

デンカのトンネル関連技術

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

デンカが誇る信頼の急結剤「デンカナトミック」

驚異の低粉じん吹付けが可能！

『デンカクリアショット工法』

KT-080020VR

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

クリアショット吹付け状況（2ノズル吹付け）



写真提供：宮古盛岡横断道路 新区界トンネル工事

覆工コンクリートの品質向上技術

トンネル覆工ひび割れ抑制に

『デンカパワーCSA TYPE-T』KT-130059A

- ・トンネル専用膨張材
- ・乾燥収縮、温度ひび割れ抑制に

後添加型中流動コンクリート混和剤

『ADVA-PLUS』JIS A 6204適合

- ・過大な粘性を与えることなく、分離抵抗性を向上します

『CSA』でひび割れ抑制



『ADVA-PLUS』を現場で投入



その他 トンネル関連技術・製品

可視型はく落防止工法（NEXCO規格対応工法）

『NAV-G工法』KT-100023A

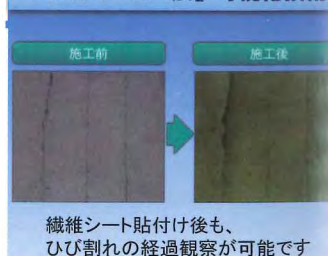
- ・アクリル系樹脂の特徴である速硬化性、低温硬化性で、寒冷地、時間制限のある工事で工期の短縮が可能
- ・透明度の高いFRPを形成し、施工後も目視観察が可能

トンネル中央排水工・裏面排水工 コルゲート管

『トヨドレン』

- ・ポリエチレン樹脂製で腐食に強く耐衝撃性に優れます

『NAV-G工法』可視化技術



繊維シート貼付け後も、
ひび割れの経過観察が可能です

トヨドレン



できるをつくる。 **Denka**

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

定価 1,620円 雑誌06619-1

本体価格1,500円



4910066190187
01500

トンネルと地下 1

vol. 49
no. 1
2018

Tunnels and Underground

遠隔装填システムによる装薬作業の完全自動化への取り組み
復興支援道路最長のトンネルを合理的な地山評価と施工法で掘削
大深度・高水圧下での凍結工法による地中接合部の拡幅
大規模再開発施設と既存地下通路を矩形シールドで結ぶ
覆工施工目地近傍の品質向上対策と効果

日本トンネル技術協会誌

●大規模再開発施設と既存地下通路を矩形シールドで結ぶ vol. 49 no. 1 2018



ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m(ケーブルハンガーを除く)
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

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

吸引ダクトが無くても**全ての断面、全ての延長**に対応

たった**37kW**で**2,750m³/min** イーダスコ270使用時

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

公共工事における新技術活用システム

登録番号: **TH-100024-VE**

経済産業省後援

第39回優秀環境装置

日本産業機械工業会 会長賞

全てのトンネルに適用可能!



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

吸引捕集方式にも対応



48m²の設置例

希釈封じ込め方式での計算例

① 粉じん発生量

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

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・2400m³/min 任意設定の4モード	1800・2100・2700m³/min 任意設定の4モード※5
全長※1	7411mm(サイレンサー含む)	
全幅	2350mm	
全高※2	3700mm	
本体重量	10t	11t
電源仕様	3相3線400V58kVA	3相3線400V107kVA
ファン動力	30kW	37kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意 (伸縮風管接続時も同じ)	23kW・28kW・40kW・任意 (伸縮風管接続時も同じ)
洗浄水※3	2.4~3.2m³/回	
捕集ダスト処理	湿式	
集じん効率※4	95%以上	
吸引捕集方式	対応可	

注) 伸縮風管システムは本体には含まれません。

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

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

△古河機械金属グループ

古河産機システムズ株式会社

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

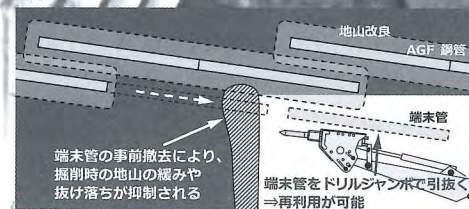
本社 〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
第三営業部 ☎03-3212-6575

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

日本で生まれ、世界へ広がる。NATMの補助工法

掘削断面内の端末管を引抜き、掘削時の地山への影響を低減

鋼管設置時に、専用の治具を使用して端末管を中間管から引抜く工法
掘削時の端末管切断撤去が不要なため、撤去の衝撃による
地山の抜け落ちや周辺の緩みなどの懸念がなく
端末管の再使用もできることから
コスト低減も可能となります



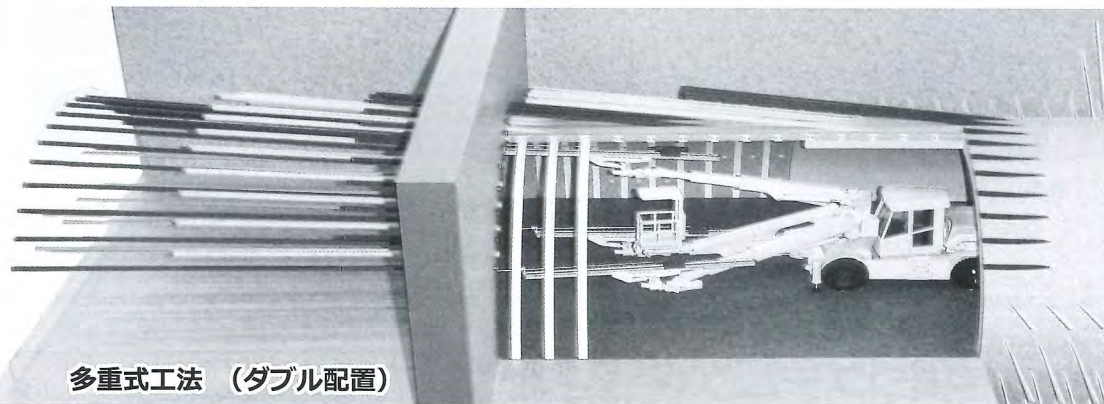
NETIS登録番号:CB-150001-A

AGF-Tk工法

多重式長尺フォアパイリング

NETIS登録番号:CG-130024-A

多重式工法とは奇数管と偶数管の施工断面をずらし、鋼管あるいは改良体が常にダブル配置となる工法です。
鋼管下部や鋼管間からの地山の抜け落ちが低減でき、天端の安定性および経済性が向上します。



多重式工法 (ダブル配置)

▶ 補助工法ラインアップ 注入式フォアボーリング / 各種長尺フォアパイリング / エコリムーブ工法
パノラマ工法 (φ60.5MR5、φ76.3、φ89.1)

スーパーSRF シリカレジ系注入材

- 地山改良効果に優れ、湧水下でも発泡・固結
- 水に溶解しないため、白濁や泡立ちが発生しない

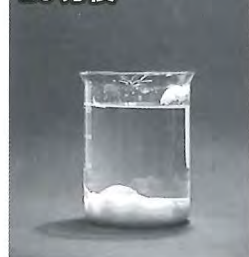


地山内の固結状態

混合直後



10 分後



KOD-M (カバード・エム) ウレタン系減水・止水材

- 帯水地山でのトンネル掘削工事における切羽の安定
- 帯水弱層における補強および減水、止水
- コンクリートクラックの漏水補修 (トンネルや水路等)



水と接触
(7倍発泡)

水と非接触
(無発泡・圧縮強度60MPa)

多岐にわたり適用可能

▶ 営業品目 各種ロックボルト / GRPロックボルト / 高耐力ロックボルト / ロックボルト定着材 / 各種注入材 / コンクリート皮膜養生剤クラテキュア / 建設資材全般

KATECS

株式会社カテックス 建設資材事業部

〒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

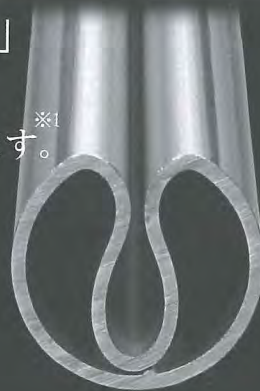
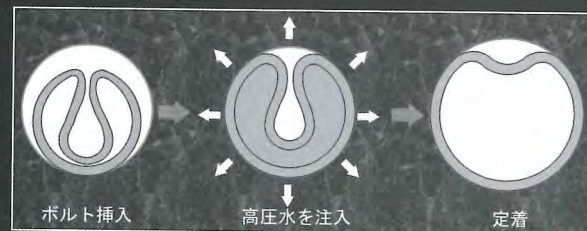
高耐食性めっき「ZAM」鋼管を採用した膨張型摩擦式ロックボルト

RPE ROCKBOLT

RPE ロックボルト
RUST PROOFING EXPANSIVE

「鋼管膨張型摩擦式ロックボルトの進化形」

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



※1 地山条件によってめっき層の寿命は大きく変動します。

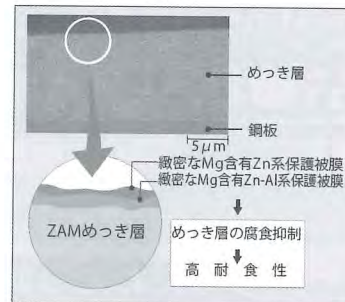
①「RPE ロックボルト」の特徴

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

・「ZAM」は、日新製鋼株式会社の登録商標です。

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

◎ZAMの耐食機構



②「RPE ロックボルト」の仕様

■ RPE ロックボルトの種類

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

※標準長さの()内は、受注生産になります。



(RPE ロックボルト施工状況)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

高耐食性めっき「ZAM」鋼管を採用した膨張型摩擦式ロックボルト

高耐力 RPE ロックボルト

ついに鋼管膨張型摩擦式ロックボルトの高耐力化を実現。

- ・ **290kN 耐力。**
- ・ 瞬時に定着力確保。
- ・ ナット・ワッシャーによる締め付けが可能。



呼称	高耐力 RPE ロックボルト
耐力(kN)	290 以上
推奨穿孔径(mm)	φ58~60
本体外径 (mm)	φ45(φ63.5)
厚さ(mm)	3.85
標準長さ(m)	3.0,4.0,6.0

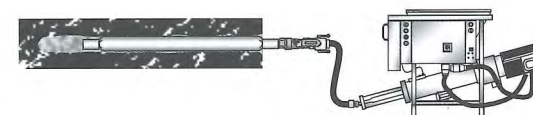
RPE-G

RPE ロックボルトの可能性を広げた定着注入機構。

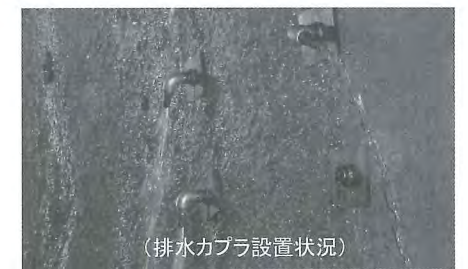
RPE-G を拡管定着させて、先端コーンを破裂させた後に



- ・ 水抜き管として使用できます。
- ・ 止水注入管として使用できます。
- ・ 地盤改良管として使用できます。



(モルタル系注入イメージ)



(排水カブラ設置状況)

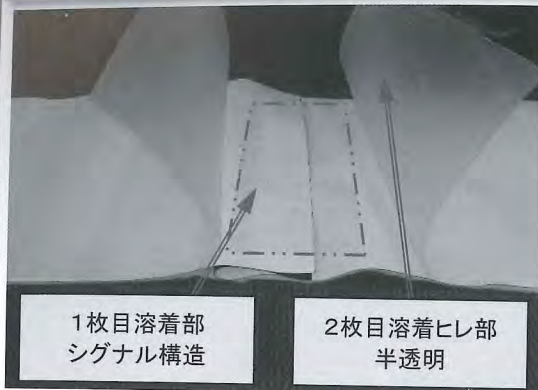
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

Wバリアシート

～二重溶着式防水シート～

NETIS:KT-150067-A



【防水機能の確保】

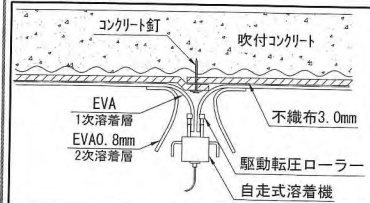
従来のリスクポイントであった溶着部からの漏水を二重にガード！

【破損部の傷発見機能】

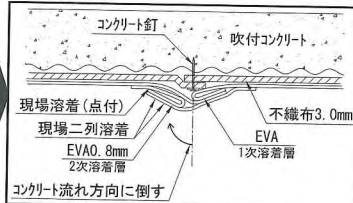
本体部は傷発見型の白黒構造(SGシート)でヒレ部を透明にすることでシート表面の損傷が目視で発見！

【従来と同様の施工機械で対応可能】

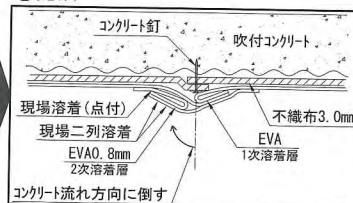
①一次溶着



②二次溶着



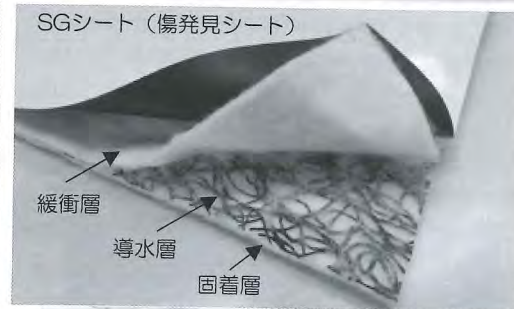
③完成



FILM工法用 高排水シート

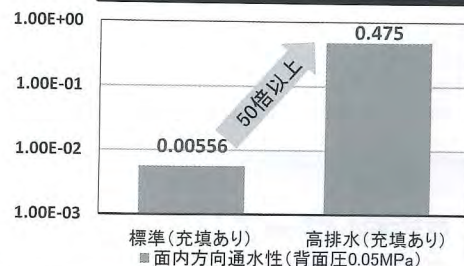
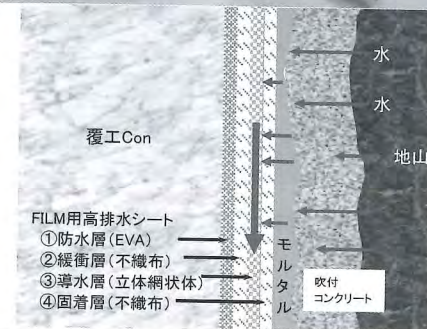
NETIS:KT-150067-A

SGシート(傷発見シート)



防水シートを4層構造(防水・緩衝・導水・固着)とすることで、従来品に比べて約50倍(当社比)の導水性能を確保！

FILM工法(背面平滑型トンネルライニング工法)にて湧水量が多く、長期的に安定した導水が要求される場合に有効！



fujimori



Stronger

～水発泡ウレタン系
湧水抑制材～

≫「Stronger」による地山改良は湧水による様々な不具合を解消するリスクマネジメントです。



「Stronger」は、水と接触せずに反応した場合は気泡のない高強度な固結体を形成し、水と接触し反応した場合は発泡固結。

「土被りの薄い河川直下、や「破碎帯、などの異常出水帯や帯水弱層では、「Stronger」を連続注入することにより、トンネル外周に湧水抑制を目的とした減水ゾーンを形成し、掘削に与える影響を軽減させることが可能。

- 1 減水効果に優れる
- 2 地山改良効果に優れる
- 3 湧水抵抗性に優れる
- 4 施工性に優れる

<<施工例>>

ブレインジェクション (切羽前方の地盤改良)	ポストインジェクション (切羽後方の地盤改良)
≫ 対象区間 トンネル内への湧水の引き込みにより、切羽の不安定化等が懸念される区間 ≫ 注入範囲 掘削前の切羽前方のトンネル周囲 ≫ 目的 切羽前方のトンネル周囲地盤の透水性を低下させ、掘削に伴う地下水の引き込みを抑制させる。	≫ 対象区間 トンネル内への湧水の引き込みにより、周辺環境への影響等が懸念される区間 ≫ 注入範囲 掘削後の切羽後方のトンネル周囲 ≫ 目的 トンネル周囲地盤の微細な水みちを充填し、恒久的に続く地下水の引き込みを抑制させる。

<お問合せ先>

fujimori フジモリ産業株式会社 <http://www.fujimori.co.jp>

本社 東京都品川区東五反田2-17-1 オーバルコート大崎マークウエスト

東日本土木資材課 TEL:03-5789-2205 FAX:03-5447-2073

大阪支店 大阪市中央区道修町4-4-10 KDX小林道修町ビル

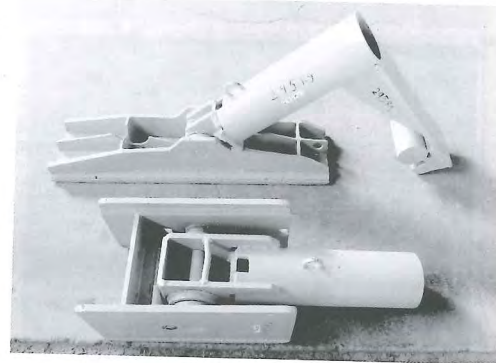
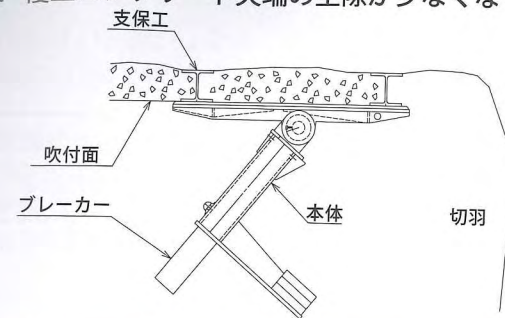
西日本土木資材課 TEL:06-6228-3864 FAX:06-6228-3886

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

バルーンの東宏です



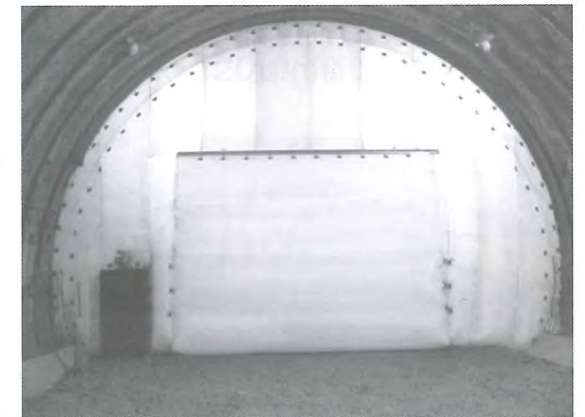
セントル養生バルーン(HR-04005VE)



コンクリート養生バルーン(HR-04005VE)



アクアカーテン(HR-110011VE)



隔壁バルーン(HK-100007VR)



トラベルクリーンカーテン(HK-120040A)



肌落防護マット

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

TOUKOU 株式会社 東 宏

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

東京支店 墨田区両国 2 丁目 18 番 4 号 中尾ビル 4F
TEL03-6659-3841 FAX03-6659-3845

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

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266m³/h!

《PC450LC-11》
3.5m³ローディングショベル



多彩な輸送パターンを演出!



MIWA K-40NDT

《K-40NDT》
40t20m³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》
4.0m³/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》
20t9m³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》
3.1m³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

NEW

究極のトンネル施工管理システム

生産性向上への挑戦！！ En-Note

Tunnel i-Construction



タブレット端末

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



職員パソコン



3D可視化+情報管理 (自動)

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



黒板、野帳要らずで、現場の作業のみで各種情報はデータサーバへ保管

enzan

株式会社 演算工房

■京都本社

〒602-8268

京都府京都市上京区智恵光院通中立売下ル山里町237番地3

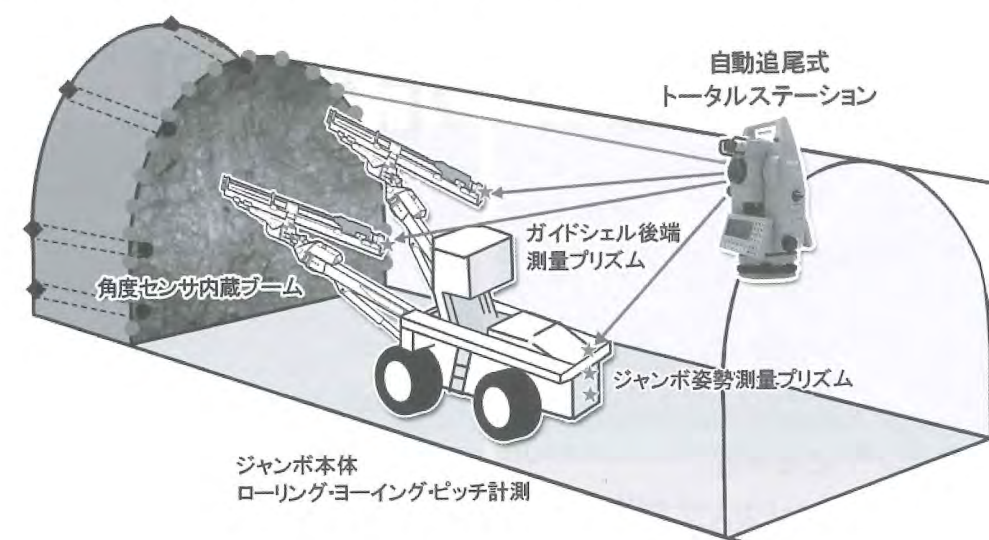
TEL:075-417-0100 FAX:075-417-0200

NETIS登録番号:KK-100049-A

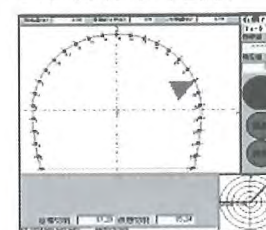
自動追尾式余掘り低減システム

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
古河ロッドドリル株式会社

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3

特機部

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

もうすぐ 温度・強度・圧力 まとめて一元管理

圧力センサ完成間近！

児玉の「スマートセンサ型枠システム・セントル仕様」

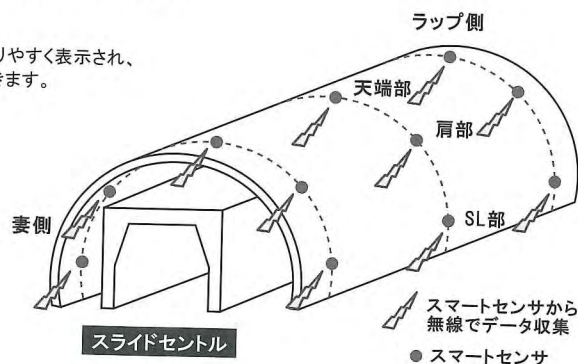
コンクリート表面温度を自動計測

コンクリートの表面温度や型枠周辺温度、打設開始・脱型時期を記録します。

専用リーダーでデータを読み取り

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

NETIS登録番号 QS-110040-VE



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

児玉株式会社エンジニアリング事業部
〒812-0042 福岡市博多区豊 2-4-23

TEL : 092-474-5360
EMAIL : engi.office@kodama-boss.jp



Jumbo ロックツールズ

DRISS®

穿孔探査システム

Drilling Survey System

NETIS登録番号：CB-020021-VE
切羽前方探査システム



TBM 搭載型先進ボーリングマシン
Probe Drilling System



一般仮設配管材



ドリルマシン株式会社 DRILL MACHINE CO., LTD.

