

トンネルと地下 **2**

vol. 48
no. 2
2017

Tunnels and Underground

線路下の道路函体55mをR&C+ESA工法で施工
URT工法では最長クラスの線路下横断ボックスの構築
供用中の既設トンネルに接続させるバイパス分岐部の施工
大断面地下通路を3連揺動型掘削機と六面鋼殻セグメントで築造
同一立坑から2工区のシールドを二方向同時掘進

日本トンネル技術協会誌





様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み重ねてきた各種製品と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。

ホイール式ドリルジャンボ

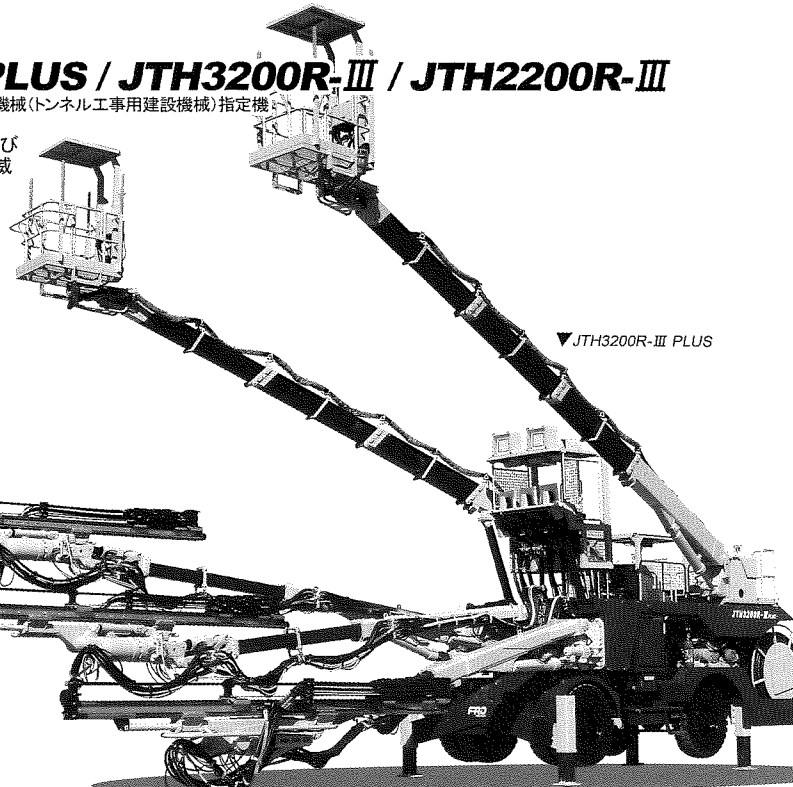
JTH3200R-III PLUS / JTH3200R-III / JTH2200R-III

国土交通省 第3次排出ガス対策型建設機械(トンネル工事用建設機械)指定機

新幹線・道路・水路等の全断面および補助ベンチ工法のトンネルさく孔に威力を発揮します。



新型油圧ドリフタHD220搭載



▼JTH3200R-III PLUS

◆主な仕様	JTH3200R-III PLUS 3ブーム、2ケージ	JTH3200R-III 3ブーム、2ケージ	JTH2200R-III 2ブーム、2ケージ
質量	48.5 ton	44 ton	35.5 ton
全長 × 全幅 × 全高	15.6m × 3.1m × 4.2m	14.8m × 3.1m × 4.2m	14.2m × 2.7m × 4m
水平さく孔範囲(幅 × 高さ)	16m × 10.5m	13.2m × 8.8m	12.8m × 8.5m

自走式コンクリート吹付機(コンプレッサ搭載型)

CJM2200E-V

自走式キャリアに、コンクリートポンプ、急結剤供給装置、コンプレッサ、高圧水ポンプ等、吹付け作業に必要な装置を搭載したコンパクトな一体型コンクリート吹付機です。

質量	24 ton
全長 × 全幅 × 全高	16 m × 3 m × 4 m
水平吹付範囲(幅 × 高さ)	13.3 m × 10 m

△古河機械金属グループ

FRD 古河ロックドリル株式会社

www.furukawarockdrill.co.jp

本社 〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号

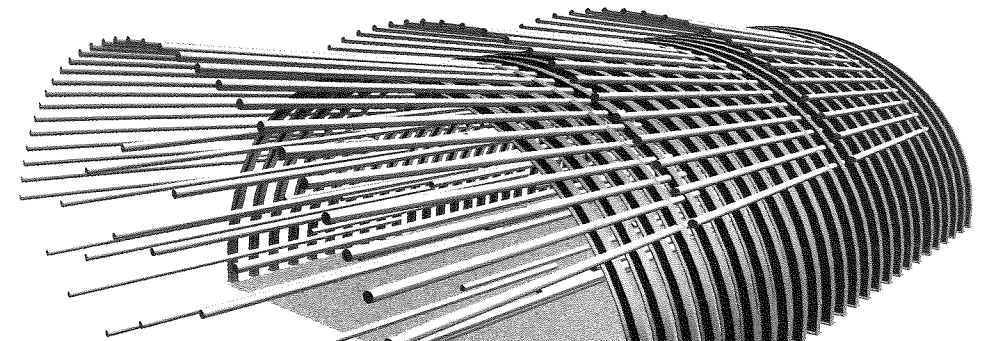
特機部 ☎03(3231)6966

札幌 ☎011-786-2222 東北 ☎022-384-8991 宮古 ☎0193-77-4245 関東 ☎027-326-9611

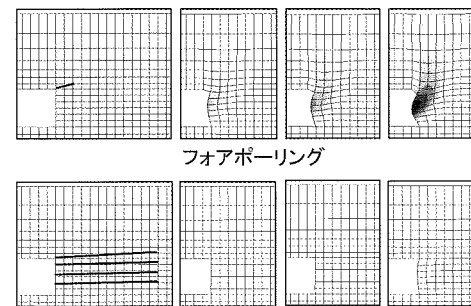
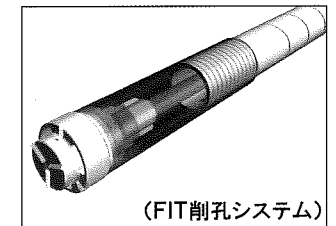
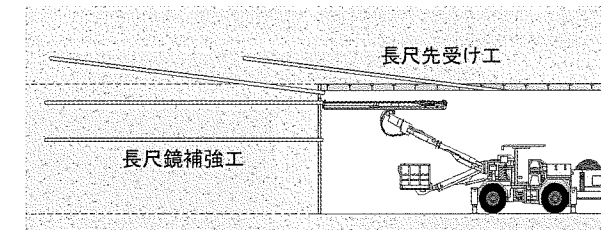
名古屋 ☎0568-77-7700 関西 ☎06-6475-8221 中四国 ☎082-832-3542 九州 ☎092-948-2010

全方位 GFRP 管長尺補強システム

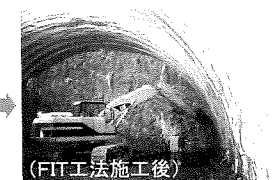
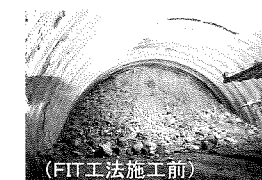
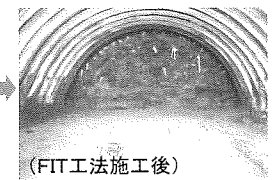
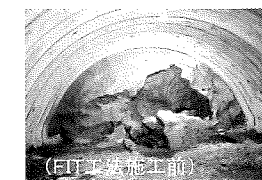
特許登録 第 2955279 号
NETIS登録(No. CB-030065)
施工実績 300 件以上



切削可能で掘削の妨げにならないGFRP管を使用し、切羽前方地山を確実にホールドできます。



(数値解析による効果の検証例)



KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部 TEL(03)6402-8251 FAX(03)6402-8255
大阪土木営業部 TEL(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755
札幌支店 TEL(011)751-4681 FAX(011)751-6482

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

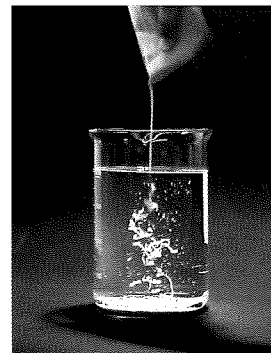
当社は、注入式フォアポーリングや長尺フォアパリング、長尺鏡ボルトなど山岳トンネル工事の補助工法における樹脂系の注入材のパイオニアとして、数多くの実績を築いてきました。

スーパーSRFは「湧水地山においても水の白濁や泡立ちがなく確実に発泡固結し、湧水に流されることなく効果を発揮する」という他の樹脂系注入材にはない圧倒的な優位性があります。更に、多くの特許を取得しているため、他が追従できない商品です。

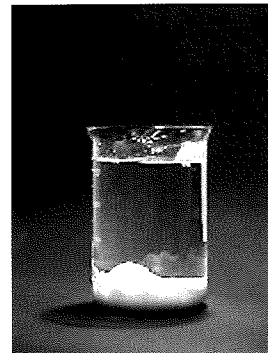
スーパーSRFの優位性

スーパーSRFは、水に溶解、希釈することなく反応して発泡固結体を形成するため、湧水地山においても、水の白濁や泡立ちが発生せず、地山中に沈着し強固に結合するため、湧水に流されることなく卓越した効果を発揮します。これが他の樹脂系注入材には存在しない圧倒的な優位性であり、多くの特許を取得した「唯一無二」の技術です。

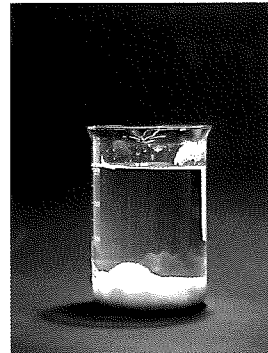
混合直後



3分後



10分後



KATECS

株式会社 カテックス
建設資材事業部

ホームページ <http://www.katecs.jp/>

技術部・中部営業部

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

東京支店

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

東京支店(仙台事務所)

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

関西営業所

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

九州営業所

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

北海道地区(㈱エイチ・アール・オー)

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

補助工法ラインナップ

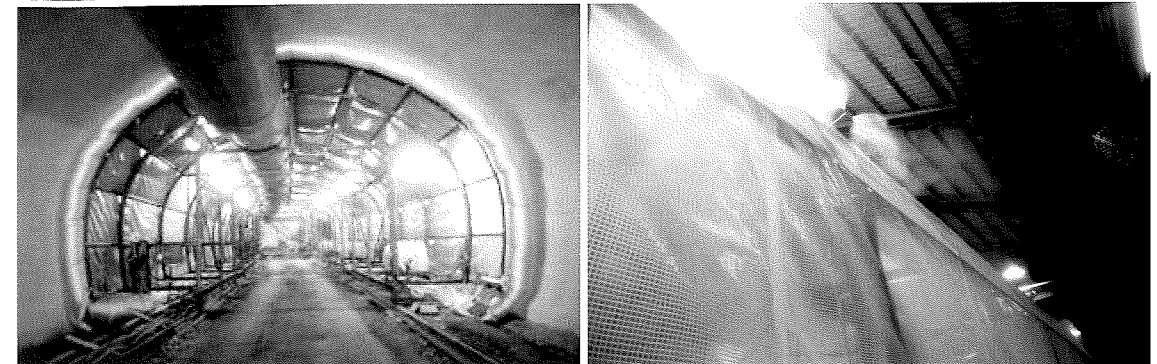
- ⇒ 注入式フォアポーリング
- ⇒ 各種長尺フォアパイリング
- ⇒ 多重式長尺フォアパイリング
- ⇒ エコリムーブ工法
- ⇒ パノラマ工法
(φ60.5MRS, φ76.3, φ89.1)

※特許取得、NETIS登録されているものがありますので、お問い合わせください。

トンネル覆工コンクリートの品質革命

散水式による覆工コンクリート養生システム

『トンネルミスト®』 NETIS登録:CG-080012-VR



散水式養生台車を使用します。

養生シートと覆工コンクリートの空間に散水を行い、湿潤養生を行います。気密性が保持され、保湿性・保水性が得られます。

【効果】

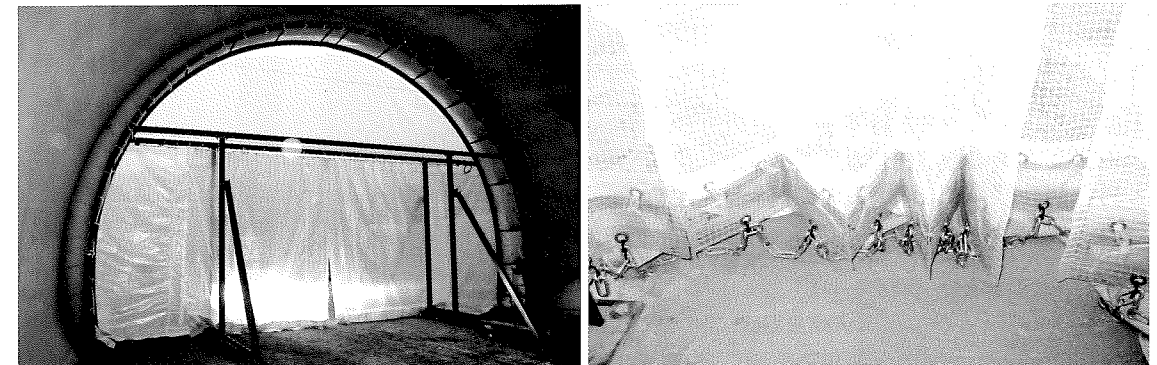
- ・コンクリートは密実になり、初期・長期強度を確保できます。
- ・乾燥収縮・温度応力によるひび割れが低減できます。
- ・耐久性に優れたコンクリートが得られ剥離剥落を防止できます。
- ・従来のひび割れ補修に比べて工期が短縮でき、コストダウンが可能となります。

実績および採用決定
(平成29年2月現在)

施主	実績	計画物件
国土交通省	55件	5件
NEXCO	10件	2件
その他	45件	14件
合計	110件	21件

貫通後の通風を防止し、ひび割れを抑制します

『トンネルパーテーション』 NETIS登録:CG-110032-A



トンネル貫通後の坑口部に設置し、通風を防止します。

トンネル全断面を通風遮断シートで覆います。

固定式、移動式と用途に応じて仕様を選定できます。

【効果】

- ・貫通後の通風を防止できます。
- ・坑内温度・湿度を一定にできます。
- ・覆工コンクリートのひび割れが低減できます。

実績および採用決定
(平成29年2月現在)

施主	実績	計画物件
国土交通省	10件	8件
NEXCO	4件	2件
その他	20件	10件
合計	34件	20件

株式会社 マシノ トンネルグループ

本社 〒733-0822 広島市西区庚午中1丁目19-23

TEL (082) 507-2737 FAX (082) 507-2721

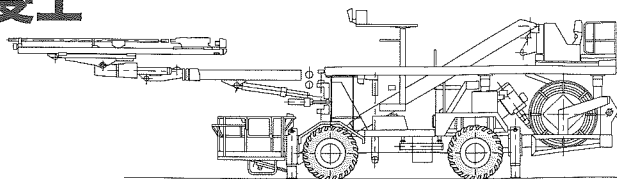
大阪支店 〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3丁目16-3

TEL (06) 6389-6400 FAX (06) 6389-6410

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

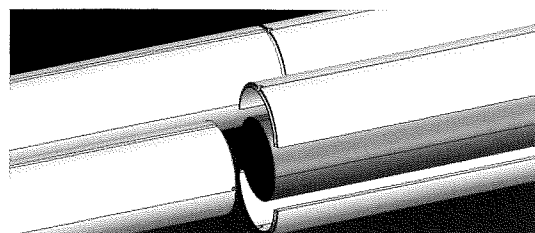
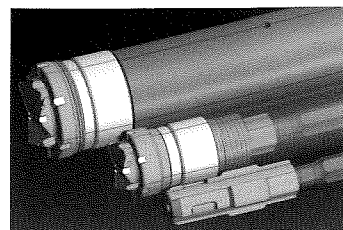
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Piling Method



AGF-Me工法

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

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



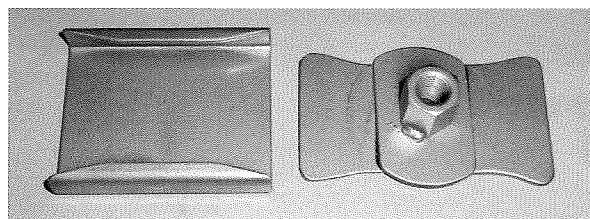
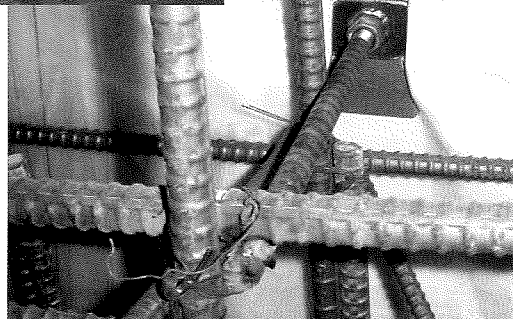
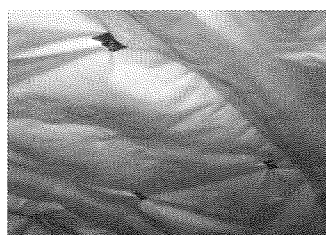
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリップ

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

固定方法は3ステップ

1. 支保工へ溶接したグリップ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)

全断面对応トンネル高速施工掘進機

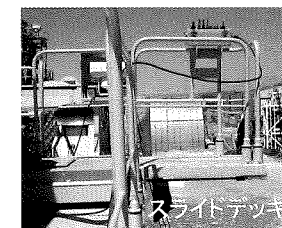
ロードヘッド **SLB-350S**



全断面トンネルの高速施工を目指して

特徴

- 国内最大の 350kW-4/6P 定出力型 2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても充分な掘削能力を発揮します。
- 切削高さは最大 8.8m になり、大断面トンネルにおける全断面掘削、及び上半掘削が可能です。
又、中折れブームを使用することで、ベンチ長を最大 5m まで確保できます。
- 低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々 1m の張り出しが可能であるため、下部掘削等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。



製造、販売、レンタル及びメンテナンス **三井三池製作所**

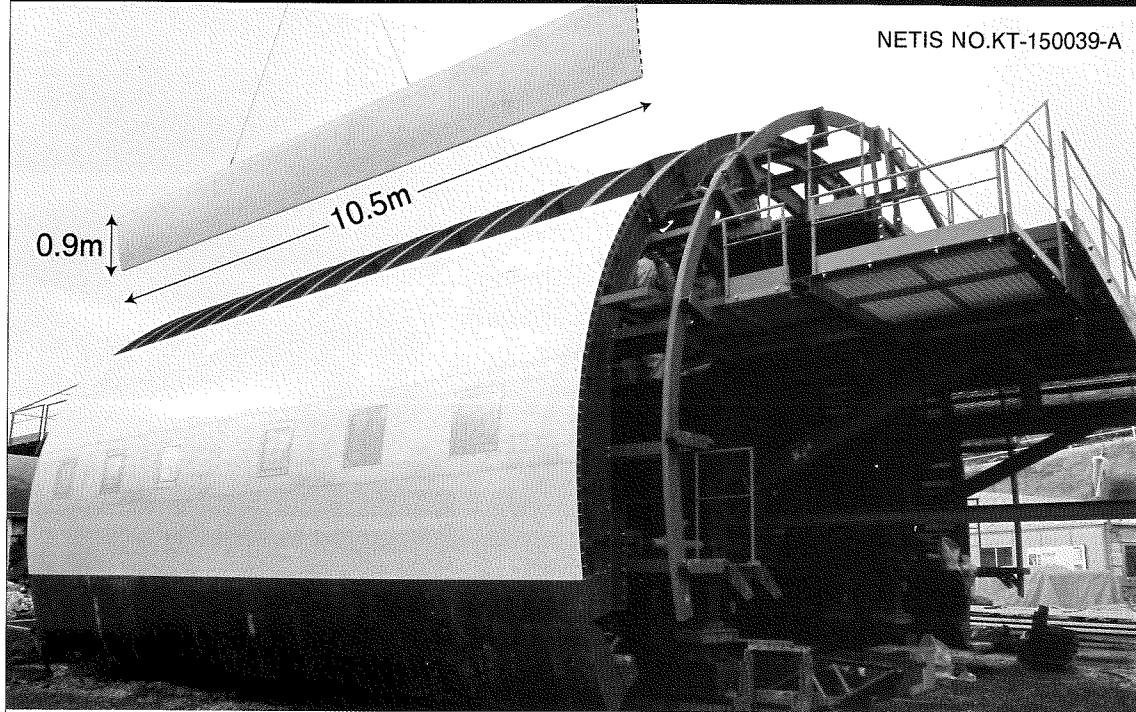
本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
産業機械営業部 TEL. 03-3270-2005 FAX. 03-3245-0203

<http://www.mitsumiike.co.jp> E-mail: sanki@mitsumiike.co.jp

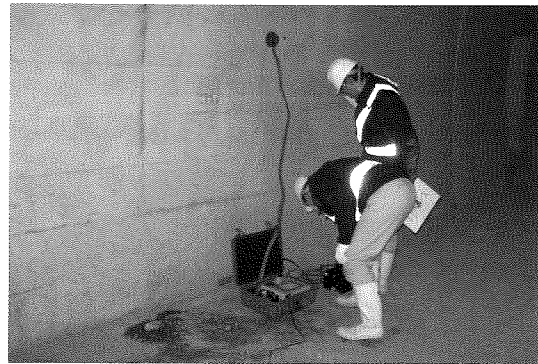
NEW

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



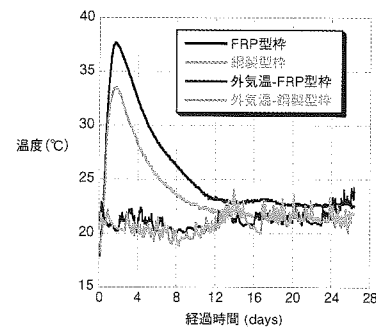
透気試験実施



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、機アジタ 吉江トンネルにて測定]



◎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

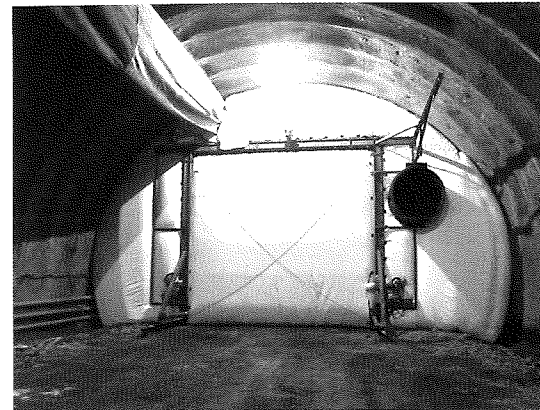
トラベルクリーンカーテン(TCC)

NETIS登録 HK-120040-A 特許5757758号

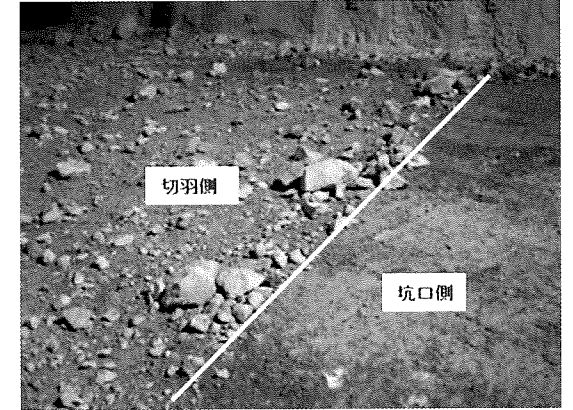
特徴

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

写真



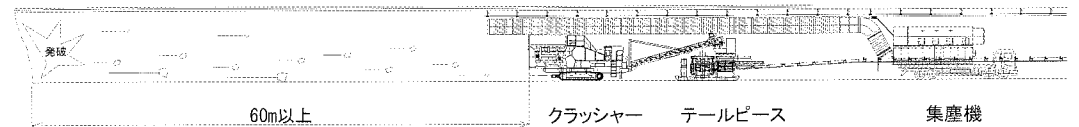
発破時のTCC



発破後の防護状況

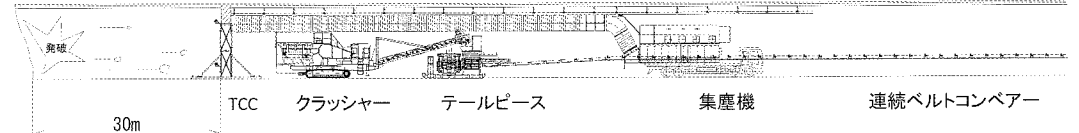
概念図

従来工法



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

TCC工法



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

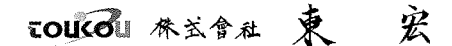
総販売元



伊藤忠建機株式会社

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

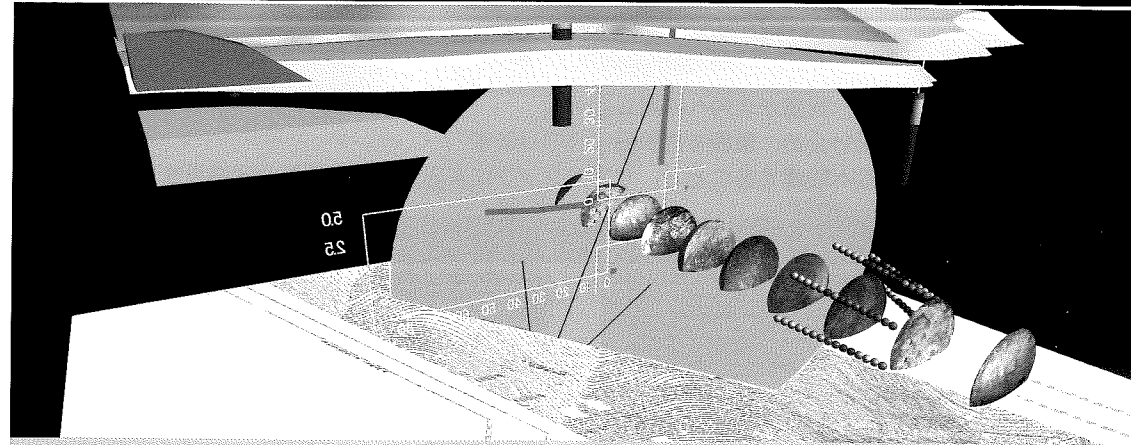
製造



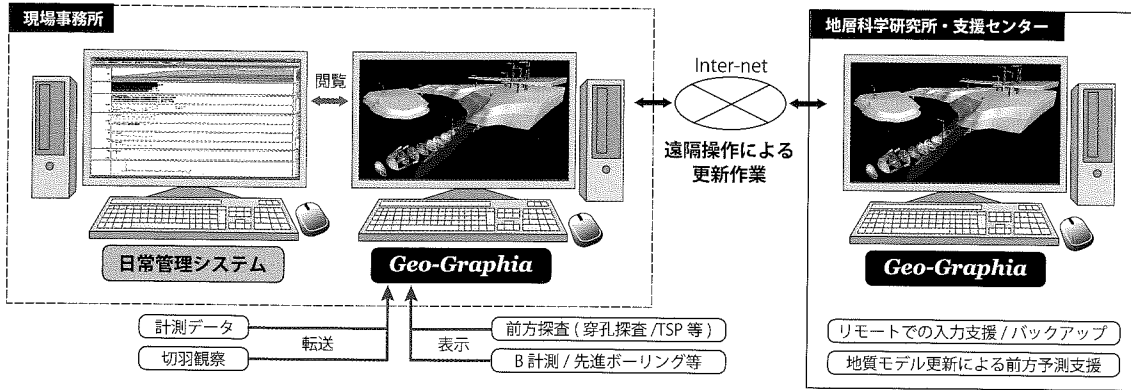
本社 札幌市東区東雁来9条3丁目2番3号
TEL011-792-3000 FAX011-792-3333
東京支店 江戸川区平井2丁目5番2号 平井ビル3F
TEL03-3683-8011 FAX03-3683-8028

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

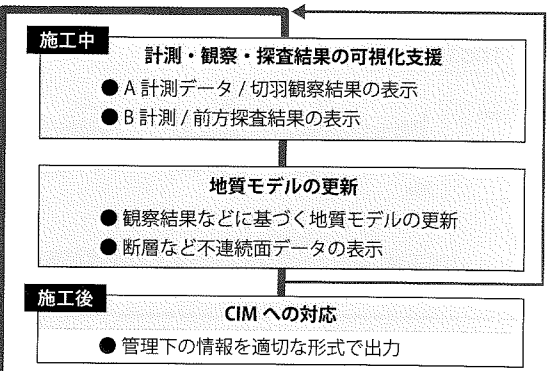
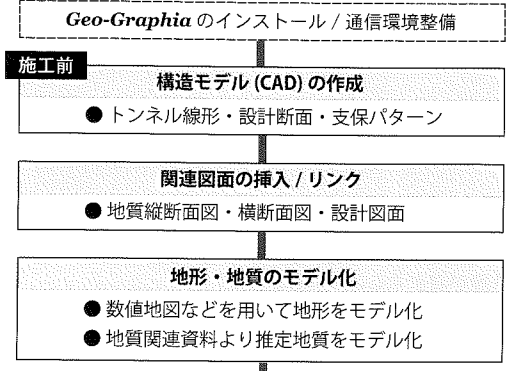
Geo-Graphia® を活用したトンネルの情報化施工支援



技術者の意思決定を支援 ▶▶▶▶ 3次元可視化により現状の迅速な把握を可能に



情報化施工支援センター ▶▶▶▶ 初期モデルの作成や施工中のモデル更新などをお手伝い



<http://www.geolab.jp/> お問い合わせは chisouken@geolab.jp

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 大阪府淀川区西中島 5-7-9 第7新大阪ビル 301号 TEL.06-6886-7774

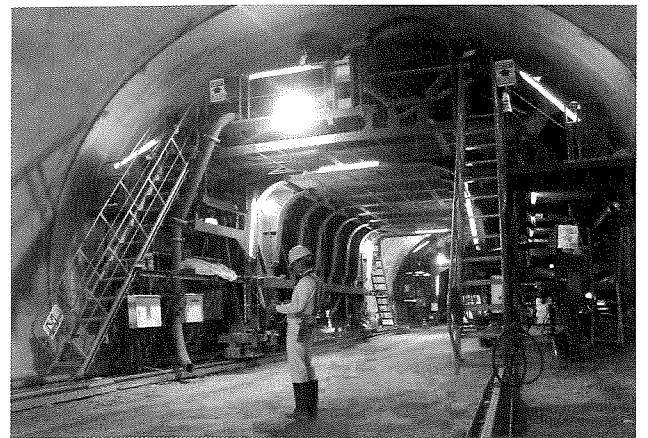
Geo-Graphia 特設サイトはこちらから →

表面温度センサ!

NETIS登録番号 QS-110040-VE

特許
取得済

【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!

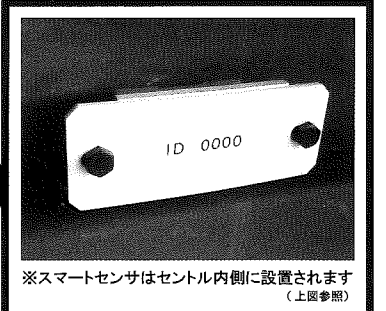
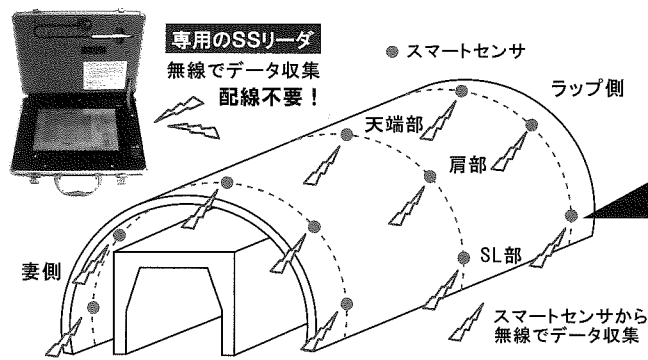


スマートセンサ型枠システム
【セントル仕様】の特長

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。



NETIS標準仕様見積り単価

Ⅱ型樹脂型枠完成キャンペーン!!

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~~ → 20,000~90,000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)



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

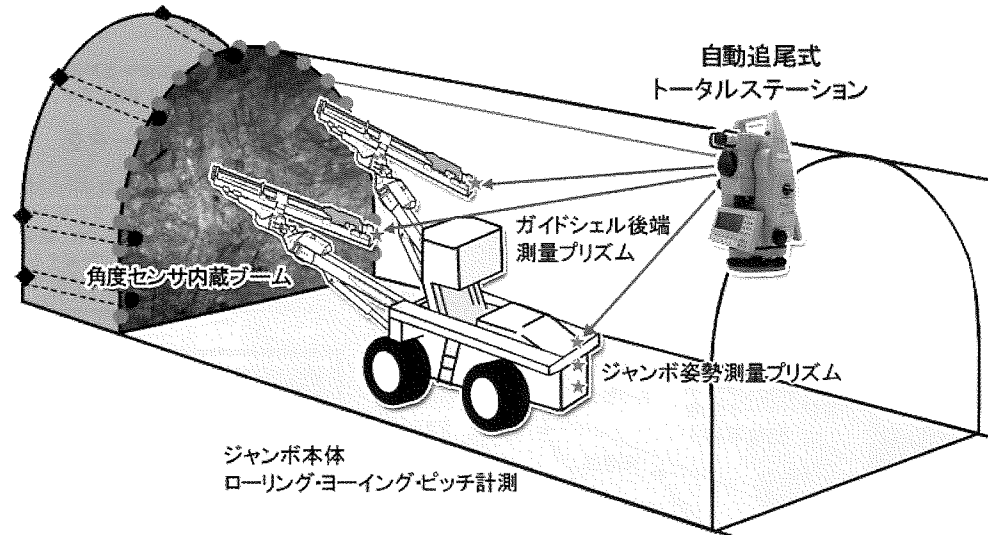
児玉株式会社 エンジニアリング事業部
〒812-0042 福岡市博多区豊2-4-23 TEL: 092-474-5360
Email: engi.office@kodama-boss.jp

NETIS登録番号:KK-100049-A

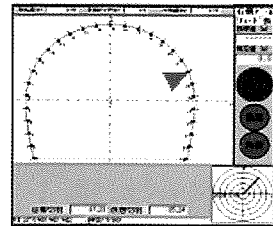
自動追尾式余掘り低減システム

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
古河ロッドドリル株式会社

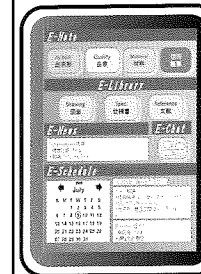
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3

特機部
TEL:03-3231-6966 FAX:03-3231-6993

NEW

究極のトンネル施工管理システム 生産性向上への挑戦！！ En-Note

Tunnel i-Construction

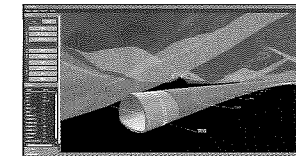
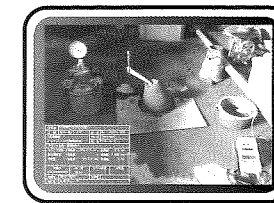
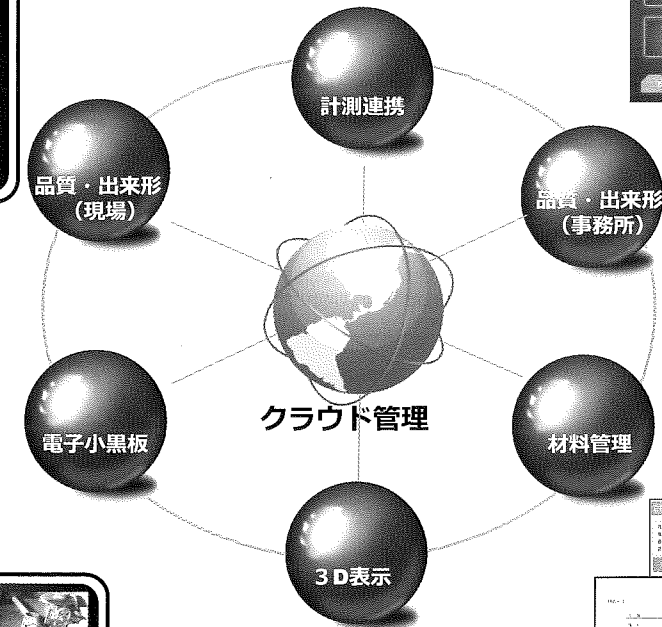


タブレット端末

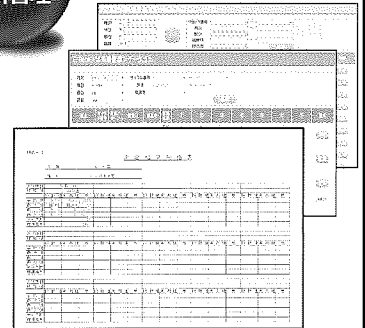
- ・品質
- ・出来形
- ・材料
- ・切羽観察
- ・写真
- ・チャット
- ・遠隔試験



職員パソコン



3D可視化+情報管理(自動)



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

↓
黒板、野帳要らずで、現場の作業のみで各種情報はデータサーバへ保管

enzan

株式会社 演算工房

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

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108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ます。



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

お問い合わせ先

月刊推進技術 編集室

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

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

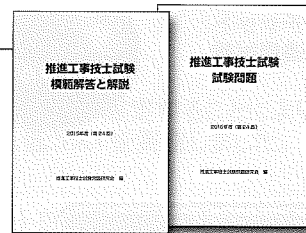
推進工事技士試験 過去6年間(2010~2015年度)

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利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

各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

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

これらのことをインターネットでご案内しています。

お問い合わせ先

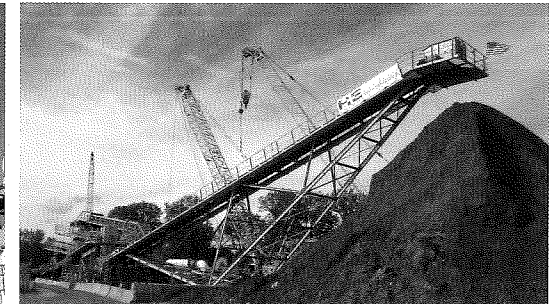
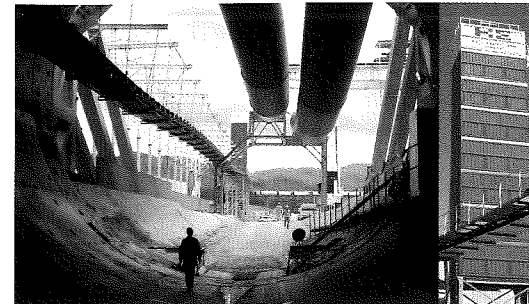
株式会社 LSプランニング

<http://www.lswb.co.jp/shiken/annai>

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

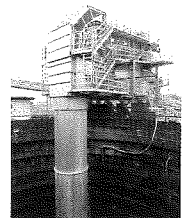


Clever Conveying



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

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



H+E Logistik GmbH
日本代理店



山崎マシーナリー株式会社

担当：富樫

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

VOLVO 建設機械

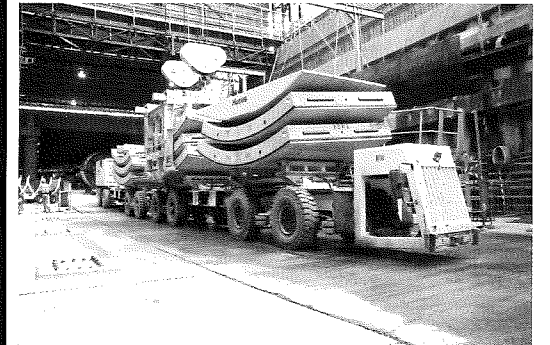
TMS Techni-Metal Systèmes

高い作業性とクールなデザインが人気
年々強化される排ガス規制にも対応



ボルボ建機社 日本代理店 担当：浅野
(直通) TEL0538-66-1215 FAX0538-66-6162

多目的運搬台車
4次オフロード法取得 レールからの解放



TMS社 日本代理店
担当：富樫



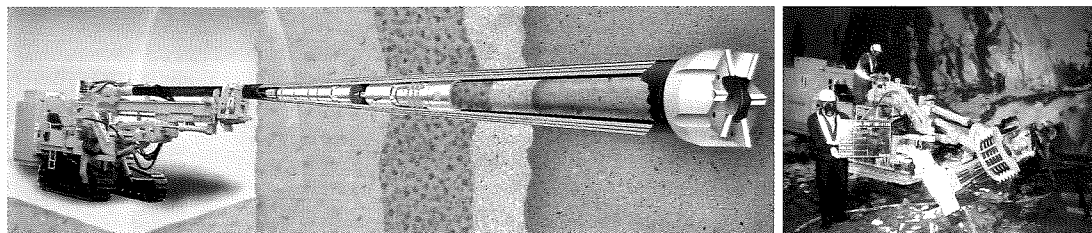
山崎マシーナリー株式会社

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

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法

- 断層破砕帯や湧水をともなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行なえ、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>

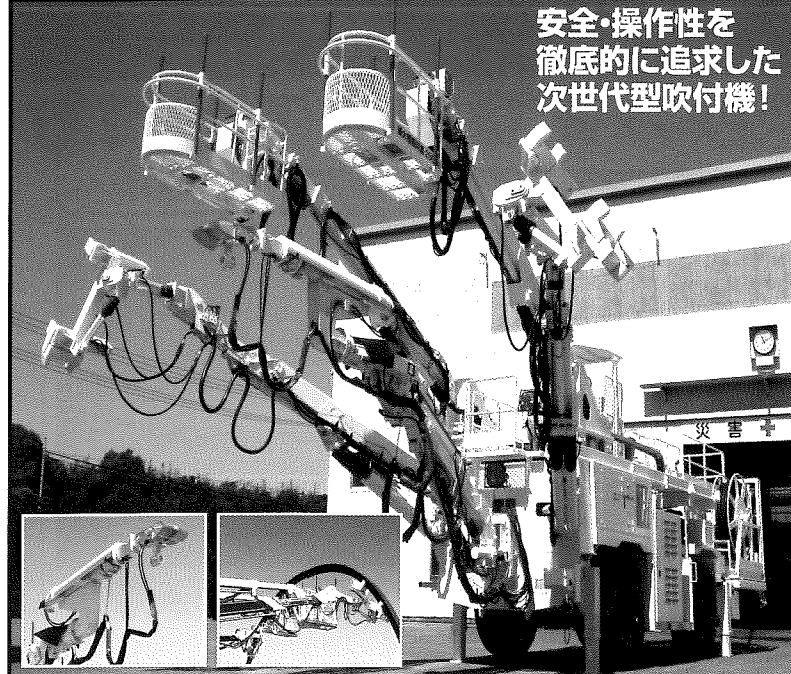
北海道支店: (011)561-4961 東北支店: (022)762-6075
大阪支店: (06)6385-0350 中国支店: (083)972-8757

信越支店: (025)275-6877 首都圏事業部: (03)-6907-7511
九州支店: (092)924-5001 海外事業部: (03)-6907-7515

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
全支保工建込が可能。
- ◆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

振動 マネージメント ソリューション

近接地に住居が存在する場合、振動の予測と管理を複雑高度な技術に頼らざるを得ません。利害関係は多岐にわたるので失敗をする余地は殆どありません。トンネル、道路、トレンチ、港湾、パイプライン等の掘削は、今後ますますコスト高となり、時間のかかる作業となつてきています。

オリカ社は、日々直面するチャレンジに対する方策を見出す為に、全世界の技術研究所と技術力を使って前向きな考え方で取り組んでおります。その成果は電子雷管eDevIIや発破デザインソフトであるShotPlus-T また、各種の爆薬に表れておりご理解頂けるものと思っております。

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

orica.com



好評発売中

地形にも人相がある 地形の性質を知ろう!



