

信頼の品質

技術提案に好適!! デンカの特種混和材

デンカの液体急結剤 《デンカクリアショット》

NETIS:KT-080020A

液体急結剤 **デンカナトミックLSA**

粉体助剤 **デンカナトミックUSS**
(Fc=18N/mm²)

デンカナトミックHSS
(Fc=36N/mm²)

- ・脅威の低粉じん吹付けが可能
- ・確かな初期強度、長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない
- ・粉体急結剤と同様の吹付け性状
- ・湧水、低温にも強い

優れた低粉じん吹付け

《デンカスラリーショット》

デンカナトミックUS-32

デンカナトミックUS-50

《粉じん低減剤》

デンカクリアアップ2 & 3

- ・安定した低粉じん吹付けが可能
- ・確かな初期強度、長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

実績の粉体急結剤

一般吹付け・高品質吹付け
デンカナトミックTYPE-5

高強度吹付け
デンカナトミックTYPE-10

瞬結吹付け・初期高強度吹付け
デンカナトミックTYPE-10S
デンカΣショットSH & S

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

覆工コンクリート
ひび割れ抑制・耐久性向上

コンクリート用膨張材
デンカパワーCSA

有機無機複合型被膜養生剤
デンカクラッコフ

ポリプロピレン短繊維
GRACE Microfiber

- ・高品質な覆工コンクリートが得られます

◆トンネル関連製品

- ・PFモルタルTYPE-K・・・小断面、TBM・シールド工用吹付けモルタル
- ・デンカライフセッター・・・吹付けコンクリート用凝結調整剤
- ・FTN-30・・・吹付けコンクリート用高性能減水剤
- ・デンカES/ES-L・・・無公害なセメント系土質安定用急硬材
- ・デンカコロイダルセメント/コロイダルスーパー・・・微粒子、超微粒子セメント
- ・デンカPモル・・・注入式ロックボルト定着材
- ・デンカクリーニンググラウト・・・非エア系可塑性モルタル

DENKA

電気化学工業株式会社

特殊混和材部
東京都中央区日本橋室町2-1-1
電話 03-5290-5558

定価 1,575円

雑誌06619-3

本体価格1,500円



4910066190347

01500

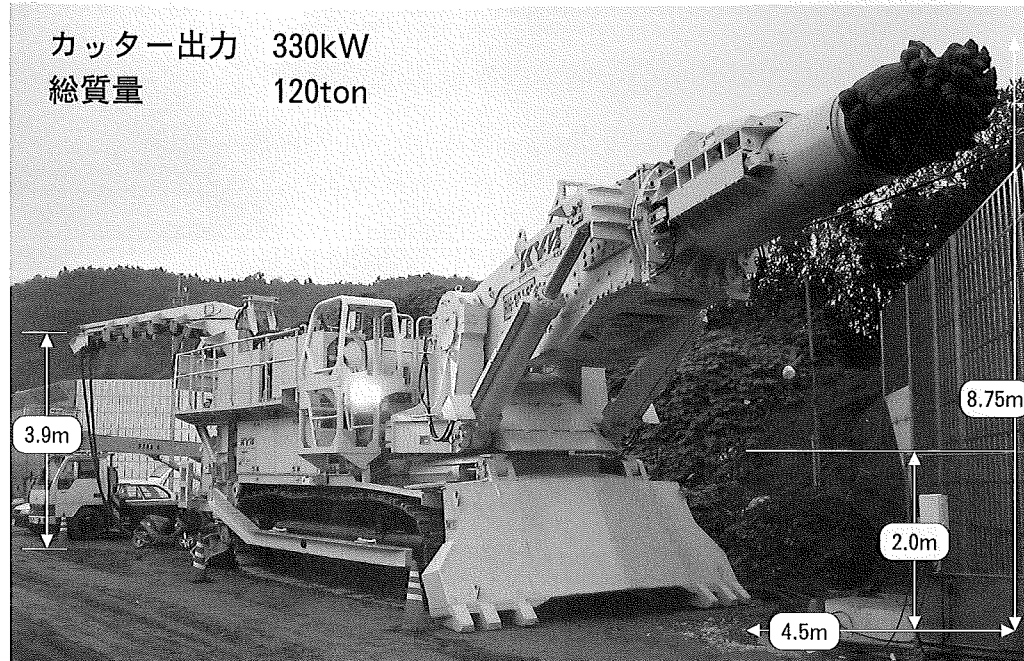
日本トンネル技術協会誌



ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m(ケーブルハンガーを除く)
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.1m
- ・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 千105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL 03-5733-9444
 カスタマーサービス 千252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号 TEL 042-767-2586
 相模事業所 大阪支店 千564-0063 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
 西部支店 千812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多 TEL 092-411-4998
 三重工場 千514-0396 三重県津市雲出長常町 1129番地 11 TEL 059-234-4111

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO

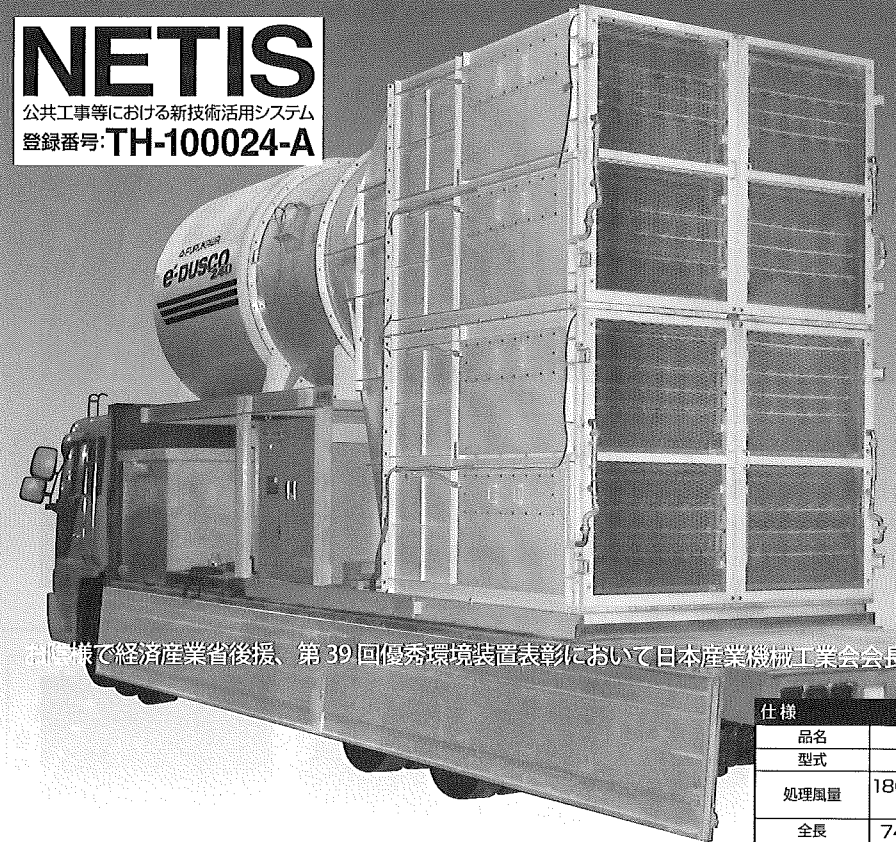
イーダスコ・ニーヨンマル 240

究極の省エネ

70%も節電

NETIS

公共工事等における新技術活用システム
登録番号:TH-100024-A



本機で経済産業省後援、第39回優秀環境装置表彰において日本産業機械工業会会長賞を受賞しました。

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

微細粉じんも逃さない電気式
電気式だから人体に有害な微細粉じん(0.2~5μm)も捕集できます。

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

大風量と省エネを同時に実現
処理風量は20%増えたのにいっそう省エネ。安定した処理風量でCO₂削減を実現する工コ製品です。

仕様	
品名	e-DUSCO240
型式	FTE2400
処理風量	1800・2100・2400m ³ /min、任意設定の4モード
全長	7411mm(サイレンサ含む)
全幅	2350mm
全高 ^{※1}	3700mm
本体重量	10t
電源仕様	3相3線400V58kVA
ファン動力	30kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意
洗浄水	2.4m ³ /回
捕集ダストの処理	湿式
集じん効率 ^{※2}	95%以上

※1 車両高さは含まれていません。
※2 JIS Z 8808により測定した値です。

古河機械金属グループ

古河産機システムズ株式会社

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

本社

〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
第二営業部 ☎03-3212-7804

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 小山工場 ☎0285-23-8662

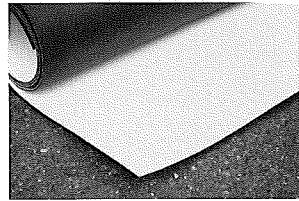
ウォータータイトトンネル 防水システム



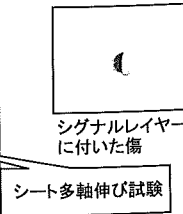
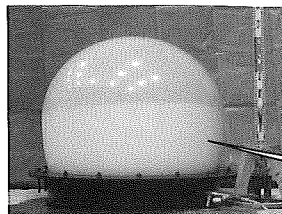
非排水型防水システム用メンブレン
KFCタイトライナー

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

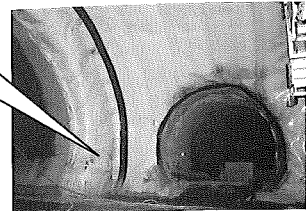


シグナルレイヤー付防水シート



シグナルレイヤーに付いた傷

シート多軸伸び試験



漏水対策システム

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

- 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

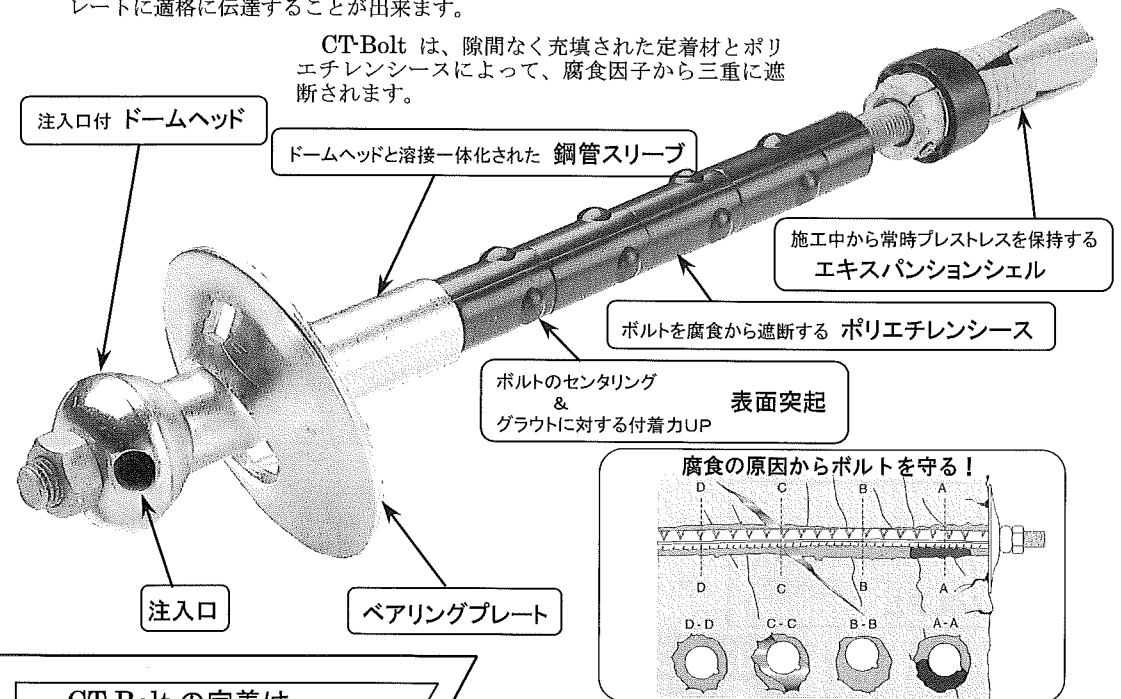
CT-Bolt



通常施工により超長期支保

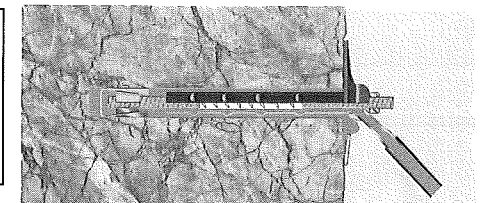
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

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

K series

カテックスの補修・補強材料

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

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

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

減水・止水材
⇒KOD-M(カバードエム)
注入用ボルト
⇒KMPシステム

地山注入工

防水工

防水シート
⇒スーパーシート
⇒EMBOシート

ひび割れ箇所、施工目地部
への漏水対策工

減水・止水材
⇒KOD-M(カバードエム)

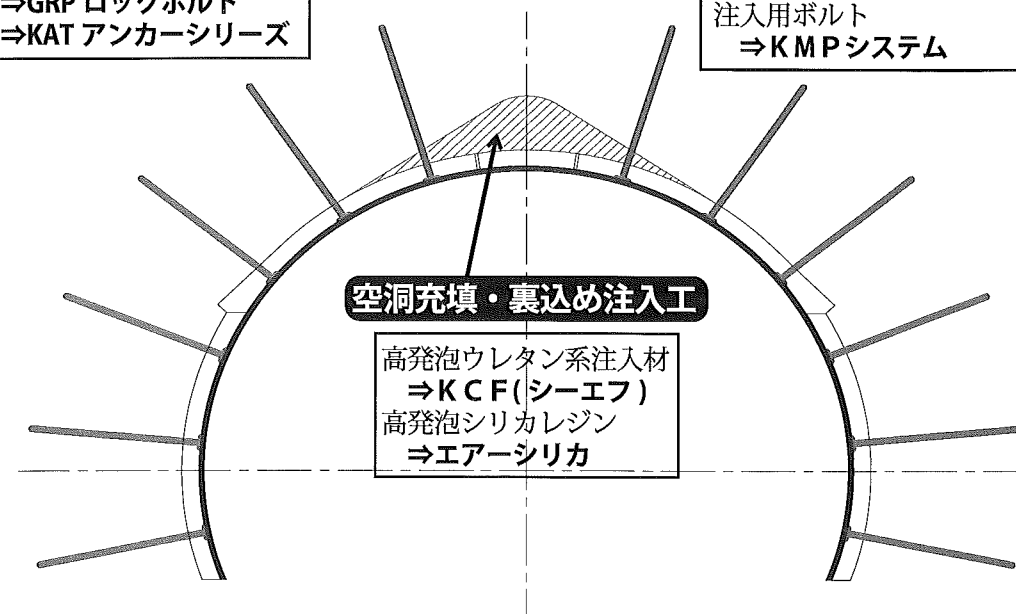
ロックボルト工

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

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

背面注入工

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



営業品目

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

KATECS

株式会社 カテックス
建設資材事業部

ホームページ <http://www.katecs.jp/>

技術部・中部営業部
TEL) 052-331-8821 FAX) 052-332-0164
東京支店
TEL) 03-3260-8321 FAX) 03-3266-1648
東京支店(仙台事務所)
TEL) 022-344-6041 FAX) 022-344-6042
R²C(スキュアール)工法研究会 事務局 (株)カテックス 内 TEL) 052-331-8821

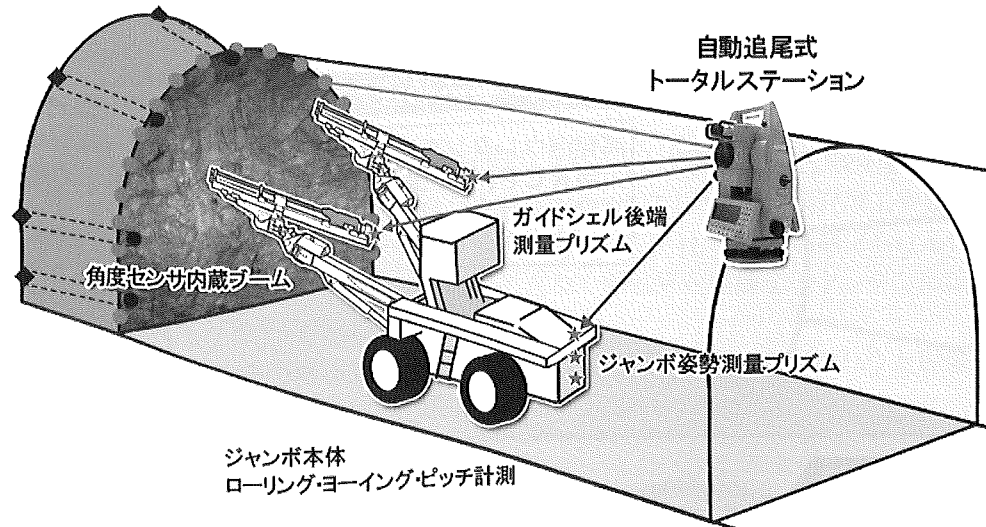
西日本統括(関西営業所)
TEL) 06-6578-3235 FAX) 06-6578-3237
西日本統括(九州営業所)
TEL) 092-574-0856 FAX) 092-574-0846
北海道地区(株)エイチ・アール・オー)
TEL) 011-821-5868 FAX) 011-821-6644

NETIS登録番号:KK-100049-A

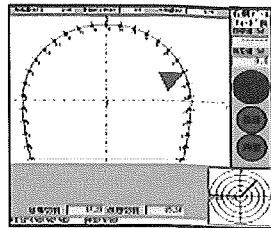
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社

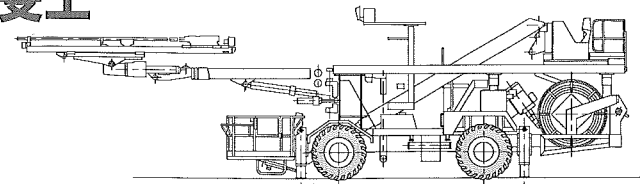
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

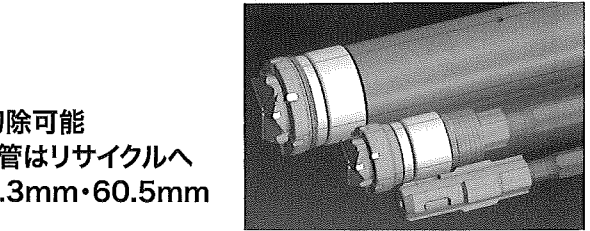
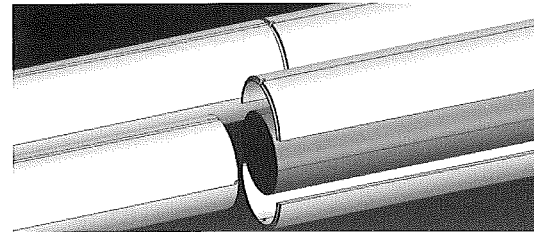
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



AGF-Me工法

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

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



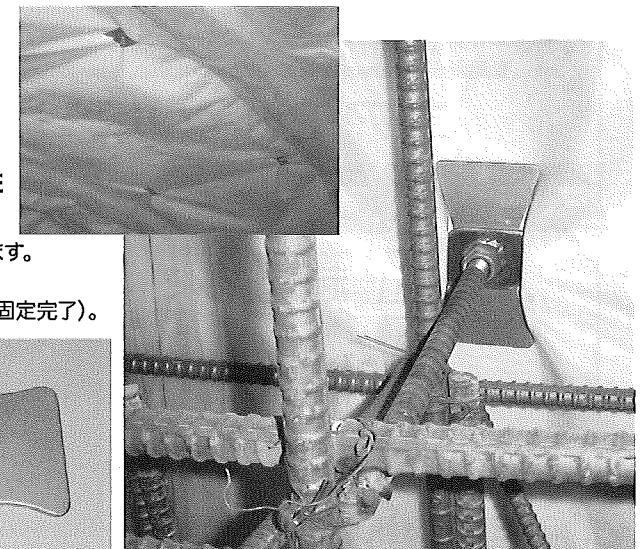
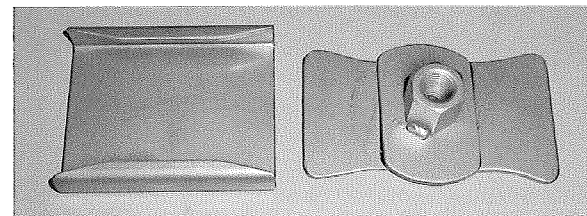
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグripper

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

〒107-0052
東京都港区赤坂2-19-8 赤坂2丁目アネックス6F
Tel: 03-5545-7900 Fax: 03-5545-7905
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

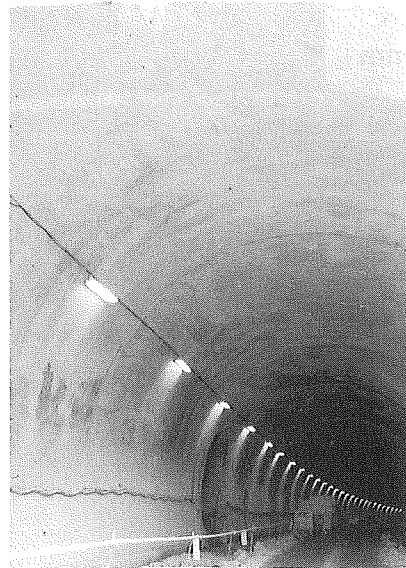
株式会社 トーキョーオール

〒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)

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〉

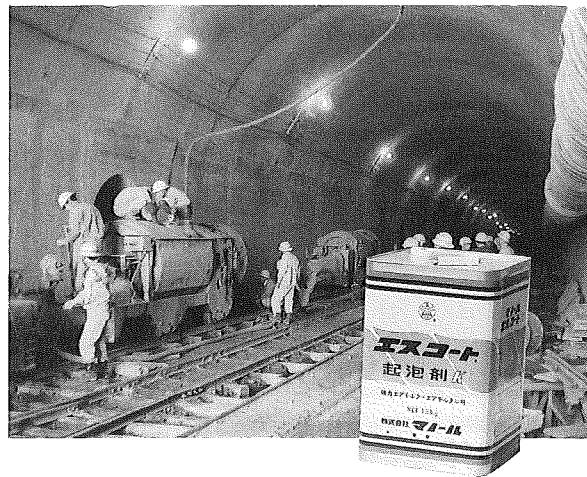
プレミックス急硬モルタルと
特殊ラテックスの
複合材で
短時間で実用強度が得られる
即日補修工法です。

- 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 マルーイ

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

最新型・電気集じん機

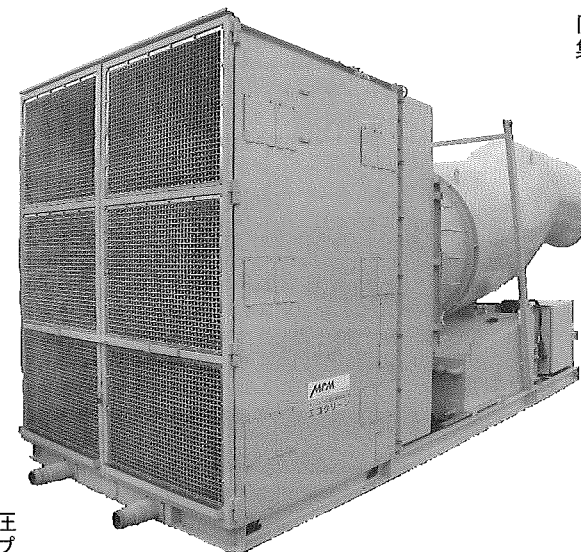
エコクリーンX

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



処理風量
750m³/minから3000m³
/minまで製作実績あり

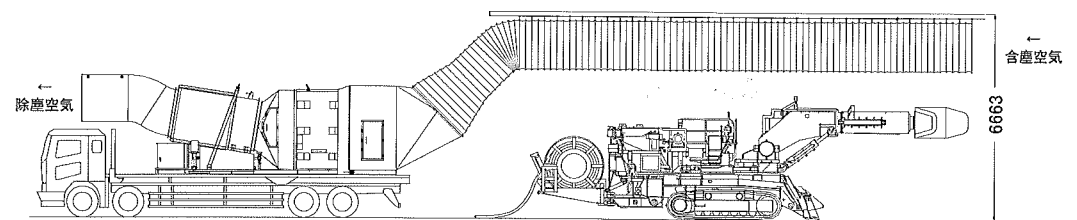
コンパクト
同クラス集じん
機の中で最小

貯水タンク
自動洗浄が
随時可能

高圧電源分割
集じんユニット毎の個別電圧
印加により集じん効率アップ

オプション
自走クローラ台車
自走ホイール台車
伸縮風管...etc.

伸縮風管(軽量型Φ1500,Φ1600製作実績あり)



伸縮風管接続例

弊社では「エコクリーンX」以外にTBM用吹付け「サブショットシステム」等、多様なトンネル工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：愛知県名古屋市中天白区植田東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



This May Debut

TAG Navi-V (換気自動制御)

Automatic Ventilation Control System

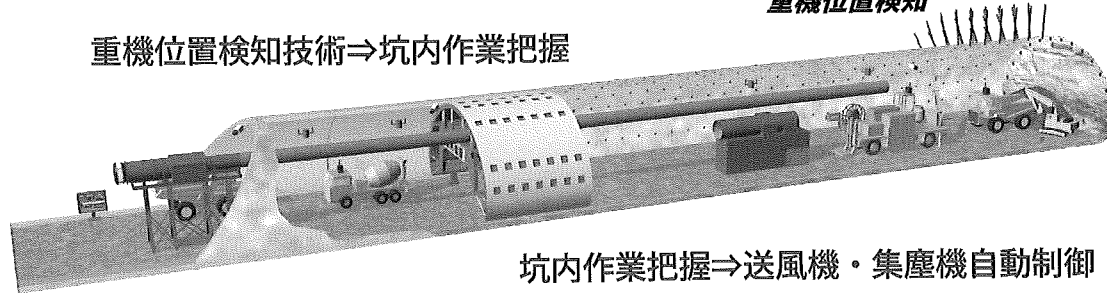
CYBER NATM

TAG Navi - V (換気自動制御)は坑内作業(削孔作業・ずり出し作業・吹付作業等)を切羽付近で自動検知し、作業データを坑外に設置しているコントラファンに無線伝送し、自動的にインバーター制御を行い、電気量とCO2排出削減を目標とする新しい省エネルギー換気システムです



重機位置検知

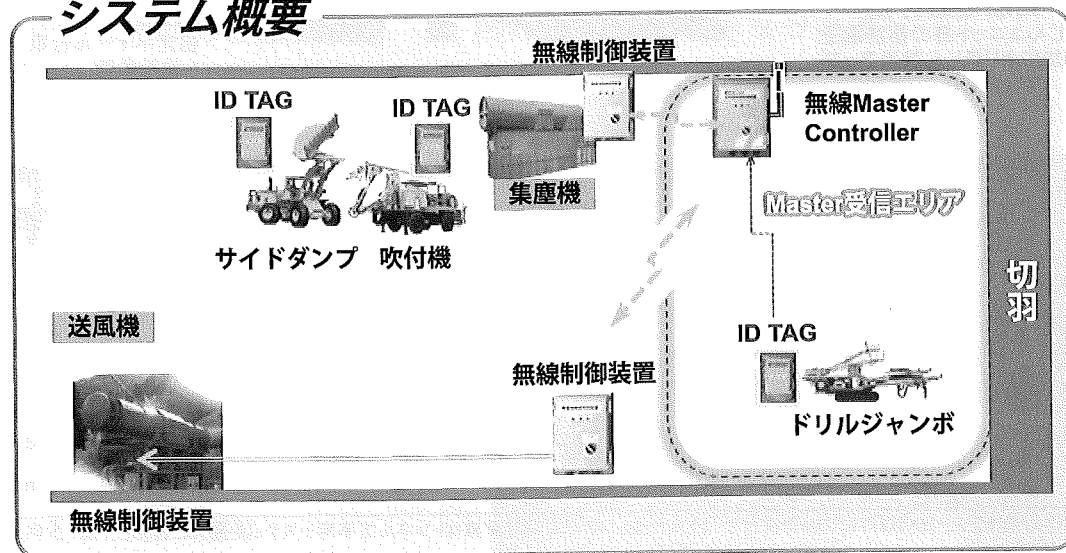
重機位置検知技術⇒坑内作業把握



坑内作業把握⇒送風機・集塵機自動制御

データ伝送・自動制御

システム概要



株式会社流機エンジニアリング (Ryūki Engineering Co., Ltd.)



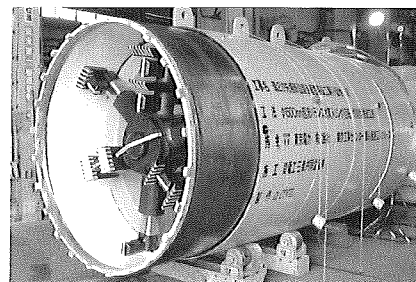
株式会社 演算工房 ENZANKOUBOU CO., LTD.

■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

超流バランスセミシールド工法

超流セミシールド協会

貫入リング押し出し回転切削型接合法



φ1500mm 貫入リング回転切削型掘進機(接合切削時)

① 人孔直接到達

② 到達作業省略形

③ 到達地盤改良省略

④ 急曲線・高深度施工

貫入リング回転切削型接合法の特徴

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

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法



φ1016mm鋼管対応リターン回収機能付掘進機

① 地下水位以下の施工が可能

② 高水圧対応

③ 長距離・曲線施工

④ 到達立坑不要

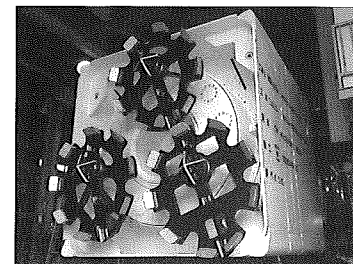
密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法の特徴

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

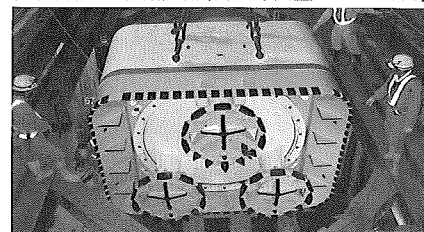
ボックス推進工法

ボックス推進工法協会 NETIS QS-100019-A

多軸自転・公転掘進機(内空寸法□3000×3000)



多軸自転・公転掘進機(内空寸法□2800×1800)



① 経済性

② 工期短縮

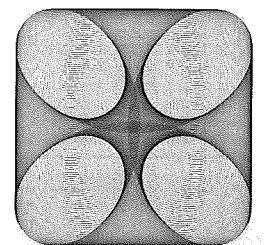
③ 狭路施工技術

④ 地表面への影響低減

⑤ 短距離からの施工

ボックス推進工法の活用例

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



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胴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胴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。

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

吸引ダクト SUPERLIGHT
[重量 1/2+オーバーハングノズル 新型]



超低騒音ファンEZ-Qシリーズ
EZ-3000Q : (3000 m³/min 220kW) Coming soon!
EZ-2000Q : (2000 m³/min 150kW)

7.4 dB
省エネ
CO₂削減

正圧用 (ビニール)
ノンリークダクト

除染事業対応装置のご提案
『除染作業を大幅に省力化できます』



集塵・換気設備 (10 m³/min ~ 3000 m³/min)
バキュームシステム
エジェクターユニット (コンプレッサーエアによる移送装置)

最適環境を創造する
株式会社流機エンジニアリング

〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 いちご聖坂ビル
TEL: 03-3452-7400
URL: <http://www.ryuki.com/>
E-mail: eigyobu@ryuki.com

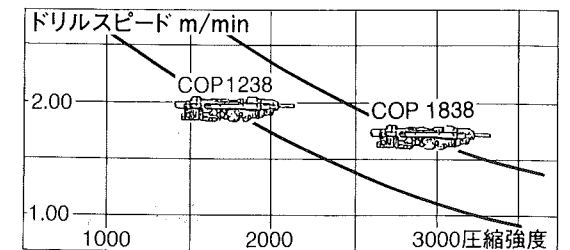
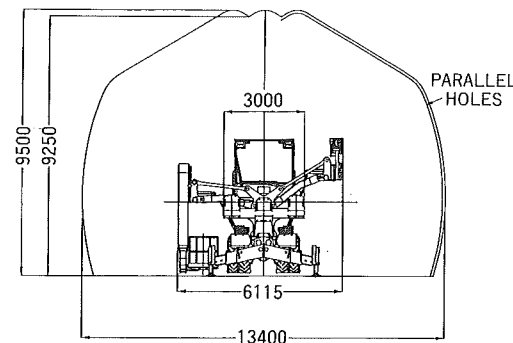
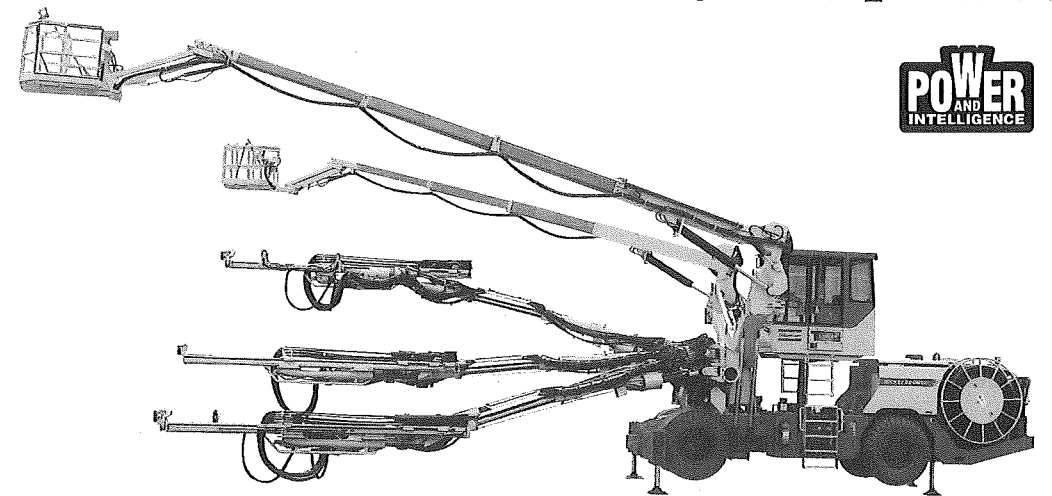


アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット



ドリルマシン株式会社 DRILL MACHINE CO., LTD.

本社 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 6-16-8 桂ビル5階
TEL (03) 3806-3377 番 FAX (03) 3806-8461 番
関西支店 〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4
TEL (078) 802-5551 番 FAX (078) 802-5528 番
九州支店 〒839-0841 福岡県久留米市御井旗崎1-6-14
TEL (0942) 43-5315 番 FAX (0942) 43-5832 番
広島出張所 〒739-2613 広島県東広島市黒瀬町榎原1336-1
TEL (0823) 36-7787 番 FAX (0823) 36-7791 番
兵庫工場 〒679-1332 兵庫県多可郡多可町加美区大袋川端454-3
TEL (0795) 36-0461 番 FAX (0795) 36-0467 番

月刊推進技術

定期購読のご案内



定期購読料金 12,000円 (@1,000円/月×12ヶ月 税・送料込)

わが国の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しております。また、推進関連のニュースはどこよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管渠埋設の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっています。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039 加入者名：株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間購読料金12,000円(毎月1冊×12ヶ月 税・送料込)をお支払いください。詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたしております。

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

定期購読のお申し込み
は右のQRコード
または本誌ホームページから



お問い合わせ先

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

〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201 株式会社 LSプランニング内
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail akasaka@lsweb.co.jp

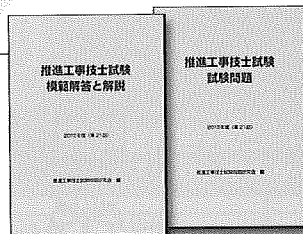
推進工事技士試験 過去11年間(平成14~24年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

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

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



2013年度版は
2月上旬発売予定

1. 内容と特長

- 過去11年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は別冊になっており実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出典箇所を明記

2. 価格

各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

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

株式会社 LSプランニング
http://www2.ocn.ne.jp/~ls_siken/

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

好評発売中

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい

トンネルの発破技術

監修 山田隆昭 B5判 76頁 定価 1,500円+税(送料別途)

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで!
振動や騒音の環境問題を詳述!!

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

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

〈主要目次〉

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

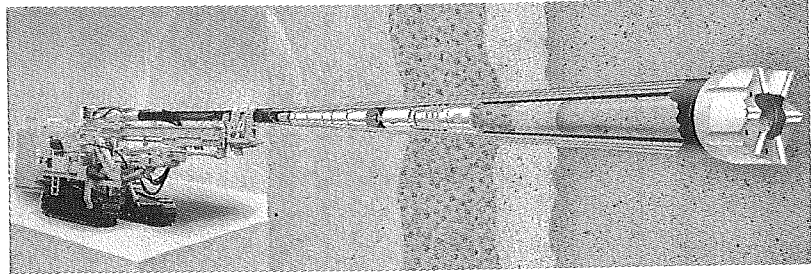
お申し込みは当社へ FAX、または、お近くの書店にてお申し込みください。FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は、書名・部数・送料先・氏名・電話番号を明記の上、お申し込みください。

株式会社 土木工学社

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

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーラインサンプリング工法



■ 特長

- ①断層破砕帯や湧水をとま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、施工時間が大幅に短縮できます。
- ②2重管ワイヤーラインサンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。



KOKEN 鉦研工業株式会社

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

お問い合わせ先：工事営業本部
TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522
<http://www.koken-boring.co.jp>

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

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

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



中濃産業株式会社

代表取締役 土田 義 弌

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



トンネル進捗率改善の
ための最新技術

明かりが見えます

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

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

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

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



VOLVO 建設機械

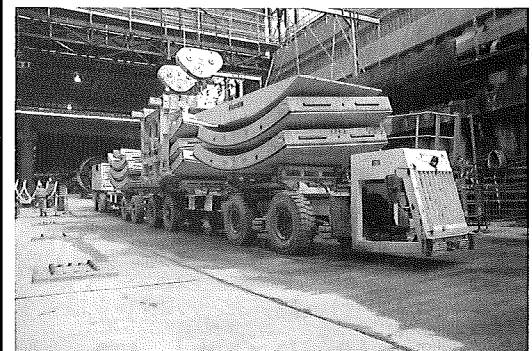
TMS Techni-Metal Systèmes

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



ボルボ事業部 担当：浅野
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 日本正規代理店
担当：渡邊

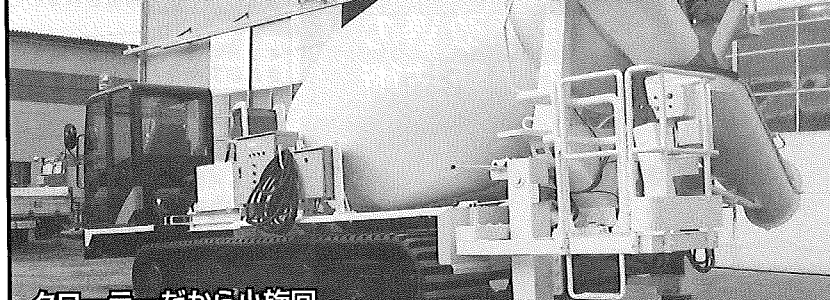


山崎マシーナリー株式会社

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

ゴムクロ・ミキサー車

国土交通省排ガス2次トンネル工事用指定



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

【仕様】		ゴムクローラ式ミキサー車 TGM-MR45T 上部ミキサー:カヤバ製(混合容量4.5m³)	
全長	7,500mm	タンブラ中心間距離	3,870mm
全幅	2,690mm	クローラ全長	9,800mm
全高	3,620mm	クローラ幅	700mm
最低地上高	530mm	(100ピッチ×98リンク)	
空車質量	11,000kg	セメント積載時質量	22,000kg
形式	三菱6D-TLE2B	定格出力	165kw/2,700min
排気量	7,545cc	最大トルク	700N・m/1,300min
速度1段	最大 7.6km/h		
速度2段	最大 20.0km/h		
空車時接地圧	20kpa	積載時接地圧	40kpa

【TGM-MR45T II 仕様】	
・ドラム回転電動式(オプション)	
・生コン荷下時使用後部アウトリガー	
・ドラム回転&アイドルアップ機構	
・オフロード法少数特例承認機(承認番号) NS-641	



Tunnel & Mining

ニシオティーアンドエム株式会社

山岳トンネル施工機械等の総合レンタル企業

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

〒569-0836 大阪府高槻市唐崎西2-26-1

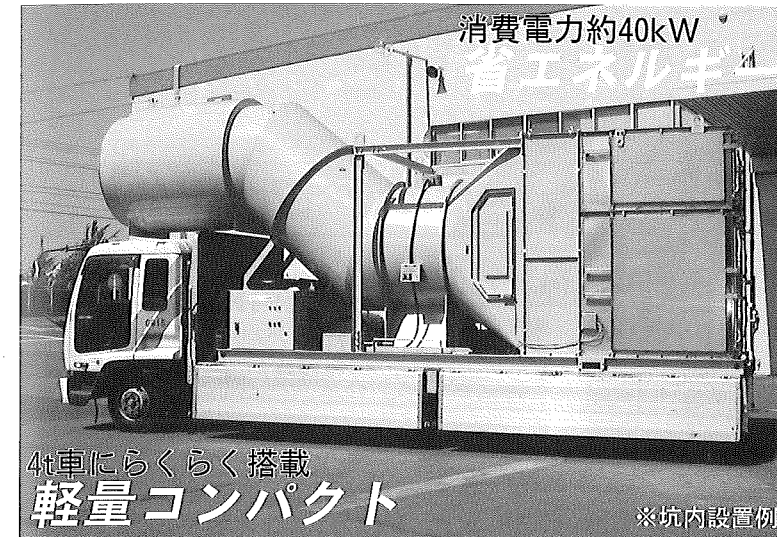
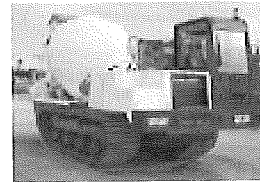
■北海道営業所
 tel: 0133-72-3715
 fax: 0133-72-3716

■東北営業所
 tel: 0198-26-0240
 fax: 0198-26-0241

■関東支店
 tel: 0268-62-1426
 fax: 0268-62-1999

■大阪支店
 tel: 072-677-2101
 fax: 072-677-2109

■九州支店
 tel: 0982-26-2111
 fax: 0982-26-2290



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)



取扱レンタル商品

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

株式会社 レント

特機営業課 担当者 工藤

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-12-9 NIビル8階 TEL: 03-5642-6750 FAX: 03-3249-0415

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

道路、トンネル設計 (本土工, 換気, 防災, 照明, 施工管理他)

トンネル現場診断



株式会社 ロード・エンジニアリング

会 長 田 島 利 男 代表取締役社長 清水 洋(技術士)
 (技術士・土木学会フェロー会員)

常務取締役 堀 内 浩三郎(工学博士) 大阪支店長 亀甲谷 義 高(技術士)

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

【好評発売中】

わかりやすい 土木地質学

大島洋志 監修

B5判 209頁 本体価格2,500円 円340円

主要目次

序 編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

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

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

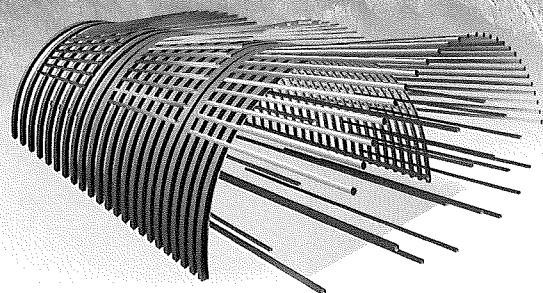
お申し込みは、当社へFAXまたはお近くの書店にてお申し込みください。FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は、書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記のうえ、お申し込みください。

株式会社 土木工学社

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

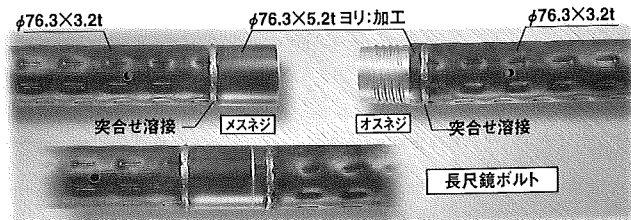


ユニークな発想でVEを提案



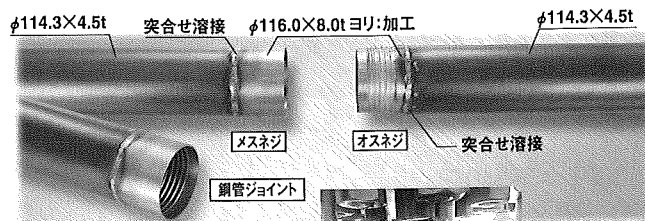
ストロング FIXチューブ(S型)

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

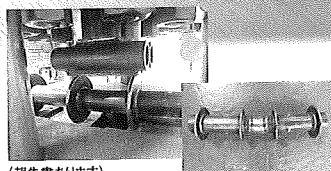


AGF-STD工法

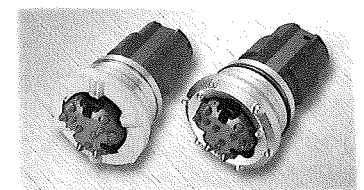
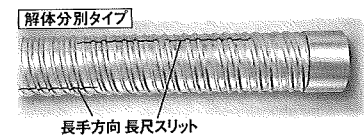
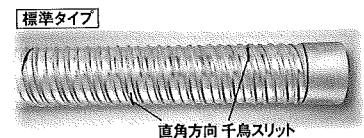
- ※軽量化による作業性とねじ強度の改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



曲げ耐力30%UP!!



