

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・シールド工事用吹付けモルタル
- ・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

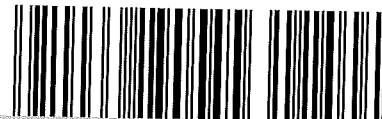
東京都中央区日本橋室町2-1-1

電話 03-5290-5558

定価 1,620円

雑誌06619-5

本体価格1,500円



4910066190545
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9.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 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 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
 大阪支店 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
 西部支店 千514-0396 三重県津市雲出長常町1129番地11 TEL 059-234-4111
 三重工場

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO 240

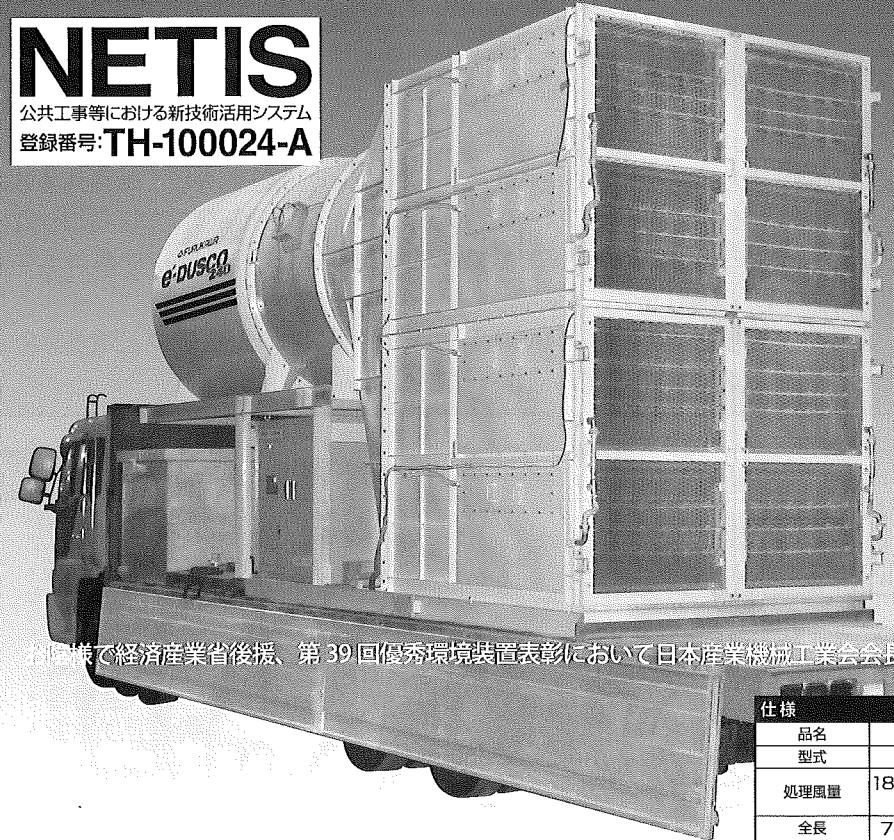
イーダスコ・ニーヨンマル

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



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%増えたいっそう省エネ。安定した処理風量でCO₂削減を実現するエコ製品です。

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 千100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
第二営業部 千03-3212-7804

大阪支店 千06-6344-2532 名古屋支店 千052-561-4580 札幌支店 千011-784-1179
東北支店 千022-221-3532 九州支店 千092-741-5193 小山工場 千0285-23-8662

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。

K series

カテックスの補修・補強材料

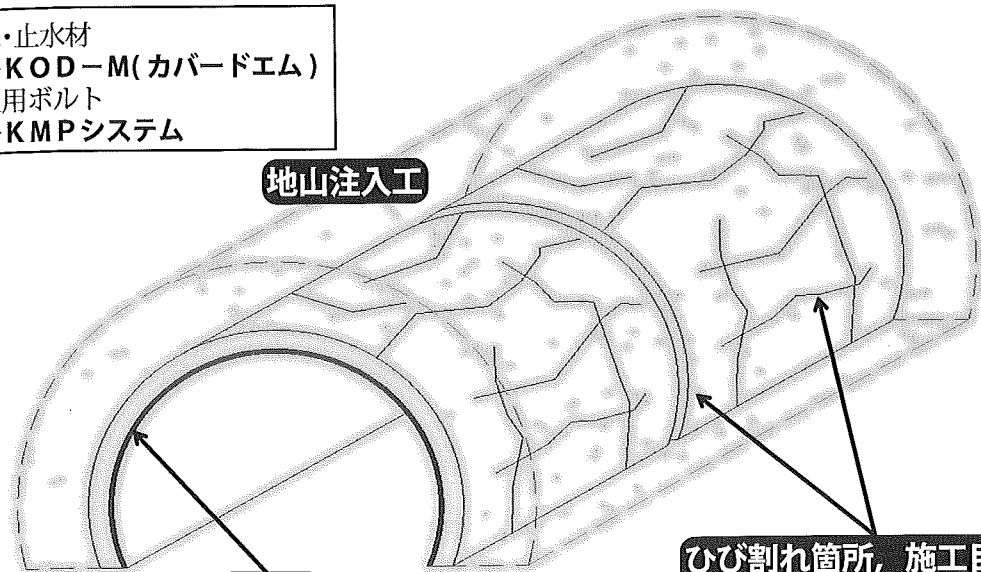
当社は、注入式フォアポーリングや長尺フォアパイリング、長尺鏡ボルトなど山岳トンネル工事の補助工法における樹脂系の注入材のパイオニアとして、数多くの実績を築いてきました。一方、老朽化してきている既設トンネルにおいては、適正に維持管理をし延命化するための補修、補強工事が行われています。これらに対応して、当社の樹脂系注入材の豊富なノウハウと技術力を活用して、既設トンネル補修、補強工事に適する樹脂系材料「Kシリーズ」を開発しました。

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)

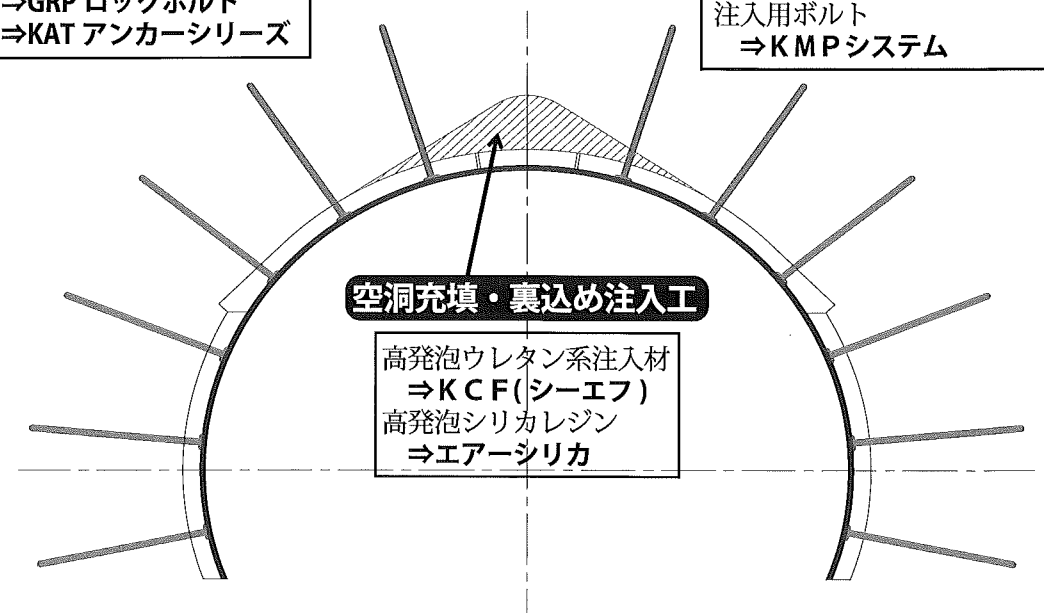
ロックボルト工

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



空洞充填・裏込め注入工

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

営業品目

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

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

関西営業所

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

九州営業所

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

北海道地区(㈱エイチ・アール・オー)

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

R²C(スクエアール)工法研究会 事務局 ㈱カテックス 内 TEL) 052-331-3997

高耐食性めっき「ZAM」鋼管を採用した膨張型摩擦式ロックボルト

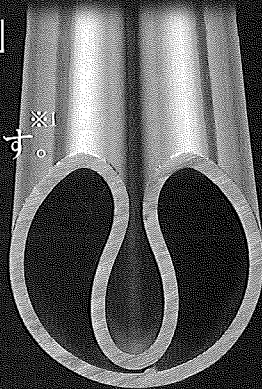
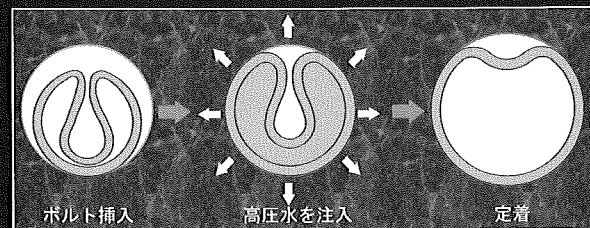
RPE ROCKBOLT

RUST PROOFING EXPANSIVE

RPE ロックボルト

「鋼管膨張型摩擦式ロックボルトの進化形」

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

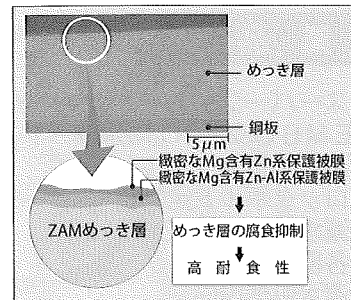


※1 地山条件によってめっき層の寿命は大きく変動します。

① 「RPE ロックボルト」の特徴

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

◎ZAMの耐食機構



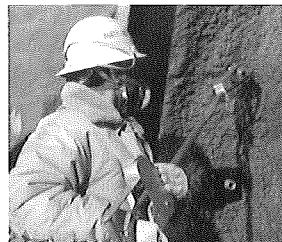
・「ZAM」は、日新製鋼株式会社の登録商標です。
・「ZAM」は、日新製鋼株式会社が開発した溶融亜鉛 Zn-アルミニウム Al-マグネシウム Mg 合金めっき鋼板の商品名です。

② 「RPE ロックボルト」の仕様

■ RPE ロックボルトの種類

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

※標準長さの()内は、受注生産になります。



(RPE ロックボルト施工状況)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

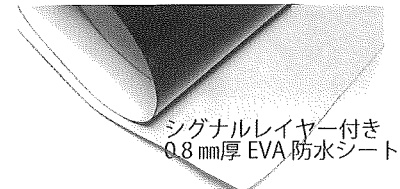
東京土木営業部: 東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 TEL 03-6402-8251
大阪土木営業部: 大阪市北区西天満 3 丁目 2-17 TEL 06-6363-1884
技術部: 東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 TEL 03-6402-8256

損傷を目視で確認できる防水シート

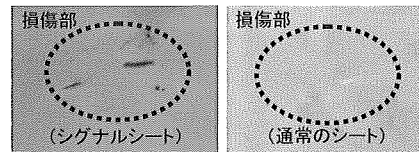
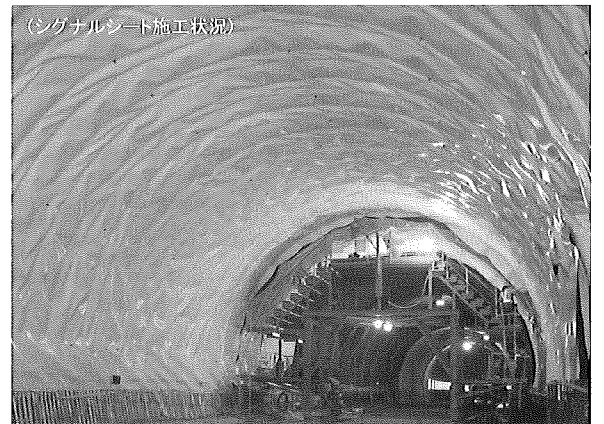
シグナルシート

NETIS 登録番号
KK-100083-A

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



(シグナルシート施工状況)

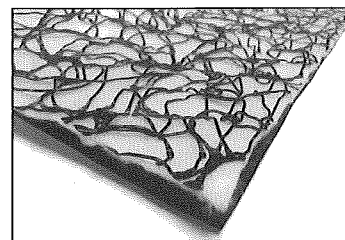


通常のシートと比較し、通常の明かりにおいて目視でたやすく損傷が確認できます。

「立体網状体」による高排水機能

立体網状体付き長繊維不織布

「立体網状体」の効果により、抜群の排水性能を発揮します。

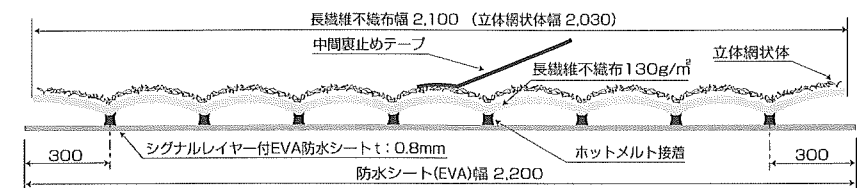


「立体網状体付き長繊維不織布」は通常の厚さ3mmの不織布に比較して約40倍の排水性能を有します。

排水能力比較結果 (試験方法 ISO12958 準拠)

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

■ 「シグナルシート」と「立体網状体長繊維不織布」の組み合わせ



KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

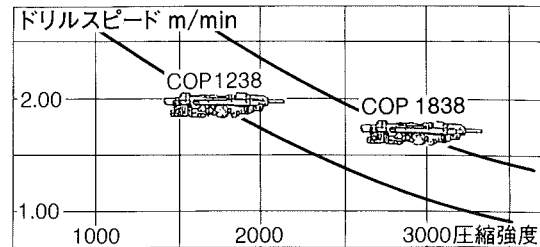
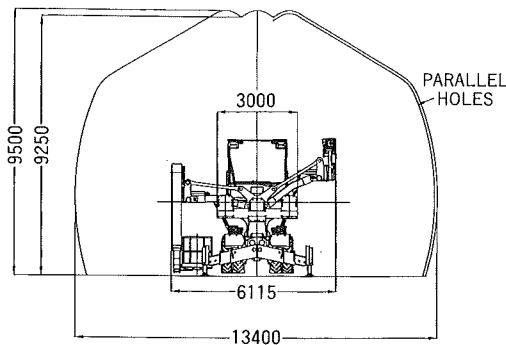
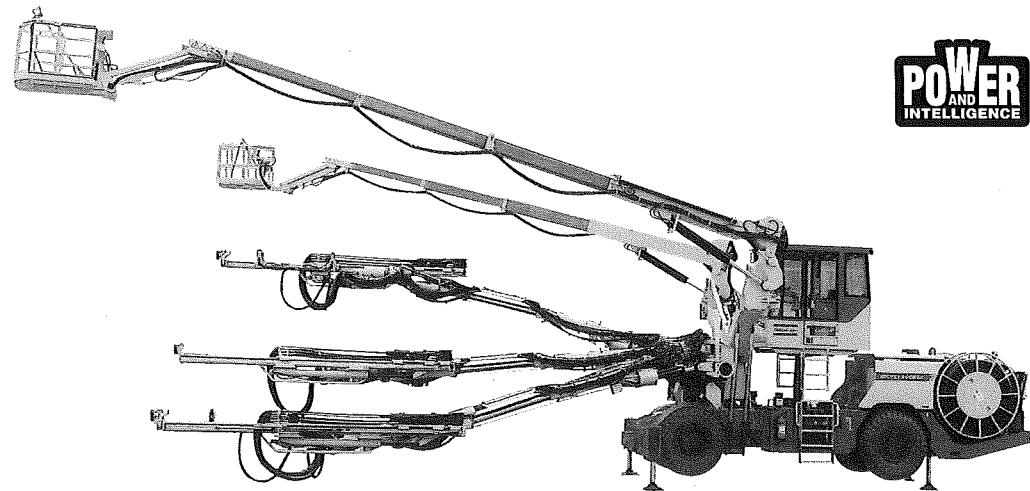
東京土木営業部: 東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 TEL 03-6402-8251
大阪土木営業部: 大阪市北区西天満 3 丁目 2-17 TEL 06-6363-1884
技術部: 東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 TEL 03-6402-8256

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



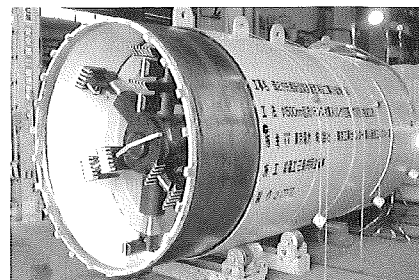
ドリルマシン株式会社 DRILL MACHINE CO., LTD.

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檜原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

超流バランスセミシールド工法

超流セミシールド協会

貫入リング押し回転切削型接合法



φ1500mm 貫入リング回転切削型掘進機 (接合切削時)

- ① 人孔直接到達
- ② 到達作業省略形
- ③ 到達地盤改良省略
- ④ 急曲線・高深度施工

貫入リング回転切削型接合法の特徴

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

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法



φ1016mm鋼管対応リターン回収機能付掘進機

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

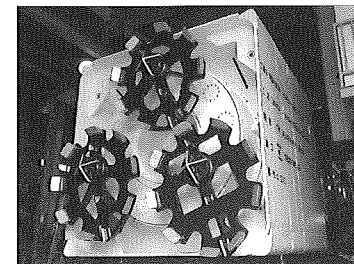
密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法の特徴

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

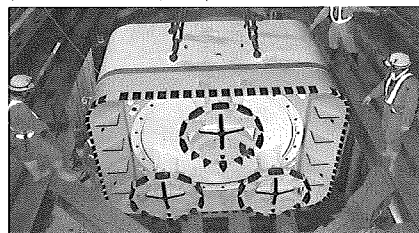
ボックス推進工法

ボックス推進工法協会 NETIS QS-100019-A

多軸自転・公転掘進機 (内空寸法□3000×3000)



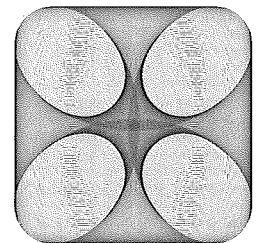
多軸自転・公転掘進機 (内空寸法□2800×1800)



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

ボックス推進工法の活用例

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



カッタービット軌跡

ボックス推進工法の特徴

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

協会事務局・技術本部

株式会社アルファシビルエンジニアリング

αCIVIL

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

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

※各工法協会名簿については、ホームページをご参照下さい。

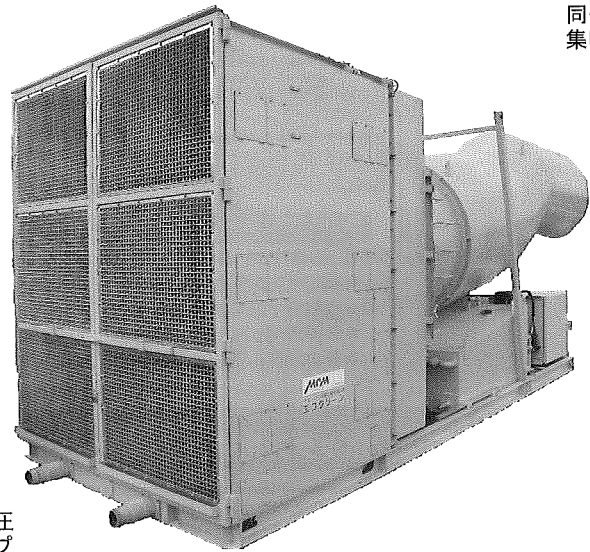
最新型・電気集じん機

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



処理風量
750m³/minから3000m³/minまで製作実績あり

高圧電源分割
集じんユニット毎の個別電圧印加により集じん効率アップ

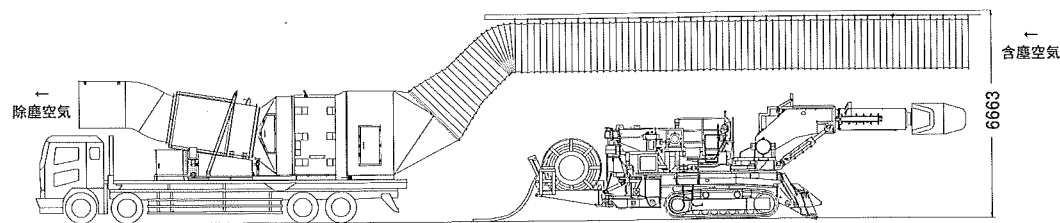
少ない消費電力
同クラスのフィルター方式集じん機に比べおよそ1/4

コンパクト
同クラス集じん機の中で最小

貯水タンク
自動洗浄が随時可能

オプション
自走クローラ台車
自走ホイール台車
伸縮風管...etc.

伸縮風管(軽量型Φ1500,Φ1600製作実績あり)



伸縮風管接続例

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

株式会社エムシーエム

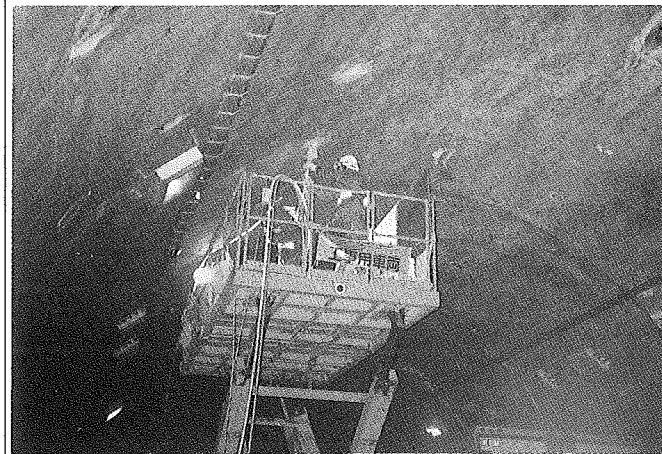
<http://www.mcmcm.jp>

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



硬質発泡ウレタン セットフォーム工法

急結性・高性能空隙充填材



- シールドにおける滞水層、軟弱地盤の全面裏込め注入
- シールド急曲線部の裏込め注入(即時地盤反力の効果)
- トンネル構造物などの背面空洞充填
- 深基礎工法の裏込め(止水,裏込め後の即時掘削可能)

漏水を瞬時にストップ!

SF-A工法

長期耐久性に優れた
無溶剤タイプの
ウレタン系止水材



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

ケミカルフォーム協会会員

アルス株式会社	〒950-0944	新潟市中央区愛宕	1-4-25	TEL 025-280-0337
株式会社内田工業	〒332-0032	埼玉県川口市	中青木 2-12-2	TEL 048-257-0848
エコシビックエンジニアリング株式会社	〒135-0047	東京都江東区富岡	1-12-4 み満きビル	TEL 03-3643-7241
エスイーリペア株式会社	〒811-1313	福岡県福岡市南区	日佐 5-15-24	TEL 092-585-5133
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0012	東京都中央区日本橋堀留町	1-2-10 イトーピア日本橋SAビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共和	〒462-0832	名古屋市中北区	生駒町 7-148-1	TEL 052-911-3984
四国リニューアル株式会社	〒780-0815	高知県	二葉町 3-5	TEL 088-878-0050
株式会社シーテクノ	〒371-0017	群馬県前橋市	日吉町 3-22-3	TEL 027-235-5498
ショーレジン株式会社	〒104-0032	東京都中央区	八丁堀 3-14-4 直平ビル	TEL 03-3551-8391
成和リニューアルワークス株式会社	〒163-0610	東京都新宿区	西新宿 1-8-1	TEL 03-5326-0720
株式会社総合開発	〒768-0065	香川県観音寺市	瀬戸町 2-14-16	TEL 0875-25-4162
日本総合防水株式会社	〒171-0022	東京都豊島区	南池袋 3-11-10 ベリエ池袋	TEL 03-5950-8211
林建設工業株式会社	〒998-0023	山形県酒田市	幸町 1-6-6	TEL 0234-23-3322
フジモリ産業株式会社	〒141-0022	東京都品川区	東五反田 2-17-1 オールコート大崎マークウエスト	TEL 03-5789-2206
前田産業株式会社	〒755-0032	山口県宇部市	寿町 3-5-23	TEL 0836-21-2666
株式会社マシノ	〒733-0822	広島市西区	庚午中 1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒062-0902	札幌市豊平区	豊平 2 条 1-1-1	TEL 011-820-8688
株式会社マノール	〒120-0047	東京都足立区	宮城 2-4-16	TEL 03-3927-1331
株式会社三原工業	〒531-0074	大阪市北区	本庄東 1-22-3 四本ビル	TEL 06-6371-9947

協会事務局

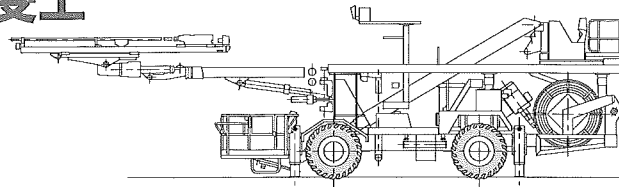
〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-2-10 イトーピア日本橋SAビル MC山三ポリマーズ(株)内
TEL 03-3662-0253 <http://www.chemicalfoam.jp>

製造元 **日清紡ケミカル株式会社** 断熱事業部
〒289-2505 千葉県旭市鎌数9163-13 TEL 0479-60-3555

環境対応型長尺鋼管先受工

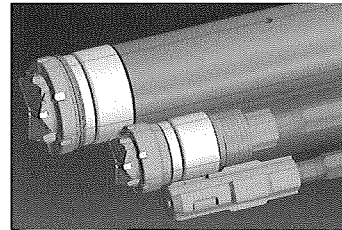
TOHO **AGF** System

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

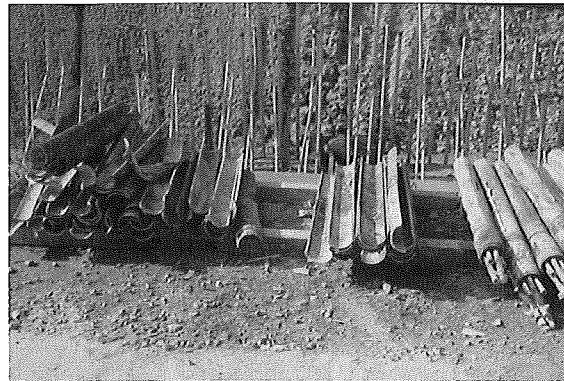
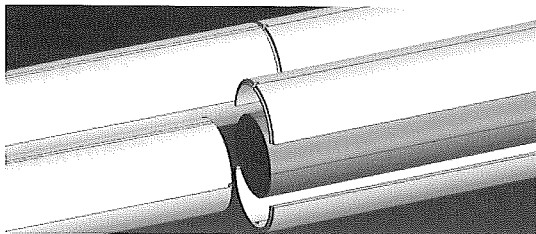


AGF-Me工法

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



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



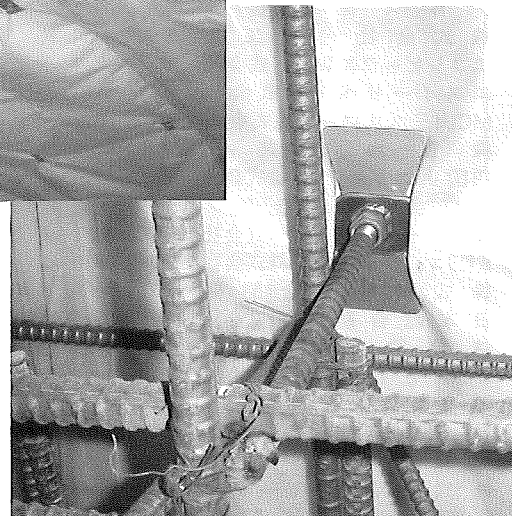
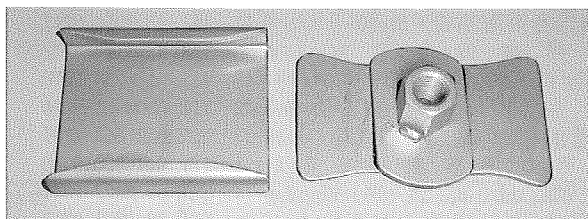
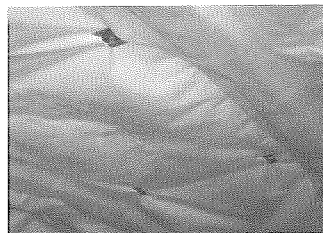
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

1. 支保工へ溶接したグリッパーに防水シートを当てます。
2. 回転プレートを押込みます。
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>

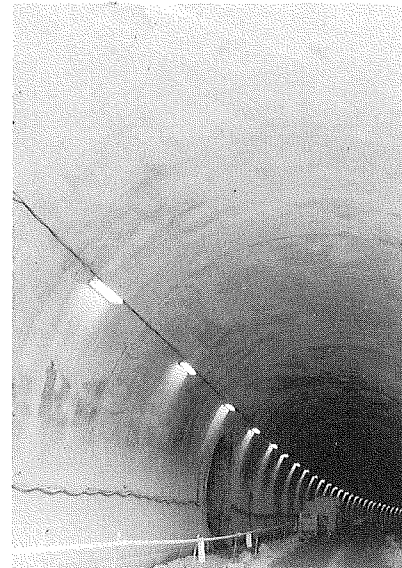
株式会社 トーキョーオール

〒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。

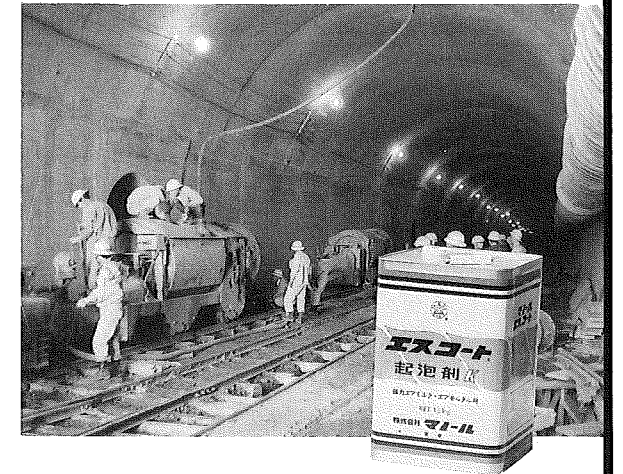
- 短時間で高強度、即日仕上り
- 強力な接着力と収縮、ヒビ割れ防止
- 防水性、防錆力に優れ、中性化防止
- 既調合品で現場管理が簡単

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 ◆

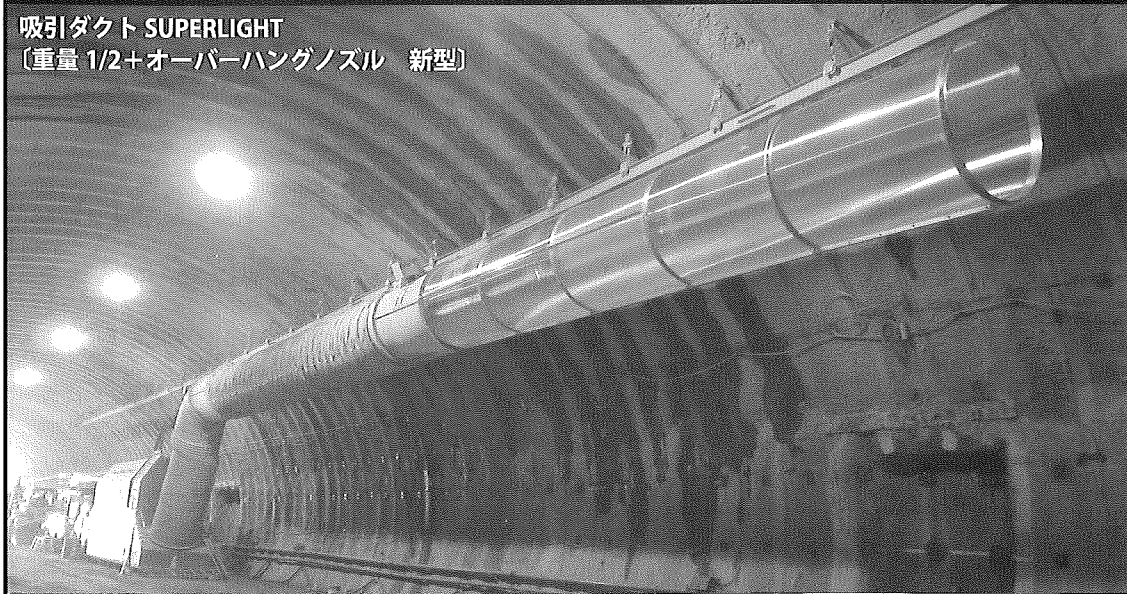


株式会社 マイール

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

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)



トンネル用冷房装置
トンネルクーラー

7.4 dB
省エネ
CO₂削減

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)
パキユームシステム
エジェクターユニット (コップレッサーエアによる移送装置)

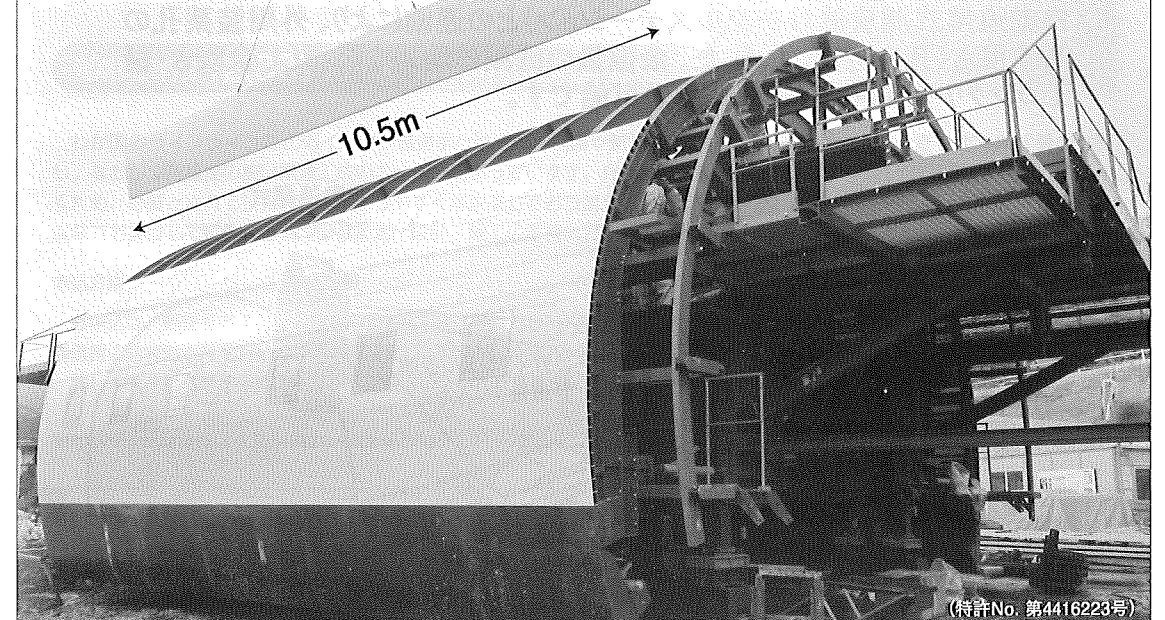
最適環境を創造する
株式会社流機エンジニアリング

〒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



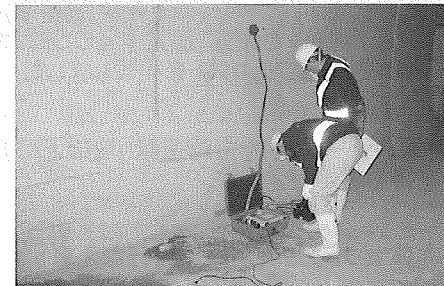
新着ニュース FRPセントルによる 覆工コンクリートの密実性を検証

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横道トンネル 側フジタ施工

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)の横道トンネル工事(全長1,492.8m)において、トンネル全線(非常駐車帯部を除く)で採用したFRP製セ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、コンクリートの中性化速度係数が30%~50%程度低下し耐久性が大幅に向上する事が実証された。

特徴

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

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

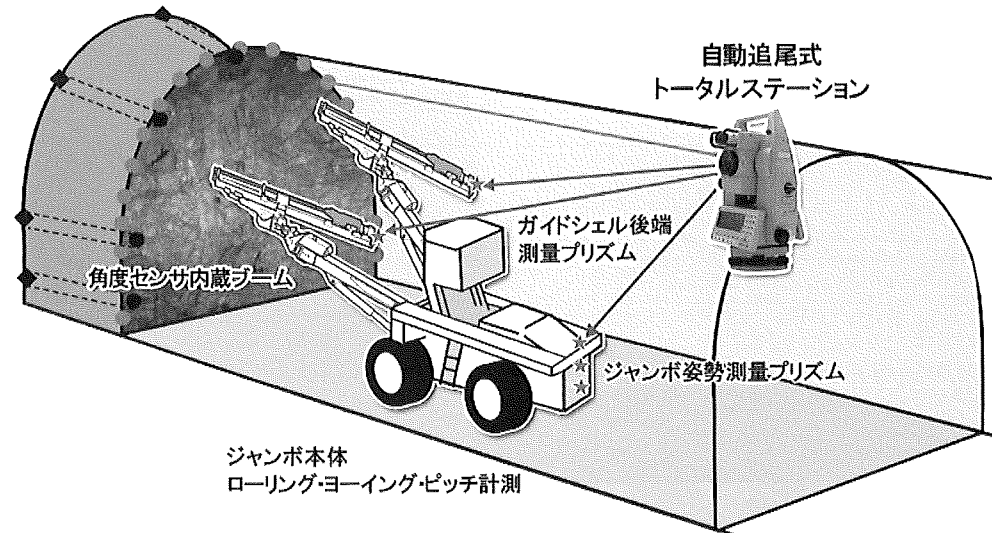
■ 本社 〒553-0006 大阪市福島区吉野1-20-30 阪神野田駅前ビル TEL:06-6443-7060
■ 九州営業所 〒812-0011 福岡市博多区博多駅前2丁目20番1号 TEL:092-409-8008
■ 指定工場 〒919-0441 福井県坂井市春江町定重(森本工業) TEL:0776-51-2410

NETIS登録番号:KK-100049-A

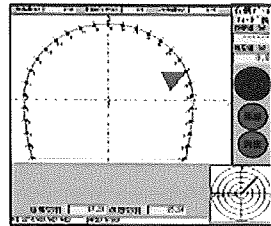
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河ロックドリル株式会社
FURUKAWA

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

月刊推進技術

定期購読のご案内



定期購読料金 **12,337円** 1冊1,130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をしております。また、推進関連のニュースはどこよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管渠埋設の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっております。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039 加入者名：株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間購読料金12,337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ます。

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

検索

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.isweb.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@isweb.co.jp

推進工事技士試験 過去12年間(平成14~25年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

推進工事技士試験は、推進工法に係わる技術、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えて、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。



平成25年度版発売中!!

