

トンネルと地下 **1**

vol. 48
no. 1
2017

Tunnels and Underground

外径14.46mの泥土圧シールドによる岩盤掘削
都心ならではの困難な課題を克服し皇居内濠の水質改善と浸水対策を実現
大阪梅田ヤード跡地におけるJR線地下化の計画と設計・施工
フライアッシュを用いた高充填コンクリートで覆工の品質向上を目指す
欧州TBMトンネル見学記

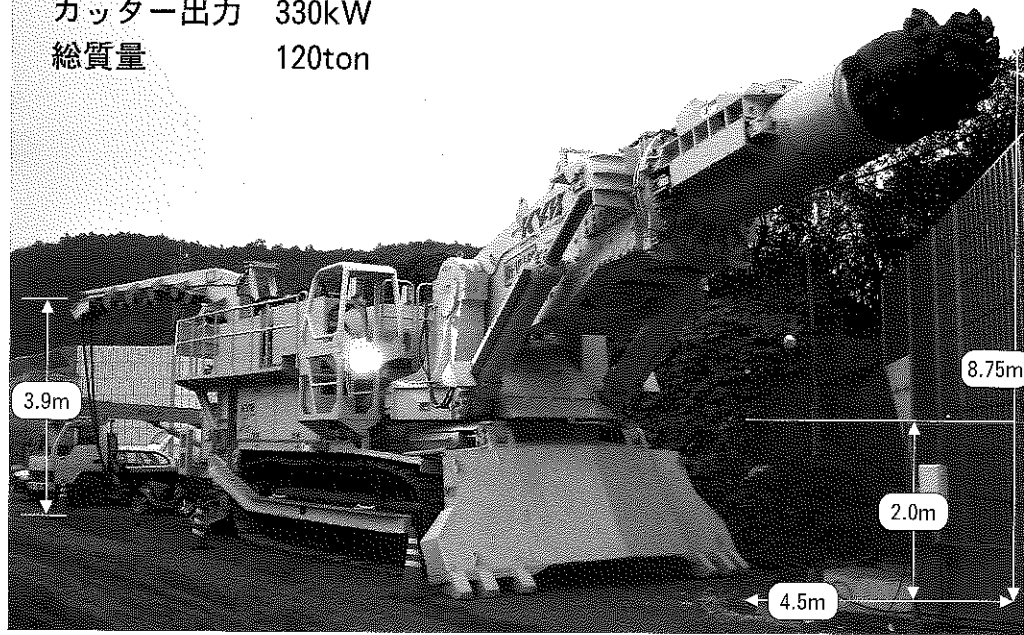
日本トンネル技術協会誌



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18.3m(ケーブルハンガーを除く)
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅4.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL 03-5733-9444
 カスタマーサービス 〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号 TEL 042-767-2586
 相模事業所 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番地20号TEK第二ビル TEL 06-6387-3371
 大阪支店 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル TEL 092-411-4998
 福岡支店 〒514-0396 三重県津市雲出長常町1129番地11 TEL 059-234-4111
 三重工場

吸引ダクトが無くても全ての断面、全ての延長に対応

たった37kWで2,750m³/min イーダスコ270使用時

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-VE

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO

イーダスコ240/イーダスコ270
ファン動力30kW ファン動力37kW

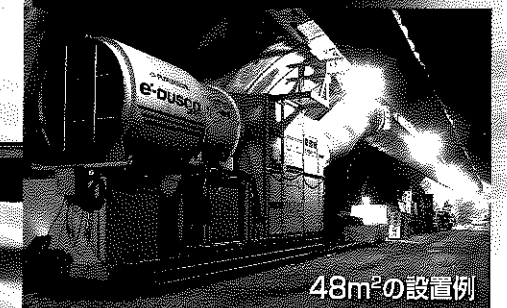
経済産業省後援
第39回優秀環境装置
日本産業機械工業会 会長賞

全てのトンネルに適用可能!

- クラス最高の集じん効率95%^{※4}
- 有害な微細粉じんも逃さない電気式
- 現場メンテナンスは手間いらず
- 大風量と省エネを同時に実現



吸引捕集方式にも対応



希釈封じ込め方式での計算例

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

品名	e-DUSCO240	e-DUSCO270
型式	FTE2400/FTE2400-E	FTE2700-E
集じん装置の容量	1800・2100・2400m ³ /min 任意設定の4モード	1800・2100・2700m ³ /min 任意設定の4モード ^{※5}
全長 ^{※1}	7411mm (サイレンサー含む)	
全幅	2350mm	
全高 ^{※2}	3700mm	
本体重量	10t	11t
電源仕様	3相3線400V58kVA	3相3線400V107kVA
ファン動力	30kW	37kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意 (伸縮風管接続時と同じ)	23kW・28kW・40kW・任意 (伸縮風管接続時と同じ)
洗浄水 ^{※3}	2.4~3.2m ³ /回	
捕集ダスト処理	湿式	
集じん効率 ^{※4}	95%以上	
吸引捕集方式	対応可	

注) 伸縮風管システムは本体には含まれません。

※1 入口ダクト及び絞りダクトは含まれません。 ※2 台車および揚重用治具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第三者計量機関により測定した値です。 ※5 任意設定にて最大2,750m³/minまで可能です。

古河機械金属グループ 古河産機システムズ株式会社

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 小川橋本工場 ☎0285-23-8662

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

高耐食性めっき「ZAM」鋼管を採用した膨張型摩擦式ロックボルト

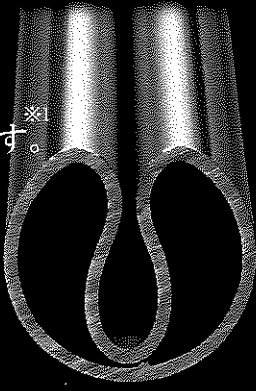
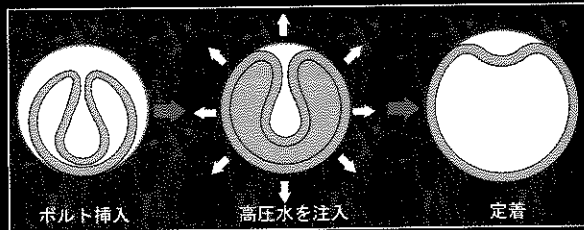
RPE ROCKBOLT

RUST PROOFING EXPANSIVE

RPE ロックボルト

「鋼管膨張型摩擦式ロックボルトの進化形」

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



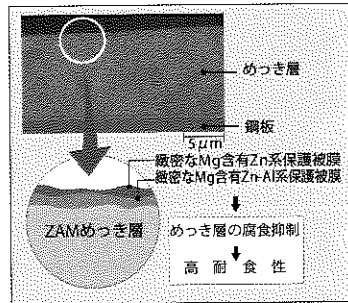
※1 地山条件によってめっき層の寿命は大きく変動します。

①「RPE ロックボルト」の特徴

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

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

◎ZAMの耐食機構



②「RPE ロックボルト」の仕様

■ RPE ロックボルトの種類

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

※標準長さの()内は、受注生産になります。



(RPE ロックボルト施工状況)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

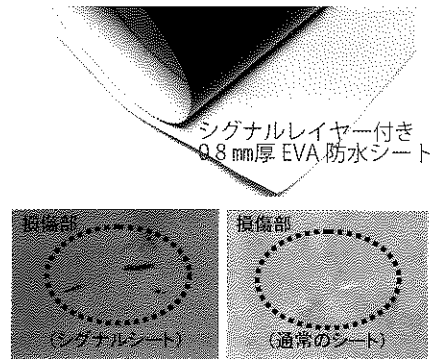
東京土木営業部: 東京都港区芝公園2丁目4番1号 TEL 03-6402-8251
大阪土木営業部: 大阪市北区西天満3丁目2-17 TEL 06-6363-1884
技術部: 東京都港区芝公園2丁目4番1号 TEL 03-6402-8256

損傷を目視で確認できる防水シート

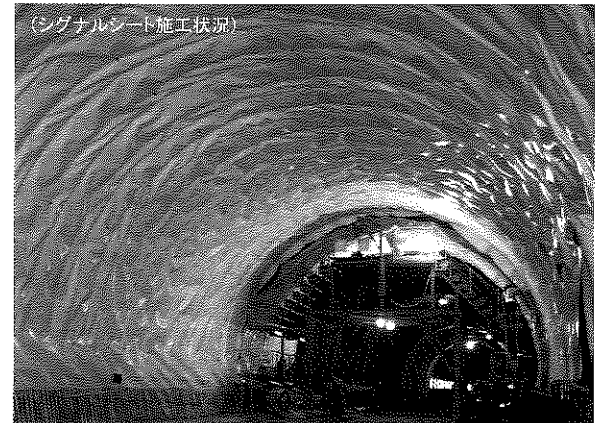
シグナルシート

NETIS 登録番号
KK-100083-A

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



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

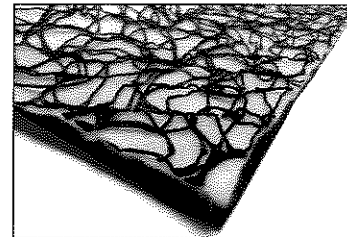


「立体網状体」による高排水機能

立体網状体付き長繊維不織布

「立体網状体」の効果により、抜群の排水性能を発揮します。

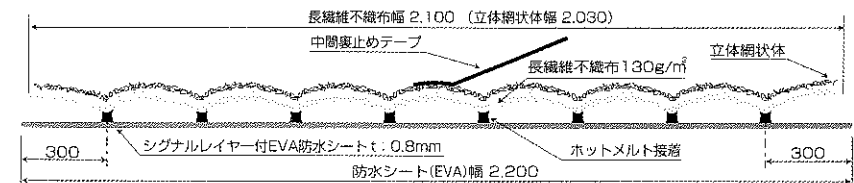
「立体網状体付き長繊維不織布」は通常の厚さ3mmの不織布に比較して約40倍の排水性能を有します。



排水能力比較結果 (試験方法 ISO12958 準拠)

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

■「シグナルシート」と「立体網状体長繊維不織布」の組み合わせ



KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

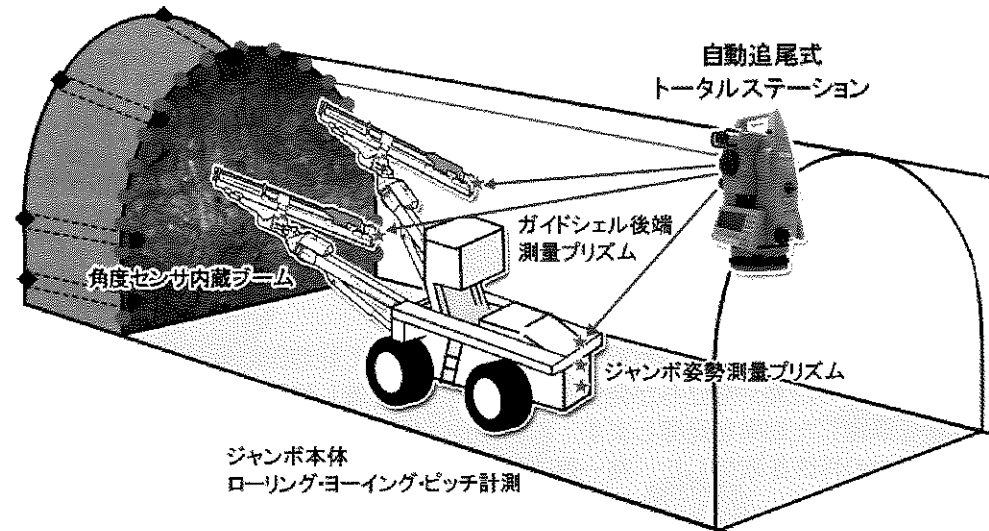
東京土木営業部: 東京都港区芝公園2丁目4番1号 TEL 03-6402-8251
大阪土木営業部: 大阪市北区西天満3丁目2-17 TEL 06-6363-1884
技術部: 東京都港区芝公園2丁目4番1号 TEL 03-6402-8256

NETIS登録番号:KK-100049-A

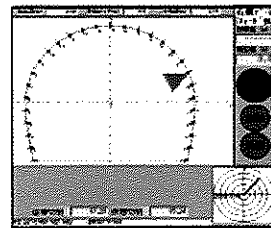
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社

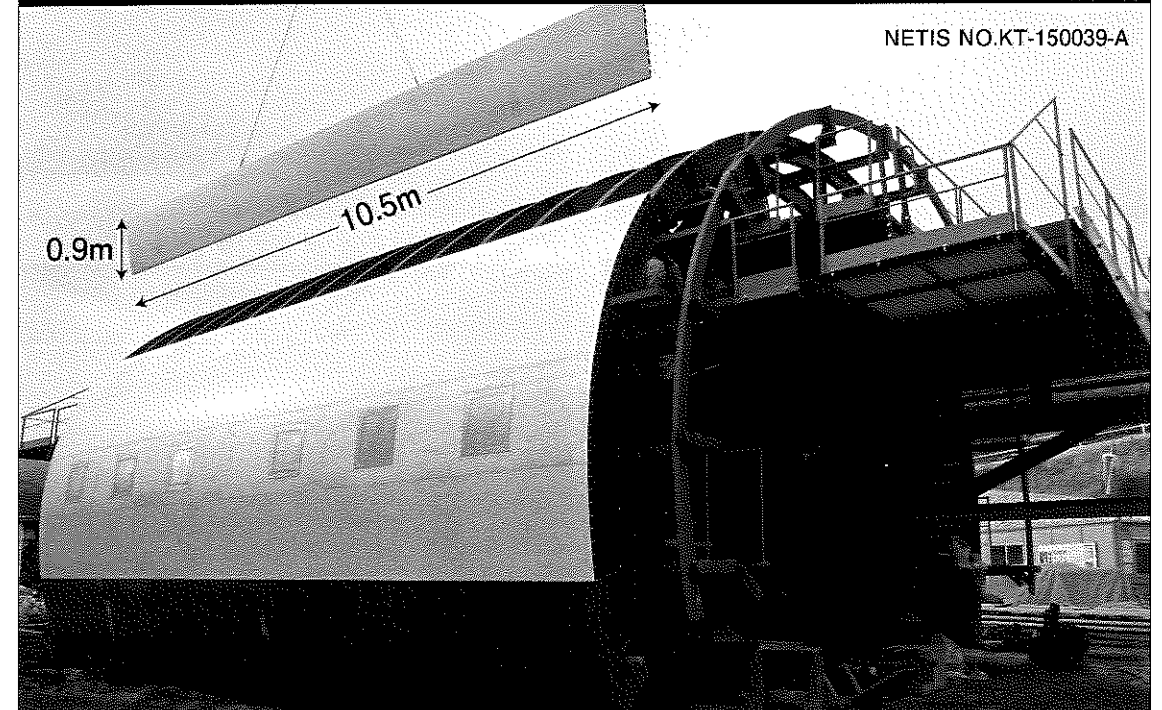
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

NEW

トンネル覆工初期養生FRP工法 ~ハイブリッドフォーム誕生~

NETIS NO.KT-150039-A



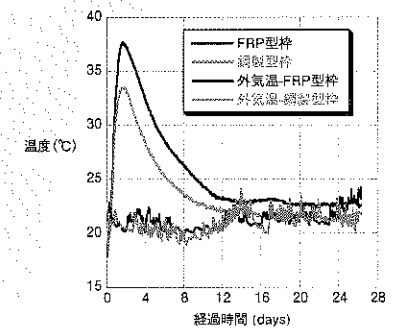
■透気試験実施



覆工コンクリートの表層部分の透気係数を測定することにより、コンクリートの中性化速度係数が30%~50%程度低下し耐久性が大幅に向上

■覆工コンクリート温度の経時変化

[宮崎大学との共同研究により、鹿児島 古江トンネル南にて測定]



◎3~4°Cの保温効果により、コンクリート強度が15~20%向上

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

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

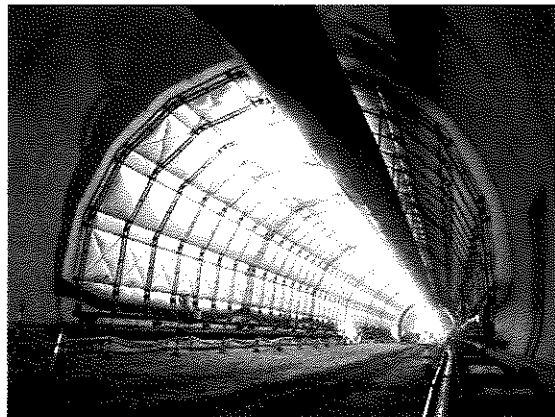
バルーンの東宏です



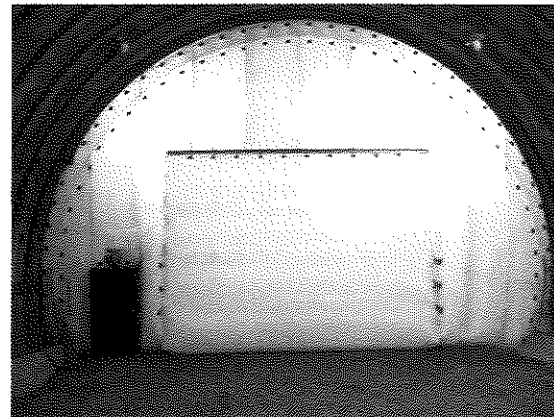
セントル養生バルーン(HR-04005VE)



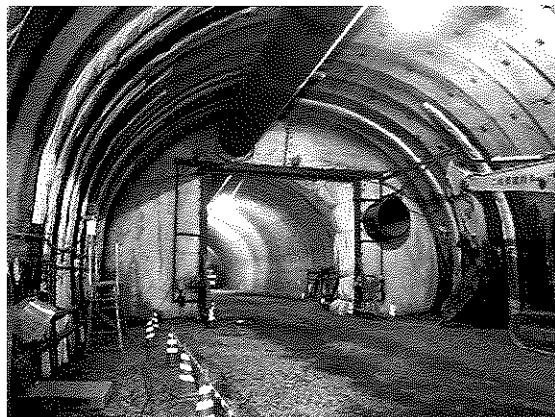
コンクリート養生バルーン(HR-04005VE)



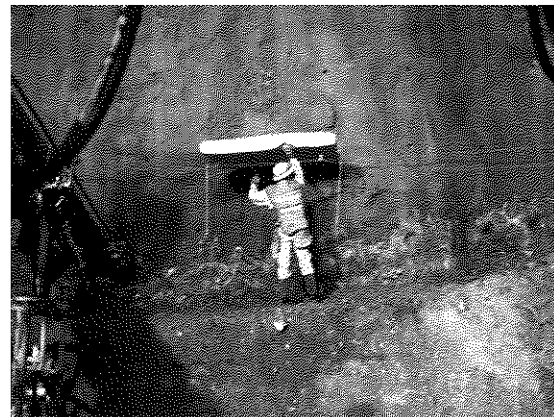
アクアカーテン(HR-110011VE)



隔壁バルーン(HK-100007VR)



トラベルクリーンカーテン(HK-120040A)



肌落防護マット

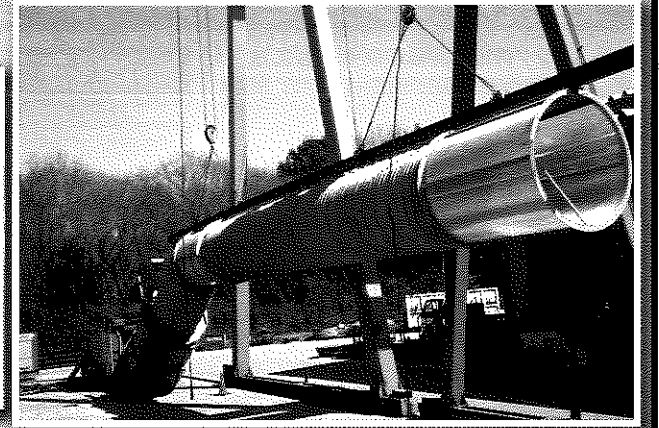
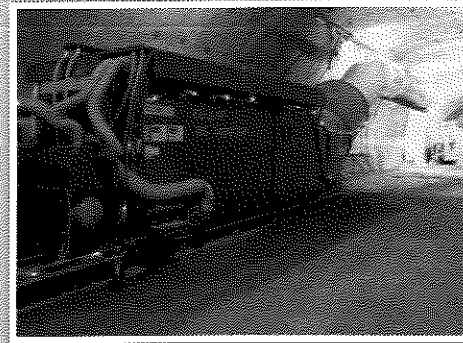
《取扱い製品》 積算温度管理システム、モイスタータックプチ、トラミッキーカバー、ベルコン昇降装置
キュアマイスター、モイストキュア、支保エスクレツパ、セントル、シート台車、棧橋、他

TOUKOU 株式会社 **東 宏**

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

東京支店 江戸川区平井2丁目5番2号 平井ビル3F
TEL03-3683-8011 FAX03-3683-8028

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

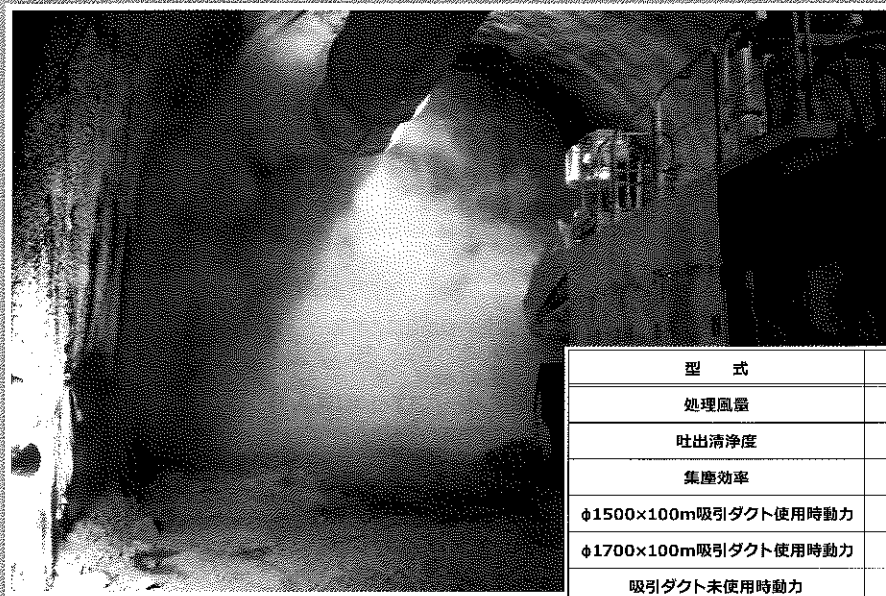


動力60%低減実現! (当社従来比)

吸引捕集換気システム 新登場

RE-2400QDP

「コンパクト&低動力&高浄度」を一度に実現した孤高のスペック



型 式	RE-2400QDP
処理風量	2,400m ³ /min
吐出浄度	0.1mg/m ³ 以下
集塵効率	99%以上
φ1500×100m吸引ダクト使用時動力	440V・83kW
φ1700×100m吸引ダクト使用時動力	440V・64kW
吸引ダクト未使用時動力	440V・58kW
寸法 (L×W×H)	2,869×12,963×3,387(mm)
重量	12,600kg

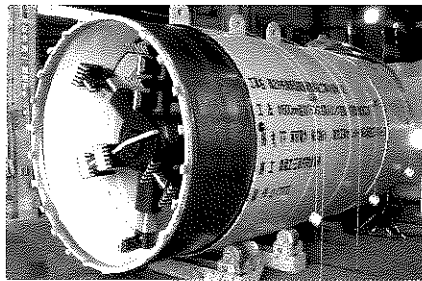
最適環境を創造する
株式会社 **流機** エンジニアリング

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



超流バランスセミシールド工法 超流セミシールド協会

貫入リング押し回転切削型接合法



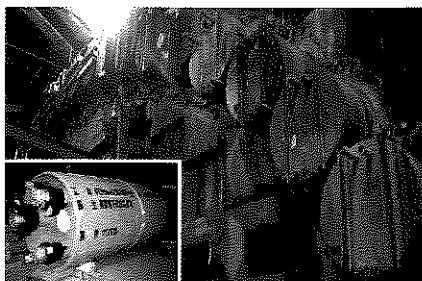
φ1500mm 貫入リング回転切削型掘進機(接合切削時)

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

貫入リング回転切削型接合法の特徴

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

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法



φ1016mm鋼管対応リターン回収機能付掘進機

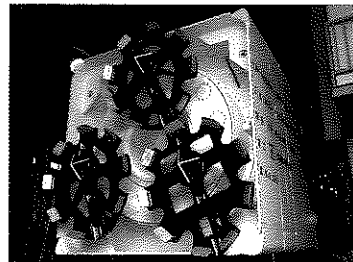
- ① 地下水位以下の施工が可能
- ② 高水圧対応
- ③ 長距離・曲線施工
- ④ 到達立坑不要

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法の特徴

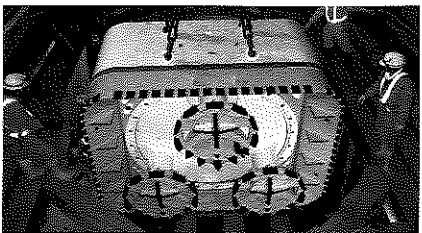
- JIS鋼管φ812~φ1216に対応可能(角鋼管も対応可能)
- 密閉型掘進機のため、高水圧下においても施工可能
- 長距離・急曲線推進が可能
- 軟弱層~粘性土層~硬質土層に対応可能
- 到達回収立坑がない場合でも、迅速な引き戻し回収が可能

ボックス推進工法 ボックス推進工法協会 NETIS QS-100019-A

多軸自転・公転掘進機(内空寸法□3000×3000)



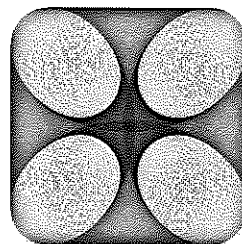
多軸自転・公転掘進機(内空寸法□2800×1800)



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

ボックス推進工法の活用例

- 電力管路や通信管路の構築
- 開かずの踏切の解決策として、軌道下の人造通路の構築
- 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管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管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。

コンクリートの劣化、欠陥箇所の改修、補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法

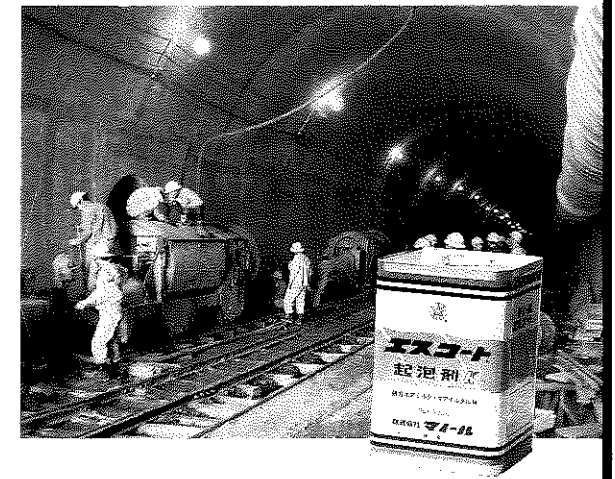
〈工期短縮, 即日仕上り〉

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

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

エアモルタル裏込め注入……

エスコート
L&K 起泡剤



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

◆ 土木資材の総合プランナー ◆



株式会社 マイル

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

急結性・高性能裏込注入材 セットフォーム工法

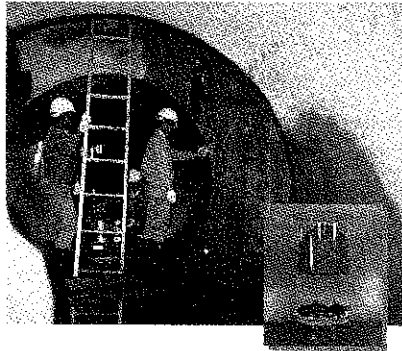
NETIS CB-040060-V



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

漏水を瞬時にストップ! SF-A工法

長期耐久性に優れた無溶剤
タイプのウレタン系止水材



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

ケミカルフォーム協会会員

旭ケミテック株式会社	〒150-0002	東京都渋谷区1-9-8	TEL 03-3486-5471
アルス株式会社	〒950-0944	新潟県新潟市中央区愛宕1-4-25	TEL 025-280-0337
株式会社内田工業	〒332-0032	埼玉県川口市中青木2-12-2	TEL 048-257-0848
エコシビックエンジニアリング株式会社	〒135-0047	東京都江東区富岡1-12-4みつきビル	TEL 03-3643-7241
エスイーリベア株式会社	〒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	〒462-0846	愛知県名古屋市西区浮野町91番	TEL 052-508-6927
四国リニューアル株式会社	〒780-8027	高知県高知市高見町325-6	TEL 088-832-3320
株式会社シーテクノ	〒371-0017	群馬県前橋市口吉町3-22-3	TEL 027-235-5498
ショーレジン株式会社	〒104-0032	東京都中央区八丁堀3-14-4直平ビル	TEL 03-3551-8391
株式会社総合開発	〒768-0065	香川県観音寺市瀬戸町2-14-16	TEL 0875-25-4162
日本総合防水株式会社	〒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	〒921-8005	石川県金沢市間明2-70	TEL 076-229-7260
林建設工業株式会社	〒998-0023	山形県酒田市幸町1-6-6	TEL 0234-23-3322
北陸エースコン株式会社	〒920-1303	石川県金沢市辰巳町口21番地	TEL 076-229-0050
北海道エースコン株式会社	〒062-0935	北海道札幌市豊平区平岸5条9-6-24	TEL 011-813-1818
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
株式会社マイティ	〒003-0822	北海道札幌市白石区菊水元町2条4-4-10	TEL 011-875-7030
株式会社マシノ	〒733-0822	広島県広島市西区庚午中1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒062-0902	北海道札幌市豊平区豊平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	大阪府大阪市北区本庄東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>

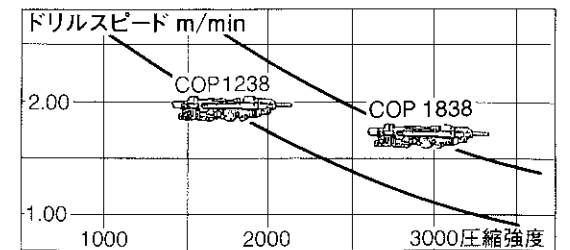
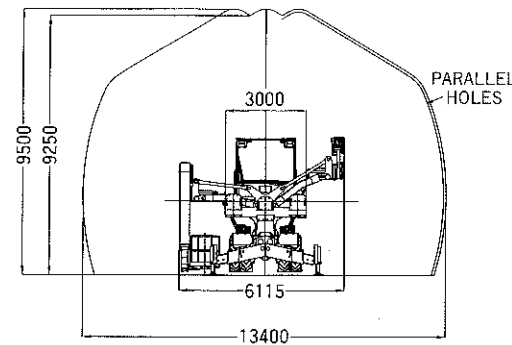
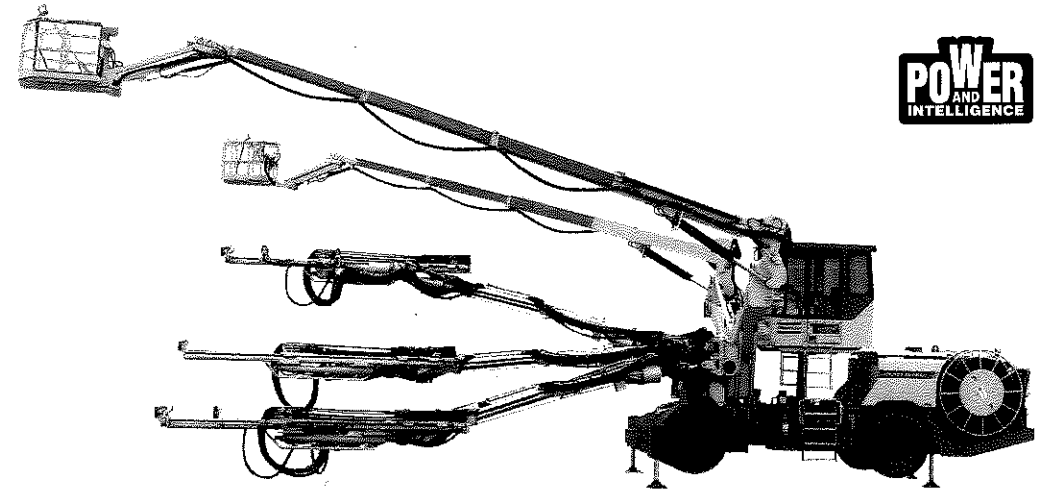
製造元 日清紡ケミカル株式会社 断熱事業部
〒289-2505 千葉県旭市鎌数9163-13 TEL 0479-60-3555

アトラスコブコ・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



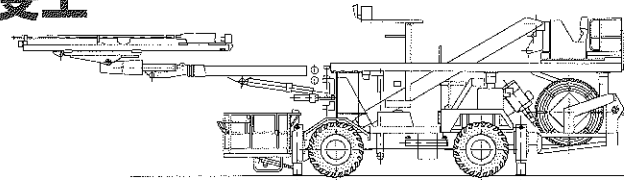
ドリルマシン株式会社 DRILL MACHINE CO., LTD.

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

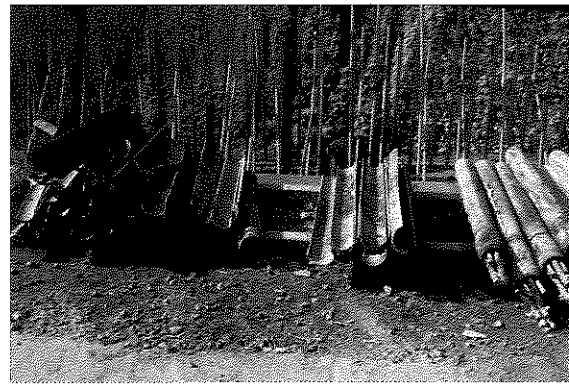
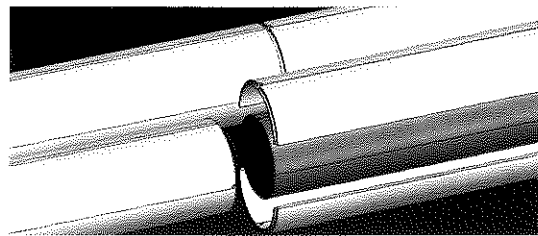
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



AGF-Me工法

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

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



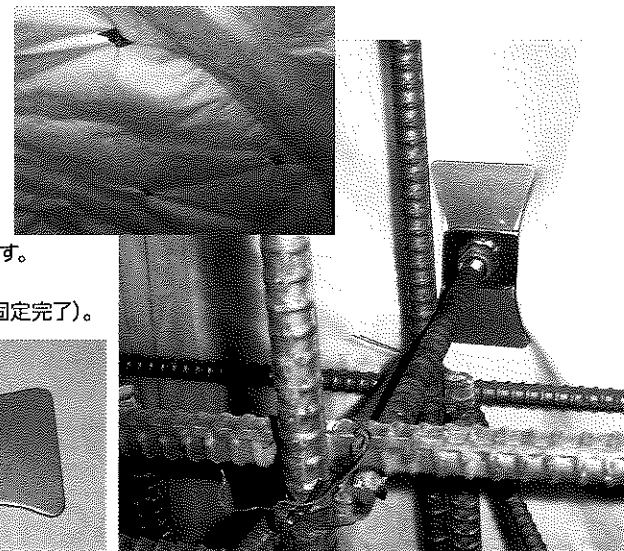
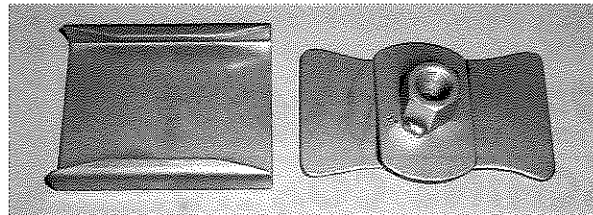
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグripper

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社
TOHO KINZOKU Co., LTD

営業部

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

株式会社 トーキョーオール

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

最新型・電気集じん機

エコクリーン X

NETIS登録番号:KT-040047-A

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

極板放電方式
放電線をなくし消耗品の削減と断線トラブルの撲滅

少ない消費電力
同クラスのフィルター方式集じん機に比べおおよそ1/4

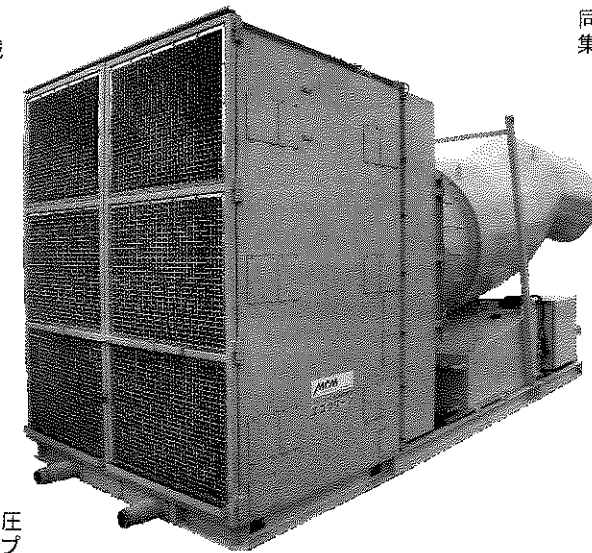
処理風量
750m³/minから3000m³/minまで製作実績あり

コンパクト
同クラス集じん機の中で最小

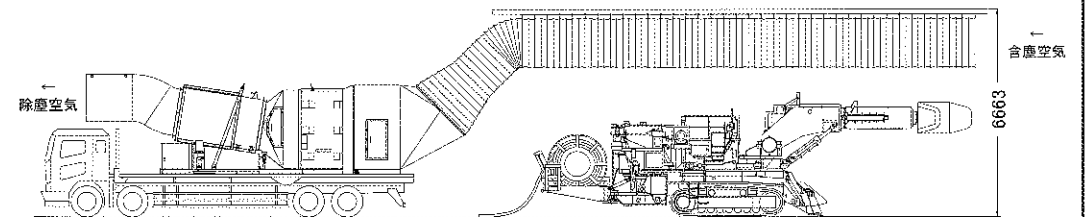
貯水タンク
自動洗浄が随時可能

高圧電源分割
集じんユニット毎の個別電圧印加により集じん効率アップ

オプション
自走クローラ台車
自走ホイール台車
伸縮風管...etc.



伸縮風管(軽量型φ1500,φ1600製作実績あり)



伸縮風管接続例

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

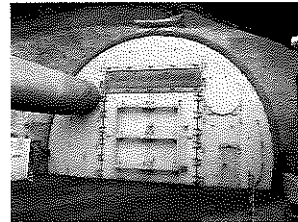
MCM
株式会社 エムシーエム

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～

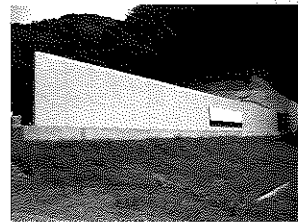


【防音壁】

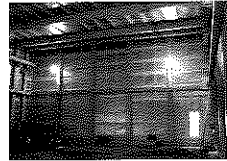
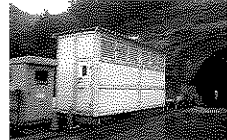
HFS型 マークII
HFS型 マークII 10s
HFS型 マークII 10c
HFS型 マークII 15c



防音壁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】



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)



『防音壁マーク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

『防音壁マーク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

『防音壁マーク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

『防音壁マーク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

『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

『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

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61円)

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

申込方法

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

http://www.lisweb.co.jp/micro-tunnelling/ 月刊推進技術

検索



月刊推進技術 編集室

http://www.lisweb.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@lisweb.co.jp

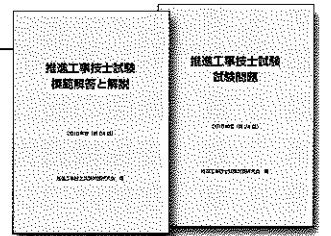
推進工事技士試験 過去6年間(2010~2015年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

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

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



2015年度版発売中!!

1. 内容と特長

- 過去6年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は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「ご依頼人」欄に発送先の郵便番号、住所、会社(団体)名、氏名、電話番号を記入して郵便局からお申込下さい。
これらのことをインターネットでご案内しています。[推進工事技士試験] 検索

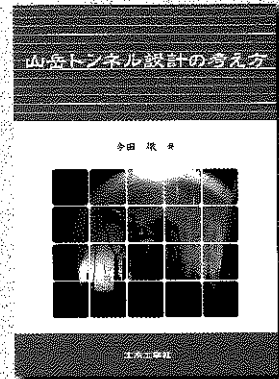
株式会社 LSプランニング

http://www.lisweb.co.jp/shiken/annai

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

好評発売中

地形にも相がある 地形の性質を知ろう！



トンネル技術者のための 地相入門

大島洋志 監修 木谷日出男 編著

B5判 203頁 定価3,200円+税 送料別

図・表・写真 288点収録

山にも人の人相のように山の相がある。地形の性質を知り、事前に危険な箇所を把握することはトンネルを施工する上で重要である。

本書のように地形中心にこれほどまとまったトンネル技術書は今までになかった。施工者には施工中に予測される地形上の危険把握のため、発注者にはもっとも安全に施工できる路線選定ため、本書を有効利用いただくことが執筆陣の願いである。

第I編では地形図の読み方を平易にまとめ、第II編ではそれぞれの地形種について施工事例を交え説明している。第III編では監修者の経験を基に路線選定の注意点を施工事例とともに紹介している。

《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

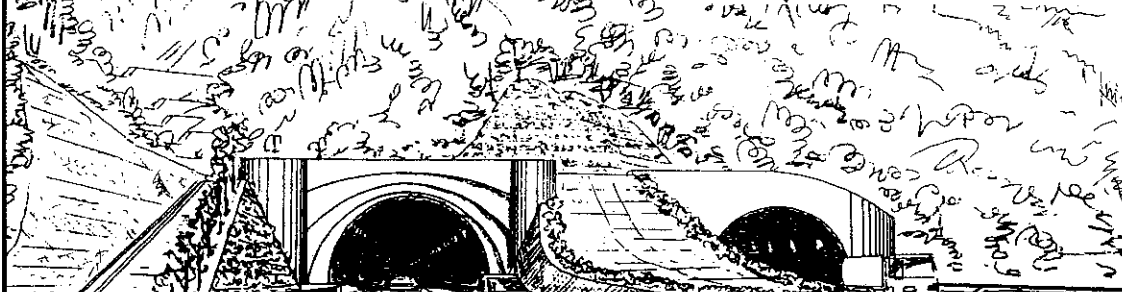
お申し込みは当社へFAX、または、お近くの書店にてお申し込みください

株式会社 **土木工学社**

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

道路,トンネル設計 (本工,換気,防災,照明,施工管理他)

トンネル現場診断



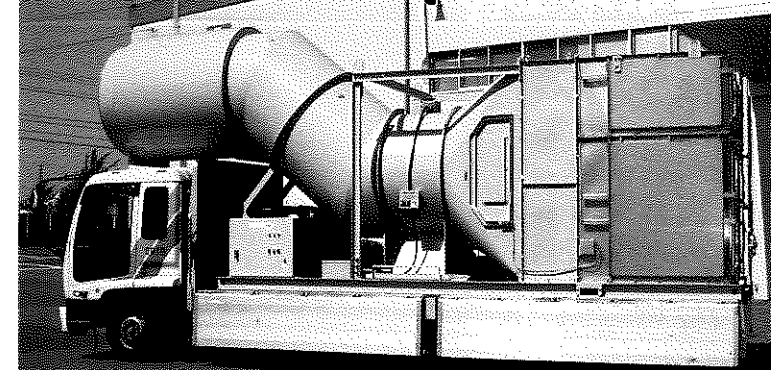
(社) 建設コンサルタント協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会長 利島 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

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)

RENT

取扱レンタル商品

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

株式会社 レント 特機営業課 担当者 工藤

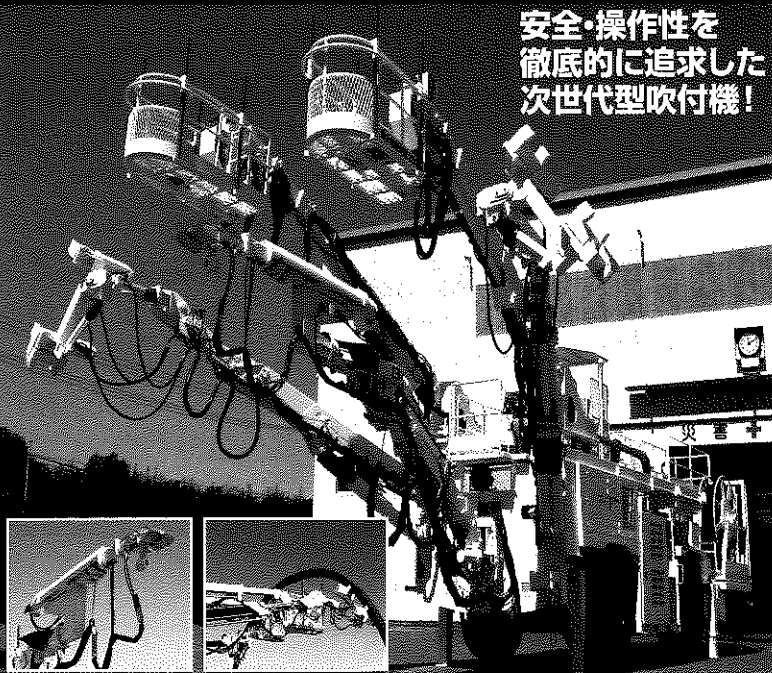
〒134-0093 東京都江戸川区二之江町1409-1 TEL: 03-5667-7803 FAX: 03-3804-6053
 URL: http://www.rent.co.jp E-mail: kudo.yuji@rent.co.jp

エレクター付 コンクリート吹付システム(ホイール式)

『新型EJS NEJS I-TN』



安全・操作性を
 徹底的に追求した
 次世代型吹付機!