撤去管の選択



呼称	鋼管径	リングビット径
100A	φ114.3	φ124

注入材・その他工法

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



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

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL.072-990-0250 FAX.072-990-0251
http://www.st-eng.co.jp

濁水処理からズリ出しまで
トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

東京下水道とトンネル技術

渡辺志津男.....5

■報告

シールド工事における安全・環境にかかわるトラブル調査

JTA技術委員会安全環境小委員会シールドトラブル事例調査ワーキング63

■施工

側方からの押出しが顕著な泥岩地山を早期閉合で掘削

—九州新幹線西九州ルート 俵坂トンネル(西工区)—

井浦 智実・外山 真・高山 藤博・北澤 剛.....7

輻輳する既設管直下に新たな導水管の布設空間をNATMで築造

—名古屋市上水道 犬山系導水路分岐工事—

白坂 広史・尾畑 太志19

12か所・計34枚の残置鋼矢板を泥水式シールドで直接切削

—四日市市 東町・吉崎南雨水幹線—

伊藤 恒幸・岩谷 理・本田 市仁・石川 哲29

既設放水路トンネル直下に扁平大断面トンネルを構築

—東北電力 豊実発電所改修—

藁谷 正則・多田 誠・樋渡 康弘・工藤 敏邦51

■連載講座

トンネルの維持管理における課題とさまざまな取組み(1)

JTA保守管理小委員会71

■現場だより

「へその町」北海道富良野市より

成田 望18

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

鉾山から土木分野へ 立坑と走った四十年

稲毛 正昭39

■資料ほか

土木情報

編集部28

追悼文

大島 洋志62

トンネルジャーナル

編集部38

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会70

工法・技術・製品ニュース

編集部50

■会報

会報

日本トンネル技術協会77

【表紙説明】

既設放水路トンネル直下に扁平大断面トンネルを構築

—東北電力 豊実発電所改修—



阿賀野川水系の発電所群の1つである豊実発電所は運転開始以来約80年が経過し、経年劣化が進行していたため、大規模な改修工事を行った。改修工事では河川に仮締切りを設置し、発電所本体の解体および再構築、再生骨材コンクリートでの不要箇所の充填、既設放水路トンネル直下に新設放水路トンネルの掘削などの工事を行った。写真は、工事中の豊実発電所全景。 [写真提供：東北電力(株)] (本文51頁参照)

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

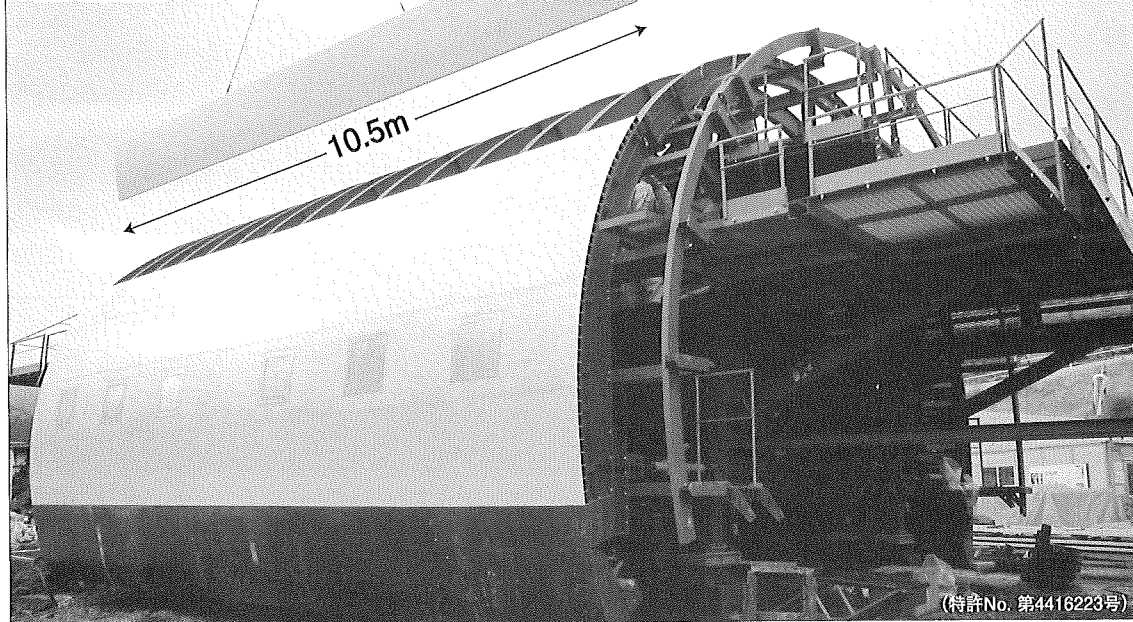
ヤマモトロックマシン株式会社
 本社 東京都千代田区丸の内2丁目4番1号 丸の内ビル 903区 ☎ (03) 3201-0701(代)

工場 広島県庄原市東城町川西424-1 ☎ (08477) 2-2137(代)
 仙台営業所 (022) 792-4534(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (088) 892-4048(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)

新着ニュース

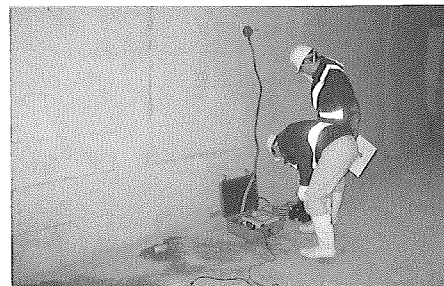
FRPセントルによる 覆工コンクリートの密実性を検証

初期養生FRPセントル ハイパーフォームG



(特許No. 第4416223号)

■ 透気試験状況



国土交通省東北地方整備局楯通トンネル 構フジタ施工

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

特徴

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

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

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

総務委員会広報小委員会会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

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

〔幹 事〕

居 相 好 信 株式会社大林組生産技術本部統括部長	志 岐 寛 清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部 部長
岩 田 美 幸 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	西 岡 和 則 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 トンネルグループ長
大 津 敏 郎 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル専門主幹	長谷川 雅 彦 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長
荻 野 竹 敏 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	藤 井 義 文 株式会社竹中土木執行役員
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	松 原 利 之 飛鳥建設株式会社建設事業本部 エンジニアリング事業推進部長
小 松 敏 彦 前田建設工業株式会社土木事業本部土木部 トンネルグループ長	吉 富 幸 雄 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル室参与

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路掘削状況



トレンチャーの性能・諸元

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

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

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

〔編集参与〕

木谷 日出男 国際航業株式会社フェロー技術開発センター 地盤研究室長	高橋 良文 東京都下水道サービス株式会社専務取締役
小山 幸則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授	濱 建介 株式会社ANET取締役
今田 徹 東京都立大学名誉教授	三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員

〔委員〕

大津 敏郎 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル専門主幹	高橋 晃 東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー 工務部流通土木グループマネージャー
亀山 勝 東京地下鉄株式会社鉄道本部鉄道統括部 移動円滑化設備推進担当課長	谷内 雅之 東京都交通局建設工務部計画改良課長
佐原 圭介 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐	真下 英人 独立行政法人土木研究所 道路技術研究グループ長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社建設工事部兼設備部 構造技術センター次長	焼田 真司 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室主任研究員
高田 武 東京都水道局建設部工務課長	柳 雄 東京都下水道局建設部設計調整課長

ワールド開発工業株式会社

●本社/営業部 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484
☎(026)213-7024(代) FAX(026)282-5803 <http://www.wkk.co.jp/>

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-V

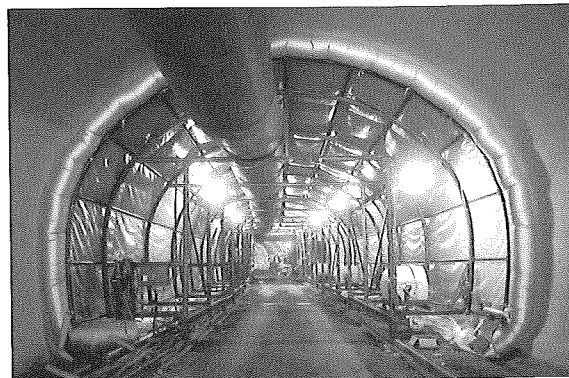


期待される効果・特徴

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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.CG-080012-A (製造:株式会社マシノ)



期待される効果・特徴

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

北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社 佐賀)

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

射水工場：〒934-0056 富山県射水市寺塚原 720 番 1 TEL0766(82)1500 FAX0766(82)1501

滑川工場：TEL076(476)0333 FAX076(475)9121 東北営業所・工場：TEL0223(32)2420 FAX0223(32)2423
東京支店：TEL03(3851)1016 FAX03(6908)6789 大阪支店：TEL06(4963)3520 FAX06(4963)3521

掲載頁
7

側方からの押出しが顕著な泥岩地山を早期閉合で掘削

—九州新幹線西九州ルート 俵坂トンネル(西工区)—

鉄道・運輸機構 井浦 智実

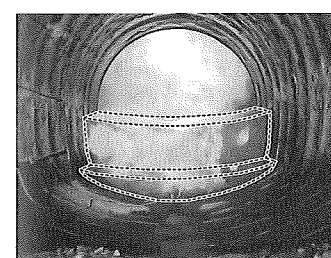
九州新幹線俵坂トンネル西工区の杵島層群泥岩層を対象とした掘削区間においては、主に地山の塑性流動化に伴うトンネル側方からの顕著な押出し現象が生じている。また、収束性の悪い緩慢な内空変位が継続するなど、泥岩地山に特有の掘削挙動が確認されている。このような押出し性地向への対処として、全線にわたってインバートを設置するとともに、一部区間において剛性の高い支保構造を採用し切羽近傍での早期閉合による対策を実施している。

本稿では、主に終点方泥岩区間(武雄温泉起点15km770m付近以降)における掘削実績ならびに各種計測データにもとづき分析した側方からの押出し現象を伴う掘削挙動の評価結果について報告を行う。

Early Building Tunnel Invert in Mudstone Ground under Strong Lateral True Earthpressure —Kyushu Shinkansen Nishi-Kyushu Route Tawarazaka Tunnel (West Lot)—

By Tomomi Iura, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

During Tunnelling of the west lot of the Kyushu Shinkansen Tawarazaka Tunnel in mudstone of Kishima group, there is noticeable strong lateral true earthpressure mainly due to the plastic deformation of ground. In



写真は早期閉合の実施状況

addition, it has been confirmed that there is characteristic behaviour of the mudstone such as sluggishly ongoing deformation of tunnel cross-section with bad convergence. In order to deal with this squeezing ground, measures such as using high rigidity material of tunnel support and early building tunnel invert near to the face in some sections as well as installing a tunnel invert along the whole lot.

This report mainly gives information on the evaluation results of convergence behaviour in squeezing ground analyzed based on the data of various kinds of measurements as well as excavation result in the mudstone around western half of the west lot.

掲載頁
19

輻輳する既設管直下に新たな導水管の布設空間をNATMで築造

—名古屋市上水道 犬山系導水路分岐工事—

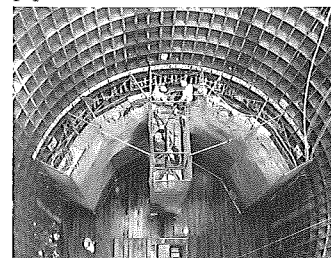
名古屋市上下水道局 白坂 広史

老朽化が進んでいる犬山系導水路A管の耐震化および導水能力向上を目的とした「犬山系導水路A管整備事業」を平成21年度より着手している。この整備事業は3本ある既設導水管の下に、新たな導水管をシールド工法にて新設するものである。新設する導水管の起点部は、既設導水管も接続されている接合井から接合井内の水を抜くことなく運用したまま導水管を接続(不断水分岐)する計画である。しかし、接合井の周囲には既設導水管が輻輳しており直近への立坑掘削が不可能であるため、離れた位置へ立坑を築造し、立坑底部より既設導水管の直下を通り、接合井までのトンネルを山岳工法で掘削することになった。この起点部におけるトンネル工事は、本市において最重要とも言える管路の直下での施工である。今回は、周辺地盤の変位に伴い影響を受ける既設導水管に配慮しながらのトンネル工事について報告する。

Build Water Conveyance Tunnel with NATM beneath Congested Buried Pipelines—Nagoya City Waterworks & Sewerage Bureau, Inuyama Water Conveyance System Bifurcation Works—

By Koji Shirasaka, Nagoya City Waterworks & Sewerage Bureau

We commenced Pipe A of the Inuyama Water Conveyance System Improvement Project in 2009 with the aim of improving the earthquake resistance and water conveyance ability of Pipe A which had been deteriorating. This improvement project consisted of the installation of a new water pipe underneath three existing water pipes with the shield TBM. The origin point of the new water pipe was planned to attach to the diversion tank



写真はダブルパッカー注入状況

in operation without draining where some existing water pipes are connected to. As there is congestion in the existing pipes in the vicinity of the diversion tank and it is impossible to build a starting shaft in the vicinity, we planed to build the starting shaft at a distance and to connect it to the tank with NATM tunnel beneath the congested pipes. The tunnel construction at the origin point was conducted directly underneath pipes that can be said to be the most important water conveyance facility in our city. This report gives information on the tunnel construction while taking existing pipes affected by surrounding ground displacement into consideration.

12か所・計34枚の残置鋼矢板を泥水式シールドで直接切削

—四日市市 東町・吉崎南雨水幹線—

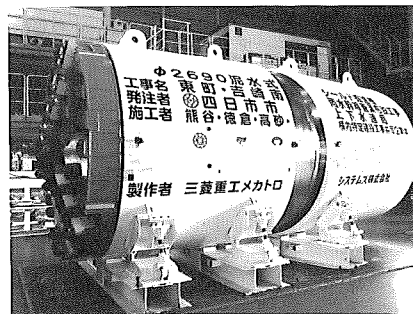
四日市市 伊藤 恒幸

四日市市の東町・吉崎南雨水幹線管渠布設工事では、シールドの通過部に12か所・34枚の鋼矢板が支障することが判明した。この残置鋼矢板を泥水式シールド工法で撤去するために、シールドのカッタービットによる直接切削工法を用いることとした。シールドには、鋼矢板切削ビット、円錐型カッタ、微速掘進機能、カッタの高速回転機能を装備し、残置鋼矢板の周辺地盤は薬液注入により鋼矢板を固定した。実施工においては、切羽圧力、排土量および泥水品質などを厳格に管理するとともに、振動計測など近隣に配慮したシールド掘進、鋼矢板切削を実施した。その結果、近隣に影響を及ぼすことなく、所定の工期を遵守して中間立坑に到達し、カッタービットなどに今後の掘進に支障がないことが確認された。本稿はこれらの残置鋼矢板の直接切削に関する施工報告である。

Cutting of 34 Steel Sheet Piles Left behind in 12 Locations with A Slurry Shield—Yokkaichi City Higashi-machi/Yoshizaki Minami rainwater trunk line—

By Tsuneyuki Ito, Yokkaichi City

In the construction of the Higashi-cho/Yoshizaki Minami rainwater trunk line, it was discovered that 34 steel sheet piles were left behind in 12 locations that were obstacles in the passage of the shield. We planed to directly cut these steel sheet piles with cutter bits of the Slurry Shield TBM. We equipped the shield with steel sheet pile cutting bits, conical cutters, a very slow speed excavation function and a high-speed rotation function of cutters and grounds surrounding the steel sheet piles were injected with chemical grout to fasten the piles to ground. During the construction, along with strict control of face pressure, the amount of tunnel muck and the quality of slurry, shield excavation and steel sheet pipe cutting were conducted taking the neighborhood into consideration such as measuring vibration, etc. As a result, the shield arrived at the intermediate shaft within the prescribed construction schedule without any effects on the neighborhood and it was confirmed no trouble of such as cutter bits that would affect future excavation. This report gives construction information on the cutting the left steel sheet piles.



写真は泥水式シールド

cutting bits, conical cutters, a very slow speed excavation function and a high-speed rotation function of cutters and grounds surrounding the steel sheet piles were injected with chemical grout to fasten the piles to ground. During the construction, along with strict control of face pressure, the amount of tunnel muck and the quality of slurry, shield excavation and steel sheet pipe cutting were conducted taking the neighborhood into consideration such as measuring vibration, etc. As a result, the shield arrived at the intermediate shaft within the prescribed construction schedule without any effects on the neighborhood and it was confirmed no trouble of such as cutter bits that would affect future excavation. This report gives construction information on the cutting the left steel sheet piles.

既設放水路トンネル直下に扁平大断面トンネルを構築

—東北電力 豊実発電所改修—

東北電力(株) 葉谷 正則

阿賀野川水系の発電所群の1つである豊実発電所は運転開始以来約80年が経過し、水車・発電機を中心として経年劣化が進行していた。そのため、平成20年に水車・発電機を6台から2台に整理統合して、機器効率のアップにより最大出力を61,800kWに変更する大規模な改修工事に着手し、平成25年9月に運転を開始したところである。改修工事では河川に仮締切りを設置し、発電所本体の解体および再構築、再生骨材コンクリートでの不要箇所をの充填、既設放水路トンネル直下に新設放水路トンネルの掘削などの工事を行った。

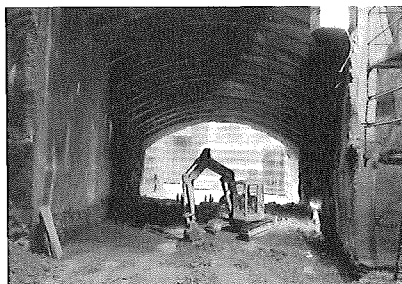
本稿では主に放水路トンネル掘削工事に関して報告する。

Large Flat Cross-section Tunnel beneath Existing Tailrace Tunnel—Tohoku Electric Power Toyomi Power Station Repairs—

By Masanori Waragai, Tohoku Electric Power Co., Inc.

The Toyomi Power Station, one of the power station groups on the Aganogawa riverine system has been in operation for around 80 years and time-related deterioration has been progressing in the turbines, dynamos and so on. For this reason, the six turbines and dynamos were consolidated into two in 2008, commenced large-scale repair works to change the maximum output to 61,800 kW by improving the efficiency of the machinery and operation just began in September of last year. In the repair works, a cofferdam was installed in the river and construction such as the dismantlement and reconstruction of the power station building, the filling of unneeded interspaces with reclaimed aggregate concrete and the excavation of a new tailrace tunnel beneath an existing tailrace tunnel were conducted.

This report mainly gives information on the excavation of a tailrace tunnel.



写真は発電所側掘削完了状況

シールド工事における安全・環境にかかわるトラブル調査

JTA技術委員会

近年、トンネル施工中の災害は減少傾向にあり、とくにシールドトンネルに関しては、掘削技術の成熟により、一般的には、大きな事故はもう起こらないと思われていた。そのような環境下で平成24年2月に発生したトンネル水没事故は、シールドトンネル関係者ばかりではなく、土木技術者に大きな衝撃を与えた。

時を同じくして、技術委員会安全環境小委員会では、シールド工事におけるトラブル事例の共有やこれによる施工技術の伝承を図ることで、災害防止の一助となることを目的とし、『安全・環境に関わるシールド工事トラブル事例集』作成に向けたワーキングを設置し、具体的な作業を進め発刊に至った。

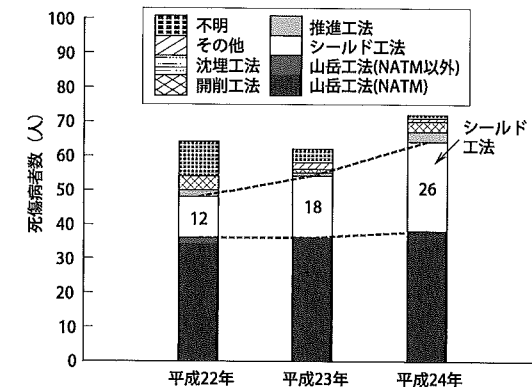
本稿では、この『シールドトラブル事例集』の概要について報告するものである。

Survey of Problems Pertaining to Safety and Working Environment in Shield Tunneling Works
By JTA Technical Committee

Disasters during the construction of tunnels are in a decreasing trend in recent years and it was thought that, in general, there would be no more serious accidents in particular for shield tunneling due to the maturity of shield tunneling techniques. In such an environment, the submergence in tunnel that occurred in February, 2012 was a big shock not only for people related to shield tunnels but also for civil engineers.

At the same time, the Technical Committee Safety/Environment Sub-committee set up a working group in order to create "The Collection of Examples of Shield Tunneling Works Problems Pertaining to Safety and Working Environment" with the aim of helping to prevent disasters by sharing examples of shield tunneling works problems and transmitting construction techniques through this. Specific works were carried out and the Collection has now been published.

This report gives an outline of "The Collection of Examples of Shield Works".



図はトンネル建設工事における工法別の死傷病者数(休業4日以上)の推移

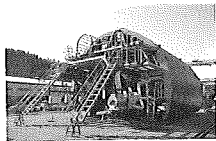
管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.CB-120032-A

コンクリートトータル養生システム

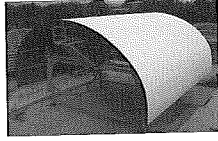
セントル型枠

加温しながら初期強度を上げる
加温養生（型枠）



第二養生

加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



第三養生

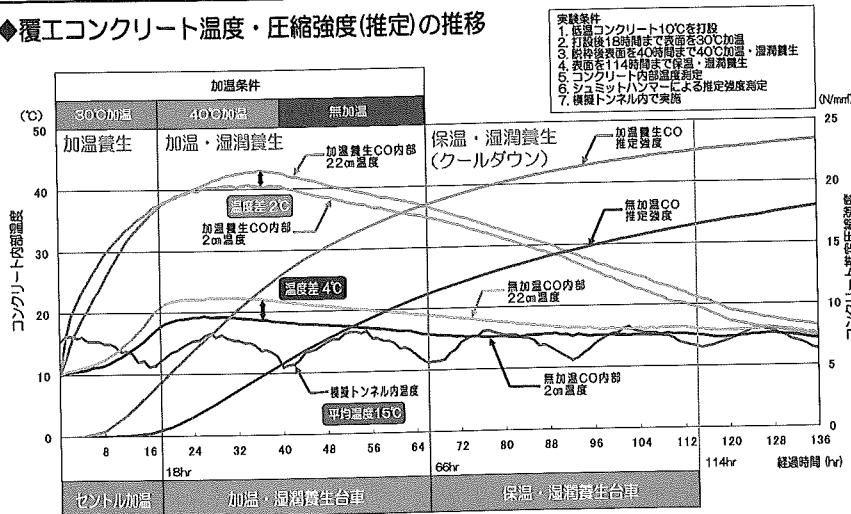
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



コンクリートの強度を予測管理
養生管理システム

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

◆覆工コンクリート温度・圧縮強度(推定)の推移



岐阜工業株式会社

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

【製作・販売協力】
TECHNO
テクノプロ株式会社

TECHNO
テクノプロ株式会社

巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)

東京下水道とトンネル技術



東京都下水道局計画調整部長

渡辺志津男

社会資本整備の一翼を担いたいとの意気込みで、土木の道に進み、東京都に就職してから、既に30年以上が経過した。思い返せば、私が最初に工事監督を任されたのは、江東区での「新砂幹線」という下水道のシールド工事であった。管径は2,000mm、延長は約900mと決して大きな工事ではなかったが、このときの工事監督としての貴重な経験が、その後の私の都庁人生のベースとなっていることは間違いない。長く下水道事業に携わっている私にとって、トンネル技術は身近な技術であり、事業推進を支えてくれる頼もしい技術でもある。

東京都下水道局では、昨年2月、今後3年間の事業運営の指針である「経営計画2013」を策定した。この経営計画では、「お客さまの安全を守り、安心して快適な生活を支える」、「良好な水環境と環境負荷の少ない都市の実現に貢献する」、「最少の経費で最良のサービスを安定的に提供する」ことを経営方針として掲げ、7つの主要施策に取り組んでいる。このなかで、トンネル技術が大きな役割を果たす施策として、老朽管きよの再構築や浸水対策、合流式下水道の改善が挙げられる。

まず再構築では、整備年代の古い都心部において、平成41年度までに完了することを目標に、これまでに比べ、おおむね2倍に事業のスピードアップを図っていくとともに、水位が高い幹線の下水の流れを切り替え、あわせて雨水排除能力を増強する代替幹線などの整備もスピードアップする。枝線の再構築では、主要枝線の整備や既設幹線への接続にあたって推進工法を採用することが多くなり、また代替幹線整備では、シールド工法などによる大口径トンネル工事が主となると考えている。

浸水対策においては、浅く埋設された下水道幹線の周辺で浸水被害の発生している地区などを重点地区と定め、新たに下水道管を整備することとしている。また去年は局地的集中豪雨や台風がもたらした超過降雨による浸水が多発したことから、12月には新たに「豪雨対策下水道緊急プラン」を策定し、75ミリ降雨への対応などワンランク上の浸

施工

側方からの押出しが顕著な泥岩地山を早期閉合で掘削

—九州新幹線西九州ルート 俵坂トンネル(西工区)—

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局武雄鉄道建設所長 井浦 智 実
 鉄道・運輸機構九州新幹線建設局武雄鉄道建設所所員 外山 真
 前田・松尾・下特定建設工事共同企業体所長 高山 藤 博
 前田・松尾・下特定建設工事共同企業体監理技術者 北澤 剛

水対策にも着手することとした。これらの事業では、暫定貯留としての利用も含めた増補幹線の敷設が主な対策となり、その多くをシールド工法に頼ることになる。

さらに、合流式下水道の改善では、降雨初期の下水を貯留する施設を、2020年の東京オリンピック・パラリンピック開催までに新たに37万m³分、整備することとしている。貯留施設は、水再生センターやポンプ所ではその敷地内に設置できるが、それ以外で用地を確保できないところでは道路下への貯留管の整備が必要となり、やはり推進工法やシールド工法により建設することとなる。

東京都区部において、下水道工事を円滑に実施するにあたっては、お客さまである都民の生活、社会経済活動、道路交通、地下埋設物、周辺建築物への影響などを低減できる、推進工法、シールド工法などトンネル工法の採用が不可欠となっている。実際に、区部の下水道工事においては、既設管の更生工法を含めると非開削工法のシェアは、平成24年度では7割超にも上っており、今後もその主役の座は変わらないものと考えている。

しかしながら、市街地でのトンネル工事の施工にあたっては、発進・到達立坑の設置に伴うスペース確保が困難なことから、地下水圧の高い大深度での地下接合などを強いられることもあり、安全性の確保などの面で課題がある。これらの点については官民一体となって、より一層の技術開発、改善を進める余地があると思っている。また、ハード面での技術開発だけでなく、それを扱う技術者の育成なくしてはトンネル技術の発展はないと考えている。東京都では昨年9月に下水道技術実習センターを開設し、下水道技術者育成にも本腰を入れ始めている。

本誌の報告にもみられるとおり、トンネル工事が直面するさまざまな困難を、これまで、技術者たちの努力や新技術の導入により克服し乗り越えてきた。今後も、先人たちの技術を継承するとともにさらなる創意工夫をこらしながら、東京下水道の前進を支える技術の柱としてトンネル技術を大いに活用していきたいと考えている。

1 はじめに

九州新幹線西九州ルートは、武雄温泉・長崎間(工事延長約67km)において新幹線標準軌新線(フル規格)として整備が進められている(図-1)。

俵坂トンネルは、佐賀県と長崎県の県境をまたぐ延長5,675mの新幹線複線断面の山岳トンネルである。東西の2工区に分割して施工を進めており、平成25年11月末時点の掘削進捗率は全体で約8割となっている。

俵坂トンネルの杵島層群泥岩層を対象とした掘

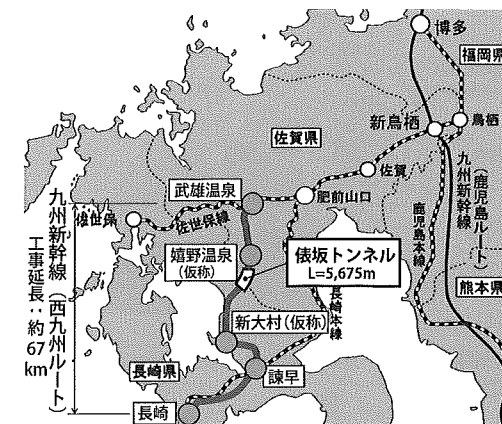


図-1 九州新幹線(西九州ルート)位置図

削区間においては、主に地山の塑性流動化に伴うトンネル側方からの顕著な押出し現象が生じている。また、収束性の悪い緩慢な内空変位が継続するなど、泥岩地山に特有の掘削挙動が確認されている。一般に、このような押出し性地山においては、工事中に掘削が難航するばかりではなく、供用後も内空断面の縮小や盤膨れなどの変位が生じやすいことが指摘されており、建設段階における慎重な技術的判断と適切な対応が必要とされる。

このような押出し性地山への対処として、本トンネル西工区においては、全線にわたってインバートを設置するとともに、一部区間において剛性の高い支保構造を採用し切羽近傍での早期閉合による対策を実施している。さらに、掘削時に比較的変形が小さい区間においても、内空変位が収束しにくい傾向がみられるため、切羽後方において吹付けコンクリートによる断面閉合を実施するなど、長期的な構造安定性を重視した対応を図っている。

本稿では、主に終点方泥岩区間(武雄温泉起点15km770m付近以降)における掘削実績ならびに各種計測データにもとづき分析した側方からの押出し現象を伴う掘削挙動の評価結果について報告を行う。

2 地形・地質概要

俵坂トンネルの地質縦断面図を図-2に示す。本トンネル付近の地形は、標高400m程度を最高点とする中起伏の山地である。その中腹以上は硬質な火山岩類が分布し比較的急な傾斜をなしているが、山麓部は凝灰角礫岩、泥岩および砂岩などの比較的軟質な岩相を反映して緩傾斜面や平坦面を形成しており、主に茶畑などとして利用されている。トンネル通過地点は標高60~130m程度となっており、トンネルの最大土かぶりには西工区の泥岩区間において約260mとなっている。

地質は、古第三紀に形成された泥岩ならびに砂岩からなる杵島層群を基盤とし、その上位に新第三紀~第四紀に活動したとされる火山噴出物層が堆積している。両者は不整合の関係にあり、形成環境の違いによって全く異なる性状を示す。杵島層群は古第三紀に形成された地質であることから、全体としては比較的硬質な岩盤性状を示すものの、亀裂が発達し局所的に破碎され明瞭な鏡肌を有しており、スレーキングによる強度低下を起こしやすい。そのため、杵島層群が広範囲に分布する本トンネルの長崎側の坑口部周辺には、比較的規模の大きな地すべり地帯が形成されている。

一方、火山噴出物層は、火山岩類のほか凝灰角

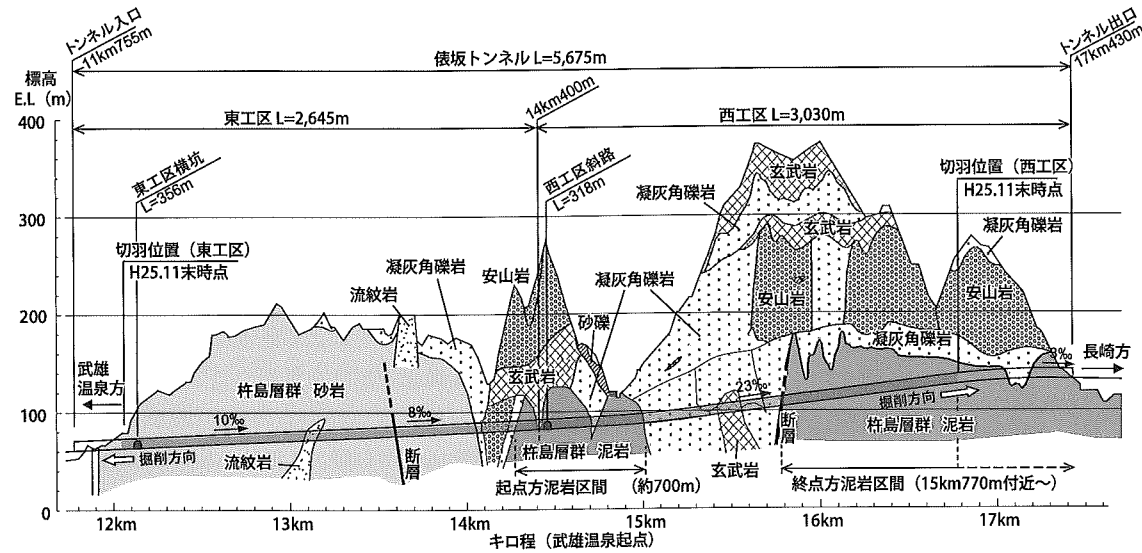


図-2 俵坂トンネル地質縦断面図

礫岩を主体とする火山碎屑物層からなり、大量の地下水を胚胎していることから、基盤層との地質境界付近には湧水が存在することが多い。さらに、杵島層群中には、玄武岩や流紋岩などの火山岩類の局所的な貫入もみられ、トンネル掘削時に突発湧水の原因となる可能性もある。

3 泥岩区間の施工概要

3-1 押し出し現象の発生とその原因

新幹線ルート近傍に位置する長崎自動車道うれしのトンネルならびに俵坂トンネルにおいては、I期線の供用開始後にトンネル内で路盤隆起などの変状が生じたため、II期線開通後に恒久対策工事が実施されたことが報告されている^{1),2)}。

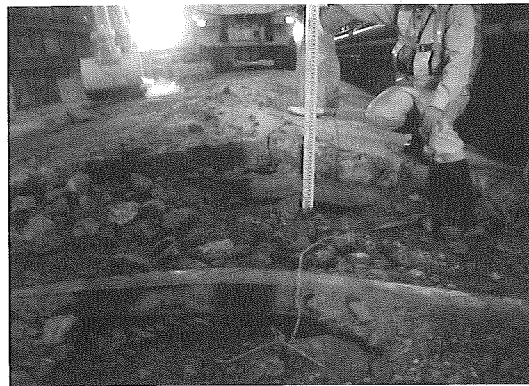


写真-1 西工区斜路掘削時の盤膨れ発生状況

同様の地質条件である本トンネルの西工区においても、斜路および本坑の起点方泥岩区間の掘削時に側壁からの押し出しによって最大200mm程度の内空変位が生じ、掘削が難航した経緯がある³⁾。写真-1に斜路掘削時の盤膨れ発生状況を示す。

終点方泥岩区間の掘削にあたっては、同様の性状を呈する杵島層群が対象となることに加え、最大約260mの大土かぶり区間となることから、より著しい押し出し現象の発生が危惧された。

一般に、押し出し現象の発生原因としては、岩石の物理化学的性質に起因するスウェリングと地山のせん断強度の低下に伴う塑性流動化に起因するスクイーピングがある⁴⁾。杵島層群泥岩層の性状を把握するため、各種岩石試験を通して膨張性指標の判定を実施している。

図-3に起点方および終点方泥岩区間における代表的な膨張性指標の判定結果を示す。この結果からは、一軸圧縮強さや地山強度比などの値が小さい傾向を示しており、西工区における押し出し現象の原因は、泥岩のせん断強度の低下に伴う塑性流動化に起因するスクイーピングが主体であると推定される。

しかしながら、実際の押し出し現象の原因をスウェリングかスクイーピングかを区別するのは困難であり、それらが複合的に生じていることが多い⁵⁾との見解もあり、試験結果は陽イオン交換容量などが膨張性の指標に近い値を示していることから慎重な判断が必要と考える。また、とくに一軸

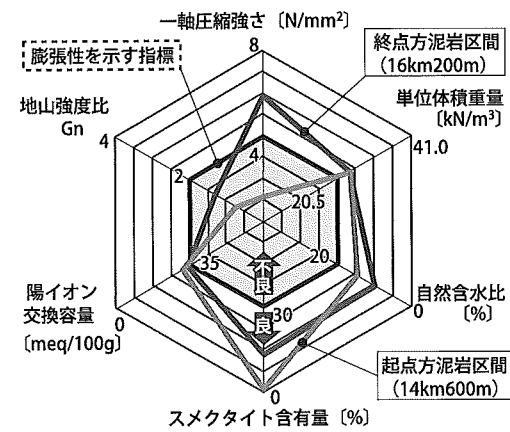


図-3 膨張性指標の判定結果

圧縮強さについては全区間を通してばらつきが大きく、地山強度比の判断については注意が必要である。

本トンネルのように古第三紀の泥岩については、岩片自体は比較的硬質な性状を示すことが多いものの全体としては潜在的な亀裂面が発達しており、その影響は決して無視できないことから、岩盤としての強度特性を評価する際には、マスとしての性状を十分に把握することが不可欠である。

3-2 泥岩区間における切羽前方探査

当初、終点方泥岩区間の掘削にあたっては、切羽前方探査として施工初期段階から継続していたウォータハンマーによる長尺ノンコアボーリングとTSP203(弾性波探査)を主体とした地山評価を実施していた。しかしながら、掘削が終点方泥岩区間と凝灰角礫岩との層境付近(15km790m)において、破碎性泥岩が局所的に分布することを予見できなかったため切羽崩落に至った(写真-2)。泥岩の破碎状態や亀裂の発達具合を評価する場合、ノンコアボーリングから得られる情報にもとづく判定では事前の地山評価手法としては限界があるものと判断し、以降の切羽前方探査手法としてPSワイヤライン工法(ロータリーパーカッションドリルを用いたワイヤラインサンプリング)による先進コアボーリングを採用することとした。先進コアボーリング結果の一例と同区間における切羽状況をそれぞれ写真-3, 4に示す。

先進コアボーリングによって、破碎され粘土化した泥岩や軟質な凝灰岩などの掘削上の要注意区



写真-2 層境付近(15km790m)の破碎性泥岩の崩落状況

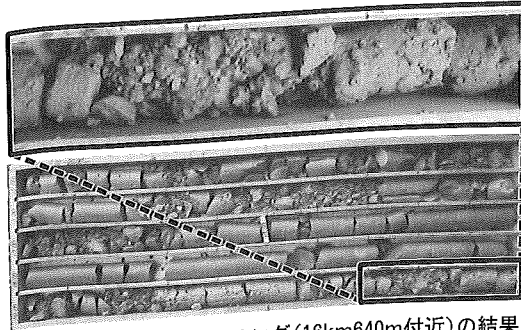


写真-3 先進コアボーリング(16km640m付近)の結果

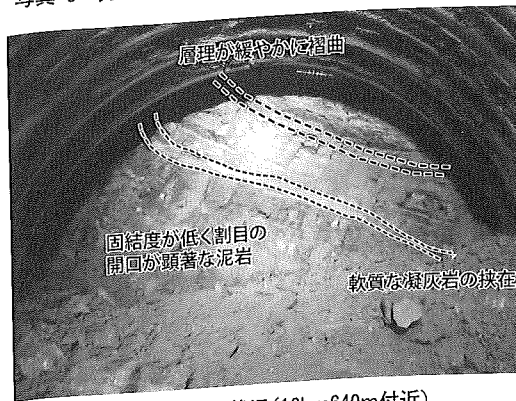


写真-4 切羽状況(16km640m付近)

間をある程度の精度で事前に抽出することが可能となった。なお、その後の終点方泥岩区間の施工実績より、以下の条件のいずれかに該当するようなコアが事前に採取された場合に、切羽自立性の悪化や内空変位の増大といった注意すべき兆候が顕在化しやすい傾向にあることがわかっている。

- ・粘土化が顕著な区間が3m程度連続して確認された場合
- ・鏡肌を多く含むコアが確認された場合
- ・軟質な白色凝灰岩などの介在が確認された場合

3-3 泥岩区間の掘削方針

泥岩区間においては、剛性の高い支保構造を採用するとともに、トンネル周辺地山を三軸状態に拘束し地山のゆるみを抑制するとの観点から、支保の閉合を図ることとした。とくに不良地山区間が継続し初期変位速度が大きい場合には、上半切羽から1D(D:トンネル掘削幅, 約10m)程度以内の離れでインバートストラットによる早期閉合を実施している。

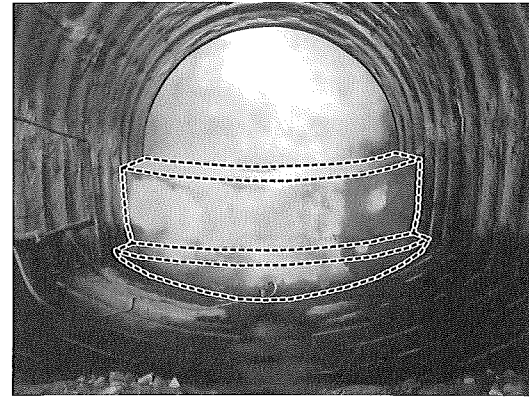


写真-5 早期閉合の実施状況

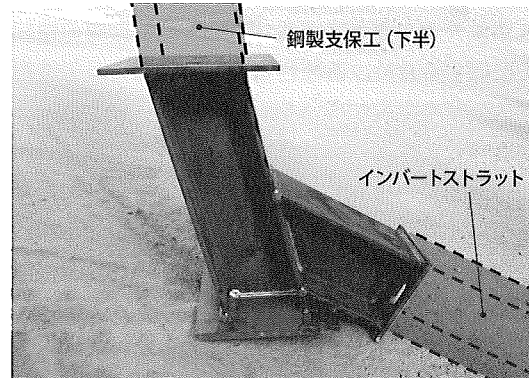


写真-6 隅角部(左)の鋼製支保工連結部材

なお、初期変形量が比較的小さい箇所においても、緩慢な内空変位が長期にわたり継続する傾向が確認されたことから、切羽後方(おおむね2D以上の離れ)において閉合を実施している。写真-5に早期閉合の実施状況を示す。

また、トンネル隅角部に位置する下半鋼製支保工とインバートストラットとの連結部材の構造を写真-6に示す。隅角部は閉合時に構造上の弱点となりやすいため、信頼性の高い工場溶接にて製作した「ト」の字形の部材を下半鋼製支保工の下部に連結したうえで、インバートストラットと接続している。

掘削工法については、切羽の自立性が十分に確保される場合は補助ベンチ付き全断面工法を採用している。一方、地山条件が悪化し切羽の自立性が低下するような場合には、閉合のタイミングがやや遅れるもののミニベンチカット工法により加

背を縮小し、鏡面の安定性を確保することを重視している。図-4にミニベンチカット工法による早期閉合の実施状況を示す。

なお、最近の押し出し性地山の施工事例では、地山条件が悪いほど早期に断面閉合を図るために、補助ベンチ付き全断面工法あるいは全断面工法を適用して大きな加背で掘削し、積極的に早期閉合を図るという思想も多くみられる。そのような場合、比較的規模の大きな切羽補強工の併用が不可

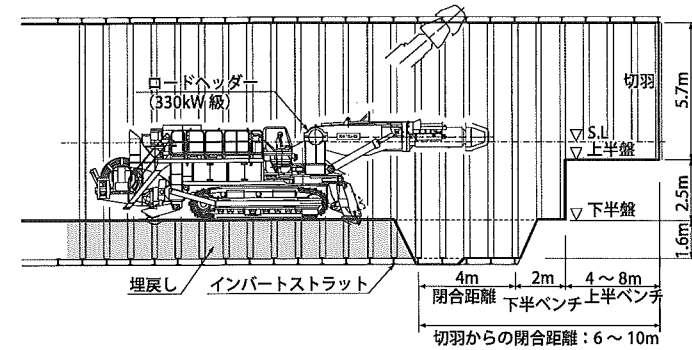


図-4 早期閉合の実施状況(ミニベンチカット工法の場合)

