 171.9 |
| 名古屋市 | 第3次中村中部雨水調整池流入管下水道築造 | TSUCHIYA・山昇JV | 969.8 |
| 〃 | 第4次 〃 | 大日本・岐建・鈴木JV | 953.04 |

建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著 A5判 326頁 本体価格 4,300円



株式会社 土木工学社

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

施工

ノンコア削孔検層を活用した補助工法要否の判定と小土かぶり部の掘削

—九州横断自動車道 田代第二トンネル—

国土交通省九州地方整備局熊本河川国道事務所建設監督官((現)鹿児島国道事務所計画課長) 峰 潔 毅
 (株)大林組九州支店田代第二トンネル工事事務所 井上 浩 二
 (株)大林組九州支店田代第二トンネル工事事務所 松崎 利 宣
 (株)大林組生産技術本部トンネル技術部担当課長((現)四国支店松柏トンネルJV工事事務所 古家 義 信

1 はじめに

九州横断自動車道延岡線は熊本県嘉島町から宮崎県延岡市を結ぶ高規格道路で、田代第二トンネルは嘉島～山都道路事業(延長23km)の一環として新設される、延長531mのトンネルである(図-1)。

本トンネル周辺の地質は脆弱な御船層群砂岩頁岩互層が主体で、近隣トンネルでは切羽安定対策として多くの補助工法が採用されていた。

本トンネルでは、補助工法の要否を掘削前に、定量的に把握することを目的として、ノンコア削孔検層を活用した補助工法の要否の判定基準(以下、「補助工法判定基準」と称する)を構築し、運用した。

また、トンネル中央付近の小土かぶり区間における最小土かぶりは約3mであったが、地上からのアクセスが困難であったため、坑内からの対策によって地表面の安定を確保する必要があった。

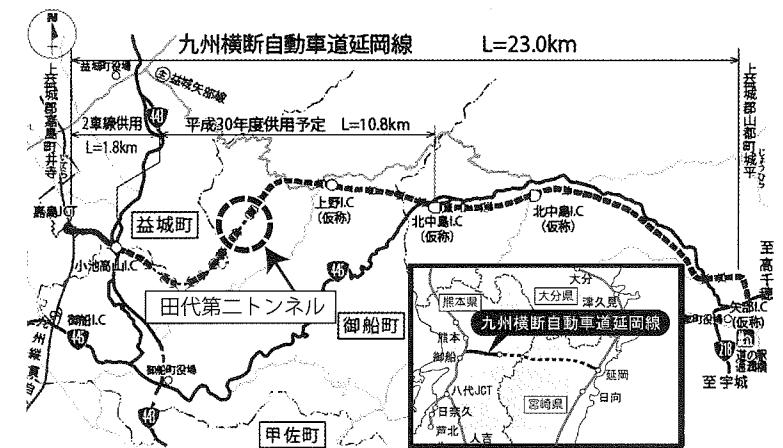


図-1 位置図

本稿では、本トンネルで採用した補助工法判定基準の適用性と、小土かぶり区間の掘削実績について報告する。

2 田代第二トンネル概要

工事概要を以下に示す。

工 事 名：九州横断自動車道延岡線(嘉島～山都)田代第二トンネル新設工事

発 注 者：九州地方整備局熊本河川国道事務所

施 工 者：(株)大林組

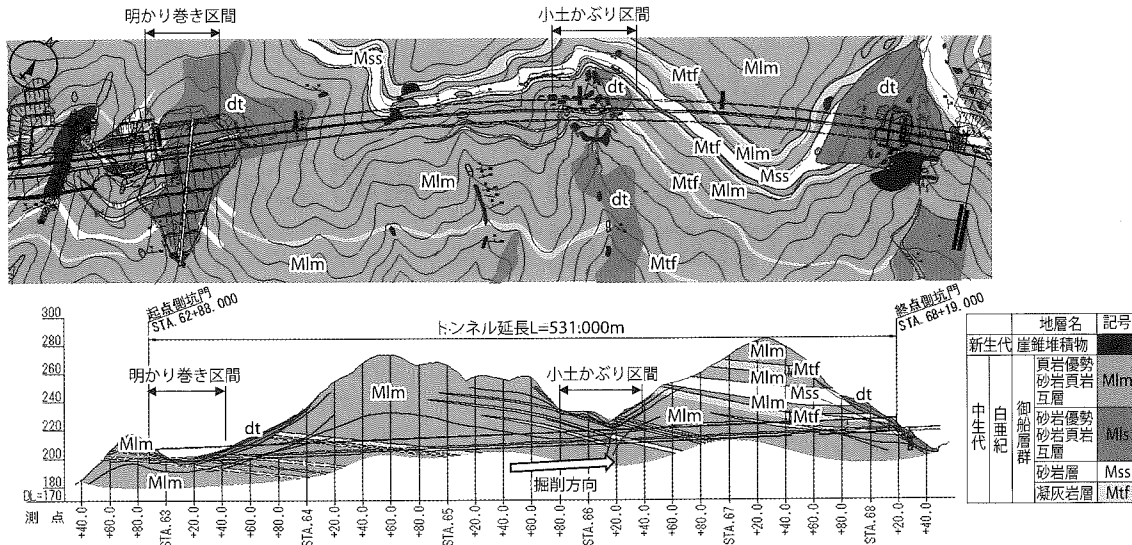


図-2 地質平面・縦断面

工期：2015(平成27)年3月6日～
2017(平成29)年10月31日
工事内容：NATM477m, 明かり巻き54m

3 地形・地質概要

図-2に地質平面・縦断面を示す。

本トンネル周辺は、標高431.2mの飯田山を山頂とした標高300～400mの山岳地である。本トンネルは飯田山東方に位置しており、トンネル区間は急傾斜地を形成している。STA.65+79～66+39は土かぶりが1D以下の小土かぶり区間で、最小土かぶりは3.3mである。

トンネルが通過する地質は中生代白亜紀御船層群の頁岩・砂岩・凝灰岩を基盤岩とし、崖錐堆積物が覆う構造である。御船層群は頁岩が主体の砂岩頁岩互層で、砂岩層および凝灰岩を薄く頻繁に挟む。地層は北西に10～40°で傾斜しており、この地質構造が北西に緩く傾斜した地形を形成している。

頁岩は、新鮮部では硬質な塊状岩であるが、潜在的な割れ目が多く、風化作用により細片状に砕けやすい。砂岩は塊状・堅硬である。凝灰岩は風化作用を受けると短冊状に割れ目が発達して細片化しやすく、部分的に白色粘土状となる。

地下水は比較的少ない。

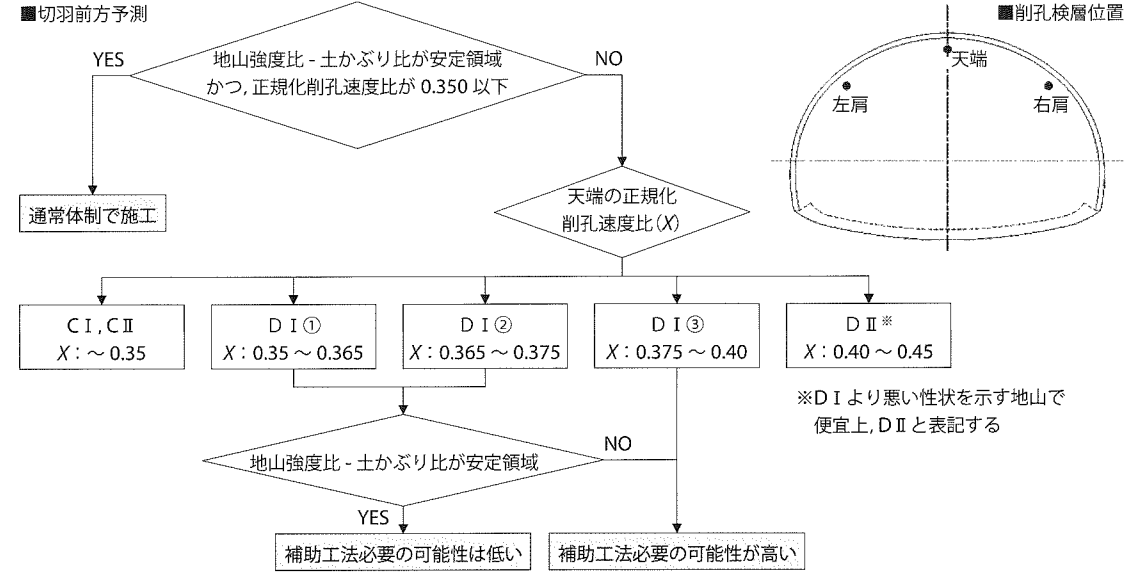
4 ノンコア削孔検層を活用した補助工法判定基準

4-1 施工上の課題

本トンネルでは全線にノンコア削孔検層技術である「トンネルナビ」¹⁾を適用し、切羽前方探査を行った。トンネルナビは削孔速度を基本とした切羽前方地山の予測システムで、フィード圧の変動の影響を取り除いた「正規化削孔速度比」で地山を評価する。正規化削孔速度比の値が大きいと地山は柔らかく、小さいと地山は硬いことを示す。

掘削当初から正規化削孔速度比は大きな値を示し、不良地山の出現が予想された。実際の切羽も不安定で肌落ちや小規模な崩落が発生し、坑口から46m掘削したSTA.63+88において凝灰岩の出現とともにさらに鏡面が不安定化したため、長尺鏡ボルトを適用するに至った。

本トンネルの地質や近隣トンネルの施工実績を考慮すると、今後も切羽安定のための追加対策が多く必要になると考えられたが、追加対策が多くなると工費や工期への影響が懸念された。また、追加対策を行う場合は、事前に必要性を把握して工期への影響を小さくすることが求められた。このため、切羽安定対策の要否を事前に予測し、合理的に判定できる基準が必要であった。



■切羽観察

| | | | | | |
|---------------------|-------|--------|--------|-------|-------------|
| 天端評価点 ³⁾ | 25点以上 | 25～22点 | 22～14点 | 14点以下 | ➡ 天端安定対策の実施 |
| 加重平均点 ³⁾ | | 25点以上 | 25～20点 | 20点以下 | ➡ 鏡面安定対策の実施 |

図-3 補助工法判定基準

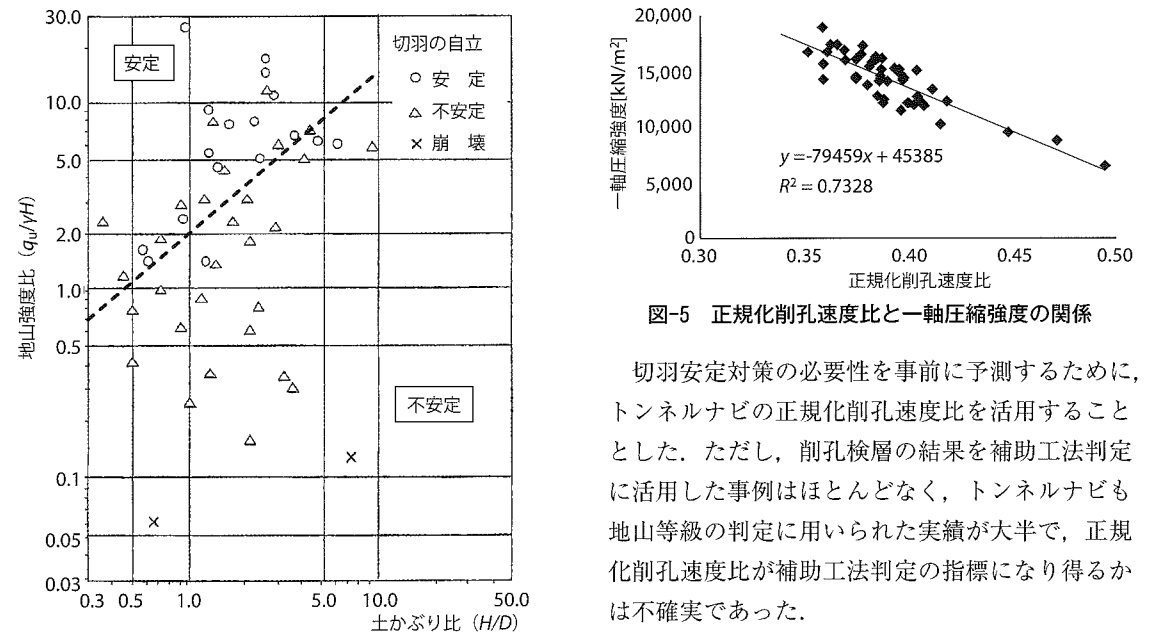


図-4 地山強度比と土かぶり比による切羽安定性評価

図-5 正規化削孔速度比と一軸圧縮強度の関係

4-2 補助工法判定基準の構築

上述の理由から、図-3に示す補助工法判定基準を構築し、試行した。

切羽安定対策の必要性を事前に予測するために、トンネルナビの正規化削孔速度比を活用することとした。ただし、削孔検層の結果を補助工法判定に活用した事例はほとんどなく、トンネルナビも地山等級の判定に用いられた実績が大半で、正規化削孔速度比が補助工法判定の指標になり得るかは不確実であった。

そこで、判定精度を高める目的で、地山強度比と土かぶり比による切羽安定性評価²⁾(図-4)を併用した。地山強度比の算出に用いる一軸圧縮強度は、正規化削孔速度比とポイントロード試験による一軸圧縮強度の相関関係を蓄積し、得られた予

測式を用いて算出した(図-5)。この予測式は、全データに対する近似直線から求められる予測値と実測値との差異の分散を σ とし、実測値が予測値 $\pm\sigma$ 以内となるデータ群から求めた近似式とした。

既往のトンネルナビの実績から、正規化削孔速度比が0.35未満のとき、地山はC級、0.35~0.40のときはDI級、0.40以上のときはDI級より悪い地山と判定した。なお、DI級より悪い地山を便宜上、DII級と呼ぶことにした。

坑口付近の掘削区間では長尺先受け工が設計されており、実切羽で天端地山の性状を確認し、設計どおり長尺先受け工を行った。この区間の正規化削孔速度比は0.37以上であり、DI級でも悪い側と評価される地山では天端安定対策の必要性が高いと考えられた。これより、正規化削孔速度比が0.375以上の場合には天端安定対策が必要となる可能性が高いという判定基準とした。また、正規化削孔速度比が0.40以上になると鏡面からの肌落ちや小崩落が発生していたことから、正規化削孔速度比が0.40以上のときに鏡面安定対策が必要となる可能性が高いという判定基準とした。

上記の補助工法要否の事前予測結果を踏まえ、最終的には実切羽を確認して補助工法の要否を判定することとした。坑口付近の掘削実績から、天端評価点および加重平均点³⁾に対して図-3に示す閾値を設定し、これらを下回った場合には基本的に補助工法を追加することとした。

4-3 補助工法判定基準の評価

補助工法判定基準を全線で運用し、適用性を確認した。

補助工法要否の最終判断は実切羽を確認して行ったため、本判定基準による判定結果とは必ずしも一致しない箇所があったが、天端安定対策では83%(表-1)、鏡面安定対策では89%(表-2)の断面で判定結果と施工実績とが一致し、本判定基準が高い予測精度を有することを確認した。

本判定基準による判定結果と実施工とが一致しなかった理由を分析した。天端安定対策については以下の状況を確認した。

- ・天端の正規化削孔速度比が0.375未満で天端

表-1 天端安定対策の判定適合結果

| | | 実施工 | | 合計 |
|------|----|-----|----|-----|
| | | あり | なし | |
| 判定基準 | あり | 45 | 3 | 48 |
| | なし | 23 | 78 | 101 |
| 合 | 計 | 68 | 81 | 149 |

適合率：(45+78)÷149=83%

表-2 鏡面安定対策の判定適合結果

| | | 実施工 | | 合計 |
|------|----|-----|-----|-----|
| | | あり | なし | |
| 判定基準 | あり | 10 | 4 | 14 |
| | なし | 12 | 123 | 135 |
| 合 | 計 | 22 | 127 | 149 |

適合率：(10+123)÷149=89%

- 安定対策不要の判定であったが、左右肩部の正規化削孔速度比は0.375以上で地山が不安定であったため、小口径AGF工を施工した。
- ・天端部の切羽評価点が29点で、天端安定対策不要の判定であったが、小土かぶり部区間の始まりであったため、地山崩落リスク低減のため設計どおり充填式フォアポーリングを施工した。
- ・正規化削孔速度比が0.375以上で天端安定対策が必要との判定であったが、切羽には部分的に良好な地山が現れており、かつ削孔検層結果から以降の地山は良くなると考えられたため、天端安定対策を施工しなかった。

鏡面安定対策については以下の状況を確認した。

- ・天端の正規化削孔速度比は0.40未満で鏡面安定対策は不要の判定であったが、左肩部の正規化削孔速度比が0.40以上で、切羽の加重平均点も20点以下であったため、長尺鏡ボルト工を施工した。
- ・正規化削孔速度比が0.40前後で変動し、鏡面安定対策の要否が断面ごとに変わる区間において、加重平均点が12点であったため長尺鏡ボルト工を施工した。
- ・起点側坑口4mでは正規化削孔速度比が0.40以上で加重平均点も低く、鏡面安定対策が必要との判定であったが、鏡面は核残しで安定

を図れたため、鏡面安定対策は施工しなかった。

以上の状況を鑑み、削孔検層を活用した補助工法判定基準の適用性を高めるためには、次のような改善が必要と考えられる。

- ・削孔検層は切羽面の1点の評価であるため、複数本の削孔検層によって面的に評価することで、判定精度の向上が期待できる。削孔本数が多いほど判定精度は向上するが、工程への影響などを考慮すると、天端、左右肩部の3本で評価することが現実的と考えられる。
- ・1~2m程度で要否の判定結果が変動するような区間に対して、対象切羽から数m前方までの削孔検層結果を考慮することで、実用的な判定が可能となる。

また、今後施工実績を蓄積し以下の点を改善することで、判定基準の適用性のさらなる向上が期待できる。

- ・核残しによる鏡面安定効果を考慮する。例えば湧水状態で切羽評価点を調整するように、核残しの有無による切羽評価点の調整が考えられる。
- ・地上からの対策の可否など、区間ごとに異なるリスクを考慮して正規化削孔速度比の閾値を変えることで、施工条件に則した判定を行う。

5 小土かぶり区間の掘削

5-1 施工上の課題

図-2のようにSTA.65+79~66+39は、土かぶりが1D以下の小土かぶり区間であった。偏圧地形であり、地層の傾斜は斜面に対して受け盤であるが、図-6に示すように流れ盤方向の断層が推定されていた。

地上からのアクセスが困難な場所であったため、トンネルおよび地山安定対策はすべて坑内から実施する必要があった。万一、地表面に変状などが発生すれば地上からのアクセス路を整備しての対応が必要となり、路線開通時期に影響することから、地表面の安定確保が最重要であった。

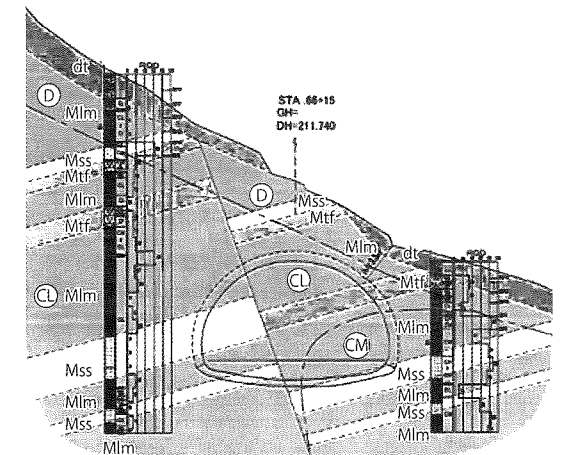


図-6 小土かぶり部の地質横断面図

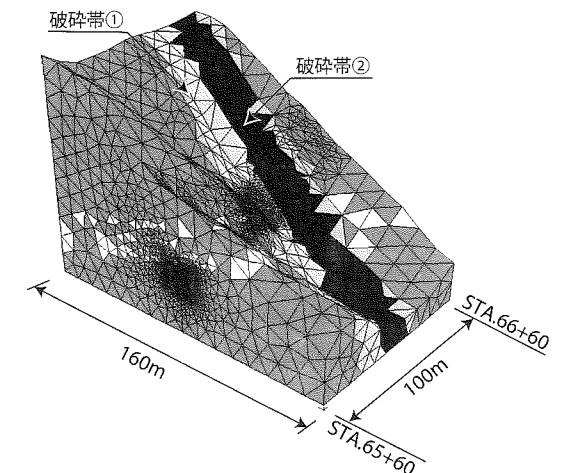


図-7 解析モデル図

5-2 3次元数値解析による検討

小土かぶり区間に前後約20mずつを加えた区間STA.65+60~66+60を対象として3次元有限差分解析を行い、トンネルおよび地山の安定性を検討した。

解析に先立って切羽からコアポーリング(PS-WL工法)を実施し、地質構造を把握した。これによってSTA.66+05~40付近に破碎帯が分布することが確認された。確認された地質構造は解析モデルに反映した。

掘削前の予測解析によって、変位予測、トンネルおよび地山の安定照査、管理基準値の設定を行い、管理基準値超過時の対策方法をあらかじめ設

表-3 地山物性値

| 岩盤記号 | 検討段階 | 変形係数(MN/m ²) | ポアソン比 | 単位体積重量(MN/m ³) | 粘着力(MN/m ²) | 内部摩擦角(°) |
|---------|------|--------------------------|-------|----------------------------|-------------------------|----------|
| Mlm(D) | 当初 | 10.00 | 0.397 | 0.0200 | 0.10 | 20 |
| | 見直し① | 5.00 | | | | |
| | 見直し② | 2.50 | | | | |
| Mtf(D) | 当初 | 19.83 | 0.397 | 0.0170 | 0.10 | 20 |
| | 見直し① | 9.92 | | | | |
| | 見直し② | 4.96 | | | | |
| Mss(D) | 当初 | 20.00 | 0.333 | 0.0200 | 0.10 | 30 |
| | 見直し① | 10.00 | | | | |
| | 見直し② | 5.00 | | | | |
| Mlm(CL) | 当初 | 150.00 | 0.333 | 0.0240 | 0.30 | 30 |
| | 見直し① | 75.00 | | | | |
| | 見直し② | 37.50 | | | | |
| Mtf(CL) | 当初 | 300.00 | 0.299 | 0.0200 | 0.50 | 35 |
| | 見直し① | 150.00 | | | | |
| | 見直し② | 75.00 | | | | |
| Mss(CL) | 当初 | 400.00 | 0.285 | 0.0240 | 0.50 | 37 |
| | 見直し① | 200.00 | | | | |
| | 見直し② | 100.00 | | | | |
| Mlm(CM) | 当初 | 750.00 | 0.263 | 0.0265 | 1.50 | 40 |
| | 見直し① | 375.00 | | | | |
| | 見直し② | 187.50 | | | | |
| Mtf(CM) | 当初 | 750.00 | 0.263 | 0.0230 | 1.25 | 40 |
| | 見直し① | 375.00 | | | | |
| | 見直し② | 187.50 | | | | |
| Mss(CM) | 当初 | 1,000.00 | 0.263 | 0.0265 | 1.00 | 40 |
| | 見直し① | 500.00 | | | | |
| | 見直し② | 250.00 | | | | |
| 破砕帯① | 見直し① | 150.00 | 0.350 | 0.0220 | 0.20 | 30 |
| 破砕帯② | 見直し② | 40.00 | 0.350 | 0.0220 | 0.20 | 30 |

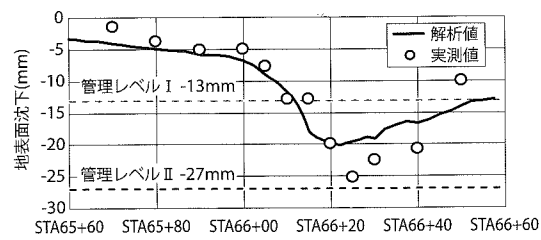


図-8 地表面沈下の予測と実測の比較

定した。掘削中は計測結果に合わせて地山の变形係数を適宜見直し、計3回の修正解析を行った。最終解析モデルを図-7に、地山物性値を表-3に示す。地山は弾塑性モデルとした。

小土かぶり区間では地表面の安定確保がとくに重要であったため、地表面沈下管理を重視した。図-8に地表面沈下の解析値と実測値を示す。STA.66+20までは解析値と実測値とはよく一致したが、STA.66+20~40では解析値を上回る地表面沈下が発生した。ここでの地表面沈下抑制対

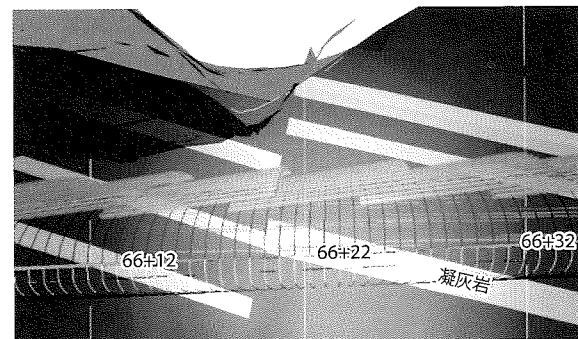


図-9 STA.66+20付近の地質構造

策について次節で述べる。

5-3 小土かぶり区間の掘削実績

STA.66+20までの坑内変位および地表面沈下は管理レベルI以下であったが、STA.66+25において予測より大きな地表面沈下が発生した。坑内でも天端沈下および左脚部沈下の変位速度が大きくなり、STA.66+20における最終変位予測値