1. 内容の特長

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

2. 価格

各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

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

これらのことをインターネットでご案内しています。 [推進工事技士試験]

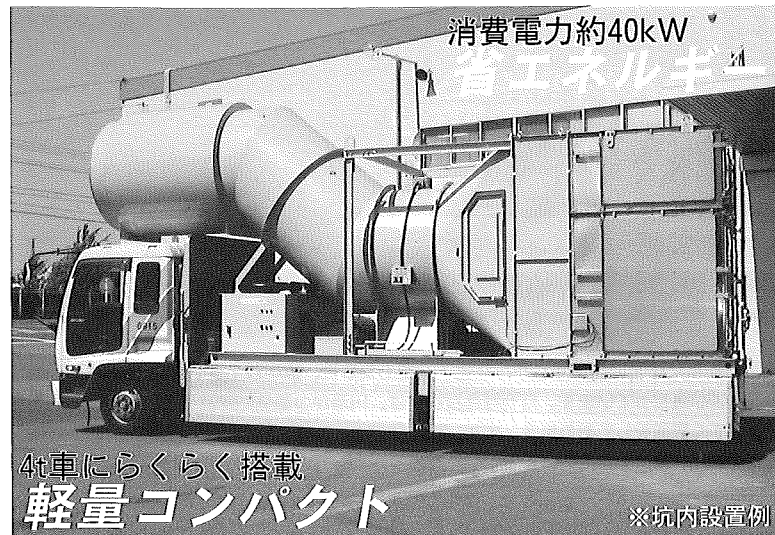
検索

お問い合わせ先

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@isweb.co.jp



消費電力約40kW

省エネルギー

4t車にらくらく搭載
軽量コンパクト

※坑内設置例

National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ)

RENT

取扱レンタル商品

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

株式会社 レント

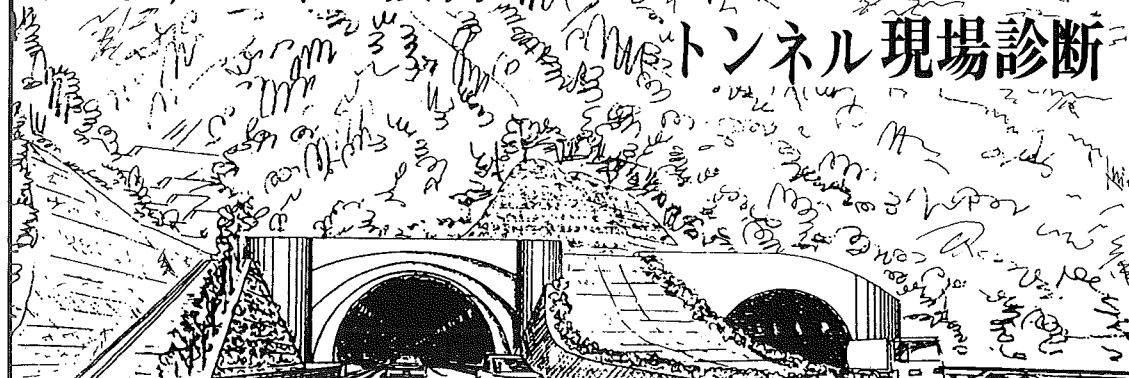
特機営業課 担当者 工藤

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

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

道路,トンネル設計(本体工,換気,防災,照明,施工管理他)

トンネル現場診断



(社)建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会長 長田 島利男 代表取締役社長 清水 洋(技術士)
(技術士・土木学会フェロー会員)
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

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

0~20 (約2年) 20~30 (1年6か月)

30~40 (約1年) 40~50 (6か月)

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

中濃産業株式会社
代表取締役 土田 義 式

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

トンネル進捗率改善の
ための最新技術



明かりが見えます

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

オリカ社は、今まで積み重ねてきた研究開発と技術力を駆使して、お客様が毎日直面する課題の解決策をご提供することができます。自由に延時設定可能なトンネル専用電子雷管eDev、トンネル発破デザインソフト New SHOTPlus-TM、高エネルギーエマルジョン爆薬の結果をご覧になることができます。これらはすべて、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。

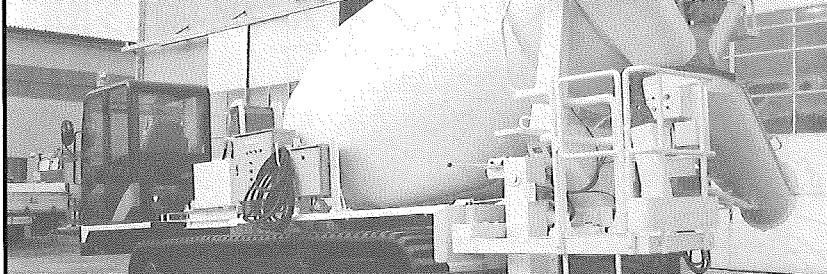
これこそがオリカ社が提案する「Power of Partnership (パートナーシップの力)」です。

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。

ORICA
MINING
SERVICES

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】		ゴムクロラ式ミキサー車 TGM-MR45T 上部ミキサー：カヤハ製(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	掘削時接地圧	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	

T&M Tunnel & Mining

ニシオティ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

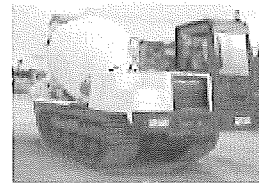
■北海道営業所
 tel: 0133-72-3715
 fax: 0133-72-3716

■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

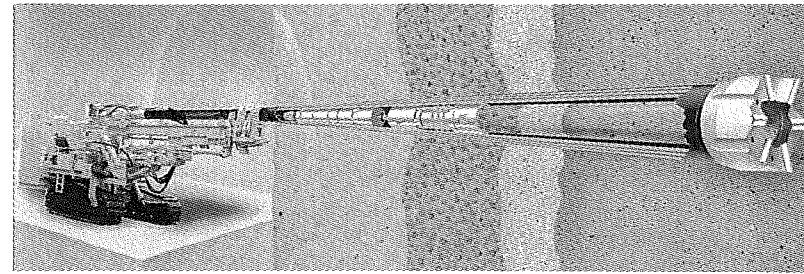
■大阪支店
 tel: 072-677-2101
 fax: 072-677-2109

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



トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

- ①断層破砕帯や湧水をとまらぬ難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行え、施工時間が大幅に短縮できます。
- ②二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

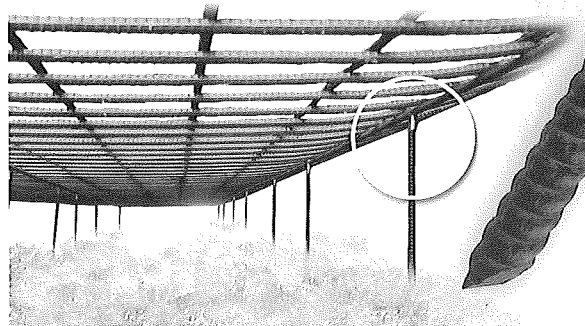
お問い合わせ先 : 工事営業本部
 TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522
<http://www.koken-boring.co.jp>

GFRP アンカーボルト

パワースレッド アンカー FiReP® POWERTHREAD Anchor

- ・インパート鉄筋組立用アンカーボルト
- ・法面用アンカーボルト
- ・サビ対策、電食対策、酸性土壌対策、非磁性用途

姉妹品 : FiReP® POWERTHREAD (GFRP ロックボルト)



GFRP製建設資材 製造/販売

FiReP Rebar Japan 株式会社
 (ファイレップ リバー ジャパン)

〒107-0052 東京都港区赤坂1-14-5
 アークヒルズエグゼクティブタワー S601
 Email: sales@firep.co.jp Web: <http://jp.firepworld.com/>

☎ 03-6459-1907 ☎ 080-1604-1097
 営業: 佐川和矢 (365days 24hs OK)

代理店
 株式会社エイチ・オール・オー / (011)821-5868
 株式会社カテックス / (052)331-8821
 合名会社菊川商店 / (054)641-0033
 株式会社クズハ / (092)938-6306

(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

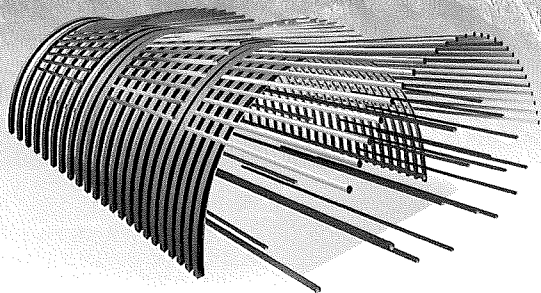
お申し込みは、当社へFAXまたはお近くの書店にてお申し込みください。FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は、書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記のうえ、お申し込みください。

 **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

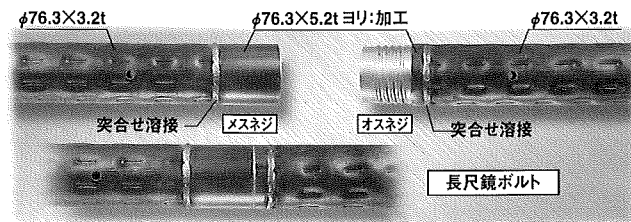


ユニークな発想でVEを提案



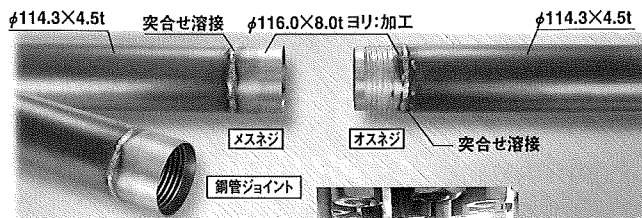
ストロング FIXチューブ(S型)

- ※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!

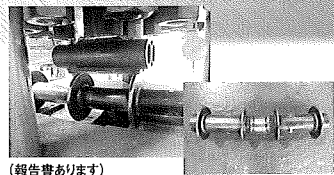


AGF-STD工法

- ※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!

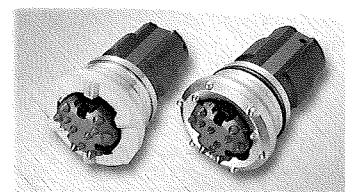
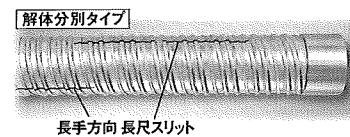
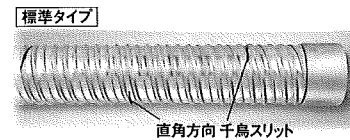


曲げ耐力30%UP!!



接続部の抗折力試験

撤去管の選択



STD BITS (ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングビット径
100A	φ114.3	φ124



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

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

TEL.072-990-0250 FAX.072-990-0251

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

注入材・その他工法

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

濁水処理からズリ出しまで
トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

「現場力」を鍛えよう

酒井 和広5

■施 工

2 ノズル吹付け機と覆工の自在配管打設システムによる施工

—九州新幹線西九州ルート 彼杵トンネル—

須田 悦次・板屋 良人・倉園 貢・鹿狹 耕治7

最小土かぶり3.6mで高速道路を横断するトンネルを分割シールドで施工

—東関東自動車道 谷津船橋インターチェンジ—

加藤 哲・江原 豊・宮元 克洋・丹下 俊彦15

都市におけるSENSの施工管理のためのトライアル施工

—相鉄・JR直通線 西谷トンネル—

武田 一彦・阪田 暁・和田 幸治・松村 英樹25

急勾配V字推進工の施工

—東京電力 地中送電用トンネル—

梶原 誠・稲村 常春・大野 弘城・森田 智45

親子シールドによる半径35mの急曲線施工と地盤改良体切削

—東京都下水道 東大島幹線および南大島幹線—

久本 洋二・瀬ノ口正行・伊藤 忍・大瀧 真道53

■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(最終回)

—具体的な課題に対する取組みと今後の展望—

JTA保守管理小委員会61

■現場だより

「日本仏教の聖地」高野山より

打田 安宏14

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

技術開発への飽くなき挑戦!

石田 義昭37

■資料ほか

土木情報

編集部24

工法・技術・製品ニュース

編集部52

トンネルジャーナル

編集部34

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会67

文献紹介

編集部36

■会 報

会 報

日本トンネル技術協会69

【表紙説明】 最小土かぶり3.6mで高速道路を横断するトンネルを分割シールドで施工

—東関東自動車道 谷津船橋インターチェンジ—



本工事は、慢性的な交通渋滞が著しい千葉県船橋・習志野市域の国道357号の交通を東関東自動車道(東関道)に誘導するためのハーフインターチェンジを築造する工事で、東関道直下を横断する非開削区間、ランプ部の開削区間、東関道と分合流する橋梁区間の3区間からなる。非開削区間では、1車線道路トンネル断面を本体構造物を包含する6つの小断面に分割し、各断面をシールド工法により先行トンネルを構築後、トンネル間を切り開いて躯体を構築した。写真は、縦シールド到達状況である。

〔写真提供：東日本高速道路(株)〕(本文15頁参照)

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

ヤマモトロ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)

This May Debut

TAG Navi-V (換気自動制御)

Automatic Ventilation Control System

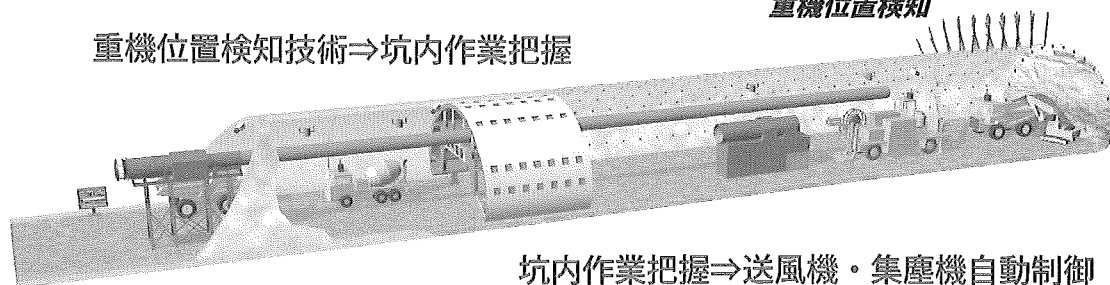
CYBER NATM

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

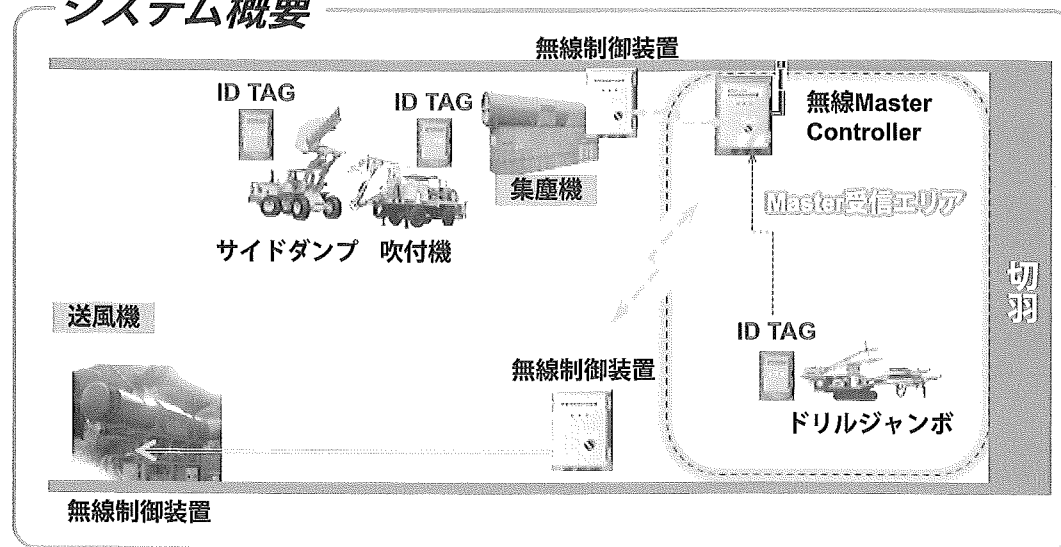
重機位置検知技術⇒坑内作業把握



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

enzan koubou

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

総務委員会広報小委員会誌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
飛島建設株式会社建設事業本部
エンジニアリング事業推進部長 |
| 小 松 敏 彦
前田建設工業株式会社土木事業本部土木部
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



施工例

トレンチャーによる
施工

トレンチャーの性能・諸元

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

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

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

〔編集参与〕

木谷 日出男 国際航業株式会社フェロー技術開発センター
地盤研究室長
小山 幸則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授
今田 徹 東京都立大学名誉教授
高橋 良文 東京都下水道サービス株式会社専務取締役
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
亀山 勝 東京地下鉄株式会社鉄道本部鉄道統括部
移動円滑化設備整備促進担当課長
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
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
高田 武 東京都水道局建設部工務課長
高橋 晃 東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー
工務部流通土木グループマネージャー
谷内 雅之 東京都交通局建設工務部計画改良課長
真下 英人 国土交通省国土技術政策総合研究所
道路構造物研究部長
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
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

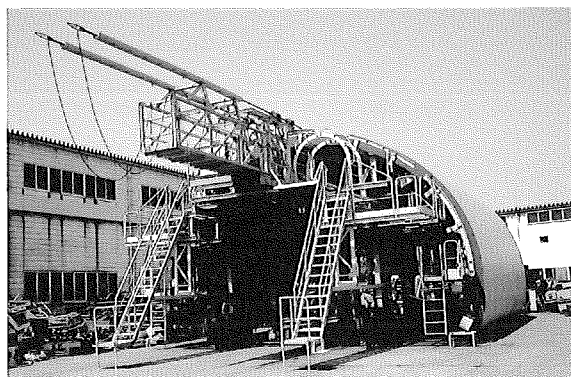
☎(026)213-7024(代) FAX(026)282-5803 <http://www.wkk.co.jp/>

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

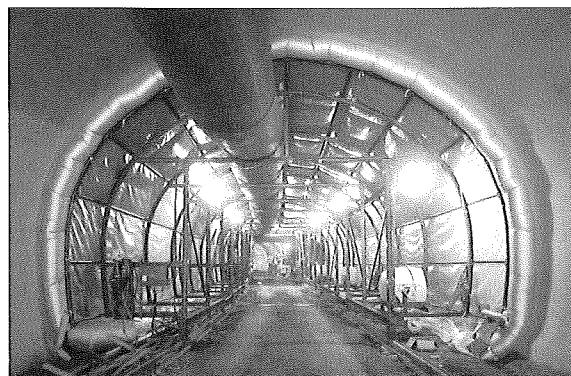


期待される効果・特徴

- ・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

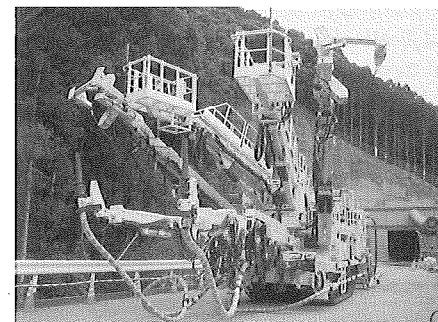
2ノズル吹付け機と覆工の自在配管打設システムによる施工 —九州新幹線西九州ルート 彼杵トンネル—

鉄道・運輸機構 須田 悦次

本論は、九州新幹線西九州ルートの彼杵トンネル外2箇所他工事で実施した2ノズル吹付けシステムと覆工コンクリート自在配管システムの施工報告である。2ノズル吹付けシステムは、2系統のコンクリート吹付け設備を有し早期に地山を吹き固めることを可能としたものである。覆工コンクリート自在配管システムは、セントル型枠外側に設置したアーチ配管をトンネル延長方向に自在に移動させながらコンクリート打設を行うものであり、コンクリートを横流しすることなく、密実なコンクリート打設ができる。どちらの工法も実施工において、大きなトラブルはなく有効性を確認できた。

2-Nozzle Shotcrete Machine for Primary Lining And Flexible Concrete Placing Hose for Secondary Lining —Kyushu Shinkansen Nishi-Kyushu Route, Sonogi Tunnel—

By Etsuji Suda, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency



写真は2ノズル吹付け機

This is a report about use of a two-nozzle shotcrete machine and flexible concrete placing hose for lining concrete during the construction works of Sonogi Tunnel on the Kyushu Shinkansen Nishi-Kyushu Route. The 2-nozzle spraying machine has equipment with dual process for concrete spraying and makes it possible to reinforce the ground quickly. The flexible concrete placing hose is to pour concrete by controlling longitudinally an arch concrete hose installed outside of tunnel lining form. It makes it possible to prevent diversion of concrete and to make solid concrete. We confirmed that the effectiveness of both techniques during the construction without any major problems.

掲載頁
15

最小土かぶり3.6mで高速道路を横断するトンネルを分割シールドで施工 —東関東自動車道 谷津船橋インターチェンジ—

東日本高速道路(株) 加藤 哲

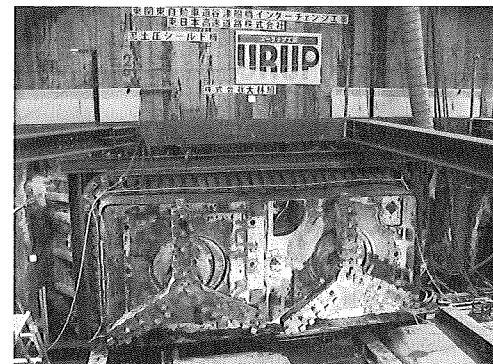
本工事は、千葉県市川市域において慢性的な交通渋滞が著しい国道357号の交通を東関東自動車道(東関道)に誘導するためのハーフインターチェンジを築造する工事である。本工事は東関道直下を横断する非開削区間、ランプ部の開削区間、東関道と分合流する橋梁区間の3区間からなる。非開削区間では、1車線道路トンネル断面を本体構造物を包含する6つの小断面に分割し、各断面をシールド工法により先行トンネルを構築後、トンネル間を切り開いて躯体を構築した。

本稿では、東関道の路面変状を最小限に抑え施工したシールド工事および狭小な作業空間で施工したコンクリート構造物構築工事について報告する。

Build Divided Members of Expressway Box Tunnel Using Boring Shield under Minimum Overburden of 3.6 Meters—Higashi-Kanto Expressway, Yatsu-Funabashi Interchange—

By Satoshi Kato, East Nippon Expressway Company Limited

These works were to construct a half interchange leading traffic from National Route 357, where there is considerable chronic traffic congestion, to the Higashi-Kanto Expressway (Tokando) in Ichikawa City, Chiba Prefecture. These works consisted of three sections: the trenchless section that crosses directly under the Tokando, the ramp trench section and the bridge section that links to the Tokando. In the trenchless section, in order to build structure of single box tunnel with a single lane, the member was divided into six small sections. After making of the each tunnel member with the boring shield, the ground in the tunnel box was excavated.



写真は下段シールド(横・密閉)

This report contains information on boring works that were implemented keeping road surface deformation on the Tokando to a minimum and the construction of a concrete structure in a cramped work space.

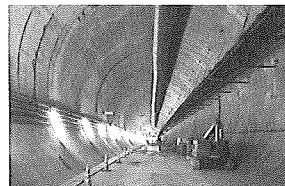
相鉄・JR直通線西谷トンネルは、「シールドを用いた場所打ち支保システム(SENS)」を採用した。SENSの採用は東北新幹線三本木原トンネル、北海道新幹線津軽蓬田トンネルに引き続き3例目であるが、都市部では初めての採用となる。トンネル掘削対象地質は、 N 値50以上の更新世前期上総層群砂質土(Ks)、 N 値35以上の上総層群粘性土(Km)が主体であり、一部区間に相模層群砂質土(Ds)もある。

これまでの2例のSENS工事においては、いずれも山間部での施工であったが、本トンネルは都市部での施工である。そのため施工にあたっては、東電シールドや国道16号などさまざまな重要構造物と近接・交差するため、これらの構造物に影響を及ぼさないように切羽土圧および一次覆工コンクリート打設圧管理値を適切に設定し管理していく必要がある。そこで、本掘進に先立って発進直後(16~60R)における施工ヤード内の約55mの区間をトライアル区間とし、切羽土圧・一次覆工コンクリート打設圧と地表面変位の検証を実施して管理値を設定した。本稿ではそれら管理値の設定方法について報告する。

Trial Construction for Construction Management of A SENS Technique in An Urban Area—Sagami/JR Through Service, Nishiya Tunnel—

By Kazuhiko Takeda, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

The Nishiya Tunnel on the Sagami/JR through service is designed to construct using the technique of the Shield Machine Extruded Concrete Lining New Australian Tunnelling Method System (SENS). This is the third adoption of SENS after the Tohoku Shinkansen Sanbongihara Tunnel and the Hokkaido Shinkansen Tsugaru-Yomogita Tunnel but the first in an urban area. The geology on planned tunnel alignment is mainly sandy soil (Ks, $N > 50$) and cohesive soil (Km, $N > 35$) of the early Pleistocene Kazusa group and some sections are sandy soil (Ds) of Sagami group.



写真は一次覆工コンクリート打設後の状況

Due to the fact that the route is close to or intersects major structures such as TEPCO conduit and National Route 16, it is necessary to control earth pressure at cutting face and management value of pouring pressure of primary lining concrete not to adverse effects on these structures. Accordingly, we treated the approx. 55 m section directly after SENS TBM started (16 - 60 Ring) as a trial section before main boring in order to set management values by verification of earth pressure at face and primary lining concrete pouring pressure and monitoring ground surface displacement. This report contains information on methods to set these management values.

一般的な中口径の推進工事は上下水道工事を始め、当社でも多用しているが、急勾配(縦断勾配10%以上)推進に関して(公社)日本下水道協会などの設計図書などに具体的設計手法はほとんど記述されていない。

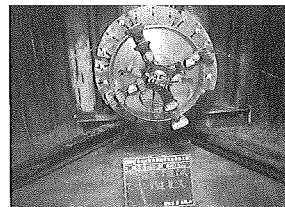
一方、電力用管路の設備形成においては、推進線形を急勾配とした場合でもケーブルを収容することが可能であり、推進距離の短縮や立坑の浅層化によるコストダウンにつながることになる。

本稿は、今後の急勾配の推進工の設計・施工に寄与することを目的とし、東京電力(株)埼玉支店にて実施した長距離・急勾配かつ平面曲線・縦断曲線を複数含む複合曲線での推進工($\phi 900$ mm泥濃式推進工法)の施工事例について報告するものである。

Steep V-shaped Pipe Jacking—Tokyo Electric Power Company, Underground Electricity Tunnel—

By Makoto Kajibara, Tokyo Electric Power Company

Pipe jacked tunneling technique have been heavily used to install underground medium diameters pipe including electricity utilities but very few design code of jacking on steep slope (longitudinal slope of over 10%) are stated in standards of authority such as the Japan Sewage Works Association.



写真は推進機到達状況

On the other hand, in the installation of power pipelines, it is possible to reduce costs by shortening jacking distances and making shafts shallower because power cable allowed to be contained in steep slope conduit.

This article reports a case of pipe-jacking ($\phi 900$ mm, high density slurry type) which alignment is long and consists of steep slope and some planer and longitudinal curves conducted by the Saitama Branch of Tokyo Electric Power Company with a view to contribute to the design of pipe jacking on steep slopes in the future.

本工事は、交通量の多い道路交差点部での立坑用地確保、狹隘道路、ルート上の支障物、重要構造物との近接施工などといった都市部のさまざまな特殊環境や制約条件を抱えており、それらの諸条件に対し施工可能なシールド計画が必要であった。このため、DO-Jet(超高压地盤改良システム、支障物切断・除去システム)機構、親子分離、急曲線、大深度(最大土かぶり40m)、NOMST発進など、昨今のシールド技術を一括して搭載したシールドを計画し、施工している。

今回、このような複合機能を搭載したシールド施工の実績(途中結果)について報告する。

Nested Shield TBM Drive around Sharp Curve of Radius 35m and Cut Improved Ground—Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government, Higashi Ojima Sewer Main and Minami Ojima Sewer Main—

By Yoji Hisamoto, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

These works have diverse constraints in an urban area such as building a shaft at a heavily-trafficked road intersection, narrow roads, buried obstacles on the route and works close to major structures.

In order to treat to these conditions, We prepared a shield TBM which equips the DO-Jet system for soil improvement system and obstacle cutting/removal system, nested smaller TBM, other systems for sharp curves, grate depth (maximum cover: 40m), NOMST excavation. It equips the all latest shield tunnelling technology.

This report is about construction results (now under construction) using the shields TBM equipped with these kinds of multi-functions.



写真は子機発進状況(親子分離工)

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

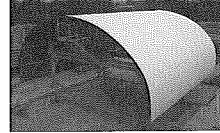
セントル型枠

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

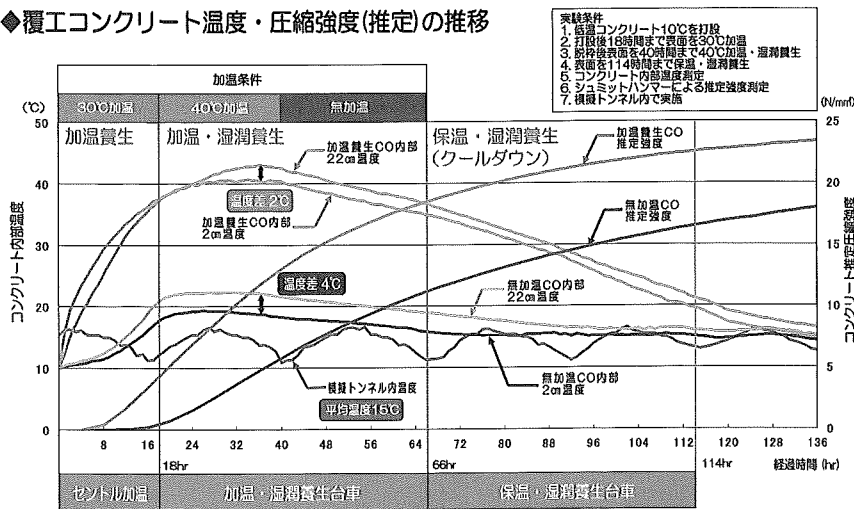
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



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

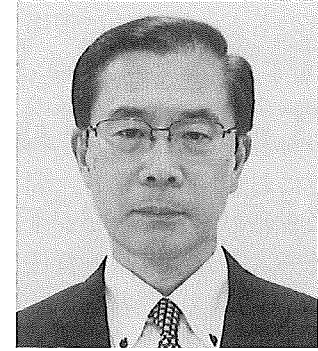
本社 岐阜県瑞穂市田之上 811 番地 TEL 058-257-1000(代) FAX 058-257-1013
営業部本部 TEL 058-257-1001 東京支店 TEL 03-5836-0531 札幌営業所 TEL 011-374-7027
仙台営業所 TEL 022-259-2239 九州営業所 TEL 092-918-3880 宮古出張所 TEL 0193-77-5472

【製作・販売協力】
TECHNO
テクノプロ株式会社

TOURBU
株式会社 東 宏

巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)



「現場力」を鍛えよう

西日本高速道路(株)代表取締役専務執行役員
酒井和広

現在の日本における最大の課題は「デフレ経済からの脱却」、いわゆる「失われた20年」からの経済再生に向けた取り組みであると言われています。デフレ経済の克服のために、大胆な金融政策、財政出動に続く成長戦略をいかに現実のものにしていくかが具体的な課題となっています。

日本の成長力の衰退の典型的な現象として、「現場力」の衰退を挙げることができるでしょう。強い「現場力」によりモノづくり大国を作り上げ、品質の優秀さと効率の良さで世界をうならせた日本ですが、多くの分野で競争力を失ってきました。経営戦略の問題、高度な摺合わせ技術がモジュール化により不要となり模倣が容易となった、行き過ぎた成果主義、現場と経営の距離の増大など原因はいろいろでしょう。ここでいう「現場力」とは、企業理念・競争戦略にもとづき、実際のモノづくり、製品の販売、サービスの実施など企業に収益をもたらす工場・店舗などの現場における業務遂行能力・オペレーション能力を言います。

いま、日本に再び成長力を取り戻すには、「現場力」を再度認識し、それを磨きなおすことが必要でしょう。

世の中には、いまだに優れた「現場力」を発揮し続けている企業、また、さまざまな工夫と努力により「現場力」を磨きつつある企業があります。皆様ご存知の「ヤマト運輸」も優れた現場力で素晴らしいサービスを提供し続ける企業です。日本発の、迅速で安価で確実な宅配便を運営する企業ですが、先日その強みを紹介する講演会に参加する機会がありました。参考になることが多数あると思いますので、少し長くなりますが概要を紹介します。

ヤマト運輸は1919年の創業以来2回の大きなイノベーションを経験している。1回目は、小口の荷物を集めて、定時・定路線・積み合わせという方式で配送を行う「路線便」という、単純ではあるが確実な運送業務を、関東に営業圏を絞り圧倒的なシェア獲得戦略の展開で成功を収めた。しかし、これは容易なビジネスモデルであり、競争にさらされ次第に業界における優位性を失った。そこでこのモデルを捨て、従来からのお客様の仕事を取り、背水の陣を敷いて「宅急便」ビジネスを展開することにした。これが第2のイノベーションであり、プロ相手の業務から主婦などの需要家をターゲットにした徹底的な差別化、すなわち、需要家視点への転向を図ったビジネスである。

結果としてこの決断が成功したわけであるが、明確な経営方針のもと、徹底的に現場の創意工夫を重視し、現場に任せるという方針をとった。経営方針とは、サービスが先、利益は後。お客様の立場で徹底的に考える。お客様の声は宝の山、クレームはニーズの裏返しでありビジネスチャンスにつながる。お金を払う人だけがお客様ではない、品物を受け取る人もお客様であり、この人の評価が口コミで伝わり更にお客様が増える。間断のないイノベーション、新サービスの開発を行い、同業他社にまねのできないビジネスモデルを展開する。少数の人に営業所を任せ、少数だからこそ一人一人の権限と責任が明確となり、自らが考え、発言し行動しなければならなくなるにより精鋭化する、これぞ「少数精鋭！」等々。

経営陣は、全国の営業所を回り、徹底的に現場の声を聴くとともに経営方針を浸透させ、社員一人一人が「ヤマトの責任者である」という意識を植え付ける。社員からの提案には次の観点に合致すれば積極的に取り上げる。

世のため人のためになっているか、オンリーワンか？(どこがすごいのか)、利益の先取りはないか？(サービスが先、利益は後)

これらの取り組みにより、強い現場を維持し、間断のないイノベーションにより常に他社の先に行く。目指す第3のイノベーションは、物流の見える化により在庫量を減らす「止めない物流」をヤマトの流通ネットワークで実現するという「バリュー・ネットワークワーキング構想」。

現場にすべてを任せてはいるが、経営陣と現場が車の両輪のごとく強く結びついて「現場力」を支えているのがヤマトである。

昨今、現場レベルでさまざまな事故、事件が発生しています。天井板落下による第三者事故、施工不良、誤表示・虚偽表示、データ改ざん……。社会問題化して初めて経営陣が実態に気づき、「なぜこんなことが起きたのか信じられない。」「現場はどうなっているのか。」などの反応が経営陣から発せられます。原因はいろいろあるでしょう。もちろん現場が決まりどおりにやってこなかったとか、現場の理解力不足、マニュアルが非現実的で作業がおざなりであったなど、現場に第一義的な課題がある場合もあります。

一方で、いわゆる現場に任せきりで経営陣の目が十分に現場に向いていなかったとか、コミュニケーション不足で現場の課題を経営陣が受け止めきれなかったなど、経営側の課題も多くあります。

「現場力」すなわち、現場におけるオペレーション能力が企業に収益をもたらすということを改めて認識し、経営トップが熱意をもって現場に関与し続けることがきわめて重要です。「現場力」は現場だけでは育ちません。経営陣の現場への継続的な熱い思いが不可欠なのです。経営ビジョン、戦略、オペレーションが一体となって、経営陣と現場社員が共通の認識のもと、合意、納得の中で組織全体として行動することが必要なのです。自社に備えるべき「現場力」とは何かを改めて認識するためには、自社が実現すべき価値、言い換えれば、世の中にどのような価値を提供するのかを社員に意識づけるとともに、自らの事業そのものを定義し直すのも一法かも知れません。

施工

2 ノズル吹付け機と覆工の自在配管打設システムによる施工

—九州新幹線西九州ルート 彼杵トンネル—

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局大村鉄道建設所長 須田悦次

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局大村鉄道建設所副所長 板屋良人

鹿島・梅林・長崎西部特定建設工事共同企業体所長 倉園貢

鹿島・梅林・長崎西部特定建設工事共同企業体副所長 鹿狹耕治

1 はじめに

九州新幹線西九州ルートは、武雄温泉・諫早間が平成20(2008)年3月に新幹線鉄道規格新線(スーパー特急方式)として工事実施計画が認可され、その後、武雄温泉・長崎間(線路延長約66km)が平成24(2012)年6月にフル規格新線として認可された。現在、認可からおおむね10年後の完成に向けて建設工事が進められている(図-1)。

そのほか、彼杵トンネル外2箇所他工事は、長崎県東彼杵

郡東彼杵町に位置する工事延長3,523m、トンネル全長3,275m(三ノ瀬トンネルL=855m、彼杵トンネルL=2,075m、塩鶴トンネルL=345m)の山岳トンネルを主体とした工事である。

平成22(2010)年7月より作業坑の掘削を行い、平成23(2011)年2月より本坑掘削を開始した。現在の進捗状況は、塩鶴トンネルおよび彼杵トンネルの掘削を完了し、三ノ瀬トンネルを掘削中である。

本稿は、新幹線トンネルにおける、2ノズル吹付けシステムによる大容量吹付けの施工および移動式配管による覆工コンクリート自在配管システムの施工実績について報告する。

2 地形・地質概要

当該工事の平面図および地質縦断図を図-2に示す。現場付近の地形は、標高200~400mの安山岩を主体とする急峻な山地(三ノ瀬トンネル、彼杵トンネル)と標高100~250mの玄武岩を主体とするなだらかな台地状の地形(塩鶴トンネル)に分類され、河川沿いに沖積平坦面が分布する。地質構成は、新生代古第三紀の杵島層群大塔層の泥岩などを基盤岩として、これらを覆って新生代新第三紀

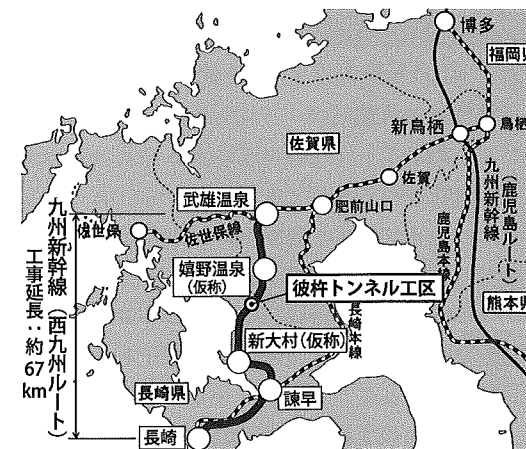


図-1 位置図

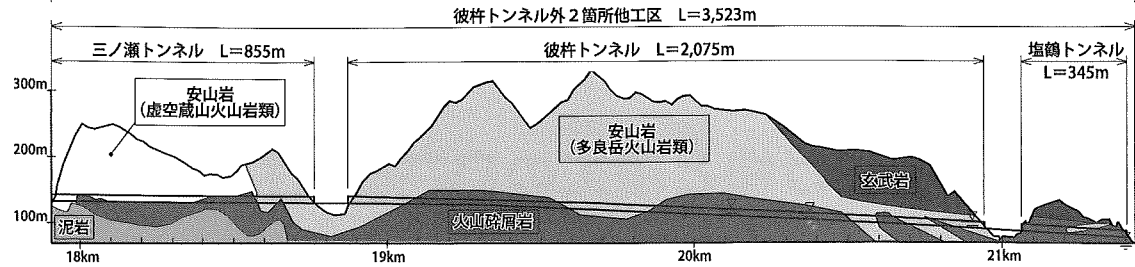


図-2 地質縦断面図

～第四紀の凝灰岩や凝灰角礫岩などの火山碎屑岩、安山岩や玄武岩などの火山岩類が分布する。トンネル切羽は、基盤岩と火山岩の境界部分に位置しており、地質変化が激しく、不安定な性状の地質となっている。

3 2ノズル吹付けの施工実績

3-1 2ノズル吹付け機の概要

2ノズル吹付け機は、吹付けノズルからポンプまで2系統のコンクリート吹付け設備を1台のベースマシンに搭載した機械である。従来の1ノズル吹付け機の約2倍の吹付け能力を有し、早期に地山を吹固めることが可能である。また、エレクトラおよび2機のマンケージも搭載しており、掘削後の支保作業(一次吹付けコンクリート→鋼製支保工建込み→二次吹付けコンクリート)をスムーズに行うことが可能で、早期に支保の効果を発揮し、掘削後の時間の経過に伴う地山の緩みを最小限に抑えることができる。

また当該工事では、部分的に軟弱な凝灰岩による路盤の泥濘化が想定されたため、クローラタイプの機械を採用した。

3-2 2ノズル吹付けにおける配合の検討

2ノズル吹付けシステムでは、コンクリート吹付け速度(時間あたりの吹付け量)の向上の一方、粉じん濃度の増加が課題であった。当該工事では、粉じん濃度管理値(3mg/m³)を達成するために、液体急結剤と粉体助剤を混合使用する急結剤(以下、「ハイブリッド急結剤」という)を採用した。