トンネル技術者のための 地相入門

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

《主要目次》

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

図・表・写真
288点収録

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

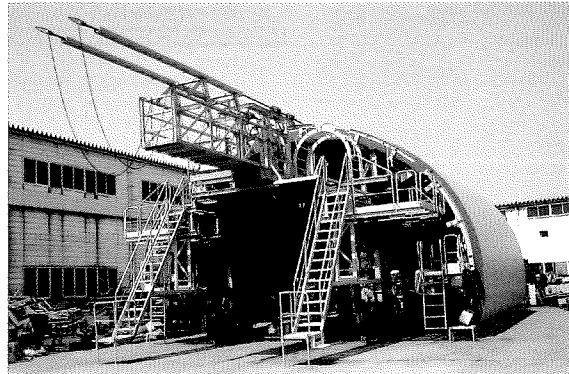
株式会社 **土木工学社** 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
TEL 03-3267-2888 FAX 03-3267-2807

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

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



期待される効果・特徴

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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.CG-080012-VR (製造:株式会社マシノ)



期待される効果・特徴

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

北陸鋼産株式会社

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

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

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

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

濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0 m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



4.5m³バケセル搭載ダンプ



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

合理的なトンネル施工法の追求

飯田 廣臣 5

■施工

線路下の道路函体55mをR&C+ESA工法で施工

—名古屋都市計画道路椿町線—

藤巻 恵・池川 悦二 7

URT工法では最長クラスの線路下横断ボックスの構築

—JR東海道線 南吹田駅前線立体交差—

奥村謙一郎・岩井 俊之・水野さおり・岡崎 光宏 19

供用中の既設トンネルに接続させるバイパス分岐部の施工

—国道231号 浜益トンネル—

能登 喜幸・平森 誠・梶山 孝司・宮内 俊彦 37

大断面地下通路を3連揺動型掘削機と六面鋼殻セグメントで築造

—東京メトロ日比谷駅再開発連絡通路—

橋口 弘明・久保田 淳・川岸 康人・上木 泰裕 45

同一立坑から2工区のシールドを二方向同時掘進

—東京都水道局 多摩南北幹線(第一・第二工区)—

塩田 勉・木村 禪・野村 政志・山川 泰敦 55

■連載講座

トンネル新技術への挑戦(15)

—道路トンネルの点検システム—

「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 61

■現場だより

福井県を二分する「木ノ芽峠」の麓より

田中 久人 44

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

念願の「トンネル屋」に、そして、「水」との闘いが現実に

戸村 和彦 29

■資料

土木情報

編集部 54

トンネルジャーナル

平山 嘉一 69

文献紹介

編集部 70

工法・技術・製品ニュース

編集部 71

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会 72

■会報

会報

日本トンネル技術協会 76

温泉とは？ 温泉の有効利用は？ この1冊であなたの疑問を解決します！！

続 きみの庭にも温泉が出る
その後の温泉開発と建設の考え方
 石井 康夫・俣野 恭寛 共著
 新書判217頁 本体価格1,200円(税込1,260円)

【主要目次】 1. バブル景気と『ふるさと創生一億円』 2. バブル崩壊後の温泉景気 3. 温泉とは
 4. 温泉の分布と特徴 5. 温泉の成因と寿命 6. 温泉の探査技術 7. 温泉談義アラカルト
 8. 外国の温泉 9. 日本の地熱開発 10. 将来の温泉開発と建設の考え方

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

【表紙説明】 供用中の既設トンネルに接続させるバイパス分岐部の施工
 —国道231号 浜益トンネル—

本トンネルは、国道231号の「雄冬防災事業」の一環として、既設のガマタトンネルと雄冬峠トンネルをバイパストンネルで接続するものである。
 工事は、掘削中も一般車両を通行させるため、事前に既設トンネルの接続箇所(分岐部)に補強対策を実施し、分岐部の掘削は、一般車両への安全性や地山の安定性を考慮して加背割りを小さくして、既設トンネルの状況を確認しながら行った。写真は留萌側分岐部(終点から起点側を望む)の状況である。
 (写真提供：北海道開発局) (本文29頁参照)

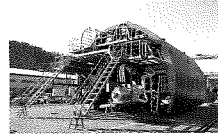
管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.CB-120032-A

コンクリートトータル養生システム

セントル型枠

加温しながら初期強度を上げる
加温養生（型枠）



第二養生

加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



第三養生

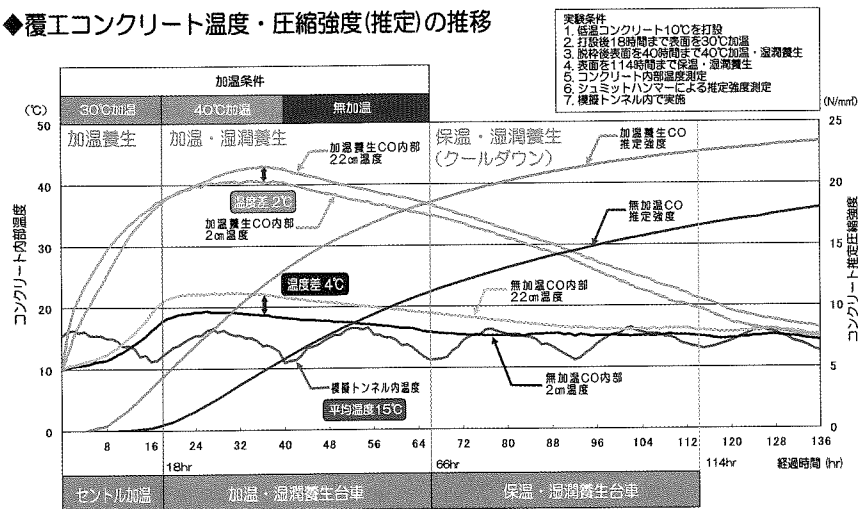
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



コンクリートの強度を予測管理
養生管理システム

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

◆覆工コンクリート温度・圧縮強度(推定)の推移



岐阜工業株式会社

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

【製作・販売協力】

TECHNO
テクノプロ株式会社

TOUCOU
株式会社 東 宏

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

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

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

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

見 坂 茂 範

国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

西 岡 和 則

鹿島建設株式会社土木管理本部統括技師長
(兼)土木管理本部土木工務部トンネルグループ長

藤 井 義 文

株式会社竹中土木常務執行役員

松 原 利 之

飛鳥建設株式会社技術研究所所長

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

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

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

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

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m(ケーブルハンガーを除く)
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.1m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 〒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
大阪支店 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番地20号TEK第二ビル TEL 06-6387-3371
福岡支店 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル TEL 092-411-4998
三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出長常町 1129 番地 11 TEL 059-234-4111

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

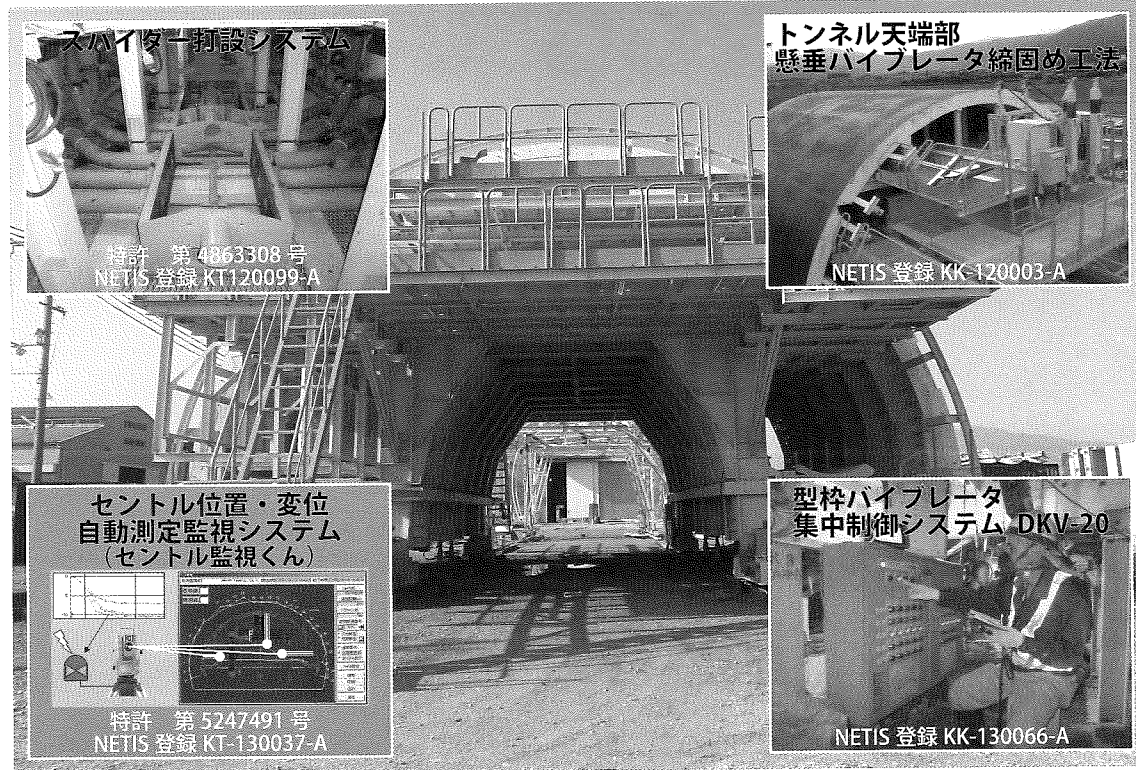
〔編集参与〕

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)

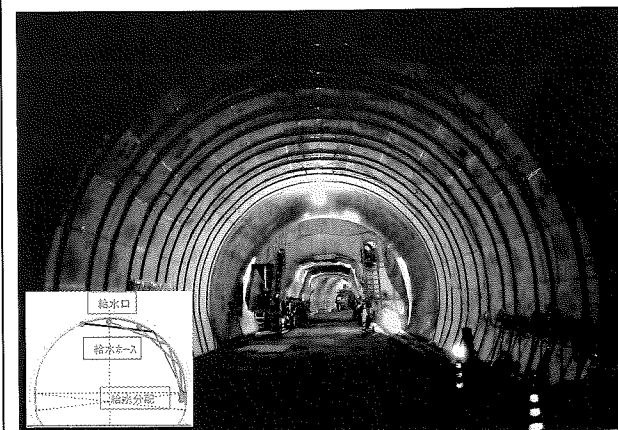
〔委員〕

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

トンネル二次覆工型枠総合メーカー



新しいタイプの覆工コンクリート養生システム



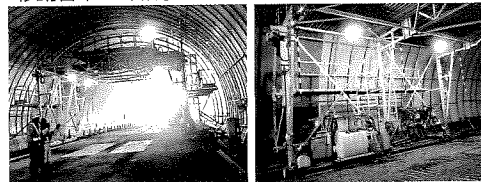
確実な保温・湿潤養生

トンネル覆工コンクリート給水養生工法
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! ~限りない未来への挑戦~

大栄工機株式会社

本社 〒526-0842 滋賀県長浜市春近町 90 番地 TEL 0749-64-0246 FAX 0749-63-6765
URL <http://www.daieikouki.co.jp/> E-Mail: daiei-co@minos.ocn.ne.jp
営業品目 各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売 ※詳しくはホームページを御覧ください

トンネルと地下 VOL.48 No.2 掲載概要

掲載頁
7

線路下の道路函体55mをR&C+ESA工法で施工
—名古屋都市計画道路椿町線—

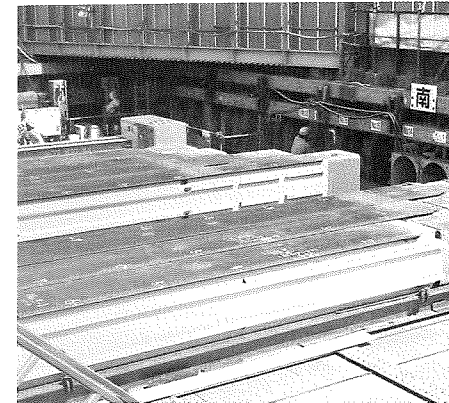
近畿日本鉄道(株) 藤巻 恵

本線・車庫線を合わせて7線もある鉄道直下において、R&C工法を併用したESA工法により、50mを超える大断面の道路トンネルを構築した。鉄道と工事の安全確保を最大の目的として自動の軌道計測システム導入や薬液注入工による地山防護などの対策を行い、慎重に施工を進めたが、地山からの硫化水素発生や想定以上のジャッキ推力の検出など、さまざまな施工上の課題に直面することとなった。

本稿では、工事の概要に加え、これらの課題に対して講じた対策を述べる。

Build 55m Railroad Underpass Using the R&C Method—Nagoya City Planning Road the Tsubakimachi Road—

By Kei Fujimaki, Kinki Nippon Railway Co., Ltd.



写真は箱形ルーフとFCプレート

A large railway underpass for road exceeding the length of 50m was constructed directly under seven railway tracks including the main lines and the sidings, using the ESA method combined with the R&C method. With ensuring the safety of the rail transport operation and construction works topmost priority, measures such as adopting an automatic track monitoring system and chemical grouting in order to protect the ground were carried out. Though construction works proceeded cautiously, various problems in construction had arose, such as discharge of hydrogen sulfide from the ground, and monitoring stronger jacking force than expected.

This report describes the measures taken in response to these problems, as well as an outline of construction works.

掲載頁
19

URT工法では最長クラスの線路下横断ボックスの構築
—JR東海道線 南吹田駅前線立体交差—

西日本旅客鉄道(株) 奥村謙一郎

JR東海道本線吹田・東淀川駅間においてURT工法による線路下横断工事を実施している。2012(平成24)年10月9日に着手した本工事は、2018(平成30)年度末の供用開始に向け、2016(平成28)年10月14日に42本すべてのエレメント推進を完了させた。

本稿では、URT工法において、過去最大級のボックス延長を施工するにあたって、推進精度の確保、軌道変状に起因する輸送障害防止の観点から施工工夫した点、および推進の結果について報告する。また、今後の施工の課題として、エレメント内の高流動コンクリートによる長距離圧送やボックス断面掘削後の漏水対策について、過去の線路下横断工事の施工事例を踏まえ、これまで検討してきた配合計画や漏水対策工について述べる。

One of Longest Railway Underpass Built Using the URT Method—JR Tokaido Line Underpass for the Minami-Suita Ekimae Road—

By Ken-ichiro Okumura, West Japan Railway Company

Construction of railway underpass located between Suita station and Higashi-Yodogawa station on the JR Tokaido Line have been carried out using the URT method. Construction works began on October 9, 2012, and jacking of all 42 element were completed by October 14, 2016, and the underpass is scheduled to open at the end of 2018.



写真はエレメントに装着した特殊刃口

This reports on ensuring accuracy of jacking, engineering measures for securing rail transport operation from deformation of tracks as well as the construction results in installing one of the longest jacking of underpass using the URT method. Regarding future tasks, this also describes concrete mix properties which had been considered for long distance force-feed for high-flow concrete casted through elements and leakage control after excavation of underpass based on past construction results of railway underpasses.

供用中の既設トンネルに接続させるバイパス分岐部の施工
—国道231号 浜益トンネル—

北海道開発局 能登 喜幸

本工事は、一般車両を通行させながら既設トンネル内に接続するバイパストンネルを施工するものである。トンネル掘削中も一般車両を通行させるため、事前に、既設トンネルの接続箇所(分岐部)において、裏込め注入、補強ロックボルト打設、プロテクター設置、コンクリート充填といった補強対策を実施した。

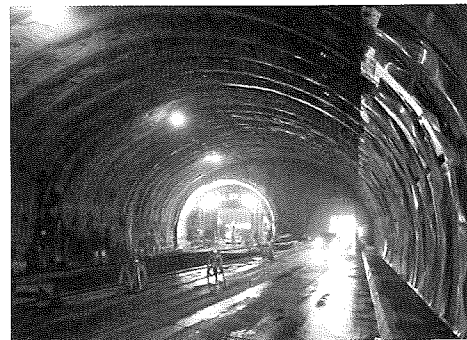
分岐部の掘削は、一般車両への安全性や地山の安定性を考慮して加背割りを小さくし、既設トンネルの状況を確認しながら行った。

分岐部の覆工・防水工は、一般車両の走行路を確保するため、施工範囲を分割し、既設トンネルから新設トンネルへの通行切替えの前後で、それぞれの施工を行った。

Create Underground Junction between an Existing Tunnel in Service and a New Tunnel—the Route 231 the Hamamasu Tunnel—

By Yoshiyuki Noto, Hokkaido Regional Development Bureau

We constructed a bypass tunnel connecting to the existing tunnel while allowing passenger vehicles to pass through.



写真は分岐部施工状況

In order to allow passenger vehicles to pass through during tunnel drilling, reinforcement such as backfill grouting, rock bolting and installation of protectors with casting concrete were carried out in the connecting section of the existing tunnel (junction section) in advance.

Breakthrough on the junction section was carried out while minimizing the section of tunnel cutting face in consideration of safety to passenger vehicles and stability of the ground while confirming existing tunnel condition.

For lining and waterproofing on the junction section, the work area was divided in order to ensure the traffic for the passenger vehicles, and each area was constructed before and after switching from the existing tunnel to the new tunnel.

大断面地下通路を3連揺動型掘削機と六面鋼殻セグメントで築造
—東京メトロ日比谷駅再開発連絡通路—

東京地下鉄(株) 橋口 弘明

東京メトロ日比谷駅は、日本屈指の商業地域である日比谷地区に位置し、駅構内のみならず、路上においても1日中混雑している。このような状況下で、都市再開発に伴う大規模複合ビルと地下鉄駅をつなぐ大空間矩形断面地下通路が開削工法で計画されたが、整備主体側から種々の工事条件が付与された結果、世界でも施工事例の少ない揺動掘削方式の大断面泥土圧矩形掘削機とシールド工法で実績のある六面鋼殻セグメントを採用した非開削工法で施工することとなった。

本稿では、大規模複合ビルと地下鉄駅をつなぐ大空間矩形断面地下通路工事の計画、設計、施工について述べる。

Build a Large Underground Passage using Triple Swing Cutting Heads and Hexahedral Steel Segments—Passage for Tokyo Metro Hibiya Station—

By Hiroaki Hashiguchi, Tokyo Metro Co., Ltd.

Tokyo Metro Hibiya Station is located in Hibiya District, one of the largest commercial areas in Japan. Not only is the station yard busy, and the streets on the ground are also crowded. Under such conditions, construction of a large rectangular underground passage connecting a large scale building complex and the subway station was planned using the cut-and-cover. However, as a result of various restrictions were added mainly from the client, a non-open cut method was decided to use a EPB rectangular TBM equipped with swing cutting heads which has a few records of use in the world, and hexahedral steel segment proven in the shield tunnels.

This article describes the planning, design, and construction of the large rectangular underground passage connecting a large scale building complex and subway station.



写真はルーフ先行時の3連揺動型推進機(R-SWING機)

同一立坑から2工区のシールドを二方向同時掘進
—東京都水道局 多摩南北幹線(第一・第二工区)—

東京都 塩田 勉

多摩南北幹線(仮称)は、東村山浄水場を起点として拝島給水所に至る延長15.6km、口径2,000mmの送水管である。現在、6工区に分割してシールド工法によるトンネル築造、配管を行っている。

整備にあたっては、立坑用地の確保や隣接工区との工程調整など、多くの制約条件が存在する。また、実際の施工現場では、綿密な施工管理と徹底した安全管理体制の整備による事故防止が重要となる。

本稿では、多摩南北幹線の第一工区と第二工区における両発進立坑からの二方向同時掘進について取上げ、複数の受注者が立坑内で並行作業を実施する際の施工および安全管理対策、初期掘進時における事故防止対策などについて紹介する。

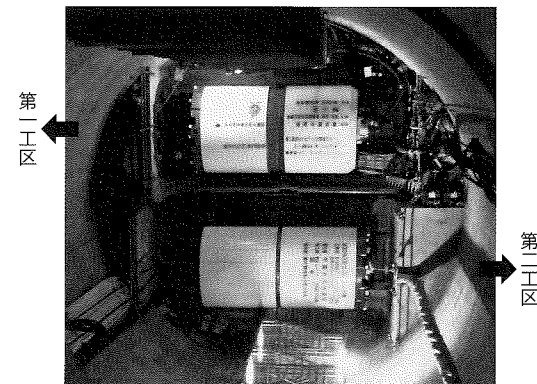
Simultaneous Two-way Launch of Shiled TBMs from the Same Launch Shaft—Tama Nanboku Water Main (Construction Lot 1 and 2) Bureau of Waterworks Tokyo Metropolitan Government—

By Tsutomu Shioda, Metropolitan of Tokyo

Tama Nanboku Water Main (tentative name) is a 2,000mm diameter water pipe starting at the Higashi-Murayama water purification plant to the Hajjima water station extending 15.6 km. Currently, it is divided into six construction lots, and tunnel building and piping are carried out using the shield TBMs.

During installation, we had many restrictions such as ensuring the shaft site, and adjusting the construction process according to the neighboring lot. Moreover, at the actual construction site, strict construction management and thorough implementation of a safety management system to prevent any accidents were very important.

This article discusses the simultaneous two-way launch from one launch shaft in Construction Lot 1 and 2 of Tama Nanboku Water Main, and introduces construction, safety management measures, and accident prevention measures at the launch when multiple contractors carried out multiple tasks in the shaft.



写真は両発進立坑シールド配置状況

巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)



合理的なトンネル施工法の追求

(株)奥村組専務執行役員(本協会評議員)

飯田 廣臣

2016年ノーベル賞の生理学・医学賞を大隅良典・東京工業大学名誉教授が受賞した。日本人のノーベル賞受賞は25人目、3年連続である。自然科学賞部門(物理学賞、化学賞、生理学・医学賞)では22人目で、近年ではアメリカに次ぐ受賞者を輩出しており、わが国の自然科学が世界のトップレベルであることを国内外から大いに称賛されたところである。しかし一方で、わが国の自然科学研究の現状は実用的な成果、早急な成果を求め、重視する傾向が強く、このことが将来の科学技術のレベル低下という不安につながるとして、基礎科学の重要性が強調され、最先端科学技術ばかりでなく基礎科学技術研究への資金のおよび人的投資の必要性が問われたところである。

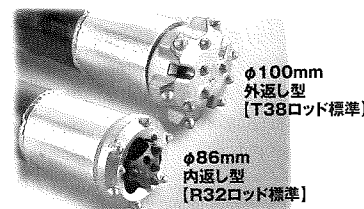
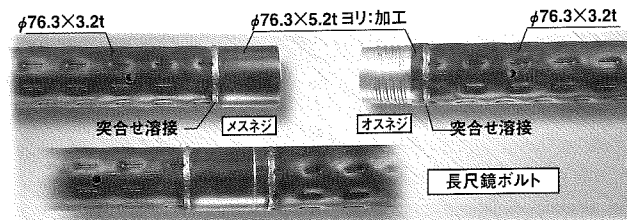
ここで、わが国のトンネル技術の分野に目を転じると、自然科学分野における将来への不安と同種の不安に襲われる。わが国のNATM、シールド工法に代表されるトンネル技術は今や世界一と言っても過言ではないだろう。高精度の設計・解析技術、高性能の建設機械、多種多様な優れた補助工法など、どれも素晴らしい最先端の技術を有している。しかし一方で、企業がトンネル技術者にこれら技術の更なる開発、実用化を要求することは当然なこととしながらも、最先端のトンネル技術の追求のみではトンネル技術は継承されないことは周知である。トンネル技術の継承、取得のためには、過去からの技術の進歩の過程・歴史を学び、理解することが重要である。本誌連載の「語り継ぎ言い継ぎ行かむ」はまさにこの的を射たものであり、どうか若手諸君にはじっくりと読んでいただくことを強くお願いしたい。

私は、社会人になってから今日までの約40年間、鉄道トンネルの建設に携わってきている。しかも恵まれた環境下にあったと言える。まず第一に、山岳トンネルと都市トンネルの両方を経験できたうえ、両方とも新旧の技術、すなわち山岳トンネルでは矢板工法とNATM、都市トンネルでは開放型と密閉型シールドの施工に直接携わることができたことである。第二は、技術開発に正面から取り組もうとする、あるいは取り組まざるを得ないトンネルに多く携わることができたことである。これらの経験は、まだトンネル技術者として一人前でなく、技術開発に受動的に組み込まれていた程度だったかもしれないが、結果的には自分の大きな技術的財産になっている。会津線向山トンネルに

NETIS登録No.KK-160026-A

ストロング FIXチューブ(S型)

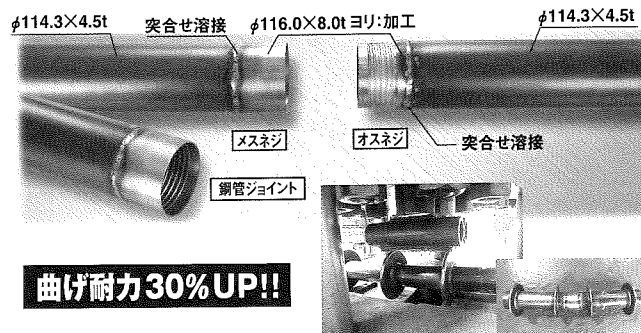
- ※長尺鏡ボルトは凹み面状の鋼管で周辺地山をしっかりとFIXします。
- ※長尺フォアパイリングのねじ強度改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



NETIS登録No.KK-150045-A

AGF-STD工法

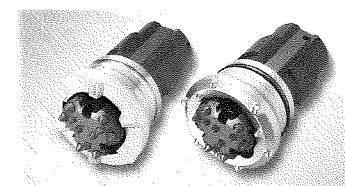
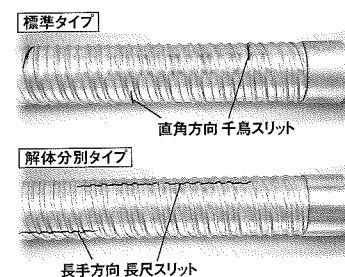
- ※軽量化による作業性とねじ強度の改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!


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



STD BITS (ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングビット径
100A	φ114.3	φ124

注入材・その他工法

NETIS登録No.KK-110040-A

※ウレタン系空洞充填:NTRI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

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

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

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

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

おける国内初の中硬岩NATMの本格施工，京葉都心線京橋トンネルにおけるマルチフェース(MF)シールド工法の開発，上越新幹線中山トンネルと青函トンネルの現場経験などである。

そして，今から15年ほど前に東北新幹線三本木原トンネルと遭遇した。三本木原トンネルは東北新幹線八戸-七戸十和田間に位置し，延長は4,280mである。掘削対象地山は帯水した洪積砂質土層が主体で，細粒分含有率および均等係数が小さく崩壊性が高いうえ，中間に粘性土層が複雑な互層状態で存在している。このような地山条件の中を地下水位対策工と切羽の安定のための対策工とを併用したNATMにより施工を開始したが，事前に施工したディープウェル工法では十分な地下水位低下が行えない箇所があり，また，先受け工などの切羽の安定対策工を施工していたにもかかわらず切羽が不安定化し，突発的な切羽の崩壊がしばしば発生した。このように，対策工の効果が完全に期待できず，切羽を安定させることが困難な三本木原トンネルの地山においては，NATMでは安全性を十分に確保できないことから，施工法の再検討を余儀なくされた。再検討の結果，NATMの施工は1,265mで中止し，残り3,015mは新しいトンネル構築工法を考案し，採用することとした。この工法は「密閉型シールドによりトンネルを掘削して同時に切羽の安定を図るとともに，シールドの掘進と併行してシールドテール部でコンクリートを打設し，加圧して施工する覆工をNATMの一次支保材と同様に位置づけて，地山を保持しながらトンネルを構築する工法」であり，SENS(センス)と命名した。SENSは三本木原トンネルにおいて良好な施工結果を残し，その後，北海道新幹線津軽蓬田トンネル，また，都市トンネルの神奈川東部方面線西谷トンネル，羽沢トンネルで採用され，さらに先般，北海道新幹線羊蹄トンネル(比羅夫)が5番目のSENS採用トンネルとして発注になったところである。

NATMとシールド工法はそれぞれ確立されたトンネル技術であり，わが国のそれらトンネル技術が最先端にあることは先に述べた。しかし，近年，コストの低減を目指して，周辺環境に与える影響の許容範囲内で，補助工法を単独あるいは組み合わせて施工することにより，都市部の土砂地山においてもNATMが適用されるケースが増えてきている。その結果，NATMとシールド工法との境界領域では両工法が競合して施工され，境界は不明瞭になるとともに，施工法の選定，トンネル覆工体の設計法，トンネルに作用する荷重の評価方法などが大きな課題となっている。SENSはその境界領域における課題解決の一工法と考える。

トンネル分野全般において，設計・施工上，解決すべき課題は多く残されており，現場でのトライアルの積み重ねとより高い合理性の追求により課題を解決し，わが国のトンネル技術が常に世界の最先端にあることを強く望むものである。

施工

線路下の道路函体55mをR&C + ESA工法で施工

—名古屋都市計画道路椿町線—

近畿日本鉄道(株)鉄道本部名古屋統括部施設部工事課長 藤 巻 恵

大成建設(株)・(株)鴻池組・大日本土木(株)・近鉄軌道エンジニアリング(株)共同企業体近鉄米野駅こ道橋新設工事作業所所長 池 川 悦 二

1 はじめに

名古屋市は「ささしまライブ24土地区画整理事業」の一環として，名古屋市笹島地区と名古屋駅西口を結ぶ都市計画道路椿町線の整備を進めており，2018年度供用開始を目指している(写真-1)。この椿町線が当社名古屋線，JR東海関西西線，あおなみ線と交差する地点に跨線歩道橋および線路下函橋(こ道橋)を設置することとなり，このうち当社線と交差する区間の工事を当社が，JR線およびあおなみ線と交差する区間の工事をJR東海が，それぞれ受託施行中である(図-1)。

本稿では，こ道橋新設工事(アンダーパス)の概要と，工事を円滑に進めるために行った種々の工夫などについて報告する。

2 工事の概要

2-1 構造と施工区分

新設こ道橋の鉄道との交差部分は，鉄筋コンクリート箱形ラーメン(径間18.45m，支間8.70m，9.25m)の1層2径間ボックスカルバートで，延長：153m，道



写真-1 ささしまライブ24地区

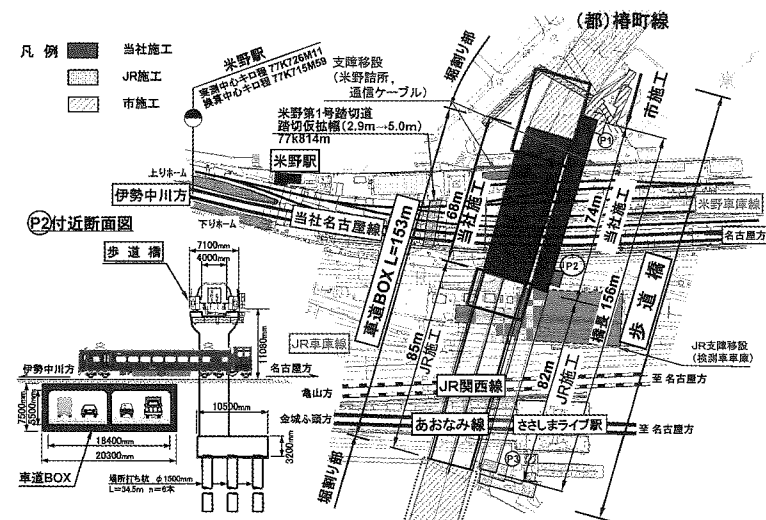


図-1 こ道橋計画平面図



軌道下公道橋標準図

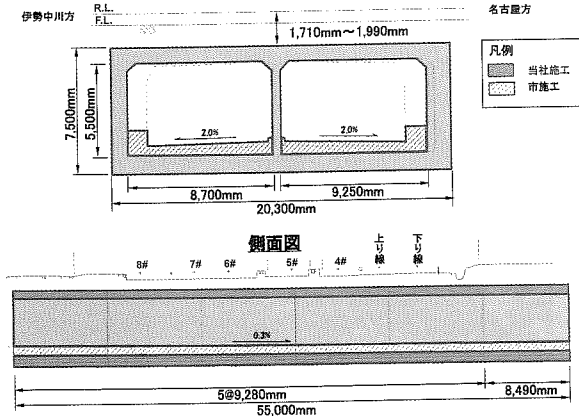


図-2 公道橋計画一般図

路幅員：約18mの片側3.25m×2車線の車道である。施工区分については、JR関西本線、あおなみ線区間の85mをJR東海施工、当社線と道路部を含む68mを当社施工とした(図-2)。

当社の施工手順としては、発進・到達立坑掘削後、軌道下となる6函体を非開削工法(R&C+ESA工法)で押込み、完成後に道路下函体を開削工法により構築することとした。

2-2 地盤改良工

工事中の地盤変位、緩みなどに起因して軌道をはじめとした構造物への影響を抑えることに加え、公道橋完成後地震による液状化に伴って函体が浮き上がることを防ぐため、薬液注入工法による地盤改良を行った。前者は工事中的一時的な地盤強

表-1 薬液注入工使用材料

施工区分	①	②	③
使用材料	ソフトゾーン 溶液型水ガラス系注入材	ハードゾーン 高強度溶液型水ガラス系注入材	液状化対策 溶液型恒久グラウト材
施工数量	1,804.3kL	1,455.2kL	4,251.2kL

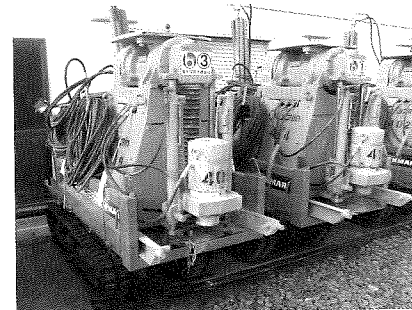


写真-2 薬液注入工ボーリングマシン

化や止水を目的とした仮設注入であり、後者は恒久的な地盤改良を目的とした本設注入である。

地盤改良工の施工範囲は幅35m、長さ53mという広範囲に及び、軌道7線(本線2線、車庫線5線)、道路部、水路部といったさまざまな条件下での施工となるほか、軌道内は夜間線路閉鎖時間内での施工となることから、効率性と安全性の両面から検討した結果、注入はボーリングマシンを12セット使用して施工することとし、ボーリングマシンの設置撤去に要する時間を短縮し注入時間を確保するため、ボーリングマシンをキャリアダンプに積載する改造を行った。

これによりボーリングマシンの格納場所から注入位置までのスムーズな移動を可能とした。また、薬注プラントについては到達ヤード内に設置し、軌道上の施工位置付近まで軌道下埋管に常設したホースを経由してボーリングマシンへ薬液を供給する仕組みとした(図-3, 4, 表-1, 写真-2)。

2-3 箱形ルーフ推進工

非開削部の線路下6函体の構築はR&C工法と

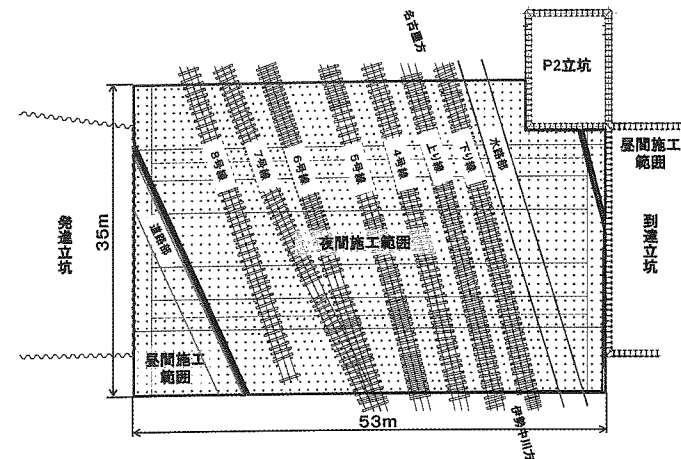


図-3 薬液注入工平面図

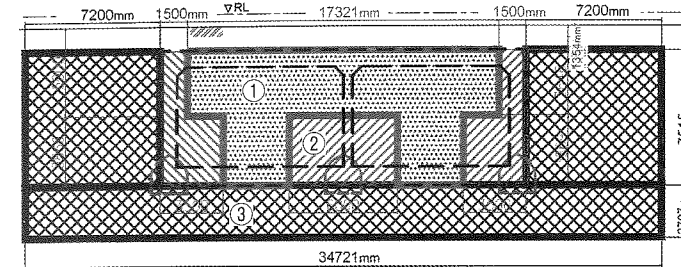


図-4 薬液注入工断面図

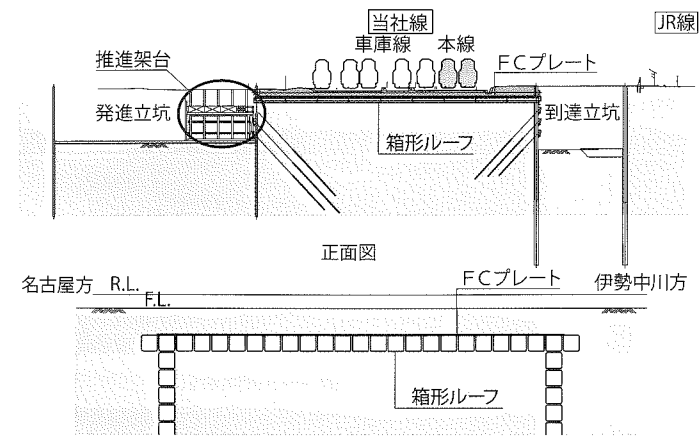


図-5 箱形ルーフ工

ESA工法にて行うため、函体推進牽引に先立ち、函体上部の軌道防護を目的として箱形ルーフ(角形鋼管：800mm×800mm)を函体外形に合わせて推進圧入した。箱形ルーフを設置することにより、函体推進牽引時において切羽掘削時の地山の緩みによる上部軌道への影響を遮断することができ軌

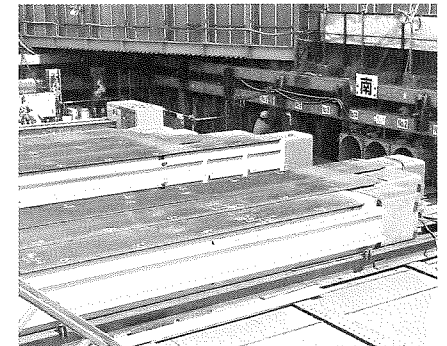


写真-3 箱形ルーフとFCプレート

道の沈下を防ぐことになる。また箱形ルーフ上面に装着したFCプレートは、函体推進牽引時における、函体と箱形ルーフ置換の際、地山との摩擦力を遮断し、軌道や車道などの上部施設の横ずれを防ぐ重要な役割を担う。

これら箱形ルーフとFCプレートを、推進架台および後部の反力設備を用いて、切羽の人力掘削を行いながら推進ジャッキにより地山へ圧入した。箱形ルーフは1本あたり6mであるため、6m推進ごとに箱形ルーフおよびFCプレートの設置をくり返し行った(図-5, 写真-3)。

2-4 函体製作工

函体は立坑内での現場製作(分割製作)とし、立坑底板には、函体推進牽引時に滑りを良くするためのレール鋼としてH形鋼を配置したうえで、発進台と称するベースコンクリートを打設し、その上に函体を構築した。函体底部には敷鋼板を敷設し、函体推進または牽引時の縁切り材の役目をもたせた。

当現場では施工性、所要の推進設備や工期を考慮し、6函体あるうち、3函体ずつ2回に分けて構築した。これは周辺に古くからの住宅が密集しており、交通量も多いことから発進立坑ヤードの面積が限られていたためである。発進立坑の寸法は、3函体構築に必要な空間と、鉄道軌道下に押し込むための設備(刃口、中押しジャッ

キ、フロンテジャッキ)を取めるための必要な空間を確保できる寸法とした。

2-5 函体推進牽引工(R&C+ESA工法)

2-5-1 工法の概要

R&C工法は、地中に設置する函体の外縁に合致するように箱形ルーフをあらかじめ横断区間の全長に貫通させて施工区間上部の軌道や道路を防護し、その端部に刃口(鋼製の切羽掘削作業床)を設置した函体を据付け、函体内で掘削しながら箱形ルーフを押し出すとともに函体を押し入れ、箱形ルーフと地山を函体に置き換え設置する非開削工法である(図-6)。

またESA工法は、複数(3個以上)の函体を貫いてPC鋼線で連結し、各函体間と最後部に油圧ジャッキを設置し、ジャッキ圧力が各々の函体に伝わるようにしたうえで、1つの函体を推進するときは他の複数の函体の土圧および自重による摩擦抵抗力を反力抵抗体として、1函体ずつ順次推進していく非開削工法である。原理は尺取虫の動きに似ており、尾部を固定して反力を取り頭部を前進させる。次に頭部を固定(反力)して尾部を引き寄せると同時に動いていく。これをくり返し行い前進するものである(図-7)。

2-5-2 切羽掘削

函体推進牽引時の切羽掘削については、掘削断面が大きいこと、夜間線路閉鎖時間帯に行う函体牽引量が1晩あたり平均600mmとなることから、夜間の牽引量相当分の地山を昼間に人力と機械で掘削することとした。

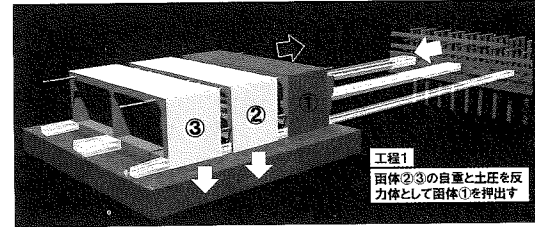
切羽の掘削勾配は地山状況を考慮し、上段部(人力掘削)は73°を、中段・下段部(機械掘削)は65°を基本とした。ただ湧水発生などの地山状況に変化が見られた場合は、掘進量を落とし、そして掘削勾配もさらに寝かせるものとした。

掘削作業終了後、上段部は常時フェースジャッキを使用して、中・下段部は必要により切羽面に木矢板(厚さ50mm)による土留めを実施して完了とした(図-8)。

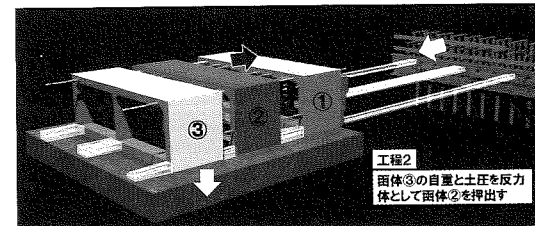
2-5-3 函体推進牽引工のサイクルタイム

列車運行の安全性を確保するため、函体推進牽

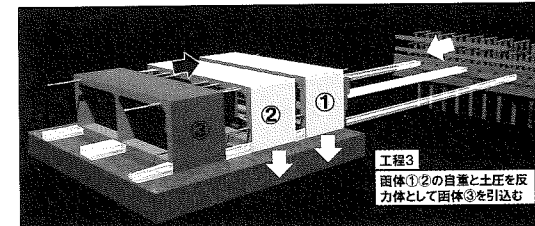
引は夜間線路閉鎖内で実施した。推進牽引作業時は、合函者4人(箱形ルーフ、函体、到達立坑、FC制御)とジャッキ操作者との間で連絡を十分に合合い、函体の精度、推力上昇など異常発生の有無



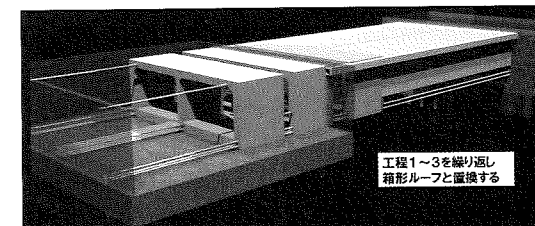
① 第1函体牽引



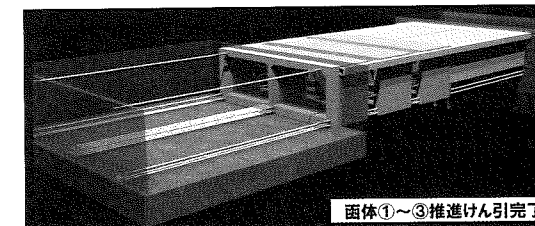
② 第2函体牽引



③ 第3函体牽引



④ 第1~3函体牽引



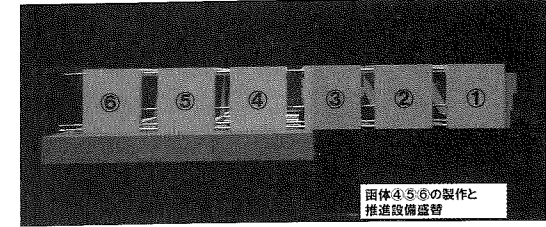
⑤ 第1~3函体牽引完了

図-6 R&C工法施工順序図

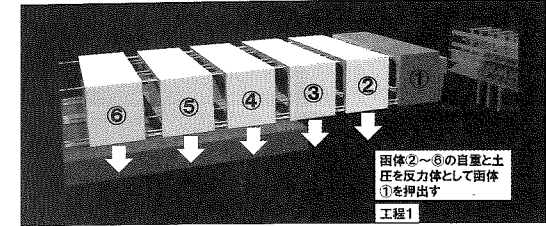
を確認しながら推進牽引を行った。推進牽引作業を開始するにあたり、線路閉鎖前の準備作業にて各ジャッキの状態、油圧ポンプの動作などを点検し、推進ジャッキ周囲の函体自体に異常がないか

も併せて確認した。

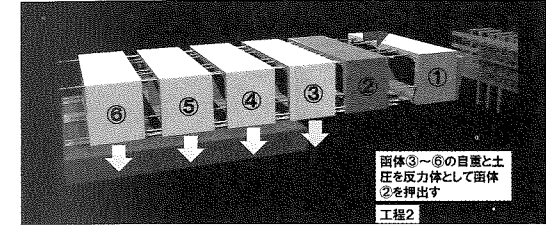
作業当夜における推進牽引量は、夜間線路閉鎖時間内で函体推進牽引後の軌道整備まで完了させることを考慮し、平均600mmとした。ジャッキの