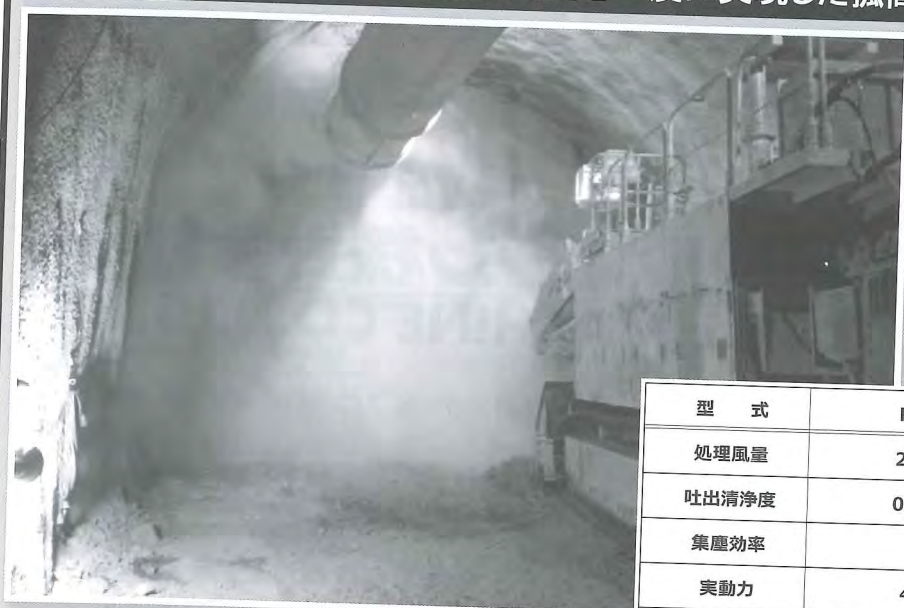
お客様に真に信頼される企業をめざし更なる技術・サービスの発展に邁進いたします。

本 社	〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 6-16-8 ☎(03)3806-3377 fax(03)3806-8461 Email : tokyo@drill.co.jp URL : http://www.drill.co.jp
関 西 支 店	〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町 5 丁目 8 番 4 号 ☎(078)802-5551 fax(078)802-5528 Email : kansai@drill.co.jp
九 州 営 業 所	〒830-0021 福岡県久留米市篠山町 12-3-301 ☎(0942)27-5992 fax(0942)27-5993 Email : kyusyu@drill.co.jp
兵 庫 工 場	〒679-1332 兵庫県多可郡多可町加美区大袋川端 454-3 ☎(0795)36-0461 fax(0795)36-0467 Email : hyogo@drill.co.jp
千 葉 D C	〒270-1616 千葉県印西市岩戸 3578-1 ☎(0476)99-0810 fax(0476)99-0817 Email : chiba@drill.co.jp



動力60%低減実現! (当社従来比) 吸引捕集換気システム RE-2400QDP 新登場

「コンパクト&低動力&高清浄度」を一度に実現した孤高のスペック



型 式	RE-2400QDP
処理風量	2,400m ³ /min
吐出清浄度	0.1mg/m ³ 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



コンクリートの劣化、欠陥箇所の改修、補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法



〈工期短縮、即日仕上り〉

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

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

エアモルタル裏込め注入……

エスコート L & K 起泡剤

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



◆土木資材の総合プランナー◆



株式会社 **マール**

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

急結性・高性能裏込注入材 セツトフォーム工法

NETIS CB-040060-V

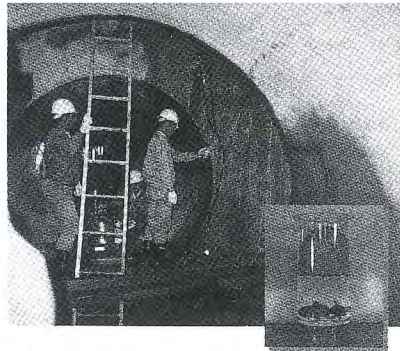


- 既設道路・水路トンネルの裏込注入工法
- シールド急曲線部の裏込注入(即時地盤反力の効果)
- シールド発進到達部の止水

漏水を瞬時にストップ!

SF-A工法

長期耐久性に優れた無溶剤
タイプのウレタン系止水材



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

ケミカルフォーム協会会員

旭ケミテック株式会社	〒150-0002 東京都渋谷区1-9-8	TEL 03-3486-5471
アルス株式会社	〒950-0944 新潟県新潟市中央区愛宕1-4-25	TEL 025-280-0337
株式会社内田工業	〒332-0032 埼玉県川口市中央青木2-12-2	TEL 048-257-0848
エコシビックエンジニアリング株式会社	〒135-0047 東京都江東区富岡1-12-4み満きビル	TEL 03-3643-7241
エスイーリペア株式会社	〒811-1313 福岡県福岡市南区日佐5-15-24	TEL 092-585-5133
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町1-2-10イトーピア日本橋SAビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共和	〒462-0846 愛知県名古屋市中区浮野町91番	TEL 052-508-6927
四国リニューアル株式会社	〒780-8027 高知県高知市高見町325-6	TEL 088-832-3320
株式会社シーテクノ	〒371-0017 群馬県前橋市日吉町3-22-3	TEL 027-235-5498
ショーレジン株式会社	〒104-0032 東京都中央区八丁堀3-14-4直平ビル	TEL 03-3551-8391
株式会社総合開発	〒768-0065 香川県観音寺市瀬戸町2-14-16	TEL 0875-25-4162
ナトリ株式会社	〒060-0052 北海道札幌市中央区南2条東4-6-1	TEL 011-251-8151
日本綜合防水株式会社	〒171-0022 東京都豊島区南池袋3-11-10ペリエ池袋	TEL 03-5950-8211
株式会社テロス・ジャパン	〒921-8005 石川県金沢市間明2-70	TEL 076-229-7260
林建設工業株式会社	〒998-0023 山形県酒田市幸町1-6-6	TEL 0234-23-3322
北陸エースコン株式会社	〒920-1303 石川県金沢市辰巳町口21番地	TEL 076-229-0050
北海道エースコン株式会社	〒062-0935 北海道札幌市豊平区平岸5条9-6-24	TEL 011-813-1818
前田産業株式会社	〒755-0032 山口県宇部市寿町3-5-23	TEL 0836-21-2666
株式会社マイティ	〒003-0822 北海道札幌市白石区菊水元町2条4-4-10	TEL 011-875-7030
株式会社マシノ	〒733-0822 広島県広島市西区庚午中1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒062-0902 北海道札幌市豊平区豊平2条1-1-1	TEL 011-820-8688
株式会社マノール	〒120-0047 東京都足立区宮城2-4-16	TEL 03-3927-1331
株式会社三原工業	〒531-0074 大阪府大阪市北区本庄東1-22-3四本ビル	TEL 06-6371-9947

協会事務局

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

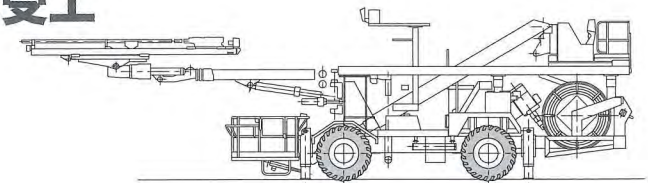
製造元 日清紡ケミカル株式会社 断熱事業部

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO AGF System

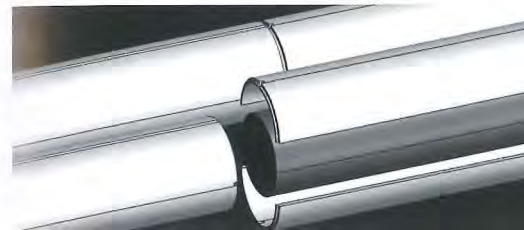
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Filling Method



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。



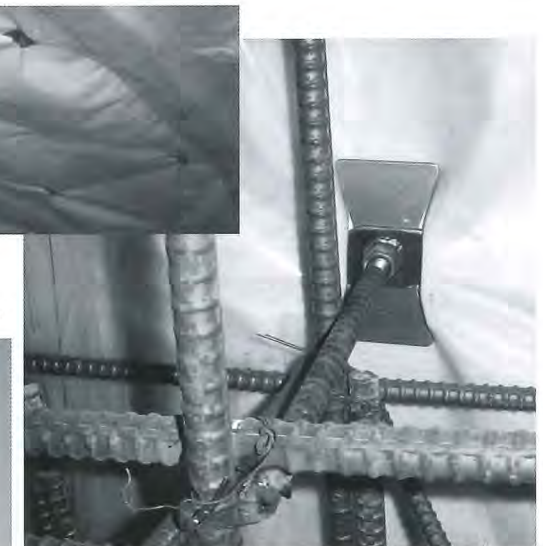
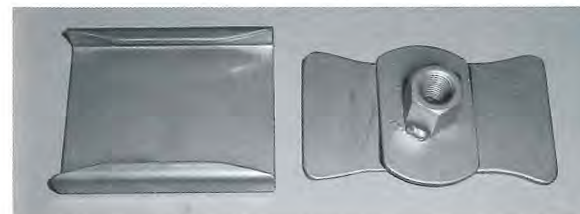
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

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. 回転プレートを押し込みます。
3. ナットを回し、止め位置まで90度右回転します(固定完了)。



東邦金属株式会社
TOHO KINZOKU Co., LTD

営業部

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

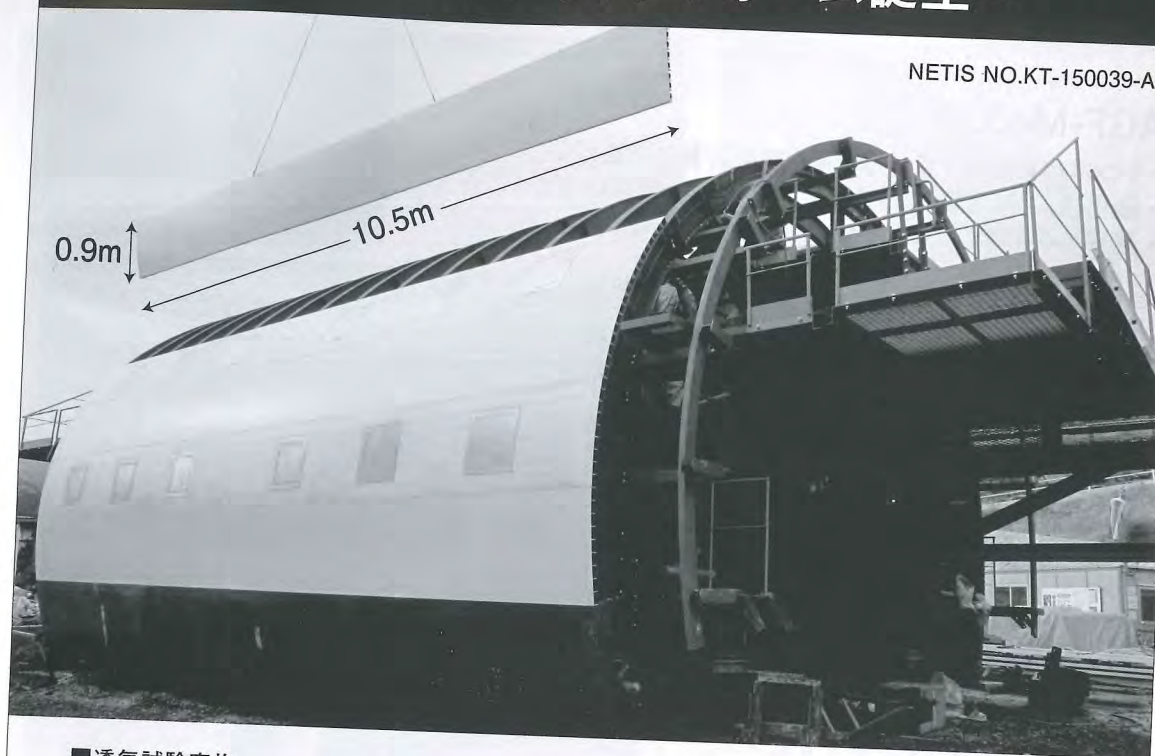
株式会社 トーキンオール

〒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)

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



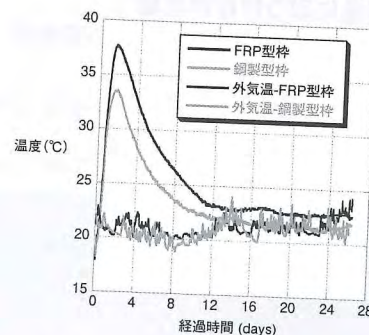
■透気試験実施



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、崎アジタ 古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

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. 高性能破碎機で工期短縮

- ・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
- ・高破碎力のCジョークラッシャで硬岩(4000kgf/cm²)にも対応可能
- ・簡単油圧セット調整で常に破碎粒度が小さく一定

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 (LT96EUGJ)

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

*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

・主要構成機器

No	名称	主仕様
1	移動式破碎機 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

〈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

最新型・電気集じん機 エコクリーンX

NETIS登録番号:KT-040047-A

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

極板放電方式
放電線をなくし消耗品の削減と断線トラブルの撲滅

少ない消費電力
同クラスのフィルター方式集じん機に比べおよそ1/4

処理風量
750m³/minから3000m³/minまで製作実績あり

高圧電源分割
集じんユニット毎の個別電圧印加により集じん効率アップ

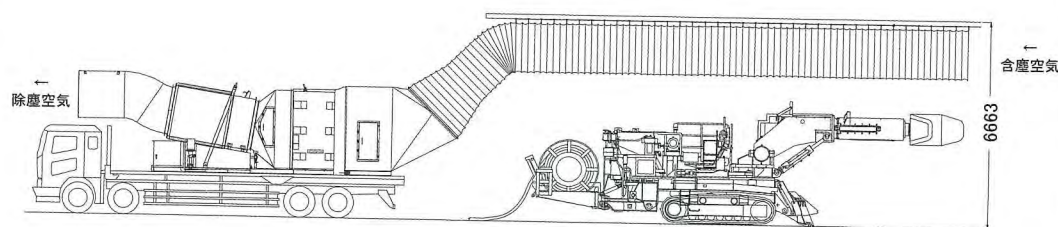
コンパクト
同クラス集じん機の中で最小

貯水タンク
自動洗浄が随時可能

オプション
自走クローラ台車
自走ホイール台車
伸縮風管...etc.



伸縮風管(軽量型φ1500,φ1600製作実績あり)



伸縮風管接続例

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



株式会社エムシーエム

<http://www.mcmcm.jp>

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

月刊推進技術 購読のご案内



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

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

申込方法

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

詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたします。

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

検索



スマホで
立読み PCでも
スタート

お問い合わせ先

月刊推進技術 編集室

<http://www.lweb.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@lweb.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。

2016年度版発売中!!

1. 内容と特長

- 過去6年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は実力テストに最適
- 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。 [推進工事技士試験](#) 検索

購入方法は
こちらから



お問い合わせ先

株式会社 LSプランニング
<http://www.lweb.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@lweb.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た。

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. ワンパスセグメント | 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

きーりーとーりー線

《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

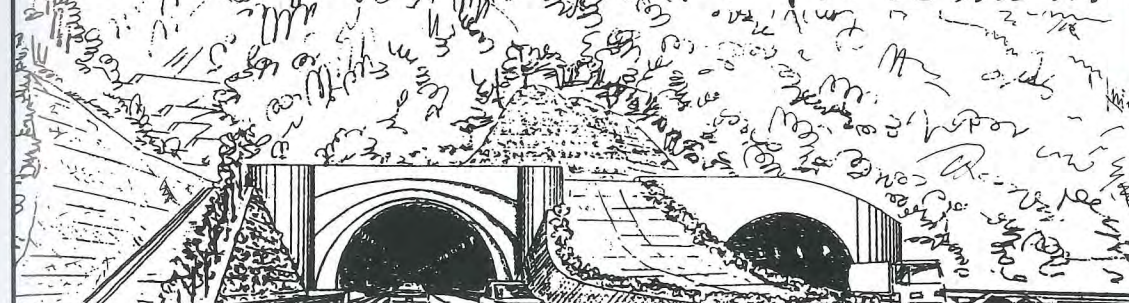
部 課 名

申込者名

印

道路、トンネル設計 (本土工、換気、防災、照明、施工管理他)

トンネル現場診断



(社) 建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会 長 田 島 利 男

代表取締役社長 清 水 洋 (技術士)

(技術士・土木学会フェロー会員)

顧問 菅 原 幹 夫

大阪支店長 亀甲谷 義 高 (技術士)

本 社: 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号 電話 (03) 3891-0711

大阪支店: 〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号 電話 (072) 691-0711

福岡支店: 〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目15番12号 電話 (092) 436-1588

沖縄営業所: 〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号 電話 (098) 870-6411



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eDevil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。

Nitro Consult

ORICA

オリカジャパン株式会社

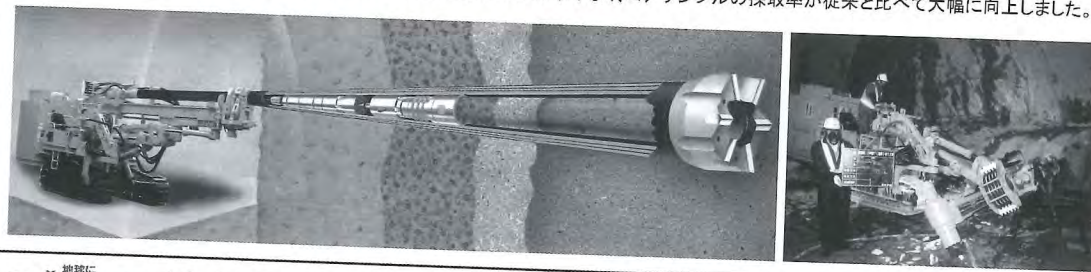
〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-7-11 虎ノ門三須ビル7F
Tel 03-5777-4681

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なう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行なえ、施工時間が大幅に短縮できます。
- 2重管ワイヤーラインサンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来と比べて大幅に向上しました。



KOKEN 鉦研工業株式会社

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

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

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

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

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

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

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



※坑内設置例
National電気集塵機クリンジェット (2,000m³/minタイプ)

株式会社 レント

特機営業課 担当者 工藤

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

RENT

取扱レンタル商品

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

コストダウンを可能にする Kリング・Kプレート

施工方法等詳細については下記までご連絡ください

製造・販売元 **静岡スチール**

〒436-0342 静岡県掛川市上西郷 765-1
TEL: 0537-24-3886 FAX: 0537-24-3859
Mail: ktk@r5.dion.ne.jp

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

トンネル覆工工事におけるアーチ鉄筋組立金物。

②トンネル覆工鉄筋防水シート接着ジベル筋組立 (Kプレート) 特許出願中 (特願 2015-037746 号)

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



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

鋼製支保工を設置した場合もKプレートを使用することが可能です。



Kプレートで鋼製支保工を固定。架台の鋼製支保工の固定にも使用できます。

好評発売中

地形にも人相がある 地形の性質を知ろう!



トンネル技術者のための 地相入門

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

《主要目次》

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

図・表・写真
288点収録

お申し込みは当社へ FAX, または、お近くの書店にてお申し込みください



株式会社 **土木工学会社**

〒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



Clever Conveying



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



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



H+E Logistik GmbH
日本代理店



山崎マシーナリー株式会社

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

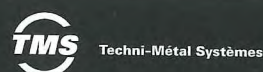
担当: 森永

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

濁水処理からズリ出しまで
トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0 m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



10T ダンプ



4.5 m³ ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



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

トンネル工事について思うこと

小島 滋 5

■研究

覆工施工目地近傍の品質向上対策と効果

河内 正道・目崎 浩二・宮田 和実・細田 暁 55

■施工

遠隔装填システムによる装薬作業の完全自動化への取り組み

—国道45号 山田第2トンネル—

木村 匠・藤原 正雄・高橋 望・小西 克典 7

復興支援道路最長のトンネルを合理的な地山評価と施工法で掘削

—宮古盛岡横断道路 新区界トンネル—

佐々木 稔・大矢 剛・西川 幸一・北村 義宜 15

大深度・高水圧下での凍結工法による地中接合部の拡幅

—東京下水道 隅田川幹線—

武見 敏靖・堀 浩之・下村 義直・高松 伸行 27

ヤマモト **たくがんき**

無騒音 無振動 静かな破碎

超大型油圧破碎機

YTB 1120

トンネルビッカー

ヤマモトロックマシン株式会社

本社 東京都千代田区丸の内2丁目4番1号 丸の内ビル 903区

☎ (03) 3201-0701(代)

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

仙台営業所 (022) 792-4534(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (088) 892-4048(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)

大規模再開発施設と既存地下通路を矩形シールドで結ぶ

—銀座六丁目10地区再開発事業—

諸橋 敏夫・品田 康二・廣井 利行 49

■連載講座

セグメントの新技术Ⅱ(2)

—RC・新素材セグメント(1)—

「セグメントの新技术Ⅱ」連載講座小委員会 63

■現場だより

「復興まちづくり」の盛んな岩手県大槌町より

洲崎 伸治 14

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

出会いとタイミングを大切に—トンネル技術者から地下空間全般の技術者へ—

粕谷 太郎 37

■資料

土木情報

編集部 26

トンネルジャーナル

編集部 36

文献紹介

編集部 48

工法・技術・製品ニュース

編集部 62

トンネルワールドニュース

JTA 国際委員会 72

■会報

会報

日本トンネル技術協会 73

【表紙説明】

大規模再開発施設と既存地下通路を矩形シールドで結ぶ

—銀座六丁目10地区再開発事業—

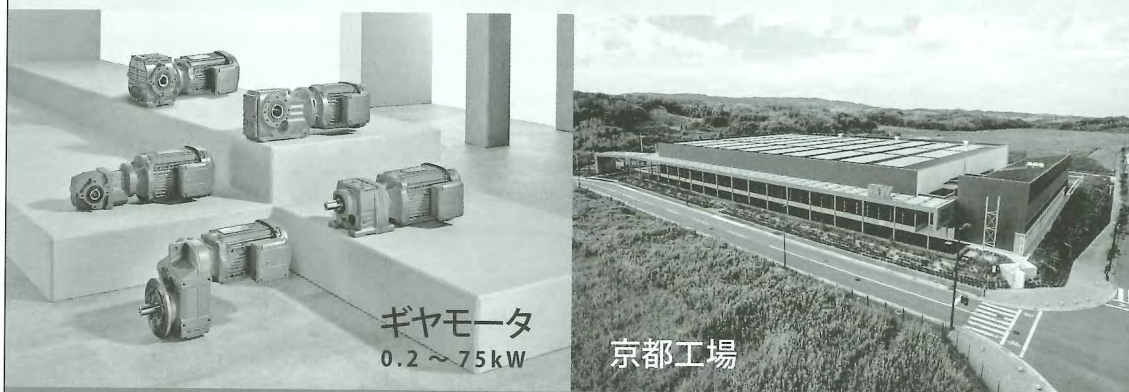
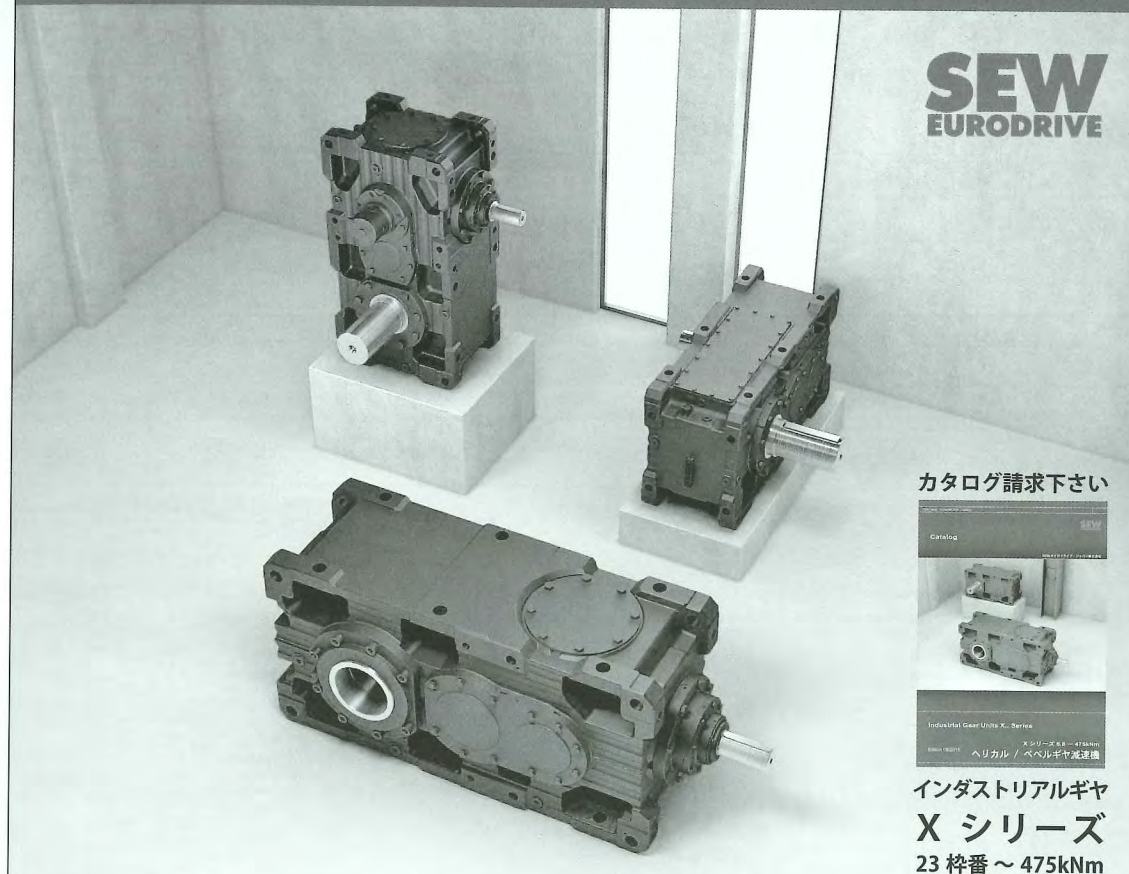