- ◆シャーシからの開発機種
 3種類の走行モードにより、
 高い機動力を発揮。
- ◆最新の吹付ロボット
 上下、左右の同調方式を採用し、
 意のままの操作が可能。
- ◆優れたエレクター機能
 1台で上、下半、インバートの
 全支保工建設が可能。
- ◆トラベル式円形バスケット
 車体からの直接乗込、
 地山への密着が出来、安全性にも考慮。

T&M

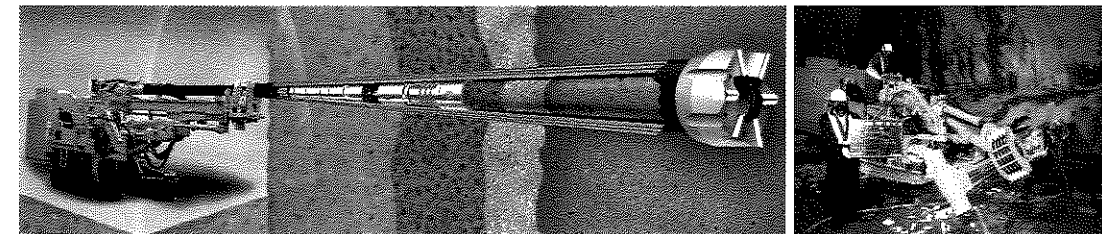
Tunnel & Mining
 ニシオティーアンドエム株式会社
 山岳トンネル施工機械等の総合レンタル企業
<http://www.nishio-tm.co.jp>
 〒569-0836 大阪府高槻市唐崎西2-26-1

- ＜東日本カンパニー＞
- 北日本支店
 北海道営業所 TEL:0133-72-3715
 東北営業所 TEL:0197-71-2405
 - 東日本支店 TEL:0268-62-1426
 浜松支店 TEL:0538-66-0166
- ＜西日本カンパニー＞
- 大阪支店 TEL:072-677-2101
 - 九州支店 TEL:0982-26-2111
 - 福岡営業所 TEL:092-976-6331

トンネル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。



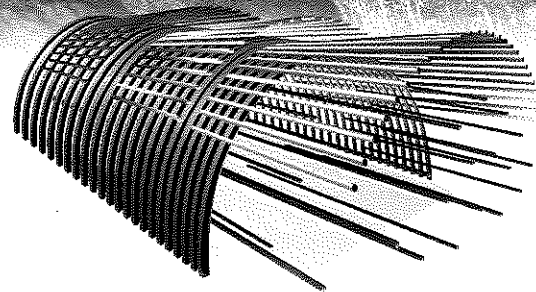
KOKEN 鉦研工業株式会社

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>

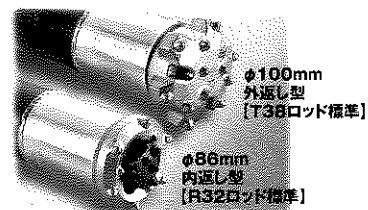
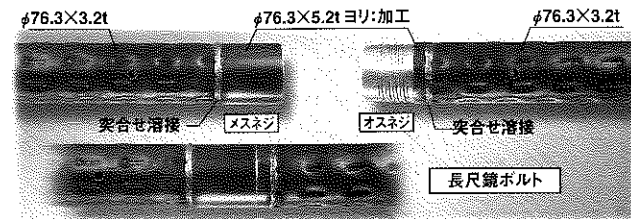
- 北海道支店: (011) 561-4961
- 東北支店: (022) 762-8075
- 信越支店: (025) 275-6877
- 首都圏事業部: (03) 6907-7511
- 大阪支店: (06) 6385-0350
- 中国支店: (083) 972-8757
- 九州支店: (092) 924-5001
- 海外事業部: (03) 6907-7515



NETIS登録No.KK-160026-A

ストロング FIXチューブ(S型)

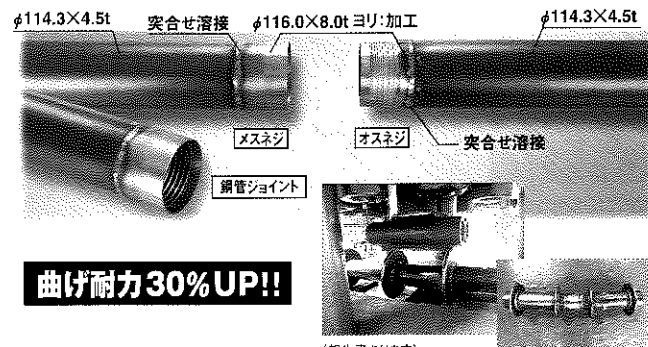
- ※長尺鏡ボルトは凹み面状の鋼管で周辺地山をしっかりとFIXします。
- ※長尺フォアパイリングのねじ強度改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



NETIS登録No.KK-150045-A

AGF-STD工法

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



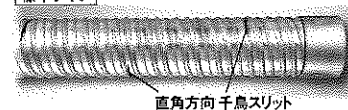
曲げ耐力30%UP!!

(報告書あります)

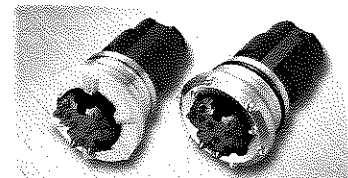
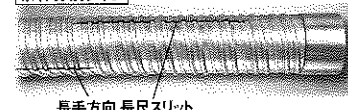
接続部の抗折力試験

撤去管の選択

標準タイプ



解体分別タイプ



STD BITS (ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングピット径
100A	φ114.3	φ124

注入材・その他工法

NETIS登録No.KK-110040-A

- ※ウレタン系空洞充填:NTR工法
- ※ウレタン系注入材:NEW-TSRF、NEW-TBU
- ※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

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

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

TEL072-990-0250 FAX072-990-0251

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



1000m³/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



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

現場力を大事に

森 昌文 5

■計画

大阪梅田ヤード跡地における JR線地下化の計画と設計・施工

—東海道線支線地下化事業—

後藤 優典・森 勇樹・中島 卓哉 25

■研究

フライアッシュを用いた高充填コンクリートで覆工の品質向上を目指す

—北陸新幹線 新北陸トンネル(奥野々工区)—

若林 功起・萩原 秀樹・三浦 貴幸・小山 武志 45

■報告

欧州TBMトンネル見学記

—延長55kmのブレンナーベーストンネルほか—

水戸 聡・河田 孝志 55

■施工

外径14.46mの泥土圧シールドによる岩盤掘削

—ニュージーランド ウォータービュートンネル—

玉井 昭雄・定松 道也・山下 健司 7

都心ならではの困難な課題を克服し皇居内濠の水質改善と浸水対策を実現

—東京下水道 第二溜池幹線—

藤橋 知一・工藤 章弘 15

■連載講座

トンネル新技術への挑戦(14)

—同時裏込め注入工法—

「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 63

■現場だより

「飛驒の小京都」高山より

吉久 良治 22

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

土木技術者の陰に生きる

北原 秀介 37

■資料

土木情報

編集部 23

トンネルジャーナル

編集部 24

文献紹介

編集部 54

工法・技術・製品ニュース

編集部 70

トンネルワールドニュース

JTA 国際委員会 71

■会報

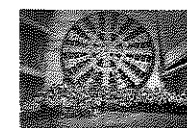
会報

日本トンネル技術協会 74

【表紙説明】

外径14.46mの泥土圧シールドによる岩盤掘削

—ニュージーランド ウォータービュートンネル—



本工事は、ニュージーランドのオークランド市において、既存の高速道路の渋滞緩和および周辺地区の利便性向上を目的とした最大の道路プロジェクトである。

工事は、おもに軟岩および亀裂性の中硬岩を掘削する2.4kmの3車線双設道路トンネルを外径14.46mの泥土圧シールドで、約150mごとに設けたトンネル間横連絡坑を機械掘削方式の山岳工法にて施工した。写真は、2本目のトンネル貫通(南坑口)の状況である。

〔写真提供：Well-Connected Alliance〕(本文7頁参照)

ヤマモト

まがんき

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)

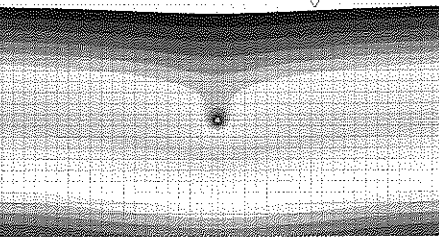
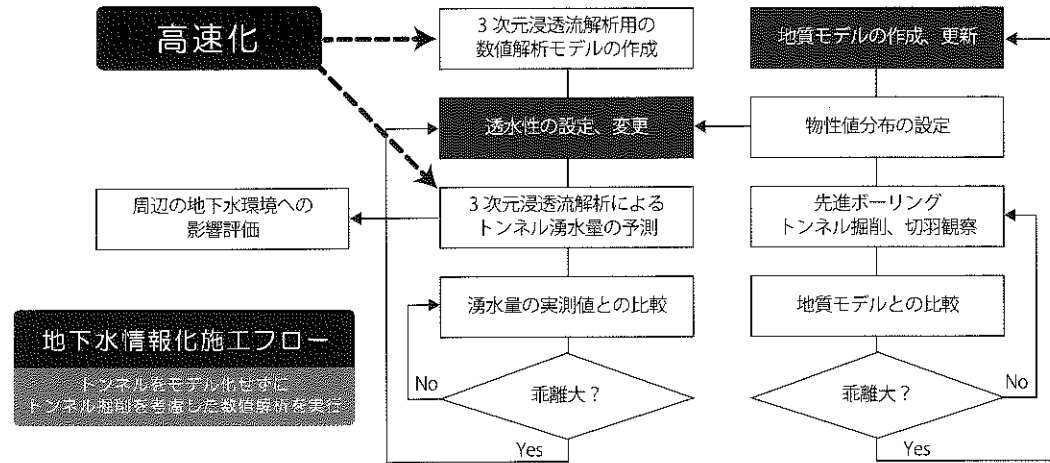
工場 広島県庄原市東城町川西424-1 ☎ (08477) 2-2137(代)

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)

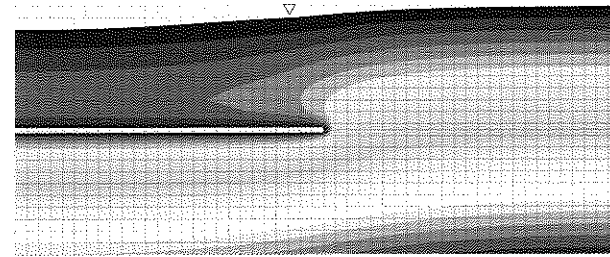
仮想ドレーンモデルによる地下水情報化施工の支援

トンネルの情報化施工においては、先進ボーリングや切羽観察の結果に基づき地質モデルが更新されます。これに基づき、迅速に湧水量の予測や周辺地下水環境への影響予測も更新されれば、適切な改良工の選択などにより施工や環境影響を最小化することができます。

仮想ドレーンモデルを用いた3次元浸透流解析は、このような要望に応える技術です。仮想ドレーンモデルでは、トンネル自体をモデル化せず、また、トンネル掘削を表現するためのモデルや境界条件の変更を行いません。これにより要素分割が単純化され、解析モデル作成や解析に必要な時間を短縮することができます。



トンネルをモデル化した解析での間隙水圧分布の例 (要素数 118,320 / 解析時間 97 分)



仮想ドレーンモデルによる解析での間隙水圧分布の例 (要素数 7,749 / 解析時間 1 分)



株式会社 地層科学研究所

本社 〒242-0017 神奈川県大和市大和東 3-1-6 J Mビル 4F TEL.046-200-2281
 東京事務所 〒112-0004 東京都文京区後楽 2-3-25 金子ビル 6F TEL.03-5842-7677
 大阪事務所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-7-9 第7新大阪ビル 301号 TEL.06-6886-7774

弊社 Web サイトより
 技術パッケージ
 トンネルの情報化施工支援
 地下水に注目した情報化施工

<http://www.geolab.jp/>

お問い合わせは chisouken@geolab.jp

総務委員会広報小委員会会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

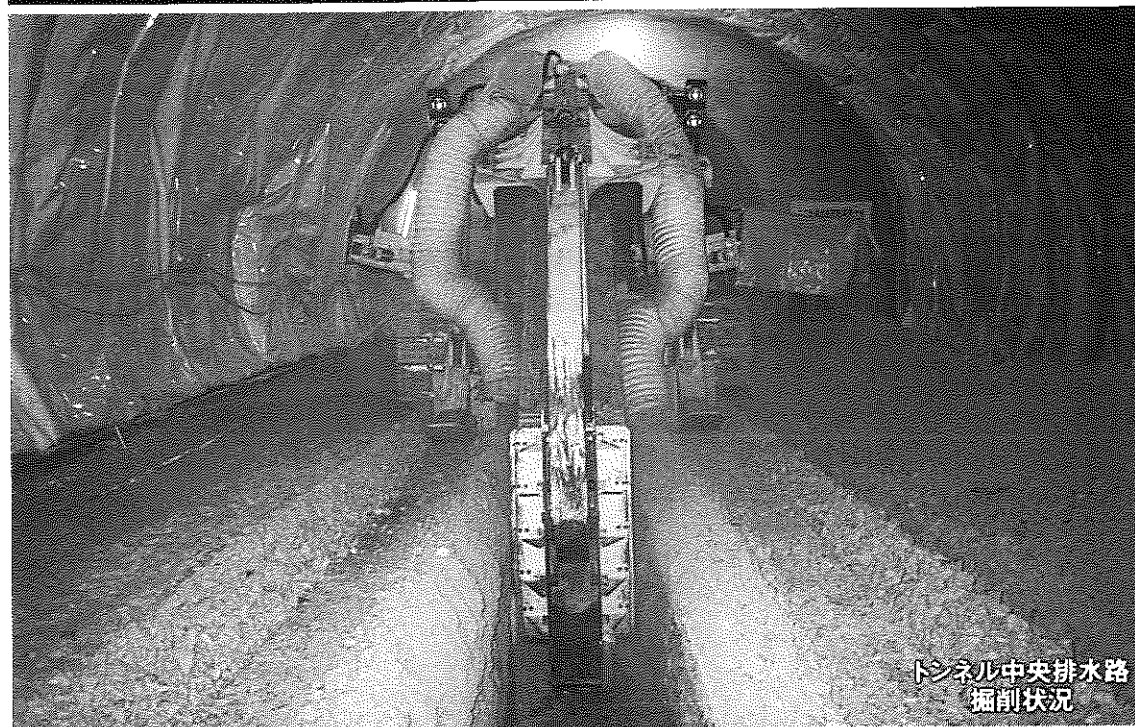
小山 幸 則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

〔幹 事〕

- | | |
|---|---|
| 居 相 好 信
株式会社大林組生産技術本部統括部長 | 藤 井 義 文
株式会社竹中土木常務執行役員 |
| 伊 藤 聡
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
改良建設企画課長 | 松 原 利 之
飛鳥建設株式会社技術研究所所長 |
| 江戸川 修 一
清水建設株式会社土木技術本部
地下空間統括部長 | 森 正 彦
前田建設工業株式会社土木事業本部
トンネル担当部長 |
| 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 | 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 |
| 見 坂 茂 範
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官 | 吉 富 幸 雄
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル室参与 |
| 西 岡 和 則
鹿島建設株式会社土木管理本部統括技師長
(兼)土木管理本部土木工務部トンネルグループ長 | 渡 邊 修
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部計画部計画課長 |

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路掘削状況



施工例

トレンチャーによる施工

トレンチャーの性能・諸元

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

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

小山 幸 則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

〔編集参与〕

大島 洋 志 国際航業株式会社技術本部最高技術顧問 首都大学東京客員教授	真下 英 人 一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所所長
木谷 日出男 国際航業株式会社フェロー技術本部 土地地盤研究担当	松浦 将 行 地方共同法人日本下水道事業団理事
今田 徹 東京都立大学名誉教授	山田 隆 昭 東日本高速道路株式会社参与 (シニアエキスパート)

〔委員〕

砂金 伸 治 国立研究開発法人土木研究所つくば中央研究所 道路技術研究グループ(トンネル)上席研究員	平野 隆 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 技術基準担当課長
岡野 法 之 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室室長	八木 弘 株式会社高速道路総合技術研究所参与(外環担当) 道路研究部トンネル研究担当部長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長	安田 智 東京都交通局建設工務部計画改良課長
中井 宏 東京都下水道局建設部設計調整課長	山本 武 史 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐
中谷 誠 一 東京都水道局建設部工務課長	吉本 正 浩 東京電力パワーグリッド株式会社 工務部管路土木技術担当

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

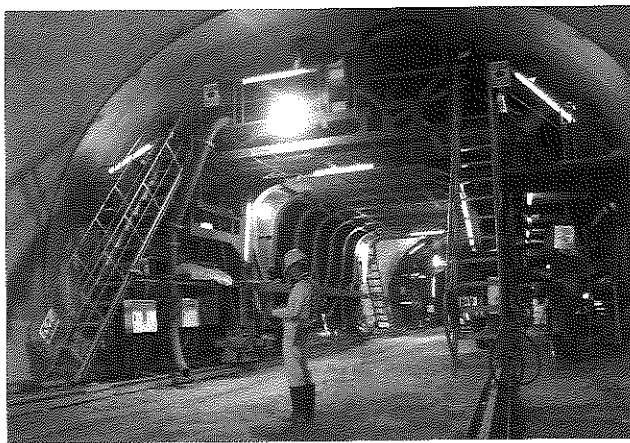
☎(026)213-7024(代) FAX(026)282-5803 <http://www.wkk.co.jp/>

特許
取得済

表面温度センサ!

NETIS登録番号 QS-110040-VE

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



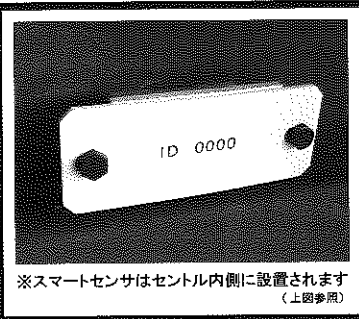
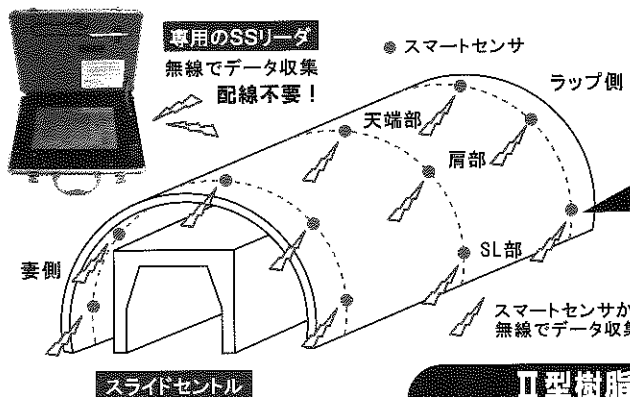
スマートセンサ型枠システム 【セントル仕様】の特長

コンクリート表面温度を 自動計測!

コンクリートの表面温度や型枠周辺温度、
打設開始・脱型時期を記録します。

専用リーダーでデータを 読み取り!

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



※スマートセンサはセントル内側に設置されます (上図参照)

スライドセントル

II型樹脂型枠完成キャンペーン!!

NETIS標準仕様見積り単価

打設回数が多いほど単価がお得!

※ スマートセンサシステム
(1セット=1断面5台×3列=15台) * セントル本体は別途

使用料金... ~~140,000円~~ → 20,000~80,000円/打設回数

取付け・調整料金... 400,000円/回/1セット (センサの穴あけ別途)

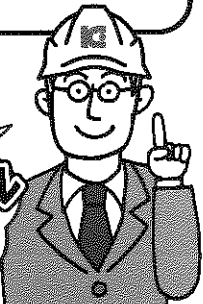
取外し・校正料金... 400,000円/回/1セット (センサ部分の穴埋め別途)

※ SSリーダー

使用料金... 2,500円/日 (基本料金含む)

諸経費・一般管理費 (技術指導・動作確認含む)

使用料金がより
リーズナブル
になりました!



児玉株式会社 & 東京大学 大学院工学系研究科 建築材料研究室
共同研究開発 特許製品

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

掲載頁
7

外径14.46mの泥土圧シールドによる岩盤掘削
—ニュージーランド ウォータービュートンネル—

(株)大林組 玉井 昭雄

ウォータービューコネクショントンネルおよびグレートノースロードインターチェンジ建設工事は、ニュージーランドのオークランド市において、既存の高速道路の渋滞緩和および周辺地区の利便性向上を目的に、ハイウェイネットワークを完成させるニュージーランド最大の道路プロジェクトである。工事は、アライアンス契約で発注され、発注者と受注者双方が1つの連合組織を組み、理念を共有するチームとなって、プロジェクトの目標を定め履行した。おもに軟岩および亀裂性の中硬岩を掘削する2.4kmの3車線双設道路トンネルは、外径14.46mの泥土圧シールドで施工した。また、約150mごとに設けたトンネル間横連絡坑は、機械掘削方式の山岳工法にて施工した。

Rock Excavation Using EPB Shield TBM with Diameter of 14.46m—New Zealand the Waterview Tunnel—
By Akio Tamai, Obayashi Corporation



写真はシールド発進状況

Construction of the Waterview Connection Tunnels and the Great North Road Interchange is New Zealand's largest roading project to complete the highway network in Auckland with the aim of relieving traffic congestion on existing motorways and improving convenience for the Auckland suburbs. The project was delivered by contractually connected alliance where both the contractees and the contractors formed an allied organization and a team to share ideas, determined project goals. The twin 3-lane road tubes with the length of 2.4km were built in mostly soft rock and jointed semi-hard rock mass using a muddy soil pressure balanced shield TBM with a diameter of 14.46 m. In addition, cross passages connecting the tubes every approx. 150m were constructed with conventional tunneling method with machineries.

掲載頁
15

都心ならではの困難な課題を克服し皇居内濠の水質改善と浸水対策を実現
—東京下水道 第二溜池幹線—

東京都 藤橋 知一

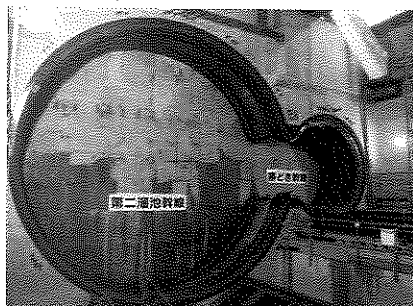
東京都下水道局では、浸水対策事業や合流式下水道の改善などの事業を推進している。港区赤坂・溜池地区などでは、古くに下水道が整備され、都市化の進展に伴う下水道への雨水流入量の増加により、下水道施設の流下能力を超える豪雨による浸水被害が、たびたび発生していた。また、この地区の流域は、合流式下水道で整備しており、強い雨が降ると、合流式下水道の雨水吐口から、雨水が皇居内濠などの閉鎖性水域に放流されており、閉鎖性水域のいっそうの水質改善が望まれていた。

このため、新たに第二溜池幹線や半蔵線幹線を整備し、港区赤坂・溜池地区などの浸水被害を軽減するとともに、内濠などに放流していた雨水をこれら幹線に切替え、放流先を東京湾に変更した事例を報告する。

Water Quality Improvement in the Imperial Inner Moat and Inundation Measures through Overcoming Difficult Specific Conditions in City Centre—Tokyo Metropolitan Government Bureau of Sewerage the Dai-Ni Tameike Sewer Main—

By Tomoichi Fujihashi, Tokyo Metropolitan Government

The Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government is proceeding with projects such as inundation measures and improvements in combined sewer systems. In areas such as Akasaka and Tameike in Minato-ku, the sewer systems were ageing and, due to increased volumes of stormwater flowing into the sewage system caused by the progression of urbanization, inundation after heavy rainfall that exceeds the capacity of drainage has occurred repeatedly. In addition, due to the combined sewer systems in this drainage basin, the stormwater is discharged from rainwater outlets into closed water area such as the Imperial inner moat when there is heavy rain. Therefore further water quality improvements in closed water area were required.



写真はH&Vシールドエントランス部

This report contains information on the new installation of the Dai-ni Tameike sewer main and the Hanzo-bori sewer main which will reduce inundation damage in the Akasaka and Tameike areas of Minato-ku, as well as installing the facilities that changed the discharge destination of the storm water in this area from the imperial inner moat to the Tokyo Bay.

JR大阪駅の北エリアである「うめきた区域」において、東海道線支線の地下化事業(地下化延長1.7km)と新駅設置事業を実施している。現在、詳細設計、工事契約が完了した工区から着工を行い、2022(平成34)年度末の開業を目指している。

本稿では、計画、設計の留意点、施工のポイント、施工状況をとりまとめ、とくに、大阪梅田の軟弱かつ地下水位の高い地盤環境下における開削工事・地下構造物特有の課題として、土留め壁の管理、ひび割れ抑制などを検討した。また、先行着手工区では、土留め壁工、掘削工が完了しており、土留め壁の計測管理を行った結果を報告する。

Plan, Design and Construction for a New Underground JR Line under the Old Osaka Umeda Freight Yard—the Project of Underground Tokaido Branch Line—

By Yusuke Goto, West Japan Railway Company

A new underground railway and station project on the Tokaido Branch Line (1.7km of underground Railway line installation) is proceeded in the north section of JR Osaka Station called "Umekita area". Works are currently underway in sections for which detailed design and work contracts have been completed and the line is scheduled to be opened by the end of fiscal 2022.



写真は掘削状況

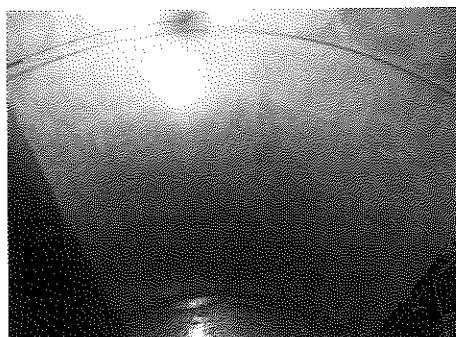
This report summarizes plans, points to note about design, key points about construction and construction status. In particular, we investigated the management of temporary retaining walls and the control of cracks of structures as characteristic difficulties of construction in soft ground with high ground water levels near Umeda, Osaka which we excavated and built underground structures in. It also contains the results of retaining wall measurement management which were implemented at the work of retaining walls and excavation in the sections where construction has already begun.

鉄道・運輸機構の整備新幹線工事における山岳トンネルでは、FILM(背面平滑型トンネルライニング工法)を標準化することで、覆工背面の空隙を解消し、覆工コンクリートの品質向上に取り組んでいるところである。当工区では、さらなる品質向上を目指して、コンクリート材料自体を改良し流動性を高め、充填性に優れた高充填性コンクリートの開発に取り組んでいる。フライアッシュを利用した粉体系と、増粘型高性能AE減水剤を用いた増粘剤系の2種類を対象に試験を行い、実際に施工することでその性能や効果を確認している。

本稿では、高充填性コンクリート配合決定までの過程、実施工を想定した試験施工、実際の施工状況について報告するものである。

Improve Lining Quality through the Use of Concrete with High Compactability Using Fly Ash—the Hokuriku Shinkansen the Shin-Hokuriku Tunnel (Okunono Lot)—

By Koki Wakabayashi, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency



写真は天端部の仕上がり状況

The JRJT set out to improve lining concrete quality in mountain tunnels in projected Shinkansen line works by using standardized FILM (Flat Insulated Lining Method) which could control cavities behind the concrete lining. Aiming to further improve lining quality in this section, we have worked to develop high-compactability concrete through improving fluidity of concrete by modifying materials themselves. Tests were conducted on two types: powder admixture using fly ash and thickener using air-entraining and high range water-reducing admixture. Their performance and efficacy were confirmed through actual construction.

This report contains information on the process up to the decision on composition of high-compactability concrete, test construction and actual construction status.

2014年、EUは圏内の経済力強化を目的に大陸の東西南北の交通網整備を掲げ、現在、高速鉄道輸送網の拡充を行っている。その中には、TBM(Tunnel Boring Machine)施工による長大トンネルも含まれている。

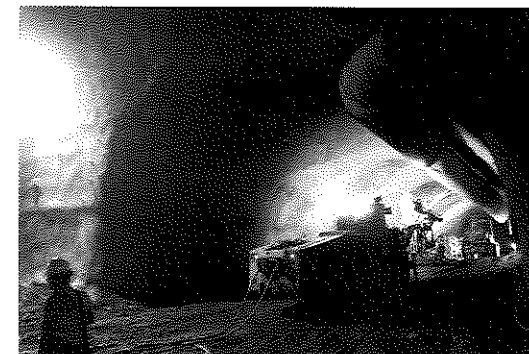
日本国内では、飛騨トンネル以降、複雑な地質へのTBMの適用性は低いとの観点から、TBM施工によるトンネル工事は減少している。しかし、海外を見渡せば、TBMによる施工が主流である。今回、ドイツのフィルダートンネル、およびオーストリアとイタリアを結ぶブレンナーベーストンネルの2本のトンネルを見学する機会があり、どのようにTBMを適用させているのか知ることができた。本稿では、2つのトンネル現場の概要と、欧州でのTBMの適用の現状について報告する。

European TBM Tour Report—55km-Long Brenner Base Tunnel, Etc.—

By Akira Mito, Shimizu Corporation

In 2014, the EU announced the creation of a transportation network all across the continent with the aim of strengthening economic power within the union and currently the high speed rail network is being expanded. This includes long tunnels constructed with TBMs (Tunnel Boring Machines).

In Japan, using TBM has been decreasing since the Hida Tunnel as it seemed to be unsuitable in complex geological conditions. However, if we look overseas, Tunnelling with TBM is mainstream. I had the opportunity to visit the Filder Tunnel in Germany and the Brenner Base Tunnel that links Austria and Italy and I was able to understand how TBMs are used. This report gives an outline of the sites of these two tunnels and the current status of use of TBMs in Europe.



写真は連絡坑施工状況(ブレンナーベーストンネル)

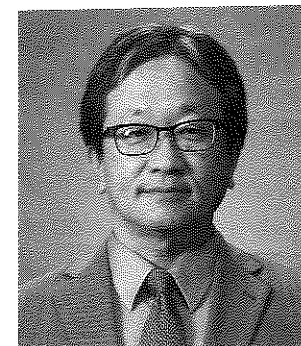
巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)

現場力を大事に

国土交通省技監

森 昌文



2017(平成29)年の念頭にあたり、新年を迎えてのお喜びを申し上げますとともに、会員の皆様の本年的ご健勝を心よりお祈り申し上げます。

日本トンネル技術協会は、1975(昭和50)年の設立より、トンネル技術に関する建設および維持管理に関する調査研究を行い、地下利用技術の進歩向上などに努められ、国土の保全と公共の福祉の増進に寄与してこられました。そのたゆまぬ努力に深く敬意を表します。

新年にあたり、国土交通行政の諸課題への具体的な取組みについてご紹介させていただきたいと思っております。

はじめに「生産性の向上」についてです。

わが国は人口減少時代を迎えています。それを上回る生産性の向上があれば、経済成長を続けていくことは十分可能です。こうした考えのもと、国土交通省では、2016(平成28)年を「生産性革命元年」と位置づけ、国土交通分野の「生産性革命」を進めるため、大都市圏におけるピンポイント渋滞対策の実施、新たな高速道路料金の導入、クルーズ船受入れのための港湾整備など、ストック効果を最大限発揮できるように取り組んでいるところです。

会員の皆様にとって、もっとも身近なプロジェクトでは、測量・施工・検査などの全プロセスでICTを活用することなどにより、建設現場の生産性の向上を図る取組み「i-Construction」を2016(平成28)年度より全面的に展開し始めました。

ご存じのとおり、トンネル技術の分野では、皆様の日ごろのたゆまぬ努力により、トンネル1mあたりに要する作業員数で比較しますと、昭和30年代の東海道新幹線では、58人だったものが、2010(平成22)年時点の近年の新幹線建設では6人と、約50年間で生産性を最大10倍と、大幅な技術革新によって生産性向上が図られてきた歴史があります。

当面の「i-Construction」の取組みにおいては、土工やコンクリート工の生産性を向上することを重点的に行っていくこととしておりますが、トンネル技術の維持管理という面では、維持管理・点検要領に従い、打音検査を代替できる装置を有するロボットの開発など、まだまだ研究開発により生産性の向上を図る余地は多くあると考えております。

こういった新技術の研究開発を会員の皆様方とともに、アイデアを出し合いながら、

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

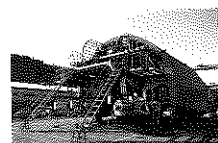
セントル型枠

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

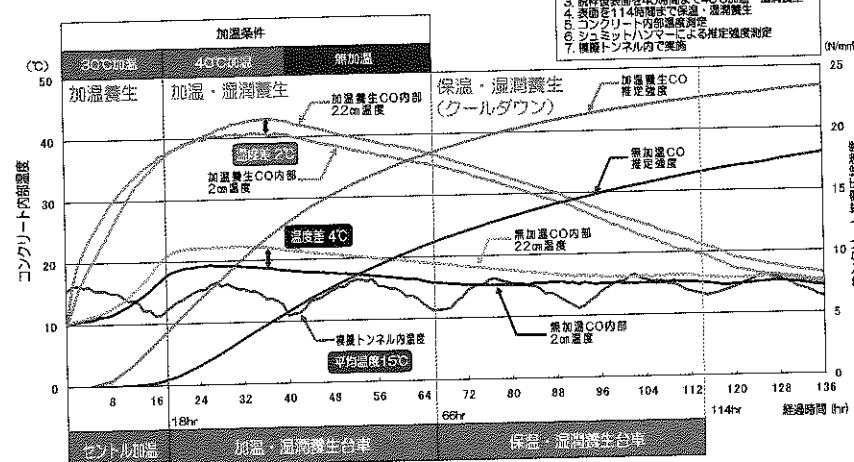
保温・湿潤養生



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

TOUGOU
株式会社 東 宏

国土交通省として進めてまいりたいと考えております。

次に「インフラの老朽化対策」についてです。

インフラの老朽化については、高度成長期に整備したインフラが一斉に老朽化し、トンネルについて見れば、日本全国の約1万本のトンネルのうち、建設後50年以上のトンネルは、2012(平成24)年の時点で18%であったものが、2022(平成34)年には31%、2032(平成44)年には47%へと増加する見込みとなっております。

トンネルの老朽化対策としては、2014(平成26)年6月に「トンネル定期点検要領」を策定するとともに、2015(平成27)年7月には、道路法施工規則の一部を改正し、5年に1回の頻度で、近接目視により点検を行うことを基本とすることや、点検・診断の結果などについて、記録・保存すること、統一的な尺度で健全性の診断結果を分類することなどを規定し、計画的な対策を進めているところであります。

引き続き、全国から得られる技術的知見を把握・蓄積するとともに、地方公共団体の職員に対する技術力向上の支援を充実し、点検・診断に関する産学官による戦略的な技術開発を推進していきたいと考えております。

最後に「防災・減災対策」についてです。

旧年中も4月の熊本地震、台風10号をはじめとする相次ぐ台風の上陸など、多くの災害に見舞われる年でありました。

とくに熊本地震においては、地震活動範囲が熊本県から大分県にかけての広域に及んでおり、広い範囲に甚大な被害をもたらしました。

国土交通省においては、TEC-FORCE創設以降初めて北海道から沖縄までの全国の地方整備局などの隊員を九州に集結させ、被害状況調査、道路啓開、土砂災害危険箇所の緊急点検を実施し、激甚災害指定にかかわる所要時間の短縮および被災地域の迅速な復旧などを行ったほか、被災者支援物資の搬送、大規模な土砂災害への対応、測量用航空機や無人航空機などによる被災状況の把握、被災建築物の応急危険度判定や生活再建支援などに取り組んでまいりました。

引き続き、被災地の皆様が、一日も早く安全・安心な暮らしを取り戻していただけるよう、被災者の声に耳を傾けながら、被害箇所の早期復旧と被災地支援に全力で取り組みたいと考えております。

また、防災・減災対策については、「大災害は必ず発生する」との意識を社会全体で共有し、これに備える防災意識社会への転換を図り、切迫する首都直下地震や南海トラフ巨大地震対応など、想定される具体的な被害特性に合わせた対策を省の総力を挙げて推進してまいります。

最後になりますが、本協会会員の皆様の活躍するトンネル工事は、現場が命であり、現場力は国土交通行政の底力であると考えています。ご紹介させていただいた諸課題に、現場力を最大限活用して取り組むためにも、皆様のさらなる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

外径14.46mの泥土圧シールドによる岩盤掘削

—ニュージーランド ウォータービュートンネル—

(株)大林組土木本部工務部部长 玉井 昭雄

(株)大林組海外支店豪州事務所所長 定松 道也

(株)大林組土木本部生産技術本部シールド技術部長 山下 健司

1 はじめに

ニュージーランドの北島北部に位置するオークランド市は、ニュージーランド最大の都市であり、ニュージーランドの総人口の約3分の1が集中する経済・商業の中心地である。しかし、都市部の交通渋滞は、悪化の一途をたどっており、その緩和が喫緊の政策課題となっている。このためニュージーランド政府は、経済成長支援のために欠かせない国道を10年計画で整備している。

本工事は、この整備計画の一環で、現在途中まで建設が完了し供用されている高速20号線を延伸し、既設の高速16号線につなげることで、オークランド市内を通過する高速1号線の渋滞緩和と西部地区の利便性向上を目的としたハイウェイネットワーク(図-1)を完成させるニュージーランド最大の道路プロジェクトである。このため、本工事は、事業の複雑さおよび予測するのが困難な多くの外部要因に伴うリスクマネジメント、高い社会性(公共性)の付加などが必要となるため、日本ではなじみの薄いアライアンス契約により発注された。

本稿では、当工事におけるアライアンス契約の特徴と、掘削外径14.46mの泥土圧シールドで2.4kmの3車線双設道路トンネルを掘削した事例を報告する。

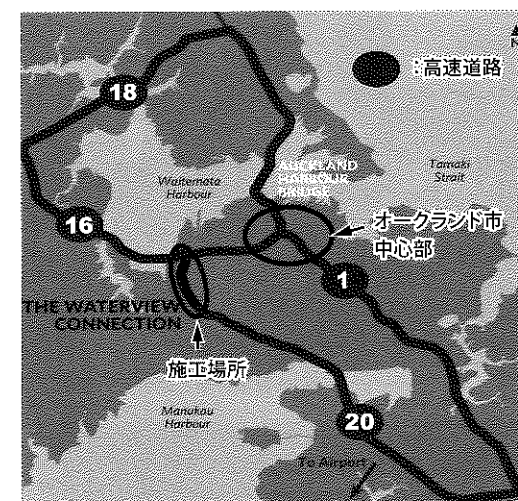


図-1 現場位置図

2 トンネル工事概要

本工事は、道路トンネルを掘削外径14.46mの泥土圧シールドで掘削し、SFRCセグメント、RCセグメントにより構築する。シールドは往路の南行き線を掘削し、北開削部にて回転し、復路の北行き線を掘削した。トンネル工事の概要を表-1に示す。

2-1 トンネル線形

シールドは、南開削部から土かぶり約12m、下り勾配5%で発進し、土かぶり約8m、上り勾配3.5%で北開削部に到達した。回転後に、北開削部

表-1 トンネル工事概要

工事名称	Waterview Connection Tunnels and Great North Road Interchange(ウォータービュートンネルおよびグレートノースロードインターチェンジ建設工事)	
発注者	The New Zealand Transport Agency (ニュージーランド交通局)	
工事場所	ニュージーランド国オークランド市	
工期	2011年11月28日～2017年3月21日(竣工予定)	
工法	泥土圧シールド(気泡)	
工事内容・数量	施工延長	往路:南行き線2,406m, 復路:北行き線2,422m
	掘削外径	φ14,460mm
	セグメント(SFRC, RC, スチール)	φ14,000mm(外径), φ13,100mm(内径), 幅2,000mm, 10分割
	最大縦断勾配	5%
	最小曲線半径	平面:R=1434.75m
	最小土かぶり	7.72m(約0.5D)

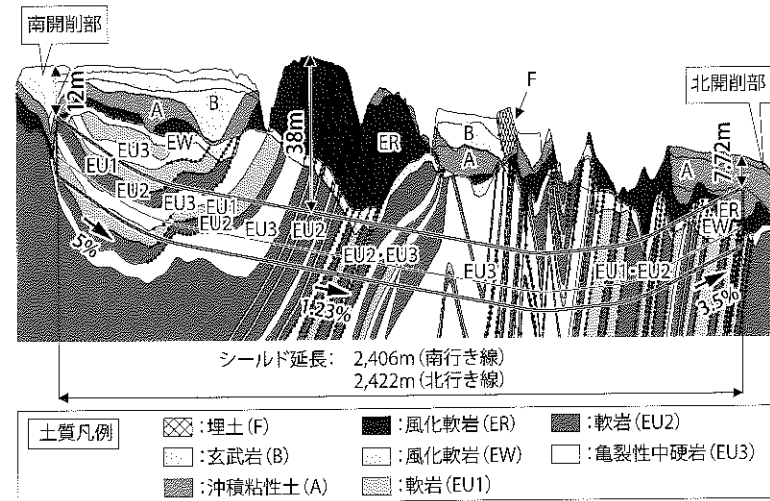


図-2 土質縦断面図

から再発進し、同様の線形で南開削部に到達した。最大土かぶりは、約38mであった(図-2)。

2-2 土質条件

地質構成は、埋土(F)、玄武岩(B)、沖積粘性土(A)、風化軟岩(ER・EW)、一軸圧縮強度が約5MPaの軟岩(EU1・EU2)および層内に局所的に存在する一軸圧縮強度が最大で70MPaの亀裂性中硬岩(EU3)からなる。シールドは地表面に存在する一軸圧縮強度の高い玄武岩の掘削を避けるように縦断線形を計画し、おもに軟岩と亀裂性中硬岩を掘削した。

3 アライアンス契約の概要

アライアンス契約は、発注者と受注者(施工業者と設計業者)が、双方により良い成果を得る「協働的アプローチ」のもとプロジェクトに取り組む契約方式であり、1990年代初頭に北海油田の開発において、発注者(イギリスを本拠とする石油会社)と7つの業者が行い、コスト削減と工期短縮において、目覚ましい成果を上げたのが最初とされている。本工事ではこのアライアンス契約を採用した。本工事におけるアライアンス契約の特徴は以下のとおりである。

- ・発注者と受注者(施工業者・設計業者)が一つのチーム(アライアンス)を組成し、目標(安全・品質・社会貢献・環境・人材育成・工期・工費など)を定めてプロジェクトを遂行する。
- ・「プロジェクトにとってベスト」ということがアライアンスの意思決定の判断基準になる。