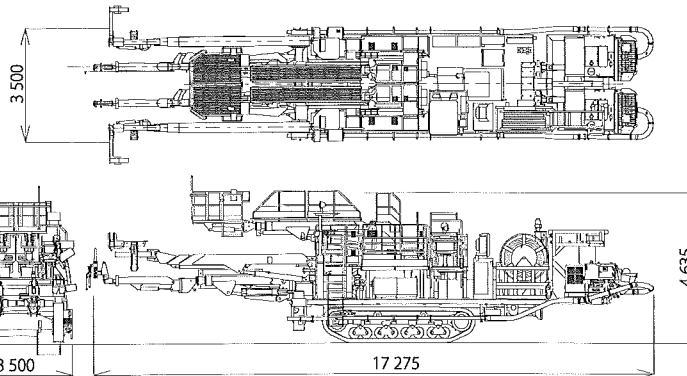


図-3 2ノズル吹付け機平面図および断面図、正面図

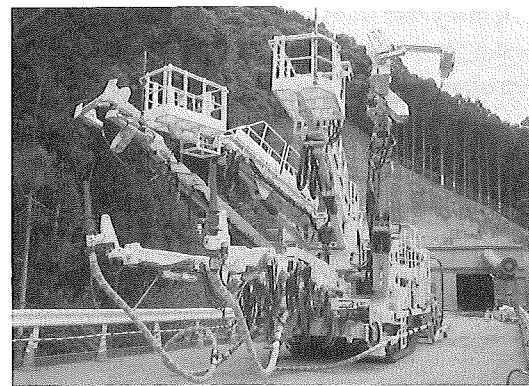


写真-1 2ノズル吹付け機

ハイブリッド急結剤は、液体急結剤による大幅な粉じん低減効果と、粉体助剤による初期強度発現性を両立させることができる。

また、ハイブリッド急結剤の使用に伴う配合については、表-1のとおりとした。

配合に関する考え方は以下のとおりである。

- ① 標準の高品質吹付けコンクリート配合では、結合材としてシリカフェーム、細骨材の微粉分量を調整するために石灰石微粉末が採用されている。当該工事では、結合材はセメント

表-1 吹付け配合表(試験配合)

種 別	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量(kg/m ³)											
			水		結合材		細骨材			粗骨材	高性能減水剤	急結剤		
			W ₁	W ₂	セメント	シリカフェーム	砂	微粉末	石灰石			フライアッシュ	粉体	ハイブリッド粉体助剤
高品質吹付けコンクリート(標準) 18-8-15	60	62	119	97	342	18	1,009	70	—	660	2.7	25.2	—	—
フライアッシュ+ハイブリッド急結剤 18-20-15	50	60	129	61	380	—	996	—	70	666	3.23	—	30.4	15.2

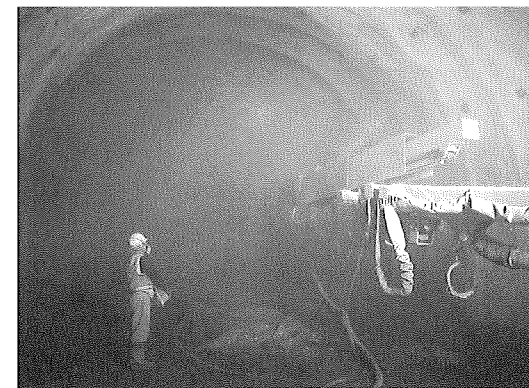


写真-2 作業坑試験施工状況(高品質吹付け)

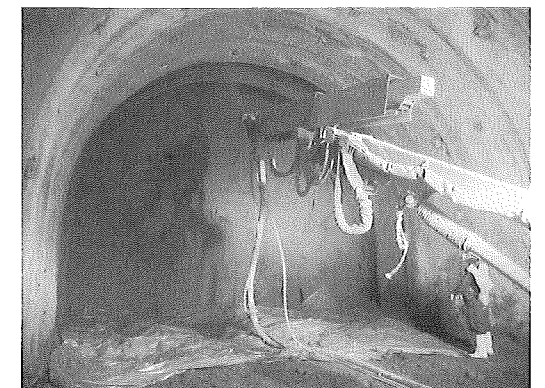


写真-3 作業坑試験施工状況(ハイブリッド急結剤)

表-2 比較試験結果

種 別	ブルアウト試験 推定圧縮強度 (N/mm ²)		コア供試体 圧縮強度 (N/mm ²)	跳ね返り率 (%)
	3時間	24時間		
高品質吹付けコンクリート	2.9	10.7	29.4	21.5
フライアッシュ+ハイブリッド急結剤	2.6	10.4	31.1	18.4

量を増加することで対応し、微粉末材料として、フレッシュコンクリートの流動性改善に期待ができ、産地(九州電力松浦火力発電所産)が近く安定供給が可能なフライアッシュを採用した。

- ② 液体急結剤は混合性に優れるため、エア量の低減(粉じんの低減)を目的として吹付け機ノズル先端で添加する。そのために、スランプは20cmとし、吹付け機ノズル先端までの圧送性を確保した。
- ③ 単位セメント量は、液体急結剤使用における初期強度の確保のため380kg/m³とした。
- ④ 細骨材率(60~65%)と細骨材の微粉分(15%程度)は高品質吹付けと同様とした。
- ⑤ 練混ぜ方法は従来と同じく分割練混ぜとした。

3-3 作業坑における試験施工

本坑での施工に向けて、作業坑において、表-1

の配合により、従来の高品質吹付けコンクリート配合とフライアッシュ+ハイブリッド急結剤を使用した配合の比較試験施工を実施した(通常の1ノズル吹付け機で施工)。

試験結果は、練上がり直後のコンクリートのフレッシュ性状は良好で、施工性においてもポンプの脈動などの問題は認められなかった。また、初期強度、長期強度、跳ね返り率などの品質面においても、従来の高品質吹付け配合と比べて同程度であった(表-2)。

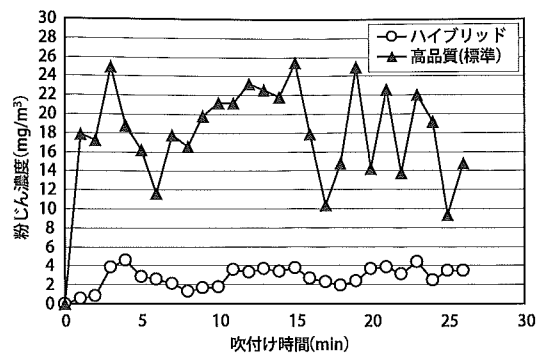


図-4 粉じん濃度測定結果(作業坑, 切羽から10m)



写真-4 2ノズル吹付け施工状況

ハイブリッド急結剤の粉じん発生量については、急結剤が液体であることに加えて、エアの量を従来に比べて60~70%に抑えて吹付けることから、粉じん低減効果は非常に大きく、切羽から10m地点での粉じん量は、従来の高品質吹付けコンクリートに比べ1/6程度に低減した(図-4)。

3-4 本坑における施工実績

本坑における施工実績は、現在までに3,000mを超えている。施工時のノズルワークは、ノズル同士が緩衝する懸念があったが、結果的にはそれぞれのノズル作業を十分に行うことができた。その結果、九州新幹線鹿児島ルートと同程度のトンネルにおける1ノズル吹付けシステムの施工実績と比較して、早期の支保効果の発揮という目標を達成することができている(図-5)。

また、懸念された2ノズル吹付けに伴う粉じん量の増加については、切羽から50m離れた位置での測定で、粉じん濃度を管理値(3 mg/m³)以内に抑えることができた(図-6)。2ノズルによる吹

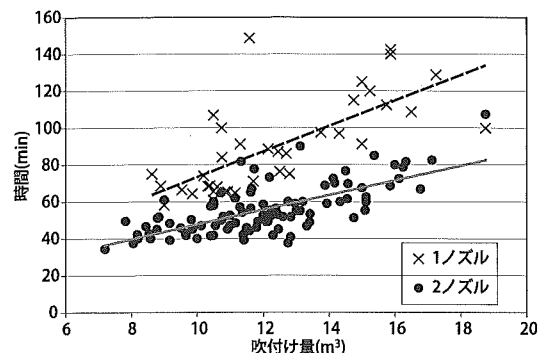


図-5 吹付け時間実績

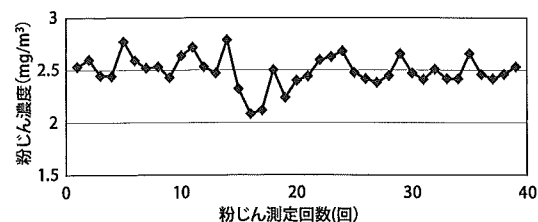


図-6 吹付け粉塵測定結果

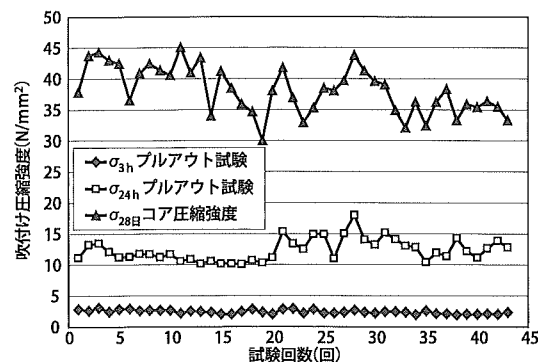


図-7 吹付けモルタル圧縮強度結果

付けの施工でも、ハイブリッド急結剤を使用することで従来どおりの施工が可能なが確認できた。

吹付け強度試験結果について、プルアウト試験は σ_{3h} が平均2.4N/mm²、 σ_{24h} が平均12.4N/mm²であった。コアによる圧縮強度試験は $\sigma_{28日}$ が平均38.2N/mm²と十分な強度発現を得られた(図-7)。

4 覆工コンクリート自在配管システムの施工実績

4-1 自在配管システムの概要

従来の覆工コンクリートは、セントル内の配管

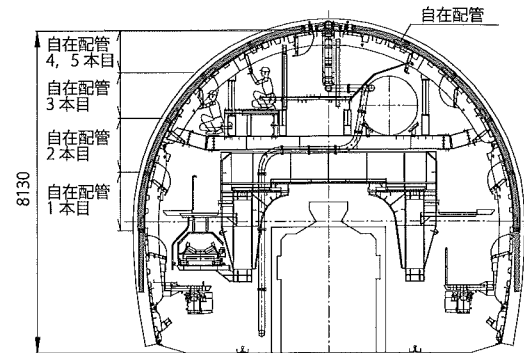


図-8 自在配管システム断面図



写真-5 自在配管システム搭載セントル(工場組立て状況)

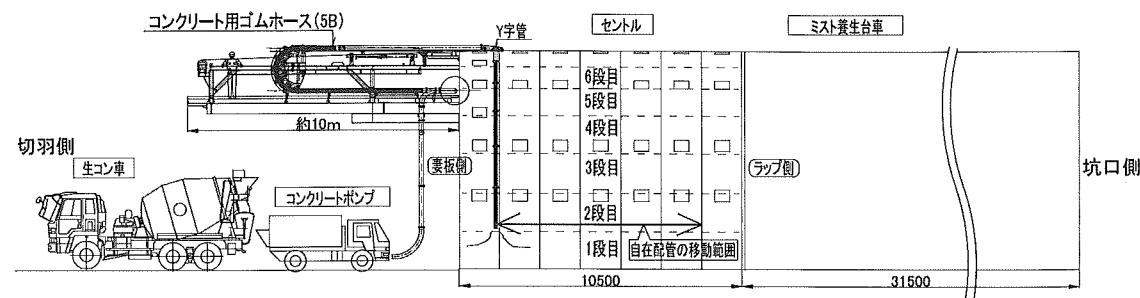


図-9 自在配管システム断面図

から、検査窓よりコンクリート打設を行っており、トンネル延長方向に2か所程度(ラップ側窓、中央窓)の検査窓を利用して打設を行っている例が多い。この場合、コンクリートの流動距離は5m程度となり、明かり工事のコンクリートに比べると、材料分離が発生しやすい。

当該工事で採用した自在配管システムは、セントルの型枠外側に設置したアーチ配管をトンネル延長方向に自在に移動させながらコンクリート打設を行うものであり、一般的なポンプ打設と同様に、コンクリートを横流しすることなく、コンクリート打設ができるという特徴を持っている。

4-2 自在配管システムの施工実績

自在配管システムの施工について、当初は配管の閉塞などのトラブルが発生したが、配管ルート短縮などの工夫により、現在ではトラブルなく施工できている。

また、自在配管システムによる作業サイクルは、従来と同等であり、工程面でも問題ないことを確

	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h
1段目打設	打設開始								
2段目打設		1本目配管切断							
3段目打設			2本目配管切断						
4段目打設				3本目配管切断					
5段目打設					4・5本目配管切断				
6段目打設						Y管撤去・天端切替			
天端配管打設							打設完了		
清掃・片付								配管撤去・ポンプ車清掃	

図-10 自在配管打設サイクル

認できている(図-10)。

4-3 自在配管システムの効果の検証

自在配管システムの効果を確認するために、(1)粗骨材残存率試験と非破壊試験((2)表層透気試験、(3)超音波伝搬速度測定)を行った。非破壊試験は、彼杵トンネルの自在配管システムによる打設部分と、一部で施工した従来打設部分について試験を実施し、比較を行った。

(1) 粗骨材残存率試験
粗骨材残存率試験は、単位容積あたりのコンク

リートの粗骨材数を測定するものである。当現場では、覆工コンクリートの材料分離状況を確認するために、4か所(荷降ろし場所、ラップ側、中間部、棲側)で実施した。

自在配管システムを使用した施工によるコンクリートの粗骨材残存率は、荷降ろし時を100%とすると、ラップ側、中間部、棲側でいずれも90%程度であり、材料分離による大きな粗骨材量の低下はなかった(図-11)。



写真-6 自在配管システム打設状況

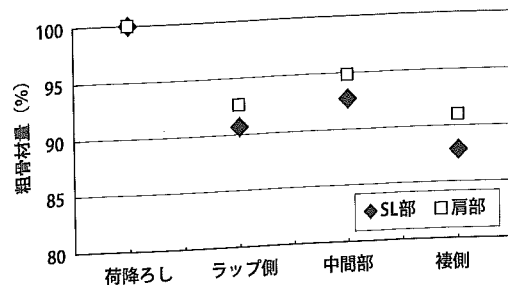


図-11 粗骨材残存率試験結果

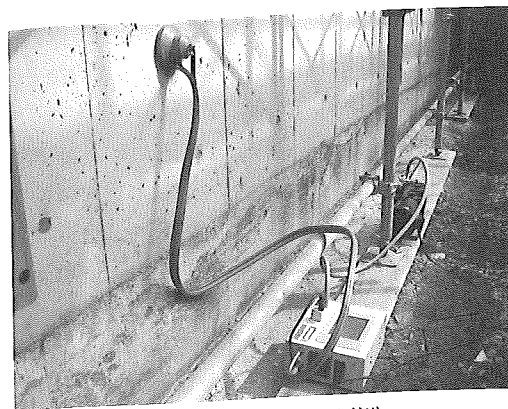


写真-7 表層透気試験(例)

(2) 表層透気試験(Torrento法)

打設方法の違い(自在打設システム、従来打設)による、コンクリート表面の密実性を評価するため、Torrento法による表層透気試験を実施した。

表層透気試験は、吸引カップによりコンクリート表面付近の空気を吸込み、室内圧力が大気圧に回復するまで経時変化を測定して、透気係数を算出するものである。

表層透気試験の結果、自在打設システムのほうが従来打設に比べて均質な傾向を示した(図-12)。自在打設は、材料分離が少なくトンネル延長方向に均質で密実な品質のコンクリートを施工できることを示していると考えられる。

(3) 超音波伝搬速度測定

打設方法の違い(自在打設システム、従来打設)による、コンクリート品質の比較を実施するため、超音波伝搬速度測定を実施した。

超音波伝搬速度測定は、コンクリートに発振子・受振子をあて、発振子より電氣的に発生させた弾

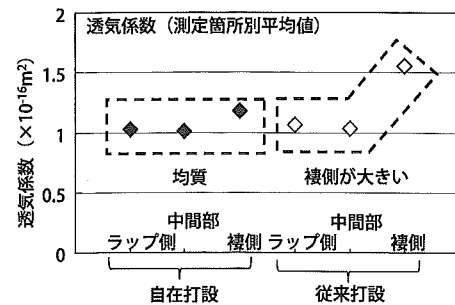


図-12 透気係数試験結果

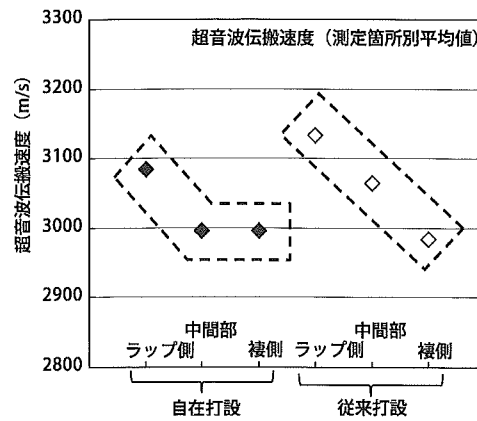


図-13 超音波伝搬速度測定結果

性波(超音波)の反射時間、伝播速度を測定する試験である。

試験の結果、自在打設システムのほうがバラツキが小さく、トンネル延長方向に均質な傾向を示している(図-13)。

以上の、粗骨材残存率試験と非破壊試験の結果、自在打設システムは、従来打設に比べてトンネル延長方向に対して材料分離が少なく均質な傾向があり、覆工コンクリートで弱点となりやすい棲側のコンクリート品質の向上が確認できた。ただし、今回はサンプル数が少なかったため、今後測定数を増やして、検証を重ねる必要がある。

5 おわりに

本工事は、2ノズル吹付けシステムと覆工コン

クリート自在配管システムという新技術を採用して、施工を進めてきた。2ノズル吹付けシステムについては、不良地山や大断面トンネルにおいて、早期に支保効果を発揮させるのに非常に有効である。自在配管システムについても、覆工コンクリートをトンネル延長方向に均質に仕上げるのに有効な打設方法である。今後も、これらの技術の改良を重ねて、トンネル掘削技術および覆工コンクリートの品質向上に向けた取組みを続けたい。

参考文献

- 1) 須澤浩之・山口修司：九州新幹線西九州ルート(武雄温泉・諫早間)のトンネル、トンネルと地下、Vol. 41, No.3, pp.41-48, 2010.3.

新刊図書のご案内

地形にも人相がある 地形の性質を知ろう!



トンネル技術者のための 地相入門

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

《主要目次》

- 序編 まえがき 地相は人相 山の性状
第I編 地形から読み取れる情報
第II編 地形種とトンネルの施工事例
第III編 路線選定 地相をよく観て路線選定を行う

図・表・写真 288点収録

お申し込みは当社へFAX, または、お近くの書店にてお申し込みください

株式会社 工木工学社 〒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

現場だより



「日本仏教の聖地」高野山より

打田 安宏

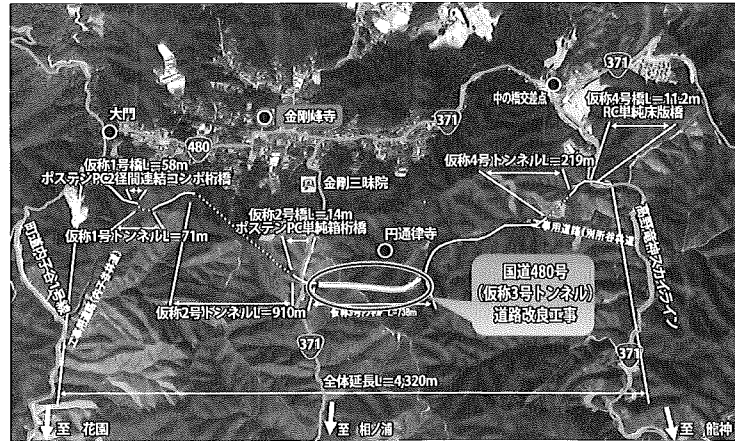
高野山は、和歌山県北東部(紀伊半島紀ノ川の南方)に位置し、平安時代のはじめ、弘法大師によって開かれた日本仏教の一大聖地である。

弘法大師・空海は、国家の安泰、世界の平和、また、修行者のために、人里離れた山奥に真言密教の根本道場を建立する願いから高野山の下賜を嵯峨天皇に願ひでて、西暦816(弘仁7)年に真言密教の根本道場を開くため、高野山の地を賜ったと言われている。また弘法大師は、

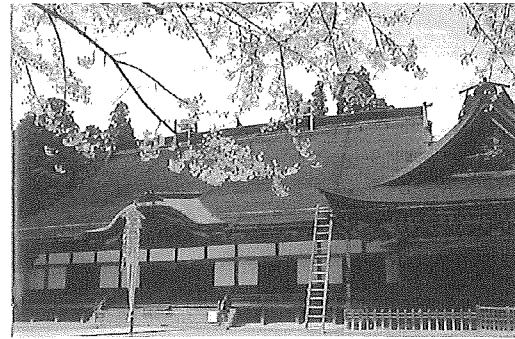
この地を入定(永遠の瞑想、禅定)の地と定め、「虚空尽き 衆生尽き 涅槃尽きなば 我が願いも尽きなん」(この世に身を留め、未来永劫に人々を救い続けます)との壮大な誓願のもと、高野山奥ノ院に入院したとのことである。海拔1,000mの山上に広がるこの山は、東西約6km、南北約3kmの盆地で、周囲を内八葉外八葉の峰々に囲まれ、蓮の華のような地形をなしている。

10世紀後期ごろから大師入定信仰が生まれ、高野山を弥勒浄土とする信仰や阿弥陀浄土とする信仰とあいまって、高野山は一般民衆の信仰と尊敬を集め、千年以上も前から現在に至るまで、多くの人々の参拝が絶えない。現在においても、117の寺院と商店とが一体となった町が形成され、52の宿坊がある。宿坊では、勤行、精進料理、写経や瞑想の修行などを体験することができる。2004(平成16)年7月には「紀伊山地の霊場と参詣道」として世界文化遺産に登録され、日本国内はもとより世界各国の方々も数多く訪れてるようになった。

町の随所に歴史が息づく山上の聖地・高野山は、2015(平成27)年4月に「高野山開創1200年記念大法会」が開催される予定となっている。その開催にさいし、多くの参拝者や観光バス、乗用車などの通行が予想される。しかしながら、現在の道路状況では激しい交通



位置図



金剛峰寺

渋滞が予測されるため、記念大法会までに高野山地域を循環する新たな道路が必要とされている。

本工事は、通行車両を分散させ、交通渋滞を緩和するための国道480号(町道内子谷1号線~高野龍神スカイライン[国道371号]区間)道路改良事業(延長4.3km)のうち、仮称3号トンネルを新設する工事(738m)である。山々に囲まれたこの地は冬の夜は氷点下17度まで下がり、とても厳しい環境であったが、ようやく春の息吹と貫通の音を聞くところまで進んできた。

工期は2014(平成26)年8月末とゴール目前である。無事故で工事完成を迎えるべく、力を合わせて邁進している。

(大成建設(株)和歌山3号トンネル作業所所長)

施工

最小土かぶり3.6mで高速道路を横断するトンネルを分割シールドで施工

—東関東自動車道 谷津船橋インターチェンジ—

東日本高速道路(株)千葉工事事務所 加藤 哲
東日本高速道路(株)千葉工事事務所 江原 豊
(株)大林組東京本店URUP湾岸船橋工事事務所所長 宮元 克洋
(株)大林組東京本店URUP湾岸船橋工事事務所主任 丹下 俊彦

1 はじめに

谷津船橋インターチェンジ工事は、慢性的な交通渋滞が著しい船橋・習志野市域の国道357号の交通を東関東自動車道(以下「東関道」)に誘導することにより交通渋滞の緩和を図ることを目的として、地域活性化インターチェンジ制度を活用した新たなインターチェンジを構築するものである(図-1)。

東関道下り(千葉方面行)から県道千葉船橋海浜線および国道357号(千葉方面行)に接続するオフランプ(出口)と、国道357号(東京方面行)と県道千葉船

橋海浜線から東関道上り(東京方面行)に接続するオンランプ(入口)により構成される(図-2)。

オフランプの東関道横断部は非開削工法(シー



図-1 位置図

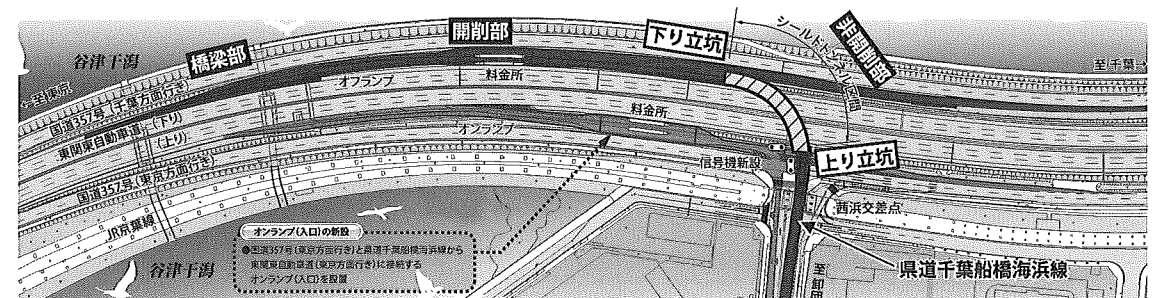


図-2 全体位置図

ルド工法)により施工を行った。本稿では、シールド路線全体に存在した支障物撤去工事、東関道の変状を最小限にして施工したシールド工事および狭小な作業空間で施工した躯体構築工事について報告する。

2 工事概要

2-1 全体工事概要

本工事は、東関道を横断する非開削区間、ランプ部の開削区間、東関道と分合流する橋梁区間からなる。全体工事概要を表-1および図-2に示す。

2-2 非開削区間の工事概要

非開削区間の施工延長は約70mであり、区間の

表-1 全体工事概要

工事名称	東関東自動車道谷津船橋インターチェンジ工事		
発注者	東日本高速道路(株)関東支社千葉工事事務所		
工期	平成21年6月19日～平成25年5月17日		
工事場所	自)千葉県習志野市谷津4丁目		
	至)千葉県習志野市秋津5丁目		
主要数量	延長	延長770m	
	幅員	7.0m(ランプ部)	
	土工量	約56千m ³	
	橋梁上部工(下り線)	谷津高架橋(拡幅)	
		PC 3 径間連続 2 主版桁約250m ²	
	橋梁下部工	RC 4 径間連続 2~3 主桁約860m ²	
		橋台 1 基, 橋脚 11 基	
	開削溝渠工	L形擁壁, U形擁壁ほか約425m	
	非開削函渠工	シールド工法(東関道直下) L=約70m(曲線半径R=50m)	
	開削函渠工	L=約16m(国道357号直下)	

両端に立坑を構築後、高速道路直下の浅い位置(最小土かぶり3.6m)に平面曲線半径50m, 縦断曲線半径792mの1車線道路トンネルを構築する。

トンネルの構築は、まず、本体構造物を包含する6つの小断面に分割し、各小断面をシールドにより先行トンネルとして構築する(図-3)。次に、先行トンネル間を接続し躯体を構築する。最後に、躯体内部を掘削し完成となる。図-4に施工手順を示す。

3 シールド路線内の支障物撤去

3-1 試掘による支障物確認

東関道は、谷津干潟を埋立てた場所に造成されたため、護岸が残置されている可能性があった。東関道の盛土法尻部における試掘の結果、シールド路線内に護岸が残置されていることが確認された。残置物としては、護岸コンクリート板(400B×6,000L×100t)、タイロッド(φ22mm@1.6m)、

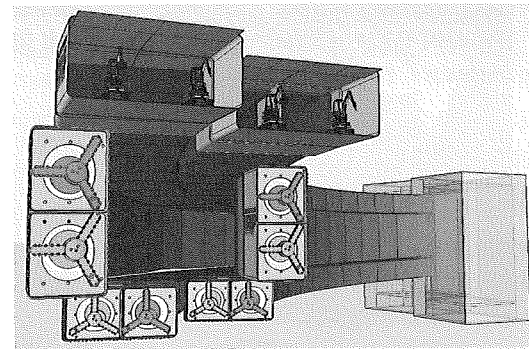


図-3 先行トンネルイメージ図

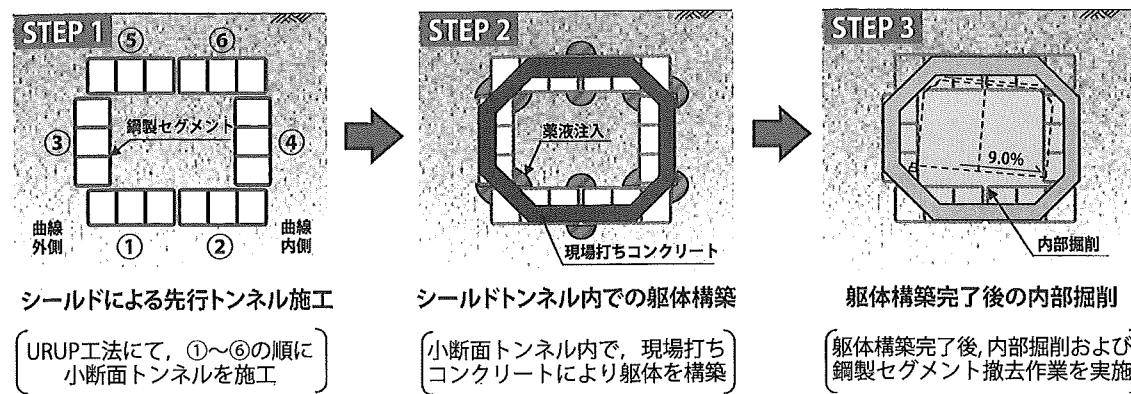


図-4 非開削区間施工手順

アンカー板(400B×3,000L×100t)、木杭、杭材H-200が確認された。

3-2 支障物撤去

東関道直下の支障物撤去方法と東関道の防護方法(地盤改良工)について以下に示す。

3-2-1 谷津干潟旧護岸の撤去方法

残置物はシールド断面に存在するためシールド施工前に撤去が必要である。撤去方法について、開削工法、パイプルーフ工法、オールケーシング工法、刃口推進工法を比較検討した結果、工期・工費に有利で高速道路に与える影響の小さい刃口推進工法を採用し、人力にて掘削・支障物撤去を行った。図-5, 6に撤去概要図を示す。

3-2-2 東関道防護工(硬化促進型JSG工)

刃口推進工法では、切羽が自立する必要があるため、補助工法として切羽防護の地盤改良が必要となる。

今回の地盤改良では、東関道路面下1.0m以深、高さ4.4m以上にわたり地盤改良を行った。東関

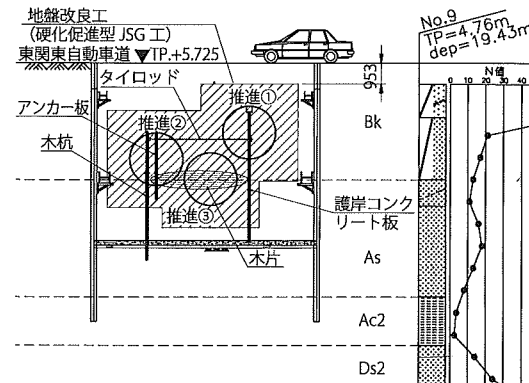


図-5 支障物撤去断面図

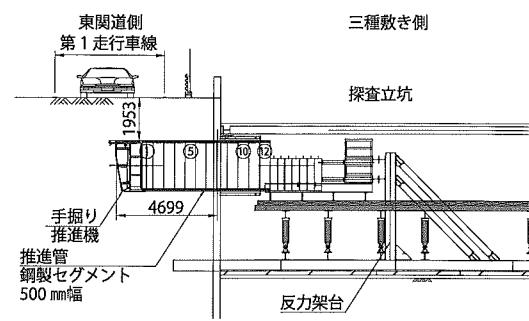


図-6 支障物撤去側面図

道を昼夜にわたり一部車線規制を行い、路上からの施工を行った。路上作業では実作業時間が約6時間と短いため、道路開放時に改良体が交通荷重を十分支持できるよう早期の強度発現(造成後3時間で200kN/m²)が可能な工法と材料を選定する必要があった。

地盤改良工法としてプラントヤードの制限、排泥処理方法などを検討した結果、JSG工法が適し

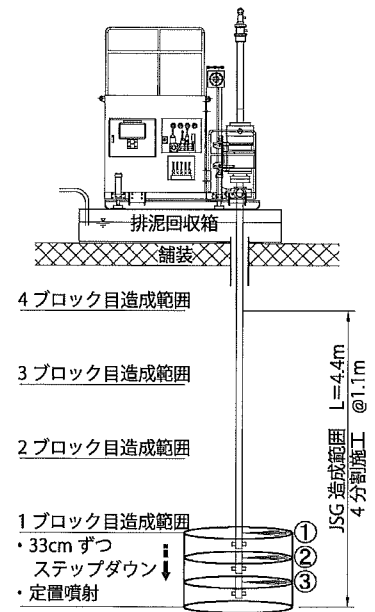


図-7 施工断面図

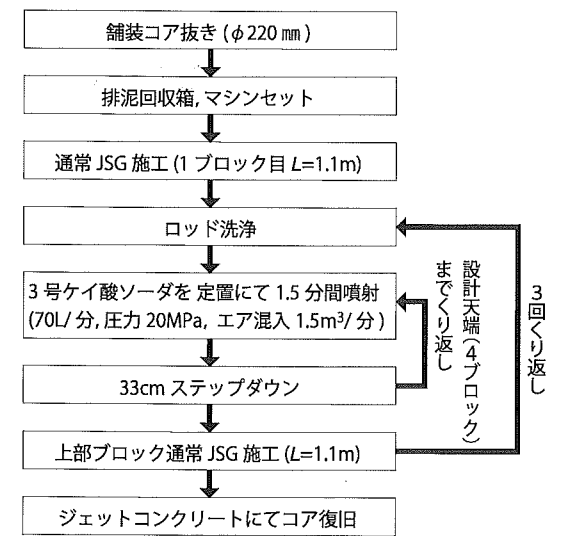


図-8 施工フロー



写真-1 強度確認

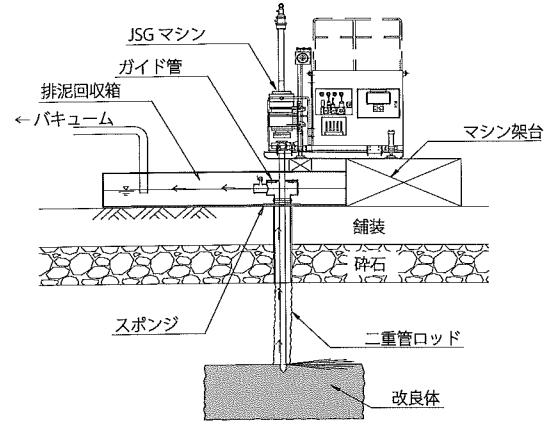


図-9 排泥回収箱

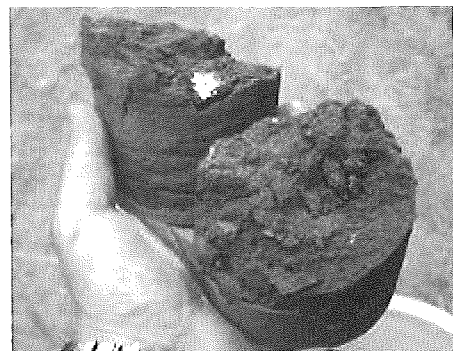


写真-2 改良体確認

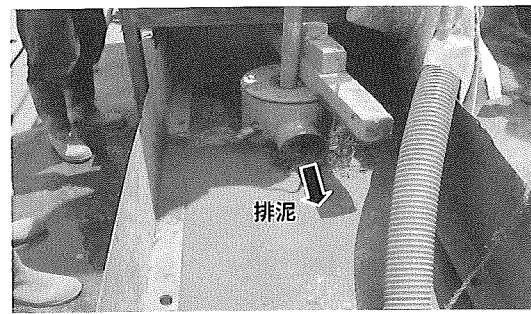


写真-3 排泥回収状況

ていたが、従来のJSG改良体(セメントミルク+現地盤土)では、一般のモルタルなどと同様に早期強度発現は期待できない。そこで、本工事では改良体を4ブロックに分割し、ブロックごとに硬化促進剤として3号ケイ酸ソーダをステップダウン方式で添加することによって改良体の早期強度発現を図った(図-7,8)。試験施工による改良体の確認およびコーン指数試験を行い、改良体の均一性、強度発現性、施工時の地表面への影響など、実施工に適用可能であることを事前確認し(写真-1,2)、本施工を行った。

東関道路上ではすぐ脇を一般車両が高速走行するため、地盤改良施工時の削孔水および排泥の路面への流出を防止する対策が必要であった。削孔天端に設置したガイド管(φ200mm)から削孔水および排泥を排出し、排泥回収箱(図-9, 写真-3)にて回収することで、路面覆工やピット造成・復旧作業を省略することができ東関道の交通への影響を回避した。

4 シールド掘削

4-1 シールド工事の特徴

4-1-1 施工条件の相違

シールド掘削地盤の上部は、ほぼ全線にわたりBK層(埋土層)であったが、前述のとおり埋土層には支障物が多く残置されており、密閉型シールド(泥土圧シールド)の施工の支障となる。そのため、上段シールド掘削と支障物撤去を同時に行うことができる開放型シールド(地盤改良併用)を採用することとした。

4-1-2 掘削順序の変更

当初、上段先行トンネルの先受け効果を期待し、上段シールド→中段シールド→下段シールドの順に施工する計画であったが、上段シールドの工法変更に伴うシールド改造や地盤改良工程が追加になることなどから掘削順序を変更した。掘削順序として、下段シールド→中段シールド→上段シールドの順にUターン方式にて各々の立坑で発進・

表-2 シールド仕様

路 線	下段・中 断	上 段
形 式	密閉型	開放型
シールド寸法	4,864mm×2,214mm	
掘削機構	偏芯軸回転矩形掘削カッタ	・深礎掘削機(電動) ・バックホウ(0.03m³)
推進力	7,200kN	
シールドジャッキ	600kN/本×12本	
中折れジャッキ	600kN/本×10本	
左右中折れ角	横型: 3.15° 縦型: 2.75°	
	横型: 1.10° 縦型: 1.50°	

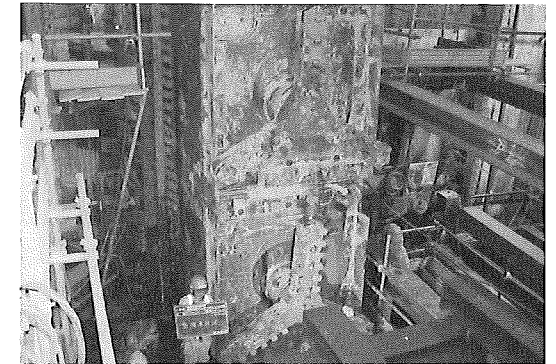


写真-5 中段シールド(縦・密閉)

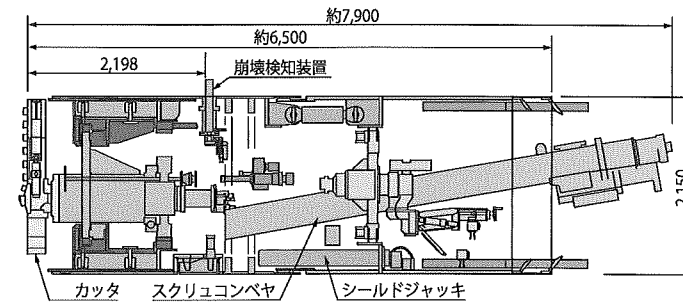


図-10 シールド概要図

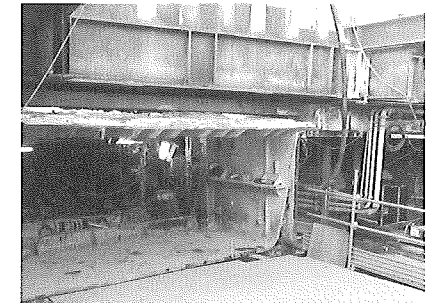


写真-6 上段シールド(横・開放)