2017年4月20日に銀座エリア最大の商業施設である「GINZA SIX」がグランドオープンした。地下鉄銀座駅および東銀座駅につながる既存地下通路から「GINZA SIX」に直接接続する地下連絡通路の整備にあたり、地元沿道の要望により、非開削工法である矩形シールド工法を採用した。写真は、地下通路内完成状況である。

〔写真提供：鹿島建設(株)〕(本文49頁参照)

《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

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

SEW 検索

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	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

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路
掘削状況



施工例



トレンチャーによる
施工

トレンチャーの性能・諸元

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

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

ワールド開発工業株式会社

●本社/営業部 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484

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

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

小山 幸 則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

〔編集参与〕

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

〔委 員〕

砂 金 伸 治 国立研究開発法人土木研究所つくば中央研究所 道路技術研究グループ(トンネル)上席研究員	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

超流バランスセミシールド工法

超流セミシールド協会

貫入リング押出し回転切削型接合法



φ1500mm 貫入リング回転切削型掘進機(接合切削時)

① 人孔直接到達

② 到達作業省略形

③ 到達地盤改良省略

④ 急曲線・高深度施工

貫入リング回転切削型接合法の特徴

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

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法



φ1016mm鋼管対応リターン回収機能付掘進機

① 地下水位以下の施工が可能

② 高水圧対応

③ 長距離・曲線施工

④ 到達立坑不要

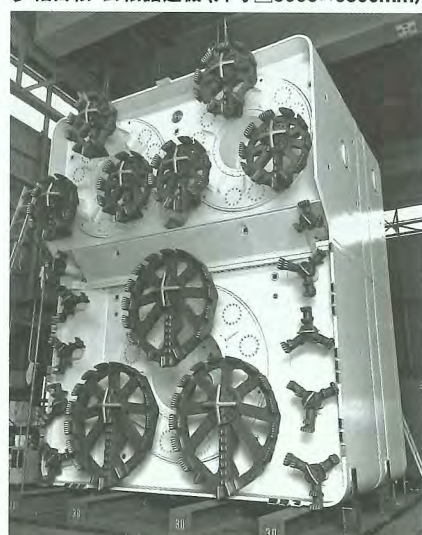
密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法の特徴

- JIS鋼管φ812～φ1219に対応可能(角鋼管も対応可能)
- 密閉型掘進機のため、高水圧下においても施工可能
- 長距離・急曲線推進が可能
- 軟弱層～粘性土層～硬質土層に対応可能
- 到達回収立坑がない場合でも、迅速な引き戻し回収が可能

ボックス推進工法

ボックス推進工法協会 NETIS QS-100019-A

多軸自転・公転掘進機(外寸□5000×6300mm)



① 経済性

② 工期短縮

③ 狭路施工技术

④ 地表面への影響低減

⑤ 短距離からの施工

ボックス推進工法の活用例

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



カッタービット軌跡

ボックス推進工法の特徴

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

協会事務局・技術本部

株式会社 アルファシビルエンジニアリング

αCIVIL

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

建設コンサルタント登録番号: 建28第8677号
測量登録番号: 登録第(3)-30507号
建設許可番号: 国土交通大臣許可(特-28)第19193号

※各工法協会員名簿については、ホームページをご参照下さい。

トンネルと地下 VOL.49 No.1 掲載概要

掲載頁
7

遠隔装填システムによる装薬作業の完全自動化への取り組み

—国道45号 山田第2トンネル—

国土交通省 木村 匠

山岳トンネル工事では、機械化による作業の省力化と安全性が図られているものの、依然として切羽での岩石の落下(肌落ち)などによる労働災害がたびたび発生している。爆薬の装填作業は、肌落ちや崩落の発生の可能性が高い切羽に密着しての長時間の人力作業であり、作業環境や姿勢からかなり苦渋性の高い作業といえる。

安全性の向上のため、装薬作業をできるだけ切羽から離れて行うこと、作業姿勢の改善、装薬の機械化および全自動化を目的とした爆薬の遠隔装填システムを本トンネル工事に導入した。

本稿では、システムの概要を述べるとともに、装薬作業時の安全性の向上や苦渋作業の解消、密装填による発破効果の向上、装薬作業時間の短縮が図れたことを報告する。

Fully Automated Charging of Explosives Using Remote Loading System —the National Route 45, the Yamada Dai-Ni Tunnel—

By Takumi Kimura, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

Many industrial accidents in mountain tunnel works still occur due to fall of loosen-rock from the face despite promoting labour-saving and security through mechanization. Loading explosives is time-consuming manual work close to high faces on which there is the potential for rocks to fall or collapse and gives physical burden due to the working environment and posture.



写真は爆薬の遠隔装填装置

In order to improve safety, we introduced a remote explosive loading system to these tunnel works with the aim of conducting loading work from as far away from the face as possible, improving working posture, mechanizing loading and implementing full automation.

Along with giving an outline of the system, this report contains information on safety improvements during loading work, resolving physical burden, improving blasting effects through densely loading and reducing loading work time.

掲載頁
15

復興支援道路最長のトンネルを合理的な地山評価と施工法で掘削

—宮古盛岡横断道路 新区界トンネル—

国土交通省 佐々木 稔

新区界トンネルは、岩手県宮古市と盛岡市の市境に位置する全長4,998mの長大トンネルである。本トンネルの地質は、連続性に乏しく、かつ、きわめて複雑な地層を形成する付加体である。粘板岩と蛇紋岩からなる破碎帯区間では、大規模な支保崩壊や天端部の崩落が発生し、施工が著しく難渋した。そこで日々の切羽観察に加えコンピュータジャンボで得られる穿孔エネルギーデータを利用した地山評価を行い、合理的な支保パターンの選定(高耐力支保、早期閉合、補助工法の要否など)を行った。また、A・B計測データをもとにした数値解析などを通じて支保パターンの妥当性を検証した事例について報告する。

Reasonable Ground Evaluation and Excavation for the Longest Tunnel on a Reconstruction Assistance Projects —the Miyako-Morioka Odan Road, the Shin-Kuzakai Tunnel—

By Minoru Sasaki, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism



写真は支保変状状況(葉片状蛇紋岩)

The Shin-Kuzakai Tunnel is 4,998m in length and located on the border between Miyako city and Morioka city in Iwate Prefecture. The geological condition of this tunnel is consisted of accretionary prism which is lack of continuity and forms extremely complex strata; large-scale breaks of tunnel supports and collapse of crown occurred in the fracture zone made up of slate and serpentine. Then the works became exceedingly difficult. Therefore, in addition to daily face monitoring, we conducted ground evaluation using drilling energy data obtained with a face drill rig and reasonable tunnel support selection (high-strength supports, early-stage closing and the necessity of auxiliary methods). Through numerical analysis based on A/B measurement data, we verified the validity of support patterns.

隅田川幹線は、千住地区における雨水排除能力の向上とポンプ施設の再構築を目的とし、既設の2か所のポンプ所の雨水を新設するポンプ所に送水するために布設するもので、外径5,500mm、延長3.11kmのシールドトンネルを泥水式シールド工法で施工したものである。この幹線の発進立坑から約1.2km地点において、幹線の発進側と到達側にあるポンプ所からの雨水を新設ポンプ所に流入させる外径6,350mmのシールドトンネルを連結する必要がある。当該箇所において凍結工法を用いてシールドトンネルの拡幅を行った。本稿は、この拡幅工事の概要と拡幅の補助工法である凍結工事について報告するものである。

Enlarging Underground Junction in High Water Pressure Deep Underground Using the Freezing Method —Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government, the Sumida-Gawa Sewer Main—

By Toshiyasu Takemi, Tokyo Metropolitan Government

The Sumida-gawa Sewer Main is a shield tunnel of 3.11km in length and an outer diameter of 5,500mm constructed with a slurry shield TBM in order to convey the stormwater from two existing pumping stations to a newly-constructed pumping station with the aim of improving stormwater drainage capacity and reconstructing pumping facilities in the Senju District. At a point approximately 1.2km from the launching shaft, it was necessary to connect this to a shield tunnel of 6,350mm in diameter which conveys stormwater from two pumping stations at the launching and arrival shafts of the sewer main to the new pumping station and the shield tunnel was enlarged at the junction with the freezing method. This report contains an outline of the widening works and the freezing works which were an auxiliary method for enlarging.



写真は凍土面防熱材設置状況

都市部の再開発事業において施設建築物と既存地下通路や地下鉄駅などを接続する新設地下通路を整備するケースが増加している。新設される地下通路工事では、一般的に土かぶり小さいために開削工法を採用することが多い。しかし、地元沿道への配慮や施工条件の制約により非開削工法が採用される場合がある。

2017年4月20日、銀座エリア最大の商業施設である「GINZA SIX」がグランドオープンした。この商業施設には、地域貢献の一環として地下鉄銀座駅および東銀座駅につながる晴海通りの既存地下通路から「GINZA SIX」に直接接続する地下連絡通路を整備することが計画され、地元沿道の要望により、非開削工法である矩形シールド工法を採用することとなった。

本稿では、今回施工を行った地下連絡通路整備工事の矩形シールド工事について報告する。

Connecting Large-Scale Redevelopment Facility and Existing Underground Passage with a Rectangular Shield TBM —Ginza 6-Chome 10 Redevelopment Project—

By Toshio Morohashi, Kajima Corporation

There is an increase in cases of providing new underground passages that connect a new building to existing underground passages or an underground stations in urban redevelopment projects. The cut-and-cover method is used frequently in works to newly install underground passages as they are installed shallowly in general. However, there are cases in which the trenchless method is used due to consideration of local roadside area and restrictions in construction conditions.

The grand opening of GINZA SIX, the largest commercial facility in the Ginza area, took place on 20th April, 2017. As part of contribution to the community, it was planned that this facility would provide the underground passage which directly connect GINZA SIX to the existing Harumi Dori underground passage that links Ginza and Higashi-Ginza Metro Stations. The rectangular shield TBM, a trenchless technique, was used according to the requirements of local roadside area.

This report contains information on the rectangular shield TBM to provide underground connecting passages in this construction.



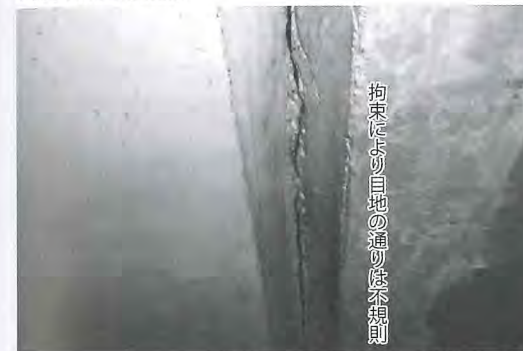
写真はシールド到達状況

覆工コンクリートの施工目地近傍に不具合が多いことは、これまでも論じられてきた。本稿では、国土交通省の管理する道路トンネル点検データの分析結果の一例をもとに施工目地近傍に変状が生じやすいことを改めて確認した。その要因として、施工中に施工目地近傍に生じる不具合が考えられるため、その不具合の発生原因について、今回施工した実トンネルでの計測結果なども踏まえて筆者らの考えを示す。さらに、推定した原因をもとに施工目地近傍の不具合を抑制するための対策を考案し今回施工した実トンネルに適用したのでその効果についての検証結果を報告する。

Quality Improvement Measures and Results around Constructing Joints of Tunnel Lining

By Masamichi Kouchi, Nishimatsu Construction Co., Ltd.

There has been much discussion concerning the fact that there are many defects around constructing joints of tunnel lining. This report reconfirmed that it is easy for deformation to occur around constructing joints of tunnel lining based on an example of results of analysis of inspection data of road tunnels managed by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport. The cause of this can be thought to be defects that occur around constructing joints during lining, we show the authors' thoughts about the causes of the defects that occur based on measurement results in actual tunnels that have been constructed. Furthermore, we discuss measures in order to control defects around constructing joints of tunnel lining based on presumed causes and report on verification results of these effects applied in actual tunnels that were constructed.



(未対策箇所)



(対策箇所)

写真は施工目地近景

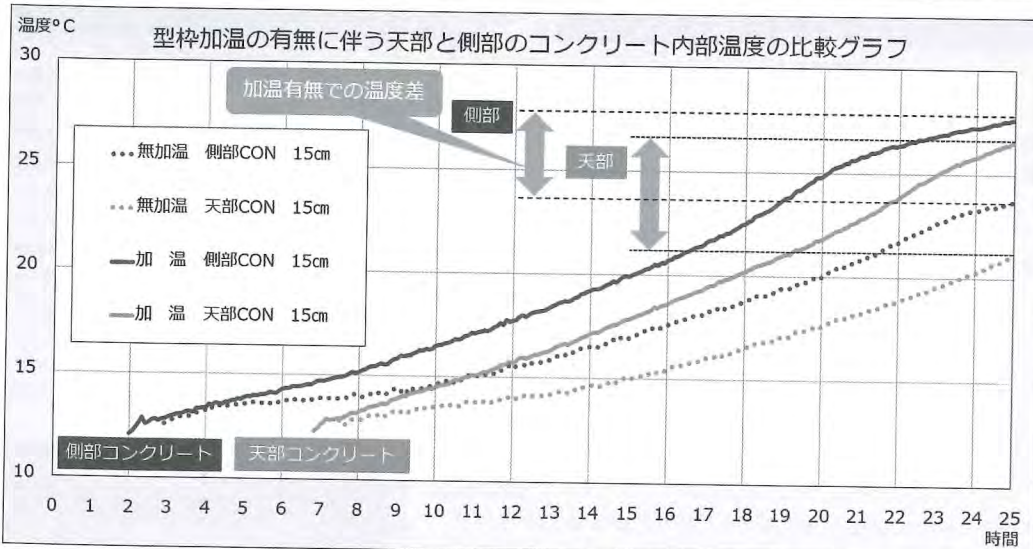
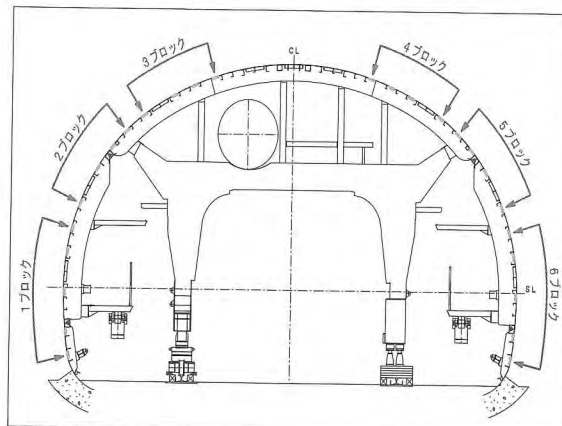
面状発熱体シートによるセントル加温養生システム

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 (CO₂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

5
巻頭言

(題字 谷口博昭会長)



トンネル工事について思うこと

鉄道・運輸機構副理事長(本協会副会長)

小島 滋

新年あけましておめでとうございます。旧年中は会員の皆様には日本トンネル技術協会へのご支援・ご協力を賜りありがとうございました。

私の所属する鉄道・運輸機構は、前身の日本鉄道建設公団時代から一貫して鉄道トンネルの建設に携わって参りました。青函トンネルは言うまでもなく、北越北線鍋立山トンネルや上越新幹線の長大トンネル群など、多くの路線でトンネル建設の難工事をこなしてきました。平成に入ってから、整備新幹線における八甲田トンネルや飯山トンネルなど、トンネル延長ランキングを何度も塗り替えるような長大山岳トンネルの掘削を経験して参りました。また、JR東西線、東京臨海高速鉄道線およびみなとみらい線など、山岳とはまた違った難しい条件を持つ都市トンネルも経験して参りました。

一方で、こうしたトンネル工事が多くの事故やトラブルを伴ってきたのもまた事実です。トンネル工事においては事故防止を第一に施工を進めておりますが、それでもNATMにおいては、切羽の小規模な肌落ちから昨年の北陸新幹線トンネル工事における地表面陥没まで、当機構の工事においても大小のトラブルが現在でも発生しております。こういった事故を防ぐためにも、これまでのトンネル施工で得られた知見が現在施工中のトンネルに適切にフィードバックされなくてはなりません。

他方、シールド工法は安全面で優れた施工方法ですが、コスト面で不利なことから、当機構ではシールド工法とNATMの利点を併せ持つSENSを開発しました。当初においては、NATMでは補助工法に多額のコストと作業時間を要する未固結小土かぶりの地山にSENSを用いてきましたが、最近では北海道新幹線の羊蹄トンネルなど、巨礫を含む軟弱地山にも適用範囲を拡大しております。

また、当機構が都市鉄道利便増進事業として建設中の神奈川東部方面線においては都市トンネルとして初めて前述のSENSを採用することにより、セグメントを用いた通常のシールド工法と比較して大幅なコスト削減を実現しました。さらに、羽沢トンネルにおいては、一つのトンネルの途中で地上構造物および地質条件を鑑み、覆工構造をセグメントとSENSによる場所打ちライニングに切り替えを行って工事を進めています。これにより、SENSの適用範囲の拡大が期待されます。加えて、西谷トンネルで使用した

シールドを羽沢トンネルに転用するなど、トンネル建設コストの更なる縮減にも取り組んでおります。

また、近年は都市における地下空間の活用が改めて注目されており、同路線の綱島駅付近において当初東急東横線直上に2階建ての高架構造として計画されていたものを、地下化することによって、より環境にやさしい鉄道とするルートを設定することができました。

この結果、新綱島駅は地表から約40m程度の深い位置に建設することとなり、高地下水位に対抗するため、土留めには高い剛性と止水性を要求され、地上の用地幅の制約にも対応するため、ソイルセメント鋼製地中連続壁を本体利用するという鉄道駅としては世界初の試みを行い、コスト縮減を図っています。

これらトンネルの新技术はもちろん、鉄道・運輸機構の独力でできたわけではなく、トンネル建設に関係するすべての技術者・団体・企業が結集して技術力を磨き上げて完成されたものであります。トンネル工事は、言うまでもなく、ルート踏査、地質調査から始まり、挙動解析・設計、適切な建設機械や施工技術の開発、計測技術、環境対策、工事保安対策など、さまざまな分野にかかわる技術・人材が一丸となってトンネルの完成に向けて努力された結果、世界に類のないトンネル技術の向上を見ることができました。

私どもの鉄道トンネルばかりでなく、道路や上下水道においては、トンネル施工の総延長は鉄道をはるかに上回り、また大断面トンネルも施工されており、こちらでも多大なトンネル掘削データや知見が蓄積され、トンネル技術の幅が広がってきました。これらトンネルの建設によって得られた技術・知見・ノウハウのすべてが、今後、すべての新しいトンネルの施工に有意義に承継され、生かされていかななくてはならないと考えます。

さらに、近年、数値解析や電算処理能力が発達して、地質・地形データや切羽図などの掘削情報を3次元的に解析・処理し、CIMによってよりビジュアルに表示できるようになるなど、より地山に適合した工法や施工パターンの選定に大いに貢献しています。これまでの多くのトンネル施工に従事された諸先輩方による知見とともに、これら新技术を活用することにより、より安全でかつ効率的なトンネルの施工が実現するものと考えております。

トンネル施工に関するこれら多くの知見を承継し、新技术を活用していくためには、トンネルの発注者・受注者・協力会社、更には鉄道・道路・下水道など使用目的の垣根を越えて、情報の交換・共有がなされることがきわめて重要と考えます。その垣根を越えるために、本協会の役割は非常に大きいと考えます。

トンネル技術を更に向上させ、引き続き明日の社会発展に貢献するため、本協会ならびに会員をはじめとする関係の皆様の更なるご尽力をお願いし、今後、会員の皆様のますますご発展を祈念いたし、年頭のご挨拶といたします。

施工

遠隔装填システムによる装薬作業の完全自動化への取り組み

—国道45号 山田第2トンネル—

国土交通省東北地方整備局三陸国道事務所建設監督官 木村 匠
熊谷・アイサワ・株木特定建設工事共同企業体所長 藤原 正雄
熊谷・アイサワ・株木特定建設工事共同企業体副所長 高橋 望典
熊谷・アイサワ・株木特定建設工事共同企業体監理技術者 小西 克典

1 はじめに

山岳トンネル工事では、機械化による作業の省力化と安全性が図られているものの、依然として切羽での岩石の落下(肌落ち)などによる労働災害がたびたび発生している。また、肌落ちによる死傷災害は休業4日以上が62%¹⁾となっており、発生した場合の重篤度が高いのが現状である。

切羽には一切立ち入らず工事を行うことが理想であるが現実的ではなく、切羽に立ち入る作業員の安全を確保することが重要である。すなわち、切羽に立ち入る機会を極力少なくするための対策が求められる。

切羽作業の中で、発破方式における爆薬の装薬作業は、とくに機械化が進んでおらず、肌落ちや崩落の発生の可能性が高い切羽に密着しての長時間の人力作業となっている。また、すべての孔に爆薬および込め物を挿入し、込め棒で突いて装填する作業のくり返しは、疲労度の高い作業である。これに加えて、作業環境や姿勢などが厳しい状況での作業もあるため、かなり苦渋性の高い作業といえる。