- ・アライアンスのメンバー間では、オープンなコミュニケーションを行う。
- ・すべてのアライアンスメンバーが利益を得る、あるいは損失を被るペインゲインシェアの理念にもとづき業務を遂行する。
- ・コストに関しても、ペインゲインシェアの仕組みにより、当初設定した目標工事費と実際の工事で発生した実コストの差額を、発注者を含めたアライアンスの全メンバーで分配する。ただし、損失の場合の差額分配額が受注者の利益額を越える場合は、発注者のみがそ

の超過分を負担する。

- ・プロジェクトの運営においては、発注者を含めたアライアンス参加各社の代表による決定機関(Board)が結成され、各社の代表者が公平に発言権を保持し、「全員一致」のもと判断を下す。
- ・すべてのリスクは、アライアンスの全メンバーで共同に負担する。

本工事では「工事の全期間を通じて継続的なリスク管理を主体的に行う」ことをポリシーに、アライアンスメンバー内で、あらゆるリスクの抽出とそれに対する回避策を検討し、月々にその見直しと追加をくり返した。また、アライアンスの精神にもとづいた発注者と施工業者の協力体制により、「シールドの現場への搬入ルート計画」「鉄道との近接施工となる管理者との協議・管理体制の確立と実施」に、時間短縮・コスト縮減のうえで著しい成果を上げることができた。

4 セグメントの設計

4-1 コンクリートセグメント

セグメントとしては、工費の優位性からポリプロピレン繊維混入(混入量1.0kg/m³)による耐火機能を有したセグメントを採用した。セグメントは土質条件および土かぶりに応じて2種類のセグ



写真-1 SFRCセグメント継手面補強鉄筋

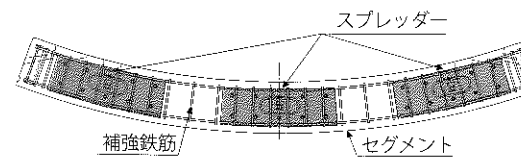


図-3 SFRCセグメント継手面補強鉄筋

メントとした。小土かぶり区間では、曲げが卓越するため、従来型のRCセグメントとし、土かぶりが大きく地盤が良好で、軸力が卓越する区間では、主筋およびフープ筋を省略し、スチールファイバーを混入(混入量35kg/m³)したSFRCセグメントを採用した。SFRCセグメントのリング継手面とセグメント継手面には、格子状の補強鉄筋を配置し、施工時のジャッキ推力や完成時の軸力による端部の割れ欠けに配慮している(写真-1、図-3)。

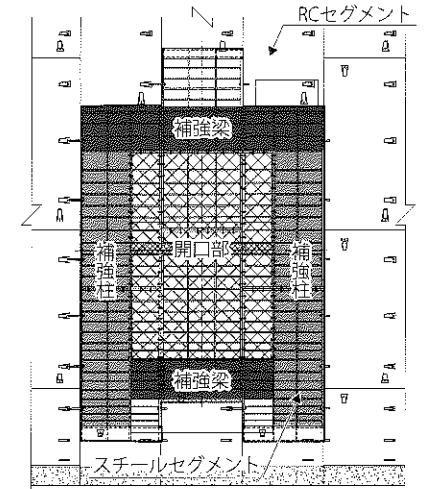


図-4 横連絡開口部セグメント

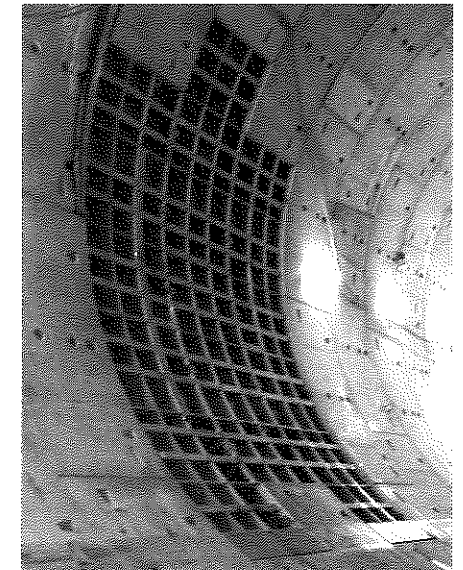


写真-2 横連絡坑開口用セグメント

4-2 横連絡坑開口部セグメント

本工事では、双設するトンネル間に避難通路と消火設備を配置する目的で16か所の横連絡坑を施工した。横連絡坑の施工は、機械掘削方式による山岳トンネル工法を採用し、開口部設置のため、補強梁と補強柱を有したスチールセグメントを採用した(図-4)。開口部のスチールセグメントは、コストダウンを図る目的で、開口となる部分のみをスチールセグメントとし、残りのセグメントは、RCセグメントを採用し複合リングとした(写真-2)。

5 シールド施工

5-1 シールド

シールドは、岩盤の一軸圧縮強度が約5MPaの軟岩(EU1・EU2)が主体土層であるため、密閉型シールドを採用することとした。ニュージーランドでは、シールド工事が少ないため、泥水処理設備や防音ハウスの調達が困難であったこと、発進基地が住宅密集地にあり、泥水処理設備による騒音が懸念されたことから、設備調達、騒音対策が容易な泥土圧シールドを採用した(図-5、写真-3、

表-2 シールド諸元

掘削形式	泥土圧(気泡)
推進速度	80mm/分(全数作動時)
総推力	199,500kN
中折れ	なし
シールドジャッキ	3,562.5kN×3,000mm×56本
カッタトルク	68,220kN・m(α値22.5)
排土機構	軸付きスクリュコンベヤφ1,400mm

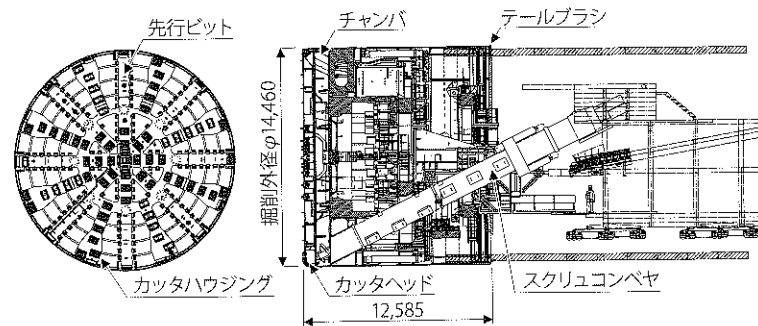


図-5 シールド

表-2)。カッタビットは、軟岩および一軸圧縮強度の高い亀裂性中硬岩に対応するため、カッタヘッドのカッタ装着部を、ハウジング構造(図-6)とし、先行ビット・ローラカッタのいずれも装着できる構造とした。

5-2 チャンバ内土砂流動管理システム

大断面シールドでは、入念な切羽管理により周辺地盤の変状を抑制することが重要である。そこで、チャンバ内の土砂の塑性流動性をリアルタイムに管理する目的で、「チャンバ内土砂流動管理システム(大林組特許技術)」を採用した。

従来の泥土圧シールドの掘進管理は、土砂の排土性状やカッタトルクなどを観察し、経験や定性的な判断によって行われてきた。チャンバ内土砂流動管理技術は、泥土圧シールドの隔壁に設置したフラッパーを回転させ、フラッパーの回転トルク値から、チャンバ内の土砂の塑性流動状態を把握し、定量的な評価にもとづく掘進管理を実施することで、シールドの安全かつ安定した掘進が実現できる。当工事に採用した装置を写真-4に示す。

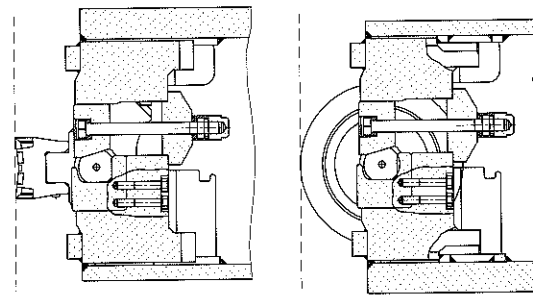


図-6 カッタハウジングの構造

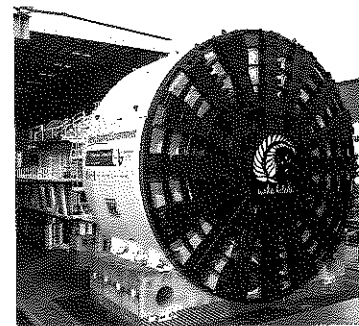


写真-3 シールド

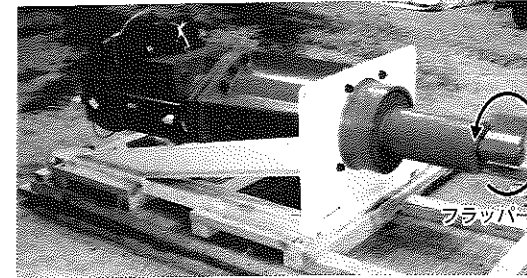


写真-4 チャンバ内土砂流動管理システム装置

リング番号	44リング掘削時	50リング掘削時
チャンバ内土砂流動管理システム(解析結果)		
チャンバ内の状態	閉塞状態	塑性流動状態

図-7 チャンバ内土砂流動管理システムモニタリング結果(南行き線初期掘進)

往路トンネル(南行き線)の初期掘進区間では、気泡混合率を気泡シールド技術資料(シールド工法技術協会)の算定式により計算し混合していたが、チャンバ内閉塞の傾向が見られた。これは、掘削により土砂状となった軟岩(砂岩)の粒径がシルトの粒径に近く、掘削土砂が粘性を呈したことから、初期掘進時に使用した起泡剤が海外製品で濃度が日本の起泡剤と異なっていたことなどにより、当初計画の混合率では、小さすぎたことが原因と考えられる。

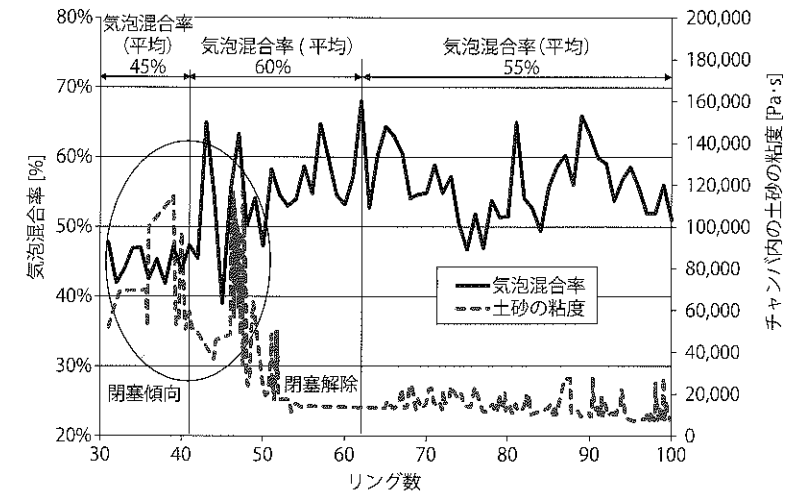


図-8 気泡混合率とチャンバ内土砂の粘度の関係(南行き線初期掘進)

そこで、チャンバ内土砂流動管理システムの解析結果を運転席に設置したモニタで確認した結果、カッタ中央部での閉塞が顕著であったため(図-7)、カッタ中央部への気泡注入量を増やし、最適な塑性流動状態になるように調整しながら掘削を続けた(図-8)。その結果、チャンバ内は、閉塞傾向から良好な塑性流動状態に移行し、その後も、閉塞や噴発の傾向をその都度確認しながら掘削することで、良好な塑性流動状態を最終到達まで維持した。

5-3 シールド発進

シールドの発進部は、シールドの後方をセグメントと同じ半径のハーフパイプ状に掘削した(写真-5)。

トレンチ内に後続台車を配置し、初期掘進時から後続台車を牽引しながらシールドの掘削を開始

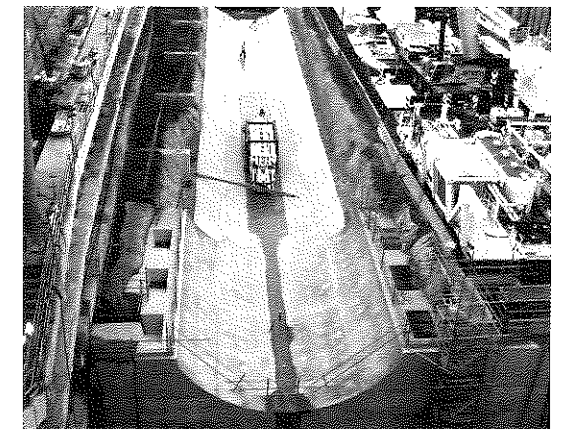


写真-5 南開削部発進立坑

した。反力支保工には、鋼材最低減を目的として、斜材に水平方向、鉛直方向のどちらに対しても剛性が確保できる鋼管を使用した(写真-6)。

5-4 シールド回転

往路トンネルを掘削したのち、北開削部にて、

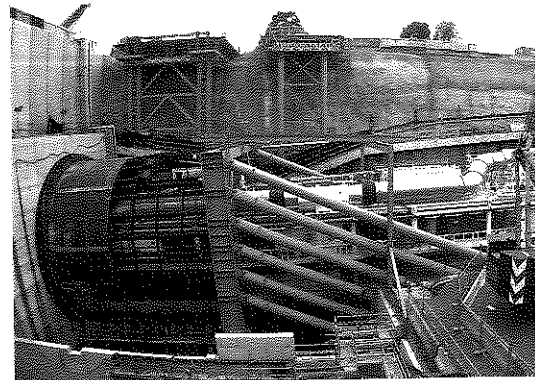


写真-6 シールド発進状況

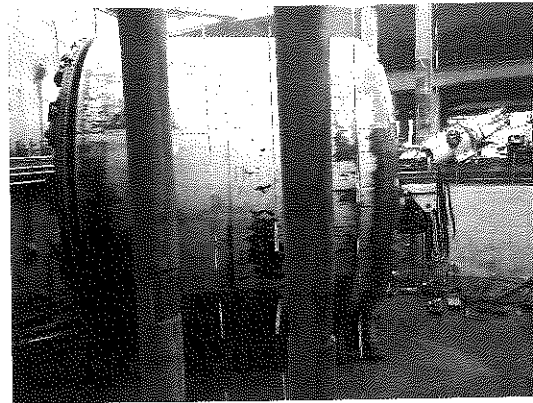


写真-7 シールド回転状況

シールドの回転作業を行った。シールド回転は、底版コンクリートを鉄板にて養生した後、湿式摩擦低減材を塗布し、シールドを受け台ごと回転させた(写真-7)。湿式摩擦低減材には環境への影響を配慮し、生分解性のラノリンを主成分としたグリースを採用した。鉄と鉄との摩擦係数を0.2とし、100t油圧ジャッキ8本で回転する計画としていたが、実際の施工では、100t油圧ジャッキ4本のみで回転させることができた。摩擦係数の実測値は平均で0.08であり、計画時の摩擦係数0.2に比べ、40%程度であった。

5-5 シールド到達

シールドは2014(平成26)年の9月29日に、北開削部に到達し、回転・再発進後、2015(平成27)年10月19日に南開削部に到達(最終到達)した(写真-8)。到達では、シールド通過部を無筋コンクリートとした妻壁を直接切削して到達させた。

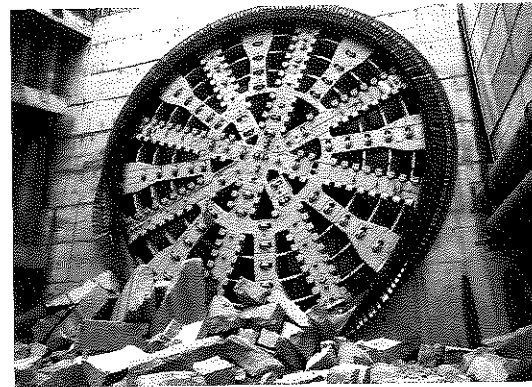


写真-8 南開削部到達

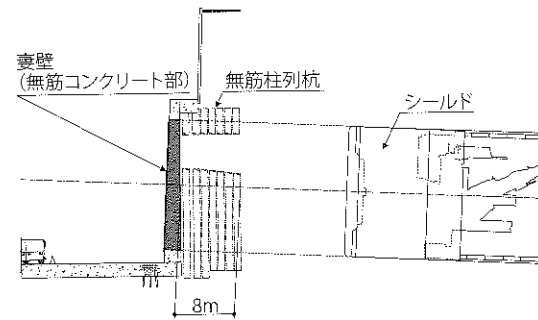


図-9 到達防護工

妻壁の背面に、無筋柱列杭をトンネル延長方向に8m施工し、到達防護工とした。本工事の開削部の土留め壁は排水構造であり、地下水位はトンネル下端以深であったため、到達防護は、止水目的ではなく、地盤の安定性確保のみを目的とした(図-9)。

シールドは開削部本体構造物へ到達させるため、妻壁に作用する推力を低減させる必要があった。そのため、到達防護工(無筋柱列杭)掘削中に切羽圧を徐々に低下させ、妻壁手前で切羽圧がゼロになるように掘削した。

本工事のシールドは、カッタ交換時に、地山に貫入しているカッタヘッドを後退させるため、油圧ジャッキによりカッタヘッドのみを前後進できる構造としている。これにより、妻壁切削時には、シールド本体を停止させたままカッタヘッドだけを前進させて切削し、300mm掘削後、カッタの回転を停止し、シールド本体を推進するサイクルをくり返した。この結果、妻壁に作用する推力を低下

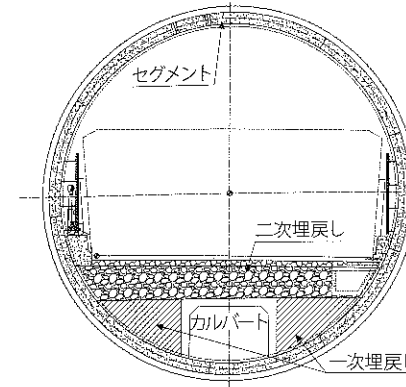


図-10 トンネル断面図

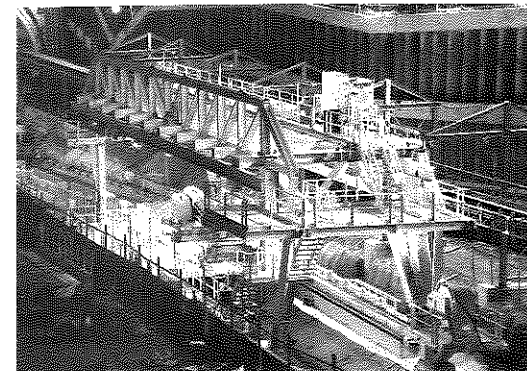


写真-9 カルバート設置台車

させ、振動や衝撃による開削部本体構造物への影響低減を図ることができた。

6 カルバートの同時施工

本工事では、工程短縮の目的で、シールド掘進と並行して本設の配管およびケーブル敷設用のカルバートをトンネル内に設置し、カルバートの両側(1次)と上部(2次)を粒調砕石で埋戻した(図-10)。応札当初は、施工性および経済性から配管は路盤内に、ケーブルはトンネル側面に布設する計画であったが、発注者の要望により、メンテナンスの利便性を考慮したカルバート構造に変更した。

カルバートの設置は、シールドとは別にシールドの後方で独立可動するカルバート設置台車により行った(写真-9)。シールドの掘進に影響がないように、カルバート設置台車の前方にスロープを設け、セグメント運搬台車がインパートにアクセ

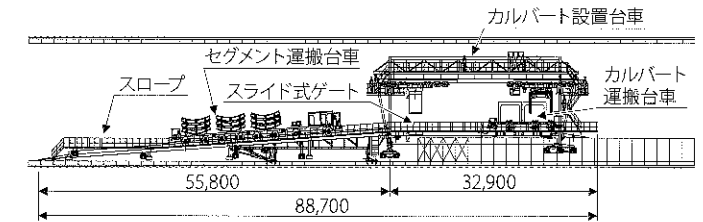


図-11 カルバート設置台車



写真-10 カルバート設置状況

スできる構造とした(図-11)。カルバートの投入は、カルバート設置台車中央に設けたスライド式ゲートを使用し、投入は、シールド掘進のサイクルと調整をしながら行った。セグメント運搬台車がカルバート設置台車を通過し、切羽でのセグメント荷卸し中に、ゲートを開放し投入(写真-10)、セグメントの荷卸しが完了するまでに2基のカルバートの投入を完了させ、ゲートを閉鎖し、セグメント運搬台車の通過に備えるサイクルとした。

7 横連絡坑施工

横連絡坑は、隣接トンネルへの緊急避難通路に加え、消火設備室やトンネル最深部ではポンプ室としての役割を兼ねており、150mごとにトンネル内に16か所設置した。横連絡坑の施工は、往路トンネル側から復路トンネル側に向かって行い、掘削時の切羽・天端防護としての先受け鋼管を打設した。掘削は、北開削部から再発進した復路のシールドが通過した連絡坑から随時開始した(図-12)。切開きに先行して、仮設支柱梁を両トンネルの開口部に設置し、往路シールド側の鋼製セグメントの開口となる部分を撤去した。その後、自

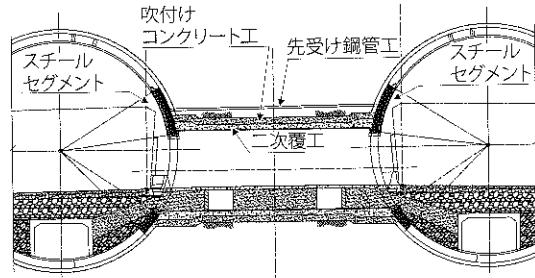


図-12 横連絡坑縦断面図

由断面掘削機による掘削、吹付けコンクリートの施工によりトンネルを構築した。隣接するトンネルのセグメント背面に到達後、復路トンネルの開口部鋼製セグメントを撤去し貫通させた。貫通後にシート防水工、二次覆工(写真-11)を施工した。

8 おわりに

今回、日本のシールド技術を積極的に導入したこと、アライアンス契約により、現場に携わるメンバーが、一丸となって工事に着手したことにより、南半球最大径14.46mの大口径シールドの掘削を完了させた。現在は、2017年内の開業に向け

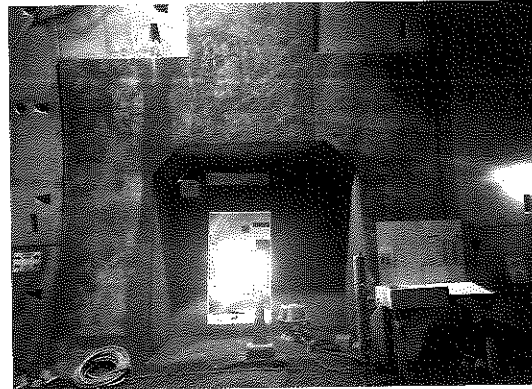


写真-11 横連絡坑二次覆工

てトンネル内の仕上げ工事、南・北開削部の躯体工事を行っている。日本国内では、シールドの大断面化・長距離化が進んでいるが、海外でも同様の傾向があり、工事が大型化・複雑化してきている。日本企業が海外で工事を行うにあたり、新しい契約方式への対応、海外への日本の技術の輸出などが、今後、ますます必要になると考えられる。本稿が、こうした工事へ参画するうえでの参考になれば幸いである。

施工

都心ならではの困難な課題を克服し皇居内濠の水質改善と浸水対策を実現

—東京下水道 第二溜池幹線—

東京都下水道局計画調整部事業調整課長 藤橋 知一
東京都下水道局計画調整部事業調整課施設計画担当 工藤 章弘

1 はじめに

東京都下水道局では、お客さまの安全を守り、安心して快適な生活を支え、良好な水環境と環境負荷の少ない都市の実現に貢献するため、浸水対策事業や合流式下水道の改善などの事業を推進している。今回のプロジェクトの中心地となる港区赤坂・溜池地区などでは、古くに下水道が整備され、都市化の進展に伴う下水道への雨水流入量の増加により、下水道施設の流下能力を超える豪雨による浸水被害が、たびたび発生していた。また、この地区の流域は合流式下水道で整備しており、強い雨が降ると、合流式下水道の雨水吐口から汚水

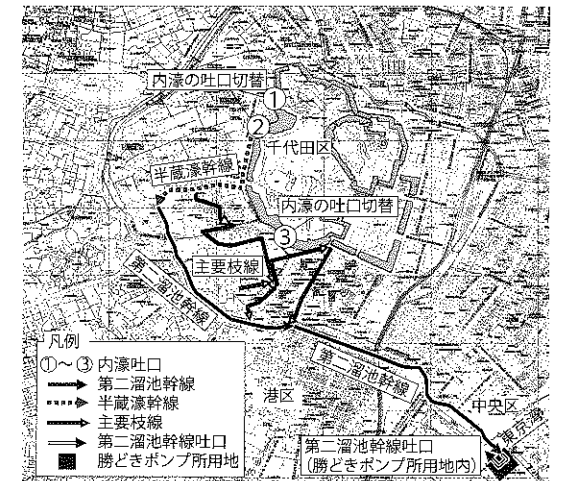


図-1 第二溜池幹線プロジェクト概要図

表-1 第二溜池幹線プロジェクト

	第二溜池幹線	半蔵池幹線	第二溜池幹線吐口 (勝どきポンプ用地内)	主要枝線および内濠の吐口切替
都市計画決定	1982年1月 1990年3月(変更) 1999年2月(変更)	1990年3月	1999年2月	—
規模	6,500~8,000mm	3,750mm	—	—
延長	4.5km	1.6km	—	—
起点	中央区勝どき五丁目	千代田区紀尾井町	中央区勝どき五丁目	—
終点	千代田区紀尾井町	千代田区一番町	—	—
流域面積	約640ha	約200ha	—	—
完成	2015年度	1999年度	2015年度	2015年度
事業費	約310億円		約20億円	約70億円

セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B 5判 132頁 本体価格 2,000円

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

株式会社 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

混じりの雨水が皇居内濠などの閉鎖性水域に放流されており、閉鎖性水域の一層の水質改善が望まれていた。このため、新たに第二溜池幹線や半蔵濠幹線を整備し、港区赤坂・溜池地区などの浸水被害を軽減しお客さまの安全を守るとともに、内濠などに放流していた汚水混じりの雨水をこれら幹線に切替え放流先を東京湾に変更することで、良好な水環境を創出する第二溜池幹線プロジェクト(表-1、図-1)に取り組んだ。

都市計画決定から約35年を経てプロジェクトが概成したので、プロジェクトの意義、実施にあたって工夫した技術などについてとりまとめたので報告する。

2 計画概要

2-1 第二溜池幹線流域における下水道計画の変遷

東京都区部における下水道は、公衆衛生の向上、浸水被害の解消を目指し、1884(明治17)年に着手した神田下水(写真-1)が始まりである。その後、1908(明治41)年に東京下水道の基本計画である「東京市下水道設計」を策定し、頻発していた浸水被害への対応を早期に進めるため、汚水と雨水を同時に排除する合流式下水道を採用して整備を進めた。1922(大正11)年に、最初の処理場である三河島処理場の運転を開始し、1931(昭和6)年には芝浦処理場で簡易処理を始め、1934(昭和9)年から、わが国初の本格的な高級処理を開始した。

第二溜池幹線流域(図-2)の雨水整備計画については、戦前から1時間50mm降雨に対応する計画であり、大部分の管渠能力は1時間50mm降雨対応、流出係数 $C=50\%$ 相当で整備された。しかし、戦後の土地利用の効率化は著しく、都市部では道路舗装率が伸び、さらに都市再開発などにより緑地空間が狭くなり遊水・保水機能が減少してきた。その結果、雨水が短時間に河川・下水道施設へ流入して、豪雨時には浸水が発生し都民の生活環境を脅かすこととなった。

2-2 雨水再整備計画の策定

東京都は、国の支援や地元の理解と協力を得て、

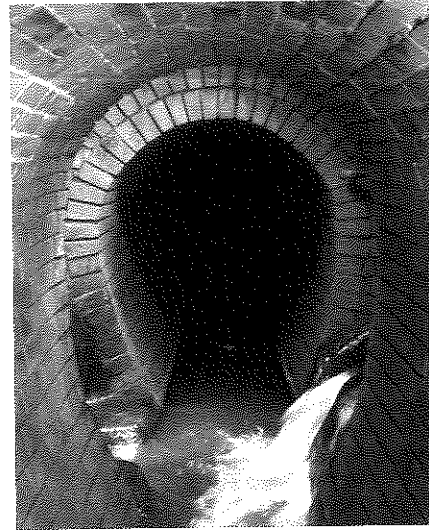


写真-1 神田下水

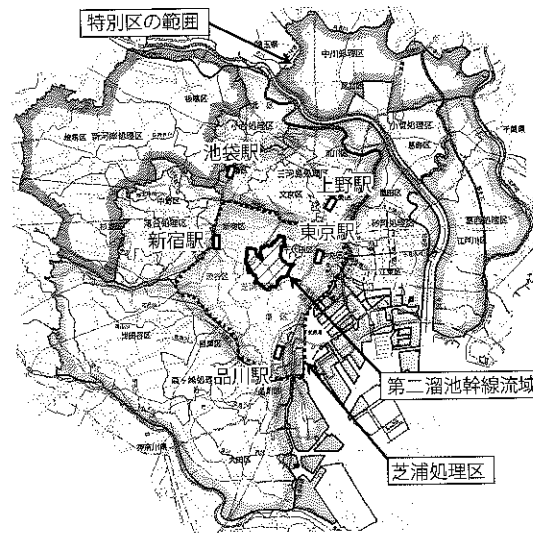


図-2 第二溜池幹線流域の位置図

精力的に下水道の整備を進めた。1981(昭和56)年度末時点で、東京都区部の下水道の普及率は76%、本プロジェクトの流域となる千代田区や港区では98%となった。しかし、都市化の進展により雨水の流出が増加し、下水道が整備された地域において、管渠、ポンプ所などの施設の雨水排除能力を超え、浸水被害がたびたび発生するようになった。

そこで、下水道が1時間50mm降雨対応、流出係数 $C=50\%$ 相当で普及した地域内で、雨水流出係

数が増大している地域に対し、雨水排除能力の増強を図るため、雨水再整備計画を1982(昭和57)年7月に策定した。本計画は、下水道が整備済みの地域に対し再度の整備を行うという主旨から、名称を雨水再整備計画とした。計画内容は、下水道管などの能力不足をきたすようになっている地域、ならびに、浸水の危険性の高いポンプ排水区域において、流出係数を50%相当から80%相当へ改訂し、増補幹線、バイパス幹線、ポンプ所などの基幹施設を整備することで雨水排除能力の増強を図ることとした。

2-3 第二溜池幹線の計画

雨水再整備計画の策定にあわせて第二溜池幹線流域が含まれている芝浦処理区では、溜池幹線を始めた5幹線を1982(昭和57)年に都市計画決定し、浸水対策の取組みを進めた。1990(平成2)年には、雨水排除の能力不足が顕著となってきた溜池幹線、半蔵濠幹線の増補幹線として、溜池幹線雨水渠(現在の第二溜池幹線)を計画した。

1988(昭和63)年に策定された臨海副都心開発基本計画により、東京都市計画道路環状第2号線の臨海副都心への延伸が計画された。これに伴い、環状2号線の整備ルートと溜池幹線雨水渠の流下先が競合し、下水道の整備ルートを都市計画変更した。1999(平成11)年には、溜池幹線雨水渠の名称を第二溜池幹線に変更し、流下先を勝どきポンプ所の計画用地内とし、勝どきポンプ所を都市計画決定するとともに、第二溜池幹線の吐口と勝どきポンプ所の吐口を一体施工することとした(図-3)。

3 事業目的

3-1 浸水対策の推進

赤坂・溜池地区などでは、既設管渠の流下能力を超える豪雨により、たびたび浸水被害(写真-2)

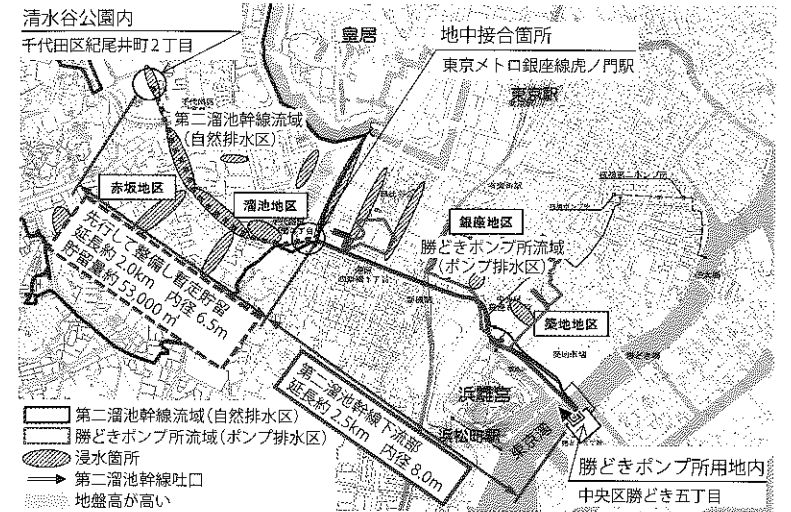


図-3 工事概要平面図



写真-2 2000(平成12)年の浸水状況(溜池山王駅付近)



図-4 内濠の既設雨水吐口(4か所)

が発生していた。1時間50mm降雨対応の整備により、これらの地区の浸水対策を推進した。

3-2 閉鎖性水域の水質改善

内濠においては、千鳥ヶ淵や桜田濠などに4か所の雨水吐口(図-4)があり、本プロジェクトの完成前の内濠への越流回数は年間25回程度であった。これら4か所のうち、部分分流化により雨水のみを放流するよう改善済みであった清水濠を除く、3か所の吐口からの放流を東京湾へ切り替えることにより、閉鎖性水域の水質改善を図ることとした。

4 工事概要

4-1 工事概要

第二溜池幹線は、千代田区紀尾井町の清水谷公園から、隅田川に向かって中央区勝どき5丁目の勝どきポンプ所計画用地内までを結ぶ、上流部(内径6,500mm, 延長1,995m)および下流部(内径8,000mm, 延長2,517m)からなる全長4,512mの幹線である。通常は、下流部から整備を行うが、下流部は道路整備のスケジュールと整合する必要がある。このため、浸水の多い上流部を先行整備し、暫定貯留管として活用することで、早期に浸水対策の効果を発現させることとした。

先行整備した上流部の区間は、1991(平成3)年に着手し、2001(平成13)年度に完成し、接続した半蔵濠幹線(1999(平成11)年度完成)と併せて、雨水を一時的に貯留する暫定貯留管(約53,000m³)として供用した。下流側の区間においては、流下先である勝どきポンプ所用地内に立坑を設けシールドを発進させ、すでに暫定貯留管として供用していた上流部と地中接合した。本幹線の整備ルートは、隅田川の横断部を除くと、おもに都道下であり、地下鉄などの地下埋設物が多数輻射しているため、隔離を確保すると土かぶりが約40mとなり施工深度が大きくなる。また、通過土層は主として細砂であり、0.4MPa程度の被圧水が作用することから、施工方法は泥水式シールド工法を採用した。

長大サイフォン管である第二溜池幹線の雨水を、

ふかし上げ方式で放流させるため、勝どきポンプ所用地内に吐口を設置した。また、第二溜池幹線の整備に合わせ、複数の主要枝線や分水人孔を整備した。さらに、内濠への放流を解消するため、内濠に設置されている3か所の吐口からの放流を東京湾へ切り替えるため、新たに取水人孔と主要枝線を設けた。これら一連の第二溜池幹線プロジェクトは、大都市下でのさまざまな高度な技術を結集した工事となった。

4-2 H&Vシールド工法の採用

第二溜池幹線のシールド発進立坑は、新たに建設する雨水ポンプ所である勝どきポンプ所用地内とした。当該箇所は、第二溜池幹線とは別流域である中央区銀座・築地地区の雨水を収容する勝どき幹線の発進も同じ用地内で行うことから、この2幹線の施工方法について検討した。

ポンプ所躯体や放流渠との配置上、幹線の立坑規模を限られたスペースに小さく収める必要が

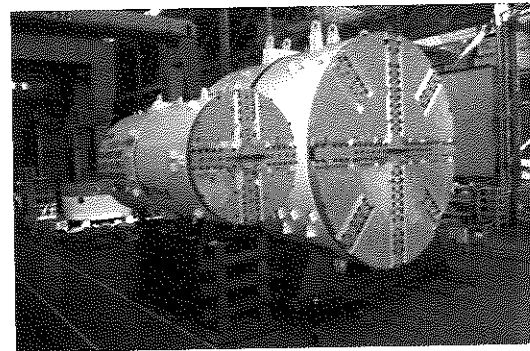


写真-3 H&Vシールド

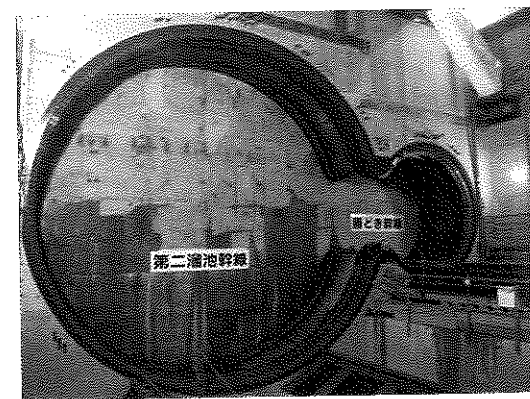


写真-4 H&Vシールドエントランス部

あったため、第二溜池幹線と勝どき幹線は同一立坑から発進した。また、埋設物との離隔などを確保する関係上、両幹線は同等の土かぶりとなる。施工方法を比較検討し、立坑規模を小さくでき、工期短縮が可能なH&Vシールド工法(写真-3)を採用して、2幹線を同時に施工した。

H&Vシールド工法は、複数の円形断面を組み合わせることにより、並列する管渠を近接して整備することができ、多様なトンネル断面(写真-4)を構築できる工法である。第二溜池幹線では、並列する勝どき幹線とのシールド間離隔を295mmとして同時に発進することとした。発進後約300m付近で、シールド前胴の連結ピン、後胴の接合ボルトなどをシールド内から取外し、複円形断面から単円形断面へと分岐させた。分岐後は、それぞれの幹線到達部まで単円シールドとして掘進させた。

東京都下水道局でH&Vシールド工法を採用した事例は、和田弥生幹線に接続する南台幹線(φ2,400mm)と南台西幹線(φ2,000mm)の施工実績があり、今回の事例は2例目となった。2幹線の内径が8,000mmと3,500mmであり、大口径かつ口径比が約2.5倍となるシールドの同時発進は全国的にも例のないものである。

4-3 既設第二溜池幹線との地中接合

シールド工事の接合箇所は、立坑を設置して接続することが基本である。しかし、都心部においては、立坑用地の確保が非常に困難である。本地中接合は、新設する第二溜池幹線の下流部を、工事終点部で上流部の既設幹線と接合する工事であった。

先行整備した上流部は、シールドが地中接合箇所である虎ノ門駅直下に到達後、掘進設備を解体し二次覆工を行い、外胴・隔壁・面板が残置されている状態であった。接合箇所が虎ノ門駅直下(図-5)となり立坑の構築が不可能であったことか

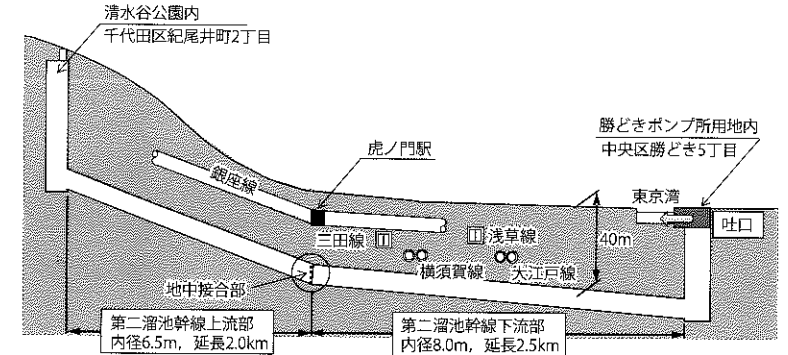


図-5 工事概要断面図

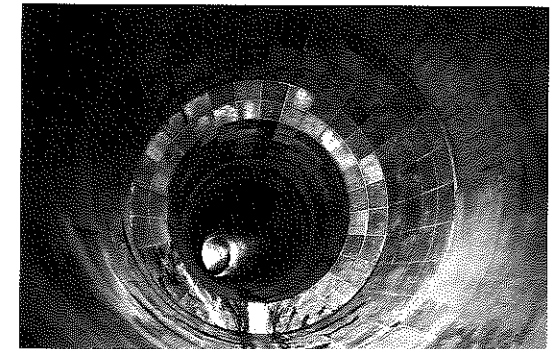


写真-5 地中接合箇所(手前:内径8.0m,奥:内径6.5m)

ら、非開削での管接合とした。虎ノ門駅と近接するため、施工による地盤への影響を東京メトロの定める管理値の±3.5mm以内とする必要があった。

また、土かぶり約40mの大深度、地下水圧約0.4MPaの高水圧下で行う管接合となることから、補助工法には、他の地盤改良工法と比較して施工実績も多く改良体強度の信頼性が高く、高い止水性が得られる凍結工法を採用した。しかしながら、凍結工法は、ひとたび出水が生じると、それによって凍土の融解が拡大し、接合箇所から大量の土砂と地下水の流入を管内に招くおそれがある。この場合、坑内の作業員への危険性はもとより、地下埋設物の沈下や道路の陥没を引起す可能性がある。また、地中接合の際、シールドの変形により凍土との隙間が生じた場合、大深度高水圧下においては地下水が坑内へ流入する可能性が高く、こうした事態への対策が必要であった。

このため、局内に検討会を設置して、発注者、受注者の協力体制のもと、①緊急時における事故

発生防止対策の実施、②凍土の融解を防止するため温度管理を徹底、③シールド内空の変位をゼロに近づけるための変形解析・変位抑制対策の実施などを行った。

これら対策を実施した結果、停電などに備えた凍結機のリスク管理および凍土の性状管理、トンネルの変状管理などを適切に行い、凍上・沈下量を管理値以下に抑えることができた。また、鉛直支保工による変位抑制対策が有効に働き、シールドの内空変位が鉛直変位-0.5mm以下、水平変位0.25mm以下となり、変位を限りなく小さくし地中接合を完了(写真-5)させることができた。

4-4 鉄道などの各インフラ管理者との協議

幹線の整備ルート上には、都営地下鉄大江戸線や東京メトロ銀座線のほか、JR線(山手線などの在来線および東海道新幹線)、NTTとう道など、大規模な地下埋設管や地下構造物が整備されている(図-5)。道路管理者などの各管理者と協議を行い、重要構造物に対しては、影響解析による予測変位量を算定して、管理値以内であることを確認し施工許可を得ることができた。

また、主要枝線(内径2,200mm、延長870m)は地下埋設物が支障となり、整備ルートの検討が困難な状況であった。ルート上の日比谷共同溝内に整備した場合の将来計画や維持管理性、施工性について検討し、国土交通省の協力を得て、東京国道事務所が管理する日比谷共同溝内に整備することが可能となった。共同溝から第二溜池幹線への取込みは、共同溝立坑と第二溜池幹線の間を推進工法で接続することとした。主要枝線を共同溝内に整備できなかった場合、第二溜池幹線に接続するまで主要枝線をサイフォン構造とせざるを得ない状況であったが、日比谷共同溝での整備が実現できたことで、維持管理性の良い、効率的な流下ルートが設定できることとなった。

4-5 水理模型実験による水理特性の把握

第二溜池幹線は、全長約4.5km、土かぶり約40

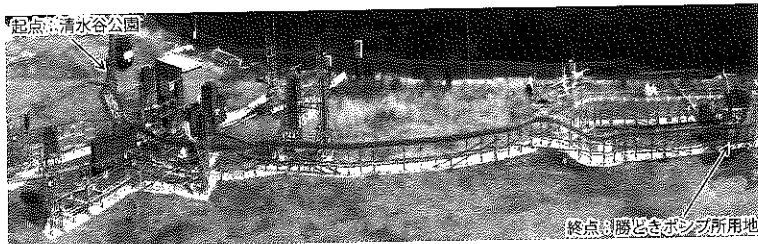


写真-6 水理模型実験状況

mの長大サイフォン構造の雨水幹線である。長大サイフォン管内で発生する動水位などを踏まえた、既設管渠および人孔の対策、主要枝線の検討が必要であったため、水理模型実験を行った(写真-6)。