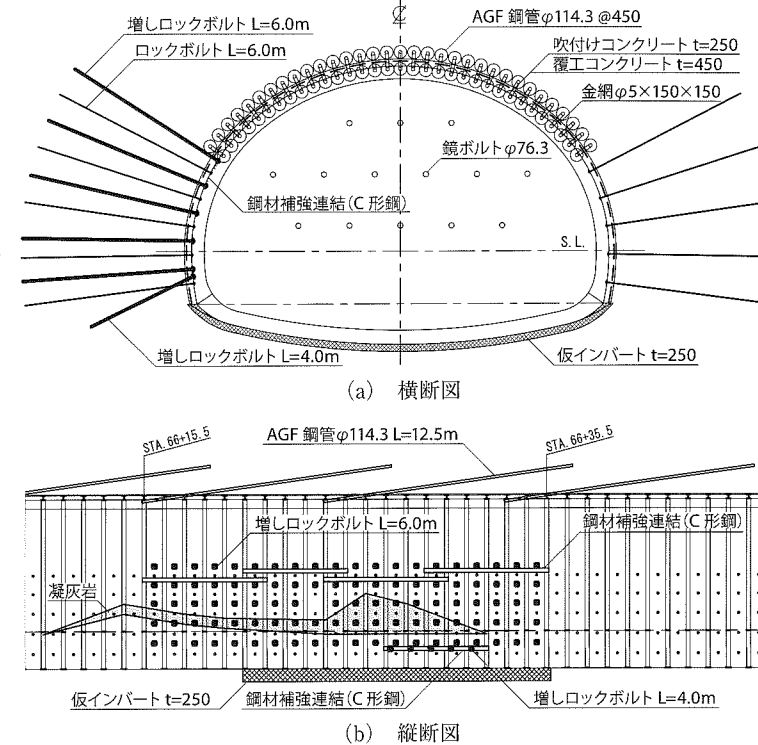


図-10 沈下抑制対策工図

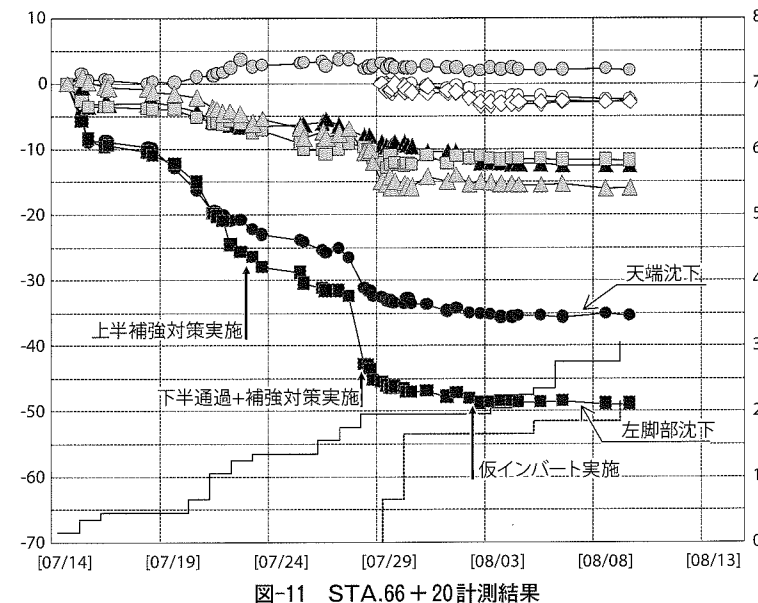


図-11 STA.66+20計測結果

は天端沈下で60mm、左脚部沈下で72mmと、管理レベルIII(48mm)を超えると予測された。地表面沈下と坑内沈下には共下がり傾向が見られたことから、地表面沈下を抑制するためには坑内の脚部沈下を

抑制する必要があった。

図-9に示すように、支保工脚部には脆弱な凝灰岩層が分布しており、この層の地耐力不足が脚部沈下の要因と考えられた。

あらかじめ設定していた対策方法から、当該箇所脚部沈下対策として仮インバート閉合を行うことを基本とした。ただし、仮インバート閉合を行うためには上下半切羽を進める必要があり、この間に管理レベルIIIを超える変位が発生すると予測された。そこで、上下半掘削およびインバート掘削による変位を低減するため、増しロックボルトを施工するとともに、鋼材で鋼製支保工を連結して補強した。対策工を図-10に示す。

図-11にSTA.66+20の計測結果を示す。増しロックボルトと鋼材補強連結によって変位速度は低減したものの収束には至らず、依然として坑内沈下が管理レベルIIIを超えると予測されたため、予定どおりに仮インバート閉合を行った。最終的に左脚部沈下は管理レベルIIIを若干超えたものの、仮インバート閉合によって坑内変位は収束し、地表面沈下は管理レベルII以下に収まり、トンネルおよび地表面地山の安定を確保することができた。

6 おわりに

削孔検層を活用した補助工法判定基準は十分な適用性を有していることを確認でき、今回得た知見をもとに改善を加えることで、さらに有効な判定基準にできると期待できる。とくに、事前に補

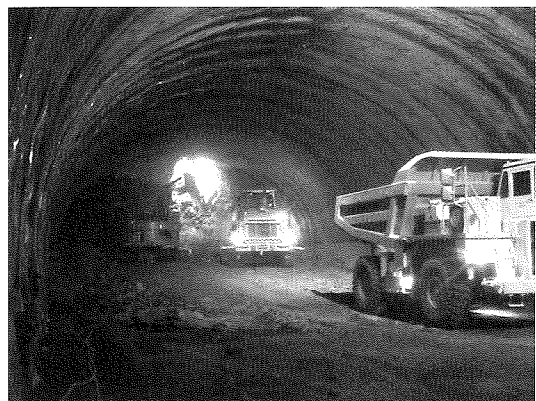


写真-1 貫通の様子

助工法要否の可能性を把握できることは、トンネル掘削のスムーズな進捗を確保するうえで有効である。

小土かぶり部の掘削では、地上からのアクセス

が困難という条件で、数値解析を用いた検討と計測管理を密に行い、トンネルおよび地表面の安定を確保して掘削を完了した。

2016(平成28)年11月19日に上半が貫通し(写真-1)、2017(平成29)年6月時点でNATM区間の覆工および明かり巻き工を行っている。九州横断自動車道の無事開通を願うとともに、本稿の知見が将来の同種トンネル工事に役立てば幸いである。

参考文献

- 1) 桑原徹・畑浩二・稲川雄宣・平川泰之：変換解析システムによるノンコア削孔トンネル切羽前方予測技術、トンネル工学論文集, Vol.18, pp.1-10, 2008.11.
- 2) ジェオフロンテ研究会：注入式長尺先受工法(AGF工法)技術資料(改訂版), p.22, 2012.3.15.
- 3) 東・中・西日本高速道路：トンネル施工管理要領, pp.53-55, 2015.7.

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(断層剝削地形) / 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

第九十五回
語り継ぎ
言ひ継ぎ行かむ

機械屋が歩んだ
シールドと地下工事

(元)戸田建設(株)
吉沢 武久

はじめに

小さいころから機械いじりが大好きで、大学では機械工学を専攻し、エンジニアを目指していました。ところが、下宿していた東京の新宿駅前に当時、日本一高い超高層の京王プラザホテルが建造されたのです。そのホテルを眼前に見上げたとき、地震国日本でもこんな超高層ビルの建築が可能になったのだ、という衝撃的事実が私の心を揺さぶりました。目指していたエンジニアから高層建築の道へと志望転換するのに十分なインパクトを与えられたのです。そして渡りに船、大学の機械工学科へ建築の戸田建設から求人募集が来ていたではありませんか。早速応募し、入社試験を受け、間もなく内定をいただきました。

ところが入社して配属されたのは土木工事部の機電課という部署でした。シールドやトンネル工事部門を強化するために新たに創設された部署で、1973(昭和48)年入

社の私たちがその第1期生でした。新入社員研修が終わって告げられた行き先は、手掘り圧気シールドの現場。土木の「ド」の字も知らず、知識もなく、やりたかった仕事でもない職場に足を踏み入れることになったのです。

以降、シールド、セミシールド、ニューマチックケーソンなどの工事を25年間で30現場(うち、所長で5現場)担当したあと、本社と大阪支店で内勤に12年間従事し、60歳で定年退職しました。思い返すに戸惑いと試行錯誤の連続で、いろいろな経験をしました。いつかは建築部への配置換えが実現するだろうとの淡い期待を持って、土木の世界での仕事に従事してきました。トンネルが貫通したときの喜びや感動を何度も味わいました。また、試練や失敗も数多くありました。その失敗のいくつかも述べることにします。

1995(平成7)年の技術士試験の口頭試問は「機械科出身なのにどうしてトンネル部門での受験です



著者近影

著者略歴

| | |
|----------|--------------------------------|
| 昭和48年4月 | 戸田建設(株)入社 東京都下水道局残堀川幹線その1工事 |
| 昭和48年6月 | 東京都下水道局青戸幹線その8工事 |
| 昭和49年12月 | 茨城県土木部常南牛久シールド工事 |
| 昭和52年11月 | 鹿児島市南部幹線下水道工事 |
| 昭和54年3月 | 愛知県土木部豊川流域下水道管渠布設工事 |
| 昭和60年2月 | 広島県下水道事業東部浄化センター工事 |
| 昭和61年12月 | 中部地建井川線付替橋梁工事 |
| 平成2年8月 | 岡崎市下水道布設上六名工事(所長) |
| 平成8年9月 | 中部地建平成7年度1号静岡大曲地区共同溝工事(JVM副所長) |
| 平成10年3月 | 本社土木工部機電課長 |
| 平成16年2月 | 大阪支店土木工部機電課長 |
| 平成22年9月 | 戸田建設(株)退社 |
| 平成23年4月 | 「そよ風のアトリエ」マネージャー 現在に至る |

か？」という問いが第1問でした。「好きでこの道に入ったわけではありません。想定外の質問でしたので、本音が出そうなるのをぐっとこらえました。うまく答えられなかったその問いに、今落ち着いて答えるべく、私のシールドや地下工事について、機械屋として携わってきた歩みを振り返ります。

圧気シールドとの出会い

■最初の現場：東京都下水道局、残堀川幹線その1、圧気手掘り式シールド、シールド外径φ2,966mm、掘進延長750m
新入社員研修が終わった4月中旬に上記の現場に着任しました。すでにほとんどの設備が整い、初

期掘進中でした。圧気設備の名称と用途を一から教えてもらいましたが、土木のことを何も知らずに入社した私には、見るのも聞くのもすべてが初めてのものばかりでした。この最初の現場で圧気に入ることになんの問題もなかったことで、以後圧気シールドやニューマチックケーソンなどの工事に従事することになりました。

残堀川幹線を竣工まで経験できたなら、自信にもなったのですが、地盤改良を施した無圧気の初期掘進区間が終わるころ、切羽から大量出水し坑内が水没してしまいました。このトラブルの対処には、発進立坑を密閉して立坑圧気に切替え、切羽出水を抑えました。水没したシールドや坑内設備は、坑内排水後に修理を行うことになりました。

その修理期間中に次の作業所への転勤が決まりました。わずか就任2か月での転勤です。

2番目の作業所も圧気シールドでした。

■東京都下水道局、青戸幹線その8工事、圧気ブラインド式シールド、シールド外径φ3,252mm、掘進延長759m

この作業所に赴任したときは発進立坑構築中であつたため、機電職員の私はシールド設備の担当となりました。すでに使用する設備は決まっていたが、その設置は私の担当です。機電職員は私以外にはいません。前の作業所で一通りの圧気シールド設備は理解してきましたが、一番苦労したのが圧気設備でした。残堀川シールド

での圧気用コンプレッサーは、レシプロ式(IHI製WN-112M)でしたが、青戸幹線では回転式ブロワー(川崎重工製GM-65)でした。いずれも動力は3,300V-150kWの高圧モータであるので、その配線は専門の電気会社が施工しました。

圧気の配管工事も終わって、ブロワーの試運転となり、川崎重工の担当者に立会いをお願いしました。そして起動器盤のスイッチを押したのですが、ブロワーは全く動きません。いろいろ調べた結果、ブロワー本体と起動器盤間の制御ケーブル配線がなされていなかったのです。3,300Vの高圧配線だけで稼働すると思っていた私の初歩的なミスでした。

機電担当職員として配属されているのだから、初めて扱う機械設備とはいえ、その機能や取り扱い方法を十分に勉強しなければならないことを教えられた出来事でした。

泥水式シールドとの出会い

青戸幹線では延長759mを貫通させ、2次覆工終了まで在籍していました。おかげで圧気シールド工場の施工を一通り経験し、自信もつきました。竣工後、すぐに次の作業所が決まりました。場所は茨城県牛久市、今回も初めてのシールド工法で泥水式でした。

■茨城県土木部 常南牛久シールド、泥水式シールド、シールド外径φ2,550mm、掘進延長810m

私にとって初めての泥水式シールドでしたが、戸田建設としても初めての泥水式シールドで、所長も先輩の機電屋さんでした。それ

まで経験してきた圧気シールドとは工法も設備も全く異なり、しかも社内にはだれも経験者がいなかったのです。

泥水式シールド工事を一から勉強することになりました。与えられた分厚い送排泥システムのシーケンス図、電気知識は学生時代の学びで少しはありましたが、制御システムを完全に理解できないまま、発進の日を迎えたのです。

残土処理も現在のように1次、2次、3次処理のような系統だった設備ではなく、鋼矢板で区切った沈殿池や20m³のスラリー槽を並べての残土処理設備でした。

流体輸送設備を集中して管理する中央制御室の運転操作は、私を含めて4人の機電担当の職員が昼夜交代で直接行いました。施工中に発生するトラブルや問題点の解決は、試行錯誤のくり返して、土木屋さんや協力会社の人たちと力を合わせて乗り切りました。

泥水式シールド工法は、施工の迅速性が一つの売りですが、この工場で私の経験したシールド工事の中で最大日進量を達成しています。幅90cmの鋼製セグメントで30リング、27mです。その後、10件のシールド工事を担当しましたが、この記録を破ることはできませんでした。この記録のこともありますが、社内で初めての泥水式シールド工事ということで、不安や戸惑い、問題点が多々あった中で、無事貫通したときは感動しました。達成感が満ちあふれていました。土木工事も捨てたものじゃない、建築部への配置転換願

いを出さなくても良いかな、と心が揺らいだ工事でもありました。

RCセグメントと礫処理

泥水式シールド工事でもう一つ、忘れられない工事について述べます。

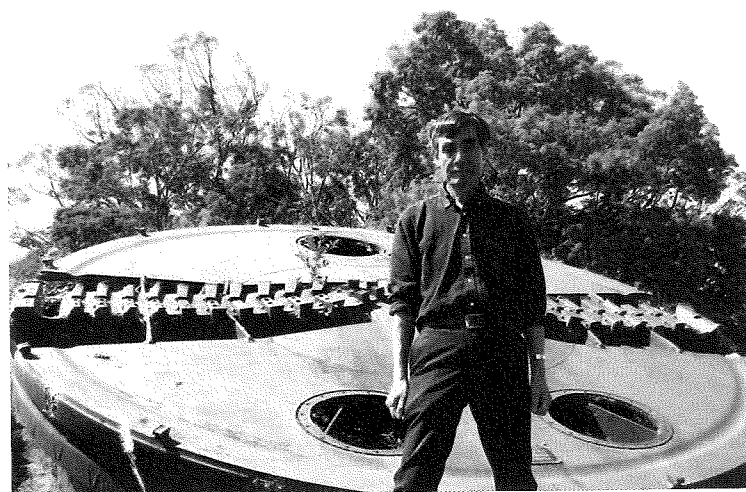
■愛知県土木部、豊川流域下水道管渠布設工事、泥水式シールド、シールド外径φ3,950mm、掘進延長745m

この工事は名古屋支店で初めて受注した泥水式シールド工事で、赴任命令があったのは1979(昭和54)年3月、鹿児島市で従事していた推進工事が竣工したときでした。入社6年目、シールド工事4件、セミシールド工事2件を経験し、自信一杯のときでした。

名古屋支店としては初めての泥水式でしたが、私にとっては牛久シールドに続いての2件目で、土木屋さんが発進立坑を築造している間に、十分な計画を練ることができました。牛久シールドのときには開発されていなかった残土1次処理には振動篩、2次処理にはスクリーデカンタ(遠心分離機)を計画しました。

また、この工事は礫層掘進ということで、シールドに礫処理用トロンメルを装備しました。管径150mmの排泥管では送れない礫をシールド内で分別し処理する計画です。泥水式シールドの設備や段取りは完璧、と自信を持って発進の日を迎えたのです。

初期掘進は立坑内でのクレーンで、セグメント(RC)の取扱いを行うのでなんの問題もありません



豊川シールド面盤

でした。しかし、掘削が進むに従って大きな問題点が発生しました。セグメント搬送装置です。それまで経験してきたシールド工のセグメントは、皆スチール製でしかも小口径でした。組立てにはエレクトラを使用しましたが、セグメント台車から降ろすときもシールドテール部へ運ぶのも人力で行って来ました。しかし、今回は径も3.8mと大きくなり、しかもRCセグメントですので、重量は最小のKセグメントでも200kgを超えます。このセグメントの搬送のことを考えていなかったのです。予算も計上していませんでした。新規に製作する時間もないのです。困り果てていたとき、協力会社の世話役さんが助け船を出してくれました。「ベビーウィンチと滑車、Iビームを用意して、それでなんとかやれるから」。自分では完璧と思っていた計画にこんな落ち度があったとは……緊張感の欠如と工事に対する甘さがあったことに対して大いに反省させられたので

す。

礫処理についても同様でした。トンネルから排出される礫の量は、それほど多くはないだろうと、礫の運搬処理方法を考えていませんでした。これも世話役さんと相談して、1次覆工時は坑内に置いておき、2次覆工前の坑内清掃時に搬出しようということにしました。しかし、この坑内清掃が、予想をはるかに超えて出現した礫の運搬処理を伴ったため、通常の2倍の時間を必要とし、工期短縮が図れませんでした。

いくら工事の経験値が上がっても過信は禁物、謙虚な心を持って工事に当りなさい、という教訓を得た現場でした。

セミシールド工事

次にシールド工事13件より1件だけ少ない12件を担当したセミシールド工事について述べます。

セミシールド工事は、シールド工事に比べて施工延長が短く、管径も比較的小さいので小規模工事

となりますが、私はセミシールド工事の方が、高度な技術を必要とする、と感じていました。

1977(昭和52)年の鹿児島市南部幹線下水道(ヒューム管径 ϕ 2,400mm、推進延長552m)は、泥水式で設計されていました。しかし、発進立坑掘削中に300mmを超える巨礫が出現したのです。シールド工事ではその現場条件に適合して設計されたシールドを使います。一方、セミシールド工事では、既存のシールドを一部改良して何度も使用するのが通例で、設計の積算も損料扱いです。

南部幹線でも既に使用が決まっていたシールドがありましたが、300mmの礫層推進は不可能です。発注者と何度も協議しましたが、設計どおり泥水式で発進することになりました。結果は初期掘削の段階で推進不能となり、代替案として提案していた圧気手掘り推進で巨礫が出現するスパンの施工を完了しました。

しかし、施工途中での工法変更は、工期の遅延と工事費の負担増となってしまいました。このとき、発注者や設計者に設計変更を認めていただけるための技術的根拠を示す力や、交渉力を身につける必要性を強く感じました。この経験がのちの技術士の資格を取得する大きな原動力となりました。

1990(平成2)年、ちょうど40歳のときに初めて所長を命じられた現場もセミシールド工事でした。名古屋支店受注の岡崎市下水道布設工事(内径 ϕ 1,100mm、施工延長258m)で工法は、泥土圧式推進で

した。初めての所長でしたが、工事規模が小さかったので、職員は私一人の現場でした。それまでは最低でも5~6人の職員がいた大きな現場ばかりでしたので、戸惑うことも多々ありました。何をすることも自分の決断と責任がありました。

内径1,100mmという小口径で200mを超す長距離の中、掘削された土砂搬送を安全に効率よく行う方法を選択するのが、一番苦勞した点です。種々の工法を比較検討した結果、それまでまだ採用されなかった気流搬送システム(ACC工法(Air Current Carrying))を独自の判断で採用しました。小口径管内のすり搬送の安全性と効率を考えてのことでした。

新工法、新技術の採用には、リスクや不安が伴うものです。与えられた予算の中で赤字にはできない、というプレッシャーもあります。それらを乗り越えてこそ、新技術の向上が図られるのではと思います。このACC工法、現在でもミニシールド工法残土運搬設備の選択肢の一つとなっているようです。

セミシールド工事は前述した2つの現場を含めて、12件従事しましたが、いずれの工事も課題が多く、苦勞の連続だったことを思い出します。近年では1,000mを超える長距離推進や、半径10mの超急曲線施工、内径3,000mmを超える大口径推進とその施工範囲が広がっています。その推進工事の技術力向上に敬意を表します。「セ

ミ」と付いていますが、シールド工事よりも技術力が必要とされているのではないのでしょうか。

ニューマチックケーソン工事

圧気内に何の抵抗もなく入れるということから、ニューマチックケーソン工事にも5件従事しました。最大圧気圧は0.3MPaでした。

ニューマチックケーソン工事での機電担当者の最大の仕事は、圧気用コンプレッサーの維持管理です。圧気が開始されれば、沈下完了まで24時間1日の休みもなく、稼働させなくてはなりません。そのため、協力会社から「コンプレッサー番」と呼ばれる職人さんを専任してもらいます。このコンプレッサー番の方とわれわれ機電職員は、コンプレッサー室のすぐ隣で寝起きし、常にコンプレッサーが正常に稼働するよう管理します。万一止まるようなことがあれば、作業室内の圧気圧が下がり、

ケーソンの沈下、作業室内の水没、最悪人身事故につながります。ケーソンが所定の深さまで沈下完了するまで、この緊張感を持って現場に臨みます。

ニューマチックケーソン工法での圧気圧は、0.3MPa前後になることが多く、よって、使用されるコンプレッサーは、レシプロ式がほとんどで、IHI製のWN-112M、出力150kW・3,300Vが定番でした。このコンプレッサーを使用して岐阜県新加賀川橋梁下部(1983(昭和58)年度)、広島県下水道事業団東部浄化センター工事(1985(昭和60)年度)の施工を終えました。

ところが、1986(昭和61)年の中部地建井川線付替橋梁工事で、このWN-112Mを使用するのに問題点がありました。この工事は大井川上流に長島ダムが建設されるため、大井川鉄道井川線が水没するので、そのダム湖上を通過する



井川線ケーソン沈下完了記念(左端が著者)



完成したレインボーブリッジ

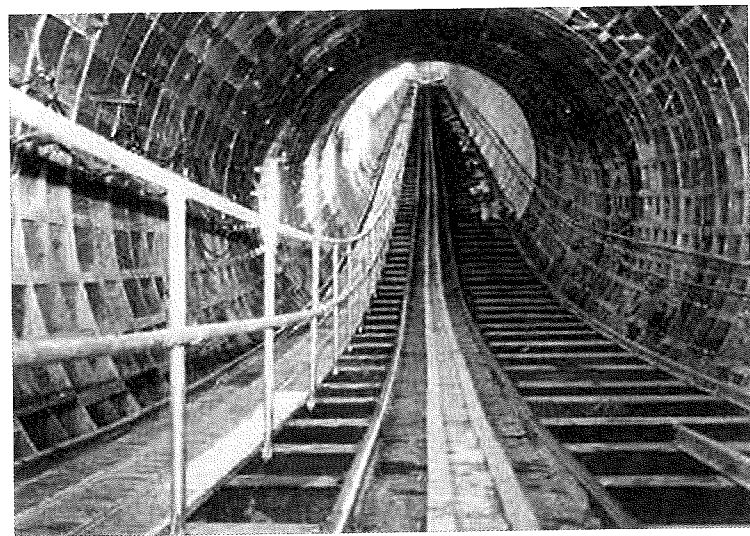
軌道のかさ上げを行う工事です。

岐阜や広島での工事場所は、市街地であったため、商用電源の容量も多く、工事に必要な大容量の電源確保に、なんの問題もありませんでした。

しかし、井川線の工事現場は山村地区、比較的民家の多い千頭地区から10km以上も離れています。当然工事に必要な商用電源の確保は困難で、発電機に頼らざるを得ません。発電機に3,300Vを起す機種はありません。そこで400V-400kVAの発電機と昇圧トランスを用いての施工となりました。それまでは高圧で受電して低圧に変換して使用する方式ばかりを経験してきましたので、発電機の電源を昇圧して使用するのに、一抹の不安がありました。さらに、発電機には燃料の軽油が必要となります。コンプレッサーは24時間止められないので、発電機もしかりです。そして大量の軽油を消費するのです。その軽油の貯蔵方法

にも頭を痛めました。

1,000L以上の軽油を貯蔵する施設を作るとなると、消防法に合致し、許可を取る必要が出てきます。工期的にも予算的にもそれはできませんでした。そこで苦肉の策として考えたのが、10kLタンクローリー車の常駐です。現場が一番近い島田市の石油店と交渉して、1週間に1度、タンクロー



上り急勾配部1次覆工完了状況

リー車の交換をお願いし、何とか工事に必要な軽油の確保ができたのです。

今年の春、30年ぶりに現地を訪れました。美しいダム湖上に架かる井川線レインボーブリッジを見ながら、当時の苦労を懐かしく思い出しました。

現場勤務最後の工事

1998(平成10)年3月に現場勤務から突然本社機電課への内勤を命じられました。その最後となった泥水式シールド工事も、強く印象に残っています。

■中部地建、平成7年度1号静岡大曲地区共同溝工事、泥水式シールド、シールド外径φ5,800mm、掘進延長859m

JVのメンバー工事でスポンサーは清水建設さんでした。静岡市と清水市(現静岡市)にまたがる国道1号下部に中部地建の共同溝を構築する工事です。発進基地は国道1号の中央部2車線を占用

し、設備は半地下式で地上部は防音ハウスの覆いました。発進基地の両サイドは、終日交通量が激しく、交通安全対策にも一苦労しました。

そんな厳しい条件下でさまざまな課題がありました。一番は路線内に二級河川の巴川の横断があり、その橋脚を避けるため、27%の上り急勾配掘進が120mほどあったことです。さらに、シールド掘進自動化の試みなど、清水建設さんの本支店を含めた技術力を数多く、学ばせていただきました。JV工事ならではの人や技術との出会いを経験し、直接携わった最後の現場として強い思いが残っています。

内勤としての現場管理と技術提案

所長として5現場を任せられ、その職務にやりがいとおもしろさがわかりはじめ、生涯現場勤務を続けたいと思っていた矢先に内勤を命じられました。少なからずのショックと戸惑いがありましたが、楽天主を自認する者として、心の整理と切替えをなるべく短時間に済ませました。