切羽での危険性回避のため、装薬作業をできる

だけ切羽から離れて行え、作業姿勢の改善が図れる「爆薬の遠隔装填システム」を国道45号山田第2トンネルにて導入した。

本稿では、導入現場および爆薬の遠隔装填システムの概要について述べる。

次に、本工事においてシステムを導入した結果、爆薬の装薬作業時の安全性の向上や苦渋作業の解消、爆薬・込め物の密装填による発破効果の向上のほか、従来の人力作業による装薬に比べ装薬作業時間の短縮、発破の効率化が図れたことを報告する。

2 工事概要

2-1 工事概要

三陸沿岸道路のうち山田宮古道路は、山田町山田(山田IC)～宮古市金浜(宮古南IC)を結ぶ延長約14.0kmの自動車専用道路である。

本工事は、東日本大震災における復興道路の整備を効率的に推進させるために、複数の工種・構造物を一括して施工する発注ロットの大型化(大ロット工事)を図ったものであり、トンネルとインターチェンジを含む道路土工からなる全工区延長約4.0kmの工事である。

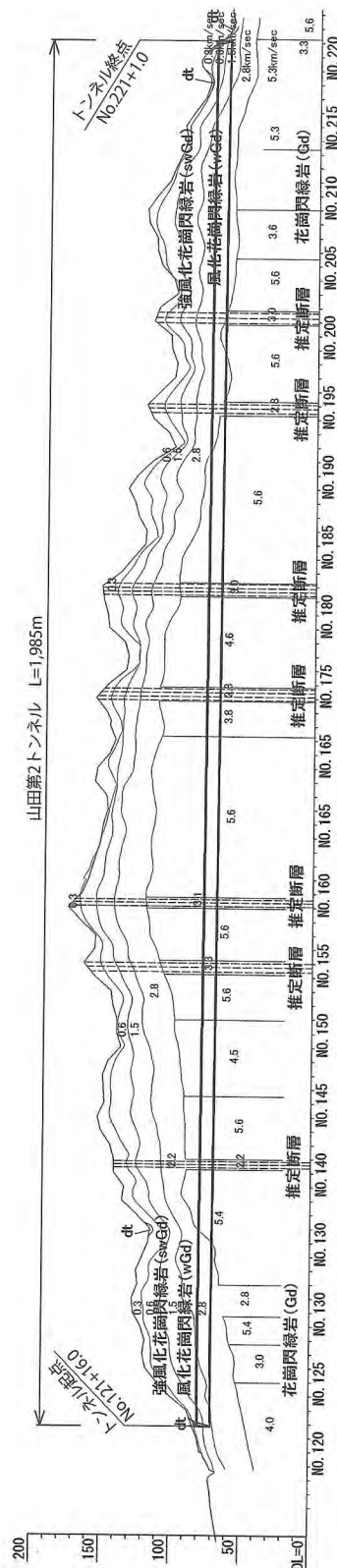


図-1 地質縦断面図

工事名：国道45号山田第2トンネル工事
 発注者：国土交通省東北地方整備局
 施工者：熊谷組・アイサワ工業・株木建設特定建設工事共同企業体
 施工場所：岩手県下閉伊郡山田町山田～宮古市津軽石大森地内
 工期：2013(平成25)年11月26日～2017(平成29)年3月24日
 工事内容：トンネル工
 トンネル延長：1,985m
 掘削断面積：約100～130m²
 掘削方式：発破掘削
 道路改良
 切土約18万m³，盛土約48万m³
 函渠工5基，法面工ほか

2-2 地形・地質条件

図-1に示すように、トンネルの基岩は中生代白亜紀の花崗閃緑岩で構成される。CM～CH級の硬質な地質が主体であるが、全体に割れ目に富み、肌落ちしやすい岩盤状況が予想された。最大土かぶりは90mで7か所の断層破碎帯が確認されている。なお、坑口付近は、強風化花崗閃緑岩(マサ土)が厚く分布している。

2-3 本工事へのシステム導入経緯

当該現場の発注者である東北地方整備局三陸国道事務所では、トンネル工事受注者などで構成された「三陸国道事務所トンネル工事安全施工検討会」を組織し、「安全施工のための作業標準」²⁾を発刊するなど、トンネル工事全体のより一層の安全性向上に積極的に取り組んでいる。

本工事における施工中の安全対策として、鏡吹付けコンクリートの実施、エレクトラ付き大容量吹付け機による早期支保の実施、作業員との接触災害の防止を目的に重機車両には後方監視カメラを導入した。

また、本トンネルの地質は前述のとおりトンネル横断方向に垂直に亀裂の発達した剥落しやすい花崗閃緑岩を主体としており、施工計画当初より安全重点項目として切羽での肌落ち災害の防止が挙げられた。

通常、トンネルの地質状況は、坑口付近のボーリングと地表面を起受振とした弾性波探査により想定しているが、突発湧水や地質急変による事故・災害が発生しているのが現状である。

本工事では、トンネル掘削時の発破振動を利用した弾性波探査³⁾や推定断層帯におけるコアボーリングの実施により、切羽前方の地質状況の見える化を行った。

また、切羽にもっとも近接し長時間の人力作業となる爆薬の装填作業において、切羽面との離隔(1.5m以上)を確保し、装填作業の安全性の向上を実現できる「爆薬の遠隔装填システム」を導入した。

3 爆薬の遠隔装填システム

3-1 開発経緯

本システムは切羽での肌落ち災害の回避のため、装填作業をできるだけ切羽から離れて行うこと、作業姿勢の改善、装填の機械化および全自動化を目的に、爆薬の遠隔装填システムの開発・実用化を行ってきた³⁾。

1996(平成8)年より開発を始め、試験施工をくり返し行ったうえで、2001(平成13)年より現場にて本格稼働させている。その後も改良を重ねて、現在まで22のトンネル現場での採用実績がある。

3-2 システム概要

爆薬の遠隔装填システムは図-2、3に示すように、台車に搭載した遠隔装填装置および装填ホース、装填パイプ、手元操作盤からなっている。爆薬の遠隔装填装置(写真-1参照)は爆薬供給、込め物供給、装填機の各装置とこれらを制御する装置で構成されている。

(1) 爆薬(増ダイ)供給装置

爆薬を供給ホッパからコンベヤで反転シュートに落下させ、センサにより通過を確認し、確実に1本ずつ装填機に供給する(写真-2参照)。

なお、爆薬の供給は、通常の梱包仕様

のものを開封し、供給ホッパにそのまま並べて入れるだけのため、準備作業は全く必要としない。

(2) 込め物供給装置

込め物供給振動フィーダ(写真-3参照)により、込め物を自動整列させ、指定本数を装填機に連続供給することができる。

込め物は不安定な粘土を用いているため、運搬中にも変形することが多く、装填ホース内で閉塞を生じることから、鼓形の四方ロールによる整形により形状を一定にしたのち、装填機に供給する(写真-4参照)。

(3) 装填機

装填機は、センサにより爆薬と込め物の通過および本数を確認し、バルブを閉じ、低圧(3kg/cm²以下)のエアにより搬送する(写真-5参照)。このときに少量の水を強制的に混入することで、ホース内搬送時の静電気発生と閉塞を防止している。

(4) 装填ホースおよび装填パイプ

装填ホース(φ28mm)は、高い断面保持能力と一

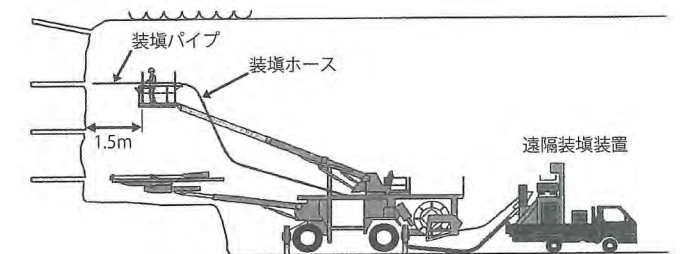


図-2 爆薬の遠隔装填システム全体図

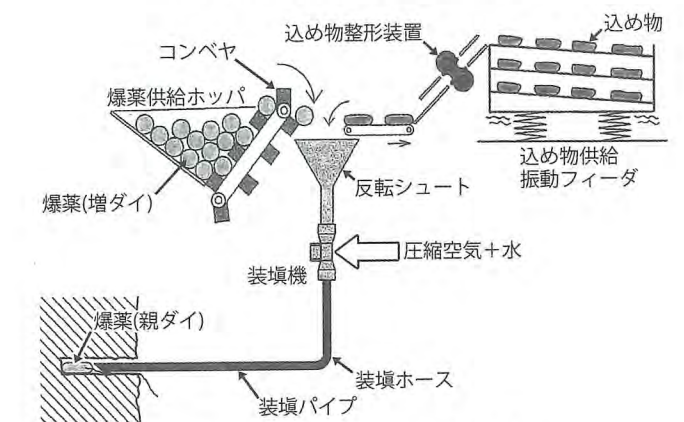


図-3 爆薬の遠隔装填装置の構成図

定のフレキシブル性を有し、ハンドリングも良く、しかも帯電を防止できる導電性ホースを使用している。

さらに、ホースの内壁にらせん状の溝があり、そこに水を溜めることにより、より静電気発生防止に努めている。

装填パイプ($\phi 28\text{mm}$, $L=2.7\text{m}$)は、絶縁性および剛性が高い軽量のCFRP(炭素繊維強化プラス



写真-1 爆薬の遠隔装填装置



写真-2 爆薬(増ダイ)供給装置



写真-3 込め物供給振動フィーダ

チック)製を使用しており、離れた位置から発破孔に容易に挿入することができる。

親ダイは、装填パイプ先端に装着し、パイプを発破孔奥まで挿入し、エアにより孔内に送り出す方式のため、雷管には衝撃が加わらない。雷管の脚線は、装填パイプの外側を通してあるため、増ダイや込め物の搬送・装填時に傷つける危険性がない。



写真-4 込め物整形ローラ



写真-5 装填機



写真-6 手元操作盤

(5) 手元操作盤および制御装置

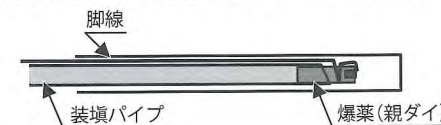
切羽作業員が操作する手元操作盤と装填装置の制御盤の信号伝送は、無線で行うことで取り扱いを良くしている(写真-6参照)。そのため、作業を確認しながら、手元操作盤により切羽作業員自ら装填指示を出すことができる。そのときの作業内容は、動作確認音とともに、装填装置本体の表示盤にも表示されている。なお、装填する爆薬は手元操作盤で設定することができる。

制御装置には、装填ホースの内圧および静電気防止装置の監視、爆薬および込め物の数量管理、操作ミスによる誤動作防止などの安全対策を施している。

(6) 爆薬および込め物

爆薬および込め物は、爆薬の遠隔装填システム専用品であり、薬包径 $\phi 25\text{mm}$ 、薬包長180mm、薬量100gの含水爆薬と、 $\phi 26 \times 100\text{mm}$ の込め物を使用する。

①親ダイを装填パイプの先端に取り付け、発破孔に挿入する。

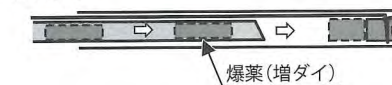


②親ダイを発破孔の孔尻へエアにより送り出す。

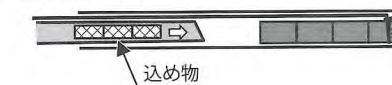


③増ダイを手元の操作ボタンで所定の数量を設定する。

④増ダイ発射指令ボタンを押すと、後方の遠隔装填装置より、増ダイが連続的に装填ホース・装填パイプ内を圧送され、孔内に装填する。



⑤増ダイの装填完了後、込め物装填指令ボタンを押すと、所定数の整形された込め物が、増ダイ同様に、遠隔装填装置より、圧送・装填する。



⑥装薬完了、装填パイプを引き抜く。



図-4 装薬手順

3-3 装薬手順

装薬手順は、図-4に示すように、まず親ダイを装填パイプの先端に取り付け、発破孔の孔尻へエアにより送り出す。

次に、増ダイは手元の操作ボタンで所定の数量を設定し、増ダイ発射指令ボタンを押すと、後方の遠隔装填装置より、連続的に設定数の増ダイが孔内に圧送・装填される。すべての増ダイの装填完了後、込め物装填指令ボタンを押すと、所定数の連続整形された込め物が同じ装填装置を通じて圧送される。

以上のように、親ダイをパイプ先端にセットし、孔内に挿入後は手元のボタン操作のみで、増ダイ、込め物が後方の遠隔装填装置よりホースを経由して全自動で圧送・装填が可能である。このように、装薬作業途中で装填パイプに増ダイや込め物を逐次挿入し装填する必要はない。

4 システム導入による効果

4-1 安全性向上および苦渋作業の軽減

従来の人力による装薬では、写真-7に示すとおり作業員は切羽に長時間密着した状態で、爆薬と込め物を挿入し、込め棒で突くという作業となる。

一方、爆薬の遠隔装填システムによる装薬は、写真-8から明らかなように、切羽から1.5m程度離れたところから、比較的楽な姿勢で装薬作業を行える。

作業員からは「初めは人力による装填作業の方が作業性が良いと思っていたが、機械の特性を理解し、使い慣れていくに従い、切羽作業の安全向上はもとより、楽な体勢で装填作業が行えることから肉体的疲労も軽減され、結果的に掘削サイクルが向上できた」「次の工事でも使用したい」などのコメントがあり、苦渋作業の解消のメリットが高く評価され、遠隔装填システムの積極的な使用につながったと考える。

これにより、装薬作業の安全性が現実的に向上しただけでなく、切羽作業に対する安全意識の高揚にもつながり、切羽災害ゼロで掘削を完了できたものとする。



写真-7 人力による装填作業(従来の装填方法)



写真-8 遠隔装填による爆薬装填作業

4-2 発破効率の向上

通常の人力による爆薬・込め物の装填は、図-5に示すように、数本を同時に孔内に挿入後、込め棒で押しつけて装填させる場合が多く、込め棒に当たった爆薬のみが押しつぶされるため、均一な装填がされにくい。しかし、爆薬遠隔装填システムによる爆薬および込め物の装填は、一定のスピードで孔内に送り込まれ、個々に押しつぶされるため、密充填状態となる。

模擬火薬と模擬孔を使用した装填実験では、写真-9に示すように、人力に比べ同一材料で装填長が30~40%程度短くなり、孔奥に集中した密装填となっていることがわかる。この結果、爆力が強かつ安定するため、破砕威力が大きくなり、薬量の低減につながるものと考えられる。

本工事において、標準的なCIパターンに比べると、薬量は全般的に10%程度低減しており、硬質な花崗閃緑岩においても発破の効きが良く、とくに隅踏まえ部の掘削には効果的であった。

4-3 装薬作業の効率化

本トンネルの着手前に施工していた同じ東北地方の山岳トンネル工事における爆薬の遠隔装填システムを使用した機械装填と人力装填の装薬作業時間の比較(図-6)によると、1孔あたりの平均装薬時間は、人力装填27秒/孔に対し、機械装填15秒/孔と12秒ほど早く、約45%の装薬時間の短縮となる結果⁵⁾となった。これは、人力装填では爆薬および込め物を挿入し込め棒で突いて装填する

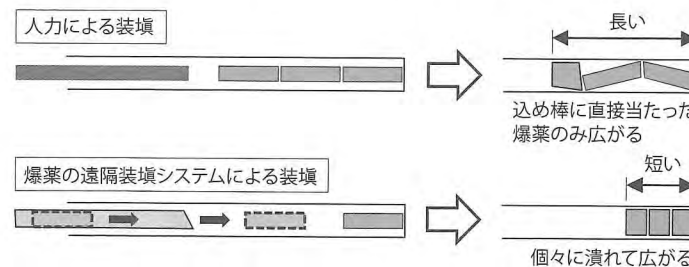


図-5 充填状況の模式図

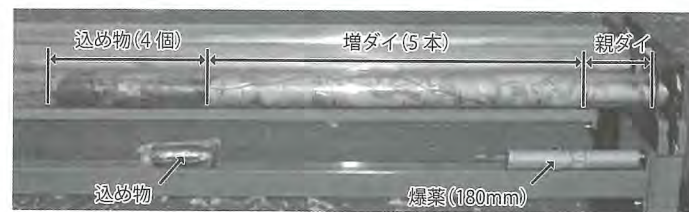


写真-9 模擬の爆薬での遠隔装填システムによる密装填状況

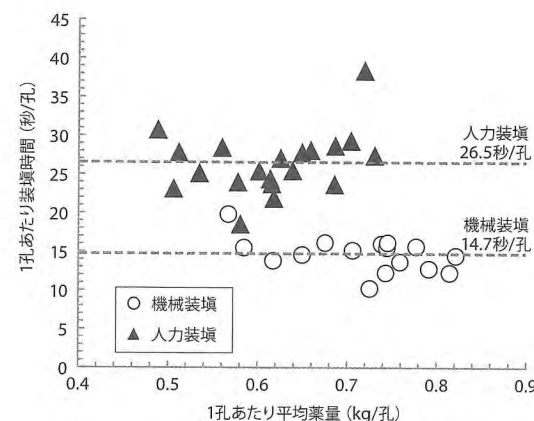


図-6 機械装填と人力装填の装薬時間の分布

作業のくり返しに対し、遠隔装填システムでは、手元のリモコンボタンの操作のみで爆薬と込め物が迅速かつ簡単に装填できるためと考える。

本工事においても、掘削断面積100m²を超える

大断面トンネルを安全に安定した掘削進行を確保するため採用した。その結果、図-6に示す結果とほぼ同様に機械装填による装薬作業時間の短縮が図れ、CIパターンで4サイクル/日の掘削進行を確実に確保できた。

5 おわりに

本工事において爆薬の遠隔装填システムの導入は、従来の人力作業に比べ、装薬作業時の作業員の安全性が向上、苦渋作業からの軽減をただけでなく、装薬作業時間の短縮が図れ、作業員の切羽への張り付き時間も低減することができた。

このことで、無事故で竣工を迎えることができ、早期完成を目指す復興道路工事への一助となれたものと考えている。

また、2016(平成28)年12月には「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わるガイドライン」が策定され、切羽における労働災害を防止するための設備として、爆薬の遠隔装填システムは重要な役割を担うものとなる。

今後も爆薬の遠隔装填システムの使用の継続、

更なる改良を行い、山岳トンネルの発破工法の施工機械として標準化を推進していくことで、切羽での労働災害の撲滅に努めていく所存である。

参考文献

- 1) 吉川直孝・伊藤和也・豊澤康男・堀智仁・玉手聡：トンネルの切羽からの肌落ちによる労働災害の調査分析と防止対策の提案、労働安全衛生総合研究所技術資料、TD-No.2, pp.5-6, 2012.
- 2) 三陸国道事務所トンネル工事安全施工検討会：トンネル工事安全施工提案[第1回改訂版]、2016.10.
- 3) 山本憲一・高橋望・小西克典・青木宏一・石濱茂崇：ポータブル受振システムを活用した連続発破トモグラフィによる切羽前方探査事例、土木学会第71回年次学術講演会講演概要集、VI-382, pp.763-764, 2016.9.
- 4) 岡本哲也・岡田喬・広瀬俊文・畔高伸一：山岳トンネル発破掘削における爆薬装填作業の安全性向上と効率化、土木学会第57回年次学術講演会講演概要集、VI-191, 2002.9.
- 5) 堂藤和雄・野々村嘉映・青木宏一：爆薬の遠隔装填システムを適用した山岳トンネル発破工法の装薬作業の効率化、土木学会第69回年次学術講演会講演概要集、VI-013, 2014.9.

山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著

B5判 183頁 上製本 本体価格3,200円



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

主要目次

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

株式会社 土木工学社

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



「復興まちづくり」の盛んな岩手県大槌町より

洲崎伸治

大槌町は岩手県の東南部、北上山地と陸中海岸に囲まれ、北に宮古市・山田町、西に遠野市、南に釜石市と隣接する総面積約200km²の町である。北上山地を源とする大槌川と小槌川が流れ、人形劇『ひょっこりひょうたん島』のモデルとされる蓬萊島が浮かぶ風光明媚な大槌湾と三陸特有のリアス式海岸の船越湾は、親潮と黒潮が交じり合う豊かな漁場であり、ワカメ・昆布・ホタテ・カキ・ホヤの養殖、アワビ漁やウニ漁、鮭の定置網漁などが盛んに行われている。町の西側には豊かな動植物の宝庫である北上山地が連なり、各地から湧き出る湧水は全国的にも珍しい「淡水型イトヨ」の生息地となっている。

余談であるが、大槌川と小槌川の「ツチ」の字はそれぞれ木偏と金偏と異なる。これは、昔この地に住んでいた鍛冶屋のもとに鬼が現れ、仕事の邪魔をし始めたのに怒った鍛冶屋が大きなたちと小さなたちで鬼を追ひ払い、そのつちを川に捨てたところ鉄製のつち(小槌)は川底に沈み、木製のつち(大槌)は浮かんまま海に流れていき、その後、潮によって岸に戻され北の川筋の河口に漂着したことから、それぞれ小槌川・大槌川と呼ばれるようになった、とのことである。民話が多く残るこの地らしい由来である。

先の東日本大震災において大槌町は未曾有の大津波に襲われた。沿岸の中心市街地をはじめ大槌川・小槌川沿いで浸水被害がもたらされ、倒壊した家屋は4,000戸以上に達した。町役場・駅・学校・病院などの機能は完全に失われ、人口の1割近い1,200人以上が津波の犠牲となるなど、県内では陸前高田市に次ぐ被災状況となった。震災から6年以上経った現在も、町



穏やかな大槌湾に浮かぶ蓬萊島

の至る所で道路や住宅再建などの復興事業が盛んに行われている。

三枚堂トンネルは、震災時に沿岸の幹線道路が浸水し小槌三枚堂地区と大槌大ケ口地区が孤立した経験を踏まえ、両地区を結ぶ道路整備事業の一環として計画された全長1,035mの2車線道路トンネルである。完成時には公営住宅や県立病院・消防・商業施設、三陸沿岸道路大槌インターチェンジなどへのアクセスが容易となり、地域住民の安全・安心な居住環境が確保できる。

トンネルは三枚堂側から掘り始め、2017(平成29)年11月末現在で約520mまで掘削が進んでいる。坑口部DⅢ区間より硬質な砂岩・粘板岩層が現れ発破騒音・振動などの環境問題が懸念されたが、近辺にお住まいの方々の完成を望む熱い声に押されて現場で働く全員が頑張り、困難を克服できた。大ケ口(終点)側坑口も住宅街の真ん中に位置するため、発破振動の低減など環境影響を最小限にする工法を選択している。

今後も発注者・関係各位の指導のもと、1日も早く地元住民の期待に応えられるよう、作業所ならびに協力会社が一丸となり無事故・無災害での完成を目指す所存である。最後に、釜石駅から車で30分の大槌町に是非ともお越しいただき、三陸の美味しい魚と酒を堪能していただきたい。

(佐藤・菱和特定建設工事共同企業体三枚堂トンネル作業所所長)