長大サイフォン管内では、雨水の流入に伴い複雑な水理現象が予想されるが、大別すると「定常状態」と「非定常状態」とに二分される。定常状態とは、管渠が満管となり、水位が安定した状態のことで、動水位も容易に計算できる。非定常状態とは、管渠が満管となるまでの水位が不安定な状態で、段波現象やサージ現象などが起こる。

実験の結果、流入水が、ふかし上げ人孔に到達すると、上流側の清水谷人孔に向かって段波が遡上する非定常状態となった。段波の遡上とともに幹線管渠の空気が圧縮され、特定の人孔から、圧縮された空気が噴出する現象が確認できた。とくに、最上流部の人孔である清水谷人孔からの空気噴出が卓越していることを確認した。

これら実験結果を踏まえ、人孔部での流入形式の変更、幹線および流域での流域・取水量変更による第二溜池幹線流入量の低減などの対策を行った。再検証した結果、第二溜池幹線人孔からの水の噴出が生じないことが確認されたため、これら対策を踏まえ設計した。

4-6 下水道を理解していただくための取組み

都心部直下での大規模下水道施設(最大級の内径、深度)建設に対する理解を深めるため、全延長完成後の現場見学会(写真-7)を2015(平成27)年5月に開催した。従来は、現場周辺にお住まいの方々やマスコミを対象として行っていたが、今回は、インターネットによる公募を行うことで見学者の拡大を図り、約270名が参加した。見学会で

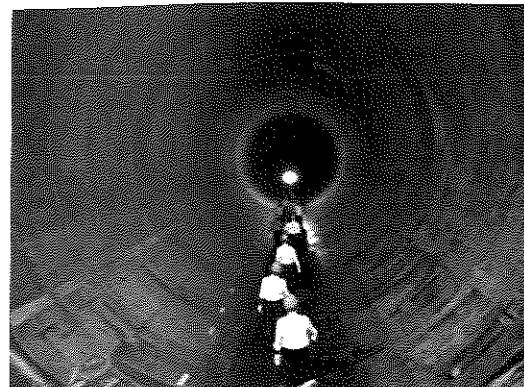


写真-7 幹線内見学の様子

は、パワーポイントを用いた見学会概要説明に加え、PRコーナーも設けてパネルを展示し、都心部での困難な課題を克服した技術の事例を紹介した。アンケートの集計結果では、「都心の地下で、このような巨大な下水道管が整備されていたことに驚いた」「東京の地下で下水道が私達の生活を支えているのだということに改めて実感した」など、今回の見学会によって下水道に対するイメージが変わったという人が大部分を占めた。

効果的な広報のためには、お客さまのよりきめの細かいニーズの把握が必要である。今後も、下水道事業の理解を得るため、ほかの下水道施設においても、年代や立場が異なる多様なお客さまを迎え、参加者の安全を確保しつつ、下水道事業を効果的にPRしていく必要がある。

5 プロジェクトの効果

5-1 千代田区・港区における浸水被害の軽減

港区赤坂・溜池地区などの浸水被害地区において、2001(平成13)年度には、第二溜池幹線の上流部を完成させ、半蔵濠幹線と合わせ、約53,000m³の暫定貯留管として供用し、浸水被害を軽減することができた。また、下流部の完成により、第二溜池幹線全体を流下管として活用することで、港区赤坂・溜池地区などにおいて、1時間50mm降雨



写真-8 内濠周辺(千鳥ヶ淵付近)

対応の整備が完了した。

5-2 内濠の水質改善

2015(平成27)年度末に内濠に放流されていた汚水混じりの雨水の流下先を、第二溜池幹線に接続する主要枝線への切り替える工事が完了し、年間25回程度発生していた内濠(写真-8)への雨水の放流は、2016(平成28)年度より完全になくなることとなった。

6 おわりに

第二溜池幹線プロジェクトは、国土交通省を始め国の関係機関、地元区、道路管理者、各インフラ施設管理者などの協力を得ながら、受注者と発注者がお互いの役割分担のもと、施工方法の選定などのさまざまな技術的課題の解決を図るとともに、流域全体のプロジェクトを総合的に捉えてマネジメントしたことにより、安全かつ円滑に遂行することができた。第二溜池幹線の完成は、千代田区および港区における浸水被害を軽減するとともに、さらに、内濠の水質改善に大きく寄与するものである。引き続き、勝どきポンプ所の整備を推進するとともに、大規模で大深度の下水道施設の維持管理におけるさまざまな課題の解決を図りながら、完成した下水道施設の機能が確実に発揮され続けるよう取り組んでいく。



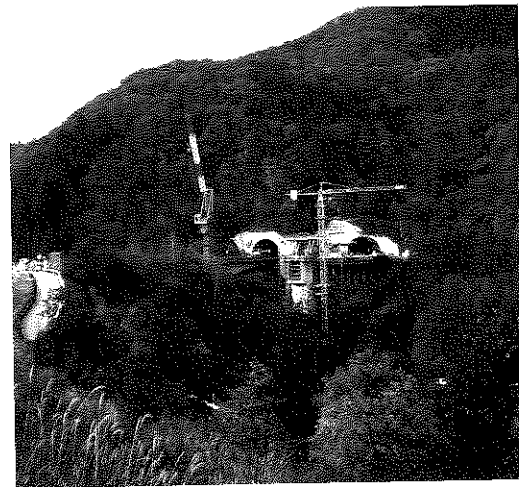
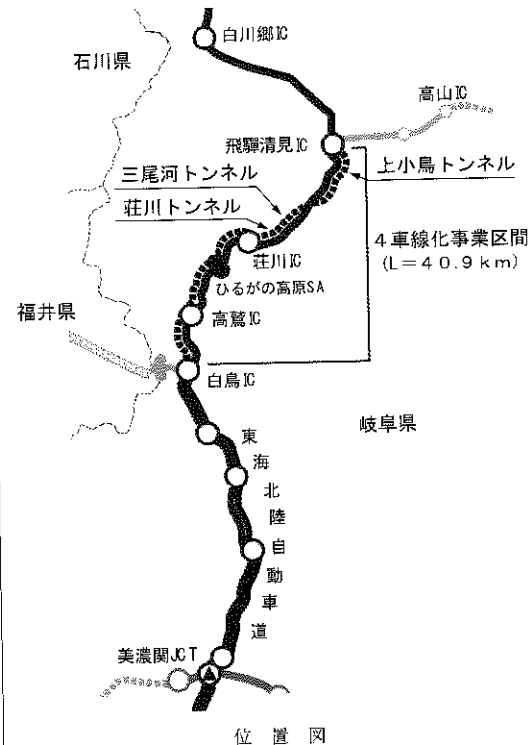
「飛驒の小京都」高山より

吉久良治

高山市は、岐阜県の北部、飛驒地方の中央に位置している。東西に約81km、南北に約55kmあり、面積は2,177.61km²と市としては日本一広い。面積の約92.1%は森林で占められ、山や川、溪谷、峠などで地理的に分断され、標高1,000mを超える場所もあり、地形的に大きな変化に富んでいる。地質状況は、飛驒帯の南縁部付近に位置しており、中世代ジュラ紀の麦島花崗岩類が基盤を構成している。

気候は内陸性気候で、昼夜、夏冬の気温差が大きく、湿度は低い。冬は大変寒く、サラサラとした雪が舞い、冷え込むときは氷点下15度までも下がることもある。工事に着手して最初の冬には、平成26年豪雪に見舞われ広域停電となり、極寒に耐えていたとき、避難所で、地元の人たちから暖かい蕎麦と温泉の提供を受け、感謝の気持ちで身も心も温まることができた。

夏は、日中まぶしくて目を開けていられないくらい



荘川トンネル北坑口部

日差しは強いが、それでいて湿度は低くカラッとした爽快感が味わえる。夜は大変涼しくなり、布団をかけて寝なければ風邪をひいてしまうほど、気温が下がる。山地には栗・どんぐり・胡桃などの植物資源や、猪・熊・鹿などの動物が豊富で、豊かな自然の中で狩猟採取がくり広げられていたようだ。私も工事関係者も、これらの動植物にはわりと日常的に遭遇できる自然環境である。

本工事は、東海北陸自動車道(白鳥IC～飛驒清見IC)の4車線化事業区間(L=40.9km)のうち、荘川トンネル(L=1,069m)・三尾河トンネル(L=888m)・上小鳥トンネル(L=748.4m)の3トンネル工事をNATM発破工法にて施工中である。

この区間の4車線化による整備効果として、観光シーズン・スキーシーズンに発生する慢性的な渋滞の緩和および重大事故・維持管理作業に伴う交通障害の抑制など、地域の活性化が期待されている。

今後も、地元の方々のご理解やご協力をいただきながら、豊かな自然環境の保護およびⅡ期線工事によるⅠ期線への影響防止、安全の確保を第一に、工事を継続させる所存である。

((株)フジタ荘川・三尾河・上小鳥トンネル作業所総合所長)

土木情報 No. 523 今月の主な入札結果

(11月10日～12月9日)

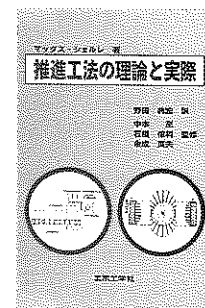
事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
東北地整	R106茂市T	前田建設工業	6,526.5
関東地整	中部横断楮根第4T(その2)	清水建設	1,090
鉄道・運輸機構	北海道新幹線、羊蹄T(比羅夫)	奥村・日本国土・礼建・山田JV	22,020
東日本高速道路	横浜環状南線釜利谷JCT	熊谷組	4,000
都・下水道局	新宿区市谷本村町外濠流域貯留管その2	銭高組	2,798.2
〃	落合水再生センター～みやぎ水再生センター間送泥管	鉄建建設	2,218
〃	千代田幹線	奥村・大豊JV	5,400
神奈川県	H28酒匂川流域下水道箱根小田原幹線管渠築造(2-1工区)公共(その4)	池田建設	212.03
大阪府	寝屋川流域下水道中央北増補幹線外分水施設築造(H28-1)	岸本・井上JV	1,271.85
長野県	H28防災・安全交付金(道路)・(一)上松南木曾線	岡谷・松本JV	930
愛知県	知立線耐震化第3工区送水管敷設	徳倉・クサカ・ナルセJV	1,262.76
広島県	広島水道用水供給事業二期T整備(海田～矢野工区)	前田・日本国土・河井JV	4,067
〃	〃 (矢野～二河工区)	戸田・錦・洋信JV	5,475
島根県	(一)大野魚瀬恵曇線古浦西長江工区防災安全交付金(改築)Tその1	今岡・カナツ・トガノJV	1,290
〃	〃	その2 今井・大福・堀JV	1,600
千葉県下水道公社	市川市市川南11号幹線建設	熊谷・上條JV	582
龍ヶ崎市	28区補佐貫地区雨水貯留施設整備	増川・セイビ・増川JV	300
藤沢市	藤沢652号線歩道築造	鉄建・入内島JV	460
相模原市	公下境川第25-イ雨水幹線整備(1工区)	富士・東神JV	325.53
燕市	都施工28-5号井土巻三丁目地内調整池設置	青山・宮本・高野JV	106.11
可児市	市道56号線(二野・大森線)T	小池・横山・市原JV	710
松山市	震対28工水1号送水管布設および推進	岸本設計工務	197.34

推進工法の理論と実際

B5判 437頁 本体価格8,500円 送料460円

マックス・シェルレ 著

野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金成英夫 監修



本書はドイツ人工学博士マックス・シェルレの著「Scherle Rohrvorrieb」の翻訳本である。挿図を多く用い推進工法の理論をわかりやすく解説している。研究・開発、計画・設計、あるいは、施工に携わる多くの実務者に最適。

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

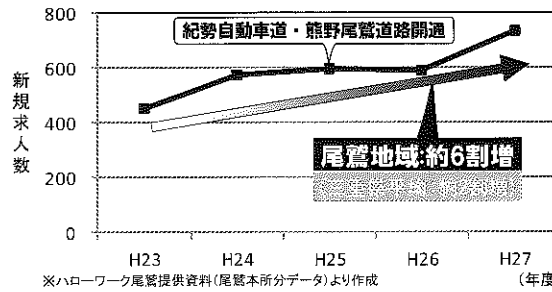
トンネルジャーナル

紀勢自動車道・熊野尾鷲道路の新たなストック効果

東紀州地域高速道路整備効果検討会は、熊野尾鷲道路の全線開通から3年が経過したことにもない、これまでに発現したストック効果に加えて、新たに確認された効果を取りまとめた『紀勢自動車道・熊野尾鷲道路のストック効果』を公表した。とりまとめられた資料(pdfファイル)は紀勢国道事務所ほかのウェブサイトからダウンロードできる。

熊野尾鷲道路が2013年9月、紀勢自動車道が2014年3月に全線開通し、国・高速道路会社・県・市町が一体となった同検討会において、開通にともなったさまざまなストック効果や地域の変化がとりまとめられ公表されてきた。今回、確認された効果は今夏の観光面などで発現したもの。人気花火ランキングでも上位に選ばれることもある熊野大花火大会では、平日の開催にもかかわらず、車での来場が1.3倍に増加し、国道42号の交通量が過去最大を記録した。また、世界遺産「熊野古道」を中心とした観光地へのツアーバスの立ち寄り台数が増加しているほか、高速道路の開通にあわせ、尾鷲市内では多数の新規出店が確認されたのに加え、卸売・小売業の新規求人数が上昇傾向にあり、事業所数減少にも歯止めがかかっている。

東紀州地域は三重県の紀北町・尾鷲市・熊野市・御浜町・紀宝町で構成された地域で、熊野古道をはじめとした豊かな歴史風土の中で、ゆとりある暮らしが実現できる一方、地理的条件などから地域経済の縮小などが懸念されているなか、高速道路網の整備などにもともない交流人口の増加や地域の賑わいな



(上)紀勢自動車道を走る鮮魚運搬車。(下)尾鷲地域の新規求人数の推移(卸売・小売業)、『紀勢自動車道・熊野尾鷲道路のストック効果』より一部改変。

どのストック効果の発現も見られている。尾鷲熊野道路は熊野市と尾鷲市を結ぶ18.6kmの自動車専用道路で、トンネルの占める割合が73%を占め、3,313mの大吹トンネル、3,197mの亥谷山トンネルなど、5本のトンネルが掘削された。現在、熊野尾鷲道路と紀勢自動車道を結ぶ熊野尾鷲道路(II期)の5.4kmが事業中で、4本のトンネルが計画されており、早期の開通が期待されている。

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

送付先 株式会社土木工学社 編集部 投稿係
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888(代)

計画

大阪梅田ヤード跡地におけるJR線地下化の計画と設計・施工

—東海道線支線地下化事業—

西日本旅客鉄道(株)大阪工事事務所大規模プロジェクト担当課 後藤 優典
西日本旅客鉄道(株)大阪工事事務所大阪工事務所 森 勇樹
西日本旅客鉄道(株)大阪工事事務所大阪工事務所 中島 卓哉

1 はじめに

東海道線支線は、東京～神戸間を結ぶ東海道線の吹田貨物ターミナルから分岐し、新大阪駅を経由して大阪環状線福島駅に至る約4.9kmの鉄道路線である。大阪港までの貨物輸送のほか、関西空港や和歌山方面への特急「はるか」「くろしお」などの旅客列車も走行している。

現在、JR大阪駅の北エリアである通称「うめきた区域」において、梅田駅・吹田信号場基盤整備事業により梅田貨物駅を撤去したのちに、東海道線支線

1.7kmを地下化する連続立体交差化事業と、新たに駅を設置する新駅事業を実施している¹⁾(図-1)。これら事業により、地下化に伴う踏切除却および低空頭架道橋の撤去により安全性を向上させるとともに、「うめきた区域」と周辺エリアとの一体的なまちづくりが可能となる。また、新駅設置により関西国際空港へのアクセス向上や、広域ネットワークの強化の効果が期待できる。2011(平成

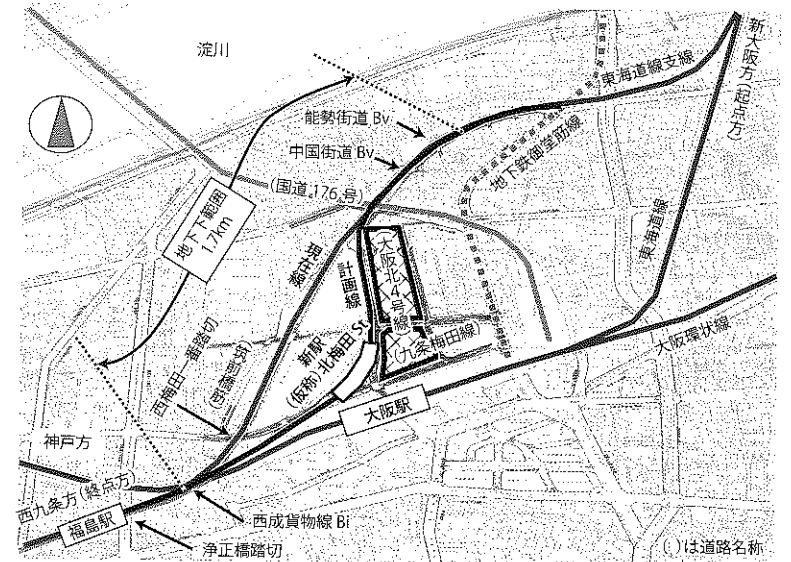


図-1 大阪駅付近平面図

23)年4月の都市計画決定後、2015(平成27)年1月に事業認可を取得した。2015(平成27)年度から詳細設計、工事契約を行い、2022(平成34)年度末の開業を目指している。

本稿では、計画時の留意点、地下構造物の詳細設計を行ううえでの検討事項、工事のおもなポイント、および先行着手している工区の施工状況について報告する。

2 計画時の留意点

2-1 配線計画

地下化の計画線については、平面、縦断の制約から、図-1,2のとおりとなった。おもな制約条件は以下のとおりである。

(1) 平面線形

駅 部：大阪駅とのアクセス向上

終点方：現在線と同じ位置で東海道線(西成貨物線Bi)と交差させる

終点方：大阪環状線の改築は最小限とする

(2) 縦断線形

起点方：地下鉄と一定の離隔を確保する

終点方：浄正橋踏切は存置させる

平面線形については、極力、大阪駅に近づけるように配線した結果、現在線からの分岐部、およびホーム部に急曲線(曲線半径400m)が生じることとなった。

また、縦断線形については、上記制約により、規程上やむを得ない場合を適用し、最大23.5%の勾配とした。

施工は、国道176号以北の旧貨物線敷を利用し

た仮線工法、うめきた区域内は更地での別線施工が可能であるため、全区間において、開削工法とした。

また、終点方は大阪環状線と併走していることと、用地の制限から工事桁を敷設することによる直下施工とした。

2-2 構造計画

起点方の複線区間の地下ボックス標準断面は図-3のとおり1層2径間で、車両形式による制限のない標準の寸法を確保した断面とした。

駅部区間の前後は、配線計画上、分岐器が配置

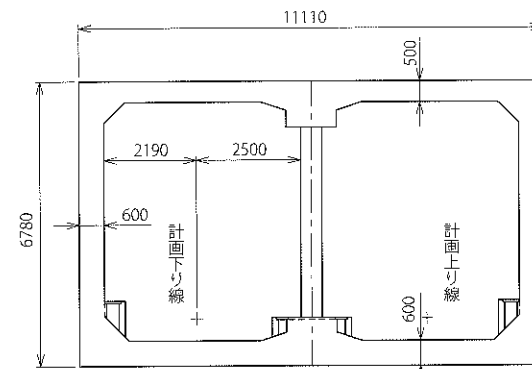


図-3 起点方断面図(1層2径間)

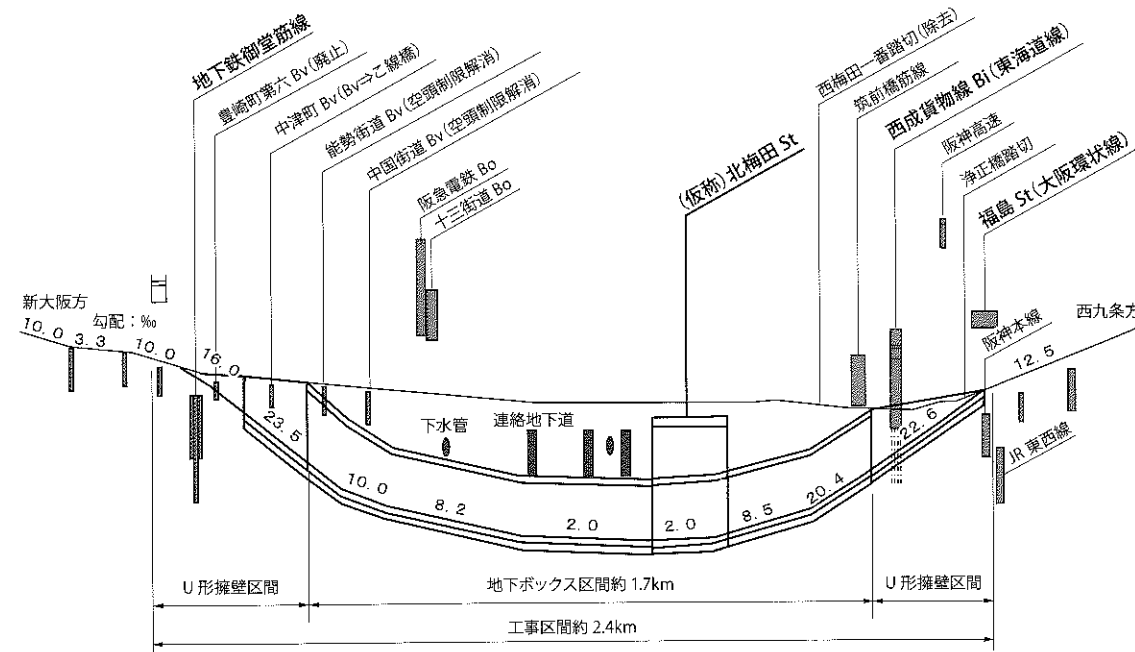


図-2 縦断略図

3 地下構造物の設計

3-1 地質条件

うめきた区域は淀川左岸の沖積低地上に立地している。表層の沖積層の下位には、砂質(砂礫)土と粘性土が互層状を呈し、そのうち沖積粘性土層

されるため、内空幅・部材厚の大きな断面となった(図-7参照)。

また、新駅はコンコース階と軌道階の重層構造とし、2層6径間(図-4)の断面となり、最大掘削幅40m、深さ15m程度の大規模な開削工事が必要となる。

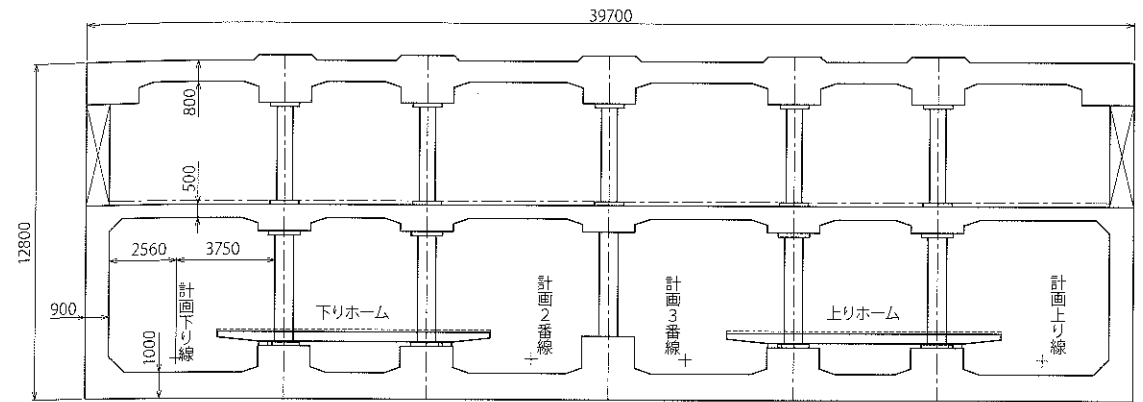


図-4 駅部断面図(2層6径間)

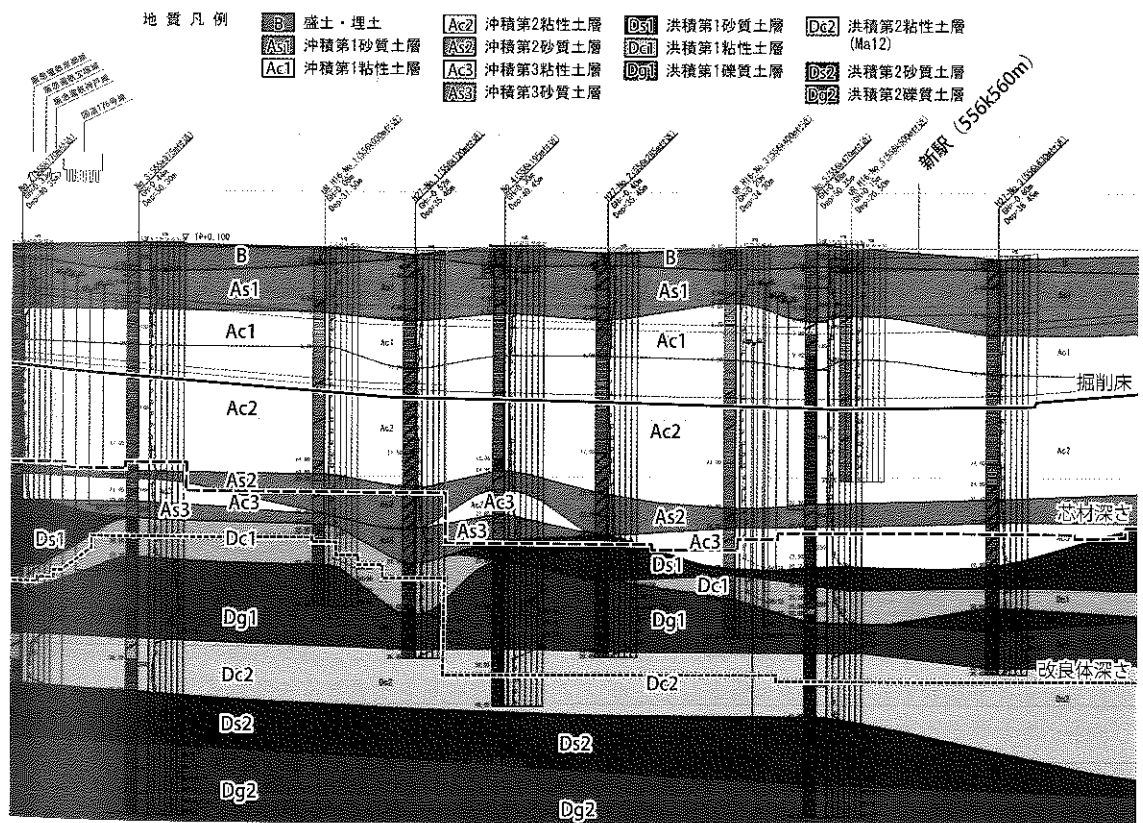


図-5 地質柱状図

は梅田粘土層と呼ばれる厚さ10m以上、 N 値0~5程度の土層 (GL-5~-20m) で構成される軟弱地盤である (図-5)。そのため、土留め壁の構造、根入れ長、掘削時の盤ぶくれ対策などについて、入念な検討が必要である。

また、地下水位がGL-1.5m程度と高く、施工時の止水対策は当然のことながら、開業後の漏水対策も重要課題である。

3-2 土留め壁

土留め壁は、トンネル区間とその前後の取付け区間においては、剛性が高く止水性の良い、ソイルセメント壁を採用した。ソイルセメントの改良径は $\phi 850$ と $\phi 600$ を比較し、止水性と経済性を踏まえて、 $\phi 850$ (芯材:H-588) とした。

盤ぶくれに対しては、底盤改良など対策があるが、開削幅が広く不経済となることから、ソイルセメントを被圧帯水層より下層の不透水層まで根入れすることにより、被圧帯水層からの揚圧力を遮断することとした。そのため、盤ぶくれ対策を検討した結果、不透水層のDc2層まで根入れすることになり、つり合いで必要な根入れ長と比べ、根入れ長が大きくなった (図-6)。また、営業線や幹線道路に近接している箇所では、掘削時の土留め壁の変形による影響や出水が懸念されるため、安全性を考慮した入念な施工管理が求められる。

3-3 漏水対策

地下構造物において、止水は重要課題であり、当社管理のほかの地下駅においても、漏水に悩まされているのが現状である。漏水対策として、ひび割れのない密実なコンクリートの設計、躯体コンクリートの外側の防水層について検討した。

3-3-1 ひび割れ抑制

地下トンネルは、温度変化による伸縮が小さい

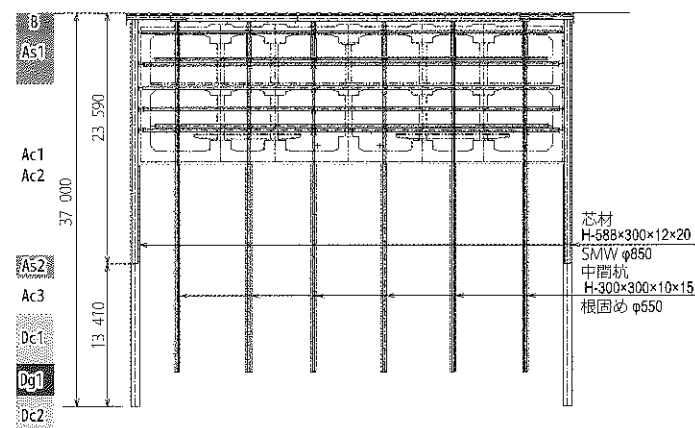


図-6 土留め工標準図

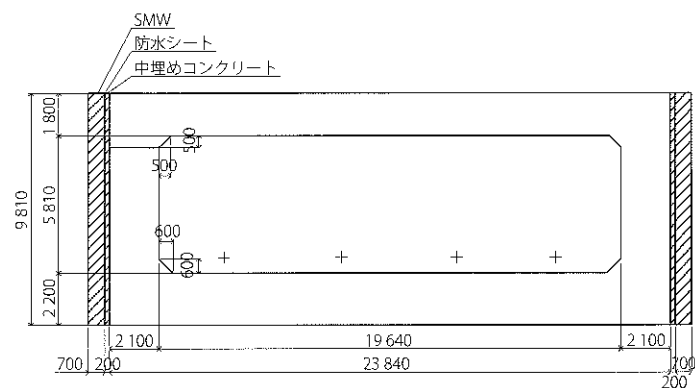


図-7 解析断面図

表-1 解析条件

項目	ケース	内容
断面数	1	1層1径間
セメント種類	4	普通ポルトランドセメント(N) 高炉セメント(BB) 高炉セメント+膨張材(BB+E) 低熱ポルトランドセメント(L)
施工時期	6	2, 4, 6, 8, 10, 12月

ことや、地震時の軌道変形抑制のため、構造目地を設けないことが一般的である。本施工においては、施工時の初期ひび割れ抑制のため、誘発目地を設けることとし、誘発目地の間隔は、既往の研究結果にもとづき5mを基本とした。

分岐器を配置することにより、中間柱が設置できない1層1径間 (図-7) の区間は、その部材厚が2mを超えるマスコンクリートとなる。そのため、水和熱上昇による内部拘束や、側壁基部や上床版

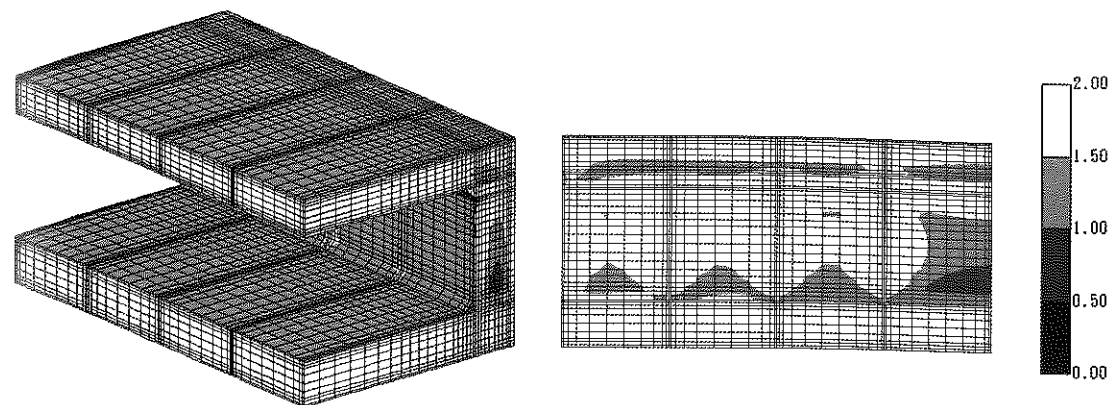


図-8 ひび割れ指数分布 (低熱セメント使用)

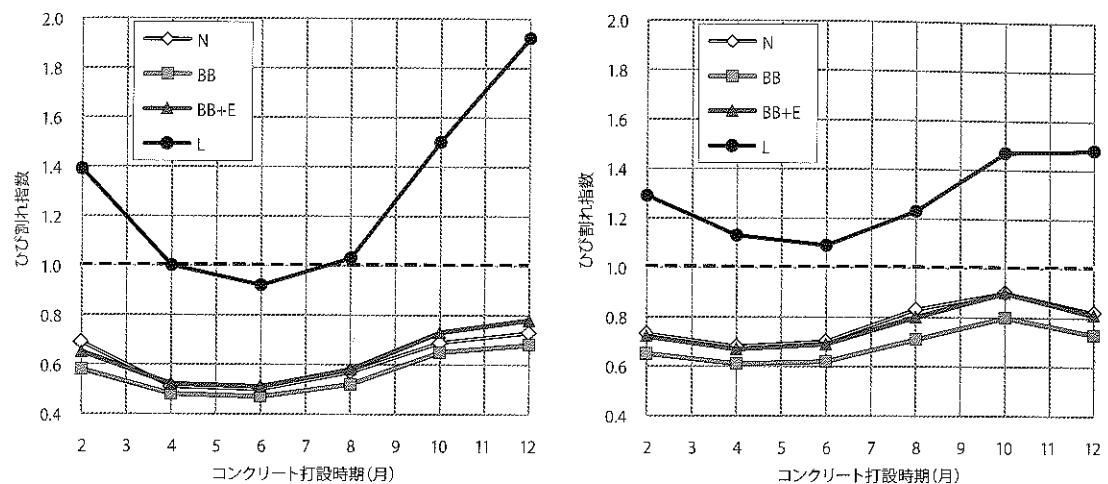


図-9 施工時期-ひび割れ指数

では先行施工部の外部拘束の影響を受け、ひび割れの発生が懸念される。そこで、設計段階における照査方法として、温度応力解析を実施し、適切なひび割れ抑制対策を検討した²⁾。解析対象とする断面を図-7に、解析の条件を表-1に示す。また、解析の評価としては、ひび割れ指数 $I_{cr}(t)$ を用いて、ひび割れ発生の有無を照査した。

$$I_{cr}(t) \geq \gamma_{cr}$$

$$I_{cr}(t) = f_{tk}(t) / \alpha_c(t)$$

ここで、

γ_{cr} : ひび割れ発生確率にかかわる安全係数

$f_{tk}(t)$: 材齢 t 日のコンクリート引張応力

$\alpha_c(t)$: 材齢 t 日のコンクリート最大主引張応力度

最小ひび割れ指数の出力結果 (6月側壁施工、

低熱セメント使用) を図-8に、施工時期とひび割れ指数の関係を図-9に示す。

図-8より、側壁基部から上部にかけて、ひび割れ指数が小さくなっていることがわかる。側壁に着目すると、図-9より、低熱セメント (L) を使用した場合は、ひび割れ指数が0.92~1.92となり、夏季施工を除けば、目標値である1.0 (ひび割れ発生確率50%) を満足しているものの、そのほかのセメントでは、いずれの時期においても0.8以下であり、ひび割れ発生確率が高いという結果になった。また、低熱セメントを使用するとしても、工程上やむを得ず夏季に施工する場合は、別途、膨張材の使用や、ひび割れ防止鉄筋の追加などを検討する必要がある。

以上から、1層1径間の断面ボックスで、温

度応力ひび割れの抑制対策としては、側壁および上床版で低熱セメントを採用するのに加え、コンクリート打設時期によっては、ひび割れ防止鉄筋の追加などの対策が必要であることがわかった。しかしながら、この対策では材料の変更によるイニシャルコストが増加するため、将来の維持管理費を踏まえたライフサイクルコストとの比較検討を行い、今後対策の採用を深度化していきたい。

3-3-2 防水工

防水工は、コンクリート打設前に防水層を設ける先防水と、打設後に設ける後防水の二つに分類される。一般的に、防水性能が高いのは、後防水であるが、施工のために余掘りが必要となるため、掘削土量が増加するとともに、構造物施工時の占用幅が大きくなる。一方、近年先防水の材料として、コンクリートとの化学反応により高い接着性

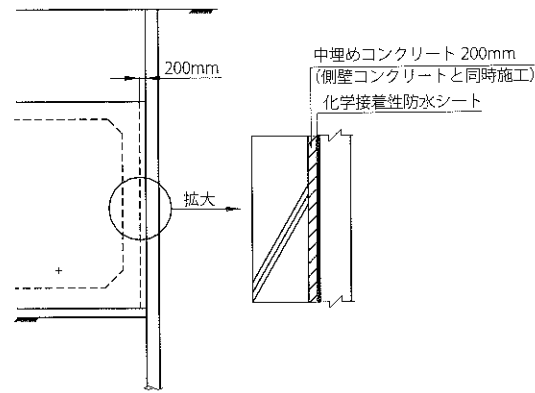


図-10 防水工概略図

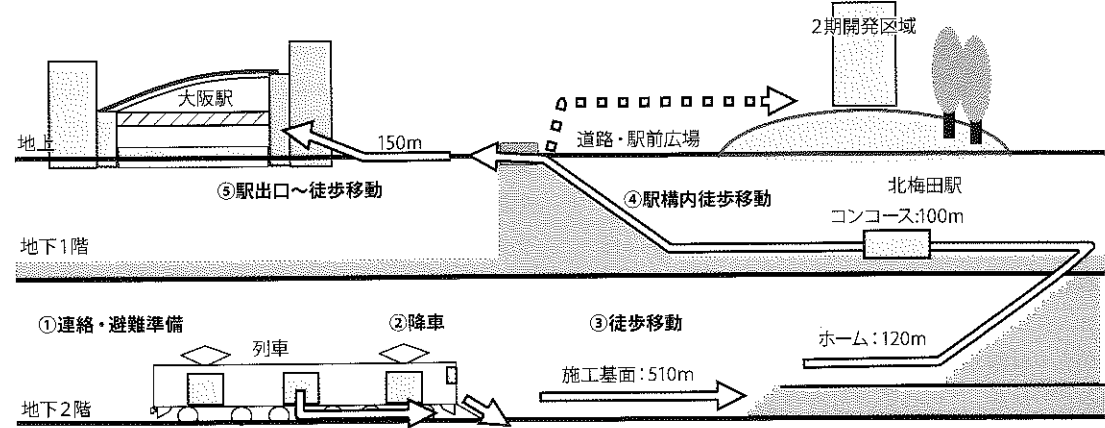
を発揮する化学接着性防水シートが開発されている。他社の地下鉄工事でも使用実績があり、施工後の調査により、その効果も期待できると考えている。

以上から、本工事においては、経済性の観点も踏まえ、先防水を採用し、土留め壁に化学接着性防水シートを設置後、側壁コンクリートとその間の中埋めコンクリートを同時に施工することとした(図-10)。施工時には、コンクリート打継部やセパレータ部など、適切に防水シートを設置するように、入念な施工管理をしていきたい。

3-4 浸水対策

近年、台風やゲリラ豪雨などにより想定外の降雨が頻繁に発生する中、地下駅、地下街など地下施設においては、避難計画や増水における対策が法律で定められている。当事業においても、これらに対するハード、ソフト対策を検討している。通常の降雨や業務用水に対しては、地下ボックスの中で、もっとも深い駅部の起終点に設ける排水ピットに導風・貯水し、常時ポンプアップを行う計画である。

一方で、列車運行がままならないと判断するような場合においては、軌道部トンネル出入口の止水鉄扉、コンコース階から地上への階段部の止水扉や止水パネルにて防護を行う。また、換気塔の開口部高さは、大阪市交通局が定めているOP+6mとし、外水の浸入を防ぐ計画としている。



※ 地下トンネル内(トンネル入口~新駅の中間)で停止した場合

図-11 避難時間検討

また、南海トラフ地震のような予測困難な巨大地震に伴う津波に関しては避難計画の確認を行った。大阪府の想定によると、南海トラフ地震の発生後、梅田周辺に最短110分で最大2mの津波が到達する。これに対して、図-11のとおり、新大阪~新駅間のトンネル中間部で停止した列車からお客様と乗務員が高台(大阪駅2階と想定)まで避難することとし、その避難時間を試算した。当社で実施した避難訓練結果や、『地下駅等の火災対策基準・同解説』にある排煙設備の必要排煙量照査法を用いて、試算を行ったところ、津波到達までに避難を完了できることが確認できた。今後、避難経路の詳細や駅施設の浸水対策について、新駅と接続する他の地下施設との整合を図りながら詳細設計を進めていく。

4 施工計画上のポイント

4-1 終点方U形擁壁区間

2章で述べたとおり、終点方の筑前橋筋~浄正橋踏切間においては、用地の制約上、工事桁で営業線を支持しながら、その直下で計画線構造物を施工する必要がある。また、東海道線や環状線といった当社の中でも列車運行上、重要な線区に近接・一部支障すること

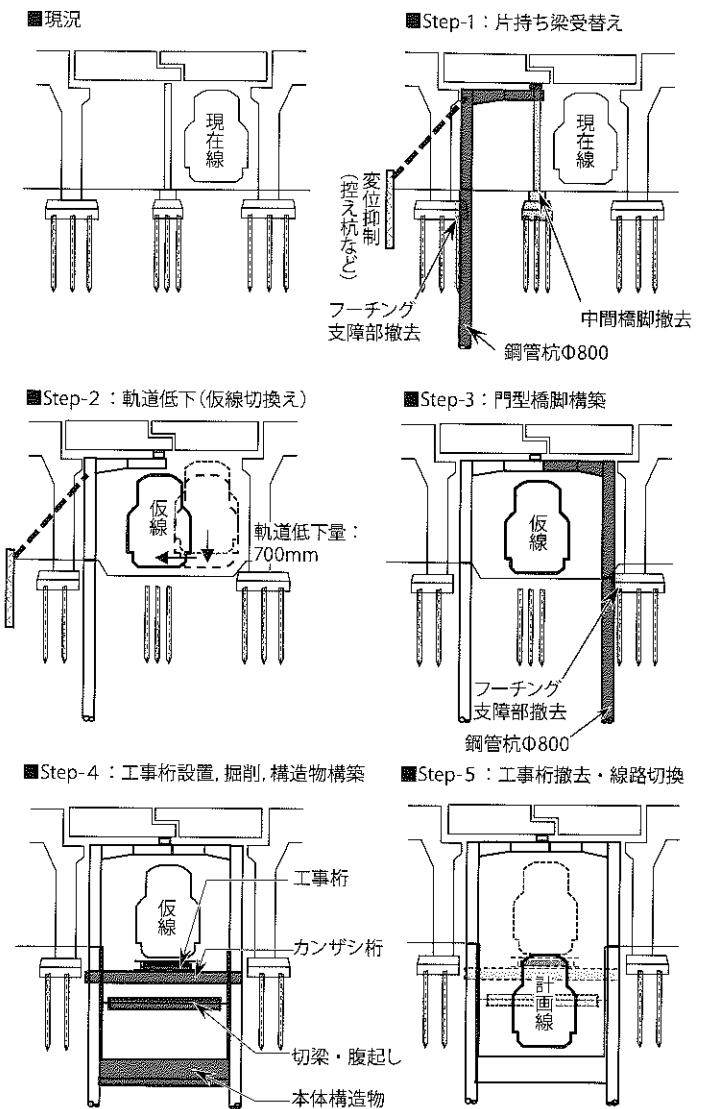


図-13 桁受替え施工ステップ

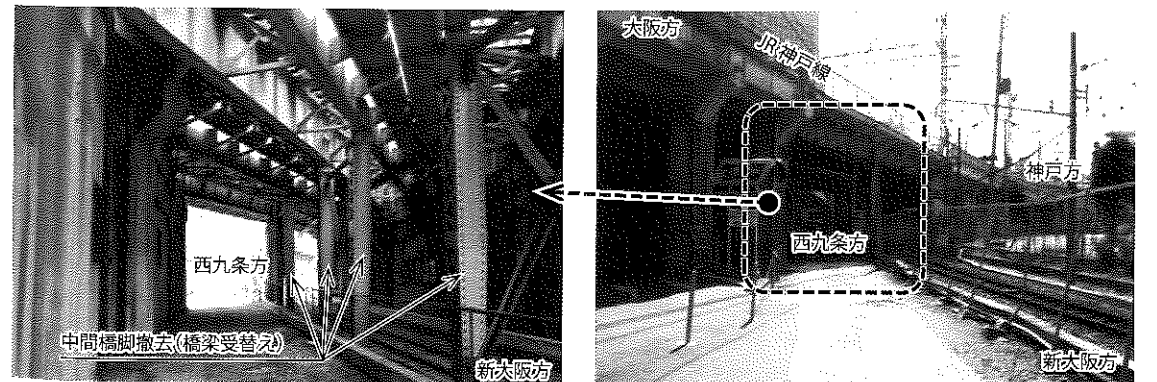


図-12 西成貨物線Bi(現況)