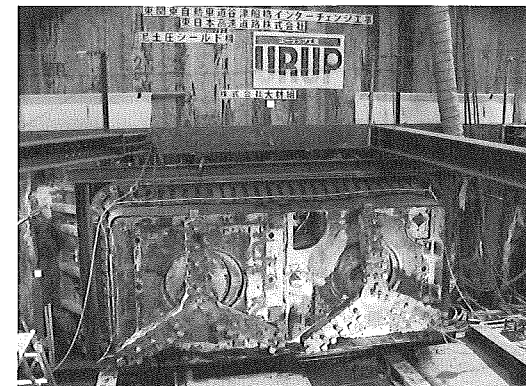


写真-4 下段シールド(横・密閉)

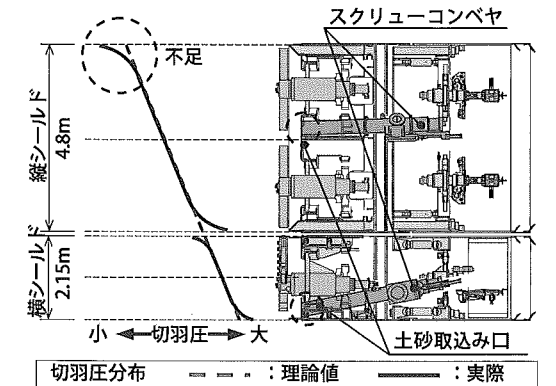


図-11 切羽圧分布

到達をくり返し、6本の先行トンネルを構築した。

4-1-3 シールドの仕様

シールドの仕様を表-2, 図-10に示す。下段シールドは密閉型シールド(横)であり、中段シールドは下段シールド施工後、90度回転させ、縦シールドとした。上段シールドは中段シールド施工後、前胴部を開放型に改造し、開放型シールド(横)とした(写真-4~6)。

4-2 シールド掘進

東関道直下を小土かぶり掘削する密閉型シ-

ールド(下段・中段)、開放型シールド(上段)では、高速路面に変状を与えずに掘削することが最大の課題であった。

4-2-1 チャンバ内土砂流動状態管理技術の採用

泥土圧シールドでは、チャンバ内泥土の流動性が悪いと圧力伝播が悪くなり、天端付近の切羽圧が低くなる傾向がある。そのため、従来の管理手法では天端付近の切羽圧が管理値に対し不足する可能性があった(図-11)。

本工事の中段シールド施工時は、シールド高さ

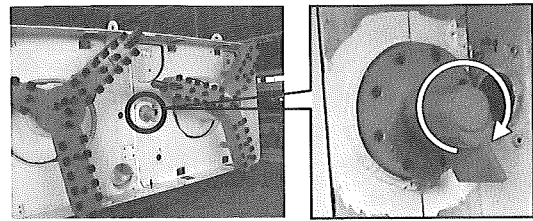


写真-7 フラッパー装置

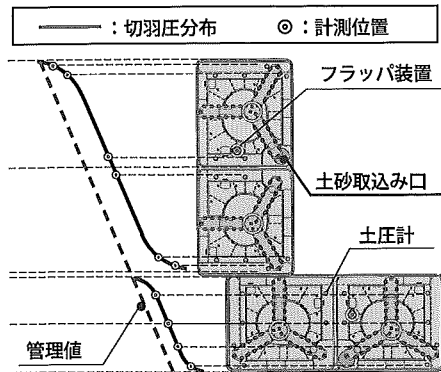


図-12 切羽圧管理位置

が2.15mから4.8mになるため、上記現象がより顕著になり、天端付近の切羽圧が管理値に対し不足する可能性があった。

対策として、チャンバ内泥土を良好な塑性流動状態にすること、切羽全体で切羽圧が管理値以上であることを確認することとした。そのため、前者に対しては、フラッパー装置(写真-7)により掘削土砂の流れに対する回転抵抗を計測することで塑性流動状態を定量的に管理した。後者に対しては、土圧計を横シールドでも縦シールドでも多段配置となるよう12個配置し(図-12)、切羽管理を行った。

4-2-2 余掘り充填剤とEバッグによる地山保持

開放型シールドではブレイカで掘削するため、カッタヘッドを回転させ掘削する泥土圧シールドに比べ余掘り量が大きくなり、シールドと地山の間に空隙が生じる。空隙部に裏込め材が逸走するため、地山を保持できない可能性があった(図-13)。

余掘りを最小限にするため、レーザ照準器により掘削断面を正確に計測・マーキングして掘削管理を行った。余掘り箇所には地山保持を目的に水ガラス系の充填材をシールド天端から注入した。

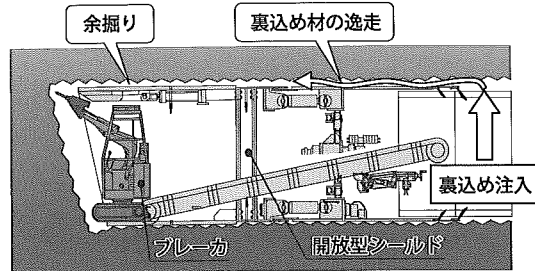


図-13 開放型シールド余掘り部

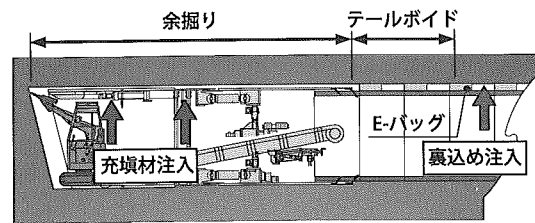


図-14 充填剤とEバッグ



写真-8 Eバッグ

テールボイドについては、裏込め材の切羽への逸走を防止し、かつ確実に地山を保持するため、セグメント背面に設置し局所的な限定注入が可能なセグメント背面充填膨張袋(Eバッグ)を採用した(図-14、写真-8)。

4-3 路面変状管理

掘進中、高速道路外の観測櫓に設置したトータルステーションおよびWEBカメラを使用し、東関道の路面変状を24時間連続で自動計測した(写真-9)。

4-3-1 密閉型シールド掘進時の路面変状

図-15に密閉型シールド掘進時の東関道路路面変状を示す。シールド掘進から通過まで、変状は±3mm程度で路面に影響なく掘進することができた。これはチャンバ内泥土を良好な塑性流動状態に維

持し、切羽圧分布が一定勾配に近づくことで、切羽圧が管理値を下回らないよう調整できたからであると考えられる。

4-3-2 開放型シールド掘進時の路面変状

図-16に開放型シールド掘進時の東関道路路面変状を示す。シールド掘進から通過まで、変状は±1mm程度で路面に影響なく掘進することができた。これは泥土圧シールドが泥土や裏込め材により地山を保持する事象を開放型シールドにおいても充

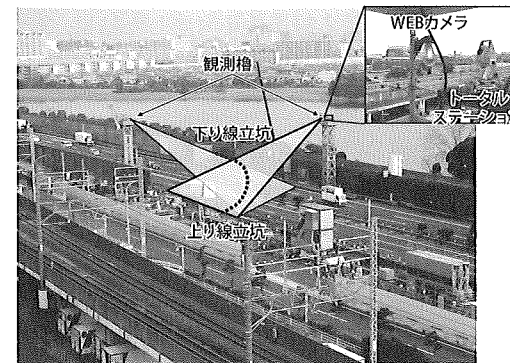


写真-9 路面管理状況

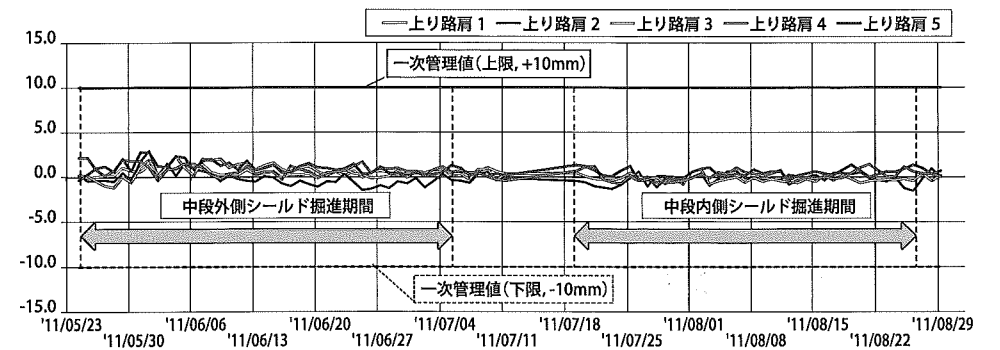


図-15 路面変状(密閉型)

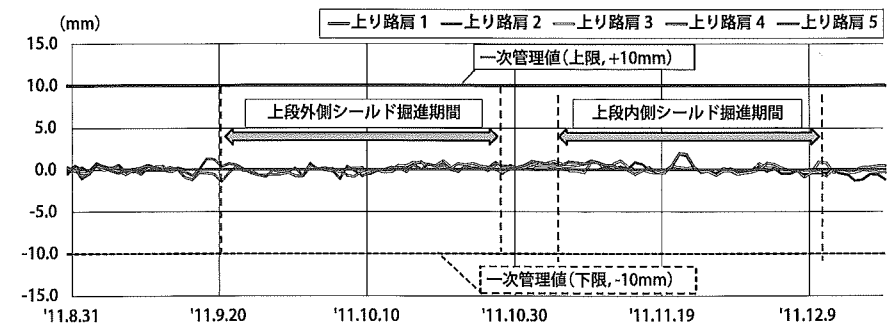


図-16 路面変状(開放型)

填材とEバッグにより再現できたからであると考えられる。

5 躯体構築工事

5-1 施工条件

セグメント内空1.8mの空間に底版厚・壁厚0.8m、上床版厚1.0mの躯体を構築する。実際の施工では、躯体厚を確保するため、トンネル断面を包含するよう100~200mm程度大きくシールドを掘削したため、実際の施工空間は最小約0.7mと非常に狭かった(図-17)。

5-2 施工方法

5-2-1 セグメント間薬液注入

セグメント切開き部の止水と地盤強化を目的として、低圧浸透注入(ステップ注入)工法による薬液注入を行った(図-17)。注入材量には、粘性が低く浸透性に優れ、大きな改良強度が得られる有機系溶液型薬液(長結タイプ)を選定した。

5-2-2 セグメント切開き工

切開き部に補強鋼材を設置後(図-17)、セグメ

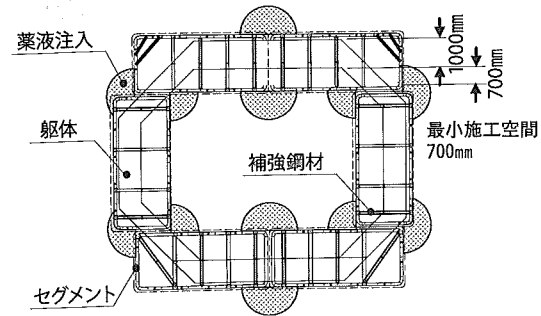


図-17 薬液注入・補強鋼材設置図

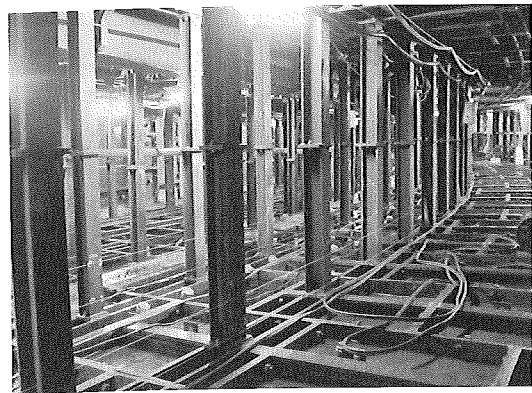


写真-10 切開き完了

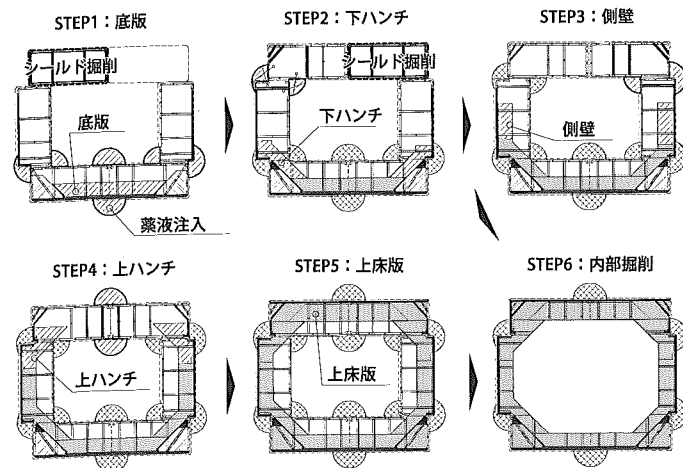


図-18 内部構築手順

表-3 施工時の工夫と結果

施工制約条件	課題	工夫・対策	結果
鋼製セグメントにリブ(高さ100mm)がある	リブ部にエア溜まりが生じ、コンクリートが未充填となる	リブ内にポリエチレン材を先行充填	未充填箇所を回避
閉鎖空間でのコンクリートの打上げ	充填の目視確認ができない	側部に透明型枠を採用	目視確認ができ、充填性を確保

ントの主桁およびスキンプレートをガス切断し撤去した。その後、セグメント背面の裏込め材と土砂を人力により撤去し、セグメント間を切り開いた。

切開き部の措置として、土留め・止水用鉄板をセグメントに全周溶接するとともに、鉄板背面にLW材を注入することでセグメント切開きに伴う漏水と地盤変状を防止した(写真-10)。

5-2-3 内部構築工

他工事の施工実績(1ブロック:9.0m)と狭小な施工空間における施工性を考慮した結果、1ブロックを10.0mとし、先行トンネルL=70mを7つのブロックに分けて施工した。コンクリート打設は底版→下ハンチ→側壁→上ハンチ→上床版の順で行った(図-18)。

コンクリートには、バイブレーターを使用する作業空間がないことから、自己充填性を有する高流動コンクリートを採用した。躯体構築に先立ち、高流動コンクリートが材料分離しない流動距離を確認するために実証実験を行った。実験の結果、高流動コンクリートの水平流動距離を5.0mと決定し、実施工を行った。

上床版のコンクリート打設は妻枠側からとし、妻枠に打設用配管(4B)を挿入して圧送した。コンクリート打設においては、施工条件に起因する課題があったが、対策を立案し、実規模の実証実験を行いコンクリート打設計画の適正さを事前確認することで躯体の

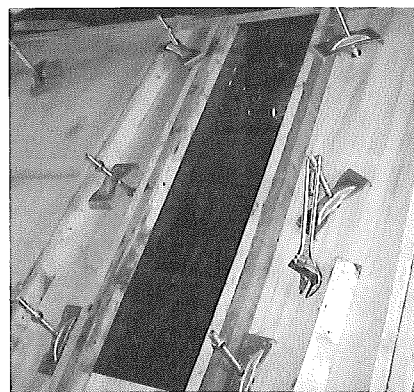


写真-11 透明型枠使用状況

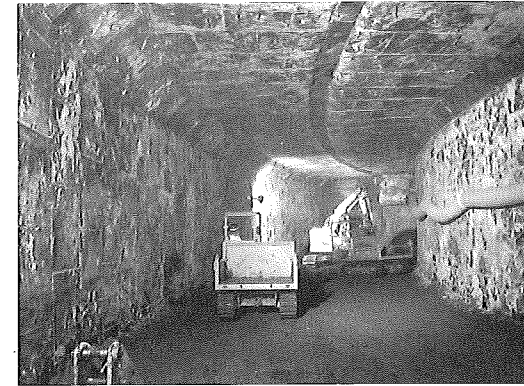


写真-12 内部掘削(トンネル中央)

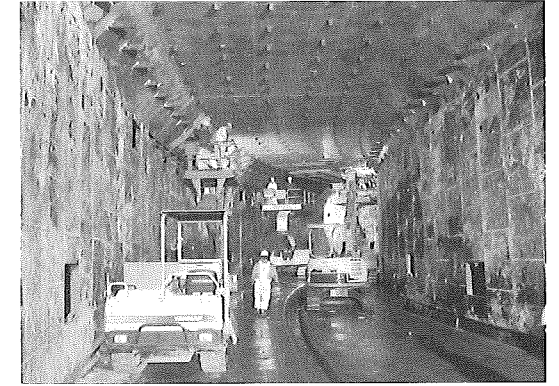


写真-14 セグメント撤去状況

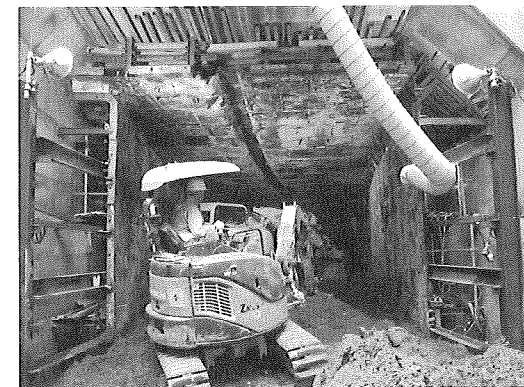


写真-13 内部掘削(トンネル坑口)

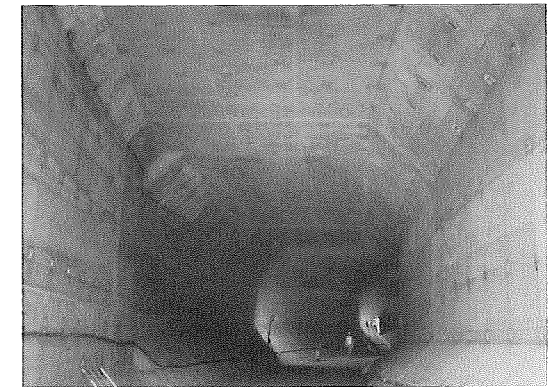


写真-15 躯体完成

品質を確保した(表-3, 写真-11)。

5-2-4 内部掘削工

バックホウ(0.25m³級ショートリーチ)を使用し、掘削・集土を行った(写真-12, 13)。FEMによる事前解析では高速路面上に最大5mmの変状が予測されたが、路面変状することなく掘削できた。また、掘削に伴う上床版および壁に有害なひび割れは確認されなかった。

5-2-5 セグメント撤去工

内部掘削完了後、高所作業車を使用して、上段から順にガス切断によりセグメントを撤去した(写真-14)。工程短縮のためセグメントを大割で撤去できるようにバックホウにフォーク型のアタッチメントを取付け、セグメントを掴みながらガス

切断を行った。セグメント撤去中も路面変状や上床版および壁に有害なひび割れは確認されなかった。

6 おわりに

平成22(2010)年6月より支障物の調査・撤去を開始して、同年12月に発進したシールドは、到達・発進をくり返し、6本の先行トンネルを構築して平成24(2012)年6月に本体構造物を完成させた(写真-15)。供用中の高速道路直下という厳しい施工条件のもと、東関道の路面に影響を与えることなくトンネルを完成させることができた。今回の報告が類似の工事の参考になれば幸いである。

土木情報 No.491

今月の主な入札結果

(3月10日～4月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
沖縄総合事務局	宮古伊良部農業水利事業仲原地下ダム高水排水施設	鴻池・大米JV	817
東北地整	宮古盛岡横断道路手代森T	清水建設	8,824.5
〃	R45唐丹第3T	鹿島建設	8,928
〃	気仙沼第2号T	佐藤工業	3,836
関東地整	R357東京港T(その2)	大林・鹿島JV	25,440
〃	東京国際空港国際線地区共同溝築造等	東亜建設工業	500
北陸地整	熊森右岸樋門新設	丸運建設	145
〃	R8米山T他補修	日特建設	115
中部地整	H25三遠南信池島T調査坑	清水建設	1,505
〃	佐久間道路佐久間第2T	安藤ハザマ	4,934
九州地整	宮崎218号大平山T東	前田建設工業	2,571.3
〃	〃 西	大林組	2,889.6
鉄道・運輸機構	北海道新幹線、立岩T(立岩)他	戸田・伊藤・新太平洋・北海道軌道JV	9,701
〃	北陸新幹線、飯山T(板倉)インバート補強対策工他	大林組	335
〃	〃 峰山T(東)	奥村組	410
〃	〃 峰山T(西)	清水建設	260
〃	〃 新北陸T(葉原)	鹿島・りんかい日産・石黒・高崎JV	9,038.4
日本下水道事業団	東京都芝浦水再生センター・森ヶ崎水再生センター間連絡管建設その2	鹿島・飛鳥・大本JV	6,023.6
東日本高速道路	北海道横断自動車道天神	三井住友建設	3,890
〃	北陸自動車道上越管内トンネルはく落防止対策	ホーク	430
〃	東京外かく環状道路本線T(南行)東名北	鹿島・前田・三井住友・鉄建・西武JV	141,214
〃	〃 (南行)大泉南	清水・熊谷・東急・竹中土木・鴻池JV	113,800
中日本高速道路	〃 (北行)東名北	大林・西松・戸田・佐藤・鏡高JV	151,000
〃	〃 (北行)大泉南	大成・安藤ハザマ・五洋・飛鳥・大豊JV	125,400
〃	東海北陸自動車道上小鳥T	フジタ	2,368
〃	〃 三尾河T	フジタ	2,540
〃	〃 荘川T	フジタ	2,468
西日本高速道路	阪和自動車道印南	森組	1,365
〃	中国自動車道金近他1トンネル(下り線)補修	浅沼組	216.8
〃	中国横断自動車道国見山T	大成建設	5,262
〃	高松自動車道大坂T北	鹿島建設	1,928
〃	〃 三木T	安藤ハザマ	1,723
千葉県	江戸川左岸流域下水道管渠築造(松戸幹線501-3工区)	大日本・湯浅JV	624.8
都・建設局	古川地下調節池(その2-1)	大洋基礎工業	129.8
都・下水道局	荒川区西尾久七丁目、北区昭和町二丁目付近再構築	松尾工務店	378.8
山梨県	主地河口湖精進線扇崎T(仮称)	芙蓉・大森JV	361.8
岐阜県	公共・防災安全交付金(補正)路面陥没対策	飛鳥・栗山JV	378
愛知県	豊橋城下線第1工区(その2)送水管	名工・豊橋JV	523
鳥取県	林道若桜・江府線助谷T(仮称)	東洋・井木JV	704.6
広島県	一般県道高根島線(内の浦T)道路改良	増岡組	331
福岡県	席田雨水幹線	フジタ・九州総合・才田JV	1,154.1
調布市	下水道管新設(25-5号)	林建設	111
名古屋市	南押切雨水幹線下水道	浅沼・早川JV	507
〃	浄心雨水調整池流入管下水道	TSUCHIYA	249.8
〃	米野雨水幹線下水道	鏡高組	354
〃	児玉	大豊・森本・中目JV	1,139
〃	名駅東雨水幹線流入管下水道	竹中土木	193.5
大阪市	浪速枝管(その4)1500ミリ配水管	大成・五洋JV	2,449.5
堺市	岩室陶器BP送水管(第2工区)	大日本・大容・沖崎JV	1,579.9
広島市	井口地区下水道25の6号	浅沼・田村JV	794.8

施工

都市におけるSENSの施工管理のためのトライアル施工

—相鉄・JR直通線 西谷トンネル—

鉄道・運輸機構東京支社新横浜鉄道建設所所長 武田 一彦

鉄道・運輸機構東京支社新横浜鉄道建設所所員 阪田 暁

大成・東急・エス・ケイ・ディ特定建設工事共同企業体西谷トンネル工事作業所作業所長 和田 幸治

大成・東急・エス・ケイ・ディ特定建設工事共同企業体西谷トンネル工事作業所現場代理人 松村 英樹

1 はじめに

相鉄・JR直通線^{にしや}西谷トンネルは、相鉄本線西谷駅とJR東海道貨物線横浜羽沢駅付近に新設される羽沢駅(仮称)間に位置する延長1,446mの在来線複線断面トンネルである。本トンネルは、「シールドを用いた場所打ち支保システム」(以下、「SENS」)を採用した。掘進は密閉型泥土圧シールド(φ10,460mm)によって羽沢駅(仮称)の発進立坑から西谷駅付近の到達立坑に向かって2013年2月に掘進を開始した。

本トンネルにおけるSENSの採用は、東北新幹線三本木原トンネル、北海道新幹線津軽蓬田トンネルに引き続き3例目であるが、都市部においては初めての採用である。

また、本トンネルのあとには、4例目として相鉄・東急直通線の羽沢トンネルでもSENSの採用を計画しており、本トンネルのシールドを転用する予定である。

本稿では、西谷トンネルにおけるSENSの施工方法および切羽土圧・一次覆工コンクリート打設圧管理値の設定の検討について紹介する。

2 相鉄・JR直通線および相鉄・東急直通線の概要

相鉄・JR直通線は、相鉄線西谷駅とJR東海道貨物線横浜羽沢駅付近間に連絡線(約2.7km)を新設し、この連絡線を利用して相鉄線とJR線が相互直通運転を行う事業であり、平成21年10月に工事施行認可を受けた。

一方、相鉄・東急直通線は、JR東海道貨物線横浜羽沢駅付近と東急東横線日吉駅間に連絡線(約10.0km)を新設し、この連絡線を利用して相鉄線と東急線が相互直通運転を行う事業であり、平成22年10月に工事施行認可を受けた。

この新たな2路線の開業によって横浜市西部および神奈川県中部と東京都心部とを直結する広域鉄道ネットワークの形成と機能の高度化がなされ、所要時分の短縮や乗換え回数の減少(例：相鉄・JR直通線開業により二俣川～新宿間、59分が44分になり15分の短縮)など、鉄道の利便性向上が図られるとともに、地域の活性化などに寄与する。また、新幹線へのアクセスの向上や、新横浜副都心、二俣川・鶴ヶ峰副都心などのさらなる発展にも貢献する。

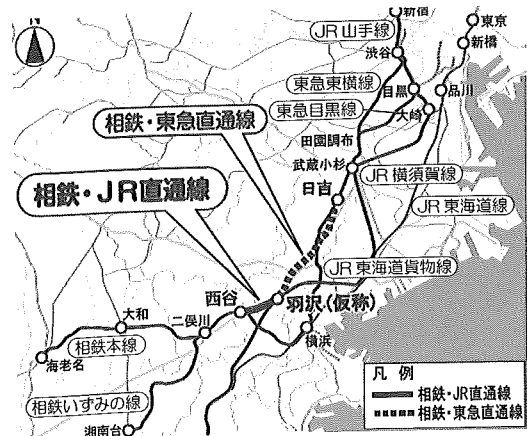


図-1 路線図

表-1 相鉄・JR直通線および相鉄・東急直通線の事業概要

路線名	相鉄・JR直通線	相鉄・東急直通線
整備区間	相鉄本線西谷駅～JR東日本東海道貨物線横浜羽沢駅付近	JR東日本東海道貨物線横浜羽沢駅付近～東急東横線日吉駅
事業者		
建設主体	鉄道・運輸機構	鉄道・運輸機構
営業主体	相模鉄道(株)	相模鉄道(株), 東京急行電鉄(株)
鉄道の種類	普通鉄道	普通鉄道
延長	約2.7km	約10.0km
軌間	1,067mm	1,067mm
事業内容		
運行区間	海老名駅・湘南台駅～西谷駅～羽沢駅(仮称)～新宿方面	海老名駅・湘南台駅～羽沢駅(仮称)～日吉駅～渋谷方面・目黒方面
駅の位置	羽沢駅(仮称, 横浜市神奈川区)	羽沢駅(仮称, 横浜市神奈川区) 新横浜駅(仮称, 横浜市港北区) 新綱島駅(仮称, 横浜市港北区)

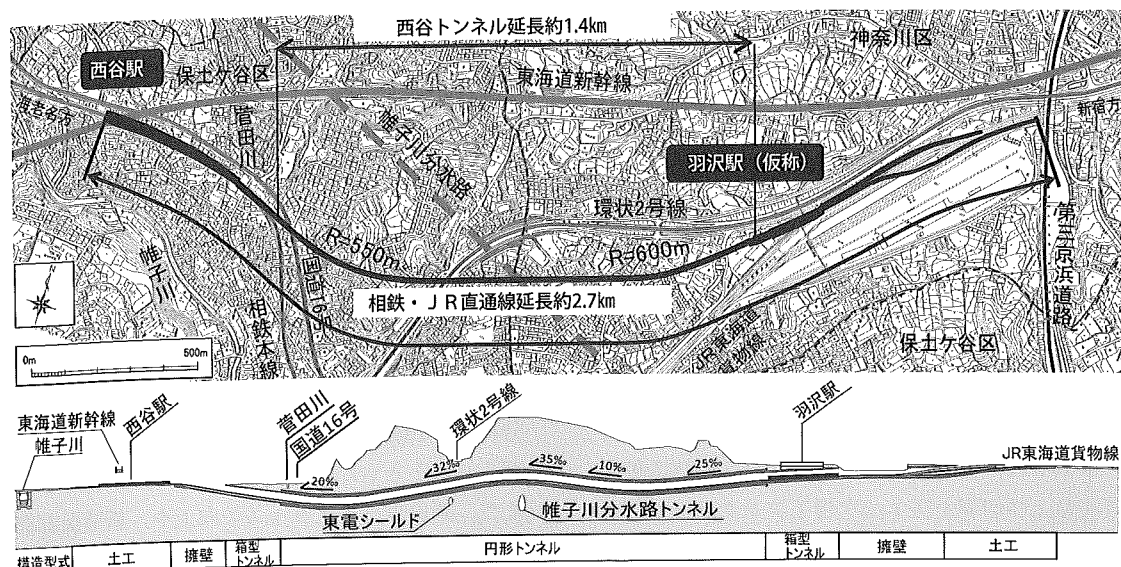


図-2 相鉄・JR直通線の平面図・縦断面図

相鉄・JR直通線および相鉄・東急直通線事業は「都市鉄道等利便増進法」という法律にもとづき進められている。この法制度は、都市鉄道の既存ストックを有効活用し、「速達性の向上」および「駅施設の利用円滑化」を対象とした新たな鉄道事業手法を定めたものである。この制度では、整備主体(公的)と営業主体(鉄道事業者)を分離する、いわゆる「受益活用型上下分離方式」が採用されている。本事業においては、国と地方自治体(神奈川県および横浜市)が総事業費の1/3ずつを補助し、残りの1/3を整備主体(鉄道・運輸機構)が資金調達して施設の整備を行う。営業主体(相鉄および東急)は、整備主体に施設使用料(受益相当額)を支払って営業を行うものである。

図-1に路線図、表-1に相鉄・JR直通線および相鉄・東急直通線の事業概要、図-2に相鉄・JR直通線の平面図・縦断面図を示す。

3 施工概要

3-1 西谷トンネルの概要

西谷トンネルの延長は1,446m、

線形は起点側にR550m、終点側にR600mの曲線があり、縦断勾配は最大で35%、最小で10%である。また、トンネルの土かぶりりは6~46mであり、1D以下の小土かぶり区間が起点側では約150m、終点側では約100m存在する。

最大地下水水位はトンネル天端+18.7mとなっている。本トンネルの特徴としては、表-2に示すよ

表-2 交差・近接構造物

主な近接構造物	位置	離隔
菅田川	地上	0.8m
国道16号	地上	6.6m
東京電力シールド(D=4.9m)	トンネル下方	2.0m
横浜市環状2号線	地上	12.7m
帷子川分水路トンネル(NATM, D=11.2m)	トンネル下方	5.5m
横浜市環状2号線ランプ橋台	トンネル左方(水平距離)	8.0m

うに多くの重要施設と交差・近接し、また地上部には民家が密集している区間に位置することが挙げられる。

3-2 地質概要

トンネル区間の地質構成は、洪積層である上総層群の上に相模層群が重なり、表層が沖積層である関東ローム層で覆われている。トンネル通過部の地質は主に上総層群粘性土(Km, N \geq 35)と介在した上総層砂質土(Ks, N>50)である。上総層群粘性土(Km)層は固結状の砂質泥岩を主体とした硬質地盤であるが、介在した砂質土(Ks)は被圧地下水を保有している。

一方、起点側および終点部側の小土かぶり区間は、掘削断面上部において軟弱な沖積層粘性土(N<1)が出現する。

西谷トンネルの地質縦断面図を図-3に示す。

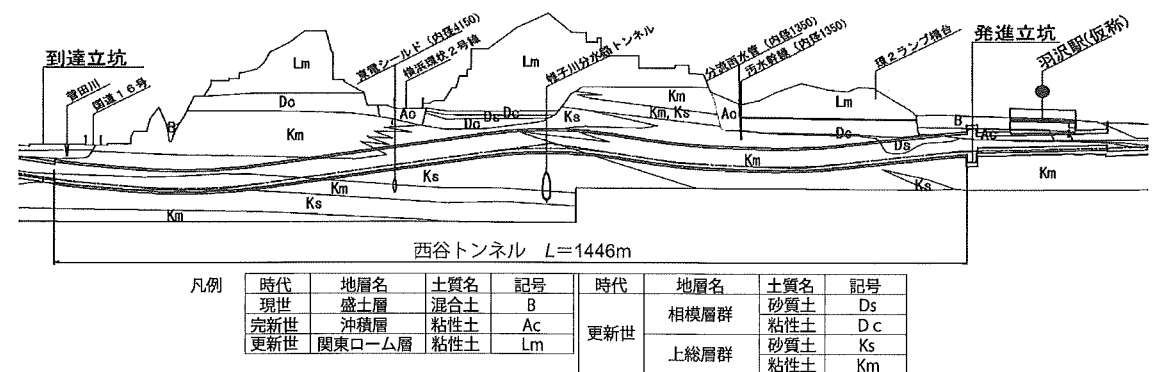


図-3 西谷トンネル地質縦断面図

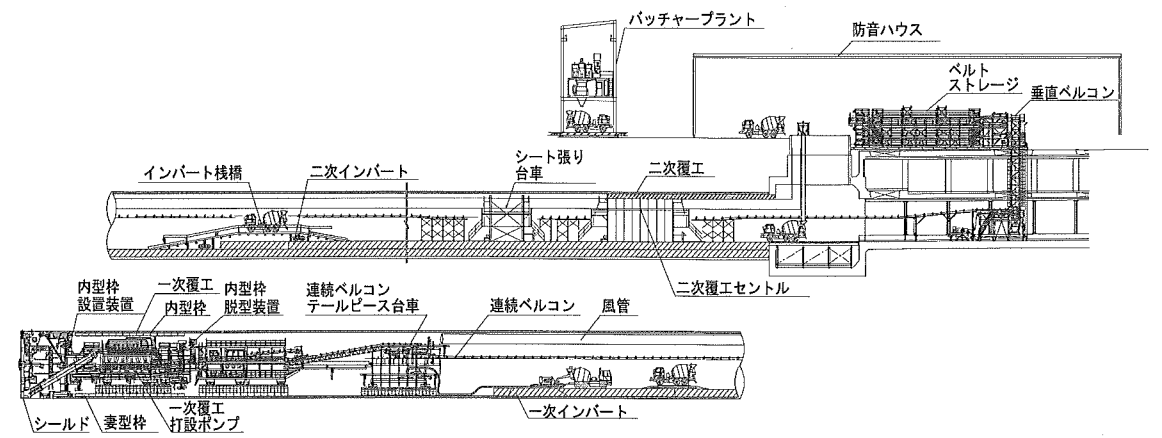


図-4 西谷トンネル施工概念図

3-3 西谷トンネルにおける掘削工法の選択
西谷トンネルでは、掘削工法としてシールドとSENSおよび都市山岳工法(都市NATM)の3工法の比較検討を行い、地下水、周辺地盤および近接構造物への影響、施工性、経済性、工期などの検討の結果、総合的に判断してSENSを採用した。

3-4 SENSの概要

SENSとは、シールドにより切羽を安定させながら地山を掘削する(Shield)と同時に、シールドテール部でコンクリートを加圧しながら打設して一次覆工となる場所打ちコンクリートライニング(ECL)によりトンネルを支保する。次に一次覆工の安定を計測により確認したのち、二次覆工を施工(NATM)してトンネルを完成させる工法(System)であり、それぞれの頭文字から「SENS」と呼ぶ。なお、ECL工法との違いは、ECL工法

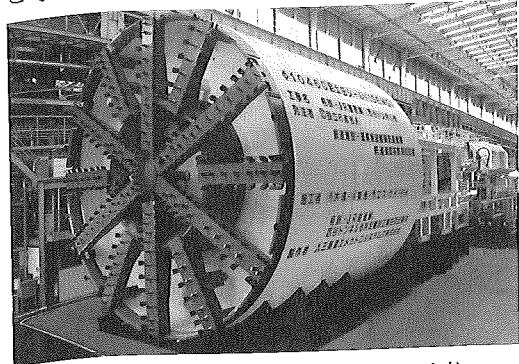


写真-1 西谷トンネルで使用するシールド

表-3 シールドの概要

装 備	仕 様
シールド形式	泥土圧式シールド 外径φ10,460mm, 機長11.64m
シールドジャッキ	105,000kN(3,750kN×28本) ストローク:1,750mm 速度:最大45mm/min
カットトルク	常用:20,000kN・m, α=17.5 最大:24,000kN・m, α=21.0
カット回転数	0.65rpm
中折れ装置	V形フラット中折れ方式 (上下1°, 左右1.2°)
妻型枠ジャッキ	7,560kN(420kN×18本)
コンクリート打設設備	レミキサー(コンクリート容量8.0m³) ポンプ(最大4.8m³/h)×12台
妻型枠打設	配管径3インチ12孔

が場所打ち覆工にシールドセグメントと同様な性能を要求するのに対し、SENSでは場所打ち覆工をNATMの一次支保工と同様に位置づけていることである。

写真-1に西谷トンネルで使用しているシールド、表-3にシールドの概要を示す。シールドは泥土圧シールド、外径10.46m、機長11.64mである。

次に一次覆工コンクリート打設サイクル概念図を図-5に示す。一次覆工コンクリートは、妻型枠に位置した打設孔(12ポート)から内型枠と地山の間で打設される。内型枠1R分の掘進・打設が完了すると、写真-2のように16R後方で脱型された内型枠を前方に運んで再組立てを行い、設置位置の確認を行って再び1R分の掘進・打設を行う。以上を1サイクルとしてくり返し順次施工を行っていく。

なお、連続掘進を行っていくとコンクリートポンプや妻型枠に付着したコンクリートが時間の経過とともに凝結を開始するため、定期的に配管や

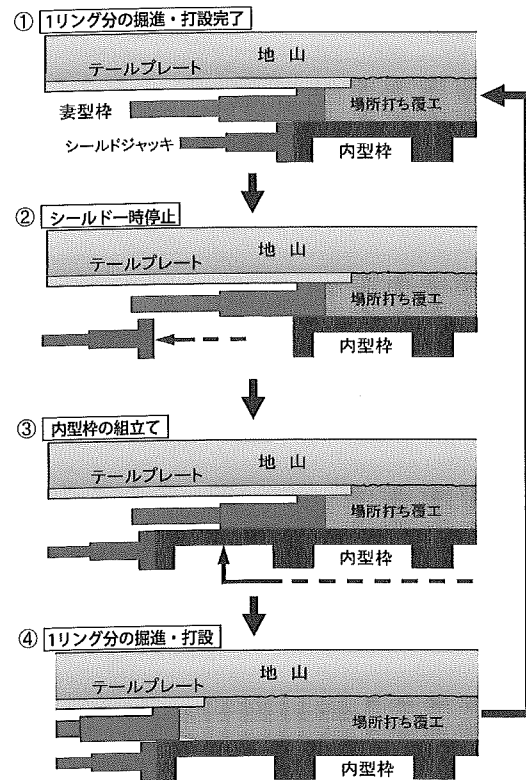


図-5 一次覆工打設サイクル概念図

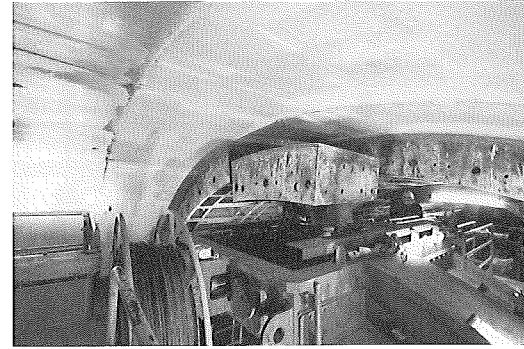


写真-2 内型枠の脱型

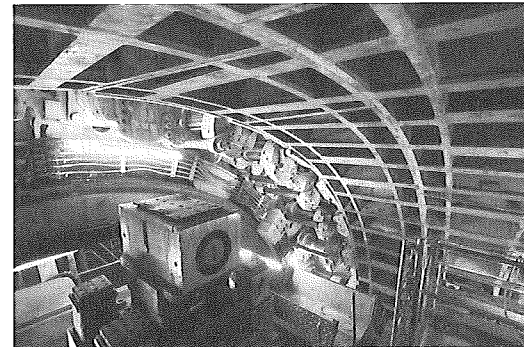


写真-3 シールドジャッキおよび内型枠

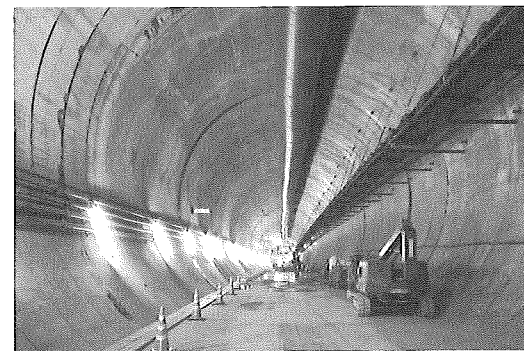


写真-4 一次覆工コンクリート打設後

ポンプなどに付着したコンクリートの清掃を行う。シールドジャッキは写真-3に示すように内型枠に対して設置されており、推進力は内型枠と一次覆工コンクリートならびに一次覆工コンクリートと地山との付着力により確保される。また、西谷トンネルに使用される内型枠の数は、コンクリートが硬化し所定の付着力が確保された6R(1.2m/R)、コンクリート硬化途中の9R、組立て・解体中の1Rを合わせて16Rを標準装備としている。写真-4に、一次覆工コンクリート打設後の坑内を

