

トンネルと地下

1

vol. 46
no. 1
2015

Tunnels and Underground

多量湧水の発生する長大トンネルを突っ込みで掘削
複合的な地盤改良工と多段分割掘削を併用した避難連絡坑の施工
泥土圧・泥水シールドを同一の立坑から同時掘進
T-BOSSで既設下水道幹線にシールドを地中接合
産業廃棄物処分場で40m盛土する小土かぶりトンネルの設計

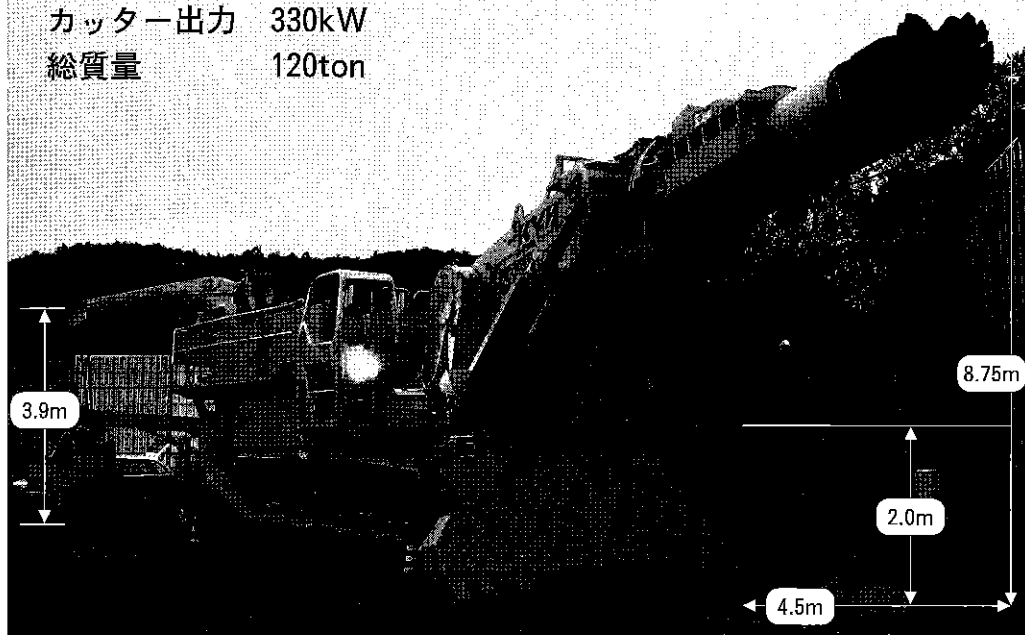
日本トンネル技術協会誌



ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟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)
- ・定格置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅4.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL 03-5733-9444
 カスタマーサービス 相模事業所 〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号 TEL 042-767-2586
 大阪支店 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番地20号TEK第二ビル TEL 06-6387-3371
 西部支店 〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多 TEL 092-411-4998
 三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出長常町 1129 番地 11 TEL 059-234-4111

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

お待たせしました!

吸引捕集方式対応

ファン動力30kW
換気電力を格段に低減

48m²の設置例

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO
イーダスコ・ニーヨナル

経済産業省後援
第39回優秀環境装置
日本産業機械工業会 会長賞

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

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

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
安定した処理風量で電力負荷低減とCO₂削減
を実現するエコ製品です。

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

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

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

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

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。



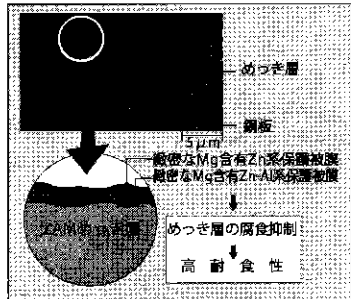
※1 地山条件によってめっき層の寿命は大きく変動します。

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」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浸亜鉛 Zn-アルミニウム Al-マグネシウム Mg 合金めっき鋼板の商品名です。

◎ZAMの耐食機構



②「RPE ロックボルト」の仕様

■ RPE ロックボルトの種類

種別	RPE120	RPE180
耐力(kN)	120以上	180以上
推奨穿孔径(mm)	φ45~φ51	φ45~φ51
鋼種	NTRB-400	NTRB-540
本体外径(母材鋼管)(mm)	φ36(φ54×2.0t)	φ36(φ54×2.3t)
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、要注生産になります。



(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)

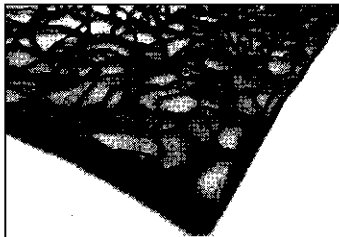
通常のシートと比較し、通常の明かりにおいて目視でたやすく損傷が確認できます。

「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。

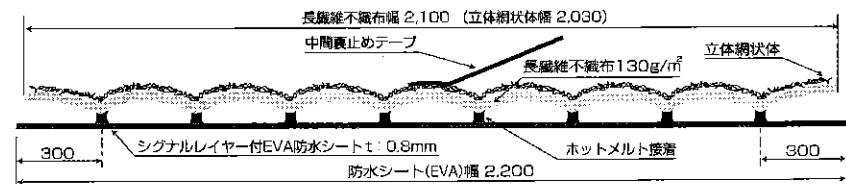
「立体網状体付き長繊維不織布」は通常の厚さ3mmの不織布に比較して約40倍の排水性能を有します。



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

K series

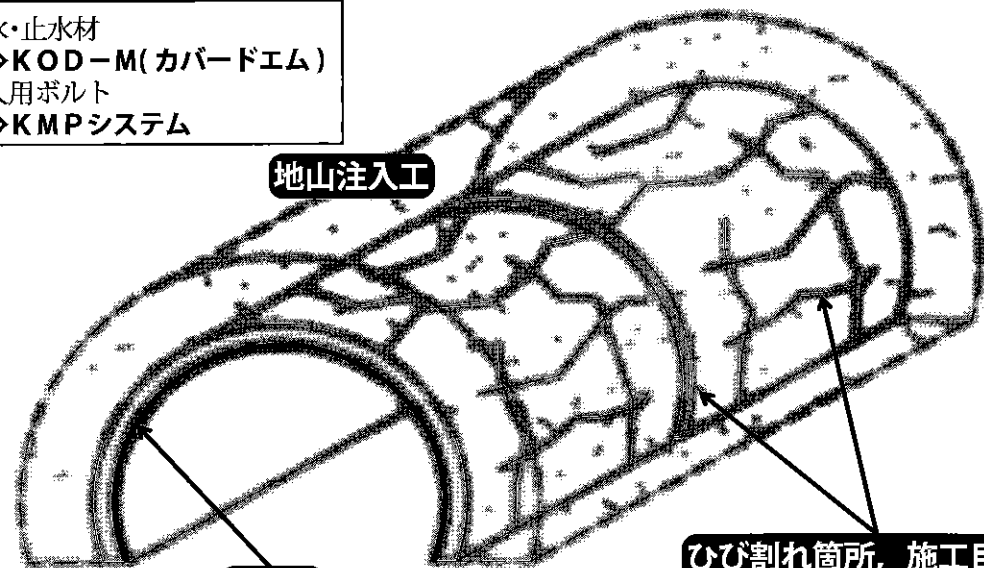
カテックスの補修・補強材料

当社は、注入式フォアボーリングや長尺フォアバイリング、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)

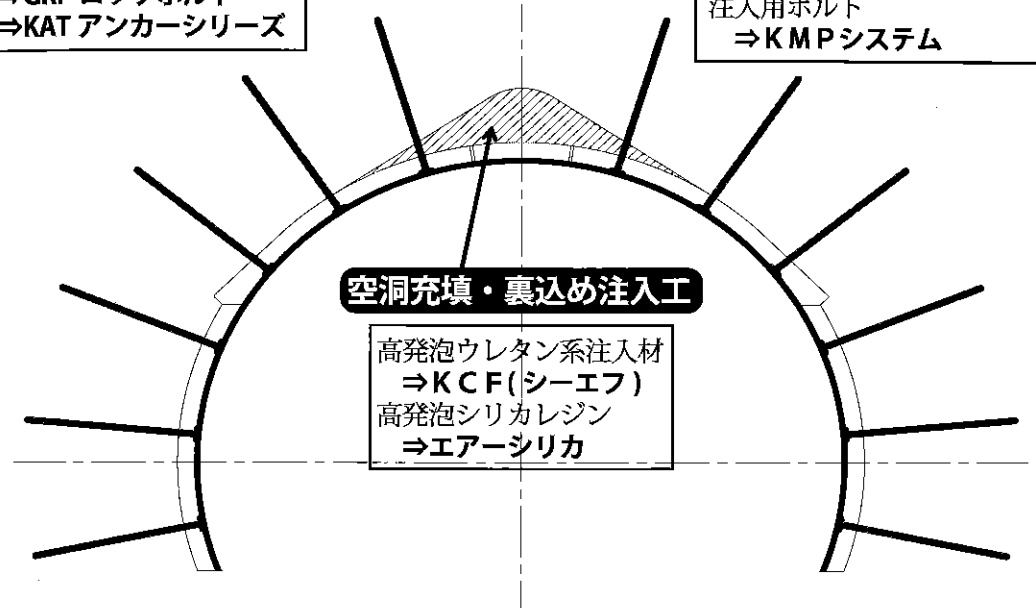
ロックボルト工

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-シリカ

営業品目

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

KATECS

株式会社 カテックス
建設資材事業部

ホームページ <http://www.katecs.jp/>

技術部・中部営業部

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

東京支店

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

東京支店(仙台事務所)

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

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(スキュアール)工法研究会 事務局 (㈱カテックス 内) TEL) 052-331-3997

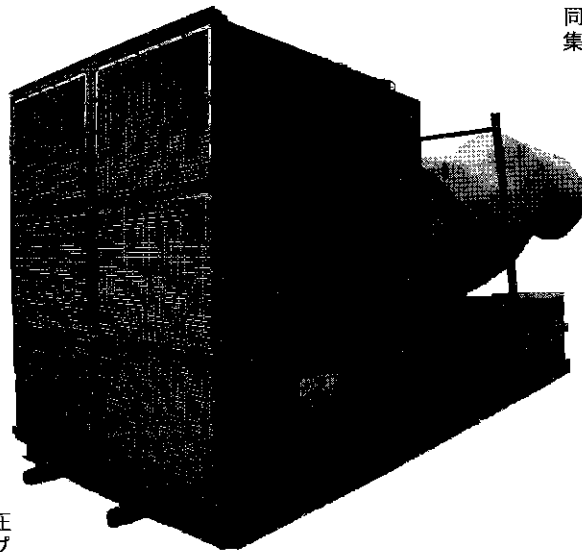
最新型・電気集じん機 エコクリーン X

NEIS登録番号: RT-040047-A

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

極板放電方式
放電線をなくし消耗品の削減と断線トラブルの撲滅

少ない消費電力
同クラスのフィルター方式集じん機に比べおおよそ1/4



コンパクト
同クラス集じん機の中で最小

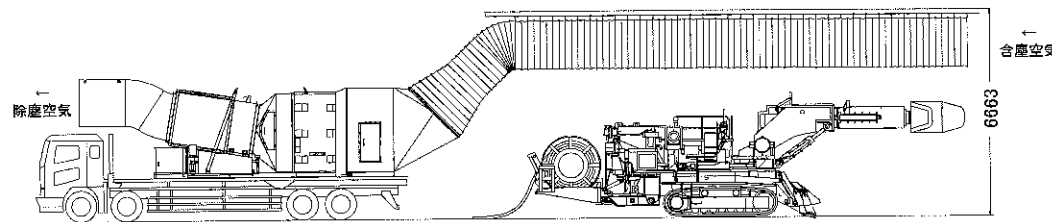
貯水タンク
自動洗浄が随時可能

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.

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

伸縮風管(軽量型Φ1500,Φ1600製作実績あり)



伸縮風管接続例

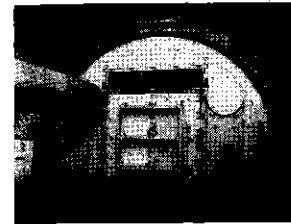
弊社では「エコクリーンX」以外にTBM用吹付け「サブショットシステム」等、多様なトンネル工事用システムを開発提供しております。機器に関するお問合せはご遠慮なく下記までどうぞ。



株式会社エムシーエム

http://www.mcmcm.jp
本社: 愛知県名古屋市中区植田東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

快適な作業環境を提供する騒音対策システム ~25年の実績が最大級の安心をご提供いたします~



【防音扉】

『防音扉マークII』の音響性能

対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	18 dB(A)	13 dB
2基設置	28 dB(A)	19 dB

『防音扉マークII 10s』の音響性能

対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	16 dB
2基設置	29 dB(A)	25 dB

『防音扉マークII 10c』の音響性能

対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	20 dB
2基設置	29 dB(A)	33 dB

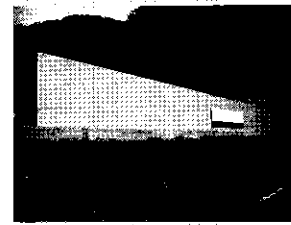
『防音扉マークII 15c』の音響性能

対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	21 dB(A)	23 dB
2基設置	30 dB(A)	36 dB

HFS型 マークII
HFS型 マークII 10s
HFS型 マークII 10c
HFS型 マークII 15c



防音扉には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。



【防音壁】
【防音ハウス】
【防音シェルター】
【防音ボックス】

『防音パネルSタイプ』の音響性能

項目	1/1オクターブバンド中心周波数 [Hz]					
	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失[dB]	14	18	29	36	43	49
吸音率[%]	33	80	89	84	81	76



『防音パネルDタイプ』の音響性能

項目	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失[dB]	22	32	37	38	37	43
吸音率[%]	51	77	75	81	71	62

Sタイプ(スタンダードタイプ)

Dタイプ(デラックスタイプ)

Hタイプ(ハイデラックスタイプ)



『防音パネルHタイプ』の音響性能

項目	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失[dB]	32	32	38	46	50	53
吸音率[%]	57	48	61	76	86	91

防音設備の設計、製造、施工、リース

株式会社フューズ

本社 〒132-0035 東京都江戸川区平井 6-35-5 TEL. 03-3617-8111 FAX. 03-3617-7565
大阪営業所 〒531-0072 大阪府大阪市北区豊崎 3-4-14 TEL. 06-6359-2611 FAX. 06-6359-2288

E-mail: info@fuse-ind.co.jp http://www.fuse-ind.co.jp

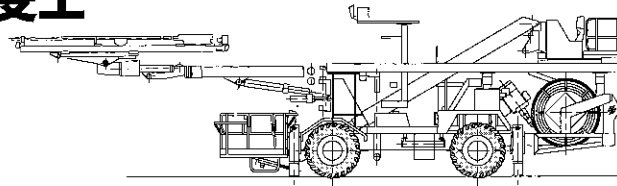
建設業登録: 東京都知事許可(般-25)第130153号

【建設騒音対策協会】E-mail: souon@fuse-ind.co.jp

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

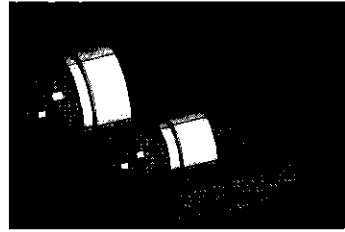
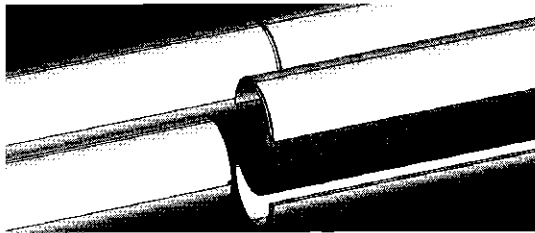
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



AGF-Me工法

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

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



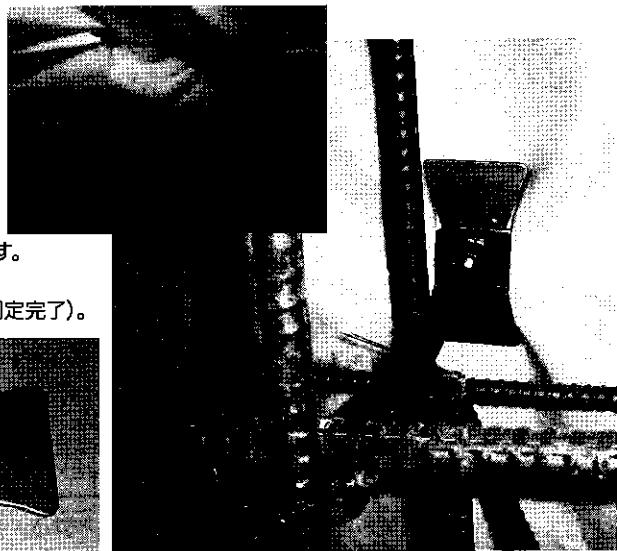
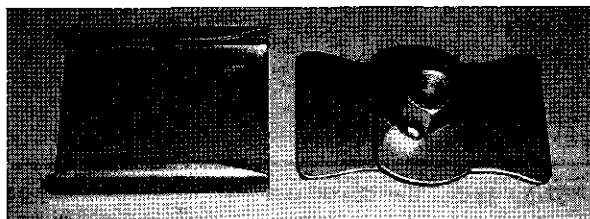
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

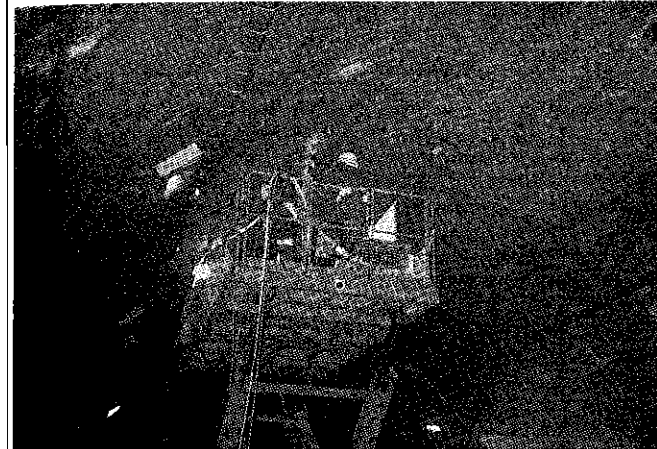
〒107-0052
東京都港区赤坂2-19-8 赤坂2丁目アネックス6 F
Tel: 03-5545-7900 Fax: 03-5545-7905
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

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)

硬質発泡ウレタン セツフォーム工法

急結性・高性能空隙充填材

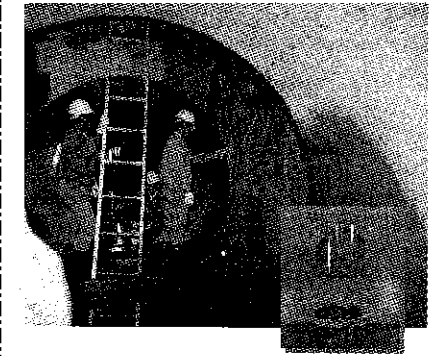


- シールドにおける滞水層、軟弱地盤の全面裏込め注入
- シールド急曲線部の裏込め注入(即時地盤反力の効果)
- トンネル構造物などの背面空洞充填
- 深基礎工法の裏込め(止水、裏込め後の即時掘削可能)

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	名古屋市北区生駒町7-148-1	TEL 052-911-3984
四国リニューアル株式会社	〒780-0815	高知市二葉町3-5	TEL 088-878-0050
株式会社シーテクノ	〒371-0017	群馬県前橋市日吉町3-22-3	TEL 027-235-5498
ショーレジン株式会社	〒104-0032	東京都中央区八丁堀3-14-4直平ビル	TEL 03-3551-8391
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ペリエ池袋	TEL 03-5950-8211
株式会社デーロス・ジャパン	〒921-8061	石川県金沢市森戸1-104	TEL 076-299-7260
林建設工業株式会社	〒998-0023	山形県酒田市幸町1-6-6	TEL 0234-23-3322
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オーパルク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

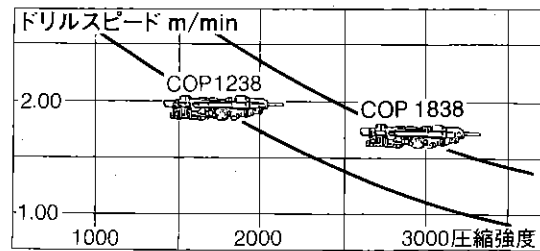
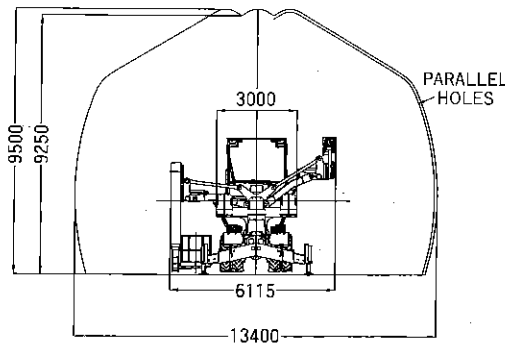
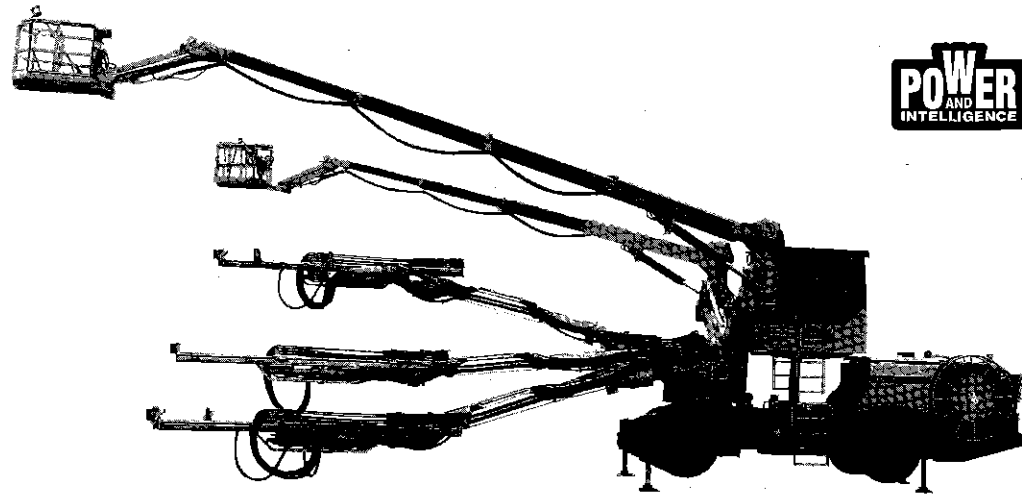
〒289-2505 千葉県旭市鎌数9163-13 TEL 0479-60-3555

アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット



ドリルマシン株式会社 DRILL MACHINE CO., LTD.

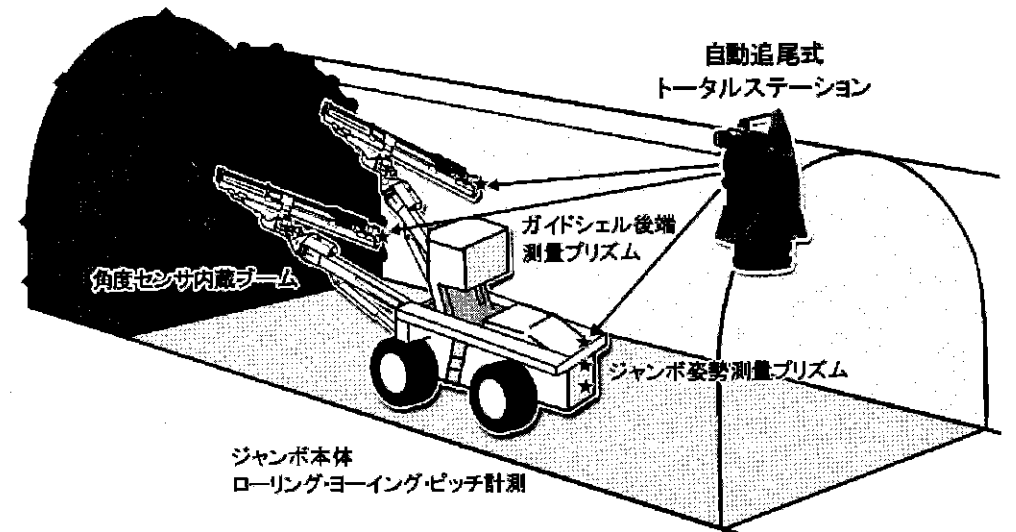
本社 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里6-16-8 桂ビル5階
TEL (03) 3806-3377 番 FAX (03) 3806-8461 番
関西支店 〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4
TEL (078) 802-5551 番 FAX (078) 802-5528 番
東北営業所 〒024-0055 岩手県北上市大堤南2-1-36
TEL (0197) 72-7416 番 FAX (0197) 72-7418 番
九州営業所 〒830-0021 福岡県久留米市篠山町12-3-301
TEL (0942) 27-5992 番 FAX (0942) 27-5993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

NETIS登録番号:KK-100049-A

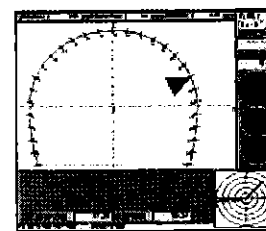
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

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

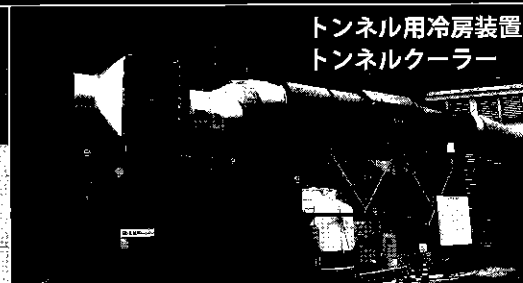
吸引ダクト SUPERLIGHT
[重量 1/2+オーバーハングノズル 新型]



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)

7.4 dB
省エネ
CO₂ 削減

トンネル用冷房装置
トンネルクーラー



除染事業対応装置のご提案 『除染作業を大幅に省力化できます』



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

最適環境を創造する
株式会社 **流機** エンジニアリング

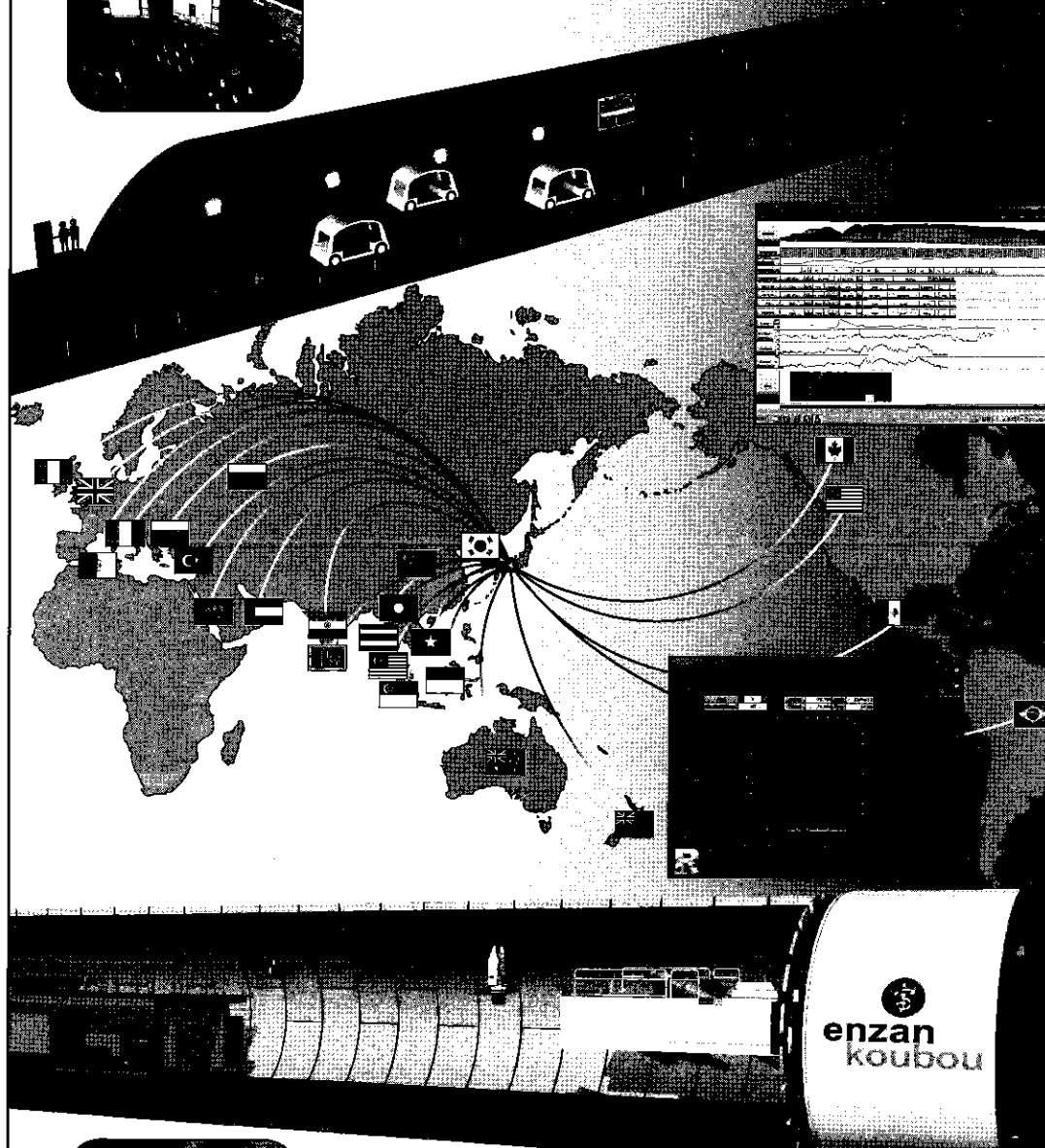
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 いちご聖坂ビル
TEL: 03-3452-7400
URL: <http://www.ryuki.com/>
E-mail: eigyobu@ryuki.com



Easy to handle, Difficult to imitate.

GUIDANCE & LOGGING & SURVEY system for TUNNEL

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



from Kyoto/Japan to the world.
ENZAN KOUBOU CO.,LTD(www.enzan-k.com)



月刊推進技術

購読のご案内



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

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

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039 加入者名：株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間定期購読料金12,337円をお支払いください。
詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたしております。



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

月刊推進技術 編集室

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

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

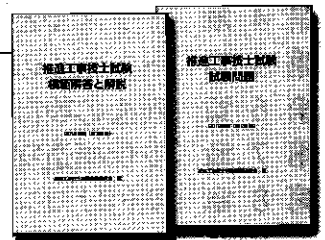
推進工事技士試験 過去12年間(平成14~25年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

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

解答付きの解説書に対する受験者の皆様からのご要望に応えて、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活用いただければ幸いです。



平成25年度版発売中!!

1. 内容と特長

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

2. 価格

各年度単体に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金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」欄に発送先の郵便番号、住所、会社(団体)名、氏名、電話番号を記入して郵便局からお申込下さい。

これらのことをインターネットでご案内しています。

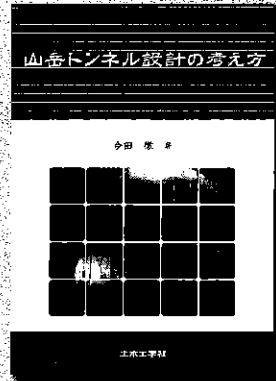
株式会社LSプランニング

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

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

好評発売中

山岳トンネル設計の考え方



東京都立大学名誉教授

今田 徹 著



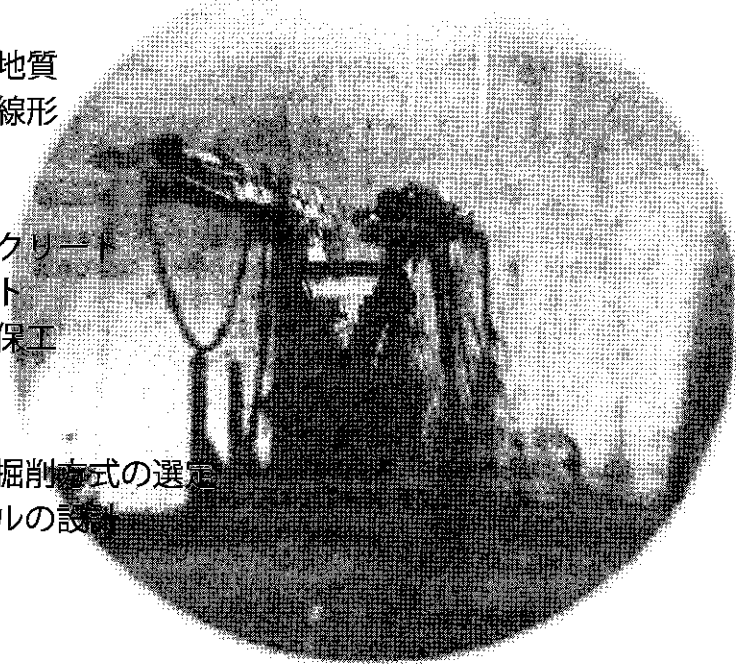
B5判 183頁 上製本 定価3200円+税

山岳トンネルを設計するうえでの考え方は勿論、設計の留意点などを平易にまとめている。

山岳トンネル工事に携わる諸兄の必携書である。

《主要目次》

- 第1章 山岳トンネル技術の要素と変遷
- 第2章 トンネル掘削による周辺地山の挙動
- 第3章 岩石の特性
- 第4章 トンネルと地質
- 第5章 トンネルの線形
- 第6章 断面の設計
- 第7章 支保構造物
- 第8章 吹付けコンクリート
- 第9章 ロックボルト
- 第10章 鋼アーチ支保工
- 第11章 覆工
- 第12章 切羽の安定
- 第13章 掘削工法・掘削方式の選定
- 第14章 併設トンネルの設計
- 第15章 特殊地山
- 第16章 坑口の設計
- 第17章 環境対策



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・電話番号を明記の上、お申し込みください。

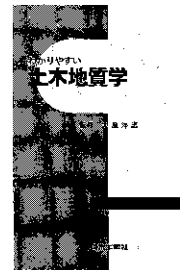
株式会社 **土木工学社**

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

土木工学社の地質学書

[好評発売中]

わかりやすい **土木地質学**



大島洋志 監修

B5判 209頁 税込2,625円 送料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. 地質踏査 5. 弾性波探査 6. 電気探査 7. その他の物理探査法
8. ボーリング調査 9. ボーリング孔を利用して行う調査 10. 室内試験 11. 調査坑調査(施工・維持管理段階の調査含む)
12. 水文調査・地下水調査 13. 立地条件調査

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

【その他の既刊図書】

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

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

地下水の科学 P.A.ドミニコ・F.W.シュワルツ 共著 大西有三 監訳

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

第II巻 地下水環境学 B5判 252頁 税込4,485円 送料340円

第III巻 地下水と地質 B5判 197頁 税込3,873円 送料340円

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

B5判 444頁 税込10,290円 送料450円

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

A5判 360頁 税込5,097円 送料340円

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

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

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

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

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

好評発売中

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい

トンネルの発破技術

監修 山田隆昭 B5判 76頁 定価 1,500円+税(送料別途)

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで!
振動や騒音の環境問題を詳述!!

