

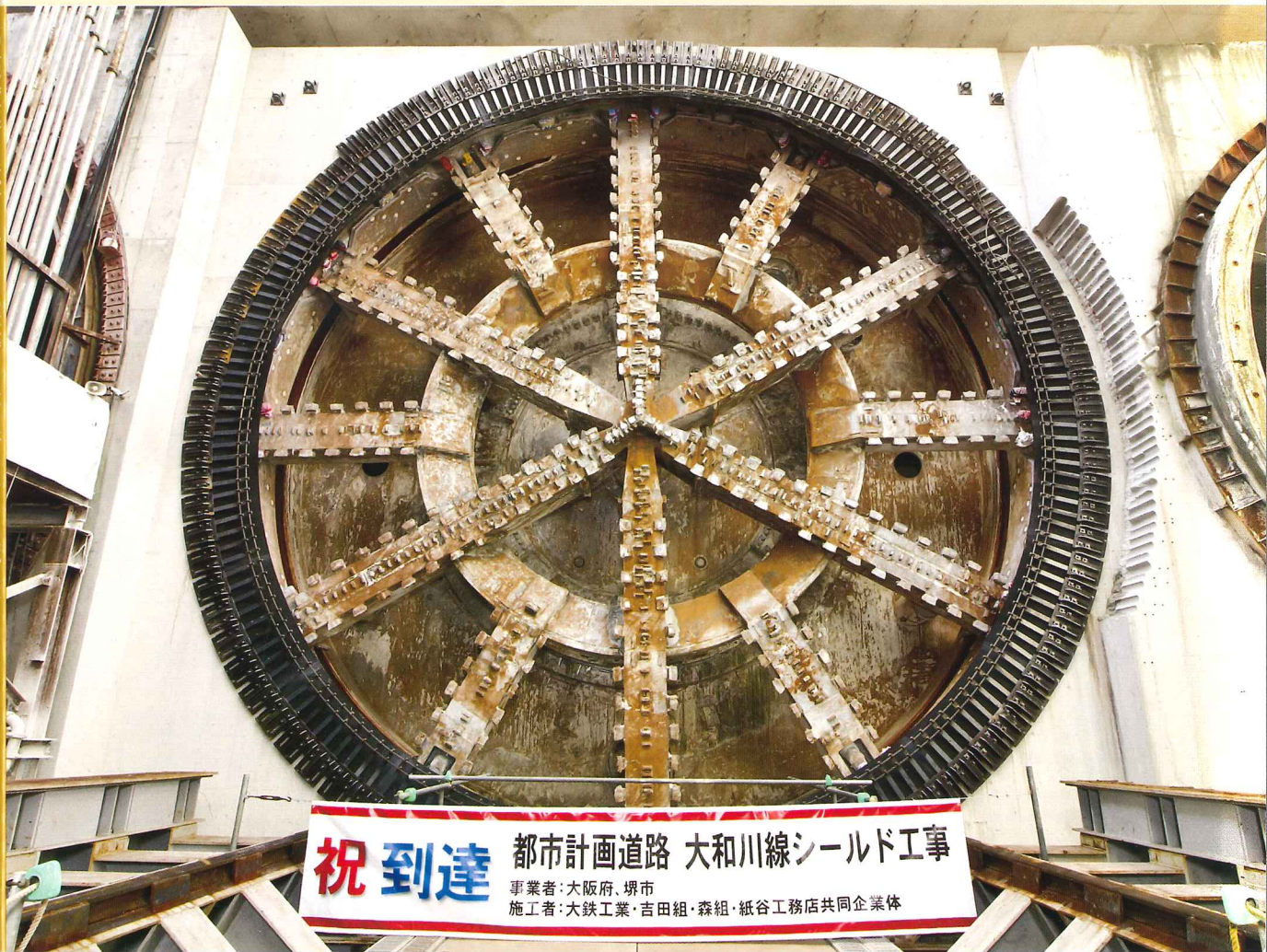
# トンネルと地下 **12**

vol. 48  
no. 12  
2017

Tunnels and Underground

地下階中層部に既設鉄道函体を抱込むビル地下躯体の施工  
先行充填により鉱山廃坑と近接・交差してトンネルを掘削  
高被圧水下で併設シールド間に超近接する大口径シールドの立坑到達  
大深度・高水圧かつ塩害環境下でのRCセグメントの設計

日本トンネル技術協会誌



祝 到達

都市計画道路 大和川線シールド工事

事業者: 大阪府 堺市

施工者: 大鉄工業・吉田組・森組・紙谷工務店共同企業体

**FRD**  
FURUKAWA

## 新世代型 ホイール式ドリルジャンボ

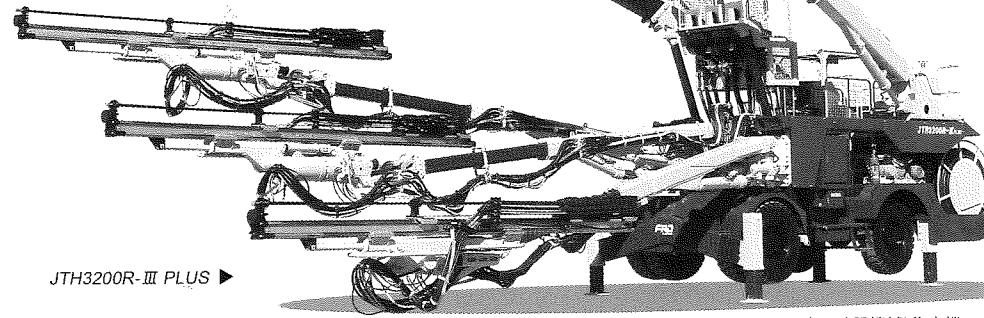
**JTH3200R-III PLUS / JTH3200R-III / JTH2200R-III**  
3ブーム、2ケーシ      3ブーム、2ケーシ      2ブーム、2ケーシ

FIDS II 制御&  
油圧ドリフタHD220搭載

JTH3200R-VHシリーズ登場！  
排ガス4次規制エンジン、

高効率75kW電動モータ&  
最新型油圧ドリフタHD250搭載

様々なトンネル工事に挑戦し、そして築き上げられた実績と信頼。全国に広がる安心のサービス網がお客様をバックアップ。各種機械の提供を通じて国内外のインフラ整備を支えています。



JTH3200R-III PLUS ▶

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

## FUJILNAVI



### 統合せん孔支援システム<ドリルNAVI>

オートドリリング機能、せん孔ナビゲーションシステムがトンネル工事の急速施行を強力にサポート。大断面での急速施行を「安心して、早くて確実、安全に」実施できる統合せん孔支援システムです。

ドリルNAVI

- ドリルNavigation <<せん孔ナビゲーションシステム>>
- ドリルExplora <<全断面穿孔実績・前方探査記録装置>>
- ドリルNet <<技術支援システム>>

**NETIS**  
国土交通省 新技術活用システム  
登録番号: **KK-100049-A**

△ 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](http://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 中国 ☎082-832-3542 九州 ☎092-948-2010

長尺鋼管切羽補強工

高付着型長尺鋼管切羽補強工

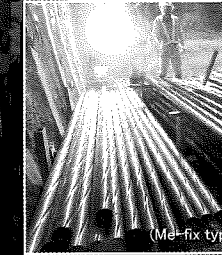
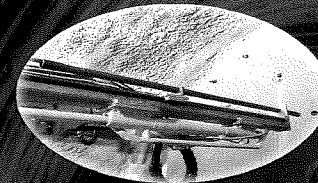
特許第 3882118 号

特許第 4942211 号

**Me** 工法  
Metal eco

**Me fix**  
Metal eco

エコロジー&地山拘束効果。  
新しい長尺鋼管切羽補強システム。



### 特徴① 分別回収による鋼材のリサイクル化 ※特別仕様 NETIS 番号:KT-080027

「Me 工法」、「Me-fix」の切除管は、掘削時に鋼管と注入材を分別回収できる構造で、鋼管のリサイクルが図れます。

### 特徴② 接続部補強により鋼管の薄肉化

「Me 工法」、「Me-fix」は接続部拡張・縮径によりネジ部耐力の増強を図り、小口径薄肉鋼管(φ76.3×4.2~4.5mm)の使用を可能とし、軽量化に伴い経済性、施工性が向上します。

### 特徴③ 長尺鋼管切羽補強工の付着耐力の向上

「Me-fix」はこれまでの鋼管による切羽補強工の弱点であった付着耐力の向上を図り、確実に地山拘束力が期待できる長尺鋼管切羽補強工です。適用条件によって「type A」、「type B」、「type R」の選択が可能です。

	Me	Me-fix (typeA)	Me-fix (typeB)	Me-fix (typeR)
形状	φ76.3 (t=4.2)	φ76.3 (t=4.2)	φ76.3 (t=4.5)	φ76.3 (t=4.2)
概要図				
1m当り付着耐力 (kN/m)	50	150	500 以上	150

※付着耐力は室内試験結果。プレミックスモルタルは材令 24hr(qu≒12N/mm<sup>2</sup>)

**KFC** 株式会社 ケー・エフ・シー

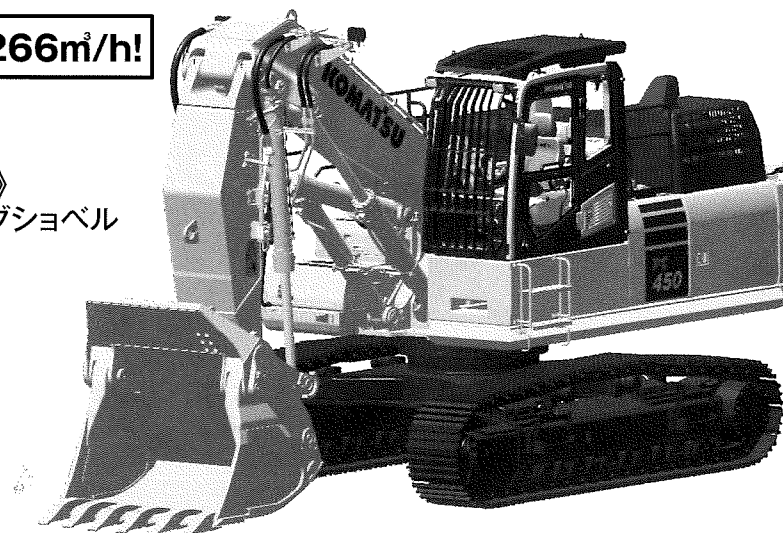
東京土木営業部: 東京都港区芝公園芝パークビル B 館 ☎03-6402-8251  
大阪土木営業部: 大阪市北区西天満 3 丁目 2-17 ☎06-6363-1884  
技術部: 東京都港区芝公園芝パークビル B 館 ☎03-6402-8257

# 貴社の「やりたい」を叶えます

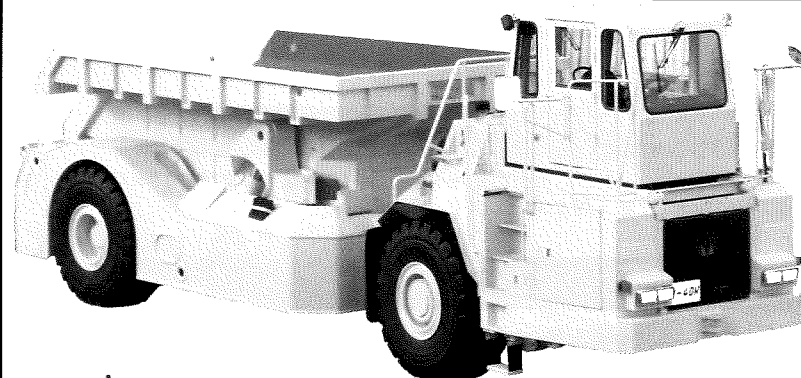
## 大断面用新機種

超余裕の積込能力266m<sup>3</sup>/h!

《PC450LC-11》  
3.5mローディングショベル



多彩な輸送パターンを演出!



**MITSUBISHI MIRUNA**

《K-40NDT》  
40t20m積コンテナ  
着脱式ズリ運搬車

驚異の吹付範囲 (幅24m/高さ15m) を実現!



**Atlas Copco**

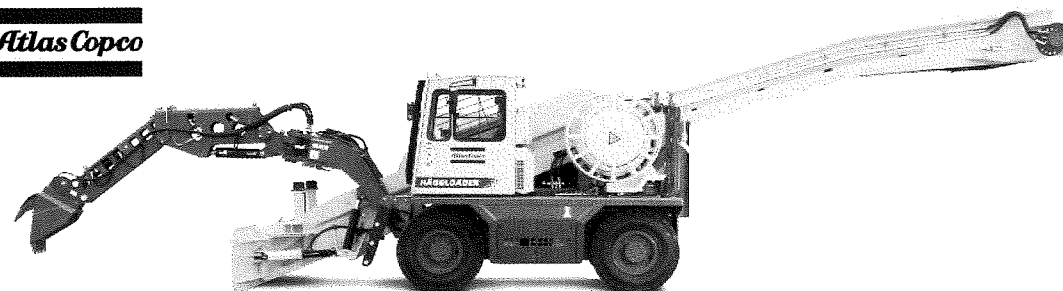
《MEYCO ME5》  
大断面用吹付機

## 小～中断面用新機種

連続積込が躍動する“ヘグローダー”

《10HR-B》  
4.0m<sup>3</sup>/min連続積込機

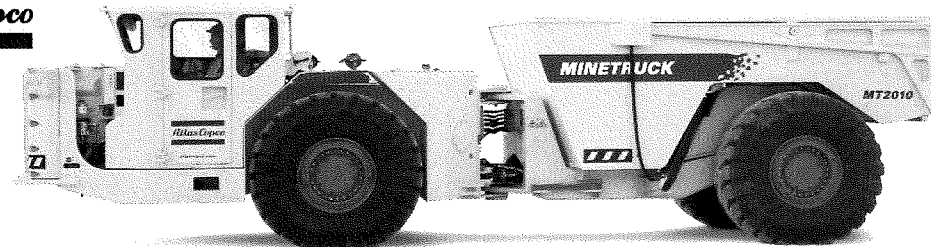
**Atlas Copco**



小～中断面に特化した“マイントラック”

《MT2010》  
20t9m積低床ダンプ

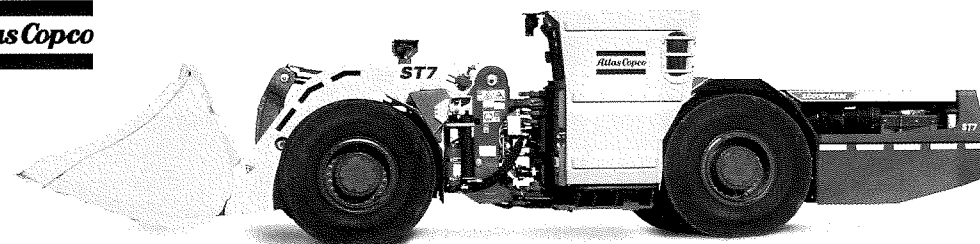
**Atlas Copco**



堅牢で小回りが利く“スクープトラム”

《ST7》  
3.1m<sup>3</sup>ロードホールダンプ

**Atlas Copco**



**T&M ニシオティーアンドエム株式会社**

Tunnel & Mining

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>

《本社》

■技術開発本部  
■営業推進部  
TEL:03-6432-0898

《東日本カンパニー》

■北海道東北支店  
TEL:0133-72-3715  
■東北営業所  
TEL:0197-71-2405  
■関東支店  
TEL:0268-62-1426

《西日本カンパニー》

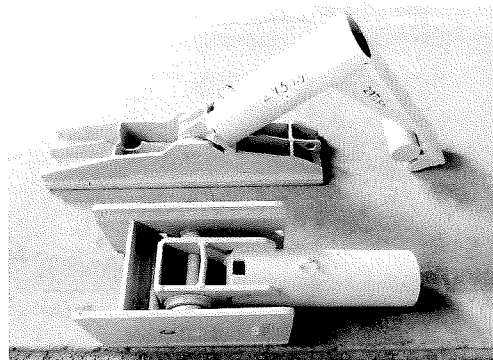
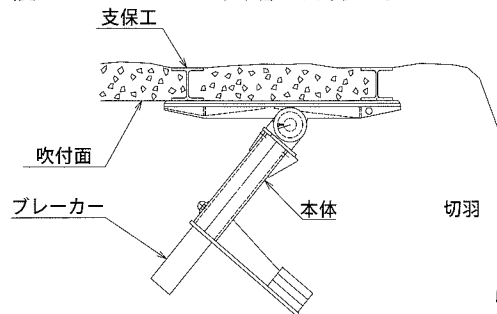
■関西支店  
TEL:072-677-2101  
■九州支店  
TEL:0982-26-2111  
■福岡営業所  
TEL:092-976-6331

# 支保工スクレーパー

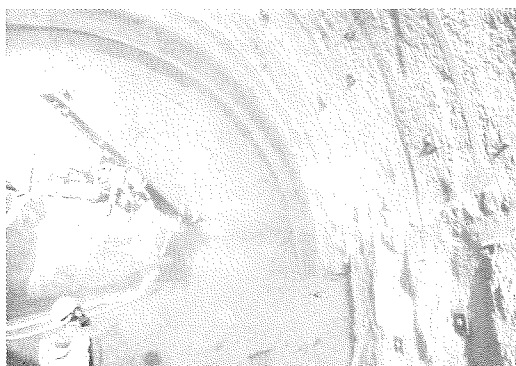
特許登録製品：特許第 4649420 号 NETIS 登録製品：HK-170013-A (特許所有者は大建土木株式会社)

## 特徴

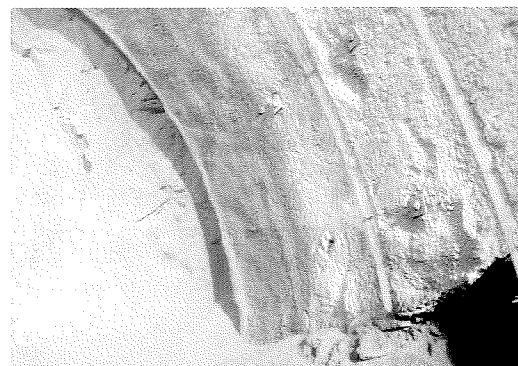
1. 吹付面を容易に平滑にできます
2. 防水シートの施工が容易になります
3. 覆工コンクリート天端の空隙が少なくなります



## 施工状況



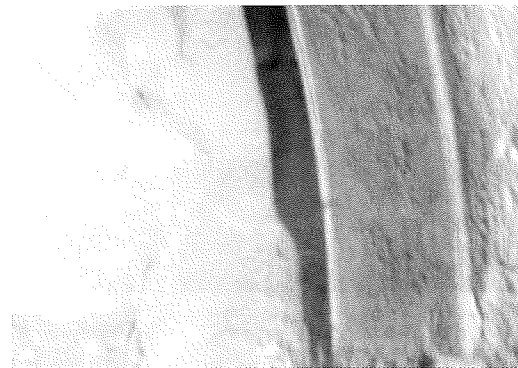
1. 吹付け作業



2. 吹付け完了 (凹凸あり)



3. 平滑化



4. 作業完了 (吹付面が平滑に仕上げる)

製造・販売

**TOUKOU 株式会社 東 宏**

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

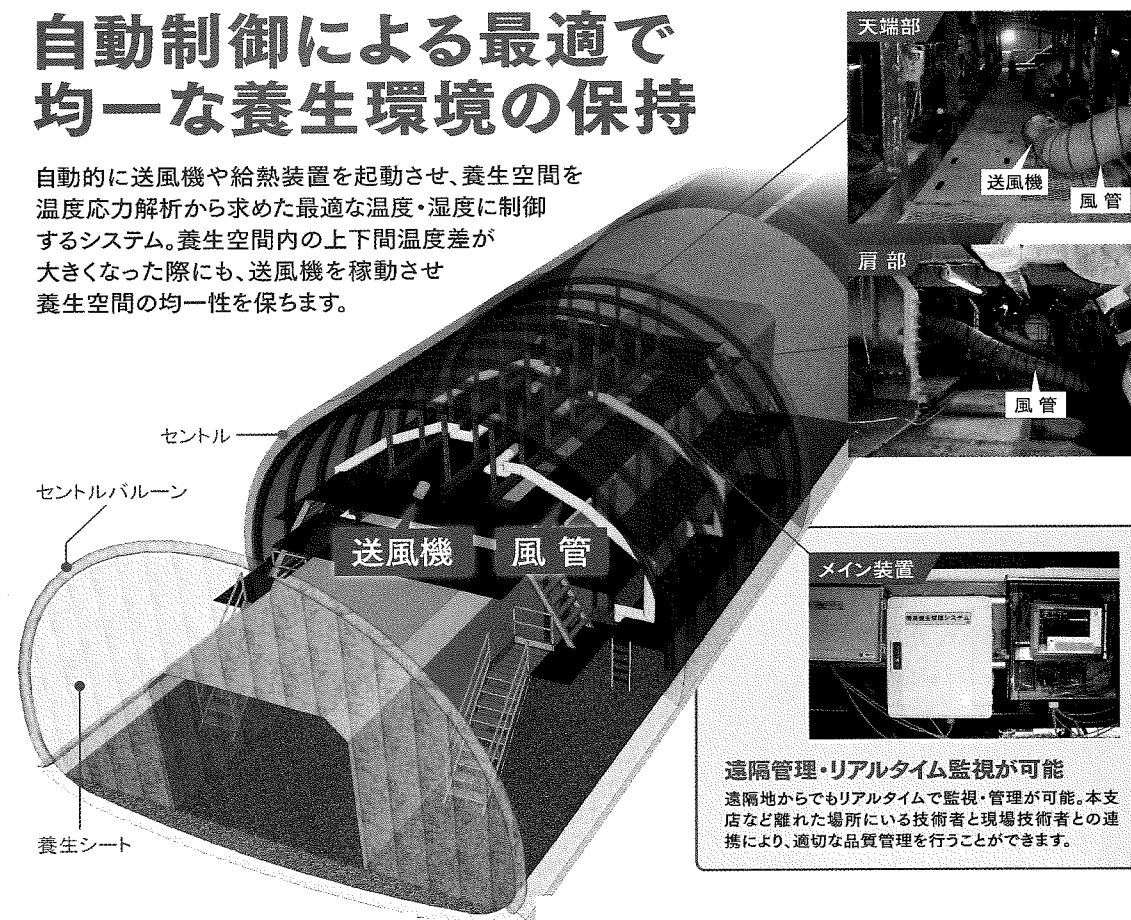
本 社 札幌市東区東雁来 9 条 3 丁目 2 番 3 号 TEL011-792-3000 FAX011-792-3333  
東京支店 墨田区両国 2 丁目 18-4 中尾ビル 4F TEL03-6659-3841 FAX03-6659-3845

# クラコン養生温度管理システム

NETIS登録 KT-120109-A

## 自動制御による最適で 均一な養生環境の保持

自動的に送風機や給熱装置を起動させ、養生空間を温度応力解析から求めた最適な温度・湿度に制御するシステム。養生空間内の上下間温度差が大きくなった際にも、送風機を稼働させ養生空間の均一性を保ちます。

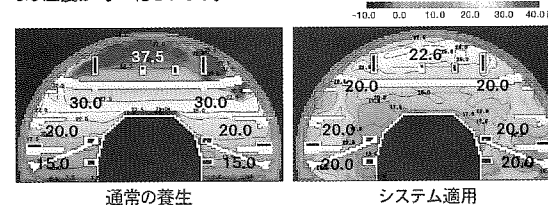


**遠隔管理・リアルタイム監視が可能**  
遠隔地からでもリアルタイムで監視・管理が可能。本支店など離れた場所にいる技術者と現場技術者との連携により、適切な品質管理を行うことができます。

全体イメージ図&写真

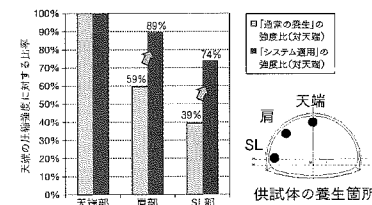
### 養生空間の温度均一化

通常の養生では、約20℃の上下間温度差が発生します。システムの適用により温度が均一化されます。



### コンクリート圧縮強度の増進

天端、肩、SL部の脱型時強度が均一化され、養生低温部の強度が増進。安全性の高い脱型強度管理が可能となります。



製造・販売

**TOUKOU 株式会社 東 宏**

本社 札幌市東区東雁来 9 条 3 丁目 2 番 3 号  
TEL011-792-3000 FAX011-792-3333  
東京支店 墨田区両国 2 丁目 18 番 4 号 中尾ビル 4F  
TEL03-3683-8011 FAX03-3683-8028  
URL <http://www.k-toukou.co.jp/>

製造

**KEISOKUGIKEN 株式会社**

本社 尼崎市長洲本通 1 丁目 14 番 1 号  
TEL06-6401-2288 FAX06-6401-2488  
東京事務所 港区浜松町 2 丁目 9 番 3 号 NBC 浜松町ビル 3F  
TEL03-5408-1915 FAX03-5408-1913  
URL <http://www.keisokugiken.co.jp/>

# 補助工法のさらなるステージへ

当社はトンネルの補助工法資機材のパイオニアとして数多くの実績を築いてきました。

現在のトンネル工事はさらに安全性、品質の向上が要求されています。

複雑な地山条件、多岐にわたる要求性能にお応えするべくラインナップを拡充しています。

## 環境対策

エコリムーブ工法  
AGF-Tk工法  
パワースレッド

## 高強度シリーズ

高耐力ロックボルト  
高耐力自穿孔ボルト  
高強度シリカレジン

## 大量湧水

ウレタン減水材KOD-M  
HIPREXボルト  
RPEロックボルト

## 脆弱地山

多重式長尺フォアパイリング  
AGF-Tk工法  
パノラマ工法  
全方位マルチパターン  
地山補強工法

品質向上  
安全性向上

### ▶ 営業品目

各種注入材 / 各種長尺鋼管フォアパイリング / 全方位マルチパターン地山補強工法  
切羽対策工全般 / 各種ロックボルト / ロックボルト定着材 / 防水シート  
コンクリート皮膜養生剤クラテキュア / 建設資材全般

※特許、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

**KATECS**

株式会社カテックス 建設資材事業部

〒460-8331名古屋市中区上前津1丁目3番3号

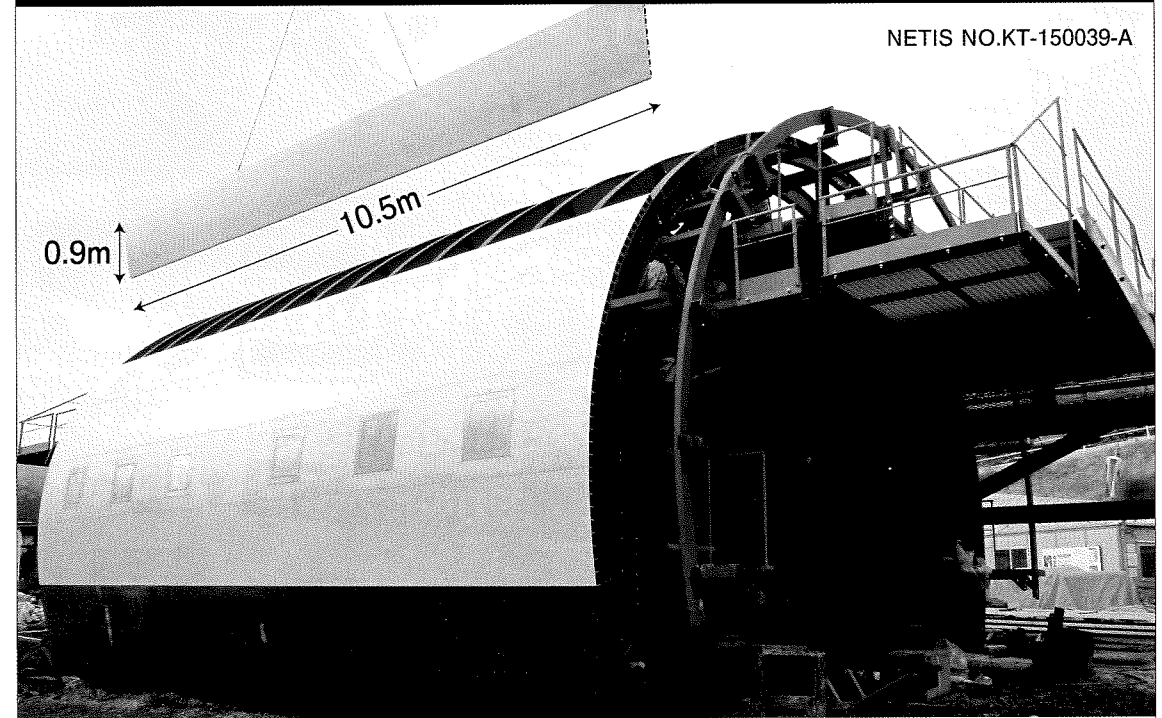
技術部・中部営業部	TEL 052-331-8821	FAX 052-332-0164
東京支店	TEL 03-3260-8321	FAX 03-3266-1648
東京支店(仙台事務所)	TEL 022-344-6041	FAX 022-344-6042
関西営業所	TEL 06-6578-3235	FAX 06-6578-3237
九州営業所	TEL 092-574-0856	FAX 092-574-0846
北海道地区(株)エイチ・アール・オー	TEL 011-821-5868	FAX 011-821-6644

URL <http://www.katecs.jp/> email [construction@katecs.co.jp](mailto:construction@katecs.co.jp)

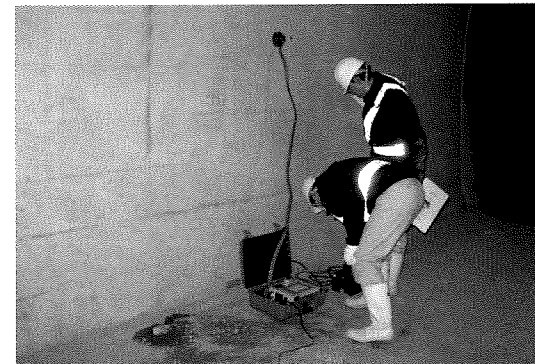
NEW

# 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



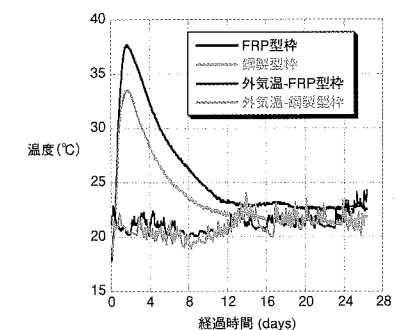
### ■ 透気試験実施



覆工コンクリートの表層部分を測定した結果、コンクリートの中性化速度係数が30%~50%程度低下し耐久性が大幅に向上することを確認した。

### ■ 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、駒ヶ江トンネル南にて測定]



◎3~4℃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
■ 東京営業所	〒103-0022	東京都中央区日本橋室町1-12-12 水島ビル3	TEL:03-6860-7796
■ 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
■ 分校工場	〒922-0304	石川県加賀市分校町又1-1	TEL:0761-74-3070

特許  
取得済

# 表面温度センサ!

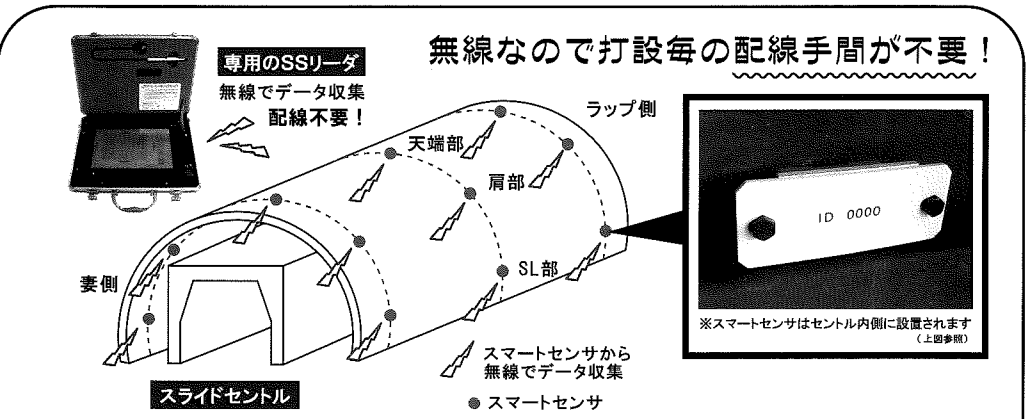
NETIS登録番号 QS-110040-VE

【スマートセンサ型枠システム・セントル仕様】

# 圧力センサ 完成間近!

『スマートセンサ型枠システム・セントル仕様』との併用で  
コンクリートの **温度・強度・圧力の一元管理** が可能に!!

お知らせ  
『NETIS登録5周年記念キャンペーン』は平成29年9月末日を以て終了致しました。数多くのお申し込みを頂き、ありがとうございました。



**スマートセンサ型枠システム・セントル仕様の特長**

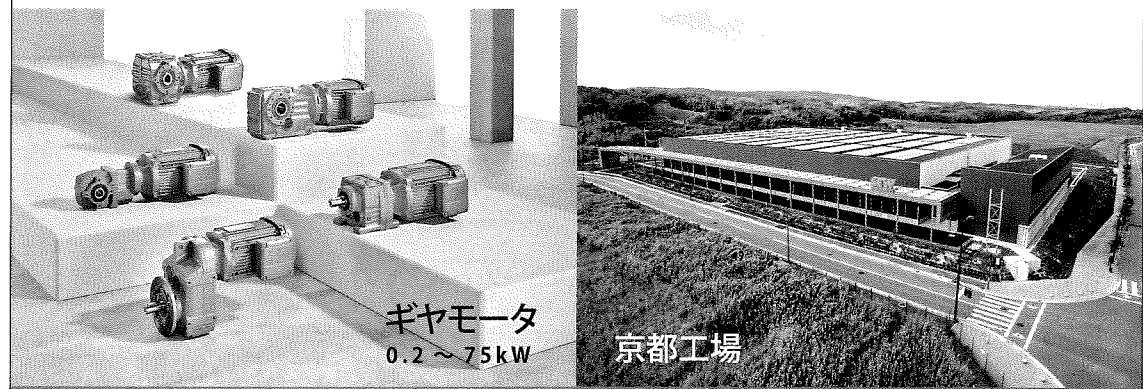
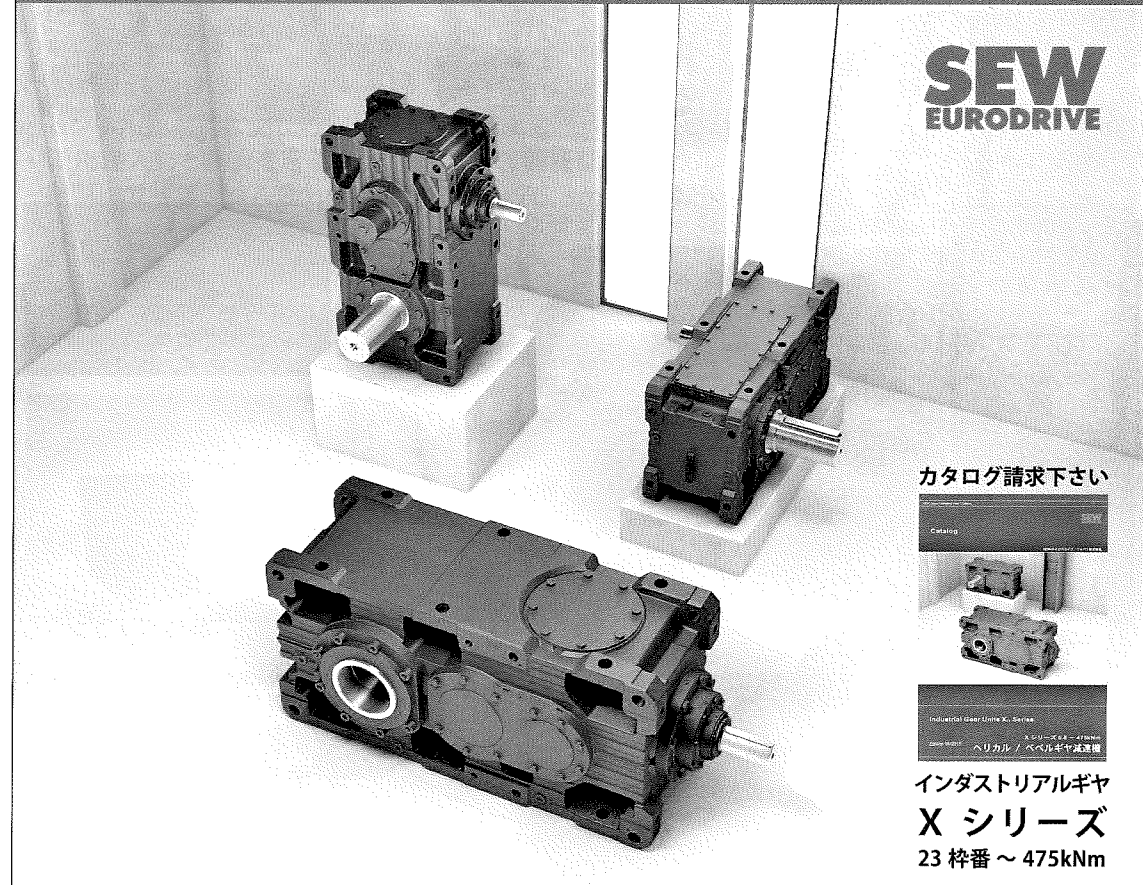
コンクリート表面温度を自動計測! コンクリートの表面温度や型枠周辺温度、打設開始・脱型時期を記録します。

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。

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 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  
共同研究開発 特許製品 Email: engi.office@kodama-boss.jp

## 《京都工場組立開始!!》SEWのXシリーズ

- 減速機の世界トップブランドSEWがお届けするヘリカル/ベベル・ヘリカルギヤユニットです。
- ドイツ製高品質部品(ギヤ、シャフト、ケーシング等)を標準在庫して組立てる made in Japan 品です。ギヤモータ同様に、Xシリーズも短納期でカスタマイズして納入致します。



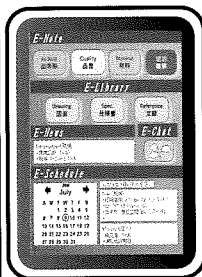
SEW- オイロドライブ・ジャパン株式会社 SEW 検索

本社・磐田工場: 静岡県磐田市 京都工場: 京都府相楽郡精華町  
東京(営)03-5408-0521 名古屋(営)052-228-8608 大阪(営)06-6444-8330 福岡(営)092-291-3600

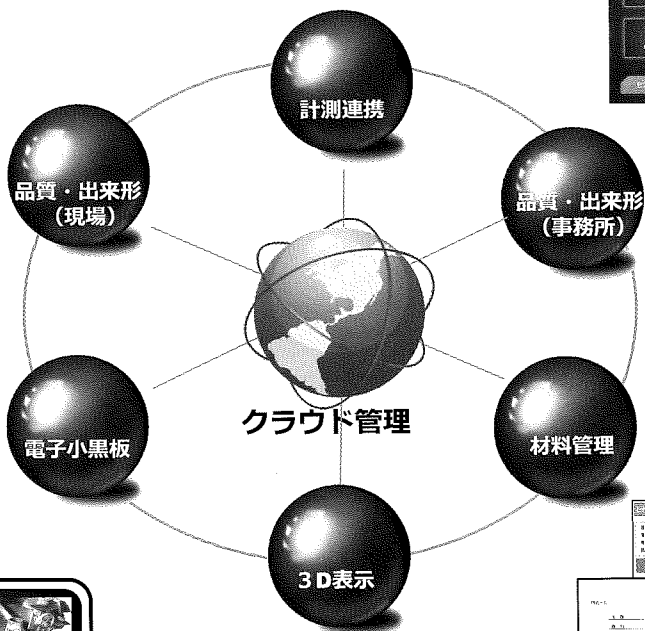
NEW

# 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

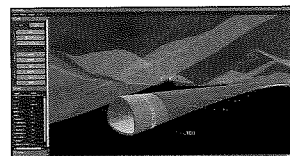
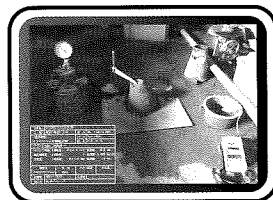
## Tunnel i-Construction



- 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

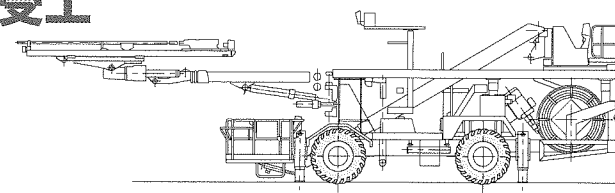


株式会社 演算工房  
 ■ 京都本社 〒602-8268 京都府京都市上京区智恵光院通中立売下ル山里町237番地3  
 TEL: 075-417-0100 FAX: 075-417-0200

## 環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

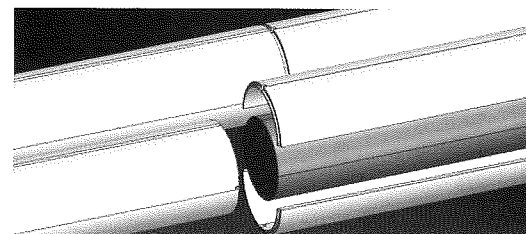
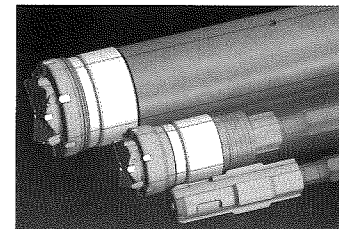
All Ground Fastening;  
Long-Distance, Fore-Pilling Method



### AGF-Me工法

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

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



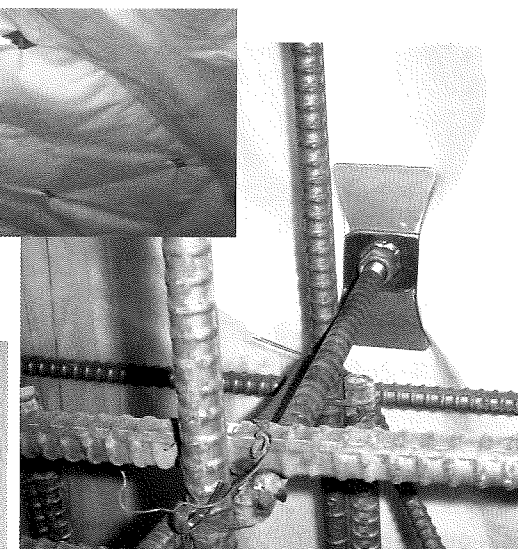
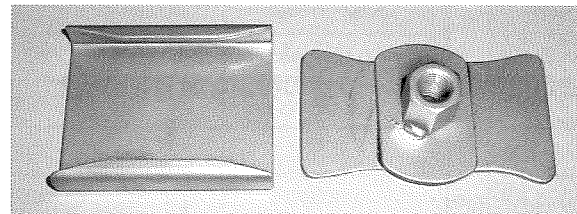
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

### TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



**東邦金属株式会社**  
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**

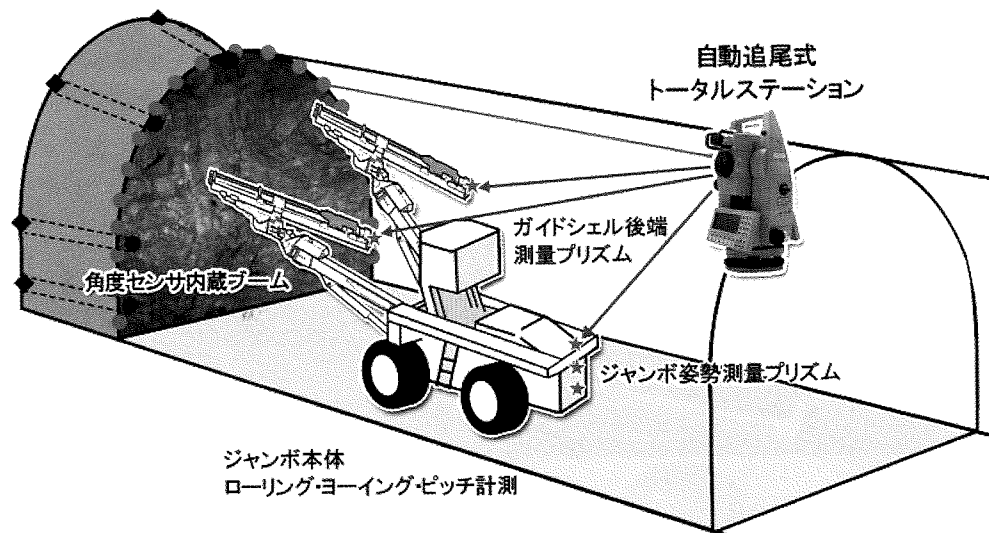
〒210-0854  
 神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11  
 Tel: **044-333-0012** Fax: **044-333-0321**  
 (お問い合わせ先)

NETIS登録番号:KK-100049-A

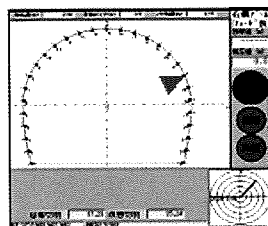
# 自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム「NETIS」に登録。

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



## ■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

**MAC** マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

**FRD** 古河機械金属グループ  
古河ロックドリル株式会社

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3  
特機部

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

# トンネル工事は新時代へ

## 1000~2000mトンネルに1.5km 延伸コンベヤシステムを パッケージでレンタルをスタート

### ☆本システムの4大特長

#### 1. パッケージのレンタルで安心

- ・レンタルシステムによる初期費用の軽減
- ・資産計上の必要無し(損金処理)
- ・ユニット、パーツの共通化で休転期間短縮

#### 2. 高性能破砕機で工期短縮

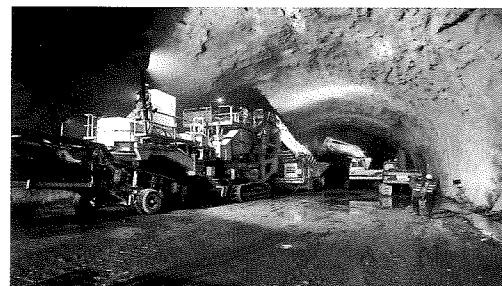
- ・標準グリズリタイプとオプションとしてエプロンタイプ(投入高2.5m)が選択可能
- ・高破砕力のCジョークラッシャーで硬岩(4000kgf/cm<sup>2</sup>)にも対応可能
- ・簡単油圧セット調整で常に破砕粒度が小さく一定

#### 3. ベルトコンベヤ搬送で安全

- ・ダンプ輸送の事故リスクを低減
- ・搬出ズリの滞積・横持ち・再処理が簡単
- ・覆工、インバート作業に対して安全

#### 4. 粉塵・騒音・排気ガスを低減

- ・ベルトコンベヤにより坑内作業環境が改善
- ・路盤補修の削減によるコスト削減



※写真はエプロンタイプです(LT96EUG)

### 1.5km 延伸ベルトコンベヤシステム概要

#### ・延伸ベルトコンベヤシステム主仕様

項目	仕様
時間当たりの搬送能力	300t/h (最大)
コンベヤ機長	1,000m~2,000m *
コンベヤ総揚程	45m
ベルト速度	150m/min
ベルト幅	600mm
駆動部総出力	150kW
ベルト継足量	300m × 10ロール
ベルト貯蔵能力	450m

#### ・主要構成機器

No	名称	主仕様
1	移動式破砕機 LT96E	300t/h、160kW
2	テールピース台車	自走式クローラ、アウトリガ4ロッド
3	ベルトストレージ	ベルト貯蔵能力最大450m
4	ベルト接合架台	300mロール用、レール方式
5	メインドライブ	150kW×4P×1台、インバータ制御

\*トンネル勾配により変動致します

設置条件によっては専用設計が必要になります

〈問合せ先〉

**日建リース工業株式会社**

本社 トンネル営業推進部 TEL(03)3295-9111

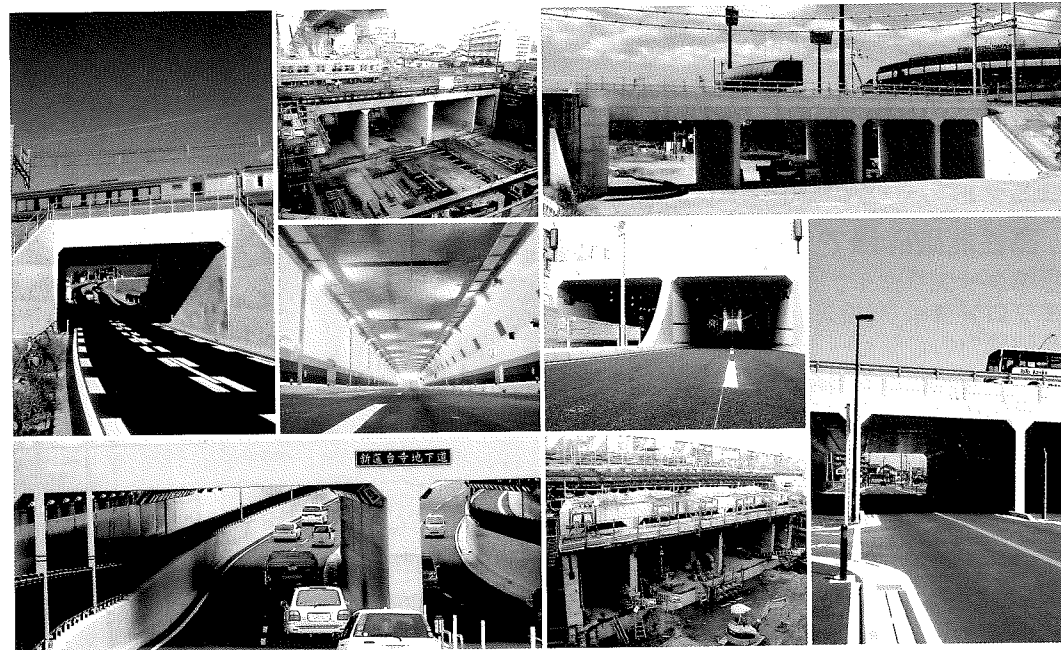
**日本コンベヤ株式会社**

本社 コンベヤ営業部 TEL(03)6859-3511

**宇部興産機械株式会社**

電力・インフラ営業グループ TEL(03)5419-6293

## 非開削立体交差施工



### R & C工法

Roof & Culvert Method  
箱形ルーフ (□800) を函体外縁に合わせて施工した後、函体を推進またはけん引によって置換設置する施工法です。縁切用鋼板により浅い土被りで地下構造物を設置できます。  
NETIS KT-040015-A

### SFT工法

Simple & Face-less method of construction of Tunnel  
函体掘進中、切羽で掘削作業を行わずに施工します。箱形ルーフ材 (□1,000) を函体外縁に合わせて矩形に閉合配置し、箱形ルーフと函体を一体として推進する施工法です。  
NETIS KT-050068-A

### FJ工法

Fronte jacking Method  
非開削アンダーパスのバイオニア的施工法。パイプルーフなどの防護工で囲まれた中を、PC鋼線によって函体をけん引し、地下構造物を設置する施工法です。

### ESA工法

Endless Self Advancing Method  
地下構造物 (函体) を長距離施工します。外部に反力を取らず、複数の函体で構成した函体群とESA設備によって、大断面の函体を掘進する施工法です。曲線施工が可能です。

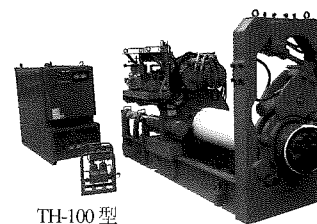
## アンダーパス技術協会

<http://underpass.info/>

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

# THパイプルーフ工法

NETIS登録 No. KT-120020-A



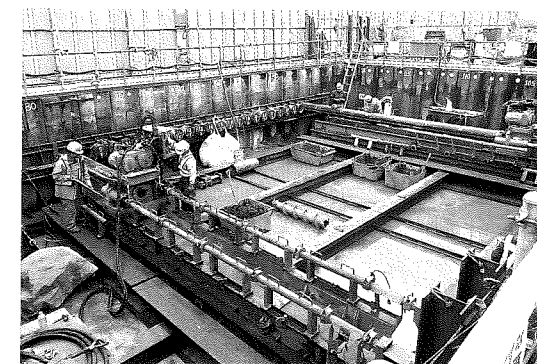
TH-100型

## 確実な空間確保

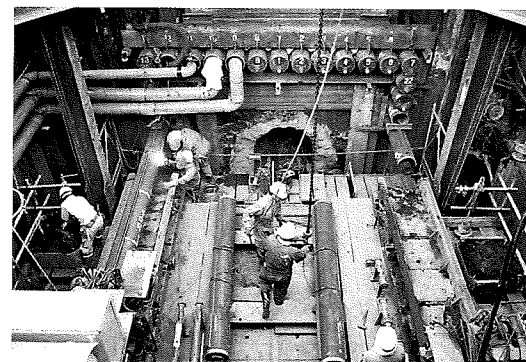
高精度・全地盤型 水平鋼管圧入システム

### ★特徴★

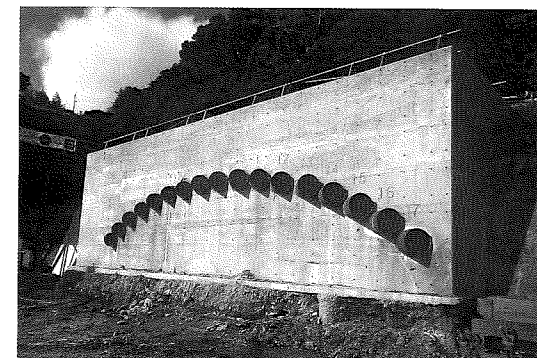
- ・本体掘削時の沈下抑制補助工法です
- ・常時管芯チェックが可能で、方向修正方式を採用 (精度が良いため支保作業が容易)
- ・オーガ中掘り掘削、地山との空隙に同時注入も可能
- ・推進途中でのビットの交換が可能で地層変化に対応
- ・適応管径は、φ200A~φ1200A
- ・最大推進長は、約70~100m
- ・推進機は、推力 1000kN (100t) 2000kN (200t) 3000kN (300t)



パイプルーフ施工状況



都市型地下道トンネル掘削に伴う防護



山岳トンネル坑口防護

〔会 員〕 ※会員 募集中 [お問い合わせは 下記 事務局へ]

(株)小宮山土木 長野県 TEL 0267-56-1299  
東洋地工(株) 福井県 TEL 0776-53-5335  
日特建設(株) 東京都 TEL 03-5645-5050  
ケミカルグラウト(株) 東京都 TEL 03-5575-0511  
(株)最上機工 山形県 TEL 0233-23-1555  
サン開発工事(株) 大阪府 TEL 072-641-4951

東邦地下工機(株) 東京都 TEL 03-3474-3143  
日本基礎技術(株) 東京都 TEL 03-5365-2500  
(株)大阪防水建設社 大阪府 TEL 06-6762-5621  
多田建設(株) 福島県 TEL 024-535-6161  
札幌県澤工業(株) 北海道 TEL 011-215-7500  
(順不同)

<http://www.piperroof.jp> (ホームページから資料が取り出せます)



## THパイプルーフ技術協会

〒140-0002 東京都品川区東品川4丁目4番7号 東邦地下工機(株)内  
TEL 03-3474-3143 FAX 03-3474-3163 E-mail: jimukiyoku@piperroof.jp

# 月刊推進技術

## 購読のご案内



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

わが国のライフラインなどのインフラ整備またはその再構築や新たな地下空間の築造に、掘削残土量やCO<sub>2</sub>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きよりも早く、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おります。

### 申込方法

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

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

月刊推進技術

検索



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 info@lswb.co.jp

## 推進工事技士試験 過去6年間(2011~2016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「合格への近道」は、過去問題を「実際に解いてみることだ」と多くの合格者からの声が寄せられています。本書では模範解答はもちろん、その問題が工法体系のどこから出典されたのかが記載されています。出典箇所がわかるので、学習するポイントが明確化され「効率的な学習ができ合格できた」との声も多く寄せられています。

是非とも、本誌をご活用いただき合格していただければ幸いです。

### 1. 内容と特長

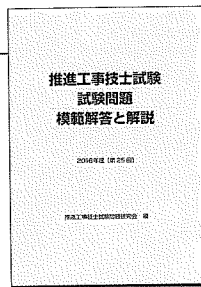
- 過去6年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出典箇所を明記

### 2. 価格

各年度単位 2,000円(消費税・送料込)

### 3. 申込方法

本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。



2016年度版発売中!!