欠となるため、経済性の面で慎重な検討が求められる。早期閉合を適用する際の掘削工法の選択や切羽補強工などの併用に関する考え方については、今後の検討が深度化されることを期待する。

泥岩区間における支保パターンを例を表-1に示す。泥岩区間においては、新幹線断面の標準支保パターンであるI_{sp}(鋼製支保工:H-150, 吹付けコンクリート:t=150mm)を基本とし、とくに地山状況が悪い場合には特_{sp}(鋼製支保工:H-200,

吹付けコンクリート:t=250mm)を採用している。閉合パターンについては、上下半の支保構造と同等としている。変形余裕量の設定については、内空変位の発生状況に応じてフレキシブルな対応を図っている。ロックボルトについては、後述するようにトンネル側方からの押し出し現象が顕著であるため、表中の支保パターン図に示すように側壁部に密な配置としている。

表-1 泥岩区間における支保パターンの例

支保パターン	I _{sp} (直線断面の一例)	特 _{sp} (曲線断面の一例)
掘進長	1.0m	1.0m
鋼製支保工	H-150(SS400, H-150×150×7×10)	H-200(SS400, H-200×200×8×12)
吹付けコンクリート	最小厚 t=150mm(18N/mm ²)	最小厚 t=250mm(18N/mm ²)
ロックボルト	L=3.0m(D22, SD390)×14本	L=4.0m(D22, SD390)×22本
閉合パターン	鋼製支保工:H-150 吹付けコンクリート:t=150mm	鋼製支保工:H-200 吹付けコンクリート:t=250mm
変形余裕量	なし	上半:75mm, 下半:50mm
支保パターン図		
支保内圧	0.799MPa	1.308MPa
軸剛性	1.433MN	2.334MN
曲げ剛性	4,532kN・m ²	15,112kN・m ²

なお、表中には支保パターンの軽重の比較の参考として、HoekとBrownの提案式にもとづく支保内圧値⁹⁾と軸剛性ならびに曲げ剛性を示している。

4 終点方泥岩区間における施工実績

4-1 終点方泥岩区間の施工実績

終点方泥岩区間(15km770m付近以降の約900m間)における施工実績を図-5に示す。この結果から、以下のことが確認できる。

- 土かぶりは最大約260mから最小約70mまで変化しており、掘削進行に伴い減少傾向にある。
- 軸圧縮強さの分布は5~15N/mm²程度であり、泥岩としては比較的硬質であるが、土かぶりが大きい区間では地山強度比が2前後の値を示している。
- 内空変位量と天端沈下量の分布を比較すると、全体的に内空変位量が多い傾向(最大約220mm)であり、トンネル水平方向の変形が卓越していることから、側方からの押し出し現象が生じていることが推察される。
- 内空変位量が多い区間に着目すると、層境(断層)や破碎質で鏡肌が発達した箇所および軟質な凝灰岩が介在した箇所など、地質状況の影響が大きい。
- 泥岩区間においては、全区間において閉合を

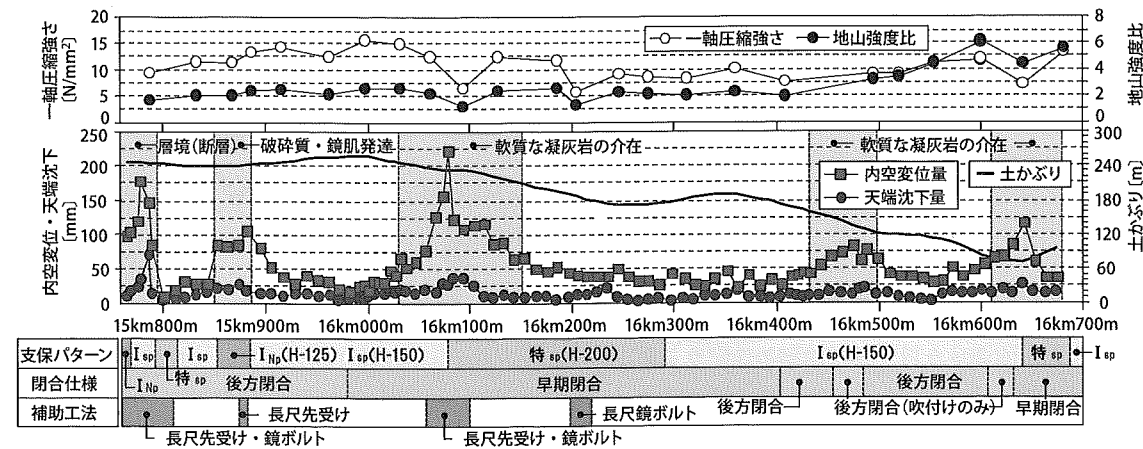


図-5 終点方泥岩区間の施工実績(15km770m~)

実施しており、そのうち約6割の区間で早期閉合を実施している。

4-2 A計測結果の分析

終点方泥岩区間におけるA計測結果から、内空変位量と天端沈下量の発生傾向についての分析を実施した。内空変位量の収束値： δ_h と天端沈下量の収束値： δ_v の関係を図-6に示す。壁面変位量に着目すると $\delta_h:\delta_v=2:1$ の場合が鉛直方向と水平方向の平均壁面変位が等量を示すことになる。グラフからは、ほとんどのデータが δ_h の卓越する傾向を示しており、最大で $\delta_h:\delta_v=10:1$ 近くにプロットされるものもみられることから、トンネル側方からの押し出し現象が顕著に生じていることが確認できる。

次に、図-7に内空変位比率 δ_h/δ_v と土かぶり比D(土かぶりをトンネル幅で除した無次元量)の関係

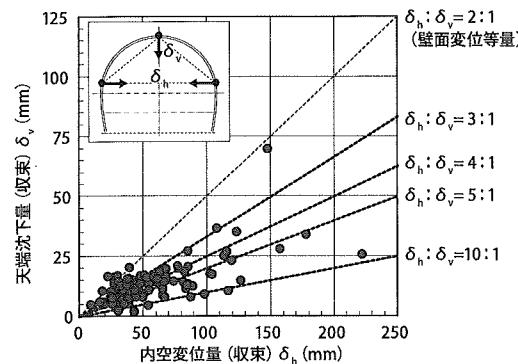


図-6 内空変位量と天端沈下量の関係

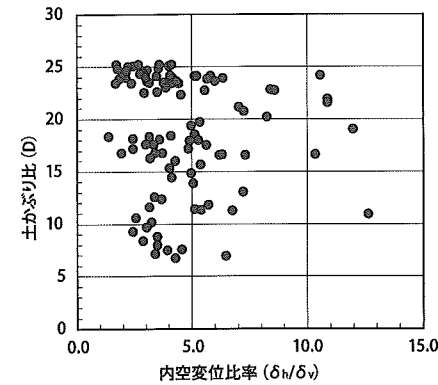


図-7 内空変位比率と土かぶり比の関係

係を示す。 δ_h/δ_v が8.0を超えるデータは、ほとんどが土かぶり比の大きな範囲にプロットされる傾向があるものの、全体的には明瞭な相関関係はみられない。一般に、押し出し性地山の掘削挙動は、土かぶりの影響を大きく受けやすいとされているが、計測結果の分析からは同様の傾向を確認することはできなかった。この原因としては、本トンネルの場合、土かぶりよりも地質的な要因が大きく影響していることが想定される。杵島層群泥岩層は、潜在的な亀裂が発達しており、層理や節理の発達方向、地山の強度・変形特性が有する異方性などが掘削挙動に大きく影響しているものと考えられる。

4-3 内空変位の収束性

終点方泥岩区間におけるA計測結果から、内空変位量の収束値が100mm以上と比較的大きな値を示すデータを抽出し、切羽離れ(上半切羽の掘削進行)と内空変位量との関係を整理した。その結果を図-8に示す。なお、グラフ中のプロット箇所は、閉合が完了したタイミングを示している。

この結果より、全体的には、閉合による効果で内空変位速度が徐々に低下していることが確認できる。しかしながら、切羽離れが30m程度を超えても緩慢な内空変位が継続しており、変形の収束性が悪い傾向がみられる。また、切羽離れ30~50

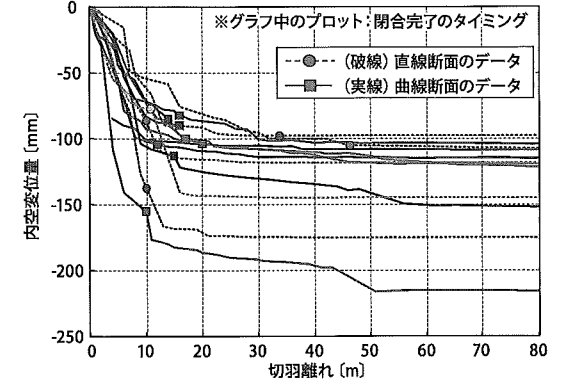


図-8 切羽離れと内空変位量の関係

表-2 トンネル断面形状の比較

	直線断面(直線型: $R=\infty$)	曲線断面(曲線1型: $R<5,000m$)
断面図		
断面諸元	<ul style="list-style-type: none"> 側壁半径比 : $r_2/r_1 = 1.51$ 側壁曲率 : $1/r_2 = 1.31 \times 10^{-4}$ インバート半径比 : $r_3/r_1 = 1.58$ インバート曲率 : $1/r_3 = 1.26 \times 10^{-4}$ 	<ul style="list-style-type: none"> 側壁半径比 : $r_2/r_1 = 3.13$ 側壁曲率 : $1/r_2 = 0.63 \times 10^{-4}$ インバート半径比 : $r_3/r_1 = 1.78$ インバート曲率 : $1/r_3 = 1.11 \times 10^{-4}$

m付近のグラフの傾きに注目すると、上記の傾向は直線断面(破線)のデータよりも曲線断面(実線)のデータにおいて顕著であることがわかる。

ここで、新幹線トンネルの直線断面と曲線断面の形状比較を表-2に示す。側壁ならびにインバートの曲率について比較すると、曲線断面よりも直線断面の方が大きく、より円形に近い傾向といえる。このことが、直線断面と曲線断面の内空変位の傾向の差に影響を与えている可能性が示唆されるが、今後、数値解析や他の詳細なデータ分析を通して定量的な比較検討を行ってきたい。

5 詳細計測による掘削挙動の分析

5-1 詳細計測の概要

終点方泥岩区間における詳細な掘削挙動の分析を行うため、土かぶりが234mとなる16km074m

表-3 計測箇所の概要(16km074m)

計測位置	武雄温泉起点16km074m
土かぶり	234m
地質	古第三紀杵島層群泥岩層
一軸圧縮強さ	10.8(N/mm ²)(点荷試験結果より)
地山強度比	1.93
掘削工法	ミニベンチカット工法(上半ベンチ長4~8m)
一掘進長	1.0m
支保パターン	【I sp(曲線断面)】 鋼製支保工:H-150 吹付けコンクリート:t=150mm(最小厚) ロックボルト:L=4.0m×10本 (長尺先受け工実施のため天端は未設置)
閉合パターン	鋼製支保工:H-150 吹付けコンクリート:t=150mm
変形余裕量	上半:75mm, 下半:50mm

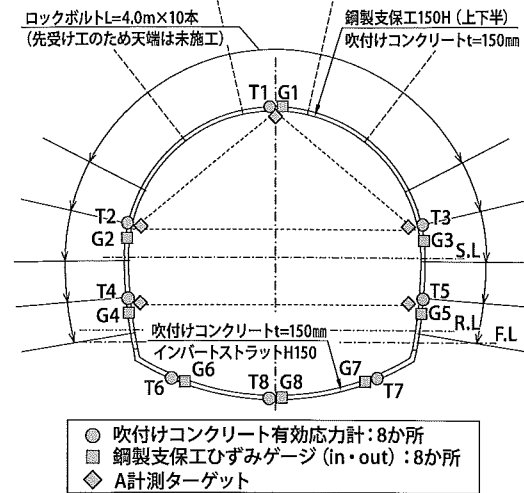


図-9 詳細計測の実施項目(16km074m)

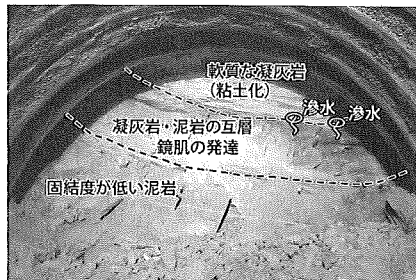


写真-7 B計測実施箇所の切羽状況(16km074m)

地点を対象として、通常のA計測に加えB計測を実施した。表-3に計測箇所の概要を、図-9に詳細計測の実施項目を示す。

B計測実施箇所の切羽状況を写真-7に示す。軟質な凝灰岩と泥岩の互層を呈しており、鏡面には滲水がみられる状況であった。また、切羽の自立性が悪いため、長尺先受け工と鏡ボルトを併用している。

5-2 A計測結果の分析

図-10にA計測の結果を示す。掘削直後より、とくに上半測線の内空変位の発生が顕著であり、初期変位速度は29.3mm/日に達している。最終的な内空変位量は160mmとなっており、断面の一部において縫返しを実施している。一方、天端沈下量は26mmと小さく内空変位量の約1/6となっており、水平方向の内空変位が卓越していることから、

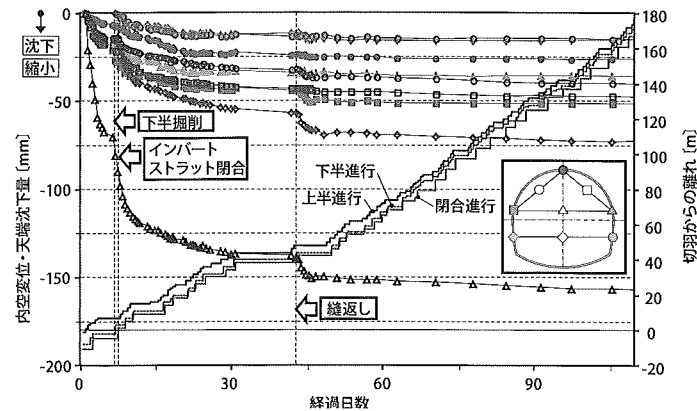


図-10 A計測結果(16km074m)

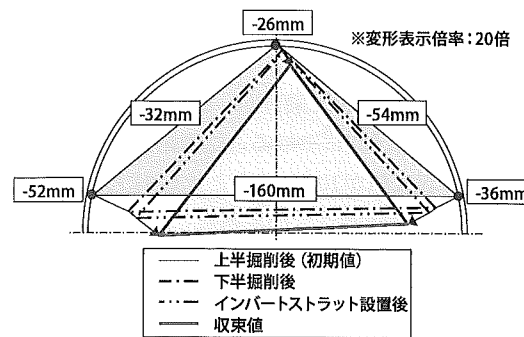


図-11 A計測結果による変形モード(16km074m)

側方からの押出し現象が顕著な傾向がうかがえる。次に、A計測データにもとづき各掘削段階における上半測線の変形モードについて整理した結果を図-11に示す。上半掘削直後より著しい側方か

らの押出しが生じており、下半掘削、インバートストラットと施工が進むにつれ水平方向の変形が進行していることがわかる。天端や脚部の沈下といった鉛直方向の挙動も確認できるが、やはり水平方向の変形が圧倒的に大きい傾向である。インバートストラットの設置後においても、鉛直方向と水平方向の変形は同程度の割合で継続しており、収束するまでに時間を要している。また、側方からの押出しによってトンネルがやや縦長の変形モードを呈していることが想定される。

5-3 B計測結果の分析

5-3-1 鋼製支保工ひずみ測定結果

図-12に鋼製支保工の縁ひずみの経時データを示す。上半掘削直後より、天端部の内側(G1-in)に大きな圧縮ひずみが発生しており、急激に降伏(降伏ひずみ:約0.12%, 降伏応力245N/mm²)に至っている。側方からの急激な押出しによって、天端部の鋼製支保工に過度の負担が生じているものと考えられる。また、インバートストラットの閉合後、全周において圧縮ひずみが増加する傾向にあり、いくつかの測点が降伏に達していることがわかる。この圧縮ひずみの増加傾向は掘削後の長期間にわたって継続している。インバートストラットの閉合後に全体的に圧縮ひずみが増加していることから、閉合によって支保工のリング構造が形成されたことで、支保機能が十分に発揮されたこ

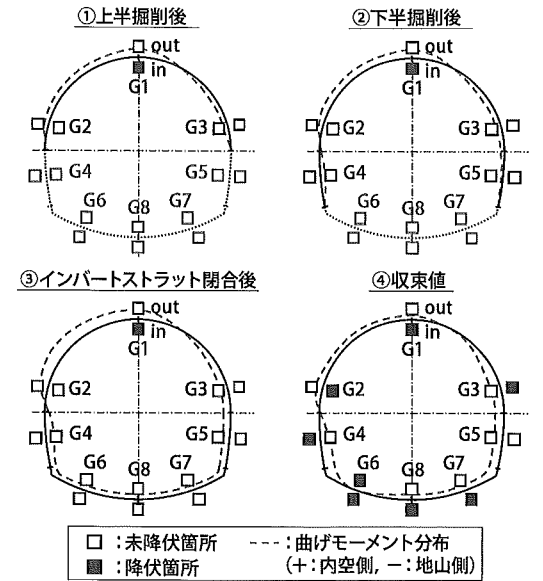


図-13 鋼製支保工の曲げモーメント分布ならびに降伏の進展状況

とが考えられる。ただし、全体的に降伏に達した部材が多いことから、支保耐力が不足していることも確認される。

次に、鋼製支保工縁ひずみのデータから、曲げモーメント分布と降伏の進展状況について各掘削段階で整理した結果を図-13に示す。上半掘削時に既に鋼製支保工の天端部内側(G1-in)は降伏しており、側方からの押出しによって天端部に負の曲げモーメント(地山側に凸)が生じている。下半掘削、インバートストラットと

施工が進んでも、この傾向は大きく変化していないが、下半左側(G4)の箇所において正の曲げモーメント(内空側に凸)の進行がみられる。

インバートストラット閉合直後の降伏箇所は天端内側(G1-in)のみであり、全体的にはまだ降伏が進展していない。その後、収束するまでの間に徐々に圧縮ひずみが増加し、全体的に降伏が進展していることがわかる。

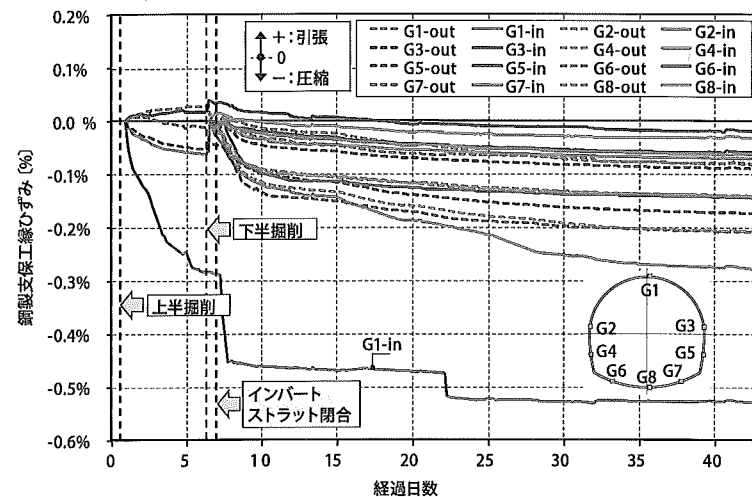


図-12 鋼製支保工縁ひずみ

5-3-2 吹付けコンクリート応力測定結果

図-14に吹付けコンクリート応力の経時データを示す。上半掘削直後より、天端部(T1)に大きな圧縮応力が生じていることがわかる。鋼製支保工の計測結果と同様に、上半掘削段階における側方からの急激な押出しによって、天端部の吹付けコンクリートに負担が生じているものと考えられる。また、インバートストラットの閉合後に全体的に圧縮応力が増加し続けている傾向も鋼製支保工と同様であり、閉合によってリング構造が形成され、吹付けコンクリートが圧縮部材として機能を発揮しているものと考えられる。なお、図-14には、吹付けコンクリートの設計上の強度発現曲線を合わせて示しているが、長期的には吹付けコンクリートの応力は各測点で設計基準強度(18N/mm²)以下の値で収束しており、支保部材としては十分な耐力を維持した状態であるものと考えられる。

鋼製支保工ひずみ測定結果からは、降伏箇所が多数生じており支保部材としての耐力が不足していることが懸念されたものの、吹付けコンクリート応力測定結果からは、吹付けコンクリートが十分な耐力を維持しつつ、圧縮部材として健全性を保った状態で鋼製支保工と一体となり支保機能を発揮しているものと推察される。

5-3-3 押出し性土圧の推定

これまでに示した計測結果より、西工区の泥岩区間においては、側方からの顕著な押出し現象が卓越するという特徴的な掘削挙動が確認された。ここでは、既往の分析事例⁹⁾を参考とし、吹付けコンクリート軸力の結果をもとに支保工に作用する押出し性土圧の大きさについて検討を行う。

吹付けコンクリートの軸力分布を図-15に示す。天端(T1)の軸力が最大値を示しており、インバートストラット中央(T8)とともに大きい傾向にあり、トンネル側方からの押出し現象を反映している。

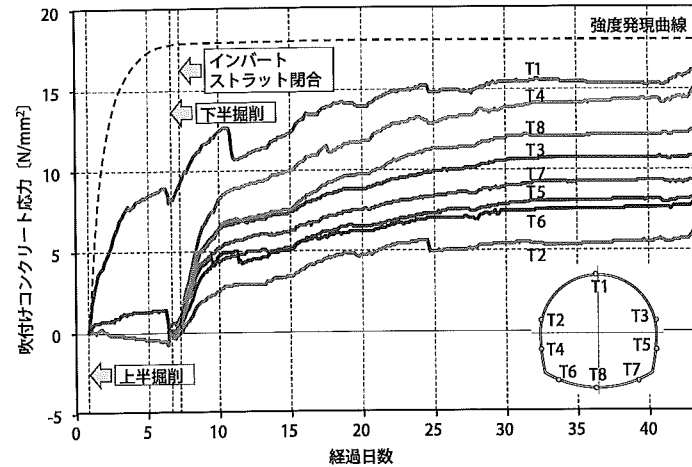


図-14 吹付けコンクリート応力

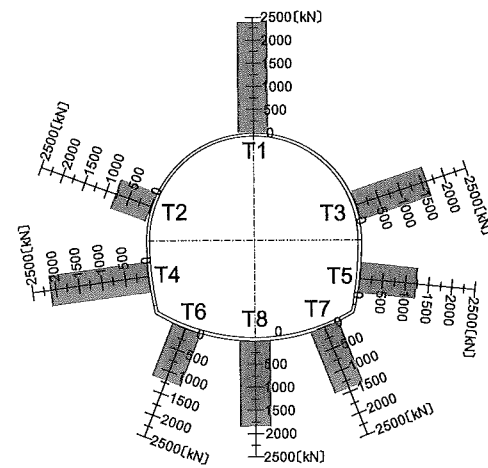


図-15 吹付けコンクリート軸力分布

ここで、天端(T1)におけるトンネル奥行1mあたりの軸力の最大値 $N_{max}=2,400\text{kN/m}$ とトンネル掘削半径 $R=5.2\text{m}$ から、以下の式によって押出し性土圧 P_0 の推定を試みる。

$$P_0[\text{N/mm}^2] = N_{max}[\text{kN/m}] / R[\text{m}] / 1,000$$

$$= 2,400 / 5.2 / 1,000 \approx 0.46 [\text{N/mm}^2]$$

この結果より、トンネル側方から作用する押出し性土圧の大きさは $P_0=0.46\text{N/mm}^2$ 程度と推定される。さらに、地山の単位体積重量 γ (20.0~23.0 kN/m³程度) を考慮し、次式によって作用土かぶり高さ H_0 を求める。

$$H_0[\text{m}] = P_0[\text{N/mm}^2] / \gamma [\text{kN/m}^3] \times 1,000$$

$$= 0.46 / (20 \sim 23) \times 1,000 \approx 20 \sim 23 [\text{m}]$$

したがって、換算作用土かぶり高さで20~23m

程度の押出し性土圧がトンネル側方から作用しているものと推定される。

6 おわりに

本稿では、俵坂トンネル西工区における施工概要について報告するとともに、特徴的な掘削挙動である側方からの押出し現象について各種計測結果にもとづき分析と評価を行った。今後の掘削区間においても杵島層群泥岩層の出現が想定されており、施工データや各種計測結果の解析を通して継続的に掘削挙動の評価を実施していく考えである。

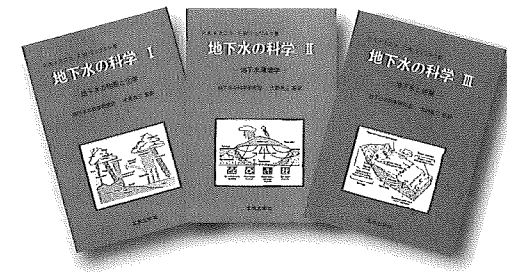
最後に、日頃より多くの課題に対して貴重なご意見とご指導を賜っている「九州新幹線(西九州)トンネルの設計・施工に関する検討委員会(委員長:江崎哲郎・九州大学特任教授/名誉教授, 幹事長:大島洋志・首都大学東京客員教授)」の委員各位に厚く感謝の意を表したい。

■ 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物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



「へその町」北海道富良野市より

成田 望

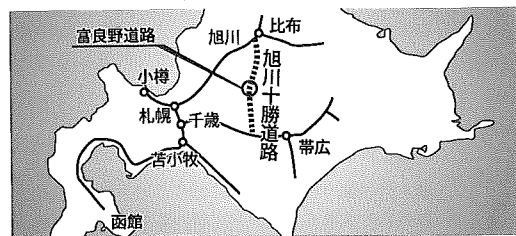
北海道富良野市は、北海道のほぼ中心に位置し「へその町」として知られている。「富良野」という地名はアイヌ語のフラヌイ(ニオイのするところ)に由来し、市の北東に位置する大雪山系十勝岳の噴気に由来があると言われる。

夏場に満開となる「ラベンダー」とテレビドラマ『北の国から』の人気により北海道を代表する観光地の一つとなっている。とくに、毎年7月下旬に催される「北海へそ祭り」には、人口の約3倍となる観光客が訪れて、踊り手とともに町を賑やかにする。

「北の峰トンネル(仮称、以下省略)」は、そのような富良野市内を通る地域高規格道路「旭川十勝道路」のうち「富良野道路」に計画されている延長2,928mのトンネルであり、平成21年度から工事に着手している。「旭川十勝道路」は、道北圏の中核都市旭川市から占冠村までを結ぶ延長約120kmの道路で、北海道縦貫自動車道および北海道横断自動車道と接続することで、北海道における広域交流ネットワークを形成し、当該地域の交通円滑化、地域間連携や広域的な人流・物流の活性化に寄与する路線となる。

現場周辺は、夕張山地山麓の丘陵地で、広大な森林や豊富な地下水など豊かな自然環境が保たれており、周辺水文環境への影響に配慮した施工が求められている。また、既往調査により活断層や被圧帯水層も確認されたことから、地山安定性の確保や大変形の防止にも配慮が必要とされている。そのため、地下水環境保全と地山安定性に配慮した、ウォータータイト構造(非排水構造)や止水注入工を採用しながらトンネルの掘削を進めている状況である。

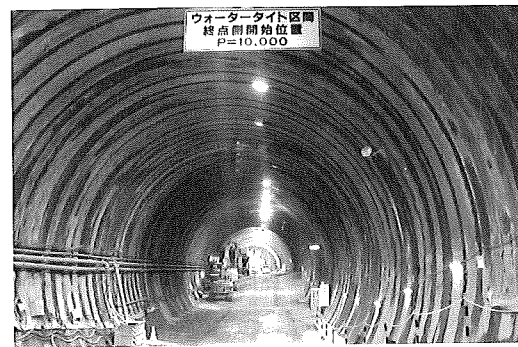
ウォータータイト断面(終点側施工中)は、工事完了



位置図



北海へそ祭り



ウォータータイト断面

後に地下水位が回復した際に作用する外水圧に抵抗することを目的に、トンネル形状を真円としている。これまでのところ、事前に行った止水注入工の効果は大きく、地下水位が高く非常に脆弱な地山であったにもかかわらず、大量湧水や大きな変状を発生させることなく安全な掘削を行うことができています。また、トンネル坑外に多数設置済みの地下水観測孔や周辺の井戸・河川などにおいてもトンネル掘削の影響を最小限に抑えられていることも確認できています。

平成25年12月末日現在の進捗は掘削長1,980m(起点側1,201m、終点側779m)となっている。現在まで無事故・無災害を継続しており、今後もJV職員、協力会社作業員一丸となって無事貫通を目指していく所存である。

(鹿島・三井住友・荒井建設北の峰トンネルJV工事事務所所長)

施工

輻輳する既設管直下に新たな導水管の布設空間をNATMで築造

—名古屋市上水道 犬山系導水路分岐工事—

名古屋市上下水道局建設部建設工事事務所技師 白坂 広史
日本国土・鈴中特別共同企業体監理技術者 尾畑 太志

1 はじめに

名古屋市が供給している上水道は木曾川を水源とし、市北部の犬山市内から取水して春日井浄水場・鍋屋上野浄水場へ導水する犬山系と、市北西部の一宮市(旧朝日村)内から取水して大治浄水場へ導水する朝日系との2系統で導水されており、どちらの系統も3本(A管・B管・C管)の導水管で導水している。図-1に本市の導水系統を示す。

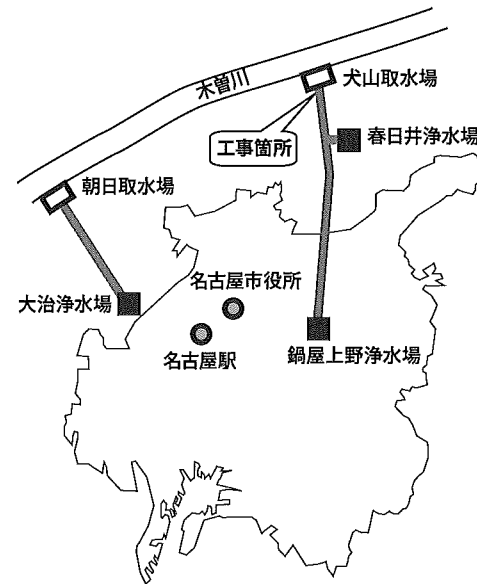


図-1 導水系統図

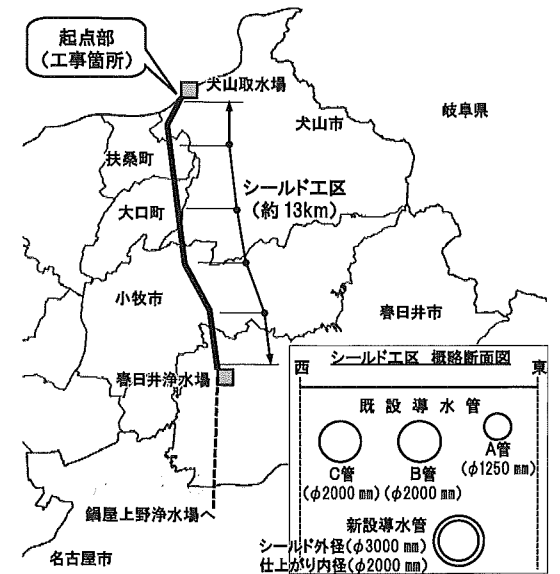


図-2 整備事業全体概要図

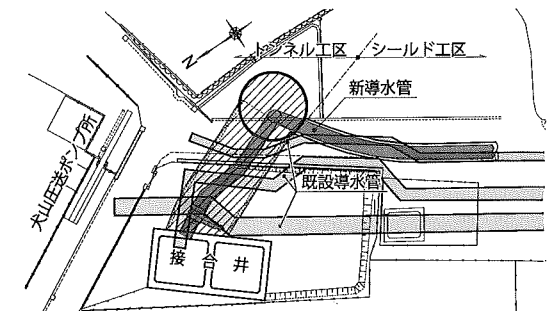


図-3 起点部概要図

犬山系導水路の取水場から春日井浄水場までのA管は呼び径1,250mmの普通鋳鉄製で継手に耐震機能はなく、布設後80年以上経過している。当局では、この老朽化が進んでいるA管の耐震化および導水能力向上(呼び径2,000mmへの増径)を目的とした「犬山系導水路A管整備事業」に平成21年度より着手している。この整備事業は3本ある既設導水管の下に、新たな導水管をシールド工法にて新設するものである。その延長は約13kmで、2～3kmの工区に分けて順次整備を進めている。

新設する導水管の起点となるのは、既設導水管(B管・C管)も接続されている接合井で、そこへ接合井内の水を抜くことなく運用したまま導水管を接続(不断水分岐)する計画である。しかし、接合井の周囲には既設導水管が輻射しており直近への立坑掘削が不可能であるため、離れた位置へ立坑を築造し、立坑底部より既設導水管の直下を通り、接合井までのトンネルを山岳工法で掘削することになった。

整備事業全体の概要を図-2に、起点部の概要を図-3に示す。この起点部におけるトンネル工事は、本市において最重要とも言える管路の直下での施工である。

本稿では、周辺地盤の変位に伴ない影響を受ける既設導水管に配慮しながらのトンネル工事について報告する。

2 起点部工事概要

工事名：犬山市大字犬山字西古券地内2000号分岐工事

工事場所：愛知県犬山市大字犬山字西古券

工期：平成22年2月1日～

平成26年3月14日

2-1 工事内容

シールド到達立坑を兼ねたトンネル発進用立坑を接合井の東約22.0mの位置に築造し、土かぶり約15.0mで接合井に向かってトンネルを掘削。トンネル内において接合井を運用したまま新しい導水管を分岐(穿孔)する。

工事内容を表-1に、工事概略図を図-4に示す。

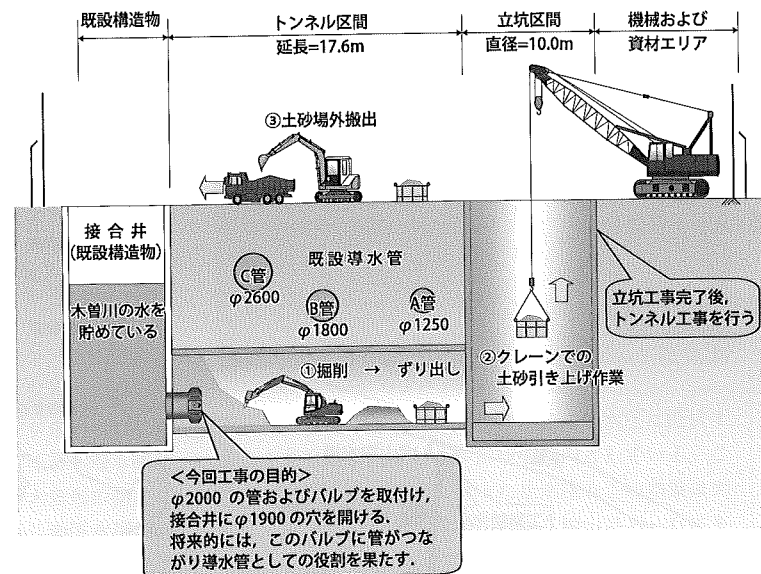


図-4 工事概略図

表-1 工事内容

管路工	導水管布設	鋼管, φ2,000mm, L=3.4m	
	不断水コンクリート壁穿孔	削孔径φ1,900mm, 壁厚=1.0m	
立坑工	沈設(ハイアック工法)	鋼製セグメント, 内径=φ10.0m, H=27.0m	
補助工	補助地盤改良	薬液注入(ダブルバッカー工法)	削孔本数=118本, 総削孔延長=1,363.1m, 総注入量=292.4kL
		薬液注入(低圧浸透注入工法)	削孔本数=190本, 総削孔延長=2,396.6m, 総注入量=418.9kL
	パイプルーフ	φ508mm, t=9.5mm, 10か所, 総推進長=177.1m	
トンネル工(NATM)	注入式長尺先受け	φ114.3mm, t=6.0mm, 8か所, 総削孔長=152.7m	
	機械掘削(DII)	掘削断面=58.4m ² , L=17.6m	

3 現場条件

3-1 周辺環境と埋設状況

工事箇所は図-5に示すように国宝犬山城の南西約400m, 当局犬山庄送ポンプ所の南部に位置する。

現場は一般住宅に囲まれ、ふだんは閑静な住宅地である。接合井や導水管の埋設されている土地は当局所有のものであるが、地上部分は一般車両も通行できる生活道路として供用されている。また、立坑用地は東海農政局所有の土地を借用した。現場平面図を図-6に示す。



図-5 工事位置図

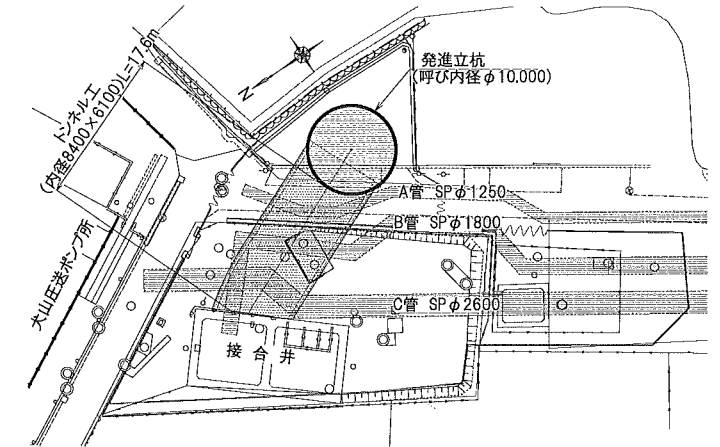


図-6 現場平面図

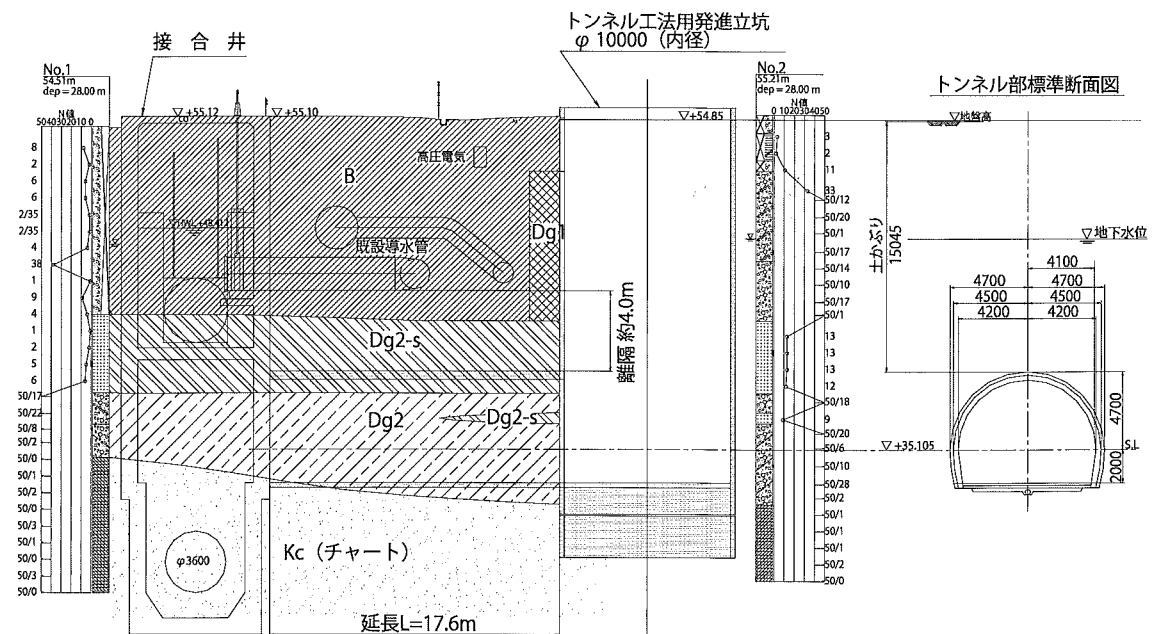


図-7 土質断面図

仮にトンネル掘削中に周辺地盤が沈下し、上部の埋設管などが機能を失い導水が停止する事態となれば、本市給水区域の半分以上に影響が及ぶ可能性がある。そのため、地盤の沈下を最小限にとどめ導水管に損傷を与えないことが重要である。

3-2 土質概要

工事箇所は濃尾平野北東端部の犬山扇状地内に位置し、地層は地表面より、約12.0mまでがN値の緩い砂礫主体の埋戻し土層(B)と100mm程度の玉石が混入する洪積層小牧礫層(Dg1)、約22.0mまでが400mm前後の玉石が混入する洪積層第二礫層(Dg2)、それ以深は中生代白亜紀・岩盤等級CL級程度のチャート(Kc)で構成されている。

この扇状地堆積物の特徴ともいえる大きな玉石と立坑底部に分布するチャートの存在が立坑掘削をはじめとする地上からの作業を困難にし、騒音・振動によりたびたび工事中断を余儀なくされた。

また、第二礫層(Dg2)内には、N値13程度の緩い砂層(Dg2-s)が約4.0m分布しており、この層がトンネル天端部にあたる。

地下水位はGL-7.4m、透水係数は平均して $10^{-2} \sim 10^{-3} \text{cm/s}$ 程度である。

起点部の土質断面を図-7に示す。

4 施工状況と沈下計測結果

トンネル掘削に先立ち施工した立坑は、ヤード内で施工が可能な最大径の内径10.0mで、トンネル施工基面までの深さは約22.0mである。補助工を含めたトンネル工事は、この内径10.0mの立坑内から行わなければならない。

さらに、補助工・トンネル工ともに接合井に向かっての施工であるため、補助工における削孔・推進時とトンネル工における地山掘削時には接合井を傷めない配慮が必要となる。

そのため、施工では地盤変位への対策に加え施工精度も求められる。

4-1 補助工

今回のトンネル工事での補助工として、トンネル天端地盤の固化とトンネル周囲の止水を目的とした薬液注入と、天端地盤崩落防止を目的とした

パイプルーフを併用した。

4-1-1 薬液注入

薬液注入の改良範囲は、トンネル周囲3.0mと上半部分とし、施工は二重管ダブルパッカー工法で立坑内にステージを組み、最上段から計15段(A~O列)をステップダウンするかたちで行った。薬液注入の配列を図-8に、ダブルパッカーによる注入状況を写真-1に示す。

薬液注入に伴う地盤の隆起により既設管への影響が懸念されたため、既設管と直結する既設空気弁室頂版部に計測点を2点設け、トータルステーションにより24時間体制で観測を行った。隆起の限界値は当局の埋設物防護基準に定める20.0mmとし、1次管理値を10.0mm、2次管理値を15.0mmに設定し計測管理を行った。

平成24年2月末に始まった薬液注入は、同年3月末までにA~F列までが完了した。しかし、それまでの隆起量が9.8mmと1次管理値に迫るもの

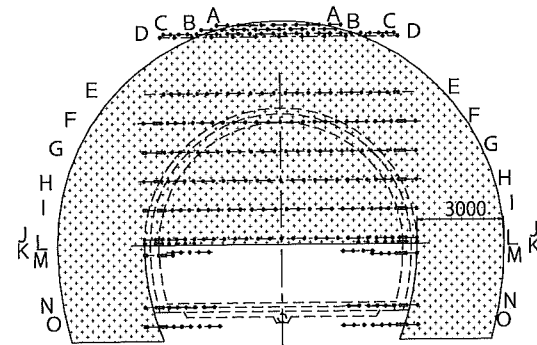


図-8 薬液注入配列図

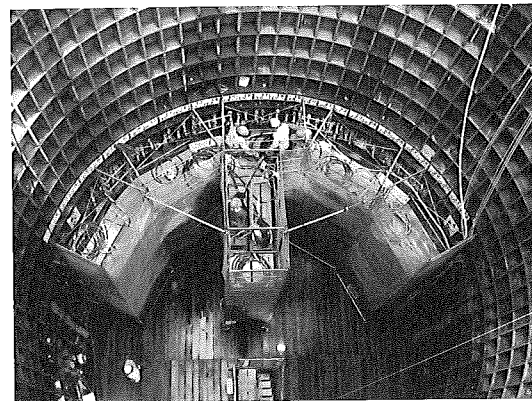


写真-1 ダブルパッカー注入状況



写真-2 低圧浸透注入状況

だった。さらにF列施工時には注入外管を建込む際に地下水の流出量が増大していた。そこでG列からは隆起量抑制と地下水流出による地盤沈下防止・薬液注入の効果低減防止のため、工法を低圧浸透注入工法へ切替えることとした。低圧浸透による注入状況を写真-2に示す。