から、工事の難易度が高く、慎重な設計・施工計画の策定が求められる。

ここでは、東海道線交差部の施工ステップを紹介する。図-12は現在の西成貨物線Biを示しており、鋼製のゲルバー桁のヒンジ部を中間橋脚で支持する構造である。

この中間橋脚が計画線に支障するため、本設利用する土留め部材(鋼管杭φ800)を立上げ、上部既設ゲルバー桁を支持する門形橋脚を施工する。以下に施工ステップを示す(図-13)。

Step-1: 仮線側の鋼管杭を打設、片持ち梁を

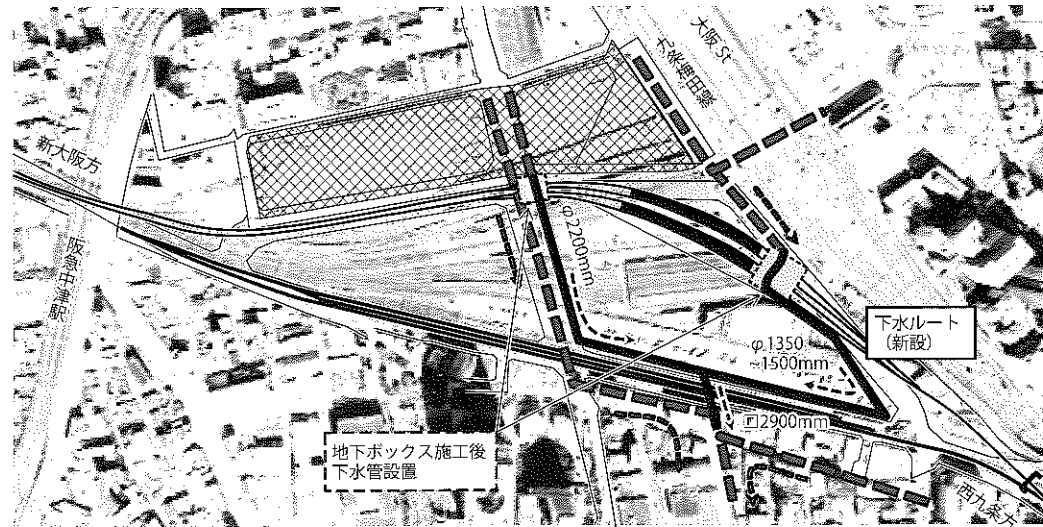
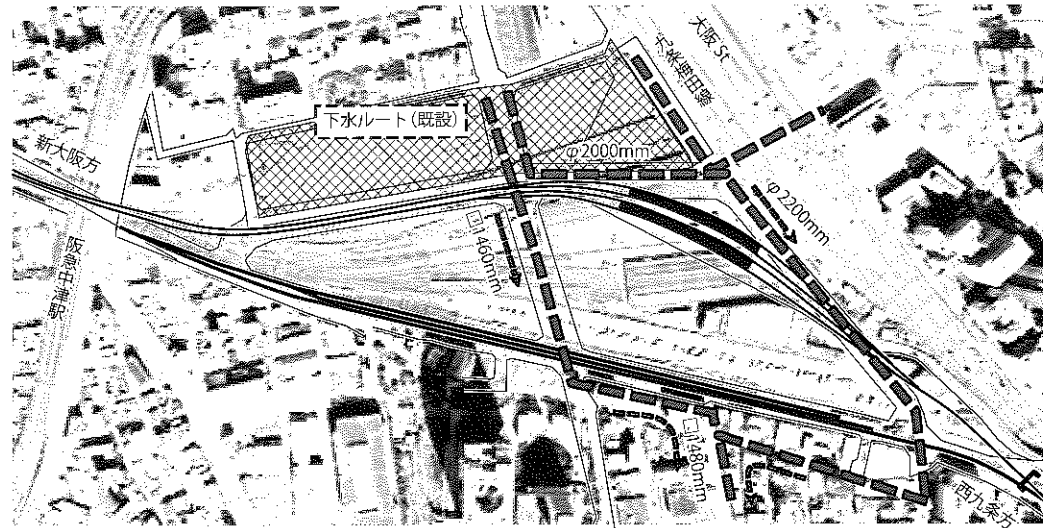


図-14 下水道管切替えに伴う施工ステップ

施工後、中間橋脚を撤去

Step-2: 軌道低下後、仮線に切換え

Step-3: 逆側の鋼管杭打設後、門形梁で支持

Step-4: 工事桁設置、掘削、本体構造物施工

Step-5: 工事桁撤去、線路切換え

おもな課題は次のとおりである。

Step 1では、鋼管杭が既設橋台に支障するため、安定照査のうえ、橋台フーチングを部分的に撤去する必要がある。Step 2, 3では、最終的に門形梁で支持するものの、軌道低下や仮線切換えが必要であるため、たわみが生じやすい片持ち梁で支

持する。その間、列車の安定輸送を確保、つまり列車荷重に対して、各種基準値を保持するため、鋼管杭や梁の変位を抑制する構造あるいは補助工法の検討の深度化が必要である。

4-2 埋設管支障移転

図-1に示したとおり、駅部終点方では、主要幹線道路下(九条梅田線、筑前橋筋線)を地下ボックスが横断する。現状、これら道路下には数多くのインフラ埋設管が設置されており、それらの事前の支障移転が必要である。

構造上あるいは工程上、移転が不可能なものについては、土留め壁を欠損させ、地盤改良・薬液注入で止水し、埋設管は吊り防護で対応しなければならない。しかし、止水の観点では欠損部は弱点箇所になり、過去にもこれを起因とした出水事故が報告されており、極力欠損箇所を少なくできるよう、関係管理者と協議を進めている。

ここでは、支障する埋設物の移転と地下ボックスの施工を踏まえた施工ステップを紹介する。

現状、九条梅田線下には、下水道管(φ2,200mm)が埋設されているが、地下ボックスと平面、縦断交差しているため、大幅な切替え工事を計画している(図-14)。

まず、鉄道側で駅部起点方、終点方の地下ボックスを先行施工し、完成後にその上に下水道管を新設する。並行して、うめきたヤード内(将来の都市計画道路)に、下水道管(φ1,350~2,200mm)、および一部現在の東海道線支線下に下水道ボックス(□2,900mm)を施工し、西側の既存の特殊人孔に接続する。その後、下水道管切替え、旧管の撤去を行い、地下ボックス工事を進めていくという手順である。

以上のように、各事業者、管理者、施工者が混在する中で工程を管理していく必要があるため、綿密な調整を図り、工事を進めていきたい。

5 施工状況

5-1 土留め工

起点方の仮線が交差する箇所は、埋設管を移設するため、2016(平成28)年2月より土木工事を先行着手し、一部区間において、土留め工、掘削



写真-1 掘削状況

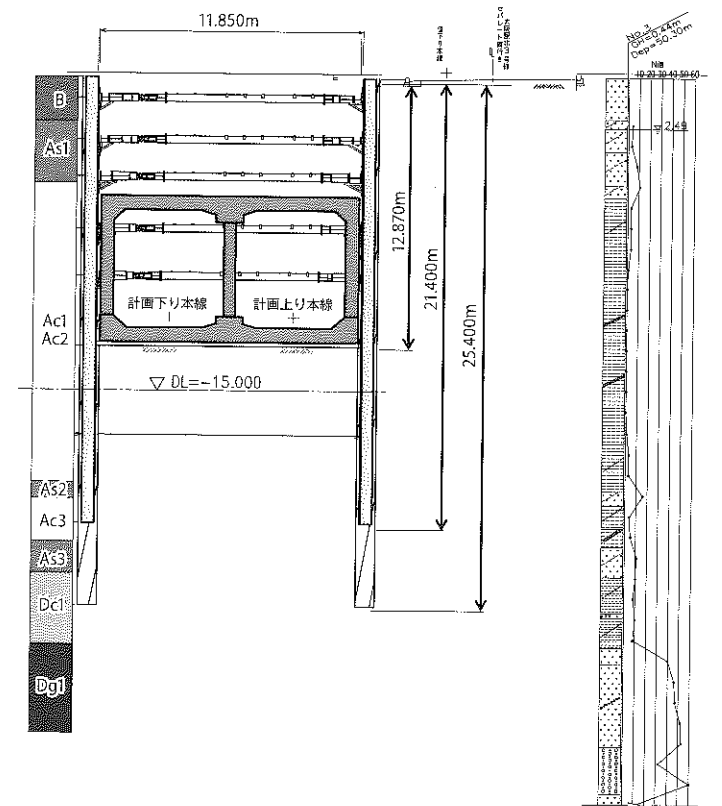


図-15 掘削断面図

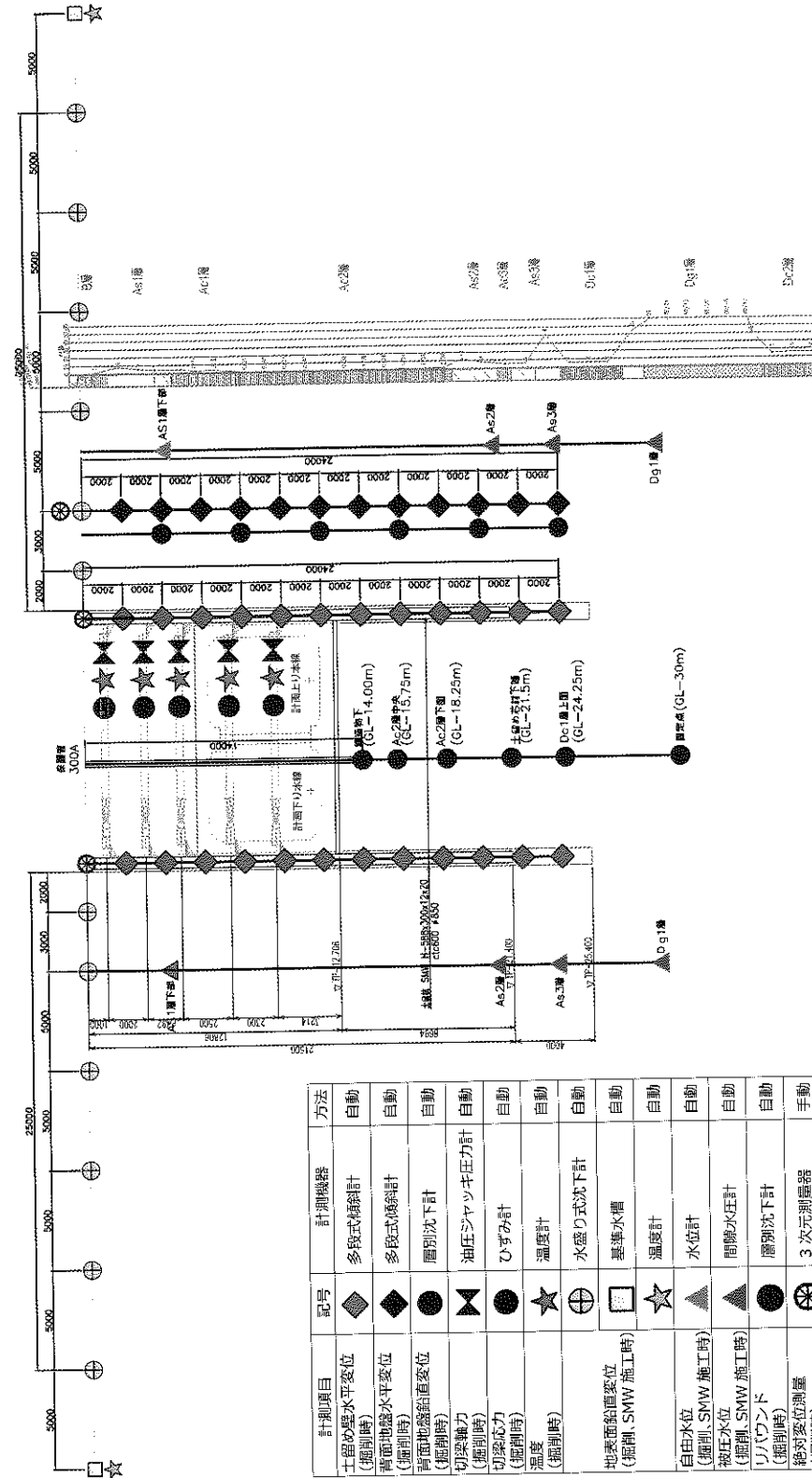


図-16 計測機器配置図

工が完了している(写真-1), 先行着手工区の掘削断面図を図-15に示す。

5-2 計測管理

沖積第一および第二粘土層は鋭敏比が非常に高く, 掘削により受動側地盤を乱した際に著しい強

度低下を引起す可能性が考えられる。しかし, 現行の弾塑性法では掘削時に土を乱すことによる強度低下を考慮していない。そのため, 実施工による掘削時において, 以下の課題が挙げられた。

- ① 柱列式地下連続壁に設計値以上の挙動発生

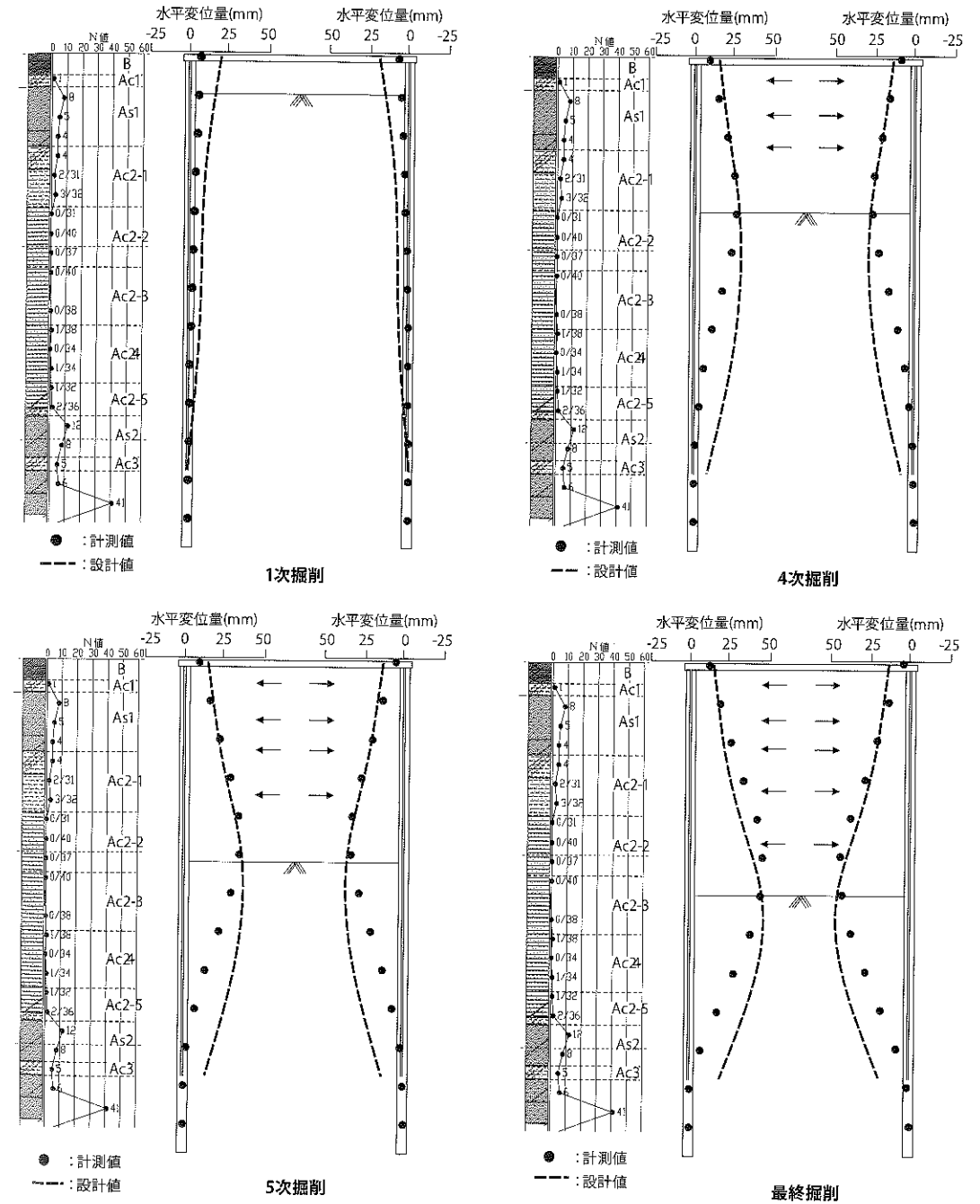


図-17 土留め壁変位(実測, 設計)

② 掘削床付け付近に設計値以上のリバウンド・盤ぶくれ発生

③ ①、②に付随し、周辺地盤が沈下

以上のことから、設計時の予測値と実測値の比較を行い、状況に応じて影響予測の修正や他工区へフィードバックすることを目的として、土留め壁および周辺地盤の挙動をリアルタイムで計測することとした。

使用した計測機器の配置計画、各計測項目を図-16に示す。上記の課題に対する各計測の目的は以下のとおりである。

- ① 掘削ステップごとの土留め壁の水平変位計測と合わせ、切梁軸力・応力の変化の測定を行い、切梁に作用する力の変化とそれに伴う土留め壁の挙動の把握
- ② 各掘削ステップにおけるリバウンド量および自由水位・被圧水位の変化を計測し、当該地域における掘削時の地質特性を把握
- ③ 背面地盤および地表面変位を計測し土留め壁変位と周辺地盤変位との相関性を把握

各掘削ステップにおける土留め壁の変位について、計測値と設計値の比較を図-17に示す。最終掘削における最大変位を見ると、実測変位は46.2mm(5段目切梁付近)、設計変位は47.3mm(掘削床付け付近)であり、懸念していたような設計値以上の変位は発生していない。しかし、沖積粘土層の掘削となる4次掘削以降において、実測変位が大きくなる傾向を示しており、課題としていた沖積粘土層の強度低下が影響していると考察できる。

今後、設計計算上最大変位が発生することが予測されている4段、5段切梁撤去時における変位量や切梁軸力の推移も含めて、得られた計測値から、ばね定数を始めとした土質定数を逆解析により算出し、土質定数の再評価を行う。また、今後予定している営業線近接箇所における土留め壁設

計の再評価を行うとともに計測管理計画を充実させ、他工区に水平展開することを考えている。

6 今後の課題

「うめきた区域」における東海道線支線の地下化事業と新駅事業の計画～設計～施工の留意点や、先行着手工区の施工状況についてとりまとめた。とくに、大阪梅田地区の軟弱かつ地下水位の高い地盤環境下における地下構造物の重要課題として、函体内への漏水対策、土留め壁の管理について検討を行った。コンクリートひび割れに対しては、温度応力解析により、低熱セメントのひび割れ抑制効果を確認し、土留め壁に関しては、おおむね設計値と同様の計測結果を得ながらも課題としていた沖積粘土層の強度低下の傾向を確認した。

今後のおもな課題は以下のとおりである。

- ・先行工区の施工結果を活かした施工計画の高度化(土留め壁、コンクリート配合など)
- ・終点方U形擁壁区間の設計・施工計画
- ・埋設管理者、連結する地下施設管理者との協議

上記の検討・課題解決を図り、今後本格化する工事を安全に、かつ高品質な構造物の構築を目標にし、2022(平成34)年度末の開業を迎えられるよう、事業の推進に努める。

参考文献

- 1) 深瀬尚子：東海道線支線地下化・新駅設置事業～関西最後の一等地の整備に向けて～、土木学会第71回年次学術講演会概要集，IV-022，pp.43-44，2016.9.
- 2) 野村顕・森山晃士・福田圭祐・森勇樹：大断面1BOX開削トンネルの設計段階における温度ひび割れ検討、土木学会第71回年次学術講演会概要集，V-275，pp.549-550，2016.9.
- 3) 大阪府：大阪府津波浸水想定の設定について、<http://www.pref.osaka.lg.jp/kikikanri/tsunamishin-suisoutei/index.html>

第八十五回 語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

土木技術者の陰に生きる

(元) 鉄建設(株)
北原 秀介

はじめに

私の技術屋人生は、トンネル施工一筋とは異なり、地質屋として始まりました。したがって、先に執筆された先輩方々とは少々異なる視点から数々のトンネルを渡り歩いた経験を書かせていただきます。

地質屋としてのスタート

私は、学生時代に岩石鉱物学を学び、第一次オイルショックの翌年である1974(昭和49)年4月に、地質調査を主業務としていたサンコーコンサルタント(株)に就職しました。サンコーコンサルタント(株)は、旧三井鉱山(株)の子会社であり石炭産業全盛の古き良き時代に華々しく活躍された優秀な地質技術者が、大勢在籍されていたことから、実践地質学と地質調査技術の教育をじっくりと受けることができました。

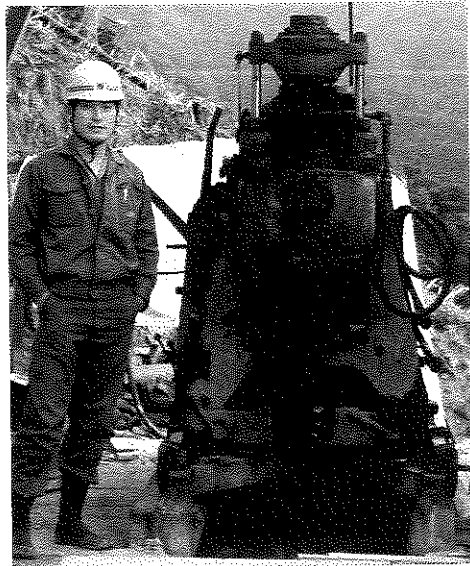
■東京湾湾岸道路アクアライン

最初の2年間は、東京湾湾岸道

路アクアラインの「風の塔」と「海ほたる」の土質調査に従事し、海上ボーリング孔での原位置試験が業務でしたが、当時は岩石を専攻した意識が強かったのか、岩盤を対象とした仕事がしたく、機会があることに上司に異動の希望を申告していました。この希望を当時の上司が聞き入れてくださり、1976(昭和51)年4月に青函トンネル北海道方海底部の切羽地質調査担当で転勤させられました。これが私と山岳トンネルの出会いとなったわけです。

■青函トンネル

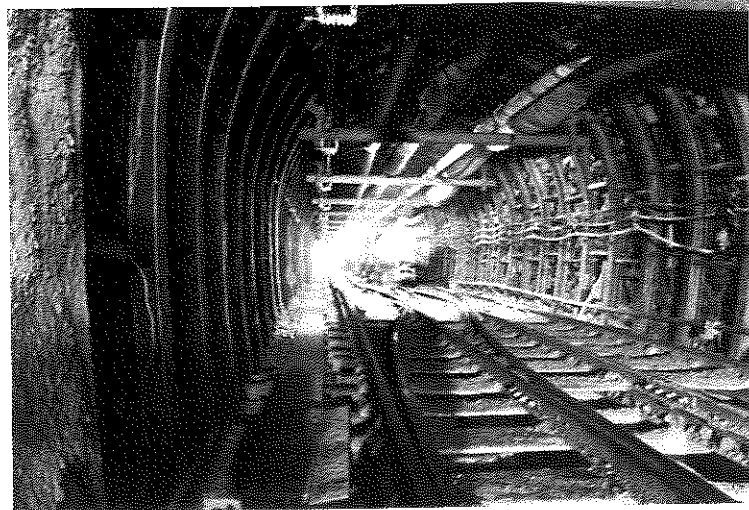
当時の青函トンネル北海道方海底部は、作業坑が約4,500m、先進導坑が約2,500m掘進されており、先行しなければならぬ先進導坑が作業坑を追い状況にありました。そのときの先進導坑は、スウェーデンから導入したTBMが蛇行し、期待した成果を上げることができずに迂回坑の掘削などで時間を浪費したことも一因だったようです。



中国電力侯野発電所立坑部調査にて

著者略歴

- 1974年4月～1978年4月 勤務先：サンコーコンサルタント(株)
・青函トンネル吉岡方海底部切羽調査担当
- 1978年6月～1994年3月 勤務先：(株)利根ボーリング
・上越新幹線中山トンネル
・津軽海峡線大平トンネル
・四国縦貫道平山トンネル
・国道158号安房トンネル平湯方
・国道152号草木トンネル
・東海北陸自動車道平山トンネル(名皿部)
- 1994年6月～2001年3月 勤務先：鉄建建設(株)
・東京電力葛野川水力発電所放水路トンネル
・本社エンジニアリング本部
- 2001年4月～2010年3月 勤務先：(独)鉄道・運輸機構(旧 日本鉄道建設公団)
・九州新幹線建設局
・本社設計技術部
- 2010年4月～現在 勤務先：鉄建建設(株)
・本社エンジニアリング本部～土木本部



青函トンネル北海道方作業坑

作業坑では、1976(昭和51)年5月6日に出水事故が発生し作業坑や本坑の一部が水没、のちに高倉健主演で『海峡』という映画にも取り上げられた事故がありました。私が赴任して1か月後の出来事で、当時の青函局長であった故 持田豊さんの「先進導坑を死守せよ」との号令のもとに先進導坑と作業坑を結ぶ換気立坑を閉塞した記憶

があります。作業坑の切羽から吹き出ている水の供給源が津軽海峡の海底から直接来るものか否かを調べるために、出水を採取してトリチウムによる年代測定を行ったところ、海水よりも古く、地中で時間を経過した化石水との結論を得ました。

一般的な山岳トンネルでは、異常出水に遭遇すると、切羽近傍か

ら多くの水抜きボーリングを実施し、トンネル周辺の地下水位を低下させることで解決しますが、青函トンネルでは上部が津軽海峡ですから限りなく水が供給されるため、約半年を掛けて止水注入を実施し、弱地を脱したわけです。

ここで過ごした2年間は、切羽調査に明け暮れ、切羽調査やトンネル掘削工法(当時は在来工法)について十分に学べたと思います。このころ、当シリーズの第10回を執筆された(株)間組の落合仁さんに本坑で掘削工法のご指導を受けた思い出があります。

この当時、1日中坑内を歩いていて非常に興味を持ったことがありました。それは、先進ボーリングです。作業坑と先進導坑では、青函トンネルで開発されたシールドリバース工法で系統的に700mの先進ボーリングが実施され、さらに先進導坑のボーリング横坑では、旧ソビエト連邦から導

入した孔芯制御ボーリングのエレクトロドリルが稼働していました。これは、回転および打撃が先端のみでボーリングロッドは非回転の先端駆動式のはしりでした。結果は思わしくなかったようですが、私にとっては非常に興味深いものであり、私の次の人生が始まるきっかけとなりました。

ボーリング屋へのスタート

1978(昭和53)年4月に青函トンネルから東京に転勤を命ぜられたのを機に、先に興味を持った長尺の先進ボーリングを自分でオペレーションしたくなり、シールドリバース工法やチェーンフィードのトップドライブ式穿孔機を旧日本鉄道建設公団と共同で開発してもらいました。

■上越新幹線中山トンネル

(株)利根ボーリング入社と同時に上越新幹線の中山トンネル小野上南工区に赴任し、先進ボーリングの助手としてパイプレンチの扱い方からベテランのオペレータに叩き込まれました。重宝がられたのは、出身が地質屋ですからボーリングコアをその場でコア読みし、リアルタイムに柱状図を作成できたことです。

■津軽海峡線大平トンネル

4年間をボーリングの助手として過ごし、1982(昭和57)年10月から青函トンネルのアプローチ線(現在の北海道新幹線)となる大平トンネルに初めて先進ボーリングの責任者として行くことができました。このトンネルは、新第三紀

鮮新世後期に堆積された蟹田層の砂が掘削対象であり、均等係数が2前後と極端に小さく、地下水を伴うと、たちまちのうちに流砂現象を発生する厄介な砂層でした。

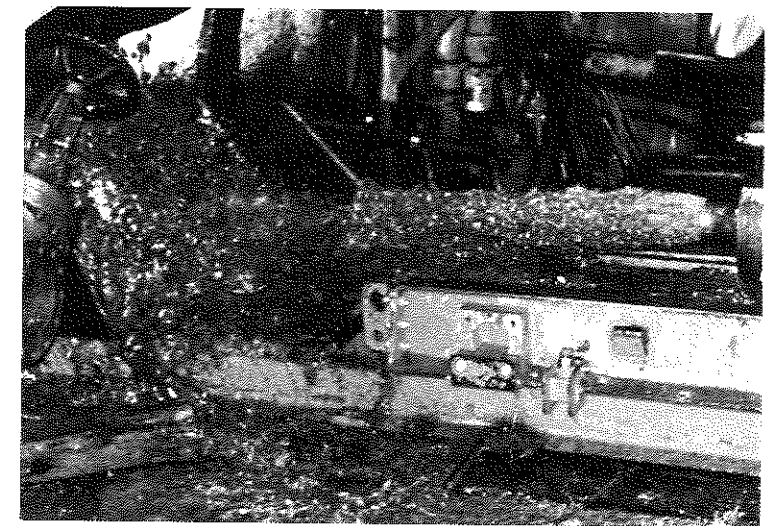
ここで、循環水を使用して掘進するボーリングで流砂を防止するにはどうしたらよいかという問題がありました。シールドリバース工法は、口径の異なる2種類のパイプのクリアランスから循環水を送水し、外・内管を同時回転で掘進しながら、内管からコアとともに排水する工法です。一般的には、掘進対象地質の硬軟に応じて内管ビットを外管ビットより数cm～15cm突出させて掘進するのですが、ここでは循環水を極力地山にまわさないように、逆に10cm内管ビットを外管ビットより後退させ、速やかに排水が内管内を戻るようにしました。しかし、この砂層は一筋縄ではいかず、たびたび流砂で穿孔機が埋没する事象が発生しました。これはまず

いと、何とか流砂を引張らずに水抜き用ストレナーパイプを設置しようと新規の削孔ビットを開発しました。

現在では地盤注入用の逆止弁付きビットとして開発され販売されていますが、当時は現場で手作りをしたものです。この砂層を掘削するために、あえてリバース掘進を放棄し、正循環で水は吐出するが送水を停止すると逆止弁が作用して砂を引き込まないビットを開発して乗り切った思い出があります。

この後、しばらく新幹線関係のトンネルから離れて道路トンネルの先進ボーリングに従事することになります。

- ・国道158号安房トンネル
 - ・国道152号草木トンネル
 - ・東海北陸自動車道平山トンネル
- いずれも、多量湧水と高水圧が予測されたトンネルでしたが、上記の中でとくに安房トンネルは記憶に残る業務となりました。



激しい流砂現象

■国道158号安房トンネル

安房トンネルは、国道158号の長野県中の湯と岐阜県平湯間の安房峠が悪路(狭小、つづら折れ)であることから、峠下に計画した4,300mのトンネルでした。長大トンネルであることから、まず調査坑(将来の避難坑)から施工が開始されましたが、ここで問題になったのは、中・古生層を基盤として、中央部分が埋没谷のような形状で新期火山砕屑物が存在すること、さらに基盤となる中・古生層に地熱とそれに伴う熱水が存在することでした。

—熱水との戦い—

当初、建設省高山工事事務所から熱水(約80℃)と火山砕屑物に貯留される多量の地下水の水位低下を指示されました。トンネル切羽が熱水に達してからでは遅いので、当然、長尺での掘削が必要となり、青函トンネルと同様の700mを計画しましたが、ここで大きな誤算が発生しました。それは、中・古生層を構成する砂岩、緑色岩、チャートが極端に硬質であったことです。

—ダイヤモンドビット—

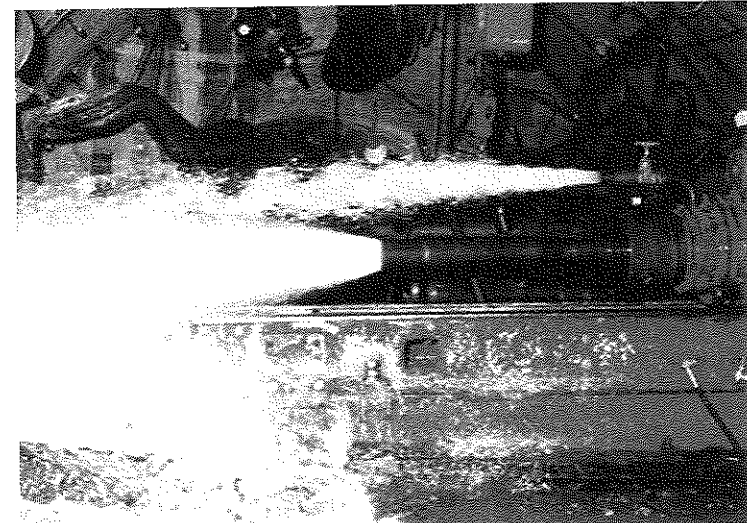
どのようなボーリングでも硬岩

をコア採取しながら掘進する場合は、先端にダイヤモンドビットを使用します。シールドリバース工法は2重管で掘進するため、外管用、内管用の各々にダイヤモンドビットを必要とし、例えばφ136mm(外)とφ116mm(内)を組み合わせた場合は、60ct(カラット)と55ctのダイヤモンドを鑄込んだビットを必要とし、ダイヤモンド価格だけでも200万円を超えることになります。これで50m前後の掘進長を得られれば問題はないのですが、わずか5m前後でダイヤモンドが摩耗して切削ができなくなってしまうわけです。

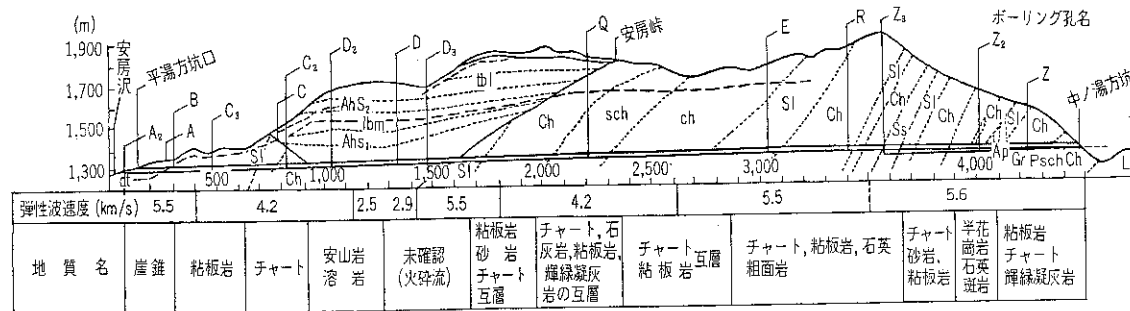
もっともダイヤモンドビットは全損するわけではなく、シャンク(台)から溶融してダイヤモンド粒を取り出し、約30%を再生使用します。ここでコストを見直す必要が生じ、中・古生層の熱水を抜くことを目的としていることから、いかに早く安く掘削するかの検討をしました。その結果、最初に試みたのがダイヤモンドビットをサーフェイスから通称インプリに変えたことです。

ここで、ダイヤモンドビットの説明を少々させていただきます。

ダイヤモンドビットには、粒ダイヤモンド(工業用天然ダイヤモ



湧水圧力2.2MPa、湧水量11t/min



安房トンネルの地質縦断面図(出展:西田豊・安藤方昭・北原秀介:山岳トンネルの新技術(2),安房トンネルにおける水平ボーリング,トンネルと地下, Vol.18, No.5, p.61, 図-9, 1987.5.)

ンドで1ctあたり20,000円程度)を無酸素(酸素がある中でダイヤモンドを焼結すると炭になってしまう)でシャンク(台)に鑄込んだサーフェイスダイヤモンドビットと、粉末ダイヤモンド(天然・人工のどちらもある)を金属粉と一緒に無酸素焼結したインプリグネテッドビットがあります。同径ですと、サーフェイスはインプリの3倍くらいの価格差があります。

また、インプリは高速回転で使用しないと切れが悪く、高速回転のできない大口径では一般に使用されません。しかし、φ66mmで350rpmとφ130mmで175rpmが同じ周速であることから、思い切って採用しました。これで、ビットのコストは低くできましたが、掘進スピードのアップができないことから全体コストが下がりません。そこで次の試みに、掘径式ダウ

ンザホールハンマーを採用し、極硬岩部分をノンコアで掘削することにしました。この掘径ハンマーは1982(昭和57)年に開発済みであり、特許も取得してありましたが、掘径形式に遠心力を利用したものと給圧力を利用したものの2種類がありました。それぞれを使用した結果、遠心力式は回転数不足と対象岩盤が硬質すぎて掘径しきらない状態となり、給圧式が適合し、遅ればせながら順調な高速掘進を得ることができました(現在では、さらに改良が加えられた掘径式ダウンザホールハンマービットが大手マテリアルメーカーから販売されています)。

—湧水との戦い—

安房トンネルは、切羽の施工が困難になるほどの湧水から、調査坑の左右に水抜き導坑が施工されましたが、地質が火山砕屑物に変

化した箇所では水抜き導坑の切羽が崩壊し、最大180t/minの出水に見舞われたこともありましたが、

また、切羽の補助工法でウレタン注入のフォアポーリングをシステム的に採用したのもこの現場が最初だったように記憶しています。

■国道152号草木トンネル

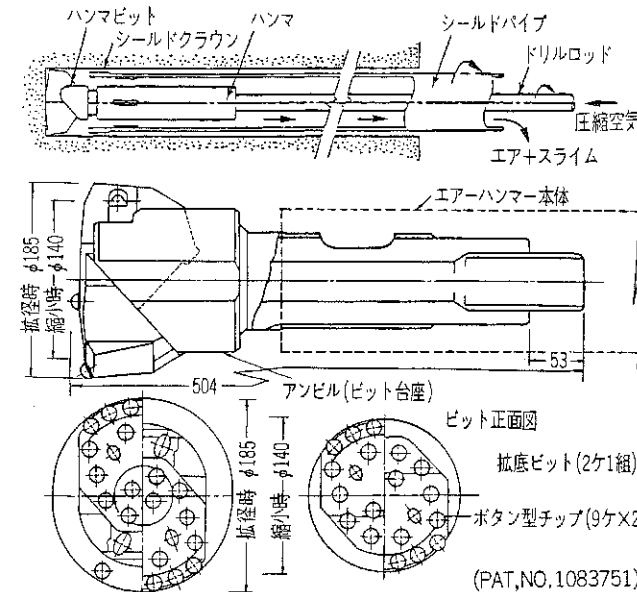
草木トンネルは、国道152号が南信濃村で分断されているために、ここを連結することを目的にしたトンネルでした。たぶん中央構造線を突破する初めてのトンネルとなることから、緊張を強いられるものでした。層厚20m程度の断層粘土とそれに伴う圧砕岩を約200m確認しましたが、内空変位と湧水を認めたものの当初に警戒した困難はほとんどなく、無事に竣工しました。

—シールドリバース工法の盲点—

シールドリバース工法は、ウォーターシベル内蔵のトップドライブ式穿孔機とツールを所有していれば、だれでも使いこなせるはずですが、「目標まで掘進できなかった」「とくに優れた工法でもない」という声をよく聞きます。

ここで絶対に守らなければならない注意点を記述します。先に述べたとおり、シールドリバース工法は異径の2種類のパイプを同時回転し、削孔循環水を逆循環とし、「地質の硬さに応じて外・内管ビットの突出バランスを変える」。これだけのことです。

失敗の原因は、外・内管ビットのバランスに尽きます。外・内管ビットは、それぞれの径のシール



掘径式ハンマービット(出展:西田豊・安藤方昭・北原秀介:山岳トンネルの新技術(2),安房トンネルにおける水平ボーリング,トンネルと地下, Vol.18, No.5, p.62, 65, 図-12, 16, 1987.5)

ドパイプ(ロッド)に取り付けて掘進しますが、シールドパイプが曲る者なのです。シールドパイプは、一般のボーリングロッドと同様に3mを基本にJIS規格で製造されています。そして、JIS規格で長さに対して認められている公差(誤差)は、1/1,000です。つまり3m/本のシールドパイプは、1本あたり±3mmの誤差まで許容されているわけです。

掘進長300mを目標にすると、シールドパイプは外・内管ともに100本を使用することになります。極端な仮定をすると外管が100本とも3mm長く、内管が100本とも3mm短いと300m地点ではビットバランスで600mm内管が外管より引き込んだ状態となります。掘進開始から徐々にビットバランスが悪くなっていくことから、目標に達する以前にギブアップになるのは、目に見えているわけです。

したがって、シールドリバース工法を採用する場合は、パイプ継足しのたびに外・内管ともに長さを正確に測り、地質の硬さに応じた外・内管ビットのバランスを保つことが基本です。シールドパイプの長さが3mピッタリと思いついて入っていると大きなミスにつながるようになります。

再度の地質屋時代

1994(平成6)年6月、鉄建建設(株)に就職をすることとなりました。

私には、登山の趣味がありまして、休日の多くを山登りで過ごしていたのですが、1994(平成6)年



東京電力葛野川発電所放水路トンネル貫通式
故大西孝夫氏

の4~5月にかけてチベットヒマラヤの登山隊に参加できるチャンスがあり、16年間お世話になった(株)利根ボーリングを退職した次第です。

帰国後、上越新幹線中山トンネル、津軽アプローチ線大平トンネル、四国縦貫自動車道平山トンネルでお世話になった、鉄建建設(株)の故大西孝夫さんが、東京電力葛野川水力発電所放水路トンネルの所長をされており、鉄建建設(株)に誘っていただきました。

葛野川発電所放水路トンネル

葛野川発電所放水路トンネルは、中生代の砂岩、泥岩の互層(付加体)ですが、ダム候補地に選定されるだけに岩盤は良好な状態にありました。しかし、大小多くの断層を確認した中で、トンネルが断層を突破するときは、断層の下盤側の擾乱が激しいことを経験しました。放水路トンネルは、圧力トンネルであることから、坑内側壁から地震探査(S波)を実施し、

緩み領域を明らかにし、2次覆工コンクリート施工後、その背面に注入を実施します。この地震探査によって、岩級区分がCH~B級でもトンネルを発破工法で掘削した場合、4~5mの緩みが発生していました。

葛野川放水路トンネルが貫通後は、本社のエンジニアリング本部で施工中の全国のトンネルに関係することができ、遅ればせながらトンネルに関するさまざまな勉強をさせていただくことになりました。本来であれば、このまま定年まで勤め上げ、鉄建建設(株)で技術屋人生を終えるはずでした。

発注者時代

ところが、2001(平成13)年4月1日付けで突然、日本鉄道建設公団(2003(平成15)年に(独)鉄道・運輸機構に組織変更)に移籍することとなりました。日本鉄道建設公団は、技術陣の高齢化により、トンネルを経験している地質屋を探

していたことから、選ばれてしまったようです。このとき、上越新幹線中山トンネルで大変お世話になった、その当時に日本鉄道建設公団高山鉄道建設所長をされた北川修三さん(私が移籍した2001(平成13)年時点では審議役)の推薦と聞きました。

私は、移籍後すぐに九州新幹線建設局に赴任し、九州新幹線でもっとも長大(約12km)となる筑紫トンネルの地元説明、そして発注までを担当することとなり、このとき発注側にも相当の苦勞があることを知りました。