購入方法は  
こちらから



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 info@lswb.co.jp

【好評発売中】

# セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円

いわゆるバブルがはじけたここ数年、コスト削減はすべてに優先する至上命題となっており、シールド工事もその例外ではない。シールド工事の直接費に占めるセグメント費の割合は約4割程度と言われているが、シールド工事費の削減のためにはセグメントの製造コストの削減は避けて通ることのできない課題の一つとなってきている。

このような状況を受けてここ10年ほどの間に、急激にいろいろなセグメントが提案され実用化された。

これらのセグメントのうちにはよく似たものも多く、名称もバラエティに富み、その特徴や適用範囲などが明確でないため混乱が起きている例もある。

このため「トンネルと地下」の編集委員会では過去10年間に開発され、実用化されたセグメントを中心に開発中のものも含めてアンケート調査を実施し、また、土木学会の年次学術講演会における発表状況も参考にして34件のセグメントを抽出し、「セグメントの新技术」の連載講座を設けてこれらのセグメントを順次紹介した。セグメントの名称、特徴、開発目的、適用範囲などは同じフォーマットで掲載され、また、最終回では、そこで紹介されたセグメントを整理分類し、新しいセグメントの開発の動向や今後の展望を総括した。

本書はこの連載講座をもとに新たに「セグメントの新技术」編集委員会を作り、個々のセグメントに加筆、修正を加え、より充実した内容にまとめたものである。

## 《セグメントの新技术》

- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| 1. 薄型化・高強度セグメント         | 18. シンプロセグメント         |
| 2. サンドイッチ型合成セグメント       | 19. WBセグメント           |
| 3. 矩形トンネル用合成セグメント       | 20. リングロックセグメント       |
| 4. NMセグメント              | 21. KLセグメント           |
| 5. 二次覆工省略型ダクタイルセグメント    | 22. コーンコネクターセグメント     |
| 6. リングシールド工法用セグメント      | 23. FRP-Key継手         |
| 7. コンクリート中詰め鋼製セグメント     | 24. ほぞ付きセグメント         |
| 8. DNAシールド              | 25. HOTセグメント          |
| 9. ガイドロックセグメント          | 26. インサート継手(その1:アーチ形) |
| 10. ウイングセグメント           | 27. インサート継手(その2:NF型)  |
| 11. ハニカムセグメント           | 28. CPIセグメント          |
| 12. CONEX-SYSTEM        | 29. PPCセグメント          |
| 13. スパイラルセグメント          | 30. FBRセグメント          |
| 14. コッター・クイックジョイントセグメント | 31. NRTセグメント          |
| 15. ワンバスセグメント           | 32. タイドアーチセグメント       |
| 16. ASセグメント             | 33. 遠心力締固めRCセグメント     |
| 17. マルチブレード式継手セグメント     | 34. 高流動コンクリートセグメント    |

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

きりーとーりー線

《ご注文票》

セグメントの新技术 \_\_\_\_\_ 冊 申込みます。

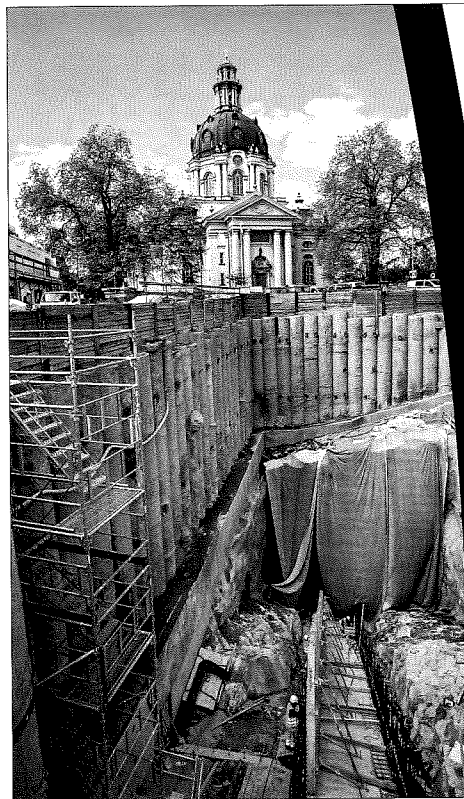
所在地 〒 ( )

事業所名 \_\_\_\_\_

部 課 名 \_\_\_\_\_

申込者名 \_\_\_\_\_

①



## 振動・騒音マネジメント ソリューション

オリカおよびオリカグループでは、世界中で直面するトンネル掘削に関する多種多様なニーズや課題に対して、日々技術開発に取り組んでおります。

電子雷管eDevIIや発破設計ソフトSHOTPlus-T、遠隔自動環境計測システムNCVIBはその主な成果であり、様々な形で振動や騒音に関するソリューションをご提供いたします。

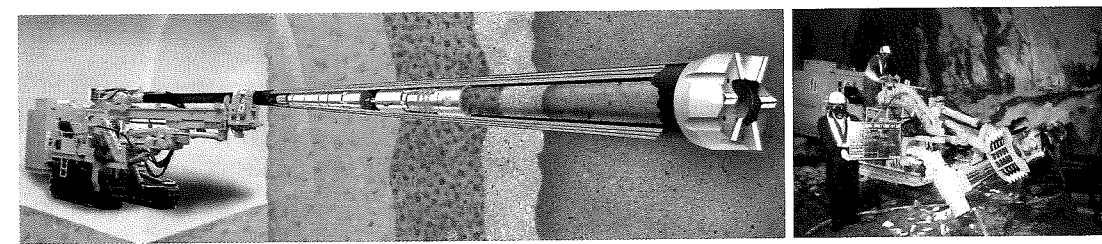


オリカジャパン株式会社  
〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-7-11 虎ノ門三須ビル7F  
Tel 03-5777-4681  
nitroconsult.se | orica.com

## トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

### パーカッションワイヤーライン サンプリング工法

- 断層破砕帯や湧水をとまらぬ難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実にこなえ、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。



**地質に  
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

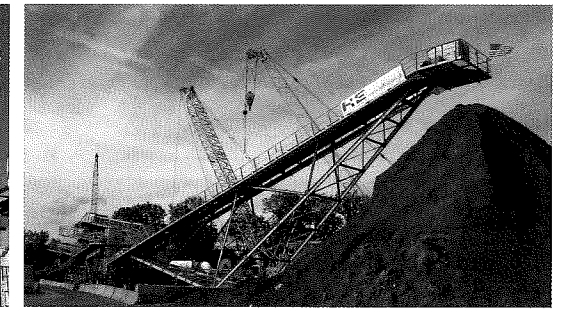
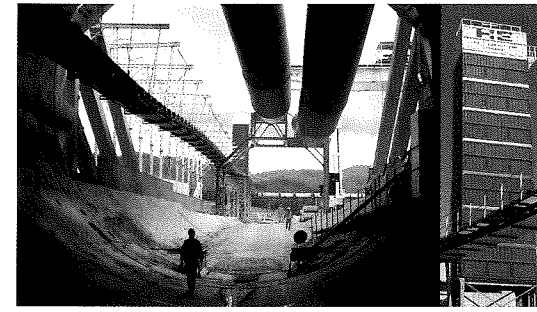
お問い合わせ先: エンジニアリング本部 エンジニアリング部  
TEL. 03-6907-7512 FAX. 03-6907-7522

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

北海道支店: (011) 561-4961 東北支店: (022) 762-6075 信越支店: (025) 275-6877 首都圏事業部: (03) -6907-7511  
大阪支店: (06) 6385-0350 中国支店: (083) 972-8757 九州支店: (092) 924-5001 海外事業部: (03) -6907-7515

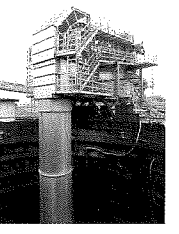


Clever Conveying



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

Tunnel Diameter: 11.30 m  
Min. Radius: > 457 m  
Minera l: 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: 森永

〒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**



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**

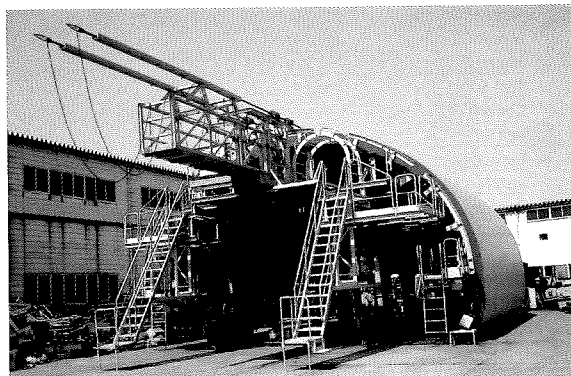
〒438-0216 静岡県磐田市飛平松 216 番地 1  
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410

# 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

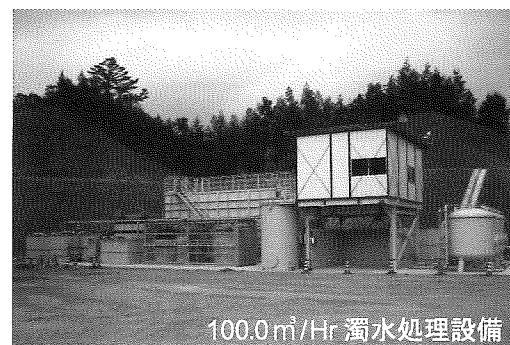
滑川工場：TEL076(476)0333 FAX076(475)9121 東北営業所：TEL0223(32)2420 FAX0223(32)2423

東京支店：TEL03(3851)1016 FAX03(6908)6789

# 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



4.5 m³ ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 取り扱っております

## 株式会社 フジテックス

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

## ■巻頭言

### トンネルの力学の新展開への期待

京谷 孝史 ..... 5

## ■計画

### 大深度・高水圧かつ塩害環境下でのRCセグメントの設計

—東京電力 葛西橋通り付近管路—

金城 佑紀・出雲 力斗・小寺 洋・斉藤 仁 ..... 49

## ■施工

### 地下階中層部に既設鉄道函体を抱込むビル地下躯体の施工

—JRゲートタワー—

齋藤 力哉・小野寺 聡・土屋 正宏・片上 貴文 ..... 7

### 先行充填により鉱山廃坑と近接・交差してトンネルを掘削

—大和御所道路 水産トンネル—

増田寛四郎・山下 裕司・黒木 祐志・市川 晃央 ..... 17

### 高被圧水で併設シールド間に超近接する大口径シールドの立坑到達

—都市計画道路大和川線—

陣野 員久・石原 悟志・石垣 兄太 ..... 39

## ■連載講座

### セグメントの新技術Ⅱ(1)

—連載講座をはじめるにあたって—

「セグメントの新技術Ⅱ」連載講座小委員会 ..... 61

## ■現場だより

### 「太陽と橋と溪谷と」宮崎県日之影町

北澤 剛 ..... 27

## ■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

### 海を渡った土竜の物語

杉山 正 ..... 29

## ■資料

### 土木情報

編集部 ..... 28

### トンネルワールドニュース

JTA 国際委員会 ..... 64

### トンネルジャーナル

編集部 ..... 60

### 「トンネルと地下」平成29年・年間総目次

編集部 ..... 65

### 工法・技術・製品ニュース

編集部 ..... 63

## ■会報

### 会報

日本トンネル技術協会 ..... 69

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

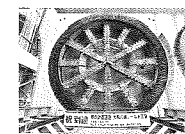
お申し込みは当社へFAX, または, お近くの書店にてお申し込みください



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】 高被圧水で併設シールド間に超近接する大口径シールドの立坑到達 —都市計画道路大和川線—

大阪都心部における新たな環状道路の一部を形成する都市計画道路大和川線のうち、堺市北区常磐町の常磐西ランプから松原市天美北の天美ランプまでの約1.9kmを外径12.54mの大口径シールドにより施工した。途中、常磐東ランプの合流地点となる立坑においては、併設する西行線および東行線の2本の本線シールドに加え、2本のランプシールドも同じ立坑から発進・到達する国内でもまれな大口径シールドによる超近接4連併設トンネルとなっている。写真はシールド到達状況である。

【写真提供：大阪府】(本文39頁参照)

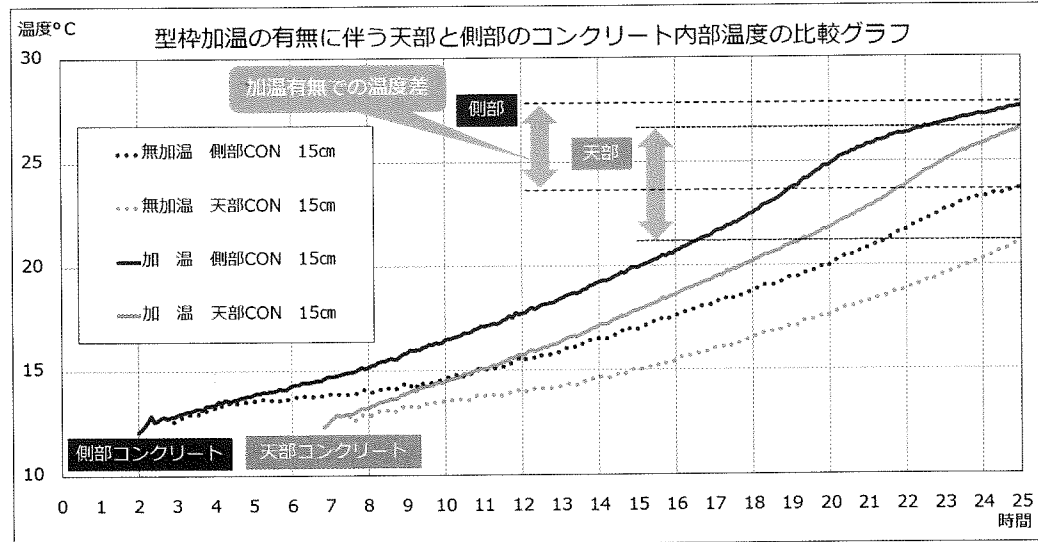
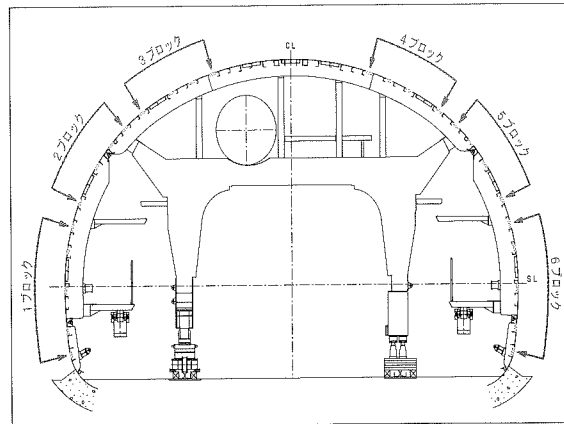
# 面状発熱体シートによるセントル加温養生システム

NETIS登録申請中

## ■ 特長

- ・加温する事でコンクリートの硬化温度を20% (約5℃) 上げる事ができる
- ・コンクリートの水和反応を促進し脱枠時の必要強度が確保できる
- ・表面と内部の温度上昇差を小さくし応力によるひび割れが防止できる
- ・表面の硬化を促進し表面強度と透気係数などの表層品質が向上し表面剥離が防止できる
- ・安全性 (引火防止)、省人化 (作業削減)、環境改善 (CO<sub>2</sub>減少) に優れている

シート1枚当たりの性能	
名称	規格
面状ヒーター	145×1,310 mm
抵抗値	494Ω ±20% (396 ~ 592Ω)
電圧	200 V
消費電力	81.0 W
電流	405 mA
漏れ電流	0.10 mA
温度	70℃以上
絶縁耐圧	AC 1,500 V 60 秒
絶縁抵抗	DC 500V 100 MΩ以上



**岐阜工業株式会社**

営業部本部 岐阜県瑞穂市宮田三舞越199番地  
TEL 058-257-1001 FAX 058-257-1011  
URL <http://www.gifukogyo.co.jp/>

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

【製造元】

TECHNO  
テクノプロ株式会社

AKT/O Group

## 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

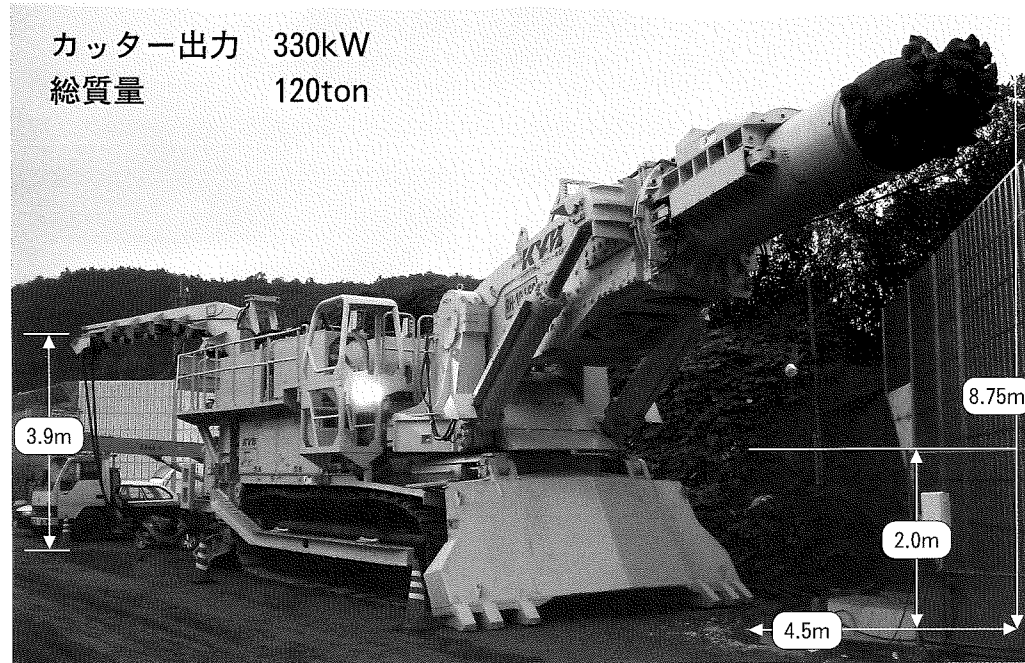
### 〔幹 事〕

伊藤 哲 男 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル研究担当部長	藤井 義 文 株式会社竹中土木常務執行役員
江戸川 修 一 清水建設株式会社土木技術本部副本部長 地下空間統括部長	松原 利 之 飛鳥建設株式会社技術研究所所長
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	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
坂田 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	吉岡 大 蔵 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官
中間 祥 二 株式会社大林組生産技術本部統括部長	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
西岡 和 則 鹿島建設株式会社土木管理本部統括技師長 (兼)土木管理本部土工務部トンネルグループ長	渡 邊 修 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 事業監理部計画課長

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4.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

**KYB** カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL 03-5733-9444  
カスタマーサービス 相模事業所 〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号 TEL 042-767-2586  
大阪支店 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番地20号TEK第二ビル TEL 06-6387-3371  
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 土木地盤研究担当	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)首席研究員	中井 宏 東京都下水道局建設部設計調整課長
伊藤 哲 男 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル研究担当部長	中谷 誠 一 東京都水道局建設部工務課長
河村 和 信 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 技術企画部技術企画課総括課長補佐	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	安田 智 東京都交通局建設工務部計画改良課長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長	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

スパンナ打設システム  
NETIS 登録 KT-120099-A  
特許 第 4863308 号

型枠ハイブレード  
NETIS 登録 KT-130066-A

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

トンネル天端部懸垂パイプレンダ締め固め工法  
NETIS 登録 KK-120003-A

NETIS 登録技術  
覆工コンクリートの品質向上

## 新しいタイプの覆工コンクリート養生システム

トンネル覆工コンクリート給水養生工法  
ウェットフォーム

ウエットフォーム移動中

NETIS 登録 KT-160031-A

一歩前進！ ～限らない未来への挑戦～

 **大栄工機株式会社**

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

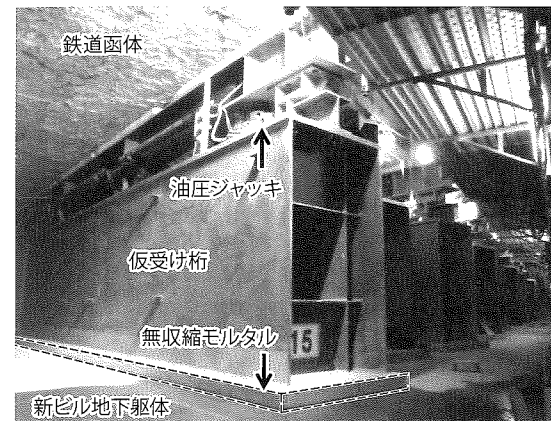
## トンネルと地下 VOL.48 No.12 掲載概要

掲載頁  
7

地下階中層部に既設鉄道函体を抱込むビル地下躯体の施工  
—JRゲートタワー—

東海旅客鉄道(株) 齋藤 力哉

JR東海は、既存ビルを取り壊して、名古屋駅前に地上46階220m、地下6階35mの超高層ビル「JRゲートタワー」を建設した。  
JRゲートタワー新設の土木工事は、地下を横断する他社線の鉄道函体を延長50mにわたって112台のジャッキで支え、列車運行の安全を確保しながら、建設する超高層ビルの地下階に取り込むという国内でも前例のない工事となった。本稿では、鉄道函体の受替え工事の概要、施工実績および計測結果を報告する。



写真は2次仮受け

**Construct Underground Structure of a New Building That Surrounds Existing Railway Box—JR Gate Tower—**

By Rikiya Saito, Central Japan Railway Company

JR Tokai built the JR Gate Tower, a high-rise building of 46 above-ground floors (220m) and 6 underground floors (35m) in front of the Nagoya Station after dismantled its existing building.

The JR Gate Tower new building works were unprecedented works even for Japan through which we built underground structure of a high-rise building which surrounds existing railway box of other companies using 112 jacks along a stretch of 50m while ensuring the safety of train operation. This report contains an outline of underpinning of railway box, implementation results and monitoring results.

掲載頁  
17

先行充填により鉱山廃坑と近接・交差してトンネルを掘削  
—大和御所道路 水泥トンネル—

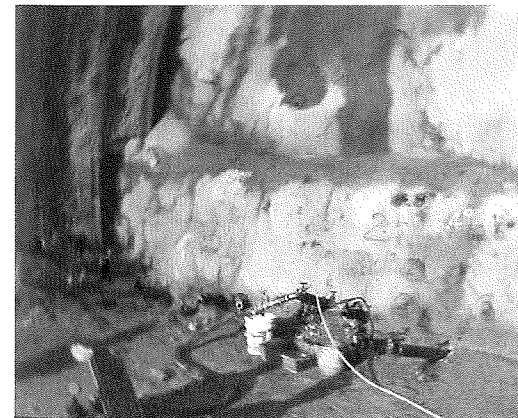
国土交通省 増田寛四郎

京奈和自動車道のうち、大和御所道路は奈良県大和郡山市から五條市間の延長27.2kmの高規格幹線道路である。水泥トンネル(仮称)は、御所南IC～五條北ICに位置する延長1,172mのトンネルである。本トンネルの起点側坑口近傍には、鉱山の廃坑道が確認され、施工時の安全に支障をきたすことやトンネルの不安定化が懸念された。そこで、廃坑道の位置や状態を詳細に調査し、対策工を立案～実施しながらトンネル掘削を行った。

**Excavation of Tunnel Installed Close to/across Abandoned Mineshafts Using Prior Filling—the Yamato-Gose Road, Midoro Tunnel—**

By Kanshiro Masuda, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

The Yamato-Gose Road, a part of The Keinawa Expressway is a arterial high-standard highway of 27.2km in length between Yamatokoriyama City and Gojo City in Nara Prefecture. The Midoro Tunnel (provisional name) is 1,172m in length and located between the Gose-minami Interchange and the Gojo-kita Interchange. An abandoned mineshafts were discovered in the vicinity of the starting portal of this tunnel and there were concerns about obstacles to safety during construction and tunnel instability. Consequently, a detailed investigation of the location and situation of the abandoned shafts was conducted and the tunnel was excavated while establishing and implementing countermeasures.



写真は充填管設置・注入状況

「大阪都心部における新たな環状道路」の一部を形成する路線である都市計画道路大和川線のうち、堺市北区常磐町の常磐西ランプから松原市天美北の天美ランプまでの約1.9kmは、シールド工法による施工であり、外径12.54mの大口径シールドを用いて行われた。

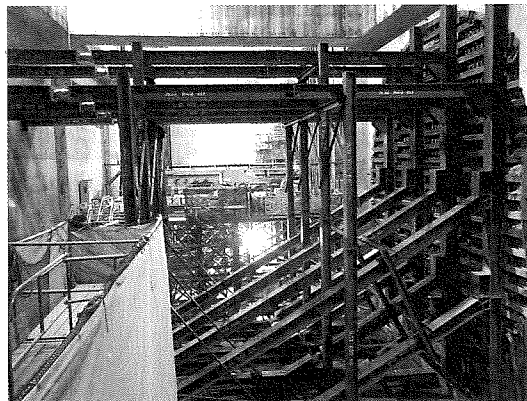
途中、常磐東ランプの合流地点となる立坑においては、併設する西行線および東行線の2本の本線シールドに加え、2本のランプシールドも同じ立坑から発進到達する、国内でもまれな大口径シールドによる超近接4連併設トンネルとなっている。本稿では、その4連併設シールドのうち、4本目の施工となった本線東行線シールドに関し、1級河川大和川に隣接した高被圧水下の立坑へ到達した事例について報告するものである。

**Arrival at Vertical Shaft of Large Shield TBM Running Close to next Tunnels and under Highly Confined Water —the Prefectural Road Yamatogawa Line—**

By Kazuhisa Jin'no, Osaka Prefectural Government

On the prefectural road, Yamato-gawa Line which is an expressway that forms a part of the new ring road in the centre of Osaka, approx. 1.9km stretch from the Tokiwa-nishi Rampway in Tokiwa-cho, Kita-ku in Sakai City to the Amami Rampway in Amami-kita, Matsubara City was constructed using a shield TBM with a large-diameter of 12.54m.

At the vertical shaft where the two shield tunnels of the expressways of westbound and eastbound lanes and two shield tunnels of the off/on-rampway meet the shield, TBMs started and arrived. They are rare tunnels even in Japan as four tunnels were installed very closely using shield TBMs. This report contains the case of TBM arrival at the vertical shaft under highly confined water in the vicinity the 1st class river of the Yamato-gawa in tunneling of the fourth excavated tunnel of the eastbound expressway.



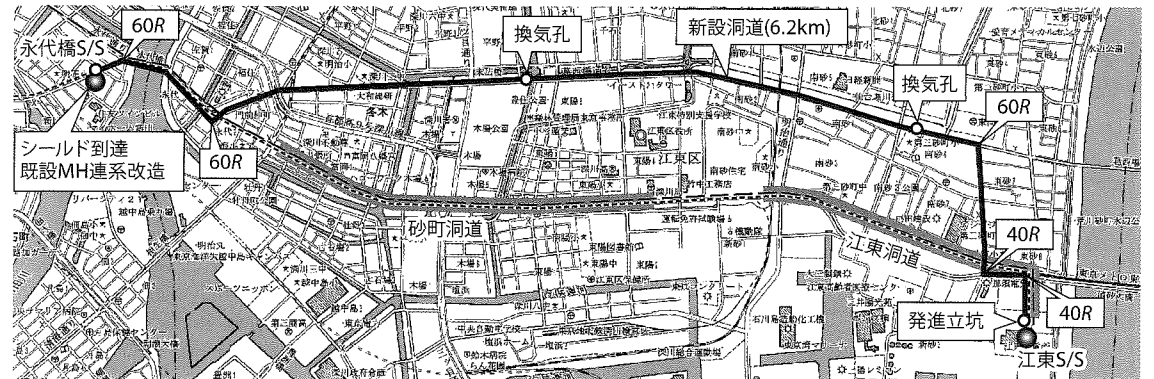
写真は仮壁 (No.4立坑)

葛西橋通り付近管路新設工事は、東京電力パワーグリッド(株)江東変電所から永代橋変電所を連系する内径3.0m、延長6.2kmの洞道をシールド1機で新設するものである。都心部において埋設物が輻輳している中、道路線形に合わせて線形を決定する必要があるため、最大土かぶり約53.0mと大深度かつ高水圧下に位置する。また、近傍にある当社シールド洞道では塩害による経年劣化が報告されているため、本洞道の設計では当初から塩害を想定した対策を考慮する必要がある。本稿は、大深度、高水圧下で、かつ塩害を考慮したRCセグメント設計について報告するものである。

**Design of RC Segment Used in Deep under the Ground, High Water Pressure and Salt-Damage Environment —TEPCO Pipeline near the Kasai-bashi-dori—**

By Yuuki Kaneshiro, TEPCO Power Grid, Incorporated

In The new Kasaibashidori area pipelining, a service tunnel with a 3.0m inner diameter and 6.2km in length that interconnects the Koto Substation and the Eitai-bashi Substation of TEPCO Power Grid was built using one shield TBM. As the city centre is congested with underground facilities and it is necessary to determine pipeline alignment along road alignment, maximum cover was approx. 53.0m located at depth and under high water pressure. In addition, as one of our company's service tunnels built by shield TBMs in the vicinity has been reported to be deteriorating due to age and salt damage, it is necessary to consider measures that anticipate salt damage from the beginning in the design of this service tunnel. This report contains information of the RC segment design taking depth, high water pressure and salt damage into account.

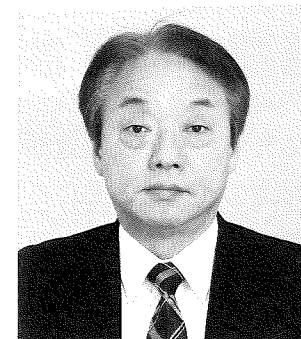


図は平面図

## トンネルの力学の新展開への期待

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻教授

京谷 寿史



私は、連続体力学を道具として岩盤の数値解析モデルの研究に携わって来ました。最近では非力ながら膨潤性岩盤が悪さをするのを何とかしようと、力と変形・水の移動・吸水膨張反応を併せたマルチフィジクスに手を出そうとしています。やはりトンネルは難しいなあ、とつくづく思う次第です。

われわれは周囲で力学的な現象が起こると、まず、注目する物体の位置や形が変わるといった状態の変化に気づきます。そして同時に、その状態変化を引き起こした原因を見出します。重りを吊るして伸びたバネを見たとき、伸びたことに気づくと同時に、その原因は重りであることを見出しているという具合です。このように、ある現象について「状態変化」と「その原因の力の作用」の両方を認識できると、われわれは「腑に落ちた」と納得します。それは、われわれが因果律に従って原因と結果をセットにして周囲の環境を理解しているからです。

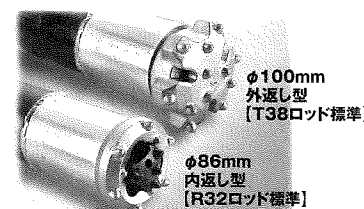
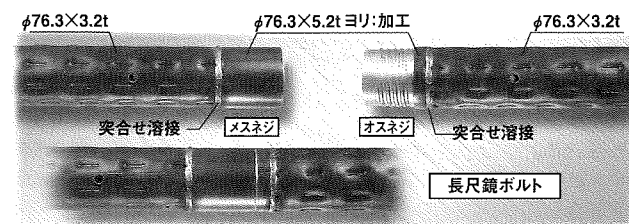
力学モデルは因果律を反映しています。まず、物体の状態変化である変位やひずみが「運動学的変数」として選ばれます。次に、それら運動学的変数の変化を引き起こす作用が「力の変数」として見出されます。変位を引き起こす力のベクトル、ひずみの原因となる応力がそれです。そして、「注目する物体に力が作用するとどんな状態変化が起こるか」が構成式として定式化され、物体はその構成式中の物性値パラメーターとして表現されます。弾性体の応力とひずみを結びつける一般化フックの法則が構成式、その中のヤング率とポアソン比が物体を表現するパラメーターです。力学モデルはこれら「運動学的変数」、「力の変数」、「構成式」の3つの要素で成り立っています。そして、それらを運動方程式に入れて問題に応じた初期条件や境界条件を与えると、力学現象を記述する二階偏微分方程式の初期値境界値問題が得られます。ところが、それは簡単には解けないので有限要素法などの数値解析によって近似解を得る、というのが今や工学全般におけるお決まりの力学の作法です。

ところが、トンネルはこのお決まりの作法どおりにはいきません。トンネルは「細長

NETIS登録No.KK-160026-A

### ストロング FIXチューブ(S型)

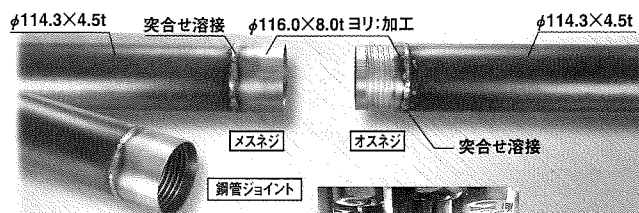
- ※長尺鏡ボルトは凹み面状の鋼管で周辺地山をしっかりとFIXします。
- ※長尺フォアパイリングのねじ強度改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



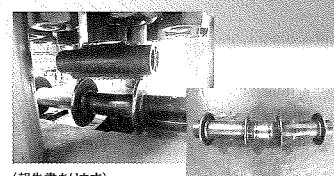
NETIS登録No.KK-150045-A

### AGF-STD工法

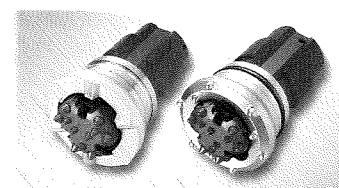
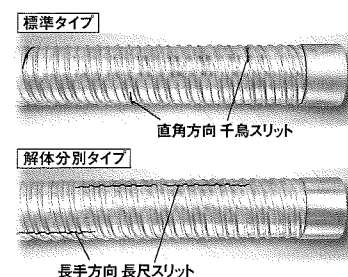
- ※軽量化による作業性とねじ強度の改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



曲げ耐力30%UP!!



#### 撤去管の選択



#### STD BITS (ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングピッチ径
100A	φ114.3	φ124

### 注入材・その他工法

NETIS登録No.KK-110040-A

- ※ウレタン系空洞充填:NTR工法
- ※ウレタン系注入材:NEW-TSRF、NEW-TBU
- ※高速ルートパイル:SPフィックスパイル工法
- ※φ27.2注入管、自穿孔ボルト各種在庫あり



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

い穴」であり主たる構造体は覆工です。しかし、覆工だけが力学の対象となる構造体かと言えばそうではなく、覆工背面の地山も「細長い穴」を維持するための重要な構造部材です。その領域は地山と覆工との相互作用によって決まることは力学が教えるところです。ところが、その地山の性質がよくわからないから困るのです。地山は色んなスケールの不連続面を含み、圧縮には抵抗するけれど引張には抵抗しない材料でできています。そんな性質を合理的に記述する構成式モデルはありません。そのため、天端沈下、側壁ハラミ出し、盤膨れなどの変形や地中変位計による周辺地山の変位分布など、トンネルの状態変化は具体的に知ることはできても、そうした状態変化を引き起こす原因の「力」を明確には見出せないのです。「トンネルについては、作用荷重と抵抗する構造体といった図式が、橋梁のように明確に成立しない」とは、昔から言われていることです。トンネル工学は経験工学だと言われるのは、このようにトンネルがお決まりの力学の作法にスッキリと収まらないことが背景にあります。

トンネルを理解する際の力学モデルは作法に従うのではなく、経験を通して人の頭の中で組み立てられていきます。その経験知は信頼に足るしっかりしたものです。しかし、経験された事柄に依存した思考モデルであるため、同じ事象を見ても人によって解釈は少しずつ異なります。それら異なる解釈を持ち寄って一つの結論を導き出すとき、人によって解釈が異なっていることは大きな力です。ところが、残念なことには、共通の解釈モデルがないので、その実り多い議論の過程をわかりやすい形で残すことが難しいのです。だから、初学者に薦められるトンネルの力学の教科書は見当たりません。それもトンネルの難しさを反映しています。

しかしながら、最近、そんなトンネルの力学の難しさもひょっとしたら何とかなるんじゃないか、と思い始めています。それは3次元データの可視化技術の急速な進歩を見るからです。切羽の地質、支保パターンの変化、掘削の進行に伴う変形などが、従来のような数値や2次元の図面をまとめた台帳ではなく、一目瞭然の3次元イメージとして提供されるならば、その3次元イメージを祖上にして、集まった経験知はより具体的な議論を通して、より建設的に交わることが期待できます。そんな共同作業を通して得られる実り多き知見は、3次元データと併せて誰もがアクセスできる共有知として保存されるでしょう。貴重な個々の経験知が共有知へと昇華してわれわれの知的財産として蓄積されるといいなあ、と思うのです。そして、そんなことになれば、トンネルの力学もその形が少しずつ見えてくるんじゃないか、と淡い期待を抱いているのです。

## 施工

# 地下階中層部に既設鉄道函体を抱込むビル地下躯体の施工

## —JRゲートタワー—

東海旅客鉄道(株)建設工事部土木工事課課長代理 齋藤 力哉  
東海旅客鉄道(株)建設工事部土木工事課((現)中央新幹線建設部)主席 小野寺 聡  
東海旅客鉄道(株)建設工事部土木工事課主席 土屋 正宏  
大成建設(株)名古屋支店JRゲートタワー仮スラブ撤去工事作業所所長 片上 貴文

### 1 はじめに

名古屋駅前において、既存ビルを取り壊して、地上46階220m、地下6階35mの超高層ビル「JRゲートタワー」(以下「新ビル」と称す)を建設した(図-1)。

新ビル新設の土木工事は、地下を横断する他社線の鉄道函体を延長50mにわたって112台のジャッキで支え、列車運行の安全を確保しながら、

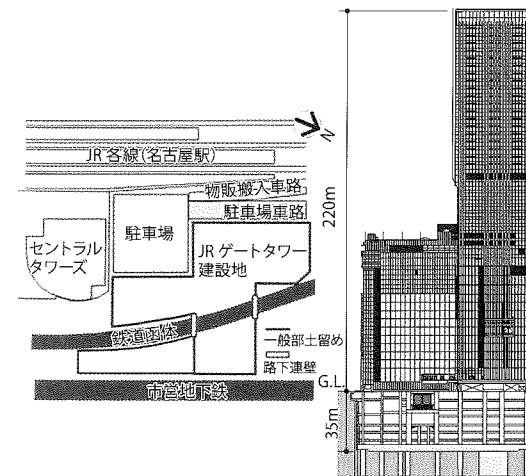


図-1 JRゲートタワー建設地平面図と断面図

建設する超高層ビルの地下階に取り込むという国内でも前例のない工事となった。

本稿では、鉄道函体の受替え工事の概要、施工実績および計測結果を報告する。

### 2 施工ステップ

施工ステップを図-2に示す。

- ① 既存ビルの解体と並行して、止水および地盤強化を目的に鉄道函体下へ薬液注入を行った。
- ② 鉄道函体下を導坑掘削し、確保した施工スペースから仮受け杭を打設した。仮受け杭および油圧ジャッキを設置後、油圧ジャッキを介して仮受け杭で荷重を受け、1次仮受けを行った。
- ③ 新ビル地下躯体の構築後、仮受け杭を切断して鉄道函体の荷重を仮受け杭から新ビル地下躯体へと2次仮受けを行った。鉄道函体は、新ビル地上建方および地下躯体構築の建造物荷重に伴う沈下、掘削に伴うリバウンドの影響が予想されたため、これらの対策として、油圧ジャッキの自動制御を実施した。
- ④ 鉄道函体を恒久的に支持するスラブ・台座

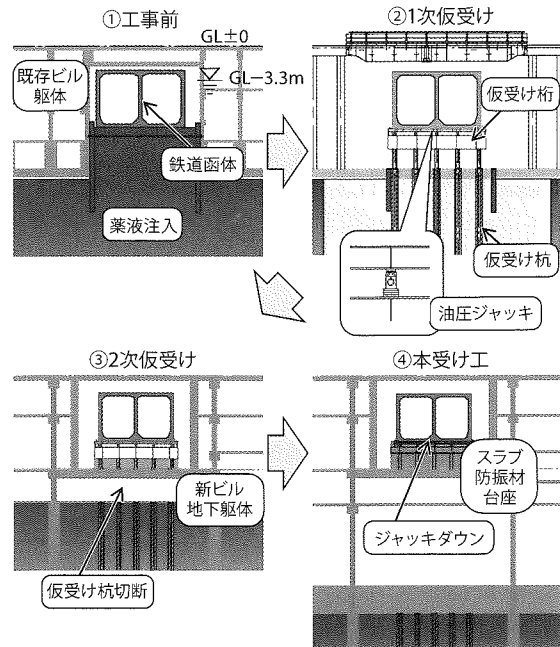


図-2 施工ステップ

の構築と防振材の敷設、新ビル地上・地下躯体の構築が完成し、ディープウェル閉塞後の復水による隆起が鎮静化し、鉄道函体への施工中の影響がなくなったことを確認したあと、ジャッキダウンにより鉄道函体の本受け工を行い、油圧ジャッキを撤去した。

### 3 薬液注入

本現場の地質条件は、砂礫層と粘土層の互層地盤であり、各透水層の水頭がGL-3.3mと高いことから、仮受け杭施工時の出水防止、および導坑掘削時の土砂崩壊を防ぐ地盤強化の目的で、鉄道函体下に薬液注入を施工した(図-3)。

鉄道函体直下の砂質土層に粘土層への根入れを考慮した深さまでを1層目、それ以降を2層目以上と定義した。

注入工法として、鉄道近接工事での施工実績

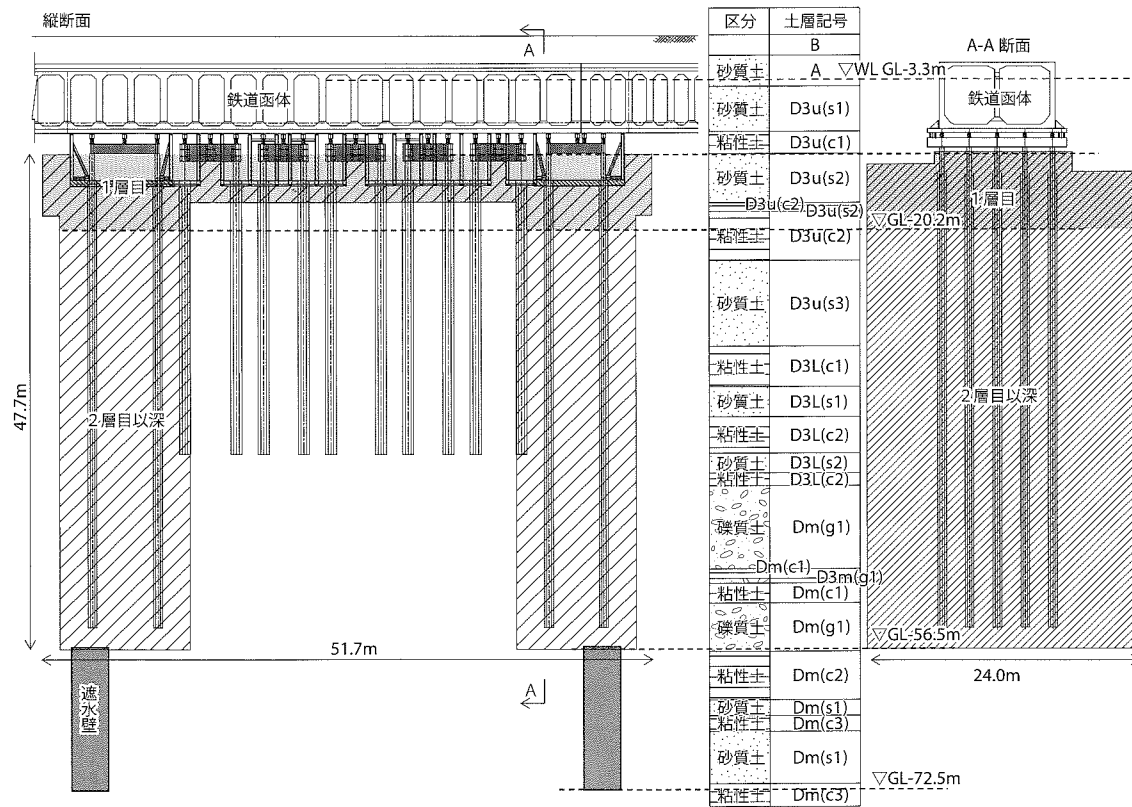


図-3 薬液注入範囲と柱状図

が多い、二重管ダブルパッカー工法を2層目以上深に採用した。

1層目については、薬液注入圧による鉄道函体の隆起を極力小さくするため、さまざまな工法を比較検討し、低吐出の浸透注入が可能で、1つのユニットから改良体32個の任意の箇所に対して、同時注入できる多点注入工法を採用した。

#### 3-1 計測結果

多点注入工法を採用した1層目の計測結果は、二重管ダブルパッカー工法の2層目以上深の注入に対して、鉛直絶対変位で約2倍の隆起量を観測したが、列車の走行安全性の指標である鉛直相対変位(延長10mあたりの鉄道函体のたわみ量)を半分以下に抑えることができた(図-4)。鉄道函体直下に低吐出の多点注入工法を採用することにより、工事期間中の管理値である鉛直相対変位3mm以内で薬液注入を完了でき、鉄道函体の隆起を最小限に