同年5月上旬のI列注入時に隆起量が15.0mmを超えたため注入を一時停止し、既設管の調査を行った。調査は弁室内より既設管の継手からの漏水、弁室内への地下水流入の有無などを調べたが異常は認められなかった。その後は、既設管への影響を極力低減するために注入ポンプの台数を減らして注入を継続した。

同年6月下旬にはK列(トンネル下半部)の注入に至り、隆起量は最大で17.9mmまで達していたが、K列以降はトンネル側部だけの注入ということもあり隆起量は減少傾向となった。

同年8月18日、すべての注入が終了した時点での隆起量は18.1mm。8月30日には17.5mmで収束していることを確認した。

4-1-2 パイプルーフ(φ508.0mm, n=10本)

パイプルーフは天端地盤崩落防止のためにSL中心から120°の範囲に必要とされたが、立坑内にパイプルーフ推進機を設置することができる施工可能な範囲は約80°であった。

残り両側約20°の範囲については、施工機械が設置可能でパイプルーフと同等な効果が得られる注入式長尺先受け(AGF工、注入材：シリカレジ

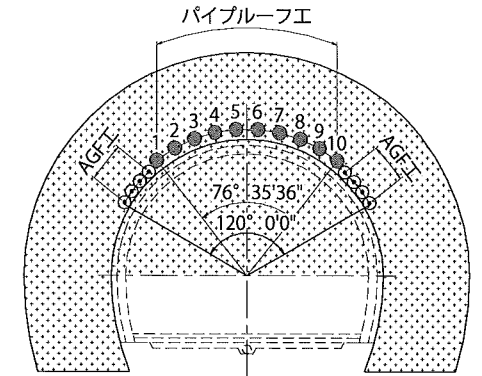


図-9 パイプルーフ配列図

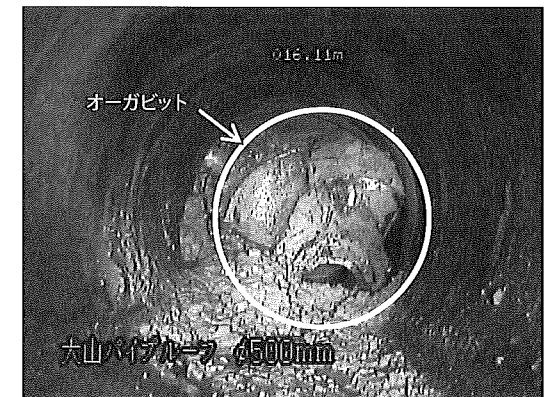


写真-3 鋼管内で折損したオーガビット

ン)にて施工した。パイプルーフの配列を図-9に示す。

施工対象土層はDg2-s層である。鋼管の推進に伴い排出される土砂は、粒径が細かく均一な砂であった。薬液注入の効果で湧水もなく、施工は順調に進むと思われた。ところが、No.5(1か所目)推進作業中、設計推進長17.11mに対して、残り0.46m付近までで推進が不可能となった。推進を中止しスクリーオーガを引抜いたところ、途中2か所で折損しており、オーガビットが回収できなかった。

鋼管内部をカメラ調査により確認した結果、100mm程度の玉石(実際はさらに大きいものと推定)と回収不能となったオーガビットが確認された(写真-3)。

推進不能位置までは小さい玉石も排出されなかったことと接合井直前での出現であったことにより、

接合井建設当時の埋戻し土であると推測した。玉石の撤去とオーガビットの回収は困難で、無理をすれば近くに位置する接合井に影響を与えかねない

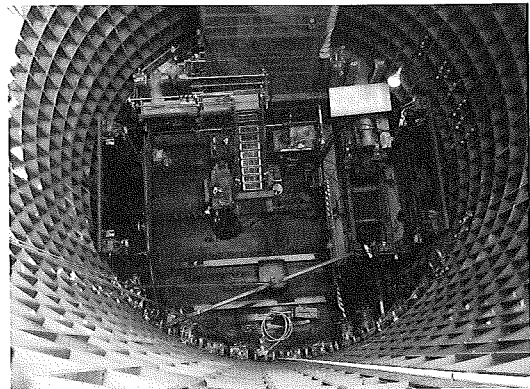


写真-4 No.10施工時

いのでNo.5はこの位置で終了とした。

その後は順調に推進が進んだが、最下段のNo.1において推進直後に再び玉石が出現した。推進位置はすべてDg2-s層と想定していたが、Dg2層との層境が想定よりも高い位置にあるものと推測された。使用したオーガビットに玉石を破碎する能力はなく、残りの推進区間と最後のNo.10においても玉石が出現する可能性があった。そのためロータリーパーカッションドリルによる先行削孔を実施して施工範囲の玉石を破碎し、残りの推進作業を施工した(写真-4)。

4-2 トンネル掘削工

4-2-1 トンネル掘削状況

掘削は上半先進ベンチカット工法により施工し

表-2 トンネル施工機械一覧

工種	種別・内容	工法・方法	主要機械	
トンネル掘削	掘削	機械掘削	油圧ブレーカ：400kg-0.25m ³ バックホウ	
			バックホウ：0.5m ³ バックホウ(ショートリーチ仕様)	
	ずり処理	(坑内)	直送方式 クレーン揚重	ずり積み機：ホイールローダ(0.8m ³ 級)
				バックホウ：0.5m ³ バックホウ(ショートリーチ仕様)
		(坑内から坑外へ)		ずりトロ：3.0m ³ 級(自動底開鋼車)
				揚重機：クローラークレーン 90t吊
(坑外)		ずり積み：バックホウ(0.4m ³ 級移動式クレーン仕様)		
		運搬：10tダンプトラック		
支保工	吹付けコンクリート	湿式 18N/mm ²	小断面用吹付けミニロボット	
			コンクリート吹付け機(湿式ポンプ10m ³ /h)	
			急結剤添加装置	
			コンクリートバケット(2.5m ³ 電動開閉式)	
			高所作業車(12.0mクローラ式)	
鋼製支保工		H形鋼	バックホウ：0.5m ³ バックホウ(ショートリーチ仕様)	
			油圧ブレーカ：400kg-0.25m ³ バックホウ	
金網工		150×150	高所作業車(12.0mクローラ式)	
			高所作業車(12.0mクローラ式)	
防水工		ザイベックス吹付け 1.2kg/m ²	高所作業車(12.0mクローラ式)	
			リシガン(吐出量80L/min)	
覆工	覆工コンクリート	高強度鋼繊維入り 36N/mm ²	小断面用吹付けミニロボット	
			コンクリート吹付け機(湿式ポンプ10m ³ /h)	
			急結剤添加装置	
			コンクリートバケット(2.5m ³ 電動開閉式)	
仮設工	坑内換気		高所作業車(12.0mクローラ式)	
			集塵機(1,500m ³ /min)	

た。施工に使用した主な機械を表-2に、トンネル平面を図-10、トンネル断面を図-11に示す。

今回のトンネル工事が一般的な山岳トンネル工と異なる特徴として、写真-5からもわかるように工事箇所が住宅街であるため昼間施工のみに制限されることや、トンネル上部に複数の既設導水管などが埋設されているためロックボルトの施工ができないことが挙げられる。また、地上ヤード・立坑内ともに非常に狭小であり、掘削から吹付けコンクリートへの移行などすべての作業切替え時において、クレーンにより機械を繰入替えしなければならないことや、吹付けコンクリートはプラントをヤード内に設置することができないため、すべてコンクリート工場から調達しなければならないことから、トンネル掘削の1サイクル内で余分に時間を必要とすることも特徴といえる。

そのため、地上部では機械の入替えを円滑に行うための準備と吹付けコンクリートの配車時間などを、つねに地下部と連絡を取り合い、できるだけ損失時間を短縮するよう努めた。

上半掘削時に心配されていた天端部(Dg2-s層)の地山の状態は、パイプーフ施工時に地下水の流出がなく、推進孔から地山が自立していることを確認できたため、薬液注入の効果が十分に発揮されており掘削には問題がないと判断したが、油圧ブレーカ(トンネル仕様に改造)を使用しリングカットでの掘削としたことや、全切羽鏡吹付けを実施することにより、鏡面の押し出しを抑制しながら掘削をした。

上半掘削は1日1m(1基)で順調に進み、鏡切りから約1か月で接合井に到達した。

下半のトンネル底部においては、堅硬なチャート層(Kc層)の出現が想定され掘削が難航すると思われたが、幸い接合井付近の数mにしか現れなかったため、当初の工程を縮めることができた。

覆工コンクリートとして高強度鋼繊維吹付けコンクリート(SFRC)を採用したシングルシェル方式として、曲げ靱性強度を増すことでトンネルの安定を図っている。トンネル工の施工経過を写真-6に示す。

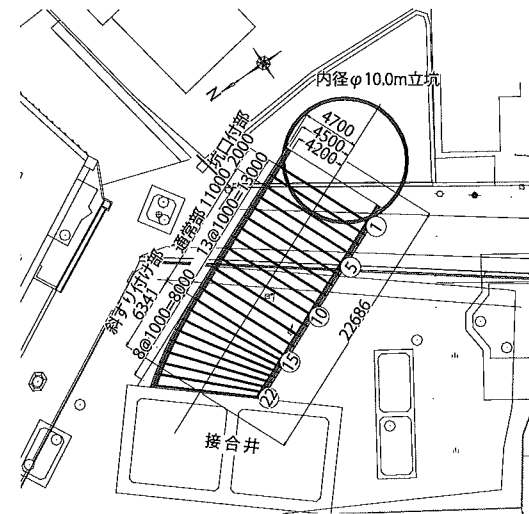


図-10 トンネル平面図

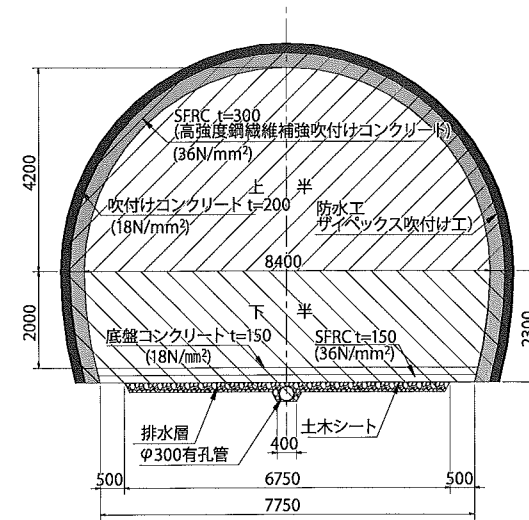


図-11 トンネル断面図



写真-5 ポンプ所屋上から見た現場

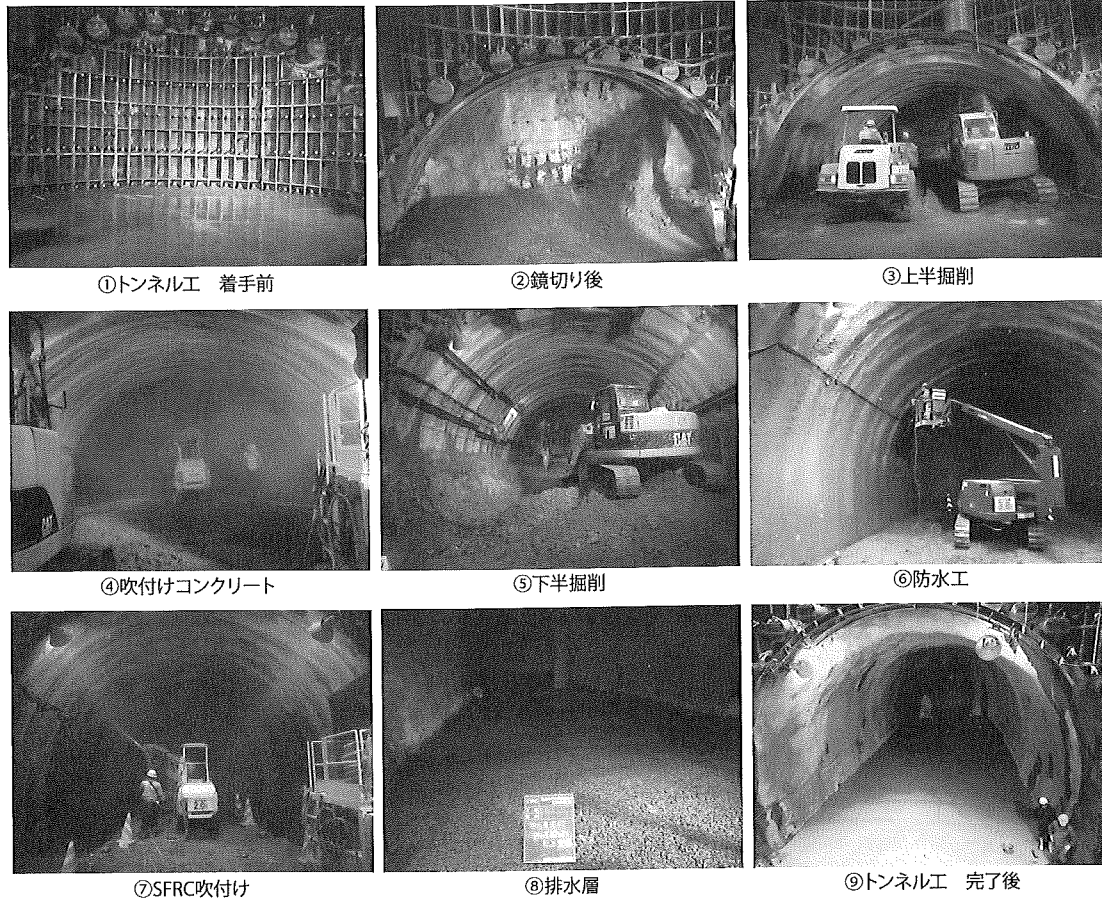


写真-6 トンネル工施工経過

4-2-2 各種計測結果

今回の現場ではトンネル掘削中の有事に対するリスクが非常に大きいため、A計測・B計測・パイプルーフ計測を実施することとし、既設導水管の挙動を監視するための計測と、トンネルの挙動や支保工の応力状態を把握し、トンネル自体の安定性や施工の妥当性を確認するための計測とに大別し、施工管理を行った。

既設導水管挙動監視として、既設構造物沈下測定・パイプルーフ沈下測定を実施した。管理基準値を3段階で設定し、導水管の許容値および許容値からFEM解析により推定したパイプルーフ沈下量の60, 80, 100%とした(表-3)。

表-3 計測管理基準値(1)

計測項目		管理レベルI	管理レベルII	管理レベルIII
既設構造物沈下 (mm)	上半掘削時	12.0	16.0	20.0
	下半掘削時			
パイプルーフ沈下 (mm)	上半掘削時	17.6	23.4	29.3
	下半掘削時	17.9	23.9	29.9

表-4 計測管理基準値(2)

計測項目		管理レベルI	管理レベルII	管理レベルIII
天端沈下 (mm)	上半掘削時	11.3	26.8	62.6
	下半掘削時			
内空変位 (mm)	上半掘削時	22.6	53.6	125.2
	下半掘削時			
鋼製支保工応力 (N/mm ²)	上半掘削時	126	168	210
	下半掘削時			
吹付けコンクリート 応力(N/mm ²)	上半掘削時	5.4	7.2	9.0
	下半掘削時			

表-5 計測結果一覧

項目	単位	変位量				上段：管理レベルIII
		上半掘削完了	下半掘削完了	SFRC完了	底盤コンクリート完了時	下段：管理レベルI
既設構造物沈下 (既設人孔天端)	mm	-4	-5	-6	-6	20 12
パイプルーフ沈下 (ch5)	mm	-5.5	-5.5	-5.2	-4.3	29.3 17.6
天端沈下 (支保No.11)	mm	-2.4	-2.5	-0.1	-0.2	62.6 11.3
内空変位 (支保No.11)	mm	-3.9	-7.0	-0.6	-0.8	125.2 22.6
鋼製支保工応力 (支保No.11天端)	N/mm ²	圧縮側 80.8	圧縮側 91.6	圧縮側 109.3	圧縮側 102.5	210.0 126.0
吹付けコンクリート (支保No.11天端)	N/mm ²	圧縮側 1.97	圧縮側 2.53	圧縮側 4.14	圧縮側 3.82	9.0 5.4

トンネルの安定性・支保工の妥当性の確認として、天端沈下測定・内空変位測定・鋼製支保工応力測定・吹付けコンクリート応力測定を実施した。こちら管理基準値を3段階で設定し、地山の限界ひずみから算定する変位量および鋼製支保工・吹付けコンクリートの許容応力値の60, 80, 100%とした(表-4)。

計測の位置と頻度は、既設構造物沈下測定は薬液注入工と同じ位置で1日2回(作業開始前・作業終了後)とした。天端沈下および内空変位の計測は、トンネル内4断面を1日2回とした。パイプルーフ沈下はNo.6の鋼管内に2.0m間隔で計8か所設置した計測器で、また鋼製支保工応力および吹付けコンクリート応力もトンネル中間部(11基目)に5か所設置したひずみゲージで、30分に1回自動計測した。

各施工段階で大きな変位は見られず、代表的な計測結果は表-5のとおりである。いずれの段階においても管理レベルI以下の値となった。

SFRC吹付け完了後からの天端沈下量および内空変位量が1mm以下であることを2週間にわたり確認したことから、計測結果の値が収束したと判断した。

5 おわりに

今回施工したトンネルは、掘削断面も小さく施工延長も短い小規模なものであったが、多様な土質や狭い作業環境、近隣住民への配慮、そして既設導水管への対応など厳しい条件のもとでの施工であった。しかし、無事にトンネル工事が完了したことは、薬液注入とパイプルーフの二つの補助工が非常に効果的であったことに加え、工事関係者の知識と経験が大いに活かされた結果といえる。

最後に、今回の工事に対してご理解とご協力をいただきました東海農政局、愛知県一宮建設事務所、犬山市役所など多くの関係機関をはじめ、地元自治会・現場近隣の方々に対して、深くお礼を申し上げたい。

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 本体定価 4,300円(〒340円)



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

土木情報 No.489

今日の主な入札結果
(1月10日～2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	R45気仙T	鉄建建設	1,957
〃	R45新鉄台T	前田建設工業	8,235.1
〃	宮古盛岡横断道路新区界T	鹿島・東急JV	10,888
関東地整	R16町田立体地下歩道	五洋建設	769
〃	北千葉道路松崎函渠	鹿島建設	1,431
〃	中部横断上八木沢T	戸田建設	2,077.68
北陸地整	入善黒部BP堀切横断地下道	桜井建設	155
〃	能越道中波地区函渠その3他	松本建設	245.8
〃	〃 〃 その4他	竹沢建設	216
〃	金沢東環御所T(Ⅱ期線)	西松建設	2,142.7
〃	柿川放水路排水樋門新設	福田組	349.5
中部地整	三遠南信小嵐T調査坑	鹿島建設	1,885
〃	東海環状三輪T	大成建設	2,913.9
〃	〃 北野T	東急建設	1,508
近畿地整	那智勝浦道路竹向T	フジタ	646.96
中国地整	多伎朝山道路口田儀T	アイサワ工業	1,728
〃	鳥取西道路気高青谷T第1	アイサワ工業	2,393.4
九州地整	福岡201号筑豊烏尾T(糸田工区)	前田建設工業	2,003.95
〃	東九州道(清武～北郷)二之河内T	青木あすなる建設	706.98
〃	〃 〃 寺山第1T	りんかい日産建設	519
〃	〃 〃 椿山T	大林組	4,437.5
東日本高速道路	北海道横断自動車道忍路	五洋建設	5,303
〃	横浜環状南線公田地区掘削試験	大林組	6,860
中日本高速道路	首都圏中央連絡自動車道高尾山Tはく落対策	葛井	168.48
群馬県	県央第一水道下流調整池連絡管設置	ヤマト	185
都・財務局	古川地下調節池取水施設(その2-2)	飛鳥建設	469.7
都・下水道局	墨田区業平四, 五丁目付近再構築	日特建設	529
新潟県	一級河川波海川国営3号用水波海川サイフォン(推進)	植木組	336.77
〃	R403三条北BP地下横断構造物設置その1	堀内組	157.3
〃	〃 〃 その2	小柳建設	239.48
山梨県	R137新御坂T天井板撤去	早野・昭和・大森JV	398
静岡県	414号防災・安全交付金(国道道路改築・2次)(仮称・静浦T工)	鹿島・集JV	3,202
京都府	桂川右岸流域下水道幹線管渠(雨水南幹線発進立坑)	西松・第一JV	527
兵庫県	(主)篠山山南線川代道路(仮称)川代1号T	前田・川嶋・淡路JV	1,563.1
福岡県	県道八女香春緑合瀬戸納工区T(1工区)	佐藤・日本国土・成央JV	2,259
〃	〃 〃 (2工区)	戸田・福田・時里JV	2,129
千葉県下水道公社	君津富津広域下水道組合八重原雨水幹線築造(その2)	熊谷・川名JV	165.3
大阪広域水道企業団	送水管布設(BP・松原ポンプ場～堺市丹上)	久本・岸本JV	1,422
仙台市	第3南蒲生幹線2	大林・東洋・長谷川JV	3,402.12
さいたま市	幹線333号(φ700mm)配水管布設	渡辺・大和道JV	297.07
横浜市	神奈川処理区神戸雨水幹線下水道整備(その2)	戸田・横浜JV	719
〃	北部処理区獅子ヶ谷雨水幹線下水道整備(その2)	東急・水村JV	212.66
藤沢市	大六天排水区雨水管渠築造	東洋・堀本JV	550.29

施工

12か所・計34枚の残置鋼矢板を泥水式シールドで直接切削

—四日市市 東町・吉崎南雨水幹線—

四日市市上下水道局下水建設課副参事 伊藤 恒 幸

四日市市上下水道局下水建設課技師 岩谷 理

熊谷・徳倉・高砂・横内特定建設工事共同企業体四日市シールド作業所長 本田 市 仁

熊谷・徳倉・高砂・横内特定建設工事共同企業体四日市シールド作業所副所長 石川 哲

1 はじめに

四日市市は三重県の北部に位置し、人口約31万余り、面積200km²強を有しており、西は鈴鹿山系、東は伊勢湾に面した温暖な地域である。当市の名前の由来は毎月「四」のつく日に市場が開かれたことから、「四日市」市と名づけられ、今でも四日市の市が開かれている。また、江戸時代には東海道四十三番目の宿場町として、たいへんに繁栄した。現代では、石油化学工場などが進出し工業都市として発展しており、これらの施設を「四日市工場夜景クルーズ」として伊勢湾をクルージングしながら、夜にきらめく工場を見学するなど人気のスポットとなっている。

東町・吉崎南雨水幹線は、四日市市南部の東町吉崎南排水分区42haの浸水被害の防止を目的として整備する。内径φ2,200mm、延長約1,500mの管路を敷設することで、降雨強度75

mm/hに対応できる雨水幹線である(図-1)。この幹線は、住宅密集地域の生活道路下の軟弱な砂層中に敷設するため、泥水式シールド工法を用いて建設するものとした。

シールド路線の200m区間で、既往資料および磁気探査により約20年前に整備した汚水管路施工時の残置鋼矢板12か所、計34枚が、シールド路線に干渉することが判明した。しかし、流末ポンプ

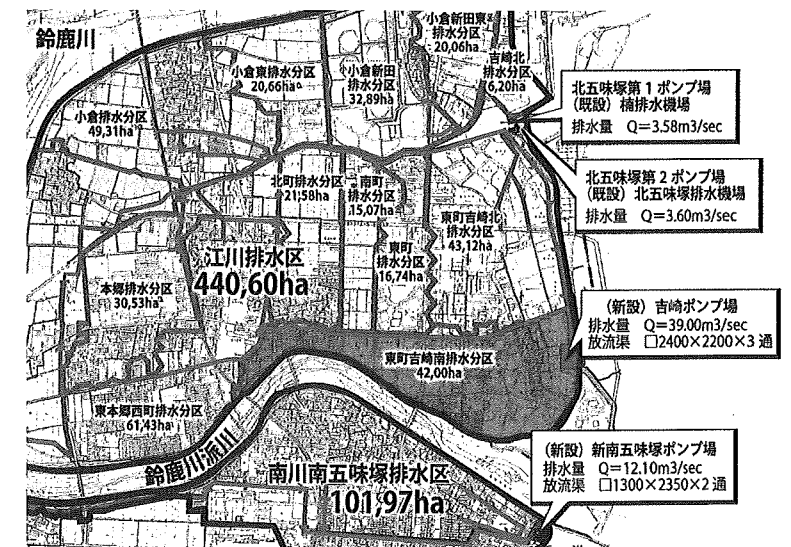


図-1 四日市市楠町雨水排水基本計画図

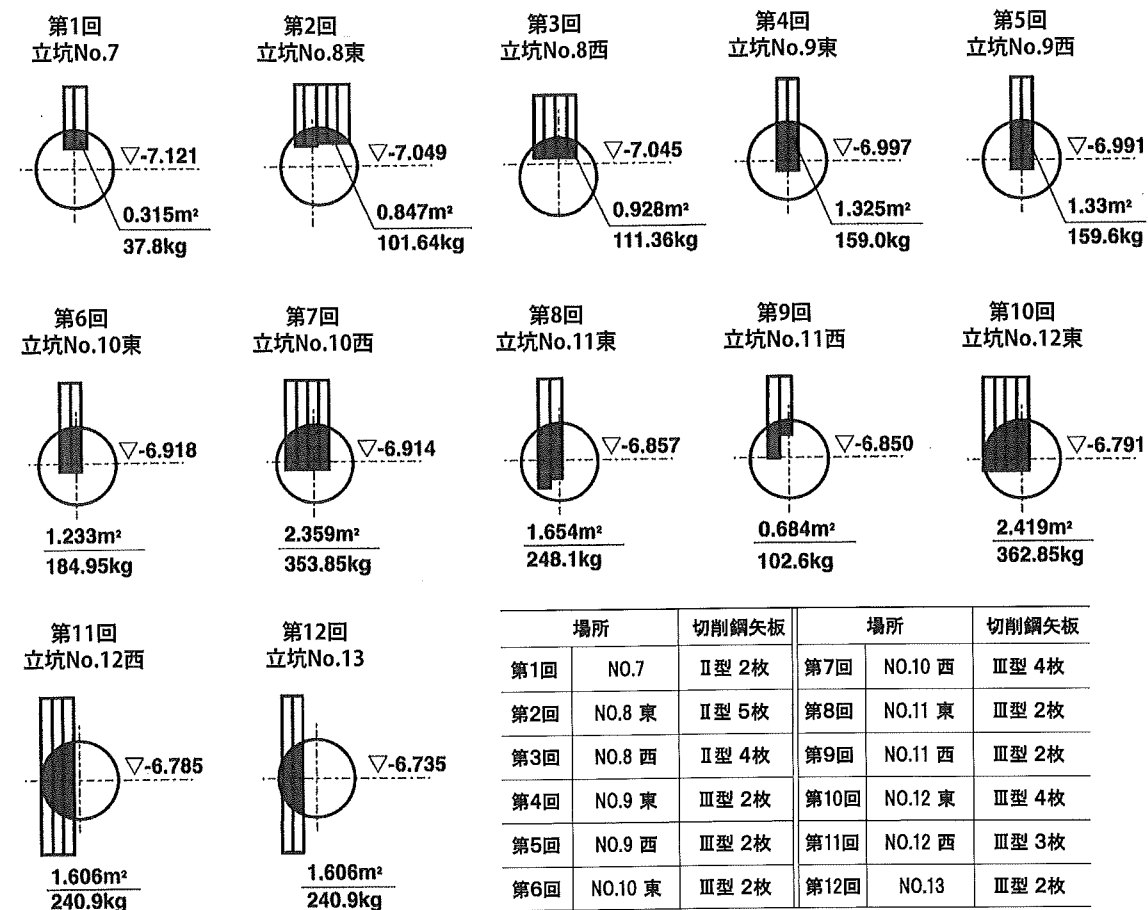


図-2 12か所の残置鋼矢板とシールド断面の関係

場の深度、既設埋設物との離隔および新設管路の流下能力などから、平面・縦断線形を変更することは困難であるため、シールド掘進中に残置鋼矢板を撤去しながら施工することとした(図-2)。

2 工事概要

2-1 路線概要

本シールドは、内空φ2,200mmの雨水幹線であり、曲線半径15mの急曲線を2か所と30mを1か所含む、吉崎ポンプ場から楠総合支所までの1,504mを掘進する。雨水幹線に付帯する設備として、保守点検用人孔3か所、および分水工8か所を構築する。

また、シールド路線は、発進・到達部以外は生活道路下に敷設されるが、とくに鋼矢板が残置されている区間では、道路幅が4m未満の狭隘な道



写真-1 残置鋼矢板上の道路・近接家屋の写真
路となり、近隣家屋と非常に近接することになる(写真-1)。

2-2 地盤概要

当該路線近傍は、沖積で軟弱な富田浜層と四日市港層が20m以上堆積しており、その下部にN値50以上の洪積砂礫層が分布している(図-3)。本シ-

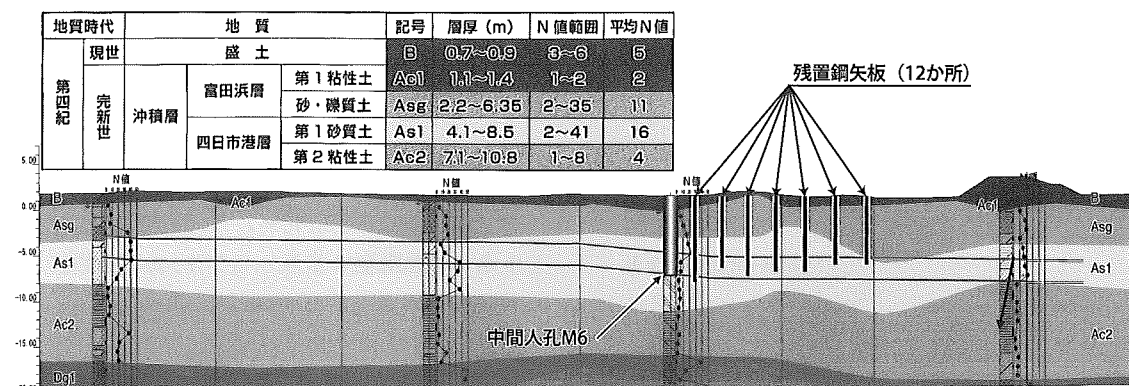


図-3 土質縦断面

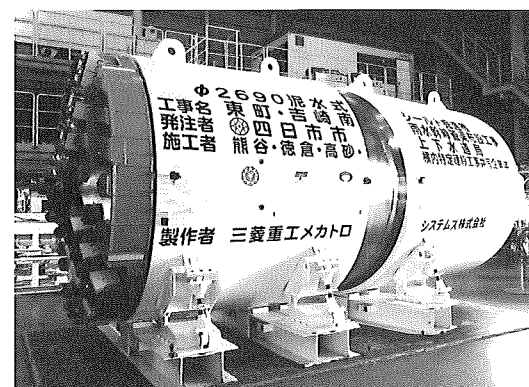


写真-2 シールド側面

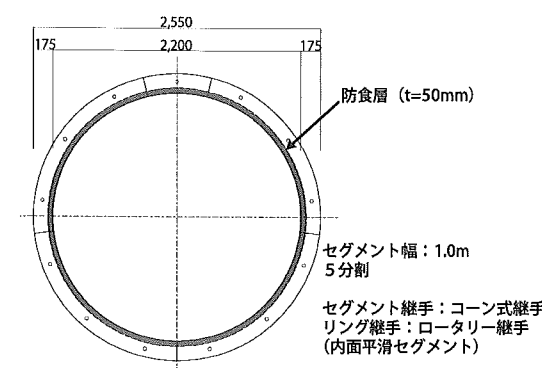


図-4 二次覆工一体型セグメント

ルド路線は沖積層砂質土(平均N値16)と砂・礫質土(平均N値11)を、土かぶり5~9mで掘進する。

2-3 シールド、セグメント

掘削対象地盤が軟弱砂質土であることから、産業廃棄物の排出量が少ない、泥水式シールド工法を採用した(写真-2)。

セグメントは、内面に5cmの防食層を有する二次覆工一体型RCセグメント(厚さ175mm, 幅1.0m, 5分割), 継手についても内面平滑型の継手金物, 継手部には貼付け型コーキング材を採用することで, 工期短縮を図った(図-4)。また, 急曲線区間(R=15, 30m)については, コンクリート中詰め鋼製セグメントを採用し, 同区間の二次覆工作業を軽減した。

3 残置鋼矢板の撤去方法

3-1 撤去方法の選定

密閉型シールド工法では、泥水または泥土で切

羽の土水圧に対抗して切羽の安定を図るため、土中の支障物を撤去する場合は、立坑などにより事前に撤去するか、高強度の地盤改良により地盤を強化してシールドの前面で人力により撤去するのが一般的であった。しかし今日では、新技術の開発により、密閉型シールド工法においても土中の支障物をシールドで切削・撤去する工法が数種類提案されている。

本シールドでは、残置鋼矢板を撤去するために、シールドのカッタヘッドおよびビットなどを工夫する直接切削工法を選択した。この直接切削工法は、東京都内でこれまで4件の施工実績がある信頼性の高い撤去方法である。支障物を撤去する概念としては、「カッタビットは土砂用と支障物用を区別し別途装備」し、「支障物とくに鋼に対しては鋭利な刃で切削するのではなく、欠けにくい杭用の特殊ビットで擦り取る」との考え方である。本シールドの残置鋼矢板(12か所, 34枚)と

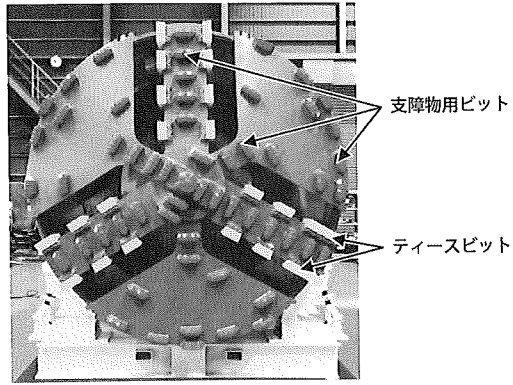


写真-3 カッタ正面

1,500mの土砂掘削に対して、写真-3のようにビットを配置した。このビット配置におけるカッタビット摩耗推定量は、これまでの施工実績より支障物用ビット18.6mm、ティースビット5.5mmとなり、許容値摩耗量(支障物用ビット35mm、ティースビット20mm)以下であることから、ビット交換することなく、1,500mの掘進が可能であると判断した。

3-2 シールド仕様

本シールドは、鋼矢板を直接切削するにあたり、以下に示す特徴を有する。

- 支障物ビットは特殊な杭切削用のチップを採用し、通常より密に多数配置することで、全断面隙間なく支障物の切削が可能である(通常の約3~4倍)。
- カッタヘッドは、ドリルのような円錐状の傾斜型カッタヘッドを採用し、カッタの中央から支障物に接触し、最後に外周縁を切削できる機構とした。
- 支障物切削時は微速モード(0.8~8 mm/min)で推進速度をコントロールできる機構とした。
- 鋼矢板切削時のカッタの回転速度を、通常の2倍速(4.0rpm)とした。
- 同時裏込め注入の突出部を切削される鋼矢板と干渉しないスプリングラインの位置に配備した。

また、残置鋼矢板切削するために、以

下のような仕様とした。

- 総推力: 600kN×10本=6,000kN
- 推進速度: 0.8~8 mm/min(微速モード)
- カッタトルク:
 - 282kNm(常用100%), $\alpha = 14.5$
 - 400kNm(最高140%), $\alpha = 20.5$
- カッタ回転数:
 - 常用トルク時2.0rpm (外周速度16.9m/min)
 - 支障物切削時4.0rpm (外周速度33.8m/min)
- カッタ駆動部冷却装置: 水冷システム

3-3 地盤改良

シールドのビットが残置鋼矢板の切削能力を有していたとしても、切削される鋼矢板が土中で動いてしまうと、切削が困難になる。このため、切削される残置鋼矢板の周辺に地上から薬液注入を施工し、鋼矢板を地盤に固定した。地盤改良材は

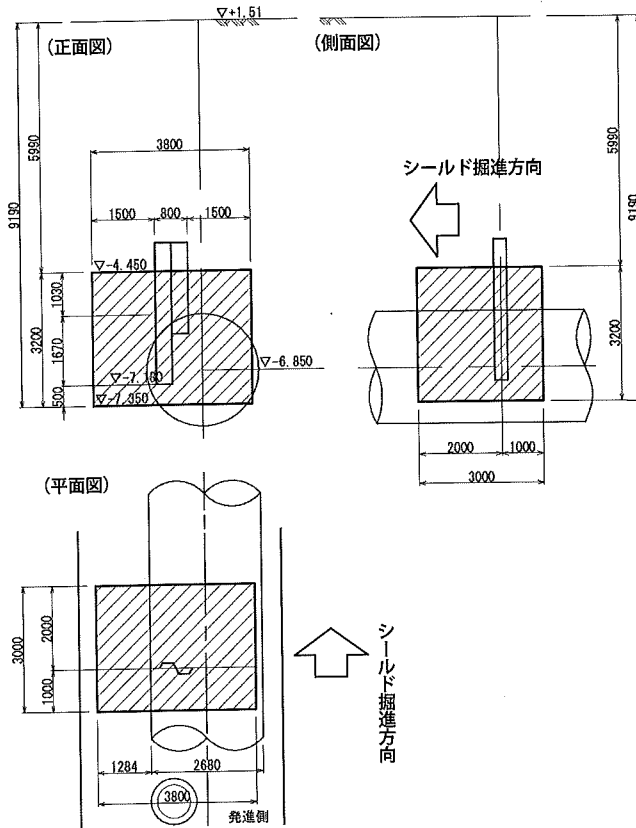


図-5 地盤改良範囲

改良強度の高い、恒久グラウト(ハイブリッドシリカ)を採用した。注入範囲は、鋼矢板前方1m、後方2m、周辺部は1.5mとした(図-5)。

4 掘進および鋼矢板切削状況

4-1 通常掘進

発進後200mまでは、通常の泥水式シールド工法であり、掘進速度30mm/min、カッタ回転数2.0rpm、総推力2,000~3,000kN、カッタ圧力7~10kN/m²で掘進した。本シールドは、円錐型カッタヘッド、スプリングラインに配置された同時裏込め注入など、通常のシールドと異なる形状ではあったが、切羽安定や土砂の取込みに対して、R=15m急曲線区間を含めて、とくに支障はなく掘進を行った。

4-2 切削速度・切削時間

残置鋼矢板の切削時の掘進速度は、これまでの実績¹⁾から0.5~1.0mm/minとした。施工速度の向上を目指して、試験的に切削速度を1.5~2.0mm/minに向上させて掘進を試みたが、カッタの引っかかり(カッタトルクの急上昇)が頻繁に発生したため、掘進速度の向上は断念し、最終的には掘進速度を0.5~0.7mm/minに固定した。土中に残置されている鋼材をカッタビットで切削する場合、切削速度を向上させるのは適切ではないものと考えられる。

表-1 残置鋼矢板切削時間一覧表

	場所	切削鋼矢板	計画切削幅	実質切削時間	実質切削長
第1回	NO.7	II型2枚	800mm	11時間39分	610mm
第2回	NO.8東	II型5枚	825mm	5時間48分	705mm
第3回	NO.8西	II型4枚	850mm	14時間10分	1,000mm
第4回	NO.9東	III型2枚	1,075mm	21時間07分	1,175mm
第5回	NO.9西	III型2枚	1,075mm	24時間37分	1,274mm
第6回	NO.10東	III型2枚	1,075mm	24時間55分	1,100mm
第7回	NO.10西	III型4枚	1,025mm	21時間56分	1,050mm
第8回	NO.11東	III型2枚	1,075mm	26時間26分	1,158mm
第9回	NO.11西	III型2枚	1,025mm	22時間56分	1,030mm
第10回	NO.12東	III型4枚	1,075mm	22時間25分	1,195mm
第11回	NO.12西	III型3枚	900mm	25時間05分	995mm
第12回	NO.13	III型2枚	825mm	24時間16分	915mm

1か所あたりの切削延長は、シミュレーションでは800~1,100mmとなることから、切削時間は22~30時間/箇所程度となる。1日あたりの切削時間は14時間(8:00~22:00)であったので、セグメント組立てや油圧の段取り替えなどを行っても、鋼矢板切削は、1か所あたり2.0~2.5日で完了できた。12か所の切削に要した時間を表-1に示す。

4-3 カッタ回転速度・カッタトルク

通常時のカッタ回転速度2.0rpmに対して、鋼矢板切削時は2倍の4.0rpmで掘進した。

想定では、1mm/min未満の微速で、ビットが鋼矢板の表面を擦るように掘進するので、回転速度とトルクは一定値で掘進できるものと考えていたが、実際にはビットと鋼矢板の「引っかかり」などにより、トルクと回転速度は変動した。とくに、鋼矢板のセクションを切削する段階では変動が大きく発生する傾向にあり、カッタが停止することもあった。

掘進速度を0.5~0.7mm/minとした場合、正常な切削ではカッタ圧力は5~6kN/m²程度であり、通常掘進時よりも小さい値であった。ただし、時々、鋼矢板の突起部やセクションなどにビットが引っかかるためトルクが急上昇し、最悪の場合はカッタが停止してしまうことがあった。停止した場合は、推進力を「0」にしてカッタを空回りした後掘進を再開した。

4-4 カッタ回転方向

カッタの回転方向は、残置鋼矢板を引き下げる方向とし、1か所の残置鋼矢板の切削が完了するまで、同一方向の回転とした。

4-5 カッタシールド温度

直接切削工法によるこれまでの施工実績はすべ

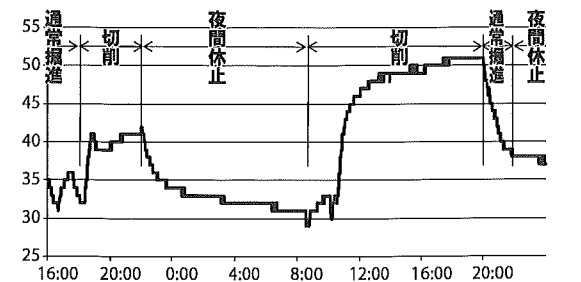


図-6 鋼矢板切削時のカッタシールド温度の経時変化図

て泥土圧シールドであったため、冷却システムを作動させてもカッタシールドの温度が上昇し、許容の60℃を超えることがあり、シールドを冷却させるために切削を中断することもあった。本シールドは直接切削工法では初の泥水式シールドであり、泥水が補助的にカッタを冷却したため泥土圧よりも温度の上昇が抑制され、カッタシールド温度は最高でも52℃程度であった(図-6)。これにより、鋼矢板切削時は装備した最大回転速度(4.0rpm)での連続切削が可能であった。

4-6 鋼矢板の切削開始

今回の残置鋼矢板位置は磁気探査を実施したことではほぼ確定していたが、鋼矢板に接触する1m手前(薬液注入範囲)からは、掘進速度を10mm/minに減速して掘進し、鋼矢板と接触が確認されたあとに、掘進速度とカッタ回転速度を鋼矢板切削モードに切替えた。

なお、鋼矢板とカッタビットの接触は、カッタ圧力、振動および切削音などにより、容易に判断ができるが、シールド接近に伴うカッタと鋼矢板の接触予測はできなかった。3か所の地上および鋼矢板の振動計測においても、シールドの接触に伴い鋼矢板の振動の増加は確認されたものの、接触前には明確な判定ができる要素はなかった。

4-7 鋼矢板切削完了の判断

鋼矢板の凹凸形状、鋼矢板とカッタヘッドの接

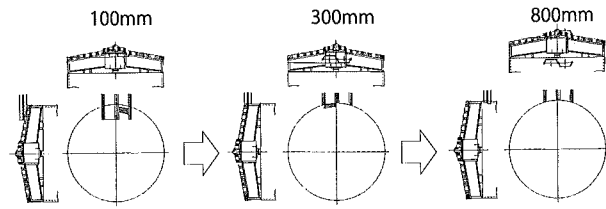


図-7 最短(800mm)の切削シミュレーション

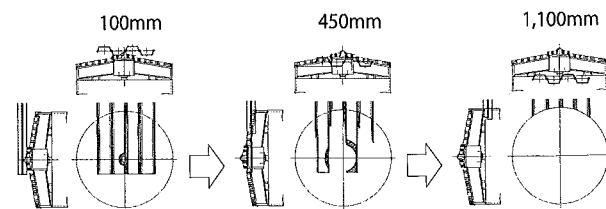


図-8 最長(1,100mm)の切削シミュレーション

触状況、カッタヘッドが円錐状であることから、鋼矢板とカッタの接触延長は、すべての場合で異なり、最短800mm、最長1,100mmであった。参考図を図-7,8に示す。