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

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

〈主要目次〉

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

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

株式会社 **土木工学社**

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

コストダウンを可能にする Kリング・Kプレート

施工方法等詳細については下記までご連絡ください
製造・販売元 **静岡スチール**
〒436-0342 静岡県掛川市上西郷765-1
TEL: 0537-24-3886 FAX: 0537-24-3859
Mail: ktk@r5.dion.ne.jp

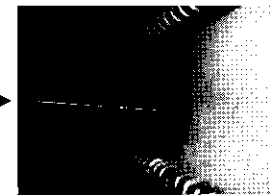
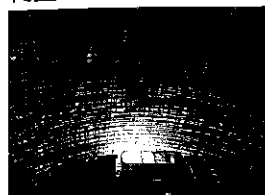
①アーチ鉄筋組立金物(Kリング) 特許出願中(特願2001-309314号)

トンネル覆工工事におけるアーチ鉄筋組立金物。
コストダウン、安全、工期、品質の向上を可能にします。



②トンネル覆工鉄筋防水シート接着ジベル筋組立(Kプレート)

円型プレートを直接支保工下地防水シートに接着して使用します。Kリングと併用します。



ウォータータイト(全周止水)トンネルにおいて覆工コンクリートの鉄筋を自立させることによって、鉄筋受け架台の鋼製支保工コストの大幅削減を可能にすることができます。

鋼製支保工を設置した場合もKプレートを使用することが可能です。

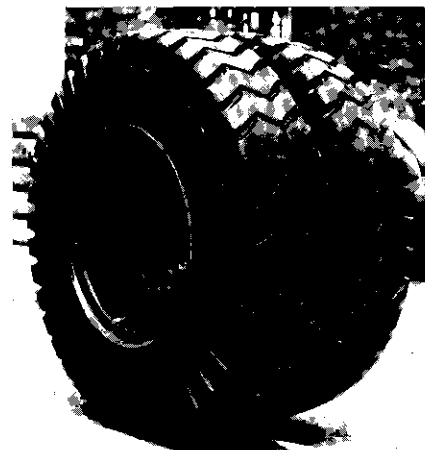


Kプレートで鋼製支保工を固定。架台の鋼製支保工の固定にも使用できます。

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号




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

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

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

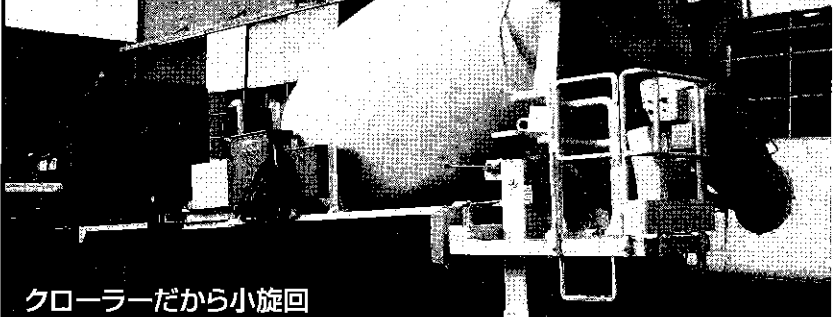
【営業品目】 複層タイヤ/油圧ホース/マテリアルホース/
各種中古車/触媒/線路(中古)

 **中濃産業株式会社**
代表取締役 土田義弼

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)

ゴムクロー・ミキサー車

国土交通省排ガス2次トンネル工事用指定



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

【仕様】 ゴムクローラ式ミキサー車 TGM-MR45T 上部ミキサー・カヤバ製(混合容量4.5m³)			
全長	7,500mm	タンブラ中心間距離	3,870mm
全幅	2,690mm	クローラ全長	9,800mm
全高	3,620mm	クローラ幅	700mm
最低地上高	530mm		(100ピッチ×98リンク)
総重量	11,000kg	セメント積載時重量	22,000kg
形式	三菱6D-1TE2B	定格出力	185kw/2,700min
排気量	7,545cc	最大トルク	700N・m/1,900min
速度1段	最大 7.6km/h		
速度2段	最大 20.0km/h		
空車時接地圧	20kpa	積載時接地圧	40kpa

【TGM-MR45T II 仕様】

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



Tunnel & Mining

ニシオティーアンドエム株式会社

山岳トンネル施工機械等の総合レンタル企業
<http://www.nishio-tm.co.jp>

〒569-0836 大阪府高槻市唐崎西2-26-1

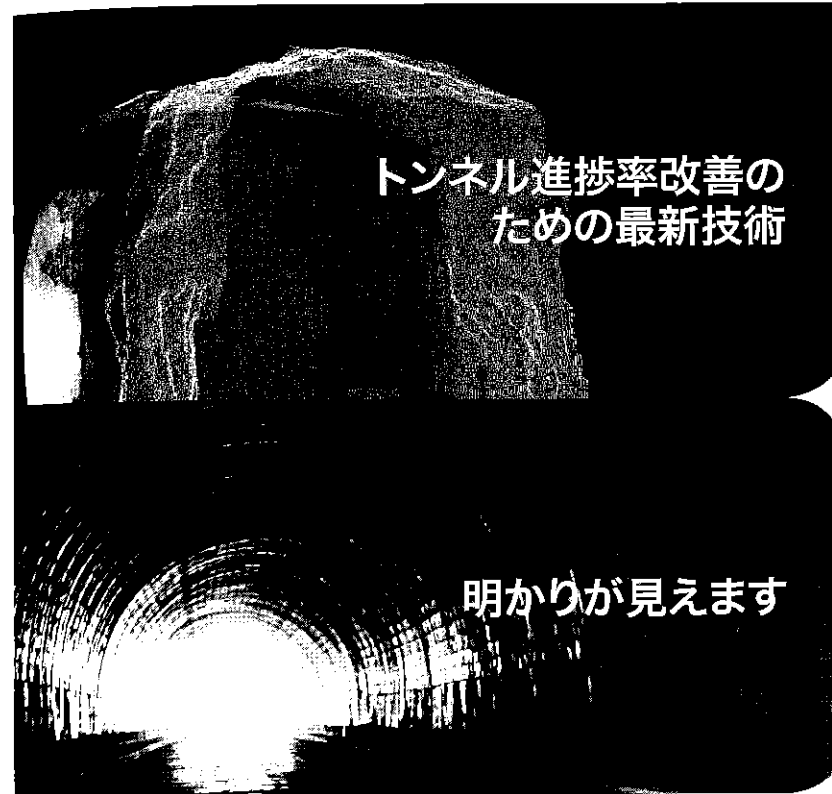
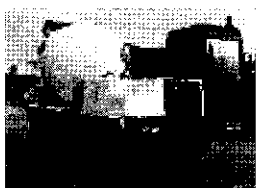
■北海道営業所
tel: 0133-72-3715
fax: 0133-72-3716

■東北営業所
tel: 0197-71-2405
fax: 0197-71-2406

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

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

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



トンネル進捗率改善の
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出来ます。自由に延時設定可能なトンネル専用電子雷管eDev、トンネル発破デザインソフト New SHOTPlus-T™、高エネルギーエマルジョン爆薬の結果をご覧になることができます。これらはずべて、お客様のご要望に沿って全てのプロジェクトに最適な技術サービスとサポートをご提供した結果です。

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

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



消費電力約40kW

4t車にらくらく搭載
軽量コンパクト

※坑内設置例

National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ)



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

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法

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



KOKEN 鉋研工業株式会社

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

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

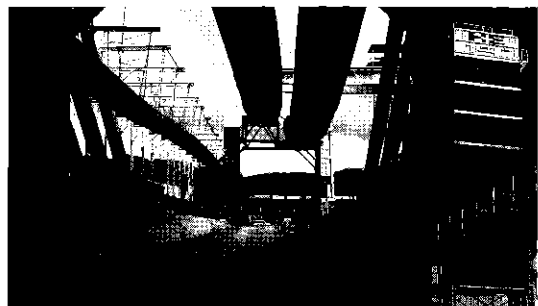
<http://www.koken-boring.co.jp>

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

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

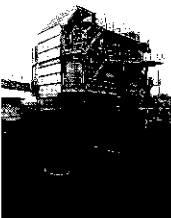
信越支店: (025)275-6877
九州支店: (092)924-5001

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

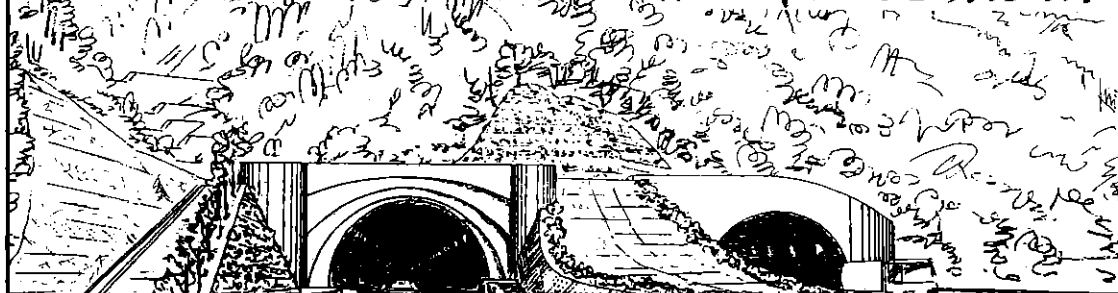
H+E
H+E LOGISTIK GMBH**Clever Conveying**

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

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

H+E Logistik GmbH
日本代理店**山崎マシーナリー株式会社**

担当：渡邊

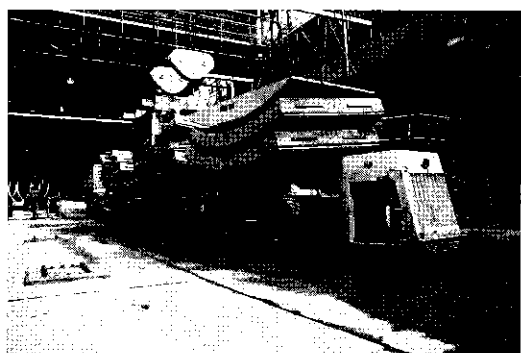
〒438-0216 静岡県磐田市飛平松 216 番地 1
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410**道路,トンネル設計** (本体工,換気,防災,照明,施工管理他)**トンネル現場診断**

(社) 建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング会 長 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

VOLVO 建設機械**TMS** Techni-Metal Systèmes高い作業性とクールなデザインが人気
年々強化される排ガス規制にも対応ボルボ建機社 日本代理店 担当：浅野
(直通) TEL0538-66-1215 FAX0538-66-6162多目的運搬台車
4次オフロード法取得 レールからの解放TMS 社 日本代理店
担当：渡邊**山崎マシーナリー株式会社**〒438-0216 静岡県磐田市飛平松 216 番地 1
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410

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》

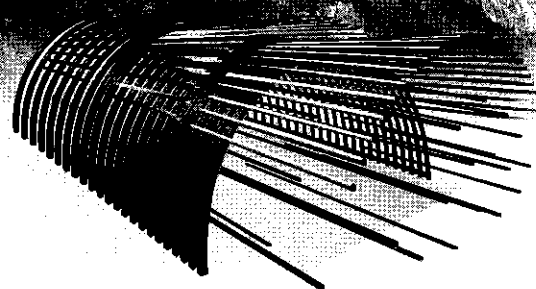
- 序 編 まえがき 地相は人相 山の性状
 第I編 地形から読み取れる情報
 地形から地相を読む方法 / 地形から得る具体的な情報
 第II編 地形種とトンネルの施工事例
 段丘・台地 / 崖錐・沖積錐・扇状地 / 傾斜層 / 地すべり /
 マスムーブメント・滑落崖 / 断層(断層変位地形) /
 断層(断層削剥地形) / 火山地形 / カルスト地形・残丘 / 地形改変
 第III編 路線選定 地相をよく観て路線選定を行う
 あとがきにかえて 座談会

図・表・写真
288点収録

お申し込みは当社へFAXまたは、お近くの書店にてお申し込みください

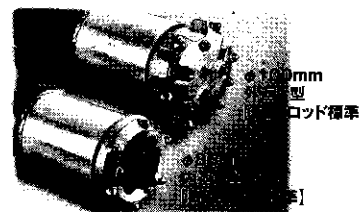
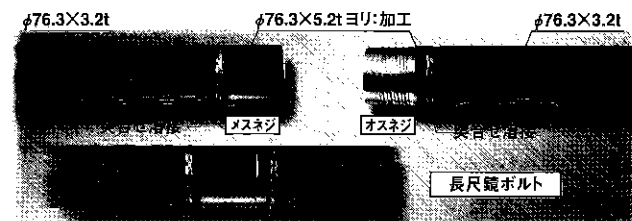
**株式会社 土木工学社**〒162-0832 東京都新宿区若戸町 16 丁目1番1号
TEL 03-3267-2888 FAX 03-3267-2807

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

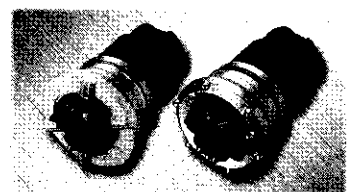
- ※軽量化による作業性とねじ強度の改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



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)

品名	鋼管径	リングビット径
100A	φ114.3	φ124

注入材・その他工法

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



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

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

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

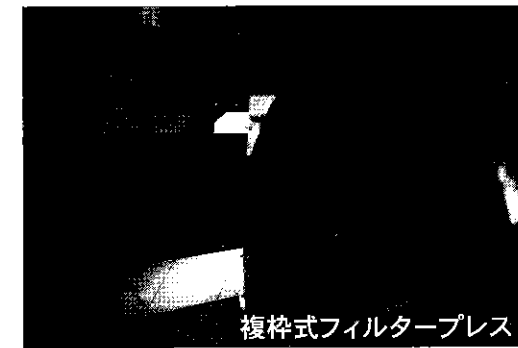
http://www.st-eng.co.jp

濁水処理からズリ出しまで
トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ
小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0 m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

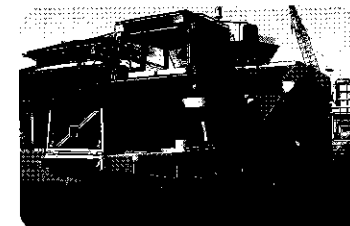
【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



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



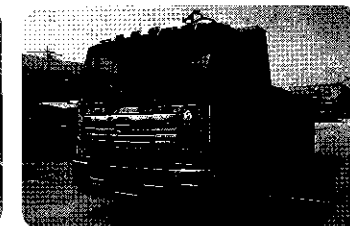
10T ミキサー



10T ダンプ



4.5 m³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

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻頭言

建設業の健全な発展を目指して

宮本 洋5

■計画

産業廃棄物処分場で40m盛土する小土かぶりトンネルの設計

—九州新幹線西九州ルート 武雄トンネル—

上垣 誠・権藤 稔・清水 茂男41

■施工

多量湧水の発生する長大トンネルを突っ込みで掘削

—東九州自動車道 猪八重トンネル北工区—

前田 啓太・河口 武司・青柳 茂男7

複合的な地盤改良工と多段分割掘削を併用した避難連絡坑の施工

—中央環状品川線南品川換気所避難連絡路接続工事—

白石 均・市川 健・篠原 浩史・熊谷 幸樹13

泥土圧・泥水シールドを同一の立坑から同時掘進

—九頭竜川下流(二期)農業水利事業 河合春近用水路—

宇都宮司人・今村 肇・犬飼 貴・中村 誠喜23

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

T-BOSSで既設下水道幹線にシールドを地中接合

—東京下水道 千代田区永田町一丁目、港区赤坂一丁目付近再構築—

水谷 裕一・坂野 優子・馬場 博文・安居 和哉31

■連載講座

都市トンネルのための地盤改良工法(最終回)

—現状と将来展望およびまとめ—

「都市トンネルのための地盤改良工法」連載講座小委員会55

■現場だより

「お茶といで湯の温泉地」より

由布壮一郎30

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

「やま」はかく語りき

富松 義晴49

■資料

土木情報

編集部40

トンネルジャーナル

編集部48

工法・技術・製品ニュース

編集部64

■会報

会報

日本トンネル技術協会69

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会65

海外文献速報

JTA国際委員会66

【表紙説明】

複合的な地盤改良工と多段分割掘削を併用した避難連絡坑の施工

—中央環状品川線南品川換気所避難連絡路接続工事—



南品川換気所避難連絡路接続工事は、南品川換気所立坑から目黒川直下を深度約50mで走る2本の本線トンネルを結ぶ避難用連絡トンネルを高水圧下の大深度地下で構築するものである。そのため、複合的な地盤改良工を実施後、三次元FEM解析により併設トンネル間をNATM掘削する影響を予測しながら近接施工を行った。写真は、斜坑部から望む本線トンネル間の躯体構築状況である。〔写真提供：東京都(本文13頁参照)〕

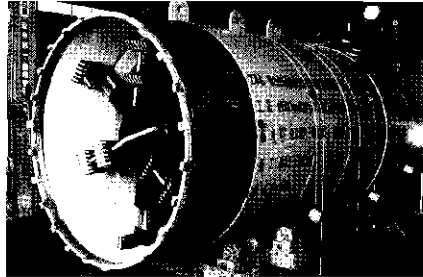
ヤマモト 破がんき 無騒音 無振動 静かな破碎
 超大型油圧破碎機
YTB 1120
 トンネルビッカー

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)

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工法



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工法の特徴

- 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・曲線バイブーフ工法



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

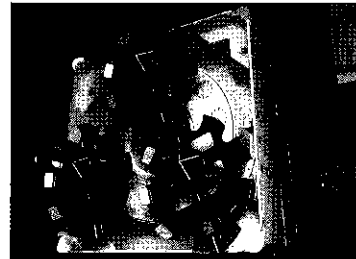
密閉型先受け長距離・曲線バイブーフ工法の特徴

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

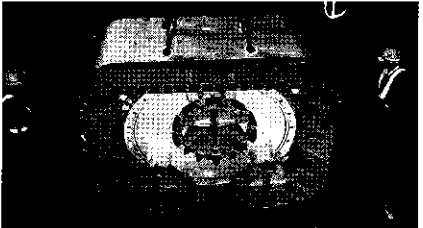
ボックス推進工法

ボックス推進工法協会 NETIS QS-100019-A

多軸自転・公転掘進機(内寸寸法□3000×3000)



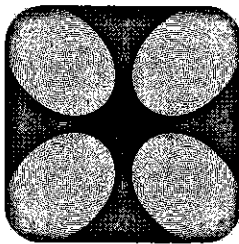
多軸自転・公転掘進機(内寸寸法□2800×1800)



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

ボックス推進工法の活用例

- 電力函路や通信函路の構築
- 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

※各工法協会会員名簿については、ホームページをご参照下さい。

総務委員会広報小委員会会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

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

〔幹 事〕

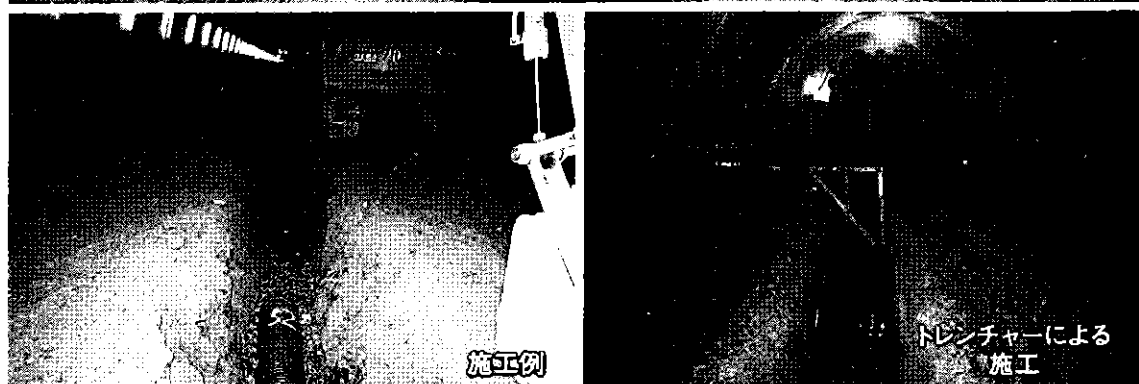
居 相 好 信 株式会社大林組生産技術本部統括部長	西 岡 和 則 鹿島建設株式会社土木管理本部統括技師長 (兼)土木管理本部土木工務部トンネルグループ長
伊 藤 聡 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課長	長谷川 雅 彦 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長
岩 田 美 幸 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	藤 井 義 文 株式会社竹中土木執行役員
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	松 原 利 之 飛鳥建設株式会社建設事業本部 エンジニアリング事業推進部長
小 松 敏 彦 前田建設工業株式会社土木事業本部土木部 担当部長(トンネル)	八 木 弘 株式会社高速道路総合技術研究所参与(外環担当) 道路研究部トンネル研究担当部長
志 岐 寛 清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部 部長	吉 富 幸 雄 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル室参与

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路
掘削状況



施工例

トレンチャーによる
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	今田 徹 東京都立大学名誉教授
小山 幸則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授	高橋 良文 東京都下水道サービス株式会社技術顧問
	松浦 将行 地方共同法人日本下水道事業団理事

〔委員〕

岡田 龍二 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 技術基準担当課長	真下 英人 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部長
佐原 圭介 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐	松田 信夫 東京都水道局建設部工務課長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長	八木 弘 株式会社高速道路総合技術研究所参与(外環担当) 道路研究部トンネル研究担当部長
高橋 晃 東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー 工務部流通土木グループマネージャー	焼田 真司 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室長
谷内 雅之 東京都交通局建設工務部計画改良課長	柳 雄 東京都下水道局建設部設計調整課長

W ワールド開発工業株式会社

●本社/営業部 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484

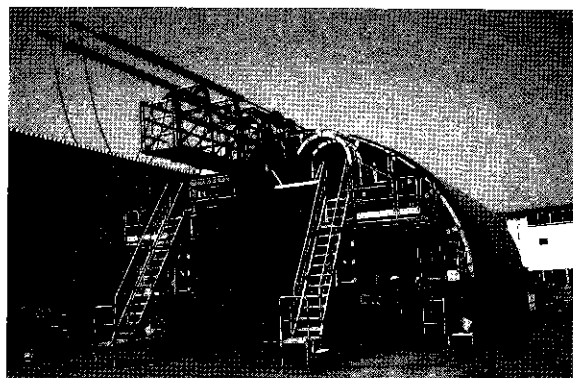
☎(026)213-7024(代) FAX(026)282-5803 <http://www.wkk.co.jp/>

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

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



期待される効果・特徴

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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.CG-080012-A (製造:株式会社マシノ)



期待される効果・特徴

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

北陸鋼産株式会社

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

北野工場: 〒936-0806 富山県滑川市北野新 888 番地 TEL076(476)2155 FAX076(476)2177

滑川工場: TEL076(476)0333 FAX076(475)9121 東北営業所・工場: TEL0223(32)2420 FAX0223(32)2423

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

トンネルと地下 VOL.46 No.1 掲載概要

多量湧水の発生する長大トンネルを突っ込みで掘削

—東九州自動車道 猪八重トンネル北工区—

前田建設工業(株) 前田 啓太

東九州自動車道は、北九州市を起点に大分県、宮崎県を経て鹿児島市に至る延長436kmの高速自動車道である。本工事は、このうち清武～北郷間に位置する猪八重トンネル(本坑全長4,858m、避難坑全長4,871m)の北工区(本坑2,055m、避難坑2,755.5m)を新設するものである。トンネルは全線にわたり約2.5%の下り勾配の突込みの施工となったが、湧水処理設備の増設と8inの排水管、約600mピッチのポンプ(37kW)の設置による強制排水により総湧水量5t/minを超える湧水に遭遇したものの、無事掘削を終えた。また、坑口から750mの区間は付加体地質の日南層が分布し、大きな変位(内空変位速度10～50mm/日)が発生したため、本坑では早期の断面閉合により変位の抑制を図った。

Excavate Long Tunnel Downward amid Welling Large Volume Water—Higashi Kyushu Expressway Inohae Tunnel, Northern Section—

By Keita Maeda, Maeda Corporation

The Higashi Kyushu Expressway is 436 km long and runs from Kitakyushu City through Oita and Miyazaki Prefectures to Kagoshima City. Our works are the new construction of the northern section (main tunnel 2,055 meters and evacuation tunnel 2,755.5 meters) of the Inohae Tunnel (main tunnel 4,858 meters and evacuation tunnel 4,871 meters) located on the expressway between Kiyotake and Kitasato. We dug this tunnel with grade of 2.5% downward over the whole tunnel. We completed the excavation without problem despite encountering welling water in excess of 5 t/min due to the expansion of a turbid water treatment facility and enforced discharge from the installation of 8-inch drainage pipe and pumps (37 kW) placed 600 meters apart.



写真は猪八重トンネル北坑口

In addition, there was distributed Nichinan Group of accretionary prism from portal to 750 meters, as major deformation (inner deformation rate 10-50 mm/day) occurred, control of displacement in the main tunnel was achieved with early building of tunnel invert.

複合的な地盤改良工と多段分割掘削を併用した避難連絡坑の施工

—中央環状品川線南品川換気所避難連絡路接続工事—

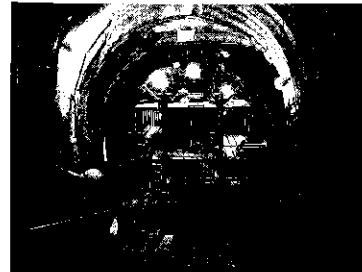
東京都第二建設事務所 白石 均

中央環状品川線は、約47kmの中央環状線のうち南側部分を形成し、起点の品川区八潮三丁目の高速湾岸線からすでに開通している中央環状新宿線に接続する延長約9.4km(うち、トンネル構造8.4km)の路線である。南品川換気所避難連絡路接続工事は、南品川換気所と併設の本線トンネルを接続する避難路を構築する工事で、本線トンネルに近接してNATMにより掘削し、RC躯体構造物を築造する。本稿では、出水や地山崩落による本線トンネルへの影響回避を目的として採用した複数の地盤改良を組合せた複合的な地盤改良工の概要、工期短縮を目的として三次元FEM解析結果をもとに実施した多段分割掘削と躯体構築手順の工夫などについて報告する。

Build Emergency Cross Passage Jointly Using Integral Soil Stabilization and Multi-segmented Excavation—Connecting Works of Cross Passages at Minami-Shinagawa Ventilation Facility on Central Circular Route Shinagawa Line, Shuto Expressway—

By Hitoshi Shiraishi, Second Construction Office, Tokyo Metropolitan Government

The Central Circular Route (C2) Shinagawa Line forms the southern section of C2 the approx. 47 km and is a 9.4 km (8.4 km of which is tunnel) route that connects the origination of the Bayshore Route in Yashio-sanchome in Shinagawa City to the C2 Shinjuku Line that has already opened. Connecting works of cross passages at Minami-Shinagawa Ventilation Facility were to construct evacuation routes that connect to the Minami-Shinagawa Ventilation Facility to the main line tunnel, the passage tunnels were excavated adjacent to the main line tunnel with NATM and an RC structure was built. This report contains an outline of integral soil stabilization in combination with multiple stabilizing techniques adopted with the aim of avoiding the effects of water inflow or ground collapse on the main line tunnel and information on innovation in multi-segmented excavation and building structure procedures based on three-dimensional FEM analysis results with the aim of reducing the construction time.



写真は斜坑部から望む本線トンネル間の躯体構築状況

泥土圧・泥水シールドを同一の立坑から同時掘進
—九頭竜川下流(二期)農業水利事業 河合春近用水路—

農林水産省 宇都宮司人

国営九頭竜川下流農業水利事業計画にもとづき、老朽化した河合春近用水路をパイプライン化する事業のうち、河合春近用水路建設工事として延長7.1kmの区間をセグメント外径φ2,350mmのシールド工法で施工した。

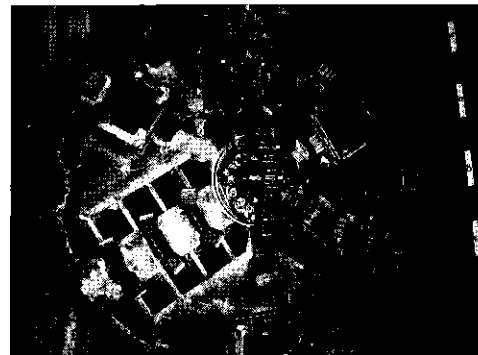
今回の小口径・小土かぶり・長距離シールド工事は2つの工法で両方向同時施工している。本稿では、1スパン2.8kmの路線ほぼ全線が最大礫径600mmの礫地盤での泥土圧シールドの施工、および1スパン4kmを超えるシールドにおいて土質の変化に対応した泥水式シールドの施工について報告する。

Simultaneous Excavation from the Same Shaft with EPB and Slurry Shields—Lower Kuzuryu Basin Agricultural Water Utilization Project (2nd Term) Kawaiharuchika Irrigation Channel—

By Morito Utsunomiya, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

Based on the Government-managed Lower Kuzuryu Basin Agricultural Water Utilization Project, 7.1 km section of the Kawaiharuchika Irrigation Channel with segment outer diameter of φ2,350 mm was built with the shield TBMs as part of the pipelining project for the deteriorated Kawaiharuchika Irrigation Channel.

These small, shallow and long tunneling works were simultaneously conducted with two types of TBM. This report contains information on 2.8 km tunneling works using a muddy soil pressure balanced shield TBM in gravel ground with maximum diameter of 600 mm, and 4 km tunneling works using slurry shield TBM to respond to changes of geology.



写真は礫対応型に改造後の泥水式シールド

T-BOSSで既設下水道幹線にシールドを地中接合
—東京下水道 千代田区永田町一丁目、港区赤坂一丁目付近再構築—

東京都下水道局 水谷 裕一

「千代田区永田町一丁目、港区赤坂一丁目付近再構築工事」は、内濠浄化対策、浸水対策および老朽化対策を図る再構築事業として計画降雨強度50mm/h、流出係数80%対応の主要枝線を泥水式シールド工法で布設するもので、仕上り内径はφ2,200mm、路線延長は567mである。

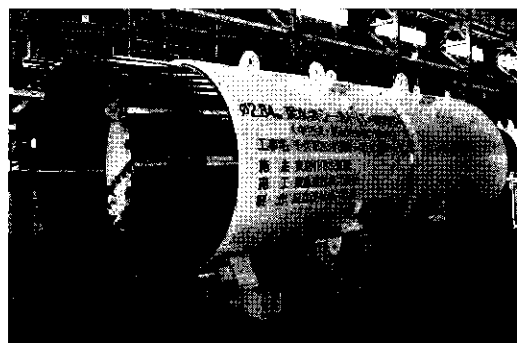
シールドの到達は既設第二溜池幹線への地中側面接合で、機械式T字接合法(T-BOSS工法：T-type Basement Branch Off Shield System)によるもので、シールドに装備された切削補強リングにより既設管を切削する。

本稿では、地中接合部から約55m地点にある特殊人孔からの資機材投入を含めた供用中の既設管内での仮堰設置、防護コンクリート打設方法の検討結果と施工、およびT-BOSS/S方式による施工結果を中心に報告する。

Underground Connecting to Existing Sewer Main with T-BOSS—Re-construction of Sewerage in the Vicinity of Nagata-cho 1-chome, Chiyoda-ku and Akasaka 1-chome, Minato-ku, Tokyo—

By Yuichi Mizutani, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

The Nagata-cho 1-chome, Chiyoda-ku and Akasaka 1-chome, Minato-ku Sewerage Reconstruction Project is to lay a main branch sewer line which can treat designed rainfall intensity of 50 mm/h and runoff coefficient of 80% using the slurry shield TBM as a reconstruction project for purification of Uchbori, countermeasures against inundation and deterioration of sewerage. The sewer line is total length of 567 meters with finished internal diameter of 2,200 mm.



写真は切削補強リング押し出し時のT-BOSS/S方式シールド

Shield TBM arrived to connect new line side-on to the existing 2nd Tameike sewer main using the T-BOSS technique (T-type Basement Branch Off Shield System). Existing pipes were cut with cutting reinforcement rings that were equipped to the shield TBM.

This report contains information on temporary weir works within operational existing pipes including the carrying equipments in from special manholes 55 meters apart from connecting point, investigation results and construction for the protective concrete placement and construction results of the T-BOSS/S technique.

産業廃棄物処分場で40m盛土する小土かぶりトンネルの設計
—九州新幹線西九州ルート 武雄トンネル—

鉄道・運輸機構 上垣 誠

九州新幹線西九州ルートは、武雄温泉・長崎間(工事延長約67km)において工事実施計画が平成24年6月に認可され、整備が進められている。

武雄トンネルは、佐賀県武雄市に位置する延長1,380mの山岳トンネルであり、平成26年9月現在、工事前進入路および仮設ヤードの造成を行っている。掘削は終点方の斜路より着手し、本坑到達後、起点方へ向かって進める予定である。トンネル直上の地表部には産業廃棄物処分場が操業しており、この処分場は拡張計画が許可されている。

産業廃棄物処分場直下の土かぶりは1.0D以下の区間があり、掘削による地表面沈下の抑制、処分場拡張盛土による上載荷重の増加に対するトンネル覆工検討、およびトンネル沈下量の抑制が課題となっている。

Design of A Shallow Tunnel under An Industrial Waste Disposal Site Where 40 meters High Embankment Planned—Kyushu Shinkansen Nishi-Kyushu Route Takeo Tunnel—

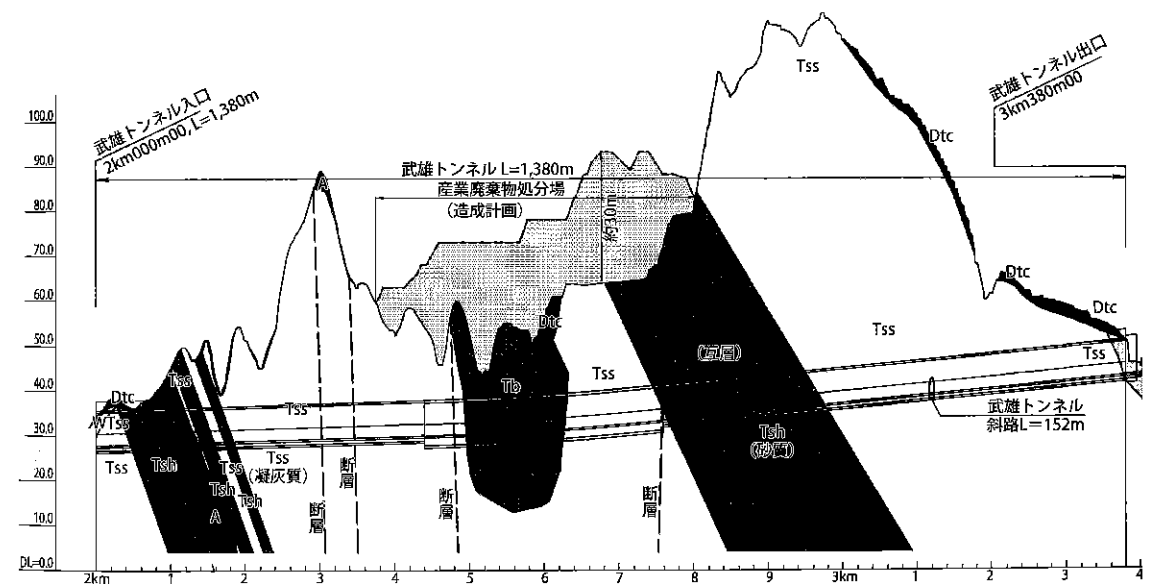
By Makoto Uegaki, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

The Kyushu Shinkansen Nishi-Kyushu Route project implementation plan between Takeo Onsen and Nagasaki (construction length 67 kilometers) was approved in June, 2012 and is underway.

Takeo Tunnel is a mountain tunnel of 1,380 meters in length located in Takeo City in Saga Prefecture and, as of September, 2014, construction road and construction yards are being created. Excavation began at inclined shaft nearer end point of main tunnel and after arrival of the main tunnel, the excavation is planned to head to the starting point.

An industrial waste disposal site is in operation directly above the tunnel and the site has been given permission to expand. Depth of tunnel under a part of the site is less than 1.0D and there are agendas including control of ground surface displacement due to excavation, design of tunnel linings to deal with an increase in surcharge due to the expansion of embankment and control of tunnel settlement.

This report contains information on planning and construction of tunnel lining to treat mainly with an increase in surcharge.



図は武雄トンネル地質縦断面図



建設業の健全な発展を目指して

清水建設(株)代表取締役社長(本協会副会長)

宮本 洋一

平成27年の年頭にあたり、新年を迎えてのお喜びを申し上げますとともに、会員の皆さまの本年のご健勝を心よりお祈り申し上げます。旧年中は日本トンネル技術協会の活動に対しご支援・ご協力をいただき、誠にありがとうございました。本年は日本トンネル技術協会にとって記念すべき年であります。日本トンネル技術協会は、昭和50年に設立され、本年8月をもって設立40周年を迎えます。会員の皆さまにおかれましては、記念行事も多数催す予定にしておりますので、奮ってご参加いただければと存じます。

昨年を振り返りますと、政府の経済再生への強力な取組みのもとで建設市場は20年の長きにわたった縮小局面からようやく脱し、建設業が将来に向けて健全に発展するための枠組みが整備された年だったと思います。政策では、国土強靱化基本計画、インフラ長寿命化計画(行動計画)の策定に続き、国土交通省により国土のグランドデザイン2050が公表されました。これにより、人口減少社会の到来や巨大災害を前提としたBCP(Business Continuity Plan(事業継続計画))対応など、これから日本が直面する課題の克服に向けたわが国のあり方や今後のインフラ整備の方向性が示されました。さらに、公共工事の品質確保に加え、中長期的な担い手確保・育成を基本理念に据えた改正品確法も成立し、その運用指針も策定されました。これらを通して、建設業のおかれている環境は質的にも新たな局面へ確実に転換しつつあるように思います。

一方、昨年もわが国は多くの自然災害に見舞われました。7月以降多くの台風が接近・上陸し大きな被害が発生しました。8月には広島市で局地的な集中豪雨によって発生した土石流により、9月には岐阜県と長野県にまたがる御嶽山で起きた水蒸気爆発により、多くの尊い人命が失われました。こうしたことからわかるように、自然災害に対する防災・減災対策としてのインフラ整備や、災害が発生した際の状況に応じた迅速・適切な復旧支援は建設業が担う大きな社会的使命であり、ハード・ソフト両面での積極的な取り組みが求められています。

さて、今年の建設業を取り巻く環境に目を向けますと、発生から4年が経過する東日

管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.CB-120032-A

コンクリートトータル養生システム

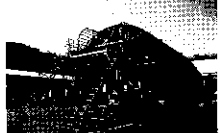
セントル型枠

第二養生

第三養生

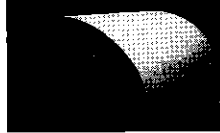
加温しながら初期強度を上げる

加温養生(型枠)



加温と湿潤を同時に行い品質向上

加温・湿潤養生



保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ

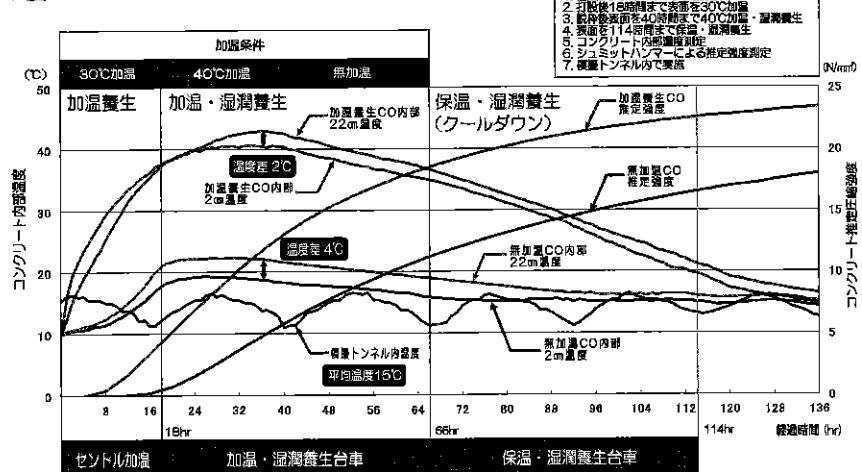
保温・湿潤養生



コンクリートの強度を予測管理
養生管理システム

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

◆覆工コンクリート温度・圧縮強度(推定)の推移



岐阜工業株式会社

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

【製作・販売協力】
TECHNO
テクノプロ株式会社

TOUJOU
株式会社 東 宏

本大震災については、復興事業は最盛期を迎えております。また、東京オリンピック・パラリンピック関連についても、施設建設の動きは今後ますます活気を帯びてきます。そして、高度成長時代に大量に建設された社会資本ストックの老朽化が喫緊の課題になることから、情報基盤の整備、新技術の開発、基準・法令の整備の進展が期待されます。さらに本年はリニア中央新幹線の建設が着手され、昨年以上に建設業そしてトンネル技術が注目を集める年になることが予想されます。

建設業界においては、工事の施工に必要な技術者・技能労働者の確保や円滑な世代交代がもっとも重要な課題となっています。技術者については計画的な若手技術者育成などの取組みを、技能労働者については若年労働者の確保・育成に向けた取組みを進められることが求められています。

この課題を克服し、建設業が健全に発展して、また魅力ある産業になるためになすべきことは明確なように思われます。一つは、建設業が若者にとって魅力ある産業であることが重要であり、適正な賃金水準を確保することはもとより、社会保険加入の促進などの処遇改善を引続き進めるとともに、将来を見通すことのできる環境整備が求められます。また、女性が活躍する場の拡大への取組みも必要です。さらに、労働人口が減少する中で、施工法の見直し、新技術・新工法の開発、情報通信技術の活用などといった省力化への取組みも重要です。そして、建設業の社会貢献が正しく理解され、それにより建設業に従事する人が仕事に誇りが持てるようにすることも大切であり、そのためにも広報活動を工夫し、さまざまな手法で幅広く社会とコミュニケーションをとることが重要です。

本協会会員の皆さまの活躍の場であるトンネル工事は、建設業の中でもとくに労働環境が厳しいとも言われています。そのような中で、日々刻々と変化していくさまざまなヤマに謙虚に向き合い、その地山の力を借りながら地下空間を構築することにより、離れた場所をつなぐことで社会に貢献しているといった使命感や、トンネル貫通時の喜びや達成感など、その魅力を大いに発信することが重要だと痛感しています。そして近年、大深度や大断面そしてその連結など、地下利用の範囲を広げる挑戦が拡充する中で、更なる技術の研鑽につとめるとともに、安全・安心で有益な社会インフラを提供し続けることが大切だと考えます。そうすることで、トンネル工事が魅力のある仕事となり、ひいては建設業全体の活性化にもつながってくると思います。この設立40周年を機にそれらについての活発な議論がなされることを期待するものであります。

建設業が健全で魅力のある産業となるよう、これらの課題に真剣に取り組んでまいりますので、皆さまのご支援とご協力を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

施工

多量湧水の発生する長大トンネルを突っ込みで掘削

—東九州自動車道 猪八重トンネル北工区—

前田建設工業(株)九州支店猪八重トンネル作業所工事課長 前田 啓 太
前田建設工業(株)九州支店猪八重トンネル作業所工事係 河 口 武 司
前田建設工業(株)東北支店千徳小山田道路作業所工事課長 青 柳 茂 男

1 はじめに

東九州自動車道は、北九州市を起点に大分県、宮崎県を経て鹿児島市に至る延長436kmの高速自動車道である。このうち清武～日南間は宮崎市、日南市を通過する延長約28.0kmの区間であり、東九州自動車道のネットワークの一部を形成する。宮崎南部地域と北部地域のさらなる発展と輸送コストの向上などの効果が期待されている(図-1)。

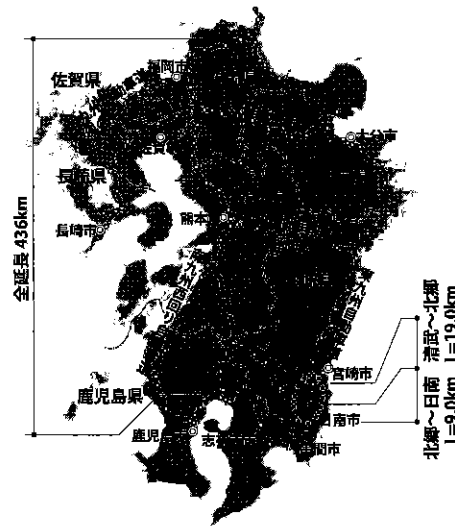


図-1 事業位置図

2 工事概要

本工事は、東九州自動車道(清武～北郷間)のうち、宮崎県日南市北郷町郷の原地先に位置する猪八重トンネル(本坑全長4,858m、避難坑全長4,871m)の北工区(本坑2,055m、避難坑2,755.5m)を新設するものである(写真-1、表-1、図-2～4)。同トンネルは東九州自動車道では最長のトンネルとなる。清武～日南間については、「新直轄方式」により整備され、所要時間の短縮、通行規制区間の回避、高度医療のカバー率の向上、産業の整備効果が期待されている区間である。

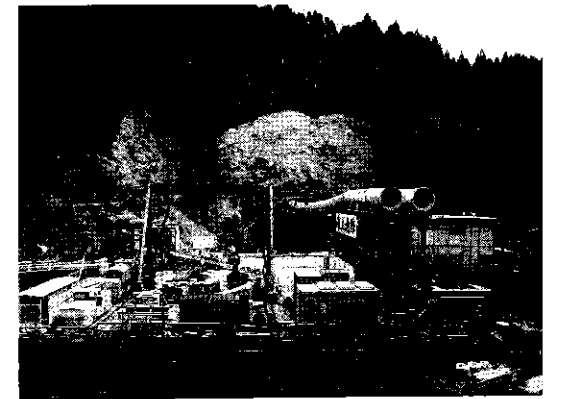


写真-1 猪八重トンネル北坑口

表-1 工事概要

工事名	東九州道(清武～北郷)猪八重トンネル北新設(一期)工事 東九州道(清武～北郷)猪八重トンネル北新設(二期)工事	
工事場所	宮崎県日南市北郷町大字北河内地内	
工期	(一期)平成21年3月17日～平成24年12月25日 (二期)平成24年12月26日～平成26年11月30日	
掘削工法	NATM(本坑:補助ベンチ付き全断面およびショートベンチカット工法, 避難坑:全断面工法)	
掘削方式	発破掘削(本坑:タイヤ方式, 避難坑:レール方式)	
主要数量表	本坑:トンネル掘削工	2,017m
	覆工	2,055m
	インバート工	2,055m
	坑門工	一式
	避難坑:トンネル掘削工	2,745m
	覆工	2,755.5m
避難坑門工	一式	
	避難連絡坑	一式
	残土処理	一式