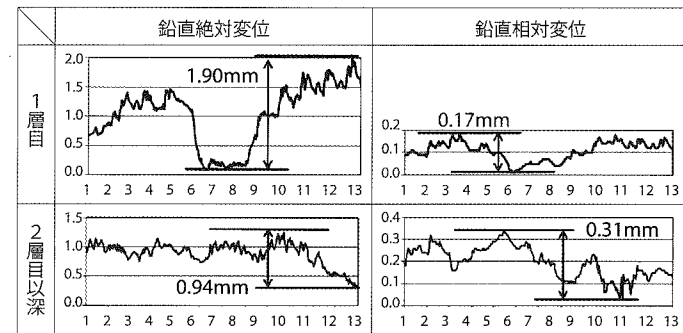


図-4 薬液注入施工時の鉛直絶対変位と鉛直相対変位

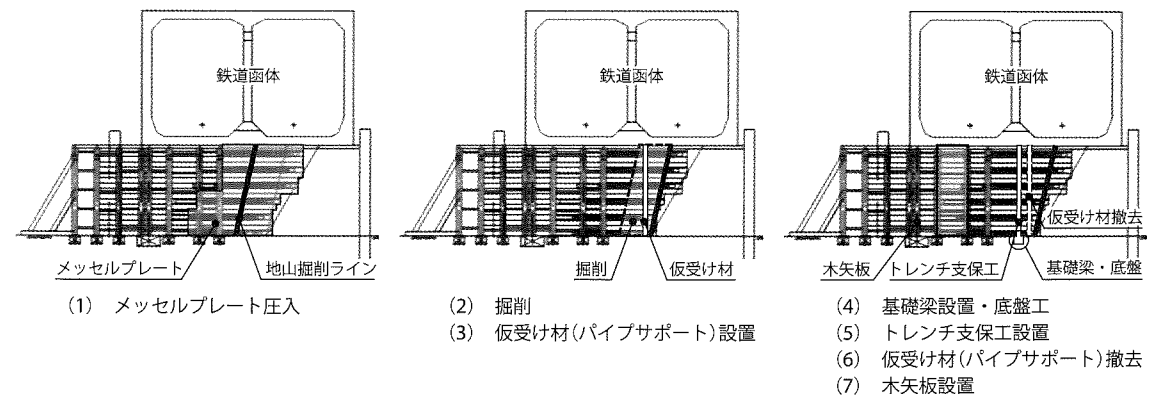


図-5 導坑掘削ステップ図

抑えることができた。

#### 3-2 施工実績

1層目の施工は、夜間列車の通らない時間0:30~4:30(以下「夜間列車間合い」)にて、軌道および構造物への薬液注入による影響度を確認する「確認施工」を実施した。確認施工にて、影響度を確認したのち、不測の事態が発生しても迅速に軌道整備などが行えるように、すべて夜間列車間合いにて施工した。改良対象土量の約5,000m<sup>3</sup>を改良するのに約5か月間を要した。

2層目は「確認施工」を確認したうえで、昼夜連続で作業を行った。改良対象土量の約18,000m<sup>3</sup>に約11か月間を要した。

目標注入率は、1次注入は一律5%、2次注入は砂礫層が30~40%、粘土層が10~20%として施工を行った。

### 4 導坑掘削

薬液注入完了後、仮受け杭の構築スペースを確保するため導坑を構築した。なお、薬液注入の効果を確認したうえで(粘着力 $c = 80\text{kN/m}^2$ 以上)、鋼製矢板と支保工で地山の緩みを抑えるメッセル工法にて導坑掘削を行った(図-5)。導坑(縦4.2m×横3.0m)内を重機で掘削し、ベルトコンベヤで排土して鉄道函体の直下に14か所の導坑を構築した。

### 4-1 施工実績

最初の導坑を夜間列車間合いの「確認施工」で掘削し、鉄道函体に影響がないことを確認したあとに、2か所目以降は昼夜連続で施工した。施工期間は9か月間を要した。また、隣接する導坑を同時に掘削しないよう掘削順序を設定し、慎重に掘削作業を進めた結果、掘削中の鉄道函体の挙動は、日常変動(鉛直変位量1mm程度)であった。これは、先の薬液注入による地盤強化が功奏したと推測される。

## 5 仮受け杭工

薬液注入による止水効果で当該地盤の透水係数が $k=1 \times 10^{-3} \text{m/s}$ 以下であることを確認したうえで仮受け杭を施工した。

導坑掘削で構築した空間から、リバース工法で低空頭の施工が可能なTBH工法にて、仮受け杭を打設した。

仮受け端部を20本(5本×2列×2か所、φ800, L=43m, 芯材H-400×400)、中間部を20本(2本×10列、φ1,000, L=31m, 芯材H-500×500)打設した(図-6)。

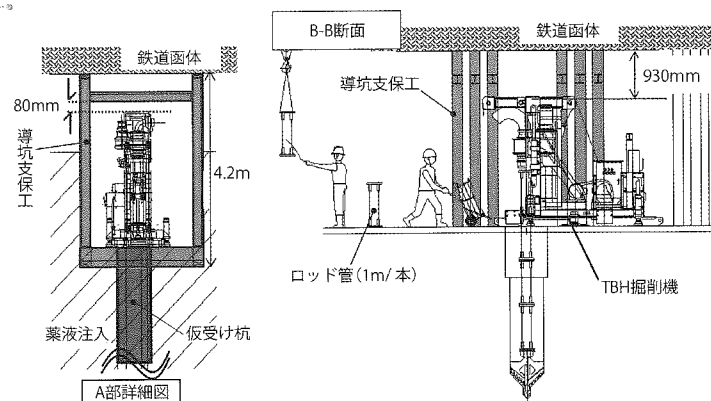
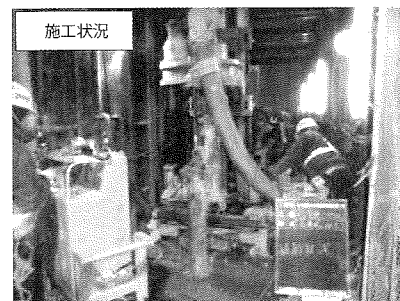
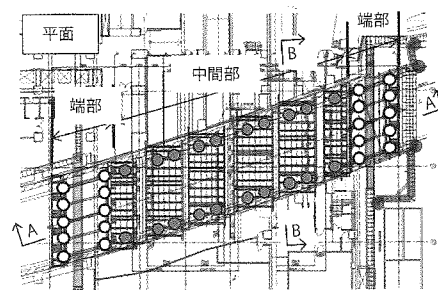


図-6 仮受け杭打設

### 5-1 仮受け杭の支持力確認

仮受け杭の支持力確認は、隣接する両側の仮受け杭を梁でつなぎ、油圧ジャッキを用いて荷重を載荷する方法とした。載荷試験の結果、端部、中間部とも設計荷重以上の支持力を有していることを確認した。

### 5-2 被圧水層の減圧と水位計測

施工に際しては、各被圧水層を減圧する井戸を4か所、水位観測井戸を2か所設け、10L/min程度の排水ポンプで水圧を低下させ、仮受け杭の孔内水位を水頭より2m以上高く保つように管理することにより、仮受け杭の施工を安全に完了させた。

### 5-3 施工実績

仮受け杭施工時の孔壁崩壊のリスクを排除するため、昼夜連続で仮受け杭の施工を行い、孔壁解放時間を短くした。施工期間は6か月間を要した。仮受け杭施工中の鉄道函体の挙動は、日常変動(鉛直変位量1mm程度)であった。

## 6 1次仮受け

鉄道函体の荷重は、前述の導坑掘削の際に設置した支保工で支えられている。鉄道函体の荷重を

油圧ジャッキにより、支保工から仮受け杭に移行することを「プレロード工」と定義する。

油圧ジャッキに導入する荷重については、いったん、設計荷重(死荷重)の100%以上導入し、仮受け杭の初期沈下を促す事例が多いが、今回は他社線の鉄道函体の鉛直変位を最小限とするため100%を上限と計画した。なお、仮受け杭に対して事前に載荷試験を行い、仮受け杭の支持力が設計値を満足することを確認している。

プレロード工は、他鉄道会社との協議により、設計荷重(死荷重)の40%を超えるプレロード工については、他社線の夜間列車間合いにて施工することとした。

プレロード工の手順などについては、『アンダーピニング工法設計・施工マニュアル』にもとづき計画した。ジャッキ荷重は20%ずつ載荷していき、100%まで5ステップに分けて載荷した(図-7)。なお、プレロード時の計測管理値(鉄道

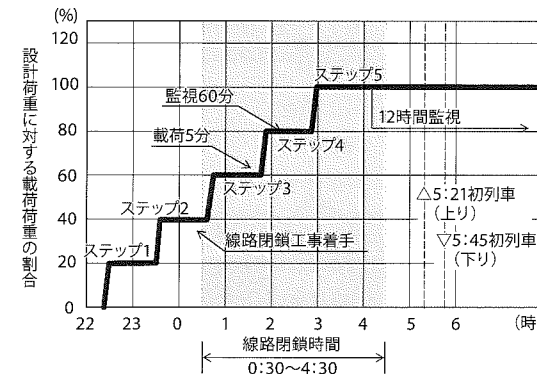


図-7 タイムスケジュール(計画)

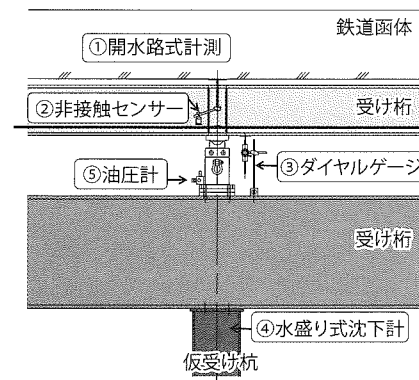


図-8 計測装置

函体の隆起量)は、事前の解析で算出した導坑掘削時の支保工の縮み量0.5mmと設定した。

### 6-1 計測管理

プレロード施工中の計測管理は、次の5項目について行った(図-8)。

- ① 開水路式計測：鉄道函体変位量(鉛直・水平変位)
- ② 非接触センサー：鉄道函体変位量(鉛直変位)
- ③ ダイヤルゲージ：ジャッキストローク
- ④ 水盛り式沈下計：仮受け杭沈下量
- ⑤ 油圧計：ジャッキ荷重

### 6-2 施工実績

プレロード工は、仮受け区間全体を3グループに分け、計4日間、夜間列車間合いにて施工した(図-9)。

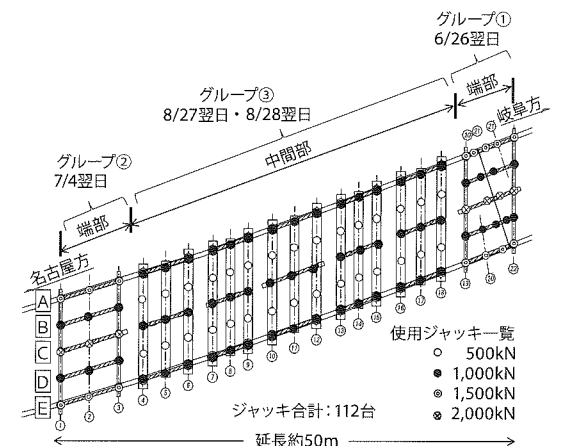


図-9 プレロードのグループ分け

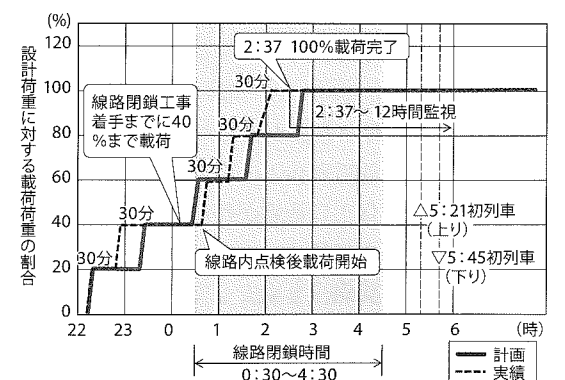


図-10 グループ①の施工実績

(1) グループ①(2013年6月26日翌日)

2:37に100%の載荷を完了し、12時間監視した(図-10)。鉄道函体の隆起量は最大0.34mm、仮受け杭の沈下量は最大0.30mmであった。なお、12時間監視後の異常はなかった。

(2) グループ②(2013年7月4日翌日)

2:13に100%の載荷を完了し、その後12時間監視した。鉄道函体の変位量は最大0.15mmであった。グループ①と比較し変位量が少なかったが、これは施工当日の21:30ごろまで近傍にて薬液注入を施工し、薬液注入でいったん隆起した値が注入圧の消散によって沈下傾向にあり、プレロード工による隆起を打ち消したためであると推測される。

なお、仮受け杭の沈下量は最大0.30mmであり、12時間監視後の異常はなかった。

(3) グループ③(2013年8月27日翌日、8月28日翌日)

1日目については、95%まで載荷した段階で鉄道函体の隆起量がプレロード工の管理値の0.50mmに達したため、作業を終了した。なお、仮受け杭の沈下量は最大1.45mmであった。

2日目については、85%まで載荷した段階で鉄道函体の隆起量が0.50mmに達したため、作業を中止した。なお、仮受け杭の沈下量は最大1.35mmであった。

両日とも12時間監視後の異常はなかった。2日間に分割してプレロード工を行うことで、1日あたりの隆起量の絶対値を小さくした。隆起量の累積最大値は0.91mm(22:30~翌4:30)となった。

6-3 施工後の経過

プレロード完了時点でのジャッキ荷重は設計荷重の85~100%となった。一部のジャッキにおいて100%まで載荷できなかったのは、プレロード完了時点では、鉄道函体下の導坑掘削時に設置した既存の導坑支保工に荷重が残っており、すべての荷重がジャッキに移っていないことが考えられた。実際に導坑支保工を撤去していく過程で、すべてのジャッキ荷重が設計荷重の100%以上となった。

その後、1週間ジャッキ荷重の日常変動を監視

した結果、各ジャッキについて、設計荷重の105~110%程度の範囲を中心に、±10%の範囲で変動している傾向が見られた。これを受けて、実荷重を基準値に再設定し、以降はこの基準値に対して±10%の範囲でジャッキコントロール(荷重制御)を行っていくこととした。基準値については、工事期間中の季節変動などを監視しながら、適宜見直しを行った。

7 2次仮受け

仮受け杭からビル地下躯体への荷重移行に先立ち、仮受け桁と新ビル地下躯体との隙間を少なくする必要があった(図-2ステップ③)。また、新ビル地下躯体のコンクリートを打設するだけではコンクリートの収縮により、仮受け桁下に隙間が生じるおそれがあること、および荷重を均一に伝達できないおそれがあった。

これらの対策として、あらかじめ仮受け桁と新

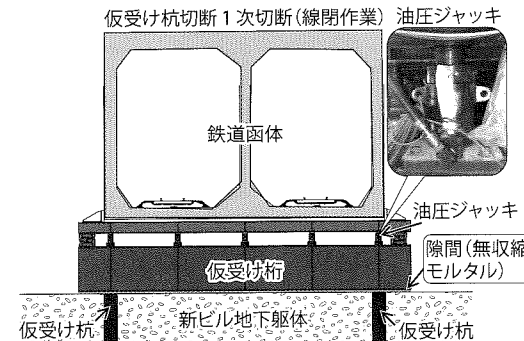


図-11 無収縮モルタル充填概要図

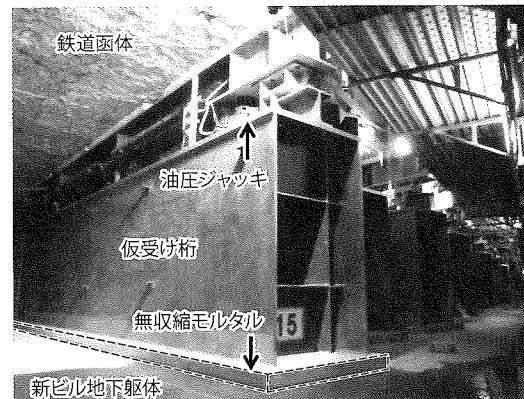


写真-1 2次仮受け

ビル地下躯体に隙間を設け、新ビル地下躯体構築後に間詰めは無収縮モルタルを充填した(図-11、写真-1)。さらに、ジャッキコントロールによる沈下対策も実施した。仮受け杭の切断に伴い仮受け桁が沈下した際に、油圧の荷重制御装置によりジャッキが自動的に伸縮することで鉄道函体の沈下を抑制した。

仮受け杭の切断は、夜間列車間合いの限られた時間で慎重に施工を行った。仮受け杭切断による鉄道函体の変位を一度に生じさせないようにし、仮受け杭切断による影響の有無を迅速に把握するため、全20本を5つのエリアに分割した。仮受け杭の切断に際しては、最初に施工するエリアにて確認施工を行い、夜間列車間合いの時間内に杭切断が完了できることおよび、鉄道函体の健全性および走行安全性を確保していることを確認したあとに、次のエリア以降の施工を進めた。

7-1 施工実績

鉄道函体の鉛直変位、仮受け桁の鉛直変位、油

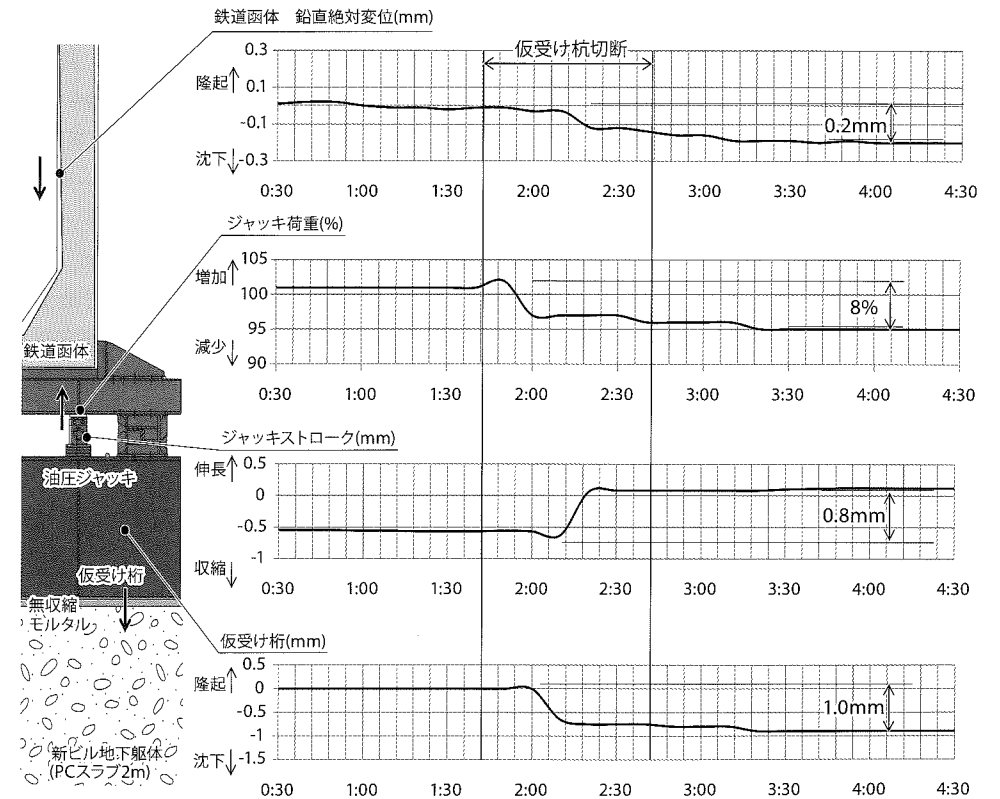


図-12 2次仮受けの計測結果(エリア1)

圧ジャッキのストロークおよび荷重を計測した。計測結果を総括すると、鉄道函体の鉛直絶対変位の最大値は0.38mm、10m弦での鉛直相対変位の最大値は0.13mmの沈下となった。すべてのエリアで管理値以内に抑制でき、鉄道函体の健全性および走行安全性を確保したうえで、2次仮受けを完了できた。

7-2 沈下要因の推測

最初に施工したエリアについて詳細を述べる。

仮受け杭切断時の仮受け桁沈下量は約1mmであり、切断した箇所のみ局所的に発生し、隣接桁には沈下は見られなかった。新ビル地下躯体の中間スラブの部材厚は2mであり、局所的な沈下が発生することは考えられず、沈下の要因は仮受け桁と無収縮モルタルのなじみの解消により沈下が生じたと推測される。また、ジャッキ荷重は仮受け桁の沈下を受けて当該ジャッキ荷重が減少し、隣接するジャッキに荷重増加が生じたが、油圧の自動制御が働き、ジャッキのストロークが自動的に

伸長した。これにより、鉄道函体の鉛直絶対変位は0.2mmに抑制できた(図-12)、鉄道函体の荷重は無収縮モルタルを介し、新ビル地下躯体の中間スラブに荷重を均一に伝達することができた。

### 8 本受け工

鉄道函体を恒久的に支持する台座・スラブの構築、新ビル地上・地下躯体の構築が完成し、ディープウェル閉塞後の復水による隆起が鎮静化し、鉄道函体への施工中の影響がすべてなくなったことを確認したあと、鉄道函体のジャッキダウンを行う。

仮受け区間における鉄道函体などの荷重約2,300tをジャッキ112台で支持している状態で台座・スラブを構築し、新ビルへの列車振動の伝播を低減するため、台座とスラブの間に防振材を敷設した。防振材は、ジャッキダウン後に鉄道函体を支持する際に圧縮することで、防振性能が機能する。防振材の圧縮に伴う鉄道函体の沈下量は、鉛直絶対変位で約2mm、鉛直相対変位で約0.2mmと推定した。

また、不測の沈下対策として、本受け工に先立ち、夜間列車間合いにて、鉄道函体下面とスラブ間にモルタルを注入した。なお、鉄道函体に生じる応力-変位関係は、梁ばねモデルの2次元静的解析により推定し、応力が許容応力度以下となることを確認した。

ジャッキダウン作業は、夜間列車間合いにて行った。ジャッキ全体を一括操作して20%ずつ荷重を除荷し、各段階で約15分間かけて点検や計測値を把握した。新ビル地下躯体に支持されている台座自体の沈下はないが、油圧システムの故障や、不測の事態には、即座に全ジャッキを固定して軌道整備・点検および監視などを行う作業の時間

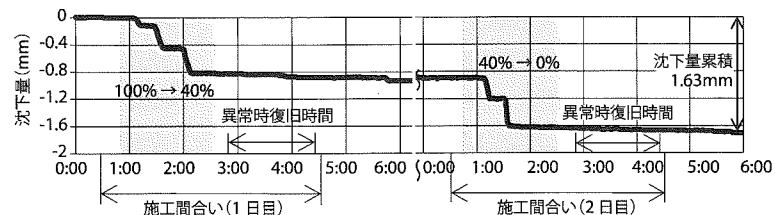


図-13 沈下量経時変化

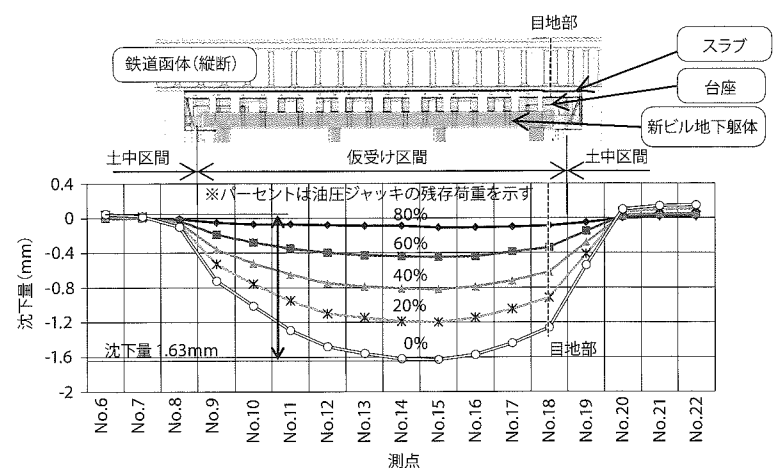


図-14 本受け工の沈下量分布

(異常時復旧時間)を別途設定した。異常時復旧時間は、90分と仮定し、夜間列車間合いの時間から逆算し、施工時間を2晩に分けて実施した(図-13)。

#### 8-1 施工実績と計測結果

本受け後の沈下量は最大で1.63mm、鉄道函体の目地部の鉛直相対変位が0.29mm、目地部以外の鉛直相対変位は最大0.12mmであり、推定値と同程度の沈下量であった。また、軌道変位や作業後最初の列車添乗確認においても異常なく、無事に本受け工を完了した(図-14)。

### 9 工事全体を通じた計測履歴

工事期間中における鉄道函体の構築物変位(鉛直絶対変位・鉛直相対変位)の履歴を示す(図-15)。期間Aは既存ビル解体に伴うリバウンドや薬液注入に伴う隆起、期間Bは止水注入に伴う隆起を観測した。期間Cは、工事影響の隆起よりも薬液注入圧の消散による沈下傾向が卓越したと考えられる。期間Dでは、新ビル基礎杭打設、既存ビル

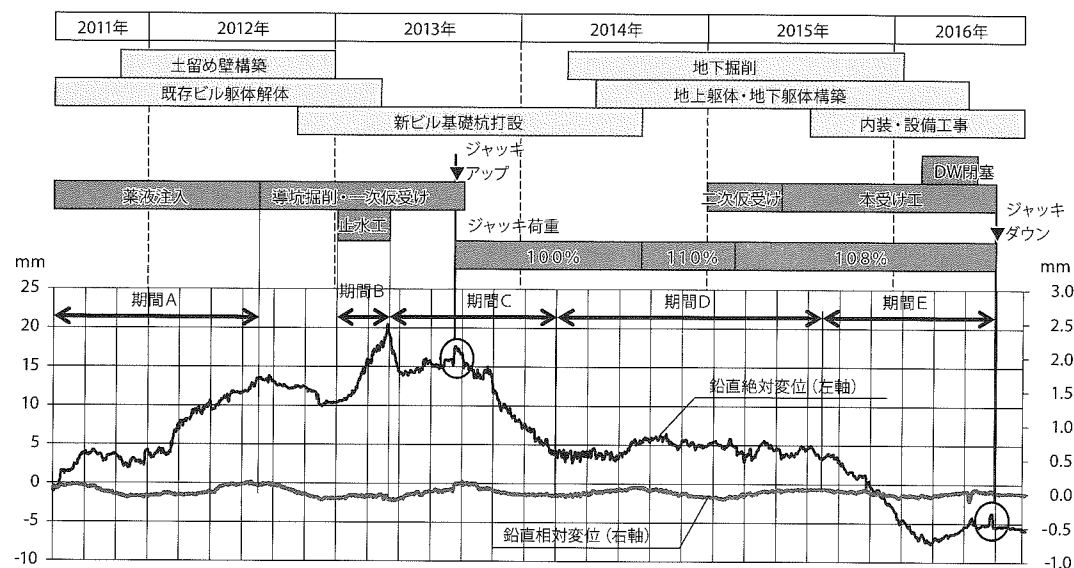


図-15 工事全体と計測履歴

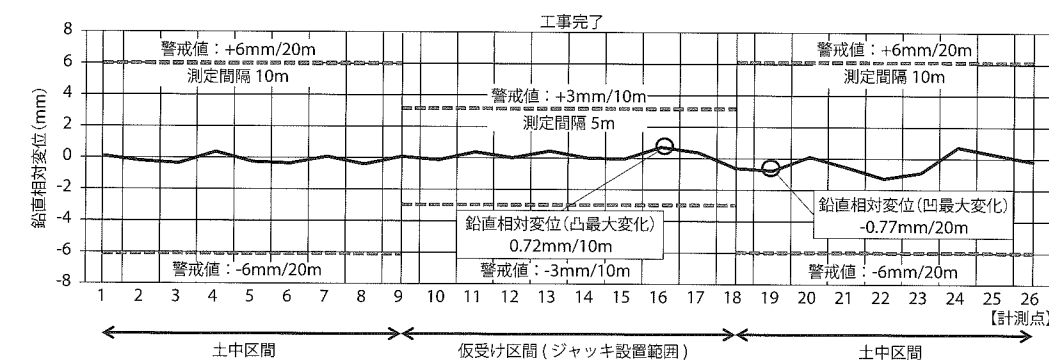


図-16 本受け工完了後の鉛直相対変位

解体に伴うリバウンド、新ビル地上建方・地下躯体構築の建造物荷重などの施工の影響および地下水位や温度収縮などの季節変動に対して、ジャッキコントロールすることで平衡を保った。期間Eでは新ビル地上建方や地下躯体構築の建造物荷重などに伴う沈下が卓越したと考えられる。

鉄道函体の変位量としては、鉛直絶対変位では+20mm隆起~-7mm沈下の範囲で推移したが、鉛直相対変位では±0.2mmの範囲内で推移した。薬液注入工法の見直しやジャッキコントロールを行い、局所的な変位を極力抑えて変位を小さくすることで、鉄道函体の健全性および走行安全性を確保した。

工事管理値である鉛直相対変位は、全測点にお

いて工事期間中および本受け工完了後も、管理値以内であり列車の走行安全性が確保することができた(図-16)。

### 10 まとめ

営業線の鉄道函体をビル内に取り込むという前例のない工事であったが、すべての施工において愚直にリスクを抽出し、事前に対策を行ったうえで、施工を行った。施工中においては、計測値を多角的に分析、トレースし、状況に応じてさらに安全な工法や工夫に知恵をしまり、実績のある工法や新技術を採用するなど、微に入り細を穿った工事監理を積み重ねた。長きに亘る工事であったが、アンダーピニング工事を無事故で完遂させた。

本工事が、後続のプロシエクトの参考になれば幸いである。この場を借りて、ご協力いただいた関係者の皆様にお礼を申し上げる。

### 参考文献

- 1) 加納俊作・清水万由実・齋藤力哉：名古屋駅新ビル(仮称)新設における鉄道函体アンダーピニング工事の施工，平成25年度土木学会中部支部研究発表会，2014.3.
- 2) 東清史・土屋正宏・齋藤力哉：鉄道函体アンダーピニング工事におけるプレロード工の施工，平成25年度

土木学会中部支部研究発表会，2014.3.

- 3) 齋藤力哉・小野寺聡・土屋正宏：仮受け防護工事施工中の鉄道函体の挙動，土木工学第69回年次学術講演会講演概要集，CS4-011，2014.9.
- 4) 岩本直晃・土屋正宏・齋藤力哉：鉄道函体アンダーピニング工事における仮受工の施工，平成27年度土木学会中部支部研究発表会，2016.3.
- 5) 土屋正宏・齋藤力哉・小野寺聡：JRゲートタワー工事における鉄道函体本受工の施工結果，平成28年度土木学会中部支部研究発表会，2017.3.
- 6) 新アンダーピニング工法など研究会編：アンダーピニング工法設計・施工マニュアル，2007.

# 施工

## 先行充填により鉱山廃坑と近接・交差してトンネルを掘削

### —大和御所道路 水泥トンネル—

国土交通省近畿地方整備局奈良国道事務所大和高田出張所長 増田 寛四郎  
 (株)竹中土木大阪本店工事部工事課長((元)水泥トンネル北工区工事作業所長) 山下 裕司  
 (株)竹中土木大阪本店工事部工事担当((元)水泥トンネル工事監理技術者) 黒木 祐志  
 (株)竹中土木技術・生産本部課長 市川 晃央

### 1 はじめに

大和御所道路は、京奈和自動車道の一部を構成する道路で、西名阪自動車道の郡山下ツ道JCTを起点とし、奈良県の中核都市である大和郡山市、橿原市を経て、五條市に至る6市3町を連絡し、五條道路に接続する延長27.2kmの高規格幹線道路である。本道路は、広域的なネットワークの役割を果たすとともに、広域ネットワークの形成による地域間のアクセス性の向上、物流の効率化による産業支援、観光産業の活性化などへの寄与を目的としたものである。

水泥トンネルは、大和御所道路の御所南IC～五條北IC間に位置する延長1,172mのトンネルであり(図-1)、本トンネルの到達側(起点側)坑口付近には、かつて銅鉱山が存在しており、廃坑道の出入口と思われる穴が多数点在している。そこで、トンネル計画時から、新設トンネルと廃坑道が近接または交差する可能性が懸念されており、トンネル掘削時に対策が必要であると考えられていた。

本稿では、廃坑道が近接・交差する区間における調査～対策工～トンネル施工の一連の対応について報告する。

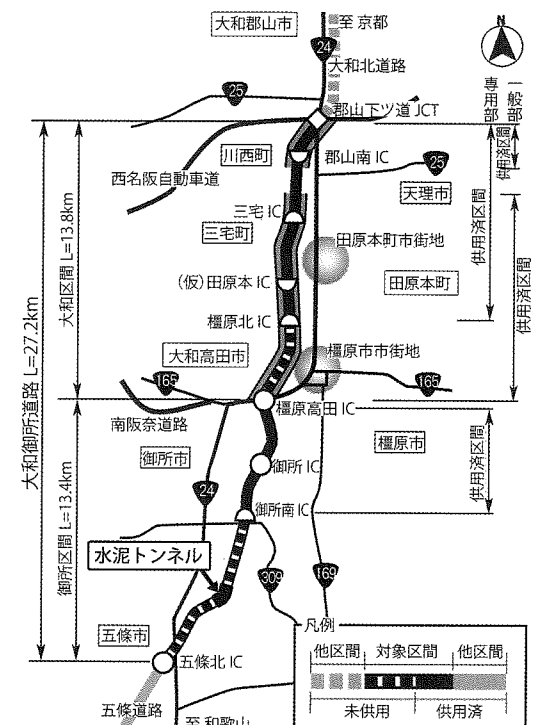


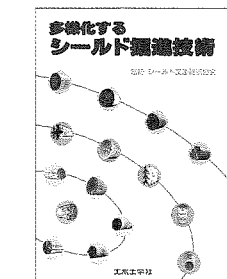
図-1 トンネル位置図

### 2 工事概要

本トンネルの工事概要を以下に示す。

## 多様化するシールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会  
 B5判 141頁 本体価格2,500円



本書は、「トンネルと地下」に約1年間にわたり連載した『多様化するシールド掘進技術』をベースとして、掲載しなかった工法、技術などを整理、体系化するとともに、各種工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点が、よりわかりやすいように手を加え再度同名の図書としてシールド工法技術協会が監修を行ったものである。

#### (掲載工法)

- ①ラチス式同時施工シールド工法，②F-NAVIシールド工法，③ハニカムセグメントを用いた同時施工法，④ロングジャッキ式同時施工シールド工法，⑤ダブルジャッキ式同時掘進シールド工法，⑥充填式シールド急曲線工法，⑦地下茎シールド工法，⑧T-BOSS工法，⑨球体シールド工法，⑩上向きシールド工法，⑪MMST工法，⑫拡大シールド工法，⑬偏心多軸(DPLEX)シールド工法，⑭ワギング・カット・シールド工法，⑮自由断面シールド工法，⑯OHM工法，⑰H&Vシールド工法，⑱単円～三連型駅シールド工法，⑲MFシールド工法，⑳DOT工法，㉑MSD工法，㉒親子シールド工法，㉓拡径シールド工法，㉔DSR工法，㉕泥土加圧シールド工法，㉖ケミカル・プラグ・シールド工法，㉗気泡シールド工法，㉘コンパクトシールド工法，㉙既設シールド撤去工法

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

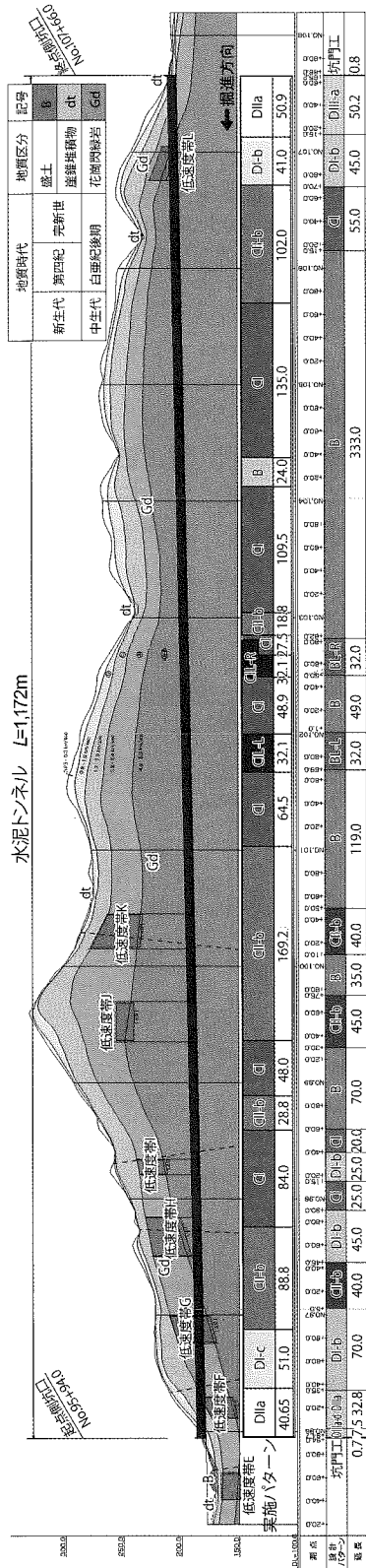


図-2 地質縦断面図

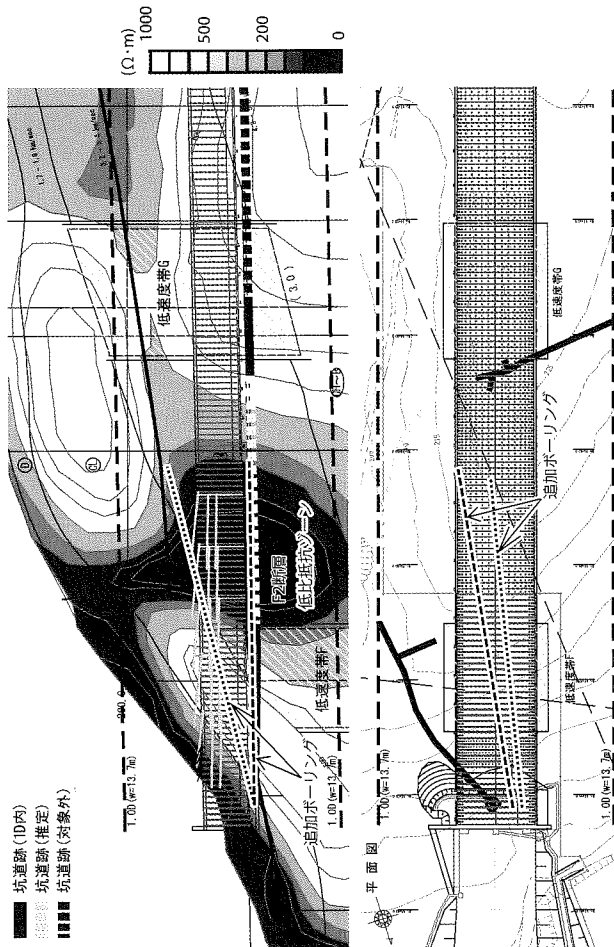


図-3 到達側(起点側)坑口付近トンネル縦断面図(高密度電気探査結果と廃坑道位置関係)

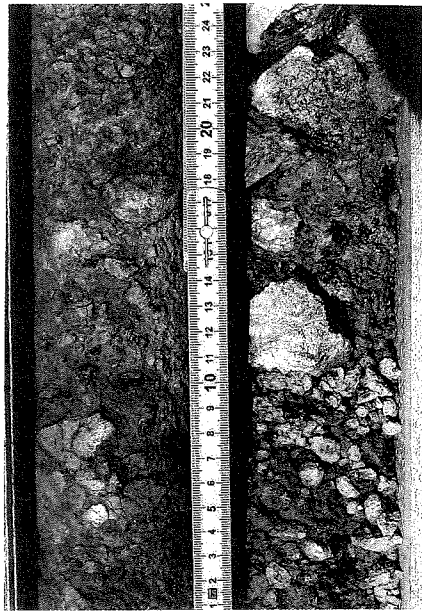


写真-1 低抵抗ゾーンにおける礫状化部のコア(追加ボーリング調査結果)

工事名：大和御所道路水泥トンネル北工区工事  
発注者：国土交通省近畿地方整備局奈良国道事務所

施工者：(株)竹中土木  
施工場所：奈良県御所市五百家地先～朝町地先  
工期：2016(平成28)年3月10日～  
2017(平成29)年3月21日

工事内容：トンネル延長 1,172m  
内空断面積 約77.3m<sup>2</sup>  
掘削工法：NATM(上半先進ショートベンチ  
カット工法，補助ベンチ付き全断面  
工法)

掘削方式：発破掘削方式  
運搬方式：タイヤ方式

### 3 地形・地質概要

水泥トンネルの施工区間は、全体に比高差の大きい山岳地形を成しており、標高はおおよそ170～330mに及ぶ山稜からなる。本トンネルの基盤岩は、中生代白亜紀後期の領家花崗岩類で形成されている(図-2)。

今回対象とした廃坑道の存在が認められている到達側(起点側)坑口付近の区間は、比較的急峻な斜面を形成しており、かつて鉱山の横穴と思われる凹状地形がみられる。また、坑道入口部は数か所存在し、一部埋もれている状態の箇所もあり、ここから常時湧水の流出が認められるところもある。当該箇所の地質は、花崗閃緑岩と斑岩を主体として構成されている。

図-3に到達側(起点側)坑口付近の高密度電気探査結果および廃坑道位置関係を示す(廃坑道の位置などの調査ほかは後述)。追加ボーリング調査などの結果、当該坑口付近は、廃坑道の存在に加え、低抵抗ゾーンが存在し、掘削断面およびトンネル上部には、変質劣化や風化による礫状化などにより脆弱化した地山が出現することが想定された(写真-1)。

### 4 廃坑道の調査・対策について

本工事は、廃坑道が新設トンネルに悪影響を及

ぼす可能性があることから、追加調査および調査結果にもとづく対策工の立案～実施を行った。

#### 4-1 廃坑道近接・交差の問題点

廃坑道がトンネルに近接・交差している場合、新設トンネルとの位置関係などによるが、トンネル掘削時の切羽崩壊や支保工の大変形発生、作業盤、インバートの沈下や陥没の発生、それに伴う安全性の低下および工事工程の遅延や工事費の増大が懸念された。さらに、施工中に悪影響を及ぼさない場合でも、廃坑道の老朽化などにより、供用中の覆工コンクリートやインバートへ変状を来すことで第三者へ影響を及ぼす可能性があった。

図-4に解析結果の一例を示す。このように廃坑道が新設トンネル近傍に存在することで新設トンネルとの相互作用が生じ、その影響が無視できない場合がある。

以上より、廃坑道の位置や状態について詳細に調査を行い、対策工へ反映させる必要があった。

#### 4-2 廃坑道の調査

新設トンネルと廃坑道の位置関係および廃坑道の状態を把握するために、事前に目視や3Dレーザースキャナなどを用いて廃坑道調査を行った<sup>1)</sup>。なお、廃坑道が複雑に新設トンネル計画位置と近接および交差している状況が想定されたことから、3Dモデルを活用することにより、近接や干渉の程度の把握、対策工の立案、作業員の施工手順な

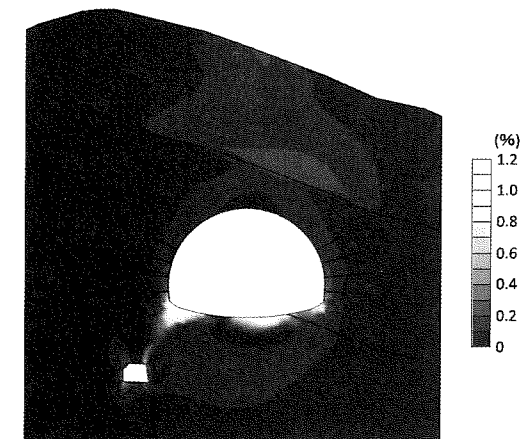


図-4 無対策時のFEM解析結果の一例(最大せん断ひずみ)

どの理解など多方面に活用することとした。

調査の結果、廃坑道はおおむね直径2m程度であり、図-5の3Dモデルのように上部から下りてきた廃坑道が新設トンネルのインバートの位置で

交差し、そこで崩壊して水が溜まっていること、さらに、到達坑口付近から新設トンネルに沿って廃坑道が続いており、廃坑道入口から40m程度奥に進んだ地点で崩壊していることが確認された。

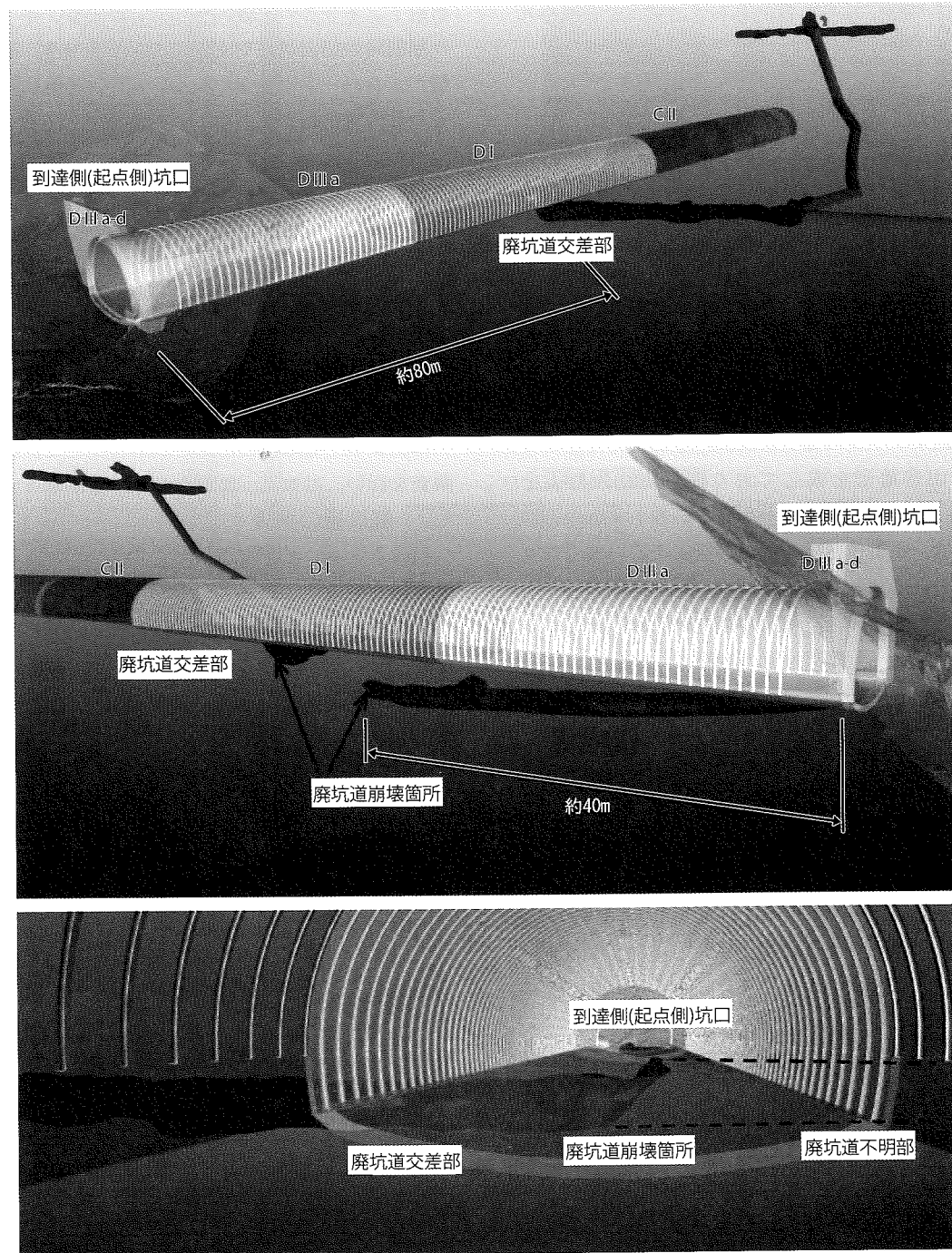


図-5 新設トンネルと廃坑道の位置関係

廃坑道の坑口、および内部の状況を写真-2に示す。以上より、内部の状態およびトンネルとの位置関係によってA~Dの区間割りを行い、それぞれ

の区間において対策内容を決定することとした。それぞれの区間の詳細は以下のとおりである。

- 区間A：坑道内の状態が確認され、空洞かつ帯水している
- 区間B：トンネルより0.5D以内で坑道が崩落しており、内部が確認できない
- 区間C：トンネルより1.0D以内で坑道内部が空洞もしくは崩落が不明部がある
- 区間D：坑道内の状態が確認され、空洞かつ帯水なし

4-3 対策工について

前述の廃坑道調査の結果を踏まえ、トンネル掘削時の切羽安



写真-2 廃坑道の状況

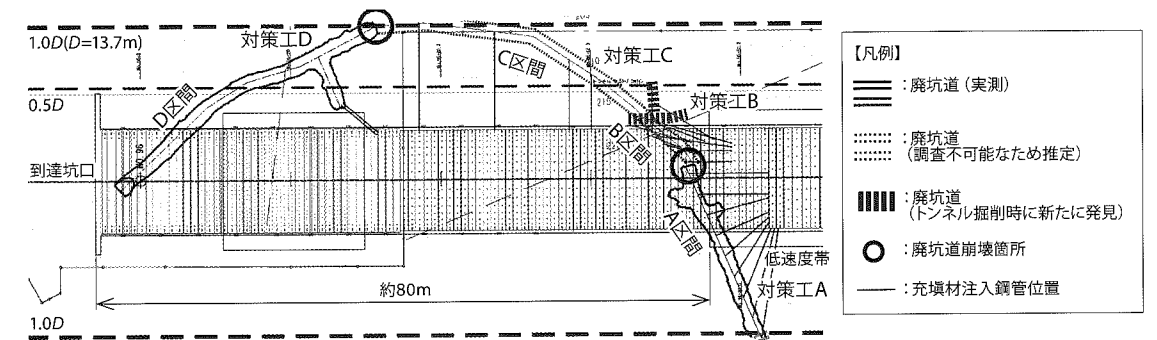


図-6 対策工のエリア分け

表-1 エリアごとの状況と充填材

		対策工A	対策工B	対策工C	対策工D
新設トンネルからの離れ		0~1.0D	0.5D以内	0.5~1.0D	0~1.0D
廃坑道の状況	崩壊	なし	あり	なし (計画時は崩壊の可能性あり)	なし
	帯水	あり	なし	なし	なし
↓上記の条件より充填材を選定					
充填材	可塑性エアモルタル	高発泡ウレタン(12倍発泡)	流動化処理土(崩壊の場合は高発泡ウレタン)	流動化処理土	
選定理由	・水中で固化する必要あり ・妻壁がなく、限定注入が必要	崩落により、細かい隙間への充填が必要	空洞であることが確認されたため、もっとも安価な流動化処理土とした。	とくに制約がなく、もっとも安価なため	

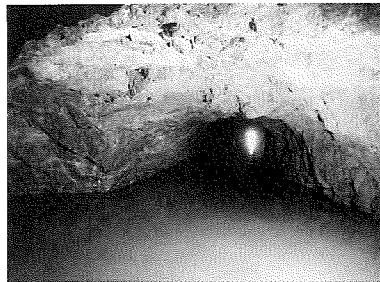
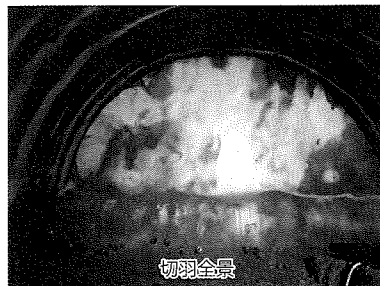


写真-3 A区間の内部状況(充填前)



切羽全景



充填管設置・注入状況



廃坑道内部の充填状況

写真-4 対策工Aの充填状況

定および安全性確保、トンネル供用後の変状防止を目的とし、廃坑道近接区間において廃坑道の先行充填対策を実施することとした。なお、対策範囲は、長期安定性を考慮し、新設トンネルから1.0D<sup>2)</sup>(D:掘削幅13.7m)の範囲とした。さらに対策工は、状況が異なるA~Dの4区間に対応するように対策工A~Dに区分し(図-6)、それぞれ解析などを含めて有効性を確認した上で表-1のように最適な充填材を選定し、使い分けを行った。