4-8 泥水管理

本シールドは泥水式シールド工法で鋼矢板切削をしたので、切羽の安定および土砂の過剰取込みを防止するために泥水管理には非常に留意し、通常掘進時よりも粘性、送泥比重などの管理基準を厳しくした(表-2)。また、鋼矢板切削時に砂質土層への泥水の過剰な浸透を防止するために、作泥時に逸泥防止剤を5kg/m³投入した。

4-9 切羽水圧管理

鋼矢板切削中は微速での掘進となるため、通常掘進時のように泥水をチャンバに常時循環させると、土砂の過剰取込みが懸念される。このため、掘進50mmごとに切羽へのバイパスをしてチャンバ内に堆積した掘削土砂を排土することにした。この間の切羽水圧は、シールド掘進により徐々に上昇するため、設定した切羽水圧を超えた時点で、切替え弁(PV1)によりシールド坑内に排水し、減圧することとした。

4-10 騒音

直接切削工法によるこれまでの施工実績は東京都内であり、騒音・振動に対しては、とくに問題とならず、昼夜施工が実施された¹⁾。しかしながら、本シールドでは、閑静な住宅密集地(夜間の暗騒音は40dB未満)の狭隘な生活道路下を土かぶり約7mでの残置鋼矢板の切削となるため、騒音に対して十分な留意が求められた。

表-2 通常掘進時と鋼矢板切削時の泥水管理値

	通常掘進時	鋼矢板切削時
比重	1.18~1.23	1.20~1.25
粘性 (ファンネル粘性)	20~25秒	25秒以上
砂分率	5%以下	←
ろ水量	30mL以下	←
泥膜厚	3mm以下	←
pH	6.0~10.0	←

切削時の騒音に関しては、切削箇所の直上付近において、聴覚で聞き分けることができた。鋼矢板接触直後では聞き分けられないが、鋼矢板のセクションを切削する段階になると、明確に切削音が感じられた。音量としては、暗騒音40dBにおいて45dB程度であった。また、音域としては比較的低い領域の音であり、路下が発信源であるにもかかわらず、遠くの雷のように感じる音であった。

切削により生じる騒音に関しては、1か所目の施工で、問題とならないレベルの騒音であることを地元自治会長と立会い確認したが、騒音や振動に関しては、人それぞれに感じ方が異なることから、深夜の鋼矢板切削作業は行わないこととし、8:00~22:00の14時間で、変則2交代(7:00~15:00, 15:00~23:00)とした。

4-11 振動

切削により発生する振動は、騒音以上に近隣への影響が懸念された。シールド工法で山留め壁を切削するNOMST工法などにおいて、非常に大きな振動が生じ、近隣へ大きな影響を及ぼした事例があるためである。本シールドにおいては、NOMSTのようにカッタ全面で壁を切削するわけではないが、土かぶりが浅く、住宅と近接していることから、その影響が懸念された。

振動に対しては、シールド本体に加えて、残置鋼矢板頂部と道路舗装下部にそれぞれ3か所振動計を設置(図-9)し、これらの振動を1/3オクターブ解析することで、各周波数の関係を調査した。

1/3オクターブ解析結果から、振動により影響を及ぼす可能性のある周波数80Hz以下の振動の大きさは、シールド本体>鋼矢板頂部>道路下部、となることが確認された(図-10)。振動の発生源である鋼矢板切削箇所から、鋼矢板を介して土中に振動が伝播しているものと考えられる。

また、通常掘進時と鋼矢板切削時の土中の振動を比較すると、周波数により相異はあるものの、鋼矢板切削時では通常掘進時より20~25dB大きくなったことがわかる(図-11)。今回の鋼矢板の直接切削では、近隣住民から切削時の振動に対する苦情などはなかったが、切削時の振動について

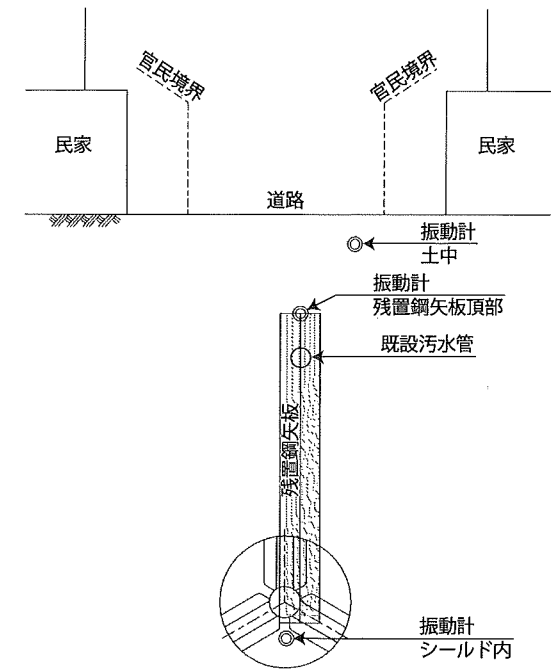


図-9 振動計設置場所の関係図

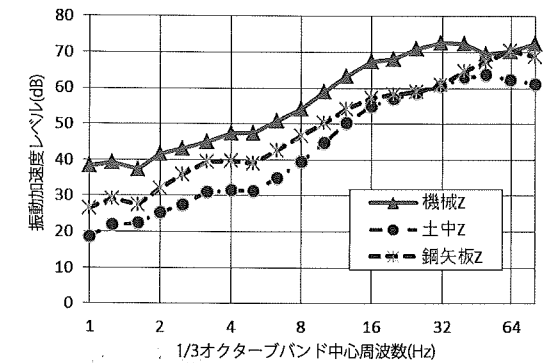


図-10 鋼矢板切削時 1/3 オクターブ解析(鉛直方向)

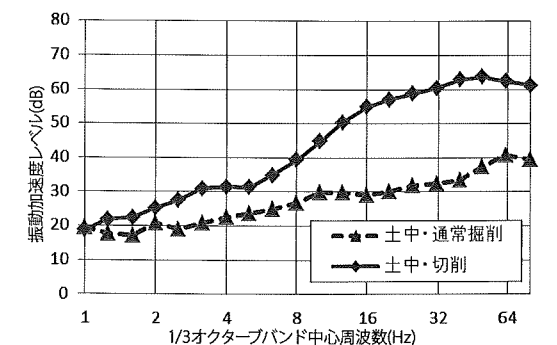


図-11 通常掘進時と鋼矢板切削時のオクターブ解析(鉛直方向)の比較

は施工管理上、十分に配慮すべき管理項目であると考える。

4-12 切削片形状

ビットの切削による鋼矢板の切削片は、一次処理機(振動篩)から、厚さ1mm未満で回収された(写真-4)。これらの形状は、事前実験における切削片とほぼ同様であり、良好な切削片であった。ただし、12か所の切削において写真-5に示すような鋼矢板塊が、礫取り装置から回収された。今回の切削では、排泥管閉塞や排泥ポンプ損傷などのトラブルは生じなかったものの、これらの鋼矢板塊はトラブル要因となるので、留意が必要である。

4-13 ビット摩耗

最外周に配置した多段導通式摩耗検知ビットで鋼矢板を1か所切削するごとに支障物ビットの摩耗を確認した。その結果、図-12に示すように、1か所あたり1mm程度の摩耗量であった。この摩耗量は、これまでの施工実績から推定した計算上の



写真-4 一次処理機から回収された正常な切削片

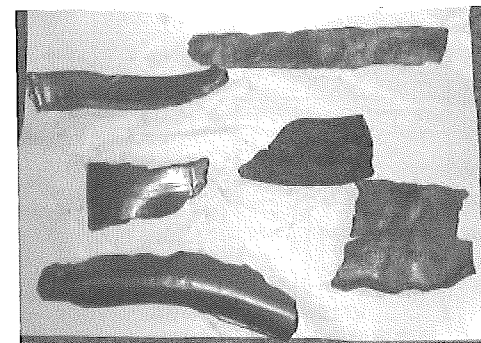


写真-5 礫取り装置から回収された鋼矢板塊

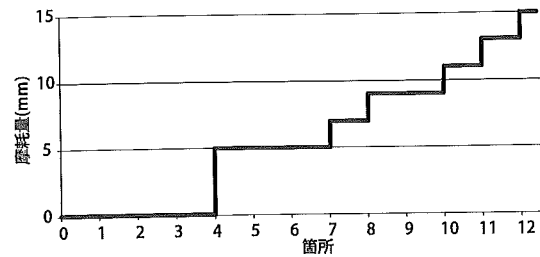


図-12 摩耗検知ビットの計測結果

摩耗量とほぼ一致した。

4-14 地上監視員

鋼矢板切削時は通常掘進時と比べると、泥水の地上への流出などのリスクが高いと判断し、地上監視員を鋼矢板切削開始から完了まで、24時間体制で配置した。これにより、道路上での危険要素を早期に発見・対応することが可能になり、鋼矢板切削に起因するトラブルが生じた場合に早急に対応できるようにした。

5 中間人孔 M6 における確認

12か所目残置鋼矢板切削から約50m掘進した位置にある中間人孔 M6 を利用して、ライナープレートと薬液注入を併用して、スプリングラインまで、カッタを露出させ、チャンバおよびカッタの確認および清掃を実施した。

5-1 チャンバ

チャンバ内には、切削の残置物と考えられる鋼矢板塊が7個回収された(写真-6)。鋼矢板切削の8回目以降において、数回チャンバ内が閉塞傾向になったことがあったが、これらはチャンバ内から回収された鋼矢板塊により排泥口が塞がれたものと考えられる。閉塞傾向となった場合は、予備排泥管に切り替えて対応したが、これ以上の鋼矢

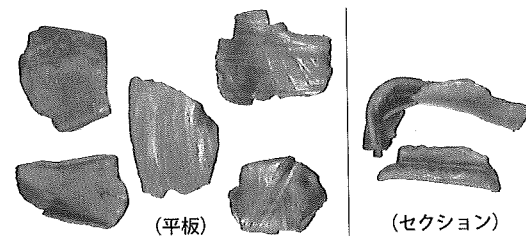


写真-6 チャンバから回収された鋼矢板塊

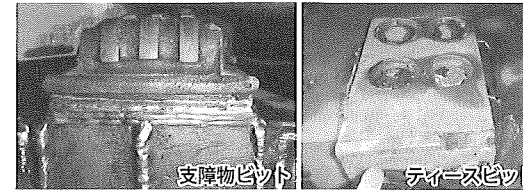


写真-7 中間人孔M6におけるビットの損傷状況
板塊がチャンバ内に取り込まれ存置された場合は、チャンバ内閉塞に対して危険な状態となることが懸念される。

5-2 カッタビット

中間人孔 M6 におけるカッタビット状況は、支障物ビットの1/3、ティースビットの1/2に欠けが生じていた(写真-7)。支障物ビットは残置鋼矢板に接触して切削するので、ある程度の欠けは許容されるが、鋼矢板と接触しないティースビットに多くの欠けが生じていたことは想定外であった。支障物ビットで鋼矢板を切削して、薄板状の切削片をティースビットでチャンバ内に取り込む想定であったが、支障物ビットで不完全な切削となった場合に、鋼矢板塊がティースビットと接触し、超硬チップが欠けたものと考えられる。

摩耗については、支障物ビット最大18mm、ティースビット最大1mm程度であり、ほぼ想定した摩耗量であった。

中間人孔 M6 において、カッタビットに、想定外の欠けは確認されたが、残りのシールド掘進に

おける欠けと摩耗を考慮しても、ビットの許容値に対して十分な余裕を有しているものと判断し、ビット交換は実施しないこととした。

6 おわりに

中間人孔 M6 を9月中旬に再発進した後は、約1,000mの沖積砂層区間を順調に掘進し、12月上旬に掘削を完了した。

本工法による残置鋼材(鋼矢板、H形鋼)を切削した事例は数例あったが、1台のシールドで12か所もの支障物を切削する事例は初めてであった。この12回のくり返しの切削において、最適な切削方法を模索し、施工方法や管理方法を工夫した。その結果、大きな支障もなく鋼矢板切削を完了し、中間人孔 M6 までの掘進を完了することができた。

今回の12か所の残置鋼矢板の直接切削において、地盤改良(薬液注入)の軽減、騒音・振動のよりいっそうの軽減対策や、切削中の鋼矢板挙動の把握などの課題を解決することで、本工法が今後さらに発展するものと考えている。

参考文献

- 1) 神田好美・市川二郎・相内弘人：地中に残置された鋼材をシールドで直接切削，東京都下水道 八広幹線，トンネルと地下，Vol.40，No.12，pp.39-43，2009.12.

多様化する
シールド掘進技術
E10 シールド掘進技術

多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B5判 141頁 本体価格2,500円

株式会社
土木工学社

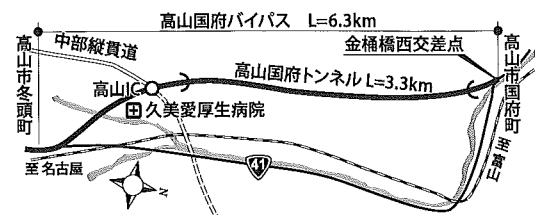
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072

トンネルジャーナル

高山国府バイパス開通3か月 利用者から高評価

高山国道事務所は、昨年9月22日に開通した高山国府バイパスの開通3か月後の道路利用者アンケートなどのとりまとめ結果を公表した。

これによると、開通により、道路利用者の約9割が所要時間が短縮されたと感じ、約8割が現道の交通混雑が改善していると実感しているという。また、救急車GPS調査にもとづく効果として、開通前には、金桶橋西交差点から久美愛厚生病院まで現道を使うと、救急搬送時間が平均約10分だったものが、開通後、高山国府トンネルを使ったルートでは約6分に短縮されたとしている。



昨年10月に行われた開通後1か月後の調査では、現道交通量の約半分がバイパスへ転換したことが確認されていた。同調査時に期待が大きかった冬の渋滞緩和に対しても効果の発現がみられるという。

同バイパスは岐阜県高山市冬頭町から同市国府町金桶にいたる6.3km。終点側の3.3km区間を高山国府トンネルが占める。



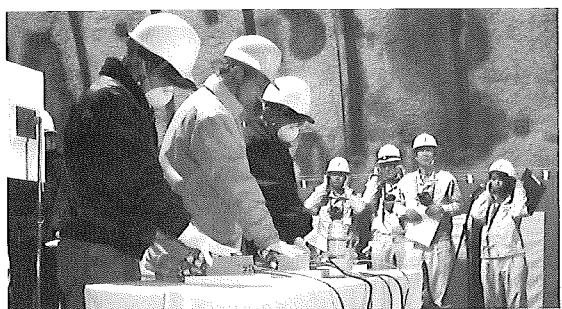
昨年9月22日に開催された高山国府バイパス開通式典の様子 (写真提供：高山国道事務所)

東広島・呉道路 すべてのトンネルが貫通

広島国道事務所が整備する東広島・呉道路の乃美尾トンネル(仮称)で、1月9日現地にて、施工者である(株)安藤・間の主催のもと貫通見学会が開催された。工事関係者のほか、地域住民41名が参加し、参加者らは貫通の瞬間に立会ったあと、貫通石を拾い、記念として持ち帰った。

同トンネルは広島県東広島市西条町馬木と黒瀬町宗近柳園を結ぶ全長286mのNATMトンネル。暫定2車線の自動車専用道路で、仕上り内空断面積は62.9m²。昨年9月10日から掘削を開始、おもに細粒花崗岩からなる地山を、発破方式を用いて順調に掘進し、平均月進72m、最大月進145mでこのたびの貫通を迎えた。これにより東広島・呉道路にあるすべてのトンネルが貫通したことになる。

同道は、呉・東広島・竹原市周辺地域から山陽自動車道へのアクセス強化を目的として計画された自



地域住民代表による貫通発破の瞬間(写真提供：広島国道事務所)

動車専用道路で、呉市阿賀と東広島市高屋町溝口間32.8kmを結ぶ。現在までに、呉市の阿賀ICから東広島市の黒瀬IC間12.3kmと、東広島市の馬木ICから山陽自動車道と接続する高屋JCT・IC間11.7kmが開通している。来年度は開通済みの両区間をつなぐ、黒瀬IC-馬木IC間8.8kmが開通予定。

第五十一回 語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

鉦山から土木分野へ 立坑と走った四十年

稲毛 正昭
(元)三井建設(株)

正昭

はじめに

わが国が高度成長の坂を上りはじめて間もない昭和35年に大学の鉦山学科を卒業しました。この時期、炭鉦はエネルギー革命や採炭条件の悪化などによる不況で、炭鉦への就職を諦め、炭鉦や金属鉦山で坑道掘進や立坑開さくを請負っていた北新鉦発(現 北新建設)に入社しました。

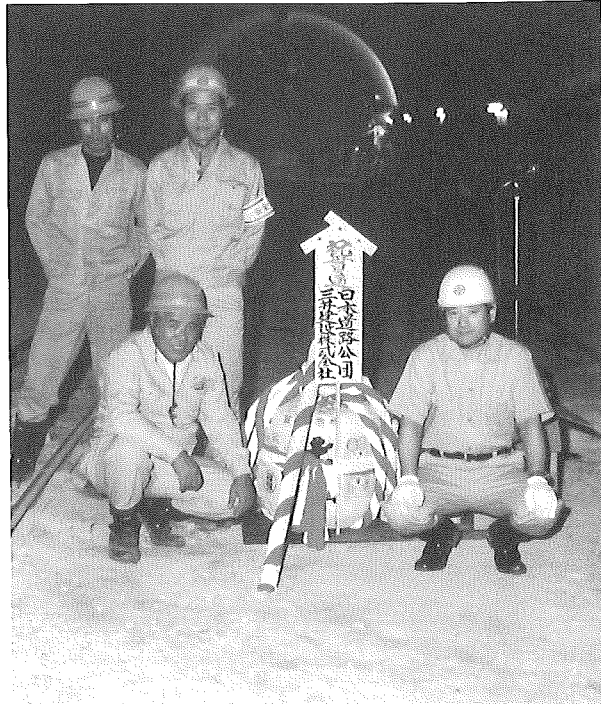
最初の勤務地は北海道の三菱鉦業美唄鉦業所常盤台坑で、開発工事現場に見習い係員として配属になりました。翌昭和36年に羽幌炭鉦羽幌運搬立坑の工事を受注し、6月に私の最初の立坑工事現場となる羽幌出張所へ転勤となりました。この立坑の掘削を終えた昭和38年3月に一身上の都合により北新鉦発を退社し、同年9月に三井建設に入社しました。立坑工事の経験があるということで、福岡支店の日本炭鉦高松第6立坑工事現場へ配属となりました。この時点では思ってもいませんでしたが、

平成14年に66歳で退職するまで、工場建設や新幹線トンネル工事の現場もありましたが、ほとんど立坑に関連した業務に従事することになりました。

立坑との出会い

立坑との出会いは、最初の勤務地に赴任して間もなく、炭坑の係長に案内された同じ現場にあった第3立坑でした。この立坑は、内径5.0m、深度517mで、掘削を終え立坑中間部で設備工事をしておりました。

立坑のことは全く何もわからないまま、漁師が着るような胸まであるズボンと頭巾付きの重いゴムのカップを着用させられ、腰にはバッテリー、頭にはキャップランプを付け、やっとの思いでキブル(搬器)によじ登り、坑内へ下がりました。工事用のスカフォード(作業足場)まで数分間の道中は真っ暗で恐怖を覚えました。スカフォードに降りてからが、またたいへんでした。スカフォード上では薄暗



恵那山トンネル(Ⅱ期線)地下立坑貫通式。前列右が筆者

著者略歴

- 昭和35年 3月 九州工業大学鉱山学科卒業
- 昭和35年 4月 北新鉱産(株)入社
- 昭和36年 7月 三菱美唄鉱中央盲立坑区域開発工事
- 昭和36年 6月 羽幌炭鉱羽幌運搬立坑工事
- 昭和38年 3月 北新鉱産(株)退社
- 昭和38年 9月 三井建設(株)入社
- 昭和38年 9月 日本炭鉱高松第6立坑工事
- 昭和41年 11月 松島炭鉱大島入気立坑工事
- 昭和43年 9月 同和鉱業大身谷探鉱立坑工事(工事主任)
- 昭和45年 9月 戸高石灰工白臼杵工場建設工事(副所長)
- 昭和47年 3月 山陽新幹線第2畦倉トンネル工事(工事主任)
- 昭和47年 7月 山陽新幹線福岡トンネル犬鳴立坑工事(所長)
- 昭和51年 4月 本店坑務部立坑課長
- 昭和58年 6月 本店坑務部部長代理兼立坑課長
- 平成元年 3月 地下無重力実験センター(出向)技術部長
- 平成2年 4月 土木技術部立坑担当部長
- 平成7年 10月 技術開発推進部立坑担当部長
- 平成8年 12月 環境技術部立坑担当部長
- 平成10年 11月 技術研究所研究顧問

い照明の下で、4~5人の作業員が同じようなカッパを身にまとい、作業をしておりました。作業員が動くたびに、1段デッキのスカフォードは大きく前後左右に傾き、坑底へ滑り落ちるのではないかと、恐怖で震えながらスカフォード吊りロットにしがみつき、高所恐怖症の私は、生きた心地がしませんでした。私の立坑とのかかわりは、このような嫌な思い出からスタートしました。

ロングステップ工法で施工した最初の立坑工事

この立坑は、入社2年目に経験した羽幌炭鉱運搬立坑で、仕上り内径6.0m、深度650mの大型立坑で、ロングステップ工法(当時の標準工法)で施工しました。ロン

グステップ工法は、1ステップ長を地質状況により20~40mにとり、穿孔・発破・ずり出し・支保工入れという作業をくり返して掘り下がり、最下部にフーチングを設け、下部より型枠を組立て、順番でコンクリートを打設して上がってゆく工法です。

作業は1日3交代で行われ、穿孔にはTY24シンカー6~7台を使用し、1.5mの穿孔・発破を行いました。ずり積みは、現在ではこのような大型立坑ではちょっと考えがたいのですが、カッチャ(先の尖った鋏様の物)と鉄箕による手積みで1.6m³ずりキブルに積み込み、搬出しました。キブル1函いくら能率給でしたが、若くて元気な作業員でもハードな作業で、7~8名の作業員が横1列に並ん



雪囲いした立坑槽。左が筆者

でのずり積み作業の様子は迫力のあるものでした。覆工は1段デッキスカフォードを足場として、高さ1.2mの木製型枠を組立て、コンクリートは坑口に設置したプラ

ントで練上げ、1.2m³コンクリートキブルで持込み、スカフォードの通過孔に蓋をし、この上に放出し、スコップで型枠の中へ跳ね込みました。

掘削、覆工ともに人力主体の簡便な施工法を採用し、キブル巻上機やスカフォード巻上機が立坑規模のわりに小型の設備で済み、能率もそれなりに上がり、経済的に施工できたのではないかと思います。

ショートステップ工法の実証立坑

昭和38年9月に三井建設に入社し、最初の現場が日本炭鉱高松第6立坑で、仕上り内径5.5m、深度648.2mの運搬(人員)・排気立坑で、わが国で初めてショートステップ工法が採用された立坑でした。

この立坑は、前年の6月に完成した日本炭鉱高松第5立坑(φ6.0m×1,014.6m)に引き続き受注した立坑で、施主のご理解のもと、従来の工法に比べて安全で、高能

率の工法で施工すべく、諸外国の事例なども参考に検討を重ね、開発されたショートステップ工法の実証現場となりました。

ショートステップ工法の覆工コンクリートについて

ショートステップ工法は短いサイクルで掘削と覆工をくり返して、立坑を掘り下がる工法です。覆工コンクリートは、打設後比較的短い時間に近接発破や脱型が行われるなど、非常に過酷な環境に曝されます。当立坑での標準サイクルタイムの発破までの養生時間は8.8時間でしたが安全を見込んで6時間として、このときの目標強度を30kg/cm²としました。日本セメント(株)門司工場にて約500本の供試体を作り、各種試験を実施して示方配合(アサノペロセメント300kg/m³、塩化カルシウム:セメント重量比3%)を決定しました。

また、コンクリートの早期強度は練上り温度と養生温度に大きく左右されるので、現場にボイラー

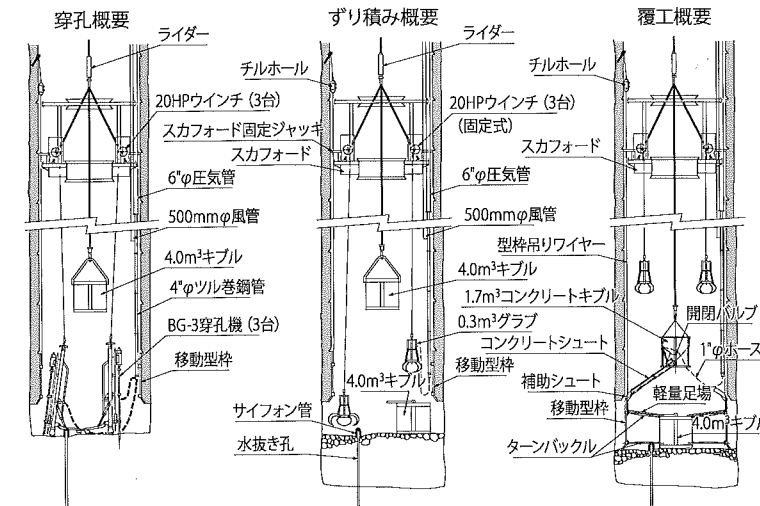
を設置し、冬期間には練上り温度が20℃になるよう温水を使用しました。

当時は500m以深の立坑が多く、急速施工に重点が置かれ、覆工コンクリートには早期強度が要求されましたが、最近では超深度立坑は少なく、急速施工より施工性、安全性、立坑の耐久性などに重点が置かれ、早期強度にも若干の余裕が取れるため、塩化カルシウムの使用を止めてAE減水剤と無塩化タイプの硬化促進剤を使用する傾向にあります。

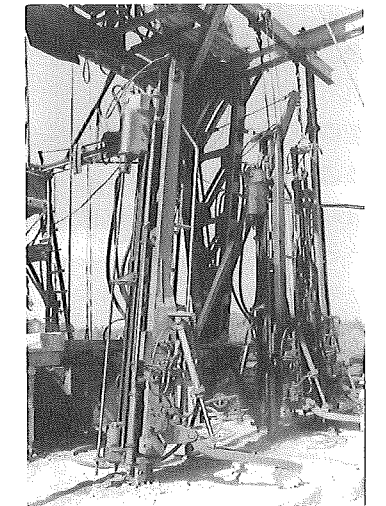
ショートステップ工法による立坑掘削

立坑掘削作業は、経験豊富な直轄作業員による実働6時間の4交代で行われました。

穿孔にはドイツのザルツギッタ社製BG-3穿孔機3台を使用して穿孔長2.5mの全面穿孔を行い、最外周の補助孔(1.2m)と側壁修正用にTY-24シンカーを2台使用しました。装薬は1孔あたりの装薬量が多く、かつ深孔であるため、



ショートステップ工法の施工概要図



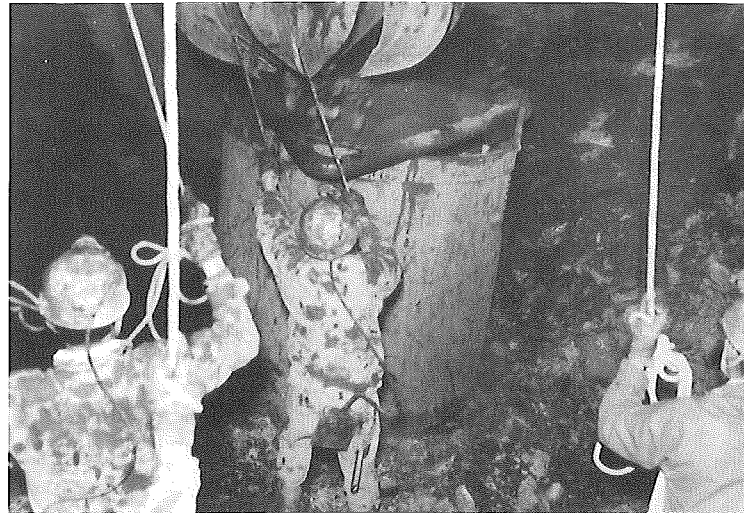
BG-3 穿孔機

装填時にスライムなどの混入による殉爆度の低下を防ぐため、所定の数量をビニルチューブに詰めて使用しました。また、ケーシングパイプの裏側には、ケーシングを保護するために、発破段数を1段ずつ遅らせて装薬しました。

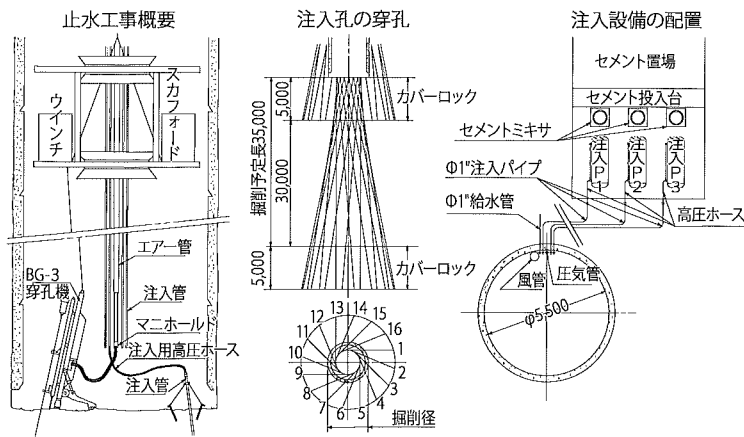
ずり積みは、0.3m³グラブ3台と4.0m³キブル2台を使用し、替えキブル方式でずり搬出を行いました。グラブによるずり積みは、スcafford下に20m程度の距離が必要で、熟練した作業員でなければ能率は上がらないし、作業に危険が伴います。したがって、最近ではシャフトマッカや小型ショベルが使用されるようになり、作業性は良くなりましたが、反面スcaffordが坑底切羽に近く、替えキブルが困難で、超深度立坑では空キブル待ち時間が生じ、掘削能率が低下します。

覆工作業は移動型枠の脱型・降下・組立て作業から始まります。移動型枠は高さ2.3mで3部材(1部材には脱型のための楔型枠付き)からなり、スcafford位置の坑壁より3台のチルホールでそれぞれ吊下げられています。この移動型枠は近接発破に耐える強度があること、脱型が容易なこと、ならびにスムーズに降下・組立てができることなどの性能が要求されたため、その設計は、ショートステップ工法の開発において、コンクリートの配合決定とならび苦労したところです。

現在では、移動型枠は2部材をヒンジで連結し一体型の構造に改良され、吊下げ移動にはチェーン



ずり積み作業



止水グラウト概要図

ブロック、エアブロック、電動ウインチなどが使用され、より使い勝手が良くなりました。コンクリートは1.7m³コンクリートキブルで持込み、坑底でシュートを装着して、型枠の中へ流し込みました。

立坑本体部の施工は、初めてのショートステップ工法でしたが、従来の工法に比べて高能率で、予定工期を3か月短縮することができました。

■湧水対策

「水を制する者は立坑を制する。」と昔から言われていますが、湧水

は立坑掘削には厄介なものです。いったん出してしまった湧水を止めるには、多くの時間、労力、費用を要します。湧水が多ければ立坑水没のおそれもあります。

当立坑では、パイロットボーリングで大量の湧水を伴う多くの含水層が確認されており、掘削する範囲を前もって止水する先進止水グラウト工法を採用しました。まず、前回注入範囲の5mをカバーロックとして残し、掘削を一時中止して、探水ボーリング(対角方向に4本)を行います。湧水がな

ければ掘削を再開しますが、掘削に支障を来すような湧水があれば止水グラウト作業を開始します。当立坑では深度43mから610m間の488mの部分に12回にわたって止水作業を行いました。注入孔の穿孔には3台のBG-3穿孔機を使用し、注入機にはエア駆動の横型往復動高圧ポンプ3台を使用しました。

セメントミルクの濃度は湧水量により1:10~1:5程度とし、最終吹止め圧力は湧水圧の3倍程度(80~120kg/cm²)としました。注入に際しカバーロックが弱い場合や1注入孔に大量のセメントミルク注入を要する場合には、ゲルタイム調節可能な薬液(ハイドロック)を併用しました。

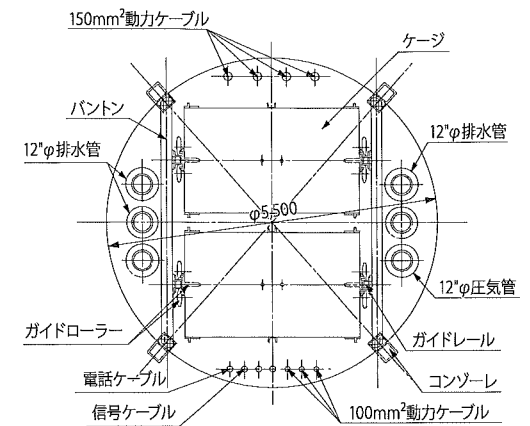
当立坑では大量の湧水がありましたが、最終の全残水量を200L/minに絞込むことができました。

■立坑内設備工事

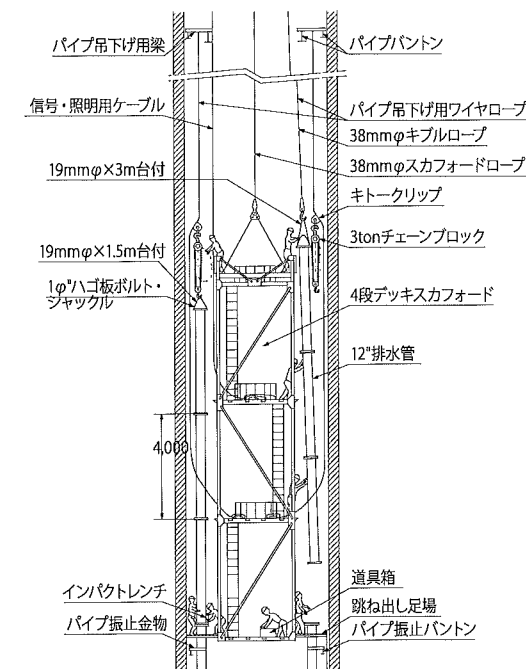
この立坑は、日本炭鉱3坑の深部開発を目的に掘削され、立坑内には人員の入昇坑のためのケージ設備や坑内への動力設備(圧気管、電力ケーブル)、坑内からの排水設備などが設置されました。普段あまり目にする機会がないと思うので、簡単に紹介します。

まず、立坑内の掘削・覆工設備

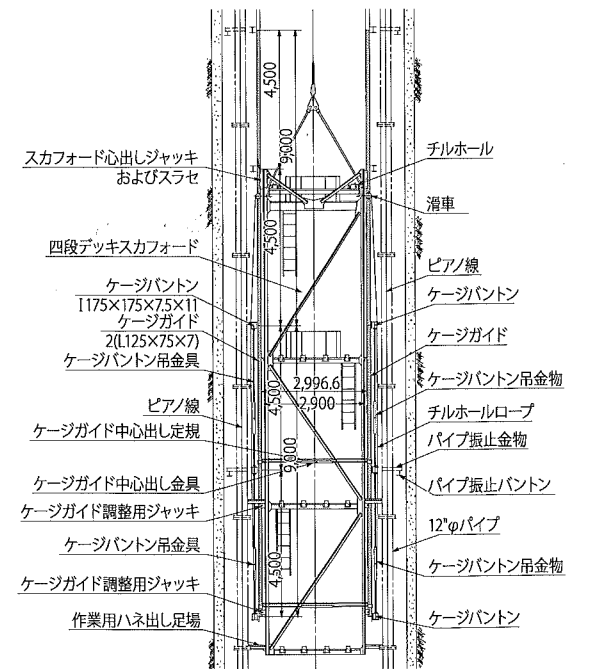
を解体・搬出し、バントン(ケージガイドやパイプ・ケーブルなどを取付ける架台)を坑壁に埋込むためのボックス掘りから工事を始めました。ボックス掘りに先だって、ボックス掘削位置決めのため、立坑深度基準B.M.の設置(約100m間隔)と基準ピアノ線の設置(4条)および坑壁ボックス位置の印付け作業を行いました。ボックス位置



立坑区画図



パイプ布設要領



バントン、ガイド取付け要領

の印付けは、4本のピアノ線にそれぞれのボックスの姿を描いた楕円形定規を合わせ、レベルはB.M.から100mテープを吊下げ、φ6吋圧気管に固定した水盛水準器で出し、クレオンで坑壁にボックスの形をマーキングしました。ボックス掘りは、バントンのコンソールボックス、パイプバントンボックス、ケーブルバントンボックスと種類は多様で形もそれぞれ異なります。数のもっとも多いコンソールボックス掘りは、旧スカフォード上段デッキに架台を作り、BG-3穿孔機のドリフター4台を設置しφ100mmのビットで粗掘り(φ100mm×6孔)を行い、下段デッキにてピックで仕上げました。ほかのボックスはすべてプレーカとピックを使用して人力で掘りました。

ボックス掘りが終わると、バントン取付け基準ピアノ線布設のための測量を行い、新たにφ2mmのピアノ線4本を布設しました。バントン取付け精度は±2mmと非常に高い精度を要求され、基準ピアノ線布設には十分過ぎるほどの注意を払いました。

当立坑では通常600m³/minと、かなりの通気量があり、この状態では測線の振れが止まらず、中心出しが困難でした。そのため、坑底測量は公休日を選び、坑内通気を一時遮断して、無風状態で作業を行いました。また、上記のように通気のためバントン取付け用基準ピアノ線が振れるので、約90mピッチで取付くパイプバントンにピアノ線振止の装置を取付けました。

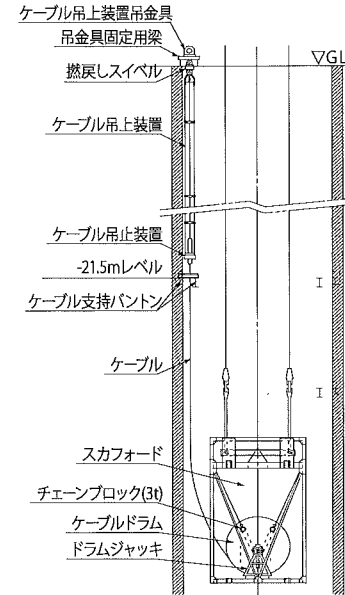
立坑内設備工事は掘削に使用し

た旧スカフォードを1段デッキに改造して、坑口よりケーブルジョイントバントン、パイプバントン、パイプ振止めバントン、ケーブル支持バントン、およびケーブル振止のバントンの取付け作業から開始しました。

坑底まで、これらのバントンの取付けが終わると、旧スカフォードを解体・撤去し、4段デッキ新スカフォードを組立て、パイプ布設工事を行いました。布設パイプはφ12吋排水管3条と、φ12吋圧気管1条で、継手はすべてフランジ継手を使用しました。主バントんにスタンドパイプを、13.5mピッチの振止めバントんに振止め金具を取付け、坑口、坑底に90°ベンド管を、スタンドパイプの下にそれぞれ伸縮管の取付けを行いました。布設パイプは坑外で3本継ぎにしたものを下げ込み、坑底より布設して上がりました。パッキンはガasketパッキンを使用し、インパクトレンチとトルクレンチを使用して、規定のトルクで締付けました。続いて、4段デッキスカフォードの足場を改造して、ケージバントン、ガイドの取付け工事を行いました。

バントン、ガイドの取付け精度は±2mmで、精度を要するので数種の組立て定規を使用し作業の単純化を図り、正確かつ迅速に作業を進めました。取付けたバントン、ガイドすべてにわたり取付け精度をチェックし、修正を行いました。

最後に、4段デッキスカフォードを2段デッキに改造して、ケーブル布設工事を行いました。布設



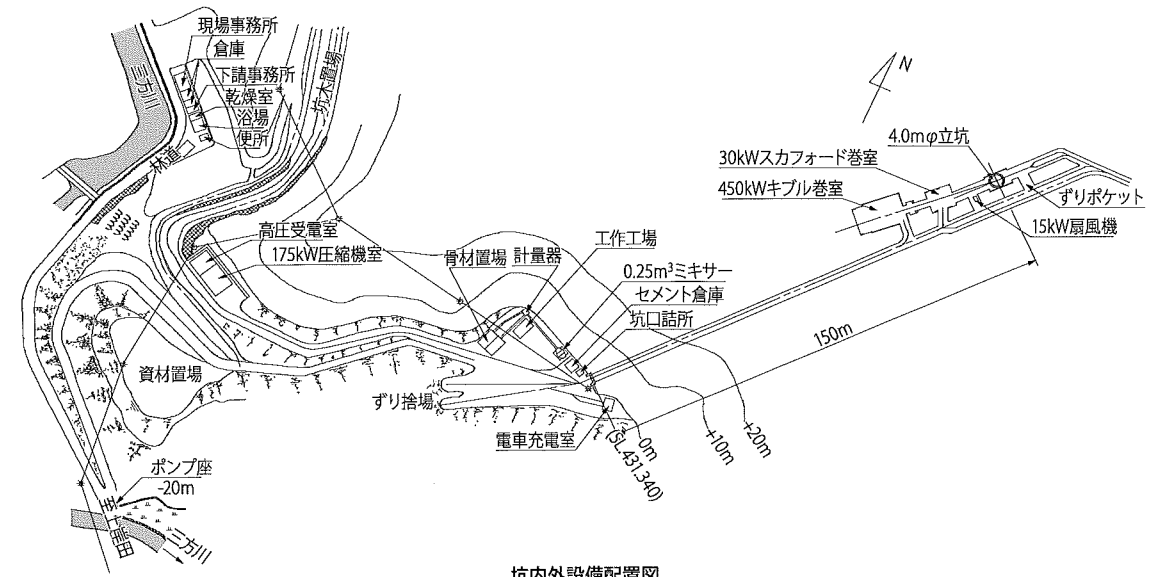
ケーブル布設要領

ケーブルは150mm²動力ケーブル4条、100mm²動力ケーブル3条、電話ケーブル1条、信号ケーブル1条の合計9条です。ケーブルドラムをスカフォードに載せ、一重鉄線鎧装ケーブルは燃戻しスライベルを通して坑口に仮固定し、二重鉄線鎧装ケーブルの場合はケーブル吊止め装置を支持バントんに直接固定して、スカフォードを降下しながら布設を行いました。

銀鉱山の開発工事

大身谷鉱山(兵庫県)の探鉱立坑工事は、立坑関連構造物の設計・施工、本設備の製作・据付けを含めた一括請負工事として、昭和43年に同和鉱業より受注しました。

立坑は当初、矩形でロックボルト金網張りの仕様でしたが、現地の地質状況などから、保安上危険であるとして、円形鉄製パネルライニングの仕様に変更されました。この立坑は仕上り内径4.0m、深



坑内外設備配置図

度246.9mの盲立坑(立坑坑口が地上にない)で、途中約60m間隔で4か所に探鉱坑道を掘削するための接続部が設けられました。また、坑口レベルより上部には立坑掘削や本設備のための本巻室(キブル巻設置)、スカフォード巻室、ロープ斜坑、ヘッドシーブ座、ずり開け部、ずりポケット、L0接続部、ロープ坑道・ガイドシーブ座など、規模はあまり大きくありませんが、いろいろと変化に富んだ工事があり、工事主任として良い経験をさせてもらいました。

工事は、既設の通道が立坑位置(坑口より150m)まで来ており、ここから工事を展開しました。

■ L0 レベル上部工事

ロープ斜坑は断面が2.8m(W)×2.5m(H)の矩形で、下部から切上りました。傾斜が47°で最初のうちは、発破ずりの大半は自然落下しましたが、途中から坑道に滞留するようになり0.1m³スクレーパで掻き落としました。支保には