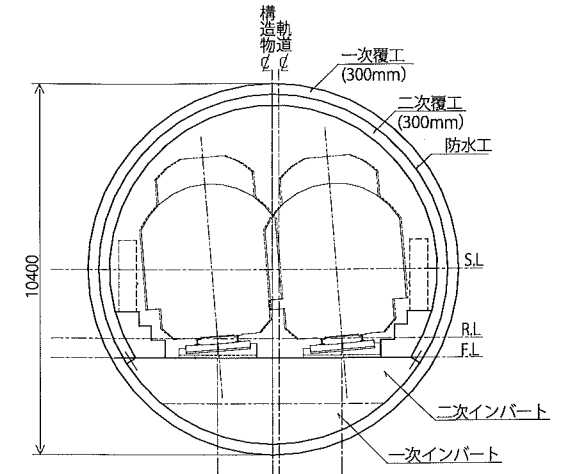


図-6 西谷トンネルの標準断面図

示す。

続いて西谷トンネルの標準断面図を図-6に示す。トンネル外径は10,400mmで、トンネル構造は一次覆工(300mm)、二次覆工(300mm)、および一次インバート、二次インバートにより構成され、一次覆工と二次覆工の間には全周防水シートを施工することで、止水性をより向上させることとした防水型トンネル構造としている。

4 トライアル区間における試験施工

4-1 検証方法

本トンネルは、これまでの山間部のSENSとは異なり都市部の施工であることから、周辺構造物および地表面などに影響を及ぼさないよう、より安全に施工する必要がある。このため施工にあたっては、切羽土圧および一次覆工コンクリート打設圧の管理値をより適切に設定する必要がある。そこで、本掘進に先立ち施工ヤード内発進直後の16~60Rまでの約55mの区間をトライアル区間に設定し、切羽土圧および一次覆工コンクリート打設圧と地表面変位の検証を実施し、本掘進における管理値の設定を検討した。

トライアル検証区間は、図-7に示すとおり、土かぶりが4.5~7mの1Dを下回る小土かぶり区間である。掘削断面上部では沖積層粘性土が見られるものの、大部分は上総層粘性土である。このた

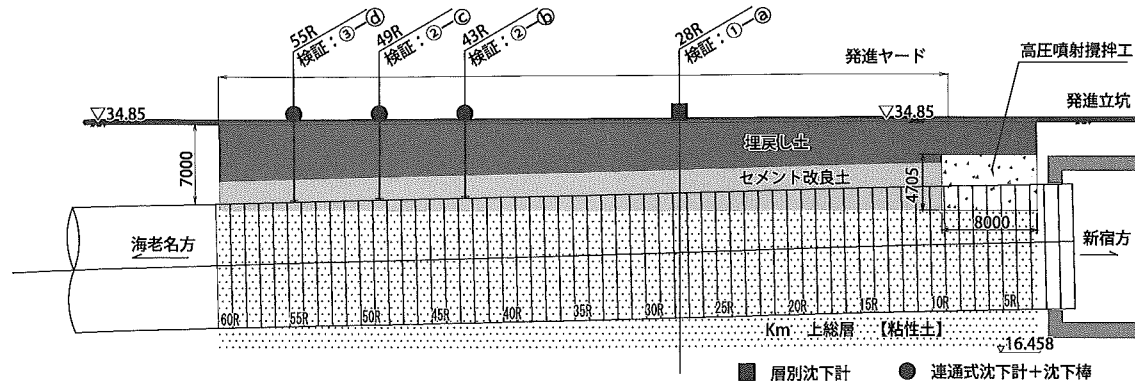


図-7 トライアル検証区間縦断面図

表-4 トライアル検証区間の切羽土圧・打設圧設定ケース一覧

管理圧ケース	管理値	切羽土圧管理値の設定	管理値(kPa)
① シールド掘進停止時のチャンバ内土圧計中央部数値より算出	下限値	チャンバ内土圧計計測値(中央部)+予備圧(20kPa)	100~130
	上限値	下限圧+変動圧(30kPa)	
② シールド掘進停止時のチャンバ内土圧計上部数値より算出	下限値	チャンバ内土圧計計測値(上部)+泥土重量(79kPa) ^{※1} +予備圧(20kPa)	130~160
	上限値	下限圧+変動圧(30kPa)	
③ シールド掘進停止時の土砂崩壊探査装置の値より算出	下限値	土砂崩壊探査装置圧+泥土重量(94kPa) ^{※2} +予備圧(20kPa)	144~174
	上限値	下限圧+変動圧(30kPa)	
管理圧ケース	管理値	一次覆工コンクリート打設圧管理値の設定	管理値(kPa)
a シールド上部切羽土圧管理上限値より算出	下限値	シールド上部切羽土圧管理上限値+コンクリート重量(120kPa)+予備圧(20kPa)+配管損失圧(48kPa)	244~299
	上限値	下限圧+変動圧(50kPa)	
b 切羽土圧管理値+200kPa	下限値	土圧計中平均圧+200kPa+配管損失圧(48kPa)±25kPa	320~370
	上限値	下限圧+変動圧(50kPa)	
c 切羽土圧管理と同値	下限値	切羽土圧管理上限値(切羽管理設定は②(160kPa))	163~213
	上限値	下限圧+変動圧(50kPa)	
d 鉛直荷重の値より算出	下限値	鉛直上載荷重+コンクリート重量(100kPa) ^{※3} +配管損失圧(48kPa)	244~294
	上限値	下限圧+変動圧(50kPa)	

※1 チャンバ内土圧計計測値(上部)からシールド中央部までのチャンバ内土砂重量単体重量: 18kN/m³×4.39m=79kN/m²(kPa)
 ※2 土砂崩壊探査装置からシールド中央部までのチャンバ内土砂重量単体重量: 18kN/m³×5.23m=94kN/m²(kPa)
 ※3 コンクリート重量: 単体重量23kN/m³×4.39m=100 kN/m²

め、今後の本掘進において全断面上総層部を掘削することを想定し、沖積層粘性土は上総層粘性土と同程度の強度にセメント改良を行った。変位の測定は、28Rで層別沈下計、43R、49R、55Rでは沈下棒を設置し、地表面および地中における鉛直変位計測を行った。

適正な切羽土圧および一次覆工コンクリート打設圧の検討を行うため、表-4に示すように、切羽

土圧については3ケース、コンクリート打設圧については4ケース設定し、地盤鉛直変位量の計測データにより比較検討を行った。

4-2 適正な切羽土圧管理方法の設定

切羽土圧の適正な管理方法の検討を行うため、トライアル区間で得られたデータにより、切羽土圧と地盤鉛直変位量の関係から検討を行った。適正な切羽土圧管理方法として、各ケースの掘進中

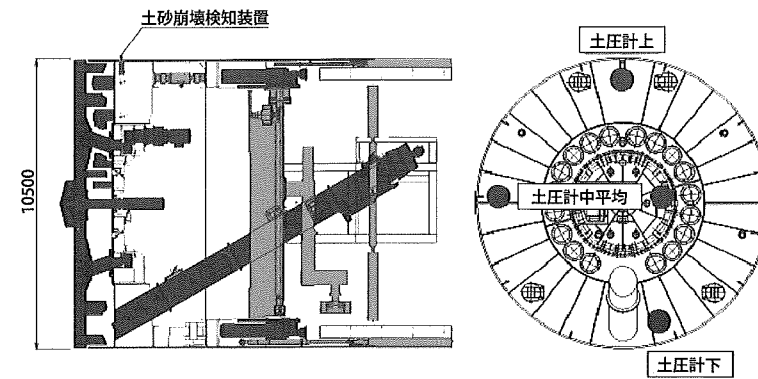


図-8 土砂崩壊探査装置および土圧計配置

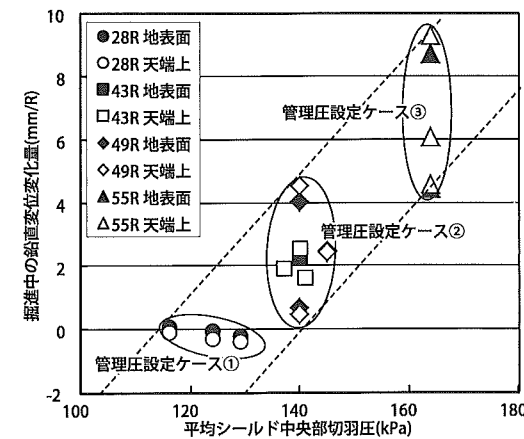


図-9 切羽土圧と掘進中の地盤鉛直変位量

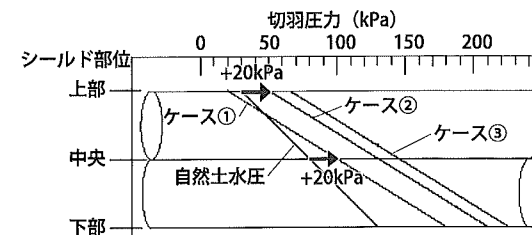


図-10 自然土水圧と切羽土圧の管理圧ケースにおける切羽土圧分布

において、どの程度、地盤変位しているかを比較し、適正な管理方法を決定する。地盤鉛直変位結果は、切羽が通過する計測断面通過1R前、通過中、通過1R後の各3断面における鉛直変化量をそれぞれ抽出したものを示した。

図-9に切羽土圧と掘進中のトンネル直上地盤鉛

直変位量、図-10にトライアル掘削時の掘進停止中のチャンバ内土水圧(自然土水圧)と切羽土圧との関係を示す。

切羽土圧の管理圧ケース①のシールド中央部土圧計を基準に切羽土圧を設定した場合、図-9では3ケース中、地盤鉛直変位量がもっとも小さかった。しかし、図-10において切羽管理圧力(下限値)はシールド中央値で100kPaとなるが、シールド上

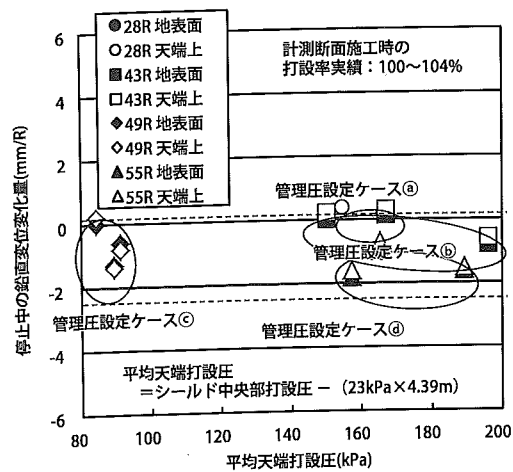
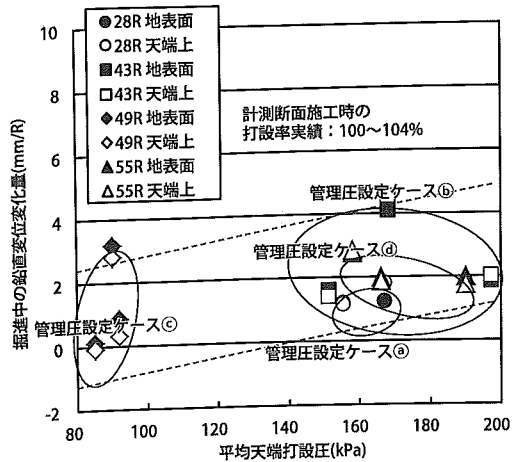
部における切羽土圧値(21kPa)が自然土水圧(30kPa)より低い値となることがわかった。すなわち切羽上部における切羽土圧が地山から作用する土圧に対して不足することにより、切羽の安定性を保つことができず、地表面の沈下を生じさせることが懸念された。

次に管理圧ケース②のシールド上部土圧計を基準に切羽土圧を設定した場合、図-9で最大4mm程度の隆起が確認されたが、図-10よりシールド上端に作用する土圧を基準に切羽土圧を設定した場合では自然土水圧以上の切羽土圧が確保できていた。ケース③の土砂崩壊探査装置の値を基準に切羽土圧を設定した場合では、もっとも切羽土圧値が高いこともあり、最大で9mm程度の隆起が確認された。

以上の結果から、適正な切羽土圧の管理方法は、地盤変位の発生を抑制する観点からケース②のシールド掘進停止時のチャンバ内上部土圧計計測値より算出(予備圧は20kPa、変動幅を30kPa)することとした。

4-3 適正な一次覆工コンクリート打設圧管理方法の設定

トライアル区間で得られたデータにより、コンクリート打設圧と地盤鉛直変位量の関係から適正なコンクリート打設圧管理値設定を行うための検討を行った。コンクリート打設圧の設定にあたっては、コンクリートがテールボイドに対して100%以上充填可能で極力小さな打設圧により、地盤



※それぞれのケースについて、①計測断面通過1R前の鉛直変位量、②計測断面通過中の鉛直変位量、③計測断面通過1R後の鉛直変位量、の各3断面における計測結果を記載

図-11 コンクリート打設圧と掘進中・停止中の地盤鉛直変位量

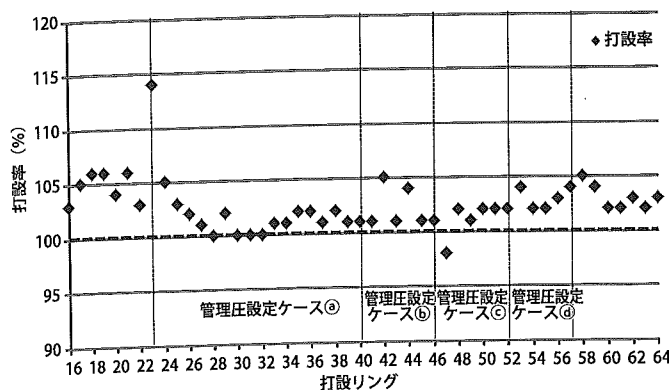


図-12 打設率結果

への影響を最小限に抑えることが重要となる。地盤鉛直変位は、切羽土圧時と同様、シールドテール部が通過する計測断面通過1R前、通過中、通過1R後の各3断面における地盤鉛直変位量をそれぞれ抽出した。

図-11にトンネル天端部におけるコンクリート打設圧(シールド中央部平均打設圧から換算)と掘進中・シールド停止中に生じた地盤鉛直変位量の関係、図-12にはトライアル区間における打設率の結果を示す。

まず、切羽土圧管理値と同値で設定した管理圧ケース①について述べる。こちらはほかのケースと比較してもっとも設定値が小さいこともあって、図-12に示すように、打設率100%未満のリングが確認された。すなわち土圧に対して打設圧値があまりに小さかったと考えられる。次に鉛直荷重より設定する場合の管理圧ケース②について述べる。こちらはケース①に続いて打設圧が低い、打設率は100%以上確保されたものの、停止時の沈下量がほかのケースと比べ大きかった。また、この管理圧ケース②は、全土かぶり荷重から設定する設計値であるため、急激に土圧が変化した場合に即時対応するのが困難であると考えられる。

続いてシールド上部の切羽土圧管理上限値から設定する管理圧ケース③について述べる。こちらについては、打設率は100%以上確保できており、かつ地盤変状がほかのケースと比べて小さい値となった。最後に打設圧がもっとも高いケース④についてである。こちらは最大+4mmの隆起となり、ほかのケースと比較して掘進中の地盤鉛直変位量がもっとも大きかった。

以上の結果から、適正な一次覆工コンクリート打設圧の設定は、テールボイドにコンクリートを100%以上充填可能かつ地盤鉛直変位抑制の観点から、③：シールド上部の切羽土圧管理上限値から設定することとした。

4-4 検証結果

以上より、本掘進における周辺環境

表-5 切羽土圧管理値の算定

条件	数値
① シールド停止時のチャンパ内土圧計計測値(シールド上部)	50kPa
② シールド中央部での泥土圧力(18kN/m ² ×4.39m) 泥土単位体積重量γ=18kN/m ² 上部圧力計と中央部圧力計の高さh=4.39m	80kPa
③ 予備圧	20kPa
④ シールド中央部での切羽管理圧力 下限値(①+②+③)	150kPa
⑤ 変動幅	30kPa
⑥ シールド中央部での切羽管理圧力 上限値(④+⑤)	180kPa

※チャンパ内土圧計計測値(シールド上部)を50kPaと仮定

表-6 コンクリート打設圧の算定

条件	数値
① シールド停止時のチャンパ内土圧計計測値(シールド上部)	50kPa
② 予備圧	20kPa
③ 変動幅	30kPa
④ シールド上部での切羽管理圧力 上限値(①+②+③)	100kPa
⑤ 配管圧力-妻型枠面圧(差圧)	48kPa
⑥ シールド上部でのコンクリート圧力 下限値(④+⑤)	148kPa
⑦ コンクリート打設管理変動幅	50kPa
⑧ シールド上部でのコンクリート圧力 上限値(⑥+⑦)	198kPa
⑨ シールド中央部でのコンクリート圧力(23kN/m ² ×4.39m) コンクリート単位体積重量γ=23kN/m ² 上部圧力計と中央部圧力計の高さh=4.39m	101kPa
⑩ シールド中央部での打設管理圧力 上限値(⑧+⑨)	299kPa
⑪ シールド中央部での打設管理圧力 下限値(⑥+⑨)	249kPa

※チャンパ内土圧計計測値(シールド上部)を50kPaと仮定

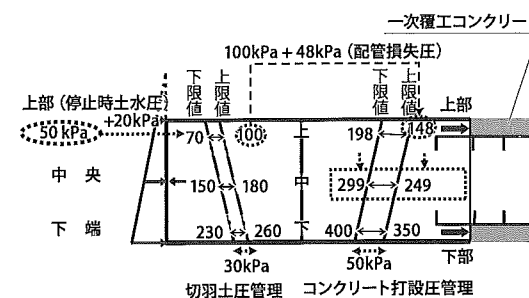


図-13 切羽土圧およびコンクリート打設圧管理値算出

への影響抑制の対策として適正な切羽土圧および一次覆工コンクリート打設圧管理値の設定することができた。ここでシールド停止中におけるチャンパ内の土圧計測値を50kPaと仮定した場合について、切羽土圧・コンクリート打設圧管理値の設定方法を表-5,6および図-13に示す。なお、コンクリート打設圧においては妻型枠と配管内の圧力計では圧力差が生じる。そのためコンクリート打設圧管理値は、差圧(定期的に差圧の計測を実施)を土圧管理値に加算した値としている。この設定にもとづいてトライアル区間以降の本掘進の

施工を行うこととした。

5 まとめ

今回、本掘進に行くにあたってはトライアル区間を設け、その区間での試験施工により適正な切羽土圧・一次覆工コンクリート打設圧管理値を設定した。

現在は、この設定方法にもとづき本掘進を行っているところである。SENSによる都市部での施工は初めてであり、掘進にあたっては、周辺環境への影響抑制と安全に注視している。今後も引き続き十分な計測と監視を行い、無事に西谷方に到達するよう努めていく所存である。

セグメントの新技术

小泉 淳 監修 B5判 132頁 本体定価 2,000円(〒300円)



〒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

新送毛トンネル開通

北海道開発局札幌開発建設部が石狩市浜益区送毛で進めてきた国道231号新送毛トンネル工事が完成し、3月4日開通した。

同トンネルは、国道231号のうち石狩市北部の11.6km区間について落石崩壊などによる危険箇所や落石、雪崩に対する通行規制区間の解消を目的とする雄冬防災事業のひとつとして整備されたもの。旧送毛トンネルでは、クラックの増加や発展が観測され、変状が進行していたことから、早急な対応が必要とされていた。2010年6月に掘削を開始し、2t/分を超える突発湧水などを克服して、2012年5月に貫通した。ところが貫通直後に、膨張性の自破碎溶岩に起因した盤膨れが生じ、これを縫返し掘削により対処している(本誌Vol.44, No.11参照)。

開通により、落石・崩壊、雪崩、地吹雪など防災上対策が必要とされていた箇所が回避されるほか、

石狩市厚田区厚田～浜益区浜益間の通行止めによって道路利用者に強いられてきた30km強の迂回が解消されるなど、道路交通の確実性、安全性の向上、また地域住民の生活や道路利用者への負担が軽減されるなどの効果が期待されている。



開通した新送毛トンネル(写真提供:札幌開発建設部)

大深度地下使用法初適用の送水管トンネルでシールド到達

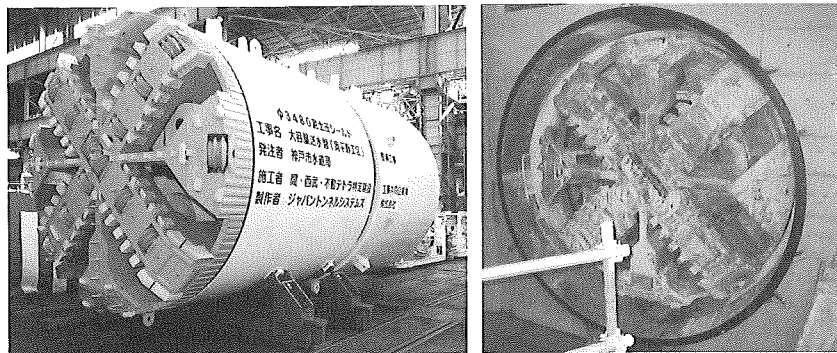
安藤ハザマ・西武建設・不動テトラJVは、同JVが神戸市内で進めている大容量送水管(奥平野工区)整備工事で3月24日シールドが立坑に到達し、掘削が完了したと発表した。

同工事は、神戸市水道局が進める大容量送水管整備事業のうち、兵庫区楠谷町にある奥平野浄水場と中央区熊内橋通7丁目に設置された布引立坑を結ぶ約2.4km区間に直径2.4mの送水管を敷設するもので、掘削は外径3.35mの泥土圧シールドにより行った。送水管は、延長を短縮するため2か所に大深度地下使用法の適用区間(地下40m以深)が設けられており、同法が適用された初めてのケース。

施工は、最大土かぶり約57mに対応するため、スクリーパー排土ゲートの2段化とピンチバルブの設置など、高水圧に配慮した対策をおこなったほか、発進立坑付近に存在する花崗岩からなる岩盤層や路線途中に出現する長径600mm以上の巨礫

に対応したローラカッターによる破碎型のカッターと玉石混じりの砂・粘土を主体とした土砂地山に対応し玉石をそのまま取り込むことができるカッターを用意したうえで、掘削地山にあわせて、3回のビット交換を行った。

深さ50mに及ぶ奥平野浄水場内の発進立坑の施工では、水中掘削機を使用した自動化オープンケーソン工法を適用したほか、セグメントの搬入と残土の搬出には専用の垂直搬送機の利用し、また、立坑の壁面材に直接切削可能な部材を使用して発進・到達を行うなど、安全性や作業性に配慮した。



(左)掘進に用いたシールド、(右)シールドの到達(写真提供:安藤ハザマ)

「マテリアル&プロダクト展2014」開催

アキレス(株)は4月8日、東京ドームシティ・プリズムホールにて「マテリアル&プロダクト展2014」を開催した。会場はインフラ、医療・防災、製造・設備ほか9つの分野ごとに展示された。トンネル関連はインフラ分野のブースで紹介され、「アキレスTn-p工法」の実際の充填デモンストレーションなども行われた。

「アキレスTn-p工法」は山岳トンネルにおける背面空洞を発砲ウレタンで充填する工法で、従来の可塑性モルタルより、固化時間の短縮、材料の軽量化、施工設備の小型化などで優れている。

同社・開発営業部では会場内に設けられたプレゼンテーションシアターで「インフラ老朽化対策に貢献する

アキレス」と題して上映会を開催し、「アキレスTn-p工法」を含む工法の紹介を行い多数の来場者の視聴があった。



城東さくら地下道 利用者の約9割が整備に満足

青森河川国道事務所は、昨年3月に開通した城東さくら地下道(青森県弘前市)について、開通1年後の整備効果を発表した。

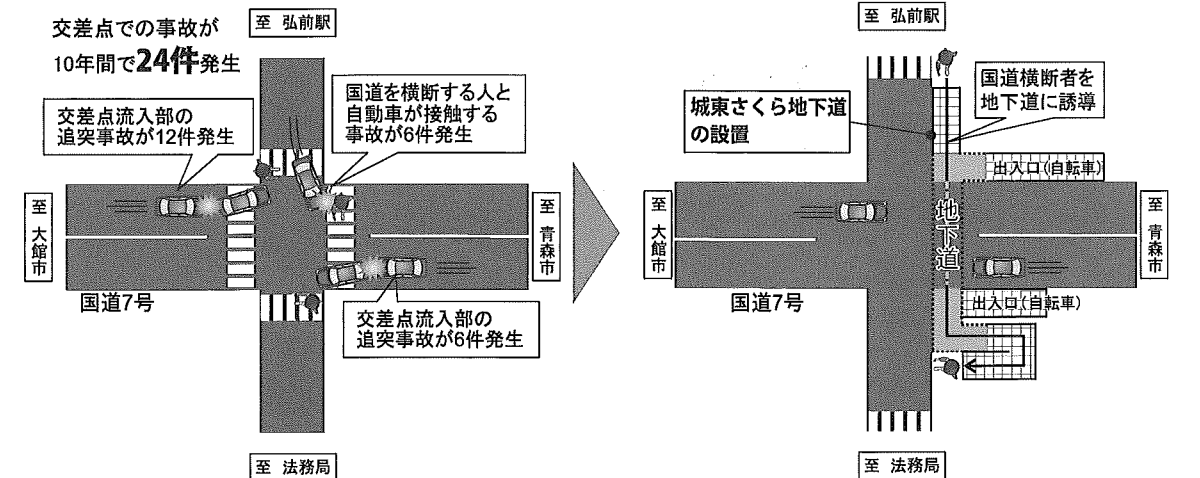
これによると、地下道の設置以前の交差点では、2003年から2012年の10年間に24件の交通事故が発生していたが、開通後の1年間で人対自動車および交差点流入部の事故の発生はともに0件だった。

また、交差点の利用者へのアンケート調査では、地下道利用者の約9割が、安全・安心で快適な横断ができるようになったと実感し、交差点を通行するドライバーの約8割が、歩行者を気にせず安全に通

行でき、スムーズに交差点を通過できるようになった実感していることが、わかった。

整備前の国道7号の城東団地交差点は、自動車交通量が1日約3万台と非常に多いうえに、児童生徒を含めた約1,500人が交差点を横断していた。国道を横断中の対向車の事故も多く、死亡事故も発生するなど非常に危険な交差点であった。

同地下道は、防犯ブザー、監視カメラ、カーブミラーなどが設置され安全対策が講じられるとともに、緩勾配スロープやエレベータなどのバリアフリー設備も備えている。



対策前後での交差点の事故発生状況の変化(青森河川国道事務所発表資料による)



解 説

文献紹介



特集/都市基盤大改造に期待される推進工法, 月刊推進技術, Vol.28, No.1, 2014.1.
 特集/長距離推進のゆくえ, 長距離推進を可能とした各分野における技術革新, 月刊推進技術, Vol.28, No.2, 2014.2.
 伊藤和也: 斜面崩壊による労働災害防止対策に関する情報共有の必要性, 点検表とリスクに応じた必要な措置としてのモニタリング, 地盤工学会誌, Vol.62, No.2, 2014.2.
 特集/管更生 北から南から その2, 月刊下水道, Vol.37, No.2, 2014.2.
 後藤伸一: 地下空間のひび割れの性質と補修技術, 防水ジャーナル, No.508, 2014.3.
 花岡泰治: 大型セグメント自動組立装置, 過去の最先端技術を顧みる, 特集/組む, 土木技術, Vol.69, No.3, 2014.3.

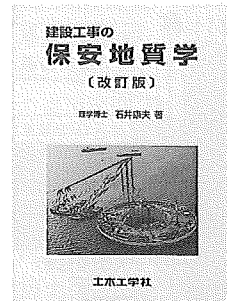
研究・開発

伊藤久也・鈴木哲也: 農業用パイプラインの現地載荷試験による損傷度評価, 水土の知, Vol.82, No.1, 2014.1.
 中沢楓太・三浦正悟・北村達也・沼上清: 鉄道に近接した大深度・大規模掘削工事におけるWEBを活用した

計測管理システムの適用事例, 地盤工学会誌, Vol.62, No.2, 2014.2.
 寺本卓・上山貴士: 奈良東部広域農道整備事業中之庄トンネルのLED照明設備, 水土の知, Vol.82, No.2, 2014.2.
 特集/建設発生土・汚泥・汚染土の削減技術, 基礎工, Vol.42, No.3, 2014.3.
 中島健三郎: トンネル・地下工事現場の無線不感地のWi-Fiエリア対応無線LAN伝送システム, 建設機械, Vol.50, No.4, 2014.4.

施 工

“水みち”を張り巡らせて液状化対策, ズームアップ [道路], 日経コンストラクション, 1月13日号, 2014.1.
 巨大ケーソン2函を近接施工, ズームアップ [地下], 日経コンストラクション, 1月27日号, 2014.1.
 特集/トンネル工事で活用される工法の特徴, 建設機械, Vol.50, No.2, 2014.2.
 山本さやか: 越中堰地区トンネル改修工法について, 農村振興, No.771, 2014.3.
 特集/巨石地盤における難工事克服の課題, 月刊推進技術, Vol.28, No.3, 2014.3.
 岩間史明: 山岳トンネルにおけるモバイル・コンストラクション・システムの活用, 土木技術, Vol.69, No.3, 2014.3.



ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!

建設工事の
保安地質学

[改訂版]

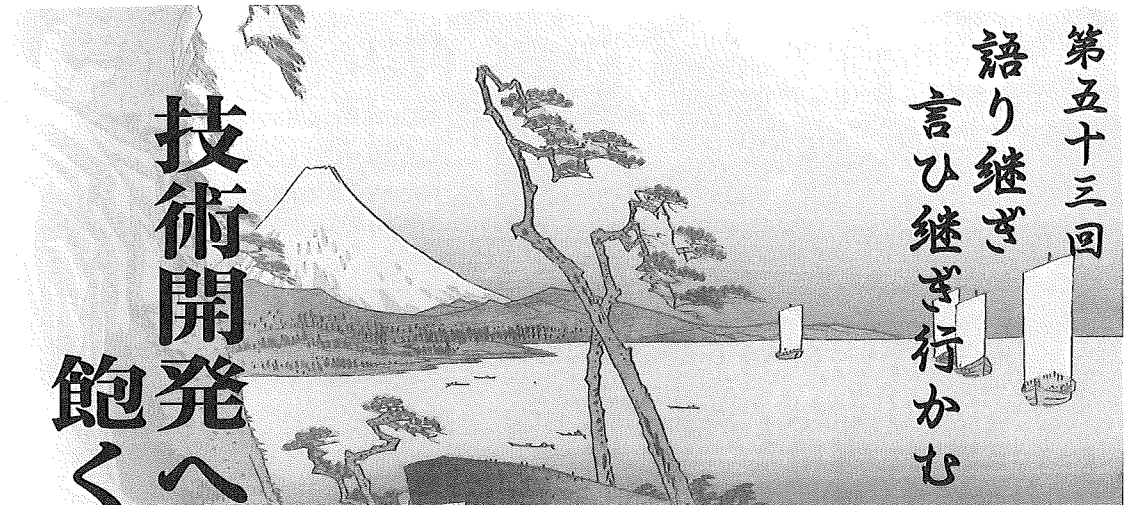
理学博士 石井康夫 著

A5判 上製本 475頁 価格6,300円 円350円

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



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



技術開発への飽くなき挑戦!

第五十三回
 語り継ぎ
 言ひ継ぎ行かむ

はじめに

昭和41(1966)年、佐藤工業に入社して最初に配属されたのが、中央自動車道の犬伏トンネルの現場でした。600mほどの短いトンネルでしたが、毎日測量と現場管理に明け暮れ、辞めようと思ったことが何度かありました。しかし、こんなことでへこたれていたら、どんな仕事をしても動まらないと自分に言い聞かせました。

初めての貫通で、自分の測量したセンターに削岩機のノミが地表を突き破って顔を出したとき、これまでの苦労も一瞬のうちに吹き飛び、今まで経験したことのない感動を覚えました。それが私のトンネル人生の始まりでした。以来、高速道路、鉄道、水路トンネル現場に23年(7現場)、本社を含めて約40年、トンネル工事に携わることになりました。

本稿では、私のトンネル屋としての人生を振り返りながら、おもに現場と本社で取組んだ技術開発

を中心に、なぜ技術開発に取り組んだのか、新しい技術開発までの問題・課題への対処方法などについて述べ、少しでも若いトンネル技術者のみなさんの参考になれば幸いです。

矢板工法からNATMへ

■西武秩父線羊山トンネル

昭和43(1968)年に担当した西武秩父線羊山トンネルは、330mの鉄道単線トンネルで、底設導坑先進上部半断面工法により施工しました。地質が軟質泥岩で水を含むと泥濁化するため、路盤の維持が困難でした。また、ディーゼル機関車の排気ガスで視界が悪く、測量には苦勞しました。そのため、休日は測量のチェック、チェックで、貫通までの約3か月間は休みもありませんでした。

この現場においてはコンクリート打設にアーチにコンクリートプレッサ、側壁にムカデコンベヤを使用しました。パイプレータと竹竿を上手に使い分ける世話役がい

(元)佐藤工業(株)
石田 義昭



著者近影 中央アルプス駒ヶ岳にて(2013.8)

て、コンクリートの仕上りがたいへん良かったことが強く印象に残りました。打設方法によって仕上りがこんなに違うものかと再認識しました。

■東海道本線猪久保トンネル

昭和45(1970)年に東海道本線猪久保トンネルに従事しました。トンネル延長は1,300m、底設導坑先進上部半断面工法による発破工法での発注でしたが、周辺にソニーの研究所や民家が密集しており、騒音・振動の影響を低減するため、複線鉄道トンネルではわが国で初めて三井三池製のロードヘッダ(自由断面掘削機)を導入しました。地質は土丹で、騒音や振動も少なく掘削能力もあるため、今後、軟岩トンネル掘削の主流になることが予測されました。

作業箇所が導坑、上半、アーチ、大背、土平、側壁と多岐にわたっており、地質が土丹層のため水を含むと泥濁化するので、中央排水を設けてレール盤の維持管理に努めました。

アーチコンクリートはプレスクリートで行いました。運搬と打設が同時に行われるのでメリットはあったものの、品質の面ではコンクリートポンプに比べると問題がありました。また、アーチコンクリートの最後の攻めは今日のような吹上げ方式ではなく、コンクリートパイプを引抜方式であったので、充填不足にならないよう神経を使いました。

■東京電力新高瀬川導水路トンネル

昭和46(1971)年、東京電力新高瀬川導水路トンネルの現場に赴任しました。信濃大町から高瀬川の上流約20km、北アルプスの大自然の中に、出力128kWという当時としては東洋一の揚水発電所建設工事でした。

当社の担当工事は、取水口、導水路トンネル(φ8m、L=1,400m×2条)、付替道路トンネル(L=930m)などでした。導水路は全巻き覆工でしたが、内径8mの全巻きコンクリートは日本では前例がなく、水圧も10kg/cm²(1MPa)と

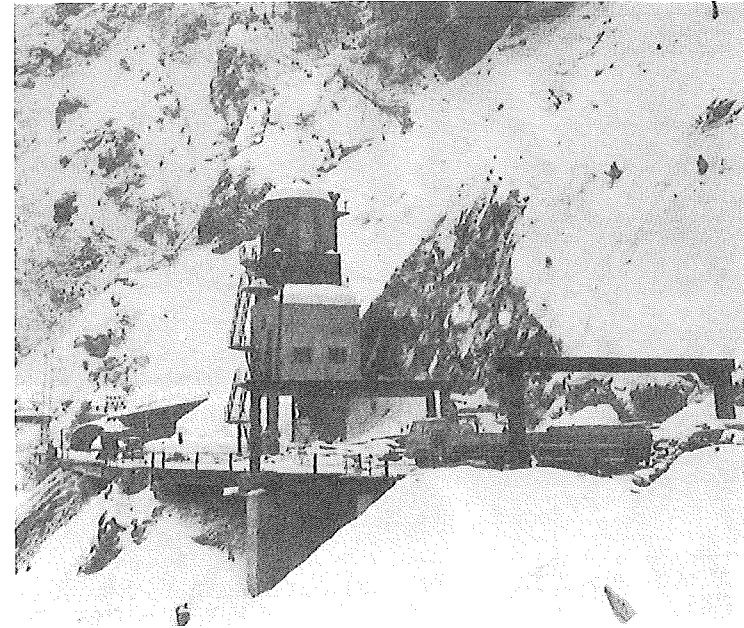
著者略歴

昭和41年	東京理科大学工学部土木工学科卒業 佐藤工業(株)入社
昭和41年	中央高速自動車道大月トンネル工事
昭和43年	西武秩父線羊山トンネル工事
昭和45年	東海道本線猪久保トンネル工事
昭和47年	新高瀬川発電所導水路トンネル工事
昭和54年	今市発電所導水路トンネル工事所長代理
昭和58年	本社土木本部技術部長
昭和60年	九州縦貫自動車道金剛山トンネル工事所長
昭和61年	九州横断自動車道杵島トンネル工事所長
平成4年	本社土木本部技術部長
平成8年	本社土木本部土木部長
平成11年	本社土木本部副本部長
平成14年	佐藤工業(株)退社

高いため、良質のコンクリートをいかに早く施工するかが大きな課題でした。5~6t/分程度の湧水のため、掘削盤が上がり、盤下げに時間がかかり、たいへん苦労しました。覆工コンクリートは圧力トンネルなので、施工前に矢板をすべて撤去し、湧水処理はシート防水が使えず、すべてホースで導水しましたが、湧水に対するコンクリートの品質管理には苦労しました。

女流作家の曾野綾子さんが、厳寒期のトンネル現場を見たいと当作業所に2泊され、取材されました。トンネル工事に興味を持たれ、作業員に溶け込んで話を聞いていたのがたいへん印象的でした。このときの取材を含め、7年間にわたる高瀬ダム工事の現地取材をもとに、昭和60(1985)年に土木の世界が事細かく描かれた『湖水誕生』(中央公論社)が刊行されています。この本は昭和61年に土木学会著作賞を受賞しています。

この現場に7年間従事し、厳寒



新高瀬川導水路トンネル 坑口全景(1972冬)

期の零下15度を下回る寒さ、大雪、雪崩、突風、春の鉄砲水、夏の豪雨による出水など、想像を絶するものがありました。しかし、抜けるような青空、色鮮やかな夏のシャクナゲ、秋の紅葉、カモシカや猿の群れを見ていると自然と心が和みました。

昭和54(1979)年、同じ東京電力の今市発電所導水路トンネル工事で、「長孔発破による急速施工」に挑戦する機会が訪れました。この現場で初めてNATMを経験し、私が技術開発にチャレンジした最初の現場となりました。