施工

復興支援道路最長のトンネルを合理的な地山評価と施工法で掘削

一宮古盛岡横断道路 新区界トンネル—

国土交通省東北地方整備局岩手河川国道事務所工務第二課長 佐々木 稔

国土交通省東北地方整備局岩手河川国道事務所建設監督官 大矢 剛

鹿島・東急特定建設工事共同企業体新区界トンネル工事事務所現場代理人 西川 幸一

鹿島建設(株)土木設計本部地下空間設計部トンネルグループ設計主査 北村 義宜

1 はじめに

宮古盛岡横断道路は、岩手県宮古市と盛岡市を結ぶ全長約100kmの地域高規格道路である。現

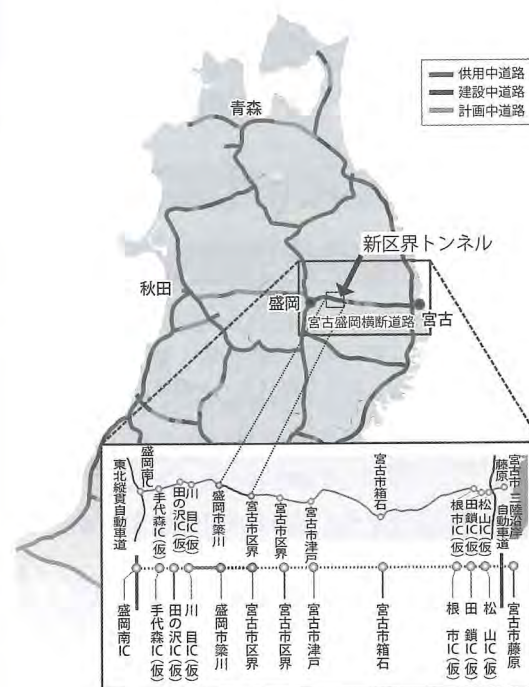


図-1 宮古盛岡横断道路路線図

在の国道106号は急峻な山地部帯を通過するためカーブ、縦断勾配がきつく、冬季には路面凍結による事故が多発する。また、復興支援道路に位置づけられていることから、早期開通による交通環境の改善が期待されている。図-1に宮古盛岡横断道路の路線図を示す。

新区界トンネル(仮称)は国道106号の最大の難所である宮古・盛岡市境部の区界峠を貫く全長4,998mの長大トンネルである。位置図を図-2に示す。

本トンネルの地質は、連続性に乏しく、かつ、きわめて複雑な地層を形成する付加体であり、粘板岩を基質とし、堅硬な緑色岩が主に混在する。基質の粘板岩は、付加時に受けたせん断と強い褶曲作用により鏡肌が発達し、片理面は剥離しやすい領域を有する。



図-2 新区界トンネル位置図

また、粘板岩と蛇紋岩からなる破碎帯区間では地圧に耐えられずに、写真-1に示すように大規模な支保変状や天端崩落が発生し、施工が著しく難渋した。

本稿では、付加体地質を貫く新区界トンネルにおける支保パターンの選定と妥当性の検証結果について報告する。



写真-1 支保変状状況(葉片状蛇紋岩)

表-1 工事概要

工事名称	宮古盛岡横断道路新区界トンネル工事
工事箇所	岩手県宮古市区界～盛岡市築川地内
工期	(1期工事) 2014(平成26)年2月～2017(平成29)年3月 (2期工事) 2017(平成29)年3月～2019(平成31)年3月
発注者	国土交通省東北地方整備局
施工者	鹿島・東急特定建設工事共同企業体
延長	本坑 L=4,998m 避難坑 L=5,045m
縦断勾配	4%
断面	本坑掘削断面積 113～157m ² 避難坑掘削断面積 20～40m ² 本坑内空断面積 93～117m ²

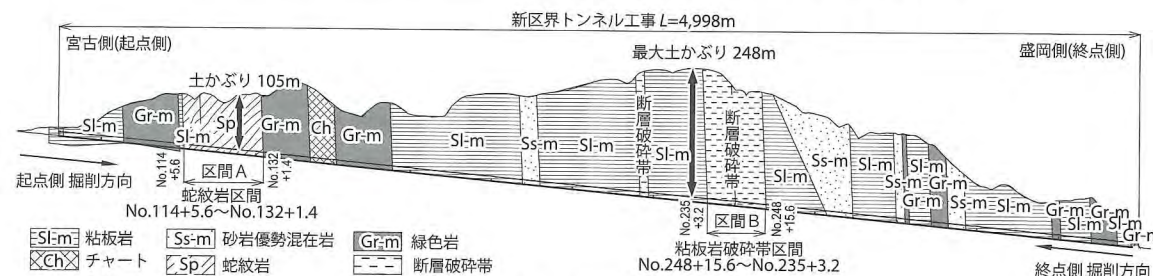


図-5 地質縦断面図

2 新区界トンネルの概要

新区界トンネルの工事概要を表-1に、標準断面図を図-3にそれぞれ示す。

事前の地質調査では総じて安定した硬岩地山が分布すると考えられており、比較的良好な地山に対して適用する鋼アーチ支保工を要しないCIパターンが全体の66%を占めると想定されていた。しかし、実績は図-4に示すようにCIパターンは17%と減少し、当初設計より支保パターンが2ランクも重くなる箇所も多く見られた。

3 地質の概要

地質縦断面図を図-5に示す。本トンネル周辺の地質は、古生代デボン紀～石炭紀の付加体である

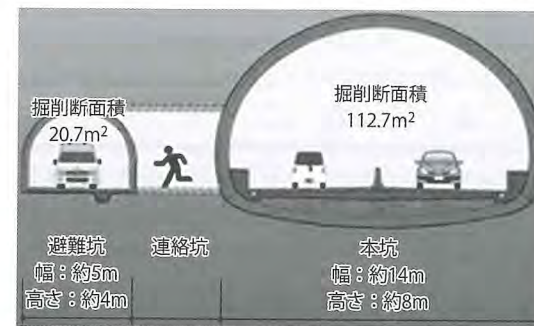


図-3 標準断面図

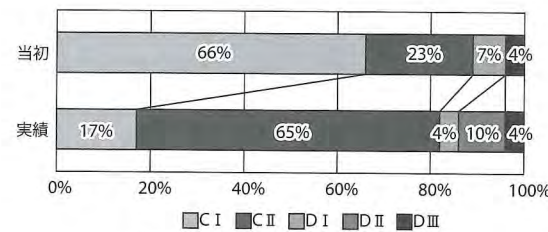


図-4 本坑支保パターン構成比

「根田茂帯」に属する。根田茂帯は、海洋プレート^{ねだも}の沈み込み時に、プレート上の緑色岩、粘板岩、チャート、砂岩などの岩体が、せん断変形を受けながら日本列島をなしている島弧側に付加することにより形成された混在岩(メランジュ)からなる。

さらに、当該地周辺では、付加体形成後に蛇紋岩の固体貫入を受けたため^{りんべんじょうへきかい}、起源や種類の異なる岩石が混在した複雑な地質となっている。そのため、当トンネル周辺では地層を単一の岩種で特定することが困難となっており、数百m～数km程度のブロックとしてもっとも優勢的な岩種名を冠した混在岩として扱われている(例:緑色岩優勢層など)。

こうしたブロックの境界や内部には、付加体形成時のせん断により形成された脆弱な断層破碎帯が存在しており、「鱗片状劈開」を伴うため、地圧拘束下では安定し、高い弾性波速度を示す場合であっても、トンネル掘削により応力が解放されると割れ目が開口し緩みやすい特徴がある。

さらに、施工前の地質調査では、蛇紋岩は緑色岩の変質による小規模な岩脈状のものとされ、トンネルの安定への影響は小さいと考えられていたが、トンネル掘削時の切羽観察や室内試験の結果、トンネル周辺の蛇紋岩は規模の大きい貫入岩体であり、しかも滑石を多量に含み著しい浸水崩壊を示す脆弱な性質をもつことが明らかになった。

これらの断層破碎帯や蛇紋岩は、地質構造に沿う方向に出現することが多く、当トンネル周辺の地質構造が北西-南東方向とトンネル線形とほぼ同方向なため、掘削時に断層破碎帯や蛇紋岩に遭遇した場合、その影響が長距離にわたって及ぼされることとなり、このことが掘削を難渋させる要因となった。

4 施工穿孔データを活用した地山評価

本トンネルは掘削の効率化を図ることを目的として、コンピュータジャン

ボを導入した。コンピュータジャンボは、事前に発破装薬孔の穿孔パターンを入力することで正確な位置に穿孔が可能な機能を有するものであり、穿孔と同時に穿孔データを収集するため、穿孔作業に伴って自動的にトンネル周辺の地山情報を高密度に取得することが可能となっている。図-6に発破装薬孔とロックボルト孔の穿孔時に得られた破壊エネルギー係数分布を示す。

地質概要で示したように、本トンネルの地質は、当初想定していたよりも脆弱な蛇紋岩や断層を伴う粘板岩が出現し、過大な変位や支保の変状の要因となった。これらの脆弱な地質の分布は、断続的かつ複雑に分布していることと、当該地域の地質分布がトンネルの線形と同方向であるため、切羽観察だけではトンネル周辺の地質状況を十分に把握することが困難であった。

そこで本トンネルでは、コンピュータジャンボから得られる穿孔データを用いて、トンネル周辺と切羽前方の地質状況の把握に活用した。

具体的には起点(宮古)側の脆弱な蛇紋岩が出現した区間(図-5「区間A」)では、ロックボルトの穿孔データによってトンネル周辺の蛇紋岩の詳細な分布状況を把握し、支保パターンの選定に活用した。また、終点(盛岡)側の粘板岩破碎帯区間(図-5「区間B」)では、長尺先受け工などの補助工法の

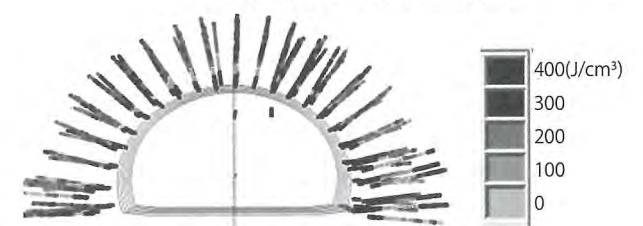
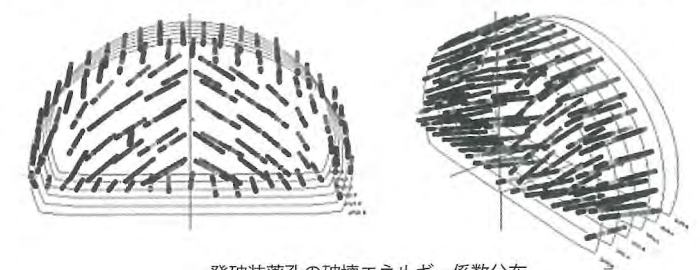


図-6 取得する穿孔データの出力例

適用範囲や長尺鏡ボルトの詳細な打設配置の決定根拠とした。

以下に、図-5に示す蛇紋岩区間と粘板岩破碎帯区間での穿孔データを活用した施工事例を示す。

4-1 ロックボルト削孔検層によるトンネル周辺の地山評価

起点(宮古)側において脆弱な蛇紋岩が出現し、内空変位が70mm(天端沈下20mm)を越える区間(図-5「区間A」)に遭遇した。その対策としてDIIパターンを適用した(鋼アーチ支保工H-200、厚さ25cmの吹付けコンクリート、長さ6mのロックボルト)。蛇紋岩が主にトンネル左側に分布し、当パターンの適用範囲を判断するためには、切羽観察だけでは確認できないトンネル周辺の蛇紋岩の分布を把握することが求められた。

そこで、図-7に示すように、切羽観察に加えてロックボルトの穿孔データを利用してトンネル周辺の脆弱部を把握しながら、掘削管理を行った。

断面2と3の変位計測の結果を比べると、断面3では切羽で確認できる蛇紋岩の分布の割合が減っているが、変位は大きく、適切に支保パターンを選定するためには、左側の穿孔データを加味した地山評価が必要であることがわかる。

上記では、ロックボルトの穿孔データからトンネル外側の地質状況を評価した事例を示した。しかしながら、図-7に示した穿孔データの分布図は、1サイクルを1セットとして出力されるため、高密度で大量に得られる穿孔データから即座に地質の分布状況を理解することは難しい。

そこで、コンピュータジャンボから取得できる穿孔データを自動的に統合し、限られた既知データから空間をモデル化して、空間分布を予測する

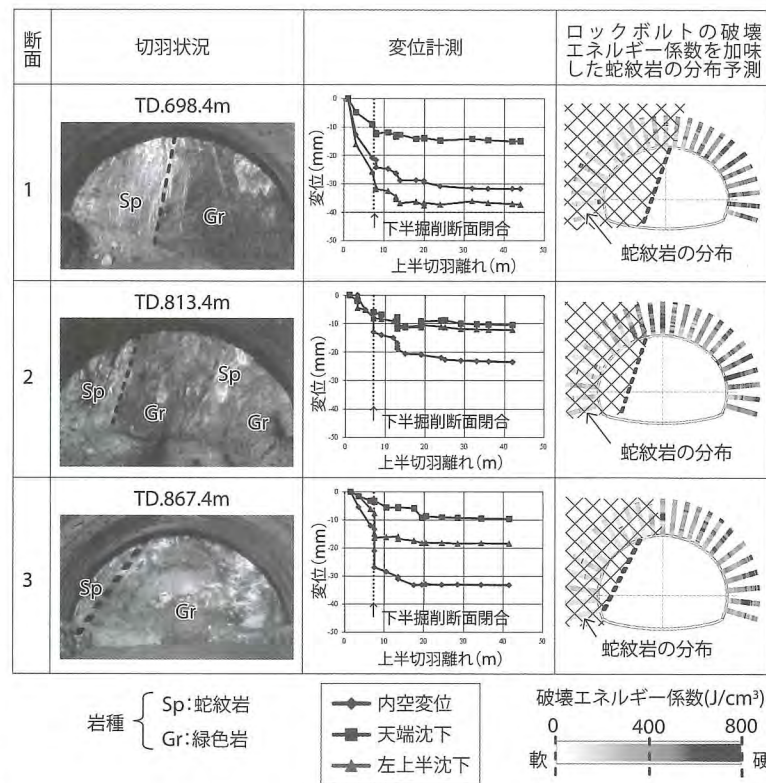


図-7 切羽面外の地山評価

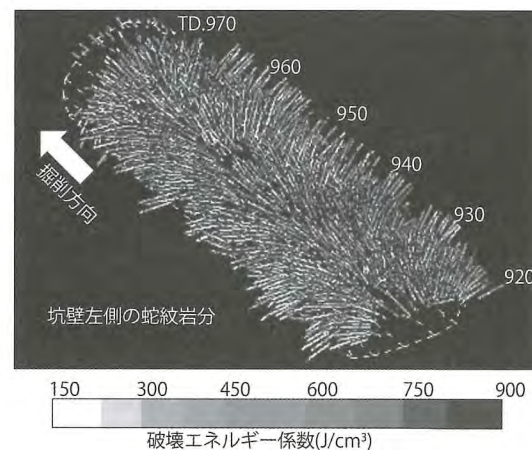


図-8 穿孔データの可視化

地球統計学のクリギングという手法を利用した地質評価システムを導入した。

図-8は左側に蛇紋岩が分布した延長50m区間において、装薬とロックボルト穿孔のデータから破壊エネルギー係数の3次元分布を可視化した出力例である。同図に示すように、脆弱部の分布状

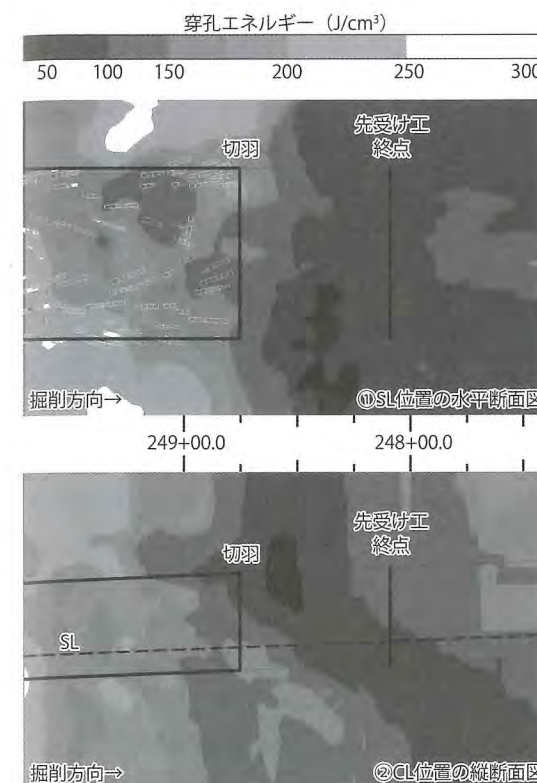


図-9 長尺先受け工1シフト目までの穿孔データによる予測結果

況を破壊エネルギー係数の低い範囲として容易に把握できる。

4-2 粘板岩破碎帯における補助工法の要否判定事例

終点(盛岡)側の粘板岩優勢混在岩区間(図-5「区間B」)において地山状況が急変し、破碎帯が出現した。長尺先受け工と鏡ボルト工を実施して掘削を行うこととしたため、地球統計学による地山評価システムによる地質状況の予測をオンタイムに実施し、その結果にもとづいて補助工法の要否を判断した。

図-9は、粘板岩脆弱部の出現を確認した切羽までの装薬孔およびロックボルト孔の穿孔データと、同切羽から実施した1シフト目の長尺先受け工の穿孔データを入力値とし、切羽前方および周辺地山の穿孔エネルギー分布を予測したときのSL位置の水平断面図とトンネルCL位置の縦断面図を示している。

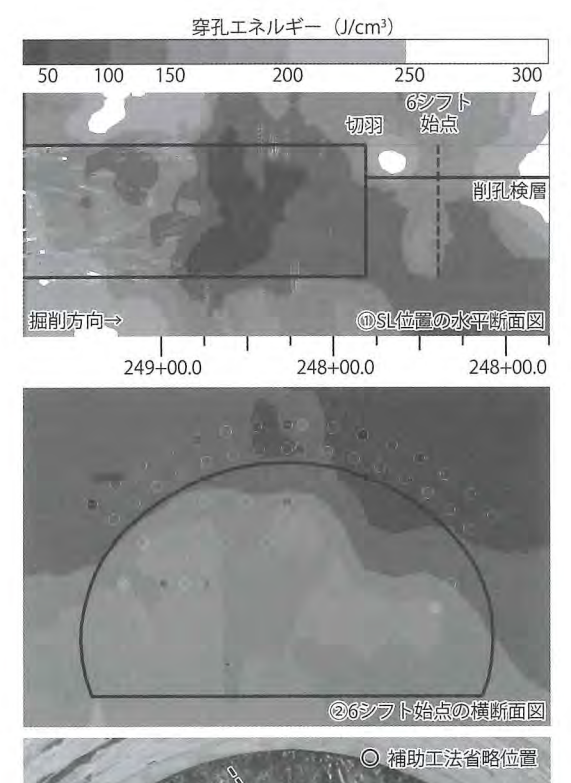


図-10 削孔検層データによる予測結果と実際の切羽の比較

穿孔エネルギーが非常に小さい領域が1シフト目の中間に広範囲に予測されたことから、2シフト目の長尺先受け工の継続を決定した。

図-10は5シフト目までの長尺先受け工および鏡ボルト工の穿孔データ、この時点までに掘削した区間のロックボルトデータ、同切羽からの削孔検層データを入力値とし、切羽前方および周辺地山の穿孔エネルギー分布を予測したときの結果であり、①にSL位置の水平断面図、②に6シフト始点切羽の横断面図、③に6シフト始点を掘削した際における実際の切羽写真を示している。

①と②から穿孔エネルギーが非常に小さい領域が右側に分布すると予測されたが、③に示した実

際の切羽写真では右側に鏡肌、劈開および褶曲が発達する粘板岩脆弱部が確認できることから、両者は一致していると考えられる。また、左側壁付近には良好な地山が分布すると予測されたが、実際の切羽には緩め発破を行う必要があるほど硬質な部分が出現しており、これも両者が一致した。この結果は、6シフト目の鏡ボルトの配置見直し(打設数量減)の判断材料となった。

以上に示した予測から判断までのサイクルは、約2日間の補助工法完了後、翌日午前中に予測結果を出力し、午後、補助工法の要否に関する協議に提供するというものであった。次シフトの要否判断には十分な時間を確保することができおり、当システムによるオンタイムでの地山予測結果は着手前段階での補助工法の要否判断に有効なものになった。

5 蛇紋岩を含む混在岩地山の支保変状と対策

5-1 支保変状の概要

起点(宮古)側本坑では、CIIパターン(鋼アーチ



写真-2 蛇紋岩および緑色岩からなる切羽状況

表-2 岩盤・岩石試験結果

試験項目	物性	単位	測定値		(参考) 膨張性判定基準
			蛇紋岩	緑色岩	
孔内水平載荷試験	変形係数	MN/m ²	55~336	37,000	800以下
吸水率試験	吸水膨張率	%	0.41~0.60	0	2超過
陽イオン交換容量試験	CEC値	cmol(+)/kg	2.3~8.2	—	35超過
スレーキング試験	浸水崩壊度	—	C~D	A~B	C~D
	スレーキング度	—	2~4	1	3~4
X線回折分析	含有鉱物	—	蛇紋石・滑石	—	モンモリロナイトなど含む

支保工H-150上半のみ、吹付け厚15cm、ロックボルトL=4m×21本)での掘削中、滑石を含む軟質な葉片状蛇紋岩(写真-2)が切羽左側から出現し、内空変位70mm(天端沈下20mm)を超過する変状が発生した。これに伴って、縫い返しを要する区間が約40mにわたり生じ、支保パターンをDI(鋼アーチ支保工H-150上下半、吹付け厚20cm、ロックボルトL=6m×25本)へランクアップさせたが、吹付け面のクラック発生が継続した。

5-2 支保変状箇所の地質調査

変状の要因を特定するため、変状が発生した左側壁から調査ボーリングを行い、岩盤・岩石試験を実施した。表-2に示すとおり、蛇紋岩の変形係数は著しく小さく、隣接する緑色岩との間で、硬軟に明瞭なコントラストがあった。また、蛇紋岩はモンモリロナイトなどの膨潤性粘土鉱物を含有せず、変形係数とスレーキングを除く各種膨張性指標は、膨張性判定基準を超過しなかったが、このような軟質の押出し性地山の支保抑制には、インバートストラットと吹付けコンクリートによる早期閉合が有効であると考えられた。

5-3 数値解析による支保構造の設計

適切な支保構造を設計すべく、2次元の有限要素解析を実施した。解析用の地山物性値は、変形係数については試験値を採用し、その他の物性値には試験結果を鑑みて道路トンネルの設計などに利用されている一般値を用いた(蛇紋岩:DII, 緑色岩:B)。解析コードは、鋼アーチ支保工が降伏したのち、地圧の余剰分が吹付けコンクリートおよび周辺地山に配分されるモデルを用いた²⁾。

解析モデルを図-11に、入力物性値を表-3に示

す。蛇紋岩の幅は、切羽観察および調査ボーリングにもとづき約10mとした。応力解放率は、上半支保設置時で40%, 下半およびインバート支保設

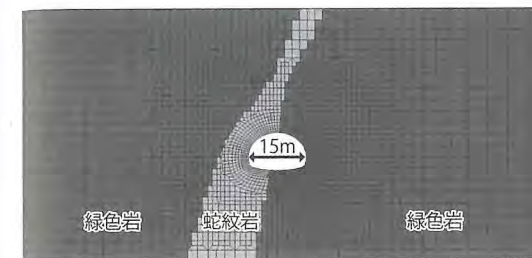
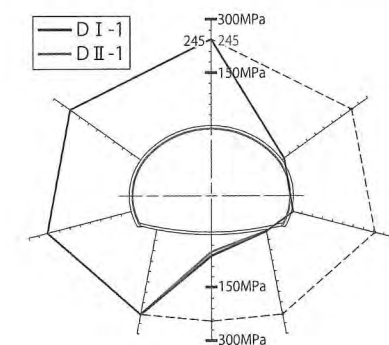