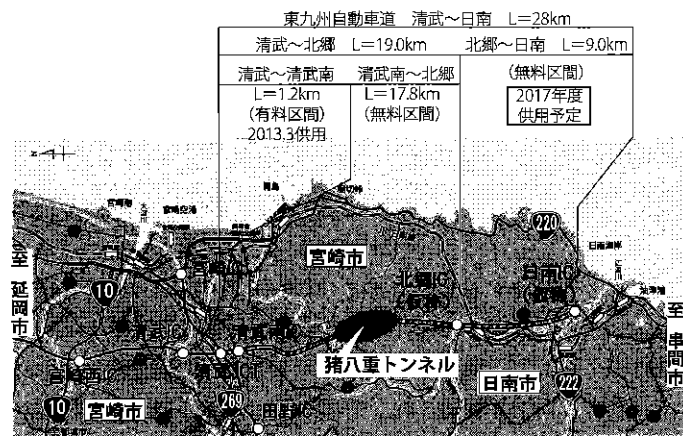


図-2 路線平面位置図

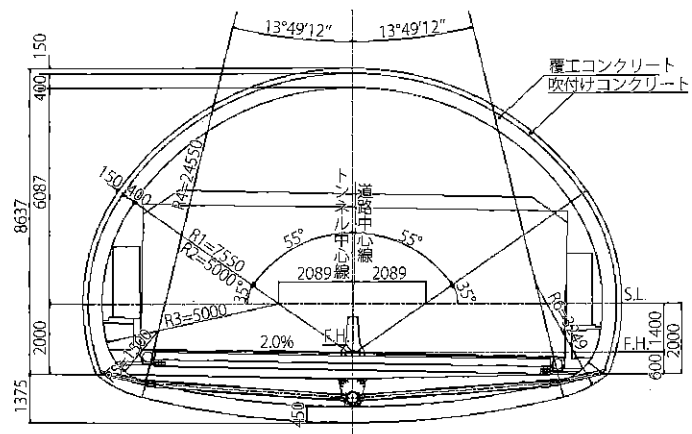


図-3 標準断面図(本坑C II i)

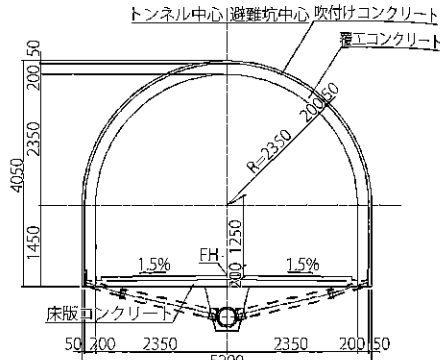


図-4 標準断面図(避難坑C II -P)

3 地形・地質概要

3-1 地形概要

トンネル坑口付近は、高さ20m程度の砂岩からなる急崖となっている。坑口部は急崖の下部にはほぼ直行する(斜面直行型)。坑口の前面は家一郷川支流の河岸および段丘堆積物からなる傾斜25°程度の比較的緩やかな斜面で、坑口付近が急峻となる。坑口上部の斜面は傾斜30°前後の斜面となり高位段丘堆積物が分布する。坑口上部の斜面には一部に崩壊地形が見られるが、坑口の方角に関してはこれらの地形は認められず、転石も少なく比較的安定した斜面である。

トンネル一般部の地形状況は、おおむね100m以上の土かぶりがあり、最大土かぶりは230mである。

3-2 地質概要

周辺の地質は、古第三紀(5,000～3,000万年前)に生成されたとされる日南層群と新第三紀中新世(2,000～1,000万年前)に生成された宮崎層群が基盤岩として分布し、これらを覆う未固結の土砂状堆積物である崖錐堆積物、崩積土、段丘堆積物、土石流堆積物などが分布している。

日南層群は、巨視的には四万十帯と

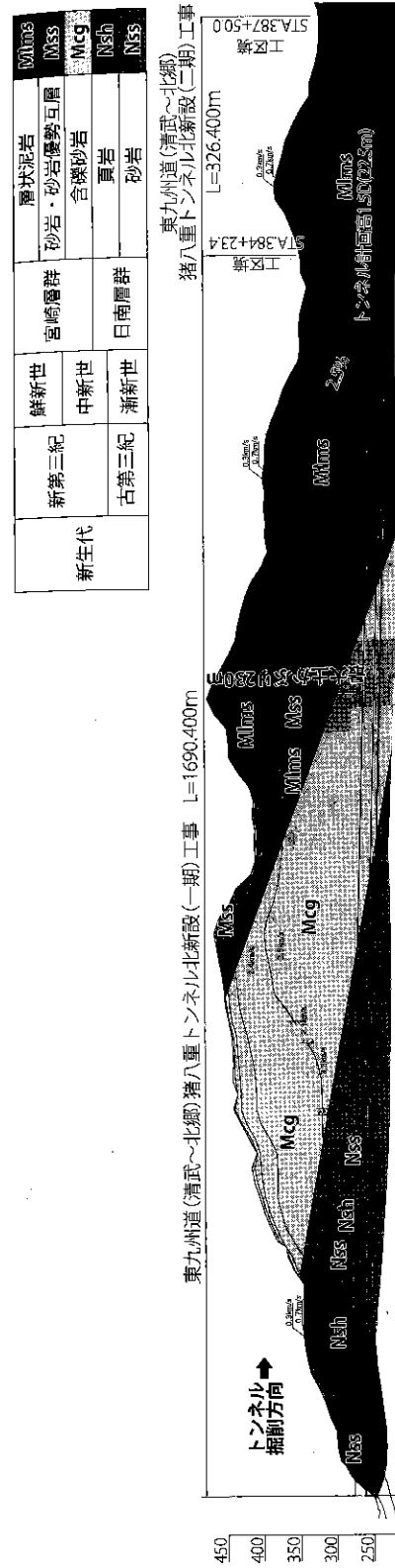


図-5 地質縦断面図

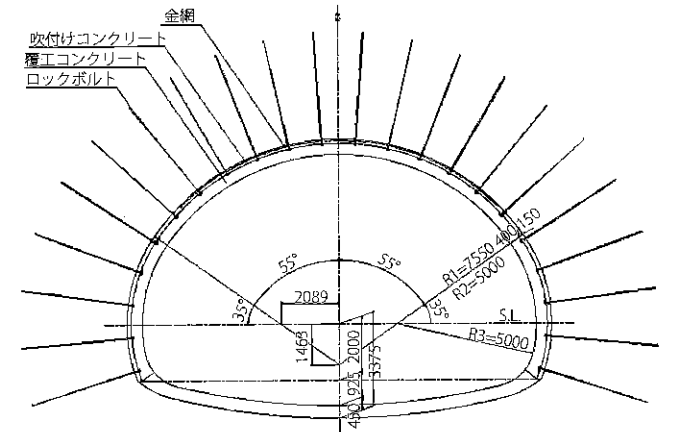


図-6 支保パターン図(本坑C II i)

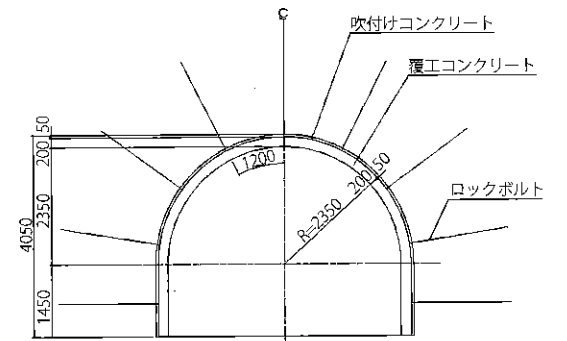


図-7 支保パターン図(避難坑C II -P)

呼ばれる地帯に属し南九州に広く分布する。主として砂岩、泥岩、砂岩泥岩互層、乱雑層からなり、整然相から混在岩相(=乱雑層)まで岩相変化が著しい。日南層群には、未固結～半固結の堆積物が地震などをきっかけに大陸斜面を海溝に向ってすべり降りたときに形成された海底地すべりの痕跡である地質構造(スランプ構造)が随所にみられる。

宮崎層群は前述の日南層群を傾斜不整合に覆い、宮崎平野の全域および日南海岸地域に分布する。猪八重トンネルの大部分には宮崎層群の砂岩と泥岩および、その互層が分布している(図-5)。

図-6,7に支保パターン図を示す。

4 施工時の工夫

4-1 トンネル掘削時の湧水状況と排水処理
本トンネルは起点側から終点側に約2.5%の下り勾配のため、起点側からの掘削となる北工区は

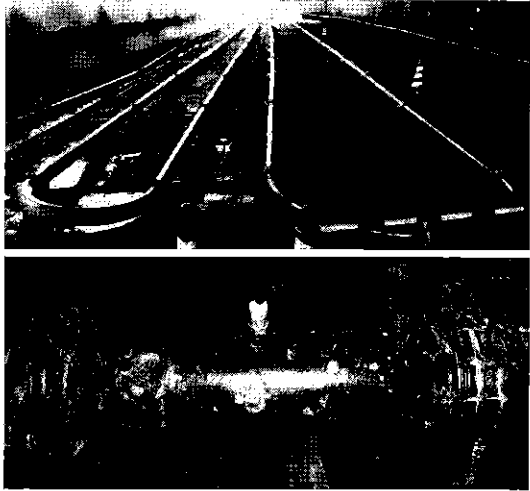


写真-5 圧送実証試験状況(コンクリート配管状況と圧力計設置状況)

圧送管内の圧力を測定し、覆工コンクリートの長距離圧送供給のためのデータを得た(写真-5)。

さらに、施工面では、コンクリート打設箇所(避難坑セントル内)と荷卸し場所(本坑コンクリートポンプ)が連絡坑を介して離れているため、連絡手段として交互通話式のインターホンとブザーを設置し、実作業前に予行演習をくり返した。施工では、1ブロック(10.5mあたり)約40m³のコンクリートを2工区で毎日打設して、平均月進行350mの進捗で予定どおり約8か月で施工を完了した(写真-6)。

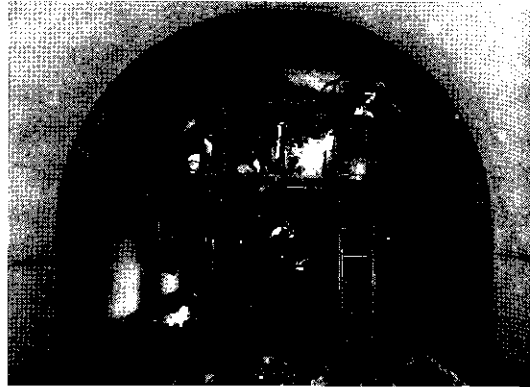


写真-6 避難坑覆工コンクリート施工状況

5 おわりに

本工事は避難坑を併設する延長2kmを超えるトンネルの新設工事であり、湧水量の多い下り勾配での施工や変位の大きい日南層群の掘削などを経て、約5年半をかけて無事竣工することができた。

当該日南層群は事前の弾性波探査ではおおむね $V_p=3.5\text{km/s}$ 程度であり、地山分類がC I、C IIに分類される区間が多かったが、褶曲などによる初期地圧の潜在や乱された地層の場合は注意が必要であることがわかった。

今後、猪八重トンネルならびに宮崎市以南の東九州自動車道が供用され、宮崎市以南さらに南九州のさらなる発展に寄与することを期待する。

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

B5判・442頁・上製本 本体価格9,800円(〒450円)



株式会社 土木工学社

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

施工

複合的な地盤改良工と多段分割掘削を併用した避難連絡坑の施工

—中央環状品川線南品川換気所避難連絡路接続工事—

東京都第二建設事務所品川線建設事務所大井工事事務所 白石 均
 東京都第二建設事務所品川線建設事務所設計係主任 市川 健
 飛鳥建設(株)首都圏土木支店南品川作業所 篠原 浩史
 飛鳥建設(株)建設事業本部土木事業統括部トンネルグループ課長 熊谷 幸樹

1 はじめに

東京都心の慢性的な渋滞解消を目的に計画された中央環状線は、事業が進行中である3環状道路(「首都圏中央連絡自動車道(圏央道)」「東京外かく環状道路(外環道)」「首都高中央環状線」)のうち、もっとも都心よりに位置する路線である(図-1)。

中央環状品川線(以下「品川線」と記す)は、中央環状線(全長約47km)のうち南側部分を形成し、起点の品川区八潮3丁目の高速湾岸線から、すでに開通している中央環状新宿線に接続する延長約9.4km(うち、トンネル構造約8.4km)の路線である。3環状道路のうち、もっとも整備が進む中央環状線の最終事業として、東京都と首都高速道路(株)(以下「首都高」と記す)との共同事業で施工している(図-2)。

南品川換気所避難連絡路接続工事は、南品川換気所と2本の本線トンネル(大井行き：東京都、大橋行き：首都高)を接続する避難路トンネルを構築する工事であり、本線トンネルに近接してNATMにより掘削し、RC躯体構造物を築造する。本稿では、出水や地山崩落を防止する目的とし

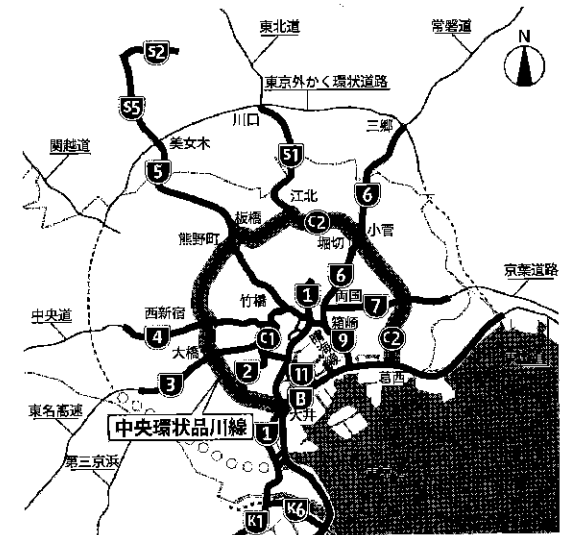


図-1 中央環状品川線位置図

て施工した複数の地盤改良を組合せた複合的な地盤改良工の概要、工期短縮を目的として、三次元FEM解析結果をもとに実施した多段分割掘削と躯体構築手順の工夫などについて報告する。

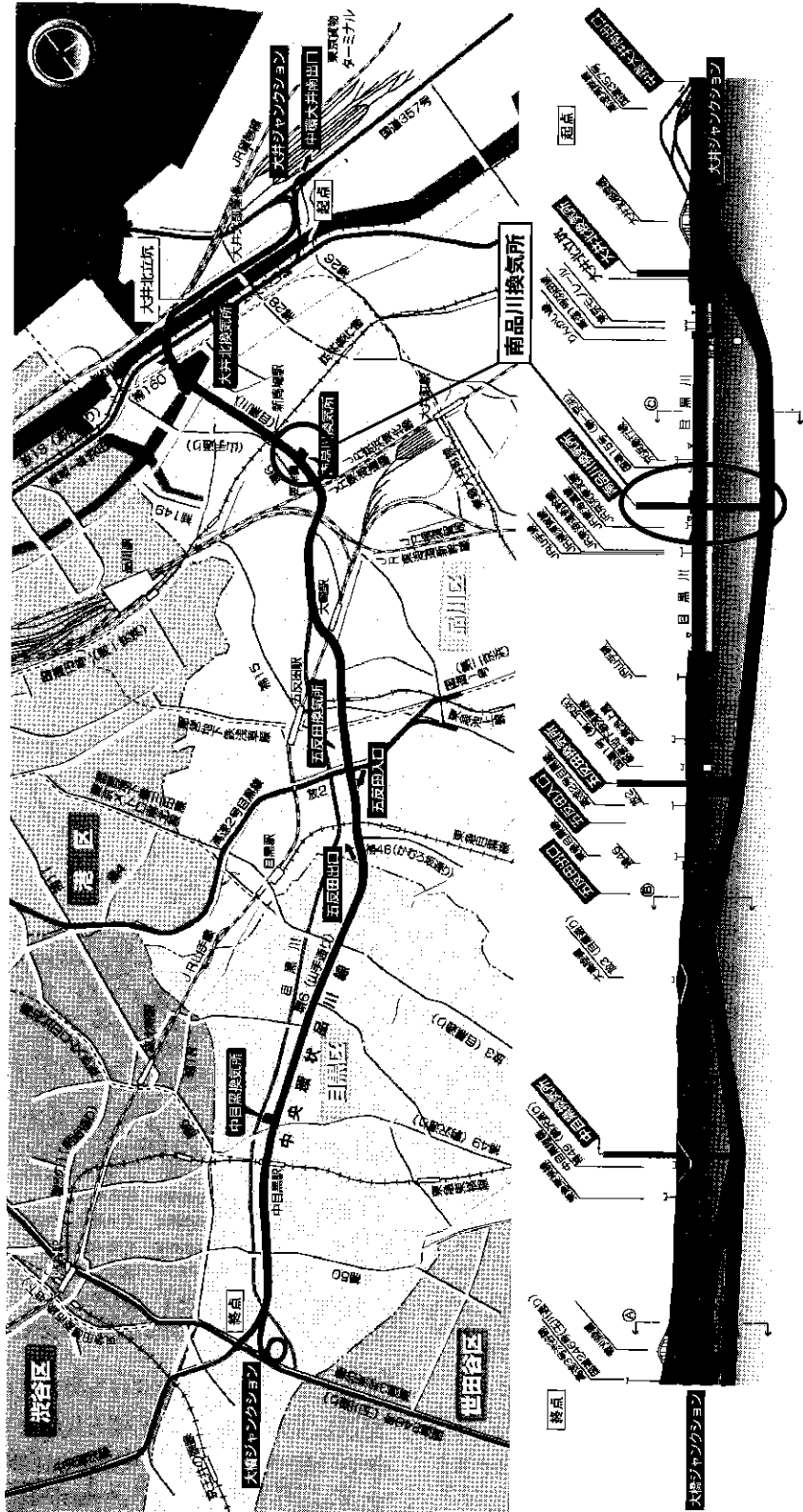


図-2 中央環状品川線平面図・横断面

2 工事概要と複合的な地盤改良工の施工

2-1 工事概要

品川線には4つの換気所が建設され、本線トンネルの換気、災害時の地上への避難通路として機能する。その1つである南品川換気所は、目黒川直下約50mを走る2本の本線トンネルと送排気用の換気ダクト計4本、避難路1本で接続される(図-3)。このうち、本工事は、南品川換気所と本線トンネルを結ぶ避難用の連絡トンネルを構築するものである。構造概要図を図-4に示す。

本工事は、換気所B7Fから本線トンネル上部へ勾配約20°で下る「斜坑部」、さらに「切掛け部」、「半円断面部」を経て、本線との直接的接続部となる「横坑部」を本線トンネル間にNATMにより掘削し、躯体を構築する(表-1)。

おもな躯体構造物は、本線トンネル間に構築する上床版、下床版、両端部の妻壁と中間部2か所の中壁などであり、ウォータタイトのRC構造となっている(図-5)。

2-2 複合的な地盤改良工の概要と施工

本工事は施工深度は、目黒川直下約35~60mの大深度地下であることから、つねに高い地下水圧下での施工となる。また、対象地山は流動化しやすい砂層(Ks層)と地下水が差し込む砂混じりの土丹層(Kc層)が積層する複雑な地層であった。そのため、河川下で、かつ地下水位以下でのトンネル掘削を安全に行えるように、地下水の坑内への流入抑制と流動化しやすい砂層や砂混じりの土丹層の地山を安定化させることを目的として、対象地山の地質性状と施工条件を考慮した計4種類の地盤改良工・薬液注入工(以下「補助工法」と記す)を使い分けて施工することとした(表-2、図-6)。地上部からの施工が可能な斜坑部周辺では、砂層に対して止水と地盤強度の向上を目的とした高圧噴射攪拌工法を、砂層の介在する土丹層に対してダブルパッカ工法を採用した。

一方、目黒川の直下に位置する切掛け部と横坑部の砂層に対しては地上部からの斜め施工が可能



図-3 南品川換気所概念図

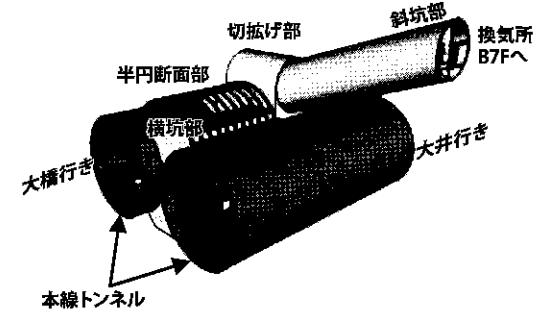


図-4 避難連絡路の構造概要図

表-1 NATMによるトンネル工の工事概要

部位	掘削工法	諸元など
斜坑部	NATM	延長17.4m, 内径5.5m
切掛け部		延長8.6m, 幅7.85m
半円断面部		延長11.7m, 幅8.5m
横坑部	NATM	外寸: 幅8.6m, 延長19.5m, 高さ13.5m 内寸: 幅4.2m, 延長16.5m, 高さ11.4m

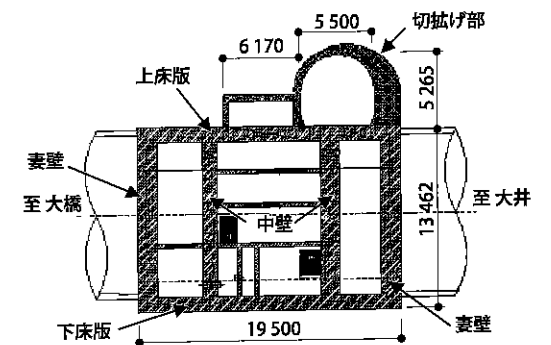


図-5 避難連絡路の構造全体側面図

表-2 補助工法の施工概要

地盤改良箇所	対象地盤	工法名称	施工条件	施工時期
斜坑部上部	砂層	高圧噴射攪拌工法	地上から鉛直下向き施工	平成24年1月～同年2月
斜坑部下部	土丹層	ダブルパッカ工法	地上から鉛直下向き施工	平成24年3月
切掘り部	砂層	凍結工法	地上から斜め施工	平成24年3月～平成25年4月
半円断面部横坑部	土丹層	低圧浸透注入工法	本線内から施工	平成23年11月～平成24年4月

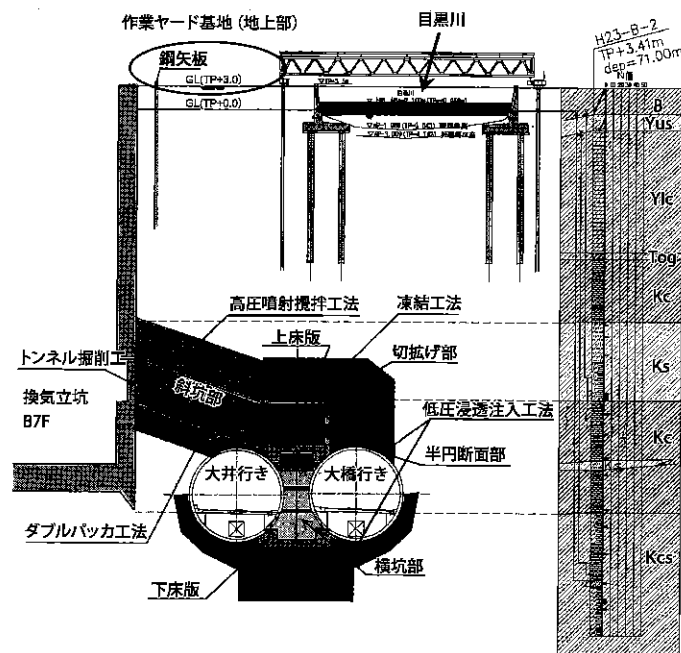


図-6 複合的な補助工法の概要：断面図

な凍結工法を、本線シールド周辺の土丹層に対しては本線内からの施工が可能な低圧浸透注入工法を採用した。

施工手順としては、地盤を氷点下の低温にする凍結工法が他の補助工法の止水性や強度などの品質に悪影響を与えないよう、低圧浸透注入工法、高圧噴射攪拌工法、ダブルパッカ工法の順に着手し、これらの施工が完了後、凍結工法により切掘り部上部に凍土(14.05m×13.5m×3.6m)を造成した。

NATMによるトンネル掘削は、工期短縮を図るため切掘り部掘削開始時に所定の凍土造成が完了することを見すえ、先行して斜坑部から開始することとした。

3 掘削による本線トンネルへの影響予測と対策

3-1 計測管理と三次元FEM解析による影響予測

本工事は、図-4に示すとおり、大井行き本線トンネルの上部地山を掘削し、その後、最小離隔3.5mで併設された本線トンネル間の地山を、上部から下方に向かって延長約19.5mにわたり逐次掘削するものである。このため、シールド工法で施工された本線トンネルにはNATM施工に伴う掘削解放力が三次元的に作用する。

本工事による本線トンネルへの影響を計測監視するため、本線トンネルのセグメント応力、内空変位や鉛直変位、本線トンネルの変形抑制工として設置された内部支保工の軸力などを複数断面(施工当初：4断面)で計測することとした(図-7, 8, 表-3)。

2本の本線トンネルはシールド工法で掘削・構築されており、本換気所と接続する区間は鋼製セグメント(主桁厚 $t=25\sim75\text{mm}$)で構築されている。この鋼製セグメントの許容応力度(短期)の80%を一次管理値、90%を二次管理値として計測管理を行うこととした。

また、掘削による本線トンネルへの影響予測を行うため、複数の補助工法が施工された地山条件や複雑な掘削形状、本線トンネルとの位置関係を三次元的にモデル化して、三次元FEM解析により掘削手順をシミュレートすることとした(図-9)。

3-2 本線トンネル上部における掘削と追加対策

2012(平成24)年7月に換気所B7Fの仮壁を切開き、本線に向かって斜坑部、切掘り部のNATM掘削を進めたところ、多量の湧水の発生もなく順調に昼夜間体制で施工することができた。しかしながら、切掘り部掘削完了後、本線トンネ

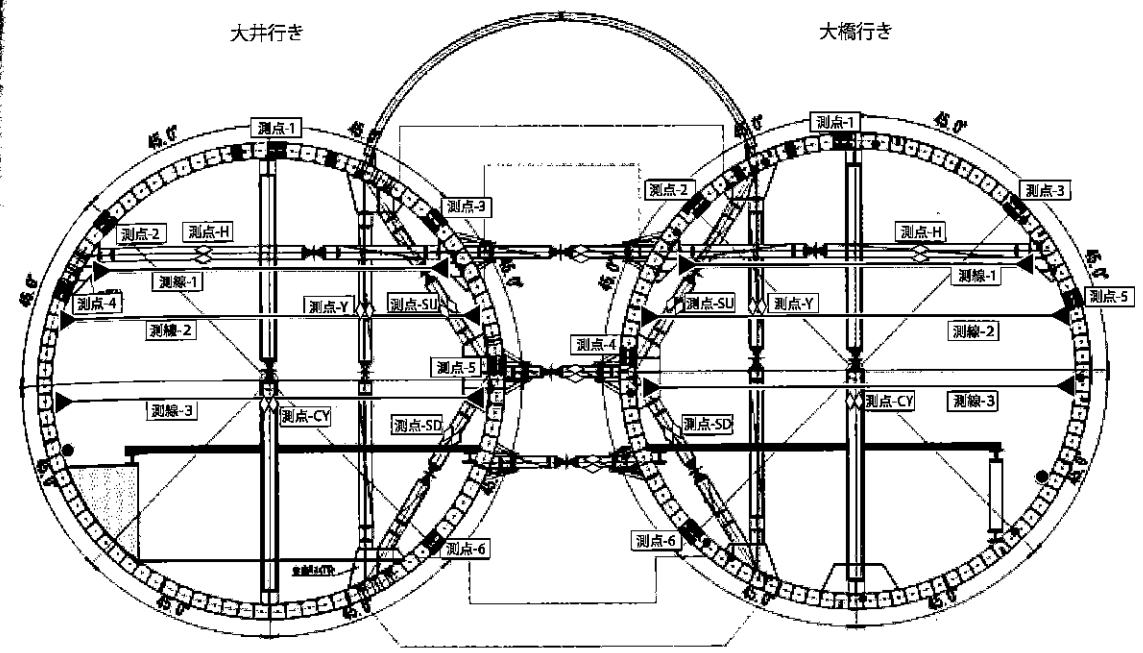


図-7 計測工断面図

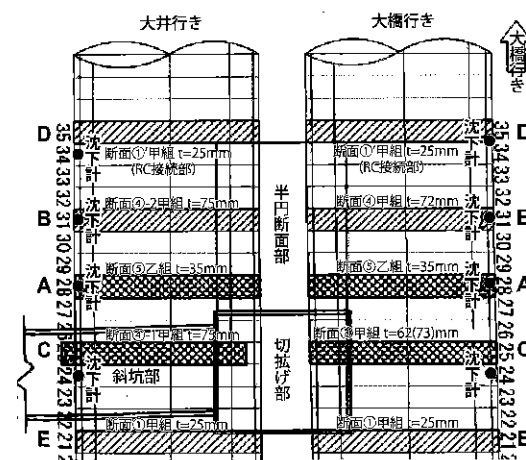


図-8 計測工平面位置図

ル間に位置する半円断面部を約3m掘削した時点で、切羽から毎分数十Lの湧水が発生し、その後、増加傾向を示した。このため、切羽の一部で流砂現象が発生し、切羽の自立性が著しく低下した。

事前の補助工法にもかかわらず想定以上の坑内湧水が発生したのは、切掘り部の掘削時に観察されたように、土丹層中に透水性の高い砂層が縦亀裂として、脈状に、不規則に分布しているためと

表-3 計測工一覧

計測項目	セグメント主桁応力	セグメント内空変位	セグメント鉛直変位	内部支保工軸力
計測位置	ひずみ計	レーザー距離計	水盛式沈下計	ひずみ計
D断面	○	△		△
B断面	△	△	○	△
A断面	○	○		○
C断面	○	△		△
E断面	△	△	△	△

○：補助工法施工前に設置
△：半円断面部掘削中に追加設置

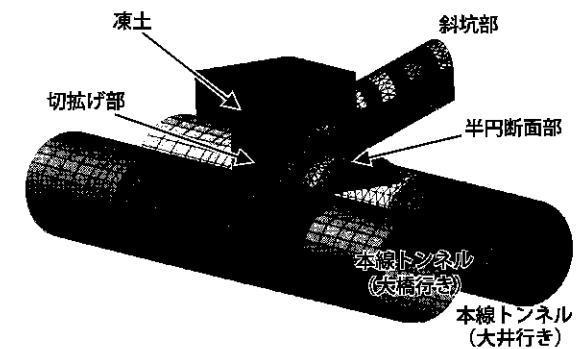


図-9 三次元FEM解析モデル

推測された(写真-1)。そのため、今後の本線トンネル間の土丹層の掘削に伴う止水対策を万全とするため、本線トンネル内からトンネル外側の土丹層に対して低圧浸透注入工法により追加の補助工法を実施した。

3-3 その他の対策について

施工時に得られた計測データにもとづく三次元FEM予測再解析の結果、半円断面部(図-4, 9)掘削に伴う掘削解放力により、主柵厚さの薄いセグメントの一部断面で一次管理値(310N/mm²)を超える圧縮応力が発生することが予測された。そこで、両本線トンネル内の中央に変形抑制工として鋼製支柱(H-500×500×25×25@1.5m)を追加設置した(写真-2)。

さらに、本線トンネルのセグメント応力や中央支柱などの計測点を増設し、計測監視体制を強化した。

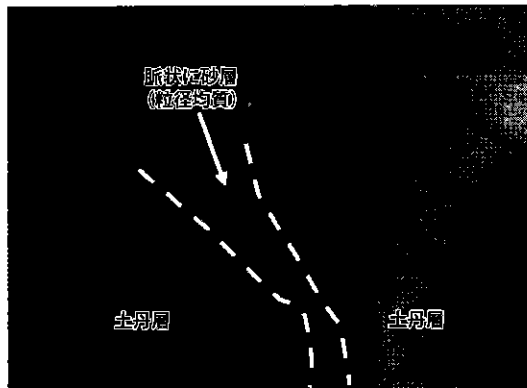


写真-1 土丹層中の縦亀裂(砂層介在)



写真-2 本線トンネルの中央支柱設置

4 工期短縮のための施工手順の見直しと実施工

4-1 横坑部の多段階掘削による工期短縮

当初の施工計画では、まず、南品川換気所立坑B7Fを作業基地とし、斜坑部、切掛け部、半円断面部、横坑部2次掘削までを完了後、上床版を構築する。次に、横坑部を上部から下部に向かって片押しで掘削を進めながら、横坑部両妻壁を逆巻きで構築したのち、下床版、中壁および中間スラブを順巻きで構築するという施工手順であった。この手順では、掘削ずり搬出や資機材の搬出入は立坑を通じて行うこととなり、立坑内の作業ヤードや搬入経路を躯体構築完了まで確保しておく必要があった。

しかしながら、この施工手順では同時施工中の立坑内の建築工事において作業遅延をもたらす、品川線工事の全体工程に影響を及ぼすことが判明した。そこで、本工事の施工手順を抜本的に見直すことが必要となった。

掘削手順の見直しの結果、横坑上部での掘削および上床版構築に加えて、供用時には避難路用の開口部となる大井行き本線トンネル側からも同時並行で下方に向けて掘削を進める多段階掘削を行うこととし、下床版を構築後、妻壁、中壁および中間スラブを順巻きで構築することとした(図-10, 11)。

多段階掘削により上下同時に並行して掘削することは、本線トンネル間の中間部地山が不安定化したり、本線トンネルに悪影響を及ぼす可能性

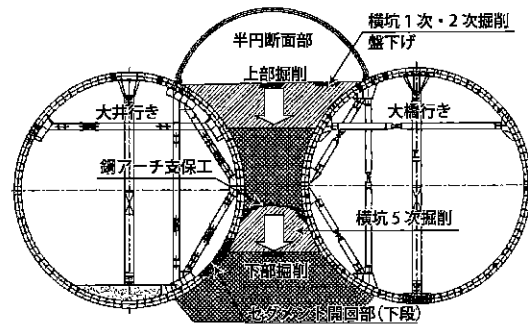


図-10 多段階掘削の手順概要

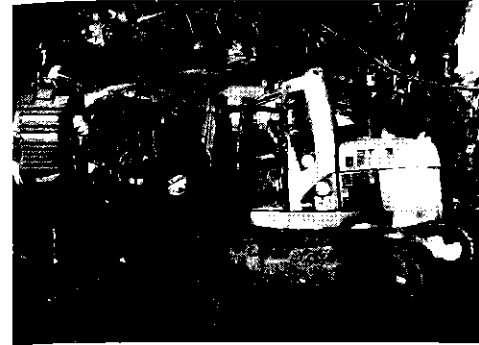


写真-3 半円断面部の掘削状況



写真-4 横坑中間部の掘削状況

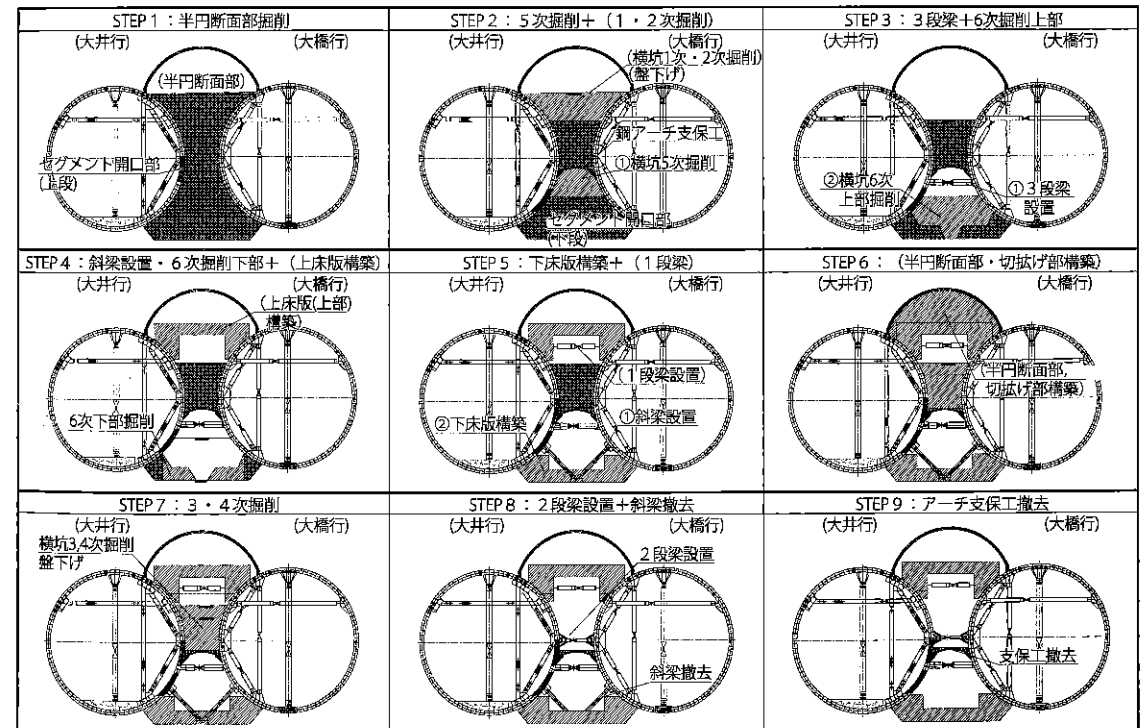
があるため、三次元FEMによる予測解析を実施し、トンネル間支保工のサイズ変更や、横坑中間部5次掘削時には鋼製アーチ支保工を設置するなどの安全対策を講じたうえで施工することとした(写真-3~5)。

4-2 実施工とセグメント応力増加に対する対策

実施工は図-11に示すとおり、半円断面部掘削完了後(STEP 1)、上部では横坑1次、2次掘削を行うと同時に、横坑中間部ではセグメント開口



写真-5 横坑下部の掘削状況



※図中の括弧内の施工ステップは換気所側からの施工を示す。

図-11 横坑部の多段階掘削による掘削、躯体構築の施工手順

箇所から鋼アーチ支保工と吹付けコンクリートで地山を支保しながら横坑5次掘削を施工した(STEP 2)。次に、上部では上床版構築へと進み、横坑下部では3段梁(H-500@1.5m)設置後に横坑6次上部掘削を行った(STEP 3)。その後、上部では上床版構築を行い、横坑下部では掘削底盤および本線トンネルの安定化のために下床版の早期構築を目指して6次下部掘削を進めた(STEP 4)。

しかしながら、6次下部掘削中、大井行き・大橋行き本線トンネルのそれぞれ4時と8時方向のセグメント応力が、事前の予測解析を上回る値ま

で増加し、大橋行き本線トンネルではトンネル下部のセグメント応力が一次管理値(予測値:145N/mm²)に迫る値に達した(図-12)。そのため、掘削床付け面から両本線トンネルに斜め梁(H-350@1.5m)を設置し、以後の6次下部掘削に伴う本線トンネルの変形抑制と、セグメント応力増加の防止を図った(STEP 5, 写真-6)。

ここで、セグメント応力の予測値と実測値に差異が生じたのは、図-13に示すとおり、高水圧下の堅固な土丹層ではシールド施工時の裏込め注入圧により地盤内に残留応力が長期間保持され、横坑部掘削によって予測解析では考慮しなかった残