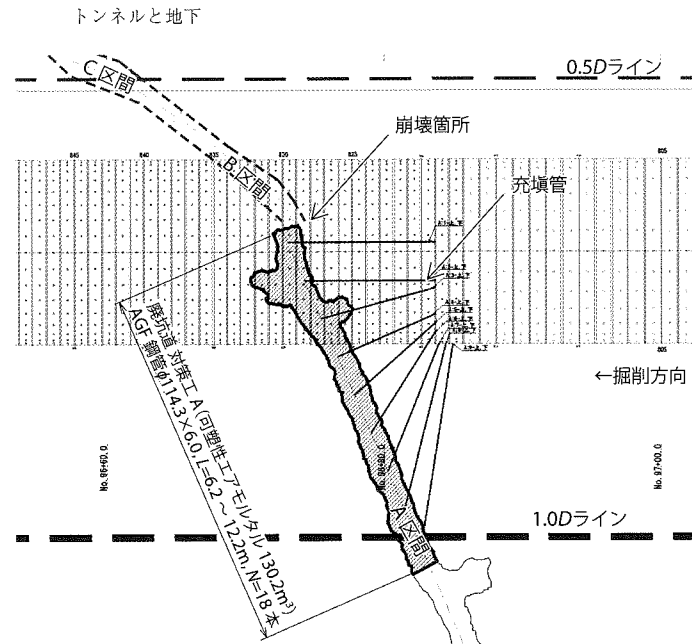


図-7 対策工A平面

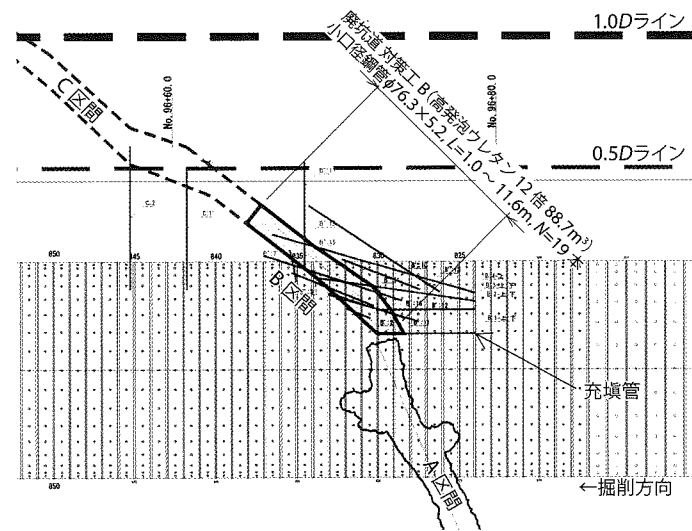


図-8 対策工B平面

(1) 対策工A

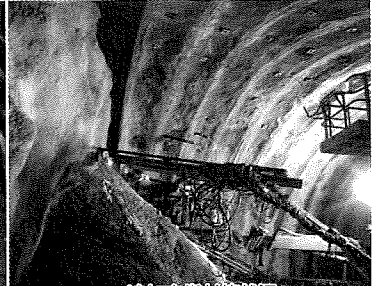
A区間は、廃坑道が新設トンネルのインバートの高さで交差している。また、廃坑道内部は、空洞かつ帯水(水深約80cm)が確認され(写真-3)、さらに廃坑道はトンネル1.0D以奥に100m以上続いていた(図-7)。そのため、充填材は、水と接触しても消泡、分離や希釈されにくく、隔壁の設置が困難な当該対策範囲においても限定注入が可能な可塑性エアモルタルを採用した。充填状況を写



写真-5 対策工A側から見た対策工B内部の状況(充填前)



土砂流出状況



追加充填対策状況

写真-6 未確認廃坑道

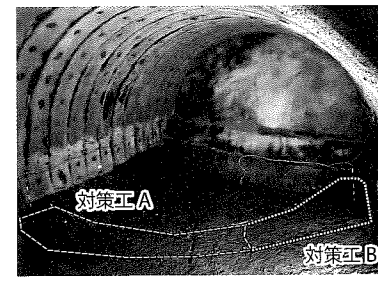


写真-7 充填確認(インバート掘削時)



写真-8 対策工D側から見た対策工C内部の状況(充填前)

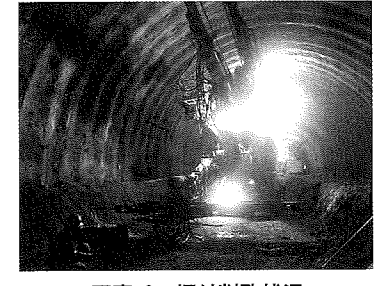


写真-9 探り削孔状況

真-4に示す。

なお、充填管は、AGF鋼管(φ114.3無孔管)を使用し、トンネル掘削断面に干渉する部分はスリット入り鋼管を使用した。充填管は、水平間隔3m×2段で設置した。

(2) 対策工B

B区間は、図-8に示すように、A区間と同様に新設トンネルのインバート部分で交差しているが、調査より内部が崩壊している可能性が高いと想定されたため(写真-5)、掘削前に坑内から探り削孔を行い、廃坑道位置と崩壊程度を追加調査した。その結果、坑道内部は礫状の崩壊土砂で充填されており、対策工Aで用いた可塑性エアモルタルでは崩壊土砂の間隙への充填は不可能であると判断し、高発泡ウレタン(12倍発泡)による注入充填対策を採用した。充填管は、鋼管(φ76.3mm)を使用し、トンネル掘削に干渉する部分はスリット管とし、設置間隔は1.5m×2段とした。

なお、対策工B付近の掘削時には、未確認の廃坑道が出現し、その廃坑道からの土砂流出があっ

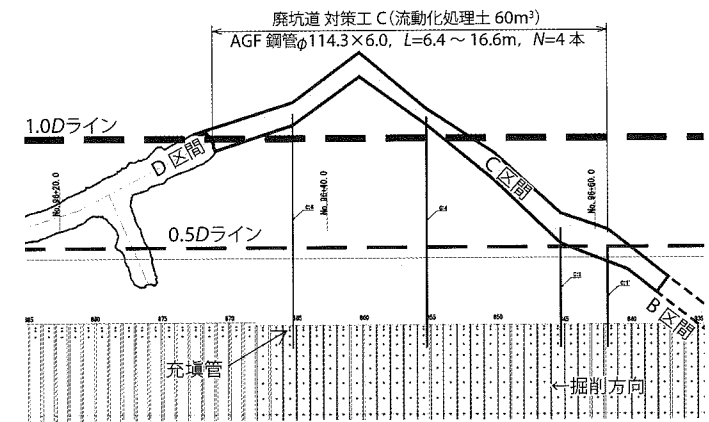


図-9 対策工C平面

ため、近傍地山を探り削孔により廃坑道範囲を確認し、追加充填対策を講じている(写真-6)。さらに、急激な変位などの不測の事態に備え、鋼製支保工同士を水平つなぎ材で連結し、支保工の補強も行った。

対策工A・Bの施工が終わった段階で、インバートの施工時に干渉部分の坑道充填状況を確認した(写真-7)。

(3) 対策工C

C区間は、坑道の崩落により、位置および内部

の状況が不明であった(写真-8)ため、充填を行う前に坑内から探り削孔を行い(写真-9)、廃坑道内部の状況を確認した。その結果、本区間は崩壊による閉塞はしておらず、廃坑道内部は空洞であることが確認されたため、もっとも安価な流動化処理土を充填材として選定した。廃坑道は、図-9に示すように一部で1.0Dの範囲外に存在したが、B区間とD区間につながっており、充填は区間全域を対象に実施した。

充填工は、インバート掘削を半断面で行った後に、坑道位置へ充填管(φ114.3mm無孔鋼管)を打設し、コンクリートポンプ車を使用して行った(写真-10)。

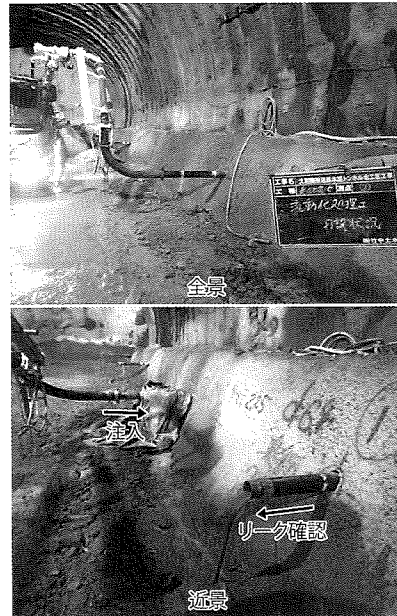


写真-10 対策工C充填状況

(4) 対策工D

D区間は、廃坑道の崩落もなく、帯水もなかったため、もっとも安価な流動化処理土を用いて充填を行った。

本区間の充填は、廃坑道坑口付近まで車両が入ることができなかったため、図-10に示すように、廃坑道坑口に隔壁を設置し、新設トンネル

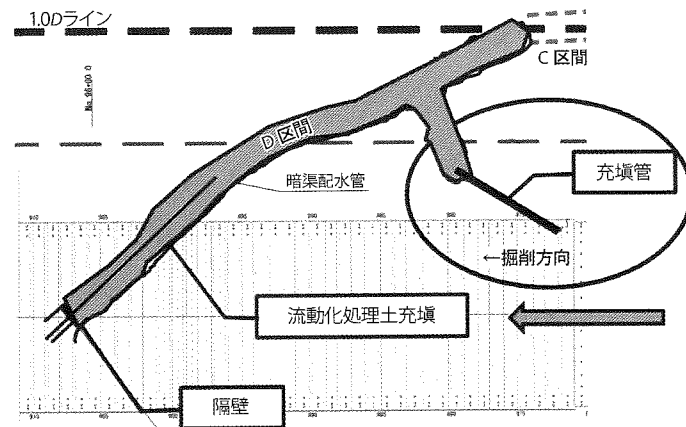


図-10 対策工Dの充填方法

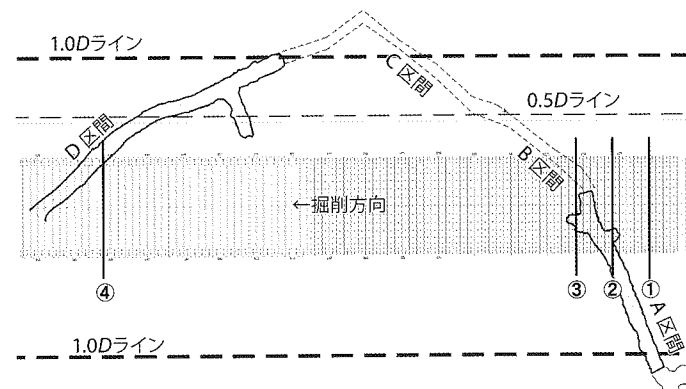


図-11 A計測測定位置



写真-11 対策工D充填状況

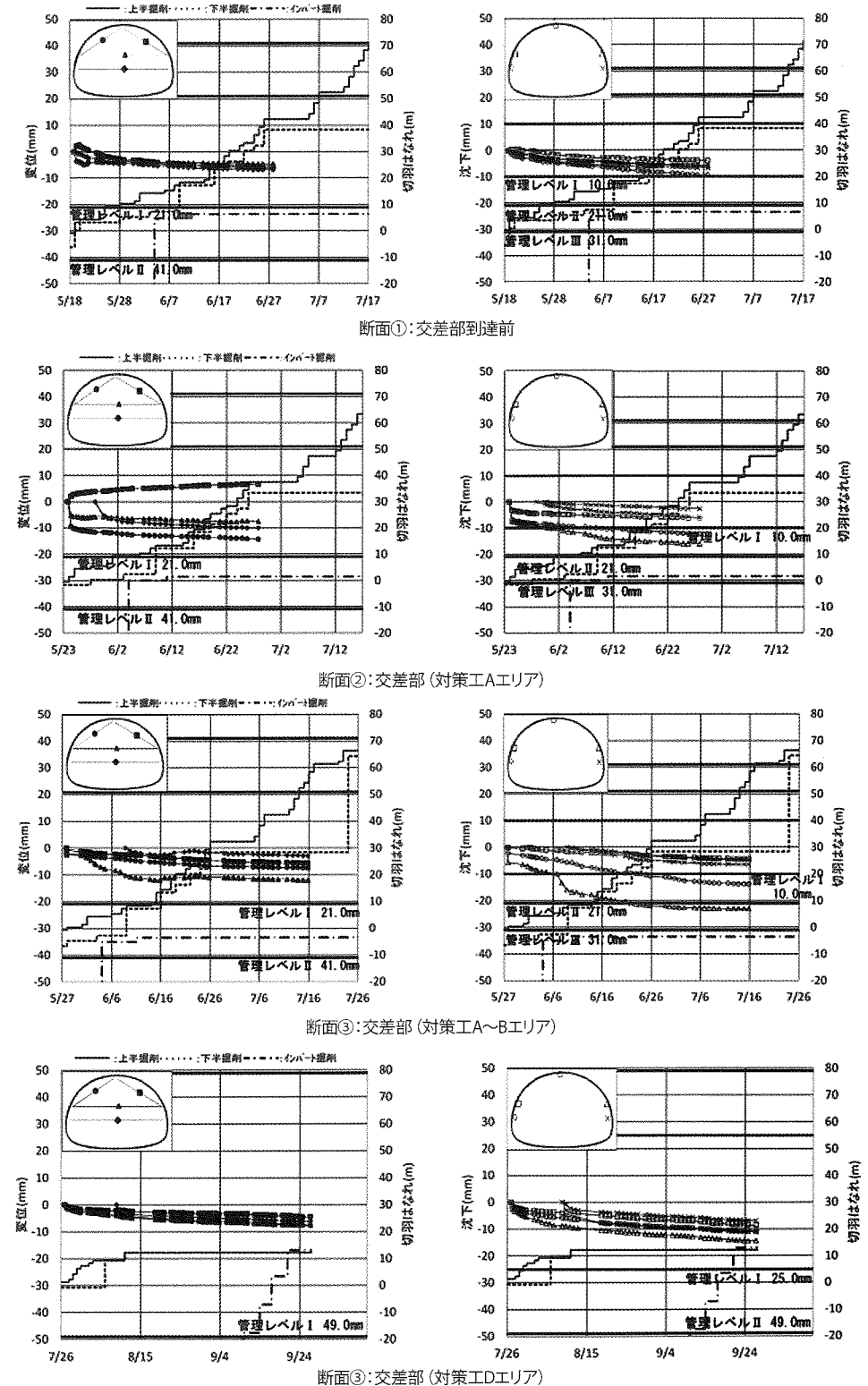


図-12 廃坑道交差部付近におけるA計測の結果(左列：内空変位、右列：沈下)

内部より行った。また、当該範囲では到達坑口方向に向かって少量の湧水が確認されたため、新設トンネルへの水圧上昇防止を目的として廃坑道充填前に排水管を設置した。廃坑道の充填状況を写真-11に示す。

### 5 廃坑道対策後のトンネル掘削実績

図-11,12に交差部付近におけるA計測の測定位置および測定結果を示す。対策A, Bを実施した交差部付近(断面②, ③付近)において沈下量が管理レベルⅡを若干超えたものの、その後、沈下の収束が確認でき、他区間での近接箇所の新設トンネルに影響を与える結果とはならず、本対策により安定性を確保できたものと判断される。

なお、本区間では、切羽の自立性が乏しい地山であったため、端末管事前撤去型AGF工法や注入式長尺鋼管鏡ボルトを補助工法として採用した。

以上、廃坑道対策を実施し、切羽安定を図りながら掘削を進めた結果、無事にトンネルを貫通することができた。

### 6 おわりに

本稿は、廃坑道が近接・交差する区間における

調査～対策工～トンネル施工の一連の対応について報告した。

廃坑道の調査および対策工を実施した目的は、何よりも第一に施工時の安全確保である。廃坑道がトンネルに近接する中でトンネルの不安定化などが生じる可能性があり、どうすれば安全性を確保できるかが焦点であった。また供用後にトンネルに変状を来すことがないように、事前に対策工を行うことで不測の事態を未然に防ぐ取り組みでもあった。

今回は廃坑道の事前情報が少ない中、調査および対策工の立案を行い、対策工を実施した。その結果、大きな問題がなく新設トンネルを貫通することができた。

最後に、廃坑道対策に対し、ご指導、ご助言をいただきました大西有三・京都大学名誉教授に対し、心より感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 加藤翔・村岸捺世：大和御所道路水泥トンネルに近接する廃坑がトンネル施工に及ぼす影響と対策について、平成28年度近畿地方整備局研究発表会、2016.6.
- 2) 鉄道総合技術研究所：既設トンネル近接施工対策マニュアル、1995.



## 「太陽と橋と溪谷と」宮崎県日之影町

北澤 剛



溪谷と 太陽と

日之影町のロゴマーク (出典：日之影町)

日之影町は宮崎県の北部に位置し、九州の百名山に名を連ねる傾山などの山々と、深いV字谷を形成した溪谷が大自然の美を織りなす自然豊かな町である。深いV字谷をつなぐ橋梁が数多く築造されており、代表的なものとして、国道アーチ橋では水面の高さから137mと東洋一を誇る青雲橋、コンクリートアーチ橋では日本一長いアーチスパン260mの天翔大橋がある。橋梁でつながれた大地には太陽の光がさんさんと降り注ぎ、日之影という町名とは相反する明るい穏やかな気候の地域である。

基幹産業は豊かな自然を生かした農林業であり、栗、ゆず、ハウス栽培のきんかんなどが栽培されている。その一方で、高齢化と人口減少が進んでおり、高齢化率は全国平均より16%高い43%。1970年には1万人を超えていた人口も現在では4,000人弱となっている。

私が日之影町に赴任してから感じているのは、人口減少と高齢化が進んでいる地域を活性化させよう、生まれ育った日之影町をより良い地域としようという町民の強い想いである。

地域活性化のため、さまざまなイベントや行事も盛んに行われ、その一つである日之影町公民館対抗ソフトボール大会は今年で49回を数える。ソフトボール大会には基本的に18~75歳くらいまでの幅広い年齢の男性が参加するが、女性や高齢者も応援団として参加する。ヒットを打ったときの歓声、三振、エラーをしたときの厳しいヤジ、大きな声が飛び交いソフトボールの試合で町民の一体感が素晴らしい。

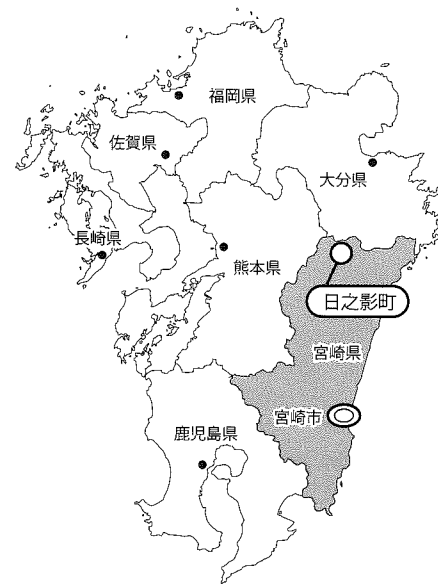
そして何より試合後の反省会。1日の試合を振り返り大盛り上がりだ。わが作業所職員も9名参加させていただいた。参加した若手職員は地元の先輩方からあだ名で呼ばれ、可愛がられ、酒を酌み交わす。

私たちは、トンネル工事に来たよそ者ではあるが、ありがたいことに町民の方々と何ら変わらないお付き合いをさせていただいている。

さて、平底トンネルは山岳トンネルであり、延長1,665mをNATM発破工法にて掘削している。山間部のトンネルであるが、坑口から仮設備ヤードに近接して民家が建ち並んでいる。夜間作業時の騒音抑制が工事を円滑に行うための重要ポイントであると計画段階より考え、ベルトコンベヤシステムによるずり出し、ずり仮置き場やパッチャプラントの防音ハウス化、2層式の坑口防音扉、仮設備ヤード周辺の防音壁など、多様な騒音対策を行った。その効果と前述の町民との密なお付き合いの結果、トンネル夜間作業時の苦情はなく、掘削は順調に進んでいる。

日之影町には未だに高速道路が整備されておらず、自動車専用道路である平底トンネルの整備効果として、時間短縮、安全性向上による宮崎県北地域の社会経済活動の活性化や緊急車両の搬送時間短縮など、町民の期待も大きい。2019(平成31)年末の貫通を目標に、工事を安全第一に進めている。

(前田建設工業(株)平底トンネル作業所長)



日之影町の位置

トンネル発破技術のバイブル!!

わかりやすい  
**トンネル発破技術**

監修 山田隆昭

B5判 76頁 本体価格1,500円

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

**株式 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

# 土木情報 No. 534

今月の主な入札結果  
(10月10日～11月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
東北地整	R106川井地区T	西松建設	11,691.45
〃	R47猪ノ鼻T(2期)	大成建設	3,760
〃	R45萩牛北地区道路	西松建設	3,253.15
〃	R45千徳地区道路	不動テトラ	2,623.3
関東地整	日本橋室町地下歩道その2	佐藤工業	680
北陸地整	千曲川北八幡樋門改築	植木組	431
九州地整	立野ダム右岸上段リムT	村本建設	503.8
〃	H29熊本空港地下道耐震	荅州建設工業	142.8
鉄道・運輸機構	北海道新幹線、後志T(塩谷)	戸田・伊藤・宮永・鈴木東JV	10,731.8
北海道	道道泊共和線交付金(国富1号T)	岩田地崎・吉本・佐々木JV	2,855.7
栃木県	主地宇都宮亀和田栃木線道路排水	館野・大木JV	215
群馬県	一般県道川原畑大戸線補助公共社会資本総合整備(活力・重点)(仮称)大柏木T建設分割1号(川原湯工区)	戸田・南波JV	1,230
〃	〃	分割2号(大柏木工区) 佐田・吉沢JV	1,300
千葉県	江戸川第一終末処理場独立管廊(その2)	市原組	188
都・下水道局	足立区千住仲町、千住河原町付近再構築立坑設置	新日本工業	478.8
〃	品川区上大崎三丁目、東五反田五丁目付近再構築	大盛工業	495
神奈川県	酒匂川流域下水道箱根小田原幹線2-2工区管渠築造	不動テトラ・東神・富士JV	1,370.80
新潟県	阿賀幹線用水路第59-1次	本間組	249.87
山口県	県道美祢油谷線道路改良(砂利ヶ峠T)	清水・井森・黒瀬JV	1,722.4
流山市	大堀川1号雨水幹線(H29工区)	大栄総建	115
横浜市	別所線口径600mm配水管布設替(その2)	鹿島・宮内JV	1,450
〃	萩台T補修・補強(その1)	テクノジャパン	238.89
〃	相鉄・東急直通線新横浜駅地下鉄交差部土木(その3)	鹿島・鉄建基礎・不動テトラ・NBJV	2,684.88
名古屋市	犬山系導水路A管小牧市大字上末から春日井市鷹来町地内間2000mm整備	銭高・アイサワ・昭和JV	3,515.5
〃	第3次堀川左岸雨水調整池流入管下水道築造	日本国土開発	397.37
岡山市	半田山線シールドT築造	戸田・アート・栄光JV	2,294

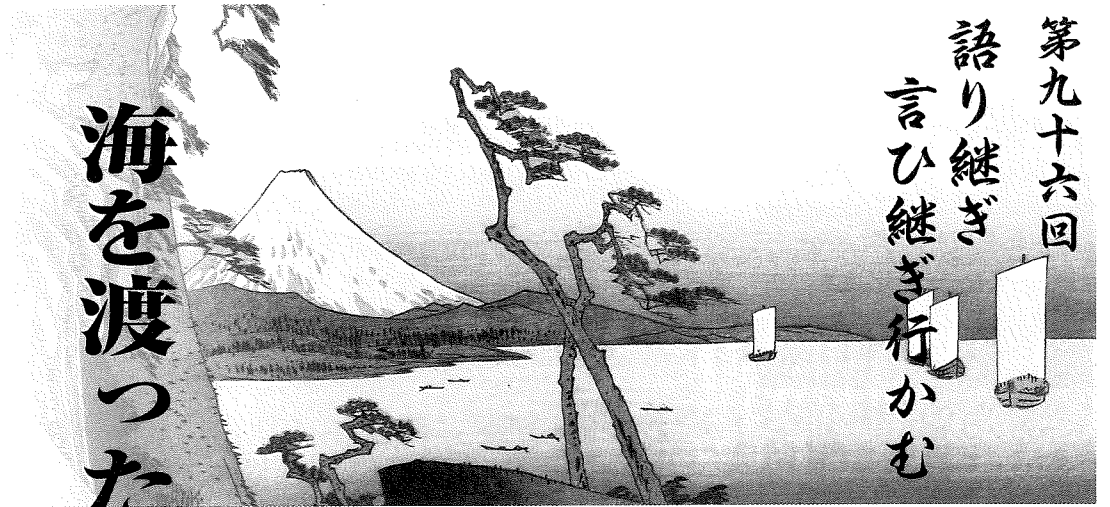
## わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 B5判 209頁 本体価格 2,500円

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

第九十六回  
語り継ぎ  
言ひ継ぎ行かむ



# 海を渡った土竜の物語

もぐら

杉山 正 (元)西松建設(株)

### はじめに

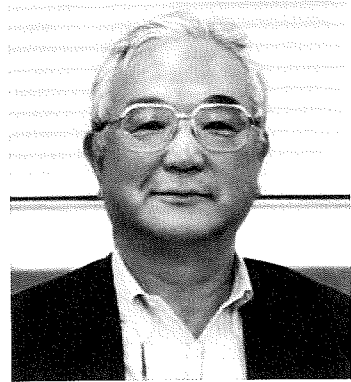
シールドとの縁は、私が高校3年のとき、引越した家の隣にセグメント構造研究で有名な村上博智・早稲田大学教授がおられ、大学に入学したときから先生の家のイベントに参加させていただき、シールドの空気に触れるようになったことである。その村上研究室卒業仲間には地下構造物研究の小泉淳・早稲田大学教授がいて、西松建設入社後の現場でのいろいろな問題に助言を受けた。

入社式の午後には大田区昭和島の京葉線羽田トンネル工事、森ヶ崎運河海底下泥水式シールド現場に赴任した。小断面泥水式シールドの実績しかなかった当時、シールド径7.29mという世界初の大型泥水シールドに、官(発注者：日本鉄道建設公団)、民(施工業者：西松建設、メーカー各社)一体となった各種技術開発により施工された。その後、同じ昭和島の森ヶ崎下水処理場(東)の大型明かり工事、奥

多摩の小河内ダム取水設備工事の硬岩用TBM(径5.0m)および大口径(径3.6m & 1.5m)硬岩岩掘削ボーリング機械VBM(Vertical Boring Machine)を経験した。そのほか、小口径シールドトンネル工事(泥水式、圧気手掘り式)にも従事した。30歳から海外勤務となり香港・シンガポール・ロンドンと駐在、アジア・ヨーロッパ・アフリカと海外工事を担当した。海外業務に携わったおかげでシールド技術をバックボーンとした、私の土木技術者としての海外工事経験と、国際建設における私の楽しくもあり、苦きもあった経験を語る。

### 海外工事

西松建設は戦前から海外工事経験(有名などころでは当時世界最大級、水豊ダム建設(鴨緑江(中朝国境))があった。また戦後商業ベースでの最初の海外進出であり、海外工事小説『香港の水』(木本正次 著)の舞台となった香港九龍半



著者近影

島ローワシンマンダム(下城門ダム Lower Shing Mun Reservoir)建設などがある。

### ■香港地下鉄301工区工事

香港地下鉄301工区工事には国内応援で入札に参加し、1978年11月に香港へ転勤となった。これが私の海外勤務の始まりである。プロジェクト執行形式は三者構造(発注者、受注者(請負者)、エンジニア)であり、契約図書は国際コンサルティング・エンジニア連盟FIDIC式の建設契約約款数量精算方式(BOQ)であった。

まだ香港は英国植民地で、建設は英国式の設計・仮設計画によるシールドトンネルだった。トンネル用語を含め、英国式のダクティルセグメントのウインチとローラボルトでのセグメントの手組み方法、土砂トンネルの手掘り掘削方法、シールド組立てスペース用シールドチャンバの建設方法、裏込め材、セグメント付属材料、測量などの専門英語を含め学んだ。その中でとくに英国ではセグメントリング端部の平面性(Plane)を重んじ、一様平面であればセグメントリングは真円となり、その平

### 著者略歴

1970年3月	早稲田大学理工学部土木工学科卒業
	西松建設(株)入社
	・関東支店羽田出張所京葉線羽田海底トンネル工事
1970年4月	・森ヶ崎出張所森ヶ崎下水処理場建設工事
	・小河内出張所小河内ダム取水設備工事
	ほか、中小シールド工事に従事
1978年11月	香港支店 香港地下鉄301工区トンネル工事
1982年7月	香港地下鉄402工区トンネル工事
1985年6月	シンガポール営業所 シンガポール地下鉄301工区トンネル工事
	海外事業部土木課課長
1987年7月	上海黄浦江横断下水道工事ほか、ODA工事担当
1989年1月	川崎重工(株)出向 フランス国ユーロトンネル海側本線工事
1991年7月	ロンドン営業所課長 英国ブライトン洪水貯留トンネル工事
	ロンドン営業所所長
1996年11月	・英国ドックランドライトレイルウェイ工事所長
	・PFIルーシャム延長線工事所長
2000年7月	英国チャンネルトンネルレールリンク ロンドントンネル220工区工事P.D.
2001年4月	ロンドン営業所所長 アイルランド国ダブリンポート道路トンネルP.D.
2003年6月	海外事業部取締役事業部長
2007年2月	日本工営(株)入社、コンサルタント海外事業本部顧問
2011年4月～	早稲田大学創造理工学部社会環境工学科非常勤講師
2016年2月～	杉山正技術士事務所

面性保持やセグメント端部欠損クラック防護のためにベニヤ板パッキンをリング間に使用していた。

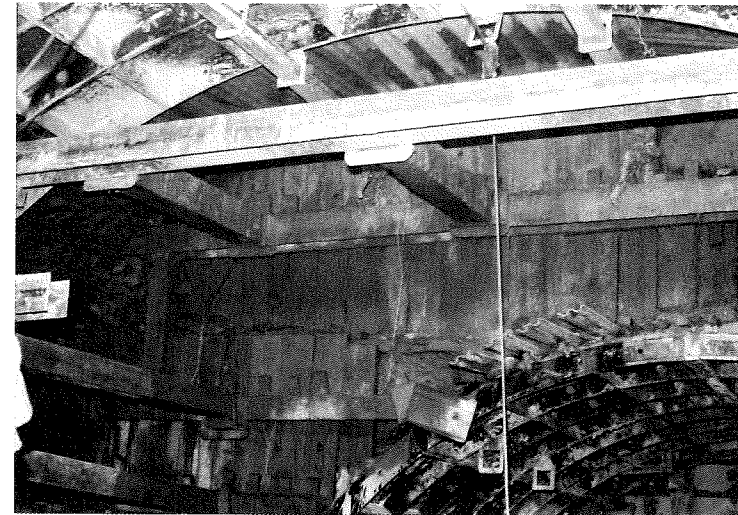
301工事では、圧気内配電盤の電気ショートによる火災でシールド内設備一式焼失とトンネルセグメントの火災破損事故があり、シールド機械の追加発注やセグメントの補修を行った。

このような出来事や事故対策で、発注者へのクレームができること、保険会社へのクレーム方法など、契約管理やリスク管理および記録の重要性を認識した。またそれらを主な職務とする工務係に契約専門も合わせたようなQS(クオンティティーサーベイヤー)の職務を知った。この最初の海外工事で、

契約図書(約款、図面、仕様書など)が基本で、これにもとづくクレームの重要性を学び、契約図書にもとづかない受注者の代案は大きな責任を負うことを学び大いに反省させられた。

### ■香港地下鉄402工区工事

301工区は香港九龍半島側であり、次に落札した香港地下鉄402工区は香港島側であった。301工区工事の反省を含め、現場組織を日本人と英国人など外国人を含めた混成組織とし、発注者・コンサルタントの組織に対応しコミュニケーションを良くし、入札図書(建設契約約款は301工事と同様)にもとづいた入札を行った。また下請けも西松のエンジニアからの



駅部シールドチャンバ本線トンネルからの拡幅(香港地下鉄402工区)



上環駅(トンネル駅、香港地下鉄402工区)

指示が確実に行われるようにほぼ直轄的内容の下請け契約とした。このような多様な人種の集まりであるプロジェクトでコミュニケーションを図るため、現場にパブ「クラブKANPAI 乾杯」(ビールとつまみの原価販売)を作り、夕方仕事が終わった発注者側を含め現場関係者たちが参集し、ビールを飲みダーツなどで遊びながら親交を深め一緒に仕事をする雰囲気作りをした。

402工事では「不明な地質」に

よるクレームを行った。香港島線402工区の開削施工のレール交差部が発進部となり、上環駅の駅トンネルとその反対側に密集したアパート群建物下にオーバラントトンネル(径5.8m、延長600m、地層はマサ土(風化花崗岩))が圧気セミメカ手掘りシールドトンネルで計画されていた。しかし入手後オーバラントトンネル部の詳細な地質調査がされ、未風化の花崗岩が最大トンネルの中心部まであることがわかり、セミメカ手掘りシールド

工法に発破工法ができる工法(ミニロッカーショベル併用使用)に変更した。その建設契約書にもとづく、不明地質による工法変更、工期延長の短縮費用などのクレームを認めてもらった。

駅トンネルは駅用シールド組立て用シールドチャンバ(掘削径9.25m)をクロスオーバーから駅方面へ行った所のマサ土地質に圧気手掘り掘削ダクティルセグメント手組み覆工によって築造し、そこで駅セミメカシールド(径8.1m)を組立て、駅トンネルを施工した。

### ■シンガポール地下鉄301工区工事

香港地下鉄に次いでシンガポール地下鉄が始まり、英国人などがシンガポール地下鉄工事にも大勢移動していた。シンガポール地下鉄は競争が激しく、代案によって107B工区(シティーホール駅とトンネル)、102工区(ピシャン操車場)を落札し、301A & B工区(ブギス駅、ラベンダー駅2駅とシティーホール駅～ラベンダー駅トンネル)の開削トンネルをシールドトンネル代案で入手することができた。代案設計による受注者設計責任は大きなリスクであったが、現場に本社土木設計部の分室ともいべき体制で駅部山留め壁代案など、仮設とトンネルの設計を行った。現場体制は、設計承認を含め契約図書にもとづく発注者と受注者責任を明確にするためのエンジニア、QSなどの体制を日本人と外国人部隊の混成によって行った。ここでも工事の共有意識とコミュニケーションの場として



TBM貫通式の喜びは万国共通(シンガポール地下鉄301工区)



上海隧道公司幹部との会食(上海黄浦江下水トンネル工事, 前列左から3人目:筆者, 4人目:銭社長, 2人目(女性):翁チーフエンジニア)

のパブ「乾杯」を作った。

シンガポール地下鉄のセグメントは、各工区受注者の設計になったため、われわれは断面欠損の少ない曲がりボルトとシールド材に水膨張性セグメントシールド材を提案した。水膨張性セグメントシールド材は香港で現場試験を行い、実績を作り、新建材使用には慎重な英国人エンジニアに認めてもらって使用した。301工区トンネルはシンガポール地下鉄の中でドライトンネルということでシンガポール地下鉄公団から評価された(『Tunnel & Tunnels』に報文)。

香港と大きく違ったのは、発注

者側経理担当の主導権はシンガポール人にあった。これはクレームに対して、発注者側英国人など外国人エンジニアやコンサルタントの公平な判断を期待していたが、シンガポール人の意見が強く、クレーム査定に時間が掛かるとともにクレームも難しかった。

■上海黄浦江下水トンネル工事

シンガポールから本社海外事業部土木部に戻り、そこでODA工事を始め各国の入札案件に携わった。その中にこの上海黄浦江下水トンネル工事があり、西松建設の責任者としてこれにかかわった。中国のJV相手の上海隧道工程公

司STECは中国ではシールドトンネル一式(シールド製作, セグメント製作(モールド製作含む), 地下構築など(連続壁含む))を施工している会社であった。

われわれは上海浦東地区開発インフラ整備のため下水道管の上海黄浦江横断下水トンネル工事を一緒に計画・積算・入札を行った。実際の施工においてはSTECの社長や幹部は工期・品質を守るといふことには理解を示していたが、社員や労務者にはTimes is Moneyの意識が低く、現場管理では、西松は土圧シールド掘進管理の指導をするのみであった。STECは上海地下鉄の工事をしていたが、STECに中日、中英の通訳が大勢いて、彼らが世界の技術論文などを訳し、中国のエンジニアはそれらの多くの海外の技術資料論文を参考にしながら独自に建設していた。そして今ではSTECも国際入札でトンネルのわれわれの競争相手となっている。

ヨーロッパ海外工事—PFIプロジェクトとパートナーリング—

■海峡トンネル(フランス側ユーロトンネル)工事

私が行ったところのヨーロッパは、1993年のEU統合に向けて一つになりつつあった。ヨーロッパ全域の新幹線高速網の計画も作られ、英国とヨーロッパを結ぶ海峡トンネルはその実現がなされようとしていた。この海峡トンネルのフランス側メイントンネル海側TBM(シールド)は川崎重工製2機、陸

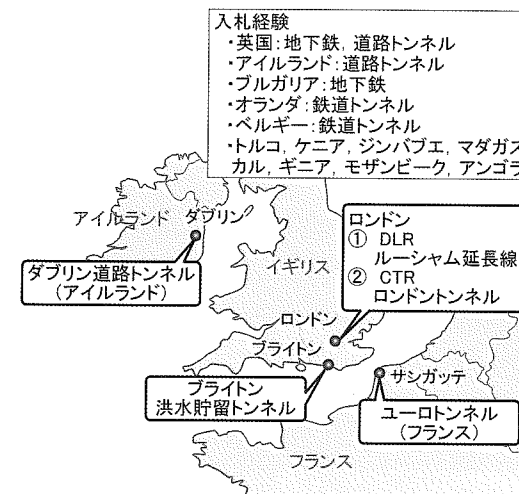
側は三菱重工製であった。このフランス側建設主体(Trance Manch Links, TML)より川崎重工はチョーク層(ホワイト, ブルー)の密閉型シールド製作を請負ったが、それには進行保証(パフォーマンスギャランティー)が含まれていた。シールド施工経験者として建設会社が出向の形で初期掘進期間参加し、私は土木アドバイザーとして初期掘進に携わった。

この川崎重工製TBMシールドは高水圧対策としてマルチタイプコントロールスクリーコンベヤが考えられていたが、初期掘進時のホワイトチョーク層での出水と排出掘削土の水泥化に苦勞し、またカット面板にクラックが発生し修理を行ったりした。しかしその後、このTBMは進行が上がり英仏国境中間点Mを過ぎて掘削するほどであった。

海峡トンネルは事業主体ユーロトンネル社(英仏銀行と英仏大手ゼネコン10社)のBOT工事で、この建設主体TMLはこの英仏大手ゼネコン10社が英国側とフランス側に別れて建設を行った。英国側トンネルには、私の香港シンガポール時代の知合いの英国人たちがおり、ドーバ海峡を渡り旧交をあたためたりした。最終的にこの海峡トンネル巨大プロジェクトのプロジェクトマネジメントに色々あったようだが、建設費の増大を起こし追加融資を受ける状況となった。

■ブライトン洪水貯留トンネル工事

1991年7月にロンドン地下鉄



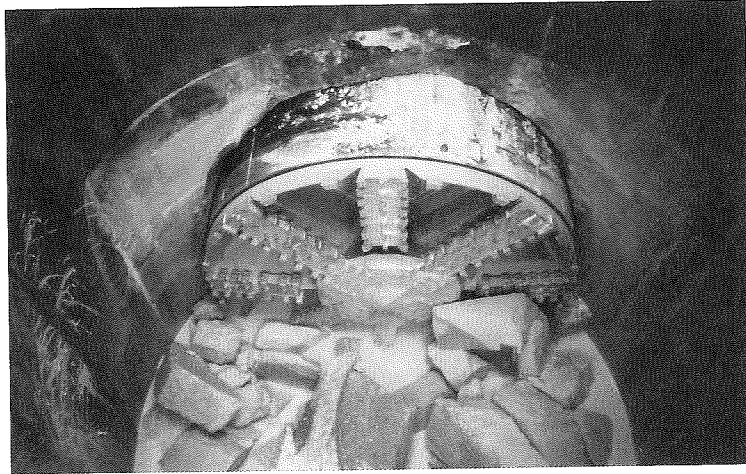
海外工事—ヨーロッパ—

網整備計画に参加するためロンドン営業所に赴任した。今までの経験から英国人の知合いも多くいて、英国トンネル協会(BTS)の月1回の英国土木学会(ICE)で開催される講演会に参加し、その後のICE地下のパブはビールを飲みながら官・学・民のコンサルタント・エンジニア・先生・メカなどの親交と情報交換の場であった。

英国の建設老舗テラウッドロー社から南部水道会社のEUのシークリーン(海浄化)キャンペーン事業の一環であるブライトン洪水貯留トンネル工事(機械式シールド外径6.68m, 延長5km)に西松への参加依頼があった。地質がチョーク層ということでセグメント構造設計上は無筋セグメントでよく、ハンドリングに耐えるくらいの鉄筋量しかなく、昔のレンガ覆工トンネルと同じであった。テラウッドロー社はセグメントも作っていたが、セグメントは縦型型枠モールドでリング側端部からコンクリートを流し込んだ製作

法であった。これはセグメントの背面、内面とも鋼製型枠仕上げとなり海峡トンネルでも使用したエレクトラ真空パッドでセグメントを吊り上げるのに適していた。

ここでの建設契約はプラント工事などでよく使われていた実費精算方式でローリスクローリターンと言われていた。入札時積算内訳の範囲で受注者が下請けや納入業者の請求書を発注者にフィー(入札時に決めた経費利益率)を乗せて毎月の工事費を請求するものである。実費精算方式にはターゲットコストが設定され、そのコスト以下と以上のときの分け前ボーナスと負担ペナルティーの発注者と受注者の比率が決められている。ここで問題なのはその比率の公平さであり、また一般的建設契約でクレームの要素となる、入札時と違った地質に遭遇したときの単価変更である。この地質の相違(透水性係数とフリンツ石硬度)によるトンネル掘進大幅遅延(出水と機械摩耗損傷)のクレーム問題は、



ブライトン立坑到達TBM

仲裁裁定まで行き、立坑掘削時の目視と掘削記録資料によって仲裁裁定でこのクレームを認めてもらった。この仲裁裁定でクレームを認めた発注者は、発注者側コンサルタントにプロジェクトマネジメントの不十分でこのクレームの負担を訴え、コンサルタントはそれを補償したと聞いた。

またこの工事ではTBMは中古再生品で、この再生機のカッターメインベアリングのドライビングモジュールの締結ボルト全部が途中で破断した。原因は、ドイツの一流ベアリング会社がドライビングモジュールをオーバーホールした際、この締結ボルトトルク管理と締結接着剤の品質管理不備があったためとわかった。

ISO認証会社で品質管理書類では不備がなく、解体することでその不備が判明した。機械メーカーとの機械販売契約ではこのような事故責任は修理を行うだけで、元請け工事の遅れの時間損失などに対しては補償をしないこととなっている。

### ■ PFIプロジェクト：ドックランドライトレールウェイ DLR ルーシャム延長線テムズトンネル工事

このDLRはロンドン東部地域グリニッジ天文台の対岸のドックランドのウォーターフロント再開発地域への都市型鉄道である。DLR ルーシャム延長線工事はドックランド地域からテムズ川下を横断してロンドン市街地からテムズ川南東部への延伸計画である。このプロジェクトが、英国で1992年民生活用PFI法が制定されその最初の案件に選定された。

これの少し前にわれわれも入札したロンドン市街地西部からテムズ川南東部への地下鉄ジュビリーライン延長線工事の一般競争入札があった。英国トラファルガーセメンテーション社・オランダの子会社の英国ナトル社・西松とJVを組んで地下鉄ジュビリーライン2工区の入札をしたが、競争が激しく不調に終わった。前後に行われたこの両プロジェクトは、ジュビリーライン延長線工事が大幅な

建設費増と工期延長であったのに対し、DLR延長線工事が予算内・工期内に完了したため、PFIプロジェクトがいかに良いかの比較に使われた。

このPFIプロジェクトに英国会社と三井物産との5社で事業主体を組み、その建設主体に英国建設会社老舗モウレム社・西松と建設JVを組み入札をした。PFI工事のサンプルともいべき工事であり、投資会社・建設会社・電力会社・日系商社と異なった業種の会社が事業主体であった。PFIスキームにより資本金比率が小さく、運行はロンドン市ドックランド公社で、事業主体は建設・施設管理責任によって資金を回収するスキームであった。投資金額の約75%が初期投資の建設であるため建設主体はフルターンキー契約（EPC（Engineer, Procure, Construct）契約）の非常に条件の厳しいものであった。そのため、入札時のリスクマネジメントはモンテカルロシミュレーションを使ってのリスクの定量化を行い、一般建設契約よりリスクの高い分割高となった。また、この建設主体はPFI発注者ドックランド社と事業主体とは別に建設を完成させる直接合意書（Direct Agreement）を結んであった。

この英国のPFI（PRIVATE FINANCE INITIATIVE 民間資金構想）は、1990年に誕生したメジャー保守党政権によって1992年11月に提唱された。PFIは、公共部門の効率化と公共サービスの質の向上を図るため、従来公共部



ロンドンタワーブリッジ前で(左：小泉教授、右：筆者(ロンドン時代))

門で提供されてきた公共サービスについて、設計・建設・運営および資金調達に関する責任を民間部門に移転するものであった。民間部門がプロジェクトの各段階で生じるリスクを十分考慮したうえで、契約期間について自らに課される義務を果たすことにより、「VALUE FOR MONEY」（租税という対価に対してもっとも価値あるサービスを提供すること）を達成しようとするものだった。

資金融資団（銀行、投資会社など）は、このプロジェクトの事業主体と建設主体の建設約款（ターンキーEPC契約）に工事完成のための厳しい契約約款を求めてきた。しかし建設主体が取れないリスク、例えば設計に大きくかかわる安全や鉄道認可条件の法律変更・不可



DLR貫通式 喜びの日本人・英国人・アイルランド人(泥水式シールド・ドリリー)

抗力条項・遅延賠償金無制限などがあつたが、それらには条件をつけ合意になった。そのほか、不明地質の条項についても、建設主体の責任であるがテムズ川底の第二次大戦の不発弾に関しては入札前に入札者による探査を共同で行いその費用を建設費用に繰り込んでもらった。

基本的に、PFIプロジェクトの事業主体の資金回収リスクは政府の援助などもあり、需要リスク（乗客数や顧客など予測数量リスク）があるBOTプロジェクトなどに比べ大きいものではない。このルーシャム延長線の資金回収は施設の一定水準の利用可能率が達成できれば回収でき（施設管理費 Availability Fee）、ある一定期間が過ぎたら乗客数（乗客利用数

Usage Fee）に連動した資金回収も取り入れたものとなっていた。

ロンドン地下鉄路線図を見ると、主にテムズ川北側とロンドンの西部に広がっている。これは地下部がロンドンクレイ（過圧密粘土層）で主に構成されているからである。ロンドンの東部、テムズ川南側にはテラスグラベル（砂礫層）、ウーリッチレディングベッドWRB（砂礫混じりシルト粘土）、サネットサンド（均一な細砂層）が広がっており、この工事は軟弱層の地層に造られる。よって泥水式シールド工法を採用しテムズ川下横断掘削を行った。この泥水式シールドの基本的発明は英国グレートヘッド（シールド発明者ブルネル矩形シールドを円形一体型に改良）であったため、日本式泥水式シール

ドの里帰りとなった。

この工事は、このような複雑な地層であり近接構造物・英国鉄道の防護工のため、コンベンショングラウトが計画された。このコンベンショングラウトは、シールド通過によって減少した地盤に圧力注入して地盤補填隆起させ、地表面沈下を抑制する工法である。そのためロンドン地質に詳しい、地盤工学の権威であるケンブリッジ大学工学部メイヤー教授(Prof. R. J. Mair)・曾我講師(その後、教授)と西松との地盤変状の共同研究実験を行い、助言を受けた。このグラウトは近接構造物の横に径4mの深礎を設置し、そこからTAM(チューバマンシェットチューブ)をセットし二重管ダブルパッカー工法によって地表面沈下をモニタリング観測しながら圧力注入する工法である。結果は地表面沈下が許容範囲内(構造物傾斜角、沈下量)に収まることができ、近接構造物に損傷を与えることなく無事完了した。

この工事は、テムズ川底で2本のトンネル連結の釜場を造る工事があり、高圧気下で手掘り作業をすることになっていた。そのため、の圧気試験中にセグメントの間隙から陸上部の小学校テニスコート地下の地層に溜まった圧力空気によって噴発事故が起き、そのトンネル部分が崩壊してしまった。そのため、連絡横坑と釜場工の施工時の圧気圧を下げるためのテムズ川からの揚水井戸の設置と坑内から限定的ウエルポイントの設置をし、この作業圧気圧を下げ無事

施工できた。

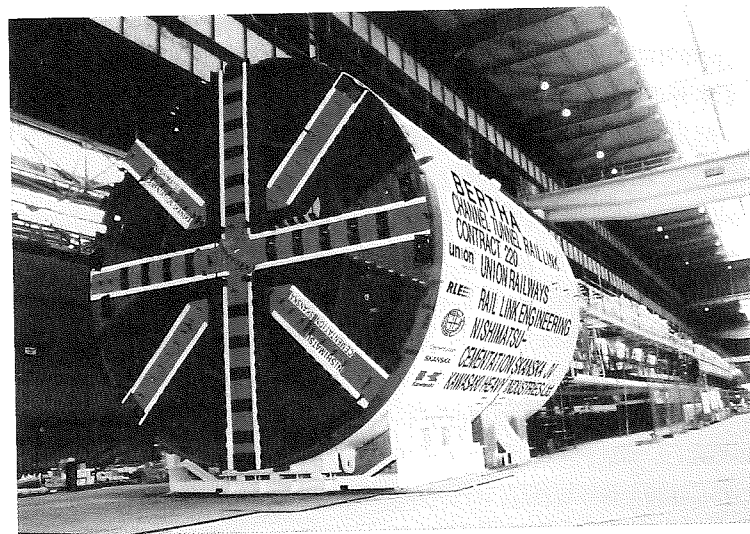
崩壊トンネル部は開削によって復旧し、工事は完了した。事故復旧費は工事保険でカバーし開業には間に合い建設契約上は問題なかった。しかし、安全規則に遵守した現場組織運営を行い例のない想定外の事故であったため、英国安全衛生局からは個人の過失はなかったものの、工事の不安全状態を作った安全責任を問われ、会社として罰金を払った。

#### ■パートナーシップ理念プロジェクト：チャンネルトンネルレールリンクCTRLロンドントンネル220工区工事

ヨーロッパ高速鉄道網整備の一環で、英国内の海峡トンネルからの高速鉄道新線CTRLの計画があった。ロンドンの発着駅はテムズ川北側のセントパンクラス駅で、ロンドン郊外テムズ川北側東部にストラッドフォード駅新駅を造り、その両側はロンドントンネルを造ることとなっていた。このCTRL

は大幅な政府援助が入ったPFIプロジェクトで行われ、その事業主体は建設コンサルタントのJVであった。この工事に、(元)英国トラファルガー社であったスカスカ・セメンテーション社(スカスカ社(スウェーデン)の英国子会社)と対等比率のJVを組んだ。このプロジェクトは、近年英国での建設産業の過当競争による疲弊が進み英国建設産業の活性化のためのレポートが作成され、その中にパートナーシップ理念がSir. M. Latham(1994年7月)やSir. J. Egan(1998年7月)によって提唱されていた。