図-11 解析モデル

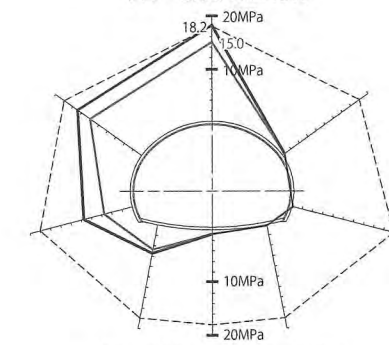
表-3 解析用地山物性値

項目	単位	蛇紋岩	緑色岩
単位体積重量 ^{※2}	kN/m ³	21	25
変形係数 ^{※1}	MN/m ²	55	37,000
粘着力 ^{※2}	kN/m ²	200	4,000
内部摩擦角 ^{※2}	deg	30	50
ポアソン比 ^{※2}	—	0	0
引張強度 ^{※2}	kN/m ²	40	800

※1: 試験値, ※2: 一般値



(1) 鋼製支保工応力



(2) 吹付けコンクリート応力

図-12 数値解析結果

置時で60%とした。解析では、鋼アーチ支保工H-150を用いた早期閉合パターン(以下「DI-1」)とH-200を用いた早期閉合パターン(以下「DII-1」)を対象として、応力解放率100%での鋼アーチ支保工縁応力および吹付けコンクリート応力を比較した。図-12に示すように、鋼アーチ支保工縁応力はDI-1, DII-1ともに天端から左踏前にかけて鋼材の降伏応力245MPaを超過した。吹付けコンクリート応力はDI-1では天端~左肩付近で設計基準強度18MPaを超過したが、DII-1では最大で15MPaとなったため、DII-1パターンの適用が必要と判断した。

5-4 支保応力計測による支保構造の妥当性検証

掘削再開後にDII-1適用の妥当性を検証すべく、支保工応力を測定した。計測時の計器配置を図-13に示す。

坑内変位および鋼アーチ支保工の縁応力、吹付けコンクリート応力の計測結果と数値解析結果を図-14に比較した。変位は計測と解析とでおおむね整合しており、鋼アーチ支保工縁応力は、計測では天端~左側壁~インバートストラットまで解析以上に広範囲で鋼材の降伏応力245MPaに達した。吹付けコンクリート応力は左肩でもっとも大きかったが、解析と同様に設計基準強度以下の14.7MPaで収束した。

計測結果と解析結果はよく整合しており、数値解析による事前のシミュレーションは適切に行われ、DII-1の適用は妥当であったと考えられる。

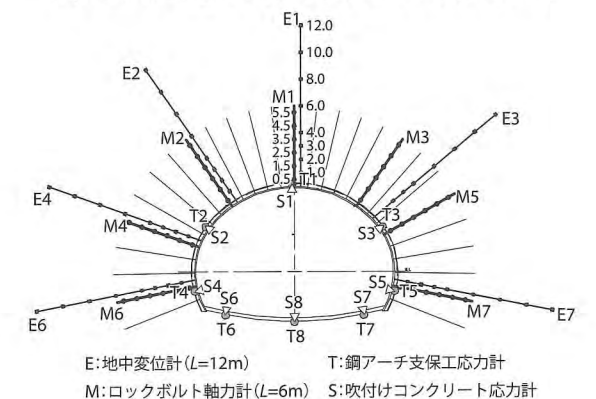


図-13 支保工応力計測時の計器配置

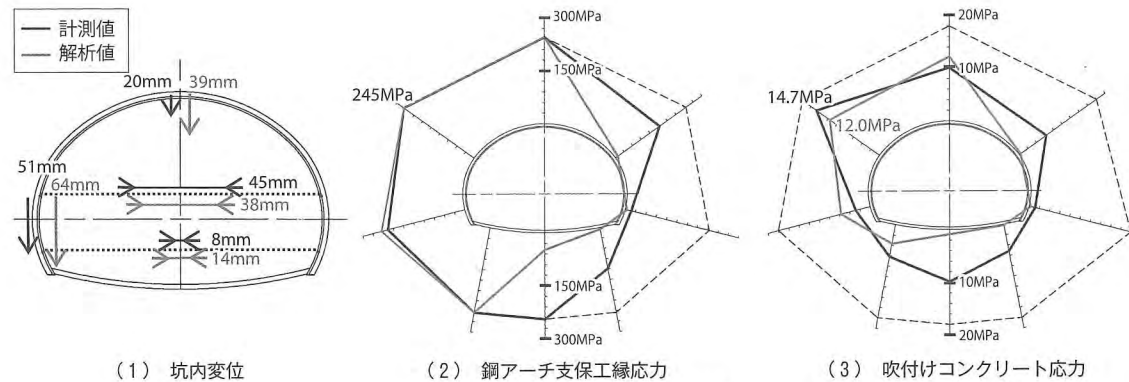


図-14 計測結果と解析結果の比較

表-4 発生軸力と設計耐力の比較

計測/設計	支保パターン	支保部材	発生軸力および設計耐力
計測	DII-1	鋼アーチ支保工 (H-200)	$245\text{N/mm}^2 \times 6,353\text{mm}^2 = 1,556\text{kN}$
		吹付けコンクリート (厚さ25cm)	$14.7\text{N/mm}^2 \times 250,000\text{mm}^2 = 3,675\text{kN}$
		合計	$1,556 + 3,675 = 5,231\text{kN}$
設計耐力	DII-1	鋼アーチ支保工 (H-200)	$245\text{N/mm}^2 \times 6,353\text{mm}^2 = 1,556\text{kN}$
		吹付けコンクリート (厚さ25cm)	$18\text{N/mm}^2 \times 250,000\text{mm}^2 = 4,500\text{kN}$
		合計	$1,556 + 4,500 = 6,056\text{kN}$ ($>5,231\text{kN}$ OK)
	DI-1	鋼アーチ支保工 (H-150)	$245\text{N/mm}^2 \times 3,965\text{mm}^2 = 971\text{kN}$
		吹付けコンクリート (厚さ20cm)	$18\text{N/mm}^2 \times 200,000\text{mm}^2 = 3,600\text{kN}$
		合計	$971 + 3,600 = 4,571\text{kN}$ ($>5,231\text{kN}$ NG)

また表-4に示すように、応力をもっとも大きく発生した左肩の計測値から左肩にて発生した圧縮軸力を算出した結果5,231kNとなった。この場合DI-1では耐力不足であることが確認できた。

6 粘板岩破碎帯における支保変状と対策

6-1 切羽崩落の概要

終点(盛岡)側本坑においても、CIIパターンでの掘削中に天端から右肩にかけての崩落が発生した(写真-3)。このため充填式フォアポーリングに



写真-3 本坑崩落状況

よる先受けを実施したが、写真-4に示すようにフォアポーリングごと崩落した。

先行する避難坑にて同様の地山が出現したが、この領域の施工状況を勘案すれば、トンネル支保にはより大きな地圧を受けると想定された。このため支保パターンをDIIへ変更し、長尺鋼管先受け工を打設して掘削を行ったが、

鏡面の押出しにより、既崩落位置の3m前方にて写真-5に示すように先受け工自体が沈下するほどの変状が発生した。鏡面の押出しも継続して発生していることを確認したため、応急対策として崩落箇所をコンクリートで充填するとともに、押え盛土を行うことで切羽を安定させた。

6-2 掘削再開後における坑内変位の拡大

図-9に示したように施工によって取得した穿孔エネルギーから、脆弱な地山が切羽前方にも連続して分布していることがわかった。このため、2シフト目以降の長尺鋼管先受け工は、トンネル



写真-4 フォアポーリング崩落



写真-5 長尺鋼管先受け工の沈下状況

掘削6mごとに打設し、ラップ長を6.5mとするとともに、切羽の安定性を確保するために長尺鏡ボルトを追加し、図-15に示す支保構造にて上半のみを先進させて掘削を再開した。

切羽崩落位置より8m前方における坑内変位の経時変化を図-16に示す。同図より、上半右側脚部と上半内空変位が拡大を続け、収束の兆候が見られないことがわかった。また吹付けコンクリートにクラックが発生するなどの変状も確認された。

6-3 全断面早期閉合による地山の安定化

当該領域では初期変位速度が大きいため、可能な限り早期に断面を閉合し、坑内変位を抑制する必要があると判断した。このため図-17に示すように上半切羽から5~7mの範囲で、上・下半2m進行ごとに断面閉合する掘削工法を適用した。

6-4 早期閉合実施後のトンネル挙動の特徴

(1) 早期閉合実施後の坑内変位

全断面早期閉合の実施後における天端沈下および内空変位と切羽離れの関係を図-18に示す。

断面閉合後は切羽離れに対する内空変位の増加が緩やかになっていることから、早期閉合が坑内変位の抑制に効果的であったことが確認できる。

(2) 早期閉合後における支保軸力と支保耐力の比較

切羽崩落位置から10mと18m前方にて支保部

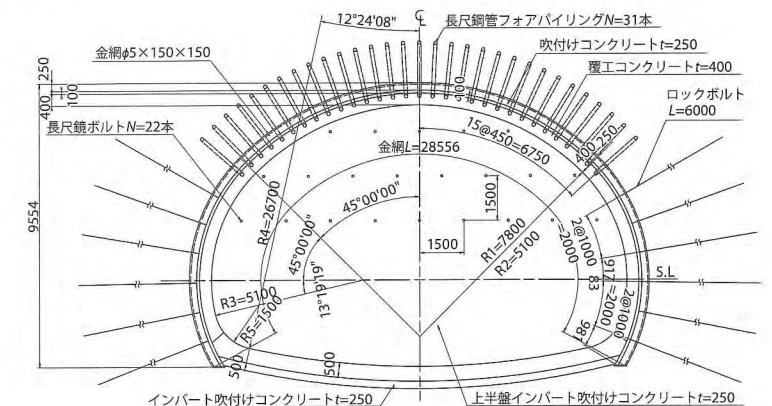


図-15 掘削再開時の支保パターン図

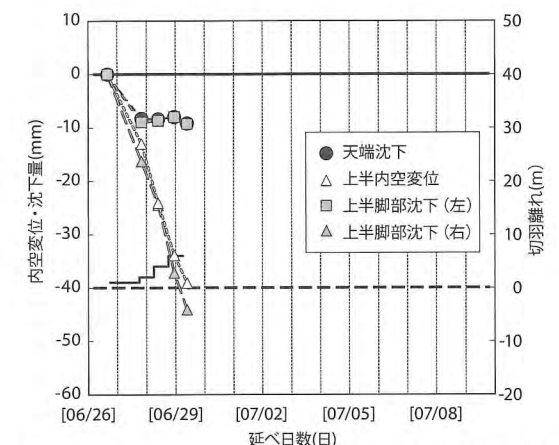


図-16 坑内変位の経時変化(切羽崩落位置より8m前方のA計測断面)

材の断面力を計測した。図-19は支保軸力と切羽離れの関係を示しているが、支保軸力は切羽離れ25m程度で収束していることが確認できる。また切羽離れ1D(15m)付近での支保軸力が支保耐力

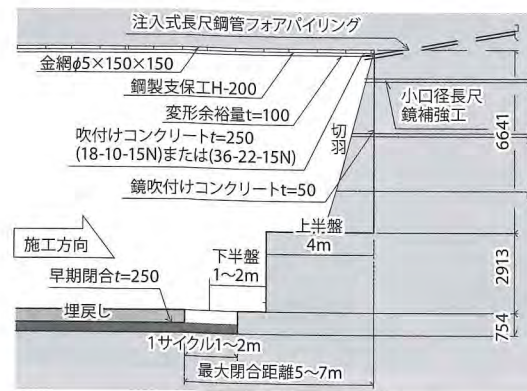


図-17 全断面早期閉合の断面図

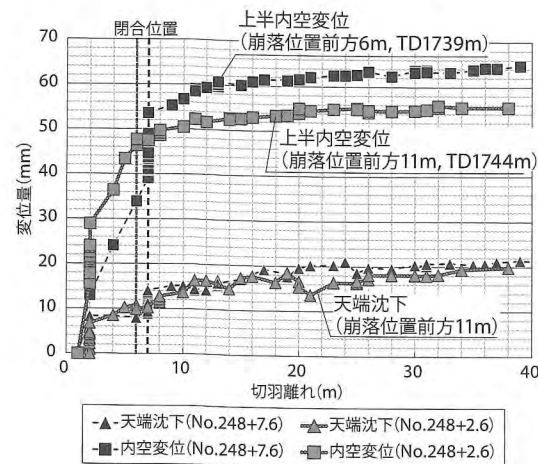
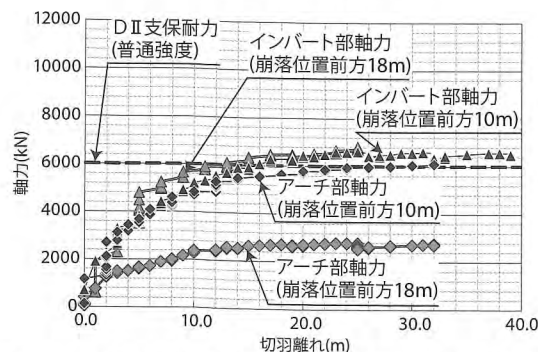


図-18 全断面早期閉合の断面図

図-19 早期閉合後における支保軸力と支保耐力の比較
を上回ったため、吹付けコンクリートを普通強度($f'_{ck}=18\text{N/mm}^2$)から高強度($f'_{ck}=36\text{N/mm}^2$)へ変更して、支保耐力の増強を図ることとした。

6-5 適用した支保パターンの妥当性検証

(1) 坑内変位量の推移

全断面早期閉合における内空変位の推移を図-

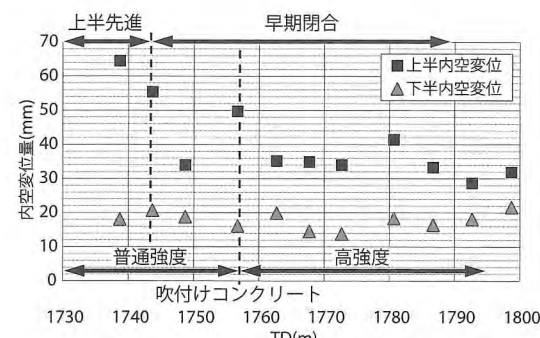


図-20 早期閉合の実施前後における内空変位

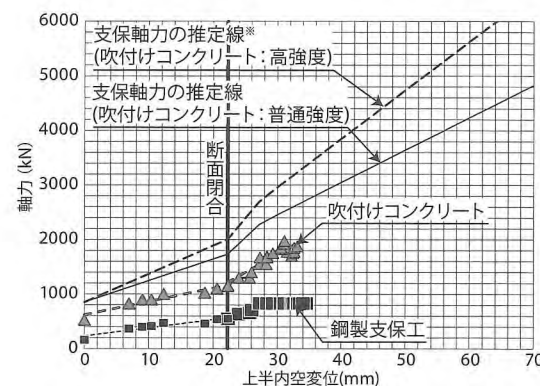
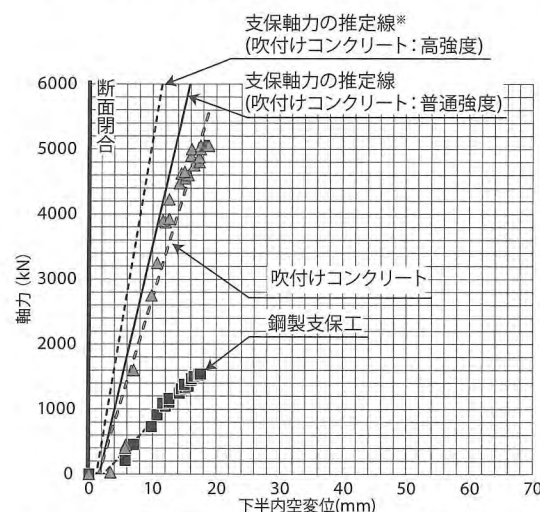


図-21 上半内空変位とアーチ部支保軸力の関係

図-22 下半内空変位とインバート部支保軸力の関係
20に示す。全断面早期閉合の開始後(TD1749m)に上半内空変位が顕著に低下していることから、早期閉合による坑内変位の抑制効果を確認できる。

(2) 内空変位にもとづく支保軸力の予測

吹付けコンクリートおよび鋼製支保工に発生し

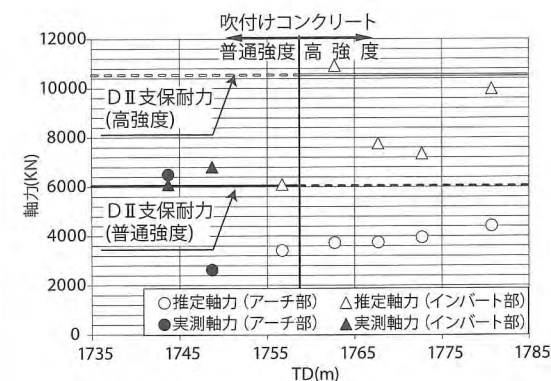


図-23 支保軸力の推定結果と支保耐力の比較

た応力から支保に発生した軸力を推定し、アーチ部とインバート部における支保軸力と内空変位の関係を整理した(図-21, 22)。これらの図から、内空変位と支保軸力はおおむね比例関係にあることがわかる。一方、図-21よりアーチ部に発生する軸力は、断面閉合後に内空変位に対する増加率が大きくなること、図-22よりインバート部に発生する軸力の増加率は、アーチ部に比べて非常に大きいこともわかる。

図-21, 22では、鋼アーチ支保工と吹付けコンクリートに発生する軸力は内空変位と比例することを示した。この関係を利用することで、内空変位から支保に発生する軸力を推定することが可能となる。

(3) 支保軸力の推定と支保パターンの妥当性検証

図-21, 22で示した支保軸力の推定線を用いて坑内変位の計測断面における支保軸力を求め、この値と支保耐力と比較することで、高強度吹付けコンクリートの可否など、支保構造の妥当性について判断しながら掘削を行った。内空変位から推定した支保軸力の変遷と支保耐力の比較を図-23に示す。

支保軸力は高強度の吹付けコンクリートを用いた場合の支保耐力を十分下回っているが、インバート部では普通強度の吹付けコンクリートの支

保耐力に近い軸力が発生していると推定された。このため、普通強度の吹付けコンクリートを用いることは困難と判断し、高強度の吹付けコンクリートを用いた施工を継続した。

7 おわりに

新区界トンネルでは、事前の地質調査にて比較的安定した硬岩地山と想定されていたが、連続性に乏しく、かつ、きわめて複雑な地層を形成するだけでなく、トンネル掘削により応力解放されると緩みやすい性質を有する付加体が出現したことにより、支保崩壊や天端崩落が発生するなど、施工が著しく難渋した。

本トンネルでは、コンピュータジャンボを用いた穿孔作業時に収集される破壊エネルギーデータの分析を通じて、迅速に地質評価を行うことができるシステムを導入した。これにより、切羽の周辺の地質を的確に評価することが可能となり、脆弱な付加体に適用する支保パターンを迅速かつ合理的に選定する要素となった。また、本トンネルの場合、脆弱な地山が出現した区間では、高強度吹付けコンクリートによる変位抑制効果は小さく、起点側の実績からも全断面早期閉合がトンネル変位抑制に対してもっとも効果が高かったことを各種の計測結果より示すとともに、数値解析などを通じて支保パターン適用の妥当性を検証した結果について述べた。本稿が同種工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 川村寿郎・内野隆之・川村信人・吉田孝紀・中川充・永田秀尚：早池峰山地域の地質、地域地質研究報告 5 万分の 1 地質図幅 秋田(6)第 24 号 NJ-54-13-11, p.10, 2013.
- 2) 北村義宜・山岸隆史・横尾敦：鋼製支保工の降伏時における剛性低下を考慮した支保設計事例、土木学会第 67 回年次学術講演会, pp.199-200, 2012.

土木情報 No. 535

今月の主な入札結果

(11月10日～12月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単 位 百万円
東北地整	R45堀内地区道路	大成・村本JV	8,108.47
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	R8 柏崎T(山岳部)	安藤ハザマ・植木JV	4,378.9
近畿地整	冠山峠道路第2号T	大林組	3,760
水資源機構	有馬T補強	瑞穂建設	210
鉄道・運輸機構	北海道新幹線、内浦T(幌内)他	佐藤・みらい・草別・田端本堂JV	10,898.8
〃	〃 渡島T(上ノ湯)他	安藤ハザマ・若菜・堀口・斉藤JV	11,863.49
中日本高速道路	中央道甲府南地区函渠工	鉄建・大成ロテックJV	1,880
西日本高速道路	長崎道長崎T	鴻池組	5,080
福島県	道路橋りょう整備(再復)(T)	鹿島・滝谷・大和JV	5,712.5
〃	〃	戸田・フジタ・会津JV	6,105
埼玉県	南部流域処理場放流渠耐震化2	ユーディケー	308.8
都・財務局	梅ヶ谷T(仮称)整備(西-梅ヶ谷の2)	鴻池・奥多摩JV	3,362
〃	城北中央公園調節池(一期)	大林・鹿島・大本JV	20,298
都・水道局	北区王子五丁目地内から同区昭和町三丁目地内間配水本管(1000mm)用立坑築造	戸田・りんかい日産JV	1,890
都・下水道局	落合水再生センター～みやぎ水再生センター間送泥管その2	東急建設	3,410.17
〃	江東幹線その4及び永代幹線その3	大豊・銭高JV	650
〃	千代田区紀尾井町、麴町六丁目付近再構築	大豊建設	1,063.5
〃	上沼部雨水幹線	東洋建設	1,768
〃	東大島幹線及び南大島幹線その4	鹿島建設	2,911.5
〃	駒形幹線	鴻池組	2,631
島根県	(主)川本波多線多田港工区社会資本整備総合交付金(改築)(仮称)多田T	松江・まるなか・毛利JV	1,780
高知県	県道窪川船戸線(岩土T)防災・安全交付金	生田・上岡・山興JV	1,216.55
みどり市	岡登第4幹線社会資本整備総合交付金事業雨水管渠埋設第1工区	新井土木	120.5
さいたま市	鴨川左岸第4排水区下水道(南建-29-202)	三ツ和総合建設業協組	166.04
横浜市	中部処理区元町第二合流幹線下水道整備	横浜建設	409.31
〃	北部処理区豊岡地区下水道整備	松尾工務店	229.34
大磯町	雨水管整備(その4)	入江建設	455.3
名古屋市	ほのか雨水幹線下水道築造(その2)	鴻池・シーテックJV	1,130

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

施工

大深度・高水圧下での凍結工法による地中接合部の拡幅

—東京下水道 隅田川幹線—

東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第一課長 武 見 敏 靖
東急建設(株)首都圏土木支店土木部隅田川幹線その3工事業務所長 堀 浩 之
東急建設(株)首都圏土木支店土木部隅田川幹線その3工事業務所主任 下 村 義 直
東急建設(株)土木本部土木技術設計部担当部長 高 松 伸 行

1 はじめに

隅田川幹線流域の事業は、東京都足立区千住地区410.70haのうち292.85haの雨水を収容し、浸水被害の軽減と近隣ポンプ所(千住ポンプ所、千住西ポンプ所、隅田ポンプ所)の再構築を目的に行うものである。

隅田川幹線は図-1に示すとおり、都道墨堤通り直下に、内径φ4,750mm、外径φ5,500mmの2次覆工一体型セグメント(鋼製セグメント区間を除く)による延長3.11kmのシールドトンネルを泥水式シールド工法で施工したものであ

る。この幹線の発進立坑側からと到達立坑側から流れてきた雨水は、発進立坑から約1.2kmのところで合流し、セグメント内径φ5,500mm、外径φ6,350mm、延長270mのシールドトンネルで千住関屋ポンプ所へ流れ込む。