技術開発に目覚める

若いころは与えられた仕事をひたすらこなすことに一生懸命で、仕事の後の一杯とマージャンをするぐらいが唯一の楽しみでした。やがて結婚し、子供が生まれ精神的に余裕ができるようになってか

定概念にとらわれ、わが国ではこれまで実績がほとんどありませんでした。日本の地質は複雑で、堅硬な地質が少ないというだけでなく、ハードウェア(削岩機、火薬)、ソフトウェア(削孔技術、発破技術)、ヒューマンウェア(人間的要素)が伴わなければ成功することが難しい技術といわれていました。

導水路トンネルは延長924m、掘削断面59m²、仕上り内径7.3mで、上半先進工法によるNATMで施工しました。地質は輝石安山岩、地山等級はCH~B級の中硬岩で長孔発破には適していましたが、NATMが導入されてまだ間もないころでしたのですべてが未知数からのスタートでした。

ら、技術開発にも関心を持つようになりました。

私にとって決定的な転機となったのは、昭和54(1979)年に東京電力今市発電所導水路トンネル工事で「長孔発破による急速施工」に挑戦し、1発破進行長3.9m、最大月進234.5mを達成したときでした。それが私にとって技術開発との最初の出会いであり、私が技術開発に目覚めたときでした。

この現場で開発した急速施工法は効率面だけでなく、安全面と作業環境の面でも優れていることを実感しました。それが契機となって本社に転動してから、山岳トンネルの技術開発にかかわるようになりました。

■4mの長孔発破にチャレンジ

一東京電力今市発電所導水路トンネル工事一

長孔発破は急速施工に有効であるといわれながら、いろいろな固



今市発電所導水路工事 坑口全景(1981春)



今市発電所導水路工事 3.9mの長孔発破

導にきたスウェーデン、ニトロノーベル社の発破技師が「あなたたちは火薬を込めているのではなく、ただ置いてきている」と自ら手本を示し、完全に孔尻まで起砕させたのを目にしたときは、まさに「目からウロコが落ちる」思いでした。

これに自信を得て本坑で長孔発破を実施したところ、1発破進行最大3.9m、最大日進13m、最大月進234.5m、本坑掘削(L=924m)を5か月で完了し、当初目標とした3m以上の長孔発破と月進200m以上を達成することができました。心配していた余巻きについても、ルックアウト機構(差し角機構)によるスムーズプラスティングの効果によって7.3%と少ない値に収まりました。

成功した第一の理由は、発注者が民間で、施工法や支保パターンなどが施工者の判断に任されている責任施工であったので、長孔発破のような新しい技術を受け入れてくれたことです。設計変更もないためリスクもありましたが、急速施工によって効率化を図ることができたのです。



今市発電所導水路工事 坑内状況

第二の理由は、新技術に挑戦する強い意欲と人の和があったからだと思います。本社(技術部、研究所)、現場職員、下請、削岩機と火薬メーカーの総合力が成果につながったと思っています。このうち一つが欠けても成功しなかったでしょう。

安全面でもスムーズプラスティングの効果によって肌落ちの危険性が少なくなりました。また、作

業環境の面では通常の2倍の大容量換気設備(2,000m³/分)を導入して、運搬路になる上半盤をグレーダで定期的に敷き均すことによって、作業環境が大幅に改善したことが作業効率アップにつながったと思っています。

この現場で技術開発に目覚め、また自信となり、その後、現場と本社で技術開発に携わるようになりました。そして九州横断自動車

道杵島トンネルで開発したマイクロベンチ工法が、私のトンネル人生を賭ける現場になったのです。

■夢に浮かんだ新工法にチャレンジ九州横断自動車道杵島トンネル工事—

昭和61(1986)年、九州横断自動車道杵島トンネル工事(施工場所：佐賀県杵島郡北方町)を現場代理人として担当することになりました。

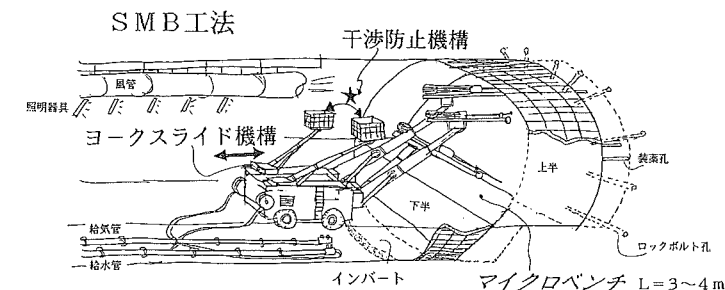
トンネル延長は1,200m、地質は第三紀層の砂岩・頁岩と第四紀層の角礫凝灰岩、地山等級はC~D級の軟岩でNATMの発破工法によるショートベンチカット工法で発注されていました。

この工法はこれまで上半と下半の作業が競合するため、作業効率が悪く、安全と作業環境の面で問題を抱えていました。私はこれらの問題点を抜本的に改善できる工法はないかと以前から考えていました。油圧削岩機の導入や積込み機械などが大型化されたにもかかわらず、なぜ矢板工法に比べ進行が伸びないのか？それはNATMの支保、すなわち吹付けコンクリートとロックボルト打設に時間がかかり過ぎることが明白でした。

この時間をいかに短縮するかずっと考えていたあるとき、夢の中で新しい工法が浮かんだのです。目が覚めて思い出そうとしましたが断片的なので、次の日から枕元にメモ帳を置きました。思いが通じたのか、何日か経って今度は鮮明に現れたのです。さっそく忘れないようにしっかりとメモをとりましたが本当に不思議な体験でした



杵島トンネル工事 上半ロックボルト打設と下半装薬孔せん孔の並行作業



従来との違い
新式の機械の開発により全断面に近い断面で施工できる。

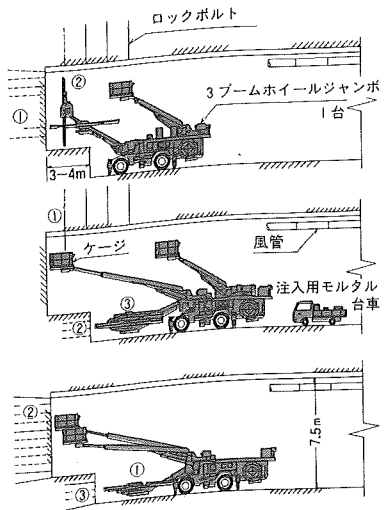
夢にでてきた新工法：NATMの効率的な施工法

(夢の中での新しい工法は、ドリルジャンボにヨークスライド機構、干渉防止機構を装備しており、上半作業、下半作業の同時作業が可能等々)。

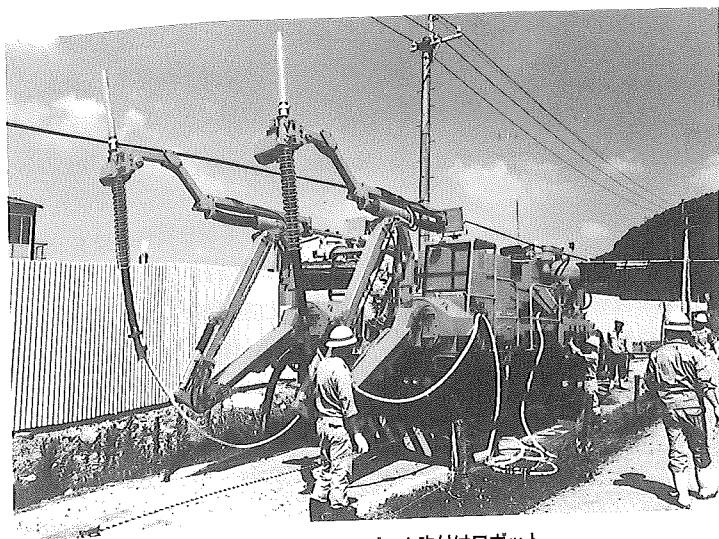
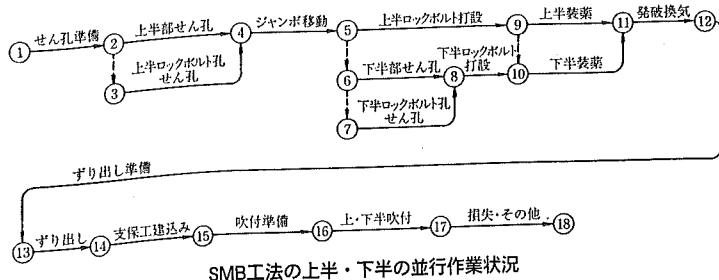
吹付けコンクリートについては、吐出量の多い吹付け機械を2台使用すれば時間が半分に短縮できる。また、ロックボルト打設については、ロックボルト孔のせん孔・打設と装薬孔のせん孔が上下作業にならないよう並行作業で行えばサイクルタイムが短縮でき、矢板工法と同等の進行が得られることい

う発想です。それが軟岩トンネルの効率化を図るために開発したSMB工法(佐藤・マイクロベンチ工法)のいちばん大きな特徴です。しかし、実施に至るまでにはいくつかハードルがありました。

- ① 社内(本社、支店)のコンセンサスを得る
 - ② 発注者(日本道路公団)の承認
 - ③ 新工法に伴う新しい機械の開発
- 社内では新工法について理解と協力が得られましたが、発注者の



- 施工順序**
- I. ①上半装薬孔せん孔
②ロックボルト孔せん孔
- II. ①上半ロックボルト打設
②下半装薬孔せん孔
③下半ロックボルトせん孔
- III. ①下半ロックボルト打設
②上半ダイナマイト装填
③下半ダイナマイト装填
④上半・下半同時発破



杵島トンネル工事 2ブーム吹付けロボット

日本道路公団は民間と違って会計法の制約もあり、また現在のように技術提案制度がない時代だったので、すんなり認めてくれるかどうか懸念されました。しかし熱意

が通じたのか工事事務所の工事長は、新工法の効率性、安全性、作業環境の面に優れていることに理解を示し、局の承認を得て実現することができました。

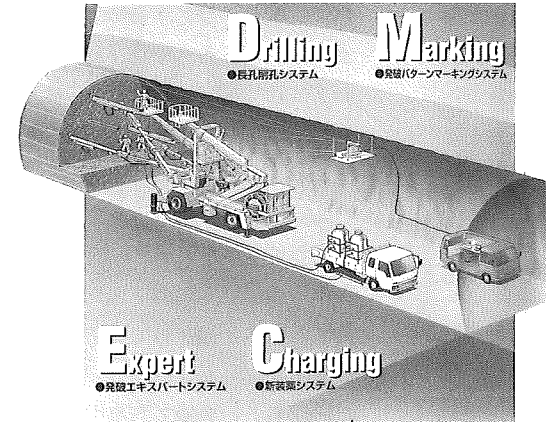
新工法を成功させるためには、新規に機械を開発する必要がありました。せん孔機械はマイクロベンチ工法に対応できる油圧式ホイールジャンボ(3ブーム、2バスケット)、吹付けコンクリートは2アームの吹付けロボット、支保工組立てはエレクタ台車を新規に開発しました。ざり出しについては坑口付近に民家が十数件あったので、夜間に坑内に仮置きできる当時としては珍しいベッセル工法を採用しました。

新しい工法で職員と下請も最初は戸惑いもありましたが、教育と現場での指導により徐々に進行が伸びました。最終実績は平均月進115m、最大月進144mで当時のショートベンチカット工法におけるC・Dパターンの平均月進70~80mに対して、約50%の効率アップとなりました。

安全については、全工期無災害で完了し、佐賀労働基準局長賞を受賞しました。作業環境についても当初2台の吹付け機械による粉じん量が心配されましたが、粉じん低減剤を使用することによって、目標値の3mg/m³以内に収めることができました。

このように効率面だけでなく、安全と作業環境の面で優れた工法であることをこの工事で実証しました。

マイクロベンチ工法は、補助ベンチ付き全断面工法として、その後、道路公団の標準工法となり、建設省、地方自治体、日本鉄道建設公団の標準工法にも採用されるようになりました。



発破工法の急速施工システム図(DMEC)



宮ヶ瀬導水路トンネル工事 超長距離トンネルの無人搬送状況

新たな技術開発を目指して

本社では現場と協力して新たな技術開発に取り組みました。その主なものを紹介します。

■発破工法の急速施工を集大成

今市発電所導水路トンネルで長孔発破の技術は確立しましたが、まだ以下の課題が残されていました。

- ・発破孔のマーキングシステムの開発
- ・地質に応じた発破パターンの標準化
- ・長孔発破に適した火薬の開発

これらの課題を解決するために開発したトータル発破システムDMEC(通称:ディーメック)は次の4つのシステムで構成されています。

- ① 長孔削孔システム(Drilling): 平行削孔と差し角調整機能を備えた油圧ジャンボによって、長孔削孔と外周孔のスムーズプラスティングを可能にしたシステム
- ② 発破エキスパートシステム(Expert): 掘削断面形状と地

質に応じた発破パターンを設定するシステム

- ③ 発破パターンマーキングシステム(Marking): レーザ光線で発破孔を切羽に連続して照射するシステム

- ④ 新装薬システム(Charging): ANFO爆薬と非電気式雷管(NONEL雷管)を使用して発破効率と装薬の自動化・省人化、安全性を図った新しい装薬システム

このトータル発破システム(DMEC)を北陸新幹線五里ヶ峯トンネル(上田工区)に導入し、月間掘進記録260m(鉄道複線トンネルの日本新記録)を樹立しました。

■小断面トンネルの急速施工システムを確立

これまで小水力の小断面トンネルは断面が小さいため、効率面と安全面で課題があり、技術開発が難しいといわれていました。これらの課題を解決するために、昭和60(1985)年、水資源開発公団奈良俣ダム導水路トンネル(延長1,500m)で、削孔に2ブームの油圧レールジャンボ、ざり積み機にシャフ

ローダ、ざり運搬にシャトルトレイン(12m³×2台)を組み合わせた急速施工システムを開発・導入しました。この工法を採用することにより最大月進315.6mを記録し、効率と安全面に優れた工法であることを実証しました。機械の新規開発費用はかかりましたが工期短縮によってコストダウンを図ることができました。

■超長距離トンネルの無人搬送およびTSPシステム

建設省関東地方建設局の道志導水路は、宮ヶ瀬ダムと津久井湖を結ぶ掘削外径3.5m、延長7kmをフルシールドタイプのTBMで施工する工事でした。ここでは掘削ざりや覆工用のコンクリートセグメントを無人で運行管理するトンネル資材自動搬送システム(ジオ・シャトル)を開発・導入しました。車両の運行(複線)はすべて坑外の中央制御室で行うので、無人化による省人化、安全性および効率性の面で成果を上げました。

また、この現場は地質の変化が激しく、何度か切羽が崩壊しました。このため、スイス、アンベル

グ社のTSPシステム(切羽前方探査システム)を導入したところ、切羽前方100~200m先の地質が把握できました。

先進ボーリングではTBMの掘削進行に見合う調査が難しいことから、小断面のTBMではたいへん有効でした。

■大型ブレーカを中硬岩トンネルに導入

平成5(1993)年、四国地方建設局発注の一般国道55号大砂トンネル(延長198m)は当初発破工法で計画されました。立地条件としてJR牟岐線の鉄道トンネルが近接しており、発破工法に比較して騒音・振動が小さいフィンランド、ランマー社製G-100の大型ブレーカ(全装備重量3,800kg)を導入して、全線施工しました。

地質は四万十層の頁岩(圧縮強度600kg/cm²(60MPa)前後の中硬岩)でしたが、効率の面で発破工法とほぼ同等の進行が得られました。

本工事では、施工環境を配慮し、イタリアなどの諸外国の施工実績も踏まえて大型ブレーカを使用する機械掘削工法を採用したところ、発破工法に十分対抗できる工法であることを実証しました。

トンネル施工の原点は急速施工

これまで私自身の現場と本社スタッフとして現場と協力しながら進めてきた技術開発について述べてきました。私自身、トンネル施工の原点は急速施工であると思っています。工期短縮によってコストダウンを図ることは、発注者と施工業者にとって共通のメリットであるからです。昔は施工効率を優先し、安全面と作業環境面が多少おろそかになっていたことは否めませんが、現在では安全と作業環境を改善することが相乗効果となって施工効率がアップし、コストダウンにつながるものと思っています。私は多くの技術開発に携わってきましたが、本気で技術開

発に挑戦しようとする強い意志とそれを実現する人の和があれば、必ず成功すると信じています。

おわりに

NATMがわが国に導入されてから40年近くになりますが、安全、作業環境、効率の面でまだまだ改善する余地が残されていると思います。ニュートンは「リングが木から落ちるのを見て万有引力の法則」を発見したように常日頃から現状に疑問を持ち、「もっと良い方法がないのか」「これは使いにくいな」「不便だな」とつねづね考えていると、ある日突然解決策がひらめくことがあります。徹底した施工者目線で改善点を考えれば、新工法・新技術はたやすく生まれると思います。自動車やコンピュータにおける技術開発の歴史をみれば、まさにそのとおりだと思います。若いトンネル技術者のみなさんがおおいに技術開発に挑戦することを期待いたします。

施工

急勾配V字推進工の施工

—東京電力 地中送電用トンネル—

東京電力(株)埼玉支店埼玉工事センター管路グループ 梶原 誠

東京電力(株)東京支店上野支社地中送電保守グループ 稲村 常春

東京電力(株)建設部土木・建築技術センター管路技術グループチームリーダー 大野 弘城

(株)アルファシビルエンジニアリング事業本部技術部技術統括課長 森田 智

1 はじめに

一般的な中口径の推進工事は上下水道工事を始め、当社でも多用しているが、急勾配(縦断勾配10%以上)推進に関して(公社)日本下水道協会などの設計図書などに具体的設計手法はほとんど記述されていない。

一方、電力用管路の設備形成においては、推進線形を急勾配とした場合でもケーブルを収容することが可能であり、推進距離の短縮や立坑の浅層化によるコストダウンにつながることになる。

本稿では、今後の急勾配の推進工の設計・施工に寄与することを目的とし、東京電力(株)埼玉支店にて実施した長距離・急勾配かつ平面曲線・縦断曲線を複数含む複合曲線での推進工(φ900mm泥濃式推進工法)の施工事例について報告するものである。

2 工事概要

工事概要を図-1および以下に示す。

工事件名：菖蒲南部産業団地供給管路工事

工事場所：埼玉県久喜市菖蒲町

工期：平成23年4月～平成25年3月

設備概要：中口径推進管路区間

(内径φ900、内部配管φ150×4d)

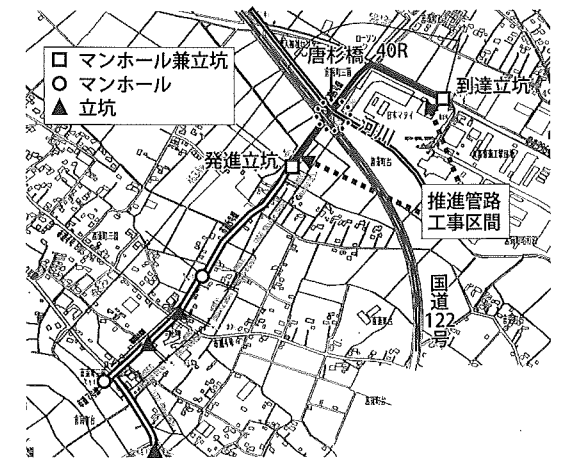


図-1 工事概要平面図

	L = 583m
他工法区間	L = 1,170m
マンホール・立坑	L = 37m
全巨長	ΣL = 1,790m

一般的に電力用管路埋設位置は道路占用が基本であり、工事費低減のために工事巨長が最短となるルートで、開削工法を基本としている。しかし、掘削禁止箇所や埋設物が輻輳している箇所、河川や鉄道横断箇所においては非開削工法を採用することになる。

本工事はルート上に河川横断箇所が存在するために非開削工法として機械式推進工法を採用し、

道路ならびに河川管理者との協議により、長距離・急勾配かつ平面曲線・縦断曲線を複数含む複合曲線となった。この機械推進区間の事例について詳細を以降に示す。

3 推進工事の概要

3-1 推進工事の条件

推進工事の条件を以下に示す。

管内径：φ900mm

推進距離：583m

縦断勾配：下り13.5%～上り8.3%～上り1.4%

平面曲線：R=200m～R=400m～R=40m

本工事のルート上には、河川に架かる道路橋に基礎杭(鋼管杭：φ800, L=16m)が存在する。基礎杭の配置から計画路線が平面的に避けられないため、基礎杭の下方を通過せざるを得ない。基礎杭への接触および影響を考慮し離隔(1D以上)を確保する線形とした。

発進立坑位置は地上プラント配置のための用地が必要であり、市所有の未利用地を借地し発進立坑として使用した。到達立坑位置と深さについては、既設管路との関係を考慮し決定した。また可能なかぎり立坑の掘削深さを浅くするとともに推進距離が短くなる線形とした。そのため、図-2に示すような高低差(最大土かぶり26m)を有するV字線形となった。

本工事のように、掘削禁止区域や平面的に埋設物および障害物を避けられないなどの条件によりV字線形となる場合がある。しかしこの線形を採用することで、発進および到達立坑を浅くし、推進距離を短くできる。

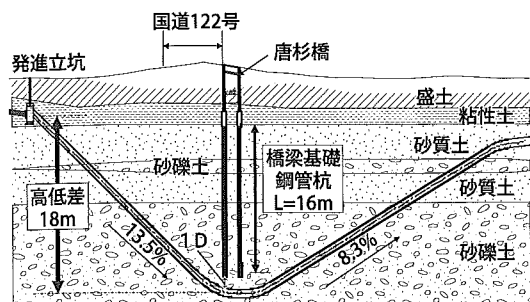


図-2 推進区間縦断面図

3-2 地質状況

既設橋梁近傍で実施した地質調査の結果、ルート上の地質状況は、図-2に示すように地表からGL-約4.0mまで埋戻し土、GL-約8.0mまで粘性土層、GL-約22.0mまで砂質土層、GL-約22.0m以深は砂礫土層であり、粘性土層→砂質土層→砂礫層→砂質土層→粘性土層の地層を順次通過していくこととなる。

地質調査の結果、地下水位はGL-1.0m程度であり、最深部においては0.25MPa程度の水圧が作用することが想定された。またGL-約22.0m以深の砂礫土層では、N値50、最大礫径50mmが想定された。

3-3 推進工法の選定

本工事では、交差点部を通過するため図-1に示すように曲率半径40m(以降、40Rとする)の平面曲線があり、図-2に示すように縦断線形も急勾配である。

また、地質も粘性土層、砂質土層および砂礫土層を掘削しながら推進していくことを踏まえ、表-1に示す工法比較を行った。

泥水式推進工法については急曲線に対応可能であるものの、長距離推進では管内の流体抵抗力が大きくなり、また発進部からの高低差が18m程度となっているため、排土搬送能力に課題を有し、流量の確保・切羽の圧力保持が困難となるケースも考えられる。対策として中継ポンプの設置が考えられるが、本工事においては管内径がφ900mmであることから管内への中継ポンプ設置は不可能であった。

以上のことから、施工性、周辺環境、経済性などを総合的に判断した結果、泥濃式推進工法を採用した。

表-1 推進工法比較表

	刃口式	泥水式	土圧式	泥濃式
推進距離	×	◎	△	◎
急曲線	○	◎	△	◎
対応土質	×	◎	○	◎
発進立坑用地規模	◎	×	○	○
評価	×	○	△	◎

4 推進工事計画詳細

以下に推進工事計画の詳細を示す。

4-1 推進機

本工事にて使用した推進機を写真-1に示す。推進機の仕様については40Rの平面曲線が存在するため、図-3に示す3段中折れφ900mm推進機(外径1,120mm)とし、また高水圧下での掘進を考慮して完全遠隔操作型高水圧対応機を採用した。

泥濃式推進機は写真-2に示す排土バルブの調整により切羽圧のバランスを取るが、本工事のように高水圧下の場合、バルブに負担がかかることが想定される。推進距離も長いことから、1つ目のバルブが故障した場合に備え、排土バルブは2段接続構造とした。

4-2 推進管

本工事における総推力については以下の式で算出した¹⁾。

$$F = F_0 + (R_1 S L_1) + (R_2 S L_2) \dots$$

ここに、

F：総推力(kN)

F₀：カット前面抵抗値(kN)

R₁～R₂：管外周面抵抗値(kN/m²)



写真-1 φ900mm泥濃式推進機

S：管外周長(m)

L₁～L₂：延長(m)

$$F_0 = (P_w + P_e + P_s) (\pi/4) D_i^2$$

ここに、

P_w：カット室内切羽圧(地下水圧+20.0kN/m²)

P_e：地盤強度(N値)抵抗値(換算N値×4.0)

P_s：玉石掘り起こし抵抗値(最大玉石径÷管内径×200)

D_i：掘削外径

以上の式から総推力は、F=2,800kNと求められた。管耐力および曲線通過時の外圧強度を検討し、表-2に示す推進管を選定した。

外圧強さについては、40Rの平面曲線部での強度不足が懸念されたが、詳細検討の結果全線で1種管の採用が可能となった。

コンクリートの圧縮強度については、50N管を基本としたが、総推力の検討結果から、70N管も全体の約45%使用した。

管長については、曲線部の抜出し長を考慮し、40Rの平面曲線部を通過する推進管は1/2管(1.2m)を使用した。

継手性能については、①GL-10m以深の作用水圧、②平面曲線40R施工時に必要なクッション材の配置に伴う目地開口量の増加、に対応するためJC継手を選定した。なお、JC継手の耐水圧規格値は0.2MPaであるが、作用水圧を上回る十分

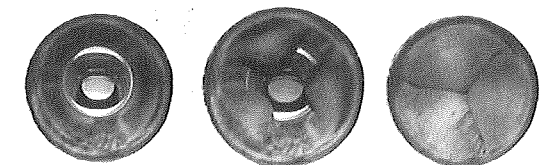


写真-2 排土バルブ

表-2 使用推進管一覧表

管径	外圧強さ	圧縮強度	継手性能	管長	本数
φ900mm	1種管	50N	JA	標準管	6
		70N	JA	標準管	13
		70N	JC	標準管	95
		50N	JC	標準管	21
		50N	JC	1/2管	207

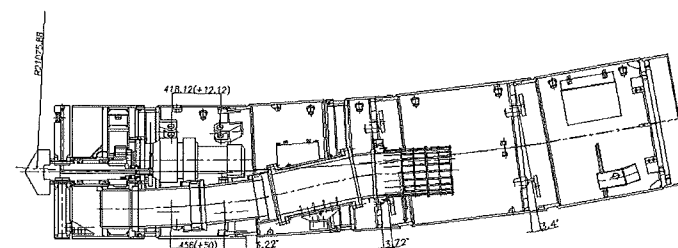


図-3 φ900mm推進機カーブシミュレーション図

な水密性を有していることを試験で事前に確認した。

中押し管については、推力計算上不要であったが、長距離・急勾配かつ複合曲線であることから、腰切推力の上昇リスクを考慮し、2か所に装備した。

4-3 吸泥排土装置

泥濃式推進工法では掘削した土砂を高濃度泥水と攪拌混合して流動化させ、発進立坑側に設置した吸泥排土装置の真空力を用いて吸引し排泥する。φ800~1,000mmクラスの推進管内には中継ポンプを設置することができないため、発進立坑に設置した吸泥排土装置の能力が施工限界の支配的要因となる。

本工事においては高低差が最大18mとなることから高低差に起因した吸引不能となる可能性が想定されたことから詳細な検討を実施した。

本工事では出力75kW、吸引能力80kPaの装置を使用した。同装置能力80kPaを水の揚程に換算すると8.2mとなる。排泥の比重は掘削対象土質に合わせて、高濃度泥水の配合を変えるため、もっとも比重が大きくなる砂礫土を対象として揚程に換算すると $8.2m \div 1.54 \div 5.3m$ となる。このことから計算上は排泥を吸引可能な高低差は5.3mとなるが、それ以上の高低差でも推進工事の施工実績があり、計算結果と乖離が見られるため吸泥能力について再検討した。

上記計算で導かれた揚程5.3mとなる比重は図-4に示されるように排泥管内がすべて排泥で満たされた状態となっている。しかし、実際は図-5に

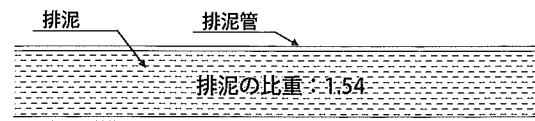


図-4 排泥管内がすべて満たされている状態

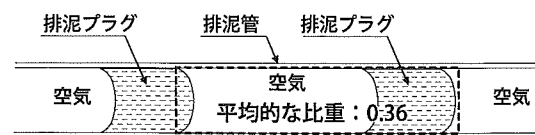


図-5 実際の排泥状態

示すようにプラグを形成し空気にはさまれた状態で排泥管内を流れる。そのため、排泥の比重は1.54以下となる。ここで、見かけの比重を0.36とすると、揚程は $8.2m \div 0.36 \div 22.8m$ となる。当社においても高低差10m以上の推進工事実績はほとんど存在しなかったが、以上の検討結果より本工事の高低差18mは十分施工可能であると判断した。

4-4 内部配管

通常、中大口径管推進工法により設備形成した推進管の中には、地中送電線ケーブルを複数回線収容することとなる。このため、図-6の断面に示すように、収容される地中送電線ケーブルのサイズに応じて小口径管(本工事では内径φ150mm)を内部に配管する。

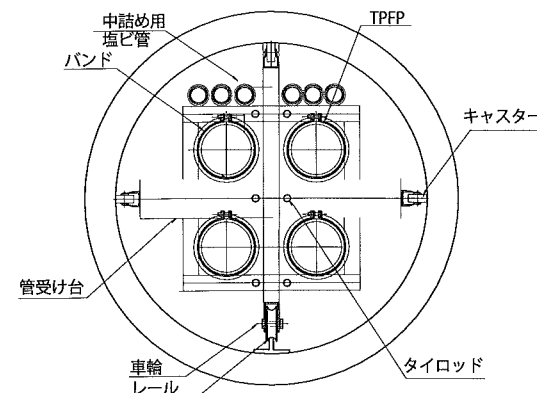


図-6 内部配管施工図

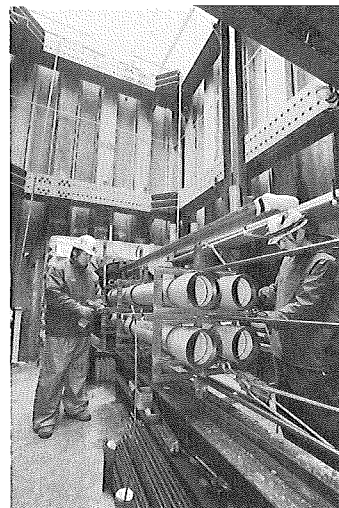


写真-3 内部配管状況

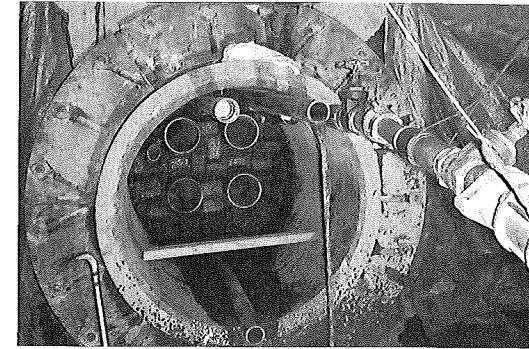


写真-4 中詰め状況

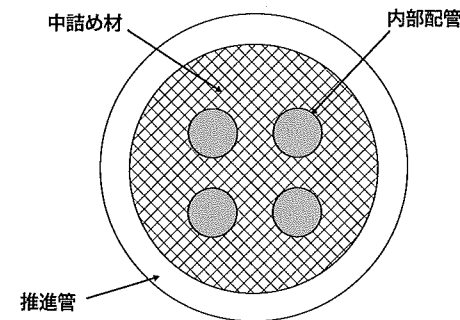


図-7 中詰め施工後状況図

推進管内の内部配管は、写真-3に示す当社および関電工により開発された方法²⁾を採用した。

4-5 中詰め

地中送電ケーブルに送電するとケーブル導体部に熱が発生しケーブル温度が上昇する。この発生した熱を外部に放散することができなければ、ケーブル温度が許容値を超過し、絶縁破壊に至る可能性がある。そのため、写真-4および図-7に示すように発生した熱が外部に放散しやすいように熱抵抗値の低い材料(電力用低g値スラリー³⁾)により中詰めを実施した。

5 施工管理計画について

以下に施工管理計画を示す。

5-1 切羽・推力・排土

泥濃式推進工法においては、切羽圧の管理と排土管理は直結していることから、推進中の切羽圧の管理が一番重要となる。本工事においては地下水圧+0.02~0.04MPaの範囲となるよう切羽圧の管理を行った。

また、推進力としては計画推進力と実施推進力とを対比、排土量としては高濃度泥水注入量と計画掘削土量の合計と実際の排土量とを対比することで管理を行った。

5-2 高濃度泥水

泥濃式推進工法では掘削土質に合わせた配合の高濃度泥水を切羽に充填し、切羽の安定を図る。

本工事においては、掘進に伴い、粘性土層→砂質土層→砂礫層と土質が変化することから、掘削土質に合わせた配合を適宜送泥した。

5-3 線形管理

本工事においては、上下50mm、左右50mmの管理値を設定し、線形管理を行った。また最大高低差が18mあることから高低管理が重要であり、水圧レベルセンサによる常時管理のほかに、レベル測量も適宜実施した。

6 安全対策

本工事においては、前述のように推進管路の勾配が最大下り勾配13.5%、最大上り勾配最大8.3%の施工であるため、通常の管内安全対策に加え、以下の対策を実施した。

6-1 移動台車

通常、推進内径がφ800~1,000mm程度の機械推進工法の施工時には、写真-5に示すような移動台車を用いて、施工時における測量作業や推進管内への内部配管作業などを実施している。本工事においては縦断勾配に起因した移動台車の逸走に伴う災害発生などのリスクが想定されたことから、

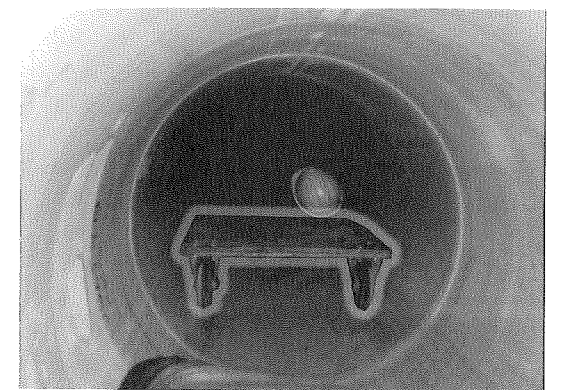


写真-5 通常使用する台車

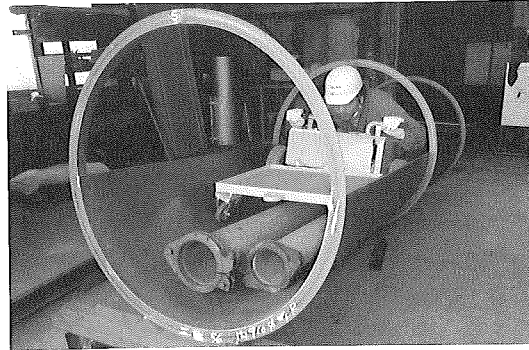


写真-6 本工事で使用した電動台車(走行実験中)
台車の逸走を防止するため、写真-6に示すように推進内径φ900mmでも使用可能なバッテリー駆動の電動台車を製作し作業を実施した。

6-2 浸水対策

近年、発生しているゲリラ豪雨などによる立坑への浸水や目地部などからの不測の出水による管内への浸水の際には、V字線形の最深部に水が溜まること予想された。そのため、泥濃式推進工法の吸引排土方式を活用し、万が一の浸水が起きた際は排泥管にサクシオンホースを接続して吸引することで立坑へ排出する対策を実施するとともに、最深部には管内状況を確認するための監視カメラを設置し、遠隔操作盤(立坑内設置)において常時確認可能な状況とした。

6-3 その他の安全対策

上記の安全対策に加え、勾配に起因し想定される以下の対策を検討・実施した。

- ① 発進架台・推進機・推進管の滑り対策
- ② 内部配管材・工具の滑り、落下対策

7 施工結果

施工結果について以下に示す。

7-1 推力

図-8に示すように計画推力2,800kN

に対し、実績最大推力は2,300kNであった。中押し管を装備していたものの、計画推力より低推力で掘進できたことから、最後まで使用しなかった。

全体的な傾向として計画を下回る推力であったが、最深部から上り勾配への変化点および上り勾配を掘進中に推進力が高くなる傾向が見られた。

7-2 線形管理

本工事の線形出来形管理グラフを図-9に示す。測量頻度は直線部の推進時には推進管1本あたり1回(2.43mに1回)、40Rの曲線部は推進管1本あたり2回(1.2mに1回)を基本とした。その結果、鉛直・水平ともに管理値以内を確保し、鉛直-17mm、水平24mmの到達精度であった。

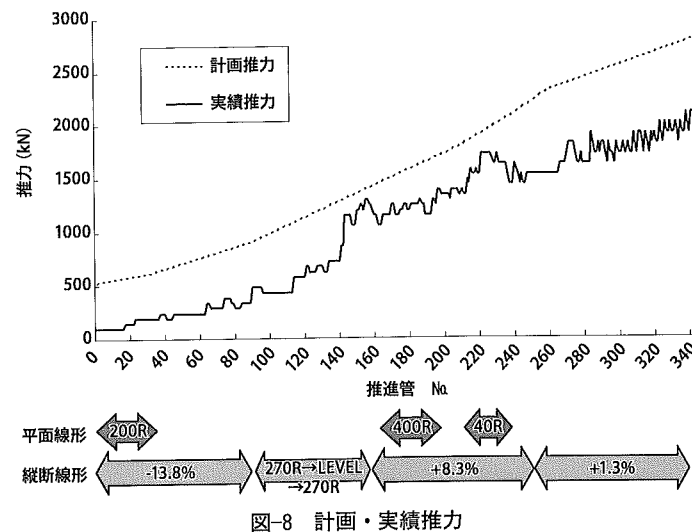


図-8 計画・実績推力

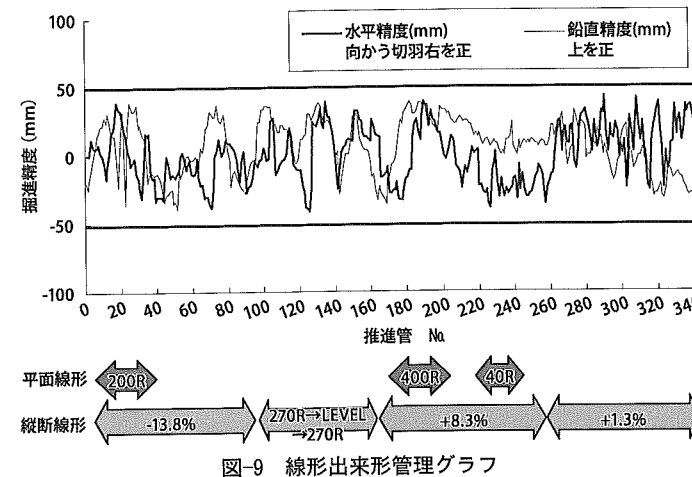


図-9 線形出来形管理グラフ

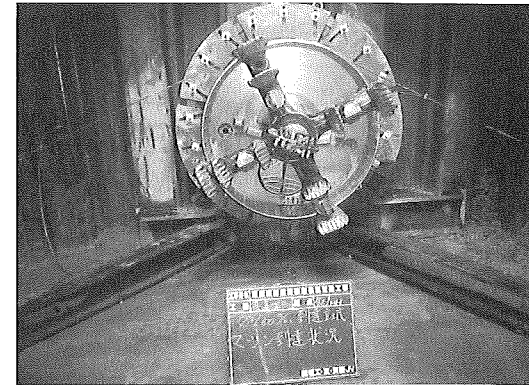


写真-7 推進機到達状況

7-3 排泥不良・排泥管の閉塞

過去の施工実績を大幅に上回る18mの高低差に起因する排泥不良や排泥管の閉塞などトラブルの発生が懸念された。掘進不能に陥るなどの大きなトラブルは発生しなかったが、排泥バルブ内での閉塞や排泥管内の閉塞は発生した。