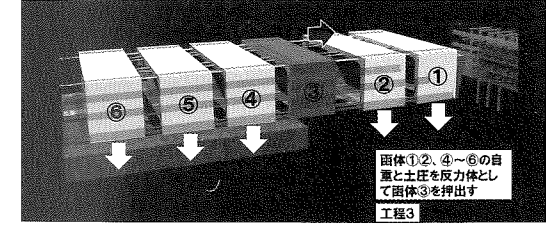
① 第4~6函体製作



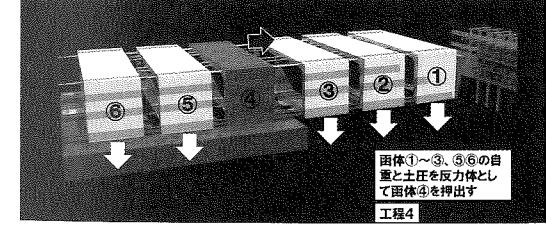
② 第1函体推進



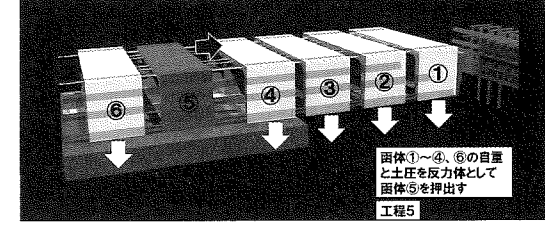
③ 第2函体推進



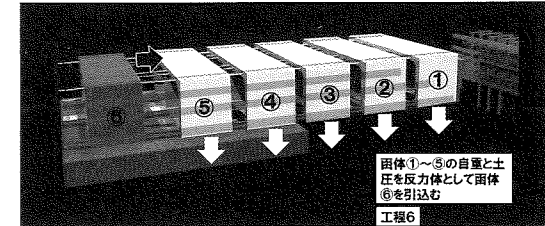
④ 第3函体推進



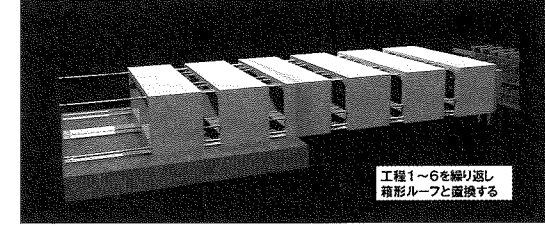
⑤ 第4函体推進



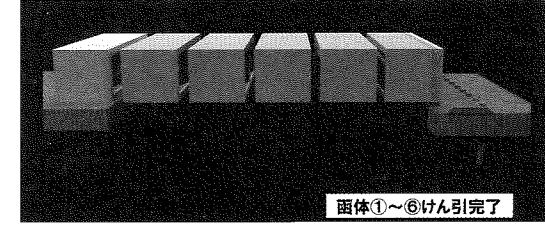
⑥ 第5函体推進



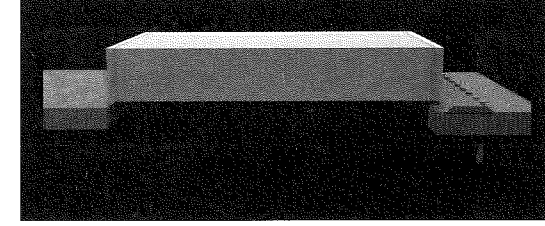
⑦ 第6函体牽引



⑧ 第1~6函体推進



⑨ 第1~6函体推進完了



⑩ 第1~6函体接合

図-7 ESA工法施工順序図

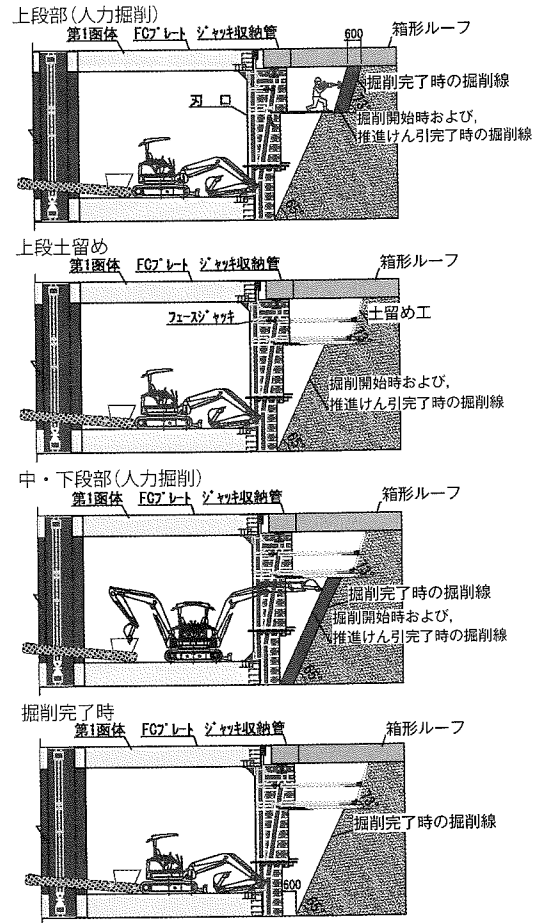


図-8 切羽掘削

ストローク長は1回500mm以下のため、箱形ルーフ押しおおよび第1~6函体の推進牽引作業を2度くり返して行った(表-2)。

ただし、昼間の掘削状況(切羽地山の状況)そして推進時に推力上昇などの異常発生時には、推進量・推進速度を落とし、慎重に作業を進めることとした。

函体推進牽引に伴い到達立坑へ押し出される箱形ルーフは、10日に1度、昼間作業にて撤去を行った。

2-5-4 函体推進牽引時の精度管理

函体推進時における精度を確保するため、毎日、推進作業に合わせ函体の高低と通りを測量した。許容管理値は高低・通りともに±30mm、自主管理目標値は±20mm以内で管理した。許容管理値の

表-2 函体推進牽引工サイクルタイム

時刻	作業内容
① 21:30~22:00	ミーティング・作業手順KY
② 22:00~23:45	函体推進牽引準備作業
③ 23:45~0:25	軌道検測
0:25	線路閉鎖
④ 0:25~0:40	第1函体推進(1回目)
⑤ 0:40~1:10	箱形ルーフ推進・第2~3函体推進(1回目)
⑥ 1:10~1:50	第4~第6函体推進牽引・段取り替え(1回目)
⑦ 1:50~2:05	第1函体推進(2回目)
⑧ 2:05~2:35	箱形ルーフ推進・第2~3函体推進(2回目)
⑨ 2:35~3:15	第4~第6函体推進牽引・段取り替え(2回目)
⑩ 3:15~3:55	軌道検測・跡片付け
⑪ 3:55~4:30	軌道整備
4:40	線路閉鎖解除

高低は、当社基準により定め、通りは『土木学会コンクリート標準示方書[施工編]』を判定基準とした。

3 工事における種々の工夫

3-1 掘削時に発生した硫化水素ガスへの対応
函体牽引に先立ち施工した垂直部分の箱形ルーフ推進において、発進立坑側より掘削推進を開始したところ、先端刃口内にて地山を掘削すると土中に閉じ込められていた硫化水素ガスが拡散して検知され、掘削を一時中断する事態となった(図-9)。

硫化水素は自然界のさまざまな状況で発生する可能性があり、汚泥などの攪拌や化学反応などによっては急激に高濃度の硫化水素ガスが空気中に発散される。自然界以外においては、おもにマンホール内、サイロなどの密閉された場所にて微生物の繁殖に伴い発生することがあるが、当現場においては人工的な当該施設が存在しないことから、自然由来によるものと判断した。

箱形ルーフは人力掘削で推進していたため、これを再開するために先端刃口内の硫化水素ガス検

出濃度を法令上の制限値である10ppm以下とする必要があり、換気能力強化による2とおりの対策を行うこととした。1・2段目と3・4段目の垂直ルーフは2本同時推進のため十分な換気設備を確保することができたが、5段目の垂直ルーフは1本での推進のため、到達立坑側からの先行ボーリングにより換気用配管を設置して対応した(図-10)。これにより掘削の延長が長くなっても送気容量が低下することなく、新鮮な空気を先端刃口に送込むことができた。その他の対策として作業員に防毒マスク(有機ガス

対応)を着用させ、ガス検知器の増設を図り、安全に留意して作業を継続した。

こうした対策の効果もあり、箱形ルーフ推進工

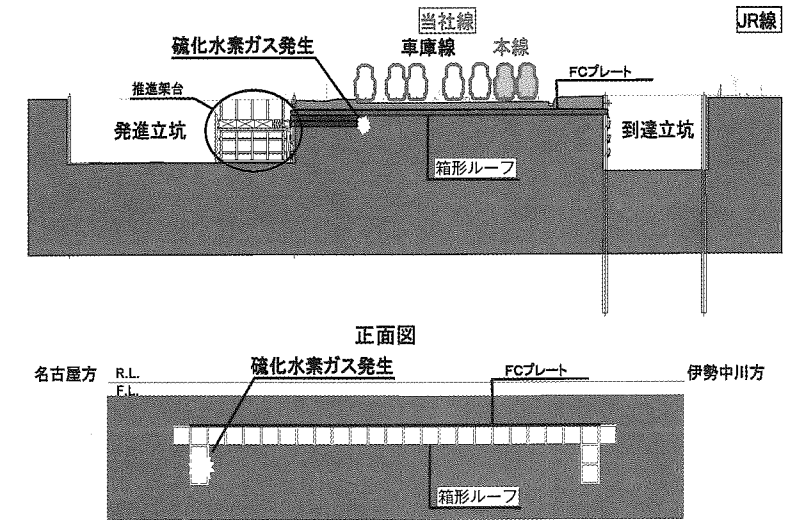


図-9 硫化水素ガス発生状況

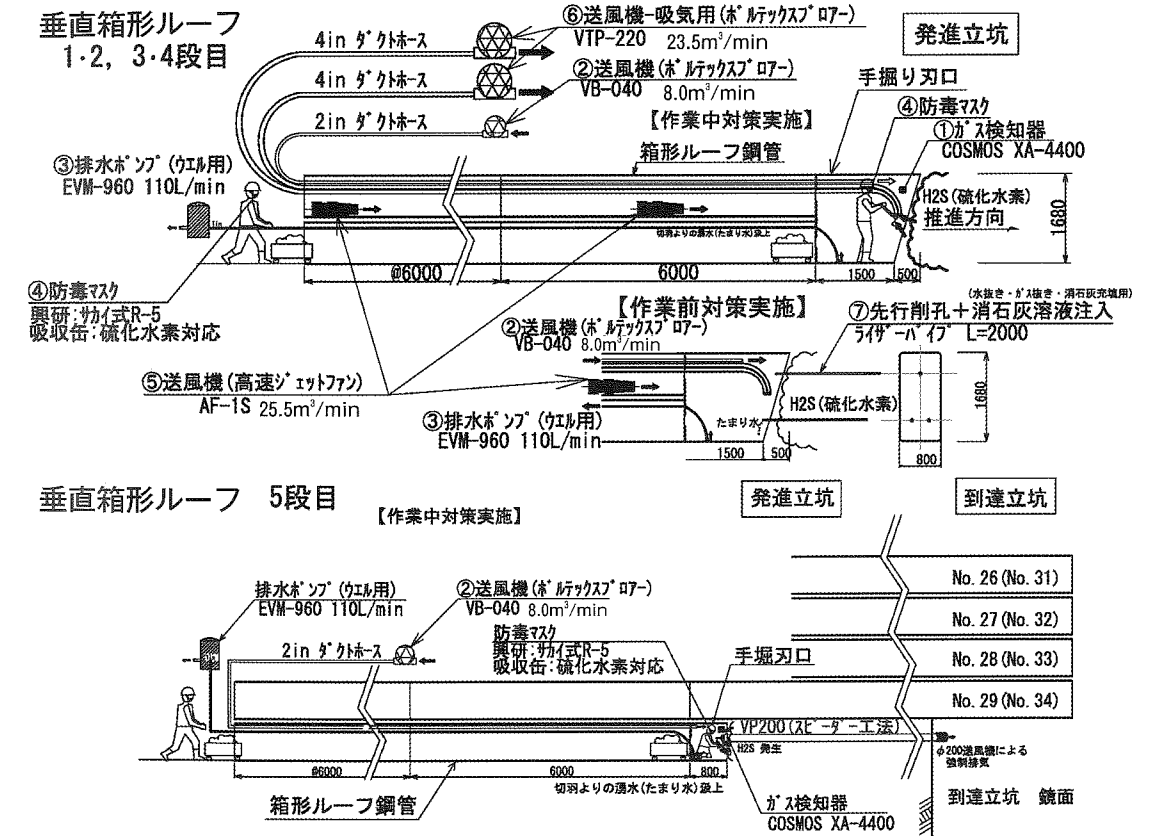


図-10 硫化水素ガス対策

は水平部箱形ルーフ基準管推進から垂直部箱形ルーフ推進完了まで約11か月で、ほぼ工程どおりに完了することができた。

3-2 箱形ルーフ押し出し時の摩擦低減対策

箱形ルーフの設置数は、水平部箱形ルーフが25列、垂直部箱形ルーフが10列の計35列になる(図-5)。箱形ルーフ1本は6mになるため、軌道横断延長54mを貫入させるには、箱形ルーフの総数は315本にも及ぶ。

この箱形ルーフ推進完了から函体推進牽引開始までには、発進立坑での箱形ルーフ推進架台の解体、函体製作(第1~3)、推進牽引ジャッキ設備の設置などで、9か月間を要することになる。その間、地中に箱形ルーフは残置されていることから、列車上載荷重による地盤の締付けなどにより、函体推進牽引(R&C)時の箱形ルーフの押し出しが難航することが懸念された。

当社では、函体推進牽引(R&C工法)の実績はあるものの、54mにも及ぶ横断延長や、長期にわたり箱形ルーフを地中残置してからの推進牽引施工例が少なく、また他社の現場では、ほぼ同じ横断延長による函体推進牽引(R&C工法)において、箱形ルーフが押し出せなくなったため、到達立坑側に牽引装置を設置し箱形ルーフを引き抜いた事例があった。

そこで対策として、軌道横断延長の中間部に、推進ジャッキ(2台/本)により伸縮可能なスライドルーフを挿入することにした(図-11)。発進立坑側より、箱形ルーフ1列あたり6m×9本挿入するところでは、5本挿入後、スライドルーフを

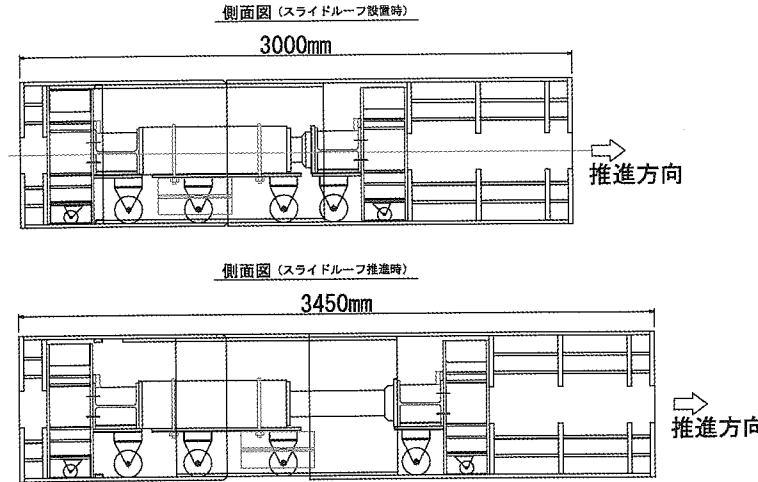


図-11 スライドルーフ構造図

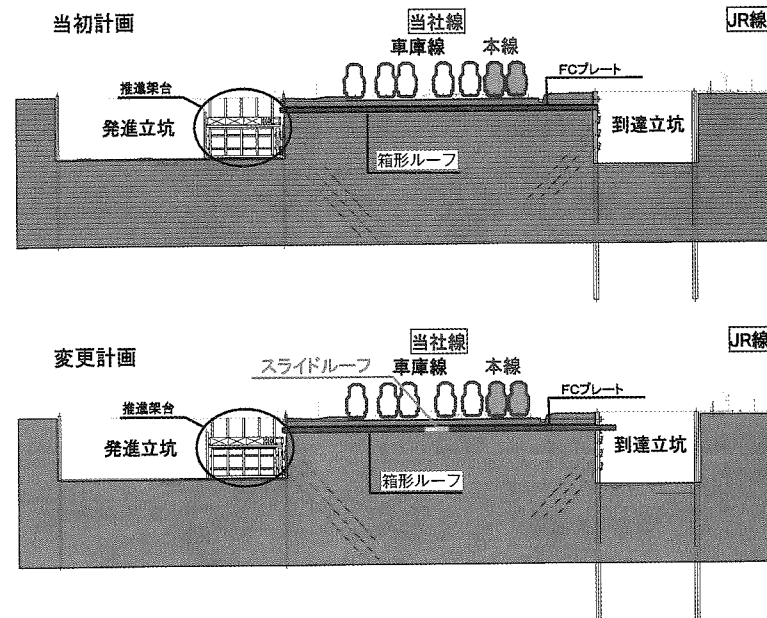


図-12 スライドルーフ挿入

挿入してから残りの4本を挿入した(図-12)。中間部に伸縮可能なスライドルーフを挿入することにより、1度に9本を押しきるのではなく、あらかじめ5本の縁切りが可能となったことで、周辺地盤との摩擦抵抗が少なくなり、函体推進牽引(R&C工法)では、スムーズに箱形ルーフを押し出すことができた。

3-3 ESA工法における推進ジャッキの増設

R&C工法で第1~3 函体を地中牽引(1期施工)

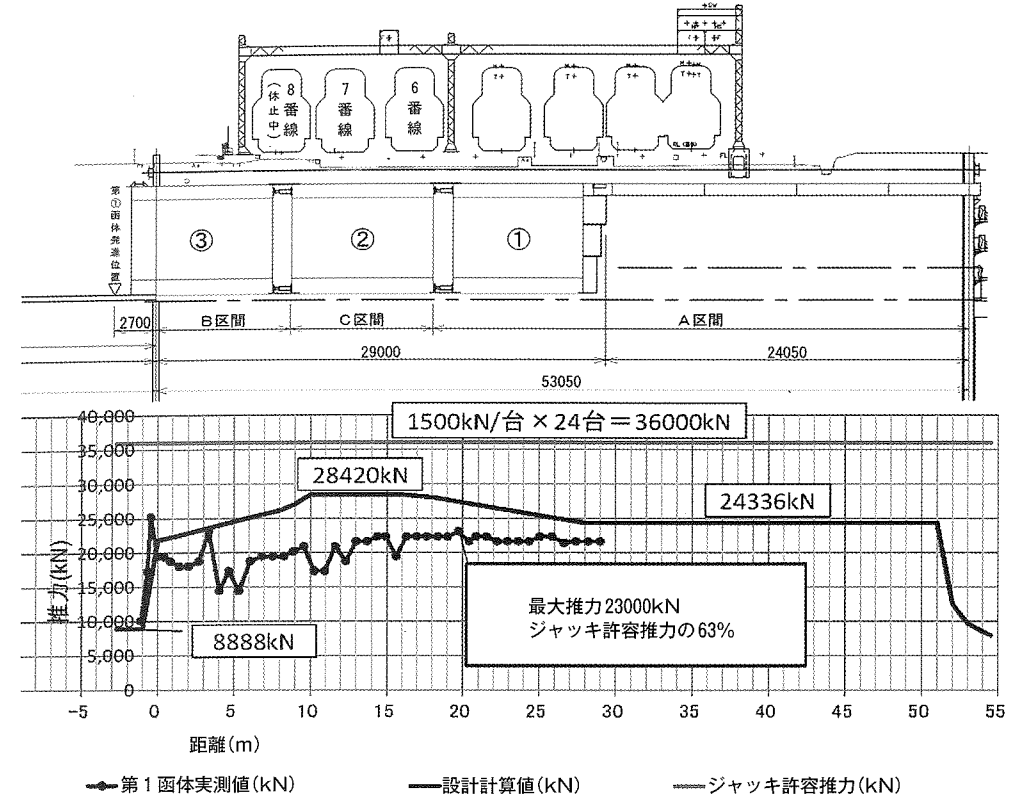


図-13 第1 函体推進力(1期施工)

してから、ESA工法で第4~6 函体と合せて地中推進(2期施工)するまでに約7か月が経過し、地山の圧密増加により函体への締付けが増大し、現状の計画しているジャッキ台数では、2期施工初期の縁切りが不可能となる事象が予想された。また1期施工時において、第3 函体(最後尾)の牽引作業中、PC鋼線の伸びによる函体の跳ね現象が生じ、それに伴い微振動が外部に伝わっていた。

これらの事由を考慮し、1期施工時のジャッキ推力データを踏まえ、函体縁切り推進・2期施工前に、各函体間に中押しジャッキを事前に増設し、推進不可能など不測の事態の発生防止と、第6 函体(最後尾)の跳ね現象を抑制し、振動の発生を最小限に抑えることにした。各函体間に設置する中押しジャッキ増設箇所には、とくにコンクリートひび割れの発生を防止するため、支圧板(□500×500, t=40)をコンクリート面に不陸なく設置し集中荷重の発生を防止するとともに、推進牽引作

業中での目視確認を徹底することにした。

- (1) 第1 函体後部
1期施工時の最大推力は2,300t(63%)であった(図-13)。仮に3割増したとしても推進牽引可能と判断し、増設はなしとした。
- (2) 第2 函体後部
1期施工時の最大推力は1,974t(94%)であった(図-14)。施工中の推力上昇が大きかったことを考慮し、かりに5割増しと想定した場合、2,961t(141%)となる。
したがって6台(900t)を増設し、3,000tを確保した場合の想定値は98.7%となり、推進牽引可能と判断した。
- (3) 第3・第4 函体後部
1期施工時の最大推力は1,350t(64%)であった(図-15)。仮に3割増加したとしても推進牽引可能だと判断できるが、第2 函体推進力が上昇することの反力として、側壁に左右1台ずつ計2台を

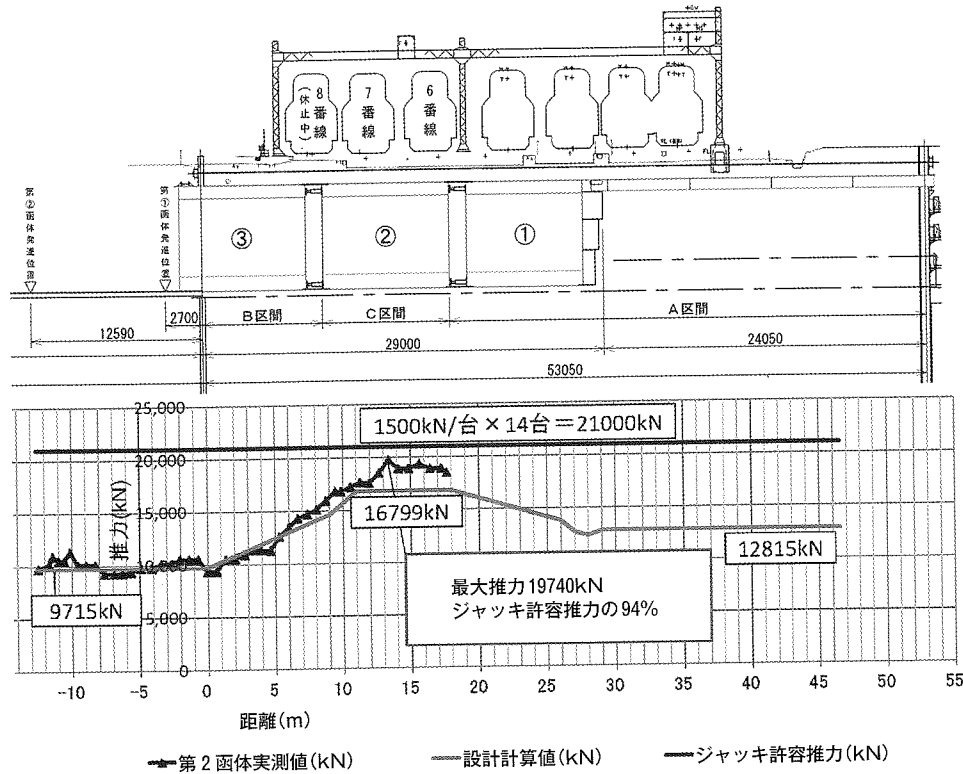


図-14 第2 函体推進力(1期施工)

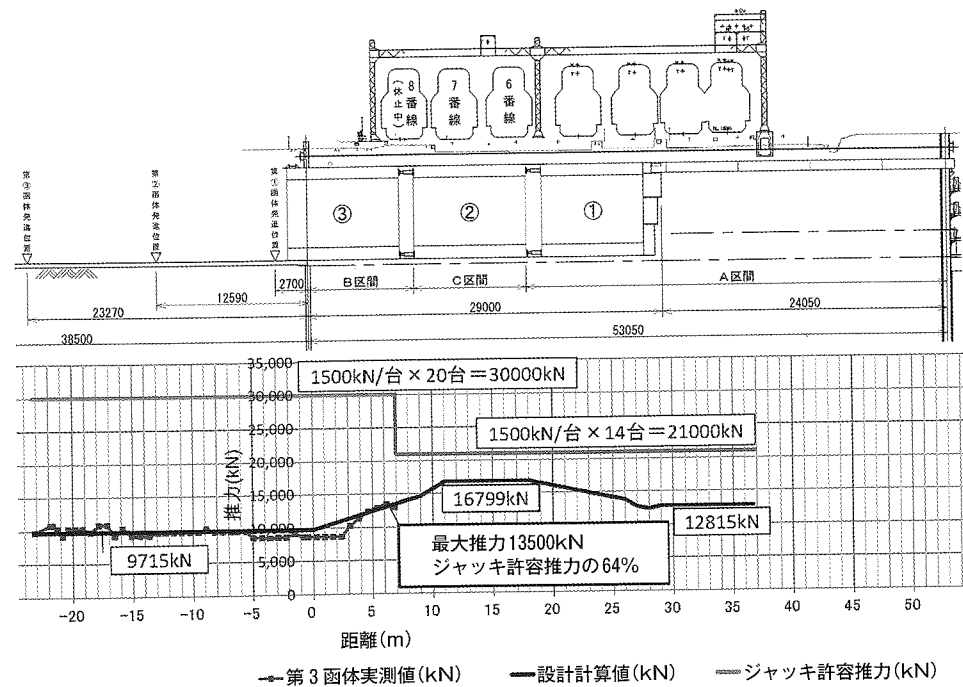


図-15 第3 函体推進力(1期施工)

増設した。

(4) 第5 函体後部

第6 函体牽引時にPC鋼線の伸びによる函体の跳ねが発生し、それが原因で騒音・振動が生じるため、それらを防止する目的でアンチショック用(衝撃が伴わない牽引工法)のジャッキとして、過去の実績も踏まえて6台増設した。

(5) 第6 函体後部

ESA ジャッキに関しては、牽

引不能の場合、補助推進設備設置位置前でも発進時に反力鋼材を設けて、中押しジャッキを転用し、補助推進を行うこととした。

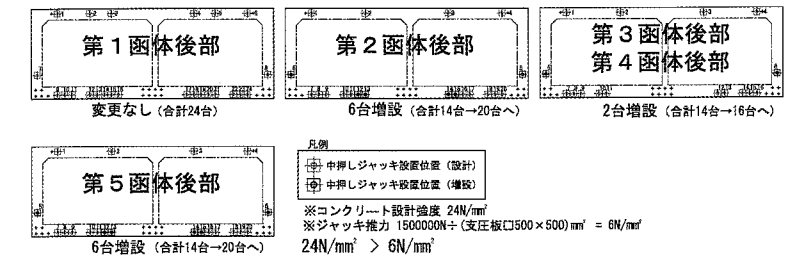


図-16 中押しジャッキ増設

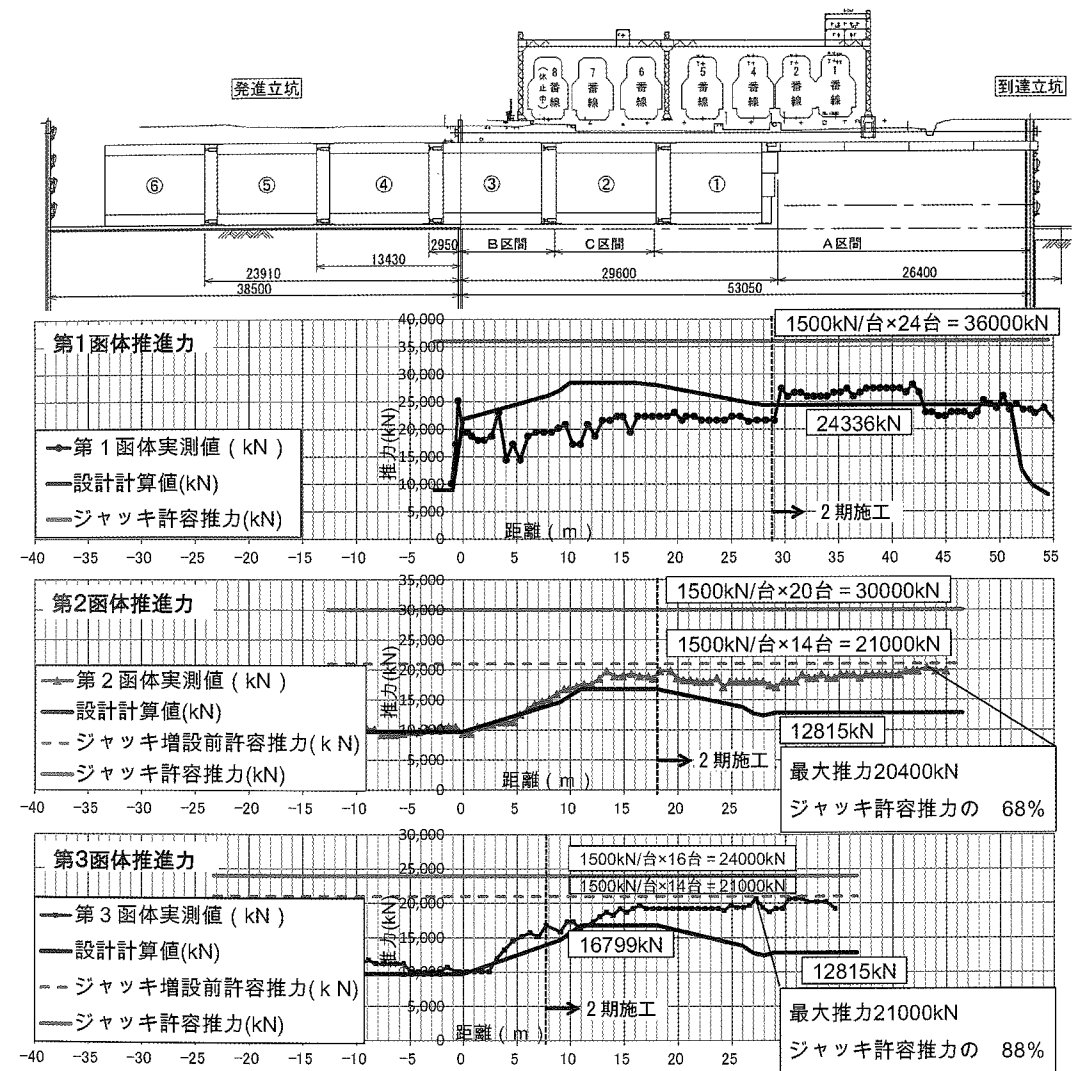


図-17 第1~3 函体推進力(2期施工)

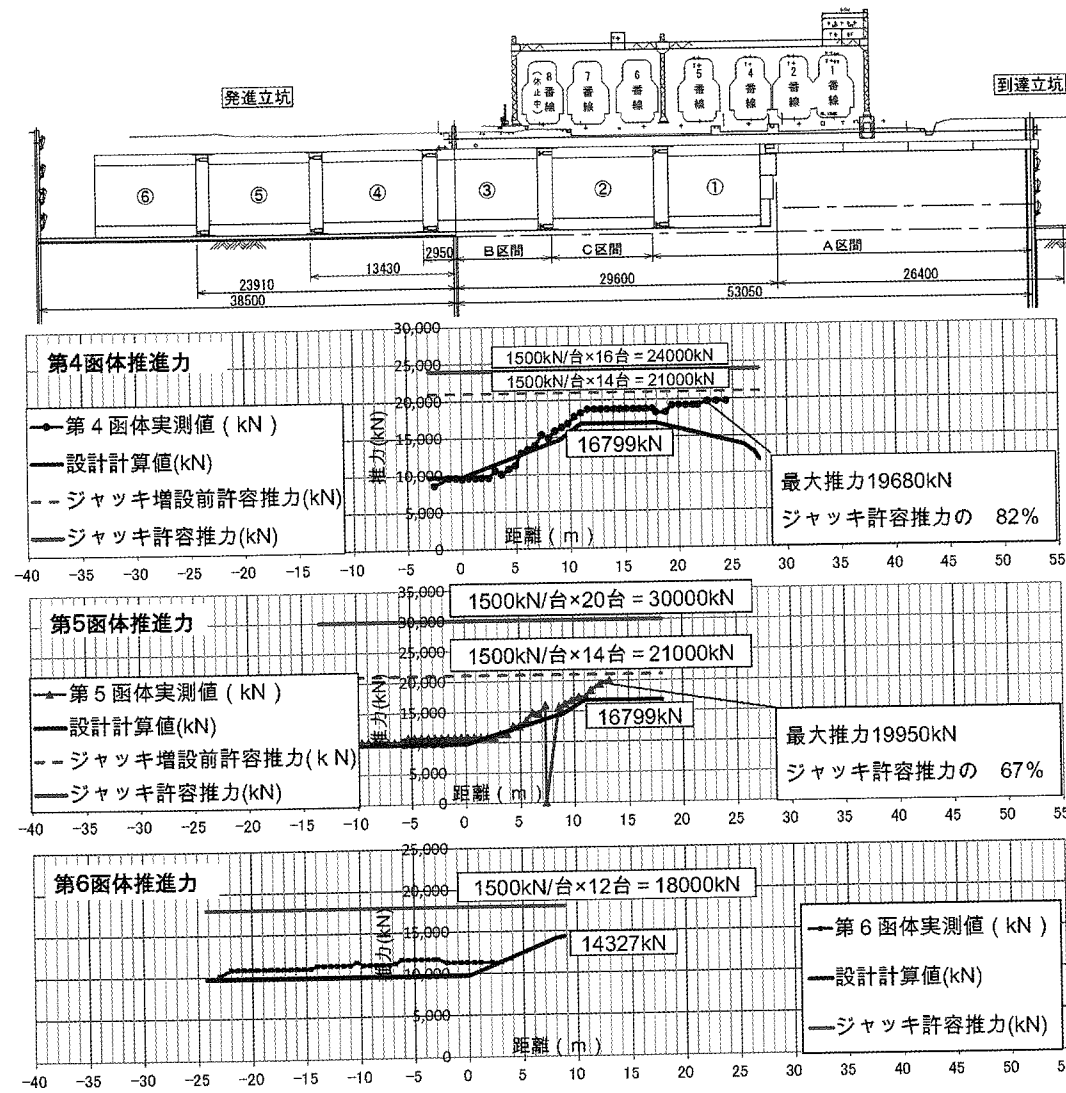


図-18 第4~6 函体推進力(2期施工)

(6) ESA工法施工時の状況

第1~6 函体の2期施工(ESA工法)は、懸念された初期の縁切りも中押しジャッキ増設(図-16)によりスムーズにいき、各函体の推進力も想定範囲内で推移し、約3か月で第1 函体が所定の位置(推進距離56m)に到達した。

また第6 函体の牽引についても、アンチショック用ジャッキとして第5 函体後部に増設したことにより、外部への微振動も治まった(図-17, 18)。

4 おわりに

本稿では、7線の直下を54mにわたって推進牽引したR&C+ESA工法の概要と、推進牽引を円滑に進めるために行った種々の工夫について報告した。6年強という長い年月を要したが、2016年12月に当社施工分を無事故で完了することができた。

最後に、本工事の計画、施工にあたりご指導、ご協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表し、本稿の結びとする。

施工

URT工法では最長クラスの線路下横断ボックスの構築

—JR 東海道線 南吹田駅前線立体交差—

西日本旅客鉄道(株)大阪工事事務所大阪工務所施設管理係 奥村 謙一郎
 西日本旅客鉄道(株)大阪工事事務所大阪工務所副所長 岩井 俊之
 西日本旅客鉄道(株)大阪工事事務所大阪工務所施設管理係 水野 さおり
 大鉄工業(株)土木支店土木工事第2部監理技術部 岡崎 光宏

はじめに

本工事は、大阪府吹田市が事業主体である南吹田駅前線立体交差事業で、事業計画区間390mのうち、JR 東海道線吹田・東淀川駅間において旅客4線、貨物4線の計8線の鉄道と道路との交差となる西吹田架道橋(以下、「西吹田Bv」)について、当社が受託施工するものである(図-1, 2)。道路ボックス(延長:76.5m, 内空高さ:6.5m, 内空幅:12.0m, 車道幅員:7.5m(2車線), 歩道幅員:4.0m)は、URT(Under Railing Tunnelling)工法で構

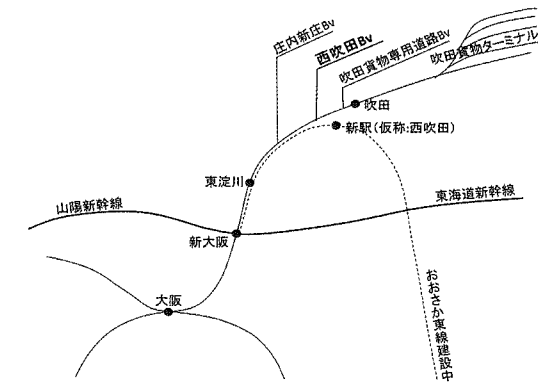


図-1 全体位置図

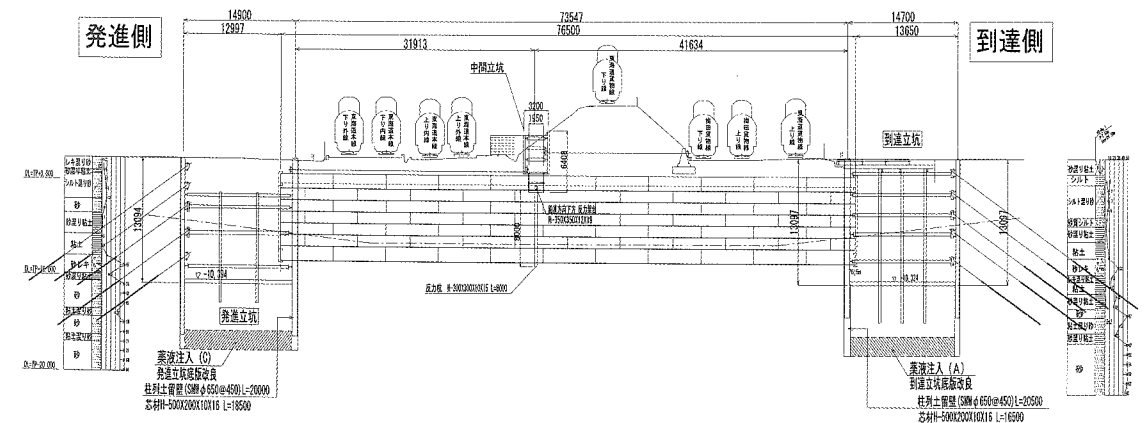


図-2 URT推進工側面図

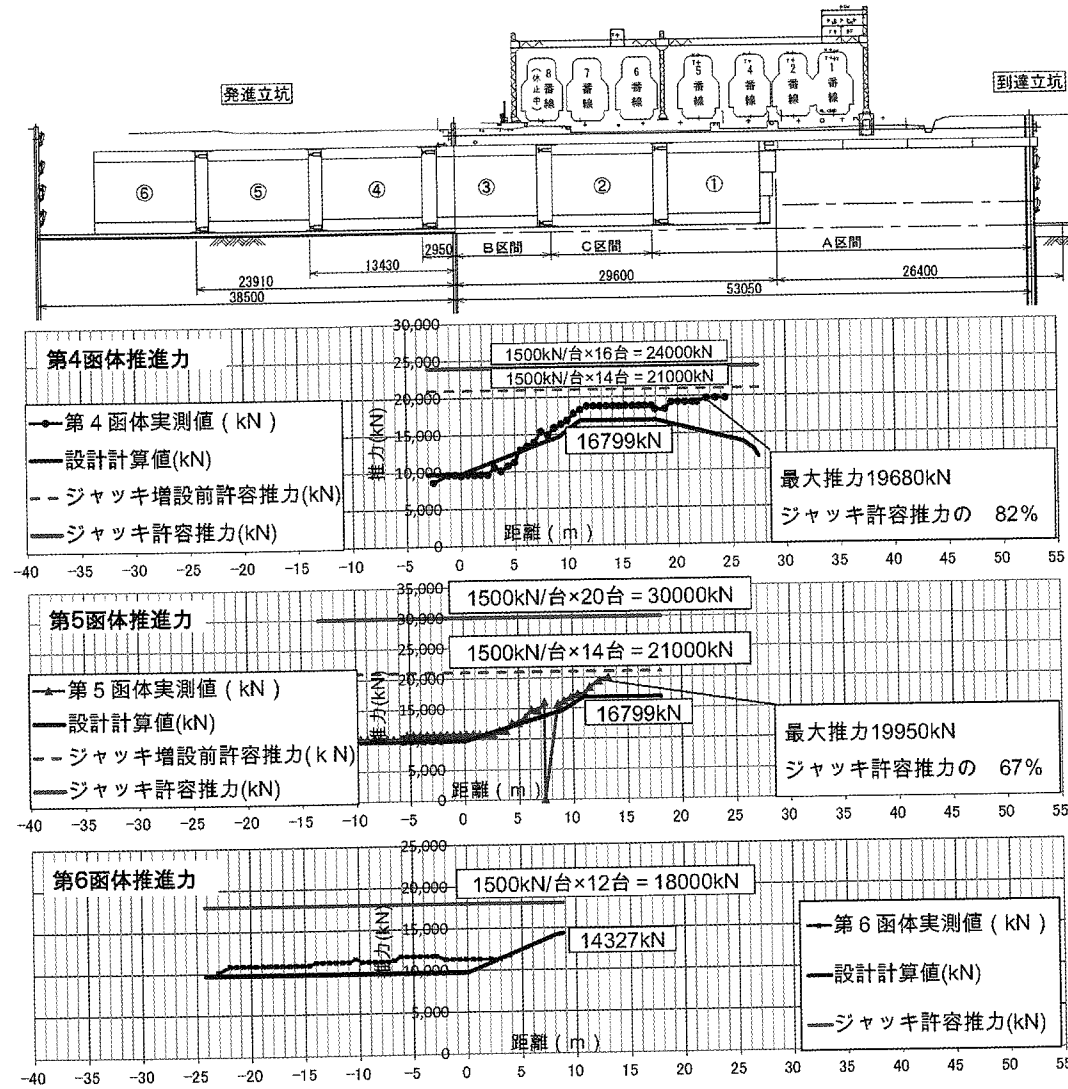


図-18 第4~6 函体推進力(2期施工)

(6) ESA 工法施工時の状況

第1~6 函体の2期施工(ESA工法)は、懸念された初期の縁切りも中押しジャッキ増設(図-16)によりスムーズにいき、各函体の推進力も想定範囲内で推移し、約3か月で第1 函体が所定の位置(推進距離56m)に到達した。

また第6 函体の牽引についても、アンチショック用ジャッキとして第5 函体後部に増設したことにより、外部への微振動も治まった(図-17, 18)。

4 おわりに

本稿では、7線の直下を54mにわたって推進牽引したR&C+ESA工法の概要と、推進牽引を円滑に進めるために行った種々の工夫について報告した。6年強という長い年月を要したが、2016年12月に当社施工分を無事故で完了することができた。

最後に、本工事の計画、施工にあたりご指導、ご協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表し、本稿の結びとする。

施工

URT工法では最長クラスの線路下横断ボックスの構築

—JR 東海道線 南吹田駅前線立体交差—

西日本旅客鉄道(株)大阪工事事務所大阪工所施設管理係 奥村 謙一郎
西日本旅客鉄道(株)大阪工事事務所大阪工所副所長 岩井 俊之
西日本旅客鉄道(株)大阪工事事務所大阪工所施設管理係 水野 さおり
大鉄工業(株)土木支店土木工事第2部監理技術部 岡崎 光宏

はじめに

本工事は、大阪府吹田市が事業主体である南吹田駅前線立体交差事業で、事業計画区間390mのうち、JR 東海道線吹田・東淀川駅間において旅客4線、貨物4線の計8線の鉄道と道路との交差となる西吹田架道橋(以下、「西吹田Bv」)について、当社が受託施工するものである(図-1, 2)。道路ボックス(延長:76.5m, 内空高さ:6.5m, 内空幅:12.0m, 車道幅員:7.5m(2車線), 歩道幅員:4.0m)は、URT(Under Railing Tunnelling)工法で構