このトンネルは千住関屋ポンプ所から発進する外径φ6,500mmのシールドにより地中接合する。外



図-1 隅田川幹線流域の概要

径φ5,500mmの隅田川幹線に外径φ6,500mmのシールドが接続するためには、隅田川幹線を拡幅する必要がある。

これらの設計については本誌ですでに報告済みである¹⁾。本稿は、隅田川幹線の拡幅工事と補助工法である凍結工事の施工について述べたものである。

2 工事概要

本工事は、図-2、3に示すとおり、延長19.7mにわたる拡幅部分を覆うように左右対称に、放射状に地盤を凍結したのち、外径 $\phi 5,500\text{mm}$ の鋼製セグメントを外径 $\phi 9,500\text{mm}$ に拡幅する。

近接構造物は、地中接合部直上に都道墨堤通り、2本の下水道幹線、ガス、電力、水道、NTTがあり、さらに、接合部の南側約20.5mの地上部に京成本線が通っている¹⁾。

施工フローを図-4に示す。

工事名称：隅田川幹線その3工事

工事場所：東京都足立区千住関屋町

工期：2014(平成26)年5月26日～

2018(平成30)年1月31日

施工数量：・一次覆工延長(拡幅工)：

19.7m(外径5.5～9.5m)

・凍土量：3,700 m^3

・その他2次覆工(内面被覆工およびインパート工)

3 凍結工事

凍結工事はセグメント拡幅工事の補助工法として行うものである。

凍結工法²⁾は本工事においては、既設鋼製セグメントの撤去、凍土掘削、拡幅鋼製セグメント組立てなどの作業を、安全かつ確実に施工するため、接合部周辺地盤に優れた遮水性と強度を併せ持っているため採用に至った。

凍結工事の内容は以下のとおりである(図-2)。

- ・放射凍結管($\phi 65\text{mm}$)：186本(長さ5.0～17.2m)
- ・測温管($\phi 65\text{mm}$)：32本(長さ10.8～20.0m)
- ・温水管($\phi 65\text{mm}$)：128本(長さ20.2～22.50m)
- ・貼付凍結管(100mm×50mm)：704本(1.0m)
- ・運転期間：凍土造成106日+凍土維持285日=391日(計画)
- ・凍土量：約3,700 m^3
- ・強制解凍期間：強制解凍120日

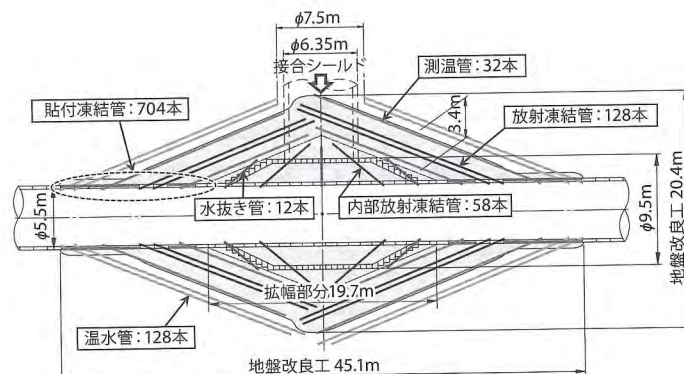


図-2 拡幅部概要図(2D)

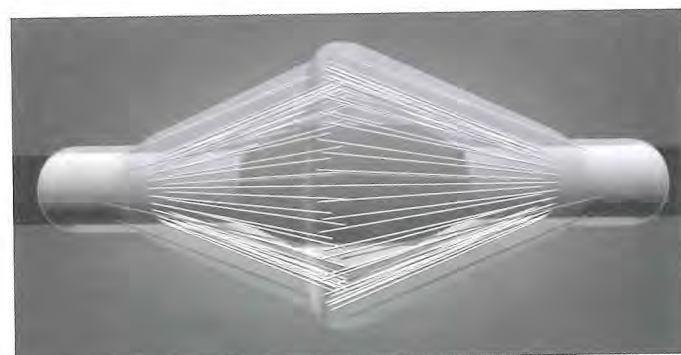


図-3 拡幅部概要図(3D)

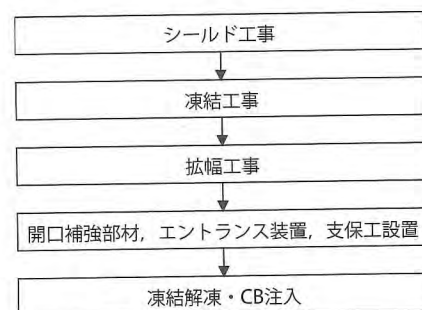


図-4 拡幅工事施工フロー

- ・強制解凍充填量(セメントベントナイト注入量)：536 m^3

凍結工事の施工フローを図-5に示す。

これらのうち、主な工種について以下に述べる。

3-1 凍結管埋設工

放射凍結管128本と測温管32本の埋設にあたっては、図-6に示すとおり、凍結管の抜去を行わない部分についてはケーシング掘り、千住関屋ポンプ所からのシールドが到達してくるため凍結管を

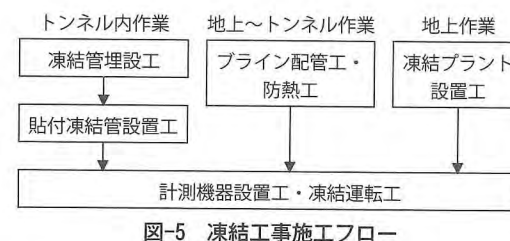


図-5 凍結工事施工フロー

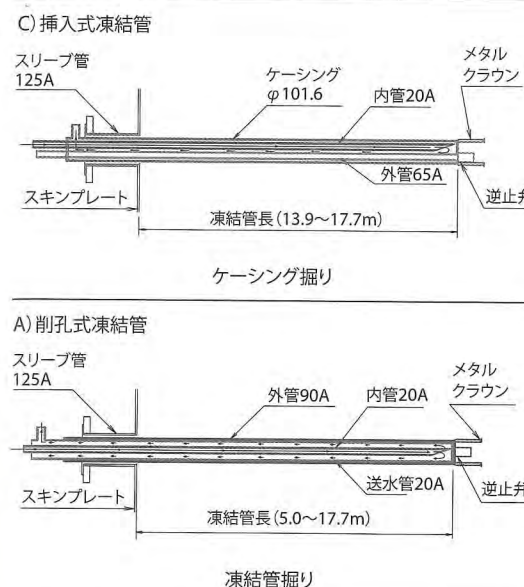


図-6 ケーシング掘りと凍結管掘り

一部抜去する部分については凍結管掘りを採用した。

ケーシング掘りは、ケーシングにより所定の位置まで削孔を行ったあと、ケーシング内に凍結管を設置し、ケーシングと凍結管との隙間にモルタル充填を行うものである。

ケーシング掘りを採用する条件としては、①削孔長が長いこと、②砂礫層を削孔すること、③精度よく凍結管を設置する必要があること、などである。

凍結管掘りは凍結工法で一般的に用いられるもので、配管用炭素鋼鋼管(SGP)90Aを使用している。本工事では放射凍結管26本、測温管6本、内部放射凍結管58本および内部放射測温管12本を凍結管掘りにより施工している。

凍結管の抜去部に凍結管掘りを採用したのは、

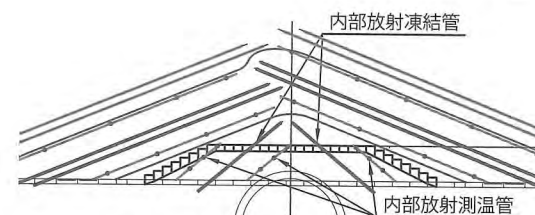


図-7 内部放射凍結管と内部放射測温管

①抜去時の凍結管周りの凍土解凍がケーシング掘りよりも早くできる、②抜去作業が確実にできる、ためである。

削孔にあたってはケーシング掘り、凍結管掘りともセグメントのスキンプレートにスリーブ管と止水装置を設置しケーシングおよび凍結管を所定の位置まで削孔する。

削孔完了後、凍結管の出来形測定はジャイロを用いて行った。その後、ケーシング掘りについては凍結管を建て込み後、凍結管掘りについては出来形測定後に空圧テストを行った。空圧テストにより空気漏れがないことでブライン漏れが発生しないことを確認できる。

本工事では、図-7に示すとおり、凍土とセグメントとの間の未凍結部の地盤崩落防止を目的として内部放射凍結管58本と内部放射測温管12本も施工している。

さらに、近接する京成本線への影響を最小限に抑えるため、凍土維持運転期間中の凍土成長を抑制する目的で温水管を128本設置した(図-2)。

3-2 ブライン配管工・防熱工

ブライン管は内径 $\phi 155.2\text{mm}$ (外径 $\phi 165.2\text{mm}$)で、地上凍結プラントから坑内拡幅部凍結管まで送られてくるブライン用に2本、坑内拡幅部凍結管から地上プラントまで送られるブライン用に2本、計4本を地上からトンネル坑内までは発達立坑壁沿いに配管し、トンネル坑内では安全通路とは反対側の枕木上に鋼材にて上下2本ずつ配管できるように受け台を設置した。低温ブラインを流すことによりブライン管が収縮するため、一定間隔でフレキシブルホースを設置した。

配管後、ブライン管防熱のためにスチロール材を取り付けた。

3-3 貼付凍結管設置工

貼付凍結管は、凍土とセグメントとの凍着部からの地下水の浸入を防止する目的で使用した。管は角パイプ $\square 100 \times 50$ を、設置する長さに切断して、両端に鉄板を溶接し、ブライン循環用に $\phi 20$ mmのニップルを角パイプ両端に設置して加工した。その後、空圧テストを行い、空気漏れがないことを確認して、既設セグメントスキンプレートにアングルピースを溶接し固定した(写真-1)。



写真-1 貼付凍結管設置状況

3-4 凍結運転

凍結プラント各機器を運転し、運転状況を確認したのち、計画凍土厚になるまで106日間連続運転し、凍土造成判定を行った。

凍土造成判定は、測温管の温度下降をもとに、どこまで凍土ができていないかを計算³⁾し、図-8に示す7断面の凍土予想図を作成して各断面所定の凍土厚になったことで確認した。



図-9 凍土完成イメージ図

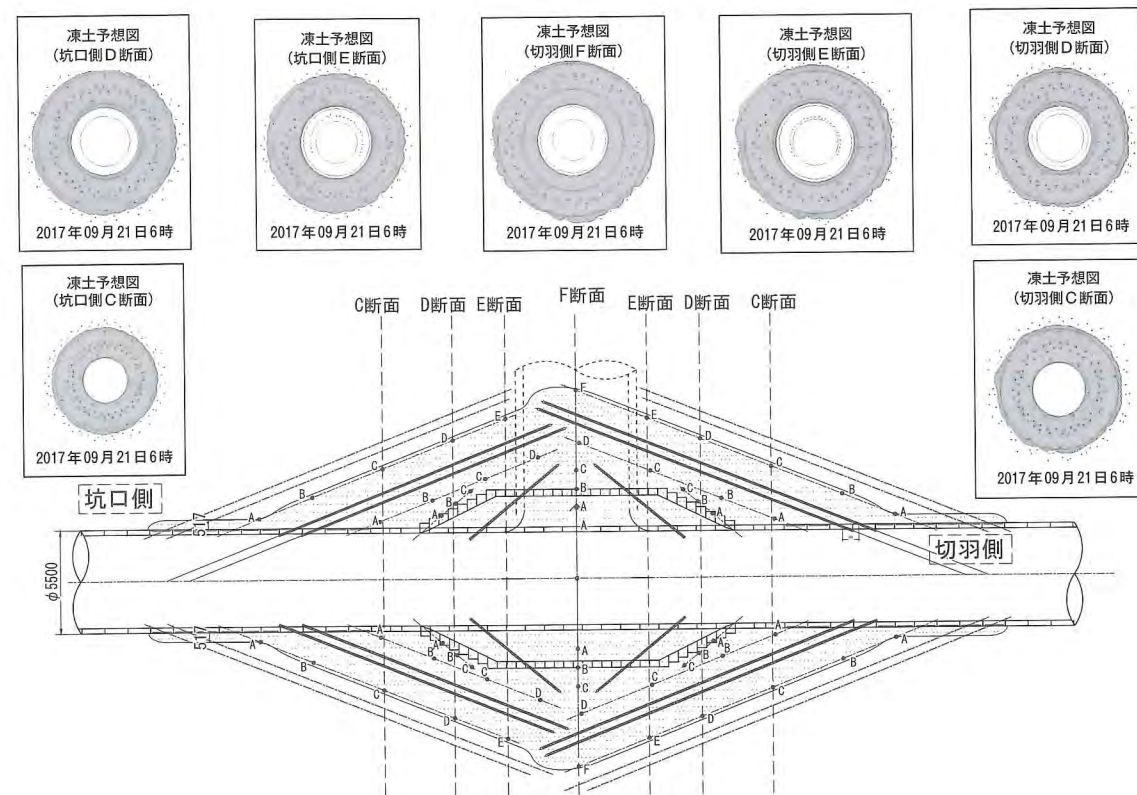


図-8 凍土予想図

図-9は凍土の完成イメージ図である。

3-5 凍土の膨張

凍結施工場所の地質は図-10に示すとおり、一部砂礫層を除いて粘性土分を含んだ土質であった。

凍結工法においては、地盤を凍らすことにより粘性土地盤は膨張し以下の影響を及ぼす。

① セグメントとの凍着部は、セグメントに凍結膨張圧⁴⁾が作用する。

② トンネルおよび地盤が凍上する。

これらの影響に対して以下の対策を行った。

(1) 凍結膨張圧が作用するトンネル

凍結膨張圧が作用する凍着部のセグメントにつ

いては、通常の土水圧に追加してセグメントリングに荷重として凍結膨張圧を作用させてセグメント部材厚を決定した。

また、このセグメントは凍結の影響を受けるため、凍着部だけでなく凍結部を含む前後10リングずつ(当初計画)計60.9m区間に使用した。

表-1は、一般部と凍結膨張圧作用部の鋼製セグメントの各部材を比較したものである。

(2) トンネルおよび地盤の凍上

図-10の土質柱状図より、トンネル中心位置および地表面と京成本線部の凍上予測を3次元凍上計算式⁵⁾により計算した。

セグメントリングは、リング継手の剛性低下を評価した等価剛性はモデル⁶⁾に、3次元凍上計算式より得られたトンネル軸方向中心位置での凍上変位を強制変位として与えて検討を行い、主桁の面外変形による部材厚とリング継ぎボルトのサイズおよび鋼種を決定した。

周辺地盤の凍上については、計測を行って管理することとした。

計測項目は、軌道変位(京成本線軌道)、橋台、擁壁、電路柱の変位(京成本線構造物)および周辺地盤の鉛直変位と水平変位である。

表-1 鋼製セグメント部材厚比較表

部 材	凍結部	一般部
スキンプレート	19mm	4mm
主 桁	22mm	22mm
継 手 板	22mm	22mm
縦 リ ブ	22mm	9mm
セグメント継ぎボルト	M36 (10.9)	M2 4(4.6)
リング継ぎボルト	M52 (10.9)	M24 (4.6)

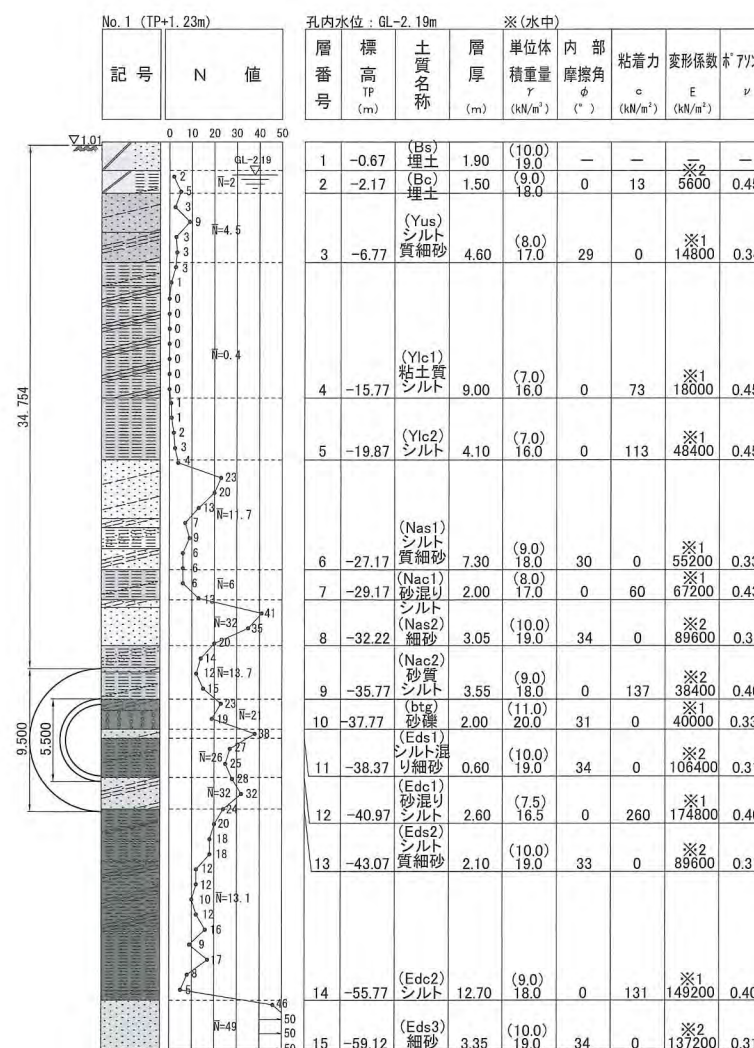


図-10 土質柱状図

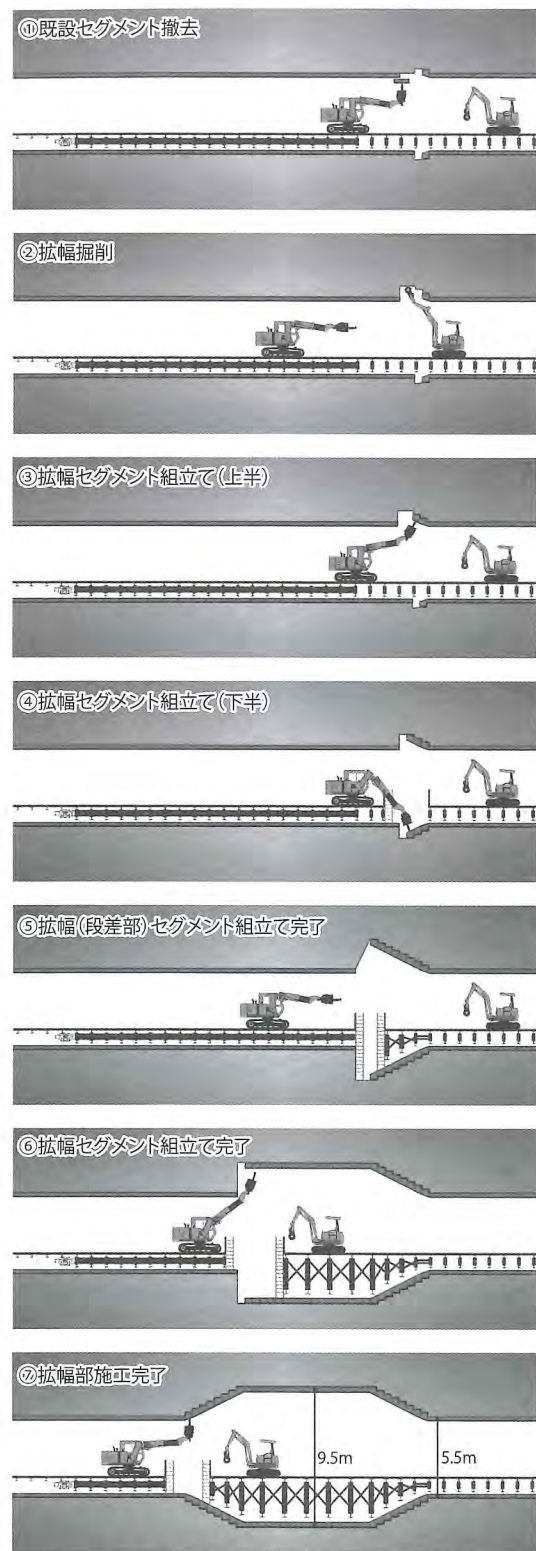


図-11 セグメント拡幅工事施工概要図

4 拡幅工事

凍土造成開始から1か月後より拡幅工事の準備工を行い、凍土が計画凍土厚以上になり維持運転に移行後、セグメントの拡幅工事を行った。

拡幅工事の内容は以下のとおりである。

- ・既設鋼製セグメント撤去工：21リング
- ・拡幅部セグメント組立て工：39リング
- ・凍土掘削量：657m³
- ・裏込め注入量：78.9m³

拡幅工事の施工概要図を図-11に、施工フローを図-12に示す。

これらのうち、主な工種について以下に述べる。なお、拡幅工事は、拡幅セグメント1リング(幅500mm)ごと、まず上半の施工を行い、引き続き下半の施工を行って次リングの施工に移行した。

以下は上半の施工に関して記述したものであるが、下半施工も同様である。

4-1 内部放射凍結管・測温管撤去工

拡幅工事は切羽側から行ったため、敷き鉄板設置後、計画凍土造成が完了したあと、内部放射凍結管と測温管のブライン(通常-30℃)の代わりに温かいブライン(+60℃)を循環させて内部放射凍結管と測温管周りのみ凍土を溶かし管を引き抜

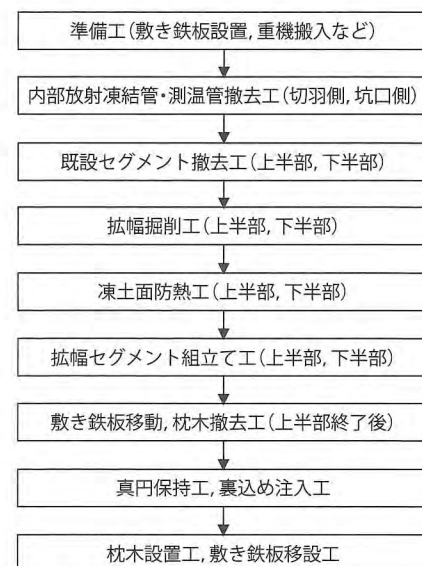


図-12 セグメント拡幅工事施工フロー

きやすくした。

4-2 既設セグメント撤去工

既設セグメントの撤去は、軸方向挿入型Kセグメントから撤去してもスプリングライン付近から撤去しても継手板のガス切断が必要となる。本工事では、作業順序と安全性・作業性を考慮してスプリングラインセグメントの撤去から始めた。セグメントの撤去にはセグメントハンドリング機を使用し幅1mのセグメントを1リングずつ撤去した。上半、下半ともそれぞれ0.5日(昼夜作業)で撤去できた。セグメントを撤去したあとの凍土部分(裏込め注入部分)は、既設鋼製セグメントのスキンプレートに塗装した錆止めが付着して全面茶色になっていた。

4-3 拡幅掘削工

4-3-1 凍土掘削実験

凍土掘削機を使用して凍土を掘削するにあたり、掘削機のパフォーマンス、適切な切削用アタッチメント、最適なビット形状などを確認するため、地上での凍土掘削実験を行った(写真-2)。

切削用アタッチメント(シングルヘッド、ツインヘッド、エクセルカッタ)とビット(アスファルト用、コンクリート用、コンクリート・硬い岩盤用)をあらかじめ選定し、掘削凍土については山砂およびNac2層とEdcl層の模擬土を用いた。