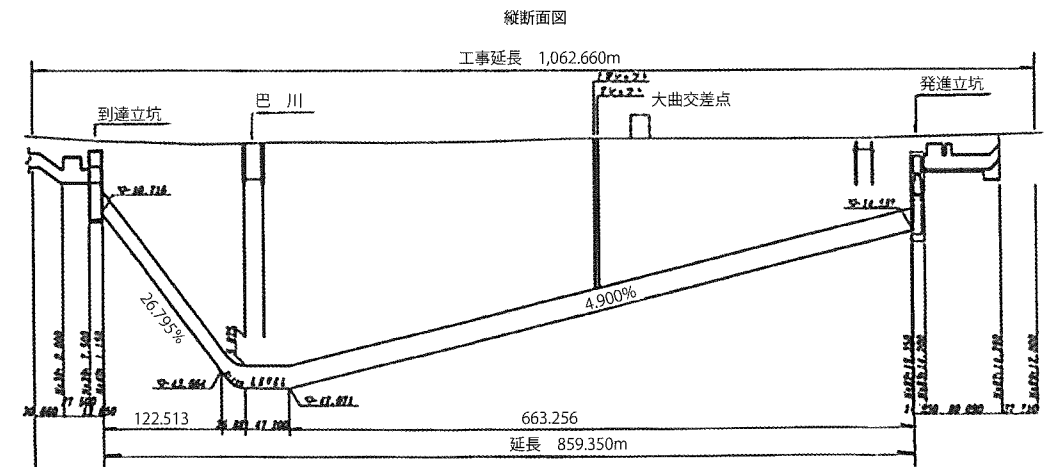
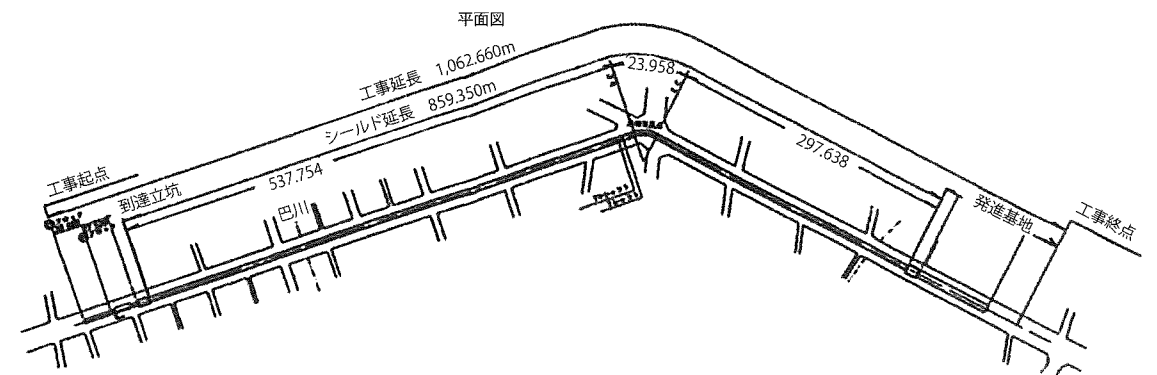
こうして慣れない背広姿の内勤業務に就いたのは、1998(平成10)年3月、48歳のときでした。本社と大阪支店でそれぞれ6年間勤務しました。とくに大阪支店在籍時

は、入札制度が技術提案方式となったため、もっぱらその業務が主となりました。その技術提案で受注できた工事の施工中に60歳定年を迎え、その後に貫通、竣工を見ることなく退職しました。感慨深いその工事とは、「配水管布設工事φ1,350(バイパス堺市)2工区」です。その工事について述べます。

■配水管布設工事φ1,350(バイパス堺市)2工区

圧気手掘りシールド工事で始まった私のトンネル工事の歩みは、この堺市の長距離泥水式シールド工事が最後となりました。

シールド外径φ2,336mm、掘進延



静岡共同溝大曲地区工事全体概要図

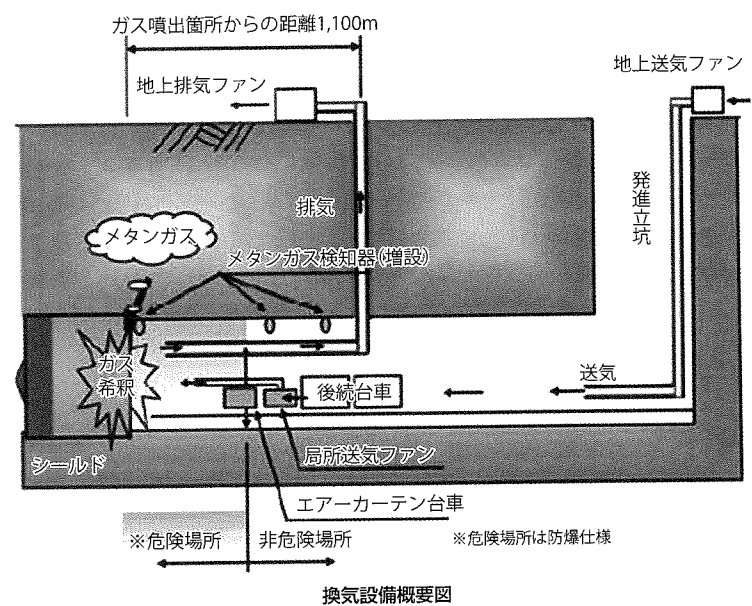
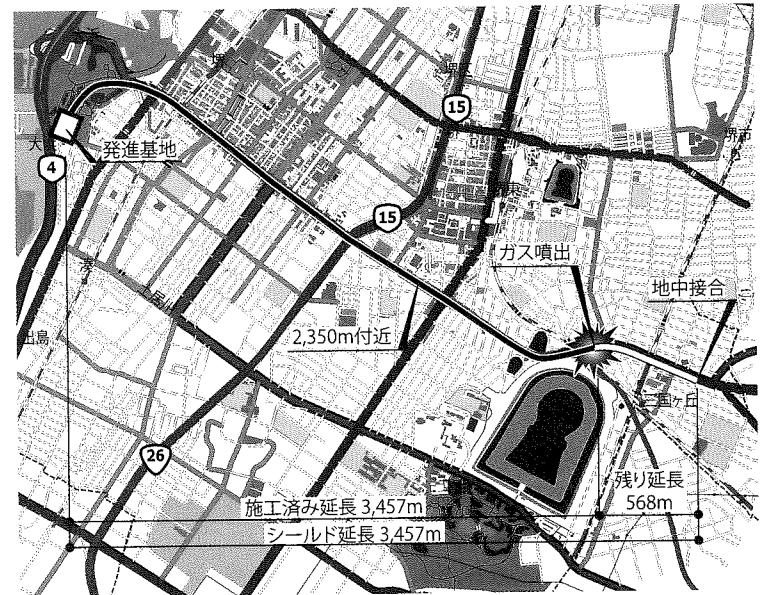
長 4,025m, 到達は, MSD 地中ドッキング方式でした。本来なら, 退職する 2010(平成 22)年 9 月までには貫通する予定でした。ところが, 掘進延長 3,457m 付近でメタンガスが噴出し, 対策工実施のため掘進停止となりました。2010(平成 22)年 3 月のことでした。

掘進終了後のセグメント組立て中に, セグメント継手部から霧状のメタンガスが噴出しました。セグメントボルトの増締め, 坑内換気量の増加を図り, 作業を中止して測定したメタンガス濃度は, 5%(100%LEL)でした。貫通まで残り 500m 余りでしたが, 同様の地層掘進が続くことから, 本格的なメタンガス対策の実施が求められました。

本工事は大阪府水道部発注のシールド工事であり, 大阪府土木部下水道課の『防爆対策指針(案)』(H9.4)と大阪市建設局が定めている『トンネル工事における可燃性ガス対策技術基準』をもとにメタンガス対策工を選定しました。主な対策は以下のとおりです。

- ① 換気量の増大(メタンガスの希釈換気)
- ② シールドを防爆仕様に改造
- ③ 危険区域区分けのための防爆エアーカーテン方式の採用
- ④ 危険範囲(エアーカーテンより切羽側)の機器はすべて防爆仕様
- ⑤ メタンガス検知, 監視システムの強化

これらいずれの対策もセグメント内径 $\phi 1,956\text{mm}$ という小断面内での施工でしたので, いろいろな



課題を克服しての実施となりました。対策工の完了に 7 か月を要し, 再発進する 2010(平成 22)年 10 月がちょうど退職のときでした。長距離, 小口径, 到達は地中ドッキングというこの泥水式シールド工事の貫通に立会うことができな

かったことは, いくばくかの心残りがありました。それでも退職して半年後に, 無事に貫通し, ほとんど誤差もなく相手マシンに地中ドッキングした, という報告を受けたときは, 貫通のたびに味わってきた達成感と喜びで胸一杯になりました。



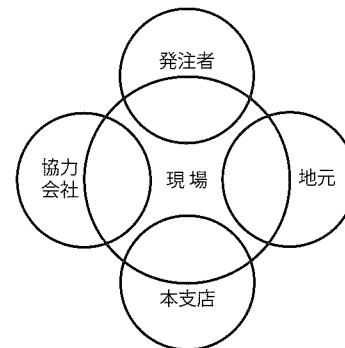
エアーカーテン部

最後に五輪の和について

3 年後, 東京でオリンピックが開催されます。そのシンボルマークの五輪は, 世界の 5 つの大陸が手をつなごうという意味です。同

じ五輪ですが, 作業所にもあります。

作業所・現場を中心に, 施主, 協力会社, 地元, 本支店が 5 つの輪で結びついています。作業所内の和, すなわち同じ工事に従事す



五輪の輪

る職員間の和が困難な現場を乗り切るのにもっとも大切です。ほかの 4 つの輪との和も同様に大切です。どれ 1 つの和が欠けても現場はうまくいきません。逆にこの 5 つの和があれば, どんな困難, 厳しい場面も乗り越えていけるのではないのでしょうか。私の歩んできた機電屋としてのトンネル人生から得たものです。

トンネルジャーナル

三陸沿岸道路 浜山トンネルが貫通

東北地整三陸国道事務所が整備する三陸沿岸道路の野田久慈道路で、浜山トンネル(仮称)が貫通し、9月20日、トンネル内で貫通式が開催された。式典には地元の野田村村長をはじめ、工事関係者ら約220名が参加し、野田中学校の生徒が創作太鼓を披露するなどして貫通を祝った。

同トンネルは戸田・大豊特定JVが施工する延長1,582mの道路トンネル。2015年4月に掘削に着手し、主に花崗閃緑岩からなる地山を、発破による補助ベンチ付き全断面工法で掘り進め、約27か月で貫通させた。最大月進は96m。

終点側坑口付近に民家が点在するため、発破による騒音と低周波振動への対策として防音扉を設置した。騒音や振動などの問題について地元住民へのヒアリングやフォローアップを欠かさないことで、地域と良好な関係を保ち、貫通を迎えた。

地域とのコミュニケーションを図る手段としては、現場見学会時や毎週土曜日にオープンするトンネル工事をわかりやすく伝えるインフォメーションセンターを設置したほか、6月30日の実貫通の際には地域住民ら約160名を招いて見学会を開催。見学会では、会場を坑内に設け、貫通発破の瞬間を、坑内からはビデオカメラで、郊外からはドローンを飛ばして撮影。これをスクリーンに見立てた覆工コンクリートに映写した。

同トンネルが位置する三陸沿岸道路の野田久慈道路(普代～久慈)は、普代村第16地割から久慈市新井田を結ぶ延長約25kmの自動車専用道路。大規模災



(上)貫通式典で創作太鼓を披露する野田中学校の生徒たち
(下)実貫通発破後の貫通石拾いに参加する見学者
(写真提供：戸田・大豊特定JV)

害時でも寸断されない強靱で信頼性の高い道路ネットワークを形成する。走行性の高い道路とすることで、所要時間の短縮による救援物資の輸送拠点となる久慈港と宮古市間のアクセスの向上、救急医療施設への速達性の向上などの効果が期待されている。このたびの貫通で同道の早期開通への期待が、いっそう高まった。

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

株式会社 **土木工学社**

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

施工

長距離水中流動充填材の開発によるトンネル内部の汚染水除去と閉塞

—福島第一原子力発電所海水配管トンネル内部閉塞工事—

東京電力ホールディングス(株)福島第一廃炉推進カンパニープロジェクト計画部土木・建築設備グループ主任 西 郡 一 雅
東京電力ホールディングス(株)福島第一廃炉推進カンパニー福島第一原子力発電所土木部副部長 大 津 仁 史
鹿島建設(株)東京土木支店福島土木統括事務所所長 日 比 康 生
鹿島建設(株)技術研究所上席研究員 柳 井 修 司

1 はじめに

福島第一原子力発電所海水配管トンネルは、非常用ポンプで取水した海水を通す配管を収める鉄筋コンクリート製のトンネル、立坑、およびダクトにより構成される地下構造物(以下、「海水配管トンネル」と総称)であり、スクリーンポンプ室とタービン建屋を接続している。東北地方太平洋沖地震ののち、2011(平成23)年4月に2号機タービン建屋から2号機海水配管トンネルを経由して汚染水が港湾内へ漏洩、同年5月に3号機タービン建屋から3号機海水配管トンネルを経由して漏洩していたことを確認した。その都度、漏洩箇所を止水したが、2、3号機海水配管トンネル内には全々で $10^7 \sim 10^8 \text{Bq/L}$ オーダーの高濃度汚染水が約1万 m^3 滞留しており、漏洩リスクを抱えた状態

であった。

また、4号機海水配管トンネルについても、2、3号機レベルの濃度ではないものの、トンネル内部に汚染水が確認され、同様の漏洩リスクを抱え

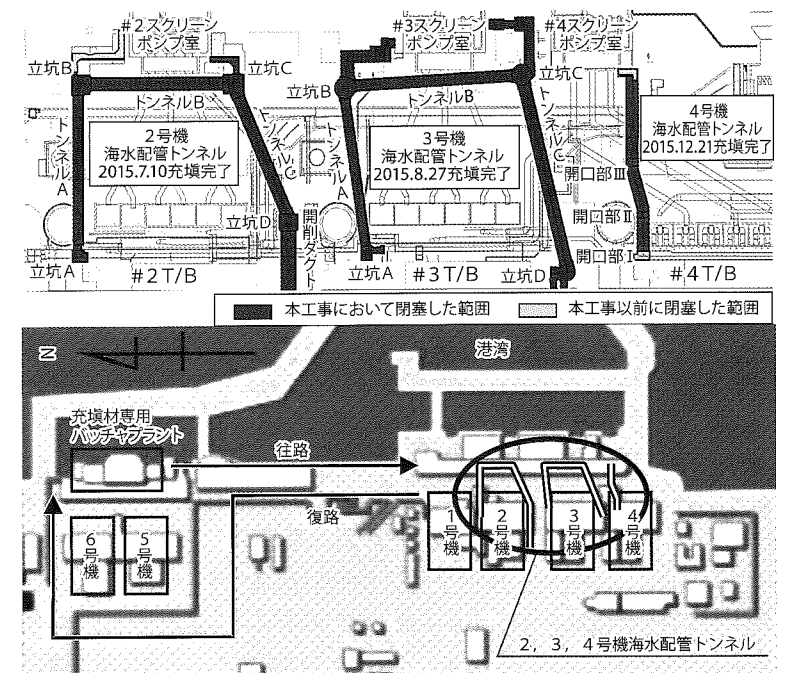


図-1 海水配管トンネルの位置図(2～4号機)

表-1 概略工程と概算施工数量

| | 2014年 | | | | 2015年 | | | | | | | | | | | | 数量 (m ³) | |
|-----|----------------|----|----|----|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----------------------|-------|
| | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| 2号機 | 準備工 | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | - |
| | トンネル充填(L=210m) | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | 2,510 |
| | 立坑充填 | | | | | | | ○ | ○ | | | | | | | | | 2,150 |
| 3号機 | 準備工 | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | - |
| | トンネル充填(L=240m) | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | | 3,140 |
| | 立坑充填 | | | | | | | ○ | ○ | | | | | | | | | 2,840 |
| 4号機 | 準備工 | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | | - |
| | トンネル充填(L=60m) | | | | | | | ● | ● | | | | | | | | | 460 |
| | 立坑・上越部充填 | | | | | | | | | | | | | | | ○ | | 320 |
| 合計 | | | | | | | | | | | | | | | | | 11,420 | |

た状態であった。そこで、この状態から脱するために、海水配管トンネル内部に水中で長距離流動可能なセメント系充填材を打ち込んで汚染水を置換・除去する工事を実施した。

本稿は、トンネル部に適用したセメント系充填材の開発とその工事の概要について報告するものである。図-1に、福島第一原子力発電所2～4号機海水配管トンネルの位置図を、表-1に概略工程と施工数量を示す。

2 充填材の開発

2-1 現場制約条件と新材料開発の目的

海水配管トンネルの閉塞工事は、高濃度汚染水が滞留したままのトンネル部ならびに立坑部に充填材を打ち込み、汚染水を置換・除去するものである。

トンネル部は、土かぶり15m程度、内空幅4m程度の上半単心円断面で、内部の充填に際しては、汚染水の漏洩リスクおよび削孔作業・充填作業に伴う被曝リスクの増大が懸念されたため、中間の打込み孔を設けず、既設立坑のみを使用して施工する計画とした(図-2)。このため、立坑間(最長約85m)を水中流動させてもトンネル内を確実に充填して汚染水を置換・除去し、再滞留を防止できる長距離水中流動充填材の開発が必要となった。

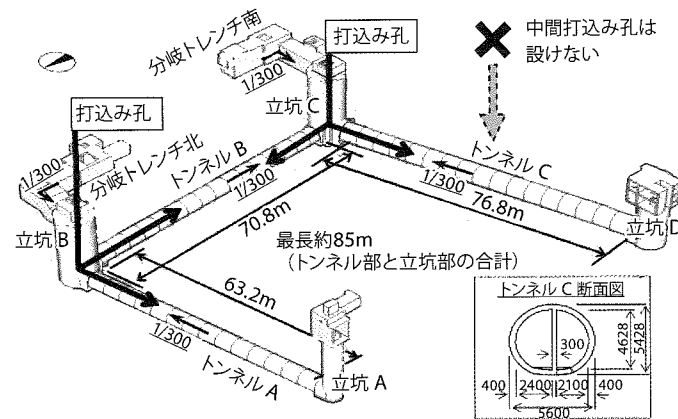


図-2 海水配管トンネルの施工イメージ(3号機)

2-2 材料・配合の検討

充填材は、水中流動距離が最長で85m、かつ水中不分離性を有すること、また、発電所構内において安定的に調達できる材料で構成することを念頭に、開発検討を行った。まず、充填材の材料選定では、高流動コンクリートや水中コンクリートの技術を基礎としたが、水中流動距離は20m程度であったため、流動距離の長距離化および材料不分離性を考慮して骨材を使用せず、セメント・フライアッシュおよび混和剤で構成するものとした。材料選定のうへ、複数の配合の室内試験練りを行い、良好な配合を得た(表-2)。

2-3 100m水中流動実験

2-2項で配合選定した充填材について、水中流動性能(最長85m)、材料不分離性能、ならびに水

表-2 長距離水中流動充填材の配合

| 水セメント比 W/C (%) | モルタルフロー (mm) | 単位量(kg/m ³) | | | | |
|----------------|--------------|-------------------------|------|---------|----------------------------|--------------------------------|
| | | 水 | 高炉B種 | フライアッシュ | 水中不分離性混和剤 | 高性能減水剤 |
| | | W | C | F | VT | SP |
| 189 | 370~450 | 660 | 350 | 513 | 29.7 [*] (W×4.5%) | 38.8 [*] ((C+F)×4.5%) |

※：水の一部として計量
 C：高炉セメントB種(密度3.04g/cm³、比表面積3,950cm²/g)
 F：フライアッシュII種(密度2.28g/cm³、比表面積3,720cm²/g、強熱減量1.80%)
 VT：水中不分離性混和剤(アルキルアリルスルホン酸塩+アルキルアンモニウム塩)
 SP：ポリカルボン酸系高性能減水剤

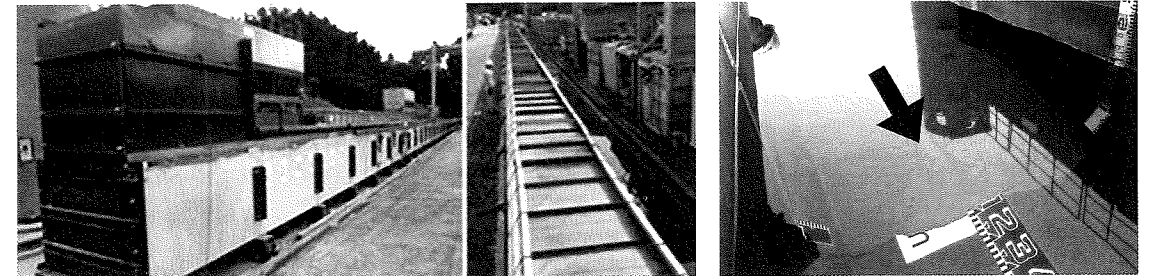


写真-1 実験水槽(2層目：上蓋設置)

写真-2 水中流動状況(1層目)

中流動時の挙動特性(流動速度・流動中の勾配など)を把握すること、および海水配管トンネルの内部のケーブルトレイ、配管などの支障物による充填性能・流動性能への影響を把握することを目的としたモックアップ実験を行うこととした。実験では大型の水槽(幅1m×高さ1m×長さ100m(実験時最長)、上蓋付き、両端に注入立坑・排出立坑)を製作して、実施工を模擬した長距離水中流動実験を行った(写真-1)。

長距離水中流動実験は2回(2層)に分けて実施し、1層目で流動勾配がほとんど生じないことを確認し(写真-2、図-3)、2層目では流動先端が排出側立坑に到達したのち、注入側立坑と排出側立坑の充填材天端が水平に上がってくることを確認した(図-4)。

また、支障物周りの充填性や上蓋への密着性も良好であり(写真-3, 4)、85m先の流動先端部の強度、単位容積質

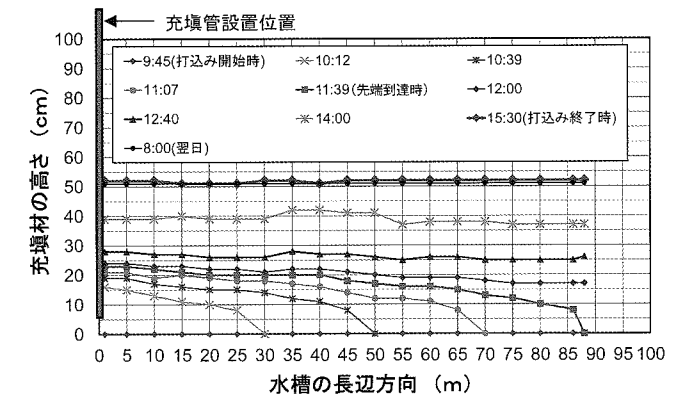


図-3 流動勾配(1層目)

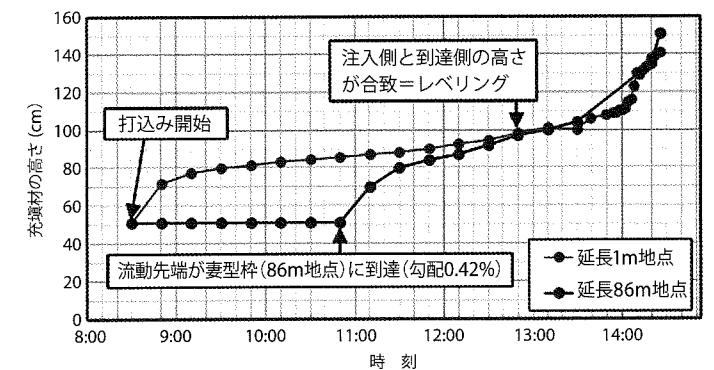


図-4 充填材の天端高さ(2層目)

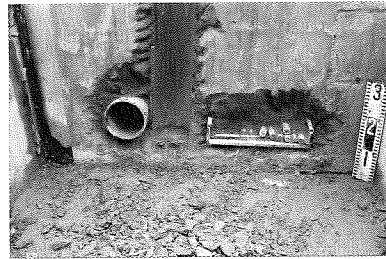


写真-3 支障物周りへの充填状況
(配管・ケーブルトレイを模擬)

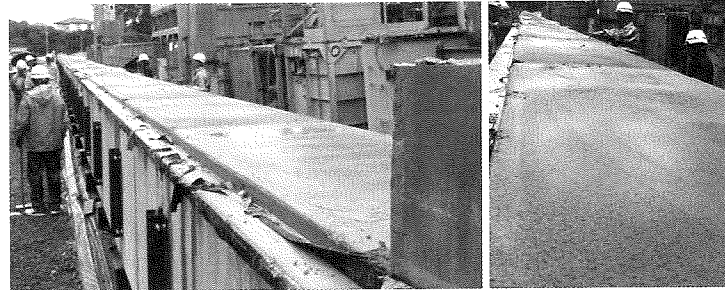


写真-4 上蓋への密着状況(上蓋撤去後の打上がり面)

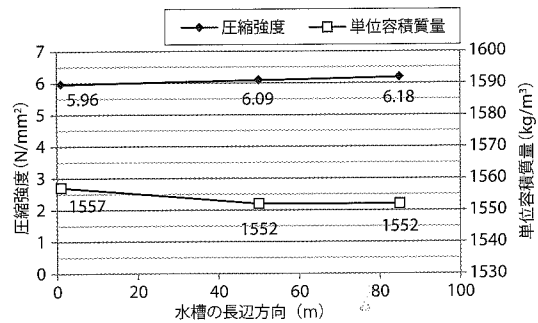


図-5 流動距離ごとの圧縮強度と単位容積質量

量にも変化がほとんど生じないことを確認した(図-5)。

3 現場施工

3-1 現地製造プラント

充填計画は、発電所構内で行われているほかの緊急工事におけるコンクリート工の予定に左右されることなく施す必要がある。したがって、発電所構内に充填材製造プラントを設置するとともに、充填材を運搬するアジテータ車を確保して、

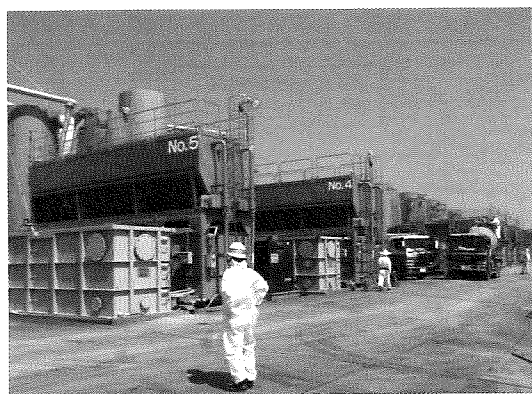


写真-5 現地プラントの設置状況(5・6号機側に設置)

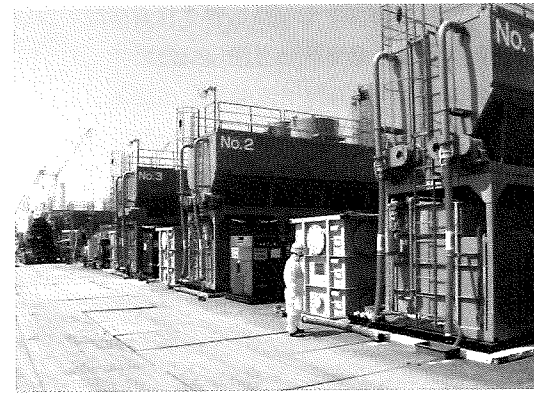


写真-6 充填材の製造・品質管理状況

200~300m³/日の充填材を安定的に製造・供給することを可能とした。プラント位置の選定にあたっては、発電所全体の工事使用計画に整合したヤードの確保と、プラント運転員の被曝線量の抑制を考慮して空間線量率が低い5・6号機側に設置した(図-1)。10m³/hの製造能力を有する設備を5基設置し、50m³/hの製造・供給速度を確保した(写真-5)。