排泥バルブ内の閉塞については、砂質土から砂礫土へと地層および透水性の高い地盤に変化する場所および最深部で多く発生した。

排泥管内の閉塞は砂礫土掘進時に、V字線形の最深部において発生する傾向があった。そのメカニズムについては次のように推測される。

- ① 砂礫土は細粒分が少なくプラグから礫分が沈降分離しやすい。
- ② 沈降分離した礫分が管底部(その中でもV字線形の最深部)に溜まる。
- ③ 礫分が管底部に溜まった状態で次のプラグが搬送されてきた際に閉塞に至る。

以上の発生要因に加え、空気および排泥の流れる方向(ベクトル)が急激に変化することも原因として想定される。

設計面での対策としては、最深部の曲率を緩和するために最深部にレベル区間を設けることで礫分の最深部への堆積を減らし、吸引時の空気の流れを緩くすることで閉塞の発生を防止できると考えられる。それに加え、施工面での対応として、

真空ポンプの停止前に排泥管中の排泥がすべて排出されたことを確認し、真空度の高い(高負圧)状態を解除することが重要と考えられる。

7-4 日進量

地層が変化する場所や最深部にて、排泥管の閉塞による日進量の低下があったが、それ以外の区間においてはトラブルなく進捗し、設計日進量5.2mに対し、実績は6.6mであった(8時間施工)。

8 おわりに

本工事は、具体的な設計手法が確立されていない急勾配を含む長距離かつ複合曲線の線形であったが、本稿に示した吸泥排土装置の能力を始めとする各種検討を行い、無事に施工を完了した。

ただし、砂礫地盤掘進時にはV字線形の最深部で排泥管の閉塞が多く発生し、日進量の低下を招いたことから対策検討が必要であることがわかった。

本工事のように、安全面についても十分検討すれば、急勾配の線形を採用することで推進距離の短縮や立坑の浅層化によるコストダウンが図れることから、今後も施工データの蓄積を行い、吸泥排土方法の改善などによる日進量の向上など、更なる検討を実施していく。

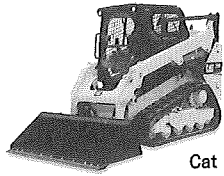
最後に、工事施工にあたり、ご協力いただいた関係各位に誌面を借りて深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 超流セミシールド協会：泥濃式推進工法「超流バルンスセミシールド工法」設計指針(案)・積算要領(案)，平成22年改訂版，2010。
- 2) 東京電力・関電工：急曲線部を有するトンネルへの小口径パイプ引き入れ方法およびその装置，特許第3532804号，2004.3。
- 3) 高橋守男・伊藤裕之・阿部秀人・田中秀一：残土を再利用したスラリー埋戻し工法の開発，電力土木，No.266，pp.59-65，1996.11。

工法・技術・製品ニュース

製品 オフロード法2011年基準適合のコンパクトトラックローダ



Cat 259D

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@cat.com

キャタピラー・ジャパンは、多彩なCatワークツール(アタッチメント)により幅広い現場で活躍するコンパクトトラックローダCat 259Dの国内での販売を開始した。

同機はCat 259B3のフルモデルチェンジ機となる。従来機より4%エンジン出力をアップしたオフロード法2011年基準適合のエンジンを搭載し

た。さらに、広いスペースと優れた視界性を確保した転倒時運転者保護構造や落下物保護構造などの規格に適合させた新型オープンキャブや、きめ細かなアクセルコントロールが可能な電子制御式スロットルダイヤルを採用した。セキュリティコード入力式の盗難防止機能も標準装備となっている。

工法 狭隘部や施工困難部に高密度な吹付け層を構築



吹付け状況

安藤ハザマと日本基礎技術は共同で、放射性廃棄物埋設施設において外部とのバリア層となる高密度のベントナイト混合土層を、汎用機械によって施工する「ベントナイト混合土吹付け工法」を開発した。

同工法は、汎用機械である小型圧力釜式吹付け機に改良などを加えることで、粘性の高い材料の吹付けを可能にしたもの。吹付けによりベントナイト混合土層の狭隘部や斜面部への構築が可能となった。ベントナイトを15%、砂を85%配合(乾燥質

量比)した混合土を、平均で毎時約2tの速さで吹付けることで、高密度(湿潤密度で2.0t/m³程度)かつ低透水性(透水係数10⁻⁹m/s以下)のバリア層を構築することができる。また、吹付けた混合土のリバウンド率をおおむね15%以下に抑え、施工の効率化を図った。

これにより、従来は締固めや転圧が困難であった埋設施設の法面や地下空洞内の狭隘部などでの、ベントナイト混合土層の施工が容易になったとしている。

安藤ハザマ CSR推進部
TEL 03-6234-3606
http://www.ad-hzm.co.jp/

新刊図書のご案内



パンフレットで読み解く 東京メトロ建設と開業の歴史

東京地下鉄(株) 編著 実業之日本社
B5判 224頁 本体価格2,800円 2014年4月刊

本書は、昭和2年の銀座線浅草～上野間の開業から平成20年6月の副都心線池袋～渋谷間の開業まで9路線195.1キロの建設と歴史を当時のパンフレットで紹介するものである。9路線それぞれに歴史を映す物語があり、時代のニーズに対応した、安全・快適に利用いただくための技術開発の過程がわかる。

施工

親子シールドによる半径35mの急曲線施工と地盤改良体切削

—東京都下水道 東大島幹線および南大島幹線—

東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第一課長 久本 洋二
東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第一課工事第二係長 瀬ノ口 正行
東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第一課工事第二係 伊藤 忍
鹿島建設(株)大島幹線工事事務所 大瀧 真道

1 はじめに

東大島幹線および南大島幹線は、東京都江東区および江戸川区の一部の雨水を収容する雨水幹線であり、内径および施工延長は以下に示すとおりである。

- ・東大島幹線：延長約0.7km(内径6,000mm)
- ・南大島幹線：延長約0.8km(内径4,500mm)

本工事は、東大島幹線と南大島幹線合流部の断面変化地点において、線路上での立坑用地の確保が困難なため、親子シールド工法を採用するとともに、建設中の小松川第二ポンプ所の躯体の一部

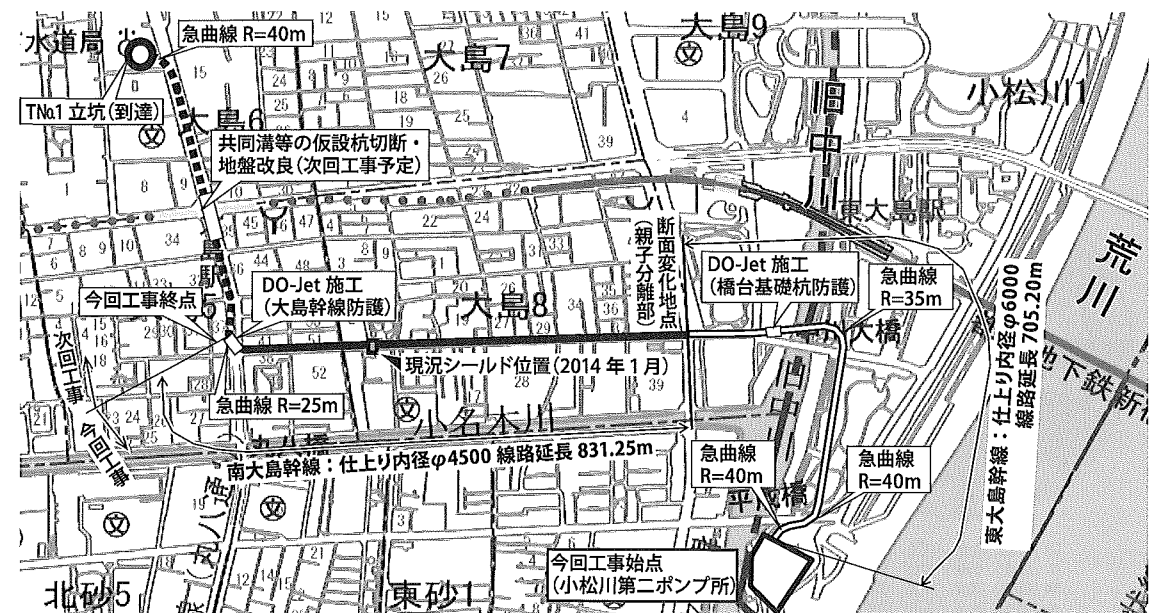


図-1 線路平面図

を発達立坑とした(図-1)。

本幹線の施工は、旧中川に架かる橋台の基礎杭や既設大島幹線との近接施工が存在し、影響低減を目的とした地盤改良が必要となる。また、線路上には共同溝などの仮設杭が残留されており、幹線通過に支障となる。しかし、幹線ルート直上に構造物が存在するため、地上からの地盤改良および支障物撤去は困難である。そこで、シールドからの地盤改良および支障物の切断・撤去が可能なDO-Jet工法を採用した。

本工事は、最大土かぶり40mの大深度施工、急曲線施工、NOMST発進なども含めた特殊条件下において、シールド工事を進めている。今回は、その途中結果(2014年1月まで)を報告する。

2 シールドの特徴

本幹線工事におけるシールドの特徴は、諸条件に対応するため複合機能を搭載していることである。

それらの諸条件(機能)について以下に示す。

- ① 大深度(土かぶりGL-25~40m)、メタンガス賦存土層掘進(防爆仕様)
- ② 急曲線(最小曲率 R=25m)
- ③ NOMST発進(壁厚2.8m)
- ④ DO-Jet工法(大口径初施工)

⑤ 親子シールド

(シールド外径φ7,100mm→φ5,340mm)

これらの複合機能を搭載したシールド施工は前例がなく、シールド計画・設計は非常に苦慮した。まず、カッタフェイスについて記載する。シールドは、対象土層が粘性土主体の泥土圧式であり、スポークタイプを選定した。しかし、DO-Jetノズル、配管、親子分離脱着ジャッキなどを配備するスペースを確保するため、図-2に示す面盤タイプのようなカッタフェイスにせざるを得なかった。カッタ内部には、コピーカッタ、移動式ノズル、親子分離脱着ジャッキおよび配管・油圧ホース類などが配備されているため、カッタの厚みは920mmと大きなものとなった。また、開口率は、親機32.7%、子機30.0%と小さく、土砂の取込み不良、

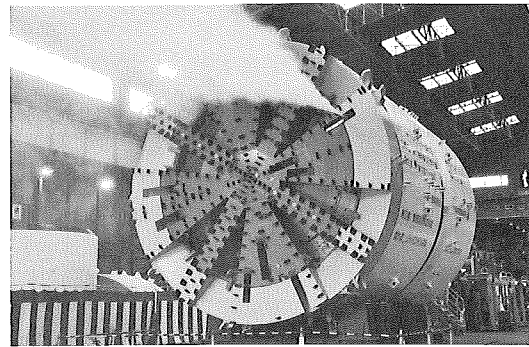


写真-1 DO-Jet噴射テスト状況

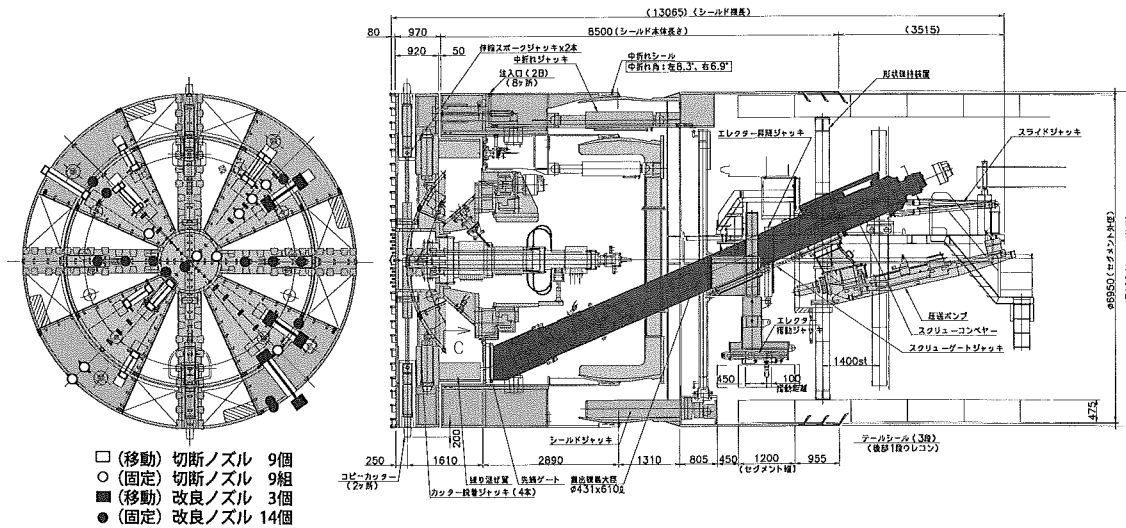


図-2 シールド図(親機)

- (移動) 切スノズル 9個
- (固定) 切スノズル 9個
- (移動) 改良ノズル 3個
- (固定) 改良ノズル 14個

面盤閉塞が懸念された。

DO-Jetノズルは、固定式、移動式あわせて35組配備しており、支障物となるH形鋼などを300mm×300mm以下の大きさに切断できるように配置している(図-2)。

写真-1は、工場での超高圧(245MPa)噴射テスト状況である。

なお、ノズルにはカバープレート(蓋)、およびノズル保護ビットを設置し、NOMST切削、掘進時にノズルが損傷しないよう防護した(ノズル使用時は、ジェット噴射により、カバープレートを切断する)。

スクリーコンベヤは、スクリー径φ620mm(リボン式)とし、H形鋼などの300mm×300mmのサイズを搬出可能とした(搬出礫最大径φ431×610L)。スクリーコンベヤの土砂取込み口は、シールド最下端には設置できず、子シールド内となるため、土砂を取込み口まで円滑に運搬する必要がある。そこで、親カッタのスリット部を斜めにし、スクレーパのようにした。また、土砂の搬出方法はポンプ圧送方式を採用している。

シールド内部は親子かつ急曲線施工対応シールドのため狭小であり、その中にDO-Jet施工に必要な設備(注入用バルブ類、スイベルなど)を配置計画するのに苦慮した。

また、メタンガス賦存土層を掘進するため、シールド設備は防爆仕様としている。さらに、テール部の地下水の浸入(溶存ガス)を抑制するため、テールブラシ3段とし、最後部にウレコンシールを採用した。

3 施工計画と施工実績(途中経過)

3-1 掘進土層について

図-3に地質縦断図を示す。当施工区域は、東京低地の東南端部に位置した河川に囲まれた地域であり、ルート上の地下水位は地表面より1~3m

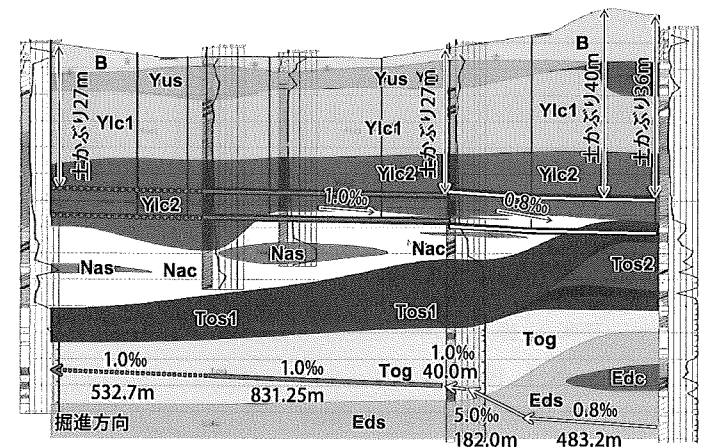


図-3 地質縦断図

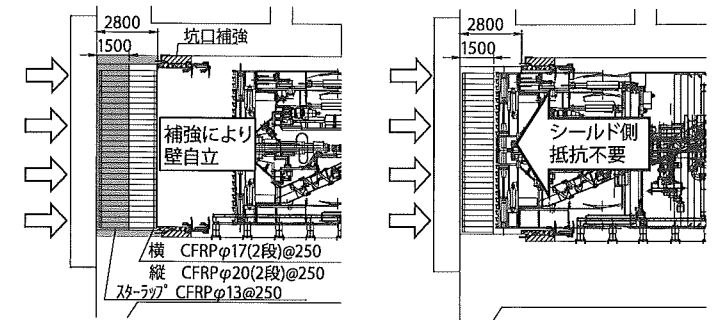


図-4 NOMST壁切削図

付近となっている。

また、本シールド掘進土層は、下部有楽層粘性土(Ylc)、七号層粘性土(Nac)、東京層砂層(Tos)である。このうち、主たる掘進土層である下部有楽層粘性土(Ylc)は、N値1~5、最大粘着力c=100kN/m²、鋭敏比が高く、間隙水圧はGL-30mにおいて220kN/m²程度の粘性土である。

平成26年1月現在、親シールドの掘削は完了している。懸念された土砂の取込み不良や粘性土付着による面盤閉塞などは発生せず、搬出土の塑性流動性も良好で、円滑な施工が実現できた。なお、本掘進時の1日あたりの掘進長は10m/日(昼夜2交替)を確保した。

3-2 NOMST発進

本工事の発達立坑(深さ約40mのケーソン)坑口部は、シールドで直接切削可能なNOMST壁(CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics)で

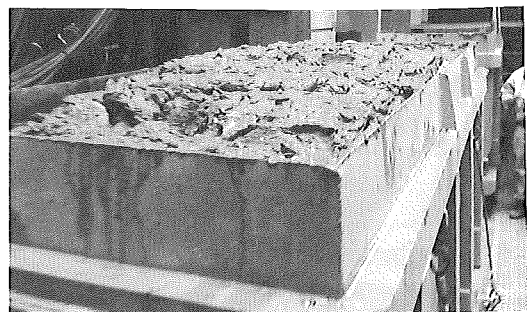


写真-2 排土(NOMST切削屑)状態

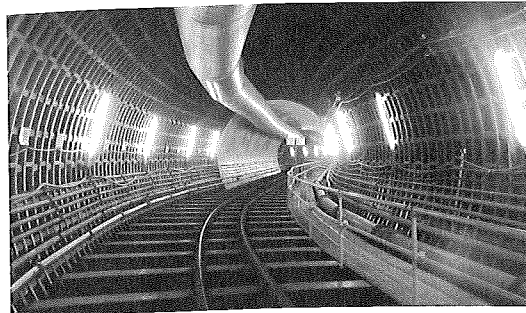


写真-3 急曲線部状況(右左(S字)R=40m)

表-1 掘進実績

NOMST掘削長	掘進方数	平均ジャッキ速度
2.8m	15方	0.4mm/分

構築されている。壁厚は2,800mmと厚く、これほどの壁厚の前例は少ない。

NOMST壁切削時は、シールドを押し込みすぎるとNOMSTビットが壁に食込み、カット回転不能となる。また、チャンバ内閉塞や面盤閉塞などによる掘進不能も懸念される。

そこで、坑口壁を補強することにより、NOMST壁の厚み1,500mmまではシールドで壁をpushしえつけなくとも自立できるようにした(図-4)。

最初の1,300mmまではシールド推力を極力抑制して切削し(切羽圧ゼロ)、残りの1,500mmは必要切羽圧にて掘進した。

また、本シールドは開口率(32.7%)が小さいため、NOMST切削屑による面盤閉塞、移動ノズル用スリット部の閉塞などが懸念された。これらの現象を回避するには、壁切削屑(セメントなど)による再固着を防止するため、加水して比重の小さい液状にすることが有効である。しかし、比重を小さくすると塑性流動性が悪くなり、切削ガラがチャンバ内に停滞し、チャンバ内閉塞、および切削材と水の分離によるスクリーコンベヤから奮発の危険性がある。

そこで、加泥材は以下の条件を満たす材料を使用し、搬出土の状態を確認しながら配合を調整した。

- ・セメント掘削屑が再固化しないこと

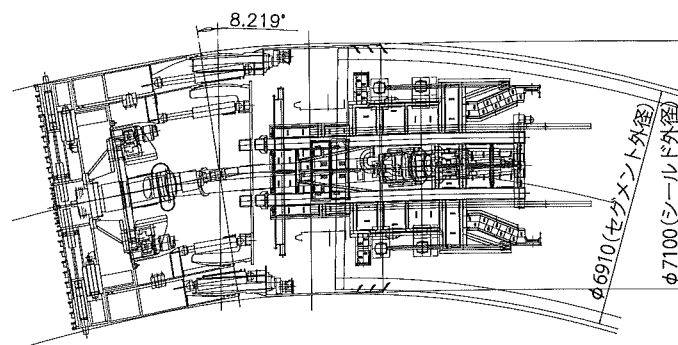


図-5 左R=35m急曲線施工図

- ・塑性流動性を保つこと

以上により、塑性流動性を保持しつつトラブルなく掘進した。写真-2に排土の状態写真、表-1に掘進実績をそれぞれ示す。

3-3 急曲線施工

親シールドでは、右左(S字)R=40m、左R=35mの急曲線施工があった(写真-3)。親シールドは、子機中折れ球面部を搭載していたため、急曲線部では親子両方の中折れを使用し施工した(図-5)。なお、セグメントは外径縮小鋼製セグメントを使用した。

テール部からの漏水もなく、安全に急曲線施工が実施できた。

子シールドにおいては、右R=25mの急曲線があり、この箇所においてDO-Jet施工を行う予定である(後述図-10参照)。

3-4 DO-Jet施工

3-4-1 概要

本工事は、大口径シールドで初めてDO-Jet機構を搭載したシールド工事であり、地盤改良を2か所、次回工事では切断を伴う地盤改良を予定し

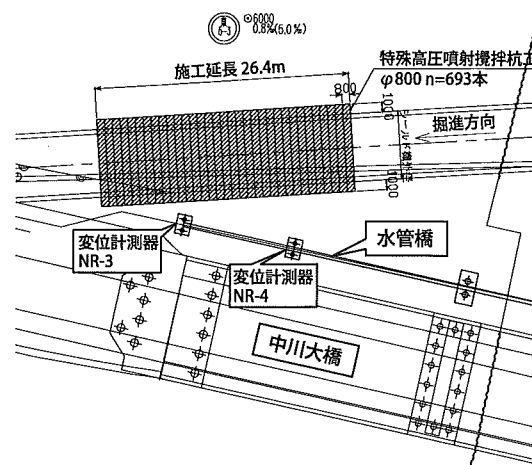


図-6 中川大橋部地盤改良図

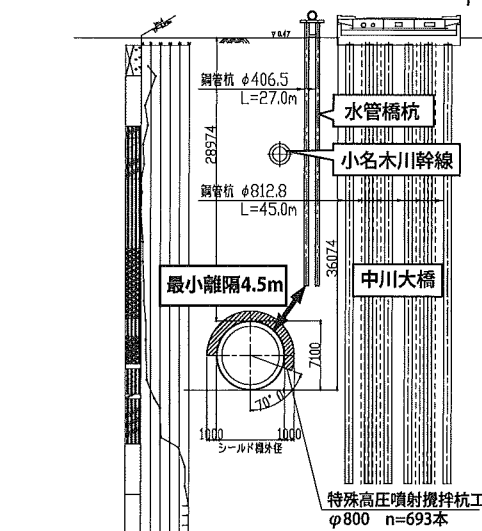


図-7 地盤改良配置図

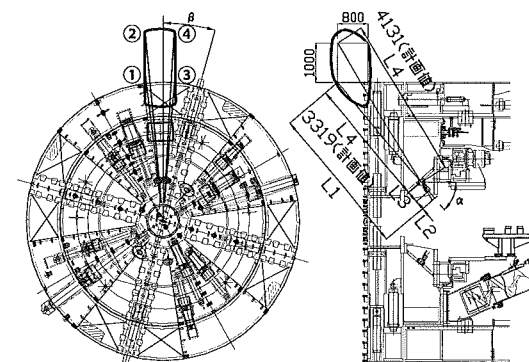


図-8 切削範囲確認試験(探針)

表-2 探針棒挿入長

	計画値(mm)	実測値(mm)	差(mm)
①	3,319	3,584	+265
②	4,131	4,363	+232
③	3,319	3,590	+271
④	4,131	4,338	+207

ている。それぞれの工事概要を以下に示す。

- ① 橋台基礎防護(地盤改良): 施工済
- ② 大島幹線防護(地盤改良): 今後予定
- ③ 共同溝などの仮設杭切断および地盤改良: 次回工事予定

まず、水管橋および中川大橋防護改良について実績を記載する(図-6)。

なお、地盤改良対象土層の下部有楽町層粘性土(Ylc)は、最大粘着力 $c=100\text{kN/m}^2$ のため、2工程方式を採用した(1工程目: 切削材にて地山切削, 2工程目: 地盤改良材に置換)。

3-4-2 地盤改良施工計画

所定の改良範囲を地盤改良するための割付けを図-7に示す。この地盤改良は、1断面あたり21本

の改良体を築造することにより行う。また、延長方向には、1スパン800mmの改良体の築造が可能であるため、33スパン分の施工が必要となる(33スパン \times 0.8m=26.4m)。

3-4-3 切削範囲確認試験(出来形推測)

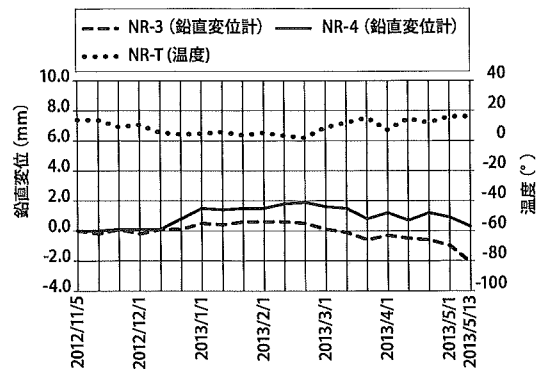
スパン1の1本目の切削終了後、機内2Bボールバルブより、図-8に示すように、計画範囲(厚さ1,000mm、長さ800mm)の4隅に探針棒を挿入し、地盤が切削されていることの確認を行った。

表-2に結果を示す。これより、本工事の土質(粘着力36~100kN/m²の粘性土)において、計画長より200mm以上大きく切削されていることを確

認した。2工程目において地盤改良材を噴射改良(置換)すれば、所定の範囲以上に改良体が造成される。

3-4-4 施工サイクル(実績)

これまでの最短施工サイクルは、1スパン(21本施工)およそ2.5日(昼夜2交替施工)であり、2.5日で0.8mを掘進した。



本計測期間 2012.11.5 ~ 2013.5.13
図-9 鉛直変位(午前2時データ)

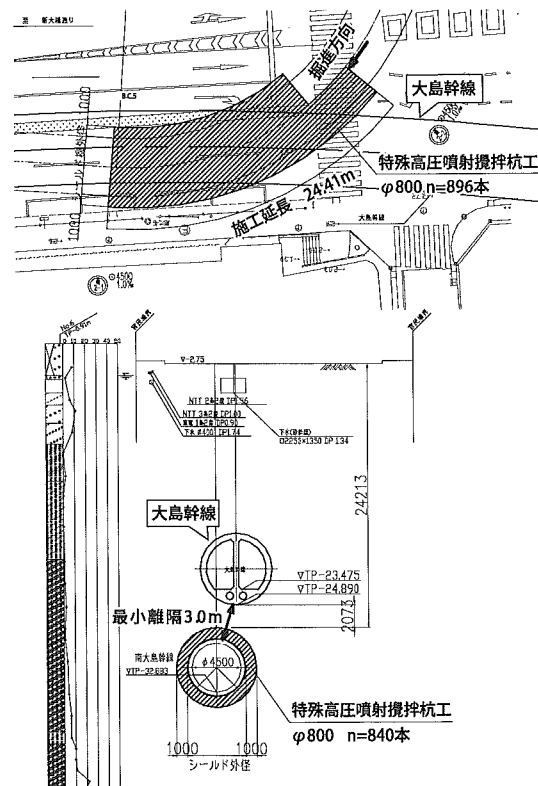


図-10 右R=25m部 大島幹線防護(地盤改良)

3-4-5 施工(切羽圧)管理

本工法では超高压噴射(245MPa)をするため、切羽圧の変動が懸念された。管理値として自然土(水)圧(0.32MPa)+0.015~0.05MPaと設定し、排泥量の調整により切羽圧の管理を行い、管理値内で施工した。

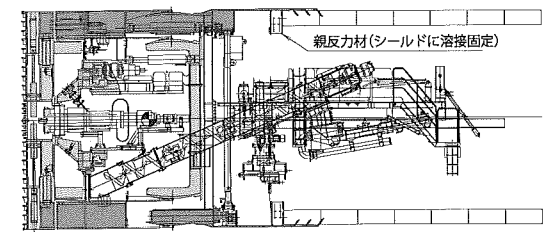
3-4-6 近接構造物への影響(実績)

本施工は近接構造物への影響防止を目的としており、対象構造物に自動変位計測器を設置した。図-9にもっとも近接する水管橋の鉛直変位(沈下計)の経時変化を示す。DO-Jet施工中の最大沈下量は2mm(温度による変位も含む)であり、近接構造物への影響防止として十分に機能していると考ええる。

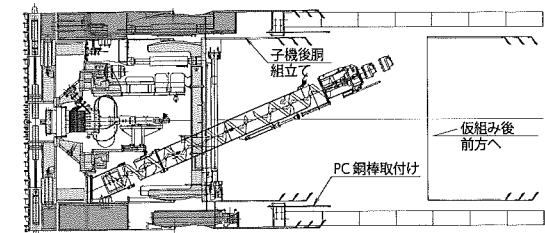
3-4-7 今後の予定(大島幹線防護, 仮設杭切断)

今後、大島幹線防護(図-10)や残置杭の切断施工が控えている。今回の施工経験を踏まえ、より

①親子分離位置まで掘進→親機反力材(バックリング防止)組立て



②親機デッキ・エレクタ解体, 子機後胴組立て



③デッキ・子エレクタ・子シールドジャッキ・子反力材組立て

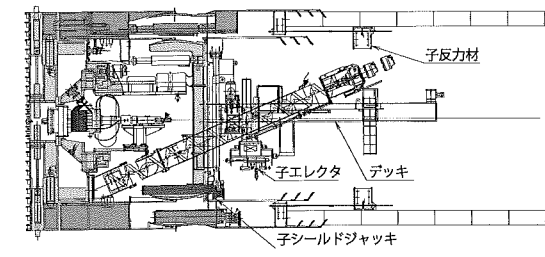
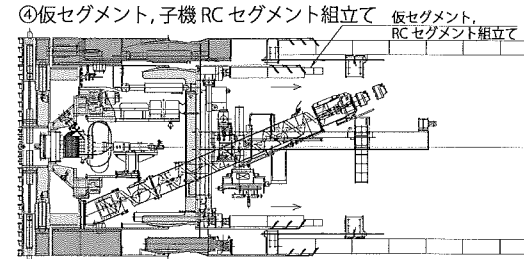
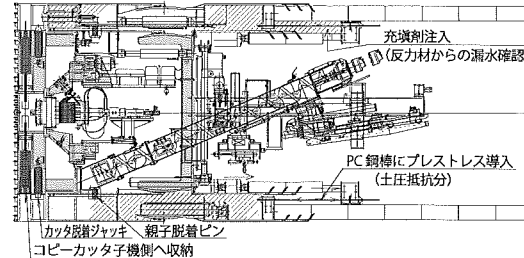


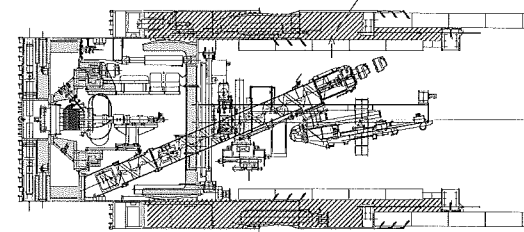
図-11 施工フロー(その1)



⑤親機・子機間充填材注入 -(発進準備)親子脱着ピン, カッタ脱着ジャッキなど収納



⑥子機発進・裏込め充填(置換)



⑦仕上げ

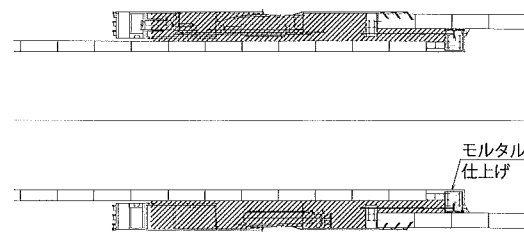


図-12 施工フロー(その2)

安全に施工を実施したい。

3-5 親子シールド

本工事における親子シールドは、子シールド後胴、ジャッキ、エレクタなどは事前に搭載していないため、現地組立てとなる。図-11, 12に施工フローを示す。

一般的な親子シールドは、断面変化部(親子分離部)に鋼製セグメントを利用して反力材を溶接固定することが多い。

しかし、今回工事では、二次覆工省略型RCセ

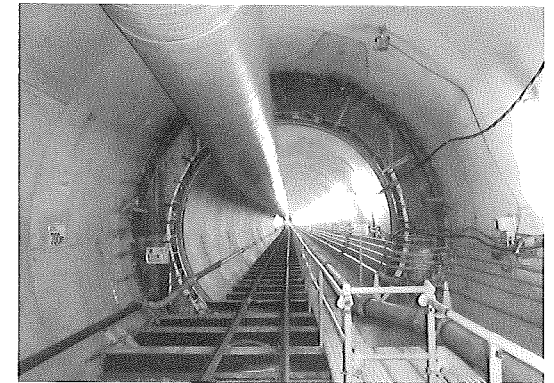


写真-4 子機発進状況(親子分離工)

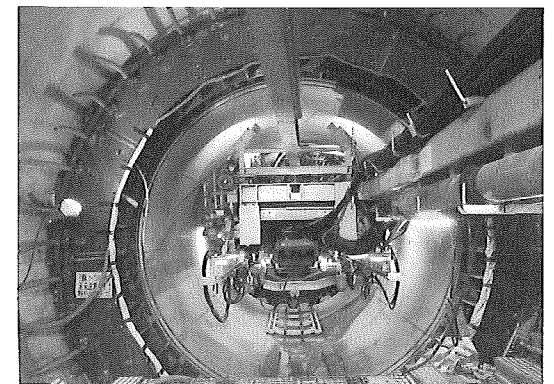


写真-5 親子分離完了状況

グメントを断面変化部(親子分離部)に直接使用するため、反力受けの設置方法が特徴的である。図-11, 12, 写真-4, 5に示すようなリング形状の親反力受け材、伝達材、子反力受け材を設置し、子シールドの反力としている。

今回のような事例はあまり類を見ない。さらに、地盤改良などの補助工法を必要としない本計画は、経済性に優れている。

4 おわりに

今回の報告は、平成26(2014)年1月までの施工途中の報告である。ここまで、2.8m壁厚のNOMST発進、急曲線施工、大口径DO-Jet施工(近接施工)、親子シールド分離工などの難工事をトラブルなく施工することができた。今後は、子シールド掘進、DO-Jet施工(地盤改良、支障物切断)などの工事が控えており、安全に施工することが至上目標となる。

都市部の工事は、今回のシールド工事のようにさまざまな特殊環境や制約条件を抱える場合が多く、多種多様な機能を必要とするシールド工事が多くなると考えられる。本工事で得られる知見が今後のトンネル施工の発展に資することができれば幸いである。

参考文献

- 1) 家壽田昌司・千葉正孝・高谷圭吾：地下鉄駅直下の残置杭をDO-Jet工法で切断撤去，東京都下水道 東大島幹線および南大島幹線，トンネルと地下，Vol. 42, No.2, pp.41-47, 2011.2.