通道坑口

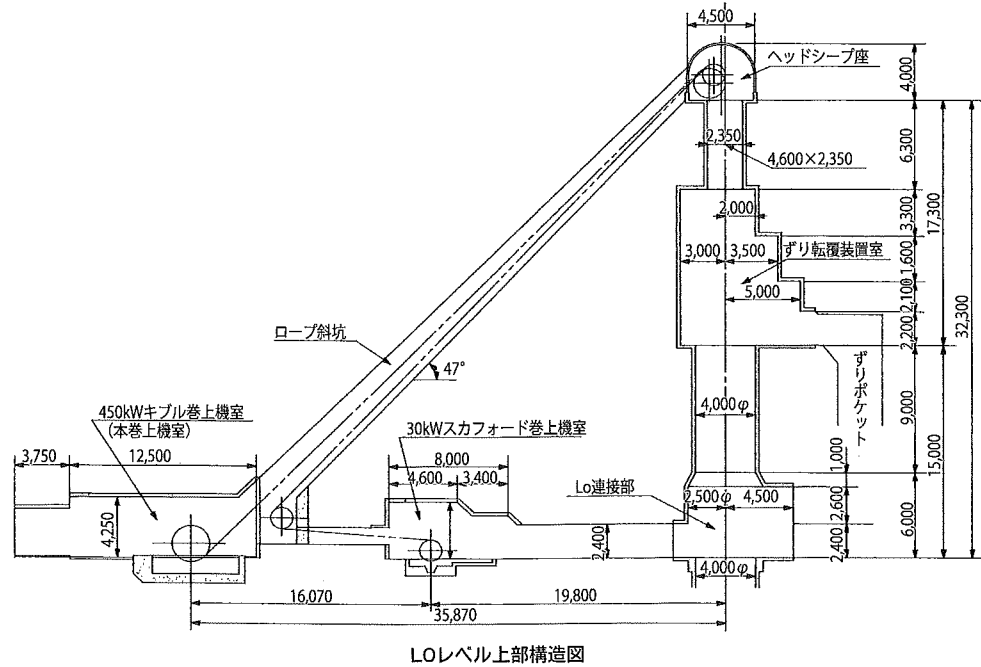
金網(10#30mm目)とロックボルト(22φ×1.5m)を使用しました。

ヘッドシーブ座工事に先だって、立坑上部に導坑を切上りました。断面は1.2m×2.4mで、中仕切りをし、半分をヘッドシーブ座や立坑上部拡大掘削のずりポケットとしました。

ヘッドシーブ座のアーチ部と側壁は鋼棒とライナープレートを組

み合せた支保をし、鏡部は金網とロックボルトで押さえました。材料はロープ斜坑にレールを敷いて巻上げました。立坑上部やずり開け部のコンクリートは0.5m³スキップ台車で巻上げ、蛇腹管で流し込みました。

本巻室は、比較的規模の大きい構造物(10.0m(W)×12.5m(D)×4.25m(H))で、岩質は粘板岩です



LOレベル上部構造図

が天井部に鉱脈が現れ、若干水がついており、地山状態はあまり良くないので、側壁導坑先進リングカット工法で施工しました。両サイドの導坑掘削、側壁コンクリート打設、中央下半を残してのリングカット、37kg/mレール支保工(3部材)建込みの順で掘削しました。扁平断面のアーチコンクリートは、バラセトルとメタルフォームを使用し3回に分けて打設しました。

■立坑本体部の施工

立坑の掘削は、4ブームアンブレラジャンボを使用した穿孔発破、0.15m³グラブと1.0m³キブル2台を使用したざり出しと、当時の標準的なショートステップ工法で施工しました。

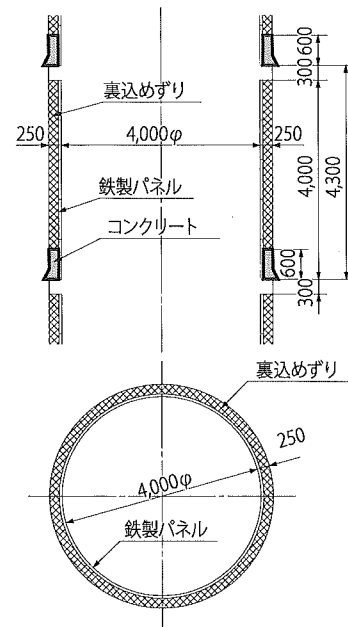
ただし、覆工はコンクリートではなく、当現場では施工性が良く経済的な鉄製パネルライニング工法を採用しました。

この工法は、覆工サイクル長をバントンの取付けサイクル長に合わせて4.3mとし、上部30cmは裏込めざり投入とバントンの根固めのために覆工なしの空間部を設けました。鉄製パネルはL形鋼と鋼板で製作し、高さ80cmのパネルを5段組上げました。覆工厚はパネル込み25cmで、下部60cmには裏込めざりの抜け落ち防止のためのコンクリートを打設しました。裏込めざりは、ざりポケット口で篩い分けられた細粒掘削ざりを使用しました。また、スcaffold固定ジャッキ位置やバントン根入れ部には裏込めざりをコンクリートに置換えました。

湧水と戦う

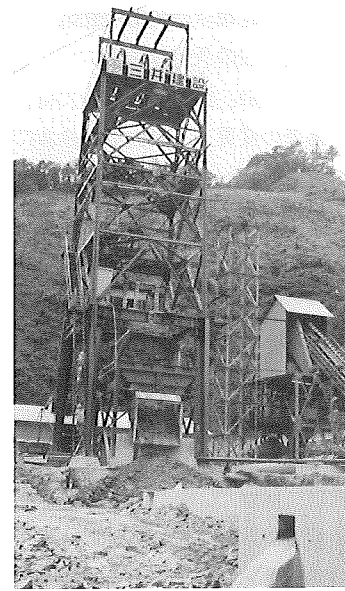
山陽新幹線 福岡トンネル東工区 犬鳴立坑

この立坑は、大量の出水で大幅に遅れた福岡トンネル東工区の工



本体部覆工構造

程を回復すべく、トンネル東側坑口から約2.7kmの位置に急遽計画された仕上り内径6.0m、深度118mの立坑です。トンネル工程の救済ということで、立坑にも急速施工が求められ、大型の設備機器を

犬鳴立坑開さく設備全景
(右手前 沈砂槽からの立坑排水)

設置し、立坑掘削完了後は、この設備(450kWキブル巻上機、4.0m³ざりキブル×2)でトンネルざりを搬出するよう計画されました。深度118mと規模の小さい立坑でしたが、立坑のすぐ横を犬鳴川が流れ、坑口から坑底近くまで断層のために破碎された地層からの湧水に悩まされました。普通は、このような場所での立坑施工は避けるのですが、急遽計画が決定されたことや近辺に候補地が見当たらず、やむを得なかったと思います。

■難渋した止水グラウト作業

当立坑の地質は、坑口から-6mまでは崖錐堆積層で、以下-6~-37m間が千枚岩、-37~-60m間が緑色片岩、-60~-73m間が黒色片岩、-73~-118m間が緑色片岩で、-80m付近まで水を持った破碎層が続きました。

注入孔の穿孔には古河製長孔穿孔機3台を準備しました。セメン

トミルクの注入には油圧式定圧自動可変流量型グラウトポンプ3台を使用し、立坑内に3条の1"φ注入管と1条の水管を布設し、高压ホース、スタンドパイプを経由して注入を行いました。薬液注入の場合は薬注用ポンプのほか、機材をすべて坑底切羽に持込み、坑底で注入作業を行いました。

通常は止水サイクル長を30m程度に取りますが、当立坑では破碎帯が続き、穿孔中にジャミングを起こしロッドを取られることが多く、短いサイクルでの止水作業となり、止水回数が8回と立坑深度に比べて極端に多くなってしまいました。途中で、試錐機を坑底に持込んで、ステージグラウトを試みましたが、破碎帯での削孔には能率が上がらず1孔で止めました。

注入では、破碎帯のためにカバーロックが弱く、穿孔により孔周辺のカバーロックが乱され、スタンドパイプのパッカーが効かなかったり、注入ミルクのリークが止まらないことが多く、スタンドパイプの長さを変えてパッカー位置を変えたり、二重、三重のパッカーにしたり、ガイドパイプを入れてこの中でパッカーを効かせたりしました。しかし注入ミルクのリークは止まず、リークをさせながらウエスを詰めてミルクの固化を待つしかありませんでした。ゲルタイム調節のできる薬液の注入も試みましたが、同じような状況でした。

今回の止水作業はすでに予定日数を過ぎ、全体工程も逼迫してきており、施工からは「早く掘削作業を再開するように」との声も耳にしました。現在の揚水量250L/minと最後の2孔の処置はこのままで掘削を再開した場合の湧水量を想定したところ立坑排水能力1.0m³/minにまだ余裕があると判断して、掘削に踏み切りました。

15m下には新鮮な緑色片岩の層が確認されており、早くこの層に到達すべく、2回続けて発破をし、覆工をする予定でした。

り、カバーコンクリートを50~80cm打設しました。それに加え、水と反応して固結する非水溶性のウレタン系薬液を使用したところ効果がありました。

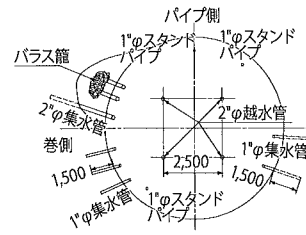
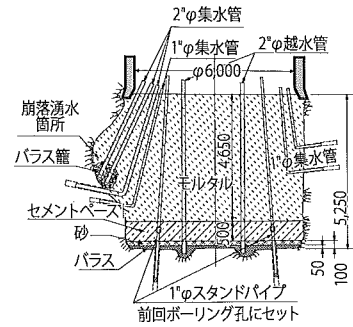
■大量出水により掘削不能に

深度64.4mの位置から始めた第7回止水工事では、岩質は黒色片岩の破碎帯でとくに悪く、湧水は1孔あたり100L/min前後とあまり多くはありませんでしたが、穿孔・注入ともに難渋しました。18孔の穿孔・注入を行いました。ガイドパイプ口元から1.5m下でジャミングによりロッドが折損残留した孔とその隣の孔の2孔からの漏水が止まりませんでした。これらの口元を削り2"φパイプを入れてカバーコンクリートを50cm打たし集水しましたが、6.5kg/cm²の水圧と周りの残水が集まったことで半分くらいしか集水できませんでした。ウレタン系薬液を注入しましたが、ゲル状でリークし効果がありませんでした。

今回の止水作業はすでに予定日数を過ぎ、全体工程も逼迫してきており、施工からは「早く掘削作業を再開するように」との声も耳にしました。現在の揚水量250L/minと最後の2孔の処置はこのままで掘削を再開した場合の湧水量を想定したところ立坑排水能力1.0m³/minにまだ余裕があると判断して、掘削に踏み切りました。

15m下には新鮮な緑色片岩の層が確認されており、早くこの層に到達すべく、2回続けて発破をし、覆工をする予定でした。

1回目の発破ではほとんど変化



バルクヘッドの構造

はありませんでしたが、2回目の発破で坑壁が少し崩落し、200L/minの湧水があり、反対側の坑壁からも50L/min程度の湧水が確認されました。水中ポンプで揚水しながらずり積みを開始しましたが、粉状の細粒ずりがポンプで吸上げられ、立坑壁に設けた中継ポンプ座で沈殿しポンプが詰まってしまう、揚水不能な状況になりました。立坑底に水が溜まり、ずり積みができない状態に追込まれました。

そこで、中継バックの掃除を行いました。ポンプとキブルで揚水を行いましたが、坑底からの湧水もかなり増加しているようで、水位の下がりが遅く、9時間を要しました。

急遽、経験者に集まってもらって対策会議を開きました。これだけの水を被って立坑を掘下がるのは能率も悪いし危険も伴い、相当工期が延びることが予想されました。バルクヘッドを打設して止水工事をやり直し掘削を行うという

結論に達しました。

バルクヘッド打設後、工事は順調に進みましたが、工期の遅れは取戻せず、反省点も多々ありますが、昭和48年5月2日に立坑掘削を終了しました。トンネルの工程救済という初期の目的はなんとか果たせ、現場責任者としてほっと胸を撫で下ろした当時は思い出されます。

立坑の現状と将来について

炭鉱から始まった立坑開さくも、炭鉱の斜陽化とともに急減し、昭和59年に完成した太平洋炭鉱知人立坑が炭鉱での最後の立坑工事となりました。一方、土木分野の立坑は、昭和40年ごろから高度成長の波に乗り、地下発電所の水圧管路立坑や調圧水槽、道路・鉄道トンネルの換気立坑や作業用立坑が多く施工されました。

しかし、これらの立坑も昭和56年ごろをピークに漸減し、現在では、詳しい資料がなく、よくわかりませんが、施工中の立坑は瑞浪超深地層研究所で2本、幌延深地層研究センターで3本の計5本のみと聞いております。鉄道の作業用立坑は昭和61年以降なく、道路の換気立坑も平成12年以降は工事がないようです。

今後の立坑工事についてもあまり期待できそうにありません。水力発電については福島原発事故後に再生可能エネルギーとして見直されていますが、中小発電所の立坑はあるかもしれませんが、夜間電力を利用する大型の揚水発電所は原発との兼合いもあり、現在

施工中の北電京極発電所完成後には新規建設の予定は当分ないようです。また、道路トンネルでは設計基準の変更で、長大トンネルでも大型ジェットファンで対応可能になり、換気立坑をあまり必要としない状況です。必要な場合でも、避難坑や作業坑として斜坑を選択する傾向にあります。

立坑を必要としている施設に高レベル放射性核廃棄物深地層処分場があります。フィンランドでは建設に向けた工事が進んでいますが、わが国では2002年に最終処分場の公募を始めましたが、候補地もいまだ決まっておらず、何年先になるのかわかりません。

以上のような状況から、現在施工中の立坑が完成した後は、立坑工事が途切れるのではないかと危惧しております。

上述の処分場のような立坑建設には、掘削後に運搬設備などの設置が行われ、高度な技術が必要です。経産省では、将来新しい処分場が開発された場合の回収可能な処分システムの検討をしており、立坑施設の長期にわたるメンテナンス技術も必要となってきます。

このように立坑施工数が少なく、次の工事をいつ受注できるかわからない状況のなかで、立坑技術の継承や技術開発については一企業では対応できない状況になっているように思います。私の勤務した三井建設を例に取っても、安房トンネル換気立坑を施工していたころまでは立坑技術者もたくさんおり、現場見学会・技術発表会や技術者教育を定期的に行い、若い技

術者の育成にも力を入れてきました。技術開発についても専門委員会を立上げテーマを決めて取り組んでいました。

平成10年に完成した大鹿第2発電所水圧管路立坑以降はメインの立坑工事はなく、立坑技術者の多くが高齢で退職していきました。現在も、立坑を経験した技術者が減少する傾向にありますが、長年培ってきた立坑技術が消えぬよう、会社も若い技術者の育成に心を砕いているようです。

将来の大深度立坑のための技術の継承や技術開発には工事現場が一番です。現在施工中の上記立坑

でも取り組んでいると思いますが、将来立坑を必要とする発注者(日本原子力研究開発機構、電力会社など)に音頭を取っていただき、将来の立坑を想定したテーマで、官民参加の検討組織を上げるというのも一法ではないかと思っております。

おわりに

鉱山の立坑から始まった立坑とのかかわりは鉄道・道路トンネル、水力発電、原子力廃棄物などの分野で多くの仕事に恵まれ、良き立坑人生を過ごさせていただき感謝しております。

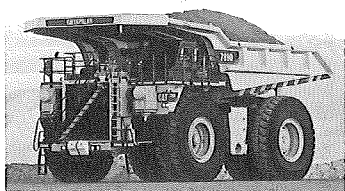
また、土木学会をはじめ立坑に関連した各種委員会にも参加させていただき、成果を文献として残せたことで、立坑技術の継承に少しは役立てたのではないかと感じております。

立坑工事が減少するなかで、工事に携わっておられる方々には、しっかり立坑技術を習得していただき、将来の大型立坑に備えて、次世代の若手技術者へ現場経験を踏まえた立坑技術の伝承をお願いいたします。

最後になりましたが、立坑工事が途切れることなく、継続されることを願っております。

工法・技術・製品ニュース

製品 鉱山現場などで活躍するダンプトラックを国内導入



キャタピラー・ジャパンは、Cat 789Dダンプトラック(最大積載量181.0t)を国内導入した。

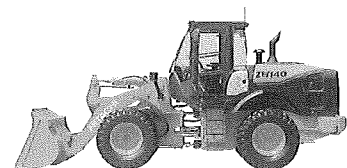
同機は鉱山など過酷な現場で優れた性能を発揮するCat 3516Bエンジンを搭載。大排気量と低定格回転の設計によりパワフルで粘り強い走行性能を有しつつ、燃料消費量の低減やコンポーネントの負担軽減に貢献する。また、電子制御フルオートマチックトランスミッションを採用し、シフトチェンジ時の負荷やクラッチの磨耗低減に貢献するほか、降坂時にエンジン回転数を一定にしつつ自動でブレーキを作動させるオートマチックリターダコントロール(ARC)

や、後輪のセンサでスリップを検知し、自動でブレーキを作動させることでタイヤのスリップを抑制するトラクションコントロールシステム(TCS)を標準装備するなど、生産性と耐久性を高めた。

安全性についても、キャブまでのアクセスを、従来機のハシゴ式からステップ(階段)式に変更。地上からキャブ内まで安全にアクセスができるほか、キャブドア開閉部の足場であるキャットウォークの幅を180mm延長するとともに、ハンドレールをステップ側面に追加。これによりキャブ内に容易かつ安全に乗降することを可能とした。

キャタピラー・ジャパン(株)
コーポレートパブリックアフェアーズ・ジャパン
Tel 03-5717-1122
E-mail: cjl-public@eat.com

製品 新型ホイールローダ2機種発売—オフロード法2011年基準適合



ZW140-ss

日立建機は、新型ホイールローダZW-5シリーズとして、ZW140-ss(標準バケット容量2.0m³、運転質量10.29t)、ZW150-ss(同2.3m³、11.44t)を発売した。

同機は、機械の動きを瞬時に判断し、エンジン・HSTポンプ・モータを最も効率のよい状態に制御する「アクティブHSTコントロールシステム」を採用。これにより、無駄なエネルギーロスを抑え、従来機比10%の燃費低減を実現した。

また、排出ガス規制に対して、日本のオフロード法2011年基準のほか

に欧州(Stage III B)、北米(Interim Tier4)に適合し、排出ガスの後処理装置には粒子状物質を捕集して燃やすマフラーフィルタを搭載するなどして、時代にマッチした環境性能を実現した。

オペレータ環境については、振動吸収性に優れ、さまざまな体形にフィットするメカニカルサスペンションシートや狭い現場での作業を容易にするため、1速の最高速を7~13km/hのあいだで自由に設定可能な1速スピードリミットスイッチを標準装備し、快適な操作を支援する。

日立建機(株)経営管理本部広報戦略室
広報グループ
Tel 03-3830-8065
http://www.fujita.co.jp/

続きみの庭にも温泉が出る

その後の温泉開発と建設の考え方

石井康夫・俣野恭寛 共著 新書判 217頁 本体定価1,200円(〒210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

既設放水路トンネル直下に扁平大断面トンネルを構築

—東北電力 豊実発電所改修—

東北電力(株)豊実・鹿瀬発電所工事所土木建築課長 藁谷正則
東北電力(株)豊実・鹿瀬発電所工事所土木建築課主査 多田誠
前田・飛鳥・会津土建・入谷・滝谷共同企業体所長 樋渡康弘
前田建設工業(株)本店土木事業本部土木設計・技術部 工藤敏邦

本稿では当改修工事における放水路トンネルの施工概要について報告する。

2 工事概要

2-1 工事概要

工事名：豊実発電所改修工事のうち土木本工事ならびに関連撤去工事

工事場所：新潟県東蒲原郡阿賀町豊実地内

工期：平成20年5月26日～
平成25年3月29日

工事内容：
・ダムおよび取水口と水槽の大部分は既設設備を流用し、古い水車・発電機6台を撤去して、新たに立軸バルブ水車・発電機2台

1 はじめに

豊実発電所は阿賀野川水系の東北電力(株)発電所群の中で下流から3か所目に位置しており、昭和4年に発電を開始した出力56,400kWのダム式発電所であった(写真-1)。

当発電所は発電開始以来、約80年が経過し、水車・発電機を中心として経年劣化が進行していた。そのため、水車・発電機を立軸フランシス水車6台から立軸バルブ水車2台に整理統合し、最大使用水量を変えず機器効率のアップにより最大出力を61,800kWに変更する大規模な改修工事に平成20年に着手し、平成25年9月18日に発電を再開したところである。



図-1 豊実発電所位置図



写真-1 豊実ダム、豊実発電所施工前全景

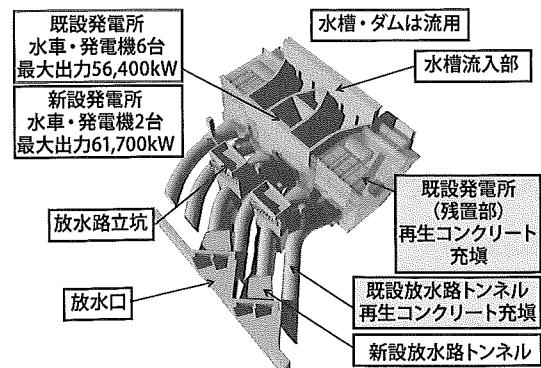


図-2 豊実発電所改修工事イメージ図

を設置した。

- 水車・発電機2台の新設にあわせて2本の放水路立坑，放水路トンネルを新設した。
- 既設発電所の解体は，発電所改修に必要な最小限度の範囲にとどめ，発生したコンクリートガラは破碎して再生粗骨材として再利用した。既設発電所の不要な部分および既設放水路トンネルなどの空洞部は，再生粗骨材を用いた再生骨材コンクリートで充填した。
- 放水口構造物施工のために継手付きH形鋼矢板を使用し，仮締切を設置した。

2-2 地質条件

新設放水路トンネル施工箇所の地質縦断図を図-3に示す。

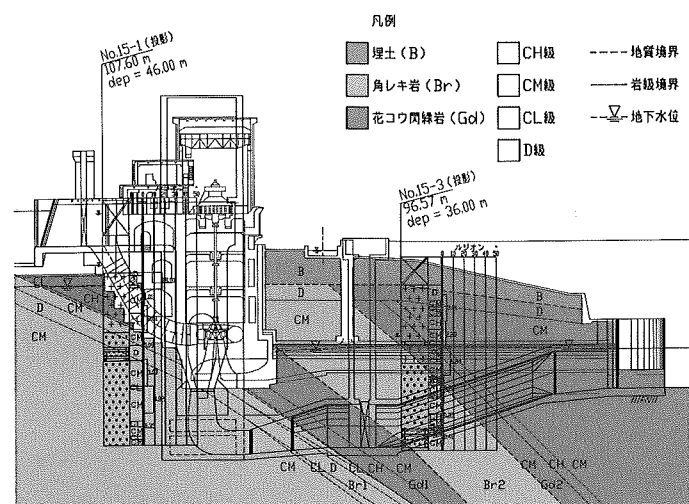


図-3 放水路トンネル地質縦断図

施工箇所の地質は，表層5.5～6.9mが礫混じり砂の埋土であり，その下層部は花崗閃緑岩・角礫岩のC₁₀級主体で，岩質は比較的硬質である。しかし，上部には矢板工法で掘削した既設トンネルが存在しているため，岩盤の風化や緩みが発生している可能性があった。

2-3 放水路トンネル概要

放水路トンネルは，発電所立坑から放水路立坑を経て放水口までの経路に計2本設置される。豊実発電所の平面図を図-4に，放水路トンネルの断面図を図-5に示す。また，施工上の特徴を以下に示す。

2-3-1 諸元

(1) 断面形状

- 発電所から放水口に向かって，扁平～矩形～円形～矩形へと段階的に変化
- 扁平部幅15.4m×高さ7.5m(A=102.4m²)
- ～矩形部幅10.4m×高さ12.0m(A=121.9m²)
- ～円形部幅9.9m×高さ9.7m(A=71.9m²)
- ～矩形部幅13.9m×高さ11.5m(A=146.4m²)

(2) 延長

- 1号トンネル 58.8m
- 2号トンネル 61.7m

(3) 勾配

- 1号トンネル 1：2.187
- 2号トンネル 1：2.729

(4) 特徴

- 新設トンネル直上に既設の放水路トンネルが存在する。
- 既設放水路の施工時に使用した横坑などの空洞が周辺に存在する。
- 非常に扁平な形状などトンネル断面が複雑に変化する。
- 放水路立坑から放水口側は40%を超える急勾配である。
- 2号トンネルは半径10.0mの急カーブとなる。

2-3-2 全体施工フロー

豊実発電所改修工事全体の施工フローを表-1に示す。

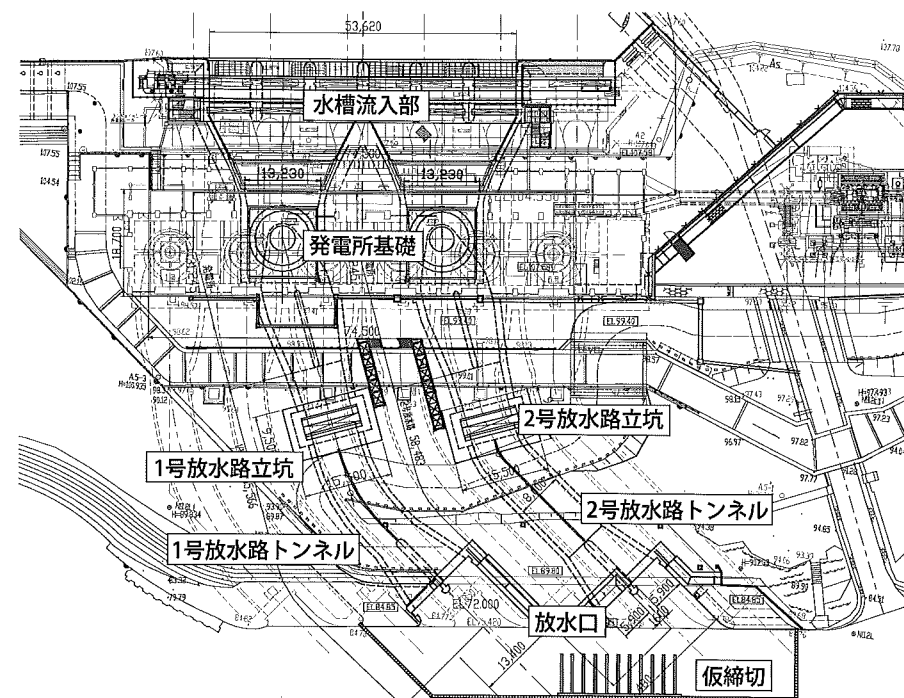


図-4 豊実発電所平面図

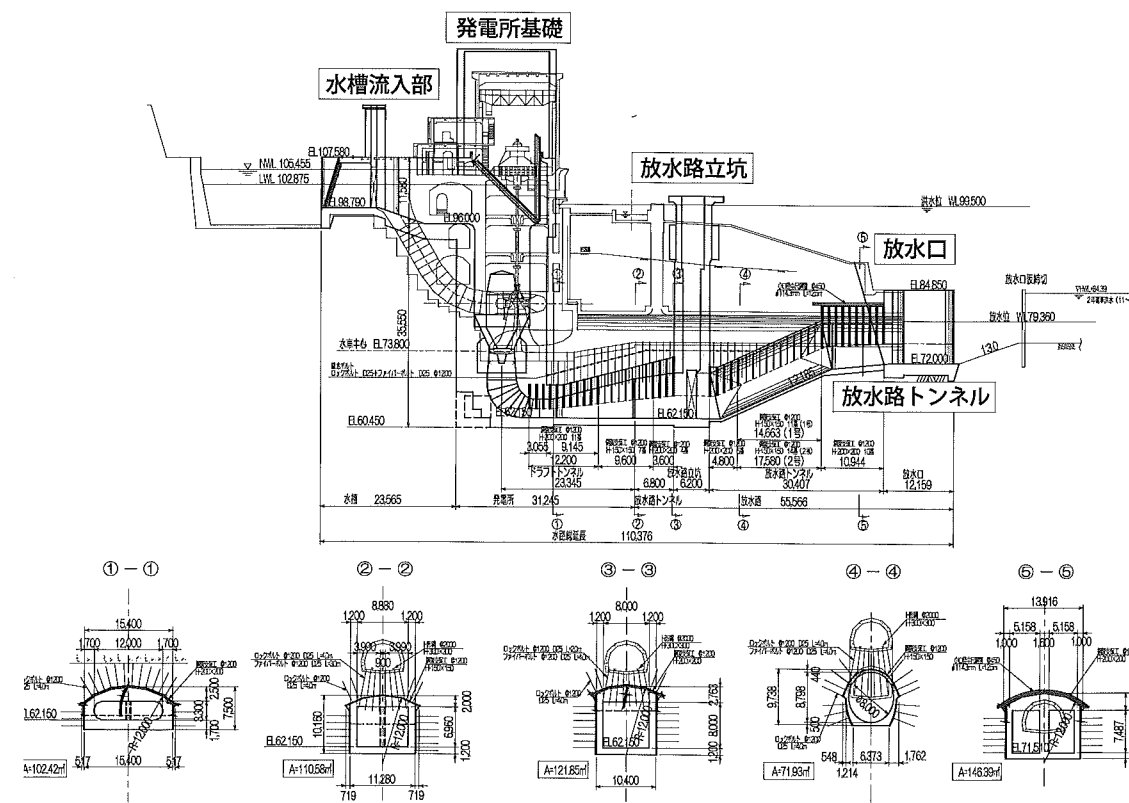
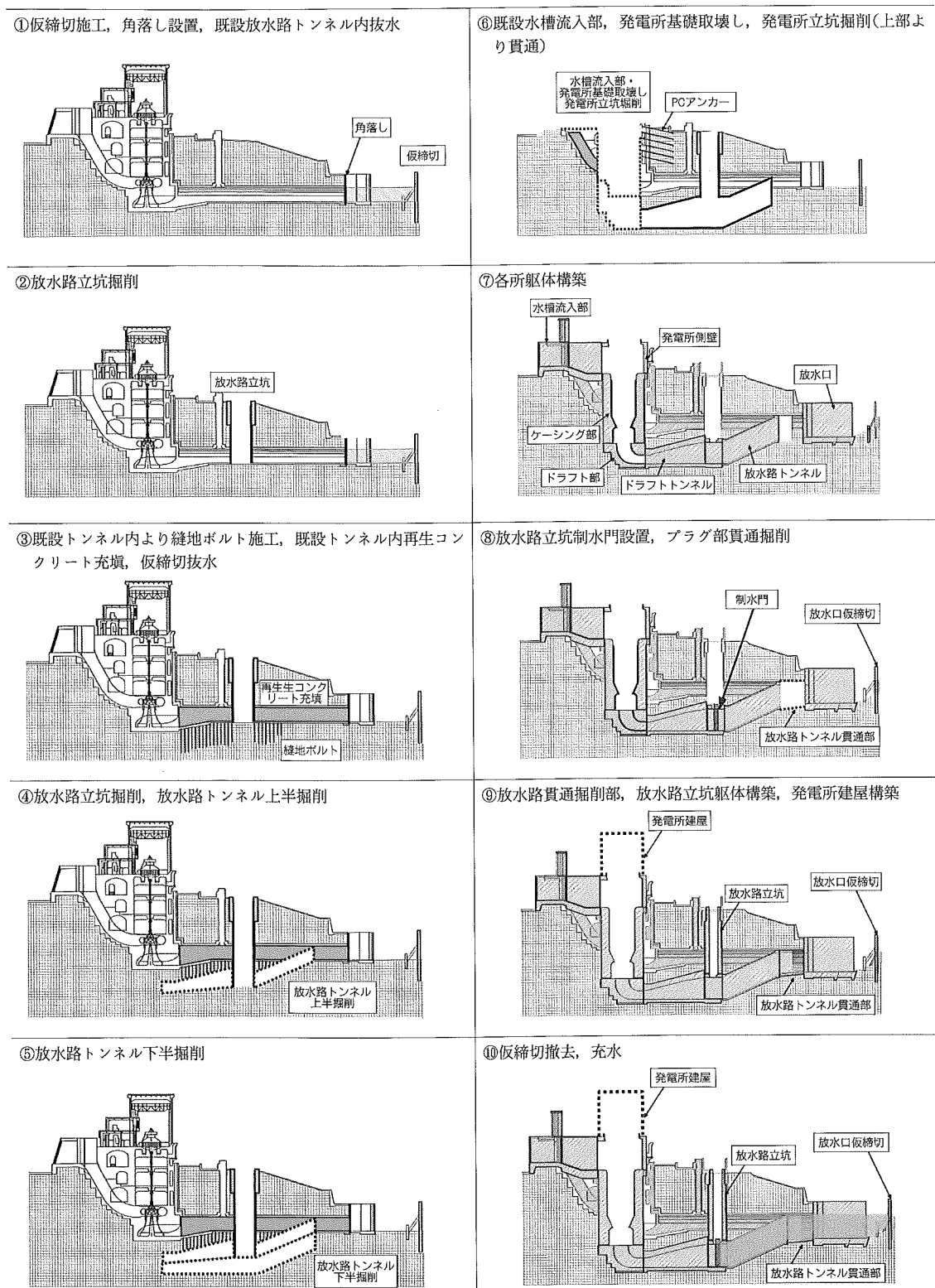


図-5 放水路トンネル(1号)断面図

表-1 全体施工フロー



放水口側が河川内の工事となるため，継手付きH形鋼矢板による仮締切を設置した(①)。

当施工箇所の河川が狭隘で，過去数年間の最大流量に対して十分な仮締切りの設置ができないことから，出水に伴い年数回冠水することを見越した高さに設定し，気象情報や上流ダム群の情報などから退避基準を定めて施工した。

放水路トンネルは，新設した放水路立坑を起点として，発電所側上半，放水口側上半，下半の順

に掘削を実施した(①～⑤)。また，既設建屋および発電所基礎の取壊し，発電所基礎の掘削も放水路トンネル掘削と並行して施工を進め，放水路トンネルが発電所基礎内に到達したあとに発電所側を上部から掘削して，発電所基礎側の貫通となった(⑥)。

放水路トンネルの放水口側は，洪水時の河川水の浸入防止を図るため，プラグ部を残置した。明かり巻きを施工して放水口構造物を先行構築し，放水路制水門が設置された時点で貫通掘削および覆工を施工した(⑧，⑨)。

3 放水路トンネルの施工

3-1 縫地ボルト

放水路トンネルの掘削に先立ち，上部の既設放水路トンネルから下向きに縫地ボルトを打設し，新設放水路の天端地山を補強した。

縫地ボルトを施工した目的は，既設放水路の周辺岩盤が緩んでいることが想定されること，およ

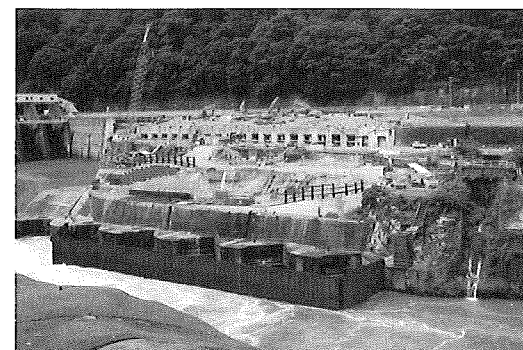


写真-2 建屋解体，放水路立坑掘削状況(平成21年7月)

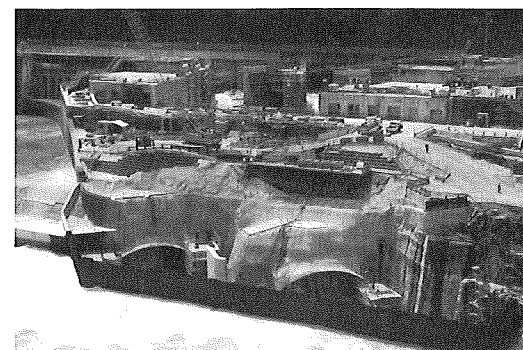


写真-3 放水路トンネル明かり巻き施工状況(平成22年11月)

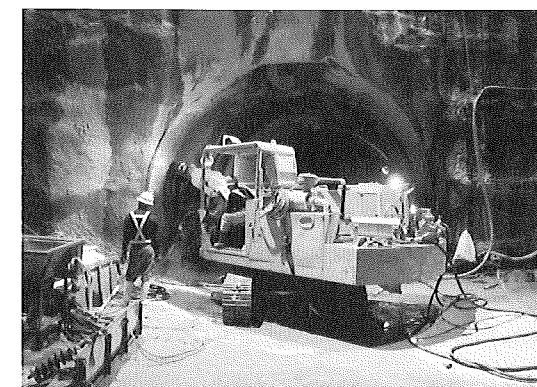
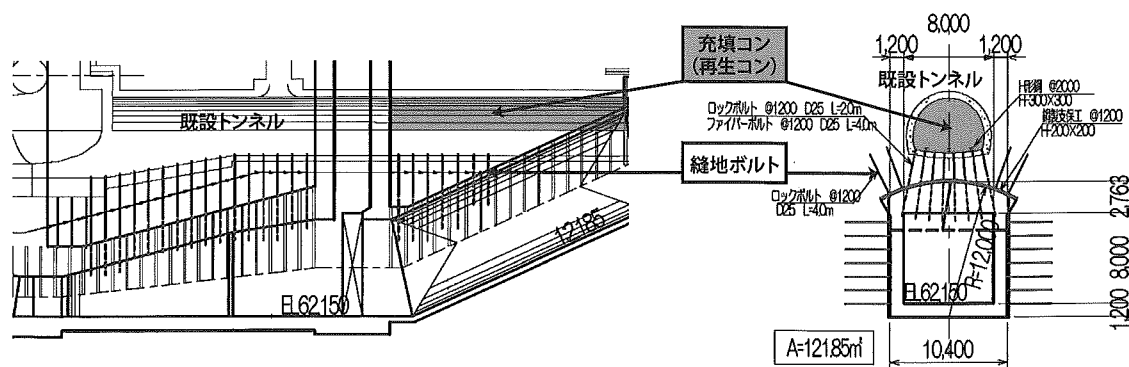


写真-4 縫地ボルト施工状況



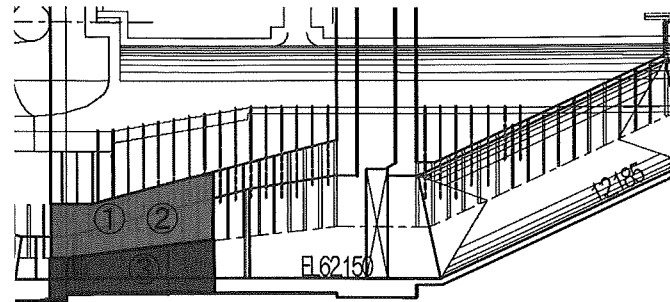


図-7 扁平部の掘削順序断面図

び、新設放水路の形状が扁平で、天端地山にグラウンドアーチが形成されにくく、亀裂や割れ目の入り方によっては天端の抜け落ちや崩落発生が懸念されることに対し、あらかじめ地山を補強しておくことで、効率よく天端地山の緩みを抑え、崩落を防止するためである。

縫地ボルトの仕様はD25×1,200mmピッチとし、後に掘削する箇所はファイバーボルトを採用した。図-6、写真-4に縫地ボルトの概要および施工状況を示す。

既設放水路トンネルは放水路立坑と交差しており、放水路立坑内から既設放水路の覆工断面や背面地山を観察したところ、既設放水路覆工背面の地山は乱されており、底板コンクリート下面は水みちとなっていた。新設放水路の天端地山は既設放水路とは縁が切れており、新設放水路の施工は小土かぶりの扁平トンネルの掘削となる。このような条件のもと、天端崩落や過大な緩み荷重が支保に作用することもなく、無事に掘削することができた。

縫地ボルトは事前の地山改良効果および吊下げ効果を発揮して、天端の安定に有効に寄与したと考えられる。また、縫地ボルト削孔時に得られた地山の硬・軟などの情報は坑内計測結果と合わせて、短い区間で断面形状が大きく変化する放水路トンネルの掘削計画や地山安定評価のうえでおいに役立った。

3-2 再生骨材コンクリートによる既設放水路の充填

既設放水路トンネルの空洞を残置したままでは、新設トンネル上の岩盤中の応力の伝達が不安定に

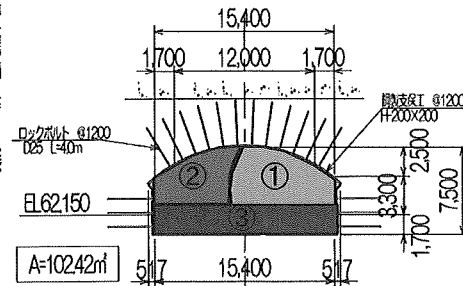


図-8 扁平部の掘削順序正面図

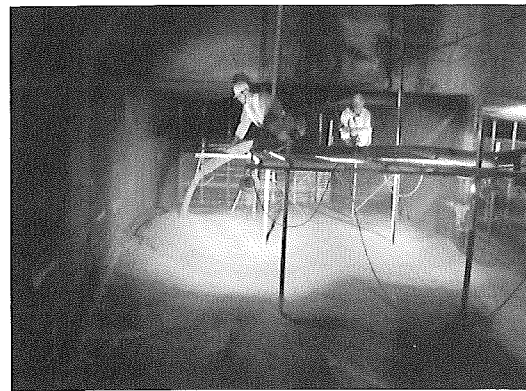


写真-5 既設放水路充填状況

なるため、NATMとしての掘削が困難となる。そのため、既設放水路は地山との一体化を図る目的で、縫地ボルトを施工後に再生骨材コンクリートで充填した。既設発電所の解体で発生したコンクリートガラからジョークラッシャーおよびインパクトクラッシャーによる簡易破碎設備により再生粗骨材を製造し、再生骨材コンクリートに有効利用した。

3-3 加背割り

放水路トンネルの掘削は大断面となることから上半・下半に分けて掘削することとし、発電所側に近い扁平断面部の上半については中壁分割工法を採用した。

放水路トンネルは短い延長の中で掘削断面形状が大きく変化するため、切羽進行と坑内変位との関係が複雑で通常の坑内変位のみでは計測管理が難しい。

計測管理では天端沈下や内空変位のほかに吹付けコンクリートおよび鋼製支保工に発生する応力に対しても管理基準値を設けるとともに、支保の

4 プラグ部の止水注入工

4-1 2号坑口部薬液注入工

4-1-1 融雪出水に伴うトンネル、発電所立坑の水没

放水路トンネル(放水口側)上半掘削中の平成24年4月12~14日に融雪に伴う出水が発生し、4月14日の0時ごろに最大放流量1,216m³/sを記録した。

この出水により仮締切内は覆水され、それに伴い放水路トンネル内の全体で漏水が確認され、とくに既設トンネル周辺、既設トンネル施工時の横坑跡、2号トンネル切羽周辺で漏水量が多い傾向にあった。その後、漏水量が増加した2号トンネルが水没し、2号トンネルと発電所掘削底盤間に発生した水みちを介して発電所立坑が水没した。さらに1号トンネルも発電所立坑との接続部からの水の浸入により水没した。

4-1-2 漏水発生原因の推定

漏水発生原因としては以下の2点が推定された。(1) 2号トンネル切羽付近の強風化層、土砂の存在

2号トンネル切羽には強風化岩盤による弱層が存在しており、トンネル排水後の調査で放水口掘削法面とトンネル内に湧水の跡を伴う穴が発見された。また、2号トンネルの切羽から探り削孔したところ、切羽から1.0m先の上部は土砂であることが判明した。