3-2 充填孔・観測孔・ポンプ孔の削孔

充填材の打込みに際し、各立坑の頂版に下記の孔を削孔した。

- ・ 充填孔：充填用の配管を入れる孔(φ350mm程度)
- ・ 観測孔：充填材の打上がり高さの測定(有孔管を挿入)と水位計を設置する孔(φ200mm程度)
- ・ ポンプ孔：汚染水を移送するポンプを挿入設置する孔(φ450mm程度)

とくに2号機の開削ダクト部はその構造上、内部の汚染水が被圧している区間にポンプ孔を設け

る必要があった。そこで、汚染水の地中流出防止のため、薬液注入による地下水位以深の地盤を改良したのち、図-6に示すマルチステップボーリング工法にて削孔を行った。さらに万一、汚染水がケーシングの根元から漏洩した場合、水質が検知できるように、削孔部より海側に観測井戸を設置し水質監視を行った。

3-3 充填材の品質管理

本工事では、現地プラントで製造した充填材が所定の品質であることを確認するため、モルタルフロー、空気量、練上がり温度について試験を行い、所定の基準値を満足していることを確認してから施工箇所に向けて運搬・供給した(写真-6)。圧縮強度(水中気中強度比)を含む品質管理・検査の結果を表-3に示す。

3-4 充填材の打込み

充填材の打込み状況を写真-7に示す。打込みは、コンクリートポンプ車のブームを介して行い、ホース先端をあらかじめセットしておいた打込み用充填管に接続して連続的に圧送した。充填管は、打込み開始から終了まで、床面(前層天端面)から10cm上がりの高さに終始固定して水中落下を防止した(図-7)。

日々の施工管理では、充填材の打込み量と打上がり高さ(硬化前、硬化後)が整合していること、打込み側と到達側の打上がり高さが同じになっていることを確認する必要があるため、立坑でレッド(重錘)を用いた検尺によって打上がり高さを測定した。しかし、硬化前の充填材

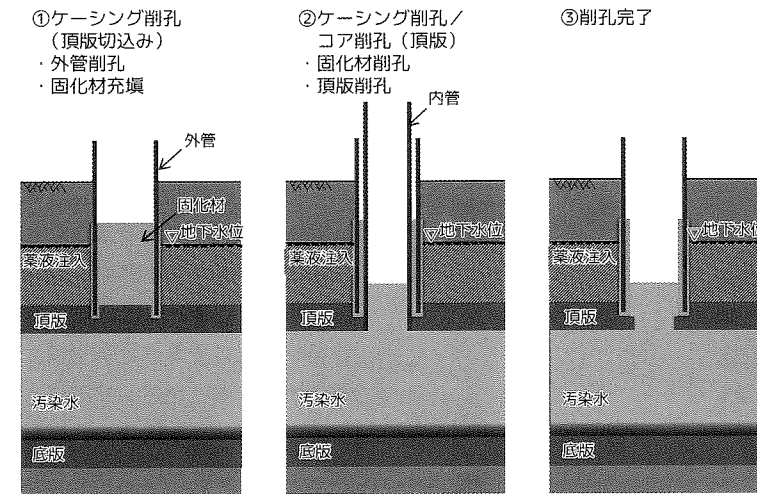
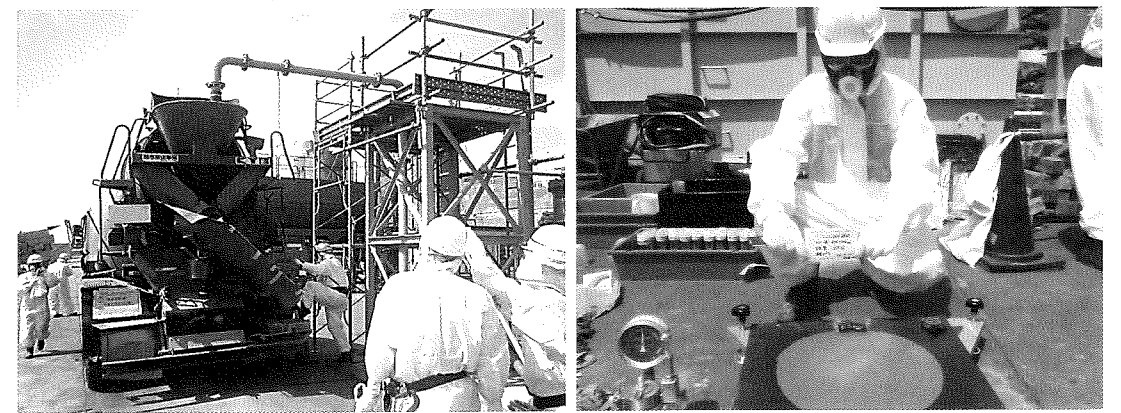


図-6 マルチステップボーリング工法の施工ステップ

表-3 充填材の品質管理・検査の結果

| 管理・検査項目 | 管理値 | 平均値 | 最大値 | 最小値 | 実施回数 | 不合格回数 |
|------------------------------|---------|------|------|------|------|-------|
| モルタルフロー (mm) | 370~450 | 408 | 448 | 370 | 353 | 0 |
| 空気量 (%) | 5以下 | 1.2 | 3.4 | 0.2 | 353 | 0 |
| 練上がり温度 (°C) | 5~35 | 16.3 | 30.6 | 5.4 | 353 | 0 |
| 28日圧縮強度 (N/mm ²) | 2.0以上 | 5.36 | 7.57 | 2.61 | 72 | 0 |
| 水中 / 気中強度比 | 0.8以上 | 0.91 | 0.99 | 0.82 | 12 | 0 |



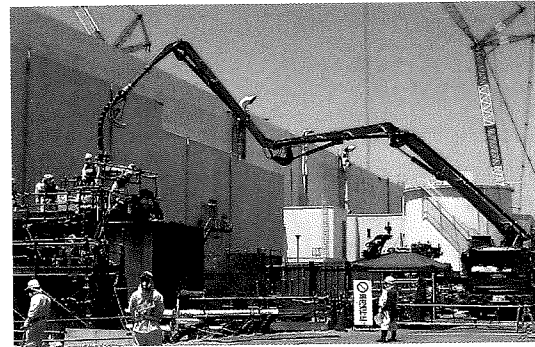


写真-7 充填材の打込み状況



写真-8 打上り高さの測定状況

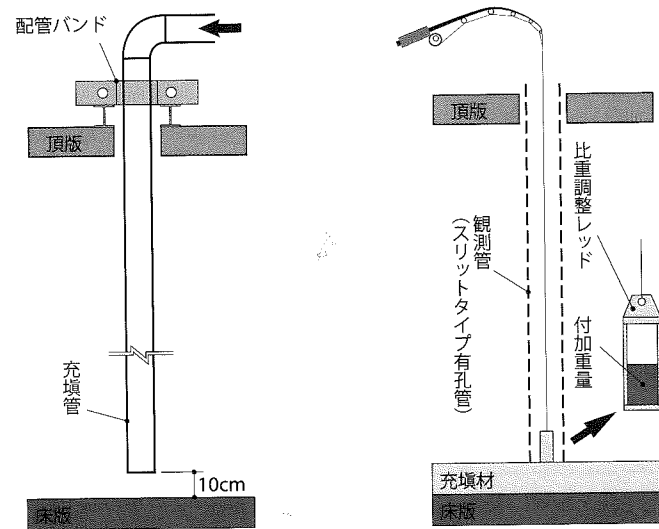


図-7 充填管の固定方法

図-8 打上り高さ測定方法

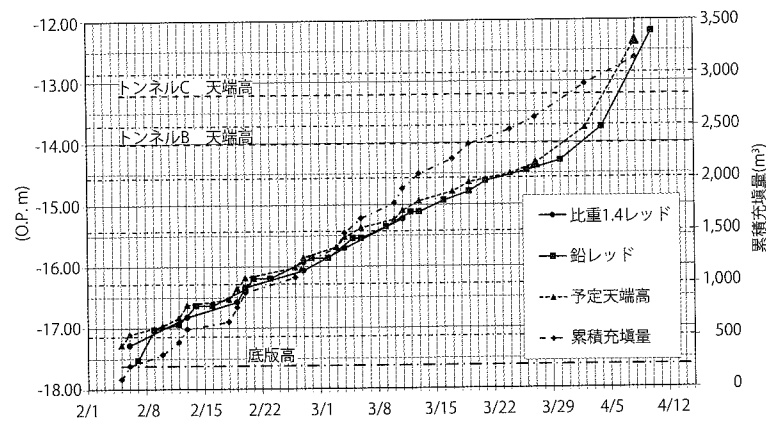


図-9 打上り高さの測定結果(3号機の例)

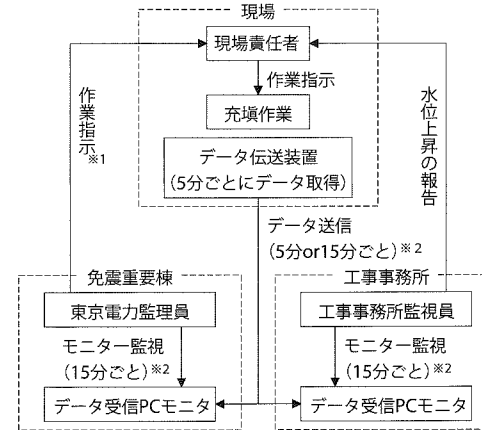
は非常に変形しやすいため、レッドが充填材の天端に着底するのを直接検知することが困難であった。そこで、レッドの比重を充填材の単位容積質

充填材の打込み作業は、汚染水の水位が管理水位を超えないように細心の注意を払いながら慎重に進めた。

4-2 汚染水処理設備の運転計画に合わせた充填計画

本工事では、充填に伴いトンネル内の高濃度汚染水をタービン建屋へ移送するため、タービン建屋の水位管理や汚染水処理設備の運転計画を踏まえ、移送量・充填量を調整した。とくに、3号機海水配管トンネルについては、塩分濃度が18,000 ppmと高く、一度に大量の移送を行うと汚染水処理設備の核種除去能力に悪影響を及ぼすことが懸念された。

このため、1日の移送量(充填量)を140m³程度に、1週間あたりの移送量(充填量)を350m³程度に抑制した。図-11に建屋内滞留水移送の概要を示す。



※1: 水位上昇による作業中止の指示は、請負責任者の専用電話に行う
※2: 状況に応じて5分ごとの監視も行う

図-10 充填中の水位監視体制図

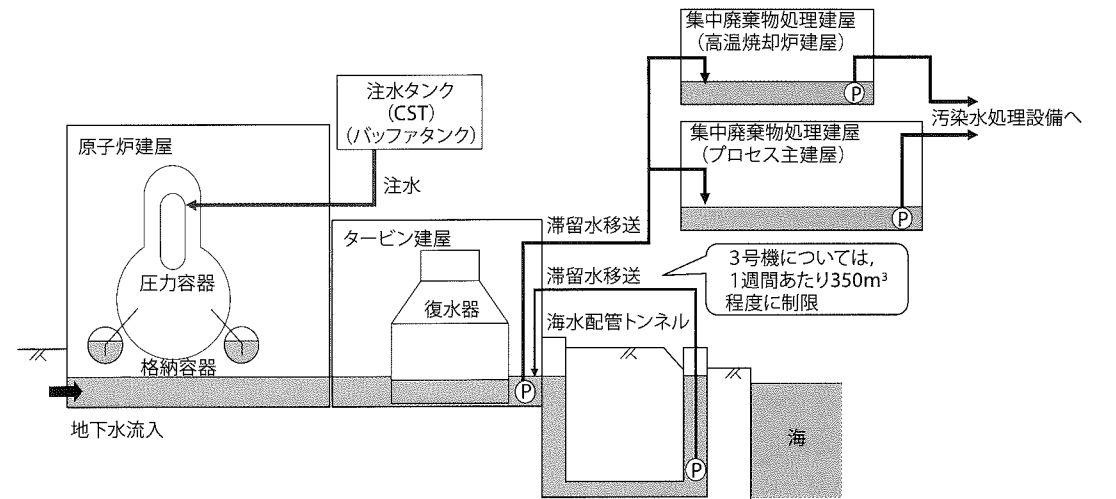


図-11 建屋内滞留水移送の概要図

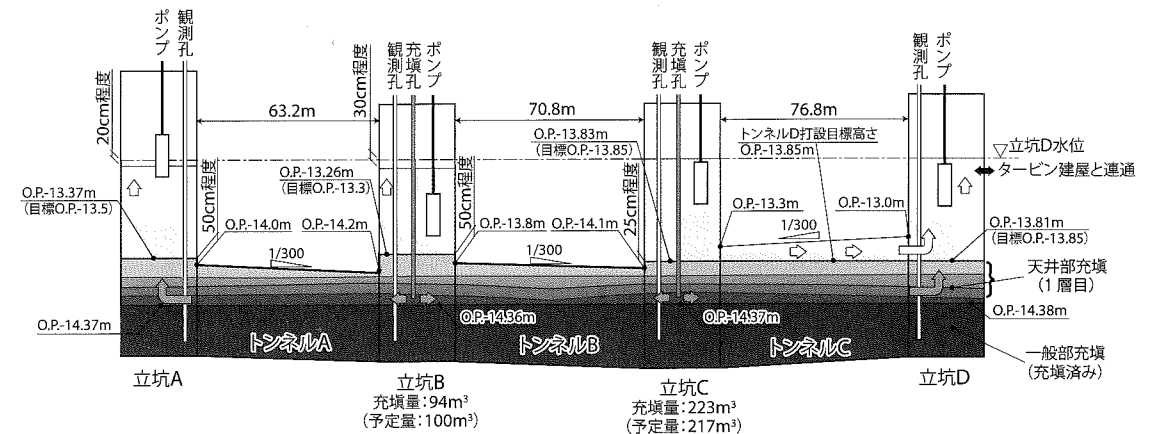


図-12 3号機トンネルA・B天井部打込み計画

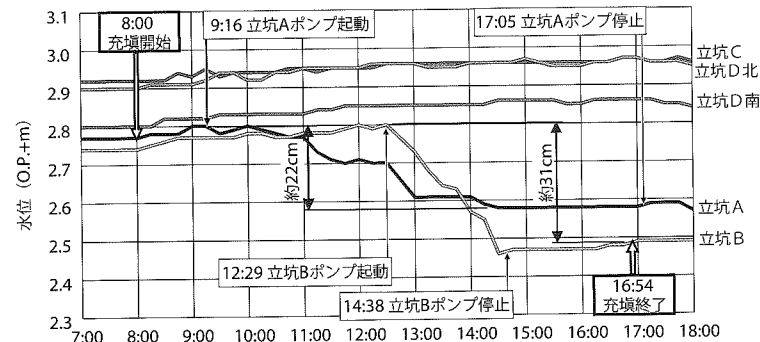


図-13 打込み開始から完了までの水位グラフ(3号機)

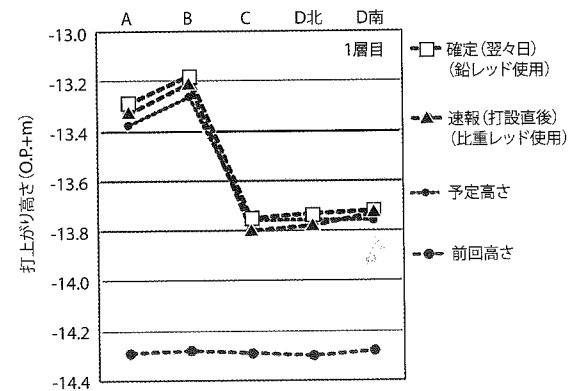


図-14 3号機トンネルA・B天井部の打上がり高さ(予定と実績)

4-3 トンネル天井部充填時におけるトレンチの水位管理

トンネル天井部充填では、トンネル天端部に隙間が生じないように、立坑部分に十分な余盛り(トンネル天端+500mm)を設ける必要があった。しかしながら、トンネル天端高さはトンネルごとに異なっていたことから、3号機海水配管トンネルA・B天井部の打込み計画(図-12)に示すように充填材の比重を考慮して各立坑の水頭を計算し、打込み開始から完了まで各立坑の水位をコントロールして、水頭をバランスさせた。

これにより、打込み中の水頭差がなくなり、充填材を所定の高さまで打ち上げることができた。さらには、充填材が硬化するまでこの水頭バランスを保つことで、充填材や汚染水の移動を防止し、水密性を高めることができた。図-13に打込み開始から完了までの水位グラフを、図-14に打込み

完了時の打上がり高さ(比重レッド使用)、および硬化後の打上がり高さ(鉛レッド使用)を示す。

5 放射線防護

5-1 被曝線量管理

2～4号機タービン建屋周辺は震災時の3号機爆発によるガレキ飛散などにより、空間線量率が0.5～5 mSv/hと発電所構内でもとくに高い場所であった。この場所で作業する人員が短期間で大量の被曝をする可能性が大きいことから、本工事では被曝線量管理とくに重点を置いた。

個人の被曝線量管理としてAPD(警報付きポケット線量計)携帯による日次管理、ガラスバッジ(個人積算線量計)を用いた毎月末の累計被曝線量確定値の確認による月次管理を行った。さらに、本工事の個人被曝線量の月間累計値、年度累計値および5年累計値については、工事事務所と当社とで相互確認を行った。

5-2 被曝低減対策

本工事では立坑上部や2号機開削ダクト上部における充填孔などの削孔作業、打上がり高さの測定および充填管の盛替えの作業時間が長く、被曝低減対策が必要であった。被曝低減対策の基本は、放射線の遮蔽・離隔確保である。作業箇所下部には碎石・鉄板を敷設、側部にはコンクリート擁壁・遮蔽シート(鉛毛マット)を設置し、2号機開削ダクトなど上部にも遮蔽が必要な場合は屋根の上にも鉛毛マットを設置した。さらに作業時にはタングステンベストを着用し、重層的な遮蔽を行った(写真-9)。

また、これら遮蔽と併せて、立坑観測孔付近のように、汚染水から直接強い放射線を受ける場所では、放射線管理員が放射線量の測定を行い、施工場所ごとに線量マップを作成、高線量領域の確認と低線量領域の退避場所を指示して被曝線量を低減した。

表-4に各立坑における対策前後の空間線量率

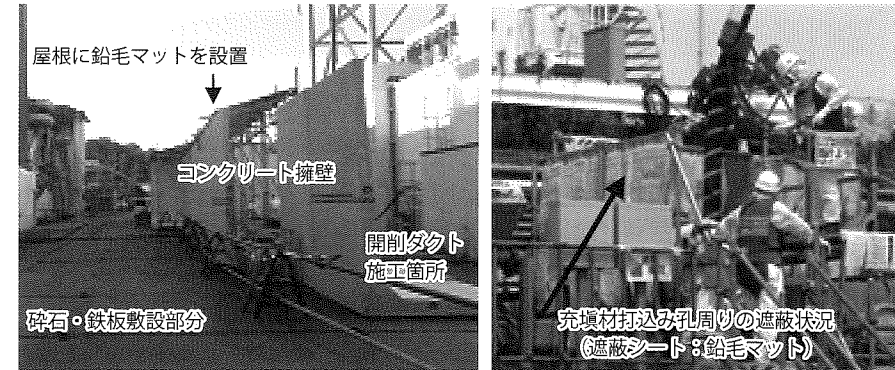


写真-9 被曝低減対策

表-4 各立坑における対策前後の空間線量率

| 作業箇所 | 空間線量率 (mSv/h) | | 線量低減対策 |
|------|---------------|-------------|------------------------|
| | 対策前 | 対策後 | |
| 2号機 | 立坑A | 0.15 → 0.10 | 遮蔽シート(鉛毛マット) |
| | 立坑B | 0.15 → 0.10 | 遮蔽シート(鉛毛マット), 碎石敷設 |
| | 立坑C | 0.25 → 0.15 | 遮蔽シート(鉛毛マット) |
| | 立坑D | 0.15 → 0.10 | 遮蔽シート(鉛毛マット), 碎石敷設 |
| 3号機 | 開削ダクト | 0.60 → 0.15 | 遮蔽シート(鉛毛マット), 碎石敷設, 擁壁 |
| | 立坑A | 1.00 → 0.20 | 遮蔽シート(鉛毛マット), 碎石敷設 |
| | 立坑B | 0.50 → 0.25 | 遮蔽シート(鉛毛マット) |
| | 立坑C | 1.00 → 0.25 | 遮蔽シート(鉛毛マット), 碎石敷設, 擁壁 |
| 立坑D | 0.05 → 0.05 | 建屋内のため、対策なし | |

を示す。被曝低減対策として、放射線管理員による定期的な空間線量測定結果を踏まえた、放射線の遮蔽を実施し、作業人員を高線量箇所から離隔確保する適正配置を行った。その結果、2・3号機海水配管トンネル充填完了時点での被曝線量の実績は全作業人員の合計値で0.96人・Svであり、計画被曝線量3.60人・Sv(着手時に空間線量率、作業従事者数想定および作業予定日数より算出)に対して26.7%まで低減することができた。

6 長距離水中流動充填材の使用実績と今後の展開

今回開発した長距離水中流動充填材は、フライアッシュ(JIS規格品)の代わりに非JIS規格品の石炭灰を用いるなど、構成材料の変更も可能であり、福島第一原子力発電所構内のスクリーンポン

プ室やほかのトンネルなどさまざまな空洞充填にも適用している。非JIS規格石炭灰を混合した充填材も含めた充填材使用実績は、2016(平成28)年度末までの3年間において約2.5万m³(非JIS規格石炭灰混合の充填材は、約1.6万m³)となっており、約1.3万t(非JIS規格石炭灰は、約0.8万t)の建設副産物の有効利用に貢献している。

今後、打設位置が限られた部位の充填や小径管路、小隙間の充填などの用途にも応用が可能であると考えられる。福島第一原子力発電所構内にとどまら

ず、一般の建設現場に広く活用されることを期待する。

7 おわりに

2～4号機海水配管トンネルへの充填材の打込みは、2014(平成26)年11月25日に開始し、翌年の2015(平成27)年12月21日に完了し、海水配管トンネル内の汚染水の漏洩・再滞留のリスクを取り除くことができた。また、長距離水中流動充填材の性能を最大限に活用した打込み方法の採用ならびに重層的な被曝低減対策により、作業に伴う被曝線量を最小限にしながら、無事故・無災害で工事を終えることができた。2～4号機海水配管トンネル内部閉塞工事の実施に際しては、多数の関係者に多大なご協力をいただいた。ここに、深く感謝の意を表す。

参考文献

1) 西郡一雅・一色信正・日比康生：福島第一原子力発電所2、3号機海水配管トレンチ内部閉塞工事の概要，電力土木，No.380，pp.75-78，2015.11.
 2) 相馬裕・堀内友雅・庄子茂：福島第一原子力発電所1～4号機スクリーンポンプ室閉塞工事の概要，電力土木，No.381，pp.45-48，2016.1.
 3) 柳井修司・日比康生・西郡一雅・佐藤圭太：福島第一原子力発電所海水配管トレンチ内部閉塞工事に適用した充填材に関する検討，コンクリート工学，Vol.54，No.4，pp.362-370，2016.4.
 4) 日比康生・柳井修司・西郡一雅・相馬裕：福島第一原子力発電所汚染水対策工事海水配管トレンチとスクリーンポンプ室の閉塞，コンクリート工学，Vol.54，No.6，pp.75-78，2016.6.
 5) 日比康生：地中トレンチ閉塞における超高流動材料の開発と施工—2～4号機海水配管トレンチ閉塞工事—，土木施工，Vol.57，pp.176-177，2016.7.
 6) 大津仁史・西郡一雅・佐藤圭太・日比康生・柳井修司・出口普：長距離水中流動充填材の開発と現場適用福島第一原子力発電所地下構造物における汚染水対策の事例，セメント・コンクリート，No.840，pp.3-11，

2017.2.
 7) 日比康生・出口普・西郡一雅：福島第一原子力発電所2～4号機海水配管トレンチ汚染水対策工事，土木学会第71回年次学術講演会，pp.703-704，2016.
 8) 柳井修司・石橋靖亨・松本清治郎・大島貴充・西郡一雅・佐藤圭太・木田洋：福島第一原子力発電所海水配管トレンチトンネル部に適用した長距離水中流動性を有するセメント系材料の配合検討，土木学会第71回年次学術講演会，pp.705-706，2016.
 9) 西郡一雅・佐藤圭太・高橋美昭・味沢慎吾・柳井修司・石橋靖亨・松本清治郎：福島第一原子力発電所海水配管トレンチトンネル部に適用した長距離水中流動性を有するセメント系材料の性能確認実験，土木学会第71回年次学術講演会，pp.707-708，2016.
 10) 佐藤圭太・相馬裕・柳井修司・庄子茂：福島第一原子力発電所スクリーンポンプ室閉塞工事に適用した充填材の性状に石炭灰と練混ぜ水が及ぼす影響，土木学会第71回年次学術講演会，pp.713-714，2016.
 11) 庄子茂・田中秀昭・柳井修司・堀内友雅・相馬裕・大村秀樹：福島第一原子力発電所スクリーンポンプ室閉塞工事，土木学会第71回年次学術講演会，pp.715-716，2016.