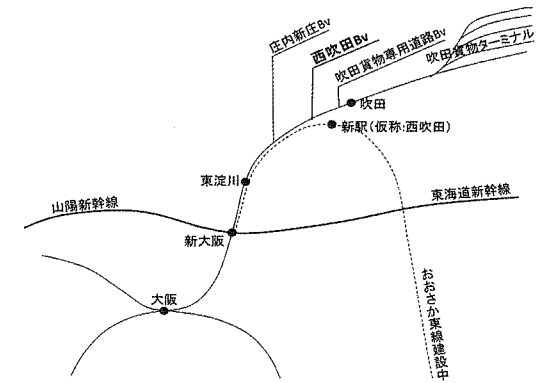


図-1 全体位置図

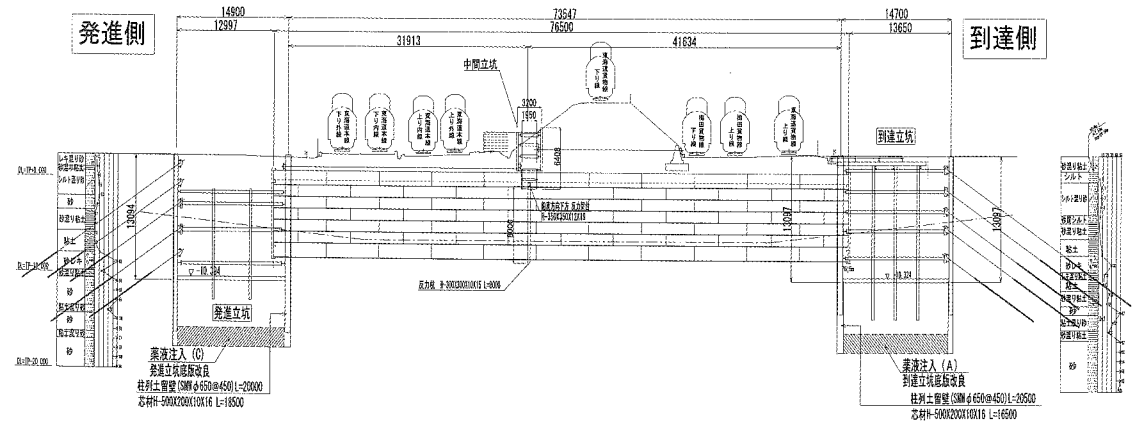


図-2 URT 推進工側面図

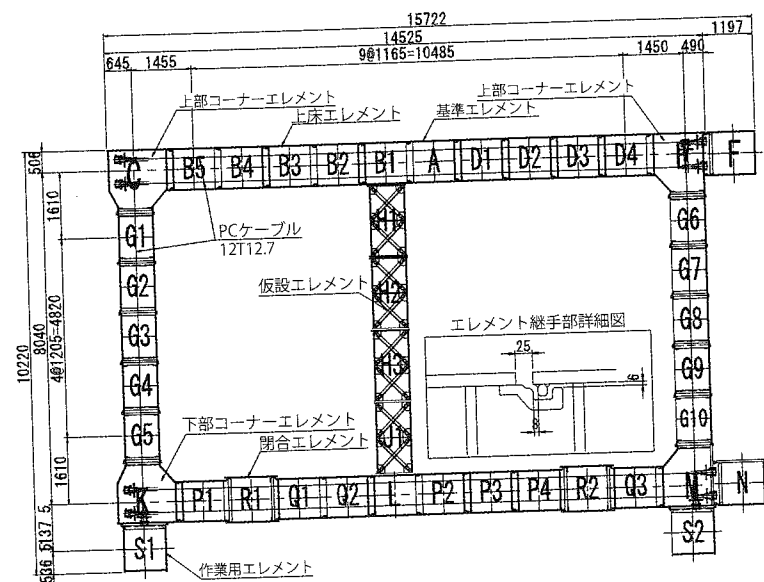


図-3 URT推進工断面図



写真-1 全景写真

築し、同工法では過去最大級の延長となる。

本事業の完成により、南吹田地域の東海道線による地域分断の解消や、現在、大阪外環状鉄道と当社が進めているおおさか東線事業新駅(仮称：西吹田)および駅前交通広場の整備に伴う鉄道利便性および地域拠点としての都市機能の向上が期待されている。

西吹田Bvは、図-3のとおり上床10本、側壁10本、下床10本、コーナー4本、作業用4本、仮壁4本の計42本のエレメントから構成される。URT工法は、基準となる上床エレメント中央部を推進し、この基準エレメントを定規として、隣接する上床、次に、側壁、下床エレメントの順に推進し、最後に下床中央部の閉合エレメントを推進して、矩形箱体となる。さらに、各エレメント

内に高流動コンクリートを充填後、PC鋼線にて緊結することにより、ボックスカルバートとしての機能を発揮する。

また、本工事では本線と貨物線間に中間立坑を設け、発進側と到達側の土留め工の安定のために配置されるタイロッドを分割することで、施工精度を確保した(図-2)。なお、仮壁エレメントは、中壁となる歩車道分離壁構築までの仮設構造である。

2 西吹田Bvにおける特状と課題

本工事は過去最大級のURTボックス延長であることに加え、URTボックスの大部分が地下水位で深である。また、軟弱地盤土層における施工であることに加えて、東海道本線4線を含む計8線直下を最小土かぶり約1.4mという条件で施工する。

地下水を含む軟弱な地盤条件下において、列車の安全・安定輸送を確保しつつ、推進勾配=-0.3%、延長=76.5mの長距離URT推進の施工精度(設計値±30mm)を確保し、かつ、仕上がり断面の内空寸法を確保するために検討した課題と対策を下項に述べる。

2-1 長距離推進の精度確保

URT工法の特長上、基準エレメントの推進精度の確保は構造物全体の精度を高めるうえで、きわめて重要である。『URT施工の要点』¹⁾によれば、「推進延長20m以上の誤差は到達側において30mm以内」を目標とすることとされているが、過去の施工実績を調査すると推進延長が20m程度の場合でも、下向きに0.1%程度の変位が発生するケースが多い。

当該現場の場合、推進延長が76.5mとURT工法では、過去最大級の推進延長であることや、G.L.-10mまではN値=0~10程度の軟弱な粘性土層および緩い砂質土層で構成されていることか

ら、下方への沈み込みや中弛みなど、過去の施工実績よりも大きな変位が生じることが懸念された。

2-2 地下水位で深推進に伴う出水の発生

現地の地盤は、図-2の土質調査結果より、G.L.-10.0m付近までは、N値=0~10程度の軟弱な粘性土層および緩い砂質土層が堆積し、以深は、N値30以上の密な砂礫土層で構成されている。また地下水位は、G.L.-1.6m付近に位置しており、施工時には出水、およびこれに起因する土砂の流動崩壊が発生しやすい。したがって、エレメント推進に先立ち、確実な止水、地盤強化が必要である。

2-3 軌道管理

本工事では、東海道本線および貨物線の計8線直下を最小土かぶり約1.4m(上床コーナー)で、エレメントを推進していくが、土質性状や地下水位などからURT推進に伴う軌道変状が考えられた。京都と大阪を結ぶ当社の最重要線区において、工事に起因する軌道変状を最小限に抑えるために、日々の軌道管理が非常に重要である。

3 対策工と施工実績

3-1 精度管理対策と実績

過去の実績から推進延長に対し下向きに0.1%程度の変位が発生する傾向が強いことに加え、当工事では長大かつ下り勾配による沈み込みが想定されたため、推進精度確保を目的とした対策を以下のとおり設定した。実績も含めて以下に示す。

3-1-1 推進設備と精度管理

写真-2に西吹田Bvの推進設備を示す。エレメ

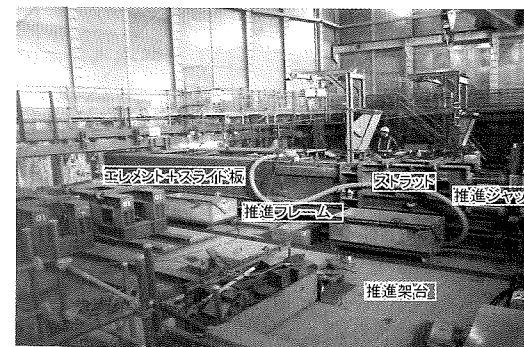


写真-2 URT推進設備

ント推進精度を確保するためには、推進の発進台となる推進架台および推進フレームを高い精度で設置することが重要である。よって推進架台上に推進フレームを設置したのち、推進フレームの高さと左右誤差を測定し、高さ、通り、傾きを随時調整して推進を行ってきた。

また、推進精度の日常管理として、反力設備内側に設置したレーザーランシットにて推進精度を検測・管理した。測定頻度および項目は、上床版では、推進1.0mごと、側壁・下床版では2.0mごとに、高さ・通り・水平度(ローリング)を検測・確認した。レーザーランシットから24時間放出される赤外線ラインは、スケールなどにより簡易に計測できるため、作業に携わるだれもが簡単に設計値との変位量を確認することができた。測定を密に行うことで、エレメントの推進精度を早期に確認でき、方向修正が可能となった。

3-1-2 上床エレメントにおける推進精度の確保と実績

2015(平成27)年1月21日夜に開始した基準エレメントの推進は列車への影響を配慮し、夜間線路閉鎖間合いにて実施し、同年3月20日夜に完了

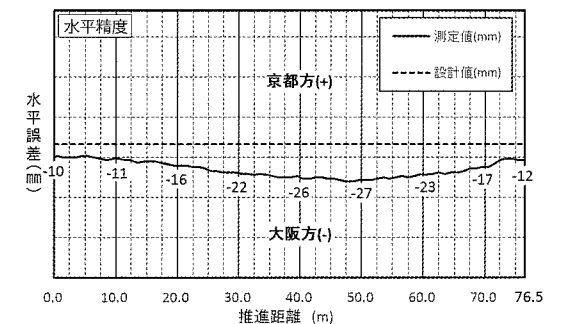
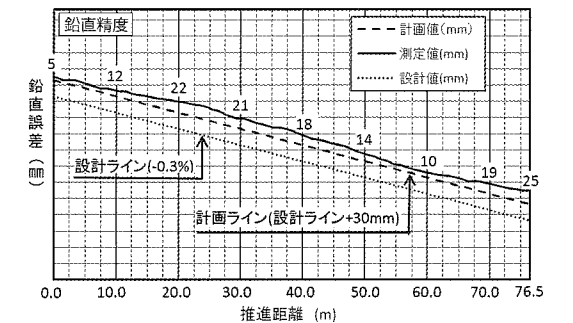


図-4 基準エレメント推進施工実績

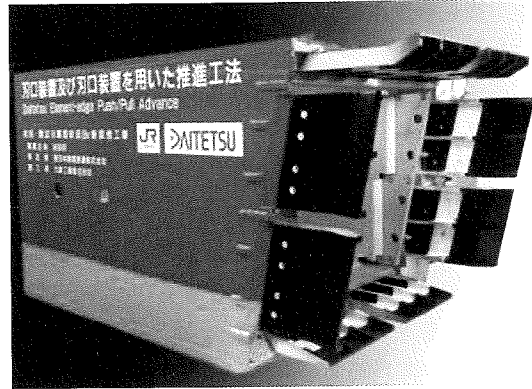


写真-3 特殊刃口

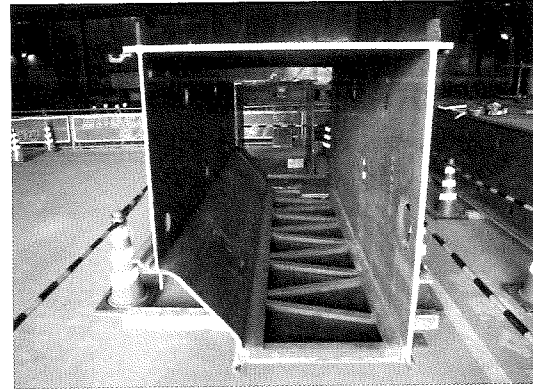


写真-4 コーナーエレメント

表-1 エレメント推進精度

部 位	エレメント番号	最大鉛直誤差(mm)		最大水平誤差(mm)	
		実測値	基準値(目標値)	実測値	基準値(目標値)
上床エレメント(基準)	A	+25		-28	
上床エレメント(標準部)	大阪方 B1~B5	+25		-32	
	京都方 D1~D4	+24		-26	
上床エレメント(コーナー)	大阪方 C	+25		-39	
	京都方 E	+14		-22	
側壁エレメント	大阪方 G1~G5	+34	±50以内 (±30以内)	-43	±50以内 (±30以内)
	京都方 G6~G10	-23		+40	
下床エレメント(コーナー)	大阪方 K	+26		+30	
	京都方 M	+21		-35	
下床エレメント(標準部)	L P1~P4 Q1~Q3	-45		±35	
閉 合 エ レ メ ン ト	R1, R2	-44		-35	

した。図-4に基準エレメントの施工実績を示す。

基準エレメントの推進では、下向きの変位を考慮し、発進側で設計値+30mmの上げ越しを行い、これを計画値として管理することとした。推進延長1.0mごとにレーザートランシットにて計測した結果、計画値に対して鉛直誤差+5~+25mm、水平誤差-9~-28mmの精度で推進を完了した。薬液注入による地盤改良の結果、硬質地盤となった影響で、一部上昇傾向が見られた区間もあったが、目標値とした±30mm以内で推進を完了することができた。

また、本工事では、とくに高い精度管理が求められる上床エレメント10本の刃口先端部に伸縮

可能な鋼製油圧刃口(特殊刃口)²⁾を装着することで、推進精度の確保に努めた(写真-3)。

特殊刃口とは、上下左右に合計8枚の油圧式スライディングブレードによる方向修正機能を有するものであり、ブレードの先行貫入による切羽全面の崩壊防止(軌道路盤陥没防止)や支障物撤去時の先行掘削範囲を抑えることも期待できる。

表-1に部位ごとのエレメント推進施工精度を示す。

上床エレメント全体を通して、シルト質砂層の地山に2重管ダブルパッカー工法(改良率42.5%)の地盤改良を施工した結果、硬質地盤と

なった影響で、基準エレメント同様、一部上昇傾向が見られた区間もあったが、特殊刃口の方角修正機能により、おおむね目標値内(±30mm)で推進を完了することができた。

3-1-3 コーナーエレメントにおける推進精度の確保と実績

コーナーエレメントは側壁部のコンクリート打設時の配管挿入スペースを確保するため、写真-4に示すとおり、下面をトラス構造としている。しかし、この構造では、下面抵抗が少ないことからエレメントの沈み込みに起因する、先行エレメントの継手を軸にしたローリング現象が懸念された。コーナー部でローリング現象が発生した場合、

コーナーエレメントがボックス内方に変位するため、後続する側壁エレメントの鉛直方向の精度およびボックス内空断面寸法が確保できなくなる。

そこで本工事では、コーナーエレメントの推進にあたり、先行エレメントのローリング量を確認後、後続する側壁エレメントの継手部に調整ピースを取り付けてローリング修正を行った(調整ピース材寸法は、先行エレメント推進出来形に応じて調整)。また、刃口下面には高さ制御のためのソリ、エレメント側面には、調整版(スタビライザー)を設置し、沈下およびローリング制御に努めた。側壁・下床エレメント推進時にも随時、調整ピースを設置することで、精度管理を行った(図-5)。

さらに、地盤反力が作用する面積を大きくするために、先端から3.25mの範囲には、下面に鉄板(t=12mm)を増設することで、エレメント下部の

地盤反力を上方向の方向修正に有効に作用させた。

推進結果は表-1のとおりであり、施工条件、地山条件により推進精度が左右されやすいURT工法であるが、上床コーナーエレメントについても、レーザートランシットによる検測・調整の実施、各種調整材の設置やソリの形状変更、掘削方法による方向修正により、基準値内の推進精度を確保した。コーナーエレメントに追従する側壁エレメントについても内方変位が懸念される中、基準値内の推進精度で完了し、変位方向も化粧壁の厚みにより修正可能な外方変位の誤差で施工した。

3-1-4 中間立坑における支持杭の施工

本工事では、その延長が長いことから、発進・到達立坑の仮土留め間に設けるタイロッドの精度確保のために、中間立坑を築造して、タイロッドを分割施工している。中間立坑はその深さがG.L.-3.0mと上床エレメントを含んでいる。先にも述

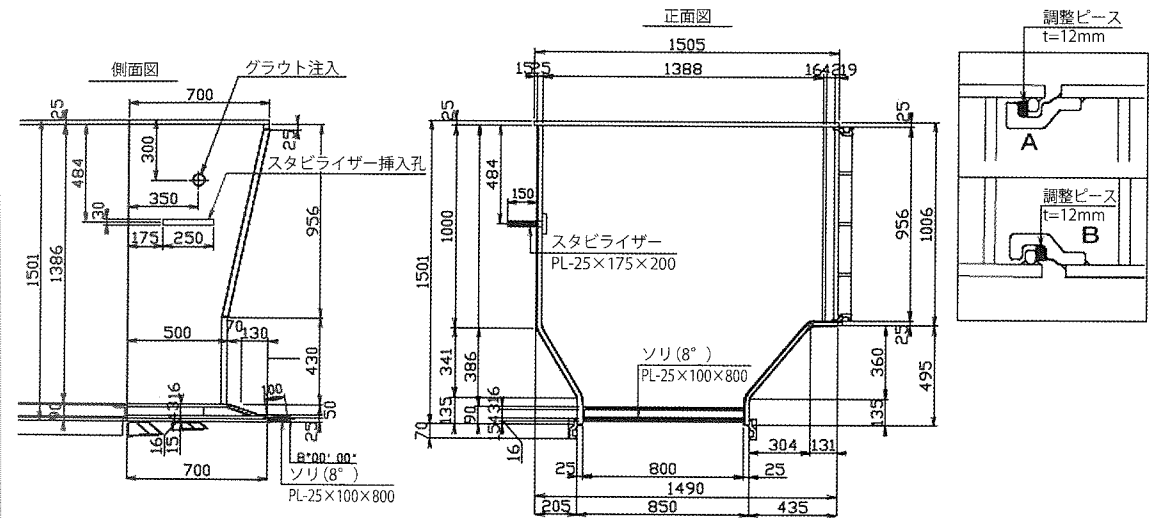


図-5 調整ピース, ソリ, スタビライザーの設置

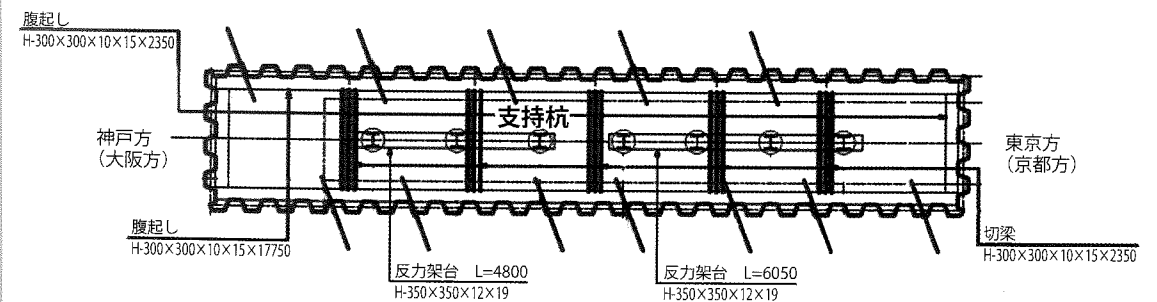


図-6 中間立坑支持杭(平面図)

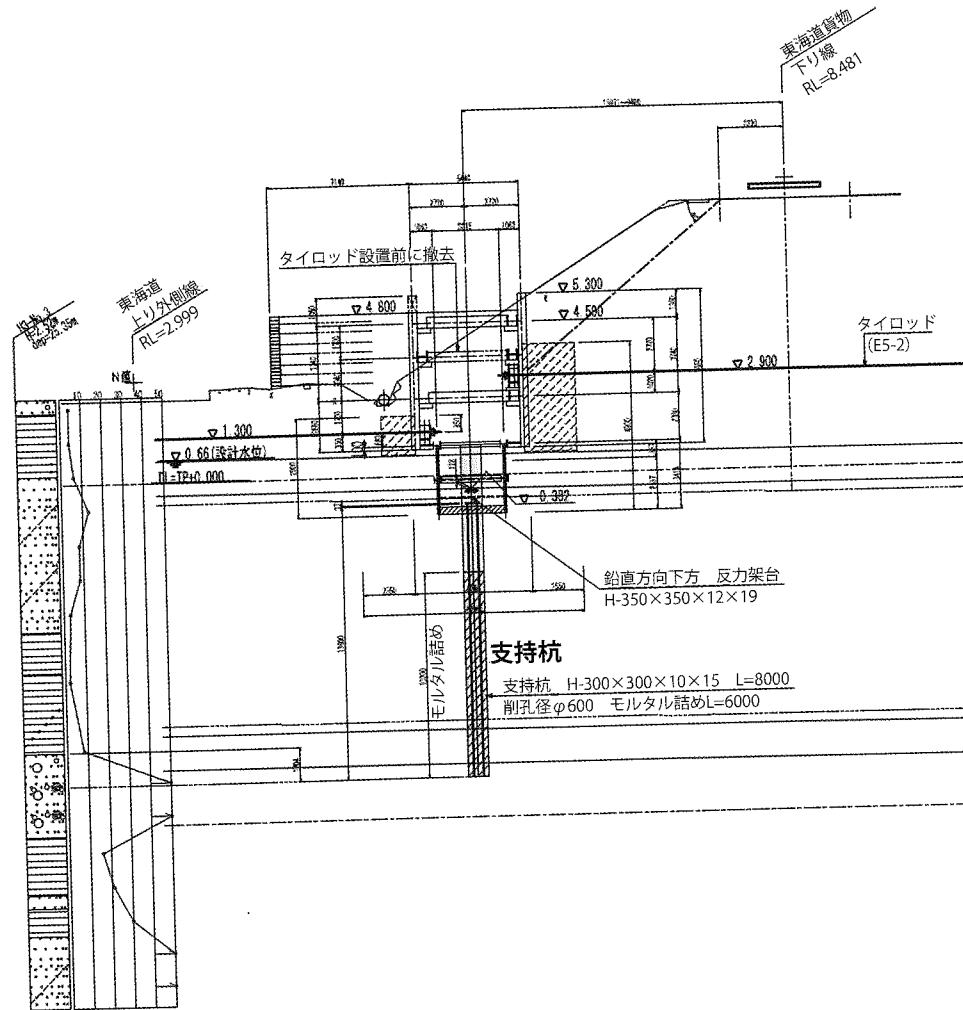


図-7 中間立坑支持杭(側面図)

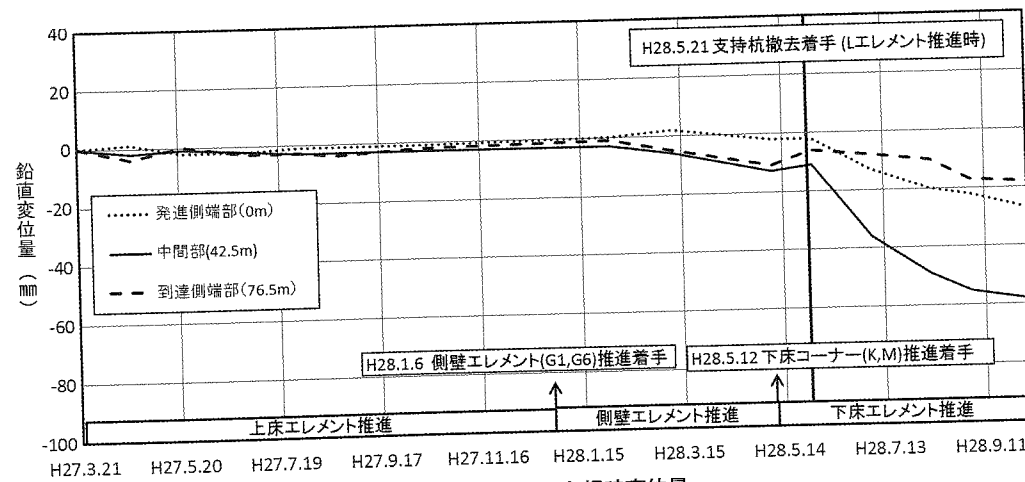


図-8 基準エレメント経時変位量

べたように、過去最長となるエレメントは、中弛みの可能性があるため、今回、この中間立坑に G.L.-11.0m 付近の砂礫層を支持層とする支持杭 (H-300×300×10×15, L=8,000) を 7 本設けた (図-6, 7)。

図-8 に基準エレメント発進部・中間部・到達部における鉛直変位量の履歴を示す。側壁エレメント推進時より鉛直変位が生じはじめ、支持杭撤去に着手した 2016 (平成 28) 年 5 月 21 日より、基準エレメントの中間部の変位量が大きくなっていることがわかる。このことから、支持杭による中弛みの抑制効果があったと思われる。また、下床部では、透水層である砂礫層を推進しており、エレメント推進に伴い、内部の間隙水が抜けたことによる影響もあるのではないかと考えており、現在、詳細に分析している。

3-2 地下水位以深の推進における出水・地山崩壊への対策

本工事では、地下水位が上床エレメント付近の

高さに位置しているため、エレメント掘削範囲に止水目的で薬液注入を行うこととした (図-9)。工法としては、線路への影響が比較的小さくでき、追加注入による確実な改良効果が期待できる 2 重管ダブルパッカー工法を選定し、注入深度 G.L.-1.5 ~ -14.3m の範囲に対して、溶液型水ガラス系・非アルカリ系注入材を発進側・到達側から水平注入した。注入量は、注入孔数 210 に対して、発信・到達側それぞれから約 2,000m³ である。

砂礫層の推進時は、一時的に出水が見られたが、下床コーナー部の注入範囲を拡大したことや裏込め注入により迅速に対応することで、切羽の崩壊などを起こすことなく、推進を完了させた。また、各エレメントには、推進後のエレメントと地山に生じる空隙を充填するために、あらかじめグラウト注入孔 (φ50mm) を設け、瞬結性の水ガラス系注入材により、裏込め注入を行うことで、路盤変状の抑制に努めた。

なお、本工事では、物理探査の一つである弾性

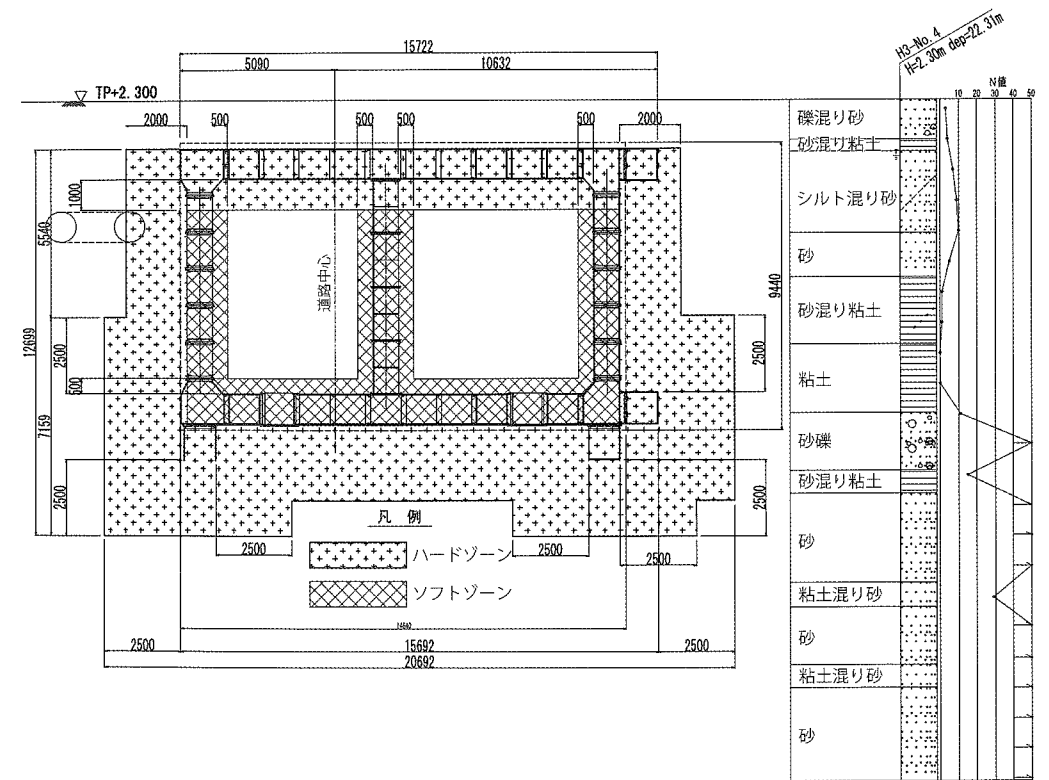


図-9 薬液注入範囲図

表-2 軌道変状管理一覧

管理方法	管理項目	管理基準値	検測頻度
軌道検測	軌間・高低・通り・水準	1, 2次管理基準値, 限界値	2回/毎夜(線閉間合)
自動計測システム	高低・通り	1, 2次管理基準値, 限界値	24時間計測 (計測1分間隔)
動揺測定	上下動, 左右動	上下動=0.25g以内, 左右動=0.2g以内	1回/施工翌日
施工基面高	高さ	前日±5mm以上	1回/施工日(線閉間合)

	軌道整備 目標値	軌道整備 基準値	1次管理値	2次管理値	限界値
			目標値の70%	基準値の60%	基準値の100%
軌間	6~4	14	初期値との比較	9	14
水準	7	平面性にもとづく	5	平面性にもとづく	平面性にもとづく
高低	7	15	5	9	15
通り	7	15	5	9	15

波探査として音響トモグラフィ探査を実施し、薬液注入の改良効果の確認も実施した^{3),4)}。こちらにおいても、試験対象とした本線4線下において、薬液注入後の透水係数の低下より、改良効果を確認している。

3-3 軌道管理

本工事では上床エレメントの推進にあたり、表-2にもとづき、日々の軌道変状管理を実施した。24時間体制の計測には、リンク式自動計測システムを用い、夜間線路閉鎖間合でのエレメント推進時には、軌道工による軌道検測・監視を実施した。併せて地盤高さと、列車動揺測定も実施しており、これらのデータから総合的な軌道状態の把握を行った。

1次管理値を超過した場合は、作業を中止し、軌道整備を実施した。また、管理値を超過した場合は、警報ランプの点灯および警報音が鳴動とともに、工事所員および当作業所員に警報メールを送信する設定を適用し、軌道変状に対して即座に対応できるようにした。なお、側壁エレメント2段目以降の推進は、昼夜施工とし、24時間体制の自動計測と週に1回の頻度で軌道検測および動揺

測定を行った。

2015(平成27)年1月21日夜より着手したエレメント推進は運転支障を発生させることなく、無事故で2016(平成28)年10月14日に42本すべてのエレメント推進を完遂させた。

4 検討を進めている新しい試み

4-1 エレメント継手部の止水対策

URT工法では、各エレメントの継目となる目地部において、地下水などの浸入による漏水が考えられる。過去に構築したURT構造の地下ト

ンネルなどでは、この目地部からの漏水が天井工を損傷させ、天井が剥落するなどの事象が確認されている。本工事のURTボックスは、ボックス頂版部も地下水位より低い位置にあり、常時地下水の浸入が生じるおそれがある。

URT工法の課題とされていた目地部(セクション部)からの漏水対策として、近傍で施工された吹田貨物専用道路Bvでは、スライドバーを用いて鋼製止水型枠を目地部に挿入し、鋼製型枠と目地間に無収縮モルタルを充填させることで、目地部の水密性を向上させる目地構造としている(図-10)⁵⁾。さらに、エレメントと止水型枠接合部分

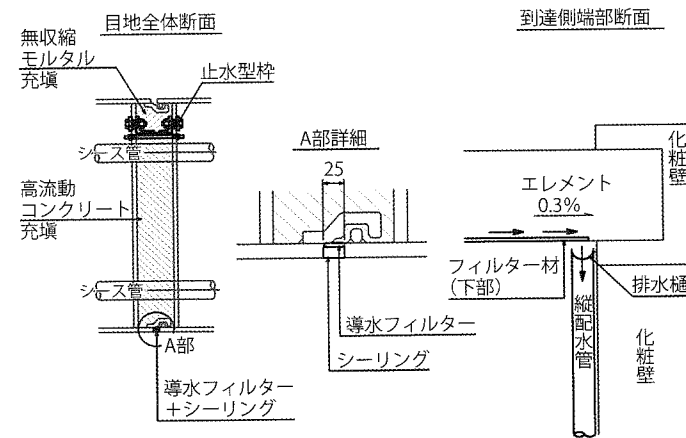


図-10 吹田貨物Bv止水対策工

へのエポキシ樹脂や、止水型枠スライド部へのウルトラシール材塗布を行うことにより、接合部分の止水性能向上を実践した。しかし、施工後に部分的な漏水が発生したため、本工事ではさらなる止水対策を検討中である。

4-2 中埋高流動コンクリートの配合・打設計画

高流動コンクリートは、標準的な水平流動距離を8~15mとしている⁶⁾。本工事では、延長76.5mのエレメント内を長距離圧送させる必要があること、また、エレメント内部にはPC鋼線のシース管や補強鋼材などがあり、その周辺に空気溜りが発生するおそれがある。また、吹

田貨物専用道路Bvの施工では、上下床エレメント部におけるコンクリートの打設時間(練混ぜ~打設完了)が目標としていた90分を超過した事例もあったことから試験練りにより配合を決定した。

表-3 自己充填性ランクと各評価試験値

自己充填性ランク	1	2	3	
構造条件	鋼材の最小あき(mm)	35~60程度	60~200程度	200程度以上
	鋼材量(kg/m ²)	350以上	100~350	100以下
U型またはボックス型充填高さ(mm)	300以上 (障害R1)	300以上 (障害R2)	300以上 (障害なし)	
単位骨材絶対容積(m ³ /m ³)	0.28~0.30	0.30~0.33	0.30~0.35	
流動性	スランプフロー(mm)	650~750	600~700	500~650
材料分離抵抗性	V15漏斗の流下時間(秒)	10~25	7~20	7~20
	500mmフロー時間(秒)	5~20	3~15	3~15

表-4 高流動コンクリート配合選定表

部	エレメント番号	断面積(m ²)	設計条件			分割数	打設ブロックごとの数量(m ³)	打設所要時間(分)	要求性能	適合配合					
			延長(m)	数量(m ³)	本数					配合	セメント種別	混和剤種別	AE減水剤	増粘剤	
上床	A,B,D型	0.99×0.96	76.5	72.7	10	2	36.4	118.3	2	120	31.6%-70-20L+F	フライアッシュ(36.6%置換)	高性能AE減水剤	SFCA-2000	
下床	L,P,Q型	0.99×0.94	76.5	71.2	8	2	35.6	116.8							
上床(コーナー)	C型	1.86	76.5	142.3	1	2	71.2	188.5	2	210	33.6%-70-20L+F	フライアッシュ(20.0%置換)	高性能1液型		
下床(閉合部)	E型	1.62	76.5	123.9	1		62.0	169.9							
上床(目地)	A,B,D型間	0.15×0.96	76.5	11.0	11	1	11.0	67.2	1	90	31.6%-70-20L+F	フライアッシュ(36.6%置換)	高性能AE減水剤	SFCA-2000	
下床(目地)	L,P,Q型間	0.15×0.94	76.5	10.8	7		10.8	66.8							
側壁(大阪方)	G1~G5型	0.82×1.21	76.5	75.9	5	3	173.9	395.7	2	90	31.6%-70-20L+F	フライアッシュ(36.6%置換)	高性能AE減水剤	SFCA-2000	
	K型	1.86	76.5	142.3	1										
側壁(京都方)	G6~G10型	0.82×1.21	76.5	75.9	5	3	167.8	383.4	2	90	31.6%-70-20L+F	フライアッシュ(36.6%置換)	高性能AE減水剤	SFCA-2000	
	M型	1.62	76.5	123.9	1										
計			76.5	2,992.6											

※1: 打設所要時間(分)=ブロックごとの打設数量/29.75m³/h(打設能力)×60(分)+5分(混練)+15分(運搬)+25分(現場品質試験)
 ※2: 配合:(水結合材比-スランプフロー値-最大粗骨材寸法, セメント種類-混和剤種類)

まず、本工事においては、過去の実績および当該現場施工条件を考慮し、鋼材の最小空き寸法が60mm以下となる上床目地部には「自己充填性ランク1」、残りの部位には、「自己充填性ランク2」を満足するような配合を計画した(表-3)⁶⁾。また、打設箇所ごとに分割数や打設数量、要求性能(経時品質保持時間など)を設定し、それを満たす配合を計画した。選定にあたっては目標時間内において各品質試験数値が各基準値をクリアしているか、目標時間内において各試験値が著しく変化していないか(十分な経時品質保持特性を有しているか)を判断基準とした。

選定された配合を表-4に示す。今回実施した試験練りで高熱セメントを使用した配合は、経時90分以降のスランプフロー値が著しく低下したのに対し、低熱セメントを使用した配合は、経時品質保持特性に優れることが判明したため、低熱セメントを採用した。また、上床コーナー、下床閉合エレメントでは、打設量が多いこと、目地部においては、鋼材のあき寸法が小さく、高い充填性が求められることを踏まえ、混和剤に高性能1液型を採用した。

高流動コンクリート打設においては、到達立坑側に注入口を設け、到達側から発進側に向けて圧送打設する計画を立てた。これは、本URTボックスは発進側から到達側へ0.3%の勾配で下っているが、標高の高い側(発進側)からコンクリート

を流し込んだ場合、充填不良による空気溜りが発生するおそれがあり、標高の低い側(到達側)からポンプ圧送させる必要があるためである。また、側壁部では、縦配管による垂直打設、その他の部位では、到達側からの水平打設を計画している。

5 おわりに

2015(平成27)年1月21日夜より着手したエレメント推進は運転支障を発生させることなく、無事故で2016(平成28)年10月14日に42本すべてのエレメント推進を完遂した。今後はエレメント内への高流動コンクリート充填、ボックス内の掘削を経て、2018(平成30)年度末に供用開始を予定している。

参考文献

- 1) URT協会：URT施工の要点。
- 2) 森生修次・下野満広・金子雅：刃口装置及び刃口装置を用いた推進工法における試験施工，その2，第69回土木学会年次学術講演会，2014.9。
- 3) 災害技術研究所トンネル調査研究会：地盤の可視化技術と評価法，2009.12。
- 4) 古藤賢・前田友章・坂本寛章：線路下横断工事における薬液注入確認手法の試行について，第70回土木学会年次学術講演会，2015.9。
- 5) 不京稔・相原修司・森本常天：JR東海道本線など6線直下を横断するURTの施工基礎工，Vol.43，No.2，pp.67-70，2015.2。
- 6) 土木学会：コンクリート標準示方書施工編，2012。

セグメントの新技术

小泉 淳 監修 B5判132頁 本体定価2,000円(〒300円)

株式会社 **土木工学社**

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

第八十六回 語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

念願の「トンネル屋」に そして、「水」との闘いが 現実には戸村 和彦

(元)飛鳥建設(株)

はじめに

学生時代にたまたま手にし、なにげなく読み始めた1冊の本が、吉村昭著の『高熱隧道』(1967年、新潮社刊)でした。高熱のトンネル内での作業、泡雪崩でひと山を越えて飛んでいった宿舎、想像を絶する過酷な環境下で大勢の犠牲者を出しながらも工事を進めようとする技術者の使命感、そして作業員をはじめ多くの人たちとの葛藤を描いたもので、我を忘れて一気読みをしたことを覚えています。

またその翌年には映画『黒部の太陽』が公開され、大出水を伴う断層破砕帯に果敢に挑んでいく技術者の姿に大いなる感銘を受け、土木技術者の卵であった筆者は自然との壮絶な闘いともいえるこのようなトンネル工事に携わってみたいという思いに駆られたものでした。

入社後、幸運にもトンネル工事への配属が叶い、それ以降、7つのトンネル工事に携わりました。

そのうち、いくつかの工事では水という自然の猛威にさらされ、打ちのめされそうになりましたが、みんなで知恵を絞って、その水の力・脅威を克服しました。そんな経験の一端をお話しましょう。

土かぶり75mの地表が陥没

トンネル工事を経験して4年経った3つ目の現場が「上越新幹線榛名トンネル下新井工事」でした(榛名トンネルは全長15,350m、下新井工事は当初契約では2,700mでしたが難工事で工期が大幅に遅延したため、工区変更が行われ、最終的には2,400mとなった)。

この工事は、「少量の湧水でヘッドロ化する地質で本当にトンネルが掘れるのか?」と思われた、一言で言うと「とんでもない」トンネルでした。

榛名山の南東に広がる裾野に位置し、第四紀に活動した榛名火山から噴出した泥流堆積物および火山砕屑物からなり、豊富な地下水を有し、トンネルFL付近には未



草木トンネル所長時代の著者

固結なままの「新期泥流堆積層」
「軽石層」が存在していました。
また、本線に沿って地表から行わ
れていた地質ボーリング孔からは
自噴水が観測され、被圧水が存在
することもわかっていました。

難渋しながらも斜坑工事、坑底
設備を完了し、本坑に着手しまし
たが、斜坑工事の結果から掘削工
法を当初設計の「中央底設導坑先
進上部半断面工法」から「側壁導
坑先進上部半断面工法」に変更し、
さらに掘削に先立ち、地表から
ディーブウエルを30m 間隔で施
工し、地下水位の低下を図りまし
た。しかし、側壁導坑への変更や
ディーブウエルによる水抜きだけ
では少量とはいえ湧水の影響で切
羽は自立せず、「新期泥流堆積層」
の導坑掘削は困難をきわめました。
そこで側壁導坑に「2段ベンチ
カット工法」を採用したり、導坑
の中央下部に更に小断面の「底設
導坑」を、あるいは導坑天端に「頂
設導坑」を設けたりと小断面に分
割して切羽の安定を図るべく状況
に応じてさまざまな補助工法を導
入しました。

「新期泥流堆積層」ではこれら

著者略歴

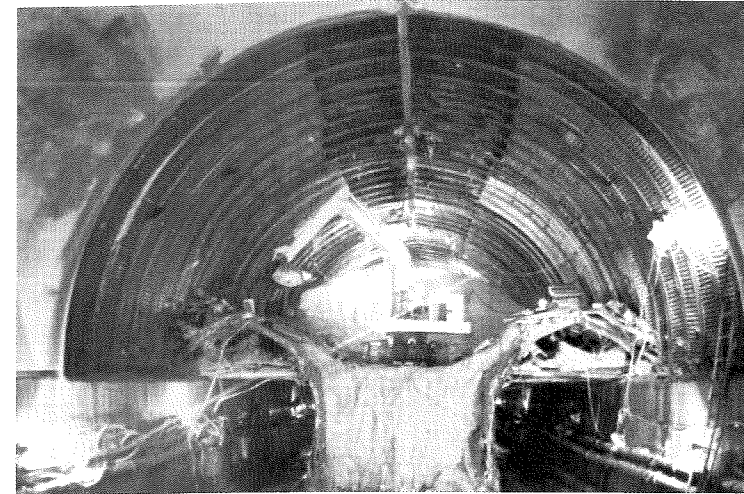
- 昭和44年 飛鳥建設入社山陽新幹線神戸トンネル鶴越工区
- 昭和45年 山陽新幹線安芸トンネル楳原工区
- 昭和48年 上越新幹線榛名トンネル下新井工事
- 昭和55年 中国電力俣野川発電所第2工区
- 昭和60年 国道158号安房トンネル平湯調査坑
- 昭和63年 三遠南信自動車道草木トンネル
- 平成3年 国道19号秋古トンネル
- 平成5年 名古屋支店工事部長
- 平成7年 技術本部技術開発部長
- 平成9年 名古屋支店土木部長
- 平成10年 名古屋支店副支店長
- 平成12年 名古屋支店支店長
- 平成15年 常務取締役土木本部長
- 平成17年 専務取締役土木本部長
- 平成20年 退任、現在に至る



榛名トンネル下新井斜坑口(後方の山が榛名山)

の補助工法はある程度の効果を発
揮しましたが、「軽石層」におい
ては対応しきれず、切羽からのヘ
ドロ状になった土砂の流出、支持
力不足による支保工の沈下などが
日常的に発生し、掘削不能状態に
陥りました。導坑内で前方の地質
確認と水抜きを目的として水平
ボーリングを施工しましたが、「軽
石層」の透水性が悪いために顕著

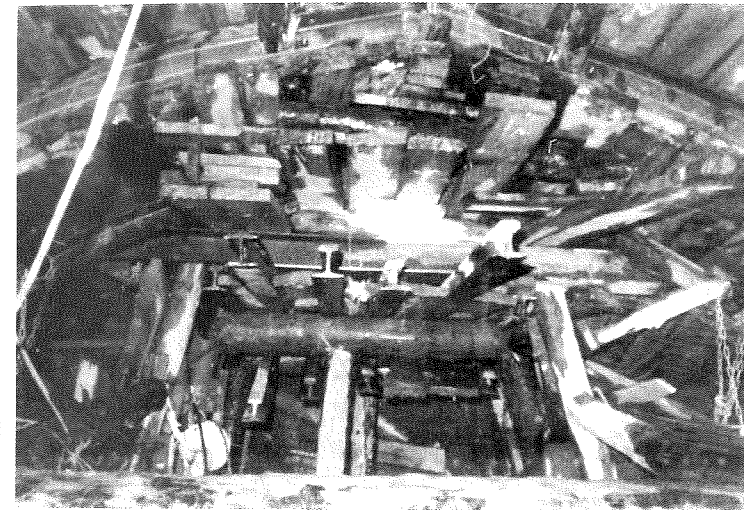
な水抜き効果は得られず、そのう
えボーリング孔から軽石層がスラ
リリ状になって流出し、逆に前方
地山を傷めてしまう結果となり、
水平ボーリングによる水抜きは有
効な工法とは成り得ませんでした
「軽石層」では切羽をドライな
状態にしないと掘削できないため
側壁導坑で止水と地盤改良を目的
とした「薬液注入工法」を導入し