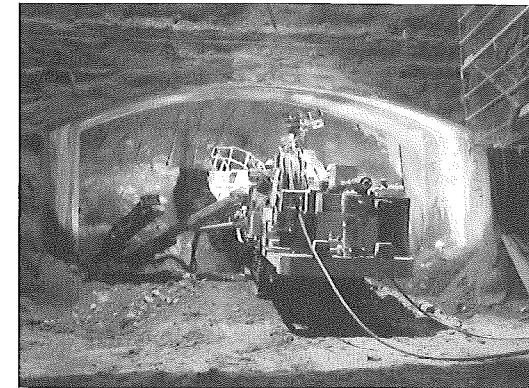


写真-6 放水口側削孔状況

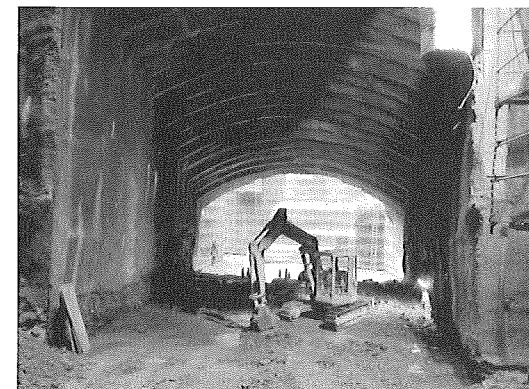


写真-7 発電所側掘削完了

応力状態から岩盤の緩みや作用荷重の移り変わりを推定し、各支保が有効に機能していることを段階ごとに確認しながら掘削を進めた。

3-4 放水口側プラグの設置

工事期間中、洪水時に発電所内へ河川水が流入することを防ぐため、放水路立坑部に放水路制水門を設置するまでの間、放水路トンネルは貫通させずに一部区間の地山をプラグとして残置した。放水路トンネルの放水口側は放水路立坑から放水口に向かって掘削し、放水口手前4m区間をプラグ部とした。

その後、放水口構造物を先行施工する目的で、放水口側から放水路トンネルを一部掘削し、明かり巻きを施工した。

放水路制水門設置後に放水口側からトンネル内に向けてプラグ部を掘削し、平成24年4月に放水路トンネルを貫通させた。その後、残りの放水路トンネルの覆工を施工した。

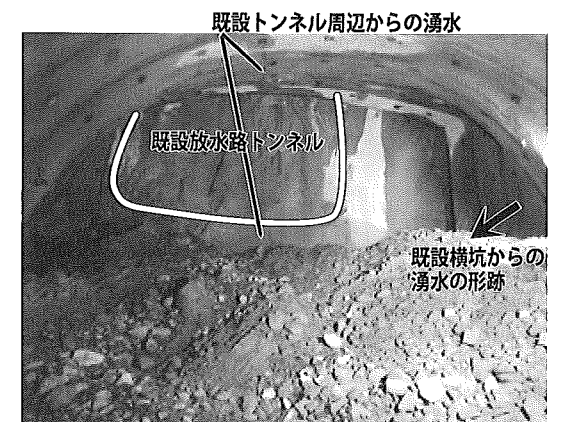


写真-8 大量の漏水が発生した2号トンネル

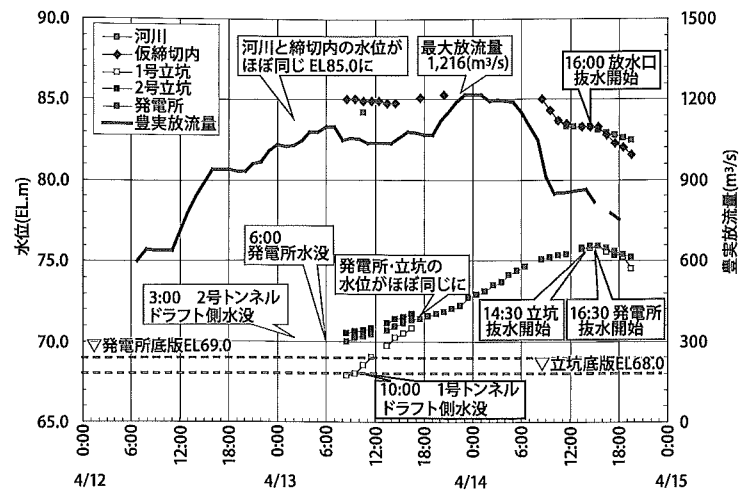


図-9 出水および水没の経緯

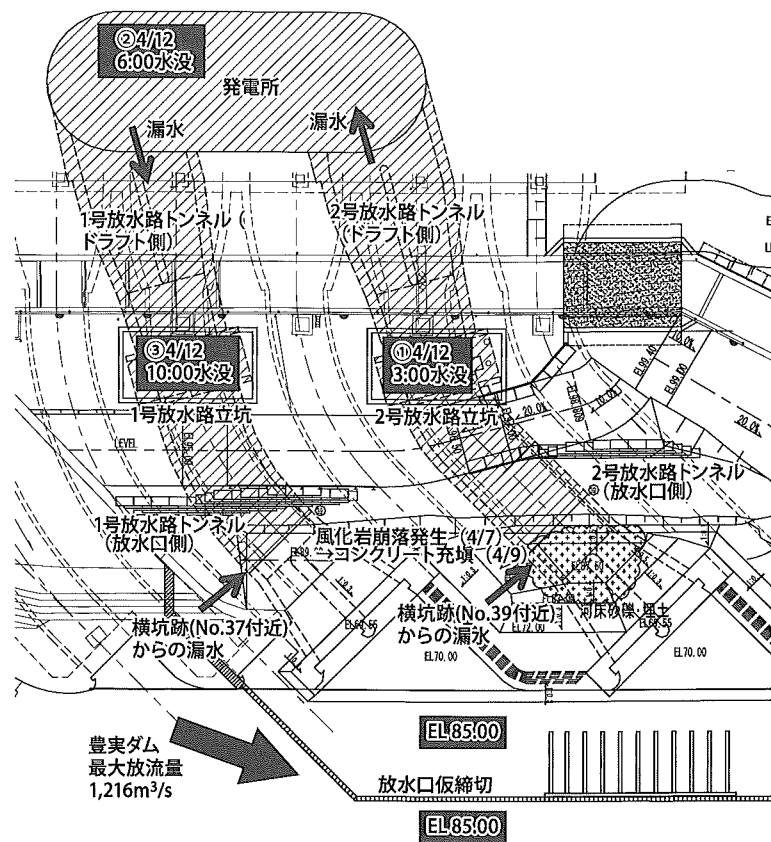


図-10 出水および水没状況平面図

(2) 既設トンネルの影響

既設トンネルは矢板工法で施工しており、掘削時に岩盤に緩みを発生させているだけでなく、覆工コンクリートと地山間に木矢板などが存在して

いるため、既設トンネル周辺の止水性能が低下している。また、施工時の隣接トンネル間を接続する横坑の土砂で充填されている箇所が水みちとなっている可能性もある。

施工完了後、調査ボーリングによりコアを採取

いるため、既設トンネル周辺の止水性能が低下している。また、施工時の隣接トンネル間を接続する横坑の土砂で充填されている箇所が水みちとなっている可能性もある。

4-1-3 薬液注入工によるプラグ部補強工

放水路制水門設置までのあいだ、発電所内に設置する機器を浸水から防護する必要があるため、プラグ部は出水に対する止水性の確保が課題であった。

そのため、漏水量の多い2号トンネルに対して、放水口掘削法面の吹付けコンクリートの増厚(20cm)による遮水性能の向上、および薬液注入工によるプラグ部の岩盤および土砂の強度増加を実施した。

薬液注入工の材料の選定にあたっては、土砂、D級岩盤部への確実な浸透固化が可能なこと、プラグ部の補強であるため強度が求められることから、ゲルタイムの調整が可能な恒久グラウトである「ハイブリッドシリカ」を採用した。

削孔・注入はダブルパッカー工法で実施し、土砂部については1次注入としてセメントベントナイトによる粗詰りを施工後に、岩盤部については1次注入からハイブリッドシリカを注入した。薬液注入工配置平面図を

図-12に、断面図を図-13に示す。薬液注入工は3列にわたり施工し、幅2.8mの改良壁を造成する設計であった。

図-12に、断面図を図-13に示す。薬液注入工は3列にわたり施工し、幅2.8mの改良壁を造成する設計であった。

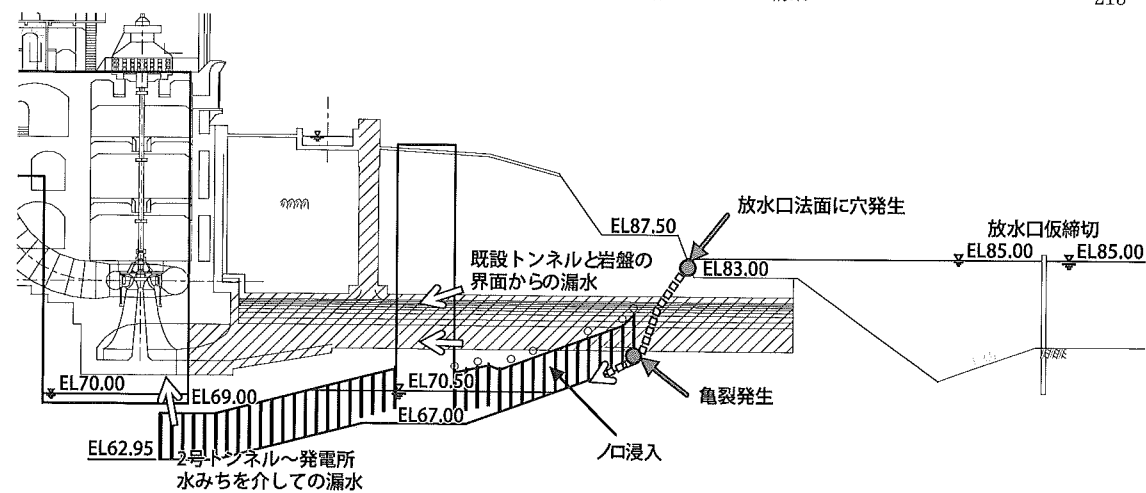


図-11 出水および水没状況断面図(2号トンネル)

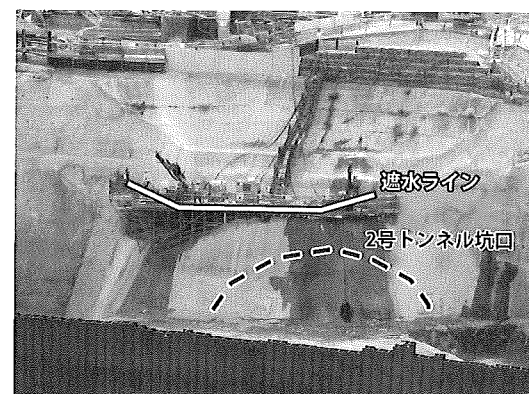


写真-9 薬液注入工施工状況

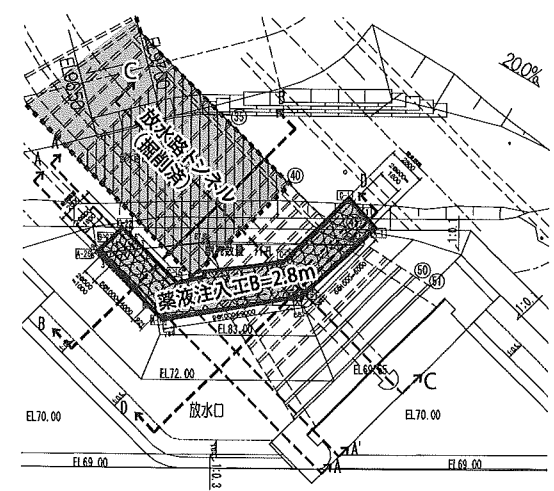


図-12 2号坑口部薬液注入工平面図

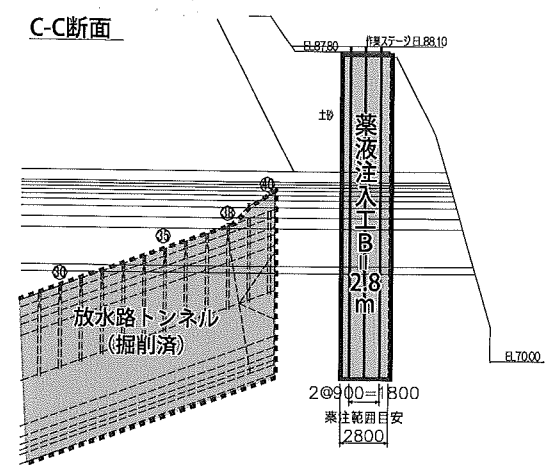


図-13 2号坑口部薬液注入工断面図

し、注入状況の確認、針貫入試験による強度推定、および定水位透水試験による透水係数の確認を行った。その結果、ハイブリッドシリカが土砂部および岩盤部の亀裂に確実に注入されており、設計一軸圧縮強度1.5N/mm²を上回る3.2N/mm²の強度が発現していること、透水係数も4.6×10⁻⁶cm/sと設計を満足していることを確認した。

4-2 1号坑口部薬液注入工

4-2-1 1号放水路トンネルの漏水量増加

平成23年4月24日に融雪出水が発生し、1号トンネルの切羽付近の既設トンネル上部付近から大量の漏水が発生した。漏水は仮締切内からのものと推定され、既設トンネル上部の岩盤の緩み箇所を通過して1号トンネル内に浸入してきたものと思われる。このような漏水が発生すると、放水路トンネル内の躯体工事および制水門工事に大きな影

響を及ぼすため、薬液注入工による止水対策工を実施した。

4-2-2 薬液注入工による漏水対策

今回の対象は主に岩盤部であり、空洞の充填が主な目的であるため、注入材としては急硬性があり限定注入が可能で、比較的安価である「急硬性セメントグラウト」を採用した。なお、注入工法は一般的なステージ工法により実施した。注入後はチェックボーリングにより、岩盤部ゆるみ箇所への注入状況を確認した。

5 3D-CADの活用による複雑な覆工の施工

放水路トンネルは、矩形から円形への変断面、急勾配、急カーブが同時に存在する箇所もあるなど、非常に複雑な設計であるため、とくに鉄筋、

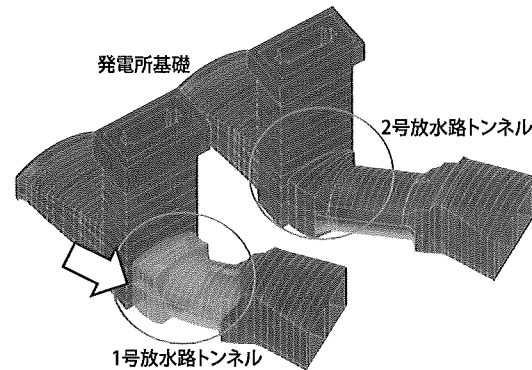


図-14 放水路トンネル 3Dモデル

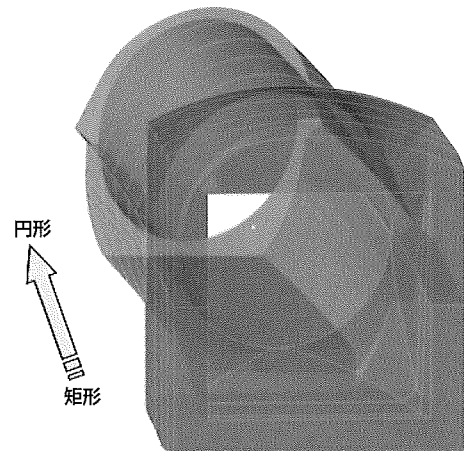


図-15 変断面部 3Dモデル(図-14矢印方向から見る)

型枠の施工においては、品質かつ工期を確保するための施工計画が困難であった。

そこで、覆工の計画時に 3D-CADを活用してトンネルをモデル化し、そのモデルを活用してパラセントルの配置、形状などの設計を行った。図-14に放水路トンネルの 3Dモデル、図-15に変断面部の 3Dモデルを示す。このような計画にもとづいた施工の結果、複雑な形状のトンネルを設計どおりに構築することができた。

6 おわりに

今回施工したトンネルは、延長60m程度のトンネル2本でありながら、扁平かつ大断面の掘削形状、既設トンネル直下での施工、漏水に伴う止水対策工などのさまざまな問題があり、足掛け約4年の年月をかけて無事施工を完了した。

また、豊富な水量を誇る阿賀野川に設置された



写真-10 セントル解体後の変断面部

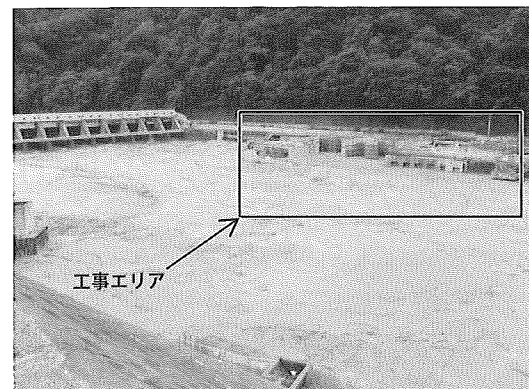


写真-11 平成23年 7月30日出水状況

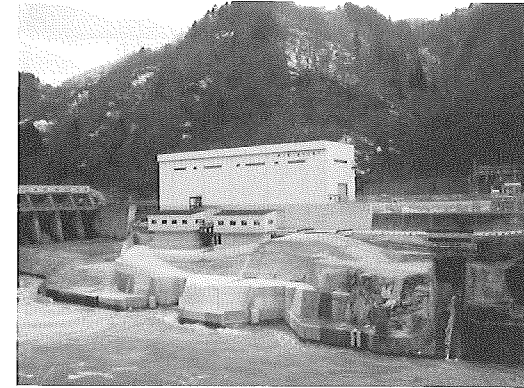


写真-12 豊実発電所竣工状況

仮締切内での工事であることから、施工はつねに河川との戦いであった。平成23年7月には「平成23年新潟・福島豪雨」が発生し、ダム、発電所運転開始以来の大洪水となり、当現場も現場内全域にわたって冠水し、堆砂、工事用道路の流出、足

場の倒壊など甚大な被害を受けた。このような状況においても、関係者が一丸となって復旧作業を行い、無事発電所の運転開始にこぎつけられたことは非常に喜ばしいことである。

戦後に建設されたインフラの老朽化が進んでいるなか、環境負荷の少ない水力発電の役割は今後大きくなっていくと思われる。そのため、今後、本工事のようなリニューアル工事は増加してくると考えられ、今回の報告内容がその一助になれば幸いである。

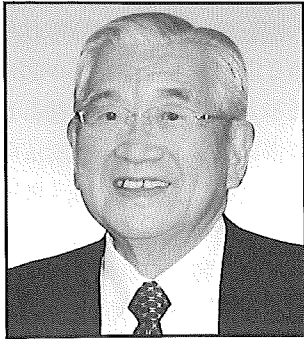
最後に、本工事にご尽力いただいた関係者の方々に厚く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 佐々木千好・永井志功：豊実発電所放水路トンネルの施工，電力土木，No.352，pp.40-44. 2011.3.

Advertisement for the book 'Construction Safety Geology' (建設工事の保安地質学) by Dr. Shigeo Ishii. The ad includes the book cover, the title in large characters, the author's name, and the publisher's name (Iwanami Engineering Co.). It also features a testimonial about the book's value in understanding geology for safety and its role as a reference for disaster response.

追悼



濱 建介さんに捧げる

本誌編集委員会委員長・JTA会誌WG主査 大島 洋志

本誌の創刊(1970年)と本協会の創立(1975年)に深くかかわられ、両方の生き字引的存在であった濱建介さんが、本年1月2日に89歳で亡くなりました。

鉄道唱歌の作詞者大和田建樹の外孫として1924年3月16日に生まれた濱さんは、1947年、東大土木工学科卒業と同時に国鉄に入社されました。翌年信濃川水路トンネルの現場を皮切りに、東京の地下鉄丸の内線、次いで名古屋市最初の地下鉄でケーソン工事、さらに国鉄の直轄トンネルを紀勢線の二木島で、その後、1958年から北陸トンネル、1964年からは青函トンネルと、経験された現場はほとんどがトンネルでした。

1969年に鉄道公団本社へ転勤後は、海峡線部長、計画部長を経て東京支社長になられ、そこでも京葉線の東京航路下の沈埋、それに続く13号地の泥水シールドやほくほく線の鍋立山トンネルを担当されています。

その後、1979年に鉄道公団理事、1983年には前田建設工業(株)に移られ、常務、専務などを歴任の後2001年退任されました。

濱さんのトンネル屋としての業績や人となりは、本誌に執筆された「トンネル六十年の履歴」(2010年1月)や本誌創刊300号と500号を記念して行った座談会(1995年8月、2012年4月)をご覧いただければわかります。本業でのご活躍は当然として、本誌および本協会での活動のほか、土木学会内に1961年に設置されたトンネル工学委員会でのトンネル標準示方書作成といった活動、ならびに発足時からかかわっておられたNPO法人日韓トンネル研究会などの活動もありますが、青函トンネル抜きには濱さんを語ることはできません。

青函トンネルの導坑貫通を記念して行われた本誌の座談会「怒濤の海峡を貫く」(1983年3月)において、濱さんは、「私は調査事務所の発足から携わりましたが、19年のあいだ、皆が海の底を無事掘り抜いてくれ

たなと思っています。当時は、これがどうやって掘れるかと不安でしたが、今は本当に感激ひとしお、胸がいっぱいというところです」と語っておられます。

濱さんと親交の深かった野澤太三先生((元)法務大臣)から、「青函トンネルに関し4つの質問(Q1:海底下の最小土かぶり、Q2:なぜ複線断面、Q3:トンネルの線形、Q4:とくに苦勞したこと)をしたら、A1:関門は十数mだったが、青函では海底炭鉱の事例を参考に安全側の100mとした。A2:注入の施工・経済性から判断した。A3:両方から掘り進むと、すれ違う危険性を避けるため、少し角度をもたせ、どこかで交わるよう配慮した。A4:先が見えにくい海底トンネルは確信をもって進めなければならない。そのため皆の意見をよく聞くなどして不安の解消に努めた、といった返事を頂いたことがあるよ。温かさ、懐の深さ、人を引きつける人徳と、リーダーとしての資質を併せ持っておられたからこそ、青函の初代所長の頃の組織作りができたのだろうね、『惜しみてもお余りある人』を亡くしたね」という話を伺いました。

葬儀には、青函トンネル関係者を中心に多くの方々が参列され、故人を偲び、お別れを悲しんでおられました。「濱さんはトンネル技術分野で多くの業績をあげ、肩書きも凄い人でしたが、少しも偉ぶることなく、どんな人にも笑顔で接して下さるとも気さくな方でした。」という私語も耳に入りました。これらのことが、青函トンネルを無事完成に導いた濱さんのご威徳を示す何よりの証拠なんだろうと思いました。

彼岸では、ご令室をはじめ青函時代苦楽を共にされた粕谷逸男、伊崎晃、天野礼二、持田豊さんら、編集委員会仲間の高坂紫朗、島田隆夫、遠藤浩三、橋本定雄さんらが天慶院建徳壽光居士となられた濱さんを暖かく迎えて下さるでしょう。心安らかにお休み下さい。

報告

シールド工事における安全・環境にかかわるトラブル調査

JTA技術委員会安全環境小委員会シールドトラブル事例調査ワーキング

1 はじめに

近年、トンネル施工中の災害は減少傾向にあり、とくにシールドトンネルに関しては、掘削技術の成熟により、一般的には、大きな事故はもう起こらないだろうとさえ思われていた。そのような環境下で平成24年2月に発生したトンネル水没事故は、シールドトンネル関係者ばかりではなく、土木技術者に大きな衝撃を与えた。

時を同じくして、技術委員会安全環境小委員会では、シールド工事におけるトラブル事例の共有やこれによる施工技術の伝承を図ることで、災害防止の一助となることを目的とし、『安全・環境に関わるシールド工事トラブル事例集』の作成に向けたワーキングを設置し、具体的な作業を進め発刊に至った。

本稿は、この『シールドトラブル事例集』の概要について報告するものである。

2 近年のシールド工事における災害の傾向

『安全・環境に関わるシールド工事トラブル事例集』をまとめるにあたり、トラブル事例調査と並行して、近年のシールド工事における休業4日以上死傷病災害についても調査を行った。この調査では、労働者が労働災害により死傷した場合

表-1 ワーキング委員名簿

区分	氏名	所属
主査	石村 利明	(独)土木研究所
委員	釜石 英雄	厚生労働省労働基準局
"	津金 昭一	(独)鉄道・運輸機構
"	吉川 直孝	(独)労働安全衛生総合研究所
"	安藤 太	東京地下鉄(株)
"	鈴木千亜希	(株)熊谷組
"	森 吉友	清水建設(株)
"	椛皮 政輝	大成建設(株)
"	安光 立也	前田建設工業(株)

などに事業者から労働基準監督署に提出される労働者死傷病報告の情報¹⁾をもとに、その発生傾向を整理した。

本調査では、平成22~24年の3か年に発生した休業見込み期間が4日以上災害を対象とした。

2-1 死傷病者数の推移

図-1に工法ごとの死傷病者数の推移を示した。

災害発生状況・原因から推察し、山岳工法(NATM)、山岳工法(NATM以外)、シールド工法、推進工法、開削工法、沈埋工法、その他に分類した。推察できなかった事例については不明としている。

トンネル建設工事において、平成22~24年の死傷病者数は、それぞれ64、62、72人である。そのうち、シールド工法を採用した現場では、それぞれ12、18、26人と過去3年間増加傾向にある。なお、山岳工法(NATM)を採用した現場では、そ

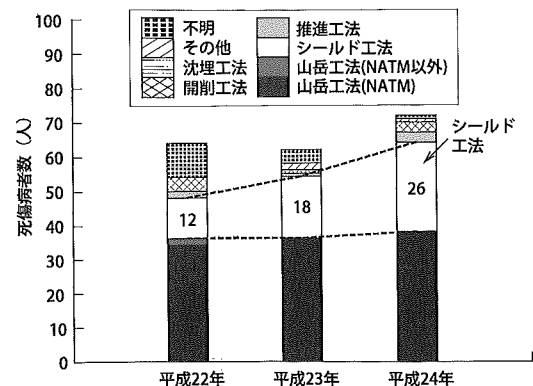


図-1 トンネル建設工事における工法別の死傷病者数(休業4日以上)の推移

れぞれ34, 36, 38人とこちらもわずかながら増加している。シールド工法の採用件数は山岳工法よりも少ないことが知られているが、平成22~24年における山岳工法の死傷病者数がほぼ一定であるのに対し、シールド工事の死傷病者数は増加する傾向にある。

2-2 起因物ごとの死傷病者数と事故の型

図-2に平成22~24年の3年間のシールド工事における起因物(大分類)ごとの死傷病者数と事故の型の関係を示した。

起因物としては「仮設物、建築物、構築物など」がもっとも多い。次いで、「物上げ装置、運搬機械」「動力機械」の順となる。事故の型を見ると、「はさまれ、巻き込まれ」がもっとも多く、次いで「墜落、転落」「飛来、落下」「崩壊、倒壊」「激突され」と続く。

起因物である「仮設物、建築物、構築物など」の大分類の中には、「支保工(「セグメント」を含む)」「足場」「開口部」「通路」「作業床、歩み板」といった小分類があり、セグメントが「崩壊、倒壊」して被災している場合や「足場」から「墜落、転落」している場合がある。

「物上げ装置、運搬機械」の大分類の中には、「トラック」「乗用車、バス、バイク」「移動式クレーン」「軌道装置」「その他の動力クレーンなど」「その他の動力運搬機」といった小分類がある。それぞれ起因物ごとに事故の型を見てみると、「トラック」の荷台からの「墜落、転落」, 「乗用

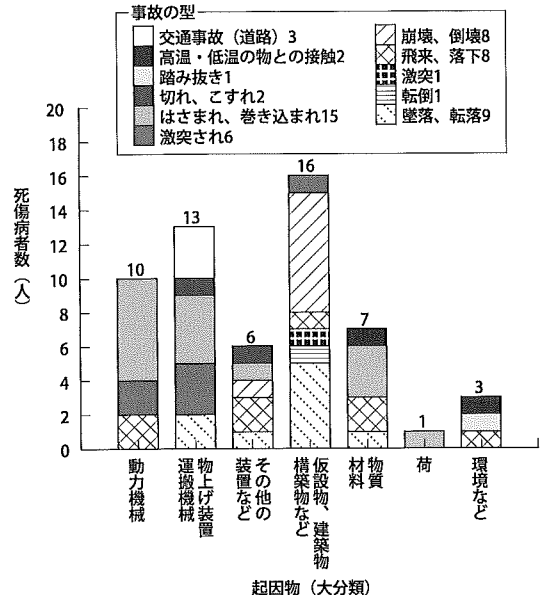


図-2 シールド工事における起因物(大分類)ごとの死傷病者数(休業4日以上)と事故の型

車、バス、バイク」による「交通事故(道路)」, 「移動式クレーン」による「はさまれ、巻き込まれ」「激突され」, 「軌道装置」による「はさまれ、巻き込まれ」「激突され」が多い。

「動力機械」の大分類の中には、その他の建設用機械「動力伝導機構」「締固め用機械」「その他の金属加工用機械」「その他の一般動力機械」といった小分類がある。「その他の建設用機械」に分類された機械は、分析したところ、ボーリングマシン、セントル台車、ポンプ車、エレクタなどであった。これらの機械に「はさまれ、巻き込まれ」「激突され」により被災しているものが多い。

3 トラブル事例調査方法と調査内容

3-1 調査方法

調査にあたっては、「シールド工事トラブル事例調査票」を作成し、(一社)日本トンネル技術協会に所属する団体委員のうち、2001年以降にシールド工事施工実績を有する施工会社に調査票を送付し記入をお願いした。調査する事例はおおむね2001年以降としたが、年代にかかわらずあげておきたい、とくに注意すべき事例は記載していただくようお願いした。

3-2 調査対象事例と調査項目

調査対象は、ヒヤリハット事例、災害に至る恐れがあったと思われされるトラブル事例、実際に発生した災害など、安全・環境にかかわるシールド工事トラブル事例とした。

「シールド工事トラブル事例調査票」に挙げた調査項目は、下記に示すとおりである。

- ① 現象：想定されたトラブルの内容、または、実際に発生したトラブルの内容
- ② 原因：トラブルの原因になると思われた事項、または、トラブルの原因となった事項
- ③ 事前対策：トラブルの原因になると思われた事項、または、トラブルの原因となった事項
- ④ 事後処置：実際に発生したトラブルに対し、発生後に取った処置の内容
- ⑤ 効果(結果)：事前対策、または、事後処置を実施した後の効果、または、結果
- ⑥ 影響：トラブルにより想定された、または、実際に発生した安全・環境への影響
- ⑦ トラブル発生箇所の条件・状況：土かぶり、地下水位、周辺環境、線形、シールド・セグメント仕様など
- ⑧ 概要説明図：トラブルの現象・対策・処置などに関する説明略図、スケッチ、マンガなど

4 調査結果

調査の結果、21社から回答をいただき、想定事例2件を含む合計59件のトラブル事例を収集することができた。

『安全・環境に関わるシールド工事トラブル事例集』に収録した事例リストを表-2に示す。

これをもとに、工種、項目、タイトルのほか、トラブルが発生したトンネルの工法、シールド外径、土質、土かぶり、地下水位について整理した。

4-1 工種別のトラブル分類

本事例調査で収集されたトラブル事例59件を工種別でみると、発進工6件、掘進工43件、到達工8件、二次覆工1件、地中接合1件となる。とくに掘進工におけるトラブルが非常に多い結果であった(図-3)。さらに、掘進工の項目別でみると、比

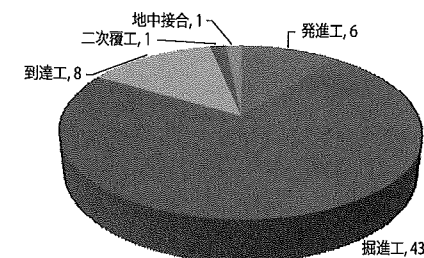


図-3 工種別トラブル

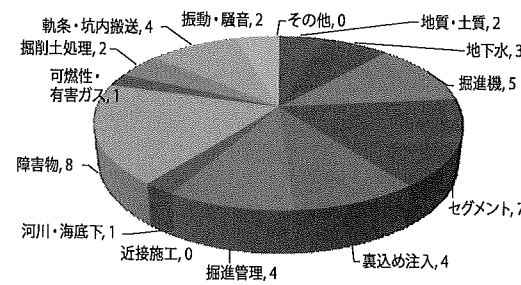


図-4 項目別(掘進工)トラブル

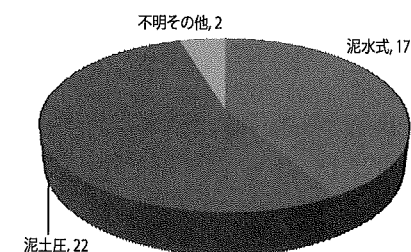


図-5 シールド工法別トラブル

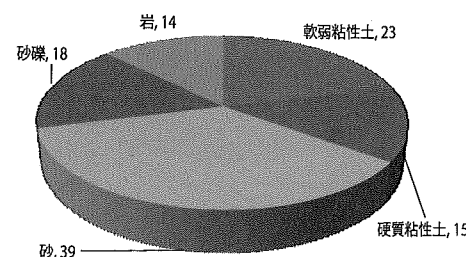


図-6 土質別トラブル

較的多いトラブル事例としては、障害物8件、セグメント7件、掘進機5件、軌条・坑内搬送と掘進管理4件の順であった(図-4)。

また、シールド工法別では、泥水で17件、泥土圧で22件、不明その他が2件(図-5)。シールド外径では、約1.8m程度の小口径から約10m程度の大口径の事例であった。さらに、土質別(重複あり)でみると、軟弱粘性土23件、硬質粘性土15件、砂39件、砂礫18件、岩14件の事例であった(図-6)。

表-2 『安全・環境に関わるシールド工事トラブル事例集』掲載事例リスト(その1)

分類	項目	事例番号	掲載事例 タイトル
1. 発進工	101. 鏡切り	101-01	発進鏡切り時に出水
		101-02	坑口鏡切り時の足場からの墜落
	102. 発進	102-01	発進時, 中折れ部がエントランスパッキン通過時に出水
	103. 坑口処理	103-01	発進坑口フラッパーの脱落によるエントランスパッキンの膨張
		104-01	ゲリラ豪雨による立坑水没・シールド機水没
	104. その他	104-01	作業床の倒壊
		201-01	シールド掘進中, 国道が陥没し走行中の車輛被害が発生
	201. 地質・土質	201-02	未風化花崗岩の出現によるシールド機カッターヘッドの損傷
		202-01	砂礫, 岩盤の層境部でのスクリュウコンベアからの異常出水
	202. 地下水	202-02	砂礫, 岩盤の層境部でのスクリュウコンベアからの異常出水
		202-03	シールド掘進に伴う井戸水の汚濁
	203. 掘進機	203-01	チャンバー内ホッパー, スクリューコンベア破損
		203-02	スクリュウコンベアの破損
		203-03	把持金物破断によるセグメントピースの落下
203-04		スクリュウ内閉塞解除作業におけるスクリュウからの出水とカッター回転不能	
203-05		縮径セグメント変化部でのテールブラシ反り反りによるテールからの出水	
204. セグメント	204-01	Kセグメントボルトの破断	
	204-02	Kセグメントの抜けだし	
	204-03	軸方向挿入Kセグメントの抜け出し現象【想定トラブル】	
	204-04	セグメント(スキンプレート)のはらみ	
	204-05	曲線部内側の目開きの発生	
	204-06	掘進中にKセグメントのボルトが破断した	
	204-07	セグメントの変形が発生	
205. 裏込め注入	205-01	管渠工(ミニシールド工)における土砂, 地下水流入の原因について	
	205-02	裏込め注入管理「裏込め注入時の地上への噴出事例」	
	205-03	逆止弁の取付忘れによる裏込め注入孔からの泥土噴出	
	205-04	逆支弁入れ忘れによる土砂流出	
206. 掘進管理	206-01	掘削土量が多くなっていった兆候を軽視したことによる二度の地表面陥没	
	206-02	スクリュウコンベアゲート閉め不十分による土砂流入	
	206-03	初期掘進における道路上への泥水の噴出	
	206-04	既設内水圧管路直下, 複合地盤での地盤陥没	
207. 近接施工			
208. 河川・海底下	208-01	バルブ誤操作による切羽水圧低下, トンネル水没	
209. 障害物	209-01	掘進工における障害物撤去	
	209-02	地中路線内残置観測孔遭遇によるスクリュウ駆動部破断	
	209-03	スクリュウコンベアゲート閉め不十分による土砂流出	
	209-04	設計条件を超える岩掘削でカッタートルク・推力上昇し掘進不能	
	209-05	鉄道高架橋下通過時における地中障害物で掘進不能	
	209-06	低土盛りにおけるシールド掘進のトラブル(地中障害物・振動伝播)	
	209-07	地中障害物遭遇事例	
	209-08	洞道下部横坑掘削中の出水事故	
210. 可燃性・有害ガス	210-01	洪積砂礫層の掘進途中で発生したメタンガスの噴出	
211. 掘削土処理	211-01	土砂ホッパー上部からの土砂落下	
	211-02	ベルコンによる挟まれ(泥水処理設備)	
212. 軌条・坑内搬送	212-01	ずり綱車の逸走	
	212-02	後続台車とバッテリーロコ間に挟まれ被災	
	212-03	曲線区間が多い路線での軌道管理について【想定トラブル】	
	212-04	シールド曲線部での後方台車の転倒	
213. 振動・騒音	213-01	シールド掘進に伴う地上建物への振動影響	
	213-02	泥水処理設備からの振動影響	
214. その他			

表-2 『安全・環境に関わるシールド工事トラブル事例集』掲載事例リスト(その2)

分類	項目	事例番号	掲載事例 タイトル
3. 到達工	301. 到達掘進	301-01	残置横矢板切削に伴う土砂取り込み過多
		301-02	到達防護改良不良による掘進時の到達立坑への出水
		301-03	到達立坑へのシールド到達時における出水
		301-04	カッタービットの磨耗により掘進不能
	302. 土留め切破り	302-01	到達鏡切り時の異常出水による立坑水没
	303. 坑口止水	303-01	シールド到達時, 出水と同時に土砂が流入
303-02		到達施工時に立坑内に噴発	
4. 二次覆工	304. マシン引抜き		
	305. シールド解体	305-01	シールド機地中到達におけるシールド機解体時の出水
	306. その他		
5. 地中接合工	401. セントル設置・移動		
	402. コンクリート打設		
5. 地中接合工	403. その他	403-01	既設ポンプ場の処理水オーバーフローによる坑内浸水被害
	501. 地下水	501-01	大深度におけるセグメント解体箇所からの異常出水

4-2 トラブル発生箇所と発生事象

トラブル事例調査結果をもとに、判明しているトラブル発生箇所・発生トラブルについて整理した。その結果、切羽付近でのトラブルが34件と多く、次いで、立坑10件、坑内6件、ヤード2件であった(図-7)。工事箇所別のトラブルについては、工事箇所内47件、工事箇所外(地域住民への影響)11件と、工事箇所内での事象が多い結果であった。また、工事箇所内での事象別でみると、出水21件、マシン損傷12件、覆工損傷7件、設備損傷5件、豪雨浸水2件(図-8)で、出水がもっとも多く、事故の規模によっては大きなトラブルや事故につながる事象であった。また、工事箇所外での事象でみると、噴発、沈下・陥没、振動がそれぞれ3件、埋設物損傷、地下水汚濁が1件あった(図-9)。

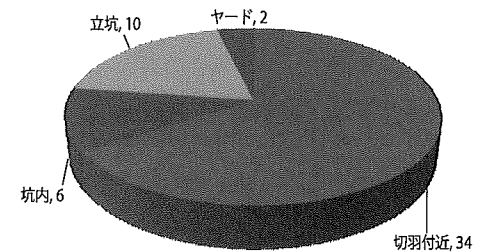


図-7 トラブル発生箇所

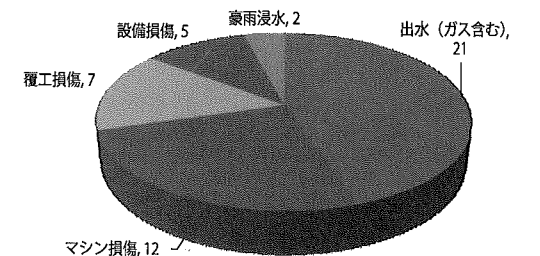


図-8 発生トラブル(工事箇所内)

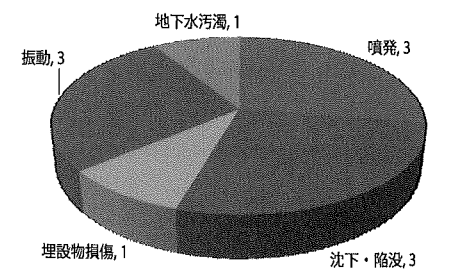


図-9 発生トラブル(工事箇所外)

5 工種・項目ごとの主なトラブル事例

5-1 発進工

発進工においては6件のトラブル事例が収集された。発進工の代表的なトラブルとしては鏡切りで、切破り作業による土留め壁の変形から生じる地盤改良との間隙からの出水事例やエントランスパッキン関係のトラブルなどがある。一方で、足場からの転落や作業床の倒壊も報告されている。

このほか、特殊な事例として、急激な気象変化によるゲリラ豪雨に起因した立坑内への雨水流入によるシールド水没のトラブル事例がある。また、

二次覆工施工中にも同様の事例が発生しており、今後は周辺の地形・環境条件を十分考慮した対策が必要である。

5-2 掘進工

掘進工においては43件のトラブル事例が収集された。各項目の代表的なトラブル事例を以下に示す。

(1) 地質・土質および地下水にかかわるトラブル

本事例は、すべて泥土圧シールドによる施工において生じており、想定外の地質との遭遇や砂礫と岩盤の層境における出水が多い。これは、泥土圧シールド工法の掘削土の塑性流動化に問題がある場合と設計段階における工法の選択に問題がある場合が考えられる。

このほか、泥水シールド、泥土圧シールドにかかわらずトラブルの多い、玉石地盤掘進における地表面陥没の事例もあがっている。

(2) 掘進機(シールド)にかかわるトラブル

掘進機では、前述の地質・土質、地下水に関連したスクリーコンベヤのトラブルが多く、岩盤や砂礫地盤での破損、粘性土地盤での固着土砂による回転不能を生じている。このようなトラブルは、土質想定と異なる地山に遭遇した場合の掘削土の掘削管理(土砂の取込み管理)などに問題がある場合が多い。

このほかのトラブルとしては、掘進機そのものではないが、エレクタ把持金物の破断によるセグメントの落下がある。これは、作業員の被災につながる危険性の高いトラブルである。

(3) セグメントにかかわるトラブル

セグメントのトラブル事例は7件あり、軸方向挿入型におけるKセグメントの抜け出し、ボルトの破断および変形発生のトラブルがそれぞれ2件、曲線部での目開きのトラブルが1件となっている。

これらのセグメントに関するトラブルについては、国土交通省が設置した「シールドトンネル施工技術安全向上協議会」から、2013年3月29日に中間とりまとめ報告が公開され、この中の「シールドトンネル設計・施工中の現場への注意事項(中間報告)」の「2. セグメント」の解説に注意事項として掲載されている。これらに配慮した設計、施工を行うとともに、施工時にも本トラブル事例において行われているような対策をあらかじめ

め実施しておく必要がある。

(4) 裏込め注入にかかわるトラブル

裏込め注入のトラブルは4件である。そのうち2件が裏込め注入材の流入・逸走、残り2件が裏込め注入孔への逆止弁の取付け忘れという単純ミスである。

(5) 掘進管理

掘進管理のトラブルは、出水、噴発、沈下・陥没の4件である。掘進に伴う土砂の取込み管理に問題や想定ミスがあると、付近の地山に陥没などの影響が発生する。

(6) 河川・海底下におけるトラブル

河川・海底下の事例としては1件で、人為的なミスによるトラブルである。河川・海底下掘進時における切羽でのトラブルは、作業員の被災はもとより、シールドや坑内の水没により、再掘進ができなくなる可能性もある。また、出水を生じると漏電により電気系統が停まり、緊急の対処や避難も難しくなる。

(7) 障害物への遭遇によるトラブル

シールド工事では、管理台帳に記載されていない埋設物や工事の際の残置物に遭遇する事例が多い。本調査でも8件のトラブル事例があがっており、シールドの掘進不能トラブルやその対処および障害物除去作業においてもトラブルが発生している。また、地山の状況により想定外の岩盤や石が存在したり、がれきや木材などの障害物が存在する例もある。

(8) 可燃性・有毒ガスにかかわるトラブル

事前調査では確認されていなかったメタンガスが、掘進途中に噴出したトラブルが1件である。

本事例では、シールド内にガス検知機を装備していたことに加え、テールから霧状のガスの噴出を確認したため、早期に察知できた。メタンガスなどの存在が確認できていない場合でも、ガス検知機を装備することが望ましいと考える。