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

計画

東京都心部を縦断する
大深度・長距離シールドの設計

—東京下水道 千代田幹線—

東京都下水道局第二基幹施設再構築事務所設計課長 毛利光夫
 東京都下水道局第二基幹施設再構築事務所設計課事業調査課長代理 畑誠
 東京都下水道局第二基幹施設再構築事務所設計課設計係主担当者 小川貴浩
 日本水工設計(株)東京支社管路施設部長 石堂 暁

1 はじめに

東京の区部下水道は、1884(明治17)年神田下水以降、現在約16,000kmもの管渠を整備し、供用しているが、その多くは老朽化が進んでいることから、東京都下水道局では再構築事業を鋭意実施しているところである。

とりわけ、都市中心部に布設された飯田橋幹線、中段幹線、低段幹線などは、大正時代に整備され、老朽化が著しく、このままでは長期の供用に耐えることができない状況にある。しかし、これら幹線は、現在も都市化の進展が著しい都心部の下水を芝浦水再生センターへ送るための大動脈として機能していることから、常に流量が多く、水位が高い状態にある。そのため、新たにバイパス管を整備し、排水先を切り替えることで、これら既設幹線の水位を低下させ、再構築工事を施工できるようにすることが必要である。その代替を果たすのが今回紹介する「千代田幹線」である。

この千代田幹線は、合流改善の役割も担っている。現在、外濠および日本橋川の水質改善のため、外堀通りなどで外濠流域を対象とした貯留施設を整備しており、完了時には千代田幹線と接続させ

ることとなっている。貯留された雨天時のとくに汚れた下水を晴天時に千代田幹線へ流下させ、芝浦水再生センターに返水する計画となっており、このことで、雨天時における公共水域への放流量を大幅に削減することが可能となる。

千代田幹線は、都内の主要な6幹線を対象としているため、施工延長が千代田区飯田橋～港区港南(芝浦水再生センター)までの8.7kmと長大になり、かつ縦断面も最大土かぶり約60mとなるなど過去に類をみない大深度・長距離の大規模な幹線となる。このことから、東京都下水道局では施工に対する安全性の確保、施工品質の向上、維持管理などに対して最新の技術を幅広く取り入れることを目的として、工事入札時に技術提案型総合評価方式を採用した。

本稿では、その設計(当初計画)について報告する。

2 千代田幹線整備工事の概要

千代田幹線は幹線再構築を図るため、図-1に示す①～⑦の6幹線から取水を行うとともに、外濠流域の合流改善を図るため、最上流部の千代田区飯田橋で降雨初期のとくに汚れた下水を取り込

み、流下先である港区港南にある芝浦水再生センター内の新ポンプ棟へ接続させることを目的としている。そのため、この線形は大手町をはじめとする、東京都心を南北に大きく縦断することとなり、長距離シールドで地下トンネルを構築することとなる。この平面・縦断の設計にあたっては、厳しい施工環境を踏まえつつ、作業基地の調査やさまざまな管理者間協議を実施してきたが、布設路線の途中にシールド工事用の中間立坑の設置や作業ヤードを確保することがきわめて困難であることが判明した。その結果、シールド工の掘進は、発進から到達まで長距離掘進(L=8.7km)を一貫施工することとなった。

2-1 千代田幹線整備工事の概要

工事件名：千代田幹線工事

工事場所：東京都千代田区飯田橋3丁目地内～
港区港南1丁目地内

シールド計画諸元：

- 工 法：泥水加圧式シールド工法
- 管 径：4,900mm(仕上がり内径)
- セグメント：二次覆工一体型(外径5,500mm)
- 土 かぶり：約48~59m
- 延 長：約8.7km

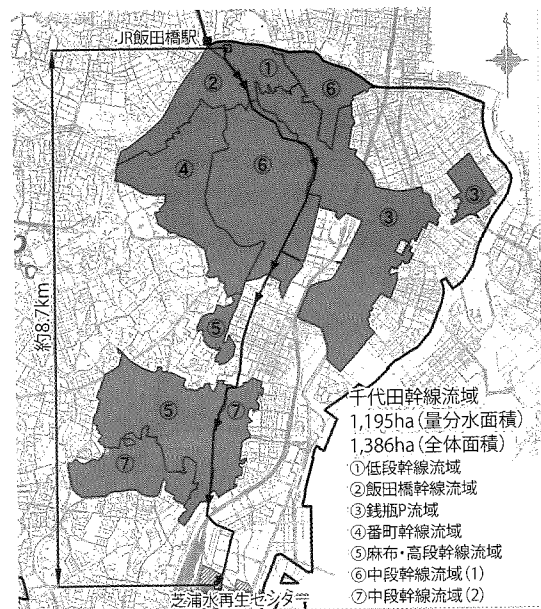


図-1 流域説明図

発進立坑(飯田橋3丁目地内)：

築造方法：ニューマチックケーソン工法

平面形状：内径14m, 外径18m

深 度：59.8m

3 平面・縦断計画の立案

平面計画については、外濠流域の合流改善事業を踏まえ、飯田橋3丁目地内の千代田区所有地を発進立坑、芝浦水再生センター管理棟前の敷地に到達立坑を設けることとし、6幹線からの切り替えた流入人孔の設置位置も含めた線形の検討を行った。その結果、最適ルートは、図-2のとおりで、大半が内堀通り、日比谷通りなどの都道や国道などの幹線道路となっている。いずれも国の機関をはじめとするさまざまな重要施設に面しており、交通量も多いなど厳しい施工環境ではある



図-2 平面図

が、人孔の構築は可能と判断した。

縦断計画については、12か所もの横断がある地下鉄をはじめ、JR鉄道架道橋、共同溝、企業埋設物など多種多様な重要地下構造物が輻輳している中、これらの構造物との交錯を避けるため、より深い位置でのルート選定が不可欠であった。

とくにコントロールポイントは、西新橋交差点で横断する当下水道局施設の第二溜池幹線(土かぶりh=45mの大深度、外径8.7mの大断面)であった。千代田幹線は、これより深くかつ可能な限り離隔を最小限に布設する必要があった。施工性や施設運営などの観点や近接影響の検討を踏まえた結果、図-3のとおり、離隔を2.36mと設定し、最大土かぶり約60m、取水立坑最深部で64mという大深度の縦断線形となった。

4 発進立坑の選定と省面積化

千代田幹線最上流部は、外濠雨水貯留管渠からの降雨初期のとくに汚れた下水の取水を行う計画であることから、発進立坑の設置位置を千代田区の飯田橋付近とした。飯田橋地区はJR、地下鉄の複数の路線が連絡する地区であり、オフィスビル、ホテルなどが建ち並んでおり、都内でも屈指の市街化地区である。このため、シールドの施工ヤードとして十分な用地を確保することは困難な状況にあった。

借地可能な用地を調査する中で、飯田橋地区の再開発事業区域の中に、千代田区所有の用地(920m²)が存在することが明らかとなり、再開発事業計画との調整の中で、借地期限付きではあるが、用地の借用が可能であるとの了承を得ることができた。

当該用地は、JR路線の擁壁、変電所に近接しており、立坑掘削に伴う近接施工の影響低減をはじめ、空き地だけでは施工ヤードとして不足するなど、施工上解決すべき問題が存在した。

そのため、立坑の築造工法は、周辺構造物への影響低減を考慮して、剛性が高く地盤変位を抑制できるニューマチックケーソン工法を選定し、車道一部を活用した路下施工を行うこととした。路下施工部の土留め(鋼矢板)の変位やケーソン沈設時の地盤の共下がり影響低減のため、セメント系の地盤改良による応力遮断壁を設置した。さらに、路下施工のために構築する土留めの変位量をできる限り抑制するため、掘削深度を小さくする必要のあることから、天井クレーンの必要な全路下式ではなく、半路下方式とした(図-4参照)。

当該発進立坑は、千代田幹線の発進だけでなく、外濠雨水貯留管渠の到達立坑として利用することや維持管理の必要性から、必要な立坑内空長はL=14.0mとなる。また、掘削深度は、千代田幹線の管底高さから設定しており、ケーソンの刃口先

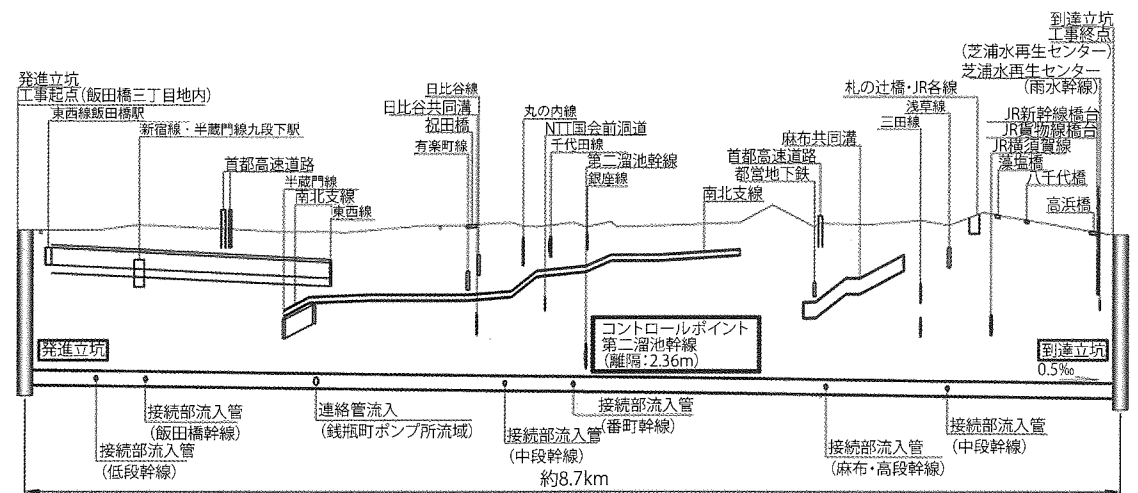
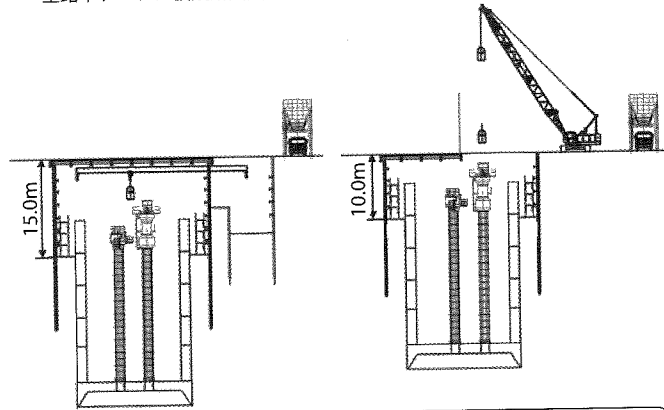


図-3 縦断図

全路下ケーソン仮設断面図

半路下ケーソン仮設断面図



全路下式では
①天井クレーンが必要で半路下より深くなる
②路下に一次置き土砂ピットが必要で平面積が半路下より広く必要

図-4 半路下方式の採用

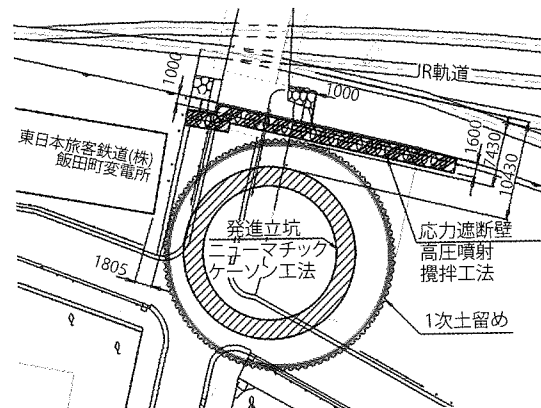


図-5 発進立坑平面図(応力遮断壁)

端でGL-59.8mとなり、大きな土圧・水圧が作用する構造となる。外圧に対する側壁の計算結果は、矩形断面では側壁厚さが4.0m、円形断面では2.0mとなった。

この結果を受けて立坑の形状は、応力的に優位となる円形を採用した。また、立坑底版には大きな浮力が作用し、沈設完了状態(シールド掘進時)にもっとも不利な状態となり、重量バランスを考慮すると側壁の厚さは2.5m必要なことがわかった。しかし、周辺の重要構造物との近接度合いを考慮すると、立坑寸法は、外径D=18.0m(側壁厚:2.0m)が限界となる。そこで、ケーソン内部のデッドスペースへ間仕切り壁を設置し、貧配合

コンクリートを充填することで、浮き上がり防止対策とした(図-5)。現在、発進立坑は、無事に沈設が完了しており、シールド発進の準備が進められている。

5 シールド工法の選定

シールド工法の選定にあたっては、大深度で長距離掘進を施工することから、①大深度・高水圧への対応、②長距離掘進に対する検討、③近接構造物への影響、④工程遵守、などに着目して工法を選定するとともに、シールドの装備に関して検討を行った。

なお、シールドが通過する路線の地盤は、洪積層(上総層)で、対象N値はN=100~150程度の硬質地盤であり、地下水位はGL-約2.0m程度と高い位置に存在している(図-6)。

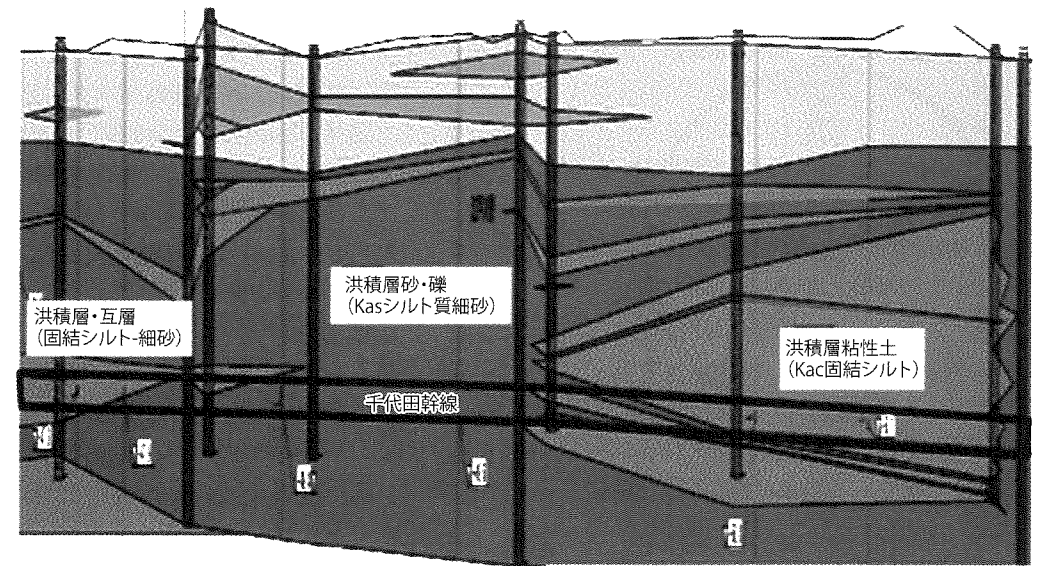
本シールドは、平均土かぶりが約50m、最大土かぶりが約60mで、地下水位がGL-2.0m前後に位置していることから、切羽へ0.5~0.6MPa程度の高水圧の作用を想定した。泥土圧工法については、この高水圧下での施工を鑑みると、スクリーコンベヤからの噴発の可能性が懸念された。0.5MPaの高水圧を考慮すると、万一、噴発が発生した場合はシールドの水没や電気系統などに影響を及ぼし、掘進不能となるだけでなく、坑内作業員に対して危険な状態となることが想定される。

そこで、地山に対して密閉度が高く、土砂の取り込みが機械的に制御できる泥水加压式シールド工法を採用することとした。泥水加压式シールドは、大深度・高水圧における切羽の安定制御に関しても機械的対応が可能となり安全が確保できる。

5-1 大深度掘進に対する課題と対応策

大深度シールド工事は、シールドのテール部からの地下水および土砂の流入が懸念される。また、高水圧下でのシールド発進は、鏡切りを行う際に出水し、立坑が水没する事故が過去に発生している。

このため、本設計では高水圧に対応したシール



| | | 洪積層(互層) | 洪積砂質土・礫(Kas) | | 洪積粘性土・礫(Kac) |
|----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| トンネル通過土質 | 土質 | 固結シルト・細砂層 | 砂質シルト・中粗砂層 | 砂質固結シルト・シルト質細砂 | 固結シルト |
| | N値 | 50以上 | 50以上 | 50以上 | 50以上 |
| | $\phi(^{\circ})$ | — | 26.0~37.0 | — | — |
| | c(kN/m ²) | 638~805 | — | 638~805 | 638~805 |
| 透水係数 | 3.34×10^{-5} | — | 3.34×10^{-5} | 3.34×10^{-5} | |
| 地下水状況 | GL-0.50m | GL-3.25m | GL-2.45m | GL-3.70m | |
| 有毒ガスなど | なし | | | | |

図-6 掘進路線の地盤概要

ドを標準仕様とし、発進時に出水が抑制できるよう坑口エントランスを高水圧対応型とした。さらに、高水圧下での鏡切りは危険を伴うことから、鏡切りの作業を省略できるように、直接切削が可能な仮壁をケーソン側壁へ設置した(図-7)。具体的な止水対策は、下記事項である。

- ・テールブラシを3段とし、緊急止水装置を取り付けた
- ・自動給脂装置を取り付け、テールブラシの品質劣化を抑制した
- ・圧縮力を適切に伝達して構造的な安定を図るよう真円保持装置をシールドに搭載した
- ・発進坑口の止水性向上のため、エアパッカー方式による多段パッキンを装備した

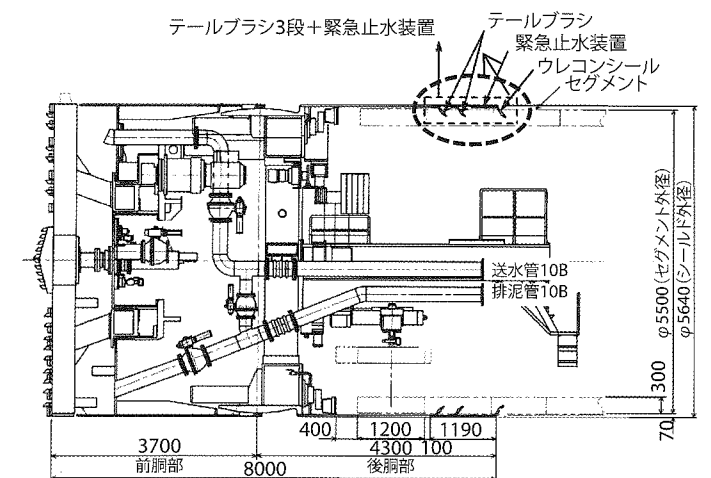


図-7 シールド(標準案(参考図))

5-2 長距離掘進に対する課題と対応策

千代田幹線は、発進立坑用地として借用した千代田区所有地と、到達立坑となる芝浦水再生セン

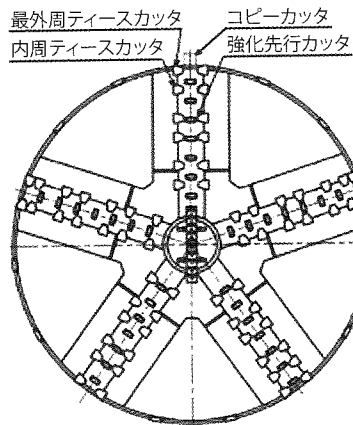


図-8 シールド面板(参考図)

ター以外に、中間の作業基地を確保することができなかったことから、8.7kmの長距離でのシールド工法による対応となった。そのため、設計において、8.7kmの長距離掘進の途中でビットの交換ができない状況を踏まえ、ビットの摩耗に関する検討を下記のとおり実施した。

- ・硬質地盤を考慮したビットの摩耗計算にもとづき、ビットの強度、耐久性、段数などの検討を行った。
- ・地中でのビット交換を考慮して、回転式ビット交換、予備カッタ方式、マンホール摺動方式などの比較検討を行った。

通常、硬質地盤を8.7kmもの長距離を掘進するためには、ビットの交換が必要となるが、本設計では、ビット配置について先行カッタを突出させた多段式とし、強化先行カッタとして超硬質ビット(E3)の適用を検討した(図-8)。

算定の結果、ビットの摩耗量は33mmであり、メインビットであるティースカッタなどに影響を与えることのない許容値50mmを下回ったことから、ビットの途中交換が不要となり一貫施工での発注が可能と判断した。

また、ビットの摩耗量を計算する際の入力条件は以下のとおりである。

- ・ビット仕様：強化先行カッタ(多段式)
- ・対象ビット：最外周ビット(φ5,700mm)
- ・掘進速度：V=35mm/min
- ・回転速度：N=0.95min⁻¹

なお、ビットの摩耗量は、地盤の急変や礫の出現などにより、大きく変化する。とくに今回のシールド掘進路線は、硬質地盤(N=100以上)を対象としており、また都市部では過去に例のない長距離掘進である。このため、ビットの摩耗や欠損に関して、過去の施工事例が参照できないと考え、入札時の技術提案型総合評価方式において、安全性が高く効果的な提案を求めることとした。

5-3 近接構造物に対する影響検討

縦断線形を計画する際のコントロールポイントとなったのは、第二溜池幹線(2015(平成27)年度完成)であり、その離隔は、千代田幹線の外径(D)に対して0.43D(離隔B=2.36m)の近接施工に設定した。本来であればもっと離隔をとることが理想であるが、芝浦水再生センターの新ポンプ棟の設備能力上、揚程に制約があり、千代田幹線の深度をこれ以上深くできない前提があった。そのため、2次元FEM弾性解析で変位量の確認を行い、安全が確保できる最小の離隔で施工深度を設定した。

なお、解析結果では、変位量が基準値5.0mm以下に収まっている。また、重要地下構造物である地下鉄トンネル、鉄道架道橋、共同溝などに対しても、2次元弾性FEM解析を行い、それぞれ要求される許容値内に収まっていることも確認している。

さらに、設計上配慮した点として、これら近接する構造物に対する影響をできる限り抑制するため、本シールドの裏込め注入方法は、即時裏込め注入とし、テールボイドによる地山の開放をできる限り抑制することとした。

6 大深度・長距離シールドに対応した施工計画の立案

一般的に使用されている標準仕様書や標準工事積算書の掘進対象距離は1.2km程度である。千代田幹線工事は、標準的なシールド工事と比較して長大な掘進距離(L=8.7km)と高い被圧地下水(最大土かぶりh=60m)という厳しい施工条件を有している。このため、設計時の施工計画の立案は、下記事項を考慮して行った。

- ・テールブラシの劣化に伴う、テールシールの交換を考慮
 - ・構内における資材の長距離運搬(セグメントなど)に対する時間的ロスを考慮
 - ・大深度において、6か所の取水人孔との接続が生じるため、安全な防護工を選定
- 以下に具体的な検討について述べる。

6-1 テールブラシの交換計画

本シールドは高水圧下において、裏込め注入を掘進と同時に実施することから、注入圧力が非常に大きくなることが予想された。裏込め注入圧が大きくなると、シールドテール部とセグメントとの空隙へ裏込め材が浸透し、固化が発生するおそれがあり、テールブラシの劣化を招く可能性がある。高水圧下でのテールブラシの劣化は、シールド後部からの出水を誘発する主な原因となりうるため、場合によっては掘進を停止して対処するといった状況に至ってしまう。このため、今回の提案では、一番外側の1段目のテールブラシと、2

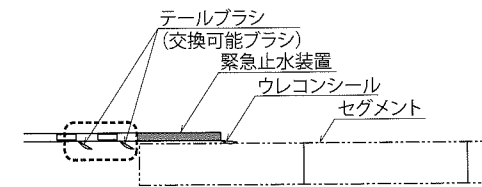


図-9 テールブラシ交換計画の概要

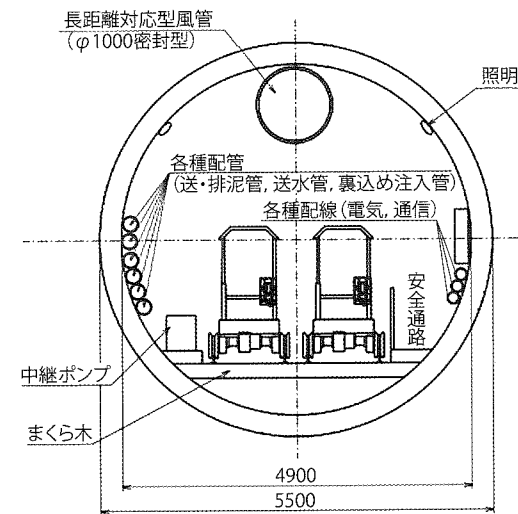


図-10 抗内軌道計画複線断面図(参考図)

段目、3段目の間に緊急止水装置を設置して、取り換えに余裕のある配置とし、万一、テールブラシに劣化が生じた場合には、2段目、3段目のテールブラシを交換可能な仕様とした(図-9)。

6-2 抗内での資機材運搬計画

掘進延長が8.7kmであることから、バッテリーカーでの資材運搬距離は、到達付近の掘進になると往復17km以上の距離となる。

このような長距離掘進においては、掘進スピードとセグメントや配管などの資材運搬に関して、タイムラグが生じる可能性がある。とくにセグメントの供給が遅れると、掘進作業の停止時間が長くなり、日進量が大幅に低下することとなる。このため、今回の設計ではバッテリーカーの走行速度とセグメントの組立て時間などを検討対象に加えて、掘進施工にロスのないバッテリーカーの編成を計画した。

具体的には、資材の運搬に関しては単線軌道による走行では資材運搬が追いつかないことから、軌道を複線化することとした(図-10)。

6-3 各取水人孔との接続方法

千代田幹線は、6か所の取水人孔が計画されている。いずれも交通量の多い幹線道路(都道)で取水人孔を築造するものであるが、千代田幹線の土かぶりが50~60mであることから、さらに幹線外径の5m程度を加えた深さまで掘削することとなる。このような大深度掘削に対応可能な土留めを選定するとともに、接続箇所に関しては、高水圧下でも安全確保が可能な防護工も合わせて検討する必要があった。

大深度掘削に対応可能な土留め工法として、①地中連続壁工法、②ニューマチックケーソン工法、③オープンケーソン、④鋼製セグメント圧入工法などが挙げられる。比較検討したところ取水

表-1 土留め比較表

| 施工方法 | 作業ヤード(m ²) | 判定 |
|--------------|------------------------|----|
| ①地中連続壁 | 1,400 | × |
| ②ニューマチックケーソン | 950 | △ |
| ③オープンケーソン | 750 | △ |
| ④鋼製セグメント圧入工法 | 450 | ○ |

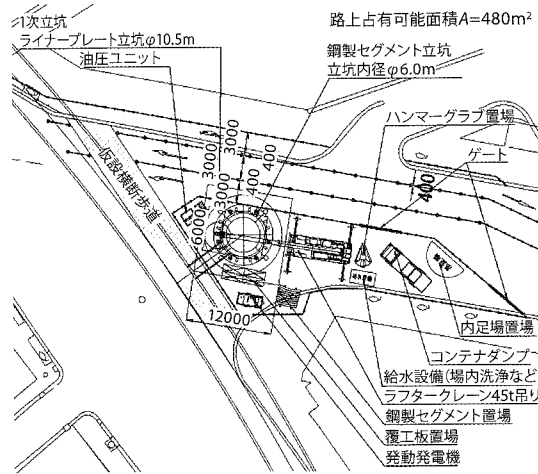
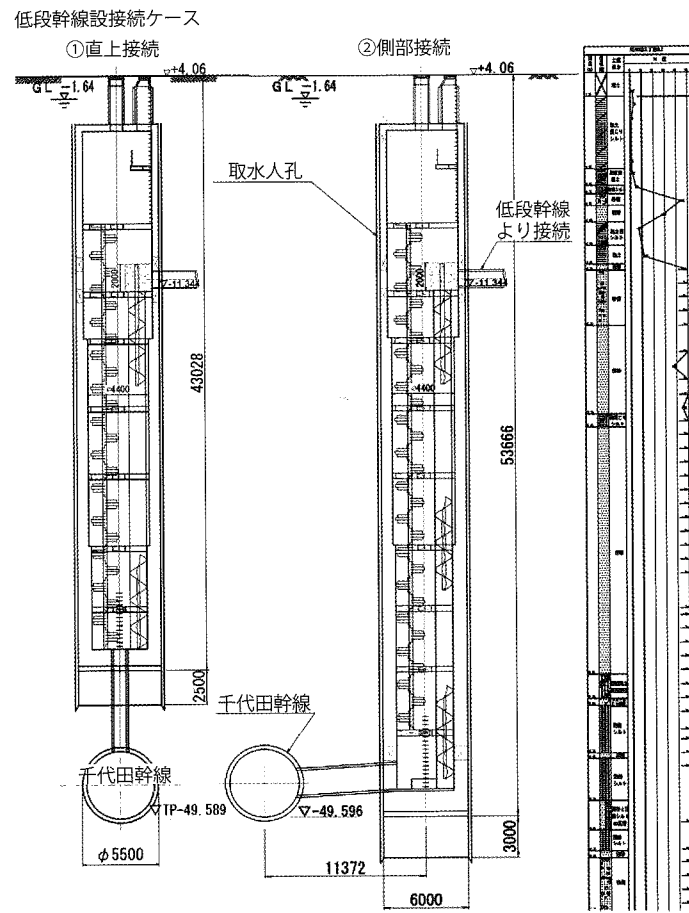