発注者の苦勞

路線計画は、列車走行や自然環境、社会環境、生活環境に対して、もっとも理想的な条件を目標に平面線形と縦断線形を決めますが、地元にとってはそれが理想的とは決して言えないことも理解できます。地域によっては、掘抜き井戸を活用しているところが多くあり、たとえ水道が供給されていても井戸水でなければダメ!あるいは沢水を使用して棚田やわさび田の維持と、地元にとっては新幹線より生活が重要な問題であるわけです。

このような地元に対して、居住区ごとに土・日曜日の夜に説明会をくり返し開催し、理解を得るように努力をするわけです。永年、民間企業で仕事をしてきた者にとっては「発注者もけっこう大変な仕事をしているなあ」と、はなはだ失礼な感想を持ったものです。

鉄道・運輸機構に在籍して、新

幹線を運用するJR各社との関係を再確認することができました。

北海道新幹線、東北新幹線(盛岡-新青森間)、九州新幹線全線は整備新幹線法にもとづき、鉄道・運輸機構が発注・施工した土木設備、電気設備、軌道設備をそっくり管轄のJRに有償貸与しているわけです。したがって、JRへの構造物引渡し前に厳しい監査があり、不具合部分に対しては徹底した補修がくり返されます。

新幹線建設は、地域によって賛否両論があるようですが、少なくとも新幹線がすでに供用された地域が経済的にも活性化されているのは事実のようです。

事故の記憶

九州新幹線建設局で筑紫トンネルの発注業務を終えたのち、日本鉄道建設公団本社設計技術室(現在の鉄道・運輸機構設計技術部)への勤務となりました。ここに在籍中に施工中の新幹線トンネルで2件の大きな事故を経験しました。



飯山トンネルの大陥没

—東北新幹線での体験—

東北新幹線は、八戸駅から長大トンネルの八甲田トンネルに至るまで長短13本のトンネルがあり、これらはいずれも第四紀更新世に形成された海成段丘を通過する土砂地山、小土かぶりの特殊条件での施工となりました。この中で三本木原トンネルは、流砂現象が激しくNATMでの掘削が困難と判断され、山岳シールド工法となる「SENS」が新たに開発されました。

一方、一つのトンネルでは、NATM施工にはきわどい地質条件の中で崩壊事故が発生しました。このトンネルはシルトが主体で数枚の砂層を挟んでいたことから、小土かぶりの条件を利用して地表面からパワーブレンダーで地盤改良を行い、さらにもっとも地下水を胚胎していた下半部の砂層に対して20m間隔千鳥配置でトンネルの両側にディーブウェルを設置し、地下水位を低下させました。ほとんど順調に掘削を進めていたのですが、とんでもない落とし穴があったのです。

2005(平成17)年5月31日にインパート掘削を行っていた箇所が、流砂現象を起こし、鋼製支保工を坑内側に座屈させるように崩壊し、延長60m間にわたって地表面を大陥没させるに至りました。原因は、地表部の水田に引水が始まりその漏水と、ディーブウェルの対

象外であった上部砂層(薄層)の、それぞれほんのわずかな水がトンネル周囲の緩み領域を伝わって下半部の砂層に至り、流砂現象を起こさせたものでした。ちなみに下半部の砂層は、均等係数が1.9とわずかな水で流砂を発生させ得る条件にありました。

土砂地山でNATM施工を行う場合は、地下水の処理と周辺地山の安定を維持させることが重要課題であると言えるでしょう。

おわりに

■感謝の念

9年間勤めた(独)鉄道・運輸機構を定年の1年前ではありましたが、優秀な後任に後を任せ2010(平成22)年3月で退職をいたしました。

退職後は、「人生の楽園・田舎暮らし」を始めるため群馬県の山間に引き込んだものの、2010(平成22)年4月から、再度、鉄建建設(株)に籍を置かせてもらい、再びトンネル現場を歩き廻っております。ただ、このたびは、心に残る体験を得て、いったんは離れたことから、この鉄建建設(株)のOBとして私の技術屋人生の一端を語り継ぎました。

私の技術屋人生は、振返ってみると、その場そのとき、好奇心を持って仕事をしたこと、そのときにすばらしい先輩や上司と出会い、親切な指導を受けられたこと

が最大の宝だったと思います。とくに28歳のときから、現場において厳しい指導をしていただき、最後にはトンネル屋への道を開いてくださった鉄建建設(株)の故 大西孝夫氏には、感謝あるのみです。ご存命ならば現在81歳ですから、当然このシリーズの早期に登場されていたことでしょう。

技術屋としてのゴールを、近いうちに迎えることができと思いますが、その間際までトンネルにかかわっていただけることに幸福を感じております。

■最後の一言

最後に現在の山岳トンネルの設計に疑問を投げかけて終わりたいと思います。それは、設計時の支保パターンが極端に軽いことです。弾性波探査のP波速度に重点を置いて支保パターンを決定しているからでしょうか、探査深度および解析精度の限界と地層の成因や成因時の環境および岩種を十分に反映して支保パターンを決めなければ大事故につながりかねない、ということです。コストを考慮することは発注者として当然のことではありますが、危険要素を含んだ設計をしないよう、お願いする次第です。

今後、現役のトンネル技術者たちが、ますますわが国のトンネル技術を進展させ、国内のみならず世界で活躍されることを願っております。

あけまして
おめでとうございます

平成29年 元旦

青木あすなろ建設株式会社	日本基礎技術株式会社	児玉株式会社
岩田地崎建設株式会社	前田建設工業株式会社	シーアイ化成株式会社
NJETエンジニアリング株式会社	三井住友建設株式会社	JIMテクノロジー株式会社
株式会社大林組	若築建設株式会社	株式会社ジャベックス
株式会社奥村組		株式会社スターロイ
鹿島建設株式会社	アンダーパス技術協会	大栄工機株式会社
株式会社キハラコーポレーション	U R T 協会	デンカ株式会社
木部建設株式会社		東京機材工業株式会社
株式会社熊谷組	株式会社演算工房	株式会社東宏
株式会社鴻池組	国際航業株式会社	東和機電工業株式会社
五洋建設株式会社	株式会社ドーコン	ドリルマシン株式会社
佐藤工業株式会社	メトロ開発株式会社	日豊株式会社
清水建設株式会社	株式会社ロード・エンジニアリング	古河ロックドリル株式会社
第一ダイヤモンド工事株式会社		北陸鋼産株式会社
大成建設株式会社	アトラスコプロ株式会社	株式会社マシノ
株式会社竹中土木	カヤク・ジャパン株式会社	株式会社三井三池製作所
鉄建建設株式会社	カヤバシステムマシナリー株式会社	ヤマモトロックマシン株式会社
戸田建設株式会社	株式会社ケー・エフ・シー	ロビンスカンパニー日本事務所
飛鳥建設株式会社	ケンサンリース株式会社	
西松建設株式会社	鉾研工業株式会社	

(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



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/>

あらゆる地中障害物をすべて解決！！

N.JETエンジニアリング株式会社

ウォータージェットで切り開く未来

- ◆ DO-Jet 工法 ◆
- ◆ ジェットモール工法 ◆
- ◆ パーチカルジェット工法 ◆

東京本社 〒103-0021 東京都中央区日本橋本石町3-2-7 常盤ビル
TEL(03)3517-5668 FAX(03)3278-6708 <http://www.n-jet.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



OBAYASHI

大林組

地球に笑顔を

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>



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 押味 至一
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

代表取締役社長 水津 誠

《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>



鴻池組

KONOIKE CONSTRUCTION CO.,LTD.

代表取締役社長 蔦田 守弘

本社 〒541-0057 大阪府大阪市中央区北久宝寺町3-6-1 TEL:06-6245-6500
東京 〒136-8880 東京都江東区南砂2-7-5 TEL:03-5617-7500
URL : <http://www.konoike.co.jp/>

お客様の「最高の笑顔」のために。



謹 賀 新 年



代表取締役社長 清水 琢三

〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8 TEL:03-3816-7111

今と未来を技術でつなぐ。



代表取締役社長 宮本 雅文

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

子どもたちに誇れるしごとを。



取締役社長 井上 和幸

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



代表取締役社長 阿部 広

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

代表取締役社長 村田 誉之

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

謹 賀 新 年

人と地球の架け橋に



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 <https://www.takenaka-doboku.co.jp/>



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/>

“喜び”を実現する企業グループ



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



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>

未来を創る現場力



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:03-3502-0232

謹 賀 新 年



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>



前田建設工業株式会社

代表取締役社長 前田 操 治

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



三井住友建設

代表取締役社長 新井 英雄

〒104-0051 東京都中央区佃二丁目1番6号 TEL 03-4582-3000 <http://www.smcon.co.jp/>



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 五百蔵良平

〒153-0064 東京都目黒区下目黒二丁目23番18号 Tel. 03(3492)0271

謹 賀 新 年

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

((株)IHI 建材工業内)

Tel : 03-3633-6280

Fax : 03-6271-7298

URL <http://www.urt.jp>

URT工法



URT工法は、鉄道または道路を挟んで発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



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。

Happy New Year Simple work at site and office

enzan
koubo

provide the surprising and impressive solution
Visit Our Web Site : www.enzan-k.com



Japan Asia Group

国際航業株式会社

地理空間情報技術を駆使した「山岳トンネルの調査・解析・計画・設計・点検」を提供。

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)

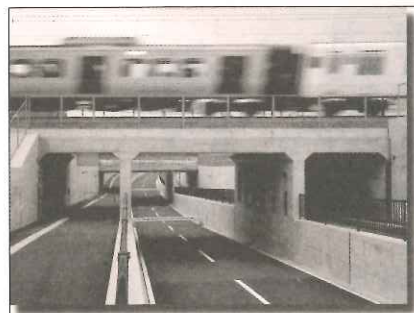


総合建設コンサルタント

株式会社ドーコン

代表取締役社長 佐藤 謙二

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://underpass.info/>

事務局 〒185-0032 東京都国分寺市目吉町 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



メトロ開発株式会社

代表取締役社長 入江 健二

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 解析・計測管理	土木・建築工事 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 電話03(5847)7800

謹 賀 新 年



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	〒981-3133	仙台市泉区泉中央1丁目22番2号	TEL 022(725)4301	FAX 022(725)4302
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、MEYCO吹付機、坑内用トラック、
ロードホールダンプ、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

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、ロックラック(非火薬破砕剤)新発売



カヤク・ジャパン株式会社

東京都墨田区横綱 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>



ロックボルト FIT工法 Me工法 防水シート

KFC 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/>

謹 賀 新 年

トンネル・シールド工用機械のリース・販売

ケンサンリース株式会社

〒171-0022 東京都豊島区南池袋3-13-15 東伸ビル7階
TEL03(5396)9331 FAX 03(5396)9333 Email: L.kensan@oregano.ocn.ne.jp
バッテリーロコ・ズリ等運搬台車・掘削積込機械・覆工コンクリート機械
トラックターテーブル・立坑エレベーター・移動橋・分岐器等軌道設備

ボーリングのスペシャリストとして70年

広く世界を見つめて、新しい技術を創造し、社会に、地球に限りなく貢献します。



鉦研工業株式会社

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 URL: <http://www.koken-boring.co.jp>
支店: 北海道・東北・東京・信越・大阪・中国・九州 営業所: 長野・金沢・高松・山口・福岡・南九州
工場: 厚木・諏訪

明日を拓くコンクリート情報化施工の i-Construction 技術到来

スマートセンサ型枠システム セントル仕様

配線不要!コンクリートの表面温度を自動計測、専用リーダーでデータを
読み取る品質管理システムです。NETIS 登録番号 QS-110040-VE

児玉株式会社

エンジニアリング事業部 〒812-0042 福岡市博多区豊 2-4-23
☎ 092-474-5360 EMAIL engi.office@kodama-boss.jp



NATM シート防水工法用

ビノントンネル防水シート

FILM(旧ハイイータス)工法用

ビノンハイフィット

黒色・白色2層一体型シート

ビノンシグナルレイヤーシート

トンネル用導水シート

リブドレイン・DCシート・CSドレーン

シーアイ化成株式会社

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

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
北日本土木営業部 TEL. 022-221-1488 FAX. 022-262-0249
西日本土木営業部 TEL. 06-6444-4572 FAX. 03-6444-4579



JIMT は地下開発の未来を築きます。

JIMテクノロジー株式会社

本社・川崎事業所... 〒210-0024 神奈川県川崎市川崎区日進町1番14 TEL. 044-201-8268/FAX. 044-201-8636
神戸事業所... 〒652-0864 兵庫県神戸市兵庫区笠松通7丁目2番25号 TEL. 078-381-5100/FAX. 078-381-6990

謹 賀 新 年

謹 賀 新 年

JAPEX
株式会社ジャペックス

爆薬遠隔装填システム
■セーフチャージャー
■ANFOローダー

取扱製品
■非火薬破砕薬劑
■ガンサイザー

火工品
■電気雷管
■導火管付き雷管
■導爆線

爆薬
■含水爆薬
■硝安油剤爆薬

発破用アクセサリ

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.052-541-0775
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

TOUKOU 株式会社 東 宏

《取扱い製品》 各養生工法、積算温度管理システム、トラベルクリーンカーテン、モイスチャータックプチ、
トラミッキーカバー、ベルコン昇降装置、支保工スクレップ、スライディングステージ

代表取締役社長 小林 雅彦

本社 札幌市東区東雁来9条3丁目2番3号 東京支店 江戸川区平井2丁目5番2号 平井ビル3F
TEL 011-792-3000 FAX 011-792-3333 TEL 03-3683-8011 FAX 03-3683-8028
URL <http://www.k-toukou.co.jp/>



シールド・TBM用カッタービット・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



各種トンネル覆工型枠・施工設備 設計・製作

東和機電工業株式会社 かいた 穎田工場

代表取締役 福田 雄介

全断面ステンレスフォーム・円形スチールフォーム・組立用セントル・移動式棧橋・
換気設備台車・ワークステーション架台・トンネル床版撤去架台など

本社 〒820-1111 福岡県飯塚市勢田 2594-18 TEL: 0949-62-3500 FAX: 0949-62-6310
E-mail: info@towakiden.co.jp URL <http://www.towakiden.co.jp>

大栄工機株式会社

代表取締役 古磯 信幸

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

[取扱製品] 二次覆工用型枠/作業台車/インバート移動棧橋/型枠表面処理/二次覆工コンクリート養生(EPSハネル)

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

ドリルマシン株式会社
DRILL DRILL MACHINE CO.,LTD.

ドリルジャンボ ロックツールズ パッチャープラント 配管部材
DRISS LL-Fp工法 ProbeDrill AGF

〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 6-16-8 ☎(03)3806-3377 fax(03)3806-8461
Email: tokyo@drill.co.jp URL: <http://www.drill.co.jp>

Denka デンカナトミック
Possibility of chemistry **デンカ株式会社**

代表取締役社長 吉 高 紳 介

インフラソーシャルソリューション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
NIPPO

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

お客様にとって身近で信用と信頼のおける、
心強い相談相手であることを目指して。



代表取締役社長 岩下 幹

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

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
FURUKAWA

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

代表取締役社長 酒井 正 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：〒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1-12-15 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

ロードヘッド, ツインヘッド, トンネル換気設備 <http://www.mitsumiike.co.jp>

株式会社 三井三池製作所

本店：〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
 産機流体営業部 TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203 E-mail:sanki@mitsumiike.co.jp

HCD-101/301油圧式ロックボルト穿孔機 AMCJ-90電動式小断面用ジャンボ YTB-1120油圧式トンネル用岩機

ヤマモトロックマシン株式会社

代表取締役 山本 将 登

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: info@yrm.co.jp



- 60 余年に亙り世界中で採用されてきた **硬岩用 TBM**
- 20" サイズまで実現させた高性能・長寿命の **ディスクカッタ**
- 多くの実績と多様な現場に対応できる **連続 & 垂直コンベア**

▶▶▶▶ ご連絡ください! 技術者が対応いたします
 電話: 03-6455-7450 (代表: 佐々木)

〒108-0074 東京都港区高輪 2-16-2-201 The Robbins Company Japan Office

研 究

フライアッシュを用いた高充填コンクリート で覆工の品質向上を目指す

—北陸新幹線 新北陸トンネル(奥野々工区)—

鉄道・運輸機構大阪支社敦賀鉄道建設所 若林 功 起
 鉄道・運輸機構設計技術部設計技術第二課総括課長補佐 萩原 秀 樹
 鉄道・運輸機構新幹線部新幹線第二課課長補佐 三浦 貴 幸
 (株)大林組大阪本店新北陸トンネルJV工事事務所工事長 小山 武 志

1 はじめに

整備新幹線における山岳トンネルの覆工コンクリートは、打設時の狭隘な作業環境に起因される締固め不足や、コンクリート流動距離の長さによる材料分離、また、天端部の上方吹上げ施工に起因する充填不足など、作業員の熟練度や現地の施工条件などによって、その品質が大きく左右されることが懸念されている。これまでに施工された覆工コンクリートにおいては、覆工背面の空隙、クラック、巻厚不足などの不具合が見受けられており、鉄道・運輸機構では品質向上のために種々の改善策を検討している。

その改善策の一つとして、覆工背面の空隙の解消を図り、適切な厚さの覆工コンクリートを施工するため、FILM(背面平滑型トンネルライニング工法)を採用し、現在の整備新幹線の山岳トンネル工事に適用している。

一方、覆工コンクリート材料自体については、施工時の材料分離などに伴う品質低下が懸念されており、充填性の高いコンクリート材料の研究が進められている。例えば、流動性のレベルをスランプフロー 35~50cm程度まで高めることで、補助的な締固めで型枠の隅々まで充填できる中流動



図-1 位置平面図

コンクリートが開発され、現在も広く適用されており、均質性および密実性に優れたトンネル覆工が構築できることが確認されている¹⁾。鉄道・運輸機構でも、覆工コンクリートの施工性と品質の向上を目的として、最大骨材寸法を40mmとし、かつ、コンクリートの流動化に伴うセントルの補強が不要となる、経済性に優れた高充填コンクリートの開発を行っている。

本稿は、北陸新幹線新北陸トンネル(奥野々工区)で行っている高充填コンクリートの試験と実施工について報告するものである。なお、当工区は、北陸新幹線(金沢・敦賀間)にて工事を進めている、新北陸トンネル(福井県南越前町から敦賀市に跨る延長約20kmの山岳トンネル)のうち、南越前町内の工事延長4,880mの工区である(図-1)。

2 高充填コンクリートの概要

2-1 高充填コンクリートについて

高充填コンクリートの仕様と目標品質を表-1に示す。高充填コンクリートは、最大粗骨材寸法を従来の覆工コンクリートと同様の40mmとし、かつ、従来の覆工コンクリートよりも流動性を高めるものの、現行の覆工コンクリートの補強が不要で、品質と経済性の双方を確保できるコンクリートを目指している。

2-2 高充填コンクリートの種類

高充填コンクリートは粉体系と増粘剤系の2種類に分類される。図-2に従来配合コンクリート、粉体系高充填コンクリート、増粘剤系高充填コンクリートの各コンクリート中の材料容積割合を示す。各配合の特徴は次のとおりである。

(1) 粉体系高充填コンクリート

セメントの一部をフライアッシュに置き換えることで、水密性の向上、長期強度増進、アルカリ

表-1 高充填コンクリートの仕様と目標品質

	従来の覆工コンクリート	高充填コンクリート
スランブ	15±2.5cm	21±2cm
U型充填高さ	—	28cm以上
粗骨材の最大寸法	40mm	40mm
単位水量の最大値	165kg/m ³	165kg/m ³
単位セメント量の下限值(目安)	270kg/m ³	270kg/m ³
最大水セメント比	60%以下	60%以下
設計基準強度	18N/mm ²	18N/mm ²

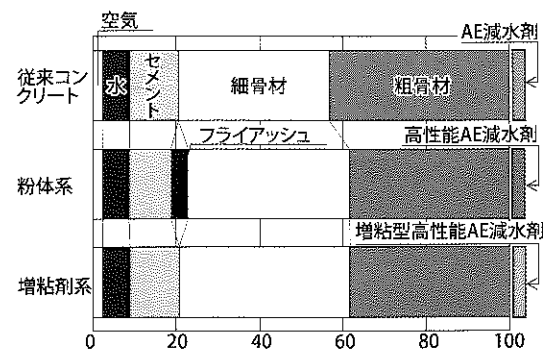


図-2 各配合の材料の容積割合

シロカ反応の抑制、また、産業副産物の再利用による環境負荷低減への貢献など、数々の利点が生じる。混和剤は一般的なAE減水剤ではなく、高性能AE減水剤を用いて流動性を確保する。

(2) 増粘剤系高充填コンクリート

増粘剤と高性能AE減水剤を1液にした増粘型高性能AE減水剤を用いることで、流動性と材料分離抵抗性を増進することができる。粉体系との違いは、フライアッシュの入手が困難で製造が難しい場合でも、代替的に高充填コンクリートを製造できることである。また、フライアッシュの貯蔵のための専用サイロを新たに準備する必要がない。

本稿は、福井県などが進めているASR劣化対策としてのフライアッシュの利用推進に合わせ、今後、主流となる副産物の有効利用を鑑み、おもに粉体系について述べることにする。

3 試験練りによる配合決定

配合検討は、最低粉体量と最大水セメント比の検討を試験練りと室内試験により行い、要求性能を満たすもっとも経済的な配合条件を決定した。試験項目と試験結果は次のとおりである。

- ① スランブ試験(図-3)
- ② U型充填試験(図-4)
- ③ プリーディング試験(図-5)
- ④ 加圧プリーディング試験(図-6)
- ⑤ 圧縮強度試験(図-7)

時間経過によるスランブプロスは従来配合と比較

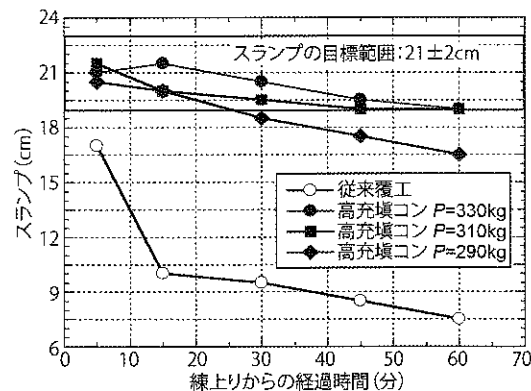


図-3 スランブ試験結果の経時変化

して非常に小さく、流動性を示すU型充填試験の結果も目標値を満足しており、高い流動性を長時間保持していることが確認された。プリーディング率は従来配合よりも大幅に低減できていることから、高い材料分離抵抗性を確認しており、加圧プリーディング試験の結果でも、良好な圧送性を

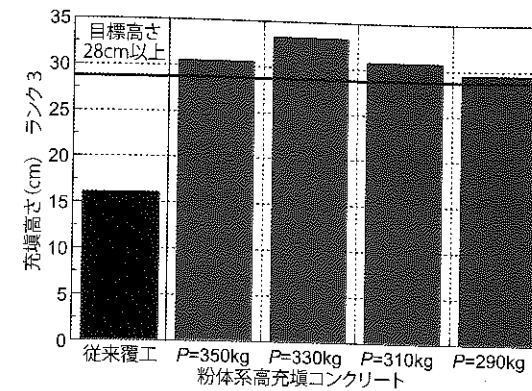


図-4 U型充填試験結果(ランク3: 障害鉄筋なし)

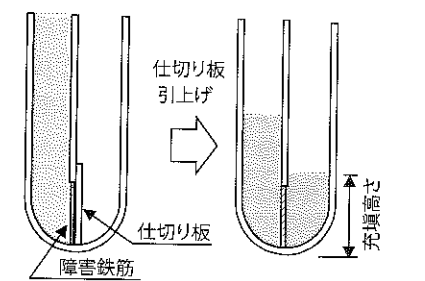


図-4 U型充填試験結果(ランク3: 障害鉄筋なし)

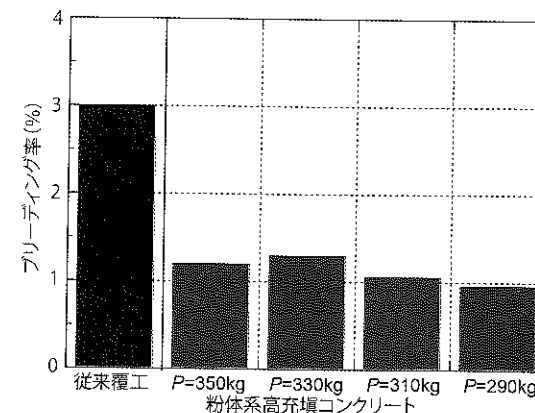


図-5 プリーディング試験結果

確認している。これらの試験の結果、粉体量を290kg/m³とした場合は、時間経過によってスランブの目標範囲を逸脱する傾向があったことから、最低粉体量は310kg/m³と決定した。

若材齢の圧縮強度については、すべての水セメント比の場合において、標準的な施工条件での積算温度(15°C, 18時間)で、脱型目標強度2N/mm²を満足していたが、水セメント比67.5%の場合は、目標値をわずかに超えるような状況であったことから、施工誤差を考慮して不採用とし、最大水セメント比は65%と決定した。なお、28日強度は設計強度18N/mm²をいずれも満足していた。以上により、最低粉体量を310kg/m³、最大水セメント比を65%とし、要求性能を満たすもっとも経済的な配合条件を試験練りにより決定した(表-2)。

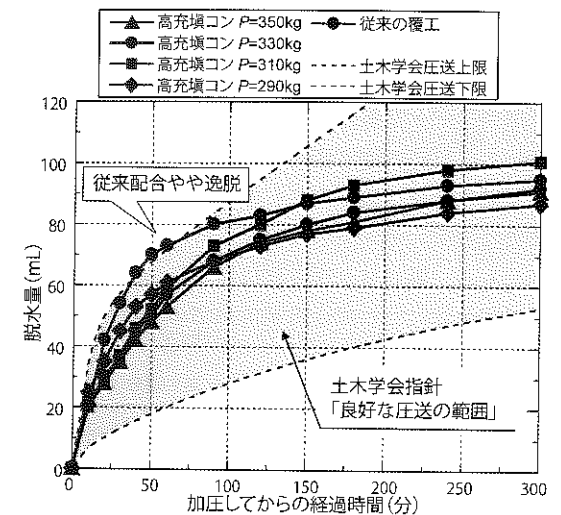


図-6 加圧プリーディング試験結果

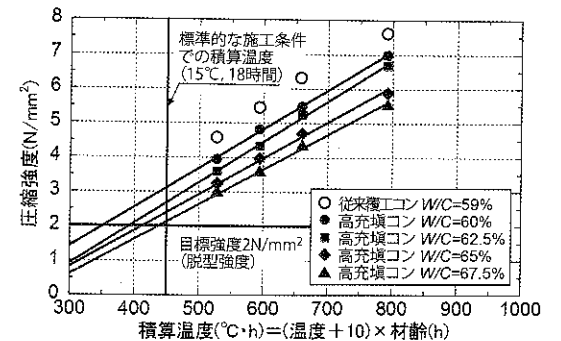


図-7 圧縮強度試験結果(若材齢)

表-2 決定した各種配合

コンクリート種類	セメント種類	W/C (%)	W/P (%)	s/a (%)	FA/P (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤 (P×%)		
						W	P	C		S	G	WR	SP	VA
								C	FA					
従来の覆工(21-15-40)	N	59.0	59.0	43.3	—	167	283	283	0	777	1,050	0.3	—	—
粉体系高充填(18-21-40)	N	65.0	51.9	51.8	20.0	161	310	248	62	919	880	—	1.40	—
増粘剤系高充填(18-21-40)	BB	56.6	56.6	52.3	—	164	290	290	0	937	880	—	1.70	1.70
増粘剤系高充填(18-21-40)	FB	60.0	60.0	52.7	—	162	270	270	0	952	880	—	0.90	0.90

*従来の覆工(山岳トンネルの無筋コンクリート)は「18-15-40」および「最大水セメント比60%」を標準としているが、現地の生コン工場の配合(JIS規格版)に合わせているため「21-15-40N」としている。

4 北陸新幹線沿線地域の骨材での性能確認

北陸新幹線(金沢・敦賀間)沿線地域において、骨材の産地による品質差が高充填コンクリートの配合にどの程度影響を及ぼすのか検討するため、福井県内の嶺北、嶺南地域の生コン工場で使用されている骨材を調査し、その骨材を用いて高充填コンクリートを製造して品質の確認を行った。使用した材料の一覧を表-3に示す。なお、当初使用していた骨材は嶺南産のものである。

ここでは、セメントとフライアッシュは当初と同じもの、細骨材と粗骨材は嶺北産のものを使用し、粗骨材については当初用いている砕石ではなく砂利を用いた。

表-3 使用した骨材の一覧

種類	名称
セメント	普通ポルトランドセメント(太平洋セメント)
	高炉セメントB種(太平洋セメント)
	フライアッシュセメントB種(敦賀セメント, FA混入率17%)
フライアッシュ	敦賀火力発電所産(上記のフライアッシュセメントのFAと同じ)
細骨材	九頭竜水系産陸砂(生コン工場で標準的に使用している材料)
	あわら市波松産山砂(同上)
粗骨材	九頭竜水系産砂利(同上)粒径2505, 4025を混合
混和剤	AE減水剤
	高機能AE減水剤
	高性能AE減水剤
	増粘型高性能AE減水剤

実施した室内試験は3章と同じ項目であるが、試験の結果、骨材の産地により配合条件を変更する必要はなく、いずれの骨材を用いた場合でも要求性能を満たす高充填コンクリートを製造することが確認できた。これにより、福井県内の北陸新幹線沿線地域では、高充填コンクリートを問題なく製造可能であることが確認された。

5 模擬型枠を用いた試験施工

決定した配合について、実施工前の性能確認として、覆工側壁部を模擬した型枠に高充填コンクリートを打設する試験施工を行った(図-8)。試験では投入直後の流動勾配と締固めに要した時間を

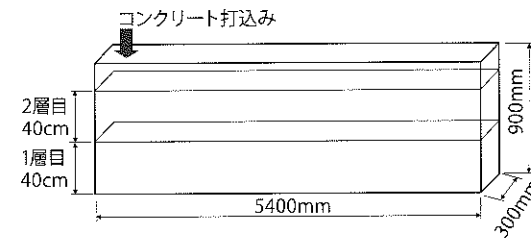


図-8 模擬型枠を用いた試験施工の概要図

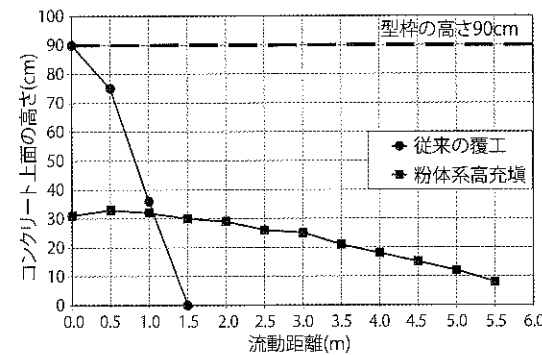


図-9 コンクリート投入直後の流動勾配

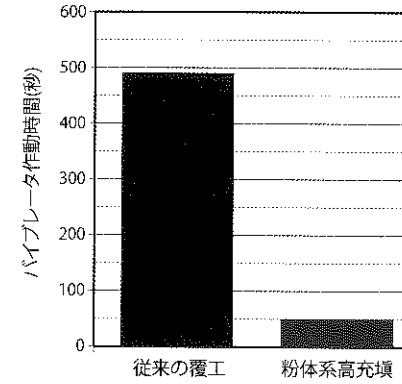


図-10 締固めに要したバイブレータ作用時間

測定した。その結果、高充填コンクリートは従来配合のコンクリートよりも流動勾配が平坦で流動距離も長く(図-9)、締固め所要時間が従来と比較して約1/10と短時間であったことから(図-10)、実施工においてもコンクリートの確実な充填と過度な締固めの解消が期待できることが確認された。

6 実際の施工状況について

経済的な配合を決定し、試験施工にて所要の性能を確認できたため、実際に高充填コンクリートを用いて覆工コンクリートを施工した。その結果、試験施工と同様な流動性を期待されたとおり発揮し、セメント内のコンクリート流動勾配は、打設が進み肩部付近まで到達してもまだ平坦であった(図-11)。

また、コンクリート打設中のセメントに作用する圧力を計測した結果、標準的なセメントの耐力設計値以下に収まることを確認した。例えば、中流動コンクリートのような流動性が高いコンクリートを打設する場合、高い圧力が作用するためにセメントの補強を要するが、高充填コンクリートで作用する圧力は従来配合と同様な耐力設計値以下の圧力で、セメントの補強が不要であり、経済的な施工が可能となることが確認できた(図-12)。これは最大骨材寸法を40mmとすることで、コンクリート中の骨材の噛み合わせが良く、流動性に優れながら、コンクリートの自立性も兼ね備えていることに起因すると考えられる。

一方、天端部の施工においても設計コンクリー

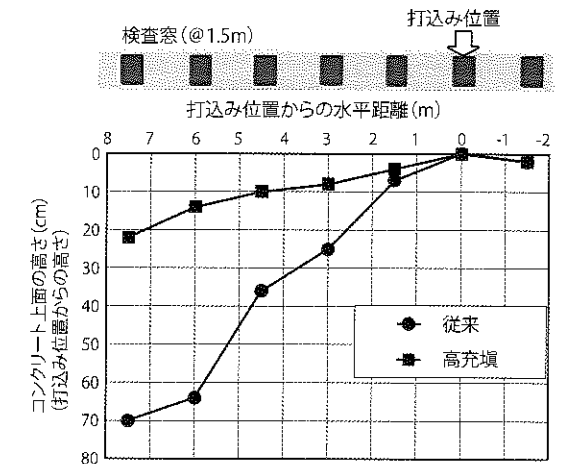


図-11 セメント内のコンクリート堆積状況(肩部付近)

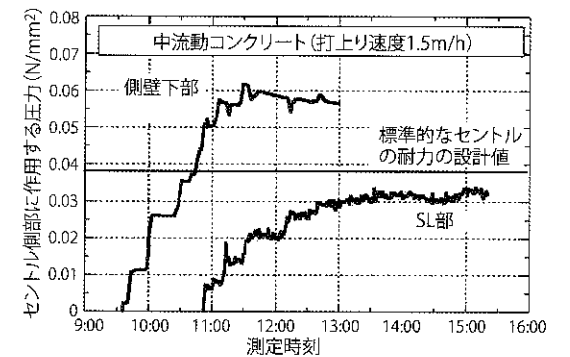
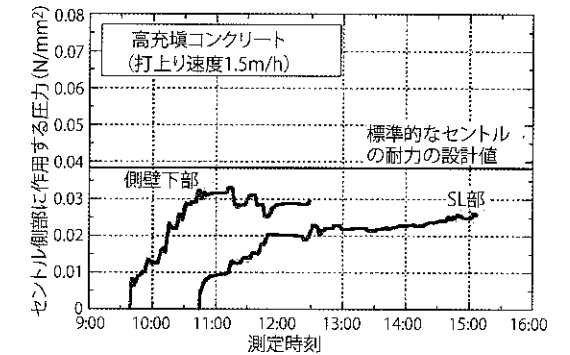


図-12 セメント側壁部に作用するコンクリート圧力の比較(高充填と中流動)

ト重量以上の圧力を観測しており、その仕上がり状況からも確実に充填されていることが確認されている(図-13)。

以上から、高充填コンクリートを用いて施工する場合、覆工コンクリートの不具合解消に十分に貢献できる結果が得られた。

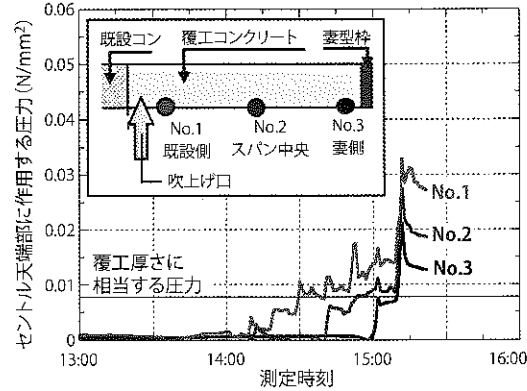


図-13 天端部に作用するコンクリート圧力

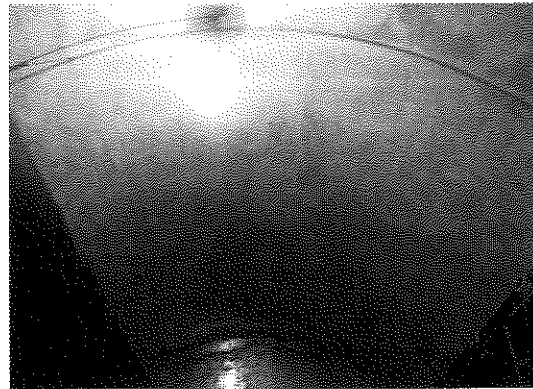


写真-1 天端部の仕上がり状況

7 ハイブリッド型覆工コンクリートの検討

7-1 ハイブリッド型覆工コンクリートの適用

高充填コンクリートについては各種性能確認試験や実施工において所要の性能を確認することができたが、粉体系、増粘剤系ともに、高性能AE減水材を用いることによりコンクリート単価は従来配合よりも高めとなる。

そこで、できる限りのコスト抑制を図るため、側壁部を従来配合のコンクリート、今回コンクリートの充填性をもっとも重視しているアーチ天端部へ高充填コンクリートを用いたハイブリッド型覆工コンクリートの試験を実施した。

従来配合から高充填コンクリートへの切替え位置については、6章でコンクリート打設中のセントル内のコンクリート流動勾配を測定した結果よ

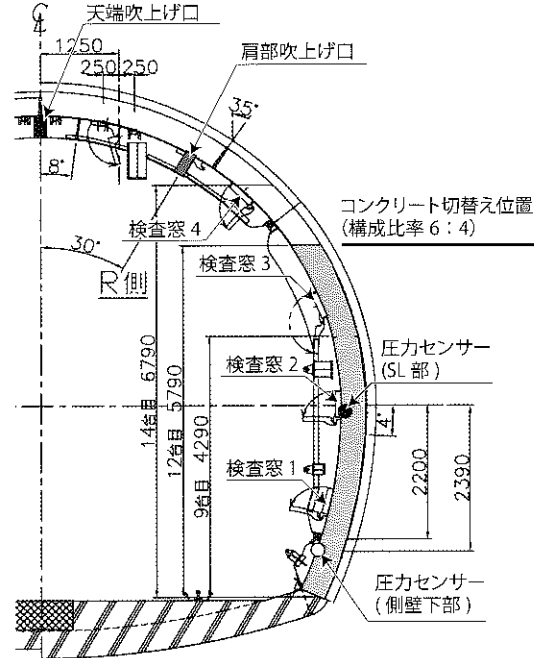


図-14 コンクリート配合の適正な切替え位置

り、従来配合でコンクリート打設を進めると肩部付近で高低差約70cmの勾配が生じることが判明していることから、検査窓4から打設している際に切替えることが妥当であると考えられ、実施工により検査窓を変化させながら確認した結果、切替え位置は肩部手前の検査窓4が適切であると確認された。その結果、従来配合のコンクリートと高充填コンクリートの構成比率はおおむね6:4となる(図-14)。

懸念される打ち継ぎ部の強度については、打重ね部を模したコンクリート供試体と、従来配合と高充填コンクリートを混合したコンクリート供試体を作成し、室内試験により圧縮強度を確認した結果(図-15)、従来配合コンクリートと高充填コンクリートの個々の強度特性の中間に位置しており、曲げ強度および引張強度についても同様の結果を得ていることから(図-16~18)、打ち重ね部の強度については問題ないことを確認している。

また、覆工の仕上がり状況(写真-2)についても、外観から打重ね部を判別することができないことから、ハイブリッド型覆工コンクリートを実用化することに問題ない結果を得ている。

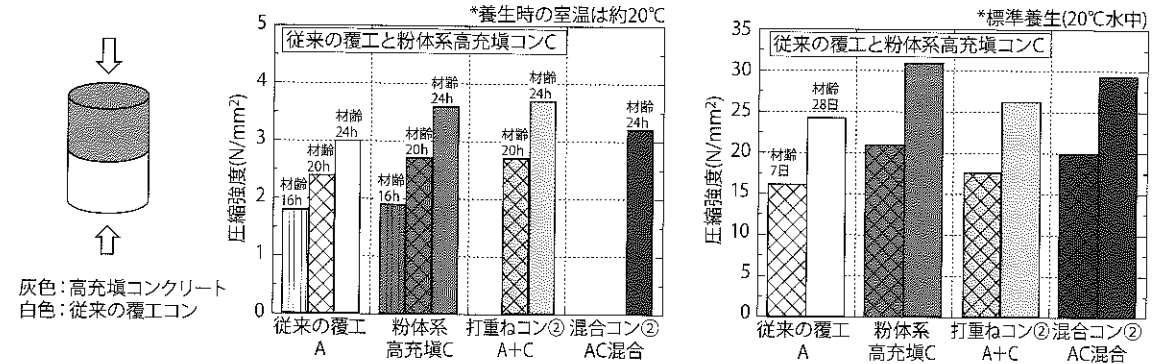


図-15 打重ね部の圧縮強度試験結果

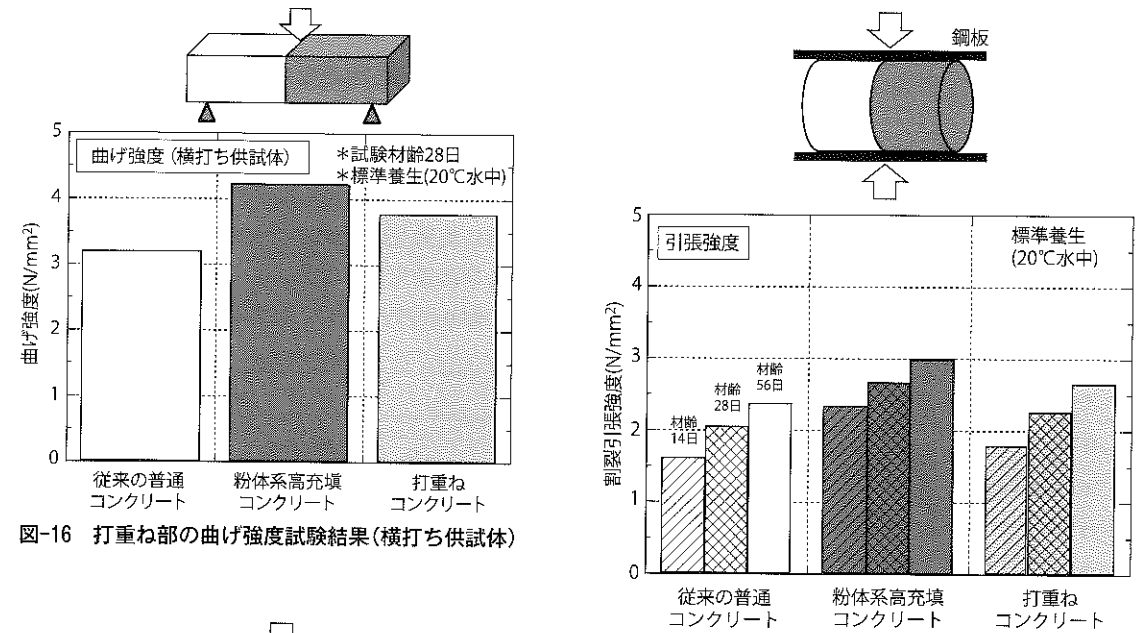


図-16 打重ね部の曲げ強度試験結果(横打ち供試体)

図-18 打重ね部の引張強度試験結果

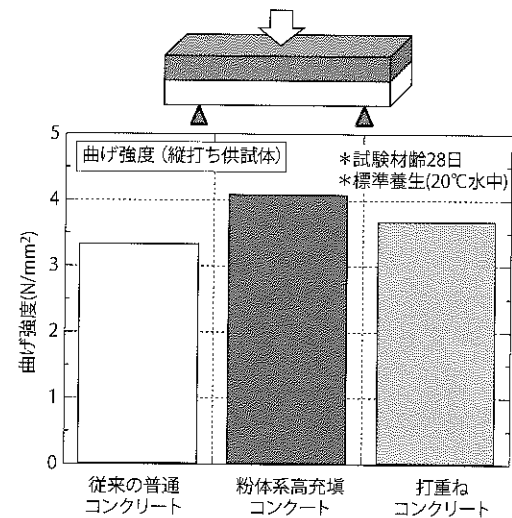


図-17 打重ね部の曲げ強度試験結果(縦打ち供試体)



写真-2 ハイブリッド型覆工コンクリート仕上がり状況

7-2 流動化コンクリートとの比較

一般的にコンクリートの流動性に不安がある場合、普通コンクリートに対して後添加で流動化剤を投入する流動化コンクリートが用いられるが、ハイブリッド型覆工コンクリートで天端部に用いるコンクリートとして、高充填コンクリートと流動化コンクリートを室内試験による性能比較を行った。

流動化コンクリートは流動化剤によりスランプを18cmと21cmに設定したコンクリート(以降、「流動化コン①」、「流動化コン②」と呼ぶ)と、流動化後の材料分離抑制のため独自の配合修正を行った流動化コンクリート(スランプ21cm、以降、「配合修正流動化コン」と呼ぶ)を用意した。

スランプの経時変化の結果(図-19)とU型充填試験の結果(図-20)から、流動化コン①と配合修正流動化コンは高充填コンクリートと比較してスランプロスが大きいことが確認された。流動化コ

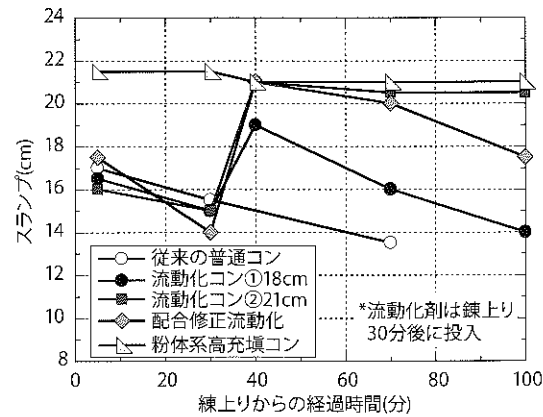


図-19 スランプの経時変化(流動化コンと比較)

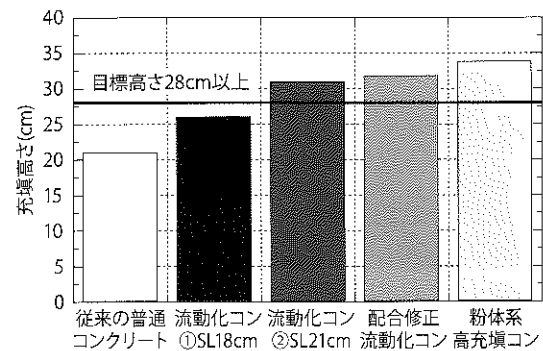


図-20 U型充填試験結果(流動化コンと比較)

ン②は、スランプの経時変化が見かけ上小さくなっているが、材料分離が発生している。

U型充填試験結果は、流動化コン①以外は目標高さを満足した。スランプの経時変化の結果と併せると、流動化コンクリートは流動性が高いが、それを長時間保持することが難しいことが確認された。

次にブリーディング試験の結果(図-21)、流動化コン①と流動化コン②は従来配合と同程度のブリーディングを確認したが、配合修正流動化コンについては1%前後の値となった。

また、加圧ブリーディング試験の結果(図-22)、流動化コン①と流動化コン②は良好な圧送の範囲をやや逸脱する傾向があったが、配合修正流動化コンについては良好な圧送の範囲を満足していた。

以上の結果をまとめると、高充填コンクリートは単に流動化させたコンクリート(流動化コン①および流動化コン②)よりも、流動性の保持に優れており、ブリーディング特性と材料分離抵抗性

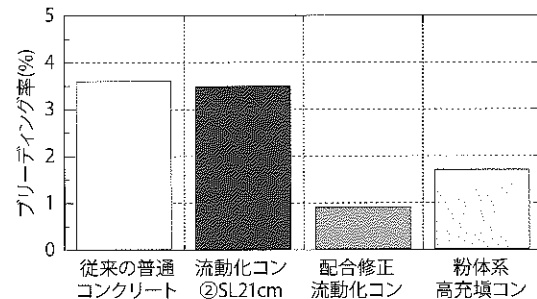


図-21 ブリーディング試験結果(流動化コンと比較)

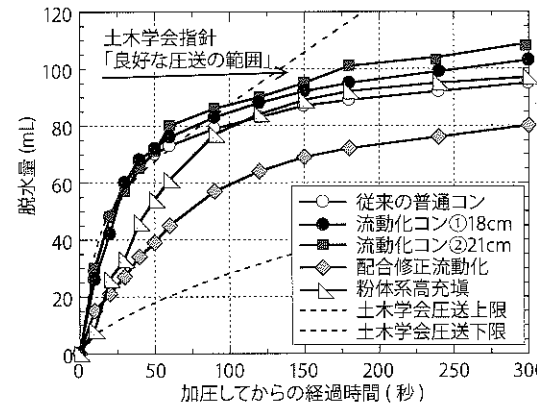


図-22 加圧ブリーディング試験結果(流動化コンと比較)

について優位であることが確認された。配合修正流動化コンは、流動性の保持を除いて高充填コンクリートとほぼ同程度の性能であることが確認された。しかし、配合修正のための材料費増額と流動化剤添加にかかわる費用を要することから、高充填コンクリートの方が流動性保持と経済性で優位となる。

8 まとめ

高充填コンクリートを用いた覆工コンクリートの施工は、2016(平成28)年10月現在までに延長約1,200m施工しているが、施工中のコンクリート圧力測定結果や仕上がり状況から、これまで良好な結果が得られている。施工性についても実際に施工した作業員などからのヒアリングの結果、評判は良好であり、作業時のトラブルなどの課題となる報告もない。将来の維持管理、ライフサイ

クルコストまで考慮した高品質なトンネル覆工の構築が望まれる現在、高充填コンクリートはその役割を十分担うものであると考える。

今後は、覆工非破壊検査による充填性および品質の確認を行い、費用対効果の検討を行っていく予定である。検討結果によっては、経済性を考慮しハイブリッド型覆工コンクリートを採用し、ネックとなる天端部の品質確保も選択肢として考えている。

今回の取組みが、実用化に向けた一助となれば幸いです。最後に、多大なるご指導とご協力いただいた関係者の方々に、深くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 城間博通・小川澄・佐伯徹：トンネル覆工用流動化コンクリートの開発，土木技術，Vol.64，No.4，pp.49-57，2009.4.