(9) 掘削土処理にかかわるトラブル

立坑上での土砂ホッパ作業中における立坑下への落下物(ヒヤリハット)、泥水処理設備内でのベルトコンベヤの巻込みの事例である。

(10) 軌条・坑内搬送にかかわるトラブル

バッテリーロコ運行における鋼車の逸走やはさまれなどの不注意によるトラブルのほか、後続台車の転倒のトラブルもあがっている。

(11) 振動・騒音にかかわるトラブル

本トラブルは、砂質地盤における小土かぶりでのシールド掘進時の周面摩擦振動と家屋が近接した基地内泥水処理設備(振動ふるい)からの振動による周辺住民からの苦情トラブルである。

5-3 到達工

到達工においては8件のトラブル事例が収集された。おおむね発進工と変わらない内容であり、異常出水や土砂流入が報告されている。地質状況の把握と地盤改良の効果確認が重要になる。

(1) 到達掘進、土留め切破り、坑口止水にかかわるトラブル

到達掘進と土留め切破りは、5件のトラブルが報告され、到達工に関するトラブル8件の中でもっとも多い。また、到達防護の地盤改良の不良および鏡切り作業時や鏡切り後のシールド到達推進における出水のトラブルも3件ある。

(2) シールド解体時のトラブル

地中到達におけるシールド解体時のトラブルである。地中到達では、チャンバ内を確実に充填し止水を確認しても、時間が経過すると漏水やみず道の発生により、出水トラブルを生じる可能性がある。

5-4 二次覆工

この事例は、二次覆工に直接かかわるトラブルではなく、台風の大雨で生じた汚水オーバーフローによる坑内浸水であるが、二次覆工施工中に生じたことから、この分類とした。このようなトラブルは、近年の異常気象により、今後も十分注意する必要がある。「5-1 発進工」でもゲリラ豪雨による同様なトラブルが発生している。

5-5 地中接合

大深度地中接合において、凍結工法により防護してセグメントを切開いた際に発生した出水トラブル事例である。凍結工法による防護であり、大

深度での信頼性は高いが、支保工によるセグメント補強を行っていても、切開きにより変形を生じる可能性がある。

6 おわりに

シールド工法は、これまで都市部周辺などにおけるトンネル構築にあたっての主要な工法として位置づけられ、多くの実績を有している。今後においてもわが国の主要なトンネル工法として、ますます多用されると考えられる。

近年では、輻輳する都市部での地下空間の有効利用の観点などから、トンネル用途に応じた効率的な断面形状や施工方法など、さまざまなニーズなどに対応すべく、種々の新しい技術開発がなされている。このようなシールド技術の多様化や自動化などは、施工性や安全性の向上が期待できる反面、一方で、複雑な施工環境下において高度な作業が求められることも予想され、施工時における安全環境の面からは、これまでになかった新たなトラブルの発生や事故につながることも考えられる。

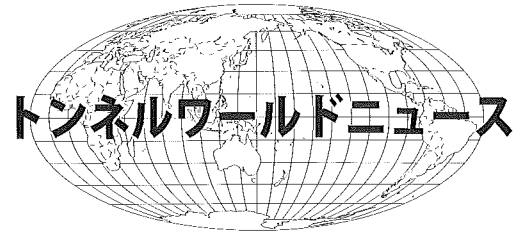
今後、シールド工事のさらなる安全性向上を図っていくためには、本事例調査で収集された現場で生じているトラブルを経験知として共有・伝承し、施工時のみならず設計・計画段階から、トラブルの防止や発生時の対策などをさまざまな観点で捉え、反映させていくことが重要と考えられる。

なお、施工時のトラブルはシールド技術の変遷とともに変化していくと考えられることから、継続的な事例調査の実施と蓄積が望まれる。

最後に、本事例調査にご協力いただいた関係各社および取りまとめに際してご協力いただいた関係各位に深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 例えば、厚生労働省：職場のあんぜんサイト、労働災害(死亡・休業4日以上)データベース、http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pgm/SHISYO_FND.aspx。

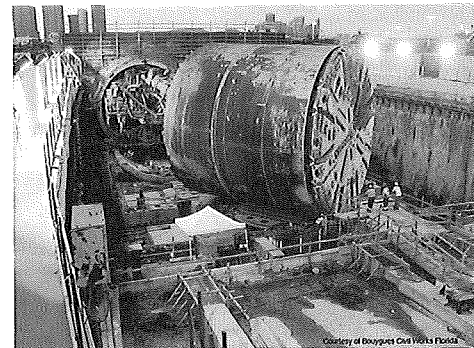


(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

マイアミで複雑な地質対応型TBMが貫通を果たした

Herrenknecht社は難しい地質と地下水圧に適応性の高いTBMにより米国マイアミのthe Port of Miami Tunnel(POMT)のトンネル掘削を無事完了させた。掘削径12.86mの土圧式シールドは複合地質と高水圧への対応を必要とされ、2か所の海底横断を経て5月に貫通した。シールドは施工会社とHerrenknecht社の共同開発による地下水コントロール型(WCP)の排土装置を装備している。発進・到達坑口付近の粘着性の高い粘土層や路線中間部に出現する多孔質なサンゴ粒や石灰岩層など高水圧下で掘進できる機能を備えている。WCP装置は高水圧下の掘進においても排土装置から確実に掘削土の排出ができるようになっており、一般の土圧シールド工法で掘削土をチャンバからスクリーコンベヤにより排土し、坑外までの運搬には平ベルトコンベヤなどで運搬するのに対して、このシールドは地下水を多量に含んだ掘削土を“Slurryfier Box”(泥水還流装置)と呼ばれる特殊機器を通して泥水と掘削土を混合し、泥水ポンプにより流体輸送する。掘削土中の礫や岩は流体輸送ラインのクラッシャーで破碎する。シールド路線延長の2/3は土圧モード、残り1/3はWCPモードで掘進し、水圧が3 bar(パール)でも順調に掘進できたとHerrenknecht社のプロジェクト責任者は述べた。クルーザが往来する航路直下を2011年11月に発進したシールドは2012年7月下旬に到達。9か月で最初のトンネルを構築し、Dodge Islandで方向転換して2回目の掘進を西側トンネルで2012年10月に開始、2013年5月に到

Location, Country	Miami, FL, United States
Year	2011 - 2013
Application	Road
Geology	Soft ground Heterogeneous ground Sandstone, limestone, sand
Tunnelling length	2,338m
Machine data	1x EPB Shield: Diameter: 12,860mm Lining method: Segmental lining Cutterhead power: 6,300kW Torque: 37,211kNm



達した。したがって、1.2kmの双設トンネルを17か月で掘進したことになる。最大進捗は18.7m/day, 100.5m/weekを記録した。マイアミの中心街と湾岸を結ぶ道路の渋滞緩和のために設計された2車線の双設道路トンネルは2014年度中の開通を目指す。施工会社によるとこの工事は世界中で近年にない技術的に難しい工事であったと語った。(WT '13.10 担当：篠原慶二・前田建設工業(株))

トンネル

トンネルの維持管理における課題とさまざまな取組み(1)

JTA保守管理小委員会

① はじめに

トンネル構造物は、多くの人々が直接利用する鉄道や道路などのほか、電力、通信、下水道など各種インフラにも適用されており、その総延長は日本国内において2万kmを超えている。また、整備新幹線をはじめ大都市圏内の大深度地下に建設が計画されている東京外かく環状道路や中央新幹線などのビッグプロジェクトの建設推進に伴い、長大トンネルなどの増加が想定され、維持管理を必要とするトンネル構造物はまだまだ増える傾向にある。

その一方で、これらのトンネル構造物は、機能や性能が低下した場合に容易に取替えができない構造物であるため、長期間にわたり耐力を維持し、供用し続けなければならない。そのため、建設当初に要求された機能を変更しなければならない場合(例えば、通行量の増加に伴い車線数を増やす場合、非電化区間から電化区間に改良された場合)や、性能が低下する場合(例えば、漏水の増加、排気による材料劣化)などへの対応が事業者には求められる。そのような状況の中で、供用中の一部のトンネルにはさまざまな「維持管理上の課題」が存在している。この「維持管理上の課題」に対しては、各事業者が知恵を出し工夫して対応しているのが実情であることから、その実態を把握すること、情報の共有化などを目的とし、(一社)日本トンネル技術協会(JTA)の保守管理小委員

表-1 保守管理小委員会の構成(2014年1月現在)

区分	氏名	所属
委員長	藤森 伸一	東日本旅客鉄道(株)
委員	藤原 博明	国土交通省道路局
〃	砂金 伸治	(独)土木研究所
〃	山田 隆昭	東日本高速道路(株)
〃	住吉 英勝	首都高速道路(株)
〃	菅野 崇	東京地下鉄(株)
〃	酒井 悟	日本電信電話(株)
〃	染次 治仁	東京都交通局
〃	萩山 佳史	東京都下水道局
〃	友近 文志	東京電力(株)
〃	小島 芳之	(公財)鉄道総合技術研究所
〃	歌川 紀之	佐藤工業(株)
〃	森川 淳司	(株)錢高組
〃	川端 康夫	飛鳥建設(株)
幹事	青木 照幸	東日本旅客鉄道(株)

会が、2010年から3年間にわたり調査・研究を続けてきた。

当小委員会は、JTAの自主委員会であり、鉄道、道路、電力、通信、下水道用の既設トンネルを維持管理する事業者と、実際にトンネルを建設している企業や維持管理のコンサルティングを実施している法人や企業からの委員を中心に構成されている(表-1)。小委員会では、トンネルのメンテナンスにかかわる技術的検討・提言、新技術の導入・普及、情報交換を主とした広範囲にわたる活動を行っている。これらの活動成果は、1984年以降7回にわたり本誌にシリーズで連載してきており、各事業者の所有するトンネルの維持管理に関するメンテナンス技術情報を順次取りまとめ報告してきた(表-2)。

表-2 これまでの報告一覧

タイトル	開始年月	連載回数
トンネルの保守・維持管理シリーズ	Vol.15, No.5 (1984年5月)	13
トンネルの保守・維持管理	Vol.25, No.1 (1994年1月)	9
トンネルの新しい検査手法	Vol.27, No.8 (1996年8月)	4
建設・保守管理へのフィードバック	Vol.29, No.5 (1998年5月)	4
トンネルの補修・補強における工法と材料	Vol.33, No.5 (2002年5月)	5
各種装置を活用した新しいトンネル検査手法	Vol.37, No.4 (2006年4月)	8
トンネル保守管理における記録とその活用	Vol.41, No.7 (2010年7月)	8

今回は、「トンネルの維持管理における課題とさまざまな取組み」と題して、トンネルを維持管理するうえでの課題とは何かを考え、具体的な事例を述べるかたちで整理し、全3回にまとめた。第1回は、維持管理上の課題について述べ、第2、3回は具体的な課題に対する取組み事例の報告を行い、最後に今後のトンネルの維持管理上の課題に向けた取組みの展望を述べる。

なお、本連載は、保守管理小委員会の各委員がそれぞれの事業体や企業体などでトンネルを維持管理するうえでの課題と取り組んでいる事例をとりまとめたものであり、国内のすべてを網羅したものではないことを、ご了解いただきたい。本稿がトンネルを保有している事業体における今後の保守管理の一助になれば、幸いである。

なお、本連載で取扱う内容は基本的にトンネル本体構造物を対象としており、付属物などの付帯構造物については対象としていないことを、お断りしておく。

② 維持管理上の課題

トンネルの維持管理においては、用途や環境、構造条件などにより、留意点や制約が異なる。その中でも、環境や構造上の制約がある場合など、各種条件が厳しい場合、維持管理上の課題が生じ

ることとなる。このように維持管理段階で生じる課題には、「日常点検・調査時」「変状発生時」および「対策時」に生じる場合のように、時間別に分類することができる。また、これらの課題を分析することで、その要因別に、「構造面による要因」「利用面による要因」「環境面による要因」「情報面による要因」と「知識面による要因」のように分類することもできる。そこで、以下にこれらの分類ごとに維持管理上の課題の例を述べるとともに、それぞれの分類に対しての課題を整理する。

2-1 時間別分類

2-1-1 日常点検・調査時の課題(制約を受ける空間内での円滑な点検・調査の実施)

トンネル構造物においては、定期点検や緊急点検、詳細点検など、さまざまな点検を実施しているが、いずれの点検においても、主に目視で実施するものである。しかし、トンネルによっては円滑に目視点検を実施するため、工夫が必要とされる場合がある。例えば、電力・通信関係のトンネルでは、ケーブル類が多数設置されていることにより、そのままでは覆工の大部分が覆われた状態であり、目視できる部分が限られる(写真-1)。また、水路トンネルにおいては、トンネル内を常時水が流れていることから、覆工の大部分が湛水した状態であり、目視ができる部分が限られる(写真-2, 3)。鉄道や道路トンネルにおいては、列車や自動車が走行していないタイミングを見計らって点検を行わなければならないことから、点検者の都合で自由に点検・調査の時期や時間を決められるものではない。

このように、点検・調査を円滑に実施するためにはひと工夫が必要とされることが、「日常点検・調査時の課題」として考えられる。

これらの課題に対して各事業者においては、電力・通信関係ではケーブル更新時に合わせて覆工面の点検計画を策定したり、目視点検のほか必要に応じて変位計測を行ったり、水路トンネルでは定期点検時期に計画的に断水措置を取ったり、鉄道では列車の走らない時間帯に定期点検を計画

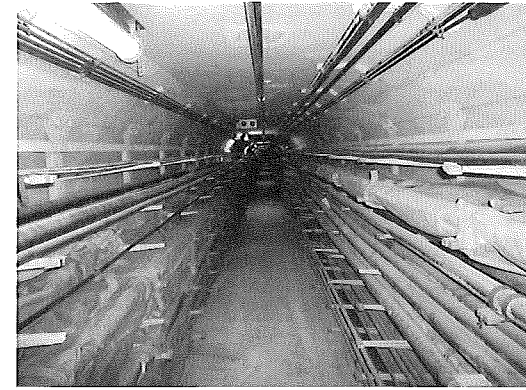


写真-1 ケーブルトンネルの例



写真-2 水路トンネルの例①

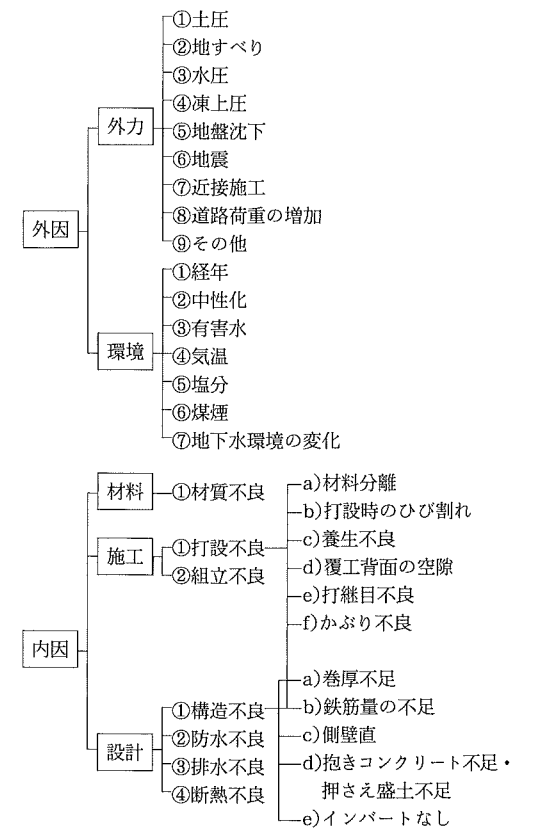


図-1 トンネル変状原因の分類¹⁾

安全を確保している実情がある。

2-1-3 対策施工時の課題(制約条件下で機能を回復させるための確実な対策工の実施)

トンネルに対策工を施工する場合においては、円滑に対策を施工するための工夫が必要とされる場合がある。点検・調査時の課題と同様ではあるが、ケーブルが多数存在するトンネルや湛水したトンネルにおいて対策工を施工する場合や、列車や自動車が行き交うトンネル内において対策工を施工する場合などである。このように、対策を円滑に実施するためにひと工夫が必要なことが、「対策施工時の課題」として考えられる。

このような場合については、点検・調査時と同様に、電力・通信関係ではケーブルの更新時に合わせたり、あるいはケーブルを移設したりすることで対策を実施、水路トンネルでは長期の断水時に合わせた対策の実施、鉄道トンネルでは列車の走らない時間帯に対策を実施、道路トンネルでは

したり、道路では片側交互通行により点検を実施したりと、さまざまな工夫のもとで課題を克服している実情がある。

2-1-2 変状発生時の課題(迅速に発生原因を確定(推定)するための確実な情報収集)

トンネルに変状が発生した場合、対策を実施するためには原因を特定する必要がある。しかし、ひび割れひとつを採っていても、その原因はさまざまである。原因を特定するためには多くの調査が必要であり、時間を要する場合や、その原因を特定するための知識や経験を必要とする場合がある(図-1)。このように、変状発生原因の特定には多くの調査や時間が必要な場合があることが、「変状発生時の課題」として考えられる。

事業者はこのような場合、原因が特定され対策が実施されるまでの間は、点検頻度を上げたり、場合によっては使用を制限したりしてトンネルの

片側交互通行により対策を実施するなど、さまざまな工夫の下で対応している。

2-2 要因別分類

2-2-1 構造面での課題(維持管理上、点検・対策などを容易に実施するための空間の確保)

構造面からみた課題を表-3に示す。特徴として、空間の制約などに関するものが多いことが挙げられる。トンネルの維持管理は、閉ざされた空間の中で実施しなければならないため、その空間の広がり方が作業の良否を左右することとなる。使い勝手の良い適度なサイズの検査機器や工事車両が容易に搬入でき、人間の目や手が届く範囲ですべての作業ができる場合は、良好な空間と考えられ

表-3 構造面での課題

要因	主な課題
空間が狭い	・点検時に必要な空間の確保。 ・補修材の設置余裕から、対策工法に制約がある。
極端に空間が広い	・点検時に天端部を至近距離から目視するための検査方法に、制約がある(写真-3)
躯体が覆われている	・化粧パネル、懸架物、補修材などに、構造体である覆工が覆われている。 ・覆工背面の状態は直接目視することができない。
延長が長い	・トンネル延長が長いので、点検に時間がかかる。 ・列車走行や自動車走行への影響から、供用中の点検には時間がかかる。 ・対策工を行う際に、材料や機材の搬入に時間がかかり、効率が落ちる。
照度不足	・坑内が暗いため、点検・補修作業時には照明設備の準備が必要となる。
部材が多い	・さまざまな種類の部材が使用されており、点検においては広範な知識が必要である。

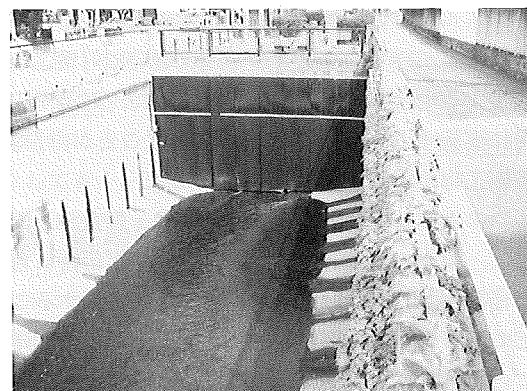


写真-3 水路トンネルの例②

る。逆に、化粧パネルを施工している場合や、大規模に補修材を設置している場合、極端に大断面の場合など、トンネル躯体を目視するために工夫が必要とされる構造となっている場合も多々ある(写真-4)。

いずれのトンネルにおいても言えることだが、供用開始後に覆工の外側(地山側)を直接目視することは物理的に不可能である。そのため、各種調査方法を駆使することや建設時の情報を頼りに覆工の外側についてある程度の情報を得ることは可能であるが、橋りょうや地上の建築物のように全貌が確認できるわけではない。

このように構造面での課題は、維持管理上、点検・対策などを容易に実施するための空間を確保することの難しさが挙げられる。

2-2-2 利用面での課題(求められる機能の確保)

利用面からみた場合の課題を表-4に示す。特徴として、時代とともに変化する機能に関する事例が挙げられる。トンネル構造物は橋りょうとは異なり、一度建設したら取り替えることは通常は考



写真-4 大断面トンネルの例

表-4 利用面での課題

要因	主な事例
交通量の増加	・片側1車線では、交通量に対して容量が少ないため、慢性的な渋滞が発生しスムーズな道路交通を妨げている。
動力機関の変化	・非電化で開業した鉄道が電化することになり、電気設備を設置する空間が不足している。
設備数の増加	・ケーブル類の増設や、流水量の増加、非常用施設の増加により、必要断面寸法が足りない。

えていない。

したがって、求められる機能に変化があった場合でも、現有する状態で可能な限り対応する場合がほとんどである。その結果、求められる機能を満足させるためには定められた基準やルールに特別な承認を与えたり、やむを得ない場合には大規模な更新や改築したりすることになる。このように、利用面での課題は、求められる機能を確保することの難しさが挙げられる。

2-2-3 環境面での課題(維持管理上、点検・対策を容易に実施するための環境の確保)

環境面からみた場合の課題を表-5に示す。特徴として、自然環境に左右されるものが多いことが挙げられる。有毒ガスの有無や地下水位などは、計画時に十分な調査を行うことで、ある程度は確

表-5 環境面での課題

要因	主な事例
有害ガスの発生	・坑内に有害なガスが発生しているため、点検・補修時には換気設備やガスマスクなどの準備が必要となる。
地下水位変動	・地下水位が変動し、設計時の考え方と異なる状態となることで、新たな対応が必要となる。
異物付着	・壁面に、自動車の排気ガスやSLの煙による煤煙が付着し、目視点検の支障となる(写真-5)。同様に、鉄バクテリアなどの微生物の発生による付着物もある。
近接施工	・トンネルに近接して構造物の構築が行われることで、変状が発生し対応が必要となる。
騒音・振動	・トンネル内での騒音、振動の変化により周辺へ影響がおよび対応が必要となる。



写真-5 煤煙が付着し目視困難な例

認できるものであり、計画時に可能な限り確認しているが、トンネルは地下空間に建設することから、建設および供用後に確認される課題が存在する。煤煙の付着(写真-5)や鉄バクテリアの発生などは、供用開始後に発生する課題のひとつであるが、それらに対しては、供用開始後に対応せざるを得ない。また、供用開始後に周辺環境が変化すること(近接施工、地下水位変動、地震など)もあり、これらの変化を的確に捕捉し対応する必要もある。

したがって、環境面での課題は、維持管理上、点検・対策を容易に実施するための環境確保および周辺環境把握の難しさが挙げられる。

2-2-4 情報面での課題(維持管理上必要な情報の確保)

情報面からみた場合の課題を表-6に示す。特徴として、変状発生時のものが多いことが挙げられる。トンネルに限らず橋りょうや土構造物においても、構造物は変状が発生すると原因分析や対策検討のために多くの情報を必要とする。しかし、構造に関する情報や周辺環境に関する情報などは、健全に使用されている場合は必要最小限のものしか存在しないことが多い。変状が発生した際など、通常の維持管理を超える状態になって初めて必要となる情報については、その時点で確保する必要がある。このように、情報面での課題は、維持管理上、必要な情報を確保することの難しさが挙げられる。

表-6 情報面での課題

要因	主な事例
構造の情報	・建設年代が古く設計図書や財産図が存在しないため、トンネルの構造を知るために多くの調査が必要。
環境の情報	・トンネル周辺の地質図が存在しないため、変状原因の推定や、対策工の選定のために新たに地質調査が必要。 ・建設年代が古く(100年近いものも多く存在する)施工時の記録が残っていないため、変状原因の推定や、対策工の選定のために多くの調査が必要。
情報の質	・古い記録が多く、変状原因の推定や対策工の選定に対し適切な判断を下すため、再調査が必要な場合がある。

表-7 知識面での課題

要因	主な事例
知識の蓄積	トンネルで発生している変状は一般的に長期間に及ぶことが多く、その原因もさまざまである。すべての原因が解明されているわけではない。
想定外の現象	これまでに確認された変状だけでなく、施工方法も設計思想も変化中、想定外の現象が確認されることも十分に考えられる。

2-2-5 知識面での課題(維持管理上、必要な知識の確保)

知識面からみた場合の課題を表-7に示す。トンネルの大多数は、地中に線状に建設されるものであり、周辺環境をすべて把握するためには膨大な情報が必要となる。また、トンネルの建設方法は日々進化し施工技術も進歩しており、新しい材料や工法を用いたトンネルも多く採用されている。しかし、新たな建設方法を採用することに伴い維持管理上の新たな課題が発生することも想定される。この場合、生じる課題が予測できるものとは限らず、トンネル構造物においては未知なる領域が未だに多く存在している。今後も知識や理論の蓄積が必要な構造物と言える。一方で、建設時に蓄積された情報が維持管理に活かされていない場合も見受けられ、これも課題と考えられる。また知識を蓄積しても、それを活用する技術者の存在は不可欠であり、現状は専門技術者の経験的判断にもとづくことが多いことから、トンネル保守管理に携わる技術者の継承、確保も必要といえる。

表-8 維持管理上の課題整理表

		課題
時間別分類	点検・調査	点検・調査の円滑な実施
	変状発生	発生原因の確定(推定)
	対策工	対策の円滑な実施
要因別分類	構造面	維持管理上、点検・対策などを容易に実施するための空間の確保
	利用面	求められる機能の確保
	環境面	維持管理上、点検・対策を容易に実施するための環境の確保
	情報面	維持管理上、必要な情報の確保
	知識面	維持管理上、必要な知識の確保

このように、知識面での課題は、維持管理上、必要な知識を確保することの難しさが挙げられる。

2-3 維持管理上の課題の考え方

以上のように、維持管理上の課題を「時間別分類」と「要因別分類」で整理した。これらの二つの分類結果を総括すると表-8のようになり、維持管理上の課題を総合的に考えると、「維持管理を容易に実施するための工夫と、必要な情報や知識などを確保すること」とに集約される。

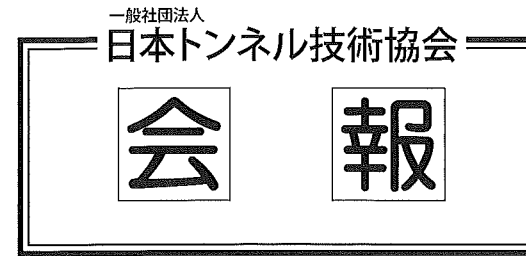
ここでは、維持管理上の課題の考え方について整理をしたが、次回からは具体的な課題に対する取り組み事例を紹介する。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)トンネル，2007.1.

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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



1. 会員の現状

	1月31日現在
個人会員	835名
団体会員	203名
推薦会員	212名
特別会員	14名
名誉会員	0名
賛助会員	127名
合計	1,391名

2. 委員会の開催状況(1月1日~31日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会会誌WG(1/9)

大島洋志主査ほか13名，2月号の会誌と3か月計画を検討

◎設立40周年記念事業実行委員会

幹事会(1/21)

久多羅木吉治幹事長ほか10名，進捗状況を確認

作品・展示WG(1/16)

吉富幸雄主査ほか8名，作品募集方針および展示イメージを検討

◎国際委員会

海外文献小委員会

海外ニュースWG(1/29)

清水健志主査ほか7名，英文原稿を査読

対外広報WG(1/8)

清水健志主査ほか11名，和文原稿と英文原稿を査読

計 5回開催 54名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

山岳工法小委員会支保WG(1/24)

蓼沼慶正主査ほか21名，取りまとめ方針を検討

都市トンネル小委員会

小委員会(1/30)

青山忠史委員長ほか18名，平成25年度活動報告および26年度活動計画を検討

打合せ会(1/22)

五十嵐明主査ほか10名，シールド変遷史編集方針を検討

都市部近接施工ガイドライン小委員会

参考資料WG(1/14)

山元寛哲主査ほか11名，作業方針を検討

文献調査WG(1/24)

滝本邦彦主査ほか8名，文献調査方針を検討

本文編集WG(1/15)

西田与志雄主査ほか11名，作業内容および方針を検討

保守管理小委員会(1/23)

藤森伸一委員長ほか15名，地震への取組みについて情報を交換

◎受託研究特別委員会

長期耐久性特別委員会幹事会(1/15)

松岡茂幹事長ほか15名，コンクリート材料分離試験立会い

北海道新幹線(本州方)トンネル委員会

機械化施工WG(1/20)

小山幸則座長ほか31名，報告書を検討

計 9回開催 149名出席

合計 14回開催 203名出席

新刊図書のご案内

技術委員会安全環境小委員会で災害防止の一助となることを目的として『安全・環境に関わるシールド工事トラブル事例集』を取りまとめ、実費頒布しております。ゼロ災害を目指した安全衛生教育にご活用ください。ようご案内いたします。詳しい内容はJTAのホームページを参照願います。

図書名：No.201304「安全・環境に関わるシールド工事トラブル事例集」(事例59件収録)

頒布価格：個人会員2,700円，団体会員3,000円，一般3,600円(消費税込み，送料実費負担となります。)

申し込み先：一般社団法人日本トンネル技術協会図書係

〒104-0045 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 E-mail：book@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40回ITA総会およびコンgres 「Tunnels for a better living」	2014. 5. 9~15	イグアス (ブラジル)	COMITE BRASILEIRO DE TUNEIS ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc2014.com.br/
第41回ITA総会およびコンgres 「Promoting Tunnelling in South East European (SEE) Region」	2015. 5. 22~28	ドヴロヴニク (クロアチア)	Croatian Tunnelling Association ITA(国際トンネル協会) http://wtc15.com/
第42回ITA総会およびコンgres 「Uniting Our Industry」	2016. 6. 12~15	サンフランシスコ (アメリカ)	Underground Construction Association of SME ITA(国際トンネル協会)

* 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25年度催物開催現況

(平成26年2月現在)

催 物 名	開 催 日	人 数	場 所	CPD取得単位
(現場研修会)				
横浜市下水道トンネル工事現場研修会	2013. 5.16	20	神奈川県	2.5
—中部処理区本牧第二幹線—				
東北道路トンネル現場研修会	2013. 5.27	25	青森県	2.0
—国道106号新川目トンネル—				
中部地区道路トンネル現場研修会	2013. 6. 7	27	愛知県	3.5
—県道牛川トンネル(仮称), 新東名乗本トンネル—				
中国地区道路トンネル現場研修会	2013. 7.18	16	広島県	1.8
—東広島・呉道路金剛山トンネル—				
北海道道路トンネル現場研修会	2013. 8. 1	14	北海道	1.8
—道道西野真駒内清田線(こばやし峠)トンネル—				
相鉄・JR直通線西谷トンネル現場研修会	2013. 9. 3	30	神奈川県	2.5
—西谷トンネル—				
五反田川放水路トンネル現場研修会	2013.10.11	28	神奈川県	2.0
中央環状品川線大橋連絡路工事現場研修会	2013.11.14	25	東京都	1.4
—EF連絡路トンネル工事トンネル—				
関東地区道路トンネル現場研修会	2013.11.28	14	栃木県	2.0
—下塩原第二トンネル—				
相直・JR直通線西谷トンネル現場研修会(その2)	2014. 1.24	23	神奈川県	2.0
—西谷トンネル—				
東北道路トンネル現場研修会	2014. 3.19	25	福島県	
—国道15号霊山トンネル—				
(施工体験発表会)				
第72回(山岳)「課題克服に取り組んだ工事—周辺環境への配慮, 創意工夫, 効率化—」	2013. 6.25	155	東京都	4.6
第73回(都市)「都市における創意工夫・新技術による地下構造物の施工事例」	2013. 6.26	93	東京都	5.3
(講演・講習会)				
第15回ステップアップ研修会(シールド部門)	2013.10. 2, 3	26	東京都	13.0
第16回ステップアップ研修会(山岳部門)	2013.12. 5, 6	24	東京都	9.9

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

「トンネル切羽前方探査」講演会の案内

主催：一般財団法人災害科学研究所・同トンネル調査研究会
後援：一般社団法人日本トンネル技術協会 ほか

山岳トンネルで積極的に活用されている、削孔検層、反射法探査、および計測にもとづく、最新の切羽前方地山予測手法の技術的発展と適用性についての講演を行い、意見交換の場といたします。皆様奮ってご参加いただきますようお願い申し上げます。

—記—

日 時：平成26年4月11日(金)13:00~17:30(受付開始12:30)
場 所：大阪大学中之島センター10階メモリアルホール(大阪市北区中之島 4-3-53)
C P D：土木学会認定4.3単位(JSCE13-0922), 全国土木施工管理技士会連合会認定4.0単位(245082)
参 加 費：3,000円(資料代含む)
申し込み先：災害科学研究所 TEL: 06-6202-5602 FAX: 06-6202-5603 E-mail: saiken@csi.or.jp
※プログラム詳細と申込方法については、<http://csi.or.jp/>をご参照ください。

「シールド工事格言集(シールド技術者心得)」の紹介

技術委員会都市トンネル小委員会

本会のホームページには、会員からご提案頂いたシールド工事にかかわる格言491件を50件に集約し「シールド工事格言集(シールド技術者心得)」として格言(心得)とその解説をPDF形式で掲載しています。

シールド技術の伝承に大いに役立てていただきたいと思います。一例として格言(心得)を下記に列記します。なお、協会団体会員加入会社には、特典として加工できるデータ(Excel, Word)を提供いたします。希望者はメールでご連絡願います。

<一例>

No.14 マニュアルだのみの設計禁物！ 現場の条件とマッチさせて！

No.16 将来を考えていますか、その設計！

No.21 忘れるな！ 鏡の奥に潜む水、切羽は常に生きている。

No.45 地盤改良、過信は危険！ 忘れずに効果の確認、対策準備。

No.50 最後まで、出ないと思うな！ 水とガス。

※格言(心得)集は、番号により整理され解説も記載しています。

会員の皆様へお願い

3, 4月 は 転勤 など 異動 の 多い 時期 です。 会誌 の 送付 先 など に 変更 が 生じた 場合 は、 速やか に ご連絡 ください ます よう 願ひ ます。 また、 新た に トンネル に 携わ る 方 に とっ て、 会員 に なる こと は 大変 有意義 と 考え ます。 是非 加入 の 勧誘 願ひ ます。 なお、 変更 や 入会 の 申し込み 様式 は JTA の ホーム ページ に 掲載 して います の で ご参照 ください。

4月号予告[4月1日発売予定]

小特集：ボスポラス海峡横断鉄道トンネル

- FRPグリッドによる内面補強工の解析モデル化手法の提案
 - 国道40号 音威府トンネル
 - 東京都建設局 白子川調節池
- 【連載講座】
- トンネル維持管理におけるさまざまな取組み(2)
- *内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆日本企業による海外での「交通インフラ整備」を支援するための法案が閣議決定しました。この法案は、日本企業による海外での鉄道や空港などの交通インフラの整備を支援する「海外交通・都市開発事業支援機構」という新しい組織を国と民間企業が共同で出資し、現地でのインフラ建設のほか、完成後の運営も担うものです。海外での工事は、大プロジェクトを受注できるチャンスでもあります。また、国によって言葉や生活習慣、発注形態などが異なるばかりではなく、発展途上国では技術のみならず安全管理などの教育面でハードとソフトの両面が要求され場合もあります。

◆最近の海外での日本企業の活躍は、トルコのボスポラス海峡を横断する鉄道トンネルがあります。同プロジェクトは、これまで弊誌でも連載講座の事例紹介を含めて4回ほど紹介させていただきました。来月号では、この「ボスポラス海峡横断鉄道トンネル」の小特集を予定しておりますので是非ご覧ください。弊誌では、2008年1月号(Vol.39, No.1)に特集号として「海外のトンネル工事」、他にも機会あるごとに事例を紹介しております。弊社のホームページから題名などの検索ができますので、是非参考にさせていただければと思います。(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45巻 第3号 [通巻523号]
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成26年2月20日 印刷
平成26年3月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会
会長 佐藤 信彦
〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)
TEL: 03-3524-1755
FAX: 03-5148-3655
http://www.japan-tunnel.org
発行所 株式会社土木工学社
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂
TEL: 03-3267-2888
FAX: 03-3267-2807
http://www.tunnel.ne.jp
発行人 山本 育徳
編集人 山本 勝誉
印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)
(本体価格 1,500円)
1年 15,000円(前納)
振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

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

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

トンネル二次覆工型枠総合メーカー

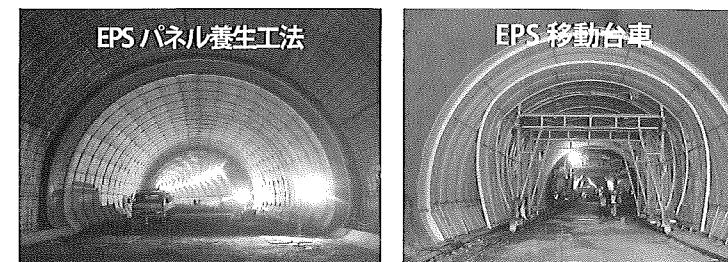
スライダース打設システム
特許 第4083308号
NETIS登録KT120099-A

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

セントル位置・変位自動測定監視システム(セントル監視くん)
特許 第5247491号
NETIS登録KT 130037-A

型枠パイプレンタ集中制御システム, DKV-20
NETIS登録KK-130066-A

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム



EPSパネルの保温性、保湿性が効く

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

平成25年12月1日 現在
実施権許諾第10396号
NETIS登録(No.CB-090003-A)

一歩前進! ~限りない未来への挑戦~

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

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。



わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825円+税 B5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200円+税 A5判

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



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

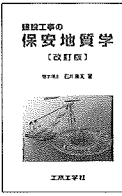
火薬類や発破技術の基礎的な知識から最新の技術まで幅広く取り上げ、また、火薬類を使用するうえで避けては通れない振動や騒音などの環境対策についても詳しく解説。



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。



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。



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500円+税 B5判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757円+税 B5判

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573円+税 B5判

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



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実例をまじえてわかりやすく解説した。



推進工法の理論と実際

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

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



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660円+税 B5判

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



ジオテキ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

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400円+税 A5判

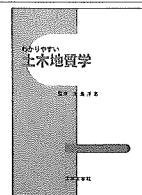
海洋の石油・天然ガス・石炭などのエネルギー資源と、マンガン・ジュールの鉱物資源、また、海洋エネルギーなどの開発と利用についてまとめた。



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500円+税 B5判

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



地下水の科学 I～III(全3巻)

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

地球という複雑なシステムを循環する水、とくに地下水循環を考え、汚染地下水など環境問題を地下水理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。



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



トンネルと地下

1,500円+税 B5判 月刊(毎月1日発売)

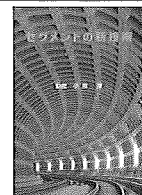
日本で唯一のトンネルと地下構造物の専門月刊誌。研究、調査・設計から施工にいたるまで、その時点での技術的問題点を中心に、業界の動向などをあわせて網羅しながら、新鮮な情報を提供する。



セグメントの新技术

小泉 淳 監修
2,000円+税 B5判

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



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。



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

各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー

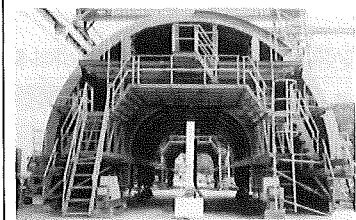


東和機電工業株式会社 かいた 穎田工場

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

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

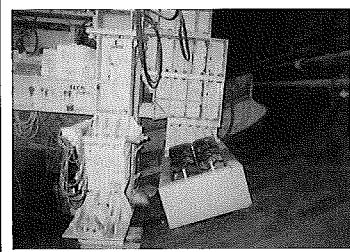
高流動コンクリート対応型
 全断面ステンレスフォーム



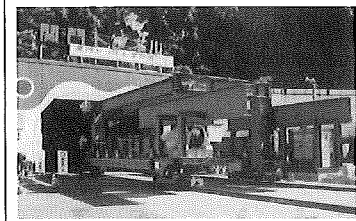
ワークステーション架台



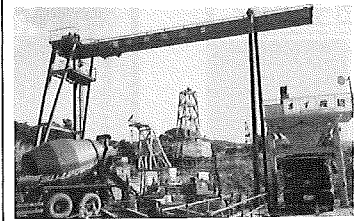
全輪タイヤ式インバート栈橋



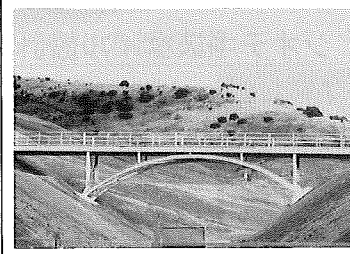
勾配対応全輪駆動式
 トンネル床版撤去架台



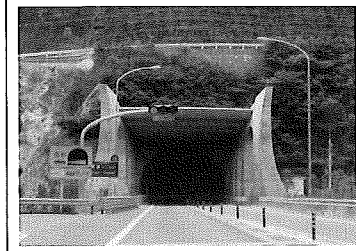
立坑ズリ出し設備
 (4.5t×60m)



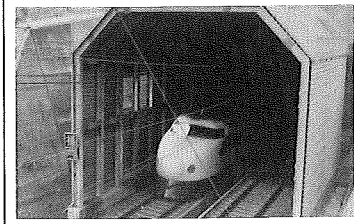
林道橋



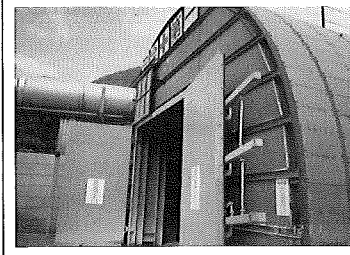
トンネル坑口修景ルーバー



新幹線微気圧伝播緩衝工
 (鋼製、総溶融亜鉛メッキ)

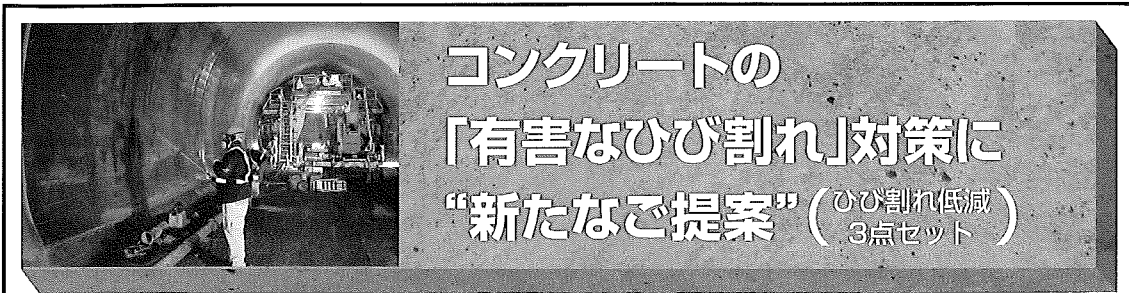


防音シェルター

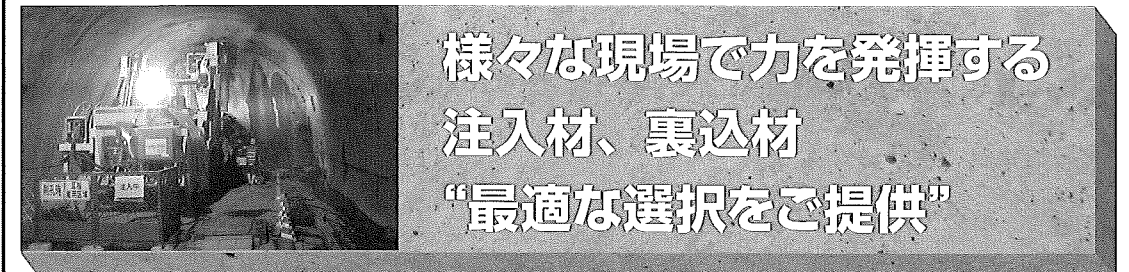


離島を含む九州一円中国四国圏内におきましては、
 地の利を生かした営業・打合せ・納品・対応を行ってまいります。

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



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



様々な現場で力を発揮する
 注入材、裏込材
 “最適な選択をご提供”

注入材	超微粒子注入材	太平洋アロフィクスMC
	瞬結工法用無機懸濁型 土質安定材・下水道止水材	太平洋アロフィクスMC2号
	注入式長尺先受工法用注入材	太平洋スーパーハード
	注入式長尺先受工法用注入材	太平洋スーパーファスナー
裏込材	プレミックス裏込用充填材	太平洋フォルトカバー

太平洋マテリアル株式会社
 営業本部

〒135-0064東京都江東区青海 2-4-24 青海フロンティアビル 15F
<http://www.taiheiyo-m.co.jp>
 TEL.03-5500-7510 FAX.03-5500-7542