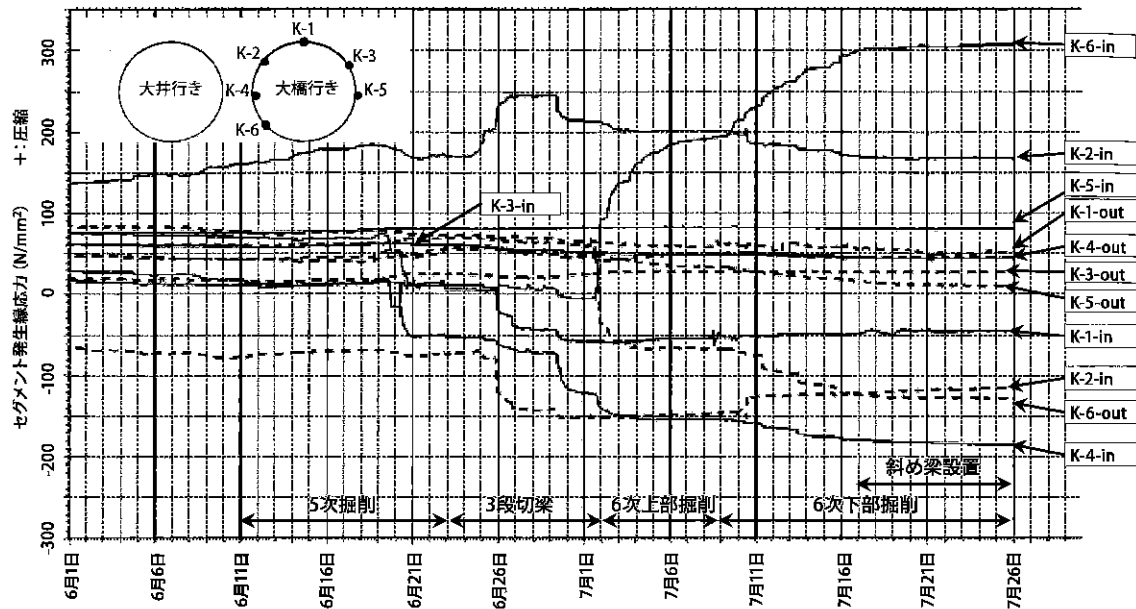


図-12 大橋行き本線トンネルのセグメント応力の経時変化: No.26セグメント

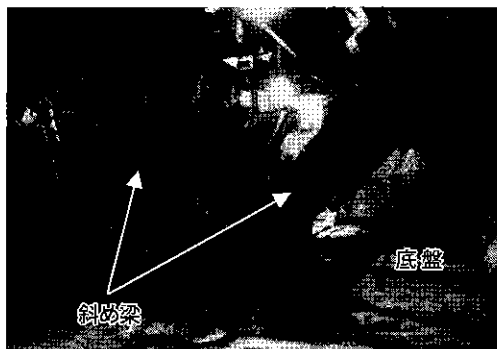


写真-6 横坑下部の斜梁設置

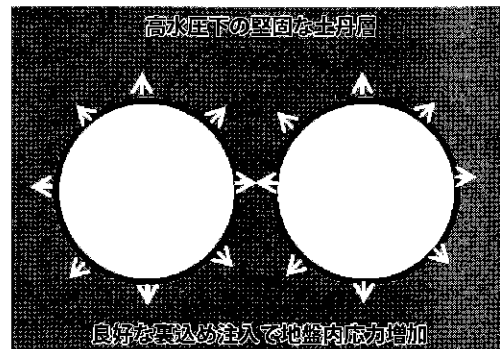


図-13 裏込め注入による残留応力

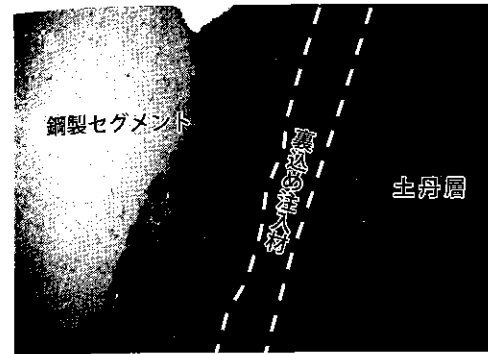


写真-7 裏込め注入材の充填状況



写真-9 斜坑部(1)



写真-8 底盤部付近の介在砂層

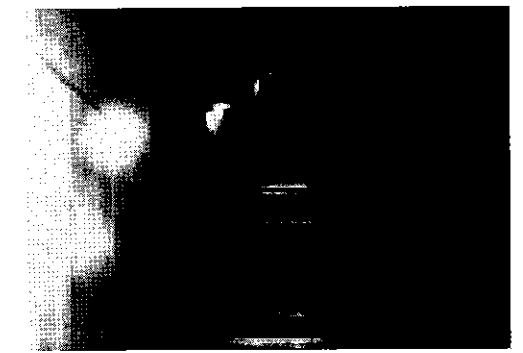


写真-10 斜坑部(2)

留応力が一挙に解放されたためと推察された²⁾。写真-7に、横坑掘削時に観察した本線トンネルの裏込め注入材の良好な充填状況を示す。

底盤部床付けとなる下部6次掘削では、写真-8に示すように大橋行き本線トンネル側の掘削面に介在砂層が分布しているため、湧水が発生したが、入念な追加の補助工法により湧水量の増加も収束傾向となり、切回し排水を行い対応した。

次に、上部では3次、4次掘削に伴う上床版の変形抑制を目的とした1段梁(変形抑制梁)を設置し、横坑下部では斜め梁を残置したまま下床版の打設・構築を完了した。これにより上床版と下床版の構築が完了し、両本線トンネルは上部および下部で連続的な梁構造体として連結され、施工段階における本工の躯体構造物の安定性を確保することができた。さらに、引き続き、上部は半円断面部、切抜部、斜坑部の躯体構築を進め、横坑下部では妻壁と中壁の順巻き施工を進めた(STEP 6)。以後、STEP 7では横坑3次、4次の盤下げ掘削を

行い、STEP 8では2段梁(H-350)設置、6次掘削部の斜め梁を撤去し、STEP 9では最後の掘削となる横坑5次掘削のためにSTEP 2で設置した鋼アーチ支保工などを撤去した(図-11)。

横坑部掘削、躯体構築中は、セグメント応力とともに本線トンネル間の中間梁の軸力を測定し、切梁軸力の予測値と計測値を比較して、本線トンネルや構築済みの躯体構造物に悪影響が発生しないかを確認しながら中間梁撤去時期を決定した。これによって、躯体構造物は下床版構築後、3段梁、2段梁を早期に撤去しながら、順に上部に向けて妻部、壁部および中間スラブを順巻きで施工することができた。また、上床版を先行構築したことで、後工程である半円断面部、切抜部、斜坑部の躯体構築は横坑下部とは別班編成で進めることができ、換気立坑内からの資機材搬入などが不可能となる施工期限内に上部躯体の構築を無事完了することができた(写真-9, 10)。

工期を確実に遵守するためには、日々の工程管

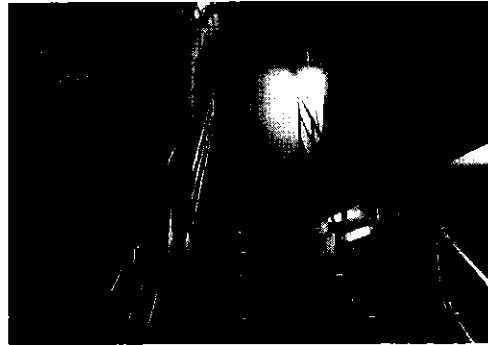


写真-11 半円断面部

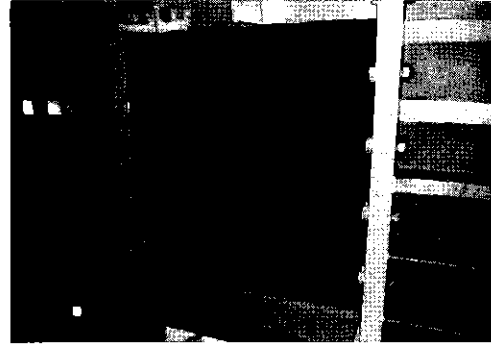


写真-13 鋼殻切断部

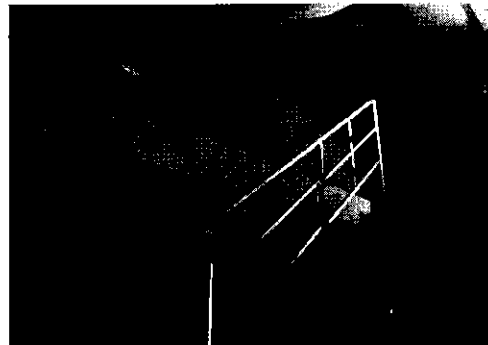


写真-12 横坑部

理が重要となるため、工期末までの日割り工程表を作成し、クリティカル・パスとなる工種を洗い出し、工種ごとに完了日を100%とした計画進捗率をすべての日に割当て、これを毎日達成していくこととした。

以上の工期短縮のための横坑部掘削・躯体構築手順の工夫と日々の工程管理の継続により、ウォータタイトRC構造である躯体の品質は確保しつつ、本工事を無事工期内に完了することができた(写真-11~13)。

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)

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

施工

泥土圧・泥水シールドを同一の立坑から同時掘進

—九頭竜川下流(二期)農業水利事業 河合春近用水路—

農林水産省北陸農政局九頭竜川下流農業水利事業所工事第一課長 宇都宮 司 人
奥村・東急・りんかい日産共同企業体九頭竜川春近シールド工事所所長 今村 肇
奥村・東急・りんかい日産共同企業体九頭竜川春近シールド工事所主任 犬飼 貴
(株)奥村組東日本支社土木3部部長 中村 誠 喜

1 はじめに

九頭竜川下流地区は、福井県の北東部を流れる九頭竜川の両岸に広がる福井平野・坂井平野に位置し、米作を中心とした一大穀倉地帯を形成している。この農業を支える全国でも有数の基幹用水路は完成後長期間経過しており老朽化が進んでいるため、効率的な水配分、維持管理費の軽減、地域用水機能増進を目的とした農業用水再編対策事業により老朽化した開水路のパイプライン化が行われている。

本工事は、この国営九頭竜川下流農業水利事業計画にもとづき、老朽化した河合春近用水路(写真-1)をパイプライン化する事業のうち、延長7.1kmをシールド工法で施工するものである。上流

側は県道下を通過し、下流側は既存の河合春近用水路下を通過する(図-1)。

本稿では、小口径・小土かぶり・長距離シールド工事において、上流側では路線のほぼ全線が最大礫径600mmの礫地盤での掘進、下流側では1スパン4kmを超える小口径長距離シールドにおける土質の変化に対応したシールドについて報告する。



写真-1 河合春近用水路

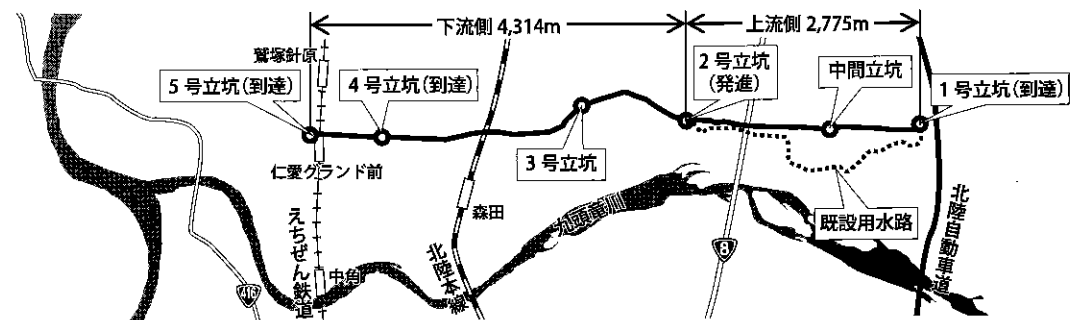


図-1 工事位置図

2 工事概要

河合春近用水路建設工事の工事施工概要は以下のとおりである。

2-1 工事概要

工事名：九頭竜川下流(二期)農業水利事業河合春近用水路建設工事

工期：平成22(2010)年3月19日～

平成27(2015)年3月20日

【一次覆工】

泥土圧シールド工法(上流側)：

セグメント外径 ϕ 2,350mm

延長 $L=2,775.1$ m

泥水式シールド工法(下流側)：

セグメント外径 ϕ 2,350mm

延長 $L=4,314.6$ m

(当初3,459.6m)

【二次覆工】

FRPM管、鋼管(一部)：呼び径1800mm

下流側において、当初計画では2号立坑から4号立坑の区間であったが、事業計画の見直しによ

り4号立坑から5号立坑までの区間が変更追加された。

2-2 地質概要

地質縦断面図を図-2, 3に示す。

上流側のシールド掘進部の地質は、ほぼ全線が砂礫層であった。事前のボーリング調査では、発進立坑から約600mはN値30前後の砂礫層(Ag2層)が主体で、粗砂に2～30mm程度の小礫が混入する。残りの約2,200mは非常に締まった状態(N値50以上)の玉石混じりの砂礫層(Dg層)で、玉石の最大礫径200mmとなっていた。

一方、下流側のシールド掘進部の地質は、発進立坑から約300mは上流側と同じ砂礫層(Ag2層)である。それ以降の約4,100mはN値4～36前後の砂質土層(As2-1層)、N値0～5前後の軟弱な粘性土層(Ac1-1層)の互層である。

2-3 本工事の特徴

本工事の特徴は以下のとおりである。

- ・発進立坑から上流側は泥土圧シールド、下流側は泥水式シールドで2方向同時掘進。
- ・上流側は小土かぶりで民家に近接して掘進。

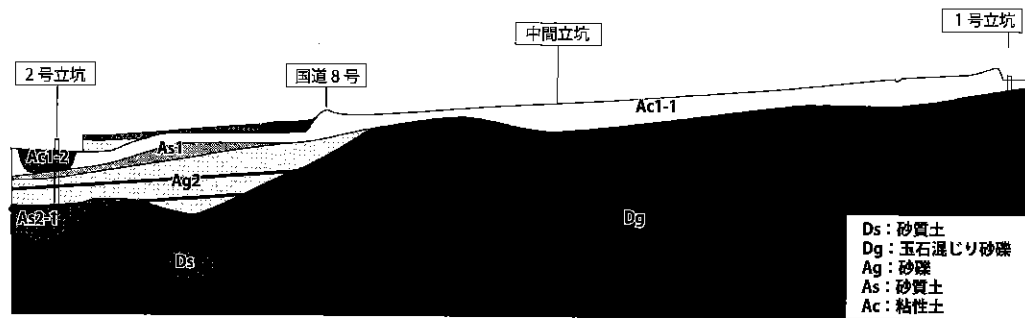


図-2 上流側地質縦断面図

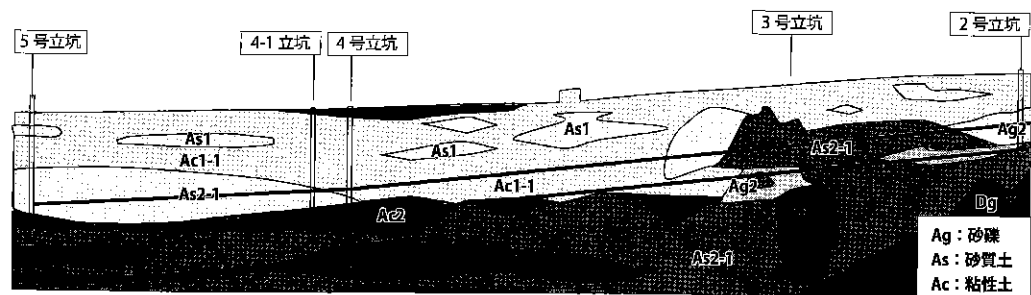


図-3 下流側地質縦断面図

また、玉石の最大礫径200mmの非常に締まった玉石混じりの砂礫層掘進によるビットの摩耗対策が必要。

- ・下流側は砂礫層と砂質土層・粘性土層の互層からなる異なる地層における長距離掘進。

3 施工上の課題

3-1 上・下流同時掘進

工期内にトンネルを完成させ農地に農業用水を供給するためには、上・下流側の2つトンネルを同時に掘進する必要がある。

上流側は対象土質が砂質土層・玉石混じり砂礫層であり透水係数が大きく泥水式シールドに適さないため、泥土圧シールドを採用した。

下流側は泥土圧シールドと比較して長距離施工において施工性が良いこと、掘削土のうち脱水した二次処理土を当事業における他工事の流動化処理土の母材として流用することにより経済性が有利となることから泥水式シールドを採用した。

この場合、上流側の泥土圧シールドの排土設備と、下流側の泥水式シールドの設備として流体輸送設備や泥水処理設備とを設置することとなる。これらの設備により立坑上が繁雑になることが予想された。

3-1-1 小土かぶりで民家近接施工

上流側は、2,775mの路線のほぼ全線が一般道の下を通過する。とくに発進立坑から国道8号までの約800m区間は、シールドセンターと民家の平面離隔が最小で3.25mと近接している。このと

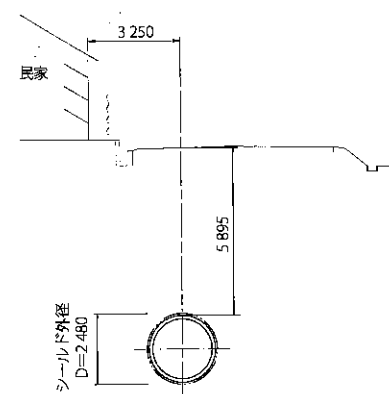


図-4 民家近接状況

きの土かぶりは5.90m(2.4D : D=シールド外径、図-4)である。上流側のN値50以上の玉石混じりの砂礫層(Dg層)は大きな玉石が混在することが想定された。この玉石をビットで破碎するとき発生する振動・騒音を少なくするために、いかにスムーズに玉石をチャンバ内に取り込むかが課題である。

3-1-2 ビットの摩耗対策

上流側は全線にわたり砂礫層(Ag2層)および玉石混じりの砂礫層(Dg層)を掘進するため、ビットの摩耗による掘進不能が懸念された。発進立坑の掘削時に100～150mmの玉石が出てきたことや周辺の開削現場の聞き取り調査によると、中間立坑から到達立坑の区間では最大礫径600mmを超える巨礫の出現の可能性がある(写真-2, 3)。

シールド線形は道路下であり、交通量の多い国道8号を横断する箇所掘進不能となった場合には地上への影響も大きい。ビットの摩耗量を抑える必要がある。

3-2 異なる地層における長距離掘進

下流側の地質は発進立坑付近に砂礫層があるものの、主体は粘性土層と砂質土層の互層である。この異なる地質を1スパンで掘進するため、カタ形状・シールド性能が重要となる。

4 施工における具体的な対策

4-1 上・下流同時掘進における対策

4-1-1 泥土圧シールドの排土機構に泥水循環方式を採用

1つの発進立坑から、泥土圧シールドと泥水式シールドの2つの異なる工法で、上・下流側の掘進を同時に行うためには、立坑上に「泥土圧の排土

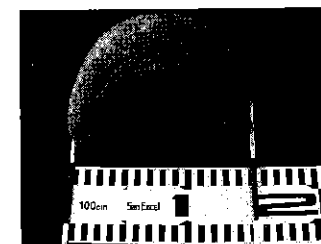


写真-2 玉石(発進立坑)



写真-3 玉石(到達立坑)

設備」と「泥水の処理設備」を設置することとなる。

泥土圧の排土設備としては、土砂ビット・ずり鋼車の転倒設備・バックホウの作業架台などがある。また、泥水の処理設備としては、泥水の処理設備(一次ふるい・二次処理)、泥水を貯留するための泥水槽(調整槽・貯泥槽・余剰泥水槽・スラリー槽)がある。

限られたスペースにすべての設備を設置すると、セグメント・軌条などの資材置場が不足するため、泥土圧シールドの排土機構に泥水循環方式を採用し、下流側の泥水式シールドとの設備の共有化を図った(図-5)。

泥水循環方式を採用することのメリットとして次のことがあげられる。

- ・泥土圧用の土砂ビットとバックホウの作業架台が不要になり、立坑上に広い資材置場を確保できる。
- ・立坑でのずり鋼車揚重作業がないため、施工サイクルと作業の安全性が向上する。
- ・ずり鋼車による土砂の坑内運搬がなくなるので坑内の電車運行時の安全性が向上する。
- ・ずり鋼車がないため電車編成が少なく、立坑設備にトラバサを必要としない。
- ・下流の粘性土を掘削して濃くなった泥水を上流工区へ転用し、上流側の砂礫層を掘削して薄くなった泥水を下流側の泥水希釈に転用することで、二次処理土の発生量抑制効果が期待できる。

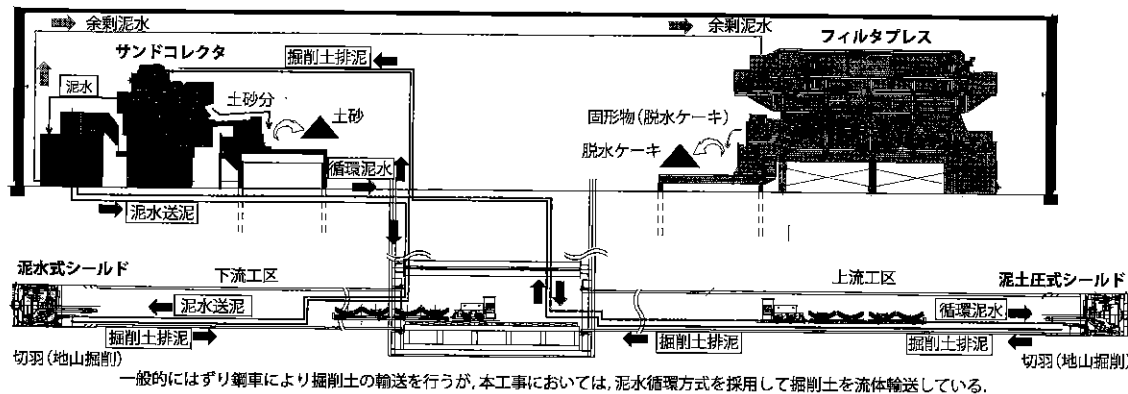


図-5 泥水循環状況図

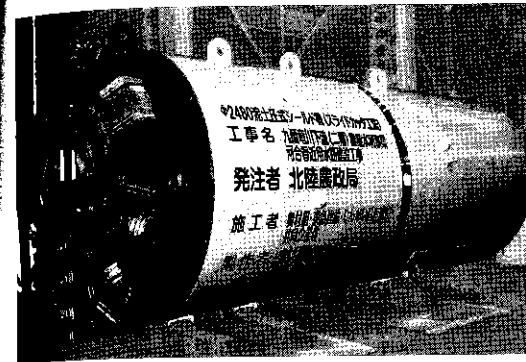


写真-4 泥土圧シールド

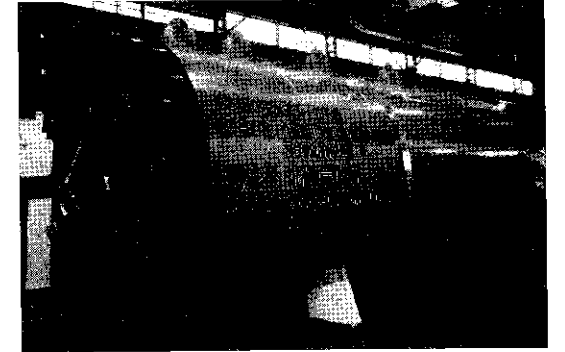
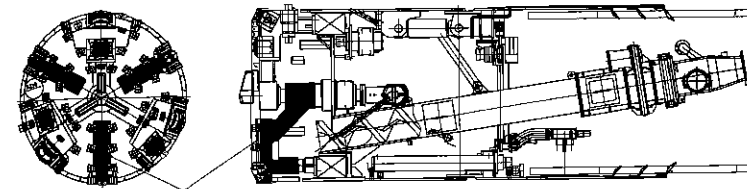


写真-6 泥水式シールド



スライドスポーク

図-6 スライドスポーク

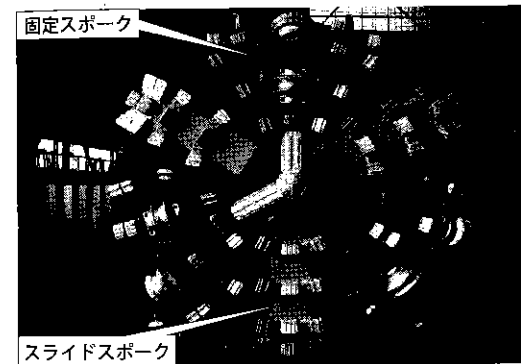


写真-5 泥土圧シールド(正面)

業が省略でき、交換作業時間の短縮を図った。

(2) スライドカッタの採用

礫地盤におけるビットの異常摩耗対策・振動対策として、上流側シールドにはスライドカッタ工法を採用した(図-6、写真-5)。スライドスポーク(3本)が前後に60mmスライドすることができ、ビットの段差配置や開口率を調整できる。

スライドカッタを採用することで、ビットの段差配置が可能となり、ビットの長寿命化につながるとともに、玉石礫層掘進時に発生しやすいチャンパ内面盤閉塞の解除に使用できる。

・発生土が一次処理土、二次処理土の2種類となる。泥土圧シールドの掘削残土(産業廃棄物)の代わりに一次処理土が発生し、関連工事で路盤材や埋戻し材として転用できる。

4-1-2 天井クレーンの接触防止

上・下流同時に掘進作業を行ううえで、上・下流側にそれぞれ天井クレーン設備を配置した。1つの立坑で2台の天井クレーンを使用することから、安全対策として天井クレーンの接触防止装置を設置し、クレーン同士の距離が1.5m以内になると自動停止する設備とした。

4-2 上流側シールドの対策

4-2-1 近隣家屋に配慮した対策

上下流同時施工の対策として採用した泥土圧シールドの排土機構に、泥水循環方式を採用したため、通常のずり鋼車方式の排土に比べ、近隣家屋に対する走行時の振動や土砂転倒時の振動が低減できる。また、長距離施工におけるセグメントと土砂運搬の施工サイクルの低下を防止できる。

4-2-2 泥土圧シールドの砂礫層対策

上流側はほぼ全線が一般道路下に位置するため、ビットの交換作業は、中間立坑を除き、地中で行う必要がある。そのため、泥土圧シールドに以下の対策を講じた(写真-4)。

(1) スクレーパツースのボルト接合

地中でのビット交換作業は狭い場所での溶接・溶断作業となる、作業の安全性の向上と効率化を図るため、スクレーパツースの固定をボルト接合とした。ツースをボルト接合とすることで溶接作

また、開口率を変えることにより、玉石をチャンパ内にスムーズに取込むことができ、玉石破碎時の振動・騒音を抑制できる。

4-2-3 国道8号横断部の路面監視

国道8号直下の掘進時は、道路管理者との事前協議で1日3回の路面沈下測量の実施が必要であった。横断部の交差点は交通量が非常に多く、測量時に交通誘導員を配置したとしても危険度がきわめて高い地点である。そのため、安全対策として国道8号横断時の路面監視にノンプリズムのトータルステーションを用いた自動測量を採用した。国道影響範囲掘進中は毎時1回の計測を実施し、計測データは通信回線を介し事務所PCで即時に把握できる仕様とした。

4-3 下流側シールドの対策

4-3-1 泥水式シールドの礫対策

粗砂に2~30mm程度の小礫の混入する砂礫層および軟弱な粘性土層を想定した泥水式シールド(写真-6)としたが、発進立坑掘削時に最大礫径150mmの礫が出現したため、排泥管途中に礫取り箱を追加装備して発進した。

発進直後から礫が連続して出現しはじめ、礫取り箱はすぐに一杯になる状態で、日進量はわずか16cm程度であった。また、排泥バルブの操作に支障をきたす礫も出現し、流体閉塞がくり返し発生した。

発注者と受注者の間で協議のうえ、発進立坑か

ら15m掘進した発進基地用地内の位置で、新たに立坑を設け、シールドおよび流体輸送設備を礫対応型に改造することとした。

シールドの礫対応型への改造の基本的な考え方は、切羽で礫を大きく破碎(一次破碎)し、排泥管系統内で細かく破碎(二次破碎)することでスムーズに流体輸送することであった。問題点は、カッターヘッドを改造することで、全延長の95%を占める粘性土層掘進時に、面盤閉塞により掘進不能となる可能性が高くなることである。

上記を考慮して次のようにシールド改造(図-7、写真-7)を施した。

- ・面盤のビットを強化型に変更。
- ・面盤にローラビットを1パスとなるように3個配置し、破碎能力を向上。
- ・粘性土層を考慮して開口率を変更せずに、開口部寸法が200mm×200mmとなるように取込み制限バーを取付けて取込む礫径を調整。
- ・排泥管および排泥バルブ径を8inから10inに拡張。
- ・切羽直後に取込んだ礫を破碎するためのリンククラッシャ設備を増設。

なお、クラッシャ設備は礫区間を通過後に撤去する計画であったが、流体閉塞の原因となる木片(流木)が掘進中に出現したため、以後の掘進におけるリスク対策として撤去せずにいた。

4-4 小口径・長距離掘進における安全対策

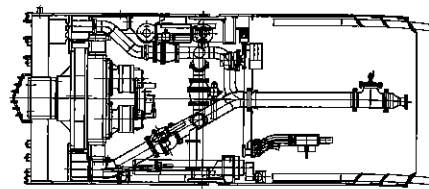
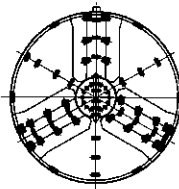
4-4-1 電車接近センサの採用

小口径のため軌条と安全通路を分離できないので、入坑者は発信機を常時携帯することとし、電車に設置した受信機(接近センサ)で入坑者の接近を電車運転手が事前に確認できるようにした。

4-4-2 LED照明の採用

坑内照明設備に使用電力の少ないLED照明を

泥水式シールド(当初)



泥水式シールド(改造後)

ビットは礫に対応できるように強化型に変更する

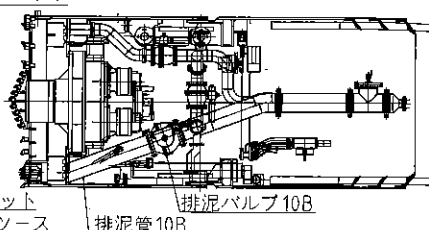
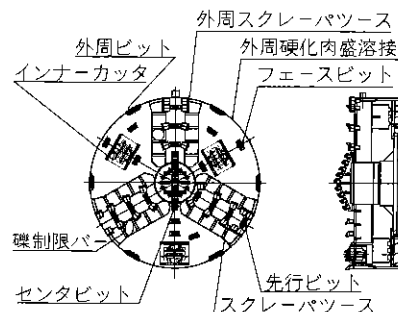


図-7 泥水式シールド改造項目

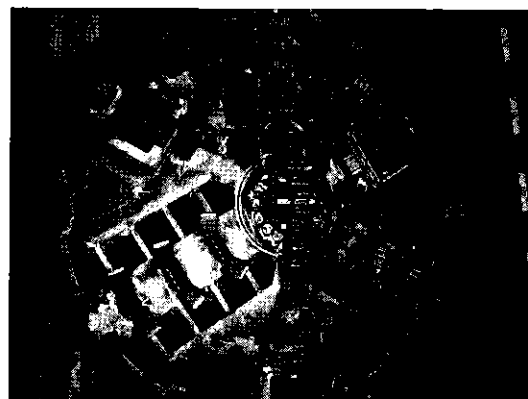


写真-7 泥水式シールド(改造後)

採用し、坑内低圧幹線のサイズダウンを図った。これは配線・撤去作業時の作業性・安全性の向上を目的としたものである。

なお、LED照明の採用は電気使用量の抑制ができることから、二酸化炭素の排出量削減効果も期待した。

5 施工結果

5-1 上流側施工結果

上流側は平成23(2011)年4月に発進し、途中下流側の段取り替えを行い、平成24(2012)年12月に到達した。本掘進の平均月進量は150m/月(ビッ

表-1 ビット最大摩耗量

項目	最大摩耗量(mm)											
	1回目		2回目		3回目(中間立坑)		4回目		5回目		到達時	
ビット交換回数												
掘進距離	816m		290m		495m		440m		450m		284m	
ビット取付け位置	固定	スライド	固定	スライド	固定	スライド	固定	スライド	固定	スライド	固定	スライド
スクレーパツース	-9	-12	-6	-6	-2	-2	-12	-10	-11	-12	-13	-15
外周スクレーパツース	-6	-13	-7	-7	-3	-2	-8	-10	-10	-12	-13	-14
外周ビット・先行ビット	-	-	-	-	-18	-20	-	-	-	-	-17	-17
ローラビット	-7	-	-4	-	-4	-	-9	-	-8	-	-18	-

表-2 下流側進捗

年月	下流側進捗		
	月進量	累計	進捗率
H23.02	12.5	12.5	0.36%
泥水式シールド改造			
H23.07	10.5	23.0	0.66%
H23.08	115.0	138.0	3.99%
H23.09	193.0	331.0	9.57%
H23.10	310.0	641.0	18.53%
H23.11	267.0	908.0	26.25%
H23.12	173.0	1,081.0	31.25%
H24.01	175.8	1,256.8	36.33%
H24.02	218.0	1,474.8	42.63%
H24.03	182.0	1,656.8	47.89%
H24.04	355.0	2,011.8	58.15%
H24.05	336.0	2,347.8	67.86%
H24.06	256.0	2,603.8	75.26%
H24.07	376.0	2,979.8	86.13%
H24.08	317.0	3,296.8	95.29%
H24.09	162.8	3,459.6	100.00%
事業計画見直しによる中断(8.5か月)			
下流工区延長(855m)			
H25.06	193.0	193.0	22.57%
H25.07	305.0	498.0	58.25%
H25.08	240.0	738.0	86.32%
H25.09	117.0	855.0	100.00%

各ビット交換時におけるビットの最大摩耗量の測定結果を表-1に示す。固定スポークに取付けたビットの摩耗量はスライドスポークに取付けたビットの摩耗量と同程度か小さい値となっている。また、固定スポークのスクレーパツースの摩耗量は計算値の15~100%であった。これはスライドカッタによるビットの段差配置による先行掘削効果があることがビット摩耗の低減につながったと考えられる。

5-2 下流側施工結果

下流側は平成23(2011)年2月に発進し、泥水式シールドの改造後は順調な掘進速度を維持し、平成24(2012)年9月に当初の到達予定地に到達した。平均月進量は240m/月となっている。事業計画の見直しにより、8.5か月の掘進停止期間ののち変更追加された855mの追加掘進における平均月進量は245m/月であった(表-2)

泥水式シールドの改造において、取込み制限バーにより開口率を変えることなく、開口部寸法を排泥管径の0.8倍としたことが、排泥管の閉塞が発生せず、粘性土層においても面盤閉塞が発生せず、所定の掘進が確保できた要因と考える。

6 おわりに

小口径・長距離での異なる工法を同時施工するうえでの課題および異なる地質に対応したシールドについて報告した。本稿が小口径・長距離シールド施工の参考になれば幸いである。

ト交換5回含む)であった。

到達直近の3か月の月進量は137m/月となり、施工延長による進捗への影響はなく、排土機構に泥水循環方式を採用した効果によるものと考えられる。



「お茶といで湯の温泉地」より

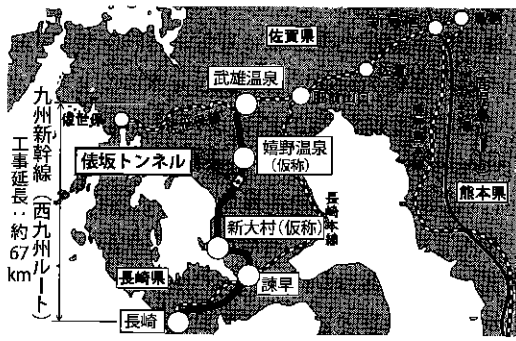
由布 壮一郎

嬉野市は佐賀県南西部に位置し、隣接する長崎県にまたがる多良岳を中心とした山麓斜面が形成され、山盆地、そして平野が広がる。この地形的な恩恵により、お茶や米麦、施設園芸などが盛んに行われている。

その昔、神功皇后が戦の帰りにこの地に立ち寄ったところ、川で白鶴が疲れた羽を浸し、元気に飛び立つ姿を見たそうである。そこで、傷ついた兵士を川に入れると、温泉が湧き出しており、兵士は温泉で傷を癒すことができたそうである。この状況を見て、神功皇后が、「あな、うれしいの」と言ったことが「うれし」の起源と伝えられている。

嬉野温泉は町の中心地に温泉が湧き、江戸時代には長崎街道の宿場町として栄え、九州でも有数の大温泉街である。「日本三大美肌の湯」に選ばれており、ぬめりのあるお湯はナトリウムを多く含む重曹泉である。肌の皮脂や分泌物を乳化して洗い流し、湯上りはまるで一皮むけたようなつるつるスベスベの肌を蘇らせ、飲めば胃腸や肝臓などの機能を活性化させる効果もあるとされている。

「お茶といで湯の温泉地」として知られている嬉野。「嬉野茶」はあっさりとした独特の香ばしさが特長の、日本茶でも珍しい釜炒り茶。ビタミンCたっぷり、美肌効果の高いカテキンと、血液の循環を良くするカフェインを含んでおり、健康維持のためにも、毎日かかせない一杯である。また、最近ではわずかであるが紅茶も作られており、「純国産嬉野紅茶」として人気を集めている。



位置図



嬉野の街中にある足湯

現在施工中の俵坂トンネルは、九州新幹線西九州ルート武雄・長崎間(工事延長約67km)の佐賀県と長崎県にまたがる延長5,675mの山岳トンネルである。新幹線複線断面であり、当東工区は佐賀県嬉野市側の2,645m区間である。現在、嬉野市には鉄道がなく、新幹線開通により嬉野市が西九州地域の交通の結節点として重要な役割を果たすことが期待されている。

トンネルの地質は、古第三紀に形成された泥岩ならびに砂岩からなる杵島層群を基盤とし、その上位に新第三紀～第四紀に活動したとされる火山噴出物層が堆積している。

新幹線ルート近傍に位置する長崎自動車道うれしのトンネルと俵坂トンネルの泥岩区間では、供用開始後にトンネル内で路盤隆起などの変状が生じたことが報告されていた。当工区においても工区境となる到達付近は泥岩区間であり、側壁の押し出しや断層からの湧水が想定された。このため、切羽の前方探査により地質確認を慎重に進め、掘削では掘削補助工法、インバートストラットによる早期閉合を実施し、無事貫通させることができた。

2014年7月に本坑掘削2,645mを完了し、現在覆工、インバートの施工を行っている。9月末の工事進捗率は約88%である。工事完了まであとわずかであるが、地元の方々のご協力および発注者、関係各位のご指導のもと、JV職員、協力業者一丸となって、一日でも早い完成を目指している。完成のあかつきには、改めて嬉野温泉を堪能したいものである。

(鉄建・竹中土木・深町特定建設共同企業体現場代理人)

施工

T-BOSSで既設下水道幹線にシールドを地中接合

—東京下水道 千代田区永田町一丁目、港区赤坂一丁目付近再構築—

東京都下水道局中部下水道事務所建設課課長補佐 水谷 裕一
東京都下水道局中部下水道事務所建設課 坂野 優子
東急建設(株)永田町作業所監理技術者 馬場 博文
東急建設(株)永田町作業所現場代理人 安居 和哉

1 はじめに

新設下水道管渠と既設管渠との接合方法には種々あり、一般的には立坑を構築する場合が多い。しかしながら、地上交通への影響、地下埋設物の存在、既設管の埋設深度などの条件によっては立坑を構築しない場合がある。その際に有効な工法としてT字接合法(T-BOSS工法)がある。

本稿は、T-BOSS工法のうち、S方式としては大深度かつ高水圧下での厳しい施工条件における実績を紹介したものである。

2 事業概要

東京都千代田区永田町周辺の下水道管渠の大部分は、布設してから50年以上が経過しており、老朽化が進行している。また、近年発生している集中豪雨などによる浸水被害を未然に防止するため、排水能力の向上も必要であり、下水道管渠の再構築が急務となっている。

一方で、この周辺地域は、汚水と雨水を同じ一本の下水道管で流す合流式下水道となっており、一定量以上の雨が降ったときに汚水混じりの雨水が皇居内濠に流れ込む構造のため、内濠の水質を悪化させる一因となっている。このため本事業は、下水道管渠の再構築によって放流先を内濠から東

京湾に変更することで、皇居内濠の水質改善に寄与することを目的としている。

3 工事概要

3-1 工事概要

本工事は、東京都下水道局における再構築の整備水準である計画降雨強度50mm/hr、流出係数80%対応の主要枝線をシールド工法で布設するものである。掘削形式は泥水式で、仕上り内径はφ2,200mm、路線延長は567mである。シールドは、急曲線対応の中折れ式とし、既設管(第二溜池幹線)に側面より地中接合するためT-BOSS/S方式の機構を装備している。

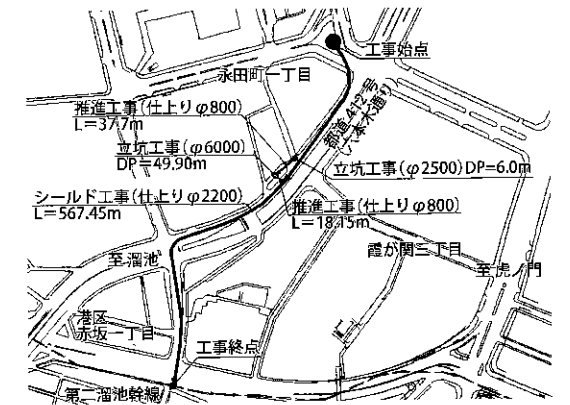


図-1 シールド路線

3-2 路線とトンネルの概要

シールド路線は、図-1に示すとおり、路線延長567mで、発進から曲線半径50~200mの4か所の曲線を通り、供用中の貯留管(貯留量:53,000m³)である既設第二溜池幹線に側面接合する。土かぶりは42~52mで、管渠勾配は2.6‰である。