パートナーシップとは、発注者・コンサルタント・受注者が、相互信頼と協調・良好なコミュニケーション・共勝ちWin Winを目指し、全員でのリスクマネジメントを行い、具体的には、全員によるワークショップ・一つの事務所・情報の共有・設計の共同改善などを行うことであった。このプロ



CTRLロンドントンネル土圧シールド(川重製、径8.15m、掘削延長7.0km、カッタヘッドを英国国旗色に塗装)

ジェクトにおける入札ネゴ時、アジアの西松建設が英国人などとパートナーシップ理念にもとづいたこのような相互信頼協調関係を築くことができるかどうか、危惧する質問があった。

それらについては、今までの香港、シンガポールでの実績・現場運営方法のプレゼンテーションを行い、発注者側にもいた英国人の友人、知人らの助言もあり、信用してもらった。

契約形態(Modified the New Engineering Contract (NEC - Option C) Target Contract with Activity Schedule)はブライトン工事と同じ実費精算方式であったため、入札時にはブライトン以上の積算内訳書(実行予算書レベルの内訳書)を作成、提出しなければならなかった。しかし、目標コストオーバーンについてのコスト負担比率は受注者負担が発注者より大幅に少なく、受注者のオープンアカウントブックにより受注者の利益がクリアであり、NEC契約約款Option C(パートナーシップ)の使用によりパートナ

リング理念が実行しやすくなっていった。工事開始前に、関係者でワークショップ(発注者・施工管理コンサルタント・受注者の泊まりがけ合宿)を行い、共通ゴールのための話し合いの場が持たれ、全員でパートナーシップアグリーメントを作成した。

発注者側はロンドントンネル全線と駅の同時完成を目指し、この4工区全体でパートナーシップを行うアライアンス(運命共同体)合意を4工区全社と施工管理コンサルタントに求めた。その工期内完成に対するボーナスとして、全体の施工管理共通経費の節約、共同使用などと発注者側の予備費の供出によって提供された。

例えば、ほかのトンネル工区において、掘削管理、裏込め管理がわれわれ220工区ほど綿密に計測管理せず施工していたため、地表面沈下を起こしたことがあった。それらに対し、われわれは日本式掘削管理および裏込め方法技術を提供し、それ以後は第三者に影響を与えることなく施工を無事終わった。



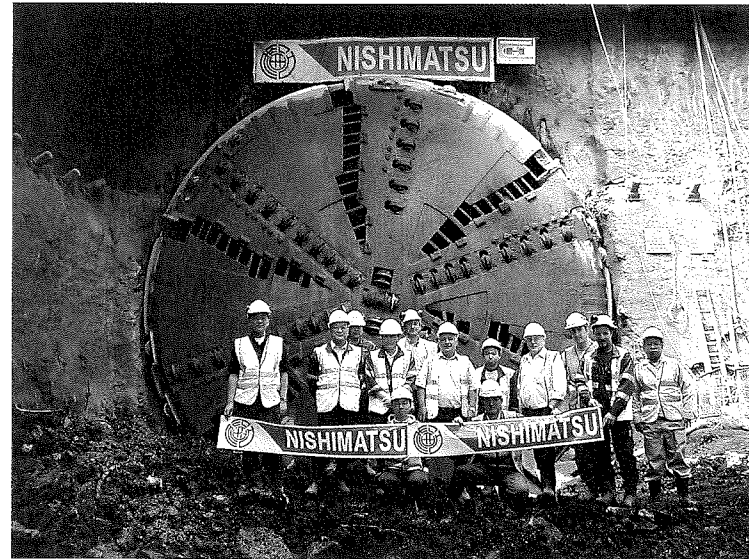
ロンドントンネル220工区パートナーシップワークショップ(工事開始前に発注者・コンサルタント・受注者のプロジェクト担当者で実施)

このトンネルはロンドン東部地域の複雑な地層内(ロンドンクレイ・WRB(砂礫混じりシルト粘土層)・アップナーフォーメイション・サネットサンド(均一細砂)・チョーク層)を泥漿気泡併用の土圧式シールドで掘削し、鉄道直下・地下鉄地中内交差・多数近接埋設物構造物などがあり技術的に難易度の高いものであった。セグメントも共同使用でファイバーセグメントを使用した。

#### ■ダブリンポートポートトンネル工事

英国の隣の国アイルランドの首都ダブリン市での大型道路トンネルの工事があり、英国モウレム社、そのアイルランドの子会社アイルシェンコ社との3社JVで、大型シールドTBM(硬岩機械式およびセミメカ機械、径11.8m、延長2.3km+0.3km)工法によって計画し、3番札であったが技術的に優れているということで落札できた。

この工事は設計施工契約で英国土木学会ICE契約約款を基本に多くの変更特記を使用していた。施工時には設計施工契約において発注者側との良好な関係が不可欠で、関係者でパートナーシップを目指し、発注者側(アイルランド市、施工管理英国系コンサルタント)および受注者(日本、英国、アイルランドの3社)によって工事開始前にマラハイドMalahideで合宿し共通ゴールのための話し合いを行い、パートナーシップ合意書ともいふべき「マラハイド憲章 Malahide Charter」を作成し皆で署名した。



機械掘りシールドTBM到達(ダブルポートトンネル, 独ヘレンケフト社製(径11.8m, 延長2.3km×2), 西松スタッフとともに(前列左から2番目が筆者))

しかし、チャンネルトンネル、リンク、ロンドントンネル工事のような実費精算方式の契約形態でなく、設計施工契約で受注者責任が大きかったためと、発注者側が大型案件に不慣れなため、設計承認遅れや埋設物移設問題などによる工期遅れに対してのわれわれJVからの大きなクレームが発生した。せっかく工事開始前にパートナーリング憲章まで関係者一同署名したが相互信頼と協調によるWin Win関係も築かれなかった。パートナーリングを実行するためには、適正な契約形態と現場人間関係の構築が不可欠であると感じた。工事は完成したがクレーム紛争に発展してしまっ

おわりに

海外事業部長のときにシンガポール地下鉄824工区工事二コ

ハイウエー駅で、開削部トンネルの崩壊死亡事故が起きた。この約1年近い事故調査委員会の調査結果は、仮設計と施工管理の不備があった、となった。西松はその事故の崩壊メカニズムに対し実物大実験・詳細地質調査・専門家シミュレーション検証を行い、反証意見を提出した。そのため、事故責任が個人・会社の重過失に問われずに罰金で終わった。最初、保険会社は工事保険の支払いを拒否していたが、保険調停ネゴがあったが保険金は支払われた。この事故を含め近年世界でトンネル事故が多く、トンネルの工事保険の引き受けに対して、ロンドンの保険マーケットは英国トンネル協会(British Tunnelling Society, BTS)と協力しトンネル工事のリスクマネジメントの標準化(A Code of Practice for Risk

Management of Tunnel Works, BTS, 国際トンネル協会ITA, 国際技術保険協会IAEI)を行った。これを採用するトンネル工事に対してのみ、工事保険を提供する方針を決めている。

プロジェクトとは限られた資源で決められた期間に目的の物を達成させることであり、まさに建設のことである。このプロジェクト達成のために必要な知識技術がプロジェクトマネジメントである。今回のこの文は、私の海外工事経験ですが、とくに異文化内における同等の価値観による管理手法(プロジェクトマネジメント)の重要性をとくに感じている。国内においても複雑多岐にわたるプロジェクトの遂行には当然プロジェクトマネジメントが必要である。プロジェクトマネジメント実施にあたっては、そのプロジェクトを理解することが重要で、設計を見、図面を見、現場を見て知ることが大切である。

建設は、その地域に必要なものを、地場の材料、住民、お金、技術によって建設される地場産業である。そこに日本の建設輸出として海外で日本建設産業の活躍の場があるかである。また、土木技術者として世界を知ることは何も海外進出を目的とするものでなく、技術を高めるうえにおいても必要なことと思う。よって井の中の蛙にならないように、皆さんには世界へいつも目を向け興味を持ってほしい。

施工

高被圧水で併設シールド間に超近接する大口径シールドの立坑到達

—都市計画道路大和川線—

大阪府富田林土木事務所松原建設事業所主査 陣野 員 久  
 大阪府富田林土木事務所松原建設事業所副主査 石原 悟 志  
 大鉄工業・吉田組・森組・紙谷工務店共同企業体監理技術者 石垣 兄 太

1 はじめに

都市計画道路大和川線は、「大阪都心部における新たな環状道路」の一部を形成する路線であり、阪神高速道路4号湾岸線と同14号松原線を結ぶ延長約9.9kmの自動車専用道路である(図-1)。このうち「都市計画道路大和川線シールド

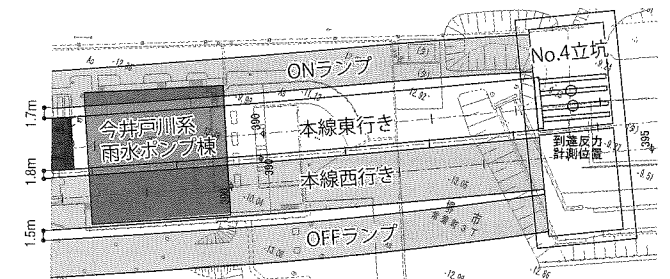


図-2 平面図(4連併設トンネル)

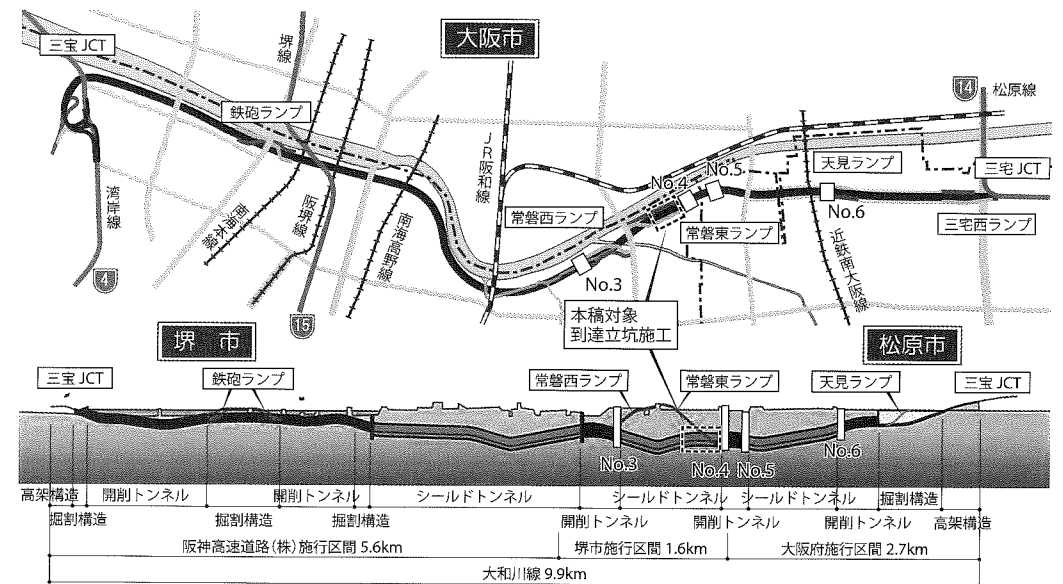


図-1 路線概要図

工事」(以下「本工事」)は、堺市北区常磐町の常磐西ランプから松原市天美北の天美ランプまでの約1.9kmをシールド工法により施工する。

本工事は、東行き線と西行き線の2本の併設したトンネルで、かつ路線の中間に別発注の開削工区(常磐東開削トンネル工事)を挟む4本のトンネルを1台のシールドで施工するものである(図-2)。

この中で、常磐東ランプの合流地点となるNo.4立坑においては、併設する西行き線および東行き線の2本の本線シールドに加え、別発注の2本のランプシールド(都市計画道路大和川線ランプシールド工事)も同じ立坑から発進到達する、国内でもまれな大口径シールドによる超近接4連併設トンネルとなっている(図-2)。

本稿では、その4連併設シールドのうち、4本目の施工となった本線東行き線シールドに関し、1級河川大和川に隣接した高被圧水下の立坑へ到達した事例について報告するものである。

## 2 本工事の特徴

### 2-1 工事概要

本工事の工事概要を表-1に示す。

### 2-2 シールド概要

本工事では泥土圧式シールド(気泡シールド)工法を採用した。シールド概要を表-2に示す。

### 2-3 セグメント概要

本工事で使用したセグメント概要を表-3に示す。

### 2-4 地盤概要

シールド掘進対象区域は、表層から洪積層が分布している比較的良好な地盤であり、沖積層はほとんど分布していない(図-3)。

No.4立坑到達部におけるトンネル周辺地盤も、N値10程度の硬質な洪積粘性土地盤とN値60以上のよく締まった洪積砂礫土地盤の互層状態であり、全体的に硬質な地盤である。

その中で、シールド掘削断面(太線範囲)に多く分布しているDs3層は、砂～礫混じり砂を主とし、砂分は非常に細かく流動化しやすい特性を持つ、細砂を多く含む層である。

表-1 工事概要

工事名称	都市計画道路大和川線シールド工事
発注者	大阪府富田土木事務所
施工者	大鉄工業・吉田組・森組・紙谷工務店共同企業体
施工場所	堺市北区常磐町2丁～松原市天美北6丁目
施工延長	堺市区間 約1,010m×往復 松原区間 約880m×往復 合計 約3,780m
併設距離	最小1.1m(約0.09D)～2.97m(D:掘削外径)
平面線形	最小R=381.1m
縦断線形	最大i=30.0‰
土かぶり	13.3～33.3m(約1.0D～2.5D)

表-2 シールド概要

外径	φ12.54m
機長	12,785m
総推力	144,000kN(1.166kN/m <sup>2</sup> )
シールドヤッキ	3,000kN×2,550mm×48本
カットトルク	常用32,610kN-m(α=16.4)
カット回転数	0.4rpm(V=15.7m/min)
中折れ角	(左右)2.0°, (上下)0.5°
コピーカット	4か所(2か所予備), ストローク150mm
その他	裏込めモルタル同時注入装置(×4か所) 半自動セグメント組立て装置 テールクリアランス測定装置(×4か所) チャンバ内補助アジテータ(×2基)

表-3 セグメント概要

種別	合成セグメント(NMセグメント)
外径	φ12.3m
厚さ	360mm(うち、60mmは耐火層:図-4)
幅	1,800mm(×1,981リング) 1,400mm(×161リング)
分割数	8ピース+K(軸方向挿入式)
継手構造	ワンパス継手によるボルトレス構造

また、No.4立坑付近の地下水位はGL-6.7mで、シールド掘削断面下端では、0.3MPaの高被圧水である。

### 2-5 到達立坑概要

#### 2-5-1 立坑構造

到達立坑となるNo.4立坑は、ニューマチックケーソン工法により構築し、シールドの坑口壁面にはシールドで直接切削が可能なNOMSTを採

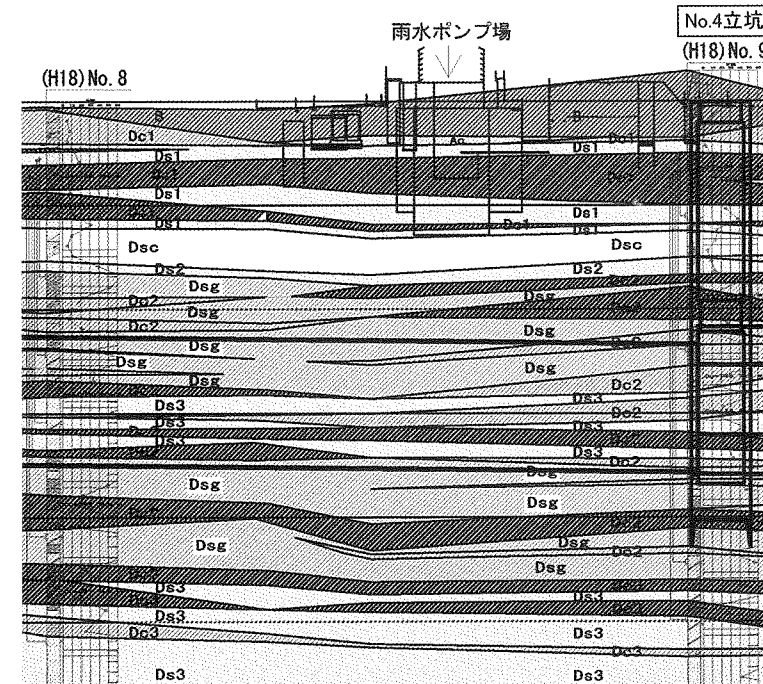


図-3 土質縦断面図

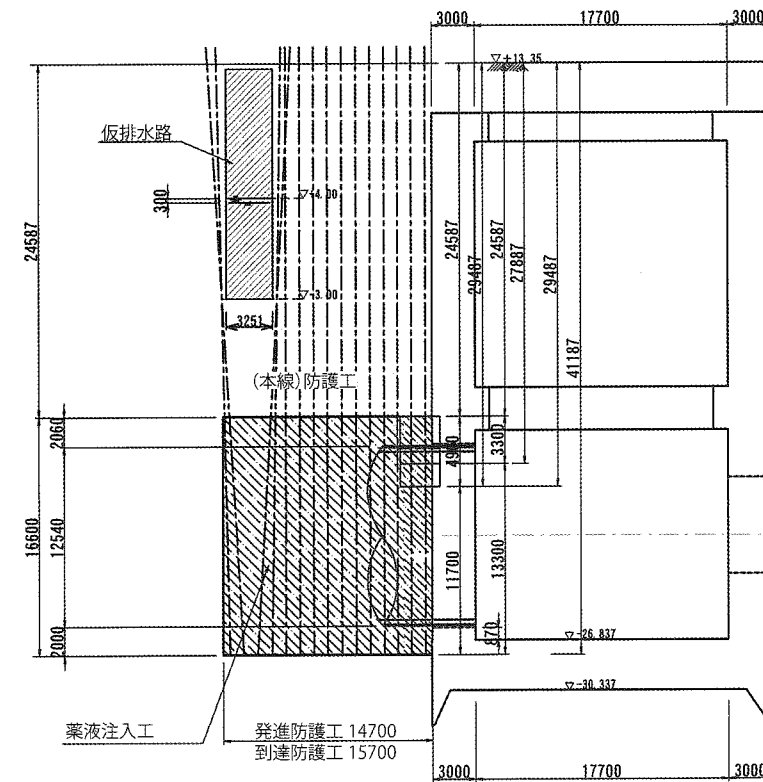


図-4 地盤改良側面図(No.4立坑)

用した。さらに、シールドでの切削性能を高めるためにコンクリートの粗骨材には石灰石骨材を使用した。No.4立坑の構造図を図-4に示す。

#### 2-5-2 施工順序

No.4立坑での施工について、ケーソンの沈設完了から本線東行き線到達までの施工順序を表-4に示す。

#### 2-5-3 地盤改良

シールドの発進到達時における止水性を確保を目的として、2重管ダブルパッカー工法での薬液注入による地盤改良を行った。使用する薬液は、水ガラス系溶液型注入材を選定した。

地盤改良範囲は、『薬液注入工設計資料』(社)日本グラウト協会)に準じて設定したが、併設トンネルの近接度が高く、断面方向の改良範囲に併設トンネルが入ることとなり、注入圧による隣接セグメントへの影響が懸念されたため、ONランプシールド到達前に本線シールドの地盤改良を行うこととした。その結果、本線東行きシールドの到達時には、地盤改良施工後から約5年経過することとなり、

表-4 施工順序

施工順序	施工内容
1	No.4立坑ケーソン沈設
2	ONランプシールド到達
3	ランプシールドNo.4立坑内転回
4	OFFランプシールド発進
5	本線西行きシールド発進
6	本線東行きシールド到達
7	本線シールド解体

経年劣化による止水効果の低減が懸念された。

このように、地盤改良施工からシールド通過までの期間が長期化する場合、比較的経年劣化が少ない「高圧噴射攪拌工法」による地盤改良を選定すべきであるが、ニューマチックケーソンの外防水シートが高圧噴射影響で剥がれることを懸念したため、今回は薬液注入工法による地盤改良を選定した。

### 2-5-4 仮壁

NOMST壁の切削は、ジャッキ推力による壁面へのカット押し付けと、カット回転によるビットの切り込み深さを確保することで可能となる。したがって、壁体の強度のみでジャッキ推力に抵抗することができなくなる切削終盤においては、NOMST壁の倒壊や、壁面の割れによる切削不能が予想される。

よって今回は、切削終盤までジャッキ推力に抵抗させることが可能な仮壁を、NOMST壁面の内側に設置することとした。

仮壁の構造は、大引き材、支保工材にH-400鋼材を使用し、横根太材にH-200鋼材を敷き並べ、その横根太材の背面には鋼製型枠を取り付けた(図-5、写真-1)。

鋼製型枠の背面には、強度発現の早さや経済性を考慮して、シールド掘進に使用した裏込めモルタルを充填した。裏込めモルタルの充填によって、NOMST切削完了までカット全面に止水ゾーンを形成することが可能となる。

この仮壁は、到達時のチャンバ土圧を0.1MPaに設定して、構造計算を行っている。

## 3 課題(到達時のトラブル)

### 3-1 地盤改良体の欠損

到達防護として、シールド1機長+3.0mの地盤改良を行っているが、品質不良や経年劣化などにより欠損部分が生じた場合には、到達時の出水

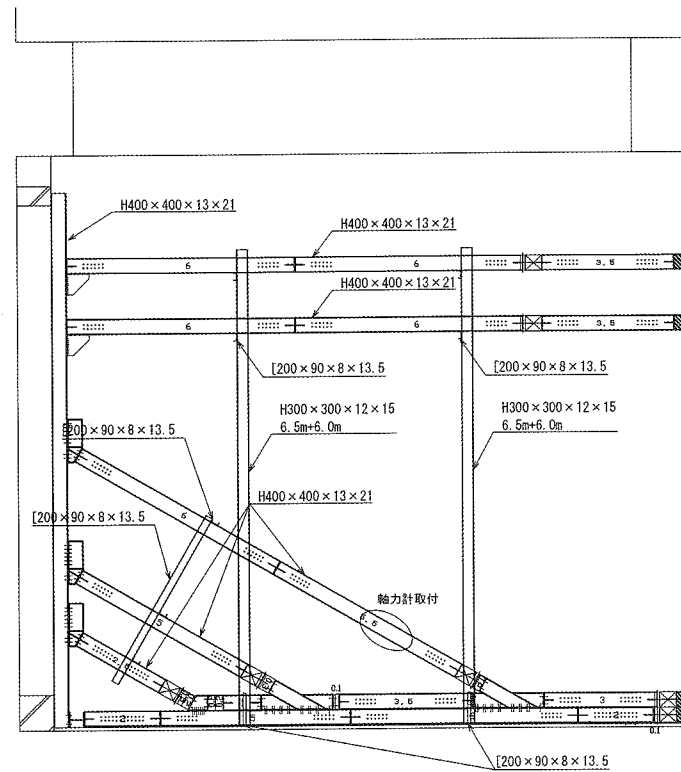


図-5 仮壁構造図

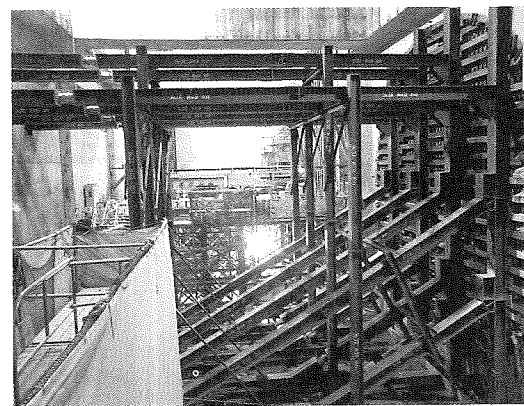


写真-1 仮壁(No.4立坑)

につながるおそれが考えられた。

### 3-2 過度の余掘りと裏込め注入不足

到達掘進では通常、コピーカッタは使用せず、シールドの姿勢も大きく変化させることなく掘進することが重要であるが、何らかの原因でコピーカッタの使用や姿勢修正が必要となった場合、過度の余掘りが生じてしまう。この状態のまま、余

掘り箇所への裏込めモルタルがしっかりと充填されなかった場合にも、到達時に出水を引き起こす要因となることが考えられた。

### 3-3 仮壁の崩壊

到達時、シールドのフィッシュテール先端部分は仮壁に接触する一歩手前まで進んできているが、その位置までシールドを進める間に、チャンバ土圧の過大などによる仮壁の変形や倒壊が考えられた。

また、仮壁の崩壊で、チャンバ内の泥土が流出、それに伴い陥没事故を引き起こすおそれもあった。

## 4 課題に対する対応・対策

前述の出水要因に対し、到達前、到達掘進時のそれぞれの段階で実施した対応・対策を以下に示す。

### 4-1 到達前

到達前に以下の確認・準備を実施した。

#### 4-1-1 水平チェックボーリング

先述のように、No.4立坑の発進到達防護として施工された地盤改良は、到達時には地盤改良されてからすでに5年も経っていた。

また、併設して施工された3本のシールド掘進影響による周辺地盤の乱れが懸念され、改良体の劣化や損傷、立坑壁面との縁切れなども考えられた。そのため、地盤改良の止水性に問題はないのかを確認するために、立坑の壁をコア削孔し、湧水の有無を確認する水平チェックボーリングを行った。

水平チェックボーリングは、同時裏込め注入管部分4か所および、スプリングライン2か所と下部の砂礫層部分3か所を合わせて、9か所実施した(図-6)。孔長については、立坑壁面と改良地盤との隙間および、高圧噴射改良体の造成不良、薬液注入の止水効果について確認するため、地盤改良部分に300mm程度を貫入した深度まで行った。

9か所を削孔した結果、9か所すべてにおいて、湧水は確認されることもなく、地盤改良の止水性としては、とくに問題はなかったことが確認できた(写真-2)。

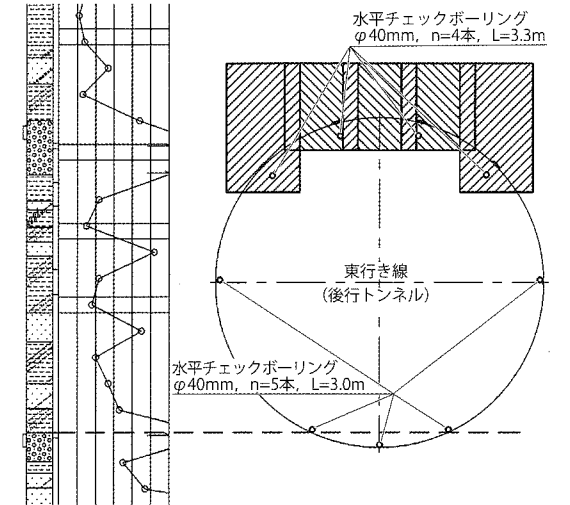


図-6 止水性確認のためのコア削孔位置



写真-2 止水性確認

#### 4-1-2 ディープウェル

地盤改良の止水性に問題もなく、到達掘進うまくいったとしても、何らかの影響で出水してしまうことも考えられる。そのため、不測の出水を想定して、到達立坑近傍にディープウェルを設置して、万が一の際に地下水位を低下させて、薬液注入などの対策が可能となるように準備した。

井戸は、立坑から17m離れた地盤改良区間の外側で、かつ本線東行きとONランプとの間に設置した。このとき、本線東行きとONランプとの間隔は2m程度、井戸の外径は1.0mであったため、掘進の影響が心配されたが、実際に井戸の真横を通過したときにチャンバ土圧の低下や裏込め注入量の増加もなく、井戸が目詰まりした様子はなかった。

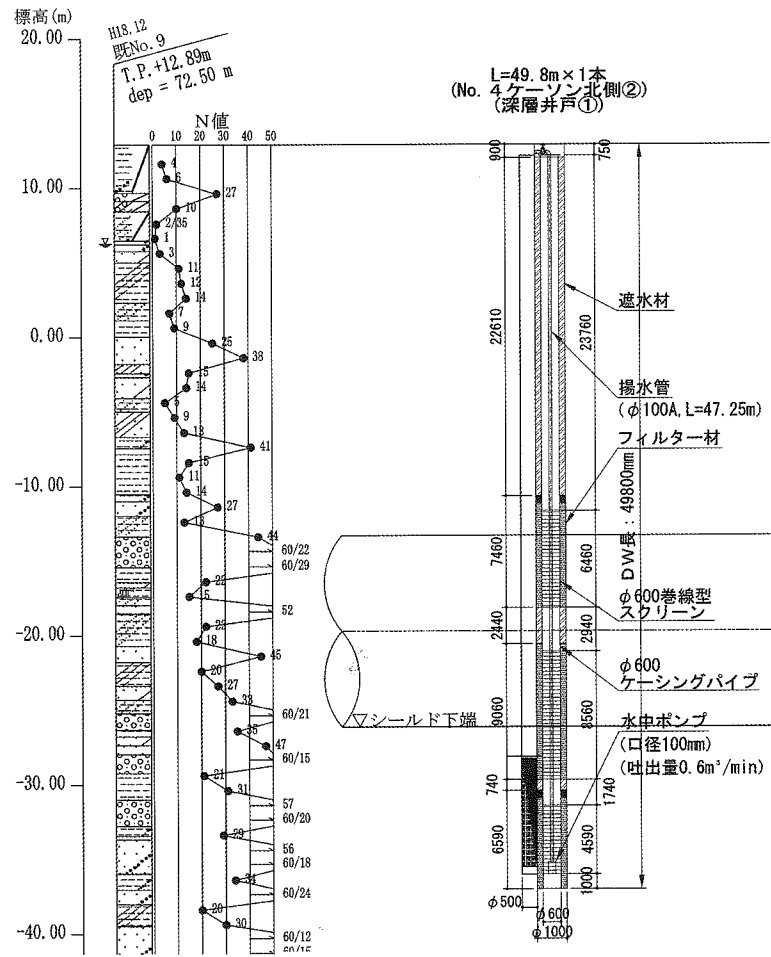


図-7 ディープウェル構造図

揚水は、シールド掘削断面上部のGL-30mから井戸下端のGL-50mまでの砂礫層の範囲で行えるような構造とした(図-7)。

4-2 到達掘進中

到達掘進中には、トンネル坑内、シールド内と場所を変えて、2度の薬液注入を行った。その施工フローについては、以下のとおりである(図-8)。

4-2-1 トンネル坑内からの薬液注入工

到達掘進中にトンネル坑内から薬液注入を行う目的は、地盤改良の劣化や損傷および、裏込めモルタルの注入不足による出水のリスクを軽減させるため、セグメント外周のボイド部分を薬液注入で充填し、テール部後方からの地下水流入を遮断するためである。

薬液注入するセグメントリングは、シールドカッタ面が、NOMST壁に接する位置まで近づいたとき、テール部後方の地盤改良区間に位置するセグメン

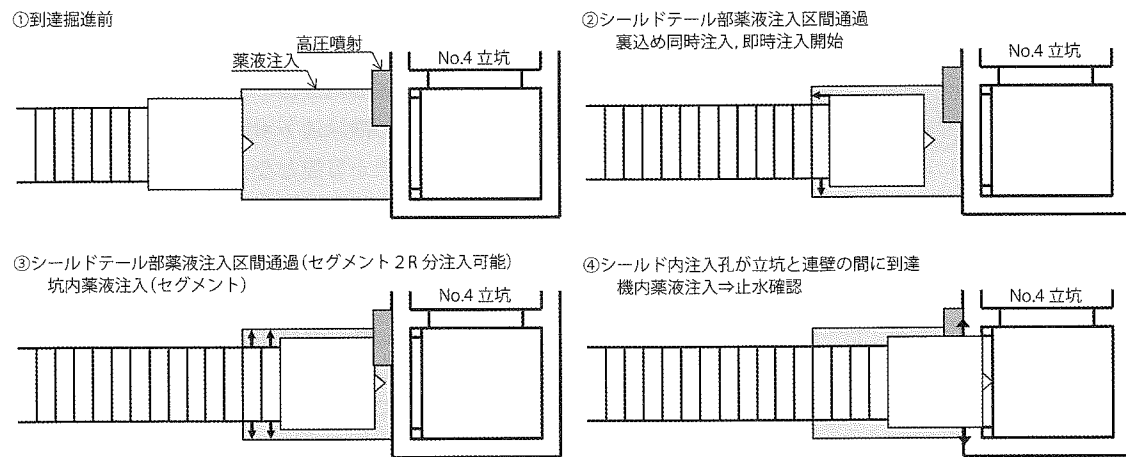


図-8 施工フロー(薬液注入)

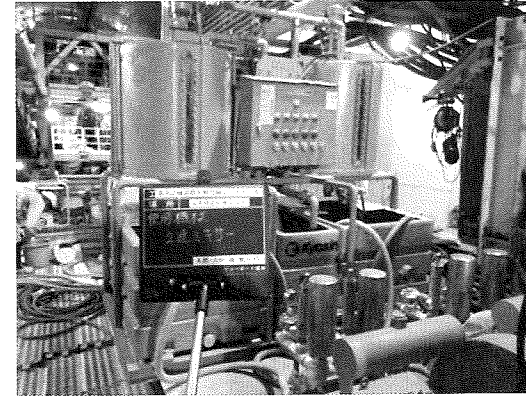


写真-3 注入プラント設置(切羽)



写真-4 坑内薬液注入状況

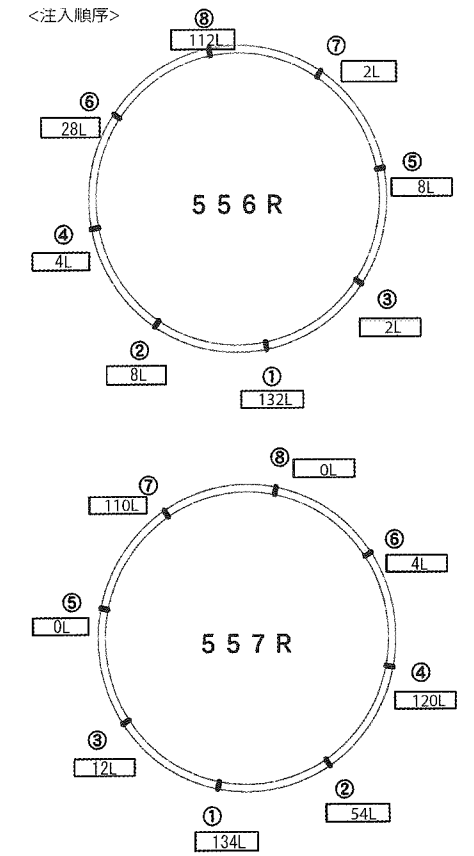


図-10 各孔における注入量

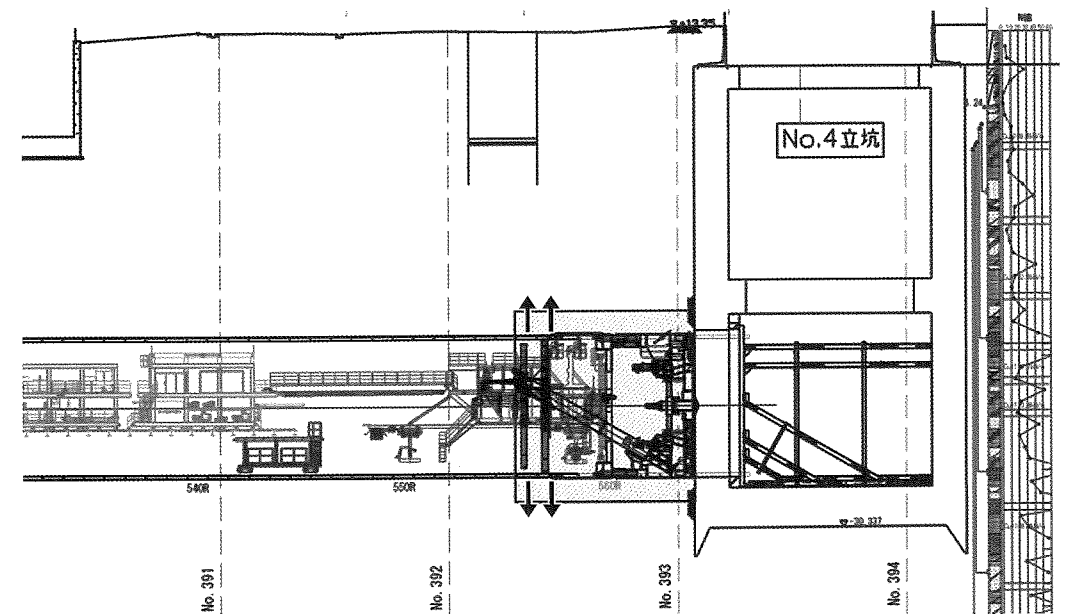


図-9 坑内注入位置図

ト2リング分が対象となる(図-9)。

当該部分のセグメントは、組み立てる前に把持部を貫通させ、逆止弁を取り付けた。薬液注入は、セグメントの周囲すべての方向に行えるように、Kセグを除くすべてのピース(8ピース)の把持部を貫通させた。

次に、貫通させたセグメント把持部にボールバルブとプリベンダー(逆流防止弁)を取り付けて、地山に向けてエアオーガーを使用して削孔を行った。削孔深度はセグメント外側から200mm程度まで行い、その深度で注入を行った。

注入は、セグメントの下部(6時方向)から上部(12時方向)に向かって8孔×2リングについて行った。薬剤は中結型(ゲルタイム=60秒程度)を用いて、注入圧が初期圧+0.3MPa程度に上昇するまで行った(写真-3, 4)。

実際の注入量は、各注入孔で0~134L(図-10)とバラつきがあるものの、削孔直後には、セグメント把持部から少量の水が

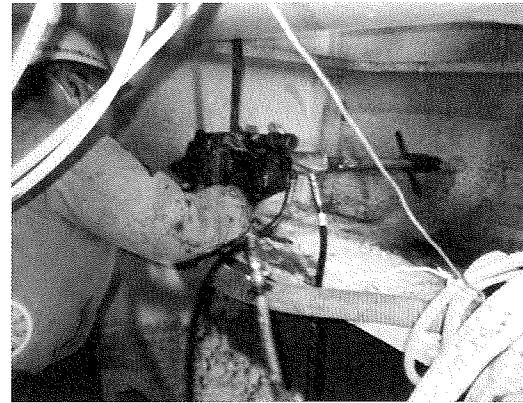


写真-5 機内削孔状況

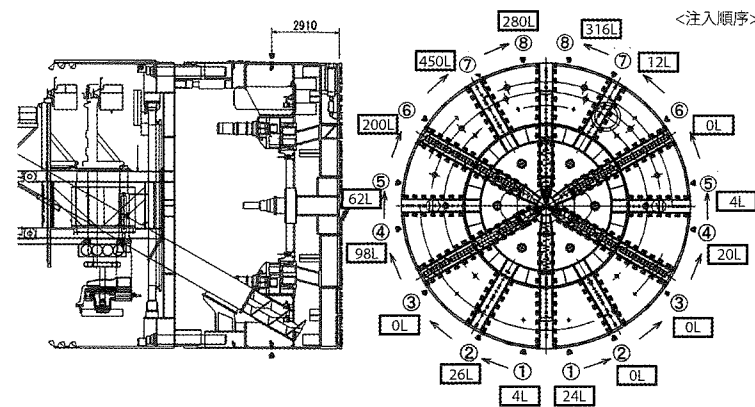


図-12 各孔における注入量

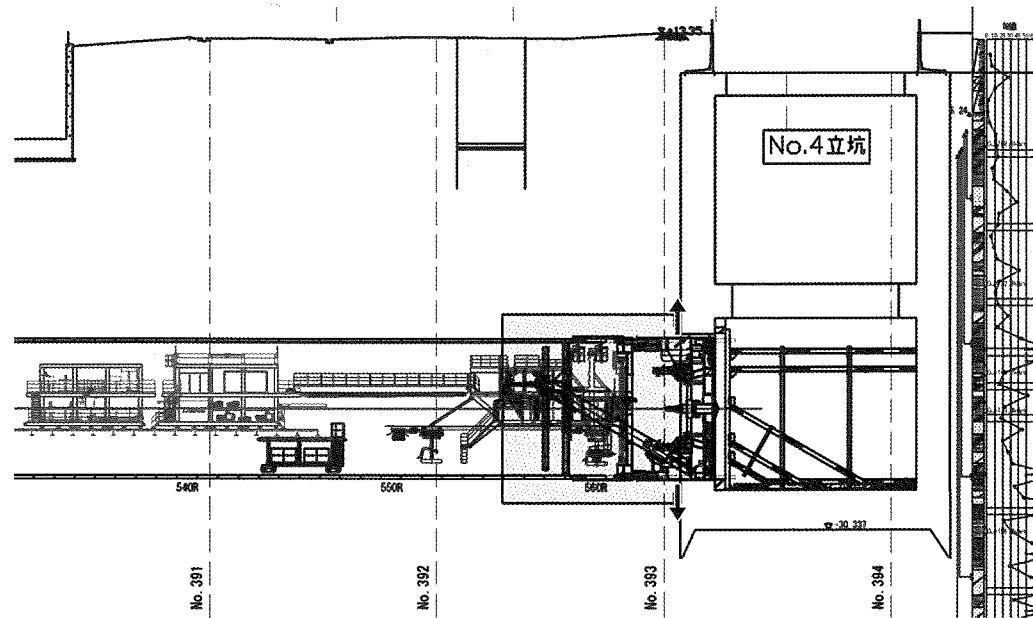


図-11 機内注入位置図

出ていたが、セグメント下部から上部へ注入を行うにつれて、徐々にその出水量は減り、最終的には止まった。薬液注入による十分な充填ができた。

### 4-2-2 シールド内からの薬液注入工

到達掘進中にシールド内から薬液注入を行う目的は、立坑と地盤改良体との縁切れが原因で、その隙間から出水するリスクを軽減させるため、シールド外周に装備している注入孔から、立坑と地盤改良体との隙間に薬液注入で充填し、隙間からの出水を止水するためである。

当現場では、立坑の壁をシールドで切削した直後に機内から薬液注入を行った(図-11)。機内に装備した外周への注入孔は16か所あり、すべてにボールバルブが取り付けられており、掘進中の摩擦軽減用の外周充填でも使用していた。

最初に、外周注入孔にプリベンダーを取り付けて、地山に向けて削孔を行った。削孔深度はスキンプレートから100mm程度まで行い、その深度で注入を行った。

注入は、機内の下部(6時方向)から上部(12時方向)に向かって16孔について行った。薬剤は瞬結型(ゲルタイム=10秒程度)を用いて、注入圧が初期圧+0.2MPa程度に上昇するまで行った(写真-5)。

実際の注入量は、各注入孔で0~450L(図-12)とバラつきがあり、その注入量は、下部から上部へ注入を行うにつれて、徐々に増えていく傾向であった。

機内からの薬液注入完了後、シールド停止状態のまま、カッタを回転させながら、チャンバ内の泥土を徐々に排出していった。チャンバ内の泥土がすべてなくなったことを土圧計で確認し、カッタおよびスクリュウコンベヤを停止させた。

この状態で2~3時間、土圧計の変化に注目して、経過観測を行った。とくに変化は確認できなかったため、次にマンロックからの目視で湧水の有無を確認した。このとき、チャンバ内は酸欠または一酸化炭素で充填されている状態であったので、換気ファンにて、1時間程度の換気を行い、ガス検知器で確認後に目視確認を行った。

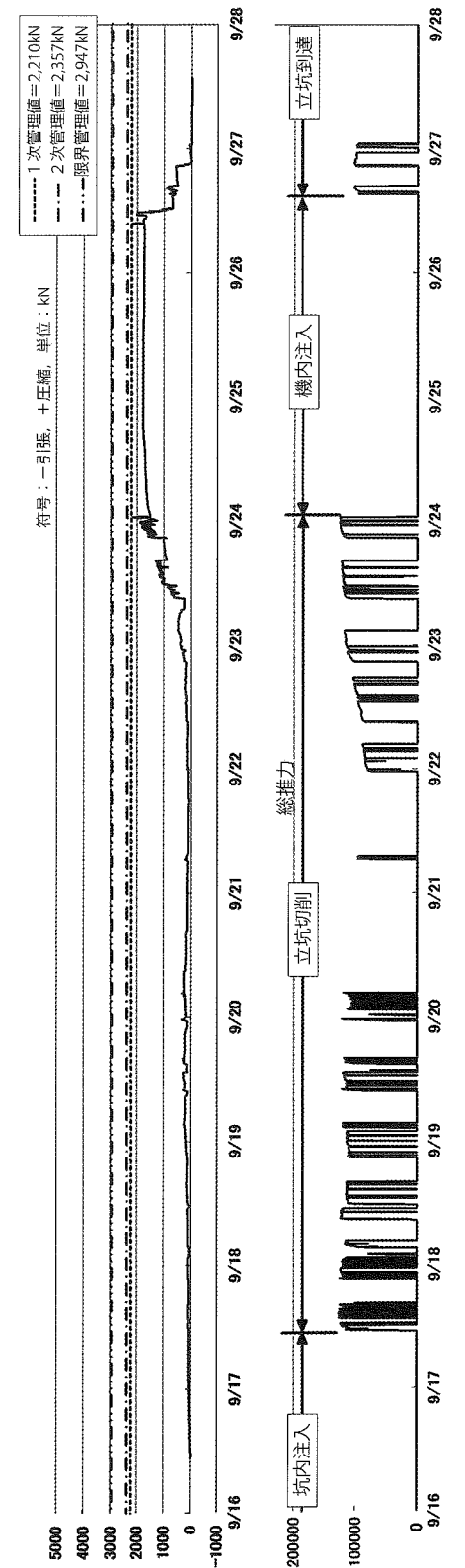


図-13 軸力計測経時変化図

確認の結果、チャンバへの湧水は確認されなかったため、薬液注入設備を坑内から撤出し、到達に向けての準備を開始した。

4-2-3 仮壁の軸力計測

立坑を直接シールドで切削し始めるときから仮壁に接触する一歩手前までの間、仮壁の支保工に取り付けた計測機器を用いて、リアルタイムに計測データの確認を行った。

軸力計測に際し、仮壁支保工の許容軸圧縮力を限界値とし、その75%を1次管理値、80%を2次管理値と設定して管理を行うこととした。また、計測データの値が反応し始めたら、現場に監視員を配置して、その後の現場の変化を報告させて、到達まで掘進を行った。

図-13は、到達時のシールドの総推力と支保工の軸力を表した経時変化図である。支保工の軸力の変化に着目すると、9月23日~24日にかけて値が上昇していき1次管理値にまで達した。この直後、立坑切削は完了して、その後は、機内注入を行い、チャンバ内の泥土をすべて排出し、空押しで仮壁まで到達させた。チャンバ内の泥土を排出すると一気に総推力は低下して仮壁への負担はなくなった。

その後、仮壁を立坑側から解体・撤去し、到達架台を設置して、シールドを立坑に押し出した。立坑にシールドがすべて押し出されるまで、ほとんど出水はなかった。

5 今後に向けて

高水圧下での大口径シールドの立坑到達において、出水事故のリスクを軽減させる目的で行った薬液注入(坑内、機内)について、今回得られた知

見を以下に示す。

5-1 地盤改良区間の延長

到達直前にシールド後方から出水するリスクを軽減させる目的で、セグメントから薬液注入を行ったが、地盤改良区間の延長が短く、シールド長が長かった場合、地盤改良区間でセグメントからの薬液注入ができないことになる。セグメントから薬液注入するのであれば、計画時にそのあたりの条件を確認する必要がある、必要に応じて地盤改良の延長やシールド長を見直さなければならぬことが確認できた。

5-2 シールドの装備

立坑と地盤改良体との縁切れが原因で、出水するリスクを軽減させる目的で、シールド外周に装備している注入孔から、立坑と地盤改良体との隙間に薬液注入を行ったが、シールド外周に装備していた注入孔の位置が、到達直前に立坑と地盤改良体との間に来なかった場合、狙ったところに薬液注入できないことになる。機内注入するのであれば、到達直前のシールドを止める位置、そのときのシールド外周の注入孔の位置を計画段階で検討し、必要に応じて注入孔の位置を見直さなければならないことが確認できた。

6 おわりに

今回の到達掘進では、高水圧下の状況で、出水という大きなリスクと向き合い、さまざまな対策を講じてリスクの軽減を図った。その結果、無事に到達することができた。

本稿が、今後の大口径シールドの到達施工に多少なりとも参考になれば幸いである。

計 画

大深度・高水圧かつ塩害環境下での RCセグメントの設計

—東京電力 葛西橋通り付近管路—

東京電力パワーグリッド(株)送変電建設センター 金城 佑 紀  
 東京電力パワーグリッド(株)資材調達センター 出雲 力 斗  
 東京電力パワーグリッド(株)送変電建設センターグループマネージャー 小寺 洋 仁  
 東京電力ホールディングス(株)土木・建築エンジニアリングセンターグループマネージャー 斉藤 仁

1 はじめに

東京電力パワーグリッド(株)では、図-1に示すように、江東変電所から永代橋変電所を連系する超高圧地中送電線を既設のシールド洞道などに収容している。この既設のシールド洞道は1967(昭和42)年に竣工したもので、経年による塩害の影響を大きく受け、今後洞道を供用していくには、大規模な内部補強を必要とした。一方、内部補強実施後の内空の縮小により、超高圧地中送電線の収容スペースがなくなることから、その収容スペースを確保するために本工事を実施するもの

である。

本工事は、図-1に示す江東変電所と永代橋変電所を内径3.0m、延長6.2kmのシールドトンネルにより連系する工事である。都心部の工事であることから、道路線形や、既に埋設されている各企業の構造物との離隔などから線形を決定する必要がある。そのため、図-1および図-2に示すように、最小曲線半径40mの急曲線施工、最大勾配14.97%の急勾配施工を有し、さらに最大土かぶり約53.0m、最大設計水圧0.53MPaと大深度、高水圧下に位置する縦断線形を有する。また、既設のシールド洞道の劣化要因である塩害について



図-1 平面図

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

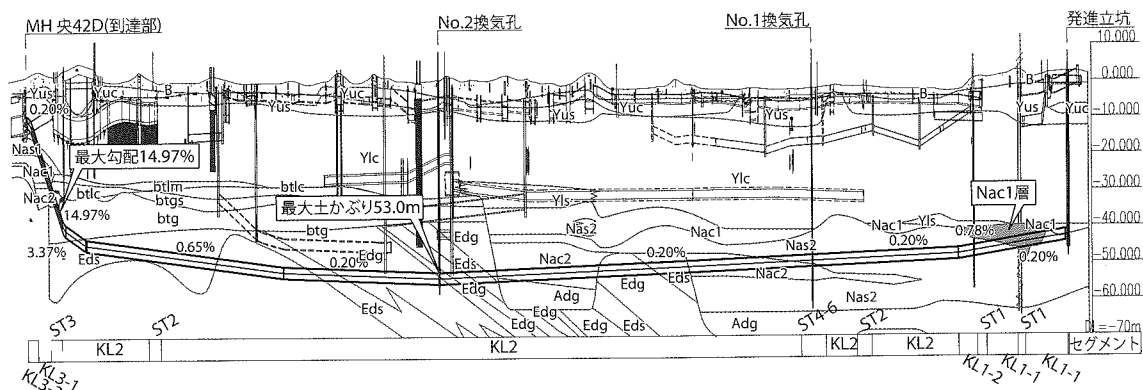


図-2 縦断面図

も、本工事で新設する洞道が同地域への埋設となること、事前の地質調査の結果から高濃度の塩化物イオンが確認されたことから、塩害対策も考慮した設計とする必要がある。

本稿では、以上のような大深度、高水圧下で、かつ塩害を考慮したセグメント設計について報告するものである。

## 2 工事概要

本工事で工事概要を以下に、平面図・縦断面図を図-1, 2に示す。

工事件名：葛西橋通り付近管路新設工事

発注者：東京電力パワーグリッド(株)