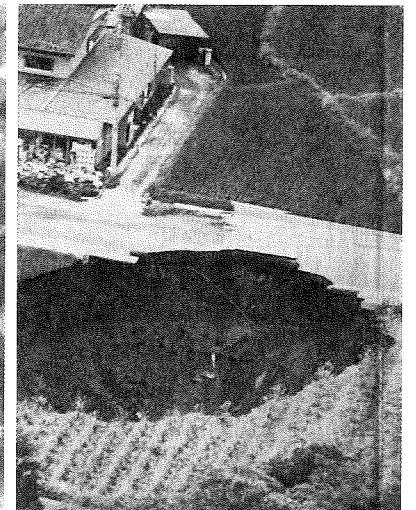
大背掘削



水平ボーリング孔からの軽石層の流出状況



側壁導坑で頂設導坑の施工



地表陥没の穴

ました。薬液注入により切羽の安
定は格段に向上しましたが、注入
工事に日数が長くなることや注入
効果の薄れた段階で追加注入を
必要としたことで平均月進は期待
ほど得られず、工事進捗スピード
の面で大きな課題が残りました。
しかし、まったくの未固結な「軽
石層」の突破には「薬液注入工法」
による地盤改良以外に有効な方法
がないという結論に達し、薬液材
料・注入範囲・注入率などに改良

を加えながら掘削を進めました。

斜坑底から新潟方面に向かって
「薬液注入工法」で地盤改良をし
ながら側壁導坑を約1,100m 掘り
進んだところで切羽から大量の土
砂流出が発生し、約75m 上の地
表が陥没するという事故が発生し
ました。数日前から切羽で少量の
浸透水(20~30L/min)とともに流
砂現象が見られたため、掘削作業
を中止して追加注入を行っていた
ところ、1978(昭和53)年7月20日

の昼過ぎに、突然、山鳴りととも
に出水が生じ、その水によって大
量の土砂が流出しました。現地
にいた11名の作業員は異常をいち
早く察知して退避したため、幸い
にも人的被害はありませんでしたが、
流出土砂は約4,000m³で、側壁導
坑内の資機材はすべて埋没してし
まいました。出水時の10分くら
いの間に800~900tの水が鉄砲水
となって一気に坑道を流下したこ
とが確認されています。



工事着手から5年7か月後に大宮方導坑貫通(前列左から2番目が著者)

地表の陥没穴は土砂流出発生直後は直径2m程度でしたが、時間経過とともに大きくなり、最終的には直径が約30m、深さ約12mのすり鉢状となりました。坑内の土砂の流出が落ち着いた段階でコンクリートと土砂を投入して陥没穴の埋戻しを行い、その後、地上およびトンネル内の両方から土砂流出箇所周辺に向けて薬液注入を行い、地盤の改良と止水を行ったうえで側壁導坑および上半部の掘削を再開しました。

薬液注入で地盤改良を行っていたにもかかわらず、導坑掘削による地山応力の解放によって地山にゆるみが生じ、上層の地下水を集めるようなかたちとなり、この湧水によって「軽石層」が流出して切羽の崩壊に至ったもので、「軽石層」の上の層である「ローム質軽石層」および「新期泥流堆積層」の厚さが薄かったことが重なってこれらの層も流出し、連鎖反応的にさらにその上の「陣馬火砕流」までが一気に流れ出し、地表の陥没に至ったものと思われます。こ

の付近は地表物件の制約からディーブウエルが施工できなかった空白区間で地下水位が高いままであったと推察され、特異な地層構造とともに、まさに弱点が残っていたものと考えています。

当工事は、ほぼ全線にわたり、まれに見る悪条件下でのトンネル工事であったため、1973(昭和48)年5月の斜坑工事着手以来、1980(昭和55)年5月31日の完成まで7年有余を要し、当初契約時の工期から4年2か月遅延しての竣工となりました。悪戦苦闘の連続でしたが、当トンネルでのさまざまな経験とここで得た教訓はその後のトンネル工事において大いに参考となるものとなりました。7年8か月の在籍でした。

北アルプス直下で 180t/minの大出水

安房トンネルは北アルプスの南端に位置し、この北アルプス下を横断して飛騨(岐阜県)と信州(長野県)を結ぶ延長4,350mの道路トンネルです。長野県側は高熱帯、

岐阜県側は熱水帯と高被圧湧水帯(平湯低速度帯 $L=700\text{m}$)を掘削するという点で大変注目されたトンネルでした。中でも「平湯低速度帯」は「古生層」の古い谷地形の凹部に未固結な第四紀火山噴出物が数百mの厚さで堆積し、地下谷構造を形成しているもので、「古生層」に比べて弾性波伝播速度が低く、これをいかに掘削するかが当トンネルの最大の難関であるとされていました。

そのため、このトンネルの施工の可否を判断するための各種調査が過去から行われてきており、この「調査坑工事」は一連の調査の核心で、長野県側は1980(昭和55)年に、岐阜県側は1983(昭和58)年に開始されました。

筆者にとっては5つ目の現場で、この工事の2代目の主任技術者として1985(昭和60)年に岐阜県側の「平湯調査坑工事」に着任しました。着任当時はまだ「平湯低速度帯」手前の「古生層」の熱水帯(温泉湧出帯)、言わば「高熱隧道」の施工のまっただ中でしたが、これについては本連載で、すでに前任者から報告されていますので割愛し、「平湯低速度帯」での高被圧大量湧水との闘いについて記します。

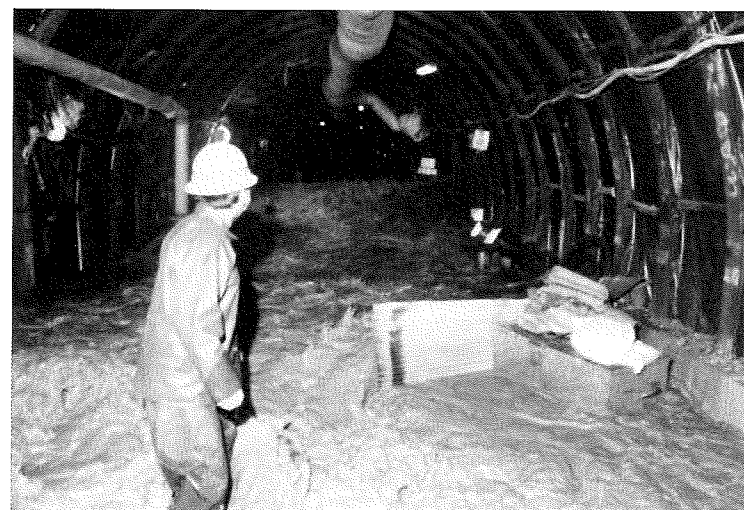
「平湯低速度帯」はトンネル位置で約700mにわたって存在し、地質は固結度が低いうえ、湧水圧はトンネル位置で 20kgf/cm^2 と非常に大きいものでした。「平湯調査坑」の掘削(掘削は「矢板工法」)の可否は低速度帯の地下水位の低下にかかっており、近傍の平湯温

泉やトンネル上部の安房湿原にはほぼ影響しないという調査結果が報告されていることから、とにかく水を抜くこととし、300m級の長い水抜きボーリングを主に全体の地下水位を低下させ、さらに切羽周辺の水圧を20~30mの短尺ボーリングで下げることを基本としました。低速度帯の手前280mより水抜きボーリングの施工を開始し、水抜き効果を見きわめながら調査坑の掘削を進め、さらに150m手前になって調査坑の左右に計6本の水抜きボーリングを実施しました。各ボーリング孔とも6~8t/minの湧水があり、1本のボーリング孔からの排出量の限界となったため、調査坑の左右に「水抜き坑」を設けて坑道排水も併用し水位低下を図ることとしました。

最初に低速度帯に突入させたのは「右水抜き坑」でした。この時点のトンネル上方の水位は今までの水抜き効果もあり約90m(9kgf/cm^2)でしたが、切羽からの短尺ボーリングで2~3 kgf/cm^2 の水圧を示していたことから掘削可能と判断し突入を決断しました。低速度帯に突入して間もなく切羽天端から2,000L/min程度の水が噴出し、その後、湧水量の増加とともに土砂の流出が始まりました。土砂流出を抑えるため、切羽の補強などを行いました。湧水量はさらに増加し、6時間後(1987(昭和62)年7月28日未明)には最大180t/minに達しました。出水後12時間を経過して峠は越えましたが、約3,000 m^3 の土砂が湧水と



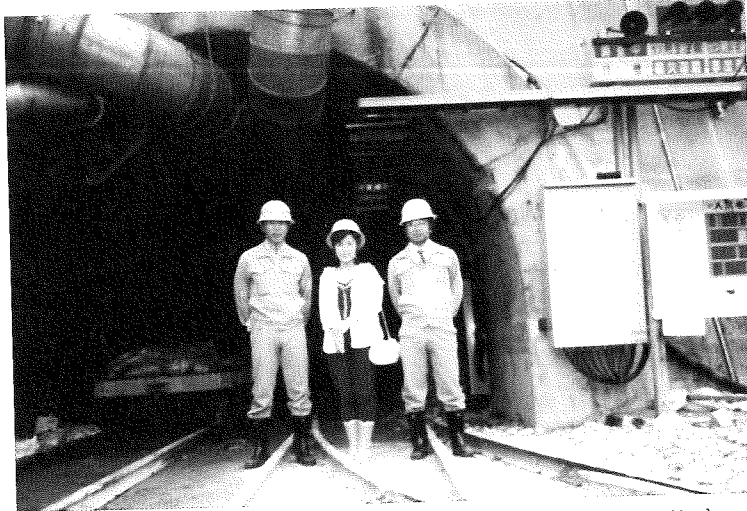
水抜きボーリング孔からの湧水状況



大出水時、調査坑を流下する濁流



調査坑天端からの湧水状況(150t/min)



大出水数日後にNHKが取材(左が著者、中央がNHK当時の畑恵アナウンサー)

もに流出し、「右水抜き坑」全部と「調査坑」の切羽側の一部が埋没しました。数日後には「右水抜き坑」の分岐部付近の「調査坑」の支保工が圧壊し、天端付近から再び出水し、ピーク時は最大150t/minを記録しました。

思わぬ出水により各種調査および復旧工事に約半年の歳月を要しましたが、結果的には低速度帯の性状の把握とともにトンネル上方の水位をわずか半年の間に50mまで低下させることができました。水抜き工法を本格的に採用するまえの坑口総排水量は5~15t/minで推移し、目立った地下水位の低下は見られず水位もトンネル上部200mのところまで位置していましたが、水抜き工法を開始してからの坑口総排水量は増加の一途をたどり、半年後には70t/minとなりました。地下水位はこの大出水までの1年間に約110m低下し、とくに出水時を含む半年間では75m低下しました。

出水の影響は非常に大きく、1

か月後に湧水量が70t/minとなるまでの37日間に約37m(1m/日)の水位低下があり、水位も50mとなりました。大出水に伴った土砂流出により、崩壊箇所周辺での地下水の集水力が飛躍的に増大したことが出水後の水位低下に大きく寄与したものと考えています。

地下水位の低下に伴って湧水量も減少し、水位低下のスピードは鈍ってきましたが、今後ある程度の時間をかければ最大の懸案であった「平湯低速度帯」の安全な掘削は十分可能であるという確信を得ました。次のステップへの光明が見えたこの時点で筆者の役目は終わりとなり、後任にバトンを渡し次の工事へ移動しました。その後、本坑は完成し、1997(平成9)年に供用されました。

低速度帯への突入の決断時には「本当に大丈夫だろうか」と逡巡しましたが、過去の経験や教訓をもとに、適確に対応できたものと考えています。3年5か月の在籍でした。

背部に高被圧水が貯留されている中央構造線を横断

中央自動車道(長野県飯田市)と東名高速道路(静岡県浜松市)を結ぶ三遠南信自動車道の一部で高規格幹線道路(当時)の草木トンネル(1,311m)工事に携わりました。6つ目の現場です。

大規模な破碎帯である「中央構造線」を横断するトンネルで、湧水圧は「領家帯」「中央構造線」「水窪層」とトンネル奥部に行くにつれて大きくなり、これらの地層は破碎帯によって区切られているために地下水位面の連続性は認められず、それぞれの地層で100m程度の水頭差がありました。とくに「中央構造線」の破碎帯が不透水層となって、その奥の「水窪層」の地下水を堰上げているという状況から、「中央構造線」の奥部から「水窪層」入口部にかけての区間がトンネル掘削時にもっとも危険であろうと懸念されました。地質調査の結果、湧水圧は「中央構造線」の手前の「領家帯」では0.9kgf/cm²と小さいものの、「中央構造線」破碎帯部では12.2kgf/cm²、さらに中央構造線背面の「水窪層」では19.4kgf/cm²であることが確認されていました。

工事の安全性、施工性の観点から本坑とは別ルートで山側に「先進導坑」を施工することとなりました。「先進導坑」では中央構造線手前の「領家帯」にボーリング室を設けて、まず水抜きボーリングを行い、「中央構造線」破碎帯部に滞留する地下水の水抜きを行

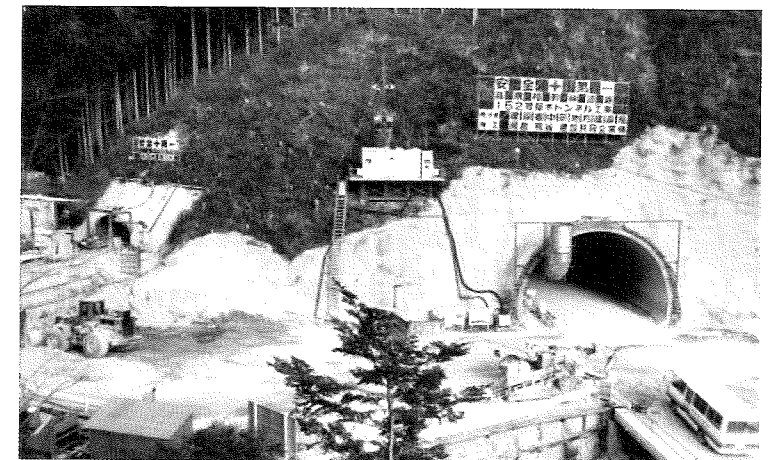
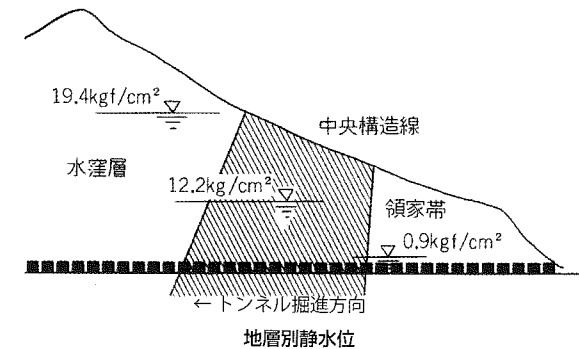
いました。水位低下を確認しながら破碎帯部に突入すると破碎されて脆弱な変成岩と軟らかい断層粘土が出現し、内空変位が大きくなり、支保部材の変状(ロックボルトプレートの湾曲)が頻発しましたが、補強を行いながら「先進導坑」の掘削を進めました。

先進導坑の「中央構造線」破碎帯部に設けた次のボーリング室から中央構造線背面の「水窪層」に向けて水抜きボーリング(L=300m×2本)を行い、2本のボーリング孔から合計2,400L/minの湧水と22kgf/cm²の湧水圧を確認しました。トンネル総湧水は最大3,600L/min(水平ボーリング、短尺ボーリング、導坑内湧水の総量)ありましたが、その後、急速に湧水量が減少し、湧水圧も「水窪層」で22kgf/cm²を示していたものが2.4kgf/cm²まで低下し、ほぼ恒常水の状態となりました。掘削中、破碎帯奥部では断層沿いの開口割れ目より最大150~200L/minの湧水が見られ、小崩落をくり返しましたが、破碎帯奥の「水窪層」は、割れ目は発達しているものの、比較的安定したものでした。切羽湧水は破碎帯奥の「水窪層」手前から「水窪層」に入った付近がもっとも多く、200L/minでした。先進導坑においては、安定した地層では水抜き効果を高めるために「矢板工法」を、断層破碎などでは地山の安定を第一に「NATM」を使い分けて掘進しました。期待どおりの水抜き効果が得られ、大きな問題が生じることなく、この間の「先進導坑」の掘削を終えま

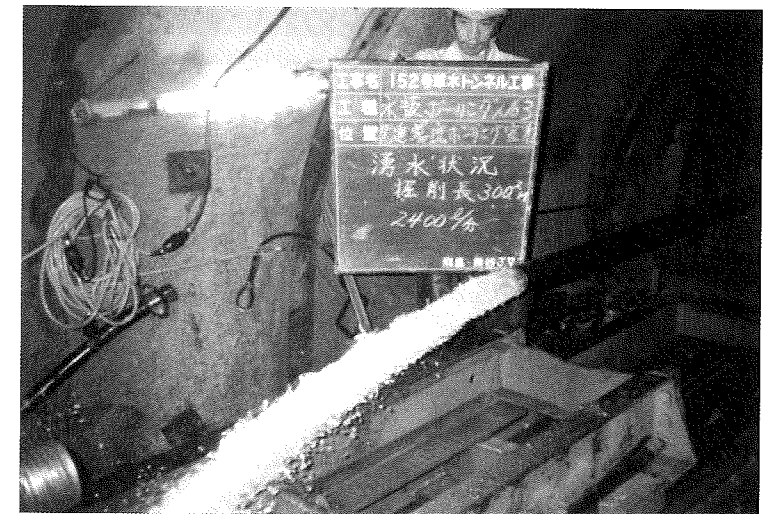
した。

一方、「本坑」(掘削工法は全線「NATM」)の破碎帯掘削時にはト

ンネル総湧水は「先進導坑」から720L/min、本坑で850L/minの合計1,570L/minとさらに減少し



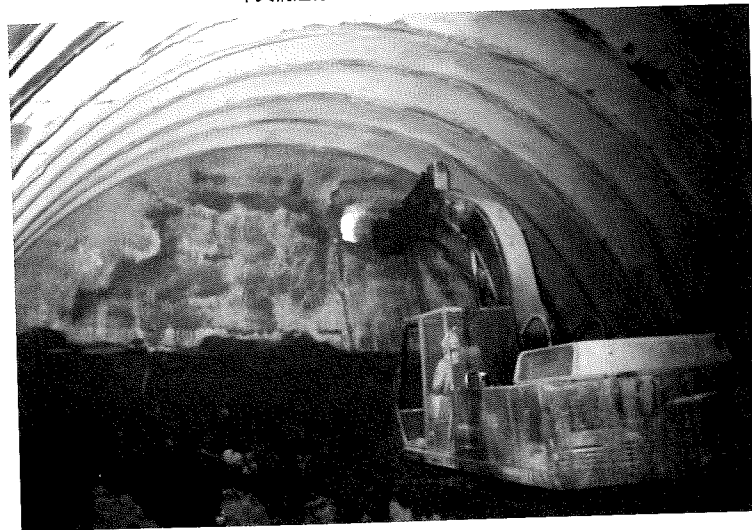
坑口全景(左が先進導坑、右が本坑)



水抜きボーリングからの湧水状況



中央構造線断層破砕帯(本坑切羽)



本坑貫通の瞬間。切羽右肩に坑外の光が

ていました。「中央構造線」破砕帯部の掘削では下半掘削に前後してロックボルトの頭部の切断や吹付けコンクリートに著しいせん断クラックあるいは剥離現象が発生し、増しボルト、増し吹付けコンクリートなどの対策を迫られました。「水窪層」では切羽に数本の断層や10cm以上の発達した割れ目が見られ小崩落がしばしば発生

しました。破砕帯前後の軟弱な地層では顕著な変位、変状は見られたものの大きなトラブルはなく、この区間の掘削を終えることができました。

トンネル湧水となる表流水の地中への流入量および地中の滞留水の量が限定的であったこと、幸運にも発達した亀裂が多く帯水層の透水性が良かったことから水抜

き効果が効率よく発揮され、地下水位が想定以上に順調に低下したものと考えています。約3年の工事でした。なお、草木トンネルは、その後、三遠南信自動車道のルートが変更されたことに伴い、現在は一般国道152号の一部として供用されています。

おわりに

榛名トンネルでは決め手(最適・最良工法)をなかなか見出せずに過ごした試行錯誤の日々。安房トンネル平湯調査坑ではどこに孔をあけてもウォータージェットのごとく噴き飛んでくる高圧大量湧水への恐怖の念。草木トンネルでは狙いどおり順調に目標をクリアした充実感。これらの記憶は、工事中いつも胸中に漂っていた重圧感となんとか切り抜けたあとの安堵感とともに、今でも脳裏に蘇ってきます。

地質と地下水というトンネル工事の難易を左右する2つの要素のバランスが悪過ぎると地下水は巨大な破壊エネルギーに変貌することがあります。水がもたらす力を知り、その力以上の人知を結集して対峙しなければ、決して制することはできない。そんな当然なことを身を以って教えられたこれらの工事でした。これからも水に限らず、想像を絶するような難工事があることでしょう。冷静沈着に、そして信念と勇気を持って果敢に挑戦していただきたいと願って筆をおきます。

施工

供用中の既設トンネルに接続させるバイパス分岐部の施工

—国道231号 浜益トンネル—

北海道開発局札幌開発建設部滝川道路事務所工務課課長 能登喜幸
 北海道開発局札幌開発建設部滝川道路事務所工務課係長 平森誠
 前田建設工業(株)新雄冬岬トンネル作業所現場代理人 梶山孝司
 前田建設工業(株)新雄冬岬トンネル作業所監理技術者 宮内俊彦

はじめに

国道231号は、北海道札幌市を起点とし、石狩市を經由して留萌市へ至る総延長約129kmの主要幹線道路であるが、これまでに落石、雪崩、越波による通行止めが発生しており、防災上の課題を抱えている。雄冬防災事業は、石狩市厚田区安瀬から石狩市浜益区雄冬間の落石崩壊の危険箇所および吹雪や越波による通行規制の解消を目的とした延長11.6kmの防災対策事業である。この雄冬防災事業の一環である「浜益トンネル」(図-1)は、図-2に示すガマトンネルと雄冬岬トンネル(以下、「既設トンネル」という)をバイパストンネル(新設トンネル区間L=1,555m)で接続し、完成

後は千代志別トンネルから雄冬岬トンネル間まで延長4,744mの長大トンネルとなる。工事概要を表-1に示す。

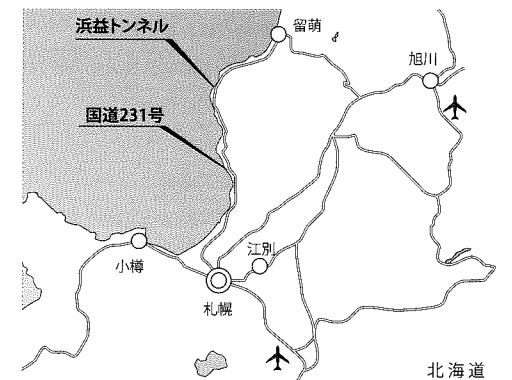


図-1 位置図

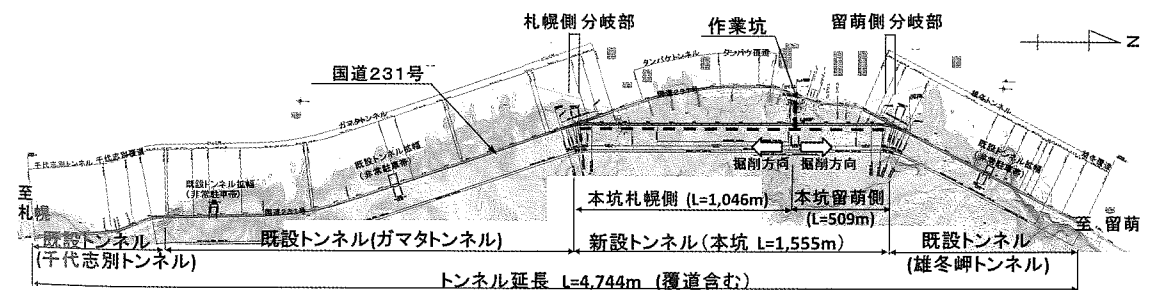


図-2 平面図

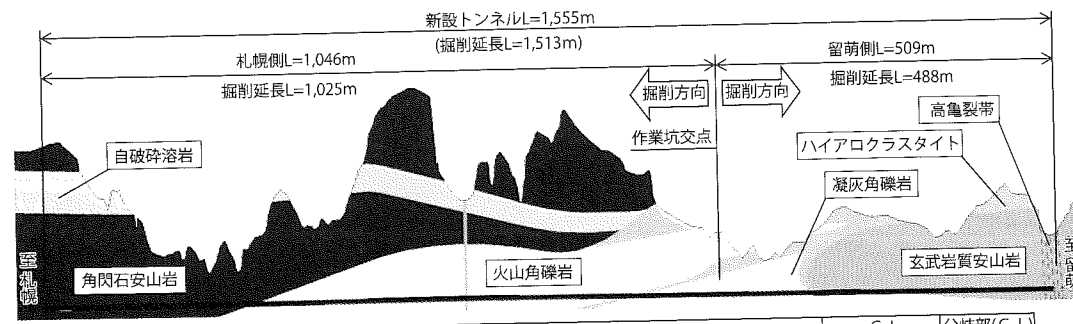
本稿は、供用中の既設トンネルを接続するパイパストンネル分岐部施工について報告するものである。

表-1 工事概要

工事名	一般国道231号石狩市新雄冬岬トンネル工事
施工場所	北海道石狩市浜益区雄冬
工期	2012(平成24)年10月31日～2016(平成28)年3月30日
発注者	北海道開発局札幌開発建設部
受注者	前田・荒井特定建設工事共同企業体
施工内容	工事区間 L=4.8km トンネル掘削 L=1,513m 作業坑 L=88m 既設幅員非駐帯 N=3か所(26m/箇所) 既設トンネル補強工

表-2 地質層序表

層名	岩相	備考		
沖積世	沖積層	礫・砂・粘土	天狗山 雄冬山 浜益嶽 群別山	
	崖錐堆積層	岩塊		
洪積世	海成段丘堆積層	礫・砂・粘土		
	暑寒別火山群	雄冬群		輝石角閃石安山岩
				輝石角閃石石英安山岩
		黒雲母角閃石安山岩		
		角閃石輝石安山岩		
		角閃石安山岩質火山角礫岩		
	暑寒群	輝石角閃石安山岩		暑寒別岳 東群別山
		輝石安山岩		玄武岩質岩脈
玄武岩質岩脈		玄武岩質岩脈		
新第三紀	浜益玄武岩類	角閃石玄武岩	安山岩質岩脈 硫黄・珪石	
	岩老溶岩火山角礫岩層	留萌層	玄武岩・輝石安山岩・ 輝石角閃石安山岩	泥岩
			雄冬溶岩火山角礫岩層	増毛層



掘削パターン	分岐部(C I)	C I	C II-b	C I	分岐部(C I)
掘削延長	L=71.3m	L=416.9m	L=764.2m	L=189.1m	L=71.2m

図-3 地質縦断面図

2 新設トンネル区間の地質概要

当該地は新第三紀の火山岩体である「雄冬溶岩火山角礫岩層」および「岩老溶岩火山角礫岩層」を基盤とし、これを新第三紀の火山岩体である「浜益玄武岩類」が覆う構成となる。いずれも水平に近い構造で成層して分布する。

表-2に地質層序表、図-3に新設トンネル区間(以下、「本坑」という)の地質縦断面を示す。ガマタトンネル側分岐部では硬岩の角閃石安山岩が、雄冬岬トンネル側分岐部では硬岩の玄武岩質安山岩が、中間部には中硬岩の火山角礫岩、凝灰角礫岩が分布している。なお、断層破碎帯などの脆弱部は確認されていない。

3 本坑掘削状況

本坑は両端部において、供用中の既設トンネルに接続する。本坑掘削において端部に坑口付けすると道路交通に影響を及ぼすため、先行して作業坑(横坑)を施工し、本坑にアクセスした。作業坑は、図-2に示す本坑を札幌側1,046mと留萌側509mに分割する位置である。

地山は硬岩・中硬岩であるため、発破工法を検討したが、発破による振動により国道231号への落石の懸念があったため、機械掘削で施工した。作業坑および本坑の掘削は、作業坑と本

坑の交差部から札幌側26m、留萌側40mまでを1,300kg級と3,000kg級のブレイカを使い分けて掘削し、延長が長い札幌側切羽の掘削機として自由断面掘削機(300kW級RH-10J)を配備し、先行して掘削した。札幌側切羽を130m掘削した時点で留萌側切羽に自由断面掘削機(200kW級RH-8J)を配備し、両切羽で同時に掘削を行った。地山は、割れ目が発達した火山角礫岩、凝灰角礫岩(地山等級C II)で、順調に掘削することができた。

札幌側切羽では500m、留萌側では250m付近の切羽から硬岩の安山岩が出現し、留萌側では自由断面掘削を300kW級(RH-10J)に変更し、両切羽で300kW級の自由断面掘削機が稼働する状況となった。切羽が進行するにつれ、徐々に割れ目がなくなり、両切羽とも地山の軸圧縮強度は100MPaを超え、300kW級の自由断面掘削機では掘削困難となり、3,000kg級のブレイカと非火薬岩盤破砕材を補助的に併用して掘削を行った。両切羽とも分岐部まで硬質な安山岩が続いた。

4 分岐部の施工

図-4に札幌側(ガマタトンネル)の分岐部の平面図を示す。分岐部は、完成後、非常駐車帯として利用する計画であり、非常駐車帯断面(以下、「分岐部非駐帯部」という)で既設トンネルと接続し、標準断面(以下、「分岐部標準部」という)で既

設トンネルと合流する。留萌側(雄冬岬トンネル)も、札幌側と同様の構造である。

分岐部の掘削前に、既設トンネル接続部の補強として裏込め注入工および補強ロックボルト工を施工した。また、既存の防災・電気通信設備がトンネル掘削に支障となるため、地中に移設ルートを確認して移設した。その後、分岐部掘削時の道路交通を確保するためにプロテクターを設置し、コンクリート充填工を行った。これらの工事がすべて完了したあと、トンネル掘削、覆工・防水工に移行した。

図-5に分岐部非駐帯部、図-6に分岐部標準部の断面図を示す。

4-1 裏込め注入工と補強ロックボルト工

接続する既設トンネルは1980年代に在来工法で施工されたトンネルであり、事前調査の結果、背面に空隙があることが判明したことから地山と覆工を一体化するために、分岐部掘削前に裏込め注入工を行った。注入範囲は、分岐部手前10mから既設トンネルと新設トンネルの離隔が2Dとなる範囲である。

裏込め注入材は可塑性エアモルタルで、天端部に3か所の注入孔(図-7)を削孔して注入した。既設トンネルを観察しながら、A孔は定量注入(注入孔削孔時に体積を推定)、B孔とC孔は定圧注入(注入圧が0.2MPaで終了)を行った。

分岐部裏込め注入工完了後、補強ロックボルト

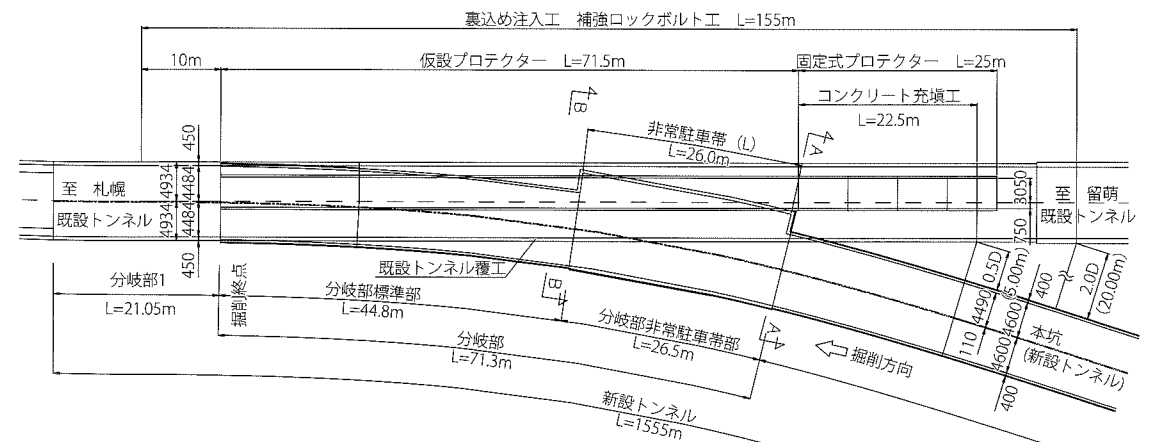


図-4 ガマタトンネル分岐部平面図

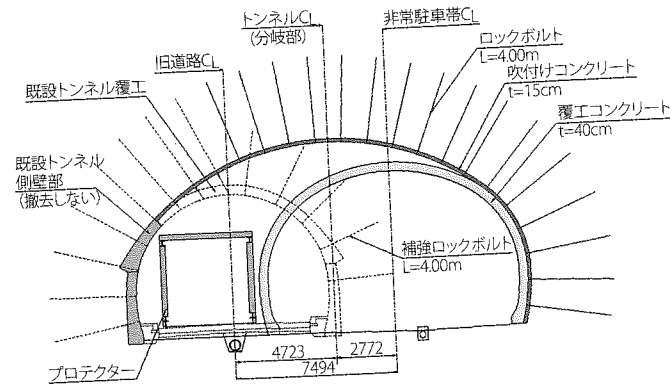


図-5 分岐部非標準部断面図

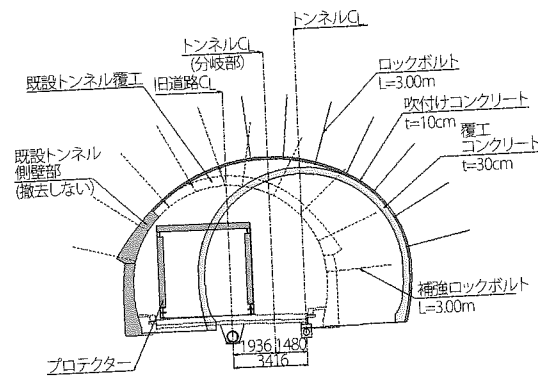


図-6 分岐部標準部断面図

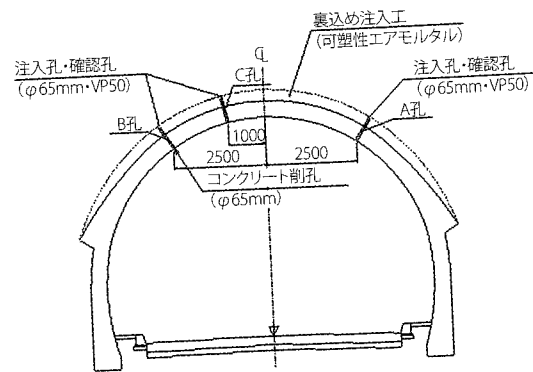


図-7 裏込め注入工注入孔位置図

($L = 3 \sim 6\text{m}$)を施工した。一部の補強ロックボルトはトンネル掘削断面内に位置するため、掘削時には切断する必要があることから、グラスファイバー製のロックボルトを使用した。補強ロックボルトは、既設トンネル周囲の地山を補強する目的や既設トンネルの覆工コンクリート撤去時におけるコンクリート大塊の落下防止および残される既設トンネル覆工コンクリートの側壁(図-5, 6)の転

倒防止のためである。施工範囲は、裏込め注入工と同範囲である。いずれも一般車両を通行させながらの施工となるため、半断面ずつ片側交通規制を行い、実施した。

4-2 防災・電気通信設備の移設

既設トンネルには照明や高圧管路、情報ボックスなどの防災設備や電気通信設備が架設されており、分岐部の掘削、覆工を行う際、これらが支障物となるため、車道部に配管を埋設すること

で配線ルートを確認した。

また、分岐部の覆工・防水工施工前に本坑へ交通を切替えることから、本坑から既設トンネルへ接続する配線ルートの確保も必要となるため、あわせて施工を行った。

車道部に配管を埋設するため、片側交通規制を行い、ブレーカにより車道部の舗装コンクリートの破碎および岩盤掘削を行った。その後、配管の埋設、埋戻し、仮舗装を実施して交通開放した。

4-3 プロテクター設置工とコンクリート充填工

分岐部では一般車両の通行のある中での掘削作業となるため、プロテクターを設置して交通の安全を確保した。プロテクターの内空は幅3.8m、高さ4.0mであり、1車線分の内空しか確保できないため、プロテクター設置後は、24時間の片側交互通行となる。

プロテクターは本坑分岐部の掘削範囲外の固定式区間($L = 25\text{m}$)と掘削範囲内の仮設区間($L = 71.5\text{m}$)がある(図-4)。固定式区間は、プロテクター設置後、プロテクター背面にコンクリートを充填して既設トンネルとプロテクター間の空間を閉塞し、本坑切羽掘削に際して、より強固な構造とした。仮設区間のプロテクターは、掘削完了後、撤去した。

プロテクターの組立ては、施工時の交通の安全性と工程を踏まえ、坑外のヤードにおいて組立てを行い、夜間に通行止めを実施して20tトレーラにて運搬、設置した。

4-4 分岐部の掘削

分岐部の地山は、分岐部非標準部および分岐部標準部とも硬質な安山岩(地山等級CI)であり、湧水は部分的に滴り落ちる箇所はあったものの支障となる状況ではなかった。分岐部非標準部は大断面であり、支保パターンは、鋼製支保工がH-150(@1.2m)、吹付けコンクリート厚さ15cm、ロックボルト $L = 4\text{m}$ のCIIパターンで、分岐部標準部は鋼製支保工なしで吹付けコンクリート($t = 10\text{cm}$)とロックボルト($L = 3\text{m}$)の通常のCIパターンである(表-3)。

地山条件、既設トンネルの支保構造が良好であったため、既設トンネル支保構造を有効活用できるように片側の既設トンネル覆工コンクリートの側壁を残し、その天端に支保工を足付けする構造としている(図-5, 6)。

分岐部の掘削は、300kW級の自由断面掘削機および3,000kg級のブレーカを併用して行った。なお、非火薬岩盤破碎材は、使用時の振動および騒音による既設トンネルの覆工コンクリートや一般車両への影響が懸念されることから使用していない。

表-3 分岐部支保パターン

	分岐部非標準部	分岐部標準部
鋼製支保工	H-150 @ 1.2m	なし
吹付けコンクリート	15cm	10cm
ロックボルト	$L = 4\text{m}$ 延長方向1.2m ctc	$L = 3\text{m}$ 延長方向1.5m ctc

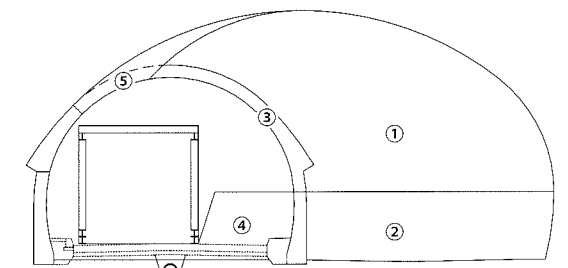


図-9 分岐部加背割り図

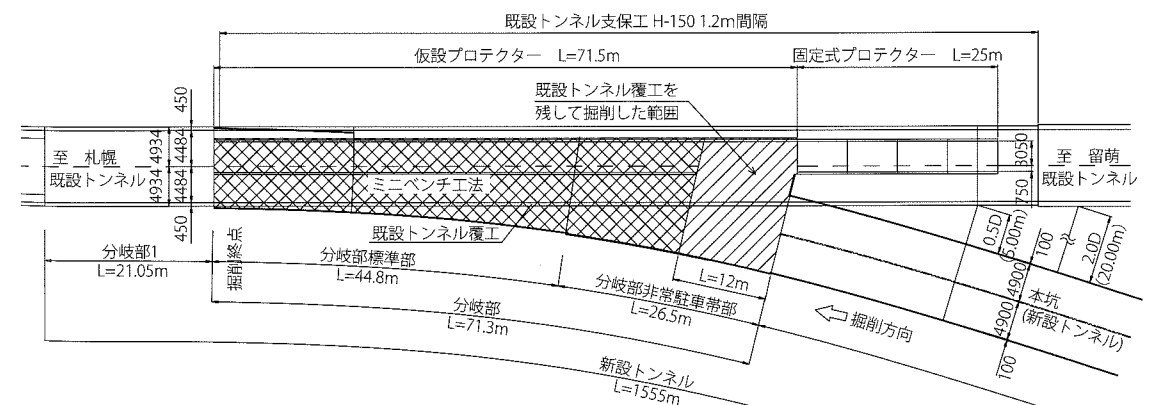


図-8 分岐部掘削順序図

り②(下半)の掘削、支保工を行い、12m掘り進む。加背割り③(既設トンネルの覆工コンクリート)を取壊す。加背割り④(一時的な盛土)を造成し、加背割り⑤の掘削、支保工を行う。掘削完了した状況を写真-2に示す。



写真-1 分岐部掘削状況

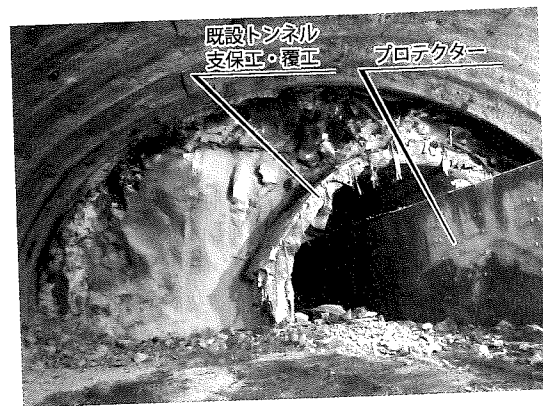


写真-2 分岐部掘削完了

その後、1間ずつ既設トンネルの支保工・覆工を慎重に撤去しながらミニベンチ(ベンチ長3~5m)で上半・下半を掘削した。掘削完了後は仮設プロテクターを撤去した(写真-3)。

なお、分岐部は扁平大断面であり、プロテク

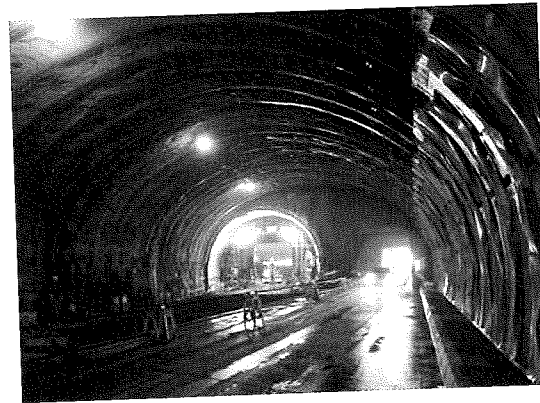


写真-3 分岐部施工状況

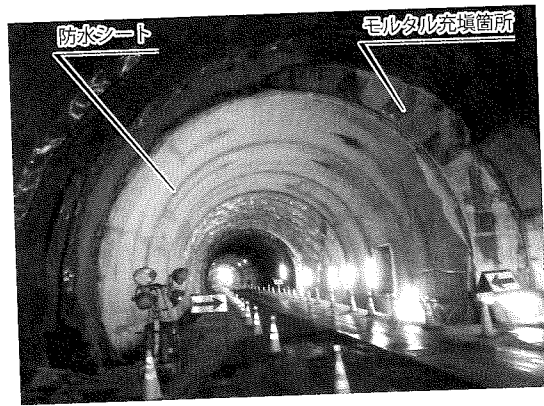


写真-4 分岐部標準部充填工

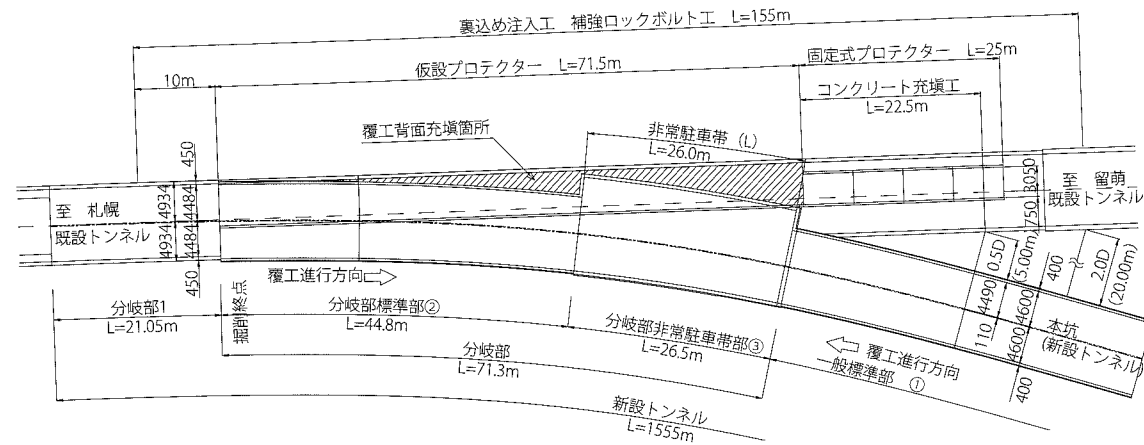


図-10 分岐部覆工コンクリート工順序図

ター内とはいえ一般車両も通行していることから、早期に強度が発現し、靱性の高い初期高強度スチールファイバー吹付けコンクリートを採用した。

分岐部掘削時の計測結果は、既設トンネルおよび地山の挙動を観測していたが、天端沈下、内空変位ともに10mm程度であった。これは、地山状態が良好であったこともあるが、掘削工法も適切であったためと考えられる。