セグメントは外径φ2,700mm、内径φ2,200mm、厚さ250mmである。一般部には幅1,000mmの二次覆工一体型RCセグメント、急曲線部には、「急曲線用セグメントII型」¹⁾と呼ばれる幅600mmのコンクリート中詰め鋼製セグメントを組立てる。また、路線中間部にはφ800mm流入部があり、幅1,000mmの鋼製セグメント4リングを組立てる。

3-3 土質概要

本工事の地層構成は、上部より埋土層(F)、東京層群(To:砂質土層(Tos1)、砂層(Tos2)、粘性土層(Toc)、砂礫層(Tog))および上総層群(K:砂層(Ks1)、砂層(Ks2)、砂層(Ks3)、泥岩層(Km))である。

シールド施工部分の地層は上総層群に区分され、換算N値が100~200となる非常に密な砂層である。シールドの発進直後は細砂、中砂が中心であったが、その後、到達部付近までの間は礫混じり細砂、シルト混じり細砂が中心であった。地中接合部の土質はKs1(細砂を主体とし、シルトを薄層状に少量挟む)とKs2(細砂を主体とし、固結状シルト薄層を不規則に挟む)にまたがっていた。

4 T-BOSS工法について

4-1 T-BOSS工法の概要

T字接合シールド工法(T-BOSS工法:T-type basement Branch Off Shield System)は、新設管用のT-BOSSシールドに格納した切削補強リングによって既設管(既設構造物)のセグメントを切削して既設管内に貫入することで、既設管の開口時に地山を開放することなく、安全・確実、かつ、機械的に側面接合

するシールド工法である。

切削補強リングによる切削・貫入機構は、切削補強リング先端に特殊切削ビットを装備し、カタヘッドを嵌合あるいは結合させて回転させながら、押しジャッキにてリングをスライドさせるものである。

本工法の特徴は、

- ① 新設管のルート選定の選択肢が多くなる
- ② 高水圧下でも安全に接合が可能
- ③ 地盤改良コストが大幅に低減
- ④ 接合に関する工期が短縮
- ⑤ 既設管内での作業の軽減

である。

4-2 T-BOSS工法の分類

T-BOSS工法は、切削補強リングの構造により、T-BOSS/W方式とT-BOSS/S方式に分類される。表-1にT-BOSS工法の分類と特徴および適用範囲を示す。

4-2-1 T-BOSS/W方式(写真-1,2)

T-BOSS/W方式は、切削補強リングが外周リングと内周リングの二重構造である。内周リングが既設管を切削し、外周リングが回転しないで周辺の地山の崩落を抑える。接合箇所切削時の止水方法は、既設管貫通前に外周リングに設けた複数の注入孔から止水材を注入する。原則として貫通

表-1 T-BOSS工法の分類

		T-BOSS/W方式	T-BOSS/S方式
切削リング構造		二重リング	一重リング
既設管側の作業有無		基本的に不要	必要(防護コンクリート)
適用地盤	沖積層	可能	可能(地盤改良併用)
	洪積層	可能	可能
	砂礫層	可能	可能
止水方式		止水材注入方式	防護コンクリート+注入管方式
適用径(セグメント外径)	最小	φ2,550mm	泥水式 φ2,140mm 泥土圧式 φ2,490mm
	最大	φ3,500mm(リング一体製作の場合*)	
シールド形式		泥水式・泥土圧式	泥水式・泥土圧式
シールド機長(例)		8,380mm (セグメント外径φ3,550mm)	7,380mm (セグメント外径φ3,550mm)

*1:リング1体製作はφ3,500mmまで、分割組立て可能であれば、とくに制限なし

完了まで既設管内での作業を必要としないため、供用中の既設管にも接合可能な工法である。

4-2-2 T-BOSS/S方式(写真-3,4)

T-BOSS/S方式は、切削補強リングが一重リング構造であり、リングの回転が周辺地盤の安定性に影響を与える。このため、接合部周辺の地盤

は自立可能な地盤を前提とするが、自立しにくい地盤では地盤の補強のために、地盤改良を併用する必要がある。また、切削時の止水方法は、既設管内の接合箇所を防護コンクリートとU字形の注入管を設置し、切削完了時に注入管から止水材を切削補強リングの外周部に注入する。



写真-1 W方式(通常掘進時)

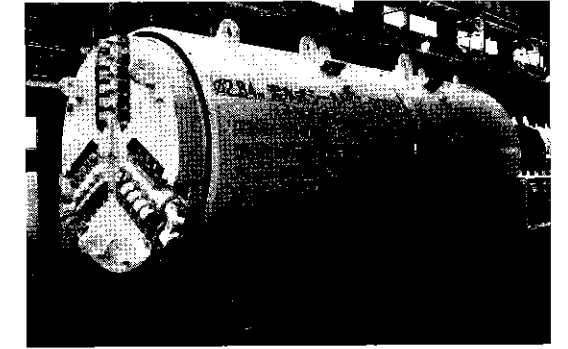


写真-3 S方式(通常掘進時)

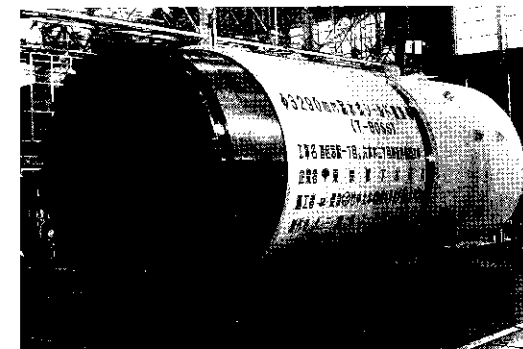


写真-2 W方式(切削補強リング押し出し時)

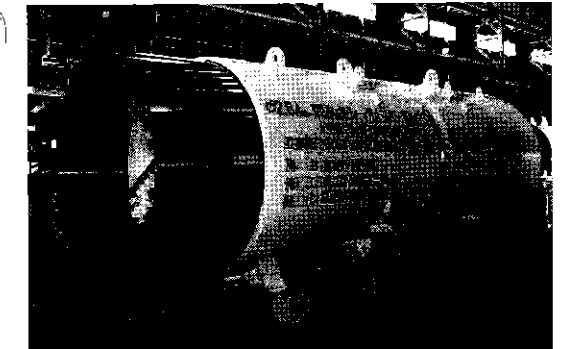


写真-4 S方式(切削補強リング押し出し時)

表-2 T-BOSS施工実績一覧

No.	工事件名	発注者	施工者	T-BOSS方式	シールド外径(m)	既設管外径(m)	接合部の土かぶり(m)	土質
1	港区赤坂一丁目、六本木二丁目付近再構築工事	東京都下水道局	東急・竹中土木・熊谷JV	W方式	3.29	7.75	42.5	砂層
2	新赤坂幹線工事		清水・りんかい日産・佐伯JV	W方式	3.29	7.75	41.0	砂層
3	飛鳥山幹線その5工事	大阪府東部流域下水道	五洋・みらい・りんかい日産JV	S方式	2.89	4.30	31.0	砂層
4	寝屋川流域下水道大東門真増補幹線(第3工区)下水道管渠築造工事		ベクテル・岸本JV	S方式	3.69	6.07	9.0	粘性土・砂互層
5	千代田区永田町一丁目、港区赤坂一丁目付近再構築工事	東京都下水道局	東急建設	S方式	2.84	7.75	41.8	砂層

4-3 施工実績

T-BOSS工法の施工実績は表-2に示すとおり、本工事の実績も含めて全部で5件である。これらのうち、W方式が2件、S方式が3件である。

本工事はS方式のなかでも最大土かぶりであり、高水圧下での施工である。

5 T-BOSS/S方式の施工

5-1 施工順序

本工事における、シールドの既設管への到達後からのT-BOSS/S方式の施工フローは図-2に示すとおりである。

5-2 シールド

本工事で使用したT-BOSS/S方式のシールドは図-3に示すように、シールド外径φ2,840mm、機長7,210mmである。曲線半径50mの急曲線に対応するため、中折れ装置を装備し、中折れ角は左右5.0°、上下0.5°である。総推力は8,000kN(シールドジャッキ：800kN×10本)である。

図-3より明らかなように、通常のシールドよりも前胴が長くなっている。切削リング押しジャッキは110kN×3本で、ストロークは705mmである。

カッタの回転速度は、地山掘削時1.29~1.94rpm、既設管切削時4.69rpmである。

5-3 既設管における仮堰の設置

本工事のT-BOSS工法による地中接合は既設供用管(第二溜池幹線：内径φ6,500mm、外径φ7,750

mm)との接合である。

既設管は接合部の約60m下流にある隔壁により仕切られていて現在は貯留管となっているため、下水、沈砂、スカムが平常時でも1.2m程度滞留しており、大雨の際にはそれらが上昇する。

このような作業環境において接合部の既設管をドライな状態にするために、地中接合の作業に先立って、接合部の約10m上流に仮堰を設置することとした。第二溜池幹線流域の最高地点からの水頭差は接合部で70mを超えるものとなるため、既

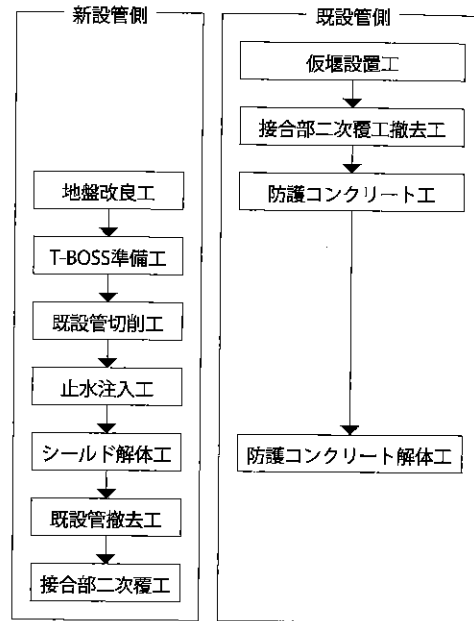


図-2 T-BOSS/S方式施工フロー

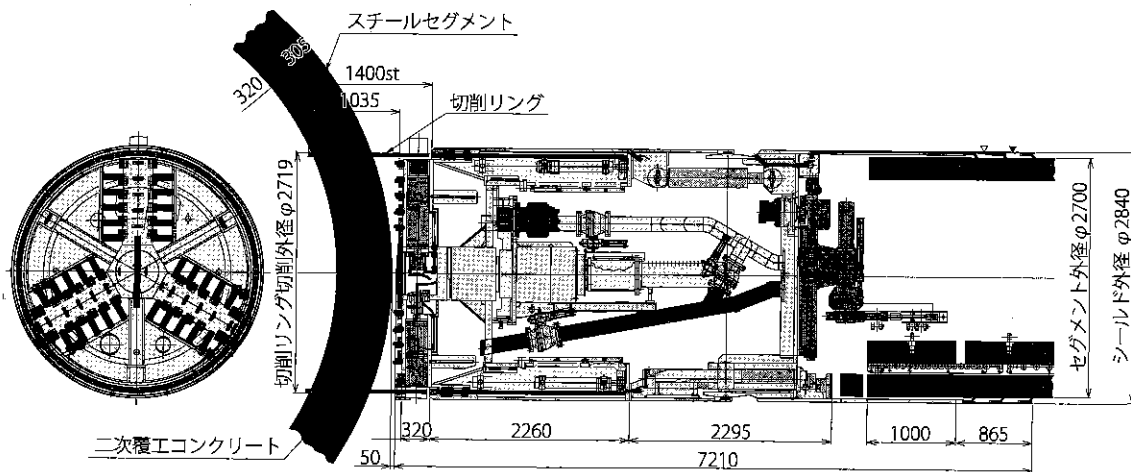


図-3 T-BOSSマシン図面

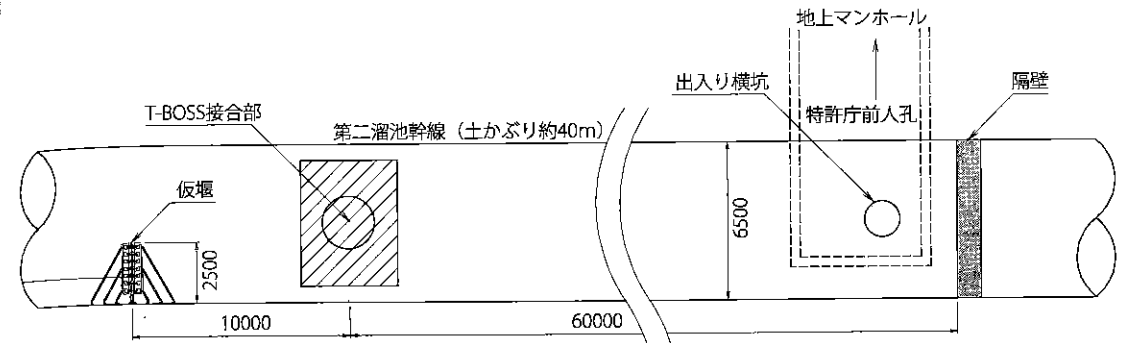


図-4 仮堰、T-BOSS接合部および人孔概要図



写真-5 仮堰設置状況

設管の全断面を塞ぎ、この水圧に耐え得る仮壁を設置するのは現実的ではなく、また万が一にも仮壁が損傷したときは甚大な被害が生じる恐れがある。このため、本工事では図-4に示すように、仮壁の構造は越流堰とした。高さについては、過去の濁水期の管内水位のデータをもとにほとんど越流することがない高さで、かつ、越流が生じるほどの水位上昇が生じた際にも退避に十分な時間を確保できる2.5mとした。

仮堰の材料は地上マンホール(接合部から約55m下流地点)からの荷卸し、管内人力運搬を考慮し、1ピースが20kg程度以下となるように、また、現地での組立てやすさを考え、メタルフォームを使用することとした。管底部の曲面部に接する部分はメタルフォームとの接合が可能な鋼製壁を製作した。コンクリート型枠に使用する場合と同様に、補強材として角パイプ、ワイドパネルビームなどで壁を強固なものとし、水圧に対抗する支持

部材となるアンカー材(斜材)を既設管に固定した(写真-5)。

5-4 既設管渠内での防護コンクリート施工

本工事のT-BOSS/S方式では止水注入のためのU字管および地盤改良のためのパイプを埋設した防護コンクリートが必要である。

防護コンクリートは、接合部から下流約57m地点にある深さ約45mの特殊人孔からのコンクリート打設となるため、所要の性能を確保するために打設方法の検討を行った。

5-4-1 防護コンクリートの概要

防護コンクリートは図-5に示すとおり、高さ5.2m、幅4.0m、厚さ約400~1,350mm、設計基準強度24N/mm²、計画数量20m³である。

5-4-2 コンクリートの運搬、圧送

防護コンクリートの施工に際しては、施工条件が以下のとおり非常に厳しかった。

- ・地上からの資機材投入はφ1,500mmのマンホールのみ。
- ・運搬距離は、既設人孔約45mの打ち下し、さらに5m横坑と第二溜池幹線内55mの水平距離があった。

一般的に低所にコンクリートを圧送させると配管内のコンクリートが自重で落下して分離し、水平配管との接続部で堆積して閉塞する可能性が高くなる。そのため特殊な材料を使用して分離を防ぐとともに、途中にベント管を設けて抵抗を高めること、さらに、配管内の空気がコンクリートで圧縮されて分離する可能性が高くなるため、ベント管に空気弁を設けるなどの設備が必要になる。

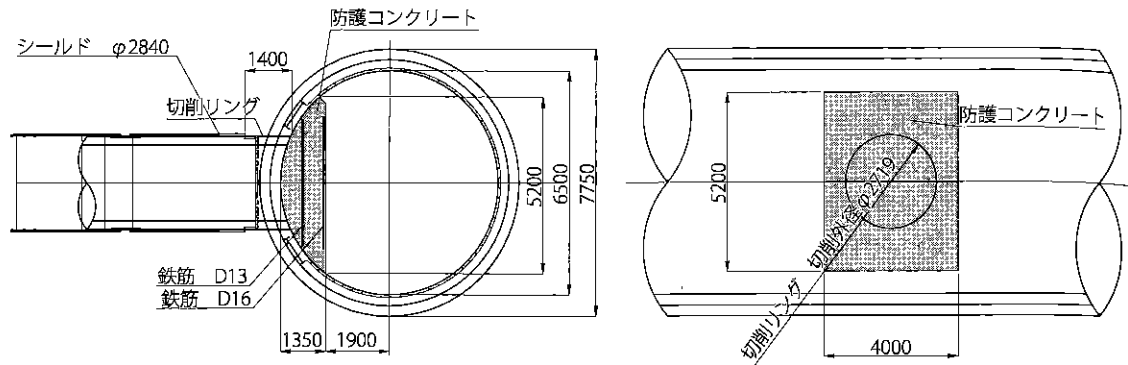


図-5 防護コンクリートの形状

その他、本工事においては、以下の条件を考慮する必要があった。

- ・立孔内には螺旋階段とドロップシャフトがあり、鉛直配管を設置、固定することがむずかしい。
- ・圧送中に閉塞した場合や、急な降雨で作業が中止になった場合、配管内の清掃や再設置が困難。
- ・鉛直配管内に残コンが発生した場合、これを場外に搬出することが困難。

以上の条件を考慮して防護コンクリートの打込みは、鉛直45mは25tクレーンを用いた大型土嚢袋(0.4m³)による垂直運搬、それ以降は人孔下にコンクリート用の小型ポンプを設置し、小型ポンプから配管を使った圧送とした。

5-4-3 配合条件

当初計画のスランブは8cmであった。しかし、打継ぎ箇所を設けないほうが良いこと、さらに工程確保などの観点から高さ5.2mの防護コンクリートは一度に打込む計画とした。この際、締固め作業高さが5.2mになるため『土木学会コンクリートライブラリー126』を参考にスランブを15cmに、さらに小型ポンプしか使用できなかったため、負荷低減を目的に、スランブを+3cmとして18cmとし、27-18-20N(W/C=53.5%(<55%)), 単位セメント量=333kg/m³)とした。

5-4-4 品質

前述の打込み計画、配合条件で防護コンクリートを構築した結果、幅0.1mm以下の微細なひび割

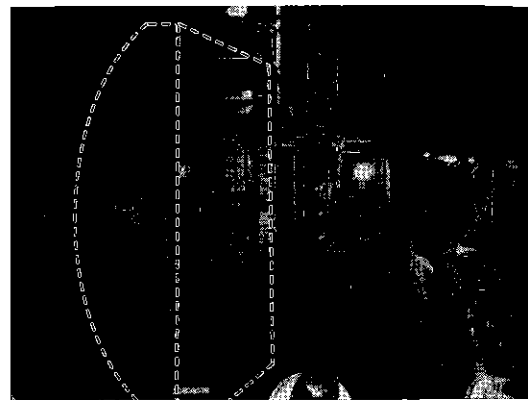


写真-6 防護コンクリート

れが2か所発生したものの、漏水を伴うような有害なひび割れやジャンカなどの初期欠陥も発生せず、期待した性能を確保することができた(写真-6)。

5-5 地盤改良

接合箇所は砂地盤であり、砂地盤の肌落ち防止のために図-6に示す範囲に薬液注入による防護が必要である。このため、使用機器および施工方法を検討し、低圧浸透注入工法での施工とした。

5-5-1 低圧浸透注入工法の概要

A液(水ガラス系溶液)およびB液(硬化剤液)はロッド先端まで別々に送られ、先端部で混合されたのち、地盤に注入される。注入方式としては、1.5ショット方式である。

5-5-2 施工方法

施工方法は図-7に示すとおり、全16孔での第1ステージの注入完了後、同様に全孔において順次

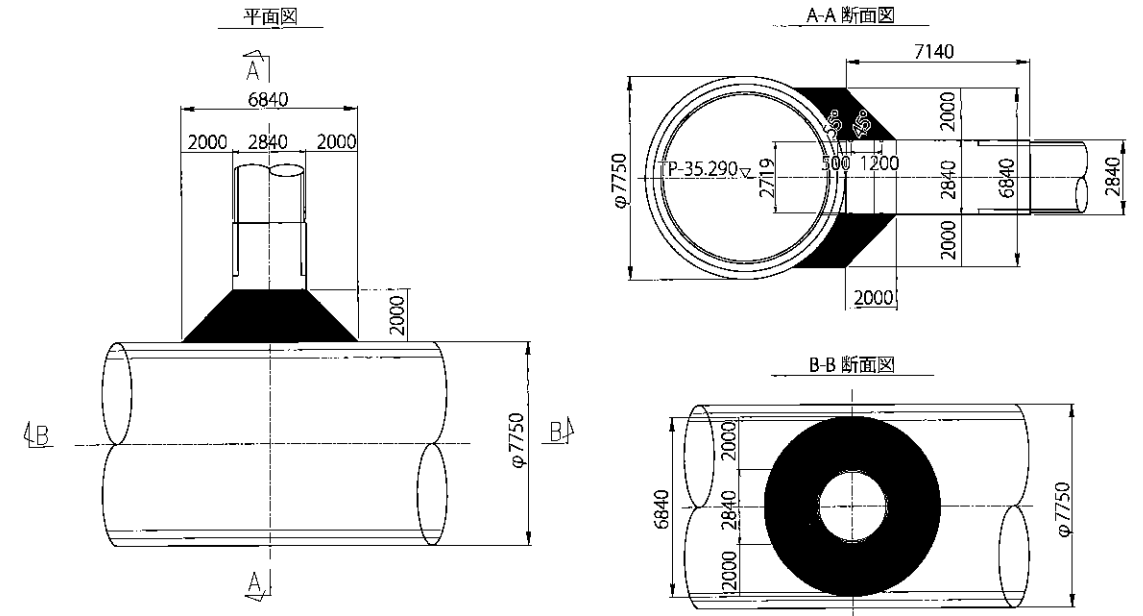


図-6 地盤改良範囲

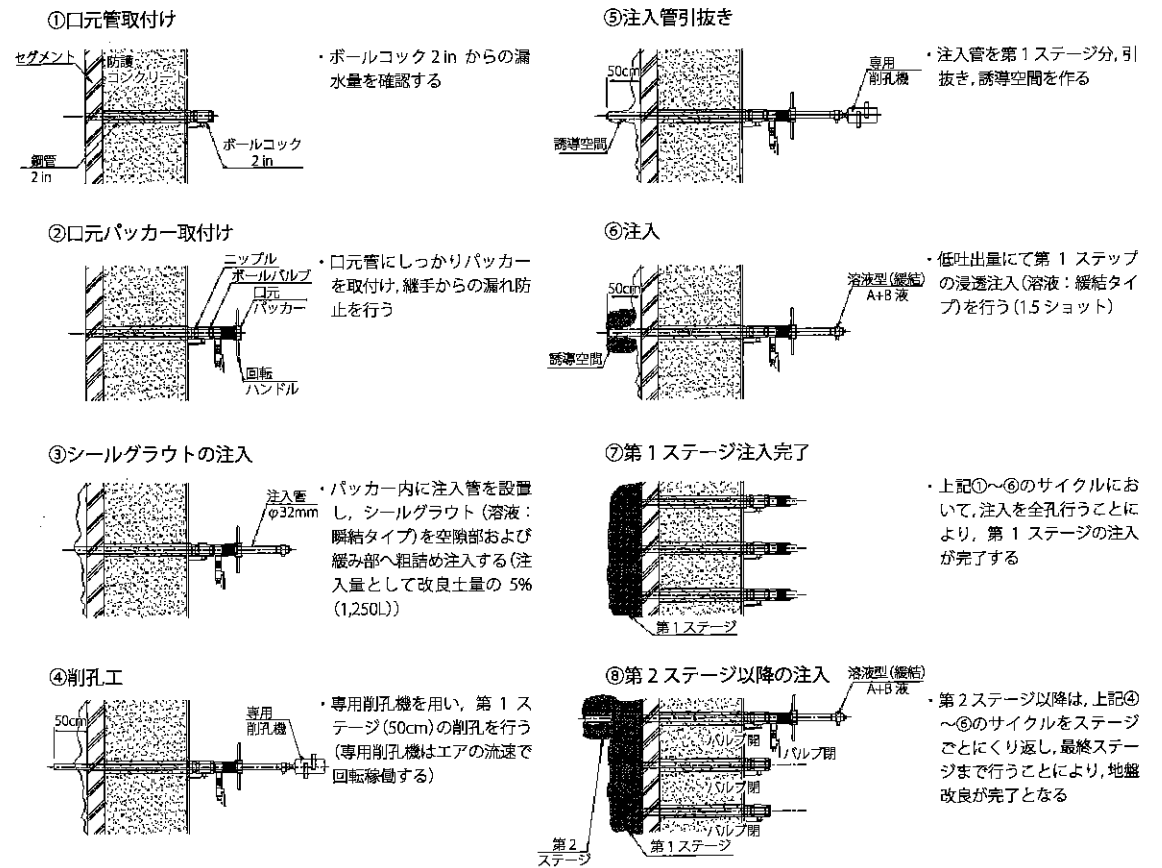


図-7 低圧浸透注入工法施工順序

第2～第4ステージを行い所定の改良範囲を改良した。

5-6 T-BOSS/S方式の施工

本工事のT-BOSS/S方式の施工順序を図-8に示す。

5-6-1 T-BOSS準備工

第二溜池幹線の所定の位置にシールドが到達後、シールドジャッキを解放してもシールドが後退しないよう、シールドとセグメントとを溶接固定する。その後、面板のオーバカッタを収縮させてシールドに格納した切削リングを押出せるようにする。また、切削リングの回転速度を確保できるよう油圧回路をT-BOSSモードに切替える。最後に切削リング先端から注水できるよう注水管を接続する。

5-6-2 切削工

既設管は切削リング先端に装備された特殊切削ビット(自生刃ビット)により切削する。

切削時の回転速度は4.69rpmと高速で、自生刃ビットの極端な摩耗を回避するため、1mm/min程度の切削速度で既設管をなめるように切削した。切削中は泥水を循環させて切り子の除去を行った。

切削リングの総ストロークは1,320mmで、約33時間(4方)を要した。シールド機長の制約により切削リング押し出しジャッキのストロークが705mmあり、その段取り替えに8時間を費やしたことを含んでいる。

5-6-3 U字管からの止水注入工

U字管からの止水注入に用いる止水材は、「TAPグラウト工法」で用いられている親水性の注入材「TA-6X」を用いた。

TAPグラウト工法は、コンクリート構造物の打継ぎ部またはひび割れによる空隙部に止水効果のある充填材(TAP注入材)を注入する止水工法で、躯体内部の水と置換され、漏水経路全体に充填することで止水が可能となる。

注入材には、疎水性タイプと親水性タイプがあるが、ある程度の湧水が考えられること、ゲル化した際の弾性による柔軟性およびゲルタイムなどを考慮し、本工事では親水性タイプを選定した。

また、親水性タイプにはTA-6XとTA-120Xが

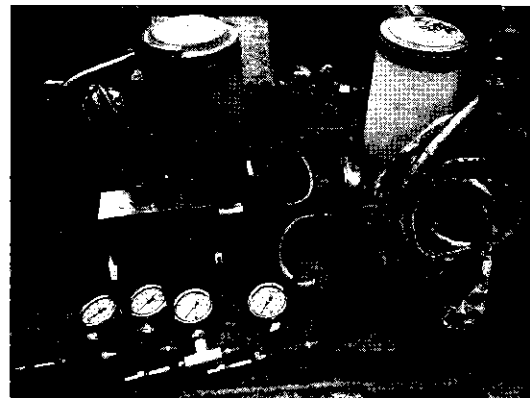
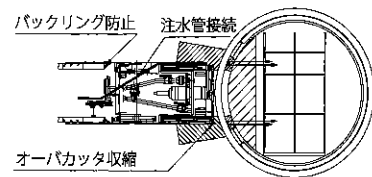
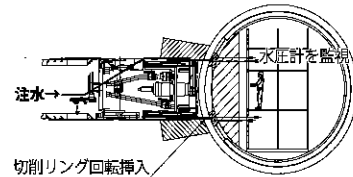


写真-7 U字管からの止水注入用注入ポンプ

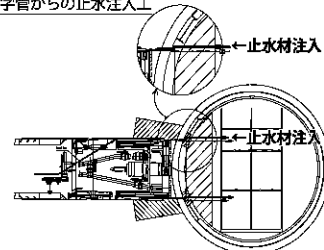
①T-BOSS準備工



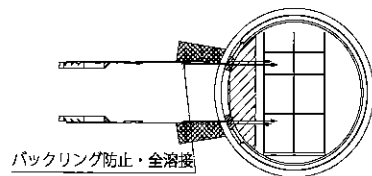
②切削工



③U字管からの止水注入工



④シールド解体



⑤防護コンクリート解体、既設管撤去、接続部二次覆工

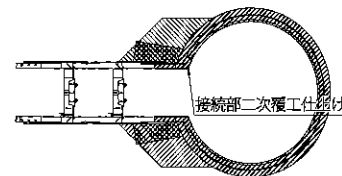


図-8 T-BOSS/S方式施工順序

あるが、本工事ではゲルタイムが比較的長く、切削リング周りや砂質土への浸透性のよいTA-6Xを選定した。

注入ポンプは写真-7に示すとおりコンパクトで、手で持ち運び可能なものである。

注入は、圧力3MPaで注入量2.5L/分で行い、設計数量(4L)の約1.3倍の量を注入したところで次のU字管からの止水注入に移り、下方から順次上方に向かって30か所からの注入を行った。注入に要した時間は6時間(2方)であった。

5-6-4 シールド解体

シールド解体前に、U字管からの止水注入効果を確認するため、切羽泥水圧を低下させ復圧しないかどうか確認を行った。止水注入前の泥水圧は約0.3MPaであったので、0.1MPaまで低下させた。24時間後の切羽水圧を確認したところ、水圧上昇が見られなかったためU字管からの止水注入は確実になされているものと判断した。

シールドの解体は通常のシールドと異なり、切削リング保護カバー部分があり、また、切削リン

グを動かさないように部分的な溶接をくり返しながら行ったため160時間(20方)を要した。

5-6-5 防護コンクリート解体、既設管撤去、接合部二次覆工

現在、防護コンクリートの解体、既設管撤去作業中であり、完了次第、接合部の二次覆工を行う。

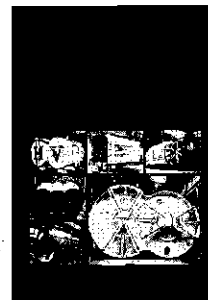
6 おわりに

T-BOSS/S方式による大深度、高水圧下における施工は、U字管からの止水注入工およびシールド解体を終わった時点で漏水がなく、新設管と既設管の地中接合を無事終えることができた。

本稿が、今後のT-BOSS工法適用現場の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 東京都下水道サービス：下水道シールド工事用二次覆工一体型セグメント設計・施工指針，2009.2.
- 2) 土木学会：施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(案)，コンクリートライブラリー126，2007.3.



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 千350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。

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

土木情報 No.499

今日の主な入札結果
(11月10日~12月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
中国四国農政 東北地整	吉野川下流域農地防災事業北部幹線水路(川端・桧工区)建設 R106下川井T	安藤ハザマ 大成建設	1,306.5 6,225
〃	R106腹帯地区道路	大豊・佐田JV	4,415
〃	R106箱石地区道路	安藤ハザマ	5,100
〃	宮古盛岡横断道路平津戸T	清水建設	11,590.8
関東地整	葛西共同溝補強その7	村本建設	203
〃	北千葉道路大谷津函渠	戸田建設	1,432.7
〃	葛西共同溝補強その6	アイサワ工業	964
〃	H26大和田排水樋管新設	村本建設	456
北陸地整	大俣樋門改築	川中島建設	129.5
近畿地整	大和御所道路新田東佐味T	鉄建建設	3,750.1
鉄道・運輸機構	北海道新幹線、野田追T(北)他	フジタ・株木・石山・砂子JV	8,880
東日本高速道路	東北中央道大洞T	大林組	11,190
群馬県	都計道3・4・7西部一号線補助公共社会資本整備総合交付金(防災・安全/活力基盤)分割1号(アンダーパス(東武佐野線北工区))	原工業	410
〃	分割2号(アンダーパス(東武佐野線南工区))	河本工業	427
埼玉県	26水整第408号さいたま東部線その4工区送水管更新	中原建設	166.3
〃	26水整第409号鳩ヶ谷線その4工区送水管更新	ユーディケー	221.56
都・水道局	昭島市美堀町四丁目地内から同市美堀町一丁目地先間送水管(2000mm)用T築造	戸田・佐田JV	1,218.98
都・下水道局	高段幹線再構築その4	東急建設	562
兵庫県	(国)178号浜坂道路対田第1・第2T	株本・西山JV	863
島根県	(主)桜江金城線山山工区総合交付金(改良)(仮称)市山T	今井・原・日新JV	1,774
高根沢町	鬼怒川3-1雨水幹線管渠築造	渡辺・萩原JV	655
印西市	木下・竹袋地区雨水排水整備	大松建設	194.7
横浜市	北部処理区江ヶ崎地区下水道整備	横浜建設	371.52
〃	〃 獅子ヶ谷雨水幹線下水道整備(その4)	戸田・岡田JV	1,074.5
〃	中部処理区本牧第二幹線下水道整備(その3)	大林・小雀JV	343.03
川崎市	五反田川放水路放流部函体築造	清水建設	796
秦野市	第1号公下大根第10雨水幹線整備(H26継続費設定)	大和小田急・明成JV	345.51
新潟市	北下401号浜浜第2排水区幹線248~282下水道	広瀬・第一JV	751.5
広島市	府中地区揚水管その他新設(2次)	銭高・錦JV	1,135.55

建設工事の地質診断と処方

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



株式会社 **土木工学社**

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

計画

産業廃棄物処分場で40m盛土する小土かぶり トンネルの設計

—九州新幹線西九州ルート 武雄トンネル—

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局武雄鉄道建設所担当副所長 **上垣 誠**
 鉄道・運輸機構九州新幹線建設局工事第二課担当係長 **権藤 稔**
 日本交通技術(株)九州支店調査役 **清水 茂男**

1 はじめに

九州新幹線西九州ルートは、武雄温泉・長崎間(工事延長約67km)において工事実施計画が平成24年6月に認可され、整備が進められている(図-1)。

武雄トンネルは、佐賀県武雄市に位置する延長1,380mの山岳トンネルであり、平成26(2014)年9月現在、工事用進入路および仮設ヤードの造成を行っている。掘削は終点方の斜路より着手し、本坑到達後、起点方へ向かって進める予定である。

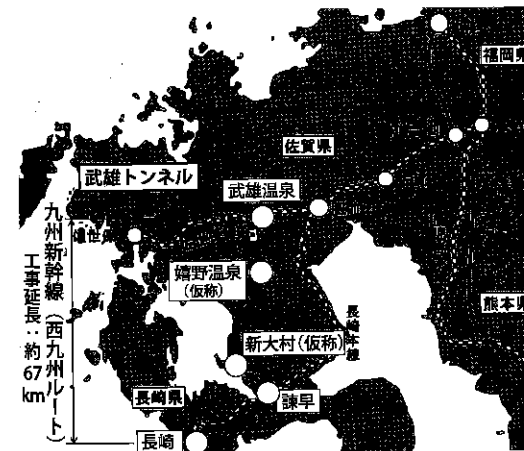


図-1 九州新幹線(西九州ルート)位置図

トンネル直上の地表部には産業廃棄物処分場が操業しており、この処分場は拡張計画が許可されている。

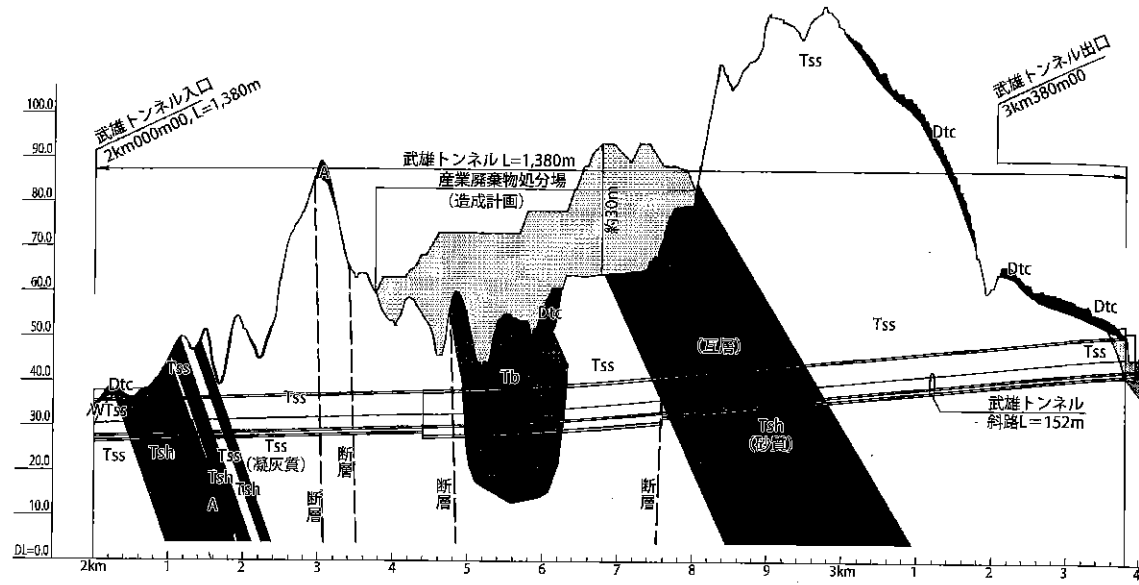
産業廃棄物処分場直下では、土かぶりが1.0D以下の区間があり、掘削による地表面沈下の抑制、処分場拡張盛土による上載荷重の増加に対するトンネル覆工検討、およびトンネル沈下量の抑制が課題となっている。

本稿は、おもに上載荷重増加に対するトンネル覆工の計画・構造について報告するものである。

2 地形・地質概要

武雄トンネルの地質縦断図を図-2に示す。計画路線(2km000m~3km380m)は、武雄市街地から山間部に入る下西山~大山路間の山地であり、山腹は緩斜面を呈する。小高い山体(武雄トンネル)は、2km500m~2km800mまで産業廃棄物の最終処分場として人工改変されている。

武雄トンネルの掘削対象地質は、基盤層である古第三紀漸新世に形成された片島層群砂岩層が主体で、おもに砂岩および頁岩から構成されており、一部、凝灰質に富む層も認められる。地層は単斜構造を形成し、緩やかに傾斜している。また、本堆積岩類中には、リニアメント(線状模様)が確認



地質時代	地層名	岩相・層相	記号	記事	
第四紀	完新世	盛土・埋土	粘性土主体 砂質土主体	Bc Bs	人工改変に伴う土砂。造成地や低地などに分布する。
		崖錐堆積物	粘性土主体 砂質土・礫主体	Dtc Dts	
	沖積層		粘性土 礫質土	Ac Ag	沖積低地・沢部に分布する。武雄川沿いの低地で層厚3m程度、沢部は1m程度以下の層厚である。
		鮮新世 中新世	火山岩類	安山岩 凝灰角礫岩	
	古第三紀		漸新世	柞島層群	風化砂岩 頁岩優勢 砂岩優勢

図-2 武雄トンネル地質縦断面

されている。

2 km500m～2 km900mで実施したボーリングでは、角礫状コアが採取され、幅0.3～1.5m程度の破碎帯が確認されている。また、ヘアークラックを多く含む2～10cmの短柱状のコアも採取されている。

これらボーリング結果より、当該区間ではトンネル施工において、極力、地山を緩ませないような配慮が必要である。とくに、2 km440m～2 km760m区間は土かぶりか5.7～30.5mと小さく、地表面は産業廃棄物処分場であるため、地表面へ