施工者：安藤ハザマ・関電工共同企業体

工事場所：東京都江東区新砂3丁目先～中央区新川1丁目先

工事期間：2017(平成29)年3月1日～

2021(平成33)年8月31日

工事内容：シールドトンネル

施工方法 泥水式シールド

延長 6.2km

内空 3.0m

外径 3.4m

発進立坑(1か所)

施工方法 圧入オープンケーソン

内径 10.5m

刃先深度 53.3m

No.1換気孔(1か所)

施工方法 アーバンリング

内径  $\phi$ 3.0m

刃先深度 53.3m

No.2換気孔(1か所)

施工方法 圧入オープンケーソン

内径  $\phi$ 6.6m

刃先深度 61.3m

## 3 セグメントの仕様

### 3-1 セグメント形状

本工事で採用したセグメントの仕様を表-1に、セグメントの形状を図-3に示す。

#### (1) 継手の形式

継手の形式は、調達時のVE提案により図-4に示すKLセグメントを採用することとした。KLセグメントは、「緩衝キー(Key Lock)」と呼ぶ曲率の異なる円弧上の凹凸を継手面の全周にわたって配置することにより、曲がりボルトのような簡易な継手部材で組み立てることのできるRCセグメントである。この「緩衝キー」は、優れたせん断力の伝達機能を有し、セグメントリングを千鳥組みすることによって高い添接効果を発揮することができる。

緩衝キーの形状は、押抜きせん断に対して安全になるよう、過去の実験から、図-5に示すように、高さ8mm、凸幅35mm、凹幅40mmとした。また、継手構造に関して、本工事は大部分が大深度の洪積地層を通過するため、軸力卓越となることから、セグメント継手・リング継手ともに構造が簡易な曲がりボルト継手を採用した。

表-1 セグメント仕様一覧

外径	$\phi$ 3,400mm
仕上がり内径	$\phi$ 3,000mm
形状	平板型RCセグメント
厚さ	200mm
幅	1,350mm
分割数	5分割(4分割+Kセグメント)
鉄筋比	0.54・1.33%
コンクリート強度	42・45・54N/mm <sup>2</sup>
セグメント継手	KL継手(曲がりボルト)
リング継手	KL継手(曲がりボルト)
シール段数	2段

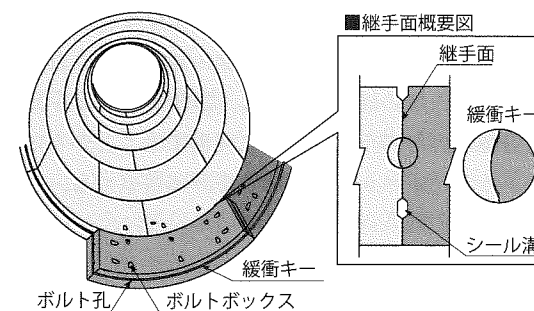


図-4 KLセグメント概要

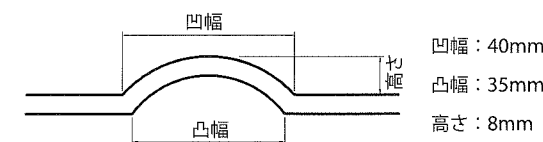


図-5 緩衝キーの形状

#### (3) セグメントの高さと幅

本工事は、約6.2kmの長距離シールド工事を約2年間で施工する必要がある。そのため、工期短縮の施策として、セグメント組立て回数の削減を目的に幅広セグメントの採用を検討した。検討にあたっては、トンネル標準施工方書<sup>3)</sup>を参考に、幅厚比 $B/h$ が7以下となるように留意した。

本工事で、基本的に洪積層を通過する縦断線形をとることから、セグメント設計においては緩み土圧、土水分離の条件を採用でき、セグメント厚さは200mmとなる。そのため、幅厚比の制限を適用すると、最大セグメント幅は1,400mmとなるが、 $R=40m$ の急曲線や $R=300m$ の緩曲線を有する線形であることから、急曲線における後続台車部でのセグメント搬送性や、緩曲線におけるテールクリアランス確保の検討から1,350mm( $B/h=6.75$ )を採用することとした。

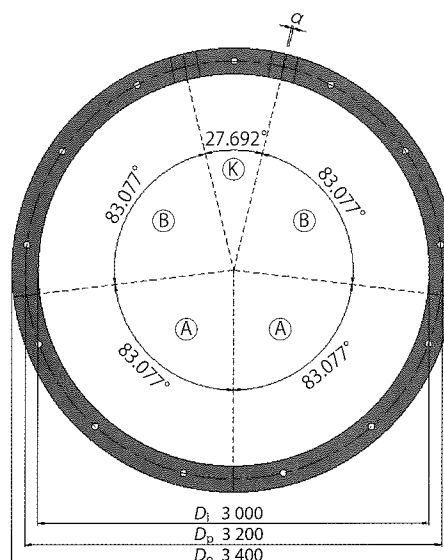


図-3 セグメント形状

#### (2) 分割数

本工事は、文献1)に示す工事とほぼ同等の大深度下でのシールドトンネル施工となる。同文献では、大深度シールドトンネルにおける施工時荷重作用時のセグメントの損傷抑制策の一つの見解として、Kセグメントの挿入角を $8.0^\circ$ 程度以下とし、弧長を短くすることが効果的であると提案している。本工事ではこの提案にしたがい、5分割を採用することとした。

#### 3-2 耐久性設計

本工事は、施工箇所における地下水からは、平均108mg/Lの塩化物イオン量が確認されていることや、同地域において塩害が進行している洞道が確認されていることから、塩害に留意したセグメント設計を実施する必要がある。塩害対策については、まず、塩害の主要因となる漏水を防止すること考え、次に塩害環境を既往の工事実績から評価したうえで、かぶりを設定することとした。

漏水対策については、当社の高水圧下でのシールドトンネル施工実績と竣工後の漏水状況から、軸方向挿入型の継手の採用し、継手を挟みシールド材を地山側と内空側の2段に配置することが有効であることがわかった。そこで、本工事でも、これを採用した。

また、かぶりの設定にあたっては、コンクリート標準示方書を参考に設計耐用期間中(75年)に鉄筋を腐食させないために鉄筋位置での塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界濃度 $C_{lim}$ 以下となるように設定した。 $C_{lim}$ の算出にあたっては、コンクリート表面の塩化物イオン濃度 $C_0$ と拡散係数 $D_a$ が重要なパラメータとなるが、これらについては、当社が保有する塩害環境下にある洞道のうち、漏水がほとんどない箇所における調査データから、表-2に示すように設定した。

ここで、採用値を最大値としたのは、測定値にばらつきがみられることや、サンプル数が少ないためである。また、採用値はコンクリート標準示方書の提示値より大きく、安全側といえ、本設計では適切な塩害環境を想定したものと評価した。なお、漏水がほとんどない箇所における調査データの採用は、上述のとおり、漏水対策を図ったためである。

以上の検討から、設計耐用年数75年を満足する鉄筋のかぶりを40mm以上確保することとした。また、上述のとおり、塩害対策として外側鉄筋の

表-2  $C_0$ および $D_a$ の調査結果

漏水の有無	採取点	$C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	$D_a$ (cm <sup>2</sup> /年)	
なし	A 洞道	a-4	0.600	0.328
		a-5	2.846	0.017
	B 洞道	b-1	2.092	0.006
		b-2	0.400	0.011
		b-3	3.005	0.005
		b-4	0.621	0.059
		b-5	0.594	0.020
	最大値		3.005	0.328
	コンクリート標準示方書 海岸線から約0.1km W/C = 35% の場合		2.5	0.18

純かぶりを40mm確保したことから、従来に比べて無筋部分のコンクリート量が増えた。そのため、施工時に発生する割れ欠けが、従来と比較して発生しやすいと考えられ、本工事のような高水圧下での施工において、大きなリスクとなる。そこで、セグメントコンクリート中に鋼繊維を混入し、ひび割れを抑制する方策について検討を実施中である。

## 4 セグメントの構造設計

RCセグメントの構造設計は、文献3)に記載されるKLセグメント設計マニュアルにもとづいて設計を実施した。

### 4-1 土水圧に対する設計

#### 4-1-1 通過地質

本工事における地層縦断、トンネル縦断線形を図-2に示す。図-2中の地質記号は、表-3に示すシールド設計用物性値に対応している。本工事における地層想定および地盤物性値の決定にあたっては、20か所の既存ボーリングデータに加えて、新たに9か所の地質調査を実施した。物性値は、地質調査の結果にバラつきが少ないことから、基本的には平均値を採用し、試験値のない物性値については、 $N$ 値からの換算、もしくはNEXCO設計要領<sup>4)</sup>や東京地盤図<sup>5)</sup>の値を採用し決定した。

#### 4-1-2 荷重算定条件

セグメントに作用する荷重の算定にあたっては、全線6.2kmを図-2の下部に示すとおり、KL1-1、KL1-2、KL2、KL3-1、KL3-2の5区間に分けて算定した。表-4に、RCセグメントの各区分・設計断面における荷重算定条件を示す。KL1が発進立坑付近の全土かぶり区間に対して適用するものであり、地層ごとの荷重条件に合わせて経済的な設計とするため、さらにKL1-1とKL1-2の2つに区分した。KL2が中間の緩み土圧を適用できる範囲にて設置するセグメントである。KL3が到達マンホール付近の全土かぶり区間に対して適用するもので、KL1と同様に、経済的な設計となるようKL3-1とKL3-2の2つに区分した。土水圧の算定は、基本的にトンネル標準示方書の

考え方に準じた。また、土水の取扱い、側方土圧係数 $\lambda$ および地盤反力係数 $k$ についても、トンネル標準示方書にしたがい、 $N$ 値を目安に設計した。

その結果、シールド線形のうち、約5.7km(全線のうち85%)は、土水分離・緩み土圧の軸力が卓越する荷重条件(KL2区間)となった。なお、STセグメントに関しては、100R未満の急曲線部や中間立坑との接続が必要な開口部において用いるため、各区分における固有の荷重条件を設定した。

#### 4-1-3 七号地層上部粘性土(中位の粘性土)における荷重の設定

表-3に示すとおり、七号地層上部粘性土(Nac1)においては、 $N$ 値11の硬い粘性土としてセグメント設計を実施した。一方で、図-2に示す発進立坑付近の七号地層上部粘性土層においては、平均 $N$ 値が5.7であることが確認され、 $N$ 値による目安により土の種類を分類すると、中位の粘性土に該当する。

この場合、当該地質をトンネル標準示方書に準拠し、全土かぶり土圧、土水一体のいわゆる曲げ卓越の荷重条件として設計すると、セグメント厚さが275mmとなり、この設計区間約500mのために延長約6.2kmのトンネル全線において外径が大きくなることから、不経済となることが判明した。

そこで、当該地質においては、既往の工事実績や当該地質の強度定数などから総合的に当該地質の性状を評価し、土水分離ならびに緩み土圧の適用可否について検討した。

#### (1) 既往の工事実績

筆者らの既往検討の1つである文献6)では、砂分含有率が30%程度のNacl層( $N$ 値7で中位の粘性土に分類される)における海底下大深度でのセグメントの土水圧の計測を実施し、鉛直土圧として $2D$ ( $D$ :トンネル外径)相当の土圧が作用したことを示している。また、セグメントがシールドテー

表-3 シールド設計用主要物性値

		$N$ 値	$\gamma_i$ (kN/m <sup>3</sup> )	$V_s$ (m/s)	$G_0$ (kN/m <sup>2</sup> )
B	埋土	3	16.4	120	23,600
Yuc	有楽町層上部粘性土層	1	17.0	140	33,300
Yus	有楽町層上部砂質土層	6	19.3	130	32,600
Ylc	有楽町層下部粘性土層	1	16.5	150	37,100
Yls	有楽町層下部砂質土層	14	18.5	170	53,500
Nac1	七号地層上部粘性土層	11	18.4	240	106,000
Nas	七号地層砂質土層	51	20.8	260	140,600
Nac2	七号地層粘性土層	16	18.4	260	124,400
Adg	七号地層礫質土層	118	20.0	410	336,200
btlm.c	埋没段丘層粘性土層	10	16.0	210	70,600
btgs	埋没段丘層礫質土層	128	19.0	400	304,000
Tac	高砂層粘性土層	144	18.0	590	626,600
Tag	高砂層礫質土層	184	20.0	600	720,000
Tas	高砂層砂質土層	105	19.0	470	419,700
Edg	江戸川層礫質土層	151	21.0	670	942,700
Eds	江戸川層砂質土層	124	20.6	470	455,100
Edc	江戸川層粘性土層	59	17.0	430	314,300
K	上総層	—	19.0	500	484,700

表-4 セグメント設計条件

	KL1-1	KL1-2	KL2	KL3-1	KL3-2
通過地層	Nac1	Nas2	Edg	Nac2	Ylc
$N$ 値	11	50	50	16	1
土水の扱い	土水分離	土水分離	土水分離	土水分離	土水一体
鉛直土圧	全土かぶり	全土かぶり	緩み土圧	全土かぶり	全土かぶり
$\lambda$	0.53	0.35	0.35	0.5	0.8
$k$ (MN/m <sup>3</sup> )	13.5	50	50	19.4	0

表-5 シールドトンネル設計区分

土水の取扱い	土の種類	側方土圧係数 $\lambda$	地盤反力係数 $k$	$N$ 値による目安
土水分離	固結した粘性土	0.35~0.45	30~50	$25 \leq N$
	硬い粘性土	0.45~0.55	10~30	$8 \leq N < 25$
土水一体	中位の粘性土	0.45~0.55	5~10	$4 \leq N < 8$
	中位の粘性土	0.65~0.75	5~10	$4 \leq N < 8$
	非常に柔らかい粘性土	0.75~0.85	0	$N < 2$

ルを通過した直後から静水圧相当の水圧が作用したことを示しており、土水分離の状態であったことを報告している。

また、山根ら<sup>7)</sup>は、セグメントは硬質地盤に位置するがその土かぶりは1D程度で、硬質地盤の上層にN値4の中位の粘性土が堆積する断面において、セグメントの土圧計測を実施している。その結果、緩み高さに換算すると0.9D相当となる鉛直土圧が作用したことを報告している。

以上の既往工事実績より、中位の粘性土は、現状評価されている以上に土のアーチング効果が高く、緩み土圧や土水分離での設計の適用も可能な地盤であると推定できる。

(2) 粘着力cからの評価

本工事における地質調査にて得られた粘着力cと深度の関係を図-6に示す。図-6の中空で示した箇所が、発進立坑付近のNaCl層における3軸圧縮試験結果を表しており、粘着力は119~155 kN/m<sup>2</sup>(平均141kN/m<sup>2</sup>)で、N値(=5.7)からテルツァギー・ベックの式を用いた推定値71kN/m<sup>2</sup>(=12.5N)よりもかなり高いことがわかる。

また、図-6より、粘着力の大きさには深度依存がみられることや、渡辺らの文献<sup>8)</sup>においてもNaCl層を含む地層での深度依存性が確認できるため、大深度に位置する当該地層の実際の粘着力は高いと考えられる。

以上より、三軸圧縮試験結果を用いてテルツァギー・ベックの式より推定すると、NaCl層はN値22相当であり、硬い粘性土に分類される。

(3) せん断波速度Vsからの評価

地質調査にて実施したPS検層の結果の一例を図-7に示す。対象地層におけるせん断波速度は図-7に数値を示している範囲であり、深さはDP-41~46m程度である。これより、NaCl層におけるせん断波速度は220~250m/sであり、平均は226m/sである。

ここで、せん断波速度の平均値を

用いて、N値とせん断波速度の相関式である  $V_s = 100N^{1/3}$ より推定すると、NaCl層はN値11相当であり、硬い粘性土に分類される。

(4) 砂分含有率

当該地層の粒度分布試験の結果を図-8に示す。これより、平均して約30%以上の砂分が含有されていることがわかる。

以上、(1)~(4)の検討の結果、NaCl層は標準貫入試験より推定されるよりも強度が大きい地質であると考えられ、硬い粘性土として評価が可能であると判断した。表-6に上述の検討を踏まえた設計用区分を示す。設計上のN値は、(2)~(3)の検討における推定N値の最小であるせん断速度からの値(N=11)とし、側方土圧係数λと地盤反力係数kを設定することとした。

また、土水の取扱いに関しては、土水分離とした。ただし、鉛直土圧について、緩み土圧は採用

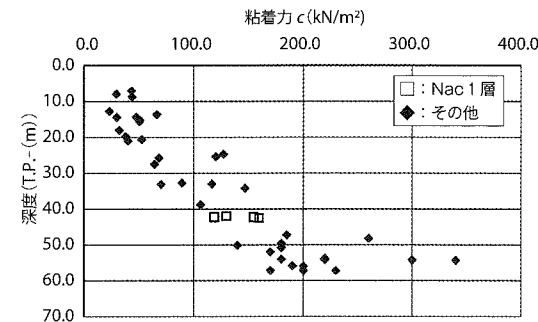


図-6 粘着力の深度分布

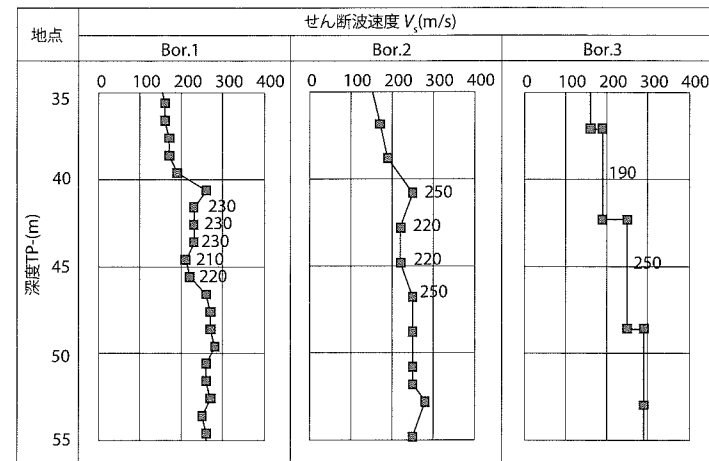


図-7 せん断波速度

せず、安全側に全土かぶり土圧を採用することとした。緩み土圧を採用しない理由として、緩み土圧を採用したとしてもセグメント厚さに変更がないことや、当該地層を含む中位の粘性土における計測実績がまだまだ少ないことから安全側に判断した。なお、当該地層においては計測セグメントを設置し中位の粘性土に対する土水圧を計測することで、設計の安全性を確認する予定としている。

4-2 異常時荷重の設定

異常時荷重とは、将来の荷重状態として定量的に予期できない荷重を想定したもので、常時荷重に荷重係数を乗じて求めることとしている。荷重係数は、都市部における周辺地盤の掘削や、周辺工事における地下水位の低下などを考慮し、当社で保有する洞道への影響実績をもとに設定したものである。

4-3 地震の影響

4-3-1 設計地震動

地盤応答変位は1次元動的解析により求め、設

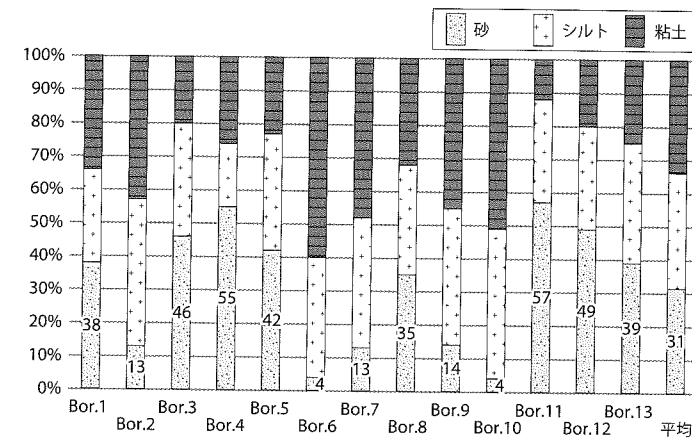


図-8 粒度試験結果

表-6 各推定N値における設計用物性値

	N値	土の種類	土水の取扱い	側方土圧係数	地盤反力係数 (MN/m <sup>3</sup> )
標準貫入試験によるN値	5.7	中位の粘性土	土水一体	0.71	7.1
			土水分離	0.51	7.1
粘着力による推定N値	22	硬い粘性土	土水分離	0.47	26.5
せん断波速度による推定N値	11	硬い粘性土	土水分離	0.53	13.5

計地震動は、以下に示す3波を適用した。ここで、最大加速度は、解放基盤面における値(2E)である。

- ① レベル1地震動：当該地点における確率論的手法にもとづき再現期間75年に相当する地震動を設定(袖ヶ浦位相波, 最大加速度235gal)
- ② レベル2地震動：中防2013の考え方に従い葛西橋通りシールド直下に設定したフィリピン海プレート内地震(Mj7.3)におけるサイト地点の地震動を設定(袖ヶ浦位相波, 最大加速度332gal)
- ③ レベル2地震動：東電の火力部門が想定する大正型関東地震動(Mj7.9)を設定(ラウニオン位相波, 最大加速度243gal)

地震時における変形モードの模式図を図-9に、1次元応答解析を行った結果の、トンネル上下端の地盤の最大相対変位量を表-7に示す。

4-3-2 地盤物性および設計基盤面

地震応答解析用の地盤物性値は、表-3に示すとおり設定した。検討断面については、地層構成の異なる区間で分類し、各区間の代表的な断面を対象とした。

耐震設計上の基盤面は、せん断波速

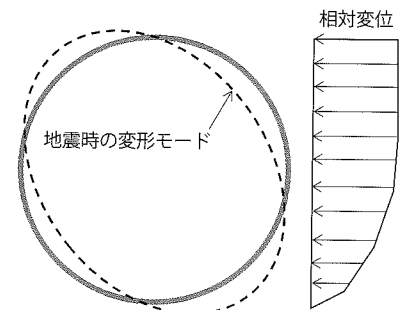


図-9 地震時における変形モード模式図

表-7 地震時における最大相対変位量

ケース	相対変位量(mm)		
	L1	L2 (袖ヶ浦位相波)	L2 (ラウニオン位相波)
KL1-1	3.800	8.936	8.223
KL1-2	2.413	7.146	4.829
KL2	3.761	22.706	20.370

度が300m/s以上でN値が50以上となる上総層とし、TP-100mに設定した。基盤面は、一様な広がりをもっていると想定されるため、全対象断面で同一のものとした。ボーリング調査によりT.P.-100m以深まで江戸川層砂質土層であることが確

認されている地点もあるが、江戸川層砂質土層は基盤相当の物性値を有しているため、基盤層とみなし、他地点と同様にT.P.-100mを基盤面とした。

4-4 構造計算

セグメントリングの構造計算は、セグメント主

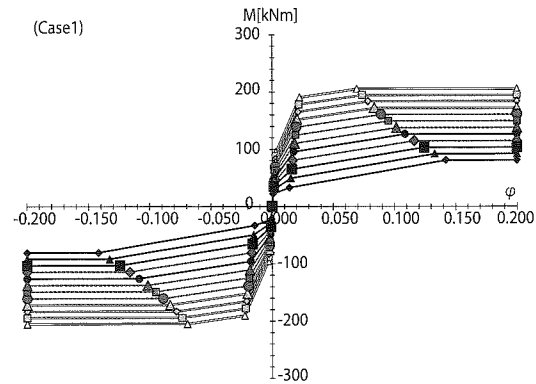


図-10 M-φ関係(KL1-1の例)

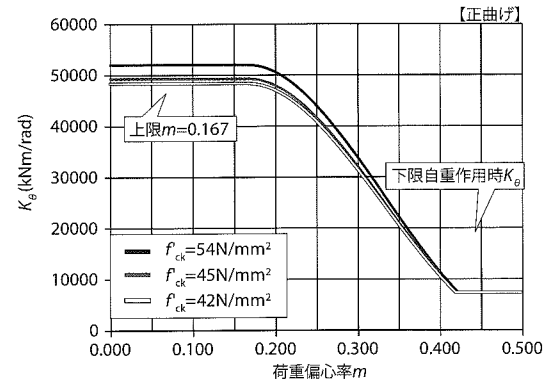


図-11 回転ばね定数

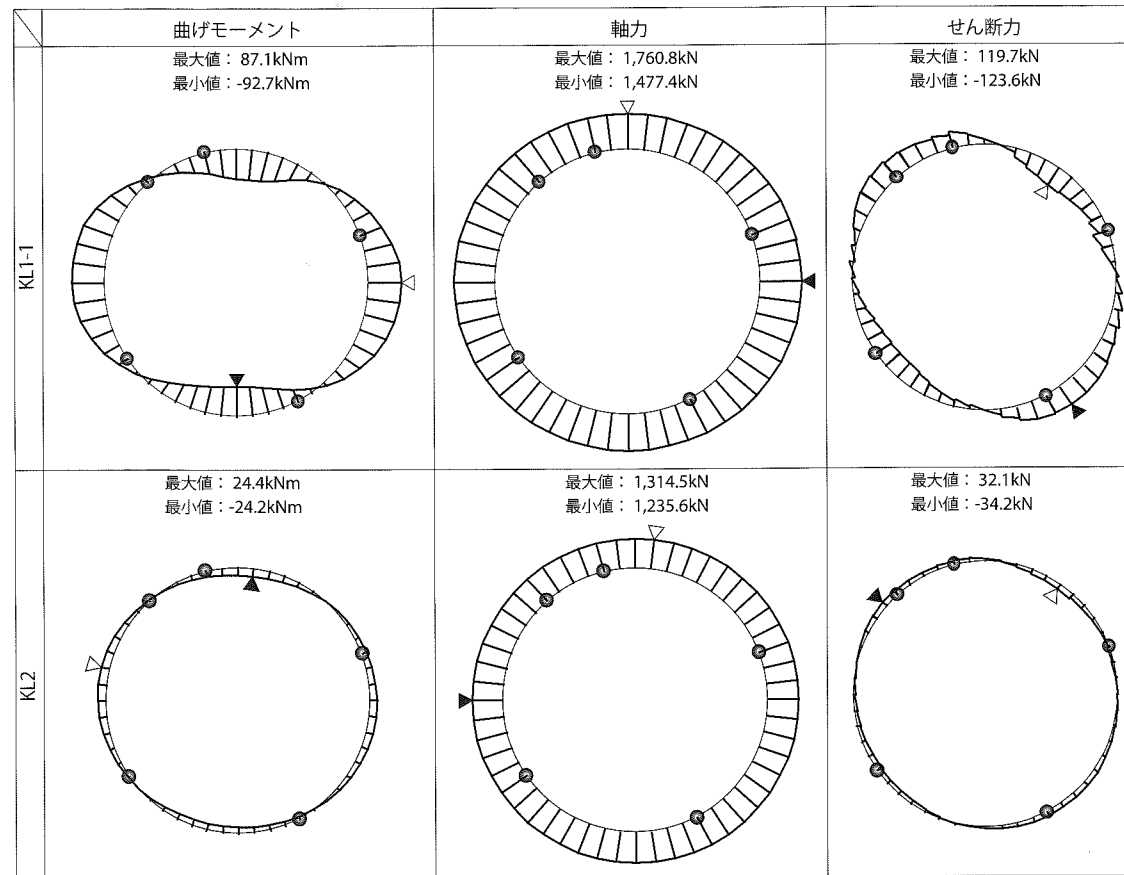


図-12 断面力図

表-8 性能照査結果(KL1-1)

	項目	単位	制限値	正曲げ		負曲げ				
				応答値	照査値	応答値	照査値			
常時	耐荷性能	本体	コンクリート応力度	N/mm <sup>2</sup>	21.6	17.1	0.79	17.9	0.83	
		鉄筋応力度	N/mm <sup>2</sup>	345	56	0.16	63.6	0.18		
		せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>	232.17	123.56	0.53	—	—		
		セグメント	コンクリート圧縮応力度	N/mm <sup>2</sup>	21.6	12.6	0.58	13.4	0.62	
		継手	ボルト応力度	N/mm <sup>2</sup>	660	-24.9	0.00	-47.8	0.00	
		リング継手	押抜きせん断応力度	N/mm <sup>2</sup>	1.1	0.18	0.16	—	—	
	変形性能	リング全体	リング変形量	mm	20	12.75	0.64	—	—	
		継手	目開き量	mm	0.5	0	0.00	0	0.00	
			目違い量	mm	1	0.18	0.18	—	—	
		耐久性能	本体	ひび割れ幅(海洋性環境)	mm	0.187	0.03	0.16	—	—
	ひび割れ幅(土中の環境)			mm	0.033	0.022	0.68	—	—	
	異常時	耐荷性能	本体	最大断面耐力(曲げ)	kN m	275/-286	96.95	0.39	-97.87	0.38
最大断面耐力(軸力)				kN	3,978/5,023	1,402	0.39	1,717	0.38	
せん断耐力				kN	291.45	141.74	0.49	—	—	
セグメント			継手	最大断面耐力(曲げ)	kN m	268/-267	65.83	0.27	-70.47	0.29
				最大断面耐力(軸力)	kN	5,755/6,360	1,414	0.27	1,680	0.29
				リング継手	押抜きせん断応力度	N/mm <sup>2</sup>	1.1	0.26	0.24	—
変形性能		リング全体	リング変形量	mm	30	24.06	0.80	—	—	
		継手	目開き量	mm	2	0.09	0.05	0	0.00	
			目違い量	mm	3	0.31	0.10	—	—	
L1地震時		耐荷性能	本体	コンクリート応力度	N/mm <sup>2</sup>	45.3	27.4	0.61	22.4	0.50
				鉄筋応力度	N/mm <sup>2</sup>	345	115	0.33	26	0.08
				せん断応力度	N/mm <sup>2</sup>	232.17	161.32	0.53	—	—
	セグメント		継手	コンクリート圧縮応力度	N/mm <sup>2</sup>	45.3	14.9	0.33	16.5	0.36
				ボルト応力度	N/mm <sup>2</sup>	660	-18	0.00	-51	0.00
				リング継手	押抜きせん断応力度	N/mm <sup>2</sup>	1.1	0.37	0.34	—
	変形性能	リング全体	リング変形量	mm	20	4.41	0.22	—	—	
		継手	目開き量	mm	0.5	0.264	0.53	0.094	0.19	
			目違い量	mm	1	0.1	0.10	—	—	
	L2-1地震時	耐荷性能	本体	最大断面耐力(曲げ)	kN m	223/-272	130.78	0.65	-130.56	0.53
				最大断面耐力(軸力)	kN	2,543/3,855	1,494	0.65	1,853	0.38
				せん断耐力	kN	291.45	172.48	0.59	—	—
セグメント			継手	最大断面耐力(曲げ)	kN m	266/-274	84.88	0.35	-84.65	0.34
				最大断面耐力(軸力)	kN	4,670/5,848	1,488	0.35	1,824	0.34
				リング継手	押抜きせん断応力度	N/mm <sup>2</sup>	1.1	0.37	0.34	—
変形性能		リング全体	リング変形量	mm	30	9.63	0.32	—	—	
		継手	目開き量	mm	2	0.54	0.27	0.097	0.05	
			目違い量	mm	3	0.39	0.13	—	—	
L2-2地震時		耐荷性能	本体	最大断面耐力(曲げ)	kN m	228/-273	128.06	0.62	-128.83	0.52
				最大断面耐力(軸力)	kN	2,670/3,919	1,497	0.62	1,847	0.52
				せん断耐力	kN	291.45	171.64	0.59	—	—
	セグメント		継手	最大断面耐力(曲げ)	kN m	267/-271	84.32	0.35	-83.75	0.34
				最大断面耐力(軸力)	kN	4,711/5,894	1,489	0.35	1,820	0.34
				リング継手	押抜きせん断応力度	N/mm <sup>2</sup>	1.1	0.37	0.34	—
	変形性能	リング全体	リング変形量	mm	30	8.92	0.30	—	—	
		継手	目開き量	mm	2	0.532	0.26	0.083	0.04	
			目違い量	mm	3	0.37	0.12	—	—	

断面を梁、セグメント継手を回転ばね、リング継手をせん断ばねにモデル化した梁-ばねモデルを用いた。

構造解析は、非線形性を考慮して行うこととし、主断面の部材特性は、軸力ごとにモーメント-曲率関係( $M-\phi$ 関係)を設定した。KL1-1における $M-\phi$ 関係の例を図-10に示す。

継手のばね定数は、以下のとおり設定した。

(1) セグメント継手回転ばね(自重作用時)

曲げモーメントに対する継手断面の力の釣り合いから算定した。

正曲げ  $K_{\theta} = 7,353 \text{ kNm/rad}$

負曲げ  $K_{\theta} = 4,702 \text{ kNm/rad}$

(2) セグメント継手回転ばね(土水圧作用時)

レオンハルトらによるコンクリート継手に関する理論式により算定した。レオンハルトの式により算出される回転ばね定数は、荷重の偏心率 $m$ に応じて変化するため、設計では図-11に示すとおりセグメント継手部での荷重偏心率 $m$ の値がすべて収束するまでくり返し計算を行い、回転ばね定数を定めた。このとき、回転ばね定数の上限は $m = 0.167$ における値、下限は自重作用時の回転ばね定数 $K_{\theta}$ とした。

(3) リング継手せん断ばね

過去のKLセグメントの継手せん断試験より、せん断キーの形状が同じものの試験結果を用いることとし、 $K_s$

$= 2.5 \times 10^5 \text{ kN/m/m}$ とした。

梁-ばねモデルにより算出された断面力図の代表例を図-12に示す。

なお、構造計算はセグメント設計区間にあわせて5ケース実施したが、本稿では4-1-3項にて荷重計算を検討したKL1-1区間と、延長のうち85%を占めるKL-2を示す。

#### 4-5 セグメント設計結果

以上により算出された断面力によりセグメントの性能照査<sup>9)</sup>を実施した。照査結果の一例(KL1-1)を表-8に示す。

照査の結果、KL3-2を除く全区間において引張鉄筋比0.54%となり、最小鉄筋比に近い配筋断面となった。

一方で、全土かぶり土圧により設計を実施したKL1-1およびKL1-2では、コンクリート高度 $54 \text{ N/mm}^2$ および $45 \text{ N/mm}^2$ を採用した。設計により決定したKLセグメントの仕様を表-9に、配筋要領図を図-13に示す。

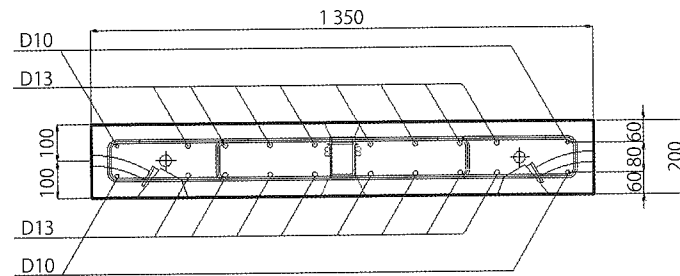


図-13 配筋要領図

表-9 KLセグメント仕様

	KL1-1	KL1-2	KL2	KL3-1	KL3-2
コンクリート強度( $\text{N/mm}^2$ )	54	45	42	42	54
主筋(片面)	8-D13	8-D13	8-D13	8-D13	2-D13+8-D19
引張鉄筋比(%)	0.54	0.54	0.54	0.54	1.33
セグメント継手	KL継手	KL継手	KL継手	KL継手	KL継手
締結部材	曲がりボルト M22 8.8	曲がりボルト M22 8.8	曲がりボルト M22 8.8	曲がりボルト M22 8.8	曲がりボルト M22 8.8
締結部材数(個/箇所)	2	2	2	2	2
リング継手	KL継手	KL継手	KL継手	KL継手	KL継手
締結部材	曲がりボルト M20 4.6	曲がりボルト M20 4.6	曲がりボルト M20 4.6	曲がりボルト M20 4.6	曲がりボルト M20 4.6
締結部材数(個/Ring)	13	13	13	13	13

## 5 おわりに

本工事は、2018(平成30)年9月のシールド発進に向け、オープンケーソン工法を用いた発進立坑工事を実施中である。本稿では、RCセグメント設計に関して報告したが、本工事は、ほかにも下記のような施工上の課題があり、施工後に再度投稿し、報告する予定である。

- ・中間立坑の連係工事における凍結工法
- ・シールドの高速掘進(月進400m)
- ・シールド1機による長距離掘進
- ・急勾配施工
- ・近接施工

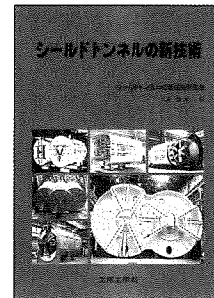
なお、セグメント設計にあたっては、小泉淳・早稲田大学理工学術院教授にご指導をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 齊藤仁・黒崎秀・高橋晃・竹内友章・小泉淳：大深度シールドトンネルにおける施工時荷重作用時の損

- 傷抑制策に関する提案，土木学会論文集F，Vol.64，No.2，pp.173-184，2008.6.
- 2) 土木学会：トンネル標準施工方書シールド工法・同解説，2016.
- 3) 先端建設技術センター：先端建設技術・技術審査証明報告書，pp.65-108，2000.11
- 4) 東・中・西日本高速道路：設計要領第一集(土工編)2016.8.
- 5) 東京都土木技術研究所：東京都の地盤(1)，東京都地質図集3，東京都総合地盤図I，1977.8.
- 6) 齊藤仁・中島崇・竹林基・白井伸一：東京湾海底七号地層におけるセグメントの荷重計測結果について，土木学会第60回年次学術講演会，pp.219-220，2005.9.
- 7) 山根謙二・松永浩・高瀬正司：中位の粘性土下におけるシールドトンネルに作用する土圧の設定と評価，第22回トンネル工学研究発表会，2012.11.
- 8) 渡部洋一・田中政典・佐々真志・野口孝俊・宮田正史：東京国際空港D滑走路の事前海底地盤調査結果に関する一考察，港湾空港技術研究所報告，Vol.48，No.2，pp.103-121，2009.6.
- 9) 吉本正浩・阿南健一，大塚正博，小泉淳：地中送電用シールドトンネルの性能規定と限界状態設計法による照査，土木学会論文集，No.764/Ⅲ-67，2004.6.

## シールドトンネルの新技术



シールドトンネルの新技术研究会編 代表 鈴木 章

B5判 285頁 本体価格4,660円

本書は、最近のシールドトンネルの新技术を実務経験者を中心にまとめたものである。本書の特色は、シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性の現況をまとめ、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

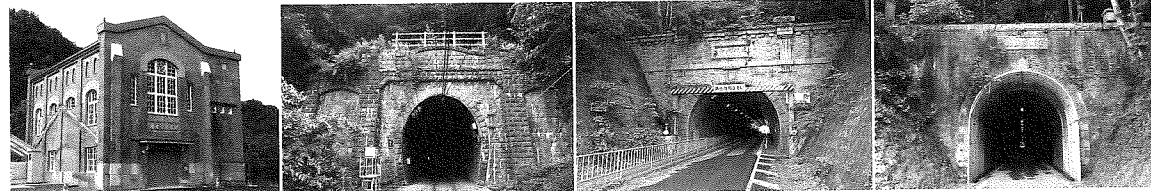
## トンネルジャーナル

### 土木学会 2017年度選奨土木遺産を発表

土木学会は2017年度の選奨土木遺産を発表した。これは、同学会の選奨土木遺産選考委員会が、社会や土木技術者へのアピール、地域づくりへの活用などを促すことを目的に、幕末～昭和20年代に建造された近代土木遺産を対象として認定するもの。将来的には、この対象を、近世以前および昭和20年代以降も含める予定。身近にある土木構造物が、文化財・地域資源として親しまれることなどが期待される。今年度、選定された土木構造物は23で、認定書と青銅製の銘板が授与される。

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

滝の上発電所施設群(北海道夕張市, 1925): 石炭産業の電力化と高圧送電に応え、落差のある岩盤に堅坑を設けた落水方式を採用し、改修を経て地域に



(左から)滝の上発電所施設群, JR上越線清水トンネル関連施設群, 鵬雲洞・毛見隧道, 府能隧道

貢献し続ける水力発電所である。

JR上越線清水トンネル関連施設群(群馬県みなかみ町～新潟県湯沢町, 1931(清水トンネルほか), 1967(新清水トンネルほか)): トンネル掘削技術の進歩と貴重なループ線を今に伝え、谷川連峰を貫通して首都圏と日本海側を最短距離で結ぶ貴重な土木遺産である。

鵬雲洞・毛見隧道(和歌山県和歌山市毛見, 1891(鵬雲洞), 1925(毛見隧道)): 交通の難所, 船尾山を貫通すべくそれぞれ路面電車軌道および県道の一部として開削され、紀州青石を用いた秀逸な意匠をもつ土木遺産である。

府能隧道(徳島県名東郡佐那河内村～神山町, 1923): 佐那河内村・神山町と徳島市との物流・交流を支えてきた現役の隧道で、煉瓦積みと飾り石など丁寧な意匠が施された貴重な土木遺産である。

### 日-韓-シンガポール トンネルシンポジウム開催

シンガポールのトンネル・地下建設協会が主催する「日-韓-シンガポールのトンネルシンポジウム(Symposium on Innovation and Challenges in Asian Tunnelling 2017 (Japan-Korea-Singapore Experience))」が9月7, 8日, シンガポール・サンテック国際会議展示場で開かれた。日本, 韓国, シンガポールを中心に世界各国の関係者ら約330名が参加した。クアラルンプール・シンガポール高速鉄道プロジェクトの総括責任者であるRama氏による基調講演を皮切りに、日本の5団体を含む、3か国の全12団体がトンネル施工の最新技術や動向などについて講演を行った。展示会には全24団体が最新の技術・素材・製品などを出展し、日本からは10団体が出展した。

9日には、現在建設中のトムソン・イーストコーストラインT207工区(清水建設)とT226工区(大成

建設)で現場見学が行われ、多くの参加者が現場に足を運んだ。

シンガポールでは今後、大深度や大断面でのトンネル施工が計画されており、NATM・シールド施工に関して多くの実績を持つ日本の技術に注目が集まっている。



## 連載講座

### セグメントの新技术Ⅱ(1)

#### —連載講座をはじめるとあたって—

#### 「セグメントの新技术Ⅱ」連載講座小委員会

#### 連載講座をはじめるとあたって

シールド工法の歴史は、1818年にフランス人技師M.I. Brunel(ブルネル)が特許を出願し、幾多の苦難を乗り越えシールドがテムズ河を横断し貫通した1841年から始まる。わが国においてシールド工法が最初に適用されたのは、それから約90年後の1936年の関門鉄道トンネルであった。このトンネルでは、最初に鑄鉄製セグメントが使われ、その後、鉄資源の節約から鉄筋コンクリート製の中子形セグメントが用いられた。

戦後は1956年の関門道路トンネルおよび1957年の丸ノ内線国会議事堂付近トンネルにループシールド工法が用いられた。また、1961年には名古屋地下鉄覚王山トンネルでシールド工法が用いられ、これが戦後最初の土砂地山における本格的な採用事例とされている。1960年代以降になると、戦後の復興や社会基盤の整備のために、地下鉄をはじめとして上下水道、電力洞道や通信用とう道などの地下インフラ施設の建設が急速に進んだ。このため、数多くの都市トンネルが計画され構築されたが、そのほとんどが道路下の比較的浅い軟弱地盤を対象とした工事であり、地上交通への影響から、とくに安全性と施工性を重視したものとならざるを得なかった。

その後30年間にわたり、一貫してシールド工事の件数は増加しつづけ、1995年には年間250件以上の工事が実施されたが、いわゆるバブル崩壊後

#### 「セグメントの新技术Ⅱ」連載講座小委員会

委員長	小泉 淳	早稲田大学理工学術院教授
委員	岩崎 吉孝	ジョイント工業(株)取締役統括部長
〃	岩橋 正佳	(株)横河住金ブリッジ理事
〃	大関 宗孝	日本ヒューム(株)国際事業部顧問
〃	高木 勝央	メトロ開発(株)技術部土木設計第一課課長補佐
〃	高桑 実	日本コンクリート工業(株)セグメント事業東日本セグメント営業部長
〃	田中 篤史	メトロ開発(株)技術部土木設計第三課課長補佐
〃	藤木 育雄	日本シビックコンサルタント(株)事業統括本部技師長
〃	水上 博之	メトロ開発(株)技術部長

は減少の一途となり、ここ数年は年間50件を下回る状況となっている。

この間にシールド工法を構成する3要素、すなわち「切羽の安定」「地山の掘削」「トンネルの覆工」のうち、前2者は密閉式シールドの登場により格段の進歩を遂げ、軟弱地盤から大深度の硬質地盤まで安全かつ迅速に掘進することが可能となった。一方、「覆工」すなわちセグメントに関しては、東京湾アクアラインの建設以前までは大きな変化がみられなかったが、その後、道路トンネルや地下河川、雨水貯留トンネルなどにおいて、大断面シールド工事や大深度シールド工事が増加し、これに伴い高速施工や長距離施工が要求されるようになった。また、右肩上がりの経済成長が頓挫したこともあり、シールド工事の経済性への要請が高まった。

シールド工場の経済性に大きく関係するセグメント費用を削減するため、セグメントの形状や材質、継手構造などに関する各種の開発や改良が行われ、セグメントの多様化が図られた。これらのことから、本誌は1998年9月から11回にわたり「セグメントの新技术」を連載し<sup>2)</sup>、これらの技術を紹介した。

現在、前回の連載から約20年が経過して、経済情勢や発注制度の変化、VE提案制度の導入などから、シールド工場の高速施工や長距離施工の要求が加速的に求められ、経済的で合理的なセグメントが開発されてきている。一方で、過度なコストの縮減が求められた結果、極端なセグメントの薄肉化や幅広化による重大な事故も発生している。このため、2016年に改訂された『トンネル標準示方書(シールド工法編)』(土木学会)では、シールドトンネルの維持管理の技術が加えられ、地震に対する検討や限界状態設計法の取扱い、適正なセグメントの形状寸法などが詳しく記述された。

セグメントの最近の動向をみると、ダクタイトセグメントの国内製造の中止を受けて、地中切り抜き、地中接合、近接施工などの大きな荷重に対応するために、鋼とコンクリートを一体化させたさまざまな合成セグメントの開発が盛んに行われている。また、高速施工や長距離施工などから、セグメントの継手はそれまでのボルト締結式継手に代わり、セグメント継手にはワンタッチで締結できるくさびやホゾが用いられることが多くなり、リング継手にはピンやボルトなどを用いて締結できる挿入タイプのワンタッチ継手が主流になりつつある。さらに、二次覆工を省略する目的で、耐火や防蝕、ひび割れの防止、剥落の防止などの高い機能を付加できるセグメントの開発も進んでいる。

今後ともシールドトンネルの大断面化や大深度化の要求は強く、それに伴う工場の高速化や長距離化がますます期待される状況にある。また、道路トンネルでは地中においてトンネルを分岐したり合流したりする技術や、併設された道路トンネル間を結ぶ連絡横坑の技術が要求されており、ト

表-1 今後の掲載予定

連載回	副題	内容
第2, 3回	RC・新素材セグメント	RCセグメントおよび切削可能な新素材を用いたセグメント
第4, 5回	機能付加セグメント	防爆・ひび割れ・剥離対策などの機能を付加したセグメント
第6~8回	合成セグメント	四面・五面・六面鋼殻セグメントおよび現場打ち合成セグメント
第9~12回	継手	セグメント継手、リング継手およびその他セグメント用部材
第13回	おわりに	全体の総括

ンネルを切り抜ける際に使用するセグメントの開発も鋭意進められている。

本小委員会では、前回の連載講座で紹介した以降に開発され、実用化されたセグメントを中心に、開発中のものも含めてアンケート調査を実施し、40件程度の回答を得た。その結果、今回改めて「セグメントの新技术II」と銘打って連載講座を設け、これらを1年間かけて順次紹介して行くことにした。今後の掲載予定を表-1に示すが、この連載講座では、セグメントの名称、開発目的、適用範囲などを前回と同じフォーマットで掲載し、セグメント本体の材質、セグメントに付加された機能や継手などを分類してわかりやすく掲載する予定である。また、最終回では、前回までに紹介したセグメントを含めて、これらを整理し分類して、新しいセグメントの開発動向や今後の展望を総括する予定である。なお、連載中にも新たなセグメントが誕生する可能性があり、できるだけ多くのセグメントを紹介していきたいと考えているので、掲載を希望する場合には編集部へ連絡されたい。

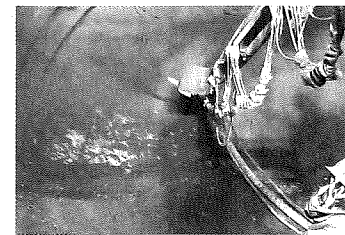
(文責：小泉 淳/早稲田大学理工学術院)

## 参考文献

- 1) シールド工法技術協会；年度別シールド工事件数推移状況(1995~2015), <http://www.shield-method.gr.jp/jiseki/27/27graph.pdf>
- 2) 「セグメントの新技术」連載講座小委員会：セグメントの新技术(1)~(最終回)、トンネルと地下、Vol.29, No.9~Vol.30, No.7, 1998.9~1999.7.