4-5 分岐部の覆工・防水工

分岐部の覆工は、供用中の既設トンネル走行路に位置するため、施工時期を標準部と非駐帯部に分けて施工することで一般車両の通行を確保した(図-10)。

分岐部標準部の覆工コンクリート(図-10中②L=44.8m)は、本坑の覆工コンクリート(図-10中①)完了後にセントルを既設トンネル内に移動させて施工を行った。分岐部標準部の防水工は、既設トンネルまでの間に空間ができるため、覆工コンクリート打設前に、FILM工法(表面平滑型トンネルライニング工法)を採用し、型枠に防水シートを設置してその背面にモルタルを充填した(写真-4)。

分岐部標準部施工後、一般車両の通行を本坑(新設トンネル区間)に切替えてから分岐部非駐帯部(図-10中③L=26.5m)の施工を行った。分岐部非駐帯部は、一般車両を通しながら、型枠、支保工を組立て、空洞の充填作業を行ったのち、通常の防水シートにより敷設を行った。その後、セントルの組立ては夜間通行止めを実施して行い、

覆工コンクリートの施工を行った。

当初は、覆工コンクリート施工後に背面の充填処理を行う予定であったが、以下の利点から先行して充填作業を行った。

- ① 分岐部非駐帯部においては、本坑への交通切替え前に充填工の一部を施工できるため、工程短縮を図れる。
- ② 覆工コンクリート施工後に充填した場合、覆工は、充填時の圧力を考慮して鉄筋構造となるが、覆工コンクリート施工前に充填を行えば、鉄筋が不要となりコストダウンとなる。
- ③ 狭隘な空間での足場、鉄筋、型枠の組立て作業がなくなるため、作業員の安全性が確保できる。

5 おわりに

分岐部において留萌側を2013(平成25)年9月から、札幌側を2014(平成26)年2月から、いずれも2016(平成28)年3月まで24時間片側交通規制、夜間通行止めを行い、トンネル掘削、覆工を行ってきた。その中で、分岐部掘削も無事に完了し、2016(平成28)年1月には本坑(新設トンネル区間)へ交通を切替え、分岐部非駐帯部の覆工・防水工を行うことができた。その間、一般車両を安全に通行させることを念頭におき、安全設備や交通誘導員に配慮することで、無事故で工事を終えることができた。

最後に、関係各位の皆様のご指導、ご協力に深く感謝申し上げます。

岩盤地下空洞の設計と施工

E. フック・E. T. ブラウン共著／小野寺透・吉中龍之進・齊藤正忠・北川隆 共訳

B5判・442頁・上製本 本体価格9,800円(〒450円)

株式会社 **土木工学社**

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



福井県を二分する「木ノ芽峠」の麓より

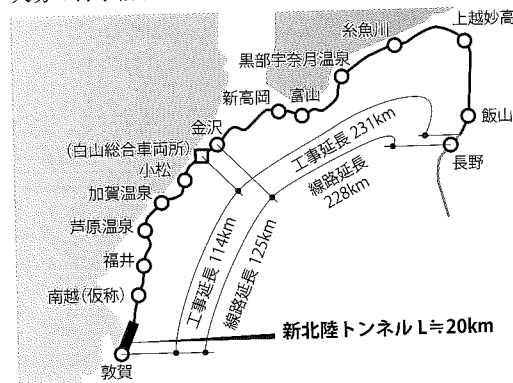
田中久人

福井県のほぼ中央に位置し、福井県を北側の嶺北地域と南側の嶺南地域に二分するのが、分水嶺でもある標高628mの「木ノ芽峠」である。嶺北はかつて「越前」、嶺南は「若狭」と呼ばれていた地域を指す。

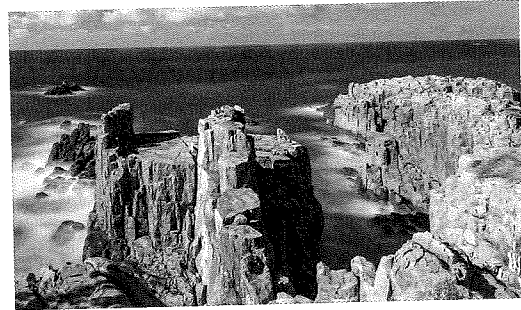
木ノ芽峠は、古くより北陸路の難所とされ、明治時代中期まで1,000年余り、畿内と北陸を結ぶ官道として貢献した代表的な道であった。かつては、紫式部、平安～鎌倉時代には源義経・親鸞らが、南北朝時代には新田義貞、戦国時代には織田信長・羽柴秀吉、江戸時代には松尾芭蕉ら数多くの人びとがこの峠を越えたとのこと。

峠を挟む嶺北、嶺南には、多くの名所旧跡がある。嶺北の名勝地「東尋坊」は、平安末期に怪力で悪僧の東尋坊を突き落としたとされる大断崖で、高さ25m、延長約1kmにわたり輝石安山岩の柱状節理が続く。地質学的にも珍しく、世界にも東尋坊を含めて3か所しかないと言われており、国の天然記念物にも指定されている。遊覧船で直下から見る断崖は、ダイナミックで迫力満点である。

嶺南の敦賀湾奥部に広がる松林一帯が「氣比の松原」で、三保の松原、虹ノ松原と並ぶ日本三大松原のひとつに数えられる。延長約1.5km、広さ約40万㎡を誇り、白い砂浜と約1万7000本もの青い松のコントラストが印象的で、松尾芭蕉や明治天皇、勝海舟、高浜虚子らがこの景勝地を一目見ようと訪れており、今も大勢の海水浴客で賑わっている。



位置図



名勝地「東尋坊」

木ノ芽峠の嶺南側の敦賀市中心地には、高さ約11m、柱間約7.5mの朱塗りの大鳥居が大きくそびえたつ。越前国一宮の氣比神社大鳥居で、木造の鳥居では春日大社、巖島神社の鳥居とともに、日本三大鳥居とされている。毎年9月の例祭では、武者人形を乗せた山車が鳥居の前に並び、壮観な風景を見ることができる。

福井にはおいしい食べ物も多い。福井県で水揚げされたズワイガニの「越前がに」は、県を代表する美味として有名である。また、大根おろしをたっぷりのせた「越前そば」は、昭和天皇も好んでお召し上がりになったとか。ほかにも、魚を塩とぬかに漬けた「へしこ」、最近ではソースカツ丼も人気である。また、米どころで日本酒もおいしい。ちなみに、ブランド米「コシヒカリ」の発祥地は、筆者の故郷・新潟県ではなく福井県であることはご存知であろうか。

本工事は、一昨年3月に金沢まで開業した北陸新幹線の敦賀までの延伸工事のうち、新北陸トンネル(延長約20km)の中間工区である葉原工区(延長4,495m)を施工する。木ノ芽峠の敦賀側の麓から南越前町に向かって進むもので、2016(平成28)年12月末時点で、本坑掘削は1,826mまで進んでいる。地質は、古生代から中生代の堆積岩類の砂岩・粘板岩・チャートからなり、花崗岩・ひん岩が貫入している。中生層のため、硬質だが亀裂が発達しており、多量湧水が懸念される。多くの歴史上の人びとが行き来した木ノ芽峠に思いを馳せながら、安全にトンネル掘削を進める所存である。

(鹿島建設(株)新北陸トンネル(葉原)工事事務所長)

施工

大断面地下通路を3連揺動型掘削機と六面鋼殻セグメントで築造

—東京メトロ日比谷駅再開発連絡通路—

東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部第三工事事務所技術課第二担当技術課長 橋口 弘明
東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部第三工事事務所 久保田 淳
東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部第三工事事務所所長 川岸 康人
鹿島建設(株)東京土木支店日比谷連絡通路土木工事事務所所長 上木 泰裕

1 はじめに

地下鉄日比谷駅周辺では、三井不動産(株)が(仮称)新日比谷プロジェクトと呼ばれる大規模複合ビルの開発と周辺道路の整備をはじめとする基盤整備を行っている。東京メトロでは、この基盤整備の一環として、大規模複合ビルと日比谷線日比谷駅とを結ぶ地下歩道連絡通路(以下、「地下通路」という)を新設するべく、改良工事を進めている(図-1)。本稿は、本地下通路工事の計画、設計、施工について述べるものである。

2 施工条件

地下通路は、大規模複合ビルおよび日比谷駅との接続位置などを考慮して、平面線形は直線、縦断線形は3/1,000である。

当該現場の地盤は、水平な成層地盤であり、埋土層F層(砂質土層・粘性土層の互層、平均N値2)、その下に粘性土層Ac層(有楽町層、平均N値1)が分布している。地下通路は有楽町層内に位置する。

施工法は、当初、開削工法で計画していたが、道路管理者から、①極力、路上交通に支障のない工法で行うこと、②土かぶりを最大限確保することが義務づけられた。また、再開発事業者からも、③地下通路の早期の供用開始との条件が課せられた。

そのため、地下通路延長が約70mの直線であることと、①および③を考慮して、急遽、非開削工法である推進工法(以下、「R-SWING工法」)に切替るとともに、完全な矩形断面を六面鋼殻合成セグメントで構成することにより、②も満足させることとした(図-2,3)。

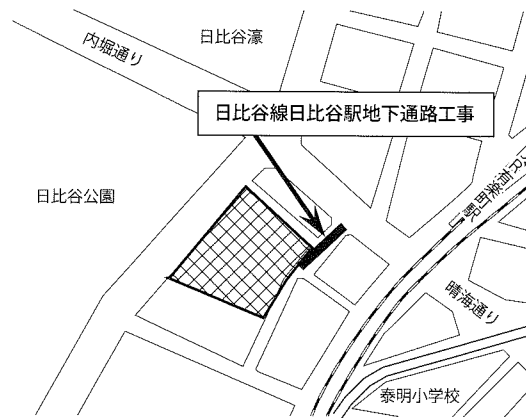
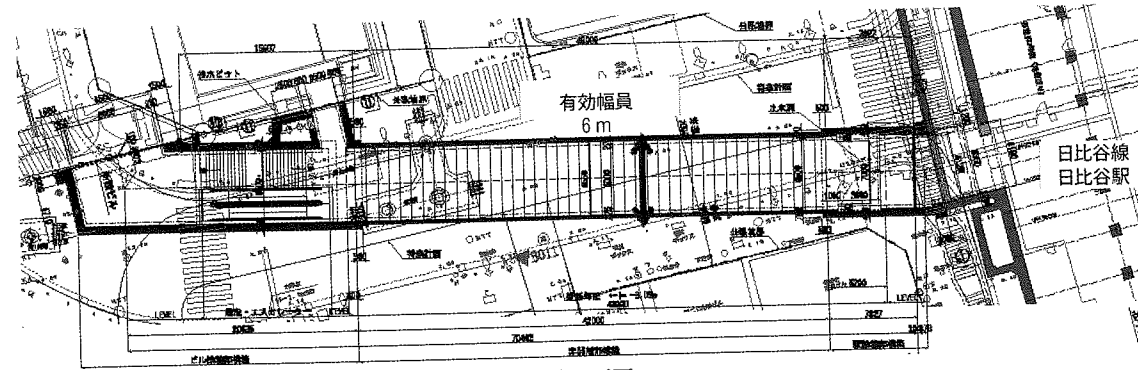
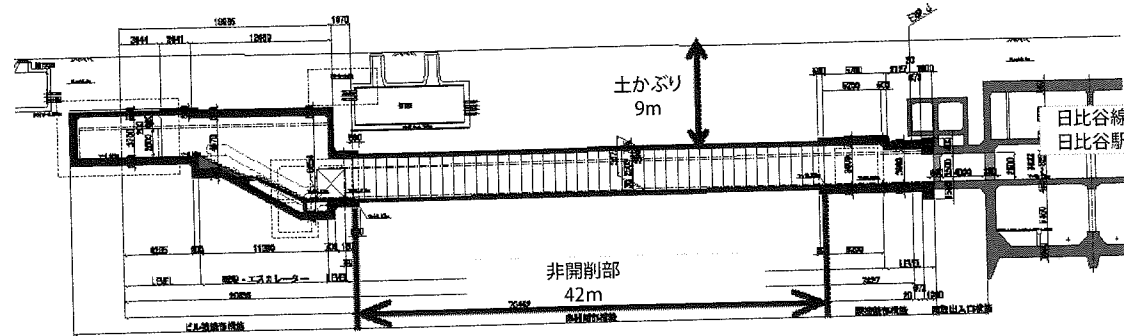


図-1 施工位置図



(1) 平面



(2) 縦断面

図-2 地下通路の構造概要

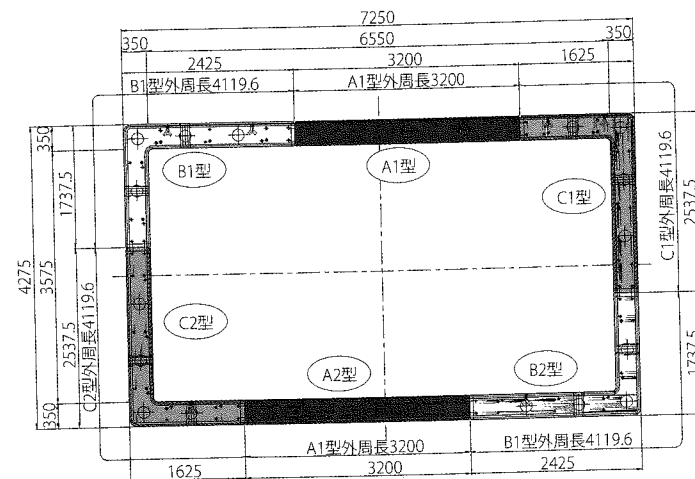


図-3 矩形断面セグメント構成図

3 3連揺動型推進機

3-1 推進機の概要

当該推進機(以下、「R-SWING機」)は、ルーフマシン3機と本体マシン3機によって構成され、各ユニットをボルトで締結し一体化することによ

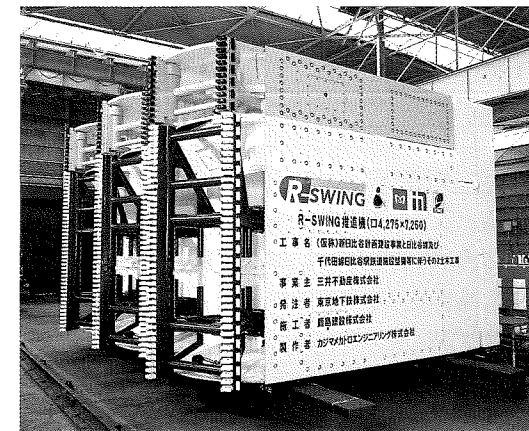
り、組立ておよび解体時に要する時間を極力抑えらるとともに(写真-1)、各ユニットはトラックによる運搬が可能な重量とした。

一方、構造をユニット化したことにより、各ユニットの組合せに応じて掘削断面も変えることが可能となり、他工事への転用も容易になっている。

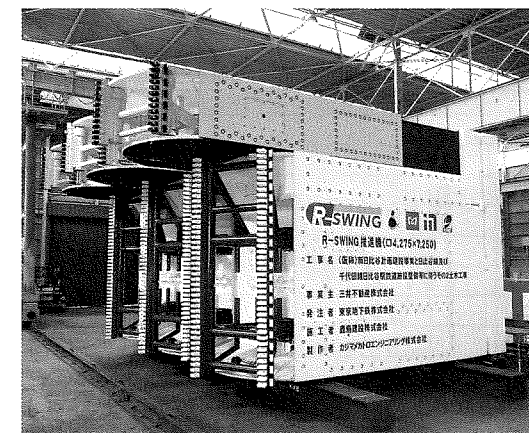
掘削方式は泥土圧式とし、掘削機構は、縦に配置したカッタスポークが左右に動くことにより地山を切削する揺動式を採用した。元押しジャッキは、一般的な推進工法の一括制御方式ではなく、シールド工事のジャッキ同様に、

1本ずつ個別制御ができる構造とし、推進工事に必要なバックリング防止機構を兼ねている。

姿勢制御は、ルーフマシン3機と本体マシン3機の掘削方向の制御で平面方向、元押しジャッキ1本ずつの個別制御で平面・縦断両方向の対応を可能とした。また、シールド工事の中折れ装置に



(1) ルーフ格納時



(2) ルーフ先行時

写真-1 3連揺動型推進機(R-SWING機)

相当する機構も具備し、平面方向の制御不良リスクに備えた。支圧版は、仮設状態下の発進立坑から推進開始となることから、分割式プレキャスト支圧版(バックロック工法)を採用した。

3-2 切削実証実験

3-2-1 実験概要

発進部、到達部および東京電力人孔下には、本施工に先立ち、地盤改良(高圧噴射攪拌工法)が施工されており、その物性はN値換算で80程度の固結地山となっている。また、当該地盤改良体の延長が全掘進延長40mの25%である10mとなることから、揺動式の掘削機構の当該地山の適用性を確認するために、地盤改良体を模擬した供試体を作成し、切削試験を実施した(写真-2)。具体的には、流動化処理土を用いて一軸圧縮強度が5

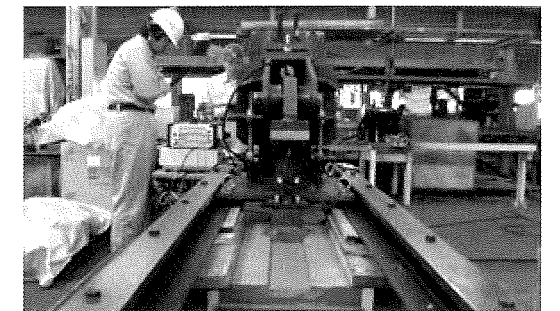


写真-2 切削試験機

表-1 試験項目

試験項目	試験内容
① 切込み深さによる掘削力比較	切込み深さ4mmと8mmによる切削力の確認
② すくい角度の違いによる掘削力比較	ビットすくい角度15°と20°の切削力の確認
③ ビット幅の違いによる掘削力比較	40mm幅ビットと90mm幅ビットでの切削力の確認
④ ビット取付け間隔の違いによる掘削力比較	ビット取付け間隔30mmと40mm幅での切削力の確認
⑤ 最大切込み試験	地盤強度15N/mm ² に対する最大切込み深さの確認

N/mm²、10N/mm²および15N/mm²の3種類の模擬地山を作成し、6cm/sの切削可動速度下で、表-1に示す各試験項目に対して4種類のビットを用いて実施した。

3-2-2 実験結果

実験結果は、ビットの切込み深さ、すくい角の違いによる切削力、ビット幅の違いによる切削力、ビット取付け間隔の違いによる切削力、掘進速度、掘削抵抗値に着目し、以下のように整理した。

- ① R-SWING機のビットの切込み深さ(掘進速度)を4mmから8mmに変えて切削力を測定した。その結果、若干想定より抵抗は大きいですが、問題なく切削できることを確認した(図-4、写真-3)。
- ② 掘進速度を一定とし、すくい角の違いによる切削力を測定した。その結果、すくい角20°のビットの方が、すくい角15°のビットと比べ、切削抵抗が低くなり、切削能力が高くなることを確認した(図-5)。
- ③ ビット幅の違いによる切削力を測定した。

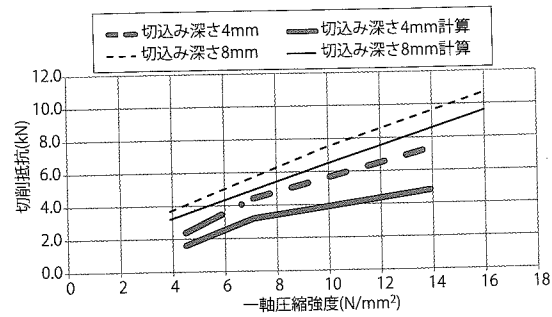


図-4 実験結果① 切込み深さの相違による比較



写真-3 切削試験後供試体

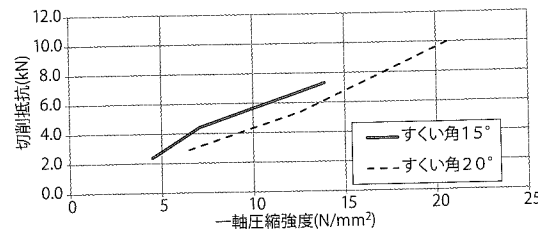


図-5 実験結果② ビット形状の相違による比較

その結果、幅90mmのビットの方が40mm×2列のビットに比較し切削抵抗が低くなった。これは、側部の摩擦抵抗が40mm×2列のビットに比べ小さいことによるものと推察された(図-6)。

- ④ ビット取付け間隔の違いによる切削力を測定した。その結果、40mmの方が30mmと比べ、一軸圧縮強度が高いほど切削抵抗が低く、切削能力が高くなることを確認した(図-7)。
- ⑤ 掘進速度については、一軸圧縮強度15N/mm²に対し、2.5mm/minで切削可能であることを確認した(表-2)。
- ⑥ 掘削抵抗値は、切込み深さ16mm、掘削深さ

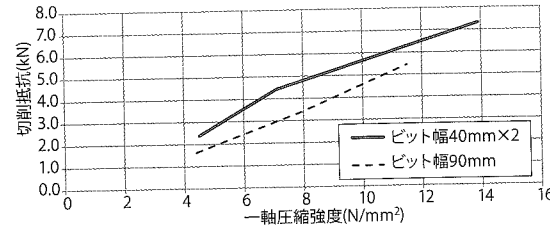


図-6 実験結果③ ビット幅の相違による比較

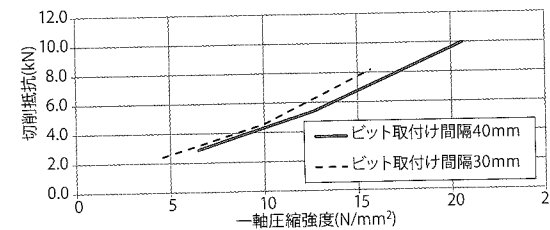


図-7 実験結果④ ビット取付け間隔の相違による比較

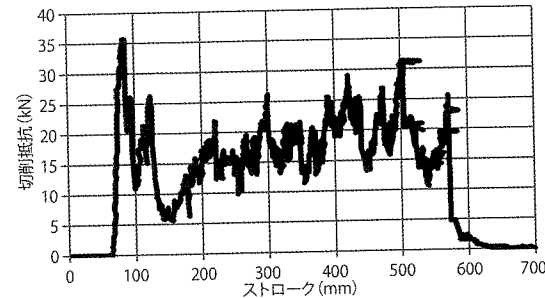


図-8 切削抵抗値

表-2 実験結果⑤ 最大切込み深さビットの比較

強度 (N/mm ²)	切込み抵抗 (mm)	切削抵抗 (kN)	掘進速度 (mm/min)
5	21.8	7.2	30.7
10	20.8	14.1	29.3
15	16.0	35.7	2.5

38.37mm時に、切削抵抗は平均17.11kN、最大35.72kNとなった(図-8)。

4 六面鋼殻合成セグメント

4-1 選定経緯

地下通路は、大断面かつ中柱を設置しない形状で計画されており、RCセグメントの適用はトンネル内空寸法、桁高、許容内空変位などの諸条件から困難であった。そのため、鋼製セグメントやコンクリート中詰め鋼製セグメントを対象とした検討も行ったが、上記の諸条件を満足することは

非常に困難であったため、近年採用が増えてきている六面鋼殻合成セグメント(以下、「六面鋼殻セグメント」)を採用することとした。

六面鋼殻セグメントとは、セグメントの外面となる六面すべてを鋼板で覆い、その中にコンクリートを充填して主鋼材と一体構造とした鋼コンクリート複合部材である。主たる構造部材は、内外面の鋼板とトンネル横断方向に配置された主桁であり、コンクリートとの一体化を図るため、内外面の鋼板にはスタッドボルトを設置している。

4-2 設計概要

セグメント諸元を表-3に、本体断面図を図-9に示す。

断面性能は、スタッドボルトを介してコンクリートと内外面の鋼板が一体になることを想定し、鋼板(スキンプレート)は全断面有効とした。荷重計算は、土かぶりトンネル長径に比べて1~2D未満であり、土のアーチング効果は期待できず、掘削対象土層もN=1の軟弱粘性土層であるため、土水一体の全土かぶり圧を鉛直土圧とした。側方土圧係数λの値は、矩形断面を形成する覆工に発生する断面力のうち、軸力を極力抑えた安全側の設計となるように、0.75を採用した。地盤反力係数kは0とした(表-4)。

構造解析モデルは、セグメント主断面を直線梁とし、セグメント継手を曲げモーメントに対する回転ばね、リング継手をせん断ばねにモデル化した梁-ばねモデルを適用し、常時は全周に配置した地盤ばねの圧縮力のみ有効とし、地震時は圧縮力および引張力を有効とした。

これらの条件より算定された発生断面力および変位を図-10に示す。セグメント本体の応力度の算定にあたっては、軸力と曲げモーメントは地山側と内面側の各鋼板を鉄筋とみなしたRC

断面、せん断力は主桁のみで受持つと仮定した。

セグメント継手に関して、圧縮力は鋼板とコンクリート、引張力はボルトで受持つRC断面と仮

表-3 セグメント諸元

セグメント外径(mm)	横7,250×縦4,275
土かぶり(m)	9.1
土かぶり比H/D	1.5
セグメント種類	六面鋼殻合成セグメント
セグメント幅B(mm)	1,000
セグメント厚さ(mm)	350
セグメント分割数	6
セグメント継手形式	ボルト
リング継手形式	ボルト(片側インサート)

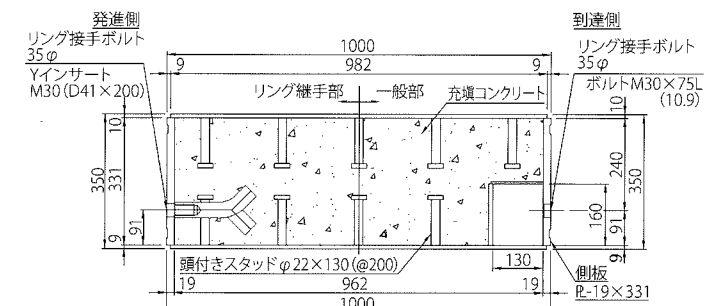


図-9 セグメント構造図(A1型ピース)

表-4 地盤条件

土の種類	地下水位	土水の扱い	N値	γ (kN/m ³)	φ (°)	λ	k (MN/m ³)
沖積粘性土	G.L.-1.0	土水一体	1	16	-	0.75	0

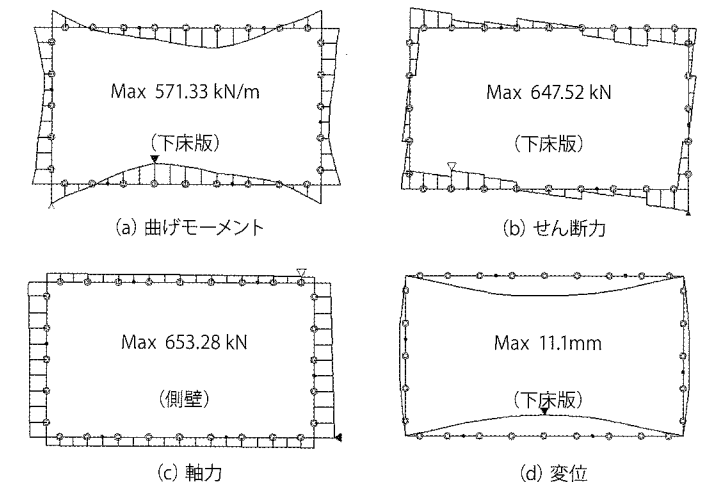


図-10 発生断面力および変位の計算結果

定し、せん断力もボルトで受持つものとした。また、継手板はボルトの引張力を受ける両端固定梁と仮定した。

ジャッキ推力に関しては、リング継手面に対して垂直に荷重が作用するため、セグメントの抵抗性能は大きいと考えられるが、ジャッキが後押しとなる推進工法であるため、偏心量として標準の10mmを採用した。

4-3 性能確認試験

4-3-1 試験方法

6面鋼殻セグメントの性能を確認するために、実物大供試体を製作し、(1)単体曲げ試験、(2)継手曲げ試験、(3)推力試験、(4)組立て試験を実施した。各試験の詳細を以下に記す。

(1) 単体曲げ試験

セグメント本体の曲げ耐荷性能に対する挙動を確認することを目的として実施した(図-11、写真-4)。荷重方法は、鉛直2点荷重・両端可動ピン支持、10kNピッチにて設計荷重まで荷重した。計測は、地山側および内空側鋼板のひずみ、側板のひずみ、鉛直および水平変位に対して行った。

(2) 継手曲げ試験

試験状況を写真-5に示す。当該試験は、セグメント間の継手曲げ耐荷性能に対する挙動を確認することを目的

として実施した。荷重方法は、鉛直2点荷重・両端可動ピン支持、10kNピッチにて設計荷重まで荷重した。計測は、ボルトひずみ、鉛直および水平変位、地山側および内空側の開口量に対して行った。また、ボルト締付けトルク試験もあわせて実施した。

(3) 推力試験

施工時の元押しジャッキ推力に対する挙動の確認を目的として実施した。荷重方法は、スプレッダーシューによる面荷重、セグメントの厚さ方向中心に対し地山側に偏心量 $e=50\text{mm}$ 、200kNピッ

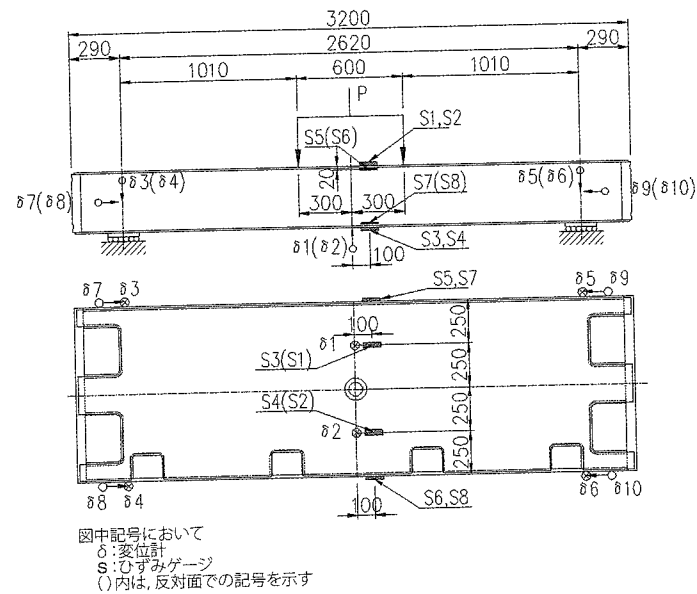


図-11 単体曲げ試験体(A1型ピース)

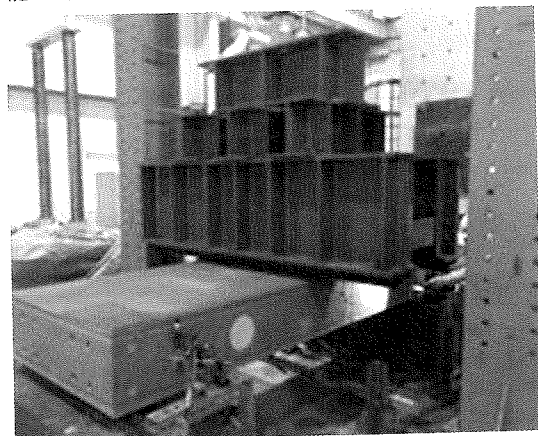


写真-4 単体曲げ試験状況

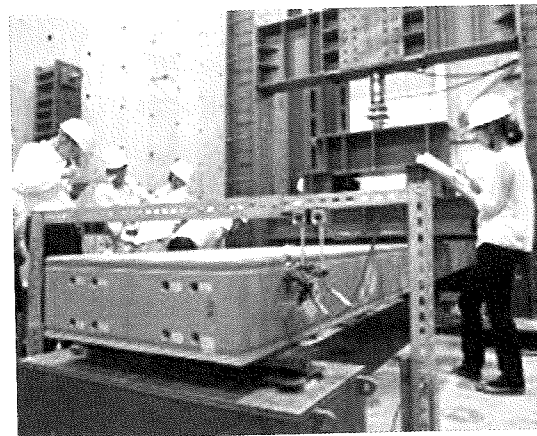


写真-5 継手曲げ試験状況

チで元押しジャッキ推力2500kNまで荷重した。計測は地山側および内空側鋼板のひずみに対して行った。

(4) 組立て試験

製作したセグメントの組立て精度の確認を目的として実施した。また、甲、乙2リングのセグメントリングを水平2段に仮組みし、リング外径、ボルトピッチサークル径を測定した。

4-3-2 試験結果

単体曲げ試験では、鋼殻のひずみ値が許容応力度内にあることを確認した。

継手曲げ試験では、継手ボルトのひずみ値、鉛直および水平変位が許容応力度内にあることを確認した。

推力試験では、鋼殻のひずみ値が許容応力度内にあることを確認した。

組立て試験は、リング外径、ボルトピッチサー

クル径が製作許容値内であることを確認した。

5 実 施 工

5-1 計測計画

函体推進施工時の安全管理・品質管理を目的としたセグメントおよび鉛直方向地盤変位の計測を計画した。計測断面は図-12に示すように、地下通路延長42m間で2断面設定した。また、函体推進時の地盤変位計測は、函体中央直上部の地表面および地中とした。セグメント計測位置と計測断面の選定にあたっては、推進時の坑内スペースと計測期間をできるだけ長くすることを考慮し、到達立坑に近い5Ring目とした。また、5Ring目で不測の事態が発生した場合、その対応期間を考慮し、13Ring目での計測を実施することとした。計測項目は表-5、図-13に、計測管理値は表-6に示す。

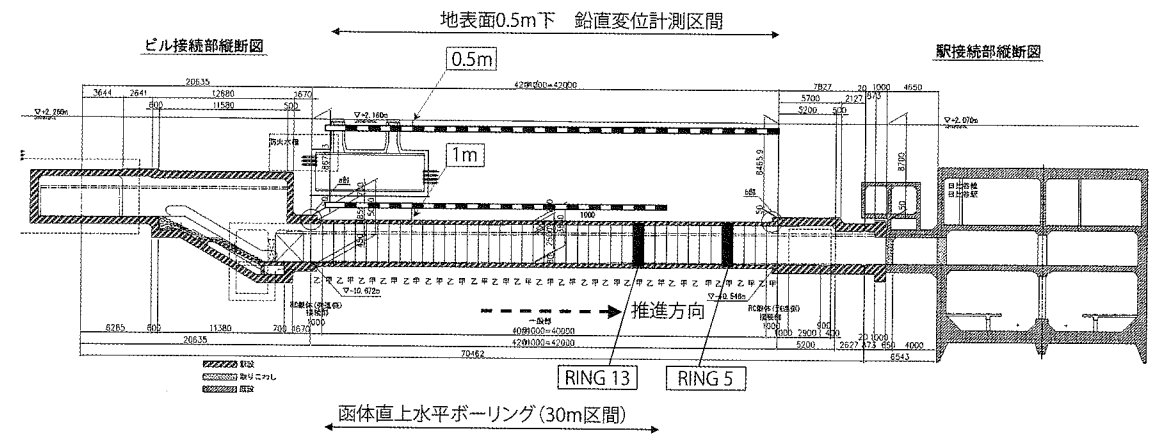


図-12 計測位置図

表-5 計測項目一覧

計測項目	計測機	計測リング	計測数量	計測目的
地表面・地中鉛直変位	水平傾斜計	地表面下0.5m	1側線2.0mピッチ, 20台	函体推進に伴う直上の変位(沈下)
		函体中央直上1m	1側線2.0mピッチ, 15台	函体推進に伴う函体周辺地山の変位(沈下)
セグメント軸方向応力	ひずみゲージ	5 Ring, 13Ring	8か所/1断面	元押しジャッキ推力の伝達状況および推進時の安全性確認
			24か所/1断面 計48か所	
中柱応力	ひずみゲージ	5 Ring, 13Ring	4か所/1断面, 計8か所	施工時に設置する中柱への荷重伝達確認
トンネル内空変位	レーザー距離計	5 Ring, 13Ring	2か所/1断面, 計4か所	セグメント組立て時および推進時の安全性確保
			坑内温度	温度補償導線

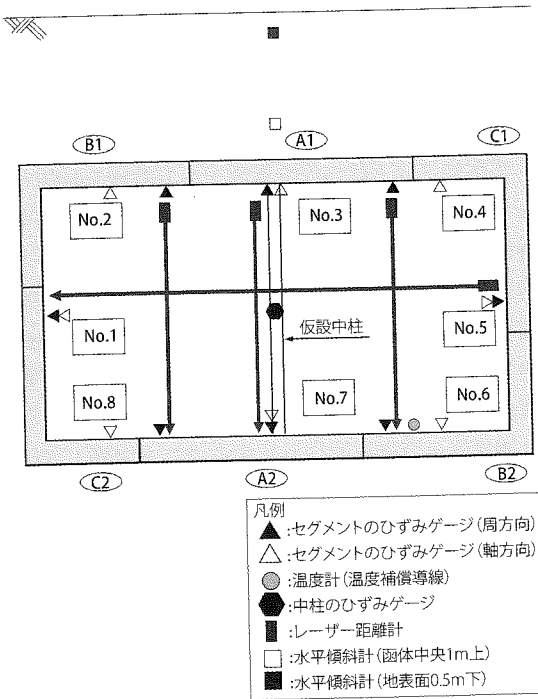


図-13 計測機配置図

表-6 計測管理値

計測項目		設計値	1次管理値	2次管理値	限界値	
地表面鉛直変位	推進中	7.2	13.6	17.4	20.0	
セグメント応力 (N/mm ²)	軸方向	推進中	69.2	161.3	258.0	322.5
		推進中以外	-			
	周方向	中柱あり	16.7	107.5	172.0	
		中柱なし	184.6	184.6	204.3	
中柱応力 (N/mm ²)	中柱あり	85.6	85.6	115.6	144.5	
トンネル内空変位 α (mm)	横幅	中柱あり	2.2	5.0	8.0	10.0
	高さ					

*計測値: 7N/mm²(自重考慮)

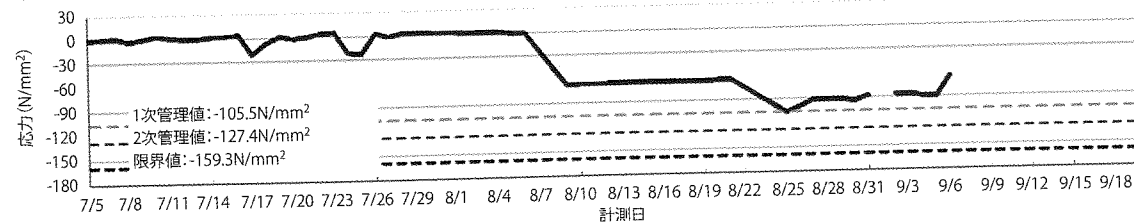


図-14 中柱応力(13Ring)

5-2 施工実績

発進直後の地盤改良区間は、掘進速度 1~3 mm/min, 1 Ring 掘進時間 60min, 1 Ring セグメント組立て時間 240min, 元押しジャッキ総推力 60,000~65,000kN であった。未改良地盤区間は、掘進速度 5~10mm/min, 1 Ring 掘進時間 125min, 1 Ring セグメント組立て時間 180min, 元押しジャッキ総推力 130,000~160,000kN であった。

掘進精度は、水平方向 25mm, 鉛直方向 10mm の誤差で到達した(写真-6)。

5-3 計測結果

ここでは、13Ring の計測結果に着目し考察を行った。地表面および地中変位は、推進機が測点に近づくと隆起傾向を、測点通過後は沈下傾向を示し、地表面および地中とも同様の傾向であった。また、手動計測した地表面変位は、自動計測値と若干の差異は見られたがいずれも道路の維持管理上の基準値内に収まっていた。中柱応力は、到達側から、順次、仮設中柱撤去を行い、当仮設中柱撤去前に約 90.0N/mm² となった(図-14)。

セグメント応力は、当該リングの仮設中柱撤去前(写真-7)は、39.4N/mm², 撤去後(写真

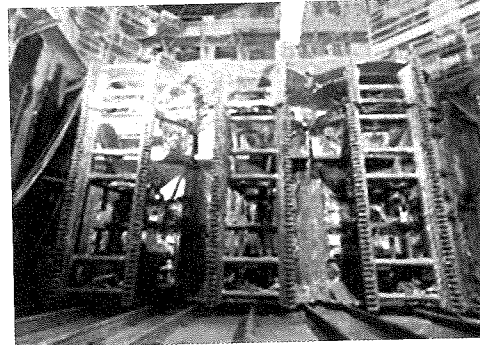


写真-6 到達状況



写真-7 仮設中柱の設置状況

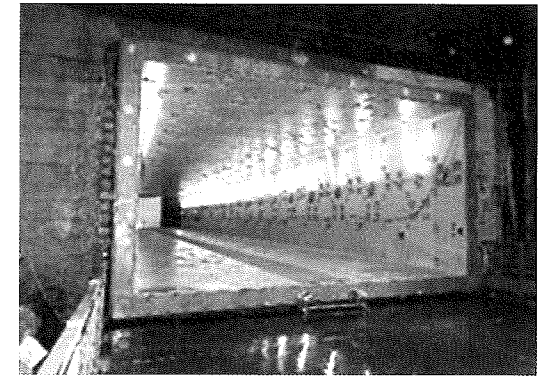


写真-8 仮設中柱撤去後の状況

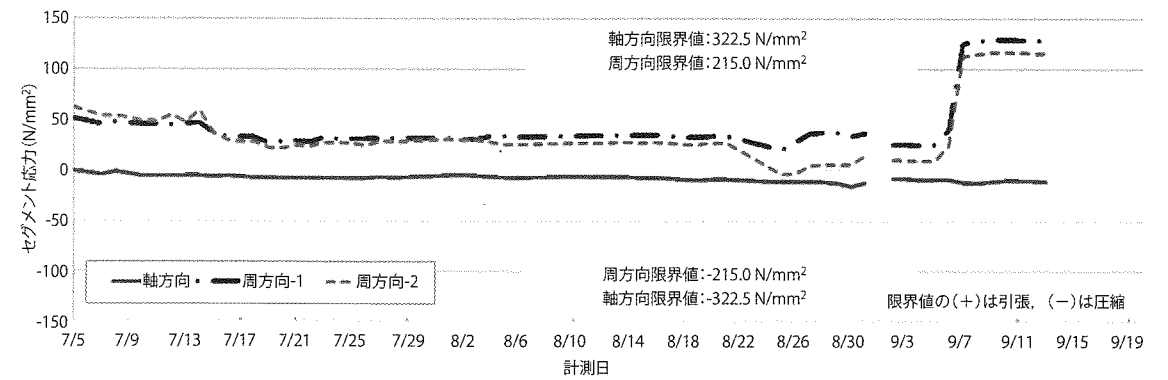


図-15 セグメント応力No.3(13Ring)

-8) は 182.4N/mm² と急激に増加し、その後は一定となった(図-15)。トンネル内空変位は、当該リングの仮設中柱撤去前は鉛直方向約 -2.0mm, 水平方向 0.0mm, 撤去後は鉛直方向約 -24.0mm, 水平方向 -53.5mm であった。

6 まとめ

今回採用した 3 連搖動型推進機および六面鋼殻セグメントは、各種試験、実施工および計測結果のいずれにおいても問題ないことがわかった。

最後に、今後増加が見込まれる非開削工法を用

いた大断面地下通路工事の計画、設計、施工に本稿が参考となれば幸いである。

参考文献

- 一寸木朋也・内田広・小松賢矢：六面鋼殻合成セグメントによる大断面矩形推進トンネルの設計, VI-623, pp.1245-1246, 土木学会 70 回年次学術講演会, 2015.
- 工藤耕一・上木泰裕・藤田浩一：ピットの切削実験による「R-SWING 工法」摺動型掘削機への対応(その 1), VI-848, pp.1695-1696, 土木学会 71 回年次学術講演会, 2016.