図-11 作業ヤード例(低段幹線)



ケース①：管路直上から汚水が流下するため、飛散が著しく硫化水素が発生
 ケース②：高落差工のシャフト部から接続管を流下して、幹線へ流入すること
 から、合流が穏やかとなる。また、らせん階段により作業者の昇降
 が可能であることから、維持管理人孔として使用が可能となる。

図-12 取水人孔構造例(低段幹線)

立坑の施工箇所が交通量の多い都道であることから、大規模な作業ヤードが必要な工法を適用することは困難であると判明した。このため、大深度での実績があり、周辺への影響が少なく、もっとも作業ヤードを省面積化できる鋼製セグメント圧入工法を選定することとした(表-1, 図-11)。

また、千代田幹線と取水人孔用立坑との接続は、幹線整備後に実施することとし、①幹線直上に接続するケース、②幹線側部から管接合するケースの2ケースを検討した。検討結果は、実績を考慮するとともに、維持管理面(作業者の昇降など)、水理的特性(高落差による摩耗など)、施工の柔軟性(止水対策)などの優位性により②を選定した(図-12)。

しかし、幹線側部から管接合するためには立坑下部でのトンネル作業となることから、高水圧下での防護工が必要となる。一般的に、防護工は、薬液注入工法や高圧噴射系の地盤改良が考えられるが、高水圧下かつ硬質地盤である場合、未改良部が残る可能性があるなど、止水に対する確実性が劣る懸念があった。そのため、比較検討として凍結工法に着目した。

凍結工法は、凍土の圧縮強度が、 $2,750\text{kN/m}^2$ (粘性土: -12°C)とセメント系改良よりはるかに大きいため、十分な強度を持ちつつ防護範囲を大幅に低減できるとともに、一

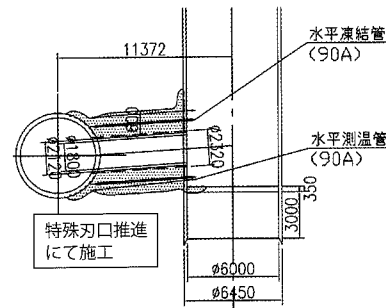


図-13 接続防護工断面図(低段幹線接続部)

様な改良を図れることからさまざまな構造形状にも高い遮水性が期待できる。また、東京都下水道局として、大深度、高水圧下における同工法での施工実績を多数有している。このことから、防護工は、安全性、施工性が高い凍結工法を前提とした。取水人孔構造および接続部防護工の例として、低段幹線からの取水構造を図-12, 13に示す。

7 技術提案型総合評価方式の実施

さまざまな公共事業に技術提案型総合評価方式が採用される一方、これまでシールド工法を利用した下水管路の工事は、標準設計で発注されることがほとんどであり、入札時に同方式が導入された事例は少ない。

今回対象となった千代田幹線工事は、国内最大級の大深度・長距離シールドとなったが、施工実績がほとんどないことなどのため、標準設計では安全・品質の保障が困難な事項が多く含まれていた。また、東京都下水道局においても構想から工事発注まで30年以上を要した大型プロジェクトとして取り組んできた経緯があり、民間企業の最新の知見や技術力を施工や将来の維持管理に有効に役立てるために、技術提案型総合評価方式の入札制度を適用することとした。この技術提案型総合評価方式は、単に経済性の追求だけでなく、高品質な構造物の施工が可能となり、さらには、維持管理の効率化など、発注者、受注者、使用者すべてにメリットのある入札手法であると考えている。

今回の技術提案型総合評価方式においては、千代田幹線工事の種々の課題に対して、広く提案を求め、施工に有効に反映できるよう表-2の事項に着目して、評価項目を検討した。これに価格の要素を加えて入札を実施したところ6社の応募があり、総合評価により、奥村・大豊建設企業体が受注した。

表-2 評価項目の抽出

| 要求項目 | 評価項目 |
|-------|-------------|
| シールド工 | 長距離掘進対策 |
| | 大深度対策 |
| | 立坑用地借地期限の遵守 |
| 取水人孔 | 近接施工対策 |
| | 大深度施工 |
| | 周辺影響対策 |

8 おわりに

千代田幹線工事は、施工において厳しい制約条件があり、高水圧下での長距離掘進、幹線道路での大深度立坑の設置など難度の高い工事であるが、技術提案型総合評価方式を適用することで最新技術の採用と安全な施工、より高い品質の確保が期待できるようになった。

東京都下水道局では、シールド工法による幹線工事に対する入札時の技術提案型総合評価方式は、今回が初めての採用である。今後も都市部でシールド工法による地下インフラ整備を進めるにあたり、用地不足による掘進延長の長距離化や、地下埋設物の輻輳から大深度化するなど、大都市特有の厳しい環境での設計が求められることが増加すると思われる。

与えられた厳しい条件下において、地下インフラを整備し、目標整備水準を満たすための創意工夫は、インフラの整備事業を執行していくうえできわめて重要な課題である。

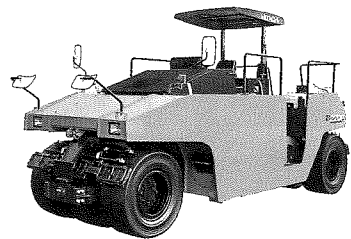
本業務が、今後の地下インフラ整備事業を進めるうえでの参考事例となれば幸いである。

参考文献

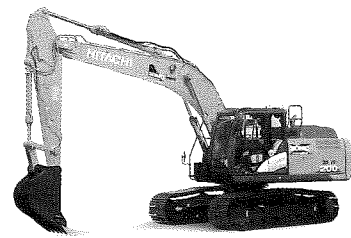
- 1) 中井宏：日本最大級の下水道幹線再構築，千代田幹線整備事業，月刊下水道，Vol.40, No.10, pp.40-46, 2017増刊号。

工法・技術・製品ニュース

製品 日立建機からオフロード法適合タイヤローラとICT油圧ショベル



ZC220P-6



ZX200X-6

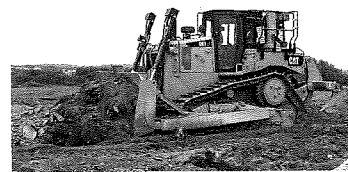
日立建機(株)ブランド・コミュニケーション本部 広報戦略室 広報IR部 広報グループ
TEL. 03-5826-8152
URL <https://japan.hitachi-kenki.co.jp/>

日立建機は、新型タイヤローラ ZC220P-6(運転質量 12.9t)と新型 ICT 油圧ショベル ZX200X-6(標準バケット容量 0.8m³、運転質量 20.7t)を発売した。

タイヤローラはオフロード法 2014年基準への適合に加え、国土交通省の超低騒音型建設機械の基準値をクリアしながら、従来機と比べて約 7.6%の燃費低減を実現した。車体後方の障害物を検知する「後方ガードセンサ」や駐車ブレーキの掛け忘れを防止する「電気スイッチ式駐車ブレーキ」を採用することで安全性も向上させた。機械の稼働状況などのビッグデータを蓄積する「Global e-Service(グローバルイーサーブス)」を搭載することで、道路機械ではじめて、稼働状況・保守の遠隔管理を実現したほか、マシンダウンにつながるようなアラームを検知した際に「緊急レポート」作成し、パソコンやスマートフォンなどに自動で配信することで、ライフサイクルコストの低減も支援する。

油圧ショベルは、オフロード法 2014年基準に適合し、国土交通省が推進する i-Construction に対応。同社独自のマシンコントロール機能である「Solution Linkage Assist(ソリューションリンケージアシスト)」を搭載し、GNSSから得た位置情報やバケット爪先の 3次元情報をもとに、設計値に従って機械のブーム、アーム、バケットなどをリアルタイムで半自動制御し施工目標面を掘り過ぎることなく、効率的な作業が可能となる。導入により従来の建設現場で行われていた丁張りや検測作業などの作業工程の大幅に削減に伴い、工期の大幅な短縮を図ることができる。現場の安全性や生産性の向上が期待できるとしている。2次元仕様も用意され、小規模な工事や測位衛星を捕捉できないような建設現場においても、現場作業の生産性を大きく引き上げる。さらに、3D機能専用機器を装備することで、2D仕様から 3D仕様へアップグレードも可能とした。

製品 キャタピラー新型 ICTブルドーザを発売



Cat® D6T

キャタピラー
GCI Marketing Innovation
TEL. 03-5717-1122
<http://www.caterpillar.com/>

キャタピラーは、オフロード法 2014年基準をクリアするブルドーザ Cat D6T のモデルチェンジ車を発売した。

同機は今回のモデルチェンジにより、ブレードを目標勾配に自動でキープし、高精度の法面施工をサポートする Cat スロープアシストを標準装備したほか、国土交通省が推進する i-Construction に対応するブルドーザ用 3次元マシンコントロール「Cat グレードコントロール 3D」をオプションで装備できる。

安全性やオペレータ環境も向上しており、リアビューカメラの映像も表示できる新型のマルチカラーディスプレイを採用し、視認性を向上させた。モニタには、リアルタイムの車両の傾斜状況が表示できることから、車両の縦断勾配と横断勾配が見える化され、スムーズな勾配施工もサポートされる。また、Cat プロダクトリンクを標準装備。警告情報や部品交換時期の確認ができるため、車両の管理やダウンタイムを削減することができるとしている。

連載講座

トンネル新技術への挑戦(最終回)

—執筆を終えて(座談会)—

「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会

座談会出席者(司会者以下は50音順)

司会(大島) 今回の連載は小委員会でも議論して選んだトンネル関連の新技術を扱いました。取り上げた事例は、長年挑んでいた「夢の技術」が最近実現したとか、未完だがあるレベルまで達したとか、まだ構想段階だが特許登録済み、といった具合に開発レベルが不統一で、読者に読みづらい連載であったかもと反省しています。

そこで、国土交通省 OB で本誌編集参与でもある真下さんと、JTA 会誌 WG の委員である藤井さんのお二方にも特別に参加いただき、当連載で取り上げた技術を中心に今後のトンネル技術開発の方向を語り合うことでこの連載を終えることにした次第です。

住民理解を得た静かな発破

司会 座談会は発破技術から始めましょう。高精度秒時電子雷管「eDev シリーズ」の発破技術および現場での使用実績を担当された西岡さんと八木さんから話してください。

西岡 発破は、都市部や住宅密集地では振動・騒音の面で周辺環

| | |
|-----------|--|
| 司会: 大島 洋志 | 国際航業(株)技術本部最高技術顧問 (本誌編集委員会参与・本講座委員長) |
| 居相 好信 | (株)大林組土木本部工務監督 |
| 岩永 茂治 | (株)熊谷組土木事業本部技術顧問 |
| 小松 敏彦 | 前田建設工業(株)土木事業本部土木部上級技師長 |
| 小山 幸則 | 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授(本誌編集委員会委員長) |
| 志岐 寛 | 清水建設(株)土木技術本部地下空間統括部上席エンジニア |
| 鈴木 雅行 | (株)安藤・間土木事業本部技術第三部長 |
| 西岡 和則 | 鹿島建設(株)土木管理本部統括技師長 |
| 藤井 義文 | (株)竹中土木常務執行役員 |
| 真下 英人 | (一社)日本建設機械施工協会施工技術総合研究所所長 (本誌編集委員会参与) |
| 松原 利之 | 飛鳥建設(株)技術研究所所長 |
| 八木 弘 | 中日本高速道路(株)技術支援部トンネル専門主幹 (前)本誌編集委員会委員 |
| 吉富 幸雄 | 大成建設(株)土木本部土木技術部トンネル室参与 |

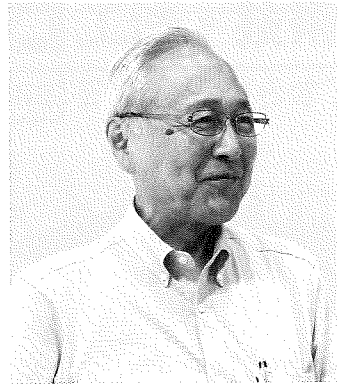
境への影響が大きく、使えないことが多いのが現状です。このため、コスト的には高くなりますが、割岩工法や機械掘削工法の採用という方向に向かっていたものを、振動・騒音のみならず、周波数をコントロールして低周波音を抑制することも可能な電子雷管を使った技術で、周辺環境に与える影響を最小限に抑えて、発破工法による掘削を可能にする技術の開発に取り組みました。

八木 この技術を騒音問題が懸念された新名神高速道路の箕面トンネル西坑口付近で使ってみまし

た。本誌 2016(平成 28)年 9 月号 (Vol.47, No.9)に発表されましたが、1/1,000 秒単位で制御できる雷管を使用することで騒音・振動や低周波をかなり低減でき、周辺住民の方々のご理解を得ました。まだまだ雷管の価格という点では改善の余地はありますが、現地条件に応じて選択肢が増えることは非常に重要なことだと思います。

機械で硬岩を静かに切削

司会 振動の山谷を半波長ずらした段発間隔に調整すれば振動を相殺できるという理屈にもとづく



大島洋志 氏

素晴らしい技術ですね。

硬岩トンネル掘削機を担当された吉富さん、当機の開発目的も西岡さんが話されたのと同様の建設環境を背景としたものですか。

吉富 そのとおりです。割岩工法や機械掘削工法は効率が悪く、また連続的に振動・騒音が発生するため発破以上に不快感を与えるといった問題がありました。

そのため、これまでよりも振動・騒音を抑え効率的に掘削できる硬岩トンネル掘削機TM-100を製作し、早速、本誌2017(平成29)年8月号(Vol.48, No.8)で報告したような現場成果も上げました。

NATMのもつ自由度を活かしたハイブリッドなTBM?

司会 当連載では、TBMを日本に定着させようという観点で精力的に挑んでおられる3種類のTBMへの取組みを紹介しました。小山さん、松原さん、担当されたTBMの開発の背景やTBM全般へのご意見をください。

小山 これまでのTBMは地山が良いときは素晴らしいパフォーマンスを示しますが、地山が悪く

なると身動きが取れなくなり、NATMで掘削するよりも平均掘進速度が遅くなるという大きな弱点がありました。この問題にどのように対処するかが、地山の善し悪しの変化が大きい日本でTBM施工を成功させるポイントだと思います。ドーナツTBMは通常のTBMのカッターフェイスの中央部分が円形に開放されていて、地山が悪くなったときには、そこから補助工法で前方地山を改良しておくか、場合によってはTBMの前方に出てNATMで先行掘削して突破しようというものです。不良地山に対応しようという観点からすると非常におもしろい技術です。

松原 NATM施工中に、切羽の自立性に苦勞するとか、シールド施工中に堅岩に遭遇したりすると、シールドあるいはNATMであったらと思うことがあります。MC-TBM(Multi-function Changeable TBM)は、従来のTBMと同様のカッターヘッドと、シールド工法の圧力保持のための隔壁を持ち、地山状況に応じて開放型のTBM掘削と密閉型のシールド掘削の切替を可能としたものです。またカッターヘッドと隔壁に各々開閉可能な扉を設けることで、不良地山に遭遇したときには、切羽前方へ掘削機械や削孔機械を搬入して、NATMへの変更も可能とするもので、シールドやTBM技術とNATMのノウハウを融合した、より合理的で安全な工法を目指したものです。いまだ実績はありませんが、TBMの高速掘進や、シールドのシステムティックで安

全性の高い施工は魅力です。これらとNATMの持つ自由度を活かしたハイブリッドな工法を開発したいと思っています。

司会 八木さん、NEXCOではTBMの定着に向けて新東名高速道路の建設時代から挑んでおられますが、いかがでしょうか。

八木 海外では、TBMは山岳トンネルの主力工法として定着しています。わが国では、地質が複雑かつ脆弱であることから、なかなか定着していませんでしたが、掘削断面積が約200m²にもなる新東名のトンネルを安全かつ効率的に施工するために、直径5mのTBMを先進導坑に活用して効果を発揮しました。NATMは安全性や作業環境などまだまだ課題がありますので、TBMとNATM双方の特性を生かしたハイブリッド工法を開発して、安全性と効率性を追求していくべきだと思います。

司会 マレーシアではTBMにより導水路を無事完成させています。志岐さん、いかがですか。

志岐 TBMが主流の海外でも不良地山がないわけではありません。当社で施工したマレーシアのTBMでも不良地山や多量湧水で苦勞しましたが、10km超の3工区を無事に施工しました。

日本でTBMが普及しない原因として、TBMが高価なためトンネル延長が長くないとNATMに比べて割高になることもあると思います。解決策として、線形を工夫し数本のトンネルをまとめて長くするとか、計画的にマシンの転用を図ることも考えられます。マ

シンの転用には断面を規格化してなるべく同じにすると、再利用を意識して、掘削技術のみならず、分解・運搬・組立などの周辺技術の開発も必要なのではと思います。

司会 真下さん、当連載で紹介した縮径TBMも含め、今後のTBM全体を総括していただけますか。

真下 やはりTBMは地質の変化に対する適応性で劣るため、わが国でのこれまでの採用は一部のトンネルに限られてきました。しかし、TBMはNATMに比べて工期、安全性、作業環境、省人化の点で優れており、今後、技能労働者が大幅に減少すること、トンネルの施工現場では更なる安全性の向上が求められていることなどを考えると普及に向けた真剣な取り組みが必要だと考えます。わが国の地質に適用できるようにするには、悪い地質に遭遇したときの対応策を確立することが重要であり、紹介された3つのTBMいずれもこれらを可能にする技術として期待できます。実用化のためには現場でその有効性を確認することが必要であり、使ってみようと言う現場が早く現れることを願っております。

切羽前方を事前に探る

司会 当連載では切羽前方探査技術も取り上げました。私がこの技術を用い始めたのは50年近くに大量の高圧湧水で難航していた山陽新幹線のトンネルでビューラと称する削孔機からです。半日で約50mも掘って、水の有無や地

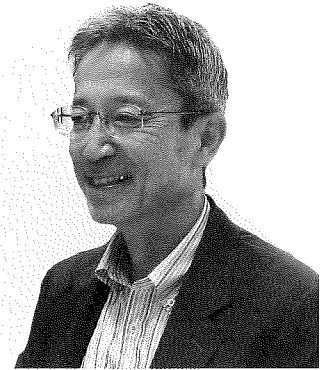
質の硬軟といった一級の切羽前方地質情報もたらしてくれることがありがたかった。今では、PS-WL工法や、Core-DRISSなどの国産のボーリング機がその役目を果たせるまでになっております。

私は、当連載で紹介した超長尺のボーリング技術を大土かぶりの長大トンネルに定着させるべく人生最後の夢を掛けています。

吉富 私もNATMが国内に導入されたころより大島さんが紹介されたビューラを使っていました。切羽の先がわからない中、地質の状況や湧水状況がわかる先進ボーリングは、安全に掘削するため非常に有効だと感じていました。

T-SPDは、先進ボーリング機の削孔振動をマシン近傍に置いた受振機で連続観測することでボーリング孔内付近の地山構造を明らかにしようとするものです。事前調査によく用いられている屈折法弾性波探査は土かぶりが大きくなると精度が低下する傾向がありますが、当手法はビットから発する直接波を用いていますから原位置での弾性波速度が把握できます。削孔検層を併せて評価することで、切羽前方の不良地山の検出精度を向上できたと思います。

居相 想定外の多量湧水や切羽崩壊などに遭遇することは、働く人の安全確保はもとより、時間と資源のロスも大きいです。切羽前方地質を知りたい、事前に対策工を施したい、資機材を準備したいはトンネル屋の当然の欲求と考えます。そこで、休日1日程度の短時間で、湧水量低減期間も考慮し



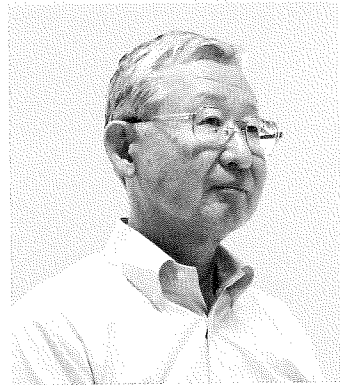
松原利之 氏

て、1月分の掘削進行150~200mを先端駆動型水圧ハンマーwas-saraによりノンコアで調査できる技術開発に取り組みました。肝心の不良地山区間での適応性、打撃機構に合った地山評価法などの課題を解決・実用化し、湧水量や水圧測定機能付加にも欲を出しました。定量的な力学特性把握はいまだ課題です。同程度の延長を3次元的にどのように高精度で調べるか、この開発技術の使い方や他の技術との組合せなどが、次のハードルです。

司会 物理探査(以降「物探」)手法による切羽前方探査技術も取り上げました。

小松 切羽はトンネルで一番危ない場所です。「そこで作業させて良いのか?」「自分の目の前で山が崩れたら?」と、切羽の作業に立ち会うたびに悩まされます。より前方の地質リスクの予測と合わせて、切羽近傍の詳細な地質状況を把握する技術は、安全に施工を進めるうえで貴重な情報を与えてくれる大切な技術であると考えています。

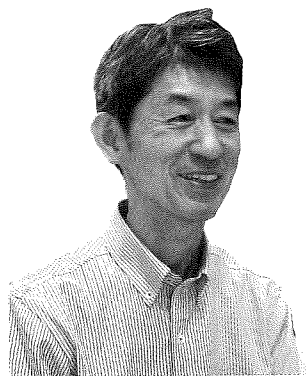
今回紹介しましたクロスホール



小山幸則 氏

弾性波トモグラフィ探査は、ドリルジャンボによる削孔検層孔へ孔間弾性波トモグラフィを適用することでボーリング孔間の地山速度構造を明らかにすることを目指したものです。孔内にゲル状充填剤を充填することで、振動のSN比向上に努めるなど工夫しました。

志岐 前方探査は、不良地山に遭遇する可能性が高い区間で採用されるのが一般的です。そういう場合は、事前に必要な資材を準備するなど比較的対応しやすいのですが、突然不良地山に遭遇すると、必要な資材が手許になくて非常に困難な対応を迫られることがあります。そのリスク対応として前方探査を、日常管理的に継続して



西岡和則 氏

実施したいという思いからS-BEATを開発しました。今回の企画で同業他社も類似の探査方法の開発に挑んでおられることがわかりました。やはり共通のニーズなのです。

鈴木 TSP探査はTBMの前方探査の有力な工法として数多く使用実績がありますが、探査のための発破孔の穿孔や受信器埋設などの準備作業が必要で、その都度切羽を止めなければならないことから、トンネル掘削を止めずにできる探査法として、掘削発破を起震源としたTFT探査を開発しました。受信器もロックボルト頭部にケーブルレスで設置でき、探査結果の解析もトンネル技術者が行えるようにしています。15現場で適用し、従来のTSP探査と遜色ない予測精度が得られています。

松原 比較的簡便に前方地山状況が予測できる物探の有用性には代えがたいものがあります。弊社でも日常の発破振動を用いた弾性波探査についていろいろ試みていますが物探だけではなかなか確認のあるデータが取得できないのも事実で、やはりコアなりスライムなりで前方の地山状況が直接確認できるボーリング探査には魅力があります。

経験的に言えばボーリングで前方500mの地質状況が判明すれば、いろんな対処の方法が考えられます。とくに未知の断層破碎帯など相当程度不良な地山を掘削しようとする段階での前方数百mのボーリング情報は非常に有用だったと実感しています。

パイプルーフ工法から発展したAGFや「まがる一ふ」など

司会 NATMにとって今や常識的補助工法となったAGF工法はパイプルーフ工法の延長上で生まれた技術ともいえます。AGFについては当連載では扱いませんでしたが、八木、藤井、真下さんから技術開発の経緯と、現状などを紹介していただけませんか。

八木 NATMの最大の課題は、吹付けコンクリートなどの支保工を設置するための空間を一定時間確保する必要があるということです。この空間確保のために、不良地山ではAGFが多用されています。AGFは開発されてから四半世紀が経過し、ほぼ完成された技術と言えます。AGFは、施工機械に油圧ジャンボを活用できるという特徴があり、施工性に優れていることから、山岳部だけでなく都市NATMの適用拡大にも貢献しました。現在でも地質や施工条件などに応じて、施工方法や材料、機械など更なる改善が行われています。

藤井 初期のAGFはトンネルを拡幅し、開発した削孔システムを用いて小さい角度で鋼管を打設していました。しかし、拡幅に手間やコストがかかるため、無拡幅のAGFが開発され、現在一般的に普及しています。一方、無拡幅タイプは地山強度が小さい場合、端末管を切断する際の衝撃と振動により、切羽周辺地山の抜け落ちや緩みが課題となっていました。そのため、端末管にスリットを入

れたり、塩ビ管や薄肉シース管などの切断しやすい材料にしたりする改良が加えられました。また、注入材料の工夫、拡幅量を最小限にする工夫、注入する前に端末管を撤去し、切断時の衝撃による地山の抜け出しをなくす工夫など種々の技術開発が行われてきました。このようにAGF工法は現在でも改善が行われています。

真下 山岳トンネルでは、切羽安定性の確保が重要となりますが、AGFは鏡ボルトと併せて、地質不良箇所での切羽安定対策として必需の技術といえます。採用に際しては、打設長、シフト長、打設間隔、注入材、注入方法、拡幅タイプか無拡幅タイプかなどを決めなければなりません。これらを現場でどのように設定するかが残された課題ですね。また、最近では解析により、支保工の設計やトンネル周辺地山の変位予測を行うケースが増えていますが、その場合にAGFの効果をどのようにモデル化するかも課題ですね。

司会 これら技術の発展形の一つとして、まがる一ふ工法やNEW TULIP工法があります。

岩永 パイプルーフやAGFはトンネルの縦断方向に直線鋼管を設置します。一方、まがる一ふ工法やNEW TULIP工法では先進導坑からトンネル横断方向に曲線鋼管を設置し支保工として利用することが可能です。両者の違いを前者は「縦の糸」、後者は「横の糸」と表現した人がいます。切羽前方に支保工があらかじめ設置されて先行変位の抑制効果が大きい