## 工法・技術・製品ニュース

### 工法 吹付けコンクリートの施工時間を半減



施工状況

安藤ハザマ、デンカ、ニシオティアンドエムは共同で、「大容量・低リバウンド吹付けコンクリートシステム」を開発し、山岳トンネル工事の試験施工において吹付けコンクリートの施工時間を半減することに成功したと発表した。

同システムは、吹付けコンクリートの吐出量の大容量化とリバウンド率の低減を両立させたもの。

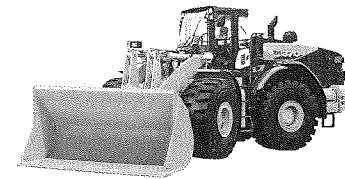
吐出量の大容量化を目的に、脈動の少ないシリンダ摺動型ポンプを改良して吹付け機に搭載したのに加え、壁面付着率を高める急結剤をコンクリートへ均一に添加するため液体急

結剤を採用した。脈動の減少は添加の均一性にも効果がある。また、単位粉体量の増量と高性能減水剤を採用してベースコンクリートを高規格化し、均一な混合とノズルの操作性の向上も実現している。

試験施工では、実吐出量は最大で28.7m<sup>3</sup>/h、リバウンド率は5~10%を達成した。大容量化にもかかわらず、リバウンド率は従来の吹付けシステムの実績値(安藤ハザマ実績値：20~30%程度)を大幅に下回っており、確実なコンクリートの付着が得られていることが確認されたとしている。

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

### 製品 新型ホイールローダ ZW370-6 を発売



日立建機(株)ブランド・コミュニケーション本部 広報戦略室 広報IR部 広報グループ  
TEL. 03-5826-8152  
URL <https://japan.hitachi-kenki.co.jp/>

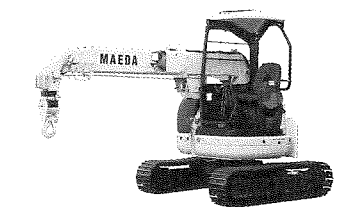
日立建機は、新型ホイールローダ ZW-6 シリーズとして、ZW370-6 (標準バケット容量5.6m<sup>3</sup>、運転質量32.4t) を発売した。

同機はオフロード法2014年基準に適合したホイールローダで、従来機(ZW370-5B)の操作性や耐久性などを踏襲しながら、より高いレベルの市場の要望に応えるため、「環境性能」「経済性」「作業性能」「メン

テナンス性」「安全性・運転環境」の各種機能を改良したもの。

また、排出ガスの後処理装置にPM除去フィルタレスの「尿素SCRシステム」を採用したことで、定期的な清掃や交換などのメンテナンスが不要となり、長期的なメンテナンスコストやメンテナンス中のダウンタイムの低減を実現させるなど、ユーザーニーズに応えた。

### 製品 テレスコピッククローラクレーン新発売



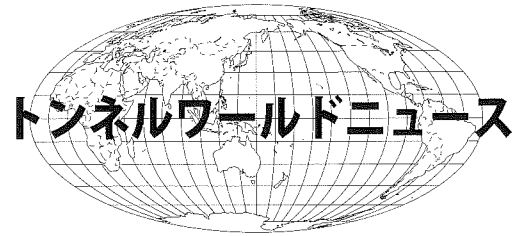
(株)前田製作所 産業機械本部  
産機事業部 販売管理課  
TEL. 026-292-2228  
E-mail: [maedasp@maesei.co.jp](mailto:maedasp@maesei.co.jp)

前田製作所は、従来機をモデルチェンジした新型のテレスコピッククローラクレーン CC423S-1 を発売した。

同機は、車体情報、モーメントリミッタ情報を一元化して表示できる新型モニタを搭載。クレーン作業の記録機能、消耗品の一覧表示など、機能を大幅に充実させたほか、マシナリーカバーに小窓を設置したこと

で、ブーム起時にも開閉できるようになった。省スペースで作業可能な後方小旋回仕様で、過巻き下げ停止装置を標準装備したほか、LEDタイプの3色回転灯と作業灯を採用、安全性に配慮した。

主な仕様は、最大定格総荷重×作業半径：2.93t×1.5m、最大作業半径：8.38m、最大地上揚程：9.46mとなっている。



(一社)日本トンネル技術協会  
国際委員会

### シェルがトンネル業界に かかわりを求める未来の技術

Shell Bitumen 社の研究開発責任者は、トンネル業界を席卷し、どのような材料技術が達成できるかを詳細に調べている。ジョン・リード教授は、千年ターンを目安に瀝青材料の技術の進歩についてT&Tに語ったが、緑化技術への関心欠如のため、取り上げられなかった。

政府の焦点は今や変わってきていると、リード氏は言っている。そして、新しい路面処理技術によって達成できるものを再検討することは賢明であり、PM10を引き寄せ、トンネル内の有害な煙、汚染物質、粉塵を瞬時に通過させ取り除くことができる路面を強調している。

PM10は、私たちの健康と環境を脅かす大気汚染の主要な要素である。PM10は、空気中に浮遊する非常に小さい液体および固体粒子からなる。公衆衛生上もっとも懸念されるのは、肺の最深部に達する微粒子である。これらの粒子は、直径が10ミクロン未満であり、人間の髪の毛の約1/7であり、PM10として知られている。

リード氏と彼のチームは、電気自動車の充電器についても検討している(未来の車両におけるトンネル環境の詳細については、T&T、2017年2月号、p.37参照)。

Shell社は最近、2050年にどのような路面が対象となるか発表した。「世界の動向は、引き続き人口増加と急速な都市化が続き、結果として道路インフラが増加することを示唆している」と広報担当者は語った。「同時に、新しい、より厳しい排出規制が実施され、世界の自動車に電力を供給するような新しい技術が普及するだろう」。

リード氏は次のように述べている。「われわれは絶えず瀝青材料の境界を広げている。今日、バンガロールのグローバルRDセンターでは、分子レベルの専門家に瀝青材料に耐久性、持続可能性、エネルギー効率の高い道路を作るために必要な特性を持たせるよう働きかけている」。

「RDセンターへの投資は、将来的に粗末なハイウェイをスマートな路面に変えることになる。

これらの開発のいくつかは市場に出るのに10年以上かかるだろうが、すでに機能しているものもある。アスファルトを単に覆うのではなく、Shell Bitufreshで瀝青材料から臭いを取り除く技術である。

これは、Bitufreshに重い分子のメルカプタンを付着させることによって、メルカプタンを瀝青材料の底に沈殿させ、匂いを化学的に変換させることである」と、リード氏は言った。同社はトンネル業界へのかかわりを要求している。

(T&T '17.2 担当: 福田雅司・(株)安藤・間)

## 岩盤地下空洞の設計と施工

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

B5判・442頁・上製本 本体価格9,800円



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

## 「トンネルと地下」2017年1~12月号総目次

〈平成29年・年間総目次〉

巻 月 号 頁	に敷設する剥落防止技術……………
宇野洋志城・京免継彦・廣川幸喜・木村定雄 48 10 45	
<b>計 画</b>	
現場力を大事に……………森 昌文 48 1 5	大阪梅田ヤード跡地におけるJR線地下化の計画と設計・施工〈東海道線支線地下化事業〉……………
合理的なトンネル施工法の追求……………	……………後藤優典・森勇樹・中島卓哉 48 1 25
……………飯田 廣臣 48 2 5	東京都心部を縦断する大深度・長距離シールドの設計〈東京下水道 千代田幹線〉……………
大規模プロジェクトによる技術革新……………	……………毛利光夫・畑誠・小川貴浩・石堂暁 48 11 51
……………西海 健二 48 3 5	大深度・高水圧かつ塩害環境下でのRCセグメントの設計〈東京電力 葛西橋通り付近管路〉……………
次世代を担う若手の育成について思う……………	……………金城佑紀・出雲力斗・小寺洋・斉藤仁 48 12 49
……………佐藤 信一 48 4 5	
トンネルの神様……………浅見 郁樹 48 5 5	<b>解 説</b>
グローバル化新時代のトンネル・地下建設事業……………	
……………山口 悦弘 48 6 5	「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」の解説……………
いまこそ「技術の伝承」を……………井上 基宏 48 7 5	……………吉川直孝・中野響 48 4 49
国際化雑感……………中村 武夫 48 8 5	
フロンティアスピリットは永遠なり……………	<b>報 告</b>
……………菊地 眞 48 9 5	
技術の継承と進化……………谷口 博昭 48 10 5	欧州TBMトンネル見学記〈延長55kmのプレナーベーストンネルほか〉……………
魅力ある現場を目指して……………梅田 一成 48 11 5	……………水戸聰・河田孝志 48 1 55
トンネルの力学の新展開への期待……………	第43回ITA総会および世界トンネル会議(ノルウェー)報告……………
……………京谷 孝史 48 12 5	……………JTA国際委員会ITA統括ワーキング 48 10 55
<b>研 究</b>	<b>施 工</b>
フライアッシュを用いた高充填コンクリートで覆工の品質向上を目指す〈北陸新幹線 新北陸トンネル(奥野々工区)〉……………	
若林功起・萩原秀樹・三浦貴幸・小山武志 48 1 45	
噛合せ(JES)継手構造物の耐震性能の評価と設計法……………	<b>【鉄道トンネル】</b>
安保知紀・清水満・山田宣彦・栗栖基彰 48 3 61	支障移設後の汚水幹線をシールドで直接切削してトンネルを施工〈相鉄・東急直通線 羽沢トンネル〉……………
低強度地山トンネルにおけるロックボルト支保の設計モデルに関する研究……………土門剛 48 4 57	……………松尾知明・下牧尚平・田中淳寛・大森裕一 48 4 7
施工時荷重によるセグメントの損傷の原因と対策〈東西連係ガス導管海底トンネル工事の事例〉……………	精密機器を有する工場群に配慮したトンネル掘削〈九州新幹線西九州ルート 久山トンネル東工区〉……………
……………齊藤仁 48 5 59	……………福重孝章・斉藤道真・井元大吉 48 5 7
めがねトンネルの施工過程における地表面沈下の進展に関する研究……………小原勝巳・進士正人 48 7 57	中・短尺ボーリングを併用し得られた地質情報で断層破砕帯を施工〈北陸新幹線 新北陸トンネル(大桐工区)〉……………
地山-ボルト間の付着特性を考慮した鏡ボルトの設計モデルに関する研究……………土門剛 48 8 53	……………吉森佑介・高原英彰・鎌田和孝・中本大悟 48 11 7
山岳トンネルの路盤隆起メカニズムと対策工の効果に関する研究……………嶋本敬介 48 9 59	地下階中層部に既設鉄道函体を抱込むビル地下躯体の施
コンクリート打設前に連続繊維シートをセントル両端部	

工 (JRゲートタワー) .....  
齋藤力哉・小野寺聡・土屋正宏・片上貴文 48 12 7

【道路トンネル】

外径14.46mの泥土圧シールドによる岩盤掘削 (ニュー  
ジラント ウォーターピュートンネル) .....  
.....玉井昭雄・定松道也・山下健司 48 1 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) .....  
.....藤巻恵・池川悦二 48 2 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 48 2 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・椋山孝司・宮内俊彦 48 2 37  
斜面斜交型坑口で斜め支保工を採用しトンネルを貫通  
(国道289号 八十里越7号トンネル) .....  
.....唐澤忠雄・柳沢一俊・原島大・諏訪至 48 3 17  
神社・鉄塔近接時の脆弱な地山における補助工法の設計  
と施工 (中部横断自動車道 椿根第3トンネル) .....  
安田裕輔・村島雅征・山田浩幸・山本崇之 48 4 17  
影響予測解析による離隔約5mで並行するI期線トン  
ネルへの影響低減対策 (東海北陸自動車道 上野第一ト  
ンネル) .....  
今塩屋勝・吉川真仁・高橋聡尚・篠崎哲明 48 4 29  
II期線トンネル掘削と避難連絡坑の施工によるI期線へ  
の影響を低減 (高松自動車道 大坂トンネル) .....  
久保井泰博・船田靖智・楢垣和明・石井利治 48 5 15  
石炭採掘跡の古洞対策と軟弱地山での大断面トンネルの  
施工 (国道497号伊万里松浦道路 平尾トンネル) .....  
小辻英俊・内山定・木村能隆・前田潤治 48 5 27  
隣接するI期線トンネルへの影響を考慮した割岩工法に  
よる施工 (鳥取自動車道 佐測トンネル) .....  
.....高橋渉・浅井律宏 48 7 7  
316m<sup>2</sup>の超大断面トンネルによる坑口ランプ部の施工  
(三遠南信自動車道 佐久間道路第1トンネル) .....  
加藤隆雄・伊藤誠二・黒川尚義・出口大輔 48 7 15  
全断面早期閉合法によるパターン化施工で低強度地山  
を掘削 (中部横断自動車道 八之尻トンネル) .....  
田丸浩行・前田崇文・谷村浩輔・楠本太 48 7 23  
既設国道トンネルへの影響を考慮した1車線トンネルの  
新設 (国道220号 新海潟トンネル) .....  
増尾明彦・谷口廉宏・小口真輝・多宝徹 48 8 7  
新型硬岩トンネル掘削機で人家と国道近接区間を施工

(新名神高速道路 川西トンネル) .....  
浜田文年・佐々木靖浩・足達康軌・大西吉実 48 8 15  
世界最大級断面のR&C工法で鉄道営業線直下に道路ト  
ンネルを構築 (東京外かく環状道路 京成菅野駅アン  
ダーパス) .....  
岸田正博・藤原英司・森本大介・藤田淳 48 8 33  
土かぶり1.3mで発進する大断面泥土圧シールドの施工  
(東京外環自動車道 京葉ジャンクションAランプ) .....  
小島裕隆・石垣博将・田村憲・金野正一 48 9 7  
坑口法面変状への安定化対策を施しトンネルを施工 (国  
道45号 豊間根トンネル) .....  
.....木村匠・安野雅志・満尾淳・村田和哉 48 9 19  
県道と交差し土かぶり1.8mで到達する大断面シールド  
の施工 (東京外環自動車道 京葉ジャンクションHラ  
ンプ) .....  
大田寛・宗像慎也・菅沼和好・清水省吾 48 10 7  
動水勾配を管理して高圧湧水帯の地山を掘削 (函館江差  
自動車道 渡島トンネル木古内工区) .....  
亀田徹也・増岡健太郎・佐々木博一・森本匡晶 48 10 15  
崩落対策および湧水対策を駆使し強風化花崗岩地山を施  
工 (鳥取西道路 気高青谷トンネル) .....  
庄司万寿・有松俊文・石原堅志・花田憲治 48 11 15  
ノンコア削孔検層を活用した補助工法要否の判定と小土  
かぶり部の掘削 (九州横断自動車道 田代第二トン  
ネル) .....  
峰潔毅・井上浩二・松崎利宣・古家義信 48 11 23  
先行充填により鉱山廃坑と近接・交差してトンネルを掘  
削 (大和御所道路 水尻トンネル) .....  
増田寛四郎・山下裕司・黒木祐志・市川晃央 48 12 17  
高被圧水で併設シールド間に超近接する大口径シール  
ドの立坑到達 (都市計画道路大和川線) .....  
.....陣野員久・石原悟志・石垣兄太 48 12 39

【地下鉄トンネル】

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 48 2 45  
泥土圧シールドによる道路函体近接直下と3本近併設掘  
進などの施工 (シンガポール地下鉄ダウンタウン線  
C929A工区) .....  
.....吉田吉孝・星光二郎・中野文彦 48 7 47  
建築構造物と一体となった地下鉄トンネルのリニューア  
ル (東京メトロ銀座線 上野通路線改良工事) .....  
.....小野孝・嶋田知由・宮武英治・三輪理 48 9 27

【サービストンネル】

都心ならではの困難な課題を克服し皇居内濠の水質改善  
と浸水対策を実現 (東京下水道 第二溜池幹線) .....  
.....藤橋知一・工藤章弘 48 1 15  
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・木村禅・野村政志・山川泰敦 48 2 55  
3mの土かぶり地盤切削ワイヤーを用いた非開削工法  
により小断面函体を構築 (しなの鉄道田中・大屋間  
蛇川橋梁) .....  
西村知見・唐戸裕二・栗栖基彰・鈴木勇造 48 3 7  
電力ケーブルが輻輳するトンネルの埋設型枠を用いた補  
強対策 .....野畑拓也・岡滋晃・内藤幸弘 48 3 27  
地下鉄4線と送水管2本に並列近接したシールド施工と  
切羽での支障物撤去 (国道479号 清水共同溝) .....  
廣田知夫・杉原翔太・織田孝之・鈴木哲太郎 48 3 49  
泥土圧シールドで高水圧下の急曲線 (R15m) と推力増大  
を克服 (名古屋下水道 中村中部雨水幹線) .....  
.....山田高嗣・伊藤寛基・関根俊春 48 5 47  
シールド切替型推進工法により急曲線・長距離で下水道  
管を布設 (東京下水道 江東区北砂五丁目, 南砂一丁  
目付近再構築) .....  
樋川隆広・嶋田慎司・五十嵐善行・中村浩 48 8 45  
想定外の巨礫によるシールド日進量の大幅な低下と進捗  
改善の取組み (東京都水道局 第二朝霞東村山線) .....  
田原功・齊藤恭央・安田梨花・松井秀夫 48 9 49  
自然環境と調和した流れ込み式小水力発電所の建設 (九  
州発電 船間・大川・一ノ谷発電所) .....  
川畑雄司・福島尚之・井上浩二・吉田健一 48 10 25  
長距離水中流動充填材の開発によるトンネル内部の汚染  
水除去と閉塞 (福島第一原子力発電所海水配管トン  
ネル内部閉塞工事) .....  
西郡一雅・大津仁史・日比康生・柳井修司 48 11 41

特 集

インドネシア初の地下鉄およびシールドトンネル建設  
(ジャカルタ地下鉄南北線 CP104, 105工区) .....  
大迫一也・日野雅夫・坂本雅信・今中康貴 48 6 7  
地下鉄営業線超近接下での駅舎とトンネルの施工の解析  
と実挙動 (シンガポール地下鉄トムソン線 T226工  
区) .....橋田薫・多田博光・竹田智 48 6 15  
泥水式シールドによる土砂から岩盤までの多様な地盤の  
掘削 (シンガポール地下鉄トムソンイーストコースト  
線 T202工区) .....

.....内田桂司・垣田直樹・川崎滋央 48 6 25  
耐爆シェルター構造とシンガポール特有条件下での地下  
鉄建設 (ダウンタウン線 ベドック・ノース駅工区,  
マター駅工区, ベンクーレン駅工区) .....  
.....関本昇・大縄泰平・久連山秀樹 48 6 33  
礫地盤対応泥土圧シールドの塑性流動状態管理手法を確  
立し施工効率を大幅に改善 (台北地下鉄環状線 CF  
640工区, 桃園地下鉄空港線 CU02A工区) .....  
.....坂田泰章 48 6 41  
3つの地下駅と6本の地下鉄シールドを並行する共同溝  
とともに施工 (台北地下鉄信義線 CR580B工区) .....  
.....山田毅・土原久哉・武田厚 48 6 51  
香港の市街地で発破などを駆使して地下鉄を建設 (西港  
線704工区, 觀塘延伸線1001工区, 南港線 (東) 902工  
区) .....岩田 修 48 6 58

連載講座

トンネル新技術への挑戦 (14) (同時裏込め注入工法) .....  
.....「トン  
ネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 48 1 63  
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 48 2 61  
トンネル新技術への挑戦 (16) (トンネル切羽から行う短  
尺・中尺先進ボーリング) .....  
.....「トン  
ネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 48 3 73  
トンネル新技術への挑戦 (17) (トンネル切羽から行う弾  
性波探査) .....  
.....「トン  
ネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 48 4 69  
トンネル新技術への挑戦 (18) (小断面シールドによる大  
断面トンネルの分割構築) .....  
.....「トン  
ネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 48 5 69  
トンネル新技術への挑戦 (19) (カッタービット交換型全地  
盤対応シールド「カメレオンカッター工法」) .....  
.....「トン  
ネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 48 6 79  
トンネル新技術への挑戦 (20) (覆工 (コンクリート)) .....  
.....「トン  
ネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 48 7 65  
トンネル新技術への挑戦 (21) (覆工 (打設)) .....  
.....「トン  
ネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 48 8 65  
トンネル新技術への挑戦 (22) (覆工 (養生および剝離・剝  
落対策)) .....  
.....「トン  
ネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 48 9 69  
トンネル新技術への挑戦 (23) (市街地における最新の制  
御発破技術) .....「トン

ネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 48 10 67  
 トンネル新技術への挑戦(最終回)〈執筆を終えて(座談会)〉……………「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 48 11 61  
 セグメントの新技術Ⅱ(1)〈連載講座をはじめるにあたって)……………「セグメントの新技術Ⅱ」連載講座小委員会 48 12 61

現場だより

「飛騨の小京都」高山より……………吉久良治 48 1 22  
 福井県を二分する「木ノ芽峠」の麓より……………田中久人 48 2 44  
 「東南アジアの未来都市」シンガポールより……………藤田俊弥 48 3 26  
 「わさびの産地」伊豆市より……………富永 浩 48 4 15  
 「永久不壊の石橋のように」長崎県諫早市より……………一瀬康弘 48 5 14  
 「日本文学の母なる河」最上川より……………森島伸吾 48 6 67  
 新潟県最北の景勝地より……………小川泰元 48 7 22  
 「みちのくの小京都」盛岡市から……………仲 哲路 48 8 24  
 「二十世紀梨の産地」鳥取より……………北条義隆 48 9 18  
 「お茶と源氏物語のふるさと」宇治市……………村上正一 48 10 24

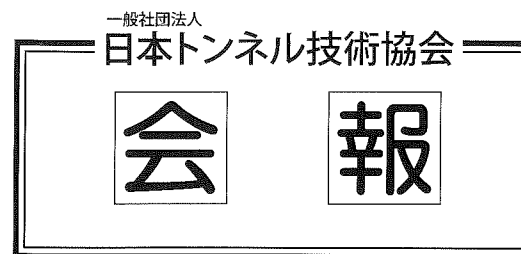
「鉄道の歴史」満載の福井県敦賀市より……………八尾浩樹 48 11 14  
 「太陽と橋と溪谷と」宮崎県日之影町……………北澤 剛 48 12 27

語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

土木技術者の陰に生きる……………北原秀介 48 1 37  
 念願の「トンネル屋」に そして、「水」との闘いが現実……………戸村和彦 48 2 29  
 きれいなコンクリートよりは美しいコンクリートを……………原 秀利 48 3 37  
 高熱のトンネルと、海外工事にかかわって……………松山政雄 48 4 39  
 技術の進歩とともに、40年のシールド屋人生……………三木慶造 48 5 37  
 地下石油備蓄ひとすじに歩んで……………宮下国一郎 48 6 71  
 シールド施工と対応技術の変遷……………園田徹士 48 7 35  
 山の神と歩んだトンネル人生……………吉永正雄 48 8 25  
 現場管理は創意と工夫を！……………端 則夫 48 9 37  
 トンネル一筋40年あまり〈人生の大半をトンネル屋として過ごして)……………土屋敏郎 48 10 35  
 機械屋が歩んだシールドと地下工事……………吉沢武久 48 11 31  
 海外を渡った土竜の物語……………杉山 正 48 12 29

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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



◎技術委員会

- ・保守管理小委員会(10/26)  
大西精治主査ほか17名、Q & A作成方針を検討
- ・安全環境小委員会  
山岳アセスメント検討WG(10/13)  
清水健志主査ほか10名、改訂要望箇所を検討

◎受託研究特別委員会

- ・数値解析マニュアル検討委員会幹事会(10/12)  
蔭守静幹事長ほか14名、作業方針を検討
  - ・中央アルプストンネル施工技術委員会シールド小委員会(10/30,31)  
小山幸則委員長ほか27名、施工法を検討  
計 4回開催 72名出席
- 合計 10回開催 133名出席

1. 会員の現状

	10月31日現在
個人会員	874名
団体会員	204名
推薦会員	209名
特別会員	9名
名誉会員	5名
賛助会員	225名
合計	1,526名

2. 委員会の開催状況(10月1日~31日)

◎総務委員会

- ・企画運営幹事会(10/6)  
市場一好主査ほか6名、JTAビジョン(仮称)を検討
- ・広報小委員会  
会誌WG(10/3)  
小山幸則主査ほか13名、11月号の会誌と3か月計画を検討
- ホームページWG(10/25)  
須藤敏明主査ほか10名、リニューアルの方針を検討

◎事業委員会

- ・事業委員会(10/11)  
入江健二委員長ほか16名、催物開催結果報告と今後の開催計画の検討

◎国際委員会

- ・国際委員会打合せ会(10/25)  
中村武夫委員長ほか3名、今後の方針を検討
- ・海外文献小委員会  
海外ニュースWG(10/30)  
八鳥雄介幹事ほか7名、海外文献の査読  
計 6回開催 61名出席

【個人会員の皆様へお願い】

- 登録内容に変更があったら必ず連絡をお願いいたします(とくに機関誌送付先)。
- 会費は前納が基本となっています(定期的に1年分の請求書を発行しますので速やかに入金願います)。
- 退会する場合は、必ず退会届をご提出願います(会費未納と退会は別です)。

【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す。

【ご意見ご要望をお待ちしております】

当協会のホームページ・情報開示や諸活動に対するご意見ご要望がありましたら下記へご連絡願います。担当委員会と協議してできるだけ会員のニーズを反映した活動を実施したいと考えております。  
 TEL：03-3524-1755 FAX：03-5148-3655  
 E-mail：webmaster@japan-tunnel.org

3. 国際会議の開催予定

会 議 名	開 催 日	場 所	主 催 者 等
第44回ITA総会および世界トンネル会議 「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.wtc2018.ae/
第45回ITA総会および世界トンネル会議 「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.wtc2019.com/
第46回ITA総会および世界トンネル会議 「Innovation and Sustainable Underground Serving Global Connectivity」	2020. 5.15~21	クアラルンプール (マレーシア)	The Institution of Engineers, Malaysia, ITA(国際トンネル協会)

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

4. 平成29年度催物開催現況

(平成29年10月現在)

催 物 名	開 催 日	人 数	場 所	CPD取得単位
<b>【現場見学会】</b>				
東京外かく環状道路トンネル建設工事現場研修会 —中央JCT北側ランプ改良工事—	2017. 6.20	25	東 京	2.0
北海道新幹線トンネル建設工事現場研修会(後志トンネル)	2017. 8.25	24	北海道	1.8
相鉄・東急直通線工事現場研修会(新横浜駅, 羽沢トンネル)	2017. 9. 7	24	神奈川	3.5
<b>【施工体験発表会】</b>				
第80回(山岳)「課題克服に取り組んだトンネル工事—新技術, 創意工夫, 周辺環境への配慮—」	2017. 6.28	167	東 京	6.0
第81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—」	2017. 6.29	116	東 京	3.8
<b>【講習会・シンポジウム】</b>				
第3回トンネル維持管理業務講習会(基礎編)	2017.11.20	40	東 京	5.5
第19回ステップアップ研修会「シールド部門」	2017.11.28, 29	35	東 京	16
第2回トンネル維持管理業務講習会(応用編)	2018. 2. 6	50	東 京	申請中

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](http://www.japan-tunnel.org/event_japan)

第2回トンネル維持管理業務講習会(応用編)開催のご案内

第2回「トンネル維持管理業務講習会(応用編)」を下記のとおり実施することといたしました。

基礎編では、現場での点検作業に従事することができるレベルの技術者の育成を目的としていました。応用編では、現場での点検作業のほか、調査・診断および補修・補強に関して広範囲にわたる維持管理業務に携わることができるレベルの技術者の育成を図ることを目的として実施します。

調査・診断では、調査の方針や注意点ならびに点検・結果にもとづくトンネルの健全性評価・判定の考え方について講義します。補修・補強では、診断時や診断結果を踏まえトンネルを安全かつ長期的に活用していくために必要な措置に関する考え方について事例を交えて講義します。また、都市部におけるトンネルの維持管理の実態と長期保全対策についても講義します。さらに、トンネル維持管理における課題と技術者としての使命について紹介します。

トンネル維持管理業務に携わる技術者の皆様にとりまして、大変有意義な講習会と存じますので、多数ご参加くださいますようお願いいたします。

—記—

開催日：平成30年2月6日(火)

会 場：日本印刷会館2階 TEL：03-3551-5011

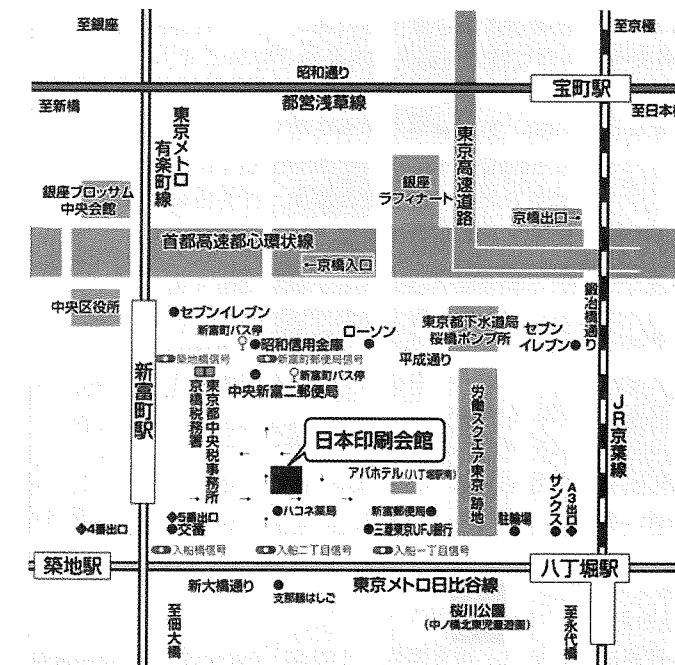
〒104-0041 中央区新富1-16-8(最寄り駅：有楽町線新富町駅、日比谷線築地駅)

定 員：50名

参加費：個人会員14,000円、団体会員16,000円、一般20,000円(昼食代, テキスト代, 消費税を含む)

その他：プログラム, 申込方法, 支払方法, 注意事項については、ホームページをご参照ください。

[http://www.japan-tunnel.org/event\\_japan](http://www.japan-tunnel.org/event_japan)



案内図

## ドバイ(アラブ首長国連邦)世界トンネル会議および 技術調査団参加募集のご案内

視察企画：(一社)日本トンネル技術協会  
旅行企画・実施：JTBコーポレートセールス

第44回国際トンネル協会(ITA)年次総会および「持続可能な都市の未来における地下空間の役割(The Role Tunnels in Building Future Sustainable Cities)」と題した国際会議が、来る平成30年4月21～25日の5日間アラブ首長国連邦のドバイで開催されます。この会議は、加盟国であるわが国のトンネル関係者にとりまして、重要な国際技術交流の場であるとともに、各種トンネル技術の習得に誠に有益な行事であります。

本会では、この会議を機に、国際会議と近傍の主要トンネル工事の現場視察を行う技術調査を下記のとおり実施することを企画いたしました。

つきましては、各国のトンネル技術の情報収集はトンネル技術者にとりまして、誠に有意義なものとなりますので、奮ってご参加くださいますようお願い申し上げます。なお、諸般準備の都合がございますので、12月27日までに参加の内意を得たくご回報下さいますようお願い申し上げます。

### 一記一

#### 1. ドバイ国際トンネル協会総会および世界トンネル会議の概要

- (1) ITA総会には、加盟国(平成29年5月現在73か国)代表がITAの事業について討議します。
- (2) ITA作業部会は、13の部会に別れ、それぞれに各国代表が参加し資料を持ち寄って課題の検討を行います。
- (3) 世界トンネル会議にはわが国から多くに論文が提出されています(昨年実績：本論文18編、ポスター13編)。
- (4) 開催日：平成30年4月21日(土)～25日(水)

#### 2. 技術調査団の概要

- (1) 会議に参加される方々の技術交流を企画するにあたり、近傍諸国の興味あるトンネル工事を視察し、国際的な視野の向上ならびに技術交流を図りたいと存じます。
- (2) 日程概要
  - 4月21日(土) 東京(羽田)00:30発⇒ドバイAM着
  - 4月22日(日) ドバイ Strategic Tunnel Enhancement Program視察(予定)(下水道・TBM)  
国際トンネル協会総会参加, ITA技術交流会参加
  - 4月23日(月) ドバイ 世界トンネル会議参加
  - 4月24日(火) ドバイ AM発⇒チューリッヒPM着
  - 4月25日(水) ゴッタルトベーストンネル視察(鉄道・山岳工法)
  - 4月26日(木) チューリッヒAM発⇒ロンドンPM着
  - 4月27日(金) クロスレイルトンネルまたはロンドン交通局視察(予定)(地下鉄・TBM)  
ロンドンPM発⇒ドバイAM着(乗り継ぎ)
  - 4月28日(土) ドバイAM発⇒東京(羽田)22:45着

#### 3. 参加費用概算：約59万円(消費税込)

往復航空賃、現地経費、通訳代、3食代、宿泊代、空港使用料、国内経費(資料代、印刷代、通信費、管理費)を含みますが、国際会議登録費用(1月15日までUS\$800, 1月16日以降US\$1,000)は別途必要となります。

#### 4. 問い合わせ・申し込み先

(一社)日本トンネル技術協会 ドバイ調査団係 E-mail: event@japan-tunnel.org  
〒104-0045中央区築地2-11-26築地MKビル6階 TEL: 03-3524-1755 TEL: 03-5148-3655

## 施工体験発表会発表者審査結果報告および ベストオーディエンス賞結果報告

### 《発表者の審査結果報告》

第80回(山岳)ならびに第81回(都市)施工体験発表会にかかわる発表者の表彰について審査した結果、下記のとおりとなりましたので報告します。なお、両発表会の最優秀賞を受賞した論文は、後頁にご紹介いたします。

#### ■第80回(山岳)施工体験発表会

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—  
開催日：平成29年6月28日(水)

開催場所：虎ノ門発明会館「地下ホール」

最優秀賞：受賞者 田端大人(大成建設(株)九州支店課長代理)

発表論文 大変形を伴う脆弱な泥岩を二重支保工による早期閉合により掘削—中部横断自動車道 城山トンネル他工事—

優秀賞：受賞者 八木基徳(前田建設工業(株)土木事業本部営業推進部)

発表論文 脆弱な盛土直下でのトンネル施工について—国道127号久保坂下トンネル改良工事—

優秀賞：受賞者 松尾孝之((株)大林組九州支店土木工務部工事主任)

発表論文 小断面水路トンネルからの超大断面空洞地中掘削—小石原川利水放流トンネル工事—

奨励賞：受賞者 高波太郎(清水建設(株)関東支店土木工務部工事主任)

発表論文 大幅な工程短縮を可能にしたパイロットトンネルによる超大断面トンネルの施工—中部横断自動車道一色トンネル工事—

#### ■第81回(都市)施工体験発表会

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

開催日：平成29年6月29日(木)

開催場所：虎ノ門発明会館「地下ホール」

最優秀賞：受賞者 橋本 守(西松建設(株)関東土木支社磯子シールド出張所副所長)

発表論文 海底横断シールドにおける想定外の玉石出現への対処実績—南部処理区新磯子幹線下水道整備工事—

優秀賞：受賞者 村松紀夫(東亜建設工業(株)土木事業本部技術部課長)

発表論文 アンダーパス工法による国道直下の大型函体けん引工事—市道戸塚第420号線戸塚町地内道路改良工事—

優秀賞：受賞者 安藤嵩久((株)大林組土木本部生産技術本部設計第一部主任)

発表論文 地下鉄営業線との近接施工をともなう共同溝シールド工事の施工事例—平成24年度302号鳴海共同溝工事—

### 《ベストオーディエンス賞結果報告》

今年5年目となる聴講者を対象とした「ベストオーディエンス賞」に多数のご応募をいただきありがとうございました。この賞は、クイズ方式で高得点者を賞するものです。今回は、応募総数が山岳部門では参加者167名中75名、都市部門では参加者116名中52名あり、全問正解者がそれぞれ17名、12名でした。そのため7月10日委員長立ち合いのもと抽選の結果、下記のとおりそれぞれ3名の方々を受賞者とし、図書カード(3,000円分)を贈呈しましたので報告いたします。

#### 第80回(山岳)施工体験発表会

齋藤 優((一財)ふくしま市町村支援機構), 前村優仁(東急建設(株)), 垂水秀樹((株)オリエンタルコンサルタンツ)

#### 第81回(都市)施工体験発表会

櫻井高志((独)鉄道・運輸機構), 真鍋晃一((株)大林組), 屋代瑞希(パシフィックコンサルタンツ(株))

# 大変形を伴う脆弱な泥岩を二重支保工による早期閉合によって施工

## —中部横断自動車道 城山トンネル他工事—

大成建設(株)九州支店工事課長代理 **田 端 大 人**  
 国土交通省関東地方整備局甲府河川国道事務所建設監督官 **星 野 実**  
 国土交通省関東地方整備局常陸河川国道事務所鹿嶋出張所長 **竹 淵 俊 和**  
 大成建設(株)東京支店土木部技術部第一プロジェクト室課長 **吉 野 兼 央**

キーワード：泥岩、早期閉合、二重支保工、再現解析、大変形

### 1. はじめに

中部横断自動車道は、静岡県静岡市を起点に、山梨県甲斐市を經由して長野県小諸市に至る延長132kmの高速自動車国道で、中部横断自動車道が整備されることにより、新東名高速道路と中央自動車道と上信越自動車道が接続され、災害復旧・被災支援の強化に加え、自然災害時の代替道路としても期待されている。城山トンネルはそのうち、身延ICから六郷IC間に位置する2車線トンネルである(図-1)。城山トンネルは、当初、中硬岩相当の砂岩部は問題なく掘削ができたが、その後の泥岩部では粘土を含む脆弱な地山が出現し、管理基準値を超過する大変形が生じた。変形は収束傾向が見られなかったため、支保部材の高強度化や早期閉合により変位の抑制

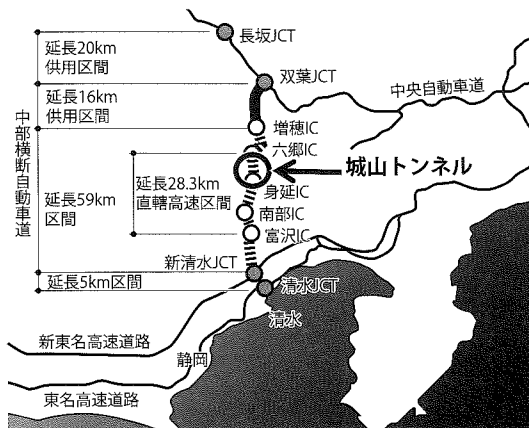


図-1 施工位置図

を図りながら掘削を行ったが、強大な地圧により支保が変状し、内空断面を侵した箇所は、縫い返しを余儀なくされた。切羽で実施した先進ボーリング結果より、その後も同様の脆弱な泥岩の地質が続き、土かぶりも大きくなることから、更なる変状が予測され、追加対策工の立案が必要となった。

上記課題に対し、有限要素法を用いた再現解析により地山物性値を同定し、その物性値にもとづき行った予測解析により、二重支保工の採用を決定した。

本稿は、採用した二重支保工の概要および計測結果、施工中の対応などについて報告する。

### 2. 工事概要

工事概要を表-1に、各地質の切羽状況写真を写真-1に、

表-1 工事概要

工事名称	中部横断城山トンネル他工事	
発注者	国土交通省関東地方整備局(甲府河川国道事務所)	
受注者	大成・岩田地崎特定建設工事共同企業体	
施工場所	山梨県南巨摩郡身延町下田原～西八代郡市川三郷町宮原	
工期	2012(平成24)年1月25日～2016(平成28)年12月30日	
施工延長	1,401.4m(全長2,087.0m)	
掘削断面	91.0m <sup>2</sup> (代表値) 145m <sup>2</sup> (最大値, インバート含む)	
内空断面積	86m <sup>2</sup> (代表値), 93m <sup>2</sup> (最大値)	
掘削工法	NATM機械掘削 上半先進ベンチカット工法	

当該区間の地質縦断面図および当初の支保区分と最終的な実施支保区分について図-2に示す。

城山トンネルは南部フォッサマグナ地域に位置し、地層は新第三紀西八代群層の一之瀬層および醍醐山累層が分布し、岩相は、砂岩・泥岩・凝灰岩が分布する。掘削を開始する終点側坑口部から約800m区間については中硬岩相当の砂岩が分布し、そこから起点側坑口までは、中硬岩～軟岩相当の泥岩と凝灰岩が分布する。

### 3. 変状発生状況

No.254+57.2m付近より、凝灰岩主体の地山から脆弱な泥岩主体の地山へと変化し、A計測において急激な変位量の増加が観測され、3次管理値を超過したため掘削

を中止した。その後、変状対策工として支保のランクアップ、増しロックボルト、インバート吹付けの実施と掘削断面早期閉合、吹付けコンクリートの高強度化を段階的に実施した。しかし、強大な地圧により一次支保が変状し、鋼製支保工の変形、吹付けコンクリートの破壊・剥落、ロックボルトの破断、一次支保インバート部の隆起・破壊などが発生し(写真-2～5)、最大で天端沈下量150mm、内空変位量200mmに達した(図-3)。また、内空断面を侵した箇所については、縫い返しを余儀なくされた(写真-6)。縫い返し作業については、支保のランクアップに加え、インバートストラットを採用した。また、箱抜き部に関しては、支保工切断をせずに箱抜き掘削断面を包括する支保パターンにより施工を行った(図-4)。

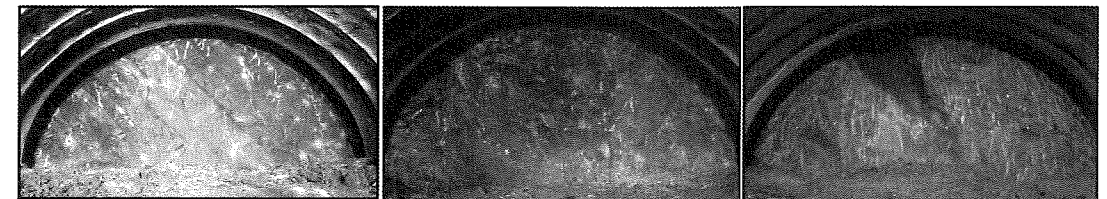
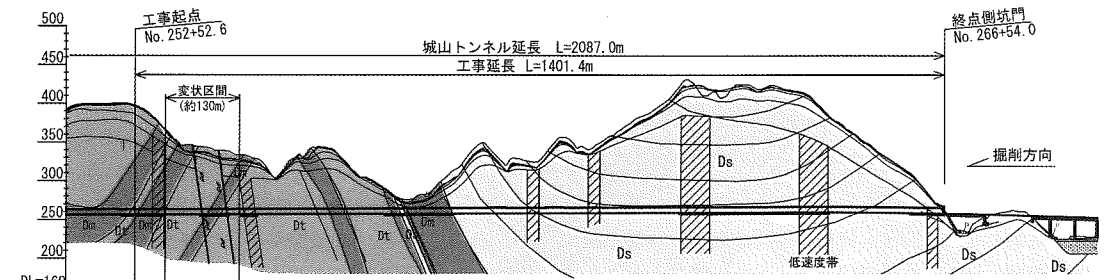


写真-1 城山トンネル切羽写真(左:砂岩, 中:凝灰岩, 右:泥岩)



測点	76.6	No.253	48.0	No.254	57.2
当初支保区分	D I-b		C II-b		D I-bs
最終的な実施支保区分		E E	E I ~ E II	E II	D II ~ E I
水平方向の計測結果			泥岩		凝灰岩
地山強度比(計算結果より)			1~1.5		1.5~2

地層名	地質名	記号	色
醍醐山累層	泥岩	Dm	水色
	砂岩	Ds	黄色
	凝灰岩	Dt	緑色

図-2 城山トンネル地質縦断面図および当初の支保区分と最終的な実施支保区分

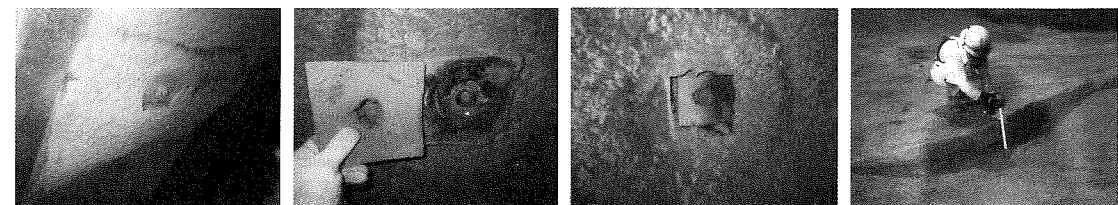


写真-2 吹付けクラック

写真-3 ロックボルト破断

写真-4 吹付け耐力不足

写真-5 インバート吹付け変状

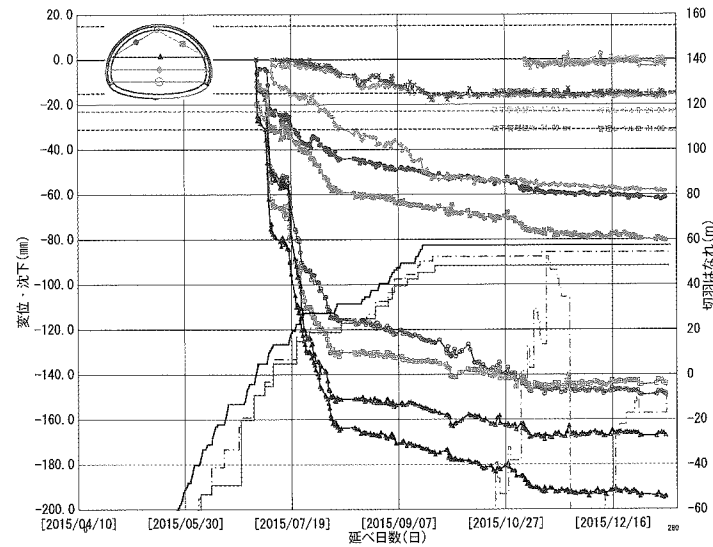


図-3 No.253+62.0m A計測結果

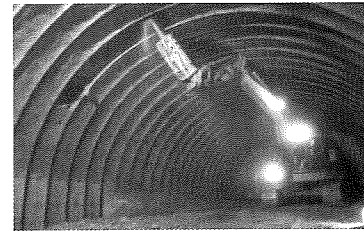


写真-6 一次支保縫い返し状況

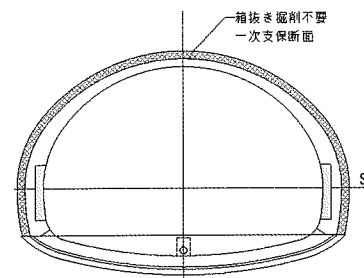


図-4 箱抜き包括断面図

縫い返し作業時には、針貫入試験による一軸圧縮強度より地山強度比の測定を行った。結果、変状の発生した区間の大部分で地山強度比が2を切り、場所によっては地山強度比が1以下の地山状態の箇所が存在しており、地山の強度不足によって、大変形が発生したと考えられる。

4. 再現解析と大土かぶり区間予測解析による支保パターン設計

前方の地質調査を目的として切羽で実施した先進ボーリング結果より、その後も同様に脆弱な泥岩の地質が続くことがわかった。前記変状の発生した区間の土かぶり厚は約70~100mで、地山強度比は大部分が2以下であったが、変状区間以降は大土かぶり区間であり、最大土かぶりが137mと現在よりも約40m程度増え、地山強度比も1を下回り、当該区間よりも更に大きな地圧がトンネルにかかることが想定された。

そこで、変状区間で計測された変位に合うような地山物性値を再現解析により同定し、得られた地山物性値を用いた予測解析を行い、大土かぶり区間における新たな支保パターンについて設計した。支保パターン設計フローを以下に示す。

- ① A計測実施断面における、解析検討断面を決定する。
- ② 再現解析により、検討断面のA計測結果に合うような解析結果が得られるよう、変形係数・側圧係数を変更しながら、くり返し解析を実施する。
- ③ 得られた地山物性値により、大土かぶり区間の予測解析を実施する。

④ 解析結果の考察と支保パターンの検討を行う。  
 なお、支保パターン決定の条件として、過去の実績より、鋼製支保工の応力が降伏応力を超えても、吹付けコンクリートが健全である限り、両者が一体化して支保機能を果たすことがわかっており、吹付けコンクリート(設計基準強度36N/mm<sup>2</sup>)応力が許容応力以下(18N/mm<sup>2</sup>)であれば、支保の健全性は維持されるとして選定を行った。

再現解析の結果、既存の掘削機械で施工可能な鋼製支保工(H-250)での一次支保では、吹付けコンクリート応力が許容応力以下とならなかったため、一次支保を二重に行う二重支保工を採用した。

5. 二重支保工について

5-1 基準支保パターン

二重支保工の基準支保パターンは、上半・下半・インパートについて以下のとおりである。

- 鋼製支保工：一重目 H-200, 二重目 H-150
- 吹付けコンクリート：一重目 250mm, 二重目 200mm, 高強度吹付けコンクリート 36N/mm<sup>2</sup>
- ロックボルト：高耐力ロックボルト(降伏耐力290kN), L=6m
- 変形余裕量：一重目 上半150mm, 下半75mm, インパート0mm
- 二重目 上半100mm, 下半100mm, インパート100mm

変形余裕量は、解析結果を反映して設定した。また、隅角部への応力集中を緩和するためにインパートの半径

表-2 二重支保工支保パターン 変形余裕量・鋼製支保工一覧表

	一次支保工：H-200			二次支保工：H-150				一次支保工：H-200			二次支保工：H-150		
	上半	下半	インパート	上半	下半	インパート		上半	下半	インパート	上半	下半	インパート
EII(H)-1	150	75	0	100	100	100	EII(H)-4	250	175	0	150	150	100
EII(H)-2	200	125	0	150	150	100	EII(H)-5	250	175	0	150	150	100
EII(H)-3	250	175	0	150	150	100							

(単位：mm)

表-3 A計測管理基準値：EII(H)-3

EII(H)-3 一次支保工 上半：二重支保工施工開始時支保パターン

初期変位速度管理	計測開始(初期値)	変位量管理
↑	・1次管理値以内が、10m(@2m 5サイクル)続く場合、EII(H)-2パターンへ変更する。	↑
20mm/基 (200mm×10%)	1次管理値	75mm (変形余裕量×30%)
↓	・1次管理値~2次管理値以内の場合、現状の支保パターンを継続する。	↓
30mm/基 (200mm×15%)	2次管理値	125mm (変形余裕量×50%)
↑	支保のランクアップを実施する。⇒EII(H)-4：一次支保H-200⇒H-250 (2次管理値125≧予測解析による変位量134mmより)	↑
50mm/基 (200mm×25%)	3次管理値	200mm (変形余裕量×80%)

比を1.5とした。

5-2 予測解析結果の実施工への適用について

予測解析により得られた結果を実施工へ適用するにあたり、想定地山よりも脆弱な地山が出現する可能性を考慮し、上記二重支保工の基準パターンをEII(H)-1パターンとし、以下の表-2のとおり支保パターンを設定した。

施工開始時はEII(H)-3パターンで開始し、A計測管理基準値に応じて、ランクアップ時は⇒EII(H)-4⇒EII(H)-5、ランクダウン時は⇒EII(H)-2⇒EII(H)-1と変形余裕量を50mmずつ減じた支保パターンに変更する計画とした。計測管理においては、変位量と初期変位速度の両方の管理基準を設け、安全性に留意し支保の目視観察記録を追加した。

表-3に、設定したA計測管理基準値とその対応について示す。

5-3 掘削方法

二重支保工の支保パターンを図-5に示す。掘削サイ

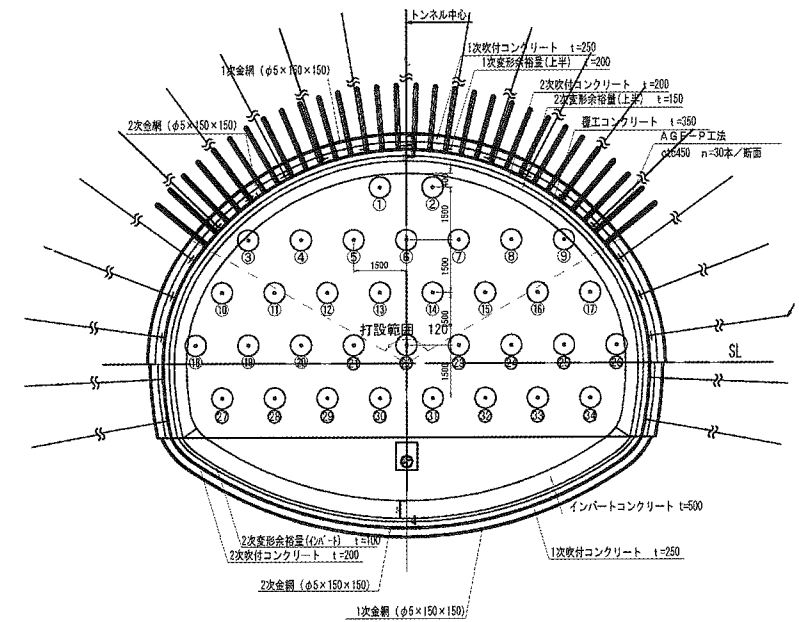


図-5 二重支保工支保パターン

クルは、一重目の上半を2m, 下半を2m, インパート2mを施工する。続けて二重目のインパートを2m, 上半を同時に2m施工する(図-6, 写真-7)。上半切羽からインパート閉合部までの距離は6~8mの早期閉合を採用した。また、脆弱な泥岩地山のため、切羽崩落防止対策として注入式長尺鋼管先受工(AGF工)、注入式長尺