土木情報 No. 524

今月の主な入札結果
(12月10日～1月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
関東地整	H28後田樋管改築	株木建設	530
〃	H28-30荒川貝殻樋管改築	新井組	578
北陸地整	H28能越道洲衛道路その1	真柄建設	241.1
〃	〃 小泉道路その8	小倉建設	136.7
近畿地整	天ヶ瀬ダム再開発T流入部本体他建設	大成建設	558
九州地盤	大分212号下屋形T新設	大林・新成JV	4,004
鉄道・運輸機構	中央新幹線, 中央アルプスT(松川)外	戸田・あおみ・矢作JV	19,180
〃	北海道新幹線, 渡島T(南鶴)	前田・西武・協成・森川JV	10,911.99
中日本高速道路	新東名高速道路用沢	大林・奥村組土木JV	12,550
〃	中央自動車道(特定更新等)辰野TN～伊北IC間改良(H28)	オリエンタル白石・熊谷JV	4,609.44
都・財務局	新宿歩行者専用道第2号線Ⅲ期-1工区整備(28三-主4青梅街道)	鉄建・カジマリノペイトJV	2,107
福井県	原子力災害抑制圧道路等整備(仮称)美浜第3T菅浜工区	塩浜・オタ・嶺南JV	1,758.07
〃	〃 (仮称)神野難波江T難波江工区	坂川・関・時岡JV	1,523
長野県	H28県営農村地域防災減事業飯島地区原井1号水路T	田島建設	191.5
愛知県	道路改良事業R301松平T(仮称)建設	名工・太啓・市川JV	1,846.6
鹿児島県	道路整備(交付金)(黎明T)	南生・新留・五月JV	1,358.07
東京都都市づくり公社	清瀬市公下柳瀬川右岸5号雨水幹線整備その3	ロード・今村JV	760
宇都宮市	公下(雨水)築造第1工区(奈坪川第1排水区)(市道545号線)	野沢・菊地・岩原JV	860
横浜市	神奈川処理区上菅田雨水幹線下水道整備(その12)	土志田建設	141.05
川崎市	五反田川放水路施設整備	清水・馬淵JV	4,002.6
名古屋市	山王橋雨水幹線下水道築造	フジタ・日本コムシス・二友JV	3,240
〃	高速度鉄道耐震補強(28-1)(一般土木)	清田軌道工業	734.45
松山市	8号竹原送水管布設替およびシールド	戸田・成武・森田JV	2,356.8
〃	9号	フジタ・吉野・愛媛シールドJV	1,311.26
北大阪急行電鉄	北大阪急行線の延伸事業のうち土木	熊谷・フジタ・森JV	10,350

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

- 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。
 - 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)。
 - 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。
 - 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。
 - 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)

施工

同一立坑から2工区のシールドを二方向同時掘進

—東京都水道局 多摩南北幹線(第一・第二工区)—

東京都水道局多摩水道改革推進本部施設部工事課長 塩田 勉
東京都水道局多摩水道改革推進本部施設部工事課工事第一担当主任 木村 禅
前田・京急・常盤建設共同企業体美住シールド作業所副所長 野村 政志
熊谷・ユーディケー・二友組建設共同企業体清原シールド作業所副所長 山川 泰敦

1 はじめに

多摩地区における送水管は、北部に位置する東村山浄水場および小作浄水場を起点に南に向かって樹枝状に伸びている。このため、相互融通機能が十分ではなく、事故時や震災時のバックアップ能力が低い状況にある。このような状況に対し、当局では、事故時や老朽化した送水管の更新時における代替ルートを確認し、給水安定性を向上させることを目的に、多摩南北幹線(仮称)の整備を進めている。

多摩南北幹線は、東村山浄水場を起点として拝

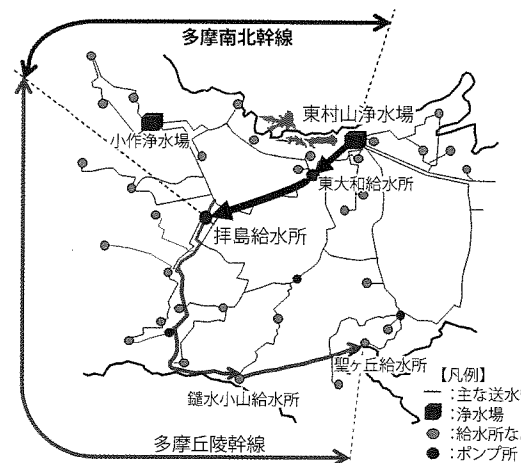


図-1 多摩南北幹線および多摩地区のおもな送水管

島給水所に至る延長15.6kmの送水管であり、途中にある東大和給水所に分岐連絡する。一部の推進工法区間を除き、6工区に分割してシールド工法で施工するものである(図-1)。

本稿は、東村山浄水場から東大和給水所間の区間におけるシールドトンネル築造を、両発進立坑からの二方向同時掘進により施工した事例について紹介するものである。

2 東村山浄水場から東大和給水所間の整備概要

多摩南北幹線のうち、東村山浄水場から東大和給水所間は、東村山浄水場に隣接した美住給水所内のNo.1立坑、東大和市清原一丁目地内のNo.2立坑、東大和給水所に隣接したNo.3立坑、およびNo.1立坑からNo.2立坑間の第一工区、No.2立坑からNo.3立坑間の第二工区で構成されている(図-2)。

2-1 第一工区

第一工区はNo.2立坑を発進後、すぐに曲線(R=60m)を施工し、急曲線(R=30m)を経て都道新青梅街道へ入る。新青梅街道通過後は3連続の急曲線(R=10m)を施工し、美住給水所内のNo.1立坑へ到達する。

本工区の整備内容は以下のとおりである(図-2)。

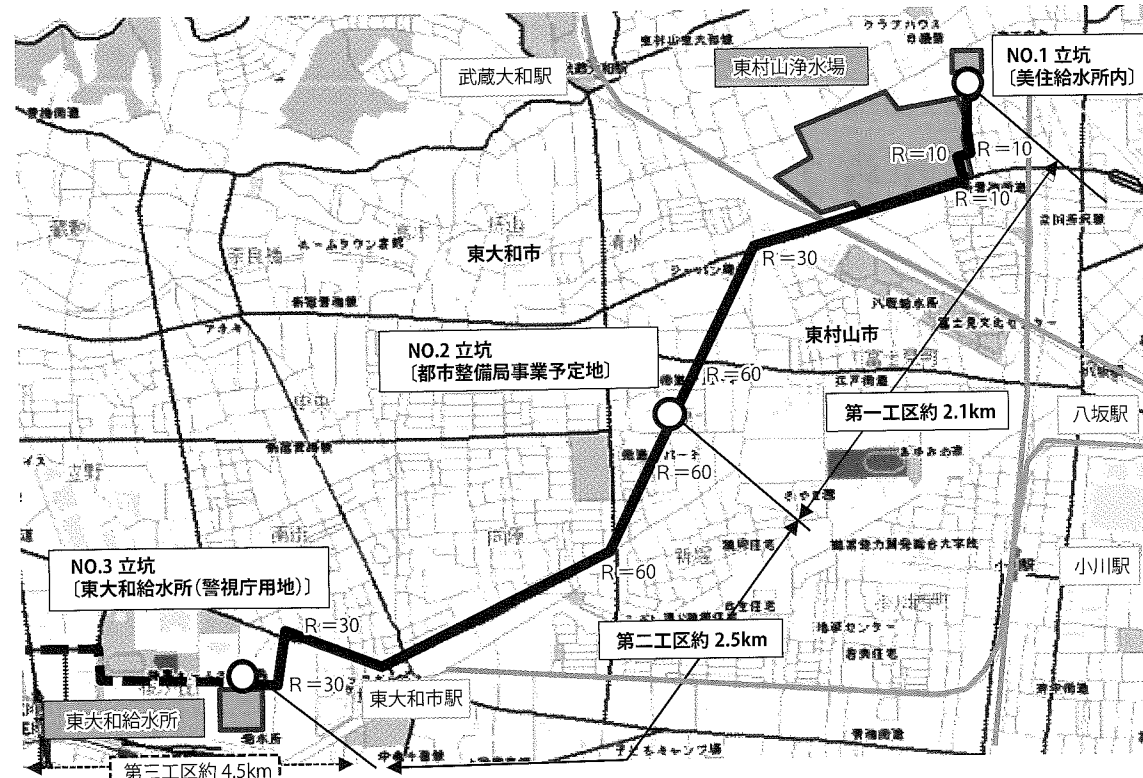


図-2 整備ルートおよび立坑位置

- ・トンネル延長：2,123.3m
- ・シールド諸元：泥土圧シールド
- ・一次覆工：内径φ2,700mm(鋼製セグメント)

2-2 第二工区

第二工区はNo.2立坑を発進し、曲線(R=60m)を経て、東大和市駅(西武拝島線)付近を通過後は急曲線(R=30m)を施工し、東大和給水所に隣接したNo.3立坑へ到達する。

本工区の整備内容は以下のとおりである(図-2)。

- ・トンネル延長：2,520.3m
- ・シールド諸元：泥土圧シールド
- ・一次覆工：内径φ2,700mm(鋼製セグメント)

2-3 No.2立坑

No.2立坑は、経済性、工期短縮および施工性の観点から自動化オープンケーソン工法(SOCS工法)を用いた円形立坑とした。また、シールドの発進部には直接掘削可能なSEW工法を採用した。SEW工法は、土留め壁のシールド通過部にFFU部材を組み込んだシールド直接発進工法である。

FFU部材は高強度で耐久性に優れた素材であり、土留め壁のシールド通過部に組込むことで鏡切り作業が不要となるため、安全性の向上とともに工期短縮が期待できる。

立坑の外径は15.6m、内径は下部13.0m、上部13.6m、深さは38.7mである。

3 両発進立坑からの二方向同時掘進

3-1 発進立坑の検討

立坑用地の一覧を表-1に示す。

No.1立坑は美住給水所の敷地内であり、同用地内には送水ポンプ所となる美住ポンプ所(仮称)を築造する予定である。No.2立坑は、東京都都市整備局の事業予定地内であり5,000m²以上の借地が可能である。No.3立坑は警視庁用地内にあるが、用地内にあるグラウンドに干渉しない範囲での借用となるため、借地可能な面積は1,000m²以下である。これらの条件を踏まえ、シールド発進基地の検討を行った。

表-1 立坑用地一覧

	No.1立坑	No.2立坑	No.3立坑
概略図			
所在地	東村山市美住町二丁目13番地内(美住給水所内)	東大和市清原一丁目1番地内(都市整備局事業予定地内)	東大和市桜が丘三丁目44番地内(警視庁用地内)
借地可能面積	約2,000m ²	5,000m ² 以上	約1,000m ²

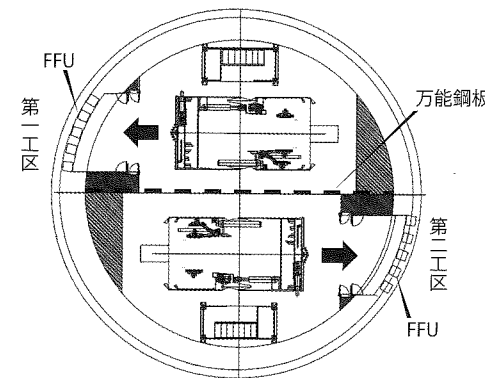


図-3 立坑下部の施工ヤード図

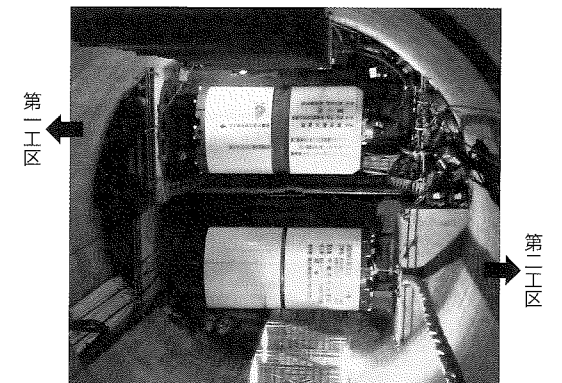


写真-1 No.2両発進立坑シールド配置状況

No.1立坑を第一工区の発進立坑とした場合、地上に配置するシールド設備が支障となり、美住ポンプ所の築造工事と競合して施工することができない。

No.3立坑は、第三工区の発進立坑としており、借地面積が1,000m²程度と狭く第二工区の施工ヤードを確保するスペースがないため、両発進立坑とすることはできない。

3-2 両発進立坑の決定

以上のことから、5,000m²以上と広い用地があるNo.2立坑を両発進立坑とし、2工区分のシールド設備を用地内に配置して二方向同時掘進とすることで、事業を効率的に推進することとした。

立坑築造時の掘削容量、工期およびシールド工場の施工性を踏まえ、発進立坑内でシールド縦断位置を一致させ、平面位置をずらして同時掘進することとした(図-3, 写真-1)。

3-3 施工ヤードの区分

No.2立坑では、地上部と立坑下部の施工ヤードを第一工区と第二工区で共有しての同時掘進となることから、安全かつ円滑に施工を進めるためには、各工区の施工ヤードを完全に区分する必要がある。

施工ヤードは防音ハウスで囲われており、壁は別途工事で施工したが、工事完了時期が遅い第二工区受注者が屋根の設置およびハウス全体の管理を行っている。

地上部は、各工区のヤードの境界にB型バリケードなどを設置することで明確に区分し、シールド設備(排泥設備、排水設備、裏込め設備、セグメントストックヤードなど)を別々に配置した(図-4, 写真-2)。また、資機材の搬出入口も別々に設けることで、搬出入経路の重複を回避した。セグメントや管材料などの重量物を吊る作業において

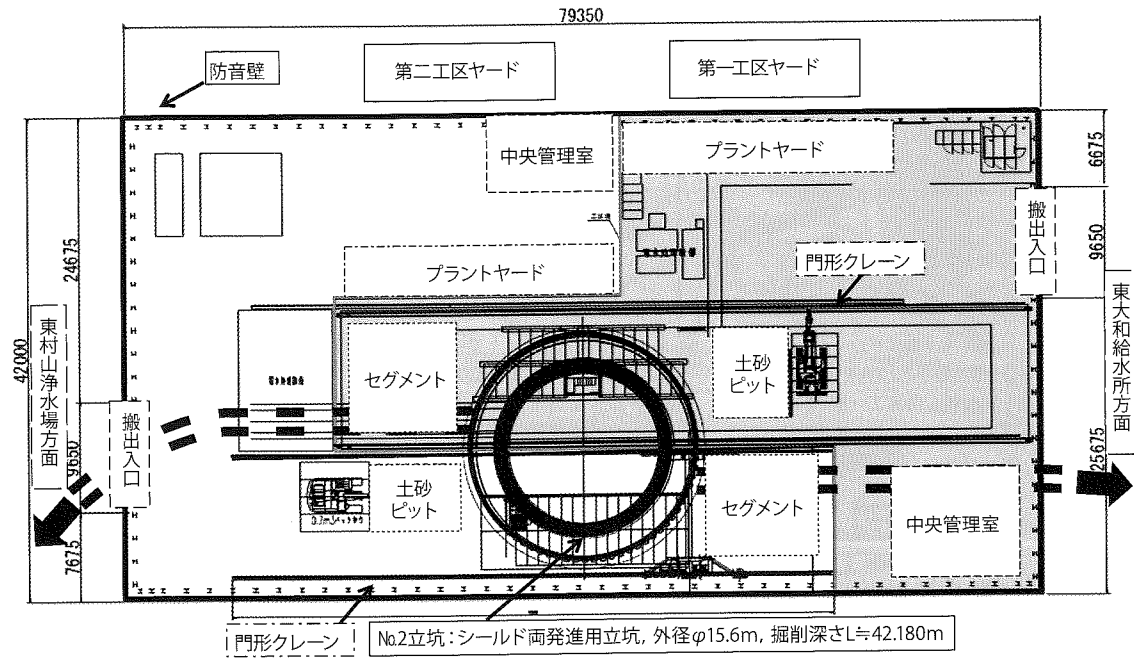


図-4 地上ヤード区分図

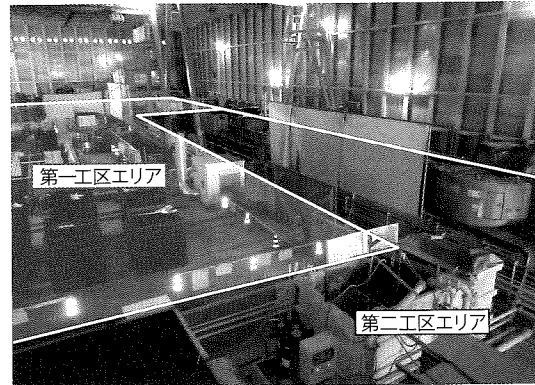


写真-2 地上ヤードの区分状況

も同時作業ができるように、門形クレーンの基礎鋼材の一部を立坑上に架設配置し、立坑上部に2基設置した。さらに、土砂ピット周囲では土砂および泥土が他工区のヤードへ飛び散るおそれがあったため、養生シートを広範囲に設置し、電装品などへの飛散を防止した。

立坑下部の施工ヤードには万能鋼板(H=3,000mm)を設置し、各工区の施工ヤードを明確に区分した(図-3)。また、作業床が同じ高さであることから、一方の工区において油圧ホースが破損し油が流出した場合は、両工区へ影響が及ぶ。このた

め、床にオイルマットを敷き、境界部にはブロックを積むことで、万が一、油が漏れた場合でも隣接工区に影響が及ばないように対策を講じた。

このように、施工ヤードを完全に区分し、事故時においても隣接工区への影響が最小限となるよう、施工・安全管理区分を明確にした。

これらの安全対策を踏まえて、労働基準監督署と協議をした結果、統括安全衛生責任者の選任は不要となった。また、通常は1敷地1引込みとなる電力供給についても、各工区で異なる系統から高圧電力を受電することが可能となった。

3-4 工区間の作業調整

立坑下部の施工ヤードは万能鋼板により完全に区分されているが、立坑の開口部は物理的に区分することができない。このため、通常の作業所以上に綿密に工区間の作業調整を行う必要があった。

そこで、発注者である東京都水道局と各工区の受注者とで構成する協議会を毎月開催した。協議会では、各工区の進捗状況や立坑直上部での競合作業などの課題を共有し、解決を図った。シールド投入作業やシールド初期掘進時の仮セグメント上部開放作業などは、大型のラフテレーンクレー

ンを使用し超重量物を扱うため危険性が高い。これらの作業については安全を最優先し、一方の工区の作業を一時的に休止するなどの対策を行った。

受注者間では、現場代理人どうしによる毎日の作業調整打合せや、監理技術者を加えた週間工程調整会議を実施した。しかし、立坑直上部の防音ハウス屋根設置工とシールド初期掘進工との競合など受注者間では調整が整わない事項については、必要に応じて臨時的協議会を開催し、シールド初期掘進工を一時中止するなどの方針を決定した。

3-5 初期掘進時の偏芯

一般的なシールド掘削では、立坑躯体に対してシールド掘進方向が直角であるため、地山の掘削と立坑躯体の掘削とで土砂取込み時に部分的な偏りが起きる可能性は低い。しかし、本工事のNo.2立坑における坑口部の取合いは、図-3に示したとおり円形立坑の中心からずれているため、以下の点に留意して施工を行った。

3-5-1 土砂の過剰取込み防止

シールド発進部の土質は舎人層の粘性土であり、砂混じりシルト、砂質シルトを主とするN値が異なる土層からなる。土質調査の結果では、硬質シルトを主体に微細砂が多く混入しているものの、場所により固結したまま棒状でコア回収されていた。しかし、立坑築造はオープンケーソン工法であったため、立坑周面では沈設に伴う地山(粘性土層)の乱れが想定されていた。

初期掘進時(FFU部材切削時)には、図-5に示すようにFFU部材、コンクリートおよび地山(砂混じりシルトおよび砂質シルト)といった性状の

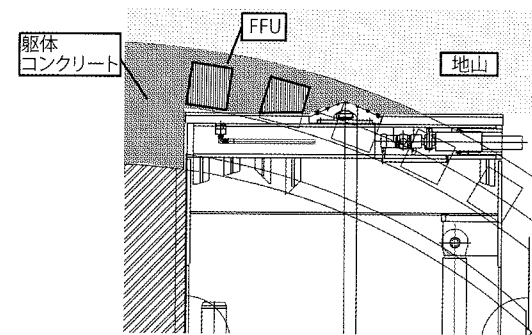


図-5 FFU切削状況図

異なる物質を同時に掘削するため、崩れやすい乱れた土層を過剰に取込み、地盤沈下が発生する可能性があった。このため、地山の取込みが先行しないよう、適正に掘進状況を管理する必要があった。

そこで、第一工区では、通常の油圧排土ゲートではゲートの開閉に時間を要するため、排土口に手動排土バルブを追加で取り付けられた。これにより、切羽土圧監視者と手動バルブ操作者が、常時連絡を取りながら、バルブを短時間で開閉することが可能となり、排土量を微調整することで切羽土圧を緻密に管理することができた(写真-3)。第二工区では、スクリーコンベヤの回転数と油圧ゲートの開閉調整で排土量を調整しながら切羽土圧の管理を行った。

また、加泥材にはポリマー系の材料を用いて粘性を増大させた。ポリマー系材料は地山との混合攪拌により間隙水を排除することが可能であり、切羽の安定につながる。

これらの対策に加え、土砂の想定取込み量と鋼車への積込み量を確認することで、過剰取込みの防止に努めた。その結果、坑口地上部が隆起、沈下することなく初期掘進を終えることができた。

3-5-2 FFU部材の大割れ対策

FFU部材は、立坑掘削時に土圧および水圧に

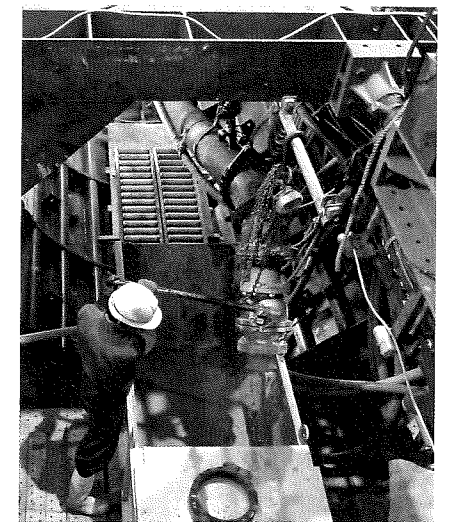


写真-3 手動排土バルブ操作状況

耐える構造材料としての強度を有し、かつシールドの発進時に容易に切削できる材質である。このため、従来の鏡切りによる出水リスクを軽減することができ、工期の短縮が可能である。しかし、もともとFFU部材がガラス繊維であることに加え、本工事ではシールド掘削面盤の向きに対してFFU部材の繊維の切削角度が様でないことや、複数のFFU部材が同時に切削される配置でないことから、大割れする可能性が高かった。大割れが発生した場合、スクリー部が閉塞する可能性が高い。

そこで、大割れ防止策として、シールド掘進速度を1~3 mm/min程度で管理し、掘削面全体を確実に切削することでFFU部材への局所的な応力の集中を回避した。通常の油圧系統では1~3 mm/minといった微速調整ができないため、専用の油圧回路を設け微速運転を可能とした。

また、シールドのビットについても、FFU部材の切削を考慮したものとした。FFU部材切削時の先行ビット先端とカッタビット先端の高さの差は、5 mm以下が適していることが実験で確認されている。しかし、両工区ともに到達時にもFFU部材を切削すること、シールド掘進時のビットの摩耗により先行ビット先端とカッタビット先端の高さの差が変化する可能性があることから、受注者・マシンメーカーの施工実績をもとに土層や掘進延長からビットの摩耗などを検討し、各工区のビット高さを図-6, 7のとおりとした。

さらに、大割れに伴うスクリー閉塞の対策として、第一工区ではスクリー各所に複数のバルブを設け、そのバルブから閉塞解除工を実施可能とした。第二工区ではスクリーをリボン式にすることで、大割れの取込みも可能とした。

これらの措置を講じてシールドを発進した結果、長さ200mmを超えるFFU部材片(写真-4)が取り

トンネルと地下

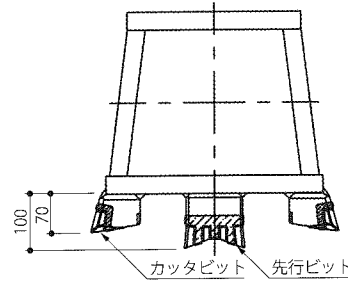


図-6 ビット寸法(第一工区)

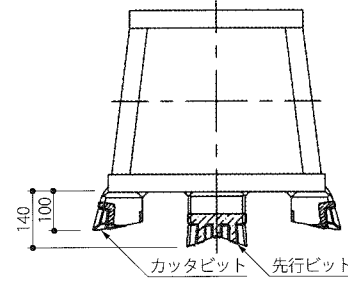


図-7 ビット寸法(第二工区)

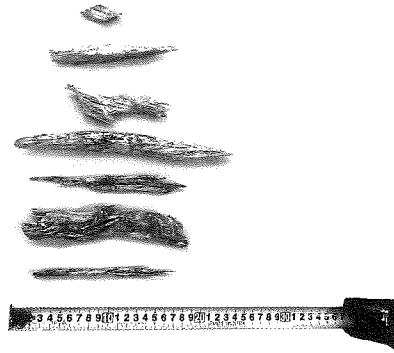


写真-4 切削されたFFU部材

込まれたこともあったが、両工区とも大割れによるシールド閉塞を起こすことなく無事に初期掘進を終えた。

4 おわりに

作業ヤードを完全に区分し、綿密な施工管理と徹底した安全管理体制のもとで施工を行ったことで、同一立坑内での二方向同時掘進を実現した。また、二方向同時発進は、両工区ともに円形立坑の中心からずれた位置からの発進となったが、適切な土圧管理や発進時の掘進速度制御、ビットの工夫などにより、無事に初期掘進を完了した。その後の本掘進においても、大幅な工程変更などはなくトンネルを築造することができた。

本工法は、施工する土質の性質などを考慮する必要があるものの、他の施工現場への適用の参考になれば幸いである。

連載講座

トンネル新技術への挑戦(15)

—道路トンネルの点検システム—

「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会

① はじめに

中央自動車道笹子トンネルの天井板落下事故を受けて、トンネル本体工やトンネル内諸設備の点検・補修に関して、国交省は「トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示」(平成26年国土交通省告示第426号)にもとづき健全性の診断を義務づけた。これによって、近接目視により5年に1回の頻度を基本として定期点検を行い、その結果にもとづいて健全性の分類を行うこととなった(『定期点検要領』2014(平成26)年6月)。

日本道路協会では、『道路トンネル維持管理便覧(本体工編)』を2015(平成27)年6月に整備し、さらに『同(付属施設編)』を整備中である。本体工編では、本体工の点検においてトンネル付属物の取付け状態に関して確認を行うとともに、付属物の点検結果や行われた措置に関して情報の共有を行い、点検の精度や質の向上に留意する必要がある。また、記録の重要性についても言及されており、点検や措置の実施とともに実施結果のデータ蓄積が各関係機関において図られている状況である。

東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株)(以下、「NEXCO 3社」という)では、高速道路の特性を考慮のうえ、『保全点検要領⁴⁾』を定め点検を行っている。これらの点検結果や行われた措置に関して情報の共有を図るとともに、点検結果を記録し、次の点検に役立てる

ためにトンネル・マネジメント・システム(以下、「TMS」という)を構築して、点検の効率化に努めている。ここでは、同様なシステム構築を検討している機関の参考になるようTMSの概要について紹介する。

② 開発の背景

NEXCO 3社の管理する高速道路には2016(平成28)年3月末現在で1,808チューブ、チューブ延長1,705kmの道路トンネルが存在する。矢板工法やNATMによる山岳工法が大部分を占めるが、開削工法、シールド工法によるトンネルも少なからず存在する。また、供用から20年以上経過したトンネルの管理延長が50%を超えており、道路トンネルの点検の高度化・効率化が求められている。NEXCO 3社の管理する道路トンネルの延長の工法別内訳と推移を図-1に示す。

そのような中、トンネルの点検技術は、従来の目視を主体とした人力による主観的・定性的な技術から、非破壊検査技術や画像処理技術の開発・導入により、客観的・定量的な技術へ移行している。このため、ひび割れ展開図の作成方法の統一化や、点検結果の定量的な評価基準の作成、統一的なフォーマットによる点検データの蓄積方法が重要な課題であった。

③ 開発の経緯

TMSの開発にあたっては、覆工コンクリート

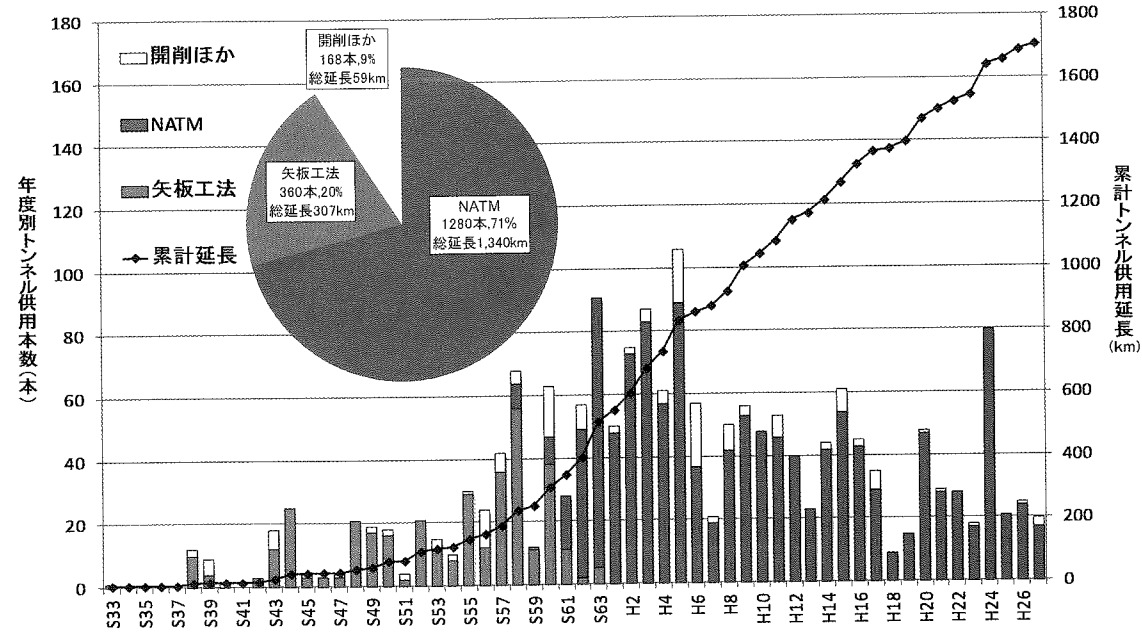


図-1 NEXCO 3社の管理する道路トンネルの延長の工法別内訳と推移(平成28年3月)

の表面画像撮影から、ひび割れ展開図を作成する作業や、各種帳票の出力などの作業をできるだけ効率化する必要があった。そのため、点検者の技能によるところをできるだけ排除し、定量的な評価を行うための支援と統一フォーマットによる確実な点検データの蓄積を行うことが可能となるシステムの開発が望まれた。

さらに、蓄積された点検データを活用し、変状原因の推定や劣化予測システムの構築により、適切な時期に的確な対策を計画することで、ライフサイクルコスト削減にも寄与できると考えている。

4 TMSの概要

4-1 システムの目的

TMSは、トンネル構造体としての経年変化を把握するための効率的な点検データの記録保存と、これらの記録を用いて行う健全度判定、変状原因推定、劣化予測および対策工選定を支援とすることを目的として構築したシステムである。

4-2 システムの構成

TMSは、点検や補修においてひび割れ展開図の作成や各種帳票の作成を行う「ひび割れ点検支援システム」と、「ひび割れ点検支援システム」で

作成されたデータを取り込んで、変状原因推定や対策工選定などを行う「マネジメントシステム」の2つのシステムで構成される。TMSのシステム構成図を図-2に、TMSの機能概要図を図-3に示す。

また、ひび割れの幅、長さ、分布および方向性に関する評価については、ひび割れ指数(以下、「TCI: Tunnel-lining Crack Index」という)を用いて定量的な評価を行っている。

4-2-1 TCIの概要

(1) TCIの算出式

岩盤工学の分野では、岩盤中のひび割れ(節理)の密度や方向、幅が岩盤物性(変形係数、透水係数)に大きく影響するため、これらの影響を総括的に定量化できる指標の「クラックテンソル」が用いられてきた¹⁾。一方、既往の研究²⁾において、覆工コンクリートのひび割れ評価指標として、この「クラックテンソル」を参考に、TCIが提案されている。

TCIの基礎式を式(1)に示すとともに、その概念図を図-4に示す。式(1)により求まる F_{11} 、 F_{22} は、それぞれTCIの縦断成分、横断成分を示すものである。覆工コンクリートの劣化の指標 F_0 は、

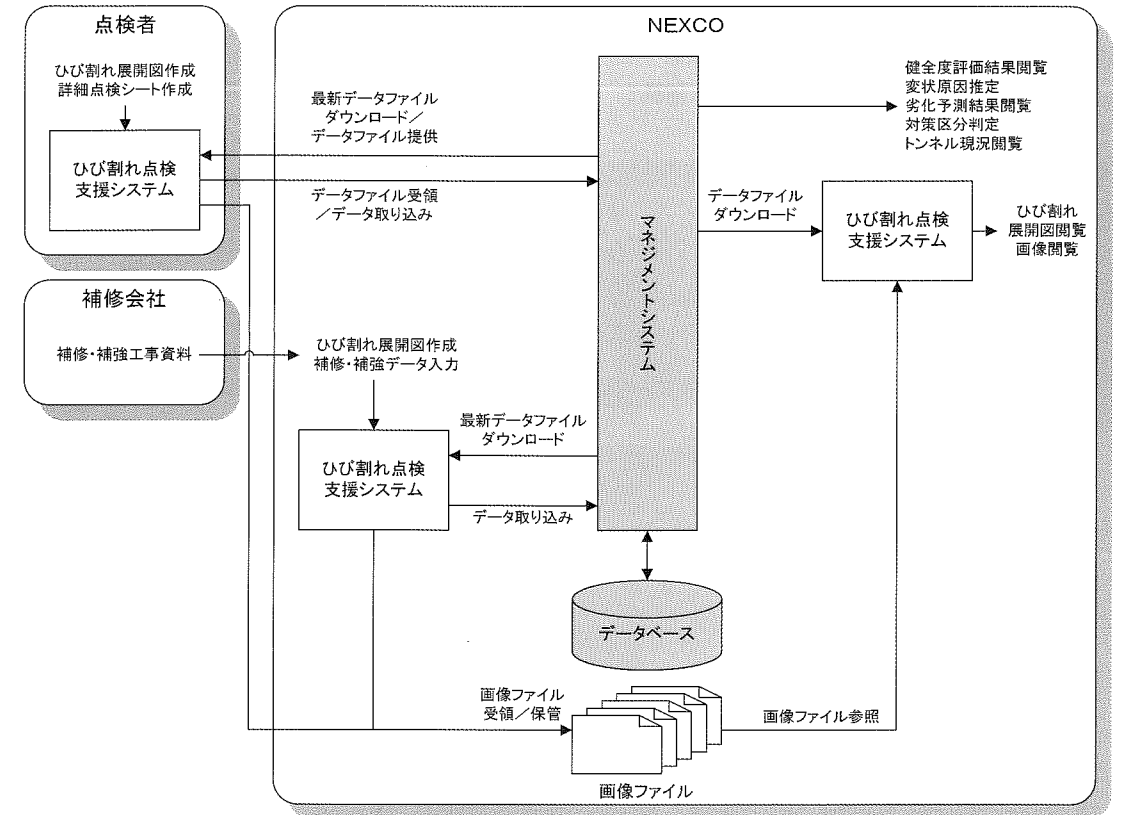


図-2 TMSのシステム構成図

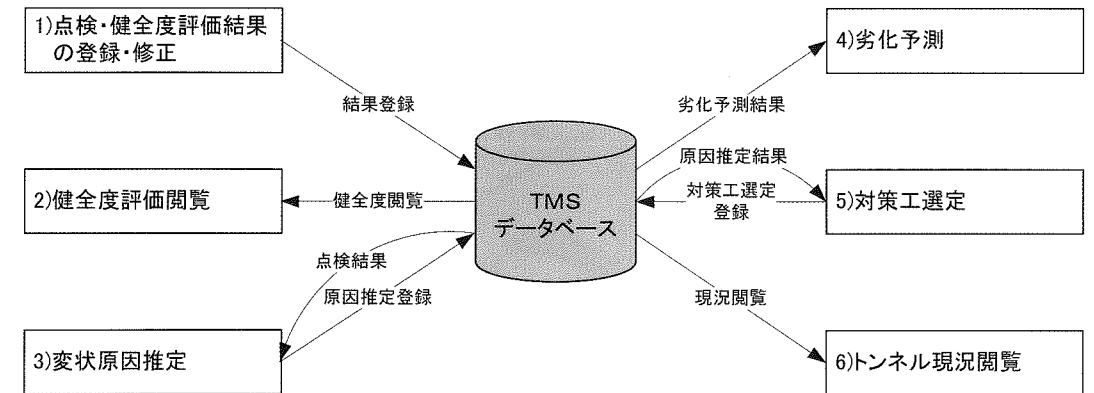


図-3 TMS機能概要

テンソルの不変量として縦断、横断成分の和($F_0 = F_{11} + F_{22}$)として表され、この F_0 をTCIの変状程度の評価値とした。

$$F_0 = \frac{1}{A} \sum_{k=1}^n (l^{(k)})^\alpha (l^{(k)})^\beta \cos \theta_i^{(k)} \cos \theta_j^{(k)} \quad (1)$$

A : 覆工コンクリートの面積 ($A = L_s \times L_a$)

L_s : 覆工コンクリートの縦断延長

L_a : 覆工コンクリートの横断延長

n : ひび割れの本数

$l^{(k)}$: ひび割れ k の長さ

$t^{(k)}$: ひび割れ k の幅

$\theta_i^{(k)}$: ひび割れ k の法線ベクトルが x_i 軸となす角度

$\theta_j^{(k)}$: ひび割れ k の法線ベクトルが x_j 軸となす角度
 α : ひび割れ幅の重みづけに関する係数
 β : ひび割れ長さの重みづけに関する係数

(2) TCIの算出例

図-5に示す例において、求める F_0 は、ひび割れ番号①、②における F_{11} と F_{22} の総和となる。以下に、計算例を示す。なお本計算例では、ひび割れ幅、長さに関する係数 α, β を便宜上1.0と仮定して求めた。

$$F_{11} = \frac{0.005 \times 10 \times \cos 60^\circ \times \cos 60^\circ}{10 \times 30} + \frac{0.001 \times 5 \times \cos 140^\circ \times \cos 140^\circ}{10 \times 30} = 5.14 \times 10^{-5}$$

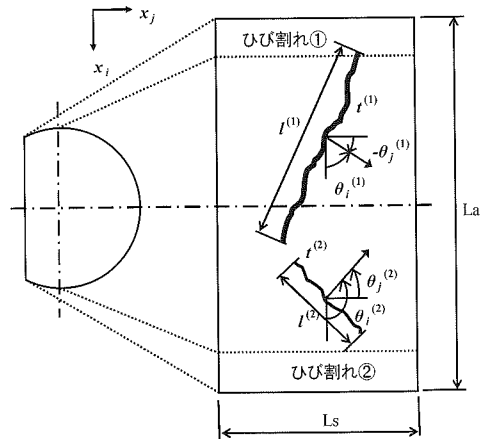


図-4 TCIの概念図²⁾

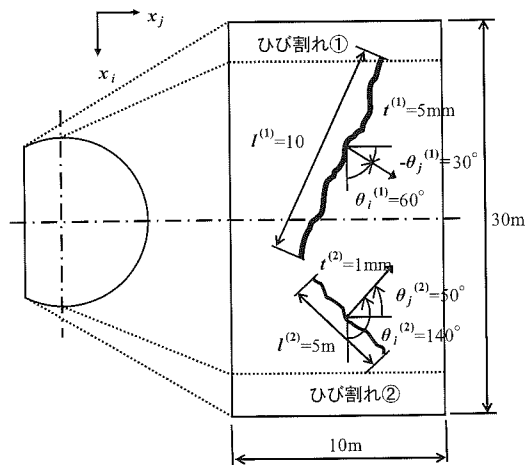


図-5 TCIの算出例の展開図²⁾

$$F_{12} = F_{21} = \frac{0.005 \times 10 \times \cos 60^\circ \times \cos (-30^\circ)}{10 \times 30} + \frac{0.001 \times 5 \times \cos 140^\circ \times \cos 50^\circ}{10 \times 30} = 6.40 \times 10^{-5}$$

$$F_{22} = \frac{0.005 \times 10 \times \cos (-30^\circ) \times \cos (-30^\circ)}{10 \times 30} + \frac{0.001 \times 5 \times \cos 50^\circ \times \cos 50^\circ}{10 \times 30} = 13.2 \times 10^{-5}$$

$$F_0 = F_{11} + F_{22} = \sqrt{F_{11}^2 + F_{12}^2 + F_{21}^2 + F_{22}^2} = 18.3 \times 10^{-5}$$

(3) TCIの特性

TCIは、ひび割れの量の変化とひび割れの方向性を評価できる特性を有している。

表-1は、ケースA-1~A-3(トンネル軸直角方

表-1 ひび割れ量が異なる場合のTCI算出例

ケース	A-1	A-2	A-3
模式図 (A=210.1m ²)			
ひび割れ本数	10	10	10
幅(mm)	2.5	2.5	5.0
長さ(m)	3	6	3
密度(cm/m ²)	14.3	28.6	14.3
TCI(×10 ⁻⁴)	3.57	7.14	7.14

表-2 ひび割れ方向性が異なる場合のTCI算出例

ケース	B-1	B-2	B-3
模式図			
ひび割れ方向 θ_1	90°	45°	0°
ひび割れ方向 θ_2	0°	45°	90°
TCI(×10 ⁻⁴) F_{11}	0	1.79	3.57
TCI(×10 ⁻⁴) F_{22}	3.57	1.79	0
TCI(×10 ⁻⁴) F_0	3.57	3.57	3.57

*ひび割れ幅2.5mm, 長さ3m, 本数10本, 面積A=210.1m²

向ひび割れ)を用いて、ひび割れ量に対するTCIの特性を整理した結果である。この結果に示すように、同じひび割れ方向にあっても、ひび割れの

幅、長さ(累計長)が異なると、異なるTCIを示すことができる。とくに、このTCIによる評価法(以下、「TCI評価法」)では、ひび割れ量に対して、

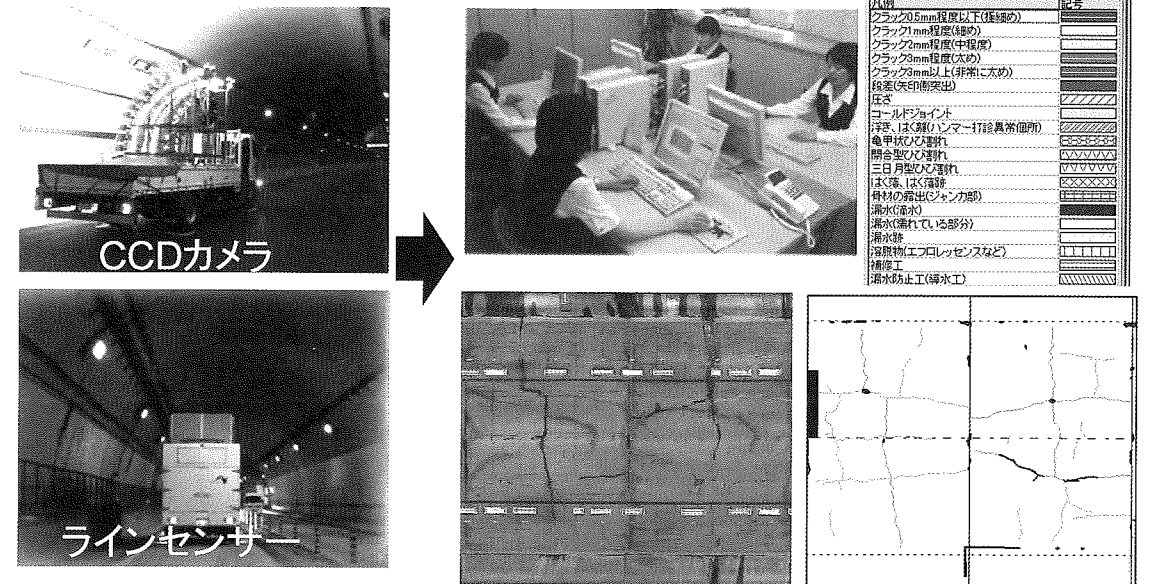


図-6 ひび割れ展開図の作成状況

場所	内容	面積(m ²)	深さ/長さ(m)	点検要領判定	損傷部位	状況	発生年月日
121	豆板	0.3	10	A1	アーチ部	点検時除去	2003/12/12
122	コールドジョイント	5.234	2.23	A1	アーチ部	変化なし	2005/12/13
123	ブロック状(閉合)	0.3	5	A2	側壁部	変化なし	2005/12/30
124	スケーリング	0.3		A3	アーチ部	新規	2020/12/14

図-7 帳票の作成状況

段階的なランクづけ評価と異なり、連続した数値で評価できる点に優位性があるものと思われるため、進行性の評価を行ううえで有効な手法と考えられる。なお、本検討では過去の検討結果³⁾を踏まえ、ひび割れ幅と長さに関する係数 α 、 β を同じ重み1.0に設定した。

また、TCI評価法の特徴としてひび割れの方向性を評価に取り入れることが可能である。同じひび割れ量でも、その方向性が異なるケースについて試算を行った。計算に用いたモデルは、表-2に示すケースB-1(トンネル軸直角方向： $\theta_1 = 90^\circ$, $\theta_2 = 0^\circ$)、ケースB-2(同45度方向： $\theta_1 = \theta_2 = 45^\circ$)、およびケースB-3(トンネル軸方向： $\theta_1 = 0^\circ$, $\theta_2 = 90^\circ$)の3ケースである。

表-2に示す F_0 は、 F_{11} と F_{22} の和であるため、理論上、3ケース間の差異はないことになる。そのため、 F_{11} と F_{22} を整理することにより、トンネル軸方向および軸直角方向の成分を個々に定量化し、変状原因の推定に活用している。