ことがわかっています。まがる一ふ工法では矩形断面の曲線函体を用いています。目的は、鋼管と鋼管の間の地山の露出を少なくして地山改良を容易にすることです。最終目標は連続体です。先輩達が構想したプレライニングに少しでも近づきたいと思っています。

西岡 NEW TULIP工法は、直線ボーリングや直線パイプルーフでの対応が困難な箇所のトンネルの拡幅、連結、分岐・合流部などを構築する際の合理的な補助工法の一つと位置づけられます。今後は実績に裏づけられた細径曲線ボーリング工法や太径曲線パイプルーフ工法の広範な適用・展開が期待されます。

小松 紹介された技術も含めトンネルの補助工法の進化には目を見張るものを感じます。結果として、従来はむずかしいとされてきた都市NATMの施工事例もかなり増えてきました。新しい技術により得られるメリットが大きくなればなるほど、侵すべからざるリスクへの線引きが難しくなるように思います。今後は技術開発と同様に、適切な水位低下や遮水、加背割りや閉合といった基本的な対応策への重要性にも認識を深くしなければならぬと思います。

司会 供用段階のトンネル変状対策としてインバートを構築する方法としてまがる一ふ工法などを使った事例などを紹介しました。

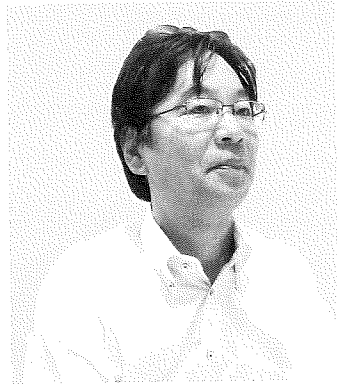
八木 NATMが導入された当初は、計測によってトンネルの安定を確認すればインバートは必ずしも必要ないという考えが主流で



鈴木雅行 氏

した。しかし、泥岩や凝灰岩など時間が経つにつれて強度劣化が進む地山においては、盤ぶくれという変状がみられるようになっていきます。高速道路の通行止めは社会的な影響が大きいので、車線規制によってインバートを構築できる工法を開発する必要がありました。固い岩石が混入しているような地山でも施工性を低下させない工法として鋼管複合インバート工法を開発しました。まだまだ改良の余地はありますし、ほかの工法の開発も行い、現場ニーズに応じて最適な工法を選択できるようになればと思います。

岩永 長野自動車道一本松トンネルで、まがる一ふ工法によるインバート構築をいたしました。片線供用という条件、狭小な作業ヤードしかなく、通行車両の騒音や風の影響などで大変苦勞しながらも無事完成できました。最大の苦勞は、破碎地山の切削がうまくできず大割れした岩塊で配管が閉塞したことです。工事終了後に問題解決のため、開放型掘削装置を新たに開発し、実証実験で良好な結果を得ることができました。



真下英人 氏

NEXCO 東日本と共同開発した同工法はスピードアップ・コストダウンのための要素技術を追加開発中で、通行止めを回避できるインバート構築方法の一つとして進化中です。

緻密で高品質の覆工コンクリート

司会 覆工コンクリートをきれいに仕上げる技術に関しても数回にわたって連載しました。

小松 FILM 開発のきっかけは NATM によるウォータータイトの実現でした。北海道で13年間山岳トンネルの工事に従事し、そこで寒冷地における漏水の有害性の大きさを痛感し、これを克服し



岩永茂治 氏

たいという気持ちも背景にありました。そこでは防水シートに断熱材を吹き付ける施工をしましたが、断熱材と吹き付けコンクリートの間にはかなりの空隙があったように思います。内心では、FILM の適用により、防水性の向上と併せて寒冷地のトンネルの耐久性に寄与できたのではと思っております。

西岡 TAF 工法は、2基のセントルを設置することで工程を遅らせることなく、トンネル覆工コンクリートの型枠、セントルの存置時間を確保することを可能にした工法ですが、この開発のきっかけはスラブや壁の型枠は5~7日間存置し、十分養生期間をとってから脱枠するのに、トンネルの覆工はなぜ翌日脱枠しても大丈夫なのだろうという素朴な疑問でした。

居相 覆工コンクリートの品質確保や耐久性向上の重要性が確実に高まる中、現状は狭い空間でコンクリート吐出位置も限られる人力での打設・締固め作業であり、アーチ部は閉鎖空間への充填に近く、2日に1回の打設で脱型後の養生も不十分でした。高充填コンクリートは、粗骨材最大寸法40mmでフライアッシュの活用などにより従来と同等のセメント量・単位水量とし、軽微な振動エネルギーで型枠の隅々まで充填できる流動性を有しながらも収縮ひび割れ要因と材料・型枠コストの増加を抑制しました。モイストキュアは、高断熱養生シートでの密閉空間に飽和水蒸気を供給循環させ、コンクリート表面を保温保湿します。保湿に伴うコンクリート表面温度

低下を防ぐために、超音波加湿器で発生させた飽和水蒸気を利用したのが特長です。

鈴木 従来の覆工は坑内湿度が80%以上と比較的高い状態であり、セントル脱型後には特別な養生をしなくても良いとされてきました。しかし、近年の坑内粉塵対策として大容量換気が行われるようになり、坑内湿度も60%程度以下と比較的乾燥状態になってきたことから、覆工の乾燥収縮によるひび割れ発生の問題が出てきました。アクアカーテンはコンクリートを水中養生と同様の養生環境ができる方法として開発し、トンネル覆工の内面においても常時給水状態にする環境を作ることで確実な養生を実現させました。

この効果としては、乾燥収縮によるひび割れを低減させることのほか、覆工表面の緻密性向上にもつながっています。

真下 覆工の品質確保や耐久性向上については、近年は非常に多くの技術が開発され、以前に比較してはるかに覆工の品質は良くなったと思います。ひところは、コンクリートの充填不足が問題となりましたが、この問題はほぼ解消したと言えるのではないのでしょうか。また、乾燥収縮によるひび割れの発生も大幅に改善されましたが、残念ながら品質向上を目的とした採用だったにもかかわらず、補修が必要となるひび割れが発生する例がまれに見られます。使用材料や坑内の環境条件などさまざまな要因が関係していると思われるのですが、これまで現場で採用され

てきたさまざまな技術に関して、どういう条件の場合にどのような効果が得られたかといった分析も必要ではないかと考えております。

八木 高速道路では充填性の向上や作業の省力化を目的に、石炭灰や石粉を使用して覆工に使用中流動コンクリートを開発し、2008(平成20)年から採用してきました。当初はこれらの材料の入手に関して地域性がありましたが、高性能 AE 減水剤が開発されたことで地域性がなくなったことから、2013(平成25)年からは標準化しております。さらに、2015(平成27)年からは養生についても施工管理基準を設けて品質の向上を図っております。更なる技術開発のためには真下さんをご指摘のように、これまで取り組んできた技術の成果を評価し共有する時期に来ているのではと考えます。

シールド工法の省エネ化や大断面トンネルの分割施工など

司会 シールド工法については省エネ化やビット交換技術などについて紹介しました。

居相 大断面省エネシールドの開発は、2011(平成23)年3月の東日本大震災後の消費電力削減と大断面シールドでの高速掘進ニーズが契機です。単一駆動方式は、外周側と内周側の周速度がかなり違うために、カッタトルク増加などの掘削速度低下要因解消と必要装備電力増大が相反する課題です。これをカッターヘッドの外周部と内周部で分割し、独立で駆動回転さ

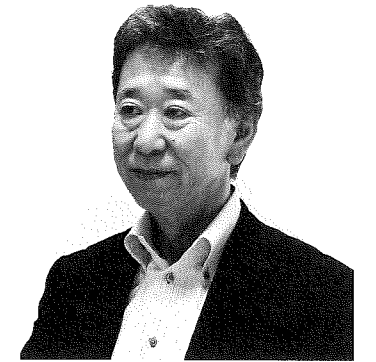
せる二重カット方式で解決するものです。本方式は事例のない既知技術でしたが、駆動部構造のコンパクト化や内周部カッタスライド構造付加により進化実現させました。東京外かく環状道路本坑の径15.8mシールドで稼働していますので更なる改良に取り組みます。

志岐 都市域では輻輳する埋設物を避けるために矩形断面で掘削できるシールドのニーズがありましたが、従来のシールドは横断方向にカッターを回転させる円形断面が基本で、矩形の断面を掘削する場合は円を組み合わせて近似形状で掘削されていました。これに対して、パドル・シールド工法は従来と全く異なる切削機構を採用することで容易に矩形断面を掘削できる工法です。切削部の回転方向を横断方向から縦断方向にするという発想の転換で実現しました。

松原 シールド工法は近年断面形状や適応地質、長距離掘進などの面で技術開発が進んでおり、都市部での適用性を広げてきました。カメレオンカッター工法と命名した機械式カッタービット交換工法は、カッタービットをいつでもどこでも容易に交換することを目指した、全地盤対応型のシールドです。従来は内側からの交換が困難とされてきた中央部を含め、カッタービットの種類を自由に交換できるように考えた次第です。

司会 小断面シールドを用いて矩形大断面トンネルを構築する工法についても紹介しました。

吉富 ハーモニカ工法マルチタイプは大型ボックスカルバートの

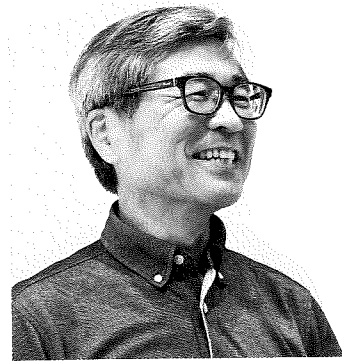


居相好信 氏

構築において、小型シールド掘進機で分割して構築したあと、内側を掘削する工法であるハーモニカ工法をさらに進化させ、小型シールド掘進機を複数台縦横自在に組み合わせて掘削し、急速施工と低コスト化を図った工法です。

西岡 R-SWING 工法は、都市部の地下立体交差や地下連絡通路などの構築において、ユニット化および汎用性を高めた矩形断面の揺動型掘削機を組み合わせたことで、大型断面まで構築可能にした工法です。

居相 自由断面分割シールドは、開発に柔軟な発想が重要な好事例と考えます。本坑外周部に小断面の矩形シールドを掘削し、このシールド内で大断面トンネル構造物を構築後に内部掘削を行う工法です。断面形状変化や複雑な線形のトンネルに対して、先行する小断面シールドの配置を自在に変えて対応する柔軟な発想と、トンネル構造物構築後の内部掘削により地表面や近接構造物への影響を最小限にできる特長があります。高速道路下の土かぶり約3.6mで施工するインターチェンジトンネル



八木 弘 氏

工事に採用していただきました。

ECLから進化したSENS

司会 都市トンネルと山岳 NATMの接点として鉄道・運輸機構を中心に進められている SENS工法があります。当連載では扱いませんでしたが、経験をお持ちの方々からご意見をください。

小山 含水未固結地山での NATMの施工では、地下水位低下工法の効果が十分に得られず、地山の崩壊が発生すると地盤改良工法も併用することになりますが、工費と工期がかかります。密閉型シールドで地山を安定させて掘削すると、覆工にセグメントを使うので工費がかなり大きくなり、なかなか採用できません。そこで、30年ほど前に盛んに用いられた ECL工法が着目されたわけです。これであれば現場打ちのコンクリートを覆工とするので、セグメントよりは安くできる。ただし、SENSでは、この覆工を吹付けコンクリートの代わりの支保として評価し、より安く施工できるようにしています。NATMとシールドの中間領域をカバーする工法と

して面白い発想だと思います。

岩永 東北新幹線三本木原トンネル現場を経験して気付いたことの一つに、作業員への負担増加があります。SENSでは生コンクリートを扱っている関係で24時間連続作業を行います。作業内容も、シールド工法では掘削とセグメント組立てなのに対し、SENSでは内型枠の解体作業やコンクリート打設、配管清掃などの作業が増えます。負担軽減にもっとも有効と思われたマシン本体改造による簡略化については、工期内完成の制約から、実施できませんでした。このときの悔しさをばねに施工性の良い要素技術の追加開発を継続しています。

西岡 北海道新幹線津軽蓬田トンネルで当工法を経験しました。国内では都市トンネルと山岳トンネルの技術がはっきりと棲み分けされていますが、先程のTBMもそうですが、今後は双方の特徴を融合したハイブリット工法の開発が必要であると考えます。SENSはその良い例ではないでしょうか。

シールドの同時裏込め注入

司会 シールドの裏込め技術を担当した方々のご意見をください。

小山 シールド工法の裏込め注入の方式として、当たり前になった同時裏込め注入は、うたい文句のようにはいかず、開発当初は散々な評価しか得られませんでした。その後、少しずつ改良が進み、今や一般的な方法として定着しています。その間の技術の経緯を知ってもらいたいものではな

いかと思って取り上げてもらいました。

藤井 1982(昭和57)年に開発された同時裏込め注入技術は、2種類の材料を混合した裏込め材をシールドに取り付けられた配管から掘進に合わせて同時注入する技術で周辺地盤の沈下抑制に非常に有効でした。しかしながら、何回か使用すると配管内部にモルタルが付着し閉塞する、シールド外側の突起が推力の抵抗になる、配管のメンテナンスに手間がかかるなどが課題でした。そのため2液を配管先端で混合して付着モルタルを減らす技術、配管径を縮小し突起高を低くして推力の抵抗を低減する技術などが開発されてきました。最近ではモルタルが付着する配管を取り出してオーバーホールする技術が実用化されました。残る課題として、裏込め注入量が少なくモルタルが付着しやすいφ3m程度以下のシールドへの対応が挙げられます。

異形断面構築のWJセグメント

司会 都市トンネルの地中拡幅技術の一つとしてWJセグメントを取り上げました。

鈴木 シールドトンネルの分岐・合流部の建設に際し、環境対策から地中拡幅技術が求められました。従来から躯体コンクリートを用いた切り抜げはありました。さらに、2本のシールドトンネルをアーチ状の拡幅セグメントでつなぐことで、地中に楕円形状の大空間を得ることができるWJセグ

メント工法を開発し、首都高中央環状品川線大橋連結路工事で採用していただきました。セグメントを利用しているため、止水性の向上と大幅な工期短縮が実現できました。適用にあたっては、事前の数値解析と1/2モデルの試験体を作成し各種載荷荷重をかけ実験し、構造安定性や止水の確実性などを確認しました。都市部の大深度・大断面かつ上下2層構造の地中拡幅ができたことは、今後の類似施工に展開できる技術だと思います。

居相 都市部にシールドで施工したトンネルの「非開削による分岐合流部の拡幅」ニーズは高いです。WJセグメントの開発は、40年以上前のルーフシールドで採用されたセグメントに学ばれ、均質な上総層の泥岩で地下水位が低いといった地質条件を適切に評価してNATMの支保技術と融合され、部材の載荷試験やFEM解析で構造も検証されています。提案型の設計・施工ですが、発想や進め方も参考になると考えます。

吉富 シールドトンネルにおいて断面変化を伴う分岐・合流部の施工は、トンネルの側部を開削で切り抜けて造る方法が主流でしたが、周辺環境への影響や地下埋設物などへの対応の必要から、地上を使用せずに地中拡幅で行う工法が求められるようになりました。

このWJセグメント工法は、周辺環境へ配慮し、また無柱で2本のシールドをつなぐ構造になっており、より合理化がなされていますね。

司会 小山さん、シールド工法

全般の総括をお願いします。

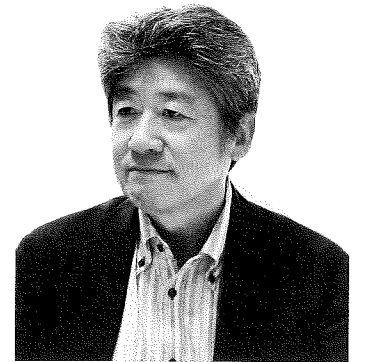
小山 シールド工法は都市内の未固結地山で沈下を小さくでき安全だと評価され、さまざまなところで適用されてきています。その過程でシールド工法の確実性を高める技術開発も行われてきましたが、多くの技術開発は、より大きな断面を作りたい、より長距離を掘りたい、短いトンネルでも経済的な施工としたい、といった従来のシールド工法を基本にそれぞれの現場の条件に対応できるように進められてきました。最近の傾向はシールドの利点を最大限に活かしつつ単独ではなく、NATMなどのほかの工法と組み合わせて次々と出されるニーズに応える開発が増えてきているように思います。どちらの技術も重要で車の両輪として今後のシールド技術としての開発が進められると思っています。

トンネル維持管理の点検システム

司会 維持管理段階の点検技術を担当された八木さんからその背景や技術の現状を紹介ください。

八木 今回紹介したTMS(トンネル・マネジメント・システム)は、覆工を画像撮影し、これをもとにひび割れ展開図を作成して、現場点検を効率化するための支援システムです。まだ改善の余地は残っていますが、高速道路だけでなく一般道路の点検や診断のシステム化にあたって、ほかの機関の参考になればと思い紹介させていただきました。

真下 維持管理においては、点



志岐 寛 氏

検によりひび割れなどの変状の有無を把握し、診断により変状の発生原因を推定するとともに対策の必要性を判定し、変状状態に適した対策を行うことが重要となります。効果のある対策を行うには診断が的確に行われることが必要ですが、これまで、この診断作業は、現場の技術者の経験によるところが大きかったと思います。今後、経験豊富な技術者が減少していくことや客観的な判定が行えるという面からも紹介されたようなシステムは非常に有効と思います。将来的にはこのようなシステムを発展させて、診断技術へAIを活用することも有効ではと思います。

小山 トンネルの点検に関する技術は重要ですが、データ量も膨大になりデータを取得したあと、長い年月を経て役に立つこととなります。また、それらのデータの中で異常を知らせるものが少ないこともあります。これらの特徴のあるものに対しては人が直接取り扱うには不向きで、自動化が必要だと思います。そういう意味で、このような技術が重要だと思います。長い期間使い続けるシステムなので、



藤井義文 氏

システムの改良時にデータの連続性を大事にする必要があります。

技術のブレークスルーには大規模プロジェクトが必要?

司会 日本のトンネル技術は明治以降、多くの施工経験を積み上げながら向上してきました。

関東と新潟を結ぶ鉄道を例に考えてみますと、最終的に最短距離の上越線で完結となりますが、その前段には、先ず信越線、次に磐越西線と、当時の技術レベルに合わせた施工があり、さらに当時日本最長の中央線笹子峠トンネルの施工経験を踏むなど、時間を掛けて技術力を高めつつ、最後に上越線の難関、清水トンネルに挑んでいるのです。そして、その経験をもとに複線化の際の新清水とか、新幹線の大清水、さらには高速道路の関越トンネルといった長大トンネルを完工させております。

技術の発展はこの種の大きな課題とか需要・目標があって初めて可能となるような気がしています。それぞれのお立場で、技術開発に対するお考えとか、取り組み姿勢

とか、その他何でも結構です。みなさんのトンネル技術に対する夢や思いの丈を語ってください。

夢(1)―協業・連携分野

居相 所属する組織の業容や立場で違いはありますが、技術開発にはインセンティブが必要と思います。大規模なプロジェクトは、インセンティブがわかりやすく技術開発を加速させます。技術開発テーマを見出すことは結構むずかしく、大規模プロジェクトにはそのヒントが多くあります。また、トンネル分野の知識だけでは限界もあり、現在と将来を見て、機械・電気・材料・ICTなどの他分野にどんな技術があるか、それをどのように使うか、使えるかを考えて協業していくこと、開発行為のほかに実用化のシナリオや協業相手とウィンウィンの関係構築も重要です。当連載は、開発の経緯や背景にも言及されており、技術開発行為の参考になったと考えます。技術開発は時間のかかる作業ですが、これに取り組むたい、取り組む人が増えるシステムを考える必要もあります。

岩永 技術開発は経営戦略的あるいは市場要求などがあって行っていますが、実績のない新技術を設計に盛り込むことは困難な場合が多いと思います。デザインビルド方式の案件では、工法成立性や検査方法の妥当性を審査する機構が必要になります。多方面の有識者からなる外部委員会を設置しやすい大規模プロジェクトは新技術をブレークスルーさせるのに

有効なのかも知れません。一方、役立つ新技術は標準化して欲しいとの要望もあります。また、特許が技術革新を阻害するものであって駄目という話もよく聞きます。

一社で開発するのではなく、各社がタスクフォース的に参画して技術ノウハウを集結させることでより良い技術をより安価に早く創造できる体制が必要な気がします。経営面への反映は貢献度に応じたポイントあるいは優先権といったものでは駄目なのか。などと夢を描きながら新たな開発に挑戦しています。

夢(2)―技術開発分野

小松 天端パイプレーターでアーチ部の覆工をきちんと締め固める。FILMできちんと防水シートを展開して、覆工の背面を平滑にする。今までは、きちんとトンネルを作る技術を追求してきました。これからは心ときめくような技術開発(例えば「発破したら、ずりが団体に納まって、一瞬にして処理が終わる」というような開発)がしたいと考えています。実際の現場で直接その夢を追ってみたいと思います。「弛まらず強く望めば、必ず成就する」ことを信じてがんばりたいと思います。

志岐 大規模プロジェクトが技術開発を促進するというのはそのとおりだと思います。日本ではそのような大規模プロジェクトは少なくなりましたが、海外に目を向けると、まだまだ東南アジアやインドには多くあるようです。ただ、

海外では中国や韓国の企業に価格競争で苦戦しているのが現状で、その一因は人件費にあると思います。トンネルの各作業や管理を大胆な自動化や遠隔操作で効率化できれば競争力は増すと思いますがNATMに関していえばもっとも効率化が遅れているのが発破、とくに装薬の技術だと思っています。爆薬の装填はある程度機械化していますが、結線作業は昔と変わらず手作業です。結線が不要な、例えば無線起爆式雷管が開発できないかと思っています。国内では火薬の法規制が厳しいので、海外の大規模プロジェクトがこの技術開発の舞台にふさわしいのではないかと思います。

藤井 都市部では大深度法を適用したシールドトンネルが建設中あるいは計画されています。このような都市部の地下をさらに利用するには、さらにその下の空間を利用する方向に向かうと思います。将来は都市部では深さ100mを超えるトンネルの建設が現実的になり、超大深度における設計技術やシールドトンネルの施工技術など新たな技術開発が求められるときが来ると思います。

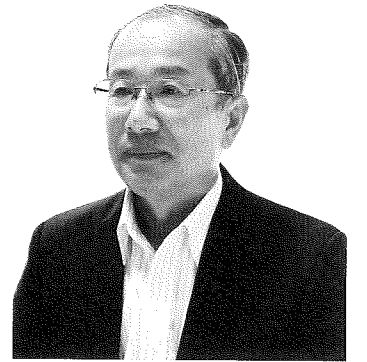
小山 技術開発の動機は大島さんが言われたように、大規模プロジェクトに不可欠の技術を持たなければならないというもの、何か合理性に欠けることをやっているが、それを何とかしようというものが、そして何かわからないが使えるようなアイデアがひらめいたからというものがありそうです。これを実用化するにはやはり、実

際に使わなければならない場面が見えていた方がよいと思います。いずれにしても開発者がこの技術をものにしようという強い意志が不可欠だと思います。

夢(3)―生産性・作業環境分野

鈴木 技術開発の必要性については、それぞれの時代が求める用途、構造、品質、維持管理、施工方法、作業環境などに対し、従来の方法を改良、改善し、さらに新しい技術を生み出すことで解決してきました。それには、多くの時間や労力、開発費をかけて実施することで大きな成果を得てきました。今、高度情報化、少子高齢化が進む中で、i-ConstructionやCIMの開発、適用、展開が求められてきています。これからは、これらのニーズをトンネルに効果的に取り入れることで、品質を確保したうえで、生産性の向上や自動化・無人化につなげられるかについて、開発の方向性を間違えることなく検討を進めることが必要であると思います。

西岡 大規模プロジェクトに必要な重厚長大な技術の開発も非常に重要だと思いますが、少子高齢化社会が進み、熟練工などの担い手不足が懸念される環境下では、やはり省人化や非熟練工を含む生産性向上技術に対するニーズが今後ますます高まっていくものと考えられます。元請け職員や作業を担う人達の負担を軽減し、長時間労働を前提とした施工体制からの脱却を図るための技術開発も、強く求められているのだと思って

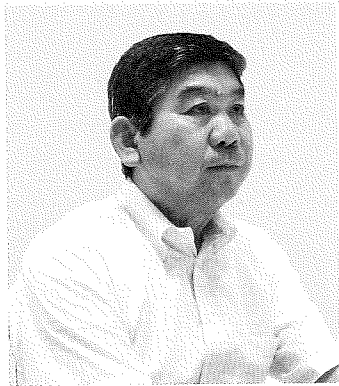


吉富幸雄 氏

おります。

松原 社会人になって間もないころ、もう三十数年も前の話ですが、人生の夢は何かと問われて「国家的なプロジェクトに参画してイニシアティブをとること」と答えた記憶があります。今思い返しても、それは土木技術者の普遍的な夢のような気がします。大規模プロジェクトであれば、当然越えなければならない壁は高いでしょう。ただそれがそれを望む地域の人、市民、国民、具体的に言い表せない公共のために役立つのなら、その壁を越えるための努力はいとわないというのが、われわれトンネル技術者の矜持だと思います。昨今それが“無駄な公共工事”という言葉で言われるのは悲しいことですが、そう言わせないための努力、例えば省力化や生産性、安全性の向上により建設業自体のブランドを上げていくことも必要だと思います。

吉富 従来、トンネル工事は汚い、きつい、危険の3Kと言われ、劣悪な作業環境で行われてきました。現在でも他工事に比べ危険で事故が多いのが実状です。また、



小松敏彦氏

過去のそのような環境から塵肺訴訟が起き、現在裁判が行われている、魅力ある工種とは言いがたい状況だと思います。今後、少子高齢化社会が進む中、若き土木技術者や作業を担う人にとって魅力あるトンネルにするためには、作業環境を改善するための技術開発が不可欠だと思います。

夢(4)―維持・管理分野

真下 大規模プロジェクトを実現可能なものにするには、技術開発は必要であり、最近では都市部の道路トンネルの分岐合流部を非開削工法により構築する技術に関して多くの技術開発が行われてお

ります。しかし、技術開発に対するニーズはその時代の状況により生まれるものであり、これからは省人化や安全性の向上に寄与する技術、また、維持管理の分野においても変状が発生したトンネルの補修・補強、リニューアル技術などが必要ではないかと思えます。技術開発を促進させるためには、開発者にインセンティブを与えることが必要です。とくに維持管理に関する技術開発に関しては、適用される工事規模が小さいため、なかなか開発が進んでいないというのが現状であり、発注方法の工夫も必要ではないかと思えます。