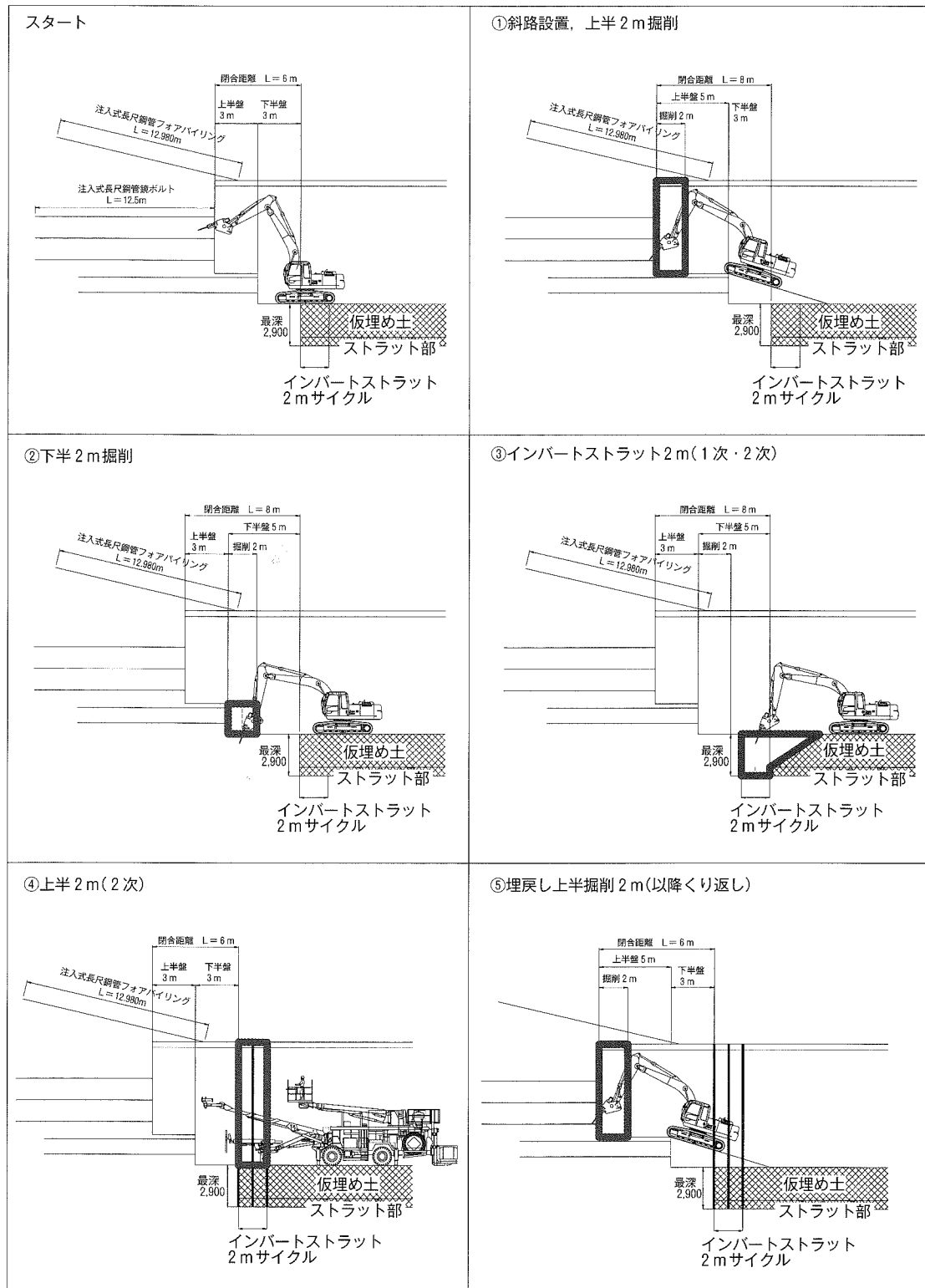


図-6 二重支保工施工サイクル



写真-7 二重支保工施工状況



写真-8 二重支保工閉合状況全景

鋼管鏡ボルト工(上半, 下半), 鏡吹付けを実施した。

また, 地山挙動と二重支保工の妥当性確認を目的として, No.252+78.6m(土かぶり厚: 120m)においてB計測を行った。

6. 二重支保工施工結果

トンネルの変位は二重目を施工するまでは増加したが, 二重目施工後は収束傾向が見られ, 支保は健全であった。一重目施工時の最大内空変位量は70mm程度であり, 支保に変状が起こる前に二重目を施工することができた。したがって, 閉合距離6~8mは適切と考えられる。切羽近傍での作業についても, 補助工法を施工したことで切羽が安定し, 切羽の崩落なく作業することができた(図-7, 写真-8)。

なお, 支保パターンについては, EII(H)-3パターンではじめたのち, 1次管理値以内が10m続いたため, 管理基準に従いEII(H)-2パターンに変更した。その後, 計測値は1次管理値~2次管理値以内であった

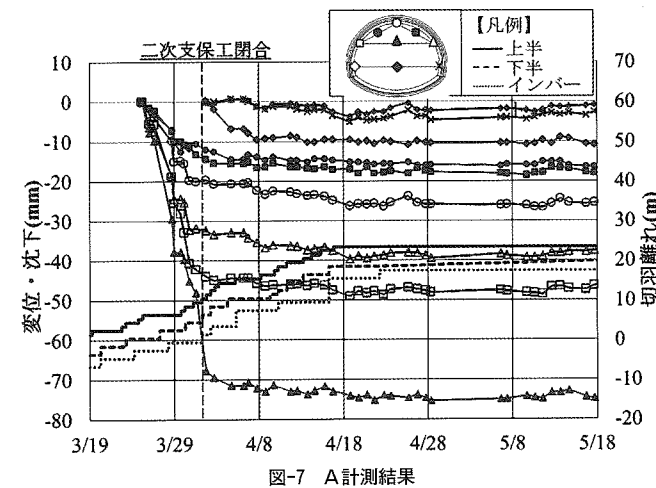


図-7 A計測結果

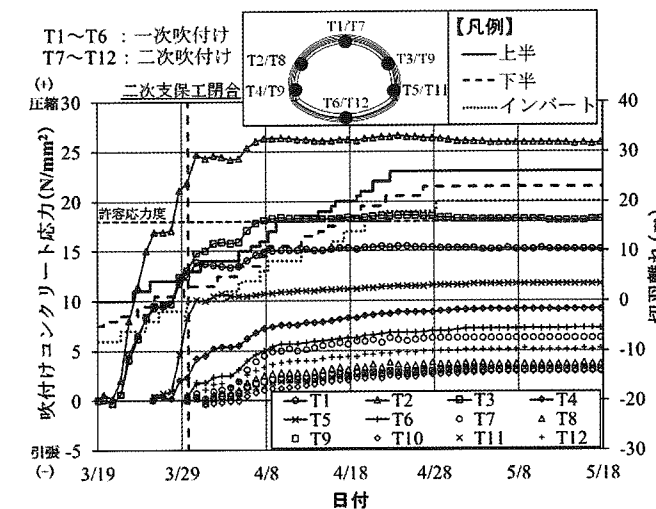


図-8 吹付けコンクリート応力

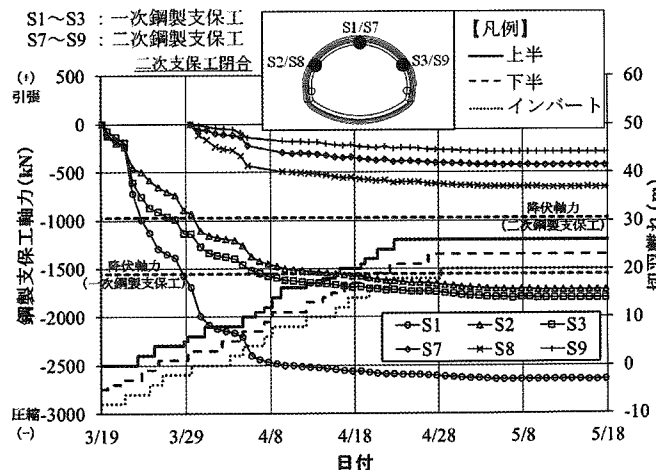


図-9 鋼製支保工応力

ため、当パターンで掘削終点まで到達した。

B計測結果を図-8、9に示す。二重目施工時点での一重目鋼製支保工応力は降伏応力を超過していた。また、一重目吹付けコンクリート応力も設計基準強度の70%となり、応力増加速度も大きかったことから、採用した二重支保工および、閉合距離6~8mは適切であったと考えられる(図-8、9)。

7. おわりに

今回採用した二重支保工では、一重目の支保の段階では支保の健全性は確保できないが、二重目を施工することで支保工全体の健全性が得られることがわかった。また、閉合距離に関しても、今回採用した距離を越え

支保に変状が生じる可能性もあり、閉合距離設定の重要性を認識することができた。

今回採用した多重支保工は、これまでも実績のある支保構造である。しかし、地山特性に応じた掘削形状、掘削工法、支保設置のタイミングなどにより施工結果は異なることがわかった。今後、自己の施工経験を重ねるとともに、さまざまな施工事例との比較を行い、的確な施工結果を得られるように活動していきたいと考えている。

最後に、国土交通省関東整備局甲府河川国道事務所の皆様をはじめ、本工事の計画、施工に多大なご指導・ご協力いただきました関係各位の皆様にご感謝の意を表します。

第81回(都市)施工体験発表会最優秀賞

# 海底下横断シールドにおける想定外の玉石出現への対処実績

## —南部処理区新磯子幹線下水道整備工事—

西松建設(株)関東土木支社磯子シールド出張所副所長 橋本 守彦  
 西松建設(株)関東土木支社磯子シールド出張所所長 野村 克彦  
 西松建設(株)土木事業本部土木設計部設計2課係長 山本 達也

キーワード：泥水式シールド、海底下、玉石層、クラッシャー

表-1 工事概要

工事名称	南部処理区新磯子幹線下水道整備工事
発注者	横浜市環境創造局
施工者	西松・福田・森本建設共同企業体
工事場所	横浜市磯子区磯子1丁目4番から新磯子町39番
工期	2013(平成25)年9月30日～ 2017(平成29)年3月15日
工事内容	一次覆工(泥水式シールド工法) ・掘進延長：L=1,896.3m ・セグメント：RCセグメント 内径φ3,600mm, 外径φ3,950mm, 厚さ175mm, 幅1,200mm 発進立坑築造工(深さ29.1m) 1か所 坑内配管工(送泥管など) 1式

1. 工事概要

本工事は、昭和30年代に整備された既設汚水幹線の老朽化・地震対策として、代替の幹線となる新磯子幹線を泥水式シールド工法(仕上がり内径φ3,600mm, 施工延長1,896m)により築造するものである。

工事概要を表-1に、現場位置図、標準断面図を図-1、2に示す。

2. 地形および地質概要

工事箇所(横浜市磯子区新磯子町近傍)の地形は、鶴見川や大岡川などの河川沿いに発達した河岸段丘と海岸沿いに発達する根岸湾沿岸低地に立地し、付近は内湾性の

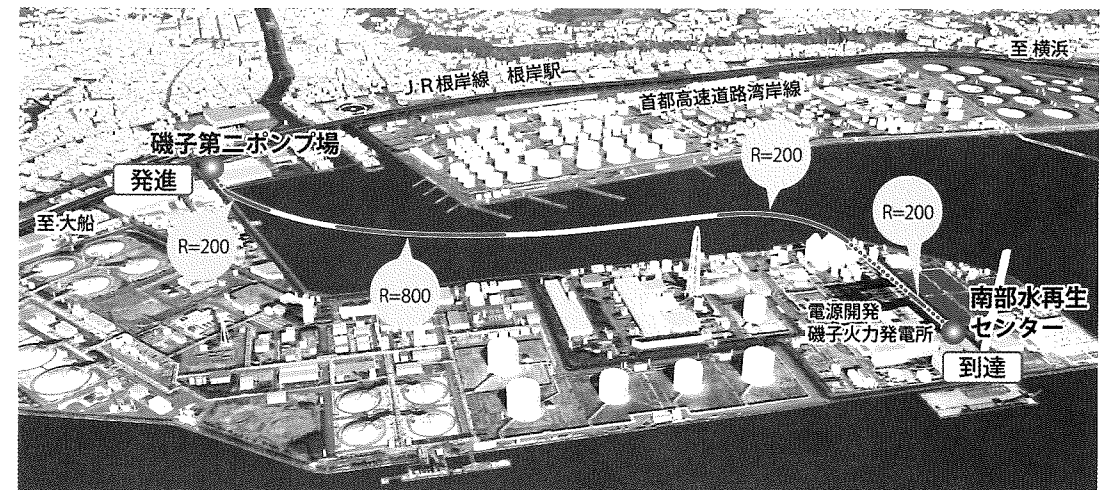


図-1 現場位置図

谷底沖積台地が発達する複雑な地形をなしている。旧海岸線を走る国道16号を境にして、海側は広域の埋立地となっており、当該地区は根岸湾に張り出した半島状の地

区に位置する。この地区は、ほぼ全域が工業地帯になっており、地表面高度はTP+2~3m程度である。

本工事のシールド掘進位置の地盤は、均質なN値50以上の固質シルト層(Nzc)と想定されていた。海底部では固結シルト層が深く落ち込み、固結シルト層上端はTP-35~37mに位置する。土質縦断図を図-3に示す。

### 3. シールド概要

シールドの概要図を図-4に示す。シールドの特徴としては以下のとおりである。なお、玉石層の出現は想定してなかったため、玉石対応の仕様にはなっていない。

- ・軟弱シルト層対策として地山探査装置を設置
- ・パーチカルカーブの線形確保対策として中折れ機構を装備
- ・固結シルト対策としてフィッシュテール部およびチャンパ内部に付着防止塗料塗布、超硬チップE3の採用、対摩耗溶接硬化肉盛の採用

### 4. 施工中に発生した課題および懸念事項(玉石層の出現)

シールド掘進中780~1,360m区間において、計3回(総延長約100m)の玉石層区間が出現(図-5)したことにより、以下の課題および懸念事項が生じた。

- ① トンネル崩壊の危険性
- ② カッタービットの摩耗によるシールド掘進不能
- ③ 流体輸送設備(排泥管およびポンプ)の閉塞によるシールド掘進停止

#### 4-1 セグメント構造安全性検討

セグメント設計時の土質条件と異なるためセグメントの構造安全性再検討を行った。

##### 4-1-1 原設計土質縦断図の確認

原設計で想定されていた土質縦断図では、シールド掘進部の地盤は全線において固結シルト層内と想定されていた。その土質縦断図は、港湾内における航路上の問題よりシールド線形直上でのボーリングが実施できなかったため、とくに今回玉石が出現した位置では100m以上離れた位置でのボーリング調査結果と、音波探査結果を組合せ想定されたものであった。

今回出現した玉石層は、固結シルト層の中間に局所的に玉石層が介在する可能性は低く、固結シルト層上部に堆積した玉石がシールド断面内に出現したと考えられた。その場合、固結シルト層天端は想定より深く、玉石の出現とともに上部より軟弱粘性土が出現する可能性もあり、セグメントの安全性が懸念された。このため、音波探査を行った専門者にヒアリングを行い、想定されている固結シルト層天端深度の信頼性について確認することとした。

##### 4-1-2 音波探査専門業者へのヒアリング結果

玉石層と軟弱粘性土層の分布を把握することを目的として、音波探査を行った専門業者にヒアリングを行った。ヒアリング結果は以下のとおりである。

- ① ボーリング調査の結果から、当該地盤は軟弱粘性土の直下に硬い固結シルト層が出現するものと想定されていた。このため、音波探査上で明瞭かつ容易に確認できると予想されたことから、音波探査方法は出力の低い方式を選定した。
- ② 港湾が狭く曳航設備が限定されることから、出力の高い方式を採用することは難しかった。また、港湾の狭さに対応するため、発信源もマルチでなくシングルチャンネル方式を採用した。
- ③ 今回の音波探査方式では、N値が10~20程度以上で音波が反射するため、それ以上は測定できていない。
- ④ 今回、探査結果は層境の判別としては不明瞭ではあるが、少なくとも基底と判定した面はN値10以上の層の上面と想定できる。

##### 4-1-3 土層区分の推定

ボーリング調査結果と音波探査の結果を重ね合わせると、到達側断面(Bor.No.3, 4, 8)ではおおむね一致しており、玉石出現箇所以降の探査結果は妥当性があると、土層区分の推定を行った。ヒアリング結果④をもとに少なくともN値10以上の地盤に土かぶり10m程度入っていると想定されたため、代表断面として図-6のようにモデル化した。

##### 4-1-4 セグメント構造安全性の考察

代表断面において、N値10程度の玉石混じり粘性土層と固結シルト層の境をトンネルの上部よりトンネル径のCASE1:25%, CASE2:50%, CASE3:100%の3ケー

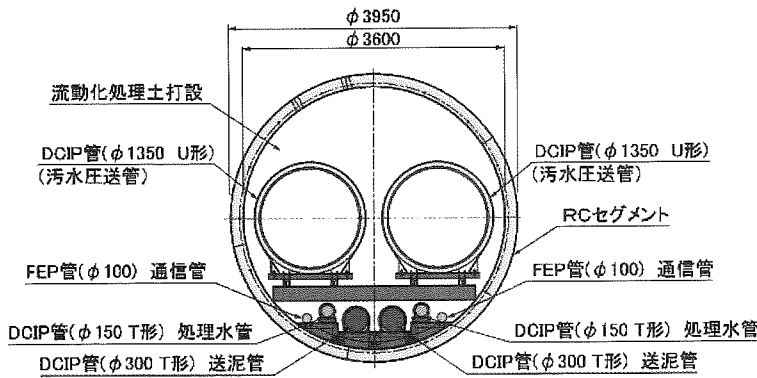


図-2 標準断面図

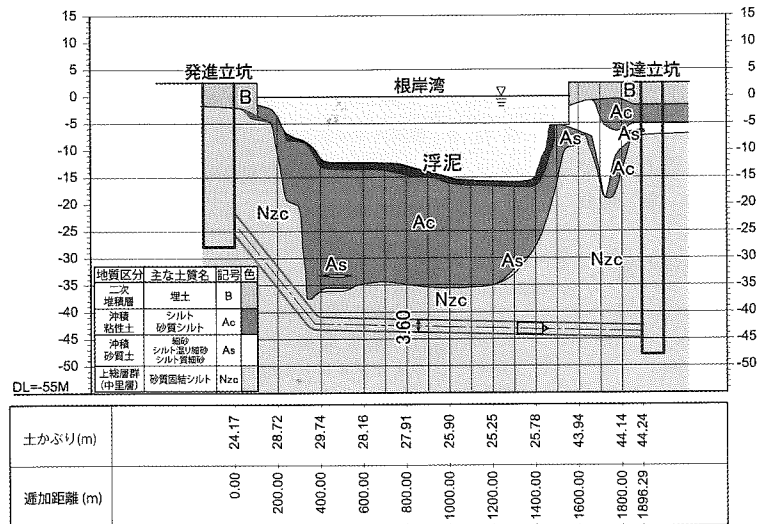


図-3 土質縦断図

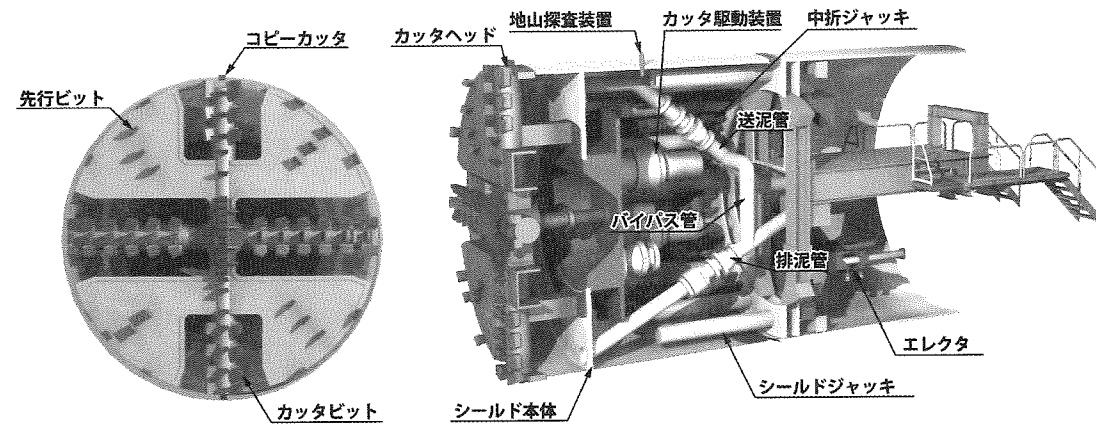


図-4 シールド概要図

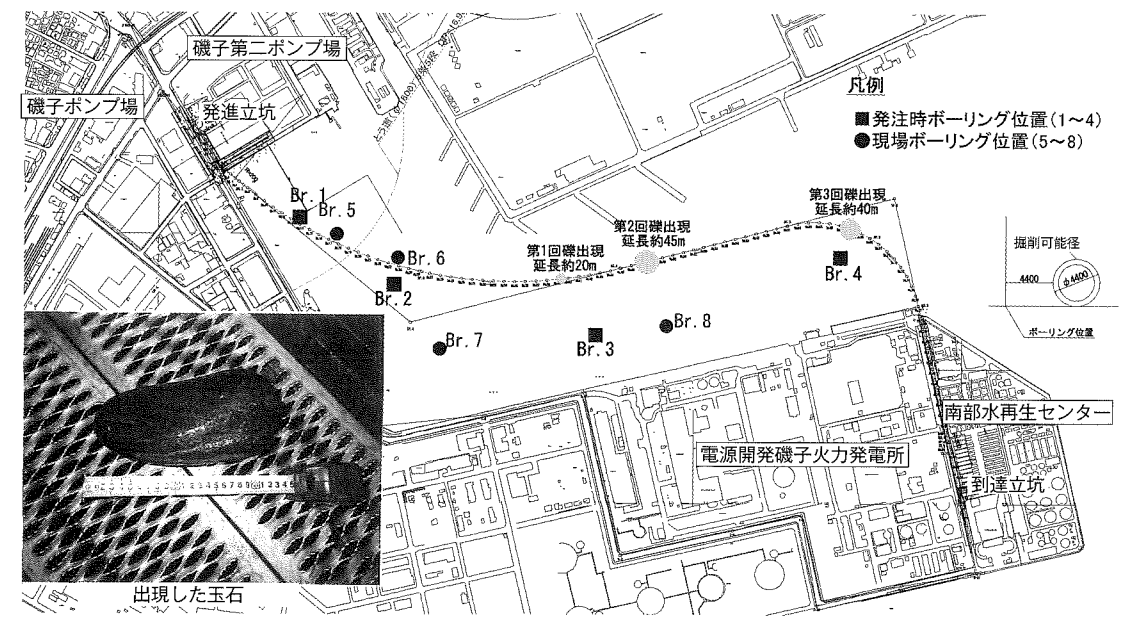


図-5 ボーリング・玉石層出現位置図

スの検討断面(図-7)を設定し、セグメントの構造照査を行った。

その結果、CASE 1, 2 は許容応力度内に収まり、CASE 3 はコンクリートの圧縮でわずかに許容応力度を越えた(表-2)。しかしながら、CASE 3 はシールドが全面、固結シルト層より上部に出るといった極端な事象の検討であり可能性は低いと考えられること、短期的な構造安全性は確保できること、トンネル内は本管設置後に充填されることから、セグメントの変更および補強は行わなくてもトンネル構造に悪影響を及ぼす可能性は低いと考えた。

ただし、断続的なシールドの進行や玉石の閉塞解除のくり返しによる切羽水圧の過度の変化で地山をゆるませた場合、セグメントに想定外の偏圧が生じるリスクが

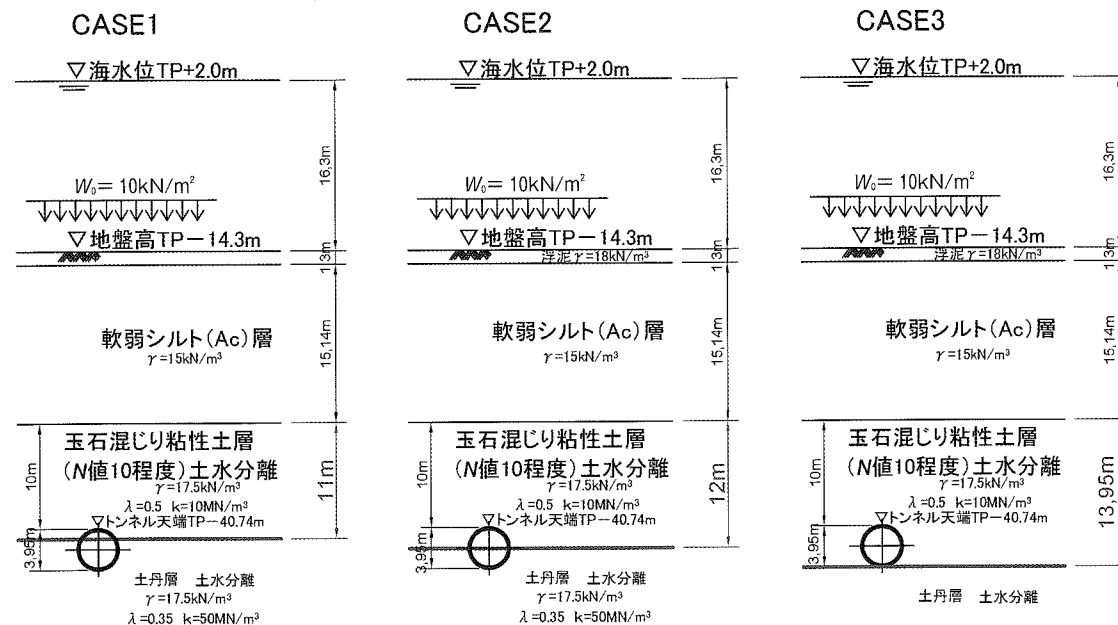
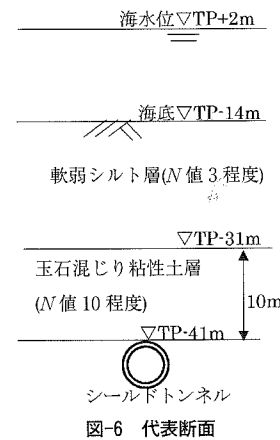


図-7 セグメント構造検討断面

あった。そこで、裏込め注入において、所定量以上に注入材が入った場合でも、注入圧力が上昇するまで裏込めを行い、地山のゆるみを発生させないように留意しながら掘進を行った。

4-2 カッタビット摩耗検討

固結シルトよりも摩耗負荷係数が大きい玉石を切削することになるため、カッタビットの摩耗による掘進不能が懸念されたため、カッタビットの摩耗検討を行った。

【カッタビットの摩耗量算定】

$$M_t = N \cdot m \cdot k$$

$$M_s = \frac{M_t \cdot n \cdot \pi \cdot D \cdot L}{V} \times 10^2$$

- $M$  : 今回の工事における推定摩耗量(mm)
- $M_s$  : 各土質での摩耗量(mm)
- $M_t$  : 単位摺動距離あたりの摩耗量(mm)
- $L$  : 各土質での掘削延長(m)  
固結シルト 1,796m, 玉石 100m
- $N$  :  $N$ 値  
スクレーパツースは先行ビットの先行掘削効果を考慮し、設定値 $N$ 値に0.6を乗じる
- $m$  : 素材による単位摺動距離あたりの摩耗量(mm)
- $k$  : 土質区分による摩耗付加係数  
固結シルト 0.15, 玉石 0.35
- $n$  : 回転数(r.p.m.)
- $V$  : 平均掘削速度(cm/min)  
固結シルト 4, 玉石層 2

摩耗量は、各土質での摩耗量 $M_s$ の総和である。先行掘削効果を考慮した各カッタビットの総摩耗量を以下に示す。

・先行ビット(許容摩耗量: 40mm)  
 $M^1 = \sum M_s^1 = 13.956\text{mm} \Rightarrow \text{OK}$

・スクレーパツース(許容摩耗量: 30mm)  
 $M^2 = \sum M_s^2 = 12.281\text{mm} \Rightarrow \text{OK}$

表-2 セグメント構造計算結果

検討ケース	CASE 1	CASE 2	CASE 3		
検討断面とN値10以上シルト層との関係	トンネル天端-1.0m	トンネルスプリングライン	トンネル下端		
計算方法	剛性一様地盤ばねモデル				
セグメント外径(mm)	$D_o$ 3,950				
桁高(mm)	$h$ 175				
幅(mm)	$B$ 1,200				
発生断面力 $M$ : (kNm/Ring) $N, S$ : (kN/Ring)	正の曲げモーメント	$M^+$ 50.56	63.40	66.82	
	負の曲げモーメント	$M^-$ -38.68	-57.38	-59.14	
	せん断力	$S$ -54.70	-67.53	-70.90	
発生応力度 ( $N/\text{mm}^2$ )	正の曲げモーメント	$\sigma_c$	12.77	15.42	16.21
		$\sigma'_c$	-	-	-
		$\sigma_s$	-9.88	30.34	47.81
	負の曲げモーメント	$\sigma'_c$	-146.12	-165.91	-170.46
		$\sigma_c$	11.51	14.46	14.76
		$\sigma'_s$	0.59	-	-
せん断応力度( $N/\text{mm}^2$ )	$\sigma_s$	-41.61	-9.84	-4.32	
	$\sigma'_s$	-139.92	-165.09	-167.18	
	$\tau$	0.37	0.46	0.48	
許容応力度( $N/\text{mm}^2$ )	$\sigma_{ca}$	16			
	$\tau_a$	0.71			
	$\sigma_{sa}$	200			
判定	OK	OK	NG		

計算の結果、許容量以下であったため、特別な対策を取らずに到達まで掘進を行った。なお、到達後摩耗量を測定した結果、最大で3mmという施工結果となった。

4-3 流体輸送設備閉塞対策

一般的に玉石径 $\phi 50\text{mm}$ 程度の小さな玉石は、配管・流体ポンプを通過して地上の一次処理まで輸送される。しかし、 $\phi 100\text{mm}$ 程度の玉石になると流体ポンプで閉塞し、 $\phi 150\text{mm}$ 程度になると配管やボールバルブで閉塞する可能性が高くなる。当現場においても写真-3に示すとおり、流体ポンプおよび配管で玉石による閉塞が発生した。

第1回目の玉石層区間では、最大粒径が $\phi 100\text{mm}$ ほどであったために配管内での閉塞は少なく、閉

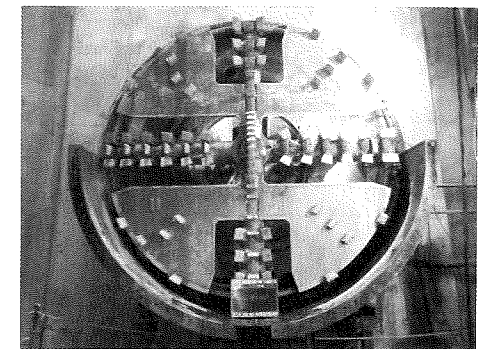


写真-1 到達時カッタフェイス



写真-2 ビット摩耗検査(3mm)

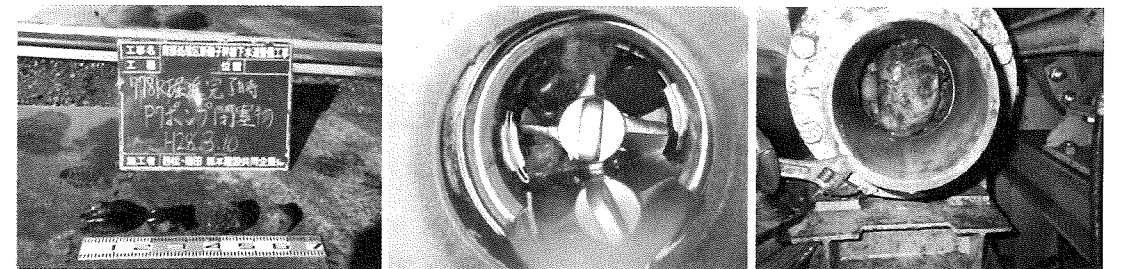


写真-3 玉石閉塞状況(左から出現した玉石, ポンプ内閉塞, 配管内閉塞)

表-3 玉石による閉塞の概要とその対策

1 回 目	発 生 日 時	平成28年2月19日(昼勤), T.D.780m付近より20m区間, No.645リング, 玉石径φ100mm
	発 生 状 況	小さな玉石が増え始め, 掘進速度を落とすことなく掘進していたが, 流体輸送が不能となった.
	ト ラ ブ ル 内 容	P7ポンプのケーシング内に玉石がつまり, 流体が通過できない状況となっていた(閉塞6回).
2 回 目	主 な 原 因	発生玉石径がφ100mmに対して, P7ポンプの通過可能玉石径がφ70mm程度であった.
	対 策	・P7ポンプのフロントカバーを外して閉塞したずりを撤去した. ・配管内での玉石の沈降による閉塞を防止するために, 泥水比重を1.1から1.17に上げた.
	発 生 日 時	平成28年3月8日(昼勤), T.D.940m付近より45m区間, No.769リング, 玉石径φ200mm
3 回 目	発 生 状 況	排泥管(8inch)での閉塞が頻発し, 排泥ポンプを逆送運転しても閉塞を解除できなくなることが頻発した. P7ポンプの閉塞も頻発.
	ト ラ ブ ル 内 容	1回目とは違い, 明らかに玉石径が大きく, 排泥管(8inch, 6inch)での閉塞が頻発した.
	主 な 原 因	シールドおよび泥水輸送設備に玉石破砕機能(または玉石取り込み制限)はなく, 排泥管径以上の玉石を取り込んだ.
3 回 目	対 策	784リング(閉塞から15リング後)からPDポンプ前に礫取り箱(スリット75mm)を設置して配管に流入する前に玉石を取り除いた. しかし, 礫取箱の清掃頻度が多くなり進捗が上がらなかったため, 破砕設備(ロータリークラッシャー)を追加装備.
	発 生 日 時	平成28年6月4日(昼勤), T.D.1,320m付近より40m区間, No.1,103リング, 玉石径φ250mm
	発 生 状 況	流体輸送が不能となった.
3 回 目	ト ラ ブ ル 内 容	・機内バイパス運転は可能であったことから, 機内バイパスより切羽側での閉塞と予想される. ・チャンバからクラッシャー入口間の配管が閉塞. ・木片および固結シルトの塊によるクラッシャー内部閉塞.
	主 な 原 因	排泥用機内ボールバルブ(8inch)部での閉塞(大型ボールバルブは, 構造上, 内部に段差ができるため, 閉塞しやすい).
	対 策	・排泥用機内ボールバルブを分解し, 閉塞した玉石を撤去した. ・クラッシャー閉塞時は, 分解し清掃を行った. ・予備排泥管(10inch)を利用して排泥を行った(スペースの関係上, 機内バイパスは撤去し蓋をした).

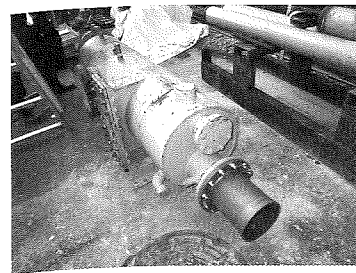


写真-4 礫取箱

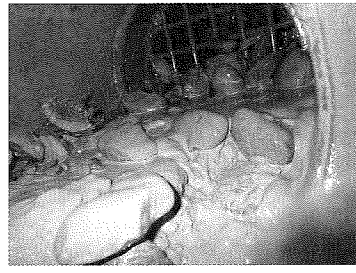


写真-5 礫取箱内部

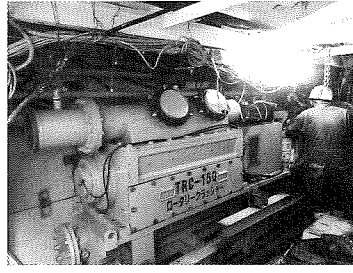


写真-6 クラッシャー

塞したとしても逆送運転で解除が可能であった. 当時中継ポンプはP6ポンプとP7ポンプであり, それぞれの通過粒径はP7がφ70mm, P6がφ100mmであったためP7ポンプで閉塞した. P7ポンプの閉塞解除はフロントカバーを外し, 中にある玉石を取り除き行った. 20m区間, 計6回P7ポンプで閉塞を起こした. 玉石層区間では配管内に玉石が沈降するのを防止するため, 泥水比重を通常の1.10から1.17に上げた.

第2回目の玉石層区間では玉石径が大きくなり(長辺で200mm), 玉石率も増加していった. そのため, ポンプ・配管のいろいろな箇所閉塞が生じ, その閉塞解除作業に多大な時間を費やすこととなったため進捗が著し

く低下した.

そこで, まず配管に流入する前に玉石を取り除けるようFDポンプの前に礫取箱を設置した. 礫取箱設置後は, ポンプ・配管での閉塞は発生しなくなったが, ストローク100mmごとに箱内の玉石を取り除きながら掘進しなければならなかったため, 進捗が上がらなかった. 玉石の出現量も減少傾向にならなかったため, 新たな対策としてFDポンプをロータリークラッシャーに変更して掘進した. クラッシャーに変更したのちの掘進は, クラッシャー装置が有効に働き, 平均ジャッキスピード20mm/minで掘進を行った. なお, 今後も玉石層出現の可能性があったため, 2回目の玉石層終了後もクラッシャーは

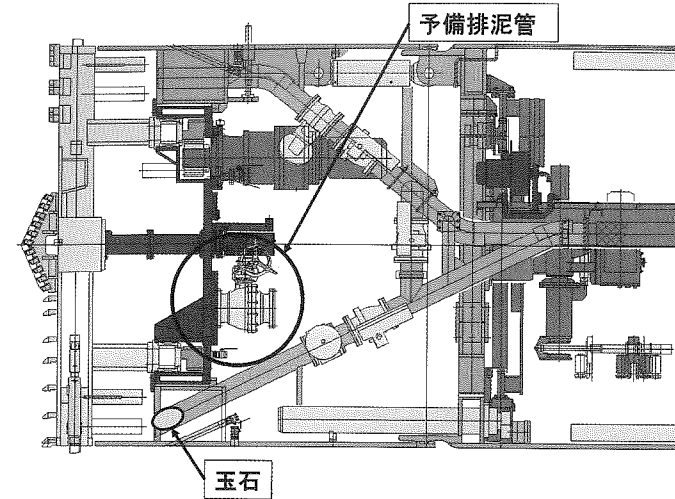


図-8 排泥口玉石閉塞および予備排泥管

残したまま掘進を行った(固結シルト層に戻ったあとの平均ジャッキスピード40mm/min).

第3回目の玉石層区間では, 前回区間で出現した玉石より大きいものが多く, チャンバからクラッシャーまでの配管での閉塞が頻発した. 配管を解体し閉塞を解除していたが, No.1,106リング掘進開始直後に8inch排泥口で玉石が閉塞した. クラッシャー前方の配管を外し, 玉石を込めて流体を逆走させ排泥口に閉塞した玉石を飛ばす方法などあらゆる閉塞解除を試みたが, 玉石は除去できなかった. そこで, 8inch排泥管からの取込みを断念し, シールドに当初から装備していた10inch予備排泥管に切り替え掘進することとした.

第3回目の玉石層区間を抜けたあとは, 玉石層が出現することはなかったが, クラッシャー, 10inch予備排泥

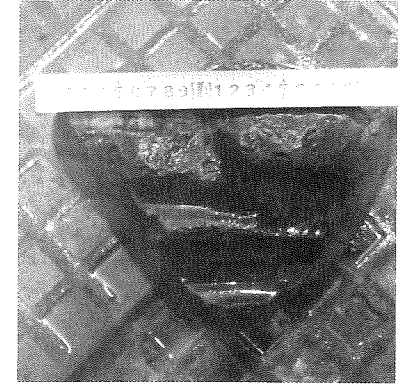


写真-7 閉塞した玉石

管を使用したまま掘進を行い, 無事到達することができた(8inch排泥口に閉塞した玉石は到達まで除去されることはな

かった).

## 5. おわりに

玉石層出現区間(計3回, 延べ延長約100m)では施工進捗は低下したものの, セグメントのひび割れや漏水などの品質低下も見られず, 無事2016(平成28)年10月末に到達を迎えることができた. なお, 海上ボーリング位置の制約があったものの, 固結シルト層以外の地層の出現を想定せずに計画を進めてしまったことは今後へ向けての反省点としたい.

本工事は海底シールドトンネルで想定外の土層出現という特殊ケースであったが, 得られたノウハウを今後の同種のシールド施工に活用する所存である.

# 1月号予告[1月1日発売予定]

- 覆工施工目地近傍の品質向上対策と効果
  - 国道45号 山田第2トンネル
  - 宮古盛岡横断道路 新区界トンネル
  - 東京下水道 隅田川幹線
  - 銀座6丁目10地区再開発事業に伴う地下連絡通路
- 【連載講座】
- セグメントの新技术Ⅱ(2)

\*内容等は変更になる場合がございます

## 編集後記

◆今月、東京湾アクアラインは開通20周年、地下鉄は開業90周年を迎えます。そんな中、今年も余すところ1か月足らずとなりました。読者の皆様は今年のご目標、または、兼ねてからの目標、念願などはかなえられたでしょうか。個人的には、今まで何回も近くへは訪れていたにもかかわらず行く機会がなかった場所に今年ようやく行くことができました。

◆ひとつは福島県郡山市の鹿島大神宮内のペグマタイト岩脈を見ることができました。このペグマタイト岩脈は国の天然記念物になっています。かつてこの地域の巨晶花崗岩(ペグマタイト)が工業用原料として採掘されつくされたため、約1万4千トンと推定される岩脈が現存することは非常に貴重とのこと。この近くにはほかに三春駒、三春張り子の発祥のデコ屋敷や日本三大桜の三春滝桜などの有名な観光スポットがあります。

◆もうひとつは、伊豆大島の「地層大切断面」です。その地層の美しさから伊豆大島では「バームクーヘン」の愛称で呼ばれています。「大島一周道路」の建設に伴い出現した地層断面で約600mにわたって見ることができます。この「地層大切断面」は伊豆大島の観光案内には必ずと言っていいほど登場します。大島空港の駐車場の擁壁にもこの地層断面が描かれているほどです。

◆来年の新たな訪問地への期待を膨らませ、本年の最終頁を締めたいと思います。読者の皆様にはおかれましては良い年をお迎えください。

(I.Y.)

★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(株)土木工学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12号(通巻568号)

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成29年11月20日 印刷

平成29年12月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会

会長 谷口 博昭

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL: 03-3524-1755

FAX: 03-5148-3655

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 株式会社新協

### 本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

### 購読料

1冊 1,620円(送料110円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

### 本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

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

# 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2,750m<sup>3</sup>/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



48m<sup>2</sup>の設置例

### 希釈封じ込め方式での計算例

#### ① 粉じん発生量

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

#### ② 所要換気量

$$Q4a = \frac{5,940}{3.0 - 0.07} = 2,027 (m^3/min)$$

$$Qa = 54.0 + 2,027 = 2,081 (m^3/min)$$

#### ③ 集じん機の選定

$$Qs = 1.2 \times \frac{2,081}{0.93} = 2,686 (m^3/min) \leq 2,750 (m^3/min)$$

品名	e-DUSCO240	e-DUSCO270
型式	FTE2400/FTE2400-E	FTE2700-E
集じん装置の容量	1800・2100・2400m <sup>3</sup> /min 任意設定の4モード	1800・2100・2700m <sup>3</sup> /min 任意設定の4モード*
全長 <sup>※1</sup>	7411mm(サイレンサー含む)	
全幅	2350mm	
全高 <sup>※2</sup>	3700mm	
本体重量	10t	11t
電源仕様	3相3線400V58kVA	3相3線400V107kVA
ファン動力	30kW	37kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意 (伸縮風管接続時と同じ)	23kW・28kW・40kW・任意 (伸縮風管接続時と同じ)
洗浄水 <sup>※3</sup>	2.4~3.2m <sup>3</sup> /回	
捕集ダスト処理	湿式	
集じん効率 <sup>※4</sup>	95%以上	93%以上
吸引捕集方式	95%以上	対応可

注) 伸縮風管システムは本体には含まれません。

\*1 入口ダクト及び絞リダクトは含まれません。\*2 台車および揚重用治具の高さは含まれません。\*3 機種により多少異なります。  
\*4 JIS Z 8808 並びに換気技術指針(H24.3)に定める試験方法に基づき第三者計量機関により測定した値です。\*5 任意設定にて最大2,750m<sup>3</sup>/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

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

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

図書案内

トンネル技術者のための地相入門

大島洋志 監修, 木谷日出男 編著  
3,200円+税 B5判

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



山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著  
3,200円+税 B5判

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



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修  
1,500円+税 B5判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修  
2,500円+税 B5判

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



推進工法の理論と実際

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

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



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修  
2,500円+税 B5判

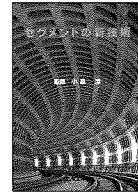
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた。



セグメントの新技术

小泉 淳 監修  
2,000円+税 B5判

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



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著  
1,200円+税 新書判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著  
6,000円+税 A5判

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



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編  
4,660円+税 B5判

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



地下水の科学 I～III (全3巻)

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

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

- 第I巻 地下水の物理と化学 4,078円+税 B5判
- 第II巻 地下水環境学 4,272円+税 B5判
- 第III巻 地下水と地質 3,689円+税 B5判



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編  
14,573円+税 B5判

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



ジオテクスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著  
4,300円+税 A5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著  
3,200円+税 A5判

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



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著  
4,200円+税 A5判

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



わかりやすいトンネル技術入門(都市トンネル編)

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著  
2,800円+税 A5判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著  
3,400円+税 A5判

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



トンネルと地下

1,500円+税 B5判 月刊(毎月1日発売)

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



書籍のお申し込み

ご注文は当社へFAXまたは、書店にてお申し込みください。FAXでご注文の際は、書名、部数、送り先、氏名、電話番号を明記のうえ下記までお送りください。

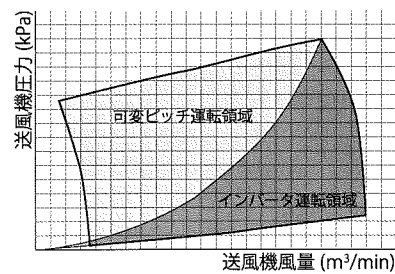
(株)土木工学社  
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂  
TEL: 03 3267 2888 FAX: 03 3267 2807

# トンネル工事の必需品 可変ピッチ軸流送風機 BIG-LOG



BIG-LOG は当社の開発商品です

- 可変ピッチとは……必要に応じ羽根の角度を変えて風量調整をおこなう方式 (右上図)
- 風量を減らした場合でも圧力変動が少なくインバーター制御には無い幅広い運転領域を確保できます (右図)
- 風管抵抗に合わせて自動可変をおこない圧損調整をするため無駄な電力を消費しません
- 風量設定が数値で出来るため一定風量で運転が可能 (風量の見える化)



型 式	能 力	電 動 機	騒 音 値 機側 5m
CDH1120-30-60(4)W	1000m³/min × 3.92/4.9kPa 1500m³/min × 3.5/2.6kPa	60kW × 4P × 2 台 50/60Hz 400/440V	74 dB
CDH1250-26-80(4)W	1500m³/min × 3.92/4.9kPa 2000m³/min × 1.76/1.76kPa	80kW × 4P × 2 台 50/60Hz 400/440V	74 dB
CDH1250-26-110(4)W	2000m³/min × 4.11/4.9kPa 3000m³/min × 1.8/2.45kPa	110kW × 4P × 2 台 50/60Hz 400/440V	74 dB
CDH1400-30-175(4)W	3000m³/min × 4.6/4.9kPa	175kW × 4P × 2 台 50/60Hz 400/440V	77 dB

※2段で記載の機種はどちらか選択ができます

長距離でも無駄な風量を自動制御できるという可変式の特徴を活かした  
省電力システム「i-Res」を開発しました

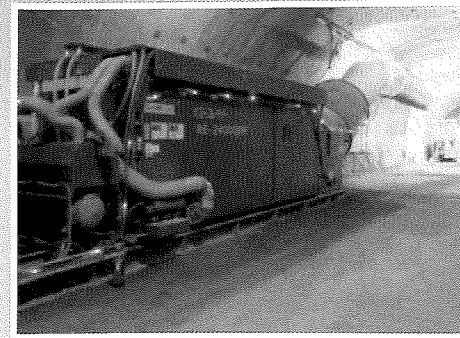


菅機械工業株式会社

URL <http://www.suga-kikai.co.jp>



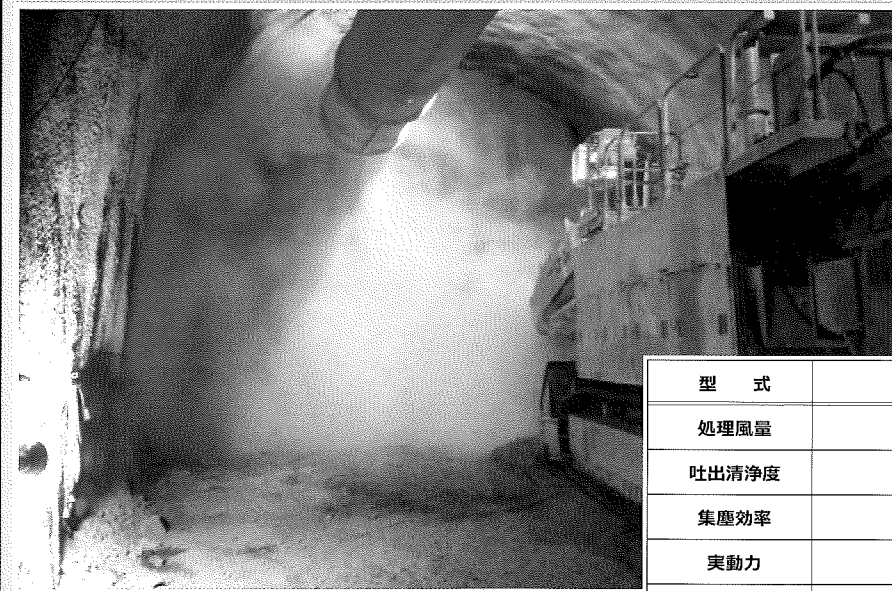
本社・大阪支店	〒550-0015	大阪府大阪市西区南堀江3-9-27	TEL 06(6541)7931
東京支店	〒101-0042	東京都千代田区神田東松下町13番地	TEL 03(5296)0551
福岡支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東1-16-8	TEL 092(431)7181
名古屋営業所	〒455-0008	愛知県名古屋市港区九番町3-37	TEL 052(653)2491
京都営業所	〒615-0022	京都府京都市右京区西院平町25	TEL 075(314)4460



## 動力60%低減実現! (当社従来比)

### 吸引捕集換気システム 新登場 RE-2400QDP

「コンパクト&低動力&高浄度」を一度に実現した孤高のスペック



型 式	RE-2400QDP
処理風量	2,400m³/min
吐出浄度	0.1mg/m³以下
集塵効率	99%以上
実動力	440V・83kW
寸法 (L×W×H)	2,869×12,963×3,387(mm)
重量	12,600kg

最適環境を創造する  
株式会社 流機 エンジニアリング

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



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。**



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06619-12



4910066191276  
01500