与える影響を極力低減することが肝要である。

3 産業廃棄物処分場区間の概要

産業廃棄物処分場の範囲は2 km340m～2 km814mまでの474mで、この区間の最小土かぶりは5.7mである。

処分場拡張による盛土高は最大約42.7mで計画されている。

この産業廃棄物処分場は安定型の最終処分場として計画されており、トンネル完成後に産業廃棄物が堆積されるものである。

4 トンネル覆工の構造計画

4-1 覆工計画フローと検討方針

二次覆工の構造検討フローを図-3に示す。

計画される盛土の影響を二次元FEM解析より算定した地盤内応力にもとづき、骨組構造解析を用いて二次覆工の構造を検討する。

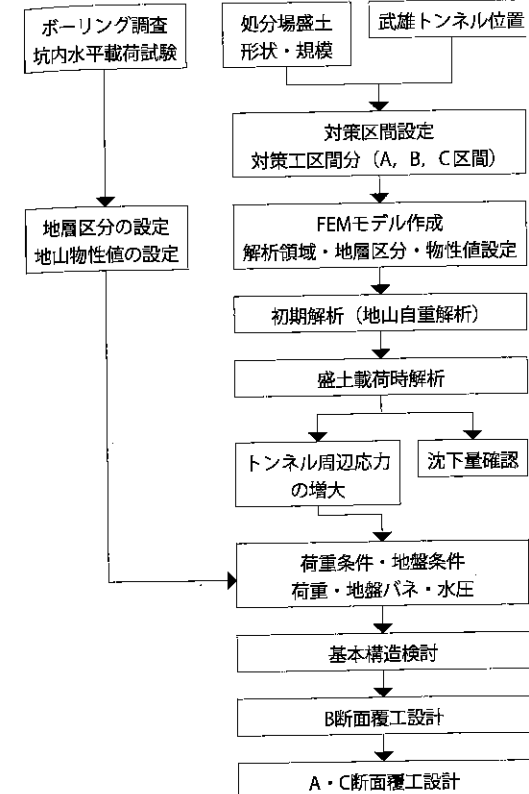


図-3 構造検討フロー図

盛土荷重はトンネル覆工完成後に載荷されるものであり、覆工およびインバートは、この荷重に対して耐荷能力を有することが要求される。盛土荷重はFEM解析により、現況地表面上に追加要素(新設盛土)のモデル化により上載荷重として与え、地盤内応力を算定したうえで、これを荷重増分とみなして、骨組構造解析により覆工の検討を行う(図-4)。

4-2 対策工区間の設定

対策工区間の設定は『既設トンネル近接施工対策マニュアル』(鉄道総合技術研究所)に準拠し、以下の区分設定を行った(図-5)。

4-3 地質区分と地山物性値の設定

地山の地質区分は、コアの検査結果、孔内水平載荷試験および室内岩石試験結果の静弾性係数に補正値を乗じて変形係数を得て、その変形係数より物性値を整理して地層区分を行った。

表-1に解析に用いる物性値を示す。

4-4 FEM解析結果

(1) A断面

盛土前から盛土後への増分のみを見ると、鉛直応力は天端付近で526kN/m²となり、これは直上の載荷盛土重量(18kN/m³×29.5m=531kN/m²)のほぼ全荷重(99%)に等しい。増分鉛直応力の深度分布をみると、深度により小さくなる傾向にあるが、増分水平応力は深度により逆に大きくなる傾向にある。このためトンネルに作用する荷重の側圧係数は深くなるに従い、大きくなる傾向を示す(表-2)。

(2) B断面

盛土後の増分のみを見ると、鉛直応力は天端付近で636kN/m²であり、これは直上の載荷盛土重量(18kN/m³×42.7m=769kN/m²)の83%に相当する。増分鉛直応力の深度分布をみるとトンネル周辺に限定するとほとんど変化はない(表-3)。

(3) C断面

盛土後の増加分のみを見ると、鉛直応力は454kN/m²で、これは直上載荷

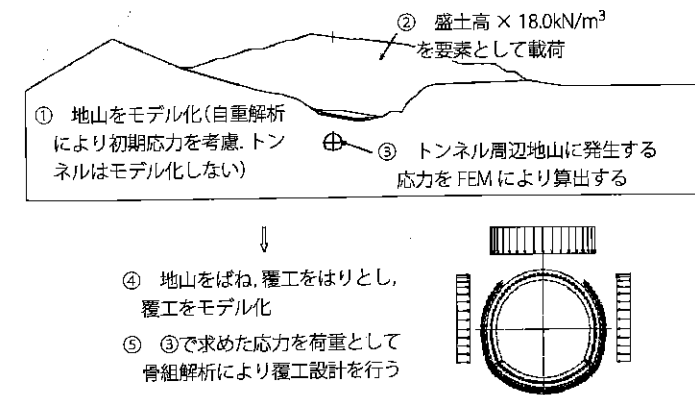
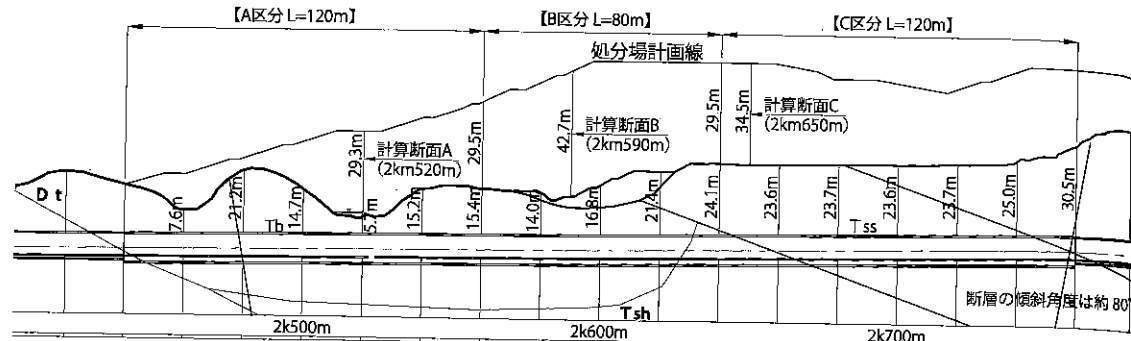


図-4 構造検討手順



区分	A区分	B区分	C区分
特徴	土かぶり1.0D以下の区間を含み、上部盛土は30m以下の区間。新規盛土高さは低い、現況土かぶりが小さく、荷重増の影響が懸念される。上部盛土高さが、土かぶりの1/2以下となる範囲までを対策工範囲とする。 (A断面：2 km520m)	土かぶり15~25m(2D)程度で、かつ上部盛土は30m以上(最大42m)の区間。新規盛土高さが、現況土かぶりの2倍程度となり、盛土高さも高いため、荷重増がもっとも大きいと考えられる区間。 (B断面：2 km590m)	土かぶり25m(2.5D)程度で、上部盛土は30m程度。新規盛土高さは高いが、現況土かぶりがおおむね2D程度以上であり、新規盛土による荷重増の影響はA、B区間よりも小さいと考えられる。土かぶり3D以上で、盛土高さも現況土かぶり以下となるまでの区間。 (C断面：2 km650m)

図-5 処分場区分設定

表-1 地質別地山物性値

地質	単位体積重量 γ (kN/m ³)	変形係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦 ϕ (度)
盛土	18.0	12,500	0.35	6	40.0
谷底堆積物	14.0	12,500	0.35	20	25.0
岩盤(強風化部)	20.5	200,000	0.33	300	35.0
岩盤(風化部)	22.0	400,000	0.30	500	40.0
岩盤(弱風化部)	23.0	1,500,000	0.25	1,000	45.0
岩盤(新鮮部)	25.0	7,500,000	0.25	4,000	55.0

表-2 A断面：鉛直応力水平応力の増分

要素 No.	盛土前⇒盛土後		盛土時差分応力		側圧係数		
	水平 (kN/m ²)		鉛直 (kN/m ²)		盛土前	盛土後	差引き
①	-111.711	-300.112	-114.401	-639.966	-188.401	-525.5651	0.976 0.469 0.358
②	-111.23	-301.872	-116.066	-638.712	-190.6419	-522.6453	0.958 0.473 0.365
③	-112.41	-305.444	-121.057	-640.215	-193.034	-519.1584	0.929 0.477 0.372
④	-114.993	-309.976	-129.701	-645.951	-194.9831	-516.25	0.887 0.480 0.378
⑤	-118.71	-315.148	-141.813	-655.886	-196.4382	-514.0726	0.837 0.480 0.382
⑥	-123.359	-321.246	-156.835	-668.965	-197.8875	-512.1294	0.787 0.480 0.386
⑦	-128.453	-328.219	-174.414	-684.416	-199.7662	-510.002	0.736 0.480 0.392
⑧	-134.592	-336.589	-193.656	-701.439	-201.9969	-507.783	0.695 0.480 0.398
⑨	-140.894	-345.596	-214.324	-719.887	-204.7024	-505.5631	0.657 0.480 0.405
⑩	-147.291	-354.94	-234.94	-738.484	-207.6491	-503.5442	0.627 0.481 0.412
⑪	-152.207	-362.273	-249.739	-751.794	-210.0659	-502.0548	0.609 0.482 0.418
⑫	-155.47	-367.981	-263.329	-764.128	-212.5107	-500.799	0.590 0.482 0.424
⑬	-159.524	-374.949	-278.376	-777.812	-215.4243	-499.436	0.573 0.482 0.431
⑭	-163.942	-382.6	-293.606	-791.531	-218.6577	-497.9252	0.558 0.483 0.439

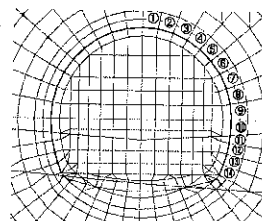


表-3 B断面：鉛直応力水平応力の増分

要素 No.	盛土前⇒盛土後		盛土時差分応力		側圧係数		
	水平 (kN/m ²)		鉛直 (kN/m ²)		盛土前	盛土後	差引き
①	-169.559	-369.518	-270.026	-905.6696	-199.9589	-635.644	0.628 0.408 0.31
②	-169.096	-367.443	-271.16	-908.0763	-198.3469	-636.916	0.624 0.405 0.31
③	-169.776	-367.365	-276.249	-913.7212	-197.5884	-637.472	0.615 0.402 0.31
④	-171.466	-369.454	-285.557	-922.5657	-197.9882	-637.009	0.600 0.400 0.31
⑤	-174.246	-373.845	-298.501	-933.9545	-199.5992	-635.454	0.584 0.400 0.31
⑥	-177.99	-380.269	-314.422	-947.7326	-202.2796	-633.311	0.566 0.401 0.32
⑦	-182.286	-388.45	-333.106	-963.7099	-206.1637	-630.604	0.547 0.403 0.33
⑧	-187.873	-398.479	-353.529	-981.3327	-210.6065	-627.804	0.531 0.406 0.34
⑨	-193.902	-409.384	-375.379	-1000.385	-215.482	-625.006	0.517 0.409 0.34
⑩	-200.269	-421.23	-397.189	-1019.572	-220.9611	-622.383	0.504 0.413 0.36
⑪	-213.548	-429.286	-413.16	-1033.033	-226.7375	-619.873	0.560 0.284 0.10
⑫	-234.506	-297.869	-427.825	-1045.407	-63.3631	-617.582	0.548 0.285 0.10
⑬	-238.428	-304.231	-444.175	-1059.231	-65.8035	-615.056	0.537 0.287 0.11
⑭	-242.787	-311.31	-460.331	-1072.779	-68.5225	-612.449	0.527 0.290 0.11

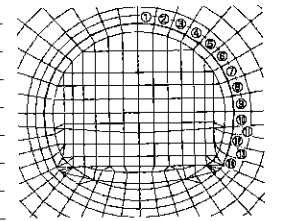
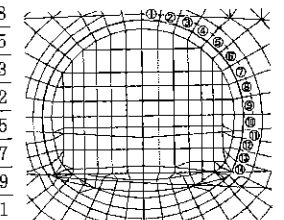


表-4 C断面：鉛直応力水平応力の増分

要素 No.	盛土前⇒盛土後		盛土時差分応力		側圧係数		
	水平 (kN/m ²)		鉛直 (kN/m ²)		盛土前	盛土後	差引き
①	-259.989	-375.036	-540.417	-994.5978	-115.0476	-454.181	0.481 0.377 0.253
②	-259.589	-376.016	-539.975	-996.5762	-116.4276	-456.602	0.481 0.377 0.255
③	-260.271	-379.518	-542.933	-1001.023	-119.2468	-458.09	0.479 0.379 0.260
④	-263.59	-386.592	-551.89	-1010.166	-123.0018	-458.277	0.478 0.383 0.268
⑤	-267.46	-395.181	-564.197	-1021.749	-127.7215	-457.552	0.474 0.387 0.279
⑥	-272.093	-405.415	-579.882	-1035.902	-133.3216	-456.02	0.469 0.391 0.292
⑦	-277.05	-416.793	-598.031	-1051.886	-139.743	-453.855	0.463 0.396 0.308
⑧	-283.01	-429.541	-618.108	-1069.269	-146.5307	-451.161	0.458 0.402 0.325
⑨	-288.995	-442.716	-639.834	-1087.866	-153.7213	-448.032	0.452 0.407 0.343
⑩	-294.717	-455.547	-661.77	-1106.339	-160.8301	-444.569	0.445 0.412 0.362
⑪	-299.346	-465.111	-677.732	-1119.818	-165.7643	-442.086	0.442 0.415 0.375
⑫	-302.272	-472.308	-691.653	-1130.906	-170.0354	-439.253	0.437 0.418 0.387
⑬	-306.407	-480.559	-706.746	-1143.133	-174.1516	-436.387	0.434 0.420 0.399
⑭	-311.394	-489.474	-719.458	-1152.927	-178.0799	-433.469	0.433 0.425 0.411



盛土重量(18kN/m³×34.5m=621kN/m²)の73%に相当している。増分水平応力は深度により大きくなる傾向を示した(表-4)。

4-5 沈下量の照査

盛土载荷によるトンネル基礎面の沈下量を算定した。沈下量に対する許容値としては、『都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル』(鉄道総合技術研究所)²⁾より安全監視時の整備基準における許容値を参考とした。

このマニュアルの軌道整備基準値は、高低差(片側レール10m間の高低差)に対する値であり、列車速度170km/h以上の本線での許容値は、7mm/10mである。本解析による沈下量は絶対値で

表-5 相対沈下量

区間	相対沈下量	区間長	10m間換算相対沈下量
入口側～A断面	6.8mm	80m	0.85mm
A断面～B断面	0.1mm	70m	0.014mm
B断面～C断面	4.9mm	60m	0.82mm
C断面～出口側	1.8mm	110m	0.16mm

あるが、各解析位置での沈下量(絶対値)が、10m間の相対沈下量の7mmを下回っていることから、沈下に対しては、問題ないとする(A断面=6.8mm, B断面=6.7mm, C断面=1.8mm)。

また、対策工入口側、出口側端部をそれぞれ沈下量0として、各区間を10mあたりの相対沈下量

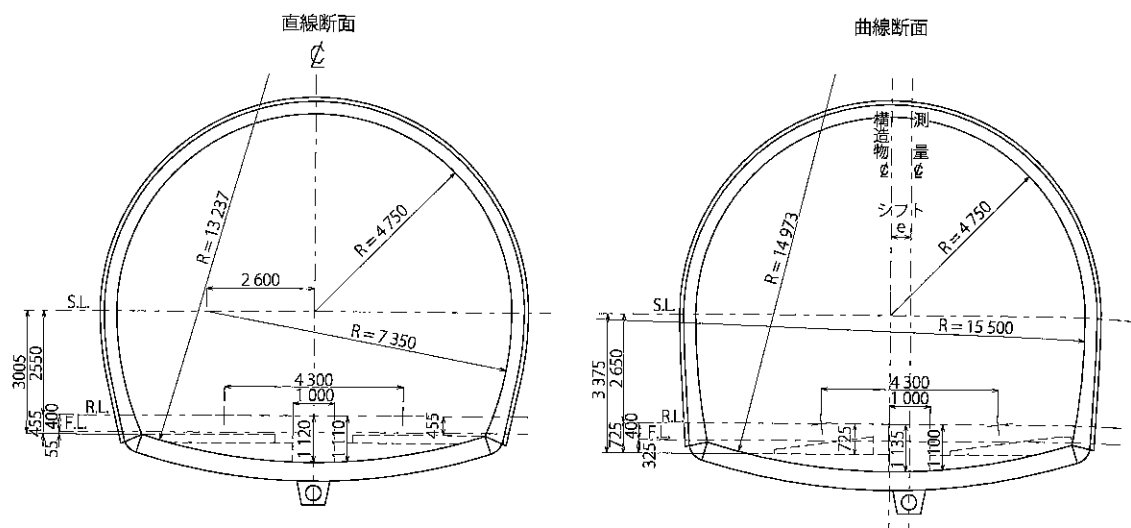


図-6 新幹線トンネルの標準断面

に換算すると表-5のとおりとなった。

4-6 荷重ケースの検討

二次覆工をばねとし、地盤をばねとしてモデル化した「はり-ばねモデル」により解析を行う。盛土荷重は、FEM解析より設定した荷重とし、トンネル掘削後の変位が収束後に二次覆工を打設するため、トンネル掘削に伴う緩み荷重は見込まない。荷重ケースは以下を考慮した。

- FEM解析で得られた鉛直応力増分、水平応力増分を鉛直土圧、水平土圧とする(静止土圧とするケースも照査した結果、安全側としてFEM解析結果を採用)。
- 盛土載荷前を想定して、水圧のみを見込む。水圧は現況水位を考慮する。
- 上記の盛土増分荷重に加え、水圧を考慮する。

この結果、盛土荷重増分のみを考慮したケースがもっとも厳しく、地下水の影響は最少でトンネル断面に影響のないことが確認された。

4-7 ウォータータイトの採用

産業廃棄物処分場の区間は、沢地形の下を通過し沢水を集めやすい条件にあるため、周辺の水収支にも影響を及ぼす懸念がある。上部に計画される産業廃棄物処分場においても、沢水および地下水水位に対して影響が生じないような対応が求められている。

一般には、非排水構造とすると、覆工は水圧に

対して耐え得る巻厚と鉄筋コンクリート構造とする必要があるが、当該区間においては、大きな盛土荷重が載荷されるため、荷重ケースの検討において、地下水圧を考慮した場合でもトンネル断面が変わらない結果が得られている。よって、当該区間にウォータータイト構造を採用した。

なお、武雄トンネルは全延長にFILM工法を採用しており、処分場直下の200m区間については防水シート厚2mmをトンネル全周に施している。吹付けコンクリートと防水シート間に充填材を充填することにより、背面(吹付けコンクリートと防水シート間)を地下水が流動することのない、確実な非排水を実現する構造としている。

4-8 処分場下のトンネル最適断面

新幹線の標準断面を図-6に示す。

処分場は新幹線直線区間に位置し、トンネル完成後に処分場堆積物が増加荷重として載荷される。この条件の下で直線断面を基本に、経済性、施工性に優れた構造形状を選定する。

検討は使用するコンクリートの強度、断面形状(インバートの曲率)、巻立て厚に着目し、さまざまな組合せの中から次の4案を検討対象とした(表-6)。

【第1案 標準型インバート】

応力上必要な部材厚を確保する。部材厚が増すと従い軸線長も大きくなり応力も増加する。コン

表-6 断面形状の比較

案	第1案	第2案	第3案	第4案
	標準型インバート	円形インバート	円形インバート	中間案
標準断面図				
コンクリート強度	40N/mm ²	40N/mm ²	30N/mm ²	40N/mm ²
覆工厚さ	アーチ 100cm	60cm	80cm	80cm
覆工鉄筋	D25@250	D29@125	D29@125	D25@250
掘削	100.6m ³	95.5m ³	102.4m ³	98.8m ³
コンクリート	30.4m ³	19.3m ³	26.1m ³	26.9m ³
鉄筋	2.8t/m	2.3t/m	2.5t/m	2.6t/m
工事費率	1.00	0.80	0.89	0.93

クリートは40N/mm²を採用、インバート掘削深は小さいが、掘削量およびコンクリート量はもっとも多い。

【第2案 円形インバート】

インバートの曲率を小さくし、トンネル断面全体を円形に近い形状とする。コンクリートは40N/mm²を採用。インバート掘削深は第1案より深くなるが、掘削量、コンクリート量とも4案中最小となる。

【第3案 円形インバート】

インバートの形状を変更しトンネル断面全体を円形に近い形状とする。コンクリートは施工事例の多い30N/mm²を採用する。第2案と内空断面は同じであるが、掘削断面および部材断面は大きく異なる。

【第4案 中間案】

インバートの半径を上半半径の2倍とし、掘削断面の減少と第1案と第2案の特性を期待した案。コンクリートは40N/mm²を採用する。

検討の結果、施工数量の低減化が可能で、施工性、経済性に有利な第2案を採用案とした。

5 おわりに

武雄トンネルは完成後に、小土かぶりのトンネル上部に盛土を施工することにより、トンネル覆工に作用する上載荷重が増大するという特殊条件を有している。覆工およびインバートは、この荷重に対して耐荷能力を保有させることを目的に計画した。今回の産業廃棄物処分場直下を通過するトンネルは、過去の事例も少ないことから、今後も現地の状況を分析し、安全性および経済性に配慮したうえでトンネル工事を進めたいと考えている。

最後に、本トンネルの計画、設計および施工にあたり、ご指導、ご協力を賜った関係各位に深甚なる謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：既設トンネル近接施工対策マニュアル、pp.17-18、1995.1.
- 2) 鉄道総合技術研究所：都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル、p.19、2007.1.

トンネルジャーナル

土木学会 2014年度選奨土木遺産

土木学会は2014年度の選奨土木遺産を発表した。これは、同学会選奨土木遺産選考委員会が、社会や土木技術者へのアピール、まちづくりへの活用などを促すことを目的に近代土木遺産(幕末～昭和20年代)を対象として認定するもの。今年度、選定された土木構造物は22件で、認定書と銘板が授与される。

おもな選奨遺産と授賞理由は以下のとおり。(構造物名、所在地、竣工年、「授賞理由」の順に記載。いずれも土木学会による)。

仙山線鉄道施設群、宮城県仙台市～山形県山形市、1928～55、トレスル橋、長大隧道など昭和初期の先端土木技術を反映し、転車台、変電所、機関区など東北初の直流電化や戦後新幹線の礎となる交流電化発祥の地として世界に誇る日本の鉄道技術遺産。

成宗電車第一・第二トンネル、千葉県成田市、1910、煉瓦造の鉄道トンネルで、形態的にほぼ同一な2つのトンネルが連続している姿は趣がある。

信越線太田切橋梁、新潟県妙高市、1887、明治中

期に、谷越えの鉄道敷設にあたり築造されたレンガと石造りの水路トンネルで、現在も使用されている。

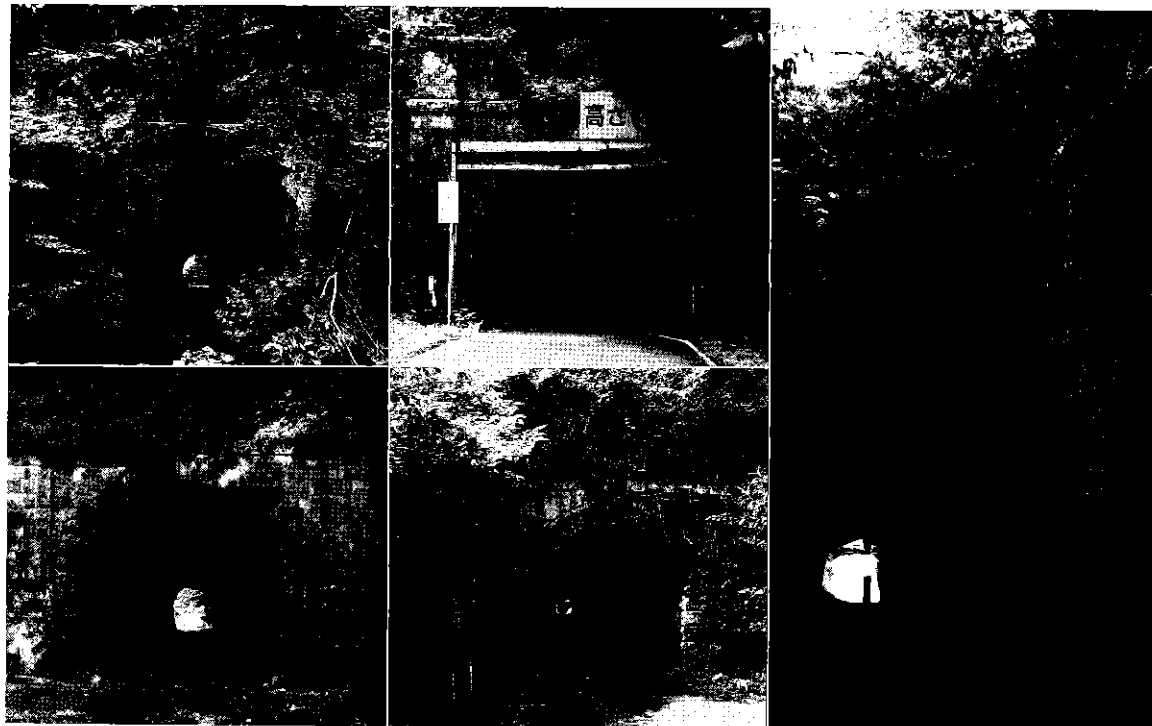
旧親不知トンネル、新潟県糸魚川市、1912、明治後期に天険親不知の断崖絶壁を貫通させた総煉瓦造りのトンネルで、当時の土木技術を後世に伝える。

旧北陸本線トンネル群、福井県敦賀市～南条郡南越前町、1896、旧北陸本線の最大の隘路であった敦賀・今庄間で建設されたトンネル群であり、現在も道路として機能する。

小刀根トンネル、福井県敦賀市、1881、日本人技術者による国内2例目の鉄道トンネルであり、また建設当時の姿を留めるものとしては国内最古。

来原岩樋、島根県出雲市、1700、わが国に現存する最古級の運河閘門で、天井川の斐伊川と高瀬川を結ぶため、国内では珍しい連続閘門。

熊井隧道、高知県幡多郡黒潮町、1905、自然石とレンガを用いて建設され、笠石や帯石、キーストーン、鋸型飾り積みなどが美しい。



(左上)信越線太田切橋梁、(中上)旧北陸本線トンネル群、(左下)小刀根トンネル、(中下)熊井隧道、(右)来原岩樋

あけまして おめでとうございます

平成27年 元旦

- | | | |
|-----------------|------------------|-------------------|
| 青木あすなろ建設株式会社 | 戸田建設株式会社 | アトラスコブコ株式会社 |
| 株式会社安藤・間 | 飛鳥建設株式会社 | カヤク・ジャパン株式会社 |
| 岩田地崎建設株式会社 | 西松建設株式会社 | カヤバシステムマシナリー株式会社 |
| 株式会社大林組 | 日本基礎技術株式会社 | 株式会社ケー・エフ・シー |
| 株式会社奥村組 | 前田建設工業株式会社 | シーアイ化成株式会社 |
| 鹿島建設株式会社 | 若築建設株式会社 | 株式会社ジャベックス |
| 株式会社キハラコーポレーション | | 株式会社スターロイ |
| 木部建設株式会社 | アンダーパス技術協会 | 大栄工機株式会社 |
| 株式会社熊谷組 | NEW TULIP 工法研究会 | 電気化学工業株式会社 |
| 佐藤工業株式会社 | U R T 協会 | 日豊株式会社 |
| 清水建設株式会社 | | 古河ロックドリル株式会社 |
| 新日本開発株式会社 | 国際航業株式会社 | 北陸鋼産株式会社 |
| 第一ダイヤモンド工事株式会社 | 株式会社ドーコン | 株式会社マシノ |
| 大成建設株式会社 | メトロ開発株式会社 | 株式会社三井三池製作所 |
| 株式会社竹中土木 | 株式会社ロード・エンジニアリング | 三菱重工メカトロシステムズ株式会社 |
| 鉄建建設株式会社 | | ヤマモトロックマシン株式会社 |

(掲載順)

謹 賀 新 年



青木あすなる建設

AsunaroAoki

代表取締役社長 上野 康信

〒108-0014 東京都港区芝四丁目8番2号 Tel (03) 5419-1011



安藤ハザマ

代表取締役社長 野村 俊明

〒107-8658 東京都港区赤坂6-1-20 TEL 03-6234-3600

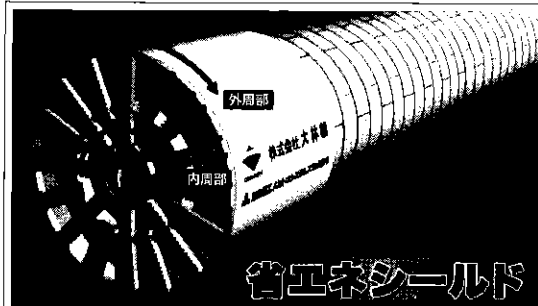


IWATA CHIZAKI

岩田地崎建設株式会社

代表取締役社長 岩田 圭剛

本社 札幌市中央区北2条東17丁目2番地 TEL (011) 221-2221
支店 東北・東京・名古屋・大阪・広島・四国・九州・海外
営業所 旭川・函館・帯広・釧路・岩手・横浜・千葉・新潟・神戸・台湾
URL <http://www.iwata-gr.co.jp/>



大断面シールドの消費電力低減と高速施工

●東京外かく環状道路本線トンネル(北行)東名北工事で採用

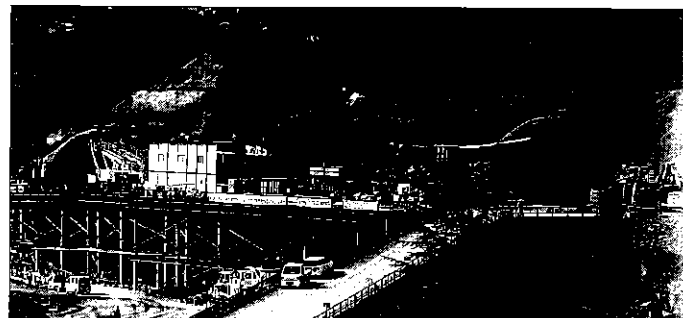


地球に笑顔を

大林組

代表取締役社長 白石 達
〒108-8502
東京都港区港南2-15-2
TEL 03-5769-1111
URL <http://www.obayashi.co.jp>

省エネシールド



人と自然を、技術でむすぶ。
奥村組

OKUMURA CORPORATION

代表取締役社長 奥村 太加典

本社:大阪市阿倍野区松崎町2-2-2 TEL. 06 (6621) 1101
東京本社:東京都港区芝5-6-1 TEL. 03 (3454) 8111
<http://www.okumuragumi.co.jp>

謹 賀 新 年

100年をつくる会社。

鹿島

代表取締役社長 中村 満義

本社 東京都港区元赤坂1丁目3番1号

電話 東京 03 (5544) 1111 (代)

<http://www.kajima.co.jp/>



株式会社 キハラコーポレーション
KIHARA CORPORATION SINCE 1899



代表取締役社長 小高 直基

《本社》 福井県越前市大虫町第7号2番地 TEL. 0778-24-2200 (大代)
《東京支店》 東京都港区芝大門一丁目3番9号 TEL. 03-3436-4900 (代表)
《URL》 <http://www.kihara-corp.co.jp/>

木部建設株式会社

代表取締役社長 木部 哲実

〒180-0005 東京都武蔵野市御殿山1丁目6番10号
URL <http://www.kibekensetsu.com> TEL 0422-48-7221

人と地球の未来を考える



熊谷組

取締役社長 樋口 靖

〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2番1号 TEL: 03-3260-2111

<http://www.kumagaigumi.co.jp>

今と未来を技術でつなぐ。



佐藤工業

代表取締役社長 山田 秀之

〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4丁目12番19号 TEL (03) 3661-0502

謹 賀 新 年

子どもたちに誇れるしごとを。

清水建設

取締役社長 宮本 洋一

〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1 TEL (03) 3561-1111

新しい技術とコストの提案/次世代への挑戦



新日本開発株式会社

グループ代表 箕井 伸



新日本エンジニア株式会社

大阪本社

〒550-0012 大阪市西区立売堀 2-4-19

代表 Tel 06-6543-1175



新日本機材株式会社

(営業所/倉庫) 東京・大阪・沖縄

DIA 第ダイヤモンド工事株式会社

代表取締役 川嶋常男

コンクリート切断穿孔 コアドリリング ワイヤソ工事 ケミカルアンカー工事

本社 東京都世田谷区喜多見 3 丁目 14-27 電話 03-3417-1911

営業所 仙台・埼玉・千葉・静岡



TAISEI
For a Lively World

大成建設株式会社

代表取締役社長 山内 隆司

〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 電話 (03) 3348-1111

人と地球の架け橋に

株式会社竹中土木

取締役社長 竹中 康一

〒136-8570 東京都江東区新砂1丁目1-1 ☎03-6810-6200 <http://www.takenaka-doboku.co.jp/>

謹 賀 新 年

受け継がれた技術。
これからの未来へ
70th Anniversary
TEKKEN



TEKKEN

鉄建建設株式会社

代表取締役社長 林 康雄

〒101-8366 東京都千代田区三崎町2丁目5番3号 TEL: 03-3221-2152 <http://www.tekken.co.jp/>

人がつくる。人でつくる。



戸田建設株式会社

代表取締役社長 今井 雅則

本社/〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1 Tel: (03) 3535-1354 <http://www.toda.co.jp/>

防災のトビシマ

建ててから始まる真のお付き合い

飛島建設株式会社

代表取締役社長 伊藤 寛治

本社/〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 Tel.044-829-6750 URL <http://www.tobishima.co.jp>



西松建設

代表取締役 近藤 晴貞

〒105-6310 東京都港区虎ノ門1-23-1 虎ノ門ヒルズ森タワー10階 TEL 03(3502)7648



日本基礎技術株式会社

JAPAN FOUNDATION ENGINEERING CO., LTD.

代表取締役社長 中原 巖

東京本社 〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷1丁目1番12号 TEL 03(5365)2500 FAX 03(5365)2522

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

謹 賀 新 年



前田建設工業株式会社

代表取締役社長 小原 好一

本社/東京都千代田区富士見二丁目10番2号 ☎03(3265)5551(大代)



豊かな未来へ 技術のメッセージ

若築建設

代表取締役社長 菅野幸裕

謹 賀 新 年



Japan Asia Group 国際航業株式会社

空間情報技術のフロントランナーとして「グリーン・コミュニティ」を先導。

代表取締役社長 土方 聡

本社 〒102-0085 東京都千代田区六番町2番地 TEL 03-3262-6221(代)

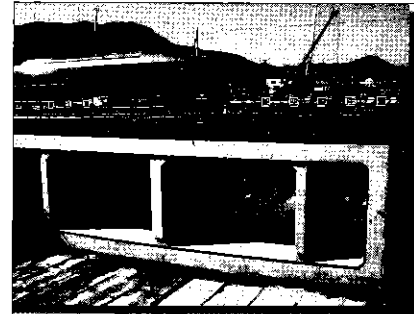
総合建設コンサルタント



株式会社ドーコン

代表取締役社長 平野 道夫

本社 〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号 TEL.011-801-1500 FAX.011-801-1600
<http://www.docon.jp>



アンダーパス技術協会

<http://www3.ocn.ne.jp/~randc/>

事務局 〒185-0032 東京都国分寺市日吉町2-30-7 植村技研工業(株)内
TEL 042-574-1180
分室 〒108-8381 東京都港区芝5-6-1 (株)奥村組内
TEL 03-5439-5412



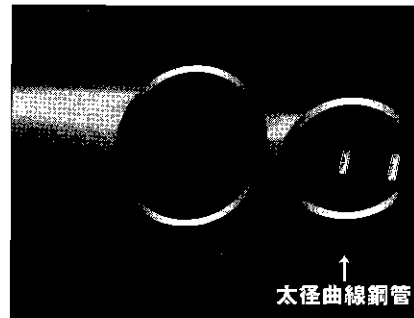
Metro Kaihatsu

メトロ開発株式会社

代表取締役社長 矢萩 秀一

都市トンネルに関する 土木・建築・設備の設計・施工監理 海外都市鉄道のコンサルタント業務 近接施工の設計・計測管理 土木工事構築補修

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11番9号日本橋小伝馬町ビル ☎(03)5647-7800



NEW TULIP工法

地下空間の画期的な構築方法

NEW TULIP工法研究会

〒101-8366 東京都千代田区三崎町2-5-3 鉄建建設株式会社
TEL.03-3221-2104 FAX.03-3239-1685

↑
大径曲線鋼管

詳しくは当研究会のホームページをご覧ください <http://www.new-tulip.com/>

URT協会

協会長 飯田 廣臣

URT協会は、URT工法(Under Railway/Road Tunnelling Method)と、PCR工法(Prestressed Concrete Roof Method)をもって、安心・安全・確かな技術で交通を遮ることなく鉄道・道路等の直下を横断する、さまざまなトンネルを構築する工法の研究開発・普及に取り組んでおります。

問い合わせ先：事務局
〒130-0026
東京都墨田区両国2-10-14
両国シティコア
(石川島建材工業(株)内)
Tel: 03-3633-6280
Fax: 03-6271-7298
URL <http://www.urt.jp>



URT工法は、鉄道または道路を挟んで掘進立坑および到達立坑を設け、必要なトンネル断面を箱型中空の鋼製エレメントで取り囲み覆工する工法です。



PCR工法は、路盤下横断構造物を上部路面を供用しながら、方形断面のPCR桁を地中に並列推進し、これにプレストレスを導入して、非開削で本体構造物を構築する工法です。



トンネル本体工設計・設備設計、トンネル点検・補修設計、トンネル現場診断

株式会社 ロード・エンジニアリング

本社	〒116-0013	東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号	TEL 03(3891)0711	FAX 03(3891)0701
大阪支店	〒569-1133	大阪府高槻市川西町2丁目21番38号	TEL 072(691)0711	FAX 072(691)0711
福岡支店	〒812-0011	福岡市博多区博多駅前4丁目25番14号	TEL 092(436)1588	FAX 092(436)1589
仙台営業所	〒981-1106	仙台市太白区柳生5丁目2番11号	TEL 022(306)3470	FAX 022(306)3471
新潟営業所	〒950-0003	新潟市東区下山2丁目485番14号	TEL 025(278)8282	FAX 025(278)8278
横浜営業所	〒226-0002	横浜市緑区東本郷6丁目13番16号	TEL 045(478)5230	FAX 045(478)5231
大分営業所	〒879-5506	由布市狭間町狭間376番地2号	TEL 097(586)3200	FAX 097(586)3210
沖縄営業所	〒901-2122	沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号	TEL 098(870)6411	FAX 098(870)6412



アトラスコプコ株式会社 土木鉱山機械事業部

取扱商品：トンネルジャンボ、ファン、ヘグローダー、シャトルカー、ディーゼルロコ、坑内用トラック、ロードホルダンプ、クローラドリル、ロッドビット、ロックボルト、油圧ブレーカ

〒105-0014 東京都港区芝2-13-4 住友不動産芝ビル4号館11F ☎(03)5765-7890

謹 賀 新 年

産業用火薬類の製造・販売

アルテックス、ランデックス、ANFO爆薬、耐静電気雷管
EDD、導火管付き雷管、黒色火薬

カヤク・ジャパン株式会社 東京都墨田区横網1-6-1 TEL. 03-5637-0901

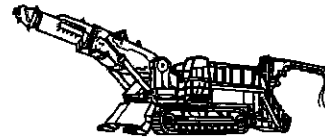
北海道営業部: 0125-55-2323 東北営業部: 022-265-0203 東日本営業部: 03-5637-0903
名古屋担当: 052-586-1373 西日本営業部: 06-4863-7821 九州営業部: 092-526-2112

〔取扱製品〕 ブームヘッダー・ミゼットマイナー・ブームカッターシールド・シャフトヘッダー(立坑掘削機)

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

代表取締役社長 廣門 茂喜

〒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: 03-5733-9441 FAX: 03-5733-9504 URL: <http://www.kyb-ksm.co.jp>



謹 賀 新 年

STARLOY シールド・TBM用カッタビット・ローラカッタ

株式会社 スターロイ

営業本部 〒545-0053 大阪市阿倍野区松崎町2-10-22
TEL 06-6621-1734 FAX 06-6621-1867
本社・工場 〒709-3612 岡山県久米郡久米南町上弓削1317-1(久米南工業団地)
TEL 0867-28-4511 FAX 0867-28-4512
HP/<http://www.starloy.com/> E-mail/starloy@starloy.com

一步前進~限りない未来への挑戦~

大栄工機株式会社

代表取締役 古儀 信幸

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

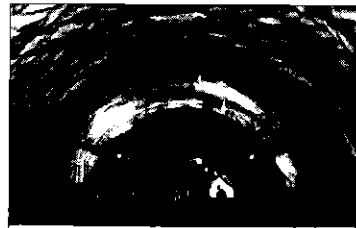
取扱製品

- ・二次覆工用型枠, 作業台車, 移動棧橋
- ・型枠用各種 OP 装置, 表面処理
- ・二次覆工コンクリート養生 (EPS, トンネルミスト)

ロックボルト FIT工法 Me工法 防水シート

KFC 50th 株式会社 ケー・エフ・シー
土木資材事業部

〒105-0011 東京都港区芝公園2丁目4-1 TEL03-6402-8251 FAX03-6402-8255
〒530-0047 大阪市北区西天満3丁目2-17 TEL06-6363-1884 FAX06-6313-0755
<http://www.kfc-net.co.jp/>