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 代表 鈴木 章

B5判 285頁 本体価格4,660円 円350円

本書は、最近のシールドトンネルの新技术を実務経験者を中心にまとめたものである。本書の特色は、シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性の現況をまとめたうえで、新技术について調査・計画編、設計・施工編とに分けて、その理論と実際についてソフト、ハードにわたり記載している。また、これらのことを実務にすぐさま活用できるように、付録としてセグメントの設計、地盤変位予測解析、施工計画についての計画・設計例も紹介し、実務者をはじめトンネル技術者のニーズに応えた内容となっている。

〔目次〕第一章 概説 1. シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性○シールド工法の歴史○シールド工法誕生以前のトンネル工法○シールド工法の登場 2. わが国におけるシールド工法の歴史○シールド工法の導入と発展の経緯○シールド工法の現況 3. 今後の技術開発の方向性 第二章 調査・計画編 1. シールド工法の調査技術 2. 断面および線形計画 3. シールド機種の種類と選定 4. 新しいシールド工法 第三章 設計・施工編 1. 覆工○一次覆工の設計○二次覆工の設計と施工○シールドトンネルの防水技術 2. 立坑の設計と施工設備○立坑の設計と施工○シールド機の構造と装備○仮設備の計画○シールド工事による自動化 3. 掘進と施工管理○シールド掘進と施工管理○シールド発達と到達○裏込め注入工法と注入効果○曲線施工と地中接合○補助工法の種類と選定 4. 近接施工と環境対策○近接施工と対策○アンダーピニングおよび支障物対策○シールド工事と環境対策○新工法の現状と将来展望○ECL工法 5. 切羽の安定と地盤変位防止○切羽安定の理論と実際○泥水式シールド工法の切羽安定○土圧シールド工法の切羽安定 6. 地盤変位の理論と実際 付録 1. セグメントの設計例 2. 地盤変位予測解析手法の例 3. シールド工事の施工計画

株式会社 土木工学社

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

連載講座

トンネルの維持管理における課題とさまざまな取組み(最終回)

—具体的な課題に対する取組みと今後の展望—

JTA保守管理小委員会

3-4 主として環境面での課題事例(道路トンネル)

3-4-1 名取トンネルについて

(1) 概要

国道197号は愛媛県西部の佐田岬半島を縦断し、八幡浜市と伊方町三崎を結んでいる唯一の幹線道路である。また、伊方町三崎は大分県佐賀関との間を結ぶ国道フェリーの発着港であり、九州-四国間の物流の拠点である。

平成17(2005)年5月9日から、本国道の伊方町にある名取トンネル(図-1)が八幡浜側坑口部周辺において地すべり活動のため通行止めとなった。これに伴い、幅員が4m程度と狭く急カーブが連続している旧国道の町道(延長1.8km)を迂回路として利用せざるを得なくなった。過去の交通量調査によれば、付近の交通量は平日12時間で2,300台程度であり、その約50%をバス・貨物車類が占めており、大型車両の離合に困難を生じる状況となっていた。

また、本トンネルが存在する佐田岬半島は細長い山地が形成され、半島全体にわたって平坦部はほとんどなく、谷地形末端部の扇状地、あるいは地すべりや旧崩壊地の緩斜面が集落となっている地域であった。地質は三波川変成岩類であり、本トンネルには黒色片岩と砂質片岩が分布していると考えられていた。

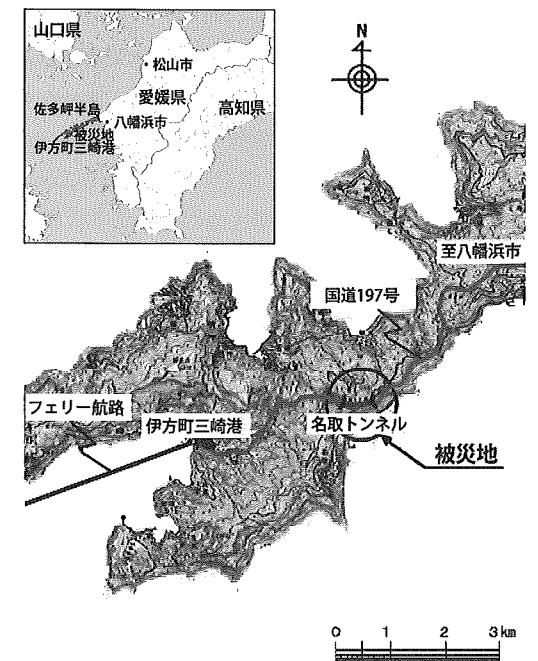


図-1 名取トンネル位置図¹⁾

(2) 名取トンネルのこれまでの状況

名取トンネルは昭和51(1976)年の施工時においてその上部の町道に地すべり性の変状を生じて以来、昭和58(1977)年と平成元(1989)年の台風、平成2(1990)年の大雨といった3回の大規模な災害に見舞われた。そのため、平成6(1994)年までに地下水排除工、頭部排土工、押さえ盛土工などの災害復旧対策を行いながら供用していた。平成6

(1994)年の対策完了後は地すべり活動は沈静化していたが、平成13(2001)年頃から頭部排土工に地すべり性の変状が再び現れ始め、平成17(2005)年頃に顕著になった。トンネル内の亀裂は、八幡浜側坑口より約50mの範囲に多く見られ、平成元(1989)年の台風災害で対策を行った補強材のPCL版の脚部を支持している側壁コンクリートには圧縮破壊による亀裂(写真-1)、PCL版が内空側に押されることによる隣接するPCL版との目開き、舗装の打継ぎ部の開口などが確認された。その結果、地すべりによる活動が進行し、PCL版脚部の側壁コンクリートの破壊が進んだ場合は、PCL版が落下する恐れがあり、対策を施さないままでは車両を通行させることは非常に危険であると判断された(図-2)。

(3) 名取トンネルの維持管理における取組み

名取トンネルを再供用するためには、変状が発生した箇所のトンネルの修復に加えて、変状の直接の発生原因となっている地すべりの活動の抑制・抑止対策が必要となると考えられた。しかし、地

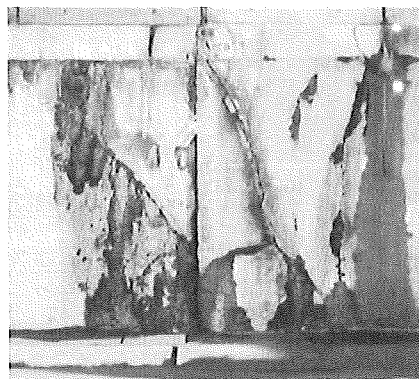


写真-1 側壁コンクリートの破壊事例¹⁾

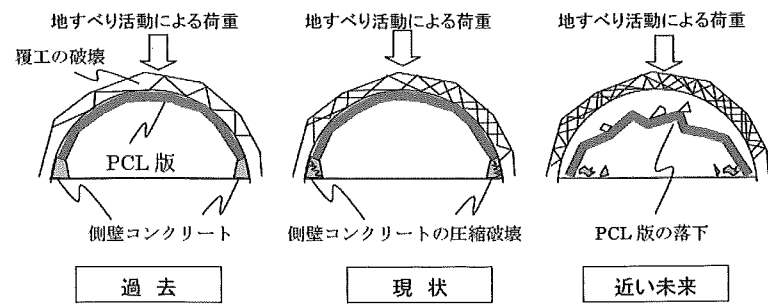


図-2 PCL版落下可能性のメカニズム²⁾

すべりの活動を抑制・抑止することができない場合は、仮にトンネルを補強しても再び変状が発生し、対策がくり返し必要になることが予想された。また、トンネル内は既にPCL版による補強が行われていたことから、さらなるトンネル内からの補強は建築限界の制限から実施が困難な状況にあった。したがって、再供用の対策立案のための調査・対策としては、まず地すべりの範囲・性状と運動の有無・すべり面を明らかにし、対策工による抑制・抑止の可能性や新たなバイパストンネルの検討を行う必要があった。

3-4-2 維持管理上の課題

名取トンネルでの維持管理上の課題を挙げると以下ようになる。

(1) 構造面での課題

- すでに覆工に対して数回にわたり対策が施されているため、構造体の変状を直接目視できない範囲がある。
- 対策工の選定時に、建築限界の制約を考慮しなければならない。

(2) 利用面での課題

- 迂回路を確保しているが、大型車両の交通量が多く、通行止めを行った場合は社会的な影響が大きい。

(3) 環境面での課題

- 過去の被災は自然現象によって誘発された地すべりの影響を受けたものであり、変状発生の詳細なメカニズムの特定が難しい場合がある。

(4) 情報面での課題

- 地すべりの領域が大きく、変状原因の推定や対策工の選定に対して、適切な判断を下すための大規模な調査が必要になる。

(5) 知識面での課題

- 地すべりが原因でトンネルに発生した変状であり、原因の究明やメカニズムの把握に長期間を有し、知識の蓄積を図りながら検討する

必要がある。

- 確認された変状箇所は、複合的な現象が組み合わさって発生しているだけでなく、施工方法や設計思想も異なるものが存在する。そのため、変状原因を画一的に求められるのではなく、高度な判断が必要になる。

3-4-3 対策事例²⁾

本トンネルの復旧対策として、以下の工法が検討された。

- 第1案: 頭部排土と押さえ盛土の併用により地すべりを止める案
- 第2案: 土工を主体とするバイパスを建設し、路線変更により地すべり範囲を回避する案
- 第3案: 新たなバイパストンネルを建設し、路線変更により地すべり範囲を回避する案

現地踏査の結果、第1案と第2案では抜本的な解決が難しいとされたが、平成2(1990)年の災害で対策した頭部排土工の上部の地すべり土塊については安定を確認できたため、その付近に坑口を選定し、バイパストンネルを建設する第3案を採用することになった。バイパストンネルの掘削に伴う地すべり土塊の緩みや町道の路面の沈下を防ぐために、バイパストンネルの外周部に沿って直径100mm、長さ12.5mの鋼管を打設し、鋼管内からシリカレジン注入を行う注入式長尺鋼管先受け工法により、地すべり土塊の緩みを防止した。その結果、地すべりブロックのすべり面付近で湧水の発生は見られたが、地すべり土塊の発生は見られなかった。また、町道の沈下量も最大11.5mmに抑制できたとされている。

さらに、本トンネルが崩落した場合の町道への影響を解析的に検討した結果、町道の陥没が試算された。このため、本トンネルの変状が拡大している八幡浜側坑口から57m区間のトンネルの崩落対策として、エアモルタルを充填し閉塞することとした。

また、57~120m区間に関しては、変状が拡大している傾向は見られなかったため、内部からの

作業が可能と判断し、エアモルタルと土砂を充填し閉塞することとした。さらに、120mから奥部については、周辺に施設などが存在しなかったため、可能な限り押土により土砂を充填した。

3-5 主として利用面での課題事例(道路トンネル)³⁾

3-5-1 敷島内トンネルの概要

国道229号の岩内町から^{すっぽ}寿都町方面の約10kmの区間は、積丹半島西側地域の基幹をなす道路である。しかし、本道路は昭和37(1962)年に開通してから50年以上が経過し、トンネルを含む構造物の老朽化が目立っていた。また、設計時にトンネル部の幅員は縮小規定が適用されたため、幅員が6mであり、大型車のすれ違いが難しい状況となっていた。そこで、国土交通省北海道開発局小樽開発建設部により長大トンネルの新設および既設トンネルの拡幅工事(岩内道路改良事業)が実施された。

その中で、敷島内^{しましまい}トンネル(延長98.5m)は、岩内町市街から約5kmの海岸沿いに位置し、前述したように幅員は6mであり、大型車の交差が困難なので、トンネルの新設または拡幅(幅員9.75m)が検討された。トンネルの新設案については、迂回ルートの確保が困難であることから、既設トンネルを拡幅することとした。さらに、拡幅工事では、迂回路がなく全面通行止めにはできないため、施工時に通行が可能な活線拡幅工法(エルトン工法)を採用した。なお、本工事区間は安山岩主体の硬岩地山のため、効率的な施工を行うため、発破掘削を採用した。

エルトン工法(Enlargement of Live Line Tunnel Method)は、プロテクタを移動式とし、発破工法が可能なトンネル活線拡幅工法である。写真-2に示すプロテクタは、作業時には一車線の交互交通が確保でき、休工時には脚壁を拡げることにより車線を増やすことも可能となる。表-1に工事概要、図-3に拡幅標準断面図を示す。

本工事区間は海岸の観光地でもあり、昼間に発破作業は行わずに、夜間に1晩あたり1回のみでの発破作業を行った。1日あたりの進行は1.0~1.2

mで、約5か月間で掘削を終了した。100回近い発破に対してもプロテクタに損傷は見あらず、発破振動による有害な崩落も生じなかった。

3-5-2 維持管理上の課題

敷島内トンネルでの維持管理上の課題を以下に示す。

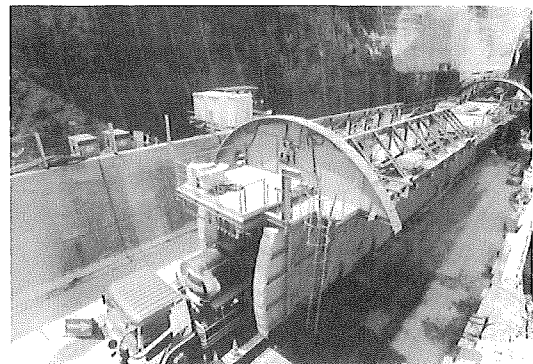


写真-2 移動式プロテクタ設置状況

表-1 工事概要

工事名称	平成12年度施行 一般国道229号岩内町内敷島内トンネル工事
発注者	国土交通省北海道開発局小樽開発建設部
工事場所	北海道岩内郡岩内町字敷島内
延長	98.5m(巻きだし含まず)
内空断面積	既設トンネル31.0m ² (幅員6m)→ 拡幅トンネル62.9m ² (幅員9.75m)
地質および強度	安山岩、一軸圧縮強度：平均150N/mm ² 、 最大200N/mm ² の塊状部と平均13N/mm ² の自 破砕部・微風化部が混在。
掘削工法	発破工法

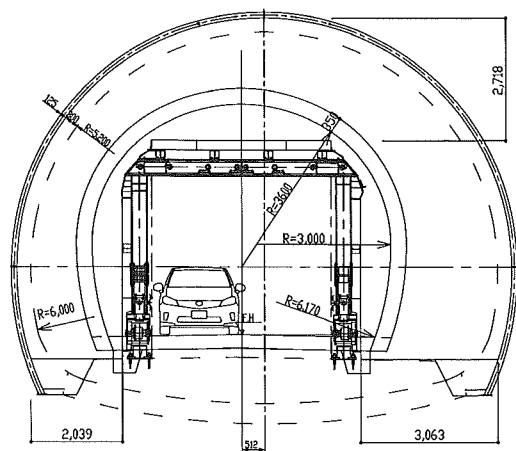


図-3 拡幅標準断面図

- ① 構造面での課題
トンネルの老朽化により、覆工コンクリートのはく離、漏水などが顕在化している。
- ② 利用面での課題
幅員が小さいため、大型車の行き違いが難しい。
- ③ 対策施工時の課題
保守余裕がほとんどなく施工空間の確保が厳しく、対策工の選定に制限がある。また、交通量が少ないものの、迂回路がないため全面通行止めはできない。一方で、迂回ルートの新設は地形上難しい。

これらの課題を解決するため、本トンネルに対し、活線拡幅工法を採用した。

3-5-3 対策事例

活線拡幅工法(エルトン工法)における、プロテクタ上で行われる拡幅工事の施工サイクルは以下のとおりである。

施工概要を図-4に示す。

- (1) 削孔・装薬
2ブームクローラドリル1台をプロテクタ上、1ブームホイールドリル2台を山側下半、海側下半に配置し、削孔を行った。補助ベンチ付き全断面工法により、1~2m程度のミニベンチを設けながら上下半を同時に施工した。装薬は、プロテクタ上および山側下半に配置された高所作業車、海側下半の1ブームクローラドリルのバケットを利用した。
- (2) 発破
発破時の飛び石防御のため、後退待機させた施工機械の前方には発破防護シートにより養生を実施した。発破作業は以下の手順で実施し、全面通行止めは20分間とした。
① 第三者の有無を確認した後、胴梁台車のセット、電気雷管への結線、導通確認を行う。
② 作業員退避など周囲安全確認を行い、点火する。
③ 発破後、後ガスを排除し、作業員退避を解除し、胴梁台車を撤去、安全確認後、一般車両の通行止めを解除する。

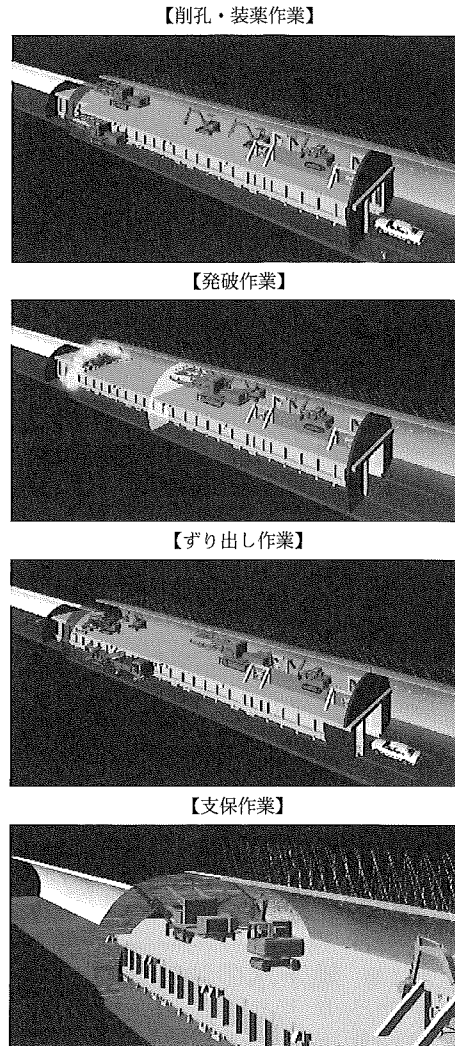


図-4 主要作業イメージ図

- (3) ずり出し
プロテクタ上の掘削ずりは、ブレーカで左右に振り分けた。振り分けた後、両サイドに配置されたシャフロードとダンプトラックにより搬出した。ずり出しと同時に、油圧ブレーカで浮石の除去を行った。
- (4) 支保工
一次吹付けは、上半はプロテクタ上に配置された吹付けロボット、下半は人力で実施した。次に、鋼製支保工の建込み、溶接金網取付け、二次吹付けを行った。最後にロックボルトの打設を行った。十分な打設スペースが確保できないため、スリー

ブでジョイントする形式のツイストボルトを採用した。

- (5) プロテクタの移動
一連の掘削作業が終了した後、移動式プロテクタを移動し次の掘削サイクルを行うことで、順次掘削を進めた。

④ 維持管理上の課題解決に向けて

JTA保守管理小委員会では、トンネルの維持管理における課題とさまざまな取組みに関する調査・研究を行ってきた。各事業者において、維持管理上の課題を抱え、その解決に向けて取り組んでいる実状を今回は紹介することができた。

しかし、今回紹介した維持管理上の課題のほかにも、例えば、過去に建設されたトンネルの設計・施工技術上の課題がある。明治時代に建設されたトンネル構造物が現役で活躍しているものがある一方で、建設当時から現在までの間に設計思想や施工技術は大きく変化してきた。その結果、過去に建設されたトンネルの構造的な課題や弱点が判明しており、これらに対しては各事業者が対策を実施できる事象もあれば、日々の点検を強化するなどして対応を続けている事柄もある。これらの課題を解決するためには、事業者のみならず、点検や調査、対策などにかかわる技術者相互の協力が必要と考えている。各分野において技術革新は日々遂げられており、それらの技術を課題解決のために導入できないか検討するとともに、積極的に導入する協力体制を構築することが必要である。

例えば、維持管理上の課題を少しでも減少させるために、トンネルを建設する側、維持管理をする側が綿密な情報交換を行い、建設時に維持管理を考慮した設計をすること、あるいは建設時の各種情報を維持管理側に提供することが重要である。さらに、維持管理上の課題解決策に建設側の技術を導入すること、過去に実施した維持管理上の課題解決策を建設側にフィードバックすることで、解決が図れる課題もあるだろう。

くり返しになるが、トンネル建設の「計画」「調査」「設計」「施工」から「維持管理」に至る

一連の関連情報の共有化を図ることが重要であり、それらの協力関係を発展させることで、一つでも多くの課題が解決されることが、維持管理に携わる技術者の大きな願いである。

日本のインフラは高度成長期に造られたものが多く、それ以前のものも含め高齢化が進んでいる。笹子トンネルに類する事故を二度と起こさないためにも、ハード・ソフトの両面からトンネルの維持管理を着実に進めていく必要があると考えている。本報告が、今後のトンネル維持管理の一助になれば幸いである。

参考文献

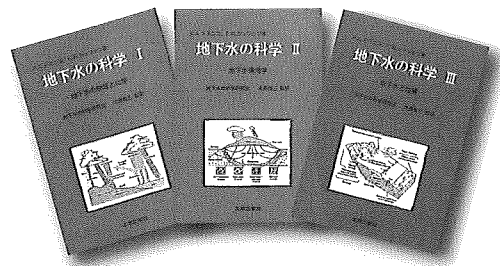
- 1) 藤澤和範・江田充志・真下英人・高橋近敏：国道197号名取トンネルの地すべり災害速報，土木技術資料，Vol.47，No.8，pp.4-8，2005.8.
- 2) 柴崎宣之・藤田康司・東幸孝ら：国道197号名取トンネル地すべり災害復旧事例，日本地すべり学会誌，Vol.46，No.4，pp.251-256，2009.
- 3) 山本徹・今岡彦三・林忠男：発破工法による道路トンネルの活線拡幅，移動式防護プロテクタに開発と国道229号敷島内トンネルへの適用，建設機械，Vol.39，No.12，pp.57-63，2003.

■図書案内

地下水の科学 — 全3巻 —

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

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



第I巻 地下水の物理と化学

4,078円+税 B5判

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

第II巻 地下水環境学

4,272円+税 B5判

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

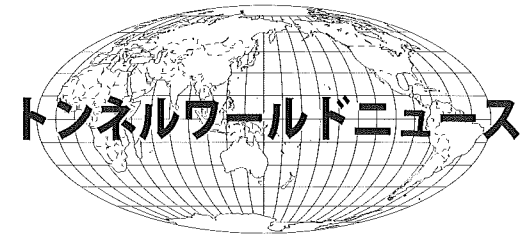
第III巻 地下水と地質

3,689円+税 B5判

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

株式会社 土木工学社

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



(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ボスポラス道路トンネルの TBMが搬入される

ボスポラス海峡道路トンネル建設において、Herrenknecht社の直径13.6mミックスシールドが9月にドイツ国内の工場で作成し、トルコの現場に搬送されている。同機により掘削されるトンネルは、最深部で海面下100mとなっており、内径12mの内部は2層建てで1層に片側2車線の道路を擁することができる。トンネル自体の延長は5.4kmだが、同機によって掘削されるのは3.34kmで、アジア側の立坑から掘削される。同社は、このトンネルは現在事業中のものでもっとも困難なものであると述べている。事実、事前の詳細地質調査では掘削時の最大水圧は12バールに上ると予想されている。同社はさらに、本機の製作は技術的に難しい課題を背負っており、とくに大変なのは、高圧のかかる切羽においてもビットの交換が素早く安全に実施されるようにしなければならないことであった、と述べている。

(T&TI '13.10 担当：清水健志・鉄道・運輸機構)

Hallandsåsトンネルが貫通を完了

トンネルボーリングマシンÅsaがスウェーデンのHallandsås北部でトンネルを貫通した。

複線鉄道対応で計画された2本のトンネル掘削が、無事完了した。

「西海岸線で唯一のもっとも厳しい交通難所を突破するため、われわれは断固とした手段を取った。」とスウェーデン運輸管理局のPer Rydbergプロジェクト課長はコメントした。

軌道敷設作業は、2015年に予定されているトンネル開通までに完了させる。

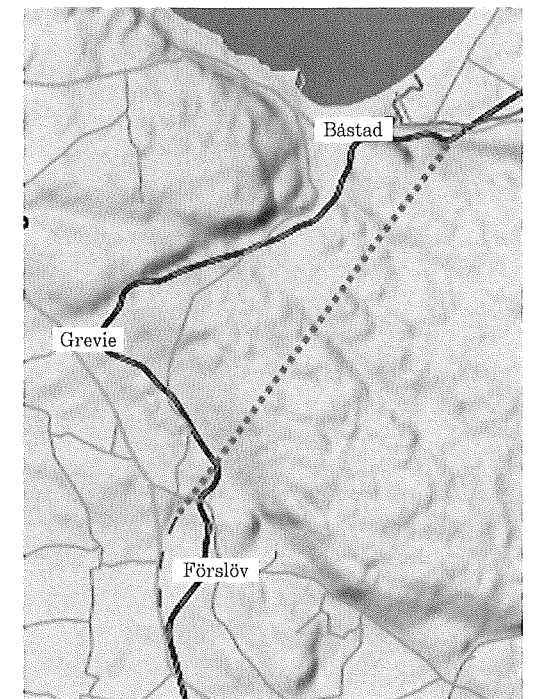
西海岸線は、現在85%が複線となっている。単線上の急曲線がHallandsåsの頂上を越えると、この路線で最大の難所に入る。

Hallandsåsを通過する複線路線が完成すると、鉄道貨物輸送トン数は倍増すると見込まれ、1時間あたりの列車運行本数を、現在の4本から24本に増加させることも可能となるであろう。

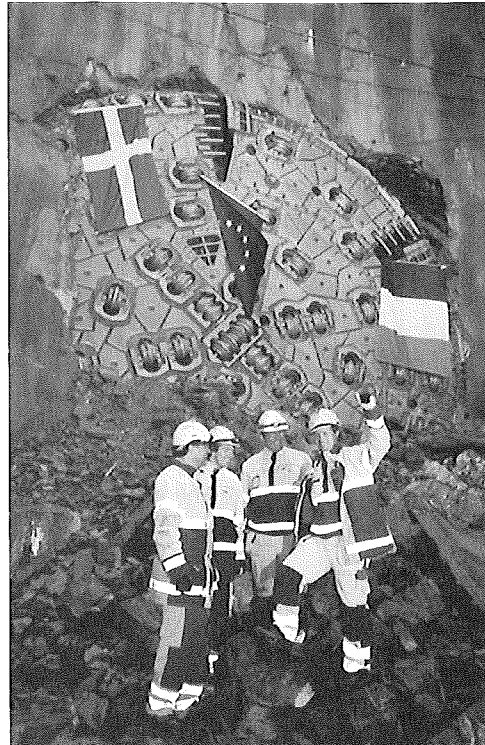
2005年秋に工事が着工して以来、Åsaは片麻岩、角閃岩、ドロライトなどで構成されたさまざまな地質を掘り抜いた。腐敗が激しく、多くの含水亀裂を持ったMölleback帯を掘削するため、230mにわたって岩盤区間を凍結させた。

このトンネルは、防水チューブで被覆したコンクリートセグメントを配置している。

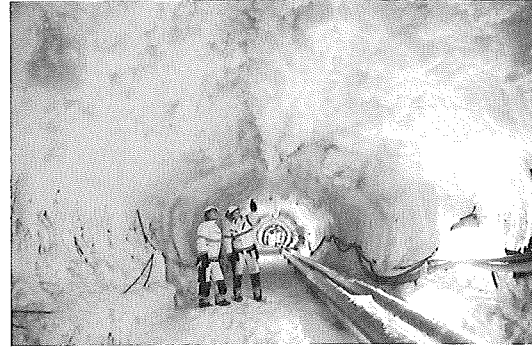
「われわれは、複雑な地質を持つHallandsåsのトンネル掘削を通じて、高品質なトンネルを建設できるということを証明した。また同時に、厳しい環境要求事項にも対応できることも示した。われわれの優秀で献身的な同僚たちには、今日のこ



路線図(点線がトンネル線形を示す)



トンネル貫通(1本目)



凍結工法を用いたパイロット区間

の素晴らしい共同成果に対し、最大限の感謝を示したい。」とRydberg課長は付け加えた。

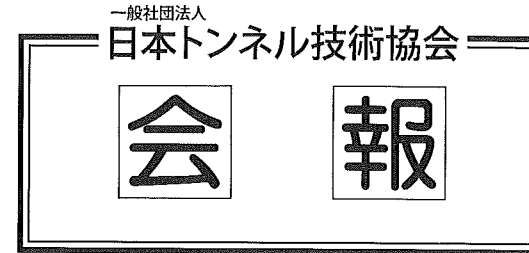
【参考】Hallandsåsトンネルの概要

- ・着工：1992年(1997年一時中断，2003年再着工)
- ・竣工：2015年(予定)
- ・延長：8.7km
- ・総工事費：105億SEK(約1,700億円)
- ・並列トンネル(複線断面)

(WT '13.10 担当：山口真基・鉄道・運輸機構)

『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」の投稿は受付けしておりません)
- 送付先 株式会社土木工学社 編集部 投稿係
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888(代)



1. 会員の現状

	3月31日現在
個人会員	836名
団体会員	203名
推薦会員	208名
特別会員	14名
名誉会員	0名
賛助会員	134名
合計	1,395名

2. 平成25年度第4回理事会

日 時：平成26年3月5日(水) 12:00~14:00

場 所：協会会議室

出席者：理事15名(うち、代理2名)、監事2名、計17名
議 事：

①平成26年度定時総会議案要綱

平成25年度事業報告と決算見込み、平成26年度事業計画と予算要綱については了承した。

②移行に伴う諸規程等の検討

名誉会員の推薦に関する内規については、再審議とした。また、設立40周年記念事業積立金取扱規程については了承した。

③平成26年度理事、監事、評議員の確認の件、平成26年度定時総会の開催および進行計画、当面の主要行事日程については了承した。

3. 委員会の開催状況(3月1日~31日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会誌WG(3/5)

大島洋志主査ほか8名、4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(3/12)

久多羅木吉治幹事長ほか11名、進捗状況を確認

映像ライブラリーSWG(3/11)

富澤直樹委員ほか5名、作業方針を検討

記念誌SWG(3/4)

安井啓祐副主査ほか7名、年表調査結果を検討

作品展示WG(3/7)

吉富幸雄主査ほか12名、実施方針を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会

海外ニュースWG(3/26)

清水健志主査ほか8名、英文原稿を査読

対外広報WG(3/28)

清水健志主査ほか5名、レイアウト原稿を査読

計 7回開催 63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(3/24)

蓼沼慶正主査ほか19名、文献調査結果を検討

都市近接施工ガイドライン編集小委員会

本文編集WG(3/14)

西田与志雄主査ほか9名、原稿作成方針を検討

安全環境小委員会(3/28)

豊澤康男委員長ほか17名、安全啓発活動方針を検討

◎受託研究特別委員会

シールドトンネル補修補強対策検討委員会(3/3)

小泉淳委員長ほか22名、報告書(案)を検討

大深度シールドトンネル技術検討委員会(3/14)

今田徹委員長ほか54名、大深度立坑設計手法を検討

北海道新幹線(本州方)トンネル施工技術委員会(3/13)

足立紀尚委員長ほか43名、報告書(案)の検討

計 6回開催 170名出席

合計 13回開催 233名出席

4. 国際会議の開催予定

会 議 名	開 催 日	場 所	主 催 者 等
第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

5. 平成25年度催物開催現況

(平成26年4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 —中部処理区本牧第二幹線—	2013. 5.16	20	神奈川県	2.5
東北道路トンネル現場研修会 —国道106号新川目トンネル—	2013. 5.27	25	青森県	2.0
中部地区道路トンネル現場研修会 —県道牛川トンネル(仮称), 新東名乗本トンネル—	2013. 6. 7	27	愛知県	3.5
中国地区道路トンネル現場研修会 —東広島・呉道路金剛山トンネル—	2013. 7.18	16	広島県	1.8
北海道道路トンネル現場研修会 —道道西野真駒内清田線(こばやし峠)トンネル—	2013. 8. 1	14	北海道	1.8
相鉄・JR直通線西谷トンネル現場研修会 —西谷トンネル—	2013. 9. 3	30	神奈川県	2.5
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 —EF連絡路トンネル工事トンネル—	2013.11.14	25	東京都	1.4
関東地区道路トンネル現場研修会 —下塩原第二トンネル—	2013.11.28	14	栃木県	2.0
相鉄・JR直通線西谷トンネル現場研修会(その2) —西谷トンネル—	2014. 1.24	23	神奈川県	2.0
東北道路トンネル現場研修会 —国道15号霊山トンネル—	2014. 3.19	28	福島県	2.0
(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

平成26年度施工体験発表会

恒例の現場技術者による施工体験発表会は、下記のとおり開催いたします。詳しくは協会ホームページをご参照ください。

■第74回施工体験発表会(山岳)

開催日:平成26年6月24日(火)

開催場所:発明会館 地下ホール

テマ:「課題克服に取り組んだトンネル工事—新技術, 創意工夫, 周辺環境への配慮—」

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

■第75回施工体験発表会(都市)

開催日:平成26年6月25日(水)

開催場所:発明会館 地下ホール

テマ:「創意工夫・新技術によるトンネル・地下構造物工事—新設および改良・再構築の施工事例—」

趣旨:都市部の地下は, 各種地下施設が輻輳しており, トンネルや地下構造物の新設に限らず既存インフラにおいても改良・再構築に際し, これらを守るために近接施工や狭隘な作業条件下での工事を余儀なくされている。さらには, 環境に対する関心がこれまで以上に高くなっており, 周辺住民やリサイクルなどへの配慮も不可欠である。今回はこれらを含めた各種課題を克服するために行った施工体験を発表していただく予定です。

平成26年度定時総会のお知らせ

定款第14条の規程により平成26年度定時総会を下記のとおり開催致します。会員の皆様には4月下旬にご案内をお送りする予定です。総会は, 正会員総数の過半数の出席がなければ, 成立しません。総会には, 必ずご出席または委任状の提出による代理出席をお願いいたします。なお, 総会議案は, 協会ホームページに掲載しておりますのでご覧いただきますようお願いいたします。

—記—

日時:平成26年5月30日(金) 16:00開会

場所:東京商工会議所(東商ビル)7F「国際会議場」

千代田区丸の内3-2-2 TEL:03-3283-7680

議題:第1号議案 (報告事項)平成25年度事業報告について

第2号議案 (審議事項)平成25年度事業収支決算について

第3号議案 (報告事項)平成26年度事業計画について

第4号議案 (報告事項)平成26年度事業収支予算について

第5号議案 (審議事項)役員を選任について(辞任に伴う補充選任)

※総会終了後, 17:00から懇親会を同8F「東商スカイルーム」にて予定しています。

6月号予告[6月1日発売予定]

- 供用中トンネルにおける鋼管複合構造によるインバート設置工法の研究
 - 北海道新幹線 津軽蓬田トンネル
 - 国道357号 東京港トンネル
 - 東京メトロ東西線 木場駅
 - 東京都下水道 砂町水再生センター雨水放流渠
- 【連載講座】
- 都市トンネルにおける地盤改良(1)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆少し前のこととなりますが、2月の下旬に伊豆大島へ行ってまいりました。伊豆大島は、東京の竹芝桟橋より高速艇で約1時間50分で訪れることのできる都心から大変近い観光地です。立地のよさもあって、毎年数回は訪れております。

◆昨年10月16日、台風26号の降雨により大規模な地すべりが発生し、甚大な被害が島の所々にもたらされました。現在の街中は平静を取り戻し、被害があったことを感じさせないほど復旧されておりました。地すべりの最大の被害があった元町の一角では地すべりの被害にあった道や、1階部分が倒木や土砂により押し流された無残な姿の建屋が残っており、殺伐とした雰囲気が漂っておりました。また、別の場所では使われなくなった旧道が土砂崩れで道路ごと流されているのを目にしました。

◆一見、街中をみると大規模な地すべりが発生したことを感じさせないくらい復旧が進んでおりましたが、莫大な量の倒木が港の近くや空港の脇、あるいは空き地などにとつともない高さに積み上げられており、改めて地すべりの規模がすさまじい大きさだったことが感じ取れました。

◆訪れた時期は「椿まつり」の期間でした。毎年この期間の週末は多くの観光客が訪れておりましたが、今年は例年より少なく感じました。街中が復旧した今、伊豆大島に多数の観光客が訪れ、お金を使うことが一番いい復興と個人的には思っております。陽気も過ごしやすくなったことですし、東京近郊にお住まいの方はぜひ伊豆大島へ訪れてみてください。温泉あり、魚はうまい伊豆大島はきっと満足してもらえることと思います。

(I.Y)

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

★(一社)日本トンネル技術協会会員の方の住所(送付先)変更は直接(一社)日本トンネル技術協会へご連絡ください。

トンネルと地下

第45巻 第5号 [通巻525号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成26年4月20日 印刷

平成26年5月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会
会長 佐藤 信彦

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL: 03-3524-1755

FAX: 03-5148-3655

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学会社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学会社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,620円(送料110円)
(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

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

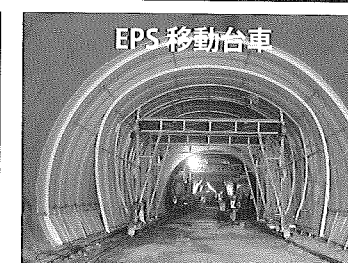
本誌掲載記事を無断で複写(コピー)および転載することは、著作権上での例外を除き、禁じられております。本誌から複写または転載を希望される方は、小社(03-3267-2888)までご連絡ください。

トンネル二次覆工型枠総合メーカー

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム



EPS パネル養生工法



EPS 移動台車

EPS パネルの保温性、保湿性が効く

実績および計画

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

平成25年12月1日 現在

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

一步前進! ~限らない未来への挑戦~

 **大栄工機株式会社**

本社 〒526-0842 滋賀県長浜市春近町 90 番地 TEL 0749-64-0246 FAX 0749-63-6765
URL <http://www.daieikouki.co.jp/> E-Mail: daiei-co@minos.ocn.ne.jp

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

図書案内

トンネル技術者のための地相入門

大島洋志 監修, 木谷日出男 編著
3,200 円+税 B5 判

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



山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著
3,200 円+税 B5 判

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



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500 円+税 B5 判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500 円+税 B5 判

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



推進工法の理論と実際

マックス・シェルレ 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

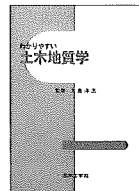
推進工法の理論を、多くの挿図を用い解説した。日本の現在の推進工法の基本となった原著を斯界の権威が翻訳・監修。



わかりやすい土质地質学

大島洋志 監修
2,500 円+税 B5 判

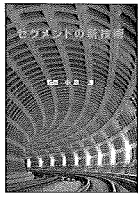
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた。



セグメントの新技术

小泉 淳 監修
2,000 円+税 B5 判

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



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著
1,200 円+税 新書判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000 円+税 A5 判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757 円+税 B5 判

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



地下水の科学 I ~ III (全 3 巻)

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

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



第 I 巻 地下水の物理と化学

4,078 円+税 B5 判

第 II 巻 地下水環境学

4,272 円+税 B5 判

第 III 巻 地下水と地質

3,689 円+税 B5 判

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。



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。



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573 円+税 B5 判

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



ジオテクスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300 円+税 A5 判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200 円+税 A5 判

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



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200 円+税 A5 判

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



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800 円+税 A5 判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400 円+税 A5 判

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



トンネルと地下

1,500 円+税 B5 判 月刊(毎月 1 日発売)

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



書籍のお申し込み ご注文は当社へ FAX または、書店にてお申し込みください。FAX は、書名、部数、送り先、氏名、電話番号を明記のうえ右記までお送りください。

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

株式会社 土木工学社

各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー

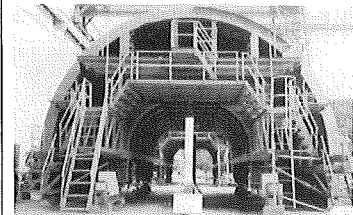


東和機電工業株式会社 かいた 穎田工場

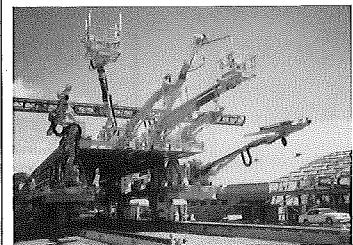
〒820-1111 福岡県飯塚市勢田^{せいた}2594番地の18
 電話：(09496)2-3500(代表)
 F A X：(09496)2-6310
 E-mail：info@towakiden.co.jp
 ホームページ http://www.towakiden.co.jp

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。

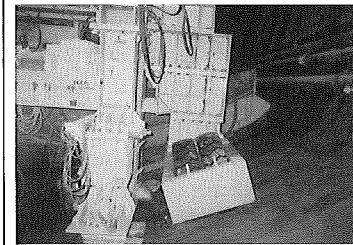
高流動コンクリート対応型
 全断面ステンレスフォーム



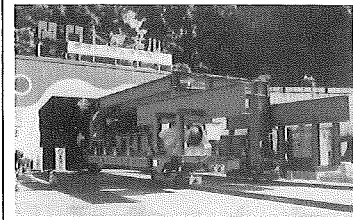
ワークステーション架台



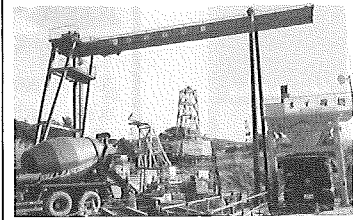
全輪タイヤ式インバート棧橋



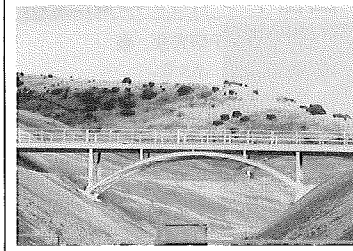
勾配対応全輪駆動式
 トンネル床版撤去架台



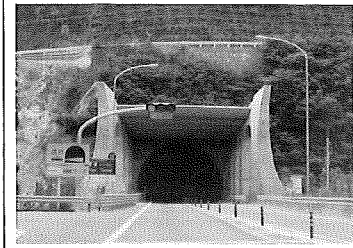
立坑ズリ出し設備
 (4.5t×60m)



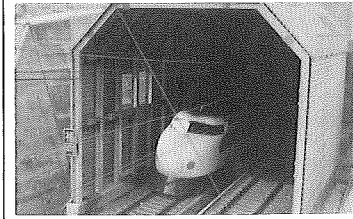
林道橋



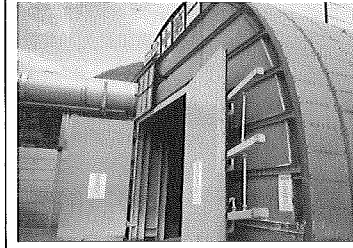
トンネル坑口修景ルーバー



新幹線微気圧伝播緩衝工
 (鋼製, 総溶融亜鉛メッキ)

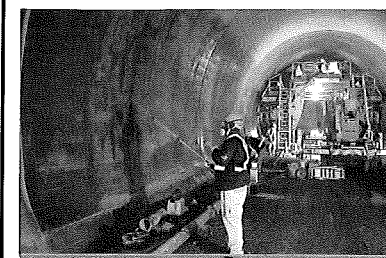


防音シェルター



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

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



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

コンクリート打設前設・耐アルカリ性ガラス繊維ネット
ハイパーネット60

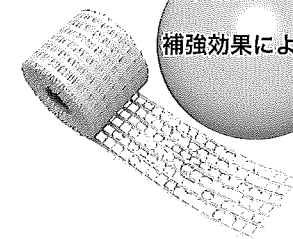
NETIS登録番号 SK-080003-V



コンクリート混入・コンクリート用膨張材

ハイパーエクспан

NETIS登録番号 QS-020033-V



補強効果によるひび割れ幅低減

コンクリート収縮抑制

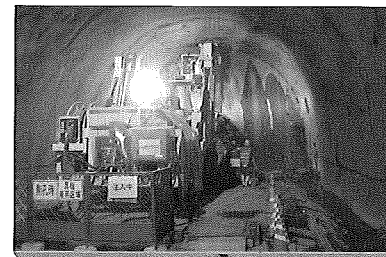
養生効果



硬化後塗布・塗布型高性能収縮低減剤

クラックセイバー

NETIS登録番号 SK-080001-V



様々な現場で力を発揮する
 注入材、裏込材
 “最適な選択をご提供”

注入材

超微粒子注入材

太平洋アロフィクスMC

瞬結工法用無機懸濁型
 土質安定材・下水道止水材

太平洋アロフィクスMC2号

注入式長尺先受工法用注入材

太平洋スーパーハード

注入式長尺先受工法用注入材

太平洋スーパーファスナー

裏込材

プレミックス裏込用充填材

太平洋フォルトカバー

太平洋マテリアル株式会社

営業本部

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

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

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