八木 大規模プロジェクトには、それを成功に導くために必要な技術テーマが必ず存在すると思えます。新東名高速道路では、大断面トンネルの施工方法や支保構造が大きなテーマでした。そこで、TBMによる先進導坑を活用した施工方法や高規格材料を使った支保材を開発したわけです。

NEXCOでは高速道路の更新事業に着手します。現在は橋梁の更新事業が主体ですが、その次には

必ずトンネルの更新事業の時代がやってきます。そのときに向けてトンネルの補強・改築の研究を着実に進めているところです。

司会 私自身、トンネルを対象とする仕事にかかわるようになって、すでに五十数年になります。多くの技術開発にかかわってきましたが、中央リニアの南アルプストンネルなどの無事完成を人生最後の夢ある目標として後進の方々と一緒に頑張っていきたいと思っています。

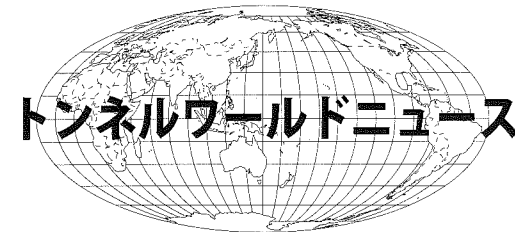
各人がお持ちの夢はそれぞれ異なると思えますが、トンネルの分野にはまだまだ解決を要する多くの課題が山積しているようです。

この種の問題の解決に、当誌および当協会(JTA)は重要な役割を果たすべきだと思っています。夢技術を対象とした今回の企画もそういう意味で何らかの貢献ができたのではと思います。

皆様方のご協力に感謝しつつ、この座談会およびこの連載を閉じさせていただきます。本当にありがとうございました。

『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)



(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ノーザンラインの掘削開始

ロンドン地下鉄で1960年代以来の最初の延伸工事が2016年11月に始まった。Kenningtonに向かう施工中のトンネルは15tのシャフローダーでの掘削と吹付けコンクリートにより施工され、完了までに3か月程度かかる予定である。

深さ25mの2つの立坑はすでに施工されており、掘削開始が可能となっている。延伸工事が完了した際には、立坑はその場に残留され、換気・冷却・避難用となる。18,000tの残土は埋立地を耕作に適した農地に変えるためバージで取り除かれる。ロンドン交通局の広報担当者によると、この工事はノーザンラインの既存の環状トンネル周辺のステッププレートジャンクションの建設で完了する。この工事は手掘りと最小限の機械掘削を含む技術的にも複雑な工事である。

ステッププレートジャンクションは建設に7か月を要し、本プロジェクト関係者にとって既存の鉄道との初めての接続となる。

掘削径は6.1m、最終的な内径は5.2mである。Kennington Parkトンネルとステッププレートジャンクションは合計160m、Kenningtons Greenトンネルとステッププレートジャンクションは合計270mである。工事は主にロンドン粘土層で行われ、吹付けコンクリートは場所によって150~300mmに変わる。

短いトンネルは2017年後半に到達立坑の反対側に施工される。直径6mのNFM社製の掘削機はBattersea建設現場で組み立てられ、2017年初頭に2.5km地点から発進する。

Kennington立坑に到達するのは2017年末ごろ

を予定している。ロンドン地下鉄ノーザンライン延伸工事のトップMartin Gosling氏は「Kenningtonでの工事はノーザンライン延伸工事にとって必要な節目となる。Battersea駅とその周辺は、West End駅とCity駅の15分圏内となる。Kennington駅の工事は順調で、複雑で高度に熟練した建設作業を多く含む。この工事はプロジェクトにおいても重要な前進で、完成すれば雇用、住宅建設、地域の発展につながり、都市部の人口増加に対応する」と語った。

(T&T '16.12 担当:八鳥雄介・鉄道・運輸機構)

ラクナウ・メトロ・プロジェクトのTBMの準備が整う

ラクナウ・メトロの掘削に使用されるTBMが輸送中である。2基の直径6.52mのTerratec社製EPBMにより、南北線のPhase 1Aの掘削が行われる。本プロジェクトには延長1,812mの双設トンネルが含まれる。TBMはランプ部で発進・到達する。

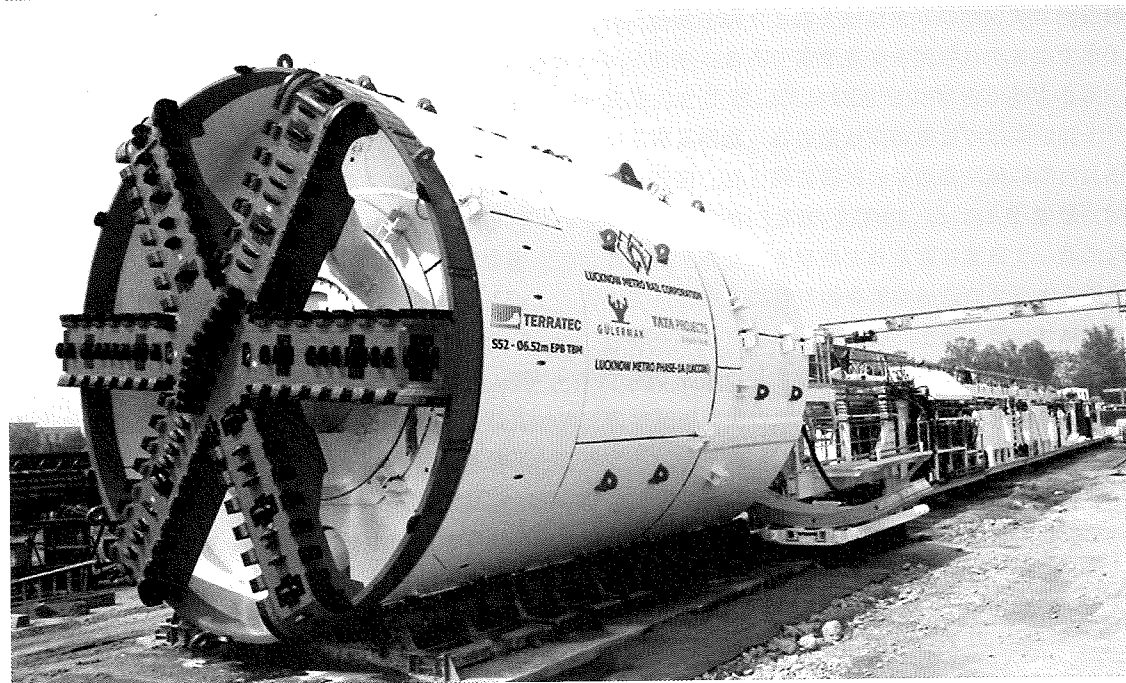
工期36か月間、10億ドル規模の契約が4月にTata-Gulermak JVと締結された。この契約にはHussainganj, State Secretariat (Sachivalaya) およびHazratganjの3か所に新しく建設される地下駅も含まれる。

TBMは想定外の障害物に遭遇した場合や連壁を掘り抜くため17 in ディスクカッタの取り付け機能も備えている。

1基目のTBMは11月にSachivalayaに搬入され、2基目は12月に搬入される。

製造会社の広報担当によると、「2基の掘削機はHazratganjに向け780mの双設トンネルの掘削を開始する。このエリアの地質は硬いシルト質粘土と中~高密度のシルト砂から構成されていて、土かぶりは4~10mである」と述べている。

「Capital Plaza of Hazrat Ganjにおいて歴史的建造物の下を通過するHazratganj方向への掘削に続き、TBMはSachivalayaの立坑に戻った後、Hussainganj方向613mの掘削に向けて配置される。」



「そこから Haide Nalah 運河の下を横断し Charagh 駅近くの開削ランプ部へ向かってさらに 419 m 掘進する。」

トンネルの覆工には、5枚のセグメントと1枚のキーセグメントから成るユニバーサル・セグメントが用いられる。

セグメントは厚さ 275mm、幅 1,400mm である。Phase 2 は 2018 年に開始する。

(T&T '16.12 担当：山口洋介・鉄道・運輸機構)

ニューヨーク地下鉄 Second Avenue 線が運行開始

ニューヨーク地下鉄 Second Avenue 線の 1 世紀にわたる計画と施工が 1 月 1 日に完了し、乗客の初乗車を迎えた。

2016 年 12 月 31 日、ここ 50 年以上で初の大規模延伸計画が予定どおり竣工したことを祝うイベントが催され、Andrew Cuomo 州知事がホストを

務めた。

「この路線について 100 年前に協議が行われた。40 年代には新路線ができるということで 2 番街と 3 番街の高架路線が廃止されたが、同路線の建設だけが忘れられていた。」

同氏は新線建設に携わったすべての受注者に謝意を述べ、「予定どおり完成させるため、彼らは人間業とは思えない努力をした」と語った。

これは 4 段階のうち第 1 段階にあたる。第 1 段階では 105 丁目 2 番街と供用中の 63 丁目 3 番街の間に 2 本の軌道が敷設され、また 96 丁目、86 丁目、72 丁目に新駅が建設された。

今後、第 2 段階では 125 丁目からロウアーマンハッタンのはノーバースクエアまで 16 駅を作る。

Skanska, Schiavone, Shea JV (S3 トンネル受注者) が 92 丁目・63 丁目間のトンネル掘削と、69 丁目と 72 丁目に TBM の発進立坑と到達立坑を掘削を行う。

(T&T '17.1 担当：安井真太郎・東京都交通局)

National Grid's Thames 工事開始

National Grid と呼ばれるテムズ川ガスパイプライントンネルプロジェクトの始動を T&T は取材した。ロンドン西方のテムズ川沿いの地域に深さ 30m の立坑からトンネルを掘削する準備が進められている。その場所は Royal Hospital Chelsea, Battersea Park でこの間に 330m のトンネル

が推進工法で掘削される。

最初の立坑工事は Royal Hospital Chelsea で、立坑内径 7.5m 工期は 2017 年の 1~3 月に掘削される。地上は 8 月のイベントを妨げない時期までに完了する予定だ。2 番目の施工は Battersea Park で、立坑内径 6.0m で工期は 4~8 月までに掘削完了する。この立坑間のトンネル掘削は 2018 年に完了する予定でその後そのトンネル内に新しいガスパイプを配管する。

この National Grid's プロジェクトはロンドンに安定的な都市ガス供給を行うインフラである。

プロジェクトマネージャの Andrew Hejdnar 氏は次のように述べている。「この土木事業は 2013~2021 年で完工する計画で、トンネル部分の工事は 12 か月で完了することを期待している」。さらに、彼は次のように語っている。「この 330m のトンネルはテムズ川に沿って地下 30m に施工されるがテムズ川浄化の下水プロジェクトとの近接施工であるため安全施工に関する制限や要求が多い。しかし、われわれのチームは河川横断や近接施工の制限の中、素晴らしい設計施工をしている」。

この National Grid's Gas Distribution プロジェクトには Trilio 社のほかに Mott Macdonald 社、Skanska 社も参画している大プロジェクトである。(T&T '17.1 担当：篠原慶二・前田建設工業(株))

わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 B5 判 209 頁 本体価格 2,500 円

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

一般社団法人

日本トンネル技術協会

会報

1. 会員の現状

| | 9月30日現在 |
|------|---------|
| 個人会員 | 875名 |
| 団体会員 | 204名 |
| 推薦会員 | 209名 |
| 特別会員 | 9名 |
| 名誉会員 | 5名 |
| 賛助会員 | 221名 |
| 合計 | 1,523名 |

2. 委員会の開催状況(9月1日~30日)

①運営広報委員会関係

◎総務委員会

・広報小委員会(9/26)

平野隆主査ほか7名、ホームページのリニューアル方針を検討

・広報小委員会

会誌WG(9/5)

小山幸則主査ほか10名、10月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

・対外広報WG(9/19)

磯谷篤実主査ほか7名、掲載テーマを検討

・海外文献小委員会

海外ニュースWG(9/29)

篠原慶二幹事ほか6名、海外文献の査読

計 4回開催 34名出席

②調査研究委員会関係

◎技術委員会

・山岳工法小委員会

支保WG(9/7)

佐原圭介主査ほか17名、小土かぶり、帯水土砂地山の施工法を検討

・安全環境小委員会

シールドアセス検討WG(9/8)

安光立也副主査ほか7名、改訂要望箇所を検討

要望処理WG(9/14)

畑一臣主査ほか5名、報告原稿を検討

・都市トンネル小委員会

セグメント実態調査WG(9/20)

守屋洋一副主査ほか11名、回答状況の確認と作業方針を検討

・保守管理小委員会

保守管理小委員会打合せ会(9/21)

大津敏郎委員ほか4名、Q&A作成方針を検討

保守管理小委員会打合せ会(9/22)

砂金伸治委員ほか5名、Q&A作成方針を検討

計 6回開催 55名出席

合計 10回開催 89名出席

個人会員に加入しよう

技術の習得のために個人会員に加入しましょう。協会ホームページの申込書で簡単に入会手続きができます。

□個人会費：年12,000円(月1,000円)

□特典1：協会の機関紙『トンネルと地下』を毎月、無料でお届けします。

□特典2：協会刊行図書が個人会員価格で購入できます。

□特典3：協会開催の各種催物に個人会員価格で参加できます。

ご意見ご要望をお待ちしております

当協会のホームページ・情報開示や諸活動に対するご意見ご要望がありましたら下記へご連絡願います。担当委員会と協議しできるだけ会員のニーズを反映した活動を実施したいと考えております。

TEL：03-3524-1755 FAX：03-5148-3655

E-mail：webmaster@japan-tunnel.org

3. 国際会議の開催予定

| 会議名 | 開催日 | 場所 | 主催者等 |
|---|---------------|-----------------|--|
| 第44回ITA総会および世界トンネル会議 「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.wtc2018.ae/ |
| 第45回ITA総会および世界トンネル会議 「Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art」 | 2019. 5. 3~9 | ナポリ(イタリア) | Italian Tunnelling Society, ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc2019.com/ |
| 第46回ITA総会および世界トンネル会議 「Innovation and Sustainable Underground Serving Global Connectivity」 | 2020. 5.15~21 | クアラルンプール(マレーシア) | The Institution of Engineers, Malaysia, ITA(国際トンネル協会) |

*会議に関する詳細は事務局(担当：関)までお問い合わせください。 TEL：03-3524-1755 FAX：03-5148-3655

4. 平成29年度催物開催現況

(平成29年9月現在)

| 催物名 | 開催日 | 人数 | 場所 | CPD取得単位 |
|---|----------------|-----|-----|---------|
| 【現場見学会】 東京外かく環状道路トンネル建設工事現場研修会 —中央JCT北側ランプ改良工事— | 2017. 6.20 | 25 | 東京 | 2.0 |
| 北海道新幹線トンネル建設工事現場研修会(後志トンネル) | 2017. 8.25 | 24 | 北海道 | 1.8 |
| 相鉄・東急直通線工事現場研修会(新横浜駅、羽沢トンネル) | 2017. 9. 7 | 24 | 神奈川 | 3.5 |
| 【施工体験発表会】 第80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—」 | 2017. 6.28 | 167 | 東京 | 6.0 |
| 第81回(都市)「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—」 | 2017. 6.29 | 116 | 東京 | 3.8 |
| 【講習会・シンポジウム】 第3回トンネル維持管理業務講習会(基礎編) | 2017.11.20 | 40 | 東京 | 5.5 |
| 第19回ステップアップ研修会「シールド部門」 | 2017.11.28, 29 | 35 | 東京 | |

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

第3回トンネル維持管理業務講習会(基礎編)のご案内

本講習会は、トンネル維持管理業務の基礎となる技術について体系的な講義を行い、現場での点検作業に従事することができるレベルの技術者育成を図ることを目的として実施します。構造の対象は在来工法およびNATMで施工されたトンネルとし、トンネルの維持管理業務(管理、点検、補修設計など)経験が浅い方を主な対象とします。トンネル維持管理業務に携わる技術者の皆様にとりまして、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。

—記—

開催日：平成29年11月20日(月) 10:00~17:30

会場：中央大学駿河台記念館3階「330」 TEL:03-3292-3111(代表)

〒101-8324 千代田区神田駿河台3-11-5

講習内容：トンネル維持管理概論、トンネルの施工方法、トンネル変状概論、トンネル点検概論、まとめ(内容：確認試験、アンケート実施)

参加費：会員12,000円、一般15,000円(昼食代、テキスト代、消費税を含む)

その他：プログラム、参加費、申し込み方法などの詳細は本会ホームページご参照ください。

<http://www.japan-tunnel.org/files/images/20171120MaintenanceWorkshop.pdf>

「トンネル技術者のための地盤調査と地山評価」講習会のご案内

共催：(公社)地盤工学会九州支部

(一財)災害科学研究所トンネル調査研究

後援：(一社)日本トンネル技術協会ほか

開催日：平成29年11月28日(火)

会場：TKP博多駅前シティセンター

〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前3-2-1 日本生命博多駅前ビル8F

参加費：10,000円(下記記テキスト代を含む)/5,000円(テキスト持参の場合)

テキスト：『トンネル技術者のための地盤調査と地山評価』(鹿島出版会、約280頁)

申し込み先：(公社)地盤工学会九州支部

TEL:092-717-6033 FAX:092-717-6034 E-mail:jgsk_jimu@able.ocn.ne.jp

※その他詳細は、地盤工学会九州支部のホームページ(<http://jgskkyushu.jp>)または災害科学研究所トンネル調査研究会のホームページ(<http://csi.or.jp/csi-seminars>)を参照ください。

第19回トンネル技術ステップアップ研修会「シールド部門」開催のご案内

トンネル技術者の技術力向上を目的とし、第19回トンネル技術ステップアップ研修会「シールド部門」を開催することといたしました。

本研修会では、シールド工事の計画から設計、施工、維持管理までの講義と参加者自ら取り組む具体的なプロジェクト計画に即した演習問題などによる研修を経験豊富な各種分野の専門技術者の方々を講師として実施する予定です。技術の習得に大変良い機会と存じますので、ご利用くださいますようお願いいたします。

—記—

開催日：平成29年11月28日(火)、29日(水)

会場：リファレンス(新有楽町ビル2階「202会議室」)

〒104-0041 千代田区有楽町1-12-1 TEL:03-6269-9686

研修内容：11月28日(火) 調査・計画から施工までの講義

シールドのトラブルの原因と対策討論

11月29日(水) 設計・維持管理の講義、演習問題の検討と発表

定員：35名(定員になり次第締め切りさせていただきます)

参加費：会員36,000円、一般60,000円(教材代、消費税含む)

問い合わせ先：(一社)日本トンネル技術協会催物受付係

〒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

※プログラム、申し込み方法などの詳細は本会のホームページ(http://www.japan-tunnel.org/event_japan)ご参照ください。



会場案内図

12月号予告[12月1日発売予定]

- JRゲートタワー新設に伴う既設鉄道函体アンダーピニング
- 大和御所道路 水泥トンネル
- 都市計画道路大和川線シールド
- 東京電力 葛西橋通り付近管路
【連載講座】
- セグメントの新技术Ⅱ(1)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆各地で紅葉が見ごろを迎える11月は秋から冬へと移り変わる季節です。週末にもなると美しい紅葉を見に「紅葉狩り」に出かける方も多いと思います。また、今月中旬から来月中旬まで、旧暦の10月にあたり、全国の八百万の神々が出雲の国(島根県)に集まってきました。出雲以外では一部の留守神様を残して神様が出かけてしまうため神無月(かんなづき)といひ、反対に出雲では神様がたくさんいらっしゃるの「神在月」といいます。この間、神々が集う出雲の各神社では「神迎祭」(11月27日(旧暦10月10日))に始まり、「神在祭」そして全国に神々をお見送りする「神等去出祭」などの多くの儀式が執り行われ、全国各地から出雲を訪れます。ちなみに、出雲大社は、「いずもおおやしる」と読むのが正式で、全国の分社は「たいしゃ」と読み、「おおやしる」と読むのは出雲大社だけのようです。また参拝の仕方も一般に神社では「2礼2拍手1礼」を基本としますが、出雲大社では「2礼4拍手1礼」を基本としています。さらに「5月14日の例祭(大祭礼)」のには「2礼8拍手1礼」となるそうです。参拝される方は、ご注意ください。

◆11月の第3木曜日は、日本でも多くのワイン好き方が待ちわびるボジョレヌーボーの解禁日です。秋が旬の味覚の代表格の「きのこ」とともに堪能してみたいかがでしょうか。今月末には、クリスマスのイルミネーションが点灯し、いよいよ今年最後の月を迎えることとなります。2017年も残りわずかです。やり残しがないように計画的に行ってください。

(K.Y.)

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

★(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48巻 第11号(通巻567号)

ISSN 0285-631 X

Tonneru to chika

平成29年10月20日 印刷

平成29年11月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会
会長 谷口 博昭

〒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 株式会社新協

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,620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

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム

一歩前進! ~限らない未来への挑戦~

 **大栄工機株式会社**

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

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

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

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。



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。



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。



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。



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。



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。



山岳トンネルの新技术

ジオフロンテ研究会 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を掲載した。



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800円+税 A5判

都市の代表的な地下施設である地下鉄、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。



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500円+税 B5判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000円+税 A5判

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



ジオテクスタイル設計マニュアル

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

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400円+税 A5判

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



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。



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とまとめた。



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本事項について詳述した。



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。



推進工法の理論と実際

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

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



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的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、地下水の水利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

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患や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



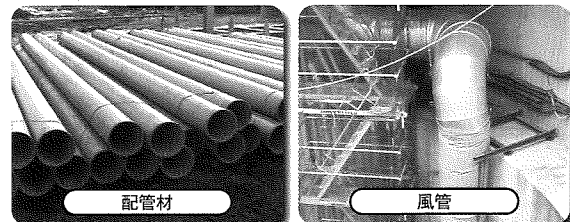
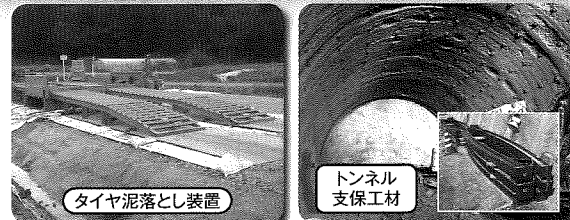
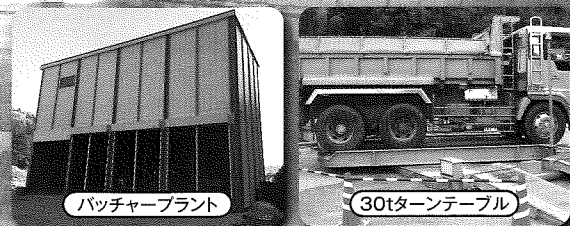
書籍のお申し込み

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



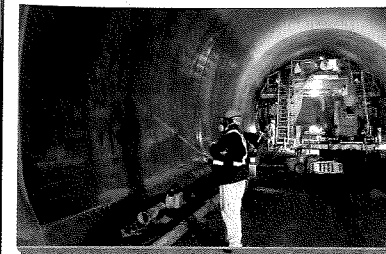
- 主な取扱商品**
- 受注製作品** 支保工材、架設架台、鋼構造物、風管 他
 - リース商品** バッチャープラント、ターンテーブル、タイヤ泥落とし装置、水処理装置、配管材、汎用機材各種 他

全国7か所の機材センターから、必要なものを必要なタイミングで提供する体制を整えています。

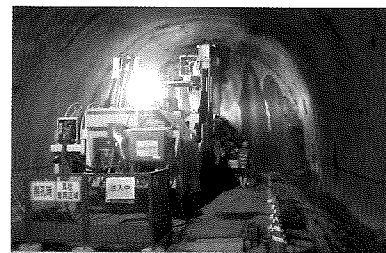


TKK 東京機材工業株式会社
<http://www.t-kizai.co.jp>

- | | | |
|--------|---|-----------------------------------|
| 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)



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 〒114-0014 東京都北区田端6丁目1番1号 田端ASUKAタワー 15F
<http://www.taiheiyo-m.co.jp>
営業本部 TEL.03-5832-5218 FAX.03-5832-5254

デンカのトンネル関連技術

おかげさまでデンカは昨年創立100周年を迎えました。
 私たちデンカのしごとは化学のチカラでさまざまな「できる」をつくりだすこと。
 人に、社会に、世界に貢献するものづくり企業として次の100年へと前進していきます。

デンカが誇る信頼の急結剤「デンカナトミック」

驚異の低粉じん吹付けが可能！

『デンカクリアショット工法』

KT-080020VR

- ・ハイブリッド急結剤により、「低粉じん」と「確かな初期強度発現性」を両立！労働環境、作業性、安全性が向上！
- ・再利用可能なリターナブルコンテナを使用するため、廃棄物削減による環境負荷を低減します！
- ・付着性が高く、跳ね返りが少ない！
- ・日本国内ですでに数十本ものトンネル工事現場で採用実績のある信頼性の高い吹付け工法です！

クリアショット吹付け状況（2ノズル吹付け）



写真提供：宮古盛岡横断道路 新区界トンネル工事

覆工コンクリートの品質向上技術

トンネル覆工ひび割れ抑制に

『デンカパワーCSA TYPE-T』KT-130059A

- ・トンネル専用膨張材
- ・乾燥収縮、温度ひび割れ抑制に

後添加型中流動コンクリート混和剤

『ADVA-PLUS』JIS A 6204適合

- ・過大な粘性を与えることなく、分離抵抗性を向上します

『CSA』でひび割れ抑制



『ADVA-PLUS』を現場で投入



その他 トンネル関連技術・製品

可視型はく落防止工法（NEXCO規格対応工法）

『NAV-G工法』KT-100023A

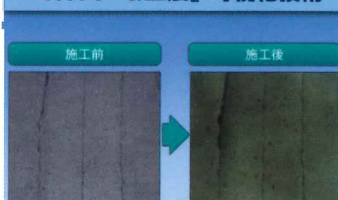
- ・アクリル系樹脂の特徴である速硬化性、低温硬化性で、寒冷地、時間制限のある工事で工期の短縮が可能
- ・透明度の高いFRPを形成し、施工後も目視観察が可能

トンネル中央排水工・裏面排水工 コルゲート管

『トヨドレン』

- ・ポリエチレン樹脂製で腐食に強く耐衝撃性に優れます

『NAV-G工法』可視化技術



繊維シート貼付け後も、ひび割れの経過観察が可能です

トヨドレン



できるをつくる。

Denka

デンカ株式会社

東京都中央区日本橋室町2-1-1 日本橋三井タワー

www.denka.co.jp

Tel: 03-5290-5358

定価 1,620円

本体価格1,500円

雑誌06619-11



4910066191177

01500