NATM工法用ビノントンネル防水シート
FILM工法用ビノントンネル防水シート
ビノンシグナルレイヤーシート
トンネル用導水シート

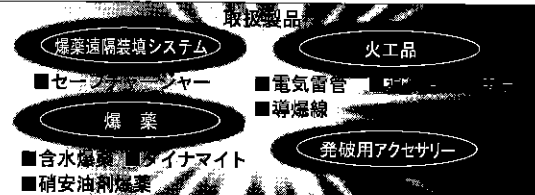
シーアイ化成株式会社 本社 〒104-8321 東京都中央区京橋1丁目18番1号(八重洲宝町ビル)
東日本土木営業部 TEL. 03-3535-4583 FAX. 03-3535-4542
西日本土木営業部 TEL. 06-6444-4572 FAX. 03-6444-4579
<http://www.cik.co.jp>

JAPEX
株式会社ジャペックス

URL: <http://www.highjex.jp> お問い合わせメールアドレス: japex-staff@highjex.jp

【本社】
〒105-0003 東京都港区西新橋1-11-5 新橋中央ビル4F
TEL. 03-3506-9061 FAX. 03-3580-8244

北海道営業部 TEL. 011-241-6411 中部営業部 TEL. 0569-73-7962
東北営業部 TEL. 022-215-9001 関西営業部 TEL. 06-6454-6561
東京営業部 TEL. 03-3506-9061 九州営業部 TEL. 092-735-2977



DENKA 電気化学工業株式会社

代表取締役社長 吉高 紳介
インフラ・無機材料部門特殊混和材部長 白山 裕

〒103-8338 東京都中央区日本橋室町2-1-1 電話(03)5290-5358

トンネル用機械販売・リース, 土木資材販売

日豊株式会社

代表取締役社長 野崎 正和

本社/〒150-0002 東京都渋谷区渋谷1-20-24 渋谷スカイレジタル206号 TEL 03(3409)8041
西日本営業部/〒841-0047 佐賀県鳥栖市今泉町2403-1 TEL 0942(82)1703

未来への確かな技術

次世代型ホイール式ドリルジャンボ・コンクリート吹付け機・トンネルワークステーションなど、様々なトンネル工事に挑戦し実績を積み重ねてきたトンネル各種製品。全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

FRD 古河ロックドリル株式会社

代表取締役社長 三村 清仁

〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号
特機部 TEL.03-3231-6966 FAX.03-3231-6993 URL: <http://www.furukawarockdrill.co.jp/>

トンネル型枠の設計、製造、販売、建築土木資材の製作、曲げ加工

北陸鋼産株式会社

取締役社長 中川一勝 URL <http://www.hokuriku-kosan.co.jp/>

北野工場	: 〒936-0806 富山県滑川市北野新888番地	TEL.076-476-2155 FAX.076-476-2177
滑川工場	: 〒936-0808 富山県滑川市追分3545番地5	TEL.076-476-0333 FAX.076-475-9121
東北営業所・工場	: 〒989-2301 宮城県亘理郡亘理町逢隈中泉字八幡41	TEL.0223-32-2420 FAX.0223-32-2423
東京支店	: 〒101-0024 東京都千代田区神田和泉町1番地6-1	TEL.03-3851-1016 FAX.03-6908-6789

トンネル補修工事・鋼アーチ支保工・トンネルミスト

株式会社 マシノ

代表取締役社長 増野 裕人

本社	: 〒733-0822 広島市西区庚午中1-19-23	TEL. (082)507-2737
大阪支店	: 〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3-16-3	TEL. (06)6389-6400

<http://www.mitsumiike.co.jp>

株式会社 三井三池製作所

ジオフロントに技術と実績で迫る 三菱トンネル掘削機(シールド・TBM)

三菱重工メカトロシステムズ株式会社

都市開発部	: 兵庫県神戸市兵庫区笠松通七丁目2番25号	〒652-0864 TEL. 078(672)2873
都市開発営業課	: 東京都港区港南二丁目16番5号	〒108-8216 TEL. 03(6716)4092

HCD-101・301・401 油圧ロックボルトせん孔機 YTB-1120トンネルビッガー ヤマモトロックマシン株式会社

代表取締役 山本 勝 俊

東京都千代田区丸の内二丁目4番1号 丸の内ビルディング 903 区

TEL(03)3201-0701 FAX(03)3201-5702

URL <http://www.yrm.co.jp> E-mail: tokyo@yrm.co.jp



第六十一回
語り継ぎ
言ひ継ぎ
行か

やま
け
か
く
語
り
き

富松 義晴
(元)飛鳥建設(株)

はじめに

何年ぶりだろう? 会社から送ってくれた『トンネルと地下』を久方ぶりに手にして、ようやく、また、自分の本来の場所に戻ってきたような、懐かしさと安堵感に包まれています。

思えば、この雑誌が創刊される1年前の1969(昭和44)年が私のトンネル人生のスタートであり、それから約20年を『トンネルと地下』とともに全国のトンネル現場を渡り歩いてきました。

しかし、ここ10年ほどは、経済合理性、効率化、自己資本比率など「市場経済至上主義」という怪物との付合いでトンネルを語ることが封じ込められ、少なからずストレスが溜まっていました。そこに、今回、「語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ」という「わが意を得たり」の企画への原稿を依頼されました。これを機に、現場で夜な夜な酒を酌み交わしながら、若い社員に迷惑がられつつも、熱く語っていた

ことの断片をお話したいと思いません。

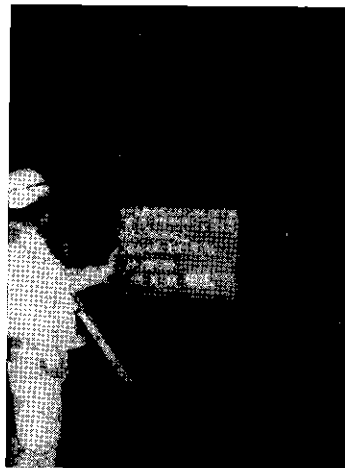
天神トンネルの教え

1977(昭和52)年12月、それまでの約8年の現場の経験が、強烈な自信と次の現場への期待となり、勇躍、宮崎の九州自動車道天神トンネルに赴任した。当時の筆者は、転石混じりの火山灰地質の東海道本線赤沢トンネル(現在は真鶴隧道)の2.5年、全線硬岩質と油目の多い中央自動車道笹子トンネルの3.5年、軟弱地盤と大出水の上越新幹線塩沢トンネル(現在は六日町トンネル)の約2年の経験で、どんな山でも屈服させてみせるという傲慢の塊であった。

宮崎地方の地質は、「鬼の洗濯岩」で有名な頁岩と砂岩の互層で、いわゆる、日南層群と呼ばれるきわめて滑りやすい地層である。延長1,670mのトンネルの地質は、全線にわたり頁岩と砂岩の互層が続き、大きな破碎帯が2か所で確認されていた。それまでにも破碎



ヨーロッパ視察途中ユングフラグヨッホにて(左側が著者)



天神トンネル導坑後光梁

帯での出水や地山の崩落については幾度も経験し、覚悟はしていたが、この現場では膨張性地山の存在に神経を使った。そのため坑口から200mほど奥の破碎帯地点のボーリング試料を当社の技術研究所に送り、モンモリロナイトの含有量を測定し、その含有率が12~13%であることを確認していた。

工事は、案の定、坑口付けから山が滑り、なかなか掘らせてくれない。なんとか坑口から200mほどの破碎帯を抜け、「よし！これ

から本格掘進だ」と意気込んだ矢先、猛烈な膨圧に悩ませられる羽目になった。朝、トロッコが、導坑切羽のずり積み作業を終え、出坑しようとする、トンネルが縮小して支保工に当たり、出てこられなくなるほどの膨圧に苦しめられた。

それより少し前のある朝、前日敷設したレールが、上下に数cmから十数cm、延長にして十数mにわたり変状しているのに気づいた。これは、明らかに若い衆(トンネル坑夫)の雑な作業だと確信し、若い衆に対し「なんだ、この仕事は！」と問い詰めたところ、「昨日は、確かにちゃんと敷設したぞ。山が動いているのではないのか？」と反論。自分たちの仕事の悪さを山の責任にするとほとんどない。この山のモンモリロナイトの含有率は12~13%しかなく、地山のモンモリロナイトによる膨張は17~18%以上(青函トンネルの施工報告書で読んだ記憶?)との予備知識があり、得意げに、この山は膨

著者略歴

- 1988年 北海道大学工学部土木工学 飛島建設入社
- 1969年 新赤沢トンネル
- 1972年 笹子トンネル
- 1975年 塩沢トンネル
- 1978年 天神トンネル
- 1983年 金剛山トンネル
- 1986年 登候トンネル
- 1990年 土木本部土木技術部
- 1998年 名古屋支店長
- 2001年 代表取締役社長
- 2005年 代表取締役会長
- 2011年 社友 現在に至る

張なんてしないはずだから、もう一度盤打ちし、正確に敷き直すよう指示した。ところが、次の日、きれいに修復したはずのレールが、またもやメロメロ、やはり山が動いていた！もちろん若い衆には「ゴメン!!」と、この箇所では、上半掘削時にも上半支保工H250×250の脚部や肩部フランジの座屈など大きな膨圧に悩まされながらの掘進となった。

この現場で、現象をありのまま、事実を事実として観ることの大切さを学んだ。「やま」に向かっては、わずかばかりの知識や経験を過信することなく、自然を畏怖し、謙虚に向き合わなければいけないことを悟らされた。

その後、全線にわたり強大な地圧に悩まされたが、謙虚な気持ちを忘れることなく「やま」に向かい、無事、掘り終えることができた。

金剛山トンネルの教え

1975(昭和50)年ごろ、ロックボルトと薄肉吹付けコンクリートで

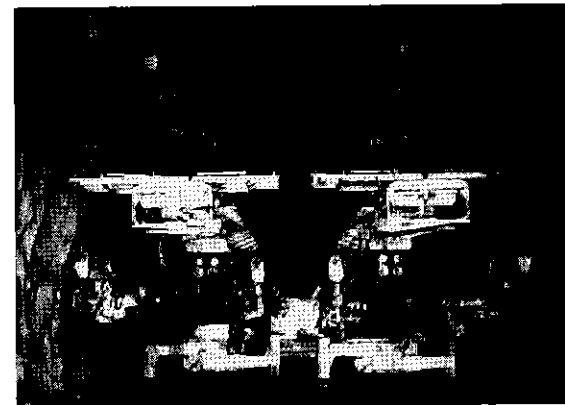
支保するNATM(New Austrian Tunneling Method)がヨーロッパから導入され、新幹線の現場などで使われ始めた。当時、トンネルの掘削技術は経験の技術であるとされていたが、NATM理論を理解し採用することで「科学的」にトンネルが掘れると、競ってNATMが採用された。

1973(昭和48)年ごろ、フランスのトンネル技術協会のメンバーが、折しも、破碎帯を施工中のわれわれの現場に視察に訪れた。彼らは、「われわれなら、この山はロックボルトと吹付けコンクリートで施

工する。」と言ったそうである。まさか、なんたる暴言！ロックボルトは良い山でのみ使用できるものと考えていた筆者にとっては、思ってもみない発言だった。しかし、これがNATMであることが、すぐに知れることとなる。社内でも「トンネルの神様」と自他ともに認めていた「所長が、ヨーロッパトンネル現場視察旅行から帰国し、大量の資料(多くはパンフレットの類)を持ちかえり、筆者に読むように送ってくれた。そのほとんどがドイツ語で書かれたNATMの資料で、これがNATM理論、

NATMの施工法との出会いである。それ以来、いつかは、自分の現場をNATMで施工できることを夢見て、NATM理論、施工法の知識を蓄積することを心がけた。

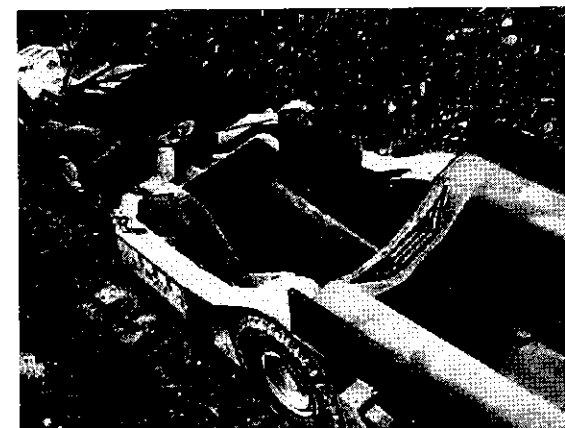
余談だが、前述した天神トンネルにはNATMが最適と思い、工法の変更を提案したが、当初設計を変えるまでには至らなかった。膨圧性地山の施工においては、「地山の若干の変位を許し、最小の力で支保する」というNATM理論をもとに、鋼アーチ支保工+矢板の背面と地山の間に、古タイヤやスギの葉を緩衝材として投入し(日



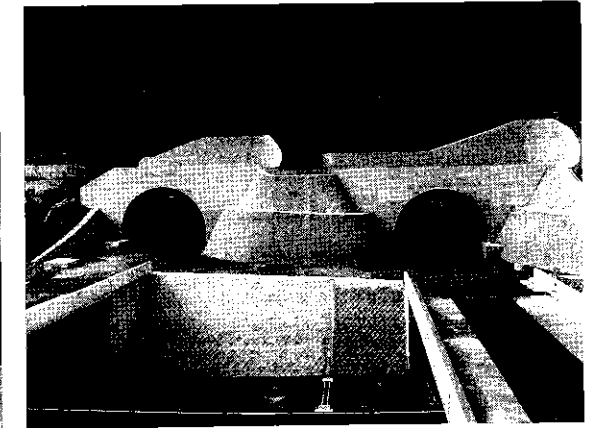
3ブームジャンボ(当時、自動穿孔機能を有する日本初のコンピュータジャンボであった)



トンネル・コンテナ工法(キルナコンビ全景)



トンネル・コンテナ工法(コンテナ脱着時)



金剛山トンネル小倉方坑口



金剛山トンネル貫通式にて(右から5人目が筆者)

本のトンネルでは昔から経験的に
行われていた)地圧を和らげ施工
した。

1983(昭和58)年、念願のNATM
で施工するトンネル現場に赴任す
ることとなった。九州自動車道金
剛山トンネル(2,200m)である。
ようやく道路公団(当時)でも
NATMの採用が始まり、初めての
本格的な硬岩NATMの現場であっ
た。NATMの、大型機械の投入が
可能という利点を生かし、急速施
工を第一のテーマに、ずり処理に
はコンテナ工法、削孔はコンピュ
ータジャンボ、吹付け機は新しく開
発した急速吹付け機と、やや欲張
った機械設備で掘削を開始した。順
調に掘進し1,000mほど掘り進ん
だ地点で、切羽からおよそ10~15
mほど戻った付近の吹付けコンク

リートに、異常が見られた。すぐ
に補強対策の検討を行い、3mの
ロックボルトを増し打ちすること
とし、実施した。無事、対策工を
終え、ホッとしたのも束の間、3
m以奥からロックボルトもるとも
大崩落を起してしまった。

理論上3mのロックボルトを密
に打設すれば地山は支保できるは
ずなのだが、見事にその以奥から
大崩落を起した。地山は実験室の
砂と違い均質ではなかった。この
ような結果から、「やま」は、不
明なことを実在のモデルと合わない
「仮定」として組立てた理論で
征服できるほど、甘いものではな
いことを思い知らされた。以来、
「やま」との対話を心がけること
で、「やま」から変状と対策を教
えてもらえるようになった。

トンネル工法変遷のなかでの 忘れ物

話は戻るが、1969(昭和44)年9
月、期待に胸をふくらませ、初めて
のトンネル現場である東海道本線
新赤沢トンネル(現真鶴隧道)に
赴任した。当時のトンネルの施工
技術は、山陽新幹線工事が最盛期
を迎え、鋼アーチ支保工の普及と
それに伴い施工機械の大型化が進
み、一段の発展を遂げつつあった。
それでも、1955(昭和30)年ごろま
で主流だった木製支保工に慣れ親
しみ、木材を通じて山の声の聴い
ていた先輩たちは、とくに、坑口
付けには独特のこだわりがあった。
「〇〇さんは、トンネルのベテラ
ンを自称しているが、坑口を2回
も滑らせた」。あるいは「××さ

んは坑口付けを知らない」など。

N所長もだれにも負けないトン
ネル屋を自負する土木屋で、営業
線(東海道本線)に隣接し、地質の
悪いきわめて難しいとされた坑口
付けを成功させることに、なみな
みならぬ執念を燃やしていた。彼
の出した最終方針は、坑口から
150~200m奥の良好な地質の位置
で、導坑から上半部へ切上がり、
切掘げを施工し、奥から慎重に坑
口へと出てくる方法であった。導
坑からの切上がり、切掘げは後光
梁によって施工した。

当時、筆者は、危険が伴い、時
間と費用のかかるこの工法には若
干疑問を感じていたが、ベテラン
坑夫が喜々として木材を加工し、
サバを刻み、山と相談しながら手
際よく支保工を組立てていく仕事
ぶりに感動を覚えた。その後、上
半の坑口へは、わずかな変状もな
く到達することができた。改めて、
トンネル屋にとって時間と金より
大事なものがあることを知った。
それは、なんとしても「やま」を
動かさないという「トンネル屋の
心意気」である。

トンネルの施工法はその後も機
械化が進み、1975(昭和50)年ごろ
からNATMが採用されると、掘削
断面が大きく採れる利点を生かし、
掘削機械の大型化による急速施工
がさらに図られるようになった。
このような施工技術の向上は、技
術者にとっては、当然、果たすべ
き責務ではある。しかし、技術の
発達や、使用する材料の質が向上
すればするほど、それを過信し、
山に対する細かな心配りを忘れて

しまい、「やまの声」あるいは計
測では捕えられない「やまの愚図
り」を聴くことができなくなる。
その結果、突然の地山の崩落、突
然の出水など、突発の事故を防ぐ
ことができない、技術の進歩の陰
で、トンネル屋の置き忘れたもの
はきわめて大きい。

世間の評価

話柄を変えよう。

2001(平成13)年4月、一トン
ネル屋の筆者は突然経営を担うこ
とになった。当時、当社はバブル崩
壊の影響を深刻に受け、再建計画
もなかなか軌道に乗らず、それま
での歴史のなかでも、もっとも難
しい舵取りを余儀なくされた時期
であった。しかしこのことが、否
応なしに、広く異業種のトップの
方たちをはじめ多彩な人々と接
触を持つ機会が増える契機となっ
た。とくに、金融界、マスコミ関
係者、建設アナリストの方たちと
は時間が経つとともに親しく話せ
る間柄になっていった。こうした
なかで、世間一般の人が土木事業
や土木技術者に対しきわめてネガ
ティブなイメージを抱いているこ
とを知った。

現場で働く多くの土木技術者は、
自らの手掛ける構築物に最高の品
質を追求し、出来上がった構築物
が社会の役に立ち、人々に安心と
安全を保証することを信じて、仕
事に邁進している。われわれに対
する一般社会の評価がなぜこれほ
ど悪いのか？ これでは、日本を
豊かにし便利にしているという誇
りを持って真剣に働いている土木

技術者は浮かばれない。ひたすら
トンネルを掘り続けてきた筆者に
とってもショッキングだった。

しかし、われわれ技術者は明治
以降、経済合理性を至上とし、技
術の進歩を信仰してひた走ってき
た。しかも、「公共」は「お上」
その物であり「民」の視点からの
「公共」についての思想が欠落し
たままであり、技術の進歩を自画
自賛し、いつの間にか、一般の人
たちの価値観と乖離してしまっ
ていた。

今、市場経済主義や進歩主義を
絶対の価値とする17世紀から続い
たヨーロッパ文明(思想)が行き詰
まっている。この価値の大転換期
に、新しい思想を打ち立てるのは、
自然と一体になることができ、自
然の声を聴くことができる土木技
術者(とくにトンネル屋)であると
確信している。それができてはじ
めて、土木が世間に認められず
である。

あとがき

天神トンネルでは過去の経験を
過信しすぎたことによる失敗であ
り、金剛山トンネルの大崩落は、
(NATM)理論を絶対視しすぎた結
果であった。

天神トンネルの教訓は、土木技
術者には、自然に対して、事実を
事実としてみる素直な気持ちと、
自然に対する謙虚さが必要とされ
ることを知らされた。

金剛山トンネルの大崩落では、
「やま」は不明なことを実在のモ
デルと合わない「仮定」として組
み立てた理論で征服できるほど甘

いものではない、そして、「やま」と向き合うトンネル屋は、「やま」に対し、決して傲慢であってはならないことを学んだ。

1970(昭和45)年前後にトンネルの新人であって、それ以来、トンネル人生を過ごしたトンネル屋は、筆者同様、在来工法(鋼アーチ支保工+矢板)およびNATMの双方を経験してきた。一般には、在来工法は経験が必要だが、NATMは切羽の観察や計測などにより体系的、理論的に掘削が可能になったと言われている。しかし、本当に

そうだろうか？

在来工法では、「やま」の変状を、支保工のフランジの座屈、矢板の折れなどが教えてくれる。このことは、支保工の状態に十分注意すれば、地圧の性格や大きさがわかり、増し支保工が良いのか、根固めコンクリートまたは仮巻きコンクリートが必要か、といった適切な対策工が決定できる。この対処能力には、それほど多くの経験を必要としない。

一方、NATMにおける計測は、初期値といえども、すでに、「や

ま」が動き出して数日は経過しているデータであり、過信するわけにはいかない。変状も突然発生する。これに備えるには、つねに地山の観察を怠らず、1発破ごとの切羽の変化を見逃さないことが、「やま」との対話を許してもらえ、最低の必要条件である。NATMこそ経験を必要とする工法である。

そして、自然を畏怖し、「草国土悉皆成仏」の思想を持つトンネル屋が、地球を救う新しい文明の担い手になってくれることを信じている。

連載講座

都市トンネルのための地盤改良工法(最終回)

—現状と将来展望およびまとめ—

「都市トンネルのための地盤改良工法」連載講座小委員会

表-1 連載講座のタイトルと執筆者

回	掲載月	タイトル	執筆者
1	2014年6月	概要	小西真治(東京地下鉄(株))
2	2014年7月	薬液注入工法	赤木寛一(早稲田大学) 仲山貴司((公財)鉄道総合技術研究所)
3	2014年8月	セメント固化改良工法(1)	坂梨利男、藤崎勝利(鹿島建設(株)) 竹内秀克((株)不動テトラ) 田中博之(ケミカルグラウト(株))
4	2014年9月	セメント固化改良工法(2)	〃
5	2014年10月	凍結工法(1)	小椋浩、伊豆田久雄((株)精研)
6	2014年11月	凍結工法(2)	大館良吉、伊豆田久雄((株)精研)
7	2014年12月	地下水水位低下工法	高坂信章(清水建設(株))
8	2015年1月	現状と将来展望およびまとめ	小西真治(東京地下鉄(株)) 小山幸則(立命館大学)

① 連載を終えるにあたって

本講座は、2014年6月～2015年1月まで8回にわたって、都市トンネルを対象とした地盤改良工法の現状における施工技術を総括し、それぞれの工法の計画・設計・施工上の留意点、特色ある適用事例などを示してきた。各タイトルと執筆者を表-1に示す。なお、執筆にあたって委員全員で座談会を2回開催して意思統一を図った。本講座のまとめとして、この内容の抜粋を示したい。

② 本講座小委員会委員による座談会

地盤改良の組合せ

小山：みなさんのこれまでの経験で、ここにこんなものを使ってはいけないのに、仕方がなく使ったようなことはありませんか。時々心配になるのは、ここはそんなに地盤改良やらなくていいのにやっているとか、改良工法の適用が間違っているという事例があるのではないかと思っています。

藤崎：誤った使い方って、こんなことかと思う話の一つあります。ある部分はセメント系で、またある部分は止水目的で薬液注入を使うというように、薬液注入とセメント系の改良を隣合わせて使うことがあります。薬液によっては酸性のものがあるって、コンクリートを専門とする人から見るとドキッとするほどの酸性だそうです。われわれは土質が専門ですであまりそれを感じませんが、そういった例はありました。

赤木：反応剤で硫酸を入れることがあって、それで中和されると

座談会出席者

小山 幸則	立命館大学
小西 真治	東京地下鉄(株)
赤木 寛一	早稲田大学
仲山 貴司	(公財)鉄道総合技術研究所
五十嵐寛昌	鹿島建設(株)
藤崎 勝利	鹿島建設(株)
坂梨 利男	鹿島建設(株)
伊豆田久雄	(株)精研
小椋 浩	(株)精研
高坂 信章	清水建設(株)

いう話があります。

小山：過去にシールドトンネルの周りに薬液注入して、その後の漏水で、セグメントは富配合のコンクリートなので大丈夫なのですが、歩床版は貧配合なのでコンク



小西真治 氏

リートが劣化してしまったという例があります。

伊豆田：類似のことは、凍結工法でもあります。シールドを推進させるとき、薬液注入して立坑際の地盤だけ凍結させる場合があります。注入がセメント系だと問題ないのですが、水ガラス系だと凍結したとき膨張することがあります。

小山：凍土の境界部が解けて剥がれてしまい、漏水が始まり、緊急対策として薬液注入をしたら、反応熱でもっと融解してしまったという例があります。やはり、相性を考えないといけないですね。

小西：経験を覚えていても何かに残しておかないと、しばらくすると忘れてしまって、また同じことをくり返すこともありますね。地下水位低下工法でそのような問題はありますか。

高坂：地下水位低下工法というよりは、山留め壁の内側の水位を下げていて、山留め壁の精度があまりよくないときに薬液注入や高圧噴射をすることがありますが、それがさらにトラブルを拡大してしまうことがあります。注入圧を

かけすぎて土留め支保工を变形させるとか、土留め壁のクラックを大きくすることがあります。背面を止水するのに薬液注入がいいのか、高圧噴射がいいのかはなかなか難しい問題ですね。

坂梨：高圧噴射攪拌工法による改良のかたちは円形が多いのですが、山留め側に噴いて圧力をかけたくないという理由から半円形でやる場合もあります。

小西：でも、圧力はかかるのですね。

藤崎：圧力はかかりますが、高圧噴射攪拌工法の場合スライムが上がっていくので、中の圧力は抜けて噴き出すような圧力はかからないということを前提に考えています。噴き出すところは、だいたい上がっていくスライムが閉塞した瞬間に地中の圧力が上がってしまう場合です。そういう意味で、半円形の改良体など、各社がさまざまな工法を開発してできるようになってきています。

小西：ジェットグラウトは浅いところが苦手だという話を聞くのですが、そこは上からの機械攪拌との組合せになるのですか。

坂梨：施工機械の制約がなければ、機械攪拌を使うのでしょうか、都市部だと施工上の制約が非常に大きいので、表層だけ薬液注入で少し固めて、その下をジェットグラウトで改良していくことが多いです。もちろん、大型の機械が入れるような場合は機械攪拌で改良しますが、都市部ではなかなかそのようなところがないのが現状です。

地盤情報の精度

赤木：地盤改良工の場合、土質的なことから、各工法でできること、できないこと、得意、不得意があると思います。そういうことが今回の講座で明確に示されれば間違った使い方をしなくて済みますし、この講座の特徴になると思います。地盤改良はどんな場所でもできると思っている人がいますが、実はちょっと違っていて、条件によってはうまく行かない場合があることを理解していただければ良いと思います。例えば、地下水で層別に水位をコントロールする場合、地層の連続性みたいなもので苦労される場合があると思うのですが、そのあたり高坂さん何かありますか。

高坂：地層のどこどこがつながっているかわからないことはよくあります。

赤木：あまりそのようなことが表に出てこない気がします。例えば、発表された論文などで、きれいにコントロールされたものは出てくるのですが、苦労されたものは出てきていない気がします。

高坂：そうですね。うまく行きませんでしたというのは、あまり発表しないですね。

赤木：やはり、得手不得手がありますので、明らかにするの必要だと思えます。

五十嵐：地下水位低下工法で、揚水井戸の本数を設計するときに2割違ったら怒られますが、透水係数が1オーダーくらい違ってもおかしくありません。でも、1×

10^{-3} cm/secと 5×10^{-3} cm/secでは本数も違ってきます。

高坂：確かに、透水係数はオーダーで議論されているのに、量が1割、2割違うと、すごく怒られるので、われわれとしては非常に困っています。

五十嵐：そのあたりは、設計者と施工者として共有できていないところですね。

仲山：注入マニュアルで効果確認という項目があります。解析の方法も載っていて事業者も試してみたいと言っているのですが、事前にある程度地盤調査をして臨んでくれる担当者がなかなかいないのが現状です。でも最近では、事業者でも地盤調査をしっかりやらなければならないという認識は高くなっています。なんとか効果確認はしたいので、事前、事後で測る方法を勉強するようになってきています。

小西：ボーリングデータがすごく少なくてトラブルになったことや、困ったことはありますか。

坂梨：だいたいトラブルの原因は地盤の情報が足りないことじゃないでしょうか。地盤条件によるトラブルの大半は調査不足が原因で、次に調査していたが見落としていた。例えば、砂層が介在していたり、地盤改良の特徴に応じた地盤評価がされていない、などだと思います。とくに、発注者によって土質調査の考え方が違うので、どこまで経済性も含めたバランスを考えて調査するのか、そのあたりが地盤改良のリスクです。調査と施工が分離されていて、調査結

果をもとにマニュアルに沿って設計することになります。ここで安全率が組み込まれているのですが、やはり、地盤の情報不足によるトラブルはなくなりません。

小西：浅い場合はボーリングも追加できるのですが、深くなると極力ボーリングを減らしたくなります。

小山：調査は足りてないと思います。複雑な地盤でわずかな本数のボーリングだけで施工してしまう現場もあります。

藤崎：リニューアルとか補強など、既設のところになったらもっと難しいと思います。自然地盤だったらある程度想像がつきますが、人の手が入ったところは何が出てくるかわかりません。図面と全然違うことがあります。例えば、建設時の仮設がそのまま埋まっていることがあります。とくに、昭和30年代、東京オリンピック前に慌てて作られたものなどです。ボーリング結果では、そこは砂だったのですが、ジャストポイントではなかったため、掘っていったら違うものが出てきたというのはよくある話です。

小椋：確かに図面と全然違うこともあります。凍結の場合、柱状図をもらっても砂地盤だから膨張とか凍上の問題はないと判断していても、いざ乗り込んでみたら、真ん中から下は全部粘性土だったことがあります。

伊豆田：発注者もコンサルタントも以前は、ちょっと複雑な工事でも凍結するときには、その土を採取して、凍土の強度や土の凍結膨



小山幸則 氏

張の試験をするという気持ちがあったと思います。しかし、凍結工法も事例が500件と積み上げられてくると、もうわかっているだろうと省略され、砂とか粘土と割り切る傾向があります。やはり重要な掘削とか構造物が横にあるときは、本当は室内試験をするのが基本だと思っていますが、なかなかできないようです。

設計の余裕

藤崎：地盤改良体の本体利用と改良効果の判定は非常にリンクしていて、実務でよく問題になります。セメントで固めた地盤改良体を硬い地盤として取り扱うべきなのか、構造体として設計するものなのかという壁によくぶつかっています。硬い地盤であれば、少々固まっていないところがあっても全体として固化体があればよいという設計になるのですが、実務の設計になると曲げやせん断という話になり、結果として構造体としての機能を期待することになります。一方、構造体として捉える場合、どの程度の不良率が許容されるのかという点についての整理が

あまりされていないと思います。得意なこと、苦手なことにつながるのですが、私たちが地盤改良で作っているものに対する考え方を整理することが必要だと思います。

坂梨：マニュアルでは、止水目的は別として、地盤改良はせん断強度で決まるように設計し、せん断状態になるような改良厚をすることを基本としています。今、価格競争が厳しく、地盤改良も曲げ抵抗は取れるので、地盤改良に曲げを持たせ改良厚を薄くする場合があります。コスト上はすぐメリットがあります。設計では、曲げを見るとか、軸力が入っていることを前提とするようになってきているのですが、施工は従来どおりの地盤改良を行っている。そこに乖離があり、トラブルのもとになっていると思います。設計サイドはどんどん数量を減らして、価格を安く工期を短くして、という具合に進んでいます。発注者も、10mが標準のものがこういう設計をすると6mになるという設計を一度受け取ってしまうと、次から6mで考えて下さいとなるのです。

小西：削れるところはすべて削っ



赤木寛一 氏

てしまうと、余裕がなくなってしまいますね。

坂梨：施工の品質管理が高度になってそこをカバーするようになっていけばいいのですが、多分、品質管理は従来ながらの10mの改良厚さ用のままなのです。そこで今、乖離が出てきていてトラブルになっているのだと思います。

小西：昔は、本当に危ないところは2重3重に手当をしていたのですが、それを今削ってしまっているということですね。

モニタリング

小西：今、興味があるのがモニタリングです。地盤改良をモニタリングしながら施工し、どれくらい改良できているのか、シミュレーションを利用してもいいと思うのですが、リアルタイムでどんなことになっているのかわかる開発や研究は進んでいるのでしょうか。地下水位低下工法の場合の効果確認は観測井戸ですか。

高坂：山留め壁の内側で水位が下がっていて、外側での水位は下がっていないことを確認するのが基本となります。地下水位低下工法を単独で使うことは少なく、ソイルセメント壁などの土留め壁と併用します。土留め壁の中だけ水位を下げるので、その土留め壁の精度や地中埋設管などにより土留め壁が施工できない箇所部分的な高圧噴射や薬液注入とか凍結などの地盤改良を行うので、その精度がすぐ効いてきます。

小西：注入のモニタリングはど

うですか。

赤木：管理の方法として、注入圧力と注入量で管理しようというのがあったのですが、グラウト協会に聞いてみると、P-Q曲線(圧力-注入量曲線)の管理はやっていないとのことでした。圧力だけで管理するとか、それは現場次第で、P-Qのデータは一応取るけれども、それを使ってどうこうすることは考えていないとのことでした。

五十嵐：それと品質がイコールじゃないということですか。

赤木：まあ、そうかもしれないですね。

五十嵐：実績が多くなって、すべてに当てはまるとは言い切れなくなったということではないですか。

赤木：ある意味でPとQは、決して独立ではありません。ただ、それで品質管理まで至っておらず、多分、使えないからいらんと言っているのですね。大事な情報だと思うのですが、実際は使われていないのも実態のようです。注入圧力と注入量の関係は数値シミュレーションと関係づけければ、もっと色々なことがわかるのにと、夢みたいなことを考えているのですが、なかなかそうはなっていないというのが現状ではないですかね。

藤崎：高圧噴射攪拌工法ですと、小西さんが言われているようなモニタリング技術も色々開発されています。モニタリングの対象は改良径の場合が多いです。それをリアルタイムでチェックしたいというニーズがあるので、例えば、改良体の中から弾性波を飛ばして反

射波を測定するという取組みもされています。

小山：それはもう完成していますか。

藤崎：なかなか難しいと思います。

小山：結局、わからないから上からボーリングしているのですね。

藤崎：ただし、ニーズが多いのも事実で、そういった取組みも始まっています。

伊豆田：地盤の調査はトモグラフィや弾性波探査などの色々な技術が進んでいるので、われわれは外から見ている、確実に判定精度が上がっているのかと思っていました。藤崎：実際、弾性波トモグラフィでわかる分解能は、数十cm程度のオーダーだと思います。出来形も品質も同じような話だと思いますが、バラツキはこのくらいだ、強度などはどのくらい割り引けばいいの、平均値で見ればいいのか、というところがあまり整理されてない感じがします。例えば、よく高圧噴射攪拌工法であるのは、3N/mm²ぐらいの一軸圧縮強さと言ったのに、平均値を見たら6~7N/mm²も出ていて、「セメントの入れ過ぎじゃないか」と言われることはよくあります。

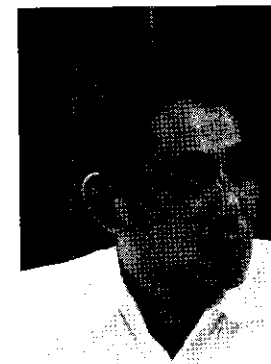
五十嵐：それはしょうがないですね。一軸圧縮強さを測る場合、そもそも弱いものはコアサンプリングできないのですから測れないので、正規分布でなくて偏ったかたちに分布しているのです。ある値より下の値はないわけですから変なかたちになります。難しいで

すね。採れないところをどう考えるか、できていないのか、サンプリングのときに壊れたのかわからないですよ。

藤崎：日本建築学会の『建築基礎のための地盤改良設計指針案』では、不良率を10%に決めています。また、コア強度の平均値の60~70%相当値が実大強度であるということが明確に指針案に入っています。

小西：凍結工法は、温度計を色々な所に埋めておいて、だいたいこのあたりまで固まっているというように判断するのですか。

伊豆田：実際に改良したものは面ですが、実測値のみですと点の情報になっています。それで、実測にプラスして、凍結管の周りに凍土が太っていくという熱計算をします。それは、かなり信頼できる計算なので、熱計算と実測値の温度を比較して合っていればそのままいいし、合っていなかったらモデルを修正する作業をして、面情報を推定しています。おおむねのところ、今のやり方で、土留め壁や止水壁としての機能の判定はできると考えています。幸いに凍土ですから、0°以下がわかればいいのです。凍結管ごとに測温管を入れておけば確実にすべてわかるのですが、経済性もありますので、今は5~7本に1本入れています。しかし、まれに局所的な地下水流とか、何かの加熱源があれば、これを考慮しないと誤った判断になりますので、そこだけは気をつけなければなりません。でき上がりをトモグラフィで断層写真



仲山貴司 氏

のように見れば、100%できていますと言えるんですが。

小山：出来形が不足していて、トラブルになることもたまには起こるのですか。

伊豆田：掘削した後に、水が凍土の壁を貫通して流れてきたことは、過去の500件の実績で、初期にはあったようですが、今はなくなっています。初期には、ガスが溜まっていて地中に不飽和の空間があったこともありました。

高坂：凍結の出来形管理にサーモカメラが使えるような気がするのですが、いかがですか？

伊豆田：凍土壁の外面で測ったことはないです。トンネルの表面では、凍結管が一番温度が低く、そこから離れるに従ってだんだん温度が高くなる現象を大学と共同研究したことがあります。しかし、それは内面の情報です。本当は、地盤の中が知りたいのでやはり弾性波トモグラフィかという夢は見えています。まだ十分にはできていないようです。

藤崎：例えば、改良体であるかわからないかわかるのですが、30cmまでなのか、50cmまでなのか、1



五十嵐寛昌 氏

mまでなのかというのわからないですね。これは弾性波の分解能の問題です。

伊豆田：10～15年前の、トモグラフィの展示会では、あまり良いのはなかったのですが、今は技術が進んではいるのですか。

藤崎：そうですね。振源とそれを受け取る受振部にそれぞれ問題があります。例えば、高周波の波を使えば分解能は良くなるのですが、距離が飛ばなくなってしまう。そのマッチングの問題があります。

伊豆田：もっと強力な発振機がないですかね。走って道路の下の空洞を探す技術がありますが、これを地盤改良に採用されないかと思うのですが。

海外展開

藤崎：ある専門業者が台湾で高圧噴射攪拌工法を相当数やっていると聞いたので、どういった人が施工しているのかと尋ねたところ、現地の人に教えてやっているとのことでした。ボーリングコアの採取も含めてやらせているとのことでした。地盤改良技術も海外展開

も積極的に進める必要があると感じています。

小山：だいぶ前ですけど、海外のコラムジェットは、すごく小さな径しかできていないことが多いと言われていました。多分、日本の真似をしてやっているのですね。最初に誰かが教えてあげたのか、それとも勝手に真似したのですか。地下鉄工事で事故の復旧のために、コラムジェットを施工することになりましたが、現地のは使えず、日本のものを送ったこともありました。

小西：確かに、ヨーロッパに行っても、注入の話ばかりでコラムジェットの話は聞きません。凍結は使っているみたいですが、コラムジェットは日本の特殊技術なのですか。

坂梨：本からの知識ですが、日本と北欧で使われていると書いてあります。

伊豆田：海外展開はできないのですか。

藤崎：おそらく海外展開はできると思うのですが、地盤改良技術だけで出て行って、果たしてどうなのかという話があります。

伊豆田：素晴らしい技術が、日本にあるのですよね。

藤崎：例えば、日本に来て経験を積んだ人が、母国に帰って会社を経営している話を聞きましたが、なかなか難しいようです。われわれの知らないところにも多くの中国や韓国の企業が来ていて、価格競争になってしまうのです。