4-2-2 ひび割れ点検支援システム

ひび割れ点検支援システムはパソコンにインストールして使用するソフトウェアであり、以下のとおり利用する。

- ① CCDカメラなどで撮影した覆工表面画像や点検結果にもとづき、ひび割れ展開図や帳票を作成する。ひび割れ展開図にひび割れの形態や損傷形態を入力すると同時に損傷内容の入力も行う。ひび割れ展開図の作成状況を図-6に、帳票の作成状況を図-7に示す。また、ひび割れの評価については、スパンごとのTCIをひび割れ点検支援システム上で、自動計算するため、ひび割れ展開図を作成するだけで、ひび割れの幅、長さ、分布および方向性に関する評価を行うことができる。
- ② 補修が行われた場合は、補修・補強工事資

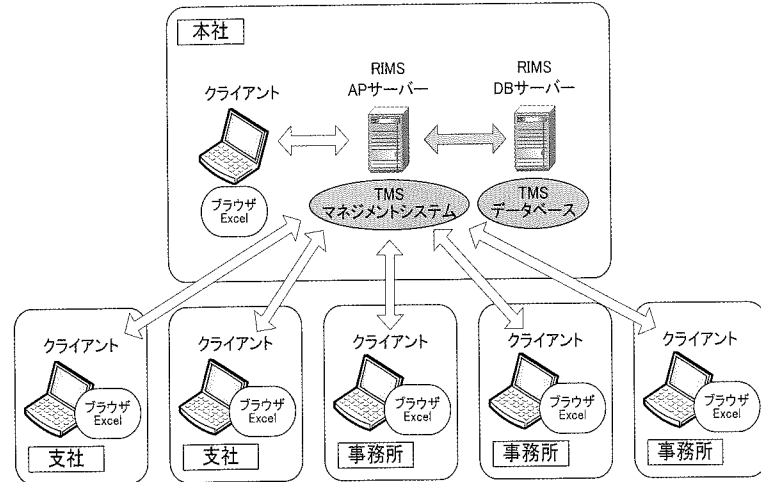


図-8 道路保全情報システムの導入環境

料にもとづき、ひび割れ展開図の修正、補修・補強データの入力を行う。

- ③ TMSのマネジメントシステムに管理されているひび割れ点検支援システムのデータファイルに覆工スパンごとにデータが一元化されており、ダウンロードを行えば、最新のひび割れ展開図を閲覧することができる。

4-2-3 マネジメントシステム

マネジメントシステムは、NEXCO 3社の道路保全情報システムサーバーにインストールして使用するソフトウェアであり、以下のとおり利用する。道路保全情報システムの導入環境については図-8に示す。

- ① 点検におけるひび割れ展開図や詳細点検シート⁴⁾作成のため、最新のひび割れ点検支援システムのデータファイルをダウンロードする。点検が完了すると、ひび割れ展開図や詳細点検シートを、TMSのデータベースに登録する。
- ② 補修・補強におけるひび割れ展開図修正などが発生した場合は、最新のひび割れ点検支援システムのデータファイルをダウンロードする。補修・補強結果を反映したひび割れ展開図を、TMSのデータベースに登録する。
- ③ 登録されたデータをもとに、健全度評価結果の閲覧、変状原因推定、劣化予測結果の閲覧

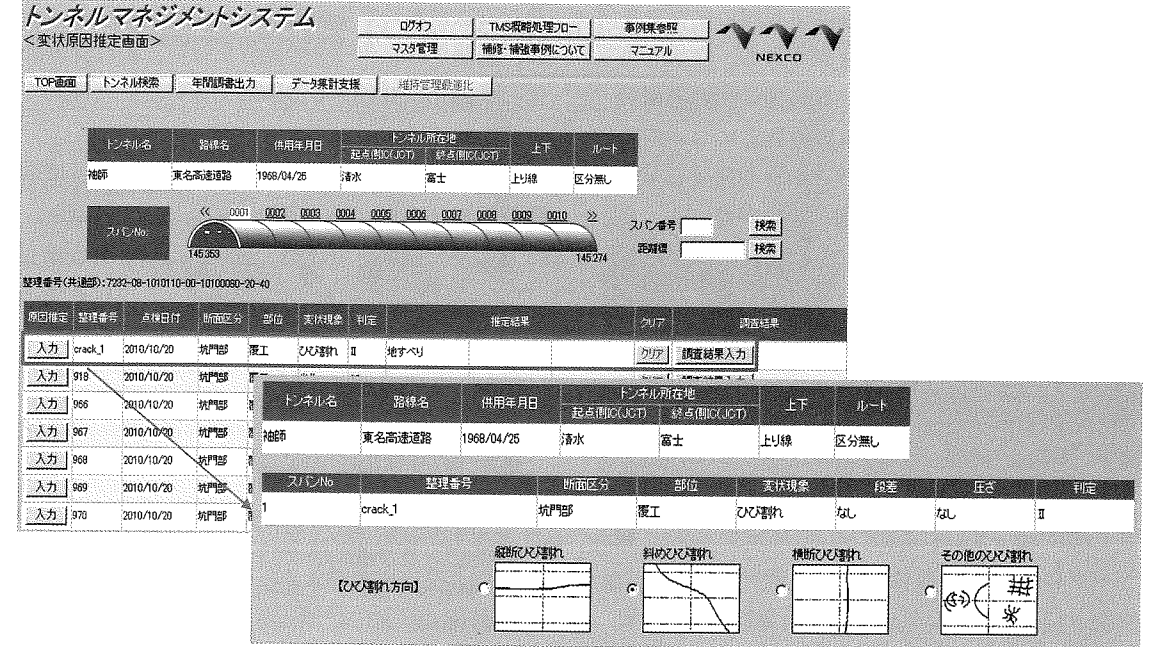


図-9 変状原因の推定画面

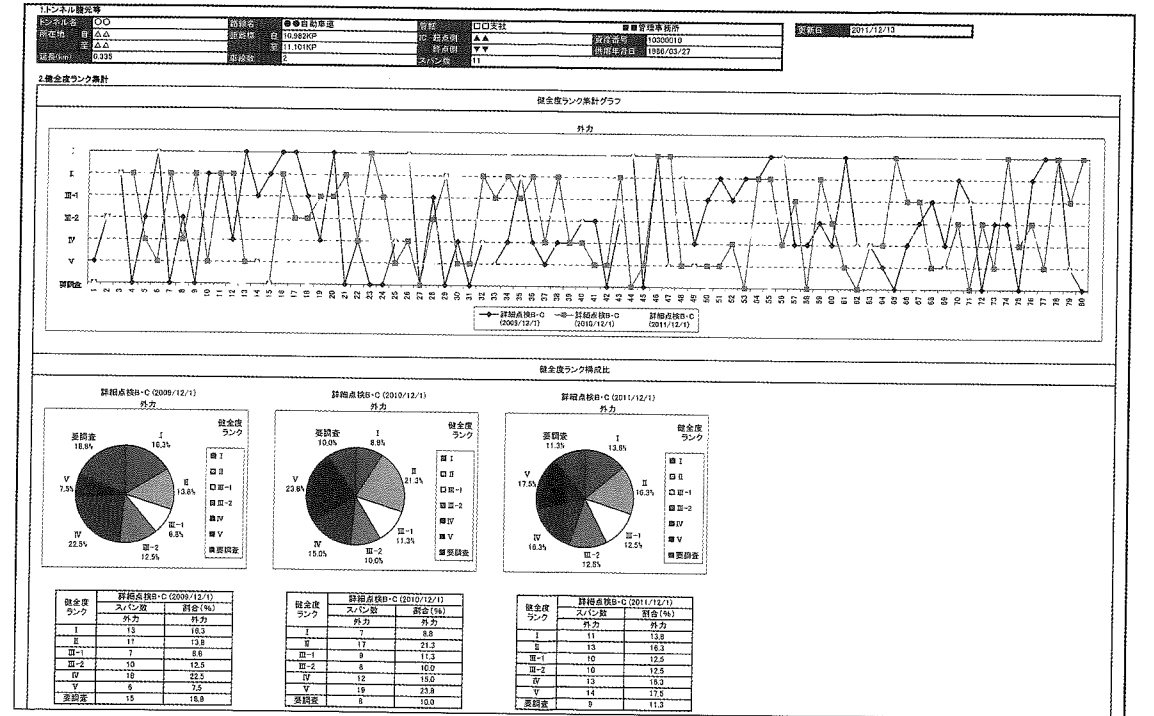


図-10 各種帳票出力画面例

覧, 対策区分判定, トンネル現況の閲覧や各種帳票の作成を行うことができる。変状原因の推定画面を図-9に, 各種帳票の出力画面例を図-10に示す。変状原因の推定については, 問答式で当てはまる変状と条件を確認し, 選択することで, 変状原因の推定ができる。また, 点検結果の帳票の出力については, TMSから帳票の出力が可能となっている。

⑤ おわりに

NEXCO 3社は, 老朽化する道路トンネルを管理し, 補修計画を立案していく必要がある。一方, 人口減少や少子高齢化により技術者の減少も懸念されている。TMSでは, 道路トンネルの点検データの定量的な評価を行い, 統一的なフォーマットによる確実なデータの蓄積を行う仕組みを構築している。これにより, 膨大な点検データを一元化して管理することができる。

今後, これらの蓄積された点検データを分析し,

更なる点検の効率化や高度化の検討を行うとともに, 補修されたデータの分析を行い, 維持管理計画の最適化についても, 検討を行いたいと考えている。

(文責: 海瀬忍・前田佳克/(株)高速道路総合技術研究所)

参考文献

- 1) 土木学会岩盤力学委員会トンネル変状メカニズム研究小委員会: トンネル変状メカニズム, 2003.
- 2) 中野清人・佐伯徹・重田佳幸・大場諭・西村和夫: トンネル変状評価・元仁推定へのひび割れ指数(TCI)の適用性の可能性について, トンネル工学報告集, Vol.20, pp.239-243, 2010.
- 3) 重田佳幸・飛田敏行・亀村勝美・進士正人・吉武勇・中川浩二: ひび割れ方向性を考慮した覆工コンクリートの健全度評価法, 土木学会論文集F, Vol.62, No.4, pp.134-163, 2015.4.
- 4) 東日本・中日本・西日本高速道路(株): 保全点検要領構造物編, pp.134-163, 2015.4.

トンネルジャーナル

2016土木学会デザイン賞が決まる

土木学会は, 「土木学会デザイン賞2016」の受賞作品を発表した。

今年度は, 審査対象となった18件の応募作品から, 最優秀賞4作品のほか, 優秀賞6作品, 奨励賞4作品が選ばれた。このうち, 優秀賞に選ばれたログロード代官山は, 東急東横線の地下化により新たに創出された線路跡地に作られた商業施設で, トンネル上部に位置し, 代官山通りや擁壁に隣接した狭隘な土地に計画されたもの。それまでは鉄道によって分断されていた街の東西が同事業により結びつけられたことなどが評価された。

同賞は土木学会景観デザイン委員会が主催する顕彰制度。公募対象を広く土木構造物や公共的な空間に求め, 計画や設計技術, 制度の活用, 組織活動の創意工夫によって周辺環境や地域と一体となった景観の創造や保全を実現した作品およびそれらの実現に貢献した関係者や関係組織を顕彰する。美しい国土の実現に向け, 優れた公共的な空間や構造物の設計作品を通じて土木デザインの重要性を社会に問うとともに, 才能ある設計者やデザイナーの努力が社会の広範な支持を得ることに寄与することを目的としている。

2011年度に土木学会景観・デザイン委員会デザイン賞(略称: 土木学会デザイン賞)が創設され, これまでに合計137作品を選定してきた。今年度の各賞の概要はホームページ(<http://design-prize.sakura.ne.jp>)で公開している。

受賞作品は以下のとおり。



2016年度土木学会デザイン賞優秀賞 ログロード代官山(撮影: 川澄・小林研二写真事務所, 写真提供: 東京急行電鉄(株))

■最優秀賞

太田川大橋(広島県広島市)・白糸ノ滝つぼ周辺環境整備(静岡県富士宮市)・天神川水門(島根県松江市)・上西郷川里川の再生(福岡県福津市)

■優秀賞

新川千本桜沿川地区(東京都江戸川区)・糸貫川清流平和公園の水辺(岐阜県北方町)・近自然コンセプトによるサンデンフォレスト・赤城事業所の敷地造成(群馬県前橋市)・富山市市内電車環状線(富山県富山市)・札幌市北3条広場(北海道札幌市)・ログロード代官山(東京都渋谷区)

■奨励賞

福島濁河川改修事業(新潟県新潟市)・月浜第一水門(宮城県石巻市)・日立駅自由通路および駅周辺地区デザイン(茨城県日立市)・ジョンソントウン(埼玉県入間市)

わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修

B5判 209頁 本体価格2,500円

主要目次

序編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは, 応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

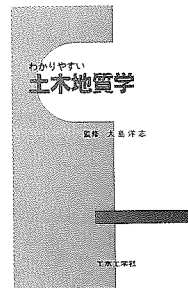
1. 地形・地質調査一般 2. 既存資料調査 3. 空中写真判読 4. 地質踏査 5. 弾性波探査 6. 電気探査 7. その他の物理探査法 8. ボーリング調査 9. ボーリング孔を利用して行う調査 10. 室内試験 11. 調査坑調査(施工・維持管理段階の調査含む) 12. 水文調査・地下水調査 13. 立地条件調査

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

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



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著 A5判 326頁 本体価格4,300円

株式会社 **土木工学社**

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

文献紹介

解 説

- 高坂信章：地下構造物による地下水流動阻害とその対策，地盤工学会誌，Vol.64，No.2，2016.2.
- 溝口博文・西本徹・藤井雄輔：多摩地区の送水管ネットワーク構築，多摩丘陵幹線のトンネル技術，建設機械施工，Vol.68，No.3，2016.3.
- 後藤正信：下水道管路調査診断システム，衝撃弾性波検査法，建設機械施工，Vol.68，No.3，2016.3.
- 特集/まるわかり！下水道，月刊下水道，Vol.39，No.5，2016.4.
- 植田純一：水中ロボットによる大深度・硬質地盤掘削，地下空間の創造技術《自動化オープンケーソン工法》，土木技術，Vol.71，No.4，2016.4.
- 特集/推進工法の基礎知識①泥水式編，月刊推進技術，Vol.30，No.4，2016.4.
- 特集/推進工法の基礎知識②土圧（泥土圧）式編，月刊推進技術，Vol.30，No.5，2016.5.
- 特集/「ゲリラ豪雨」への新たな対策，月刊下水道，Vol.39，No.7，2016.6.
- 特集/推進工法の基礎知識③泥濃式編，月刊推進技術，Vol.30，No.6，2016.6.
- 特集/日本の推進技術・最前線，月刊推進技術，Vol.30，No.7，2016.7.

研 究・開 発

- 山田勉・関根一郎・田中徹・尾花敬治：穴開き帯状鋼板を用いた覆工コンクリートひび割れ抑制対策の現場適用，ハイグリッド・メタルバンド，建設機械施工，Vol.68，No.6，2016.6.

施 工

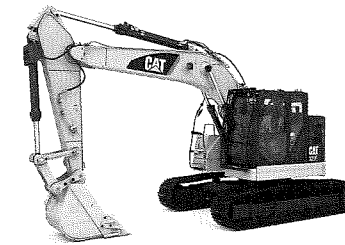
- 特集/海外で活躍する推進技術（The SUISHIN），月刊推進技術，Vol.30，No.1，2016.1.
- 水密区間を掘削中に変える，新名神高速道路路面トンネル東工事（大阪府），ズームアップ トンネル，日経コンストラクション，No.632，2016.1.25.
- 特集/管路設計を自在にした推進・シールド切換型工法，月刊推進技術，Vol.30，No.2，2016.2.
- 巨大都市の地下を突破で掘る，2番街地下鉄建設工事（米国・ニューヨーク市），ズームアップ トンネル，日経コンストラクション，No.634，2016.2.22.
- 特集/推進施工トラブルの“芽”を摘む，月刊推進技術，

Vol.30，No.3，2016.3.

- 中田慎一：外ボルト締結型コンクリート中詰め鋼製セグメントの気中組立てによる管路の構築，建設機械施工，Vol.68，No.3，2016.3.
- 荒鹿忠義：東海道新幹線大規模改修工事の構造物毎の施工事例，建設機械施工，Vol.68，No.3，2016.3.
- 神保誠二・蘭康則・杉山伸康：供用中の鉄道トンネルに対する補強工事，建設機械施工，Vol.68，No.3，2016.3.
- 稲垣太浩・中堀千嘉子・高比良翔：圧密工法により11m沈下したカルバートボックス基礎の改良効果，基礎工，Vol.44，No.4，2016.4.
- 齋藤力哉・平山哲也・安斎和雄：鉄道函体直下への透し掘り連壁の施工，JRゲートタワー新設工事，建設機械施工，Vol.68，No.4，2016.4.
- 北川雄基：東武スカイツリーライン竹ノ塚駅付近連続立体交差事業，下り急行線高架橋工事ともなう軽量盛土工事および仮設地下通路施工ともなう鋼矢板圧入工，建設機械施工，Vol.68，No.4，2016.4.
- 岩田修：香港地下鉄觀塘延伸線トンネル及び何文田駅新設工事，市街地における大規模オープン掘削と明かり発破，建設機械施工，Vol.68，No.4，2016.4.
- 特集/トンネル，建設機械施工，Vol.68，No.5，2016.5.
- 志農和啓・宮元克洋・日野義嗣：自由断面分割施工方法によるトンネル構築技術，建設機械施工，Vol.68，No.6，2016.6.
- 藤内隆：急速ずり処理システム，トンネル掘削施工におけるずり処理の高速化，建設機械施工，Vol.68，No.6，2016.6.
- 西明良・佐藤琢磨：土質に応じてシールドマシンのカッタービットを変更，全地盤対応型「カメレオンカット工法」，建設機械施工，Vol.68，No.6，2016.6.
- 武藤文夫・前田全規・浦矢英雄：建設工事における自然由来セレン含有排水の処理方法，建設機械施工，Vol.68，No.6，2016.6.
- 地下鉄から塩害の弱点を摘出，横浜市営地下鉄横浜一閃内間補修工事（神奈川県），ズームアップ トンネル，日経コンストラクション，No.642，2016.6.27.
- 特集/覆工コンクリートの品質向上技術，建設機械，Vol.52，No.7，2016.7.
- 沖村克巳：ビルに挟まれた狭隘地での全旋回圧入機による大深度下水道人孔の施工，基礎工，Vol.44，No.7，2016.7.

工法・技術・製品ニュース

製品 トンネル仕様の油圧ショベルなど新発売



Cat® 325FL トンネル仕様

キャタピラージャパン(株)
Fシリーズ
GCI Marketing Innovation
TEL. 03-5717-1292
E2シリーズ
小型製品販売促進グループ
TEL. 03-5717-1156
<http://www.caterpillar.com/>

キャタピラージャパンは、オフロード法2014年基準に適合したトンネル仕様のCat® Fシリーズ油圧ショベルおよび8トンクラス油圧ショベルの発売を開始した。

後方超小旋回機Cat® 325FLトンネル仕様は、トンネルという限られたスペースの中でも性能を発揮するため、後方超小旋回機としてコンパクトな旋回半径を実現したほか、トンネルの作業環境に対応するために足回り構造に強度アップを図った。汎用性に優れたショベルクレーン付きMMフロント仕様（標準バケット容量0.8m³，運転質量26,300kg），ブレーカ作業に適したショートリーチ

フロント仕様（同0.9m³，26,600kg）の2つの仕様が用意されている。

8トンクラスの後方超小旋回型油圧ショベルCat® 308E2 CR（同0.28m³，7,640kg），超小旋回型油圧ショベルCat® 308E2 SR（同0.28m³，8,090kg）は、それぞれCat® 308E2 CR（オフロード法2011年基準），Cat® 308E2 SR（オフロード法2011年基準）の後継機。オフロード法2014年基準に適合する環境性能を備え、効率とパフォーマンスの両立を図るパワーオンデマンド，安全性を高める装備などを採用したほか、各種オプション装備品も用意されている。

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

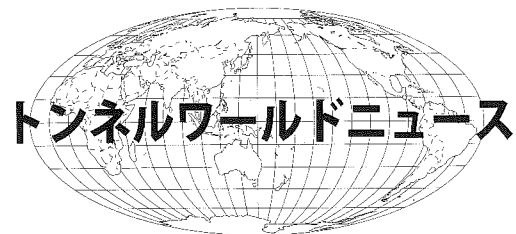
B5判 285頁 本体価格4,660円 円350円



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。

株式会社 土木工学社

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

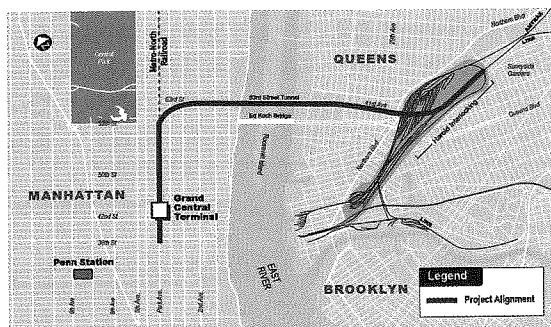


(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

MTAがイースト・サイド・アクセス 最後の主要契約となる マンハッタントンネル計画を承認

都市交通局(MTA)理事会は、グラント・セントラル・ターミナル駅直下30.5mに、ロングアイランド鉄道(LIRR)新ターミナルのためのホーム4面と8線を構築・完成させるという、イースト・サイド・アクセス計画最後の主要契約を承認した、と1月27日に発表した。

この契約は、クイーンズ駅からマンハッタン駅に至る19.2km以上の軌道工事を有し、ターミナル駅に向けて硬質岩盤を掘抜き延長348mの2本のトンネルを構築するものである。工事には、駅舎構内でのホーム4面と8線の構築(地下駅から顧客を輸送するエレベーター、エスカレーター、階段および、トンネル内でのすべての建築仕上げ作業)が含まれる。「これらの契約発注により、イースト・サイド・アクセスの最終的な完成が見え始めてきた」と、プロジェクトを指揮するMTA Capital Construction社社長のMichael Horodniceanu氏は述べた。「このことは、長い歴史を有するグラント・セントラル・ターミナル駅お

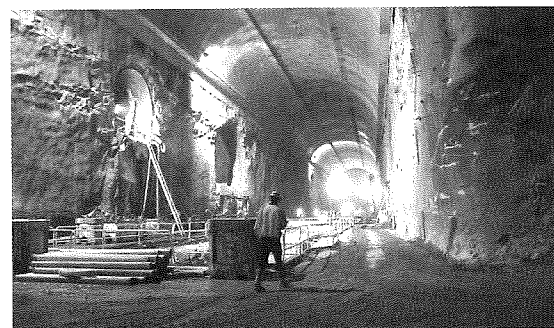


よび、ニューヨーク市の成長・発展が次の段階へと達することを意味する」。

都市交通局(MTA)は、3年半にわたるトンネルプロジェクトの受注業者として、Tutor Perini社を選定し、6億6,300万USドルで契約した。年間調達計画の間、34の企業が提案依頼書を要請し、7社が技術提案書・コスト提案書をそれぞれ提出した。選考委員会は、最高かつ最終オファーを提出した3社の中から、低コストで提案したTutor Perini社を全会一致で選択した。

クイーンズ区サニーサイドにおいて、7,900万USドル程度までの価格と評価された、鉄道インフラのアップグレード契約は、またもやTutor Perini社が12月に受注した。このアップグレード工事により、LIRR列車がグラント・セントラル・ターミナル駅に乗り入れることが可能となる。請負業者がサニーサイドで行う仕事には、サニーサイド車両基地下に構築済みの4本の鉄道トンネルのうちの1本のトンネルと、LIRRの既設路線とを接続させるためのアプローチ用構造物の掘削および建設工事が含まれる。これにより、グラント・セントラル駅下のトンネルから、クイーンズ区サニーサイドの明かりまで全区間を運行可能とする接続工事が完了する。他のトンネルへのアプローチは、別の契約を通じて個別に建設される予定である。

現場作業員はまた、48番街上部に架かる5基の高架橋のうち、地下トンネルへとアクセスするために新設中の1基の橋梁工事へと配置転換されることとなる。この契約のもとで行われる追加の工事には、スイッチ設置、擁壁の建設、電気設備



の設置、電気変電所の解体および、架線支持構造の設置などが含まれる。

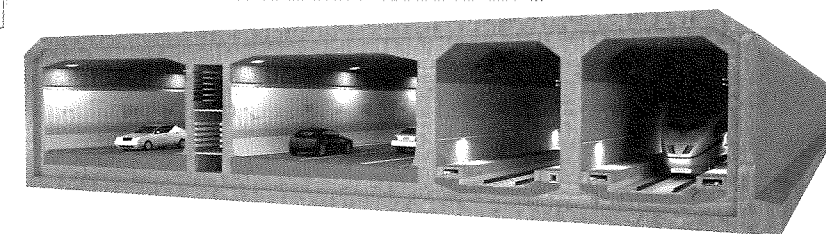
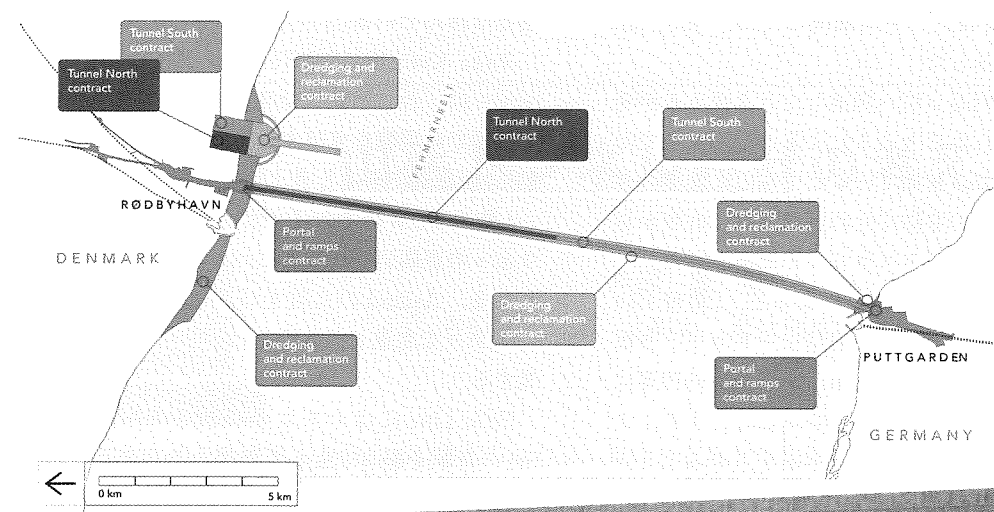
この契約は、5,330万USドル、工期19か月間で構成されているが、工事が順調だとMTAがみなせば、請負工事の範囲は拡大され、契約期間にして計30か月間、さらに約2,650万USドルの追加オプションが行使されることとなる。この契約に対する建設的な活動が、2月下旬現在、計画進行中である。

イースト・サイド・アクセス計画により、ロングアイランド鉄道(LIRR)のマンハッタン駅への輸送能力が向上し、ロングアイランドおよびクイーンズ東部からマンハッタン東部までの移動(通勤)時間が劇的に短縮すると期待される。イースト・サイド・アクセスは、2022年12月に完成する予定である。

(T&T '16.3 担当：法橋亮・戸田建設(株))

フェーマルン・ベルトトンネルの 発注元が、優先交渉者を発表

フェーマルン・ベルトトンネル(Fehmarn Belt



出展：<http://femern.com/en/Tunnel/Facts-on-the-tunnel>

Fixed Link)の優先交渉者名が挙げられた。Vinci Construction Grands Projects社、Per Aarsleff社、Wayss & Freytag社、Max Bögl社、CFE社、Bachy Solétance社、BAM Infra社、BAM International社、Dredging International社とCowi社からなる共同企業体を選んだと、発注元のFehmern社は述べた。

ドイツの建設許可が下りたら拘束力のある契約書に署名することを条件に、5月中旬に条件付き契約を結ぶことを目標としている。

ドイツにおいて、2009年にプロジェクトの政治的な決断はなされているが、シュレスヴィヒホルシュタイン州当局による正式な承認プロセスはまだ進行中である。

デンマークの議会は、2015年夏の初めにフェーマルン・ベルト道路・鉄道併用トンネルに対し、提案された建設法を許可した。

フェーマルン・ベルト計画は、デンマークとドイツを結ぶ、延長18kmの沈埋トンネルを建設する。過去の想定では、73億USドルの費用が見積もられている。沈埋トンネルは、2本の鉄道トン

ネルと2本の2車線の道路トンネルと非難通路に区切られている。

フェーマルン・ベルトトンネルは、コペンハーゲン(Copenhagen)とハンブルグ(Hamburg)間でおよそ2.5時間の所要時間の短縮が期待される。この事業の財源は、フェーマルン・ベルトトンネルの利用者によって賄われると、Femern社は述べた。

トンネルは、2021年の開通予定である。(T&T '16.4 担当:佐々木養一・鉄道・運輸機構)

チェンナイメトロ トンネル貫通

チェンナイメトロのUAA-01区間の2本目のトンネル掘削が完了した。市の1号線の一部となる延長1kmの双設トンネルは、ウォッシュャーマンベットーチェンナイ国際空港間をつなぐ。

受注者のAfcons Infrastructure社は、困難な地盤条件を克服しなければならなかった。その地盤は砂、シルト、直径最大300mmの玉石混じり粘土および150MPaの花崗岩で構成されていた。2015年2月に径6.65mのロビンス社製シールド型TBMは2本目のトンネル掘削のため、深さ28mの立坑から発進した。

シールドが到達立坑へ到達したとき地下水が発生した。伝えられるところによると湿潤状態での貫通はインドでは初めてのことであり、連壁の外側から水が入るのを防ぐため到達立坑は底板から10mまでベントナイトスラリーで充填された。

ロビンス社の広報担当者によると、「直径17inのディスクカッタと軟弱地盤用ツールカッタを組み合わせた設計になっている。シールドの円周に小さなグリッパが付けられていることにより、より固い地盤でもカッタヘッドを安定させることができる。加えて困難な状況に対しては切羽からカッタヘッドを後退させることもできる。」

想定外の硬い岩盤はカッタの消耗率を増加させ掘削を遅らせた。

2本目のトンネル掘削のための最適なオペレーションパラメータを検討するため、1本目のトンネル掘削時に、密閉シールド掘進および開放シ-

ールド掘進両条件におけるデータを収集し、1本目のトンネル全体の切羽観察記録図を作成した。

Afcons Infrastructure社のシニアマネージャーGopal Dey氏によると、「われわれはチームを本当に誇りに思っている。彼らは非常に高い品質を維持した。」

「漏水や地表面の沈下は見られず、トンネル建設中には高水準の安全性を示すことができた。」

チェンナイメトロの1号線は全長32.1kmのうち14.3kmは地下区間であり、合計17駅がある。(T&T '16.4 担当:山口洋一・鉄道・運輸機構)

Follo LineのTBMの輸送開始

Follo Lineの2機目のTBMが4月上旬に工場での受入れが行われた。1機目はノルウェーへの輸送のために既に分解が行われており、続く2機は製造中である。

4機のHerrenknecht社製直径9.9mのダブルシールド硬岩掘削機は、ノルウェー最大の計画の予定より早い行程で進められている。慣例的な方法が主流となっている国で成功を取めたことを製造者は喜んでいる。

Anne Kathrine Kalagerプロジェクトマネージャーは「われわれは発破工法に精通しているが、本計画では環境を考慮すると、従来工法に比べてTBMが最適であると考えられる。」と付け加えた。

4機のTBMのそれぞれが最大350MPaでノルウェーの花崗岩を9.5kmにわたって掘削することになる。Åslandの立坑を出発し、2機がオスロに向かって北進し、もう2機がSkiに向かって南進する。

Follo Lineにはオスロ中央駅とオスロ南部のSkiの新駅を結ぶ22kmの複線の鉄道路線が含まれている。

2021年末の完成時にはスカンジナビア半島最長となる全長20kmのトンネルの主要部分をAcciona Ghella JVが建設する。この路線の建設により、オスロの各地からSkiまでの所要時間が約半分短縮され、11分となる。

(T&T '16.5 担当:安井真太郎・東京都交通局)

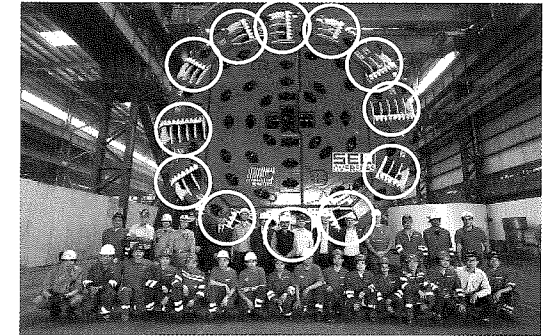
VISHNUGAD-PIPALKOTI 発電所トンネル掘削向けTBMの 工場仮組み検査合格

インドVISHNUGAD-PIPALKOTIで建設中の444,000kW水力発電所では、導水路トンネル向けのTBMが工場仮組み検査に合格した。Terratec社製のφ9.86m硬岩対応ダブルシールド型TBMは延長13kmの導水路トンネルを掘削する。場所はUttarakhandの東方でDelhiの北東500kmに位置する。

導水路トンネルの施工会社はHCC社とSeli Overseas社のJVである。地質は延長1/3がドロマイト質石灰岩、2/3が粘板岩である。区間の150m間は非常に土かぶり小さく、5か所のせん断帯と3か所の断層破砕帯が存在するTBM掘削には難しい地質群だ。

現在、TBMは工場解体を終えMundra港まで海上輸送される。そこから現場までは陸上輸送され、現場での組立て開始は6月になる予定だ。

マシンメーカーの広報室によるとこのTBMは



12か所の大開口バケット

Seli社の監修により設計されたそうだ。地質的課題に適合すべく設計され、硬岩掘削で効果的な強靱なカッタヘッドに19inハードタイプディスクカッタと弱層帯で掘削土の取り込みに効果的な12か所の大開口バケットが採用された。

カッタ動力は交流インバータ4,200kWで硬岩地質区間ではカッタヘッドの最大回転数毎分6回転を維持し、断層破砕帯掘削時の常用トルクは22,000kNmとした。

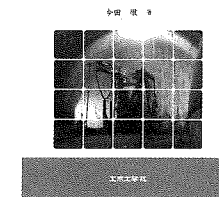
(T&T '16.5 担当:篠原慶二・前田建設工業(株))



山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著

B5判 183頁 上製本 本体価格3,200円



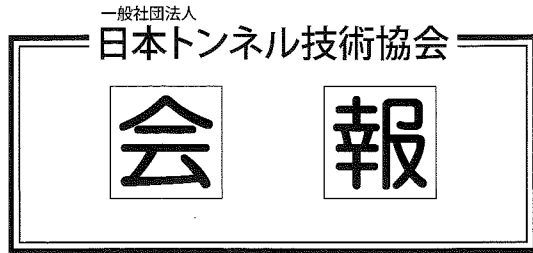
山岳トンネルを設計するうえでの考え方は勿論、設計の留意点などを平易にまとめている。山岳トンネル工事に携わる諸兄の必読書である。

主要目次

山岳トンネル技術の要素と変遷/トンネル掘削による周辺地山の挙動/岩石の特性/トンネルと地質/トンネルの線形/断面の設計/支保構造物/吹付けコンクリート/ロックボルト/鋼アーチ支保工/覆工/切羽の安定/掘削工法・掘削方式の選定/併設トンネルの設計/特殊地山/坑口の設計/環境対策

株式会社 **土木工学社**

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



1. 会員の現状

	12月31日現在
個人会員	876名
団体会員	204名
推薦会員	208名
特別会員	8名
名誉会員	4名
賛助会員	228名
合計	1,528名

2. 委員会の開催状況(12月1日~31日)

①運営広報委員会関係

◎総務委員会

・広報小委員会

会誌WG(12/7)

小山幸則主査ほか13名, 1月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

・海外文献小委員会

海外ニュースWG(12/19)

篠原慶二幹事ほか7名, 海外文献の査読

ITA統括WG展示サブWG(12/16)

砂金伸治主査ほか6名, WTC2017出展内容の検討

計 3回開催 29名出席

②調査研究委員会関係

◎技術委員会

・山岳工法小委員会

地山評価WG(12/16)

木谷日出男主査ほか12名, 切羽観察記録事例を検討

・都市トンネル小委員会

セグメント実態調査WG(12/12)

守屋洋一副主査ほか8名, 調査項目を検討

・安全環境小委員会(12/9)

豊澤康男委員長ほか16名, 現場への要望と対応の取りまとめ方針ほかを検討

シールドアセスメント検討WG(12/16)

中川宏主査ほか8名, 改訂要望箇所を検討

◎受託研究特別委員会

・青函トンネル検討会(12/1)

小島芳之座長ほか17名, 現地調査および計画書を検討

・東西線木場駅改良工事に関する技術検討委員会(12/5)

小泉淳委員長ほか31名, 計測項目ほかを検討

・数値解析マニュアル検討特別委員会(12/15)

西村和夫委員長ほか23名, 実施計画および作業方針を検討

・効率的点検特別委員会幹事会(12/15)

松岡茂幹事長ほか18名, 試験データ分析方針を検討

・小田急下北沢地区線増連続立体交差事業技術委員会(12/19)

小山幸則委員長ほか24名, 交差部計測結果を確認

計 9回開催 166名出席

合計 12回開催 195名出席

3. 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 Association, 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

4. 平成28年度催物開催現況

(平成28年12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	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	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H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一新技術, 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, 拡張, 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	14.5
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	6.3

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

好評図書案内

図書名：都市部近接施工ガイドライン

図書番号：201504

体裁：A4判 370頁

頒布価格：個人会員4,500円，団体会員 5,000円，一般6,000円(消費税込み，送料実費負担)

※本書は，平成11年度発刊の『地中構造物の建設に伴う近接施工指針』の改訂版として，最新の事例・技術を反映したものである。

※成果品の内容については，本会ホームページをご参照ください。

図書名：設立40周年記念事業「シールド技術変遷史」

図書番号：201505

体裁：A4判 315頁

頒布価格：個人会員6,000円，団体会員7,000円，一般9,000円(消費税込み，送料実費負担)

※成果品の内容については，本会ホームページをご参照ください。

図書の申し込み先：

TEL：03-3524-1755 FAX：03-5148-3655 E-mail：book@japan-tunnel.org 担当：米田

2017施工体験発表会テーマと開催日決定

恒例のトンネル工事に携わっている現場技術者による施工体験発表会は，下記のとおり開催することとなりました。詳細は，後日ホームページに掲載いたします。

■第80回施工体験発表会(山岳)

開催日：平成29年6月28日(水)

開催場所：発明会館 地下ホール

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

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

■第81回施工体験発表会(都市)

開催日：平成29年6月29日(木)

開催場所：発明会館 地下ホール

テーマ：「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—」

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

『トンネル技術者のための地盤調査と地山評価』発刊に伴う講習会ご案内

主催：(一財)災害科学研究所トンネル調査研究会

後援：(一社)日本トンネル技術協会ほか

日時・会場：【東京会場】

日時：平成29年2月7日(火) 10:00~16:45(受付開始9:30)

会場：千代田区・駿河台記念館(670号室)

【大阪会場】

日時：平成29年2月21日(火) 10:00~16:45(受付開始9:30)

会場：大阪市・大阪大学中之島センター(10階 佐治敬三メモリアルホール)

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

参加費：10,000円(上記テキスト代を含みます)

申し込み先：(一財)災害科学研究所

TEL：06-6202-5602 FAX：06-6202-5603 E-mail：saiken@csi.or.jp

※その他詳細は，災害科学研究所トンネル調査研究会のホームページ(<http://csi.or.jp/csi-seminars/>)を参照ください。

2017トンネル技術研究発表会ご案内

主催：北海道土木技術会トンネル研究委員会

後援：(一社)日本トンネル技術協会

日時：平成29年2月24日(金) 10:00~17:00

場所：北海道大学学術交流会館(大学正門内左側，札幌市北区北8条西5)

参加費：研究発表会 6,000円(論文集を含む)

(学生の方は，研究発表会の聴講のみであれば無料です)

意見交換会 4,000円

申し込み方法：FAXあるいはE-mail(kumaki@a-tic.co.jp)にてお申し込みください。

申し込み用紙は，北海道土木技術会トンネル研究委員会のホームページ(<http://tunnel-ceth.jp/>)よりダウンロード可能です(2月初旬掲載予定)。

申し込み先：トンネル研究委員会講習講演小委員会事務局

(株)エーティック内 熊木・斎藤

TEL：011-644-2814 FAX：011-644-2892

申し込み締め切り：平成29年2月17日(金)

定員：250名

※参加費の振込方法などの詳細は，北海道土木技術会トンネル研究委員会のホームページ(<http://tunnel-ceth.jp/>)を参照ください。

3月号予告 [3月1日発売予定]

- 噛合せ(JES)継手をよする構造物の耐震性能の評価と設計法
 - しなの鉄道 田中一大屋間蛇川橋梁
 - 国道289号 八十里越7号トンネル
 - 電力ケーブルトンネルの埋設型枠を用いた補強対策
 - 国道479号 清水共同溝
- 【連載講座】
- トンネル新技術への挑戦(16)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆本号には「線路下横断工法」の施工報告が2編掲載されています。函体推進による「線路下横断工法」の報文は1985年9月号に「URT工法の開発」としての紹介がされたのがはじめてのことだと思います。その後、2000年10月号より「線路下横断工法」と銘打った講座が11回連載されました。このころから業界での認知度が増し、徐々に「線路下横断工法」の投稿が増え、最近ではコンスタントに投稿されるようになっております。過去5年では10件以上の報告が紹介され、掲載される工法も多様化してきています。今後、交通の利便性向上のため、工事の増加が見込まれます。

◆個人的な話ですが、通勤に利用している最寄り駅は小さな駅(地上駅)で、その駅のすぐ脇に踏切があります。ホーム自体は現在ではきれいになりましたが、駅自体の構成は昔と全く変わりません。かつては踏切の脇に小さな小屋のようなものがあって、電車が踏切を通過ごとに駅員の方がこの小屋の窓から赤い旗を振って合図をしていました。さて、通勤に電車を利用するにはこの踏切を横断しなければなりません。この踏切が、朝方によく「開かずの踏切」になってしまいます。利用している駅が車両基地を兼ねるため、朝方は乗客を乗せる電車のほかに回送電車も頻りに踏切を通過いたします。その結果、「開かずの踏切」になり、乗る予定の電車に乗れないことがたびたびです。常々、歩道も伴った道路を踏切の下に作ってもらえないかと思っております。近い将来、この踏切の下を貫く道路工事の施工報告が本誌に載ることを切に願う次第です。

(I.Y)

★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(株)土木工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2号 [通巻558号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成29年1月20日 印刷

平成29年2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 株式会社土木工社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 株式会社新協

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工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製(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。本誌から複製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。

吸引ダクトが無くても全ての断面、全ての延長に対応

たった37kWで2,750m³/min イーダスコ270使用時

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO

イーダスコ240/イーダスコ270

ファン動力30kW ファン動力37kW

NETIS

公共工事等における新技術活用システム

登録番号: TH-100024-VE

経済産業省後援

第39回優秀環境装置

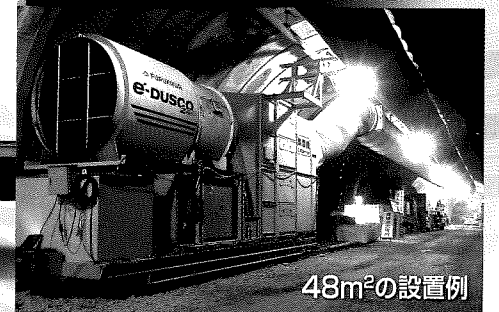
日本産業機械工業会 会長賞

全てのトンネルに適用可能!



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

吸引捕集方式にも対応



48m²の設置例

希釈封じ込め方式での計算例

① 粉じん発生量

$$Fo = 360 \times 22 \text{m}^3/\text{h} \times 0.75 = 5,940 \text{ (mg/min)}$$

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*
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 (伸縮風管接続時同値)	23kW・28kW・40kW・任意 (伸縮風管接続時同値)
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	93%以上
吸引捕集方式	対応可	

注) 伸縮風管システムは本体には含まれません。

*1 入口ダクト及び絞りダクトは含みません。*2 台車および揚重用具の高さは含みません。*3 機種により多少異なります。

*4 JIS Z 8808 並びに換気技術指針(H24.3)に定める試験方法に基づき第三者計量機関により測定した値です。*5 任意設定にて最大2,750m³/minまで可能です。

古河機械金属グループ
古河産機システムズ株式会社

本社
〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
第三営業部 ☎03-3212-6576

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

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

未踏の領域に挑み、
夢を叶えてきた先駆者たち。
JIMTはその志を受け継ぎ、
地下開発の未来を築きます。



Bravo à tous mes amis de TS 18 décembre 1989
Ata

1989年12月 英仏海峡トンネルT-5工区貫通式



JIMテクノロジー(JIMT)は、株式会社IHI(IHI)、
JFEエンジニアリング(JFE)、三菱重工業株式会社(MHI)の
トンネル掘削機事業を統合した会社です。



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1-14 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

定価 1,620円
本体価格1,500円

雑誌06619-2



4910066190279
01500