図書案内

地下水の科学 — 全3巻 —

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

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



第I巻 地下水の物理と化学

4,078円+税 B5判

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

第II巻 地下水環境学

4,272円+税 B5判

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

第III巻 地下水と地質

3,689円+税 B5判

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

株式会社 土木工学社

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

文 献 紹 介

解 説

- 岩野圭太：周辺環境に優しい制御発破技術，特集/切る，土木技術，Vol.70，No.8，2015.8.
- 新たな視点で切り取ったトンネル，フォトコンテスト最優秀作が語る「土木の魅力」，日経コンストラクション，No.622，2015.8.24.
- 櫻井寿之・宮川仁：スイスにて開催された土砂バイパストンネルに関する国際ワークショップ，ダム技術，No.347，2015.8.
- 特集/推進技術の継承，月刊推進技術，Vol.29，No.9，2015.9.
- 潮崎俊也：鉄道構造物の維持管理に関する基準の検証，建設機械施工，Vol.67，No.9，2015.9.
- 谷村幸裕：鉄道構造物の維持管理の現状と新しいリニューアル技術の開発，建設機械施工，Vol.67，No.9，2015.9.
- 特別企画/コンクリート防食を照らす新たな技術，光硬化型工法，月刊下水道，Vol.38，No.12，2015.10.
- 狙いは維持管理でのCIM活用，トンネルの施工管理で使用・蓄積したデータを発注者に提供，日経コンストラクション，No.625，2015.10.12.
- 野野厚・遠藤敏雄・入澤一明：空港内のシールドトンネルにおける地震動モニタリング，基礎工，Vol.43，No.11，2015.11.
- 津野究・中村智哉・富樫陽太：センサーネットワークによる山岳トンネル覆工の変状監視，基礎工，Vol.43，No.11，2015.11.
- 小島英郷：長大山岳トンネルにおける工期短縮への取り組み，土木学会誌，Vol.101，No.1，2016.1.

研 究・開 発

- 特集/リニア新幹線を支えるトンネル工事向け工法と技術②，建設機械，Vol.51，No.8，2015.8.
- 大木智明・金丸清人：大深度の地下を「切り」開く，非開削大規模地中掘削工法SR-JP工法の開発，特集/切る，土木技術，Vol.70，No.8，2015.8.
- 前田全規・真下義章：トンネル換気システム改善への取り組み，八之尻トンネルの新換気システム，特集/切る，土木技術，Vol.70，No.8，2015.8.
- 特集/地下水に挑む・守る，月刊推進技術，Vol.29，No.8，2015.8.
- 塚本耕治：削孔検層法によるトンネル切羽前方探査，打撃によるエネルギーを指標に用いた地山評価，特集/

- 叩く一打つ，土木技術，Vol.70，No.9，2015.9.
- 御崎哲一・篠田昌弘・島田義則：ハンマーを用いずに新幹線トンネル覆工コンクリートを打音検査，建設機械施工，Vol.67，No.9，2015.9.
- 伊藤哲・本田泰大・木梨秀雄：全周波数帯域に対応したトンネル発破消音器の開発，建設機械施工，Vol.67，No.10，2015.10.
- 平岡昭信・川端康夫：地下空洞充填におけるシールド泥水の有効利用，建設機械施工，Vol.67，No.10，2015.10.
- 久保昌史：コンクリートの浮き・ひび割れ等を把握する新しい診断技術開発，高感度赤外線熱画像と可視画像を同時撮影し，客観的評価と図面データ化を実現，道路，Vol.898，2016.1.

計 画・設 計

- 善本隆典：日本最大級のトンネル式放流設備を有する天ヶ瀬ダム再開発事業の概要，ダム技術，No.350，2015.11.

施 工

- 切り羽作業のすぐ後方でズリも処理，八鹿日高道路三谷トンネル工事(兵庫県)，ズームアップ トンネル，日経コンストラクション，No.621，2015.8.10.
- 谷内宏一：水封式地下岩盤貯槽方式による倉敷国家石油ガス備蓄基地の施工と維持管理，土木学会誌，Vol.100，No.9，2015.9.
- 急傾斜地に築くL字形の避難路，津波避難シェルター建設工事(高知県)，ズームアップ トンネル，日経コンストラクション，No.623，2015.9.14.
- 田中翔吾：中大口径管きょ更生工法，バルテム・フローリング工法，建設機械施工，Vol.67，No.9，2015.9.
- 特集/最近の薬液注入工法，基礎工，Vol.43，No.10，2015.10.
- 特集/トンネルの防水技術とひび割れ補修，防水ジャーナル，No.528，2015.11.
- 特集/既設構造物への到達，月刊推進技術，Vol.29，No.11-12，2015.11-12.
- 渡邊健二：鹿野川ダム改造事業の取り組み状況報告，ダム技術，No.350，2015.11.
- 特集/市街地山留め工事の課題と対策，基礎工，Vol.43，No.12，2015.12.
- 特集/推進工法による矩形トンネル構築，月刊推進技術，Vol.29，No.12，2015.12.

報 告

欧州TBMトンネル見学記

—延長55kmのブレンナーベーストンネルほか—

清水建設(株)土木技術本部地下空間統括部主査 水戸 聡
清水建設(株)土木技術本部本部長 河田 孝志

1 はじめに

2014年，EUは圏内の経済力強化を目的に大陸の東西南北の交通網整備を掲げ，現在，高速鉄道輸送網の拡充を行っている。その中には，TBM (Tunnel Boring Machine) 施工による長大トンネルも含まれている(図-1)。

日本国内では，飛騨トンネル以降，複雑な地質へのTBMの適用性は低いとの観点から，TBM施工によるトンネル工事は減少している。しかし，海外を見渡せば，TBMによる施工が主流である。今回，ドイツのフィルダートンネル，オーストリアとイタリアを結ぶブレンナーベーストンネルの

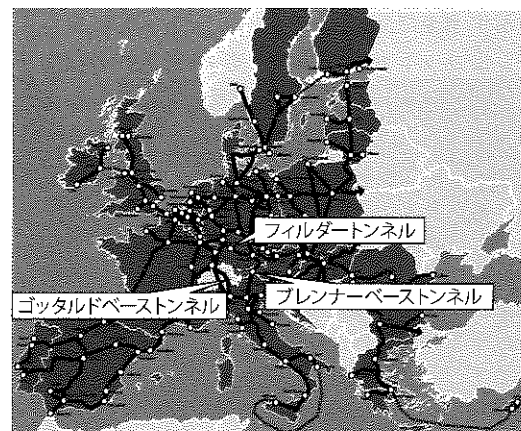


図-1 高速鉄道網図

2本のトンネルを見学する機会があり，どのようにTBMを適用させているのか知ることができた。また，海外TBMメーカーの幹部と接する機会があった。

本稿では，2つのトンネル現場の概要と，欧州でのTBMの適用の現状について報告する。

2 フィルダートンネル

2-1 工事概要

フィルダートンネルは，フランス・パリ～ハンガリー・ブダペストの東西間を結ぶ高速鉄道路線のうち，シュツットガルト～ウルム区間(路線長117km)の新設工事の一部である。事業者はドイツ鉄道(Deutsche Bahn)である。トンネルは，延長9.5kmのTBM単線並列トンネルで，コンクリートセグメントによる支保が適用されている。コンクリートセグメント厚さは標準部が45cm，水圧(6 bar)対応部は60cmである。

フィルダートンネル工事の特徴として，1台の複合地質対応型TBMで上下線のトンネルを掘削すること，ならびにTBMとNATMを併用することにより両方の長所を活かしてトンネルを掘削すること，の2つが挙げられる。

2-2 地質概要

地質は，おもに砂岩，石膏，片岩が占め，シル

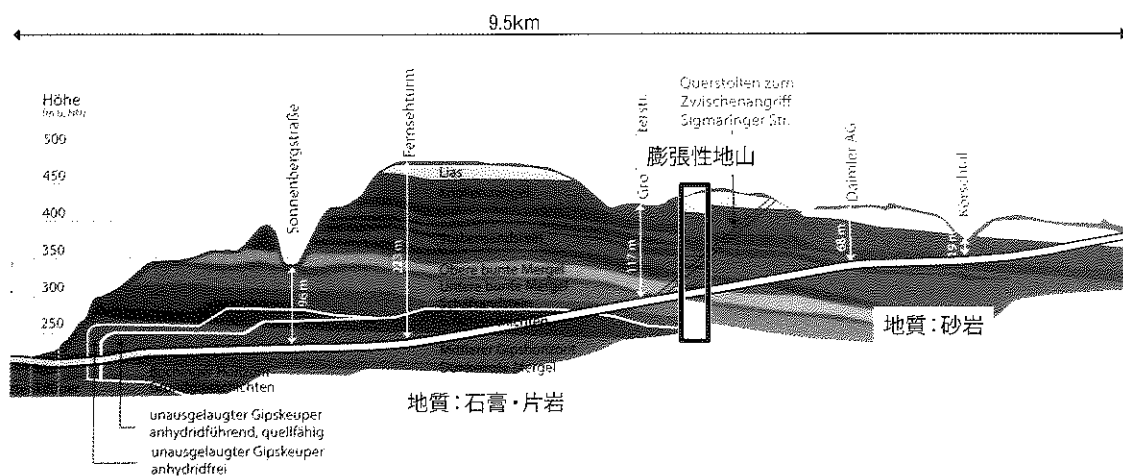


図-2 フィルダートンネル地質縦断面図

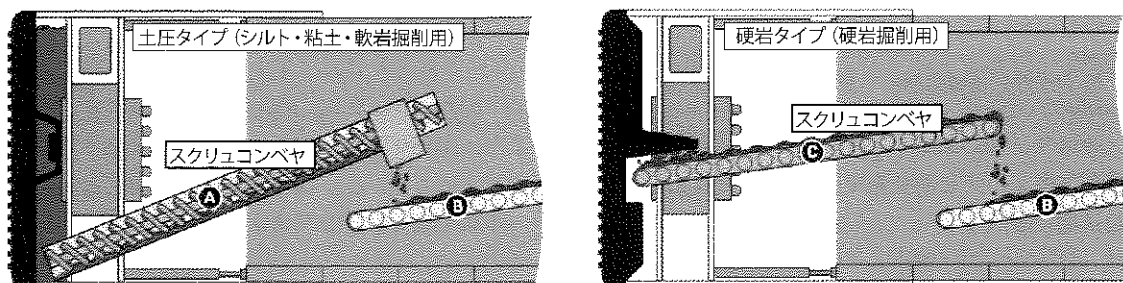


図-3 複合地質対応型TBM

ト、粘土が混在する。シュツットガルト側はおもに石膏、片岩が占め、ウルム側はおもに砂岩が占めている。

また、トンネル中央付近には膨張性地山が存在する(図-2)。

岩石の一軸圧縮強度は、最大100MPa、平均で40~50MPaである。

2-3 TBM

TBMは、掘削外径φ10.82mのシングルシールドタイプである。TBM製作会社は、ドイツのHerrenknecht(ヘレンクネヒト)社であり、このTBMの最大の特徴は、複合地質を掘削できる複合地質対応型TBMである(図-3)。当初、複数台のTBMによるトンネルを掘削する計画であったが、施工者が1台の複合地質対応型TBMで上下線のトンネルを掘削する提案をして承認された、との説明があった。

2-4 TBMとNATMの併用

トンネル中央部付近に存在する膨張性地山の掘削には、TBMによる掘削は困難であるとの判断からNATMが適用されている。

TBMとNATMの併用による掘削手順を図-4に示す。

シュツットガルト側の①部TBM区間の掘削を終えてTBMを坑外へ引出したのちに、トンネル中央部に位置する膨張性地山区間(②部)をNATMにて掘削する計画である。③部TBM区間の掘削が完了する前に、②部NATM区間の掘削が完了する計画である。

本トンネルは長大であるため、TBMでの施工が前提であり、NATMは補助としての位置づけである。

2-5 トンネルの現状

2016年4月11日時点では、シュツットガルト

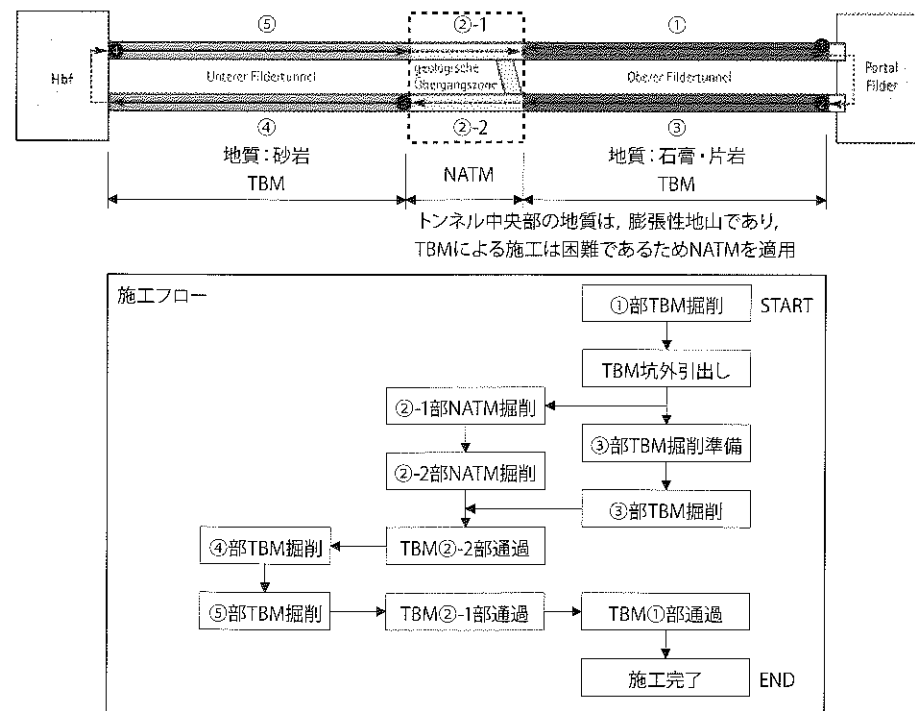


図-4 掘削手順

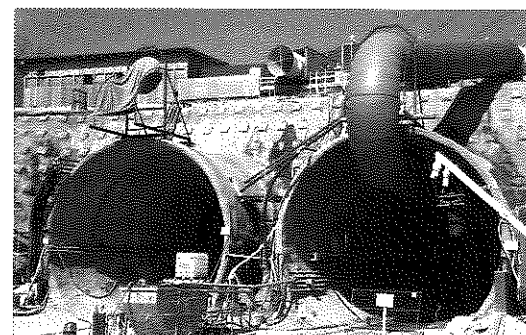


写真-1 シュツットガルト側坑口全景



写真-3 TBM整備状況



写真-2 坑内全景



写真-4 機械修理工場

側の①部TBM区間の掘削と③部TBM区間のTBM発進坑の掘削が完了(写真-1,2)しており、坑外で③部TBM掘削のための準備(写真-3)と膨張性地山区間のNATM掘削準備を行っていた。

TBM掘進実績は、最大日進34m、平均日進15m、平均月進450m(30日稼働)とのことだった。

坑外仮設は、とくに機械メンテナンスを重視した設備であり、機械修理工場(写真-4,5)は非常に参考になった。

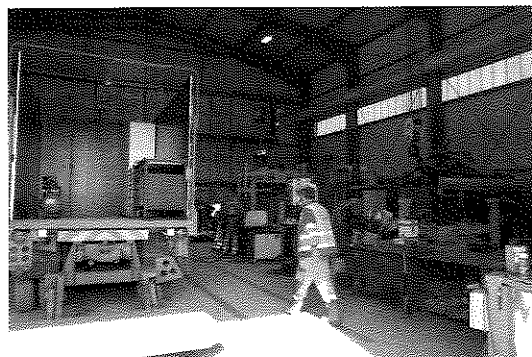


写真-5 機械修理工場内部

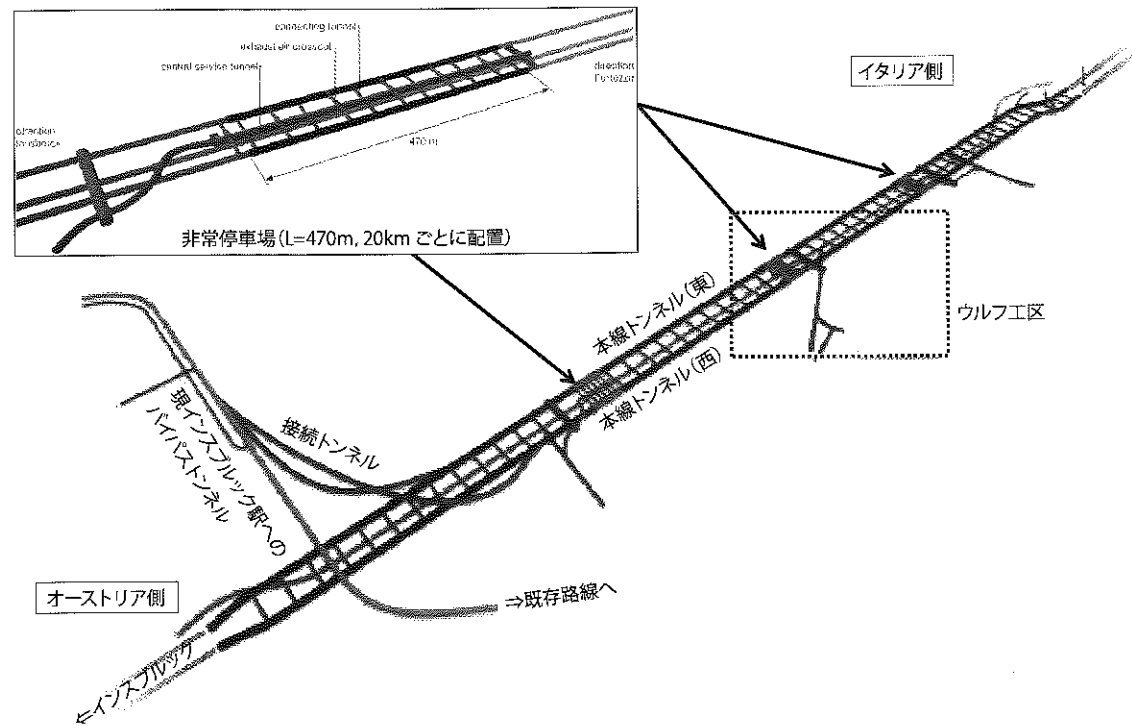


図-5 プレンナーベーストンネル全体図

3 プレンナーベーストンネル

3-1 工事概要

プレナーベーストンネルは、フィンランド～イタリアの南北間を結ぶ高速鉄道路線のうち、オーストリアのチロル州とイタリアのボルツァーノ自治県に位置するプレナー峠の激しい交通渋滞を解消し、環境を改善することを目的としたオーストリア・インスブルック～イタリア・フォルテツァ(延長55km)を結ぶトンネル工事である。トンネル完成後、ゴッタルドベーストンネルに次ぐ世界で2番目に長いトンネルになる予定である。東西2本の本線トンネル55kmとバイパストンネル9kmを合わせた64kmの長大トンネルである。

バイパストンネルは、既存線路と現インスブルック駅を結ぶトンネルである。このバイパストンネルと本線トンネルは接続トンネルで接続される。非常用設備として、本線トンネル20kmごとに延長470mの非常駐車場の設置が計画され、2

本の本線トンネルを連結する避難連絡坑は、333mごとの設置が計画されている(図-5)。

プレナーベーストンネルの特徴として、2本の本線トンネルの間に調査トンネル兼排水トンネルが計画されていることが挙げられる(図-6)。事業者は、オーストリア国鉄(50%)とイタリア国鉄(50%)である。総事業費は86億ユーロ(約9,700億円:1ユーロ=113円)を見込んでいる。トンネルは、TBM単線並列トンネルで、コンクリートセグメントによる支保が適用されている。今回見学した工区は中央のウルフ工区である。

地域住民は、大型自動車の出す排気ガスで自然環境を壊されたくないとの意識が強いため、本トンネル工事への地域住民の理解と関心度は非常に高いと説明を受けた。

3-2 地質・地形概要

トンネルは、オーストリアとイタリア間のアルプス山脈(標高約2,500m)を横断するかたちで建設される。最大土かぶり約1,800mである。地質は、おもにスレート、片麻岩、花崗岩、石英千枚岩が占める(図-7)。

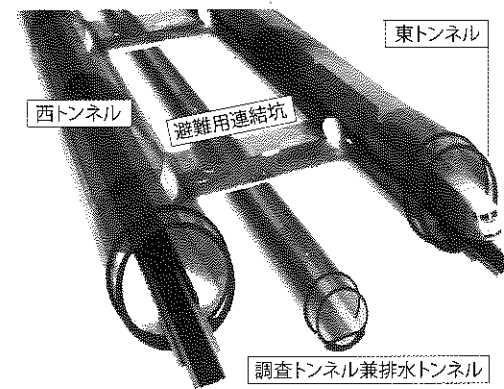


図-6 トンネル概要図

3-3 TBM

詳細なTBM仕様はまだ計画段階であったが(2016年4月時点)、設計責任者であるAmberg(アンベルグ)社のDr. Nedimの説明によるTBM仕様を表-1に示す。日本国内最大級TBMである飛驒トンネルTBM(φ12.84m)の性能と比較すると、カットヘッドトルクはほぼ同等であるが、スラスト力はおよそ3倍強力である¹⁾。

なぜTBMを選定したのか、シングルシールドタイプTBMとダブルシールドタイプTBMのどちらが適しているのか、TBM地山拘束時の対策はどのように考えているのかという質問に対する回答を以下に示す。

- ・1工区の掘削延長が20kmと長いので、TBMを選定した。
- ・ダブルシールドタイプTBMと比べて、シングルシールドタイプTBMの機長が短いので、地山拘束リスクはダブルシールドタイプTBMと比較して低い。したがって、設計者としてはシングルシールドタイプTBMを推奨したい。
- ・ダブルシールドタイプTBMはテレスコピック構造であるため、不良地山でのTBM盛替えトラブルが発生しやすい。
- ・施工速度はダブルシールドタイプTBMの方

表-1 TBM仕様

項目	仕様
TBM掘削外径	φ10.3m
TBM型式	シングルシールドタイプ、または、ダブルシールドタイプ
スラスト力	180,000kN
カットヘッドトルク	30,000kN・m

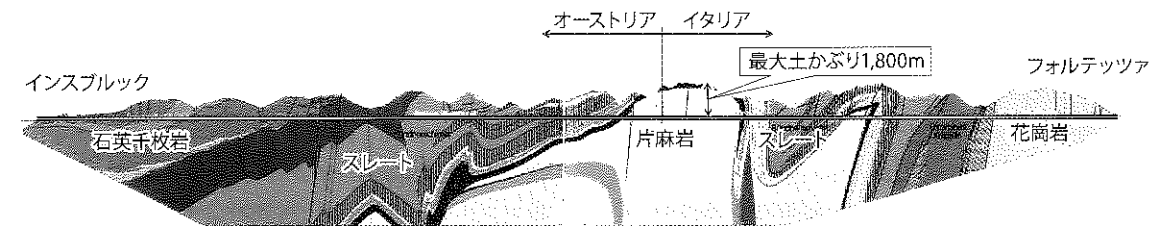


図-7 プレンナーベーストンネル地質縦断面図

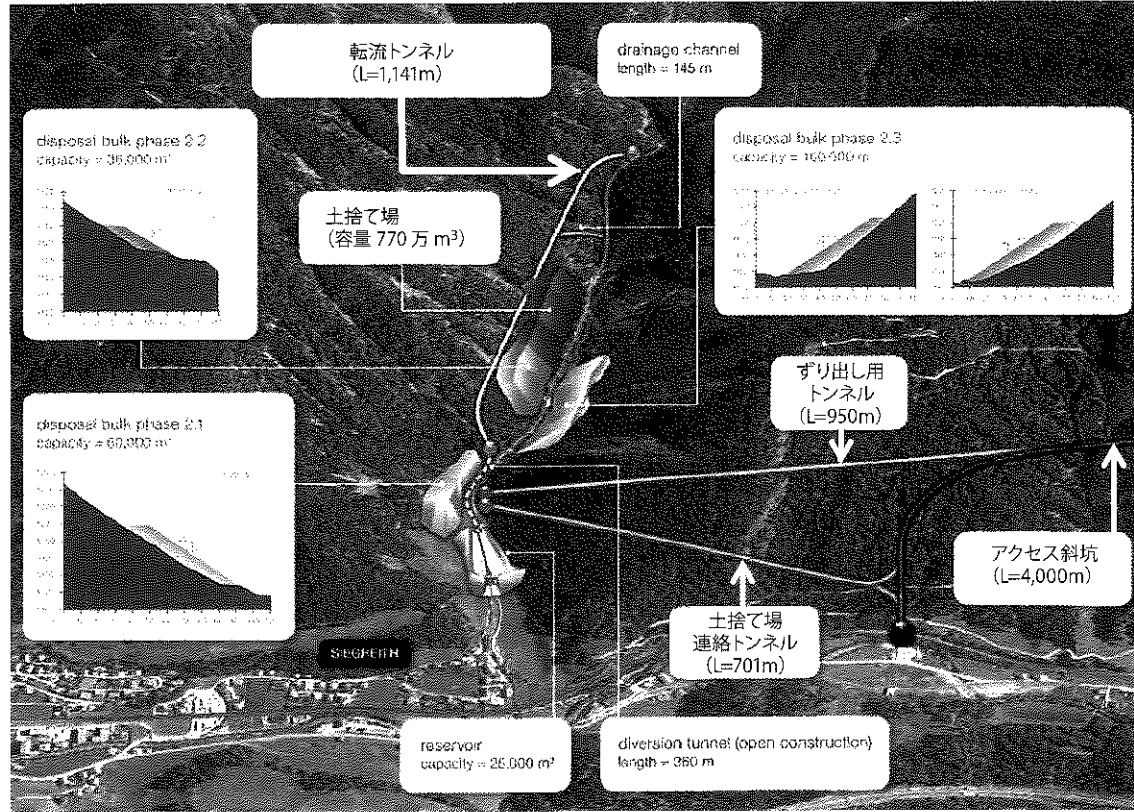


図-8 土捨て場全体概要図

が速いので、施工者はダブルシールドタイプTBMを選択するのではないかと。

- ・TBM地山拘束時対策として、先行している調査トンネル兼排水トンネルよりTBM救出坑を掘削し、TBMを地山拘束から開放する。

フィルダートンネルも同様であるが、トンネル施工延長が長い場合は、TBMを選定することが当たり前であると感じた。

3-4 土捨て場

長大トンネルを施工する場合、土捨て場用地の確保が重要な課題となる。プレナーベーストンネル全体で容量約1,622万m³、ウルフ工区では容量約770万m³の土捨て場が必要となる。トンネルは急峻な山岳部で施工されるため、土捨て場は沢を利用していた。

土捨て場の施工順序を以下に示す。

- ① 沢水の仮排水のための転流トンネル(L=1.1km)を施工する。

- ② 沢をトンネル掘削ずりで盛土する。盛土前にトンネルずりはクラッシャーにて破碎する。
- ③ 盛土完了後に新しい開水路を構築する。
- ④ 転流トンネルを閉塞する。
- ⑤ 土捨て場を緑地化する。

土捨て場全体概要図を図-8に示す。工事用車両が住居地域を通行することがないように土捨て場連絡トンネルが設置されていた。盛土施工状況を写真-6,7に示す。

自然豊かなアルプスを背景に、大胆かつ周辺環境に配慮した計画で大容量の土捨て場を確保していることに感銘を受けた。

3-5 トンネルの現状

2016年4月12日時点では、アクセス斜坑(L=4km)の施工が完了し(写真-8)、調査トンネル兼排水トンネルでの水平調査ボーリング(写真-9)、本線トンネルへの連絡坑(写真-10)を施工していた。アクセス斜坑の断面の大きさは、日本国内の2車

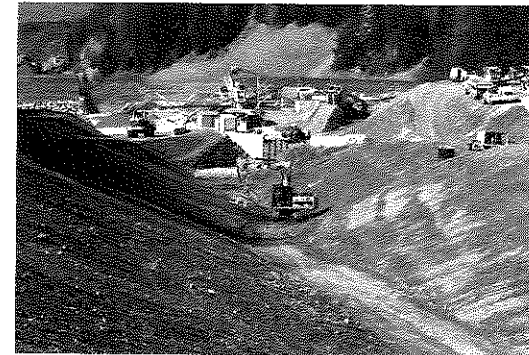


写真-6 土捨て場全景(下流側)

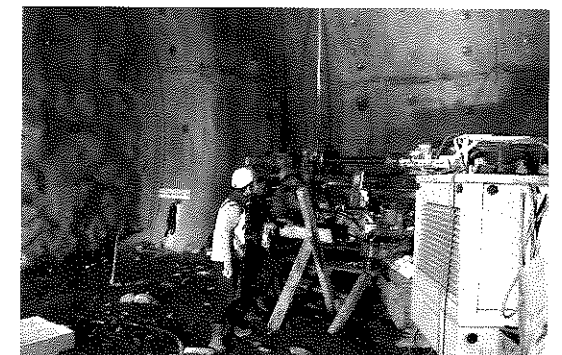


写真-9 水平調査ボーリング状況



写真-7 土捨て場全景(上流側)



写真-10 連絡坑施工状況



写真-8 アクセス斜坑全景

線トンネル断面に相当し、作業性を重視している感じを受けた。ただし、路盤のメンテナンスは定期的に行っておらず、路盤状態は良いとは言えなかった。

トンネル作業員の労働時間は8時間と法律で定められているため、トンネル工事進捗確保のためには必然的に1日3交替のシフトとなる。反対に、日本国内では、36協定により残業が可能であるた

め、1日2交替のシフトが通常となり、1日3交替のシフトが適用されない。優劣は別として、法律で残業を認めないことは非常に興味深いことである。

オーストリア国鉄の工事担当者は、毎週、地域住民とコミュニケーションを図っており、良好な関係を築いているとのことだった。地域住民とのコミュニケーションにより、工事を円滑に進める姿勢は、万国共通であると感じた。

4 BAUMA 国際建設機械見本市

欧州滞在期間後半は、世界3大建機展であるBAUMA 国際建設機械見本市を見学する機会があった。605,000m²(東京ドーム約15個分)の会場に、6,500ものブースが出典され、1週間で55万人もの来場者で賑わう非常に大きな見本市である(写真-11)。スケールの大きさと、この見本市のために多くの建設機械を搬入して展示していること、パビリオンを準備していることに圧倒された。

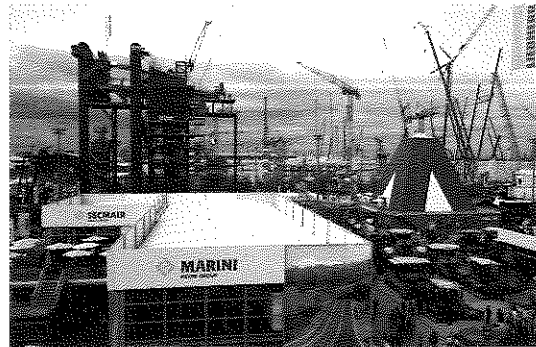


写真-11 BAUMA見本市

また、家族連れも多数見られ、子供が建設機械に直接触れて楽しんでいる姿が印象的であった。

今回、ドイツのTBMメーカーであるHerrenknecht社副社長・Lehmann氏と懇談する機会があった。2016年4月現在、カタールとドーハで同社のTBMが21台(総掘削延長111km)も稼働しているとのことだった。

前述のフィルダートンネルの複合地質対応型TBM、マレーシア・クアラルンプールMRT工事の泥土&泥水マルチモードTBMなど興味深いTBMが紹介されていた。Herrenknecht社の本拠地ドイツでの展示のためか、展示ブースに力を入れている印象を受けた(写真-12, 13)。

Lehmann氏との懇談の中で、日本のトンネル市場への参入について興味があるか質問したところ、日本市場には興味はあるが、参入のためには、まず海外で製作したTBMを日本国内で輸送するための法律・規制を勉強しなければならないとの回答だった。日本市場には興味はあるが、現在のところカタール・ドーハを含めた日本以外の世界各国で多くのTBMが稼働しているため日本まで手を広げる必要はないと考えているようだ。

5 おわりに

今回の欧州TBM見学では、長距離トンネル施工のためにTBMの適用を探究し続ける姿勢、



写真-12 Herrenknecht社ブース

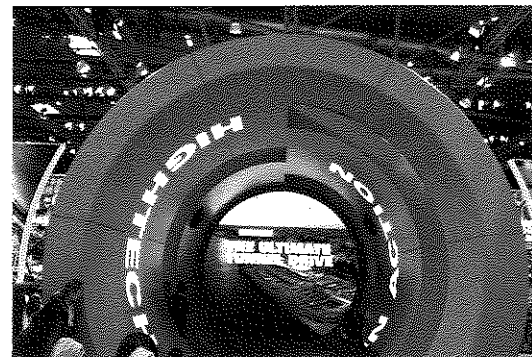


写真-13 Herrenknecht社ブース

TBMとNATMの長所を活かしたトンネル掘削方法、複合地質対応TBMなどの新しいTBMへの挑戦など、日本では味わうことができない刺激を受けることができた。

現場で懇切丁寧に応対していただいた皆様には大変お世話になりました。誌面を借りて厚くお礼申し上げます。

最後に、この報告が微力ながら、日本のトンネル関係者の皆様の参考になれば幸いです。

参考文献

- 1) 森山守・寺田光太郎・小林伸二：世界最大級(φ12.84m)のTBMで地下1,000mを掘削(設計編)，東海北陸自動車道 飛驒トンネル本坑，トンネルと地下，Vol. 38, No.10, pp.15-25, 2007.10.