伊豆田：技術は素晴らしいけど、価格競争で負けるのは、日本は品質が高すぎるのですか。

藤崎：私も海外の経験が多いとはいえませんが、日本人は、品質を落として値段を落とすことが苦手なのではないでしょうか。

伊豆田：日本はこれ以上は品質を落としてまで受けたくないという気持ちがあるじゃないですか。外国の企業はそこを割り切るので、価格で負けてしまうのだと思います。

藤崎：ただ、高圧噴射攪拌工法でも薬液注入工法でも日本の技術ポテンシャルは十分あると思いますので、どのように展開するかではないでしょうか。

高坂：今、ポテンシャルがあると言われたのは、どういうことですか。

藤崎：例えば、ジェットグラウトで5mの改良径がきれいにできることですかね。自動車メーカーなどのように、きちんと改良できるという技術で世界に出て行く可能性はあると思います。

小西：注入工法は外国も同じなのですか。ソレタンジュはフランスから持ってきた技術ですが、まったく一緒なのでしょうか。

赤木：水ガラスのようなものを



藤崎勝利 氏



坂梨利男 氏

使っているのは、外国ではあまり聞いたことがありません。セメント系が主体です。

坂梨：これからアジアで軟弱地盤があるところでは、まだまだ活躍の場があると思っています。コストの問題はありますが。

藤崎：そのためにも、明確なライバルとどのように戦っていくのかの戦略をきちんと立てていかないといけないですね。

技術の基準化

高坂：今、高圧噴射攪拌工法は、最大径どのくらいの改良体ができるのですか。

藤崎：最大の改良径は8mくらいと聞いています。5mクラスが一般的なサイズだと思います。

高坂：圧力をどんどん大きくしていけば、どんどん大きくできるというものでないのですか。

藤崎：そこは、各業者の方々ノウハウがあるようです。

小西：昔、MJSの技術評価をしたことがあります。そのとき、多孔管を見せてもらったのですが、管の中の加工がすごく複雑でしたが、ノウハウなのでしょうね。

赤木：ジェットグラウトは技術指針をまとめていないですね。

藤崎：そうですね。

赤木：グラウト協会でも薬液注入工法の指針はあります。ジェットグラウトについて工法協会はありますが、技術指針のようなまとまったものはありません。国からグラウト協会にジェットグラウトの協会も作れという話も来ています。凍結工法の協会はありますか。

伊豆田：わが国の凍結工法は今年52年目ですが、それほど大きな市場でないため、協会はずっとありませんでした。その割に、熱とか凍結膨張とか色んなものが付随しますから、精研とケミカルグラウトの2社だけでやっているのだから協会を作るほどではありません。

赤木：やはり協会を作って技術指針を整備することが必要だと思います。

藤崎：先生のご指摘はもっともで、われわれのように地盤改良を扱っている分野では大きな問題です。

赤木：まあ、商売というものだと思うのですが、技術的にわかったことをまとめるのは大事なことです。

藤崎：海外展開が本格化してきたら、赤木先生がおっしゃったように、協会で作った技術資料があった方がよいですね。似た話で、日本にも似たような基準がいろいろありますが、あれもまとめないといけないという議論があります。土木の基準、建築の基準といっばいあって、でも、作っているものは同じです。

赤木：やはり商売なので各社が公表していない技術と、そうじゃないものがあるのは仕方ありません。しかし、最低限これくらいのは必要だということを示さないといけませんし、それを示すことが国際貢献かもしれません。

小山：どこまで書けるかということですね。特許も出さないという話も聞きますので、あまり細かいところまでは書けないでしょうね。でも、もう少し上流の部分で共通的なことは書けるのではないのでしょうか。

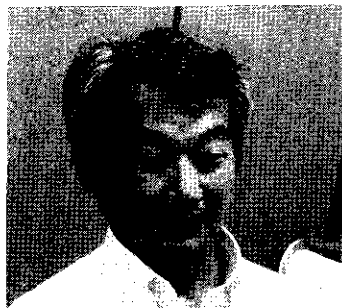
藤崎：いろいろな工法の技術資料を取り寄せて、読み比べたことがあるのですが、中身はどれもだいたい同じなんです。そういう意味では、小山先生がおっしゃるように、上位の概念、基本概念をまとめることは、難しいことではないと思います。

最近の技術の動向

坂梨：凍結で質問があるのですが、高圧噴射攪拌工法や機械攪拌式工法はこの10年間、改良径をいかに大きくするかということで経



高坂信章 氏



伊豆田久雄 氏

済性を追求する開発の方向で進んできました。薬液注入はどうしても浸透する範囲が限られてくるのですが、凍結工法のこの10年間の技術開発の方向性はどのようでしたか。

小椋：凍結工法の場合は、凍土の量をいかに減らすかということをやってきました。凍土の量が少ないと、凍上とか膨張圧の問題も少なくてすみます。ではどうやって減らすかというと、構造計算を見直して、例えばFEMも使うようになりました。最近パイプルーフなどで土圧を受けて、凍結は止水だけを目的に使うことが少しずつ増えてきました。

坂梨：組み合わせようになっているのですね。凍結そのもののやり方が、例えば、冷やすスピードを早くするなどの施工的な開発はないのでしょうか。

小椋：若干、冷却温度は下げられるようになってきています。10~15年前だとブラインの温度は-20°~-25°くらいでしたが、今は-30°で冷やすのが基本になっています。冷却温度を下げると凍土ができる期間が短くなり、コス

トが安くなることもあります。-45°を使う場合もありますが、使うブラインの価格が高いので特殊なところでしか使いません。

高坂：凍結で弧状ボーリングのような曲がり削孔を使うことはありますか。

小椋：チューリップ工法が20年くらい前からされてきました。実績は多くありませんが、10インチの曲がりボーリングをして、その中に凍結管を入れて凍結させます。実績としては、神戸で15年くらい前からあります。太径のφ800の曲がり管でやったのが、首都高新宿線の富ヶ谷工区です。また、首都高品川線のUターン路、いわゆるシールドトンネル間をつなぐトンネルですが、上は曲がりボーリングのパイプルーフで土圧を受けて、止水を凍結でやりました。

伊豆田：円弧状に施工すると無駄がないし、いいことだと思いますが、円弧状に管を打つため時間とお金がかかるようで、これが汎用されない理由ではないでしょうか。

小椋：曲がりボーリングのコストが高いので、大規模工事であれば影響は少ないのですが、小さな現場で使うのは難しいかもしれませんね。

伊豆田：トンネルを拡幅するのに凍結を使うアイデアはすばらしく、可能性があると思いますが、コストを考慮すると工期をどう短縮するかになるでしょう。

高坂：基本的に地盤改良は地表から地下に向かって鉛直方向に改良しますよね。TRD工法は横引

きでやるのですが、あれが開発されたときは素晴らしい技術だと思いました。今後、このような工法を使って、例えば風呂敷状に改良するといった技術が開発されてくるのでしょうか。

赤木：凍土の量を減らすということでは、一種の注入のような技術を応用して、間隙水を他の液体に置き換えておいて、そこだけ限定的に凍らせるというような技術はないのですか。凍りやすい液体を注入して、水を追いやって、その液体だけを薄く凍らせるのです。

伊豆田：昔、当社でも類似のアイデアがあって、0°以下だと水も凍って凍結膨張が始まるので、+5°とか+10°くらいで固まる物質が注入できないかと実験したことがありました。しかし、少しの実験ではそのような物質は見つかりませんでした。あれば教えてほしいと思います。

将来の技術

赤木：これからの技術というと、原発の廃炉が出てくるので、そのための地盤改良、遮断、遮水壁などを目的としたものが期待されま



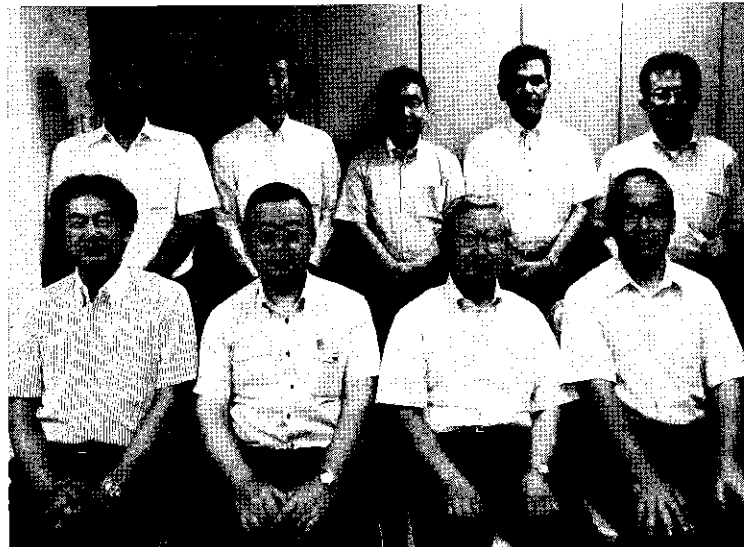
小椋 浩 氏

す。本体に使わなくても地震対策は大事で、L2地震対応だと薬液注入だけでは強度的にもたないことが多いので、高強度化はセメント系でないと無理な状況です。この前の地盤工学会の報告でも超微粒子セメントなどで強度が出せるものを考えるという方向性がでています。確かにそうだろうという気がします。ただ、セメント系は水溶液ではなく懸濁液なので、注入すると思わぬことになる場合もあります。地盤と関係した問題では、例えば福島のリフトダウンした燃料デブリを取りに行かないといけないので、トンネルを掘って取りに行くかという話もあります。昔、『サンダーバード』というテレビ番組であったのですが、炉心で溶融したデブリをガバッとくわえて、そのまま地下深くに持っていければと思います。

③ おわりに

座談会のポイントを簡単にまとめる。

① 地盤改良を組合せる場合、各工法の相性を考慮する必要がある



全体写真

② 地盤改良の事前のボーリングデータなど、地盤情報が少なくトラブルになるケースが多く、改善が必要である。

③ 設計での余裕が年々少なくなっているが、施工・品質管理は昔と変わっておらず、その乖離がトラブルにつながっている。

④ 施工中のモニタリングの発展が必要で、そのためには数値シミュレーションの活用やトモグラフィの精度向上に取り組む必要がある。

⑤ 海外展開できる可能性は高いが、具体的な展開方法などをよく考える必要がある。

⑥ 地盤改良技術の普及を考えると、最低限の技術の標準化を進める必要がある。

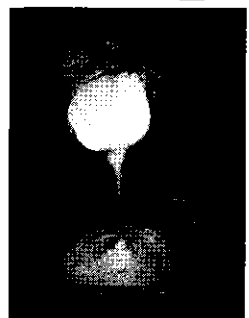
本講座が読者や都市トンネルに携わられている技術者のみなさんのお役に立ち、今後、ますます都市トンネルの建設の安全性や品質の向上に寄与できれば幸いです。最後に、本講座を進めるにあたりご協力いただいたみなさんに感謝いたします。

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

工法・技術・製品ニュース

技術 気泡シールドで排出される掘削土の仮置き期間を不要に



(上)環境 8 号外観、(下)環境 8 号発泡状況

(株)フジタ広報室
Tel 03-3402-1911
URL <http://www.fujita.co.jp/>

フジタは、気泡シールド工法に用いる起泡剤として、掘削土の自然消泡性に優れ、環境にやさしい「環境 8 号」シリーズを開発したと発表した(新技術登録NETIS:KT-130094-A, ARIC:NO.1108)。

気泡シールド工法は、起泡材と空気で作られたシェービングクリーム状の気泡をシールド前面(切羽)に注入して、切羽を安定させながら掘進する工法。

近年、同工法の掘削土を処理するさいの課題として、掘削土を中間処理場で洗浄処理する場合、消泡が十分でない掘削土から泡が発生して処理設備や排水に支障をきたすことや、気泡をつくるための「特殊起泡剤」と呼ばれる材料の成分に魚毒性が強いものがあり、この成分を微生物で生分解して海洋埋立ての基準値以下とするためには、3日間程度の仮置き期間が必要となることなどが指摘されていた。

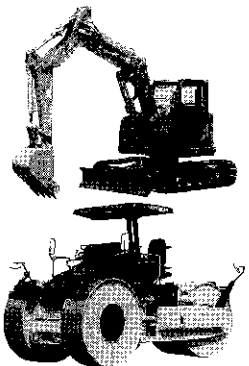
このたび、従来の特殊起泡剤から特殊起泡剤と気泡安定剤との複合体

へ変えることで、シールド掘削中は緻密な気泡で切羽の安定を図り、掘削後の排出土は自然消泡性に優れ、環境にやさしいものとするのが可能となった。

使用例の多い一般土砂用の起泡材の使用において確認された、環境面での効果としては、掘削土が大気と接したときの気泡の自然消泡性に優れるため掘削土の洗浄処理をしたあとで再生利用が図れること、魚毒性の高い成分が従来に比べて1/5に減ったため周辺環境への影響を抑制できること、起泡材配合量が少ないため製造時や運搬時の環境負荷を低減できること、排出と移動に届出が必要な化学物質であるPRTR対象物質が含まれていないこと、などが挙げられる。

また、施工面の効果としても、掘進中は従来の1/3以下の起泡材配合量でも気泡安定剤の効果で掘削土の流動性と止水性が確保でき、また、カッタービットの摩耗を推定摩耗量の80%まで低減できたとしている。

製品 日立建機からマカダムローラと小型油圧ショベル 2機種など



(上)ZX75UR-5、(下)ZC125M-5
日立建機(株)経営管理本部広報戦略室
Tel 03-3830-8065
URL <http://www.hitachi-c-m.com>

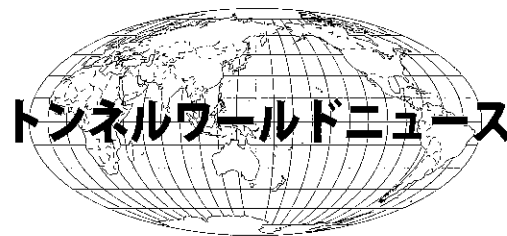
日立建機は、新型油圧ショベル ZX75US-5(標準バケット容量0.28m³、運転質量7,200kg)、ZX75UR-5(同0.28m³、8,490kg)と新型ミニショベル ZX17U-5A(同0.044m³、1,620kg)および新型マカダムローラ ZC125M-5(運転質量10,125kg)を発売した。

ZX75US-5は後方超小旋回タイプ、ZX75UR-5は超小旋回タイプの小型油圧ショベルで、オフロード法排出ガス2014年基準に適合した新型エンジンを搭載し、低燃費と高い作業性能を実現した。

ZX17U-5Aは、作業現場に移動の

さい、2t車への積込みが可能な機械質量(標準仕様装着時)で、クローラ全幅を1,000mm以内に伸縮できる機構を標準装備。狭い現場への移動や輸送時は縮めて使用し、掘削時は拡張して使用することで、高い安定性を発揮する。

ZC125M-5は、オフロード法2014年基準に適合かつ国土交通省の超低騒音型建設機械の基準値もクリアし、環境に配慮した設計。安全性・作業性・メンテナンス性を向上させ、道路工事などのさまざまな現場の転圧作業で活躍する。



トンネルワールドニュース

(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

トンネルプロジェクトで 航空探査を開始

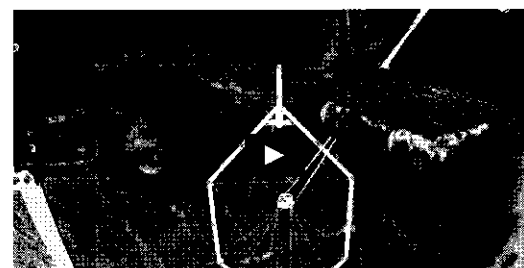
ヒマラヤのブータンで3月18日、ThimphuからWangduephodrangと結ぶ10.5kmのトンネルプロジェクトに向けて航空機による地質試験探査が実施された。この航空試験探査はプロジェクトの専門チームにとって重要な計測装置のキャリブレーションとなる。

チームヘッドのDowchu氏は地震工学と地球物理学者で、現状のトンネル起点と終点平面・縦断地質探査を従来の探査方法から今回の新しい探査方法に変更するべきだと強気である。

この“SkyTEM”というシステムはデンマークの専門技術でヘリコプターによる最新の地質探査方法を採用している。この試験探査にはノルウェー地質研究所(NGI)とブータン地質鉱山局(DGM)も加わって行われた。

Thimphu上空の試験探査ではヘリコプターに装備された大きな六角形のアンテナから電磁波を発信し、地中の異なる岩質から様々な反射波を受信する。この異なる反射波により地盤の詳細な岩種を“3D図面化”する。

この技術では地表だけではなく地下500mまで探査結果を図面化できる。またDGMは過去数年



の風速データをNGIの気象部に提供している。

ノルウェー開発庁(NAD)は航空地質探査開発の遅れにより(トンネル)プロジェクトに余分な費用追加を発生させないようSkyTEMの開発に300,000US\$の予算を与えた。DGMはこのトンネルプロジェクト向けの航空地質探査を完了し地質ボーリング探査の結果を合わせてブータン政府に報告書を提出する予定だ。

DGMはブータン(Dzongkhags)のYoese pangとWangduephodrangを結ぶトンネルの第一フェーズの現地踏査を含む地質調査と設計概要を監理遂行している。

この2車線トンネルの完成で旅程時間が30分弱改善される。

(T&T '14.5 担当:篠原慶二・前田建設工業(株))

続きみの庭にも温泉が出る

その後の温泉開発と建設の考え方

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

株式
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

海外文献
速報

(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

北米におけるレイズボラ工法について
/Raising standards in North America

By P.Hudd: WORLD TUNNELING,
July/August, 2012, pp.13-16

伝統的に、北米における硬岩の鉱山では、直径3~3.65m、深度300m程度の大口徑・大深度となるレイズボラ工法が採用されてきたが、最近、カナダにおいて、直径5.52m、深度900mのレイズボラ工法が開発された。このような大口徑のレイズボラ工法の開発は、鉱山における換気坑のみならず、アクセス坑道やトンネル分野にも拡大可能となっている。

レイズボラ工法の歴史は、1949年にリーミング技術が、1950年代末に現在の形式の先がけとなる技術が開発されたことに始まる。

第1の転換点は、1962年に開発されたRobbins 41Rで、従来工法と比較して掘削効率がよく、作業環境に優れ、なんといっても坑外で操作するために安全が確保されていた。第2の転換点は、本工法の技術革新によって、2007年にカナダのCementation Canada社の鉱山で採用された直径5.52m、深度694mのレイズボラである。現在同社が保有している機種を表-1に示す。

レイズボラ工法においてパイロット孔を正確に穿孔することは、プロジェクトの成否を握る問題であり、これは立坑構築時のみならず、供用後にも影響を与える。さらに、垂直でまっすぐな

表-1 Cementation Canada 社保有のレイズボラー

機種名	掘削径(m)	最大掘削深度(m)	最大トルク(kNm)	最大スラスト(kN)
Robbins 123R	3.1~5.5	900	540	8,923
Robbins 97R	2.4~5.0	800	447	6,845
Strata 950	3.7~6.0	1000	1061	11,500

イロット孔を穿孔することにより、リーミング時の周辺摩擦を低減できる。Cementation Canada社は欧州において、1991~1993年に開発された穿孔方向を自動修正可能なMicon社製のRVDS (Rotary Vertical Drilling System)を採用している。

RVDSは、制御装置、発電装置、計測・記録装置により構成されている(図-1)。発電装置は掘削時に使用される掘削泥水の循環によりタービンを回転させ発電し、この電気により制御装置および計測・記録装置を作動する。

計測・記録装置は穿孔軸に対する正確な現状の角度を検出し、制御装置に制御方向を伝達する。ビットの直後に配置されている制御装置は独立した4枚のスタビライザーにより構成されており、

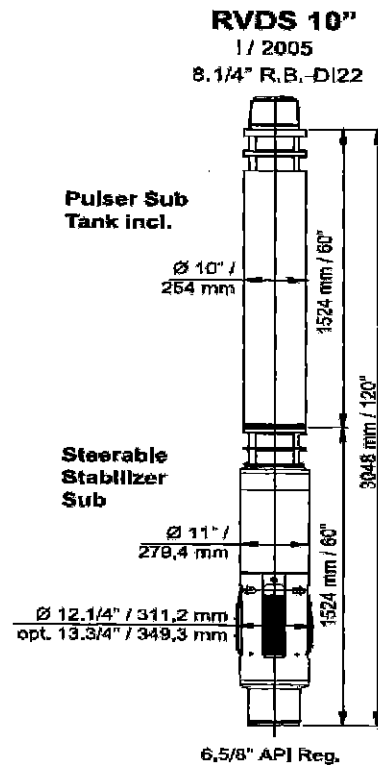


図-1 RVDSの模式図(Micon社HPより)

スタビライザーを坑壁に圧着することにより送信され、操作盤にリアルタイムで伝達される。このように、循環泥水を使用して発電するため、自己完結型の装置となっており、またRVDSは自動的に位置を制御し、位置を伝達するため、オペレーターは異常があるのかをチェックすればよい。

Cementation Canada社はRVDSを使用して深度800mに対して誤差±80mmを達成している(注:Micon社のHP実績では、785mの深度に対して0.38mとなっている)。

施工の留意点としては、大口徑となれば常に一定のずりが発生するのでずり処理について綿密に計画を作成すること、部品の消耗に対する手配を怠らない点、などが挙げられる。

(文責:野間達也・(株)フジタ)

セント-マーチン ラポルト アクセストンネル(リヨン-トリノベーストンネル)再訪/The Saint Martin La Porte access adit(Lyon-Turin Base Tunnel) revisited

By M. Bonini, G. Barla: TUNNELING and UNDERGROUND SPACE TECHNOLOGY Vol.30, July, 2012, pp. 38-54

本稿は、2006年1月~2010年12月までの5年間で蓄積されたセント-マーチン ラポルト アクセストンネル(リヨン-トリノベーストンネル)の計測データについて述べるものである。

本トンネルは、当初延長2,000mの予定で掘削開始されたが、大変形地山と遭遇し、線形の変更を余儀なくされ、最終的なトンネル延長は2,329mとなった経緯がある。

トンネルの地質は、古生代石炭紀の黒色片岩、砂岩、石炭、頁岩などからなる不均質な地山であり、区間によっては強い押し出し性を示す。最大土かぶりは約700m。

掘進1,000mを超えたあたりから地質が変化し

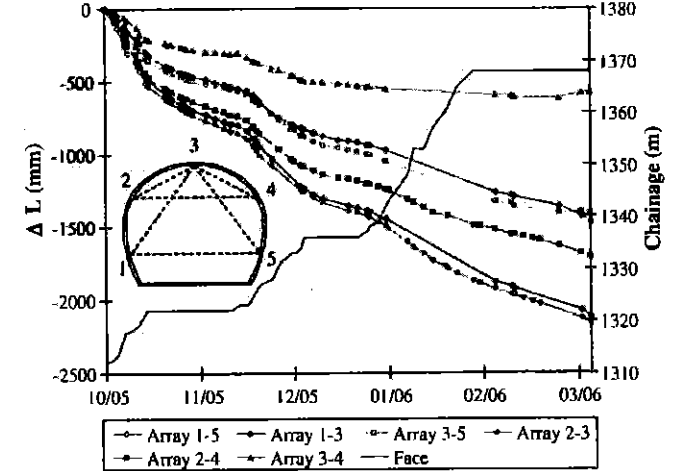


図-1 断面1311における内空変位の経時変化

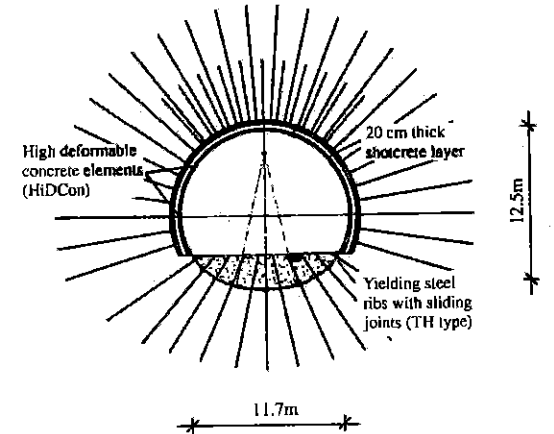


図-2 DSM支保パターン

て石炭層に遭遇し、また破碎帯の存在により切羽状況が悪化、機械掘削に切り替えた。さらに1,217mでは吹付けのひび割れ、支保工の降伏が発生したため支保パターンを変更し、パターンボルト(スウェレックスあるいは自穿孔)、変位吸収のためのスロット(ポリスチレンブロック挿入)、長期荷重対応のための二次ライニングを採用したが、それでも変位は収束せず、可縮支保工(TH)を導入した。この時点で内空変位は、図-1に示すように約2mに達した。

可縮位置や箇所数などを試行錯誤しながら大変形に追随できる支保システム(DSM)を開発した(図-2)。DSMの施工手順は以下のとおりである(図-3)。

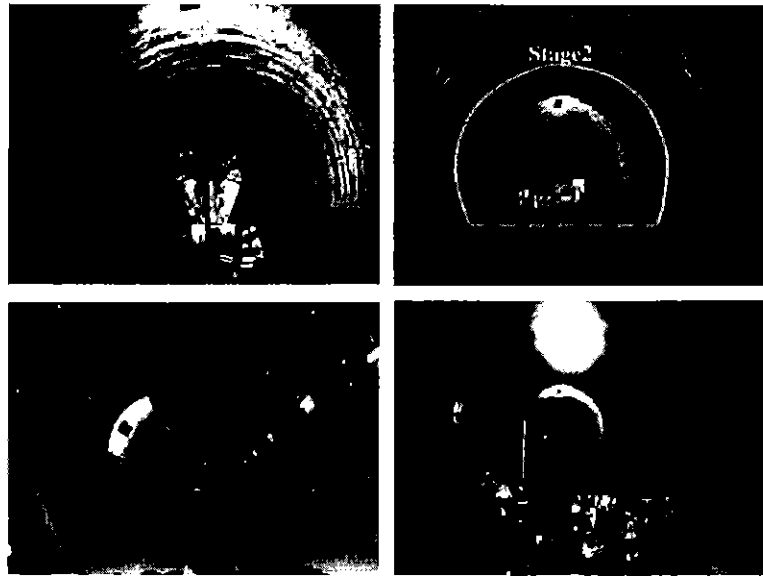


図-3 DSM支保パターン施工状況(左上写真から時計回りにStage0⇒3)

Stage 0 : 注入式FRPボルトによる切羽前方およびその周辺2~3m厚の地山の改良

Stage 1 : 上半掘削(1m), 可縮支保工建込み, 吹付けコンクリート($t=100\text{mm}$), ロック

可縮部で変位を吸収することにより支保応力の負担をコントロールしながらトンネルの安定を図れることである。

(文責：瀧尾満・東急建設(株))

クボルト($L=8\text{m}$)
※このステップで600mmまでの内空変位は許容する。

Stage 2 : 切羽から30mの距離で下半掘削, 吹付けコンクリート($t=200\text{mm}$), 可動スロットを介した可縮支保工の建込み(全周)

※このステップで+400mmまでの内空変位は許容する。

Stage 3 : 切羽から80~100m離れで最終覆工の打設。

このシステムの大きな特徴は,

一般社団法人

日本トンネル技術協会

会 報

1. 会員の現状

	11月30日現在
個人会員	851名
団体会員	202名
推薦会員	202名
特別会員	12名
名誉会員	0名
賛助会員	159名
合 計	1,426名

2. 平成26年度第3回理事会, 第2回顧問・評議員会

日 時：平成26年11月25日(火) 12:00~13:00

場 所：アーバンネット大手町ビル・レベル21

出席者：理事13名, 監事3名, 顧問2名, 評議員22名, 計40名

議 事：

①理事, 評議員の交替および特別会員の推薦

以下のとおり承認された。理事については, 平成27年度総会に諮る予定である。また, 本会の運営に多大な貢献が期待される岡本博氏, 野崎誠貴氏には特別会員に推挙したい旨説明があり, 承認された。

(理 事)

旧	新	所 属 役 職
宮林 秀次	齋藤 浩司	(独)鉄道・運輸機構副理事長
南部 隆秋	岡本 博	阪神高速道路(株)取締役兼常務執行役員
遠藤 正宏	野崎 誠貴	東京都交通局建設工務部長

(評議員)

旧	新	所 属 役 職
岸本 良孝	金崎 智樹	本州四国連絡高速道路(株)取締役常務執行役員
渡辺志津男	坂根 良平	東京都下水道局計画調整部長

②平成27年度定時総会開催日

平成27年度定時総会は, 平成27年6月5日開催に向け調整を進めることとした。

3. 委員会の開催状況(11月1日~30日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

・総務委員会(11/14)

小島治雄委員長ほか6名, 理事会資料を検討

・広報小委員会

会誌WG(11/5)

大島洋志主査ほか11名, 12月号の会誌と3か月計画を検討

◎事業委員会(11/12)

桑原彌介委員長ほか14名, 催物開催結果および開催計画を検討

◎設立40周年記念事業実行委員会

映像記念誌WG記念誌サブWG(11/4)

安井啓祐主査ほか9名, 原稿を検討

催物企画WG(11/13)

中間祥二主査ほか5名, 座談会の進め方を検討

作品展示WG展示サブWG(11/19)

早川淳一主査ほか6名, 展示品レイアウトを検討

映像記念誌WG映像ライブラリーサブWG(11/20)

富澤直樹主査ほか5名, 原稿を検討

設立40周年記念事業実行幹事会(11/26)

久多羅木吉治幹事長ほか8名, 活動状況を確認

◎国際委員会

・海外文献小委員会

海外ニュースWG(11/25)

清水健志主査ほか7名, 海外文献を査読

計 9回開催 80名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

・都市部近接施工ガイドライン編集小委員会

本文編集WG(11/6)

西田与志雄主査ほか8名, 原稿を検討

文献調査WG(11/11)

滝本邦彦主査ほか8名, 収集データまとめと内容を確認

本文編集WG(11/18)

西田与志雄主査ほか9名, 原稿を検討

幹事会(11/28)

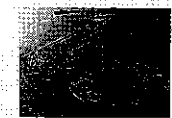
五十嵐俊夫主査ほか9名, 編集進捗状況の確認と

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)

著者：石井康夫



土木工学社

建設工事の
保安地質学

(改訂版)

理学博士 石井康夫 著

A5判 上製本 475頁 本体価格6,300円 円350円

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

株式
会社 土木工学社

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

未完原稿の作成方針を検討

◎都市トンネル小委員会

シールド変遷史編集WG第1サブWG(11/11)

河越勝主査ほか6名, 原稿を検討

シールド変遷史編集WG第2サブWG(11/27)

名倉浩主査ほか6名, 作業方針を検討

シールド変遷史編集WG第3サブWG(11/28)

守屋洋一主査ほか6名, 作業方針を検討

・安全環境小委員会(11/13)

豊澤康雄委員長ほか14名, 標語募集結果を検討

◎受託研究特別委員会

・小田急下北沢地区線増立事業技術委員会(11/10)

小山幸則委員長ほか23名, 現地視察とシールド・

開削部技術を検討

・八甲田トンネル技術委員会(11/10)

福士憲一委員長ほか20名, 土捨て場管理方法の検討

・北海道新幹線, 函館北斗-札幌間トンネル施工技術委員会(11/13, 14)

三上隆委員長ほか54名, トンネル施工法の検討

計 11回開催 174名出席

合計 20回開催 254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41回ITA総会およびコンgres 「Promoting Tunnelling in See Region」	2015. 5. 22~28	ドヴロヴニク (クロアチア)	Croatian Tunnelling Association ITA(国際トンネル協会) http://wtc15.com/
第42回ITA総会およびコンgres 「Uniting the Industry」	2016. 4. 22~28	サンフランシスコ (アメリカ)	Underground Construction Association of SME ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc.2016.us
第43回ITA総会およびコンgres 「Surface problems - Underground solutions」	2017. 6. 9~16	ベルゲン (ノルウェー)	Norwegian Tunnelling Society ITA(国際トンネル協会)

* 会議に関する詳細は事務局(担当: 関)までお問い合わせください。

TEL: 03-3524-1755 FAX: 03-5148-3655

5. 平成26年度催物開催現況

(平成26年11月現在)

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(現場研修会) 東北地区道路トンネル工事現場研修会 —国道108号花洲山2号トンネル—	2014. 6.27	18	宮城	2.0
中部横断自動車道トンネル工事現場研修会 —八之尻トンネル, 宮狩トンネル—	2014. 7.24	32	山梨	2.8
北海道道路トンネル工事現場研修会 —北海道横断自動車道第二天神トンネル・天狗山トンネル, 国道 5号忍路トンネル—	2014. 8.28	23	北海道	3.8
近畿地区道路トンネル工事現場研修会 —名塩道路・八幡トンネル—	2014. 9.12	20	兵庫	2.0
有楽町線小竹向原・千川間連絡線工事現場研修会 九州新幹線(西九州)トンネル現場研修会	2014. 9.29 2014.11.28	21 16	東京 長崎	2.0 3.5
—第一本明トンネル, 新長崎トンネル(東)— 東北地区道路トンネル見学会 —名八木沢トンネル—	2014.12.17	25	福島	2.0
(施工体験発表会) 第74回(山岳)「課題克服に取り組んだトンネル工事—新技術, 創 意工夫, 周辺環境への配慮—	2014. 6.24	172	東京	6.3
第75回(都市)「創意工夫・新技術によるトンネル・地下構造物工 事—新設および改良・再構築の施工事例—	2014. 6.25	114	東京	5.5
(講演・講習会) 第16回ステップアップ研修会(シールド)	2014.10. 1~2	34	東京	15.5
第17回ステップアップ研修会(山岳)	2014.11. 6~7	25	東京	9.8
「トンネル技術者のための地相入門」講習会 (記念事業)	2015. 3. 6	40	東京	
トンネル保守管理特別講演会	2014.10.29	143	東京	3.7

催物の案内は逐次協会のホームページに掲載いたしますのでご覧ください。 http://www.japan-tunnel.org/event_japan

「トンネル技術者のための地相入門」講習会の開催(予告)

土木工学社発刊の『トンネル技術者のための地相入門』を参考図書とする若手技術者を対象とした講習会を予定しています。地形判読技術の習得に役立つものと考えています。詳細が決まりましたら, 協会ホームページなどに掲載しますので, 多数ご参加くださいますようお願いいたします。

—記—

開催日: 平成27年3月6日(金)

講習内容: 主に図書執筆からなる講師陣による以下の講習を予定しています。

- (1) 地形・地質情報の基礎的判読技術の習得
- (2) 主な地形種ごとの特徴と事例解説による地形・地質情報の利用技術の習得
- (3) 計画路線周辺の地形・地質情報の利用技術の習得(地形図判読実習を含む)

定員: 40名

その他: プログラム(1日コース), 会場(都内), 参加費については検討中。

2月号予告[2月1日発売予定]

- FRP製トンネル内巻き工によるRC覆工の劣化対策
- 国道289号 八十里越7号トンネル
- 西武新宿線 中井～野方駅間連続立体交差事業
- 東京下水道 立会川幹線雨水放流管
- 横浜市水道局 新磯子幹線
- 【連載講座】
- 山岳トンネル覆工の長寿命化技術(1)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

あけましておめでとうございます。

本年もよろしくお願いたします。

◆新国立競技場の改築事業進捗が芳しくありません。一般には2020年のオリンピック会場として理解されていますが、2019年開催のラグビーW杯のメイン会場の役割も担います。ラグビーW杯では、開幕試合と決勝戦を6万人以上収容するスタジアムで開催することを義務づけています。現在、日本でこの基準をみたすスタジアムは、横浜国際・埼玉の2つですが、ともにラグビー用に改装することが難しいらしく、いまのところ新国立競技場だけが頼りのようです。

さて、東京では、新国立を含め、五輪に向けた大改造が進められているようです。トンネル界隈として気になるのは、やはり、田町～品川駅間の山手線新駅に関する事業でしょう。これは品川車両基地の跡地を利用した国際交流拠点整備にともなうものですが、この車両基地は、下に、東京でもっとも「低くて長くて狭いガード」(高輪橋架道橋)があることで知られています。高さが1.7m前後、延長が200mを越えるこの地下空間では、歩行者は身を屈め、自転車は極度な前傾姿勢を取り、タクシーはその提灯を擦らぬよう、通過してゆきます。将来的に、機能補償はされるにせよ、今の形で生き残ることはないでしょう。現実的には不便きまりないインフラとしかいいようがありませんが、いくばくか名残を惜しさも感じます。

(K.K.)

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

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

トンネルと地下

第46巻 第1号 [通巻533号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成26年12月20日 印刷

平成27年1月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会
会長 佐藤 信彦

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL: 03-3524-1755

FAX: 03-5148-3655

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は本社「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、本社(03-3267-2888)までご連絡ください。

トンネル二次覆工型枠総合メーカー

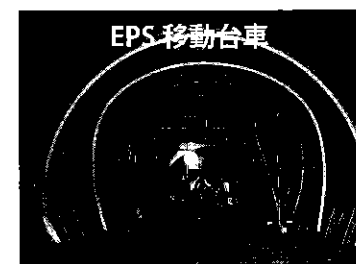
スライダ打設システム
特許 第4083308号
NETIS登録 KT120099-A

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

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

型枠ハイブリッド
集約制御システム DKV-20
NETIS登録 KK-130066-A

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム



EPSパネルの保温性、保湿性が効く

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

平成25年12月1日 現在

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

一步前進! ~限りない未来への挑戦~

大栄工機株式会社

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

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

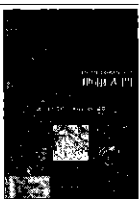
営業品目 各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売 ※詳しくはホームページを御覧ください

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

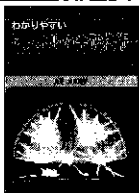
地山の力学状態を表す理論式から導かれる地山挙動の特徴を図表などを用いて手際よく説明した。トンネル掘削における工学的な理解を深化させる一冊。



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・石橋橋利・金成英夫 監修
8,500 円+税 B5 判

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



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500 円+税 B5 判

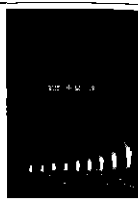
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた。



セグメントの新技术

小泉 淳 監修
2,000 円+税 B5 判

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



続 きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著
1,200 円+税 新書判

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



建設工事の保安地質学 (改訂版)

石井康夫 著
6,000 円+税 A5 判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757 円+税 B5 判

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



地下水の科学 I ~ III (全 3 巻)

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

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



第 I 巻 地下水の物理と化学
4,078 円+税 B5 判

第 II 巻 地下水環境学
4,272 円+税 B5 判

第 III 巻 地下水と地質
3,689 円+税 B5 判

シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660 円+税 B5 判

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



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・斎藤正忠・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

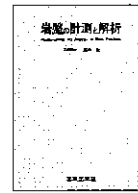
トンネル工事の際の労働衛生と環境保全の検討に有用な項目について、医学分野の知見から職業性疾患や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200 円+税 A5 判

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



わかりやすいトンネル技術入門 (都市トンネル編)

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800 円+税 A5 判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400 円+税 A5 判

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



トンネルと地下

1,500 円+税 B5 判 月刊(毎月 1 日発売)

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



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

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

株式会社 土木工学社

各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー

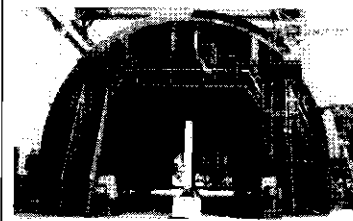


東和機電工業株式会社 かいた 穎田工場

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

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

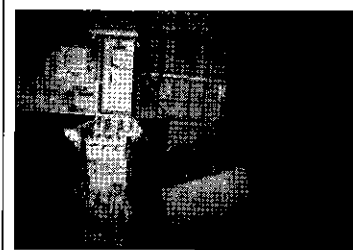
高流動コンクリート対応型
 全断面ステンレスフォーム



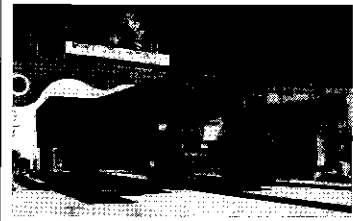
ワークステーション架台



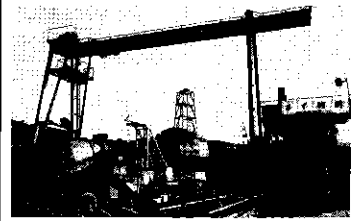
全輪タイヤ式インバート棧橋



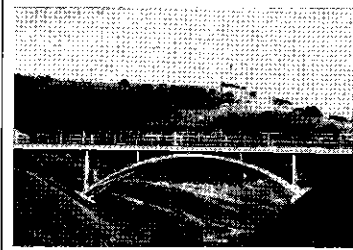
勾配対応全輪駆動式
 トンネル床版撤去架台



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
ハイパーエクパン
 NETIS登録番号 QS-020033-V

コンクリート収縮抑制

補強効果によるひび割れ幅低減

養生効果

硬化後塗布・塗布型高性能収縮低減剤
クラックセイバー
 NETIS登録番号 SK-080001-V

様々な現場で力を発揮する 注入材、裏込材 “最適な選択をご提供”

注入材

- 超微粒子注入材 **太平洋アロフィクスMC**
- 凍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**



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