連載講座

トンネル新技術への挑戦(14)

—同時裏込め注入工法—

「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会

① はじめに

シールド工法において必然的に生じるテールボイド処理を担う裏込め注入工はきわめて重要な工種である。都市トンネル工法としてシールド工法が日本で用いられた当初の裏込め材は、豆砂利や砂モルタルが用いられていた。その後も砂モルタルに代表される1液型注入材であった。しかし、土質の複雑な日本のシールド工事では、裏込め注入を施工する前にテールボイドを埋めるように周辺地山の崩壊が起こったり、地下水に希釈されたりと問題が多く、1液型注入材では適切な裏込め注入工が施工できなかった。

1967(昭和42)年に、エアモルタルに急結材である水ガラスを注入孔直前で混合させる2液型裏込め注入材と注入システムが開発された。狭いテールボイド空隙を可塑状ゲルで充填させ、早期に硬化させることができる画期的な工法であった。このアイデアは瞬く間に日本中のシールド現場に拡がり、多くの2液型裏込め注入材が開発され、日本では1液型注入材を駆逐した。

2液型裏込め注入材という革新的な裏込め注入材が開発されたものの、裏込め注入工法はセグメントからの注入が長い間主流であった。

1982(昭和57)年、大阪地下鉄中央線のシールド工事においては、2液型同時裏込め注入工が採用され、それまで大きな沈下が発生していた軟弱粘性土層において地盤沈下量を画期的に抑えること

に成功した。

しかし、「同時注入管(装置)はすぐに閉塞トラブルが起こる」「シールド外周に突起物があるため、掘進制御を阻害する」といった批判が同時裏込め注入工の普及を阻んでいた。

2液型同時裏込め注入工を支える新時代の同時注入管の開発と改良を紹介する。

② 開発の背景

2-1 それまでの状況

関西から始まった2液型裏込め注入材は、モルタルのブリージングを防ぐ工夫として、ペントナイトが高価であったため、エアモルタルを主材としていた。続いて始まった関東では、近隣にペントナイト産地があったため、主材をCBとしていた。

当時の裏込め注入技術は未成熟で、注入材のシールド内への漏出を防ぐために数リング遅れることが多く、片番に1回の注入がせいぜいといった状態であった。しかし、テールシールドの改良に伴い、テール近くでの注入が可能となり、掘進中の裏込め注入が試みられるようになった。立坑上の裏込め混練プラントからモルタル鋼管圧送方式が普及していたため、毎リングの注入を可能とするためモルタルの可使時間を延ばす安定剤(硬化遅延剤)が開発され、1980(昭和55)年ごろに同時注入が可能となる裏込め注入材の原型が完成した。

しかし、裏込め注入工は材料だけでなく、注入時期、場所、方法がまとまって機能するものであ

る。同時注入を可能にするためには、注入装置の開発が不可欠であった。

2-2 開発への取組み

裏込め注入の方式には、一般的に「同時注入」と「即時注入」がある。「即時注入」は掘進に遅れない程度に裏込め注入する方法で、セグメントの注入孔を利用して行っている。「同時注入」は、テールボイドの発生に合わせて注入する方法で、一般的にはシールドに設けた「同時注入管」を利用して注入する。周辺地盤の緩みを防ぎ、地盤沈下を極力抑えるには「同時注入」が有効である。海外においても、使用する注入材のいかにかわらず、同時注入は裏込め注入の常識とされている。

一方、2液型裏込め注入材の特長は、注入する直前までは液体状で、2液が混合されると10秒程度で可塑状ゲルに変化し、20分程度経過後から硬化が始まる点である(図-1)。

2液型裏込め注入材は取扱いが難しく、開発当時はセグメント注入孔からの注入でも操作ミスによってミキシングノズルや配管を閉塞させていた。ましてや、同時注入管を用いた裏込め注入は閉塞トラブルの連続となると考えられた。また、「ゲルタイムの早い材料は大断面シールドのテールボイド全周に充填可能か」という疑念も提示され、可塑状ゲルの状態であれば加圧流動性があることを実験で証明した。

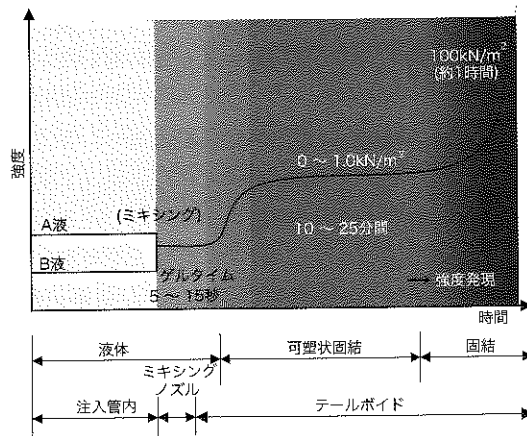


図-1 裏込め注入材の性状変化と強度

③ 開発の経緯

3-1 プッシャー式同時裏込め注入管

1液型注入材の裏込め注入工による同時注入管は、蓋構造も洗浄管もない単管パイプであった(図-2)。

上記の構造では、2液型裏込め注入材の注入は不可能であった。2液混合すると早期に硬化する2液型裏込め注入材を用いて連続使用が可能となる構造が求められた。油圧ジャッキを利用して、注入と洗浄の切替えと、ジャッキヘッド部の伸縮でモルタルを除去清掃するアイデアをもとにプッシャー式同時裏込め注入管を完成させた。

図-3に示すような蓋構造と管洗浄構造を持つプッシャージャッキ式注入管(第1世代同時注入管)が開発された。これは大阪地下鉄工事に採用された注入管である。

第1世代注入管の弱点は、ロングジャッキであったため、引込み時の負圧で外部の土砂を呼び込んでしまうこともあった。また、時代は中折れ

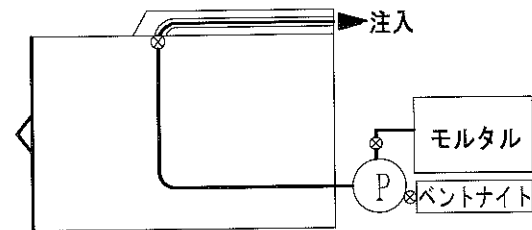


図-2 単管パイプ構造の注入管概念図

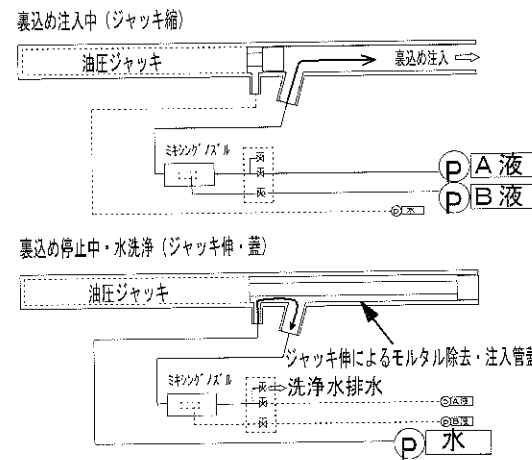


図-3 プッシャージャッキの注入管概念図

式シールドの普及と重なり、全長の短い注入管が求められるようになった。

シールド後胴に装備する第2世代注入管(図-4)は、プッシャージャッキの利点を活かして注入管本体の長さを短くしたものである。ジャッキの伸縮長が短くなった代わりに、2液混合後のモルタル通過延長距離が長くなり、閉塞トラブルがしばしば発生した。

テールボイド発生量の多い大断面シールドにおいても初期掘進時や掘進がスムーズに進まないときには注入管の閉塞が生じた。この注入管の閉塞には、トラブルの経験から、

- ① 人為的な操作ミス
- ② 停電などのアクシデント時の処理不足
- ③ 注入管自体の設計ミスや取付けミス
- ④ 洗浄不良
- ⑤ 低吐出量によるモルタルコレステロール

といった要因があることがわかってきた。

①~④については徐々に改良することができた。要因のうち除去が難しかったのは、⑤の2液混合後の注入材をミキシングノズルから吐出口まで通しているると必ずモルタルコレステロールが管内壁

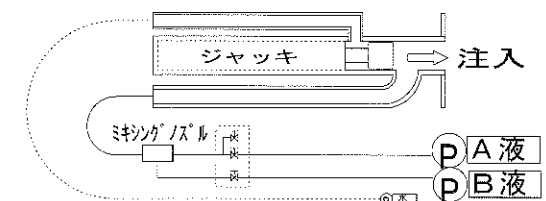


図-4 第2世代注入管概念図

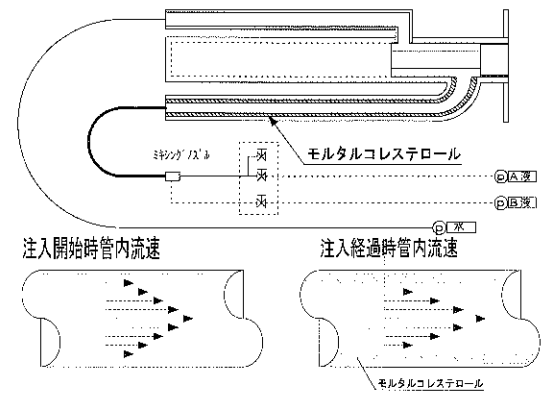


図-5 注入管閉塞とモルタルコレステロール

に付着していくことである(図-5)。硬化し始めている注入材は多少の洗浄圧では完全に清掃できず、管内の壁面にモルタルが蓄積されていった。とくに低吐出量の注入時には、これが顕著であることがわかってきた。

この管内閉塞解除には下水配管清掃用のカンツールというドリルを用いた物理的処理と、有機酸による化学的処理を用いた。

3-2 先端混合型同時裏込め注入管

ミキシングノズルと吐出口の配管のところで管内閉塞が生ずることから、ミキシングノズルを注入管の先端に設けることによって、モルタルコレステロールの発生距離を抑えようと考え、製作されたものが第3世代注入管である(図-6、写真-1)。2液混合部のミキシングノズルは必ずモルタル付着が進行してしまうため、ミキシングノズルを取り出せる構造も取り入れ、閉塞時には交換可能とした。

この第3世代同時注入管は1998(平成10)年の大阪淀川横断シールド工事に採用されたが、掘進開始から500m区間を通常の水洗浄だけで使用可能であった。

初期の同時注入管は、シールドの外周に約

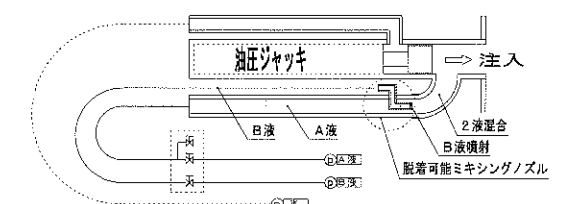


図-6 第3世代同時注入管概念図

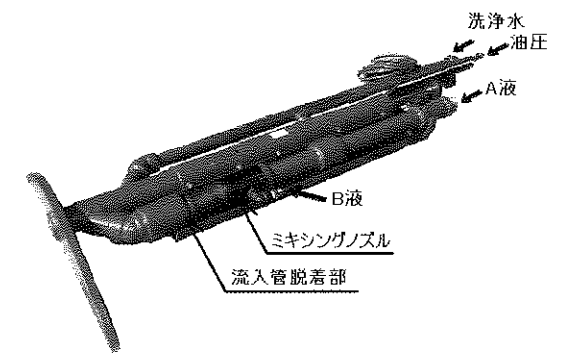


写真-1 第3世代同時注入管

15cmの突起物として設置されていたが、この第3世代同時注入管は内部の空間をできる限り抑え、カバー板を入れて10cmに抑えた。

しかし、この突起物は発進・到達に支障が出るという苦情も多かった。

そのような状況下で、海外物件でスキンプレート内に収められる先端混合型同時注入管開発の要請があった。

海外のシールドのスキンプレート厚は厚く、テールシールド部でも6cm以上あったが、上下にカバー板を設けると内空間の高さは3cm程度となる。第3世代同時注入管本体の高さは8cmである。この注入管の高さを支配していたのがミキシングノズルの構造であった。2重管であるためその部分が太くなっていた。また、油圧ジャッキの太さもネックであった。

そこで、外径50mmの油圧ジャッキを直列接続することで油圧を高め、ミキシングノズルの構造を差込み型にすることで、注入管本体高さをぎりぎり50mm近くまで縮小した(写真-2、図-7)。カバー板を設けると80mm程度となるが、外周ビット切削範囲に収まるということで採用された。

海外での採用とともに日本国内でも、カバー板を含めて70mm近くまで低くした「低突起先端混合型」が第3.5世代として普及していった。図-8に注入管のフロー図を示す。

この薄型注入管の開発から、シールドメーカー

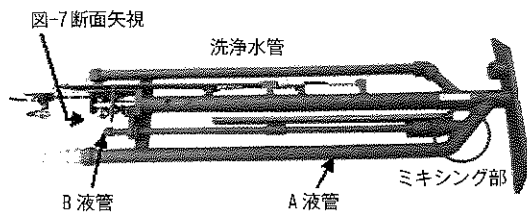


写真-2 第3.5世代同時注入管

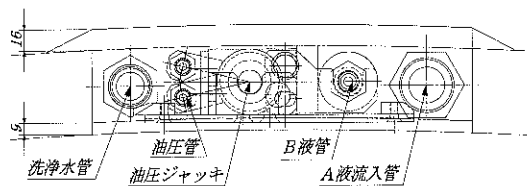
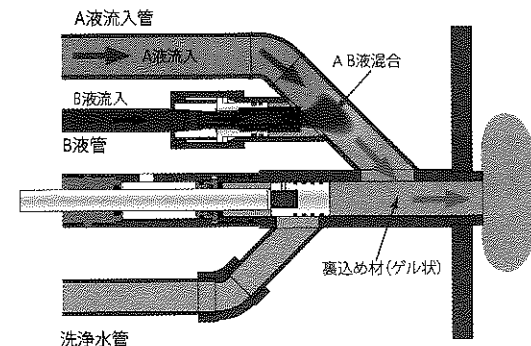


図-7 第3.5世代同時注入管埋込み断面

と協力して、スキンプレート内蔵の工事が始まった。海外のシールド工事ではスキンプレートの厚みがあるため、埋込み型が標準となっている。日本国内においても、10m級の大断面シールドでは同様の試みが行われている。

また、低突起型となったため、小口径断面のシールド(φ2,130mm)にも採用され、閉塞トラブルを起こすことなく、沈下防止効果を上げている。急曲線施工において、突起物はシールド制御を阻害するともいわれていたが、現在ではR=10mの急曲線施工においても補助工法を併用することにより、この注入管を用いて同時注入を問題なく行っている。この補助工法は、急曲線施工において、従来の地盤改良工法に代えて、余掘り部にクレーショック(可塑状粘土)充填材を注入し、テールポイドに遅硬性裏込め材を同時注入しながら掘進し、停止時にセグメント固定装置であるミニパッカーを膨らませる工法である。

〈注入時〉



〈水洗浄・注入停止時〉

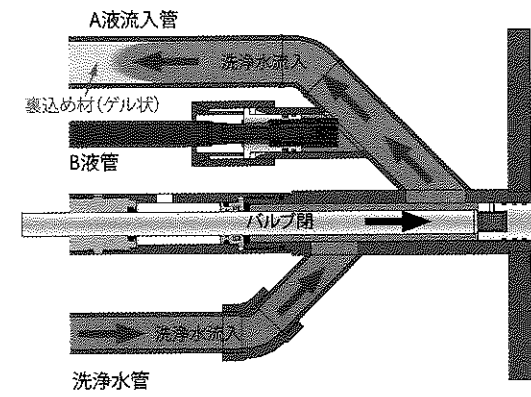


図-8 第3.5世代同時注入管のフロー図

④ 先端混合新注入管の開発

4-1 低突起ミキシング脱着型注入管

しばらくの間、一定の評価を獲得していた「低突起先端混合型」の第3.5世代同時注入管にもまだ弱点があった。

一番大きい問題は、ミキシング部全体の脱着が不可能であり、B液チェック弁の詰まりは解消できても、A液ラインの閉塞解除が容易でないという点であった。突起高さを低くしたまま、ミキシングノズルの脱着が可能な注入管改良の要望が強くなってきた。この問題を解決するために、ミキシングノズルの改良を行った。

2液型裏込め注入材は、比例混合方式をとっているため、ミキシングの構造は重要である。B液の噴射角度もミキシング効率に影響するため、細く、しかも噴射効率を満足させ、脱着可能な構造にするため、Y字管の中にB液チェック弁を内蔵するかたちを開発した。

模擬機を製作して、モルタルミキシング状態を



写真-3 第4世代同時注入管模擬機

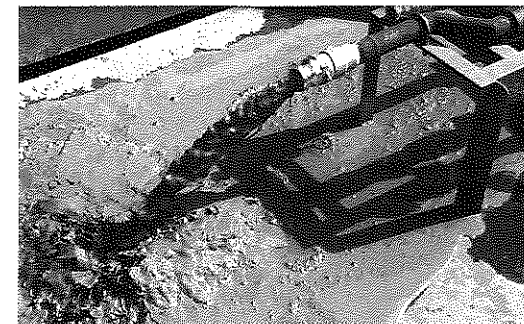


写真-4 ミキシング試験

確認するとともに、B液チェック弁廻りのモルタル固着進行状態などを確認した。モルタルのミキシング状態は良好であり、付着状態についても問題ないと確認したあと、実機を造り、同様の試験を行った。

現在、この第4世代同時注入管は、シンガポールの現場だけでなく、日本の現場においても採用

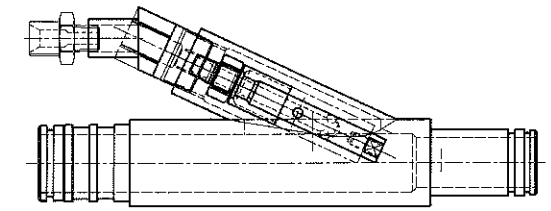


図-9 ミキシングノズル構造

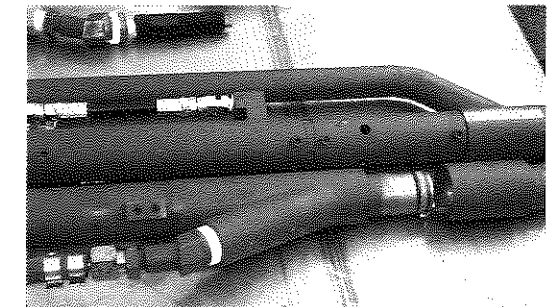


写真-5 ミキシングノズル脱着部

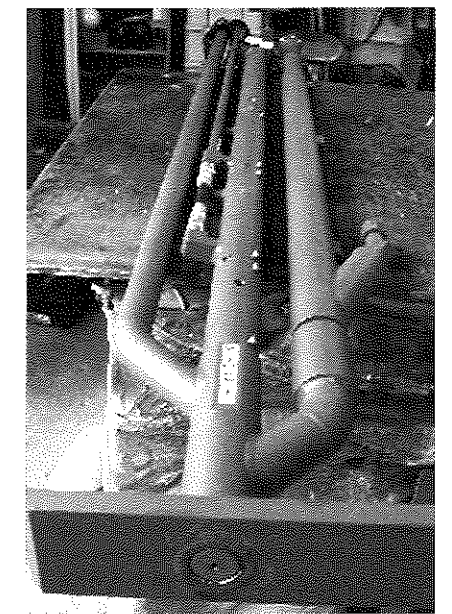


写真-6 第4世代同時注入管

され始めている。初期段階で多少のトラブルがあったものの、現在は順調に稼働している。ミキシングノズル全体を脱着できる構造を持っているため、注入管先端部のモルタル付着状況も簡単に把握することができるので、注入管トラブルの対処が容易となっている。

4-2 ブロック型同時注入装置

埋込み型注入管の要望に対して、シールドスキンプレートに孔をくり抜き、プッシャー式構造を内蔵した注入管も生まれている。スキンプレートの中に中空があると強度不足となるというシールドメーカーの要望に応じて製作されたものである。基本構造はプッシャー式注入管であるが、スキンプレートそのものに内蔵するかたちの注入管がブロック型同時注入装置である。

くり貫かれたスキンプレートの孔の中にスリーブとロッドを前後から挿入する構造の注入管は、到達後に取り出して再利用が可能となる。

海外では、到達したシールドを取り出し、再利用することも多くあるため、組込み型は初期製作費が高くなるものの、再利用できる注入管の需要も高い。

4-3 同時裏込め注入システム

同時裏込め注入工を十分に効果が望めるかたちで実現するためには、注入材料・同時注入管とともに、同時裏込め注入システムも重要である。材料特性を掴み、同時注入管のメリットを十分に生かしたシステムは、裏込め注入効果を高めるものである。

裏込め注入システムは、単にジャッキスピードに連動して裏込め注入ポンプの制御を行うだけのシステムではなく、施工者の裏込め注入工に対する考え方に左右される。裏込め注入工の管理方法として、注入量管理と注入圧管理が挙げられているが、ジャッキスピードの連動とともに常に一定の注入圧を保つように、注入吐出量を制御する方法が、現在、主流となってきている。

注入管先端の面板に設置している土圧計も裏込め注入システムの実践的バックアップを担っている。

⑤ 今後の課題

現在の同時注入管はシールドの大口径も小口径も本数の違いはあるものの、同じものを用いている。ユーザーからは、「もっと低く」という要望が根強い。小口径シールドでは最大瞬間吐出量は50L/min以下である。そこで、小口径シールド向けに低吐出・低突起の注入管を模索している。現在の注入管内径は32mmであるが、25mmにサイズダウンして、小口径シールド対応の注入管を作ることによって、同時裏込め注入工をもっとシールド工事全体に広げていきたい。

⑥ おわりに

2液型同時裏込め注入の普及は、「詰まらない、詰まりにくい注入管の開発」が不可欠であった。

初期の同時注入管は閉塞トラブルを起こし、工程を阻害することが多かった。その過去の経験から、いまだに「同時注入管は閉塞トラブルがあるので使わない方がいい」と助言する人たちもいる。しかし、「注入管以外からの注入は認めない」という大阪市交通局の(元)建設本部長であった平田武弘氏と(現)交通局長の塩谷智弘氏の同時注入への強い信念が、今日の同時注入管による同時裏込め注入工の改良・進歩を後押ししたと考えている。

現在では日本はもとより、シンガポールを始めとした海外でも2液型裏込め注入材と低突起型同時注入管による同時自動注入工が地盤変状防止効果に貢献している。

最後に、同時裏込め注入工法の開発にあたり助言をいただいたすべての方々に厚くお礼を申し上げます。

(文責：加納洋一・瀧川信二/(株)タック)

参考文献

- 1) トンネル標準示方書[シールド工法]・同解説, 土木学会, 第142条 裏込め注入工, pp.180-182, 2006.7.
- 2) 平田武弘: 密閉式シールド掘削に伴う軟弱粘土地盤の挙動と施工技術に関する研究, 京都大学学位請求論文, 1990.
- 3) 加納洋一: 難条件下のシールドと2液型裏込め注入,

日本プロジェクトリサーチ, pp.38-61, 1990.

- 4) 葛野恒夫・高崎肇・寺田幸紀・山田功: 3連マルチのシールド駅, 大阪市地下鉄7号線 大阪ビジネスパーク駅, トンネルと地下, Vol.27, No.5. pp.35-37, 1996.5.
- 5) 塩谷智弘: 大阪ビジネスパーク駅とシールドトンネ

ル(特に裏込め注入について), 現場技術者のための土質工学⑦ 地中構造物, 地盤工学会関西支部, pp.63-77, 1997.11.

- 6) シールド機に取付けた同時裏込め注入装置, NETIS [KT-150085-A], 2015.



シールドトンネルの新技術

シールドトンネルの新技術研究会編 代表 鈴木 章

B5判 285頁 本体価格4,660円

本書は、最近のシールドトンネルの新技術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、新技術について調査・計画編、設計・施工編とに分けて、その理論と実際についてソフト、ハードにわたり記載している。また、これらのことを実務にすぐさま活用できるように、付録としてセグメントの設計、地盤変位予測解析、施工計画についての計画・設計例も紹介し、実務者をはじめトンネル技術者のニーズに応えた内容となっている。

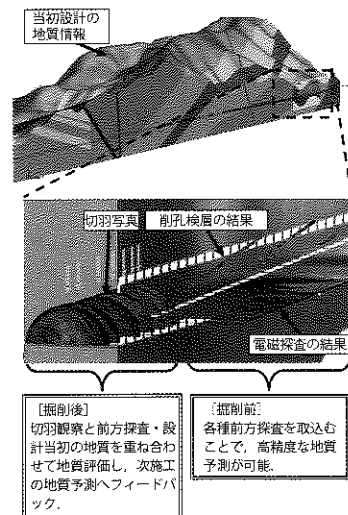
【目次】第一章 概説 1. シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性○シールド工法の歴史○シールド工法誕生以前のトンネル工法○シールド工法の登場 2. わが国におけるシールド工法の歴史○シールド工法の導入と発展の経緯○シールド工法の現況 3. 今後の技術開発の方向性 第二章 調査・計画編 1. シールド工法の調査技術 2. 断面および線形計画 3. シールド機種の種類と選定 4. 新しいシールド工法 第三章 設計・施工編 1. 覆工○一次覆工の設計○二次覆工の設計と施工○シールドトンネルの防水技術 2. 立坑の設計と施工設備○立坑の設計と施工○シールド機の構造と装備○仮設備の計画○シールド工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

株式会社 土木工学社

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

工法・技術・製品ニュース

工法 CIMを用いた高精度な地質予測

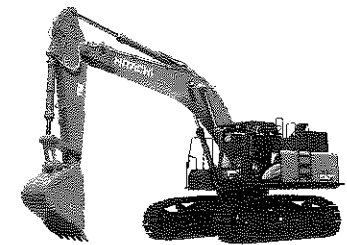


各施工データを一元管理したCIMの構成例

西松建設(株)

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

製品 日立建機大型油圧ショベルZAXIS-6シリーズ2機種を発売



ZX530-6油圧ショベル(ロングクローラ、重掘削仕様)

日立建機(株)

ブランドコミュニケーション本部
広報戦略室広報・IR部広報グループ
TEL. 03-5826-8152

<https://www.hitachicm.com/>

西松建設は、事前地質調査を用いた3次元地質モデルと各種前方探査、施工データ(切羽観察簿、切羽写真、内空変位測定結果など)を一元管理し、高精度な地質予測、評価が可能なCIM(Construction Information Modeling)を構築し、愛知県内と高知県内の山岳トンネルの2現場で有効性を確認したと発表した。

このCIMは、水平、横断など任意の断面を表示可能なため、「断層などがどのように切羽に接近してくるか」「切羽のどこから出現するか」といった、より詳細な地質予測が施工前に検討できるのが特徴。切羽観察や前方探査結果などのさまざまな施工データを取込むため、施工中の断層などの出現位置に対して、当初設計との比較や見直しをくり返し行うことにより高精度な地質予測が可能となり、その地質予測を次施工にフィードバックすることで、施工全体の生産性・安全性向上に寄与している。

同CIMは、高精度な3次元地質モデルの構築および各種施工データを

取込むソフトを用いて、一元管理できることから、各施工段階で以下の効果が得られるとしている。

①施工計画では、地質や層群などに細分化した3次元地質モデルをもとに、任意の断面を表示し、切羽への断層などの接近、出現位置を事前に把握して適切な施工方法が検討可能。

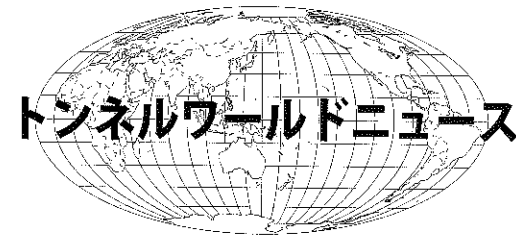
②施工中は、各種前方探査結果、掘削後に得られる切羽観察などの実際の地質データから当初設計の地質予測を見直すことで、より高精度な地質予測を図ることができ、施工方法の再検討による生産性、安全性の向上に寄与。

③竣工時は、測点ごとに施工データを管理しているため、施工全体の品質のトレーサビリティが確保でき、また画像などの詳細な記録を残すことで引渡し後の維持管理で有用。

同社ではシールドトンネルや一般土木構造物についても適用現場を選定して、試行を実施しており、広く適用を展開していく予定。

回りを強化したもの。

エンジンの燃焼効率の最適化、および従来機で実績のある高効率油圧システム「HIOS III B」を採用し、作業量は従来機と同等のまま、燃費を3~6%低減させた。また、エンジンの信頼性と耐久性を向上させることを目的に、冷却水のエア抜きを改善するエクステンションタンクを採用し、耐久性の高いインジェクタを採用したほか、フロント構造物の耐久性向上のため、板厚を厚くし、より信頼性のある溶接方法を採用するなどしている。



(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ワシントン州知事、再開したシアトルトンネルの掘削に一時停止命令

ワシントン州のジェイ・インスリー知事は2016年1月14日、州道99号線のトンネルプロジェクトにおいて、陥没穴の調査保留中にトンネル掘削作業を一時停止するよう命じた。

ワシントン州運輸省(WSDOT)は、2016年1月12日の午後9時ごろ、南メインストリートに近い請負業者Seattle Tunnel Partner(STP)の作業区域内の約10.7m北側のアクセスピットにおいて陥没穴が広がっていると説明。陥没穴は、先週掘削した地点に発生しており、現在のカタヘッドの位置から30.5m以上南に位置している。STPは、コンクリート191m³を一晩で陥没穴に充填した。

WSDOTは、「当該区間は、トンネル掘削の前にSTPによって構築された地中壁で防護されている。地中壁は地面の動きを遮断し、近接するAlaskan Way高架橋を防護するように設計されており、陥没穴発生後に実施した高架橋の調査において問題となる挙動は確認されていない」と述べた。

WSDOTとSTPは、地盤、高架橋、公共施設および他の構造物を調査し、監視を継続する。陥没穴の原因はまだ調査中である。STPは掘削再開後に採取した地盤試料を分析する。他の場所において地上の陥没は確認されていない。

最初の305mの区間では、STP作成の監視を強化するための手順書が使用されていたが、WSDOTは、「2015年12月にトンネル掘削を再開させたとき、STPがこの手順書を使用しなかつ

たことを非常に残念に思う」と述べた。STPは次の計画的な保守停止に入るまで、まだ数百mの掘削を残している。公共の安全を確保するため、保守停止から掘削再開時に、STPの運用手順書は専門家による追加審査を受けることになる。

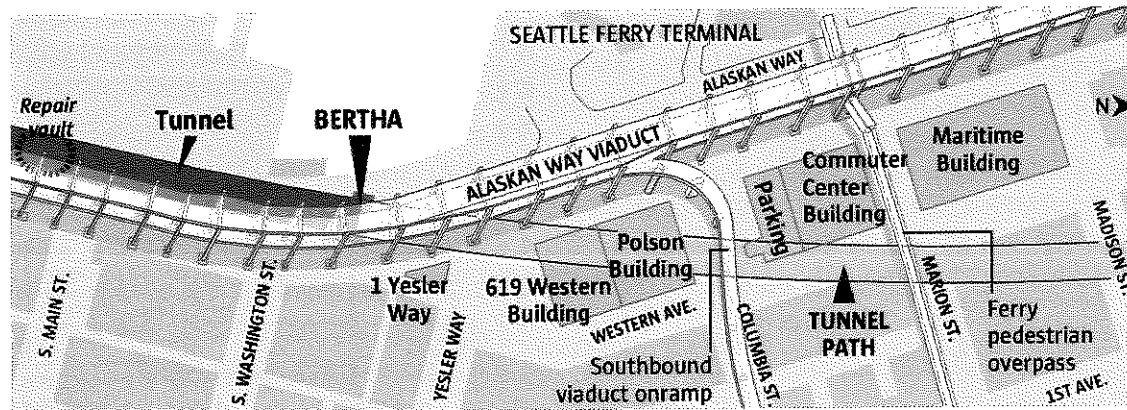
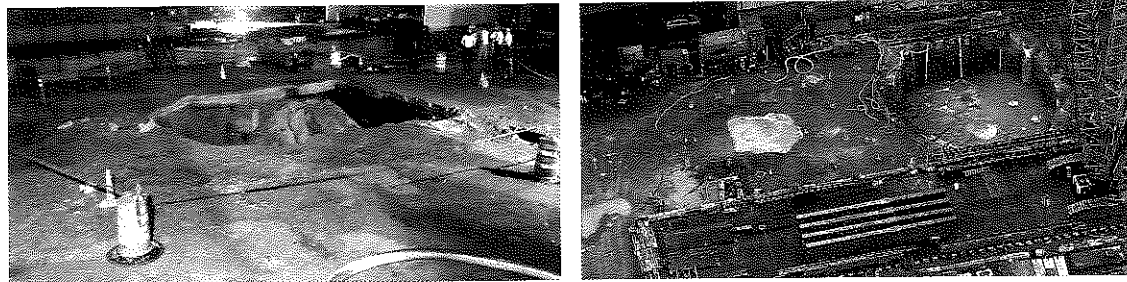
別の事故で2016年1月12日、STPによる土運搬船へのずり積荷作業時に、土運搬船が制御を失い傾いた。その結果、土運搬船が手放されたか故障したことで、エリオット湾にずりをこぼし、土運搬船(バージ)が制御不能状態で漂流したため46番ターミナルと48番埠頭の両方に損害を与えた。

STPは、土運搬船の問題解決にあたりながら、トラックを使用してずりを除去し、同日夜にトンネル掘削を再開した。46番ターミナルでは請負業者による杭の検査が進行中である。当該ターミナルは構造的には安定しているが、作業員によると杭に何らかの損傷があると指摘している。STPは、この場所から土運搬船による運搬作業を安全に継続することができるよう、棧橋に沿って緩衝材を設置する準備をしている。

損傷を受けた土運搬船から別の土運搬船へずりを移動する作業が、この週に完了する見込みである。完了すれば、STPは、エリオット湾にこぼしたずりの除去量を決定することができるであろう。また、損傷した土運搬船は、トンネル掘削で再度使用する前に修理が必要である。

今週の両方の事故を踏まえ、WSDOTは2016年1月14日に、工事の一時停止および詳細な分析を完了し、地盤の安定を適切に確保するためシールド掘削計画を変更するよう要求する書面を請負業者に出した。また、「STPは、分析内容と作業計画が設計・施工契約の内容とWSDOTの専門家の満足度を満たすまで、掘削を再開することはできない」と述べた。

当トンネルの契約では、作業を停止させるためにはいくつかの異なる過程を含んでいる。今回の場合、WSDOTは、契約条項14.2にもとづき、正当な理由により工事を中断した。これによると、州は、いくつかの状況下でWSDOTに責任を負うことなく工事を中断することができる、これは



「プロジェクト人員または第三者にとって不安な状況を是正すること」を請負者が怠った場合も含まれる。この工事一時停止命令は、当サイトにおける土運搬船へのずり積み作業を含むTBMによるトンネル掘削を対象としており、STPが請け負っている他の設計・施工契約の工事または高架橋工事によって管理されている他の契約工事には影響しない。

(T&T '16.2 担当：岡嶋和義・大成建設(株))

ローズモントトンネルが貫通

ローズモント貯水池のトンネル工事が2015年11月に完成したことを、このプロジェクトの直径3mのTBMを作成したロビンス社が発表した。このプロジェクトには38年以上の歳月が費やされた。地元のコントラクターのForaction社は延長4kmのトンネル掘削工事を担当し、2014年の12月にTBMを発進させた。Foraction社の整備担当者は、「トンネルのほとんどの区間で地質は掘削にとって理想的であり、掘削が難しい箇所は少ししかなかった」と述べた。

このプロジェクトの地質学者は、「モントリ

オール下部の地質は、大部分が細かい層状の石灰岩で、部分的に頁岩が分布していたり、火成岩が貫入している」と述べた。石灰岩の一軸圧縮強度は100~150MPa、貫入岩の一軸圧縮強度は100~300MPaであった。層厚は、1~100m程度であった。コントラクターは、岩石強度がさまざまであったにもかかわらず、掘削を完了することができた。小崩落や地下水の流入を含めた困難な地質においても、コントラクターは2方施工(各9.5時間)を実施し、平均日進38mを達成できた。2.5mごとにトンネル天端部にロックボルトを打設し、一部分の地山の安定しない箇所には金網、ロックボルト、鋼矢板を使用した。

ローズモント貯水池は都市への水の供給を増やすために1960年に建設され、トンネル建設のための地質調査は1977年に実施された。しかしながら、ほかの主要なインフラプロジェクトが優先されたため、このプロジェクトは保留となっていた。その後、都市の人口が2010年までに大幅に増加したことから、このプロジェクトの優先順位が上げられた。何十年も利用されていなかったこの大きな貯水池は、現在の都市への水供給を改善

するために使用されるだろう。

1月中旬の時点で、コントラクターは送水管設置に取り組んでいる。送水管は内径2.13mで、プレストレスコンクリート製のシリンダーパイプである。ローズモント貯水池に接続するために、作業員は送水管の仕上げを行っている。

(T&T '16.2 担当：辰巳順一・(株)安藤・間)

シアトルでTBMによる掘進再開

ワシントン州はシアトルトンネルパートナー(Seattle Tunnel Partner:「STP」)に条件付き掘進作業許可を発令、2016年2月23日に掘進が再開された。ワシントン州運輸省(WSDOT: Washington State Department of Transportation)は先月起きた安全性に関する事故以来、訴訟のため停止されていた掘進と土運搬船(バージ)に関連した業務を条件付きで解除したと発表した。訴訟による延期を解除する条件の一部として、STPは掘進して約25のリングを設置することが許可される。この期間にSTPは、安全に掘進を継続できることを保証するため、いくつかの変更を施したことを証明しなくてはならない。

その変更とは以下のようなものを含む。①各リング内における掘進中の残土処理量の計量を含む、掘進作業と施工計画内容の更新、②作業員技能保証プログラム内の主要人員再編成、③新作業保証計画、④掘進管理の重要ポジションに新たな人員を配置、⑤作業員や契約の追加を含む、掘進作業に関する日々のミーティングの見直し。

運輸省は、トンネル専門家チームがSTPから提出された資料を数週間かけて審査した結果、この停止を条件付きで解除する決定をしたと述べている。掘進の再開は許されたものの、バージン作業については、追加資料の提出待ちであるため、いまだ規制されている。

STPは、バージン作業の問題に対処しながら、掘削残土をトラックで運ぶことになる。2016年1月12日のバージン作業の事故により破損があった栈橋の修復は今月初旬に完了している。

作業は2016年1月14日、契約の14.2項にもと

づき、訴訟のために停止された。それによると、「作業員または一般市民への危険な状態の是正」に対する請負業者の過失を含む、いくつかの条件のもとでは、州は運輸省に責任を負うことなく一時停止できる。

訴訟のための一時停止は、TBMのトンネル作業管理と、現場の土運搬作業のみを対象としたものである。STPとのデザインビルドの契約上のほかの進行中の作業や、シアトルアラスカンウェイピアダクトプログラムが監理しているほかの契約は対象となっていない。条件付き解除は掘進の約49m地点に関して有効である。STPの最初のテスト段階とみなされているこの期間に、同社はワシントン州運輸省とトンネル専門家とさらなるコミュニケーションをとりながら、作業をしていく。STPが修正した掘進プロセスの効果を見ることができれば、作業員は更に100フィート(30.5m)掘進を続けることになる。

「STPは、訴訟による一時停止を招いた問題に対処した。この一時停止の条件付き解除は、更新された掘進の手順の効果を実証する機会を同社に与える」とRoger Millar運輸長官は語った。「この計画は常に安全性を重視してきた。私たちは高架橋を地下化する作業を続けなくてはならないが、私たちにはこの業務が安全に進められることを保証する義務がある。私たちは、公益のためにあらゆる措置をとりながら、STPとともに仕事をしていく」。

3月初旬の時点で、STPの掘進が再開されて以来、TBMは約33.5m掘進、すでに総延長424mを掘進してきた。運輸省は、「運輸省が2016年1月14日の訴訟のための停止を条件付きで解除したときに設けた25リングの試験掘削期間のうち、STPは現在17リングまで到達している。作業員はYesler Wayの南にある補修地点に向かって、北方向に掘進している。そこに着けば、高架橋の下をマシンが掘進する前に、補修に数週間かけることができる。

(T&T '16.3 担当：事務局)

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	905名
団体会員	204名
推薦会員	205名
特別会員	8名
名誉会員	4名
賛助会員	229名
合計	1,555名

2. 平成28年度第4回理事会, 第2回顧問・評議員会

日時: 平成28年11月16日(水) 12:00~13:00

場所: 弘済会館4階「萩」

出席者: 理事11名, 監事2名, 計13名

顧問1名, 評議員20名, 計21名

議事:

①理事, 評議員の交替

以下のとおり承認された。理事については, 平成29年度総会に諮る予定である。

〈理事〉

旧	新(候補者)	所属
西田 義則	谷山 二期	大成建設(株)常務執行役員

〈評議員〉

旧	新	所属
桜井 力 見波 潔	神矢 弘 真下 英人	(独)水資源機構ダム事業部長 (一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所長

②平成29年度定時総会開催日

平成29年度定時総会の開催日を平成29年6月6日(火)16:00~17:00, 永田町の海運クラブで開催とした。また, 総会の直前には理事会を15:30~16:00に, 総会後の懇親会は17:00から同じ場所で開催することとした。

3. 委員会の開催状況(11月1日~30日)

①運営広報委員会関係

◎総務委員会

・総務委員会(11/7)

服部修一委員長ほか8名, 平成28年度第4回理事會資料を検討

・広報小委員会

会誌WG(11/2)

小山幸則主査ほか10名, 12月号の会誌と3か月計画を検討

◎事業委員会

・事業委員会(11/15)

入江健二委員長ほか18名, 催物開催報告と催物開催計画を検討

◎国際委員会

・海外文献小委員会

海外ニュースWG(11/28)

佐々木養一主査ほか7名, 海外文献の査読

計 4回開催 47名出席

②調査研究委員会関係

◎受託研究特別委員会

・相鉄・JR直通線および相鉄・東急直通線検討委員会(11/7)

小山幸則委員長ほか59名, 施工法の検討

・効率的点検特別委員会(11/9)

西村和夫委員長ほか27名, 実施計画内容を検討

・北鎌倉隧道安全対策検討委員会(11/10)

澤田正昭委員長ほか28名, 業務計画説明, 文化的保全方針ほかを検討

・北陸新幹線金沢・敦賀間トンネル施工技術委員会(11/11)

朝倉俊弘委員長ほか43名, 現場視察および施工法を検討

・数値解析マニュアル検討特別委員会幹事会(11/28)

蔣宇静幹事長ほか15名, 作業方針を検討

計 5回開催 177名出席

合計 9回開催 224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43回ITA総会およびコンgres「Surface problems -Underground solutions」	2017. 6. 9~15	ベルゲン (ノルウェー)	Norwegian Tunnelling Society, ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc2017.no/
第44回ITA総会およびコンgres「Smart Cities: Managing the Use of Underground Space to Enhance the Quality of Life」	2018. 4.20~26	ドバイ (UAE)	Society of Engineers-UAE, ITA(国際トンネル協会) http://www.uaesocietyofengineers.com
第45回ITA総会およびコンgres「Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art」	2019. 5. 3~ 9	ナポリ (イタリア)	Italian Tunnelling Society, ITA(国際トンネル協会) http://www.societaitalianagallerie.it/ Prj/Hom.asp

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

5. 平成28年度催物開催現況

(平成28年11月現在)

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
【現場見学会】				
横浜市下水道トンネル現場研修会(磯子トンネル)	2016. 5.20	21	神奈川県	2.0
新東名高速道路トンネル建設工事現場研修会(羽根トンネル)	2016. 6.28	22	神奈川県	2.5
北海道トンネル建設工事現場研修会 (渡島トンネル(道路), 村山トンネル(鉄道))	2016. 7.28	18	北海道	4.8
新北陸トンネル建設工事現場研修会(葉原・大桐・奥野々工事)	2016. 8.26	24	福井	4.0
福岡地下鉄建設工事現場研修会(七隈線博多駅(仮称)工区)	2016. 9.29	30	福岡	2.0
東北中央自動車道トンネル建設工事現場研修会 (山形蔵王トンネル, 三吉山トンネル)	2016.11.11	19	山形	3.0
環状5の1号線地下道路建設工事現場研修会 (雑司ヶ谷工区・南池袋工区)	2016.11.18	12	東京	1.5
東京外かく環状道路トンネル建設工事現場研修会 (大和田工事トランプ)	2016.12. 8	25	千葉	1.5
【施工体験発表会】				
第78回(山岳)「課題克服に取り組んだトンネル工事—新技術, 創意工夫, 周辺環境への配慮—」	2016. 6.22	169	東京	5.9
第79回(都市)「市街地における地下構造物の新設および改良工事—近接, 拡幅, 再構築等の施工事例—」	2016. 6.23	111	東京	4.3
【講習会・シンポジウム】				
都市トンネルのための地盤改良講習会	2016. 5.18	44	東京	5.7
第2回トンネル維持管理業務講習会(基礎編)	2016. 9. 2	39	東京	6.3
第3回トンネル技術者のための地相入門講習会	2016.10.31	36	東京	6.3
第18回ステップアップ研修会「シールド部門」	2016.11.29,30	36	東京	14.2
第2回トンネル維持管理業務講習会(応用編)	2017. 2.27	50	東京	

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

2月号予告[2月1日発売予定]

- 名古屋都市計画道路椿町線
- 南吹田駅前線立体交差事業
- 国道231号 浜益トンネル
- 東京メトロ日比谷駅再開発地下連絡通路
- 東京都水道局 多摩南北幹線

【連載講座】

- トンネル新技術への挑戦(15)

*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いたします。

◆今月号の表紙は、ニュージーランドの最大都市オークランドにあるウォータービュートンネルを掘進したシールドTBMです。この事業は、twitterなどのSNSで発信を行っていたので、進捗をとときどき眺めていました。2013年の3月に中国のシールド工場から配信された動画では、真っ黒に塗られた面板の中央にシルバーファーン(銀シダ)が配されたシールドの姿(p.10, 写真-3参照)が紹介されました。この組合せは、NZの象徴でもあるラグビーの代表チーム・オールブラックスのユニフォームそのものです。さすが、かの国のシールドだと妙な関心をしたものでした。その後、このシールドの命名の公募が行われていたことを知ったときには、きっとオールブラックスの伝説的な突破役のプレーヤ(ペネトレーターと呼ばれる)なんかの名前が付けられるのではないかと想像していました。しかし、同年の7月に配信された公募の結果を見たところ、その名は「アリス」。意表をつく、なんともかわいい名前でした。名付け親はオークランド近郊に住む当時9歳のBranden Hallくん。トンネルが完成したら、アリスみたいにウサギ穴(トンネル)を抜けて、大好きなこの家へ、いまよりも早く遊びに行ける、との期待が込められているとのこと。開通は2017年初頭の予定。はやく通れるといいですね。

(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48巻 第1号 (通巻557号)

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成28年12月20日 印刷

平成29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、小社より振込用紙をお送りいたします。

購読料

1冊 1,620円(送料110円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

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

トンネル二次覆工型枠総合メーカー

スライダ制御システム
特許 第4863308号
NETIS登録KT120099-A

トンネル天端部
懸垂パイプレタ総固め工法
NETIS登録KK120003-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KT130037-A

型枠パイプレタ
集中制御システム DKV-20
NETIS登録KK130066-A

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム

確実な保温・湿潤養生
ウエットフォーム
NETIS登録KT-160031-A

移動台車にて給水養生中
給水用分配盤

一歩前進! ~限らない未来への挑戦~

大栄工機株式会社

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

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

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

デンカのトンネル関連技術

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

デンカが誇る信頼の急結剤「デンカナトミック」

驚異の低粉じん吹付けが可能！

『デンカクリアショット工法』

KT-080020VR

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

クリアショット吹付け状況（2ノズル吹付け）



写真提供：宮古盛岡横断道路 新区界トンネル工事

覆工コンクリートの品質向上技術

トンネル覆工ひび割れ抑制に

『デンカパワーCSA TYPE-T』KT-130059A

- ・トンネル専用膨張材
- ・乾燥収縮、温度ひび割れ抑制に

後添加型中流動コンクリート混和剤

『ADVA-PLUS』JIS A 6204適合

- ・過大な粘性を与えることなく、分離抵抗性を向上します

『CSA』でひび割れ抑制



『ADVA-PLUS』を現場で投入



その他 トンネル関連技術・製品

可視型はく落防止工法（NEXCO規格対応工法）

『NAV-G工法』KT-100023A

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

トンネル中央排水工・裏面排水工 コルゲート管

『トヨドレン』

- ・ポリエチレン樹脂製で腐食に強く耐衝撃性に優れます

『NAV-G工法』可視化技術



繊維シート貼付け後も、ひび割れの経過観察が可能です

トヨドレン



できるをつくる。 **Denka**

デンカ株式会社
 東京都中央区日本橋室町2-1-1 日本橋三井タワー
 www.denka.co.jp Tel: 03-5290-5358

定価 1,620円

本体価格1,500円

雑誌06619-1



4910066190170

01500