この実験により、掘削機の掘削能力(時間あたり掘削量、アタッチメント回転数など)、掘削機の挙動、アタッチメントとビットの選定、掘削方法の違いによる感触などのデータを当事者間で共有



写真-2 凍土掘削実験状況

することができた。

4-3-2 拡幅掘削

拡幅部の掘削は、開始時には既設セグメントを1リング撤去したあと、拡幅セグメント1リング分(幅500mm)、円周方向は外径+200mm(余掘り100mm)の範囲を掘削して拡幅セグメントを組み立てた。既設セグメントの解体と掘削を1mずつ行い、凍土面が解放される最大幅は1.5mであった。

掘削作業開始時は既設鋼製セグメントの内径がφ4,950mmであり、機械の取り回しに苦労したため掘削は上・下半とも昼夜で4.5日ずつかかっていた。セグメントが徐々に拡幅していく中、上・下半とも2日間ずつにまでなり、セグメントが徐々に縮径していくときも上・下半とも2日間ずつであった。

4-4 凍土面防熱工

前述したように、凍土面が解放される最大幅は1.5mで、凍土が露出する最大厚さは図-13に示す

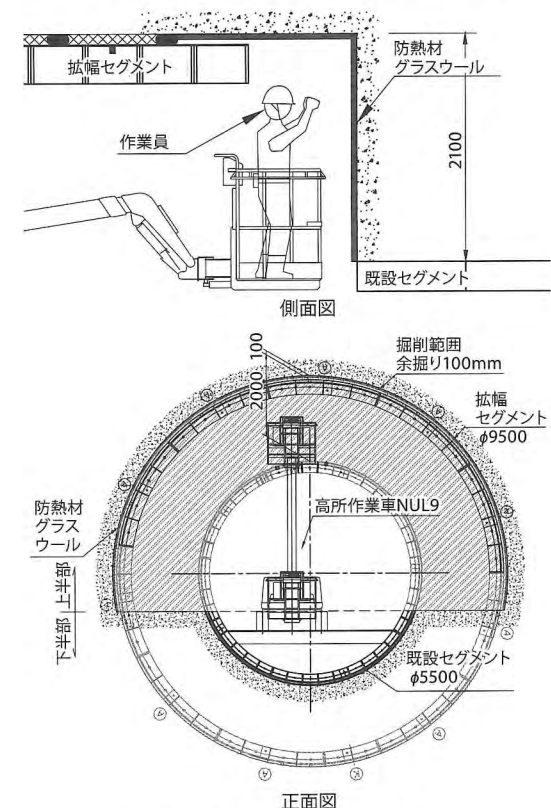


図-13 凍土面防熱材設置概要図

とおり2.1mであった。凍土の露出時間は最大で約3日間(約72時間)である。このことから、露出凍土の解凍による凍土崩落防止のため、写真-3に示すような凍土面防熱材を凍土露出面に設置した。

4-5 拡幅セグメント組立て工

4-5-1 ハンドリング機実証実験

セグメントハンドリング機は、鋼材ハンドリング機の鋼材把持部にセグメント把持用のアタッチメントを新規に製作して取り付けたものである。

実証実験は、地上に既設セグメント内空断面と拡幅断面を再現した空間を作り(写真-4)、以下の施工方法に関する課題を解決することを目的に行った。



写真-3 凍土面防熱材設置状況

- ① セグメント組立て専用のエレクタと同様な動きができるかどうか。
- ② 既設セグメント内での限られた空間でのハンドリング機の動きにどのような制約があるか。
- ③ 既設トンネルと拡幅セグメントとの間の狭隘な空間内で拡幅セグメントを組み立てることができるか。

実験の結果、アタッチメント改良の必要性はあったものの、安全で確実な施工ができることを確認できた。

4-5-2 拡幅セグメント組立て

拡幅セグメントは、拡径・縮径部については外

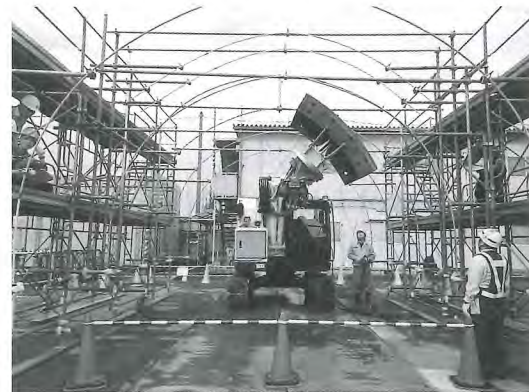


写真-4 ハンドリング機実証実験

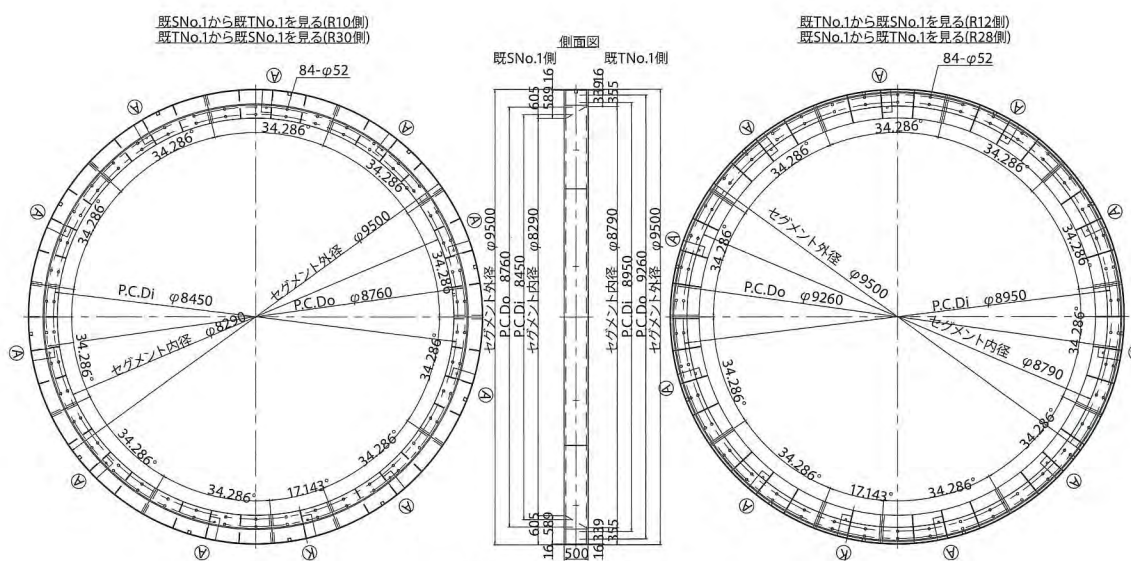


図-14 拡幅セグメント概要図

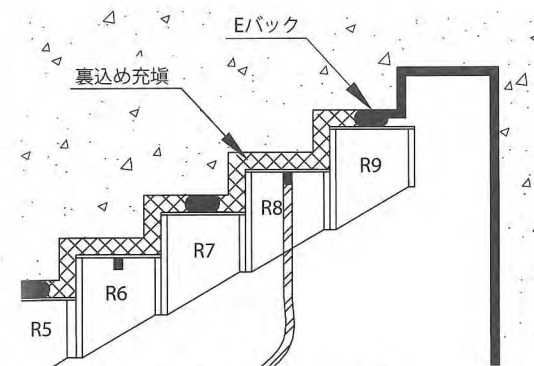


図-15 裏込め注入の概要

径 $\phi 5,500 \sim \phi 9,500 \text{mm}$ まで500mmずつ外径が大きくなり、拡幅部セグメントは外径 $\phi 9,500 \text{mm}$ である。それぞれのセグメント幅は500mmである。セグメント継ぎボルトはM36(10.9)でそれぞれの継手面に3本ずつ(拡幅部は4本ずつ)、リング継ぎボルトはM52(10.9)で縦リブまたは継手板間に上下2段配置で1リング継手面あたり84本である。分割数はハンドリング機の把持能力を考慮して、図-14に示すとおり11分割である。

Kセグメントはインバート部に設置し、組立ては逆半径方向挿入型とした。

本来であれば軸方向挿入型Kセグメントを使用したいところだが、挿入代が取れない。また半径方向挿入型Kセグメントを用いた場合、2次覆工は施工するものの土かぶり約40mの高水圧下に設置されるためKセグメント脱落の危険性があった。これらの理由からKセグメント設置部の凍土を若干深く掘削してKセグメントをセグメント外面側から挿入することとした。

4-6 真円保持工・裏込め注入工

セグメントを真円に組むために、上部セグメント組立て後に鋼製の真円保持装置を使用し、真円を保持した状態でセグメントの固定を行った。

本工事の裏込め注入は、シールド工事における裏込め注入とは異なり、セグメント組立て面が解放されているため、通常どおり裏込め注入を行う

と裏込め材が漏洩してしまう。そこで、図-15に示すとおり、Eバックを1リングおきに設置し、Eバックに裏込め充填して堰を作り、手前のリングの裏込め注入を行って2リング分の裏込め注入を完了する。これをくり返し行った。

裏込め注入材は、防凍剤を混入することで低温下でも硬化し所定の強度が得られるものを使用した。

5 おわりに

2017(平成29)年9月、拡幅工事は無事完了した。

今後は、千住関屋ポンプ所から発進するシールドを受け入れるための開口補強部材とエントランス装置・支保工の設置、シールド到達部の凍結管・測温管の抜去、凍土強制解凍と強制解凍による沈下抑制のためのセメント・ベントナイト(CB)注入などを行い、「隅田川幹線その3工事」は完了する。

とくに強制解凍時には慎重な施工が求められるため今後も安全を最優先に心がけ、起こりうる現象を予測してその際の対策を念入りに計画し、工事を無事完了させたいと考えている。

参考文献

- 1) 葛西孝周・日野和功・船倉崇弘：大深度・高水圧下でのシールド地中接続(拡幅)工事の設計，東京下水道隅田川幹線，トンネルと地下，Vol.46，No.6，pp.49-56，2015.6。
- 2) 精研：地盤凍結工法パンフレット。
- 3) 戸部暢・秋元攻：凍土内温度分布計算式とその応用，冷凍，Vol.54，No.622，pp.3-11，1979.8。
- 4) 高志勤：凍結膨張による未凍結領域内の土圧と変位の経時変化，土木学会論文集，No.200，pp.49-62，1972.4。
- 5) 戸部暢・秋元攻：凍土変位計算法(三次元)，土木学会第34回年次学術講演会概要集Ⅲ-123，pp.243-244，1979.10。
- 6) 日本下水道協会：下水道施設耐震計算例，管路施設編，後編，2001年版，pp.11-10-11-21，2001.4。

トンネルジャーナル

4代目萬世大路 東北中央道 栗子トンネルが開通

国土交通省、東日本高速道路が事業を進める東北中央自動車道のうち、福島県福島市と山形県米沢市を結ぶ福島大笹生IC～米沢北IC間35.6kmが、11月4日開通した。開通に先立ち、栗子トンネルの山形県側坑口前で福島・山形両県合同セレモニーが開催された。石井国土交通大臣をはじめ吉野復興大臣、吉村山形県知事、内堀福島県知事などが参列し、テープカットとくす玉割りで開通を祝った。石井大臣は挨拶のなかで、同道が「福島・山形両県の地域間交流や緊急時の代替路としての機能の強化を担う道路として、福島・米沢間の安全、安心な通行の確保や、広域的な観光交流の支援、物流効率化による地域産業の活性化に大きく貢献するものと期待している」と述べた。

開通した同区間は、福島・山形県境に位置する栗子峠をトンネルで抜け、急峻な奥羽山脈を越えるルート。四方を山に囲まれた山形県にとって福島から東京に直達できるこのルートの確保は重要で、1881(明治14)年に、当時の山形県令・三島通庸の主導により全長876mの初代「栗子山隧道」が建設され、開通式に臨席した明治天皇により「萬世大路」と命名された。初代のトンネルは馬車交通をおもな対象としていたことから、1937年にこれを自動車交通に対応させるため、2代目の栗子隧道として拡幅掘削された。現道である「3代目」となる国道13号東栗子トンネル(2,376m)と西栗子トンネル(2,675



写真提供：山形河川国道事務所

m)は1966年に完成している。

4代目となる同トンネルは延長8,972mのNATMトンネル。本坑の掘削に先立ち、本坑の地質調査と水抜きも兼ねて避難坑が施工され、山形県側の約3.5kmがNATM、福島県側約5.5kmがTBMで掘削された。道路トンネルとしては東北地方ではもっとも長く、国内で5番目の長さとなる。

現道の国道13号は降雪量が多く、急カーブや急勾配が連続する。そのため冬期における大型車両などの立ち往生が年間約130台発生していたほか、大雨や風雪による通行止めも年間平均4回発生していた。栗子トンネルを含む同区間の開通により、通行止め時の大幅な迂回が解消されて信頼性が向上し、年間を通して安定した幹線交通を確保されることが期待されている。

正誤表

平成29年12月号(Vol.48, No.12)に掲載した「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—」の論文内に誤りがありましたので訂正いたします。

10頁、左段14行目

《正》

$k = 1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$

《誤》

$k = 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$

あけまして おめでとうございます

平成30年 元旦

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

(掲載順)

謹 賀 新 年



青木あすなる建設

Asunaro Aoki

代表取締役社長 上野 康信

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



安藤ハザマ

代表取締役社長 野村 俊明

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



IWATA CHIZAKI

岩田地崎建設株式会社

代表取締役社長 岩田 圭剛

本社 札幌市中央区北 2 条東 17 丁目 2 番地 TEL (011) 221-2221

支店 東北・東京・名古屋・大阪・広島・四国・九州・海外

営業所 旭川・函館・帯広・釧路・岩手・横浜・千葉・新潟・神戸・台湾

URL <http://www.iwata-gr.co.jp/>

あらゆる地中障害物をすべて解決！！



N.JETエンジニアリング株式会社

◆ DO-Jet 工法 ◆

◆ ジェットモール工法 ◆

◆ バーチカルジェット工法 ◆

ウォータージェットで切り開く未来

東京本社 〒103-0021 東京都中央区日本橋本石町 3-2-7 常盤ビル

TEL (03) 3517-5668 FAX (03) 3278-6708 <http://www.n-jet.co.jp>



大断面シールドの消費電力低減と高速施工

● 東京外かく環状道路本線トンネル(北行)東名北工事で採用



地球に笑顔を

大林組

代表取締役社長 白石 達

〒108-8502

東京都港区港南 2-15-2

TEL 03-5769-1111

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

謹 賀 新 年



人と自然を、技術でむすぶ。
奥村組
OKUMURA CORPORATION

代表取締役社長 奥村 太加典

本社: 大阪市阿倍野区松崎町 2-2 TEL. 06 (6621) 1101

東京本社: 東京都港区芝 5-6-1 TEL. 03 (3454) 8111

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

100年をつくる会社

鹿島

代表取締役社長 押 味 至 一

本社 東京都港区元赤坂 1 丁目 3 番 1 号

電話 東京 03 (5544) 1111 (代)

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



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

代表取締役社長 水津 誠

《本社》 福井県越前市大虫町第 7 号 2 番地 TEL. 0778-24-2200

《東京支店》 東京都港区芝大門一丁目 3 番 9 号 TEL. 03-3436-4900

《URL》 <http://www.kihara-corp.co.jp/>

木部建設株式会社

代表取締役社長 木部 哲実

〒180-0005 東京都武蔵野市御殿山 1 丁目 6 番 10 号

URL <http://www.kibekensetsu.com> TEL 0422-48-7221

高める、つくる、そして、支える。



熊谷組

取締役社長 樋口 靖

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

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

謹 賀 新 年



鴻池組

KONOIKE CONSTRUCTION CO.,LTD.

代表取締役社長 蔦田 守弘

本社 〒541-0057 大阪府大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1

東京 〒136-8880 東京都江東区南砂 2-7-5

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

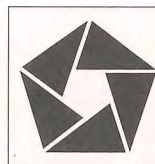
TEL:06-6245-6500

TEL:03-5617-7500

お客様の
「最高の笑顔」の
ために。



Mr.PENTA



五洋建設

PENTA-OCEAN CONSTRUCTION

代表取締役社長 清水 琢三

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

今と未来を技術でつなぐ。



佐藤工業

代表取締役社長 宮本 雅文

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

子どもたちに誇れるしごとを。

清水建設

代表取締役社長 井上 和幸

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

新しい技術とコストの提案／次世代への挑戦



新日本開発株式会社



新日本エンジニア株式会社



新日本機材株式会社



新日本オーシャン株式会社

グループ代表 箕井 伸

大阪本社 〒550-0012 大阪市西区立売堀 2-4-19

代表Tel 06-6543-1175

(営業所 / 倉庫) 東京・大阪・沖縄

謹 賀 新 年



第ダイヤモンド工事株式会社

代表取締役社長 阿部 広

コンクリート切断穿孔 コアドリリング ワイヤソ工事 ケミカルアンカー工事

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

営業所 仙台・埼玉・千葉・静岡



TAISEI

For a Lively World

大成建設株式会社

代表取締役社長 村田 誉之

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

人と地球の架け橋に

竹中土木

取締役社長 竹中 康一

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



TEKKEN

鉄建建設株式会社

代表取締役社長 林 康雄

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

“喜び”を実現する企業グループ



戸田建設株式会社

代表取締役社長 今井 雅則

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

謹 賀 新 年

防災のトビシマ

New Business Contractor

飛島建設株式会社

代表取締役社長 乗京 正弘

〒108-0075 東京都港区港南 1-8-15 W ビル <http://www.tobishima.co.jp>

未来を創る現場力



西松建設

代表取締役 近藤 晴貞

〒105-6310 東京都港区虎ノ門1-23-1 虎ノ門ヒルズ森タワー10階 TEL:03-3502-0232

Best Solution of The Earth

新しい社会基盤と環境保全への ベスト・ソリューション



日本基礎技術株式会社

JAPAN FOUNDATION ENGINEERING CO., LTD.

代表取締役社長 中原 巖

東京本社：〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷 1 丁目 1 番 12 号 TEL03 (5365) 2500 FAX03 (5365) 2522
URL:<http://www.jafec.co.jp>



前田建設工業株式会社

代表取締役社長 前田 操 治

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



三井住友建設

代表取締役社長 新井 英雄

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

謹 賀 新 年

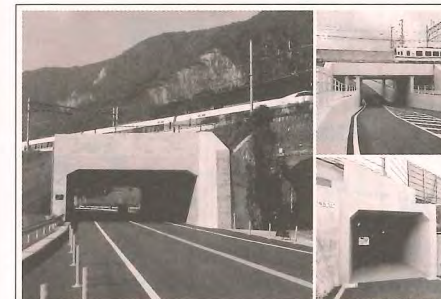


豊かな未来へ 技術のメッセージ

若築建設

代表取締役社長 五百蔵良平

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



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 FAX 042-572-5456

分 室 〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1 (株)奥村組内
TEL 03-5439-5412 FAX 03-5439-5413

URT協会

協会長 飯田 廣臣

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

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



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



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



謹 賀 新 年

Happy New Year Simple work at site and office



enzan koubou

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

Japan Asia Group
国際航業株式会社

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

代表取締役社長 土方 聡

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



総合建設コンサルタント
株式会社ドーコン

代表取締役社長 佐藤 謙二

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



メトロ開発株式会社

代表取締役社長 入江 健二

都市トンネル
に関する

土木・建築・設備の
設計・施工監理

海外都市鉄道の
コンサルタント業務

近接施工の
解析・計測管理

土木・建築工事
構築補修

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11番9号日本橋小伝馬町ビル 電話03(5847)7800



トンネル本体工設計・設備設計, トンネル点検・補修設計, トンネル現場診断
株式会社 ロード・エンジニアリング

本社 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号
 大阪支店 〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号
 福岡支店 〒812-0016 福岡市博多区博多駅南1丁目15番12号
 仙台営業所 〒981-3133 仙台市泉区泉中央1丁目22番2号
 横浜営業所 〒226-0002 横浜市緑区東本郷6丁目13番16号
 大分営業所 〒879-5506 由布市狭間町狭間376番地2号
 沖縄営業所 〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号

TEL 03(3891)0711 FAX 03(3891)0701
 TEL 072(691)0711 FAX 072(691)0711
 TEL 092(436)1588 FAX 092(436)1589
 TEL 022(725)4301 FAX 022(725)4302
 TEL 045(478)5230 FAX 045(478)5231
 TEL 097(586)3200 FAX 097(586)3210
 TEL 098(870)6411 FAX 098(870)6412

謹 賀 新 年



代表取締役社長 鈴木 康夫

エンジニアリング部

〒104-0032 東京都中央区八丁堀4-13-4

TEL: 03-3552-5710 FAX: 03-3552-5719

URL: <http://www.sk-tech.jp/>

発破掘削を変える革新的装薬方法

ダイナマイトチューブ



エピロックジャパン株式会社

2017年11月1日社名が変わりました (旧社名: アトラスコブコ株式会社 土木鉱山機械事業部)

取扱商品: トンネルジャンボ、ファン、ヘグローダー、MEYCO吹付機、坑内用トラック、
ロードホールダンプ、クローラドリル、ロッドビット、ロックボルト、油圧ブレーカ

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

産業用火薬類の製造・販売

アルテックス®、ランデックス®、ANFO爆薬、耐静電気雷管

EDD®、導火管付き雷管、黒色火薬、ロックラック®(非火薬破砕剤)新発売



カヤバ・ジャパン株式会社

東京都墨田区横網1-6-1 TEL. 03-5637-0901

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

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

KYB カヤバ システム マシナリー 株式会社

代表取締役社長 廣門 茂喜

〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル
TEL: 03-5733-9441 FAX: 03-5733-9504 URL: <http://www.kyb-ksm.co.jp>



ロックボルト 切羽補強工法 防水シート

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

土木資材事業部



〒105-0011 東京都港区芝公園2丁目4-1 TEL03-6402-8251 FAX03-6402-8255
 〒530-0047 大阪市北区西天満3丁目2-17 TEL06-6363-1884 FAX06-6313-0755

<http://www.kfc-net.co.jp/>

謹 賀 新 年

トンネル・シールド工事用機械のリース・販売

ケンサンリース株式会社

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

まもなく、強度・温度・圧力の一元管理を実現。
もちろん、無線で配線手間不要です。

児玉株式会社

NETIS: QS-110040-VE

TEL 092-474-5360 / EMAIL engi.office@kodama-boss.jp

JIMT JIMテクノロジー株式会社

JIMT は地下開発の未来を築きます。

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

JAPEX 株式会社ジャペックス

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

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

取扱製品

- 爆薬遠隔装填システム
- セーフチャージャー
- ANFO ローダー
- 非火薬破砕薬剤
- ガンサイザー
- 火工品
- 電気雷管
- 電子雷管
- 導火管付き雷管
- 導爆線
- 発破用アクセサリ
- 爆 薬
- 含水爆薬
- 硝安油剤爆薬

北海道営業部 TEL.011-241-6411 中部営業部 TEL.052-541-0775
東北営業部 TEL.022-215-9001 関西営業部 TEL.06-6454-6561
東京営業部 TEL.03-3506-9061 九州営業部 TEL.092-735-2977

★ STARLOY

シールド・TBM用カッタビット・ローラカッタ

株式会社 スターロイ

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

謹 賀 新 年



夢の鋼製セントルをつくる

大栄工機株式会社

代表取締役 古磯 信幸

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

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



NATM シート防水工法用

ビノントンネル防水シート

ILM(旧ハイイタス)工法用

ビノンハイフィット

黒色・白色2層一体型シート

ビノンシグナルレイヤーシート

トンネル用導水シート

リブドレイン・DCシート・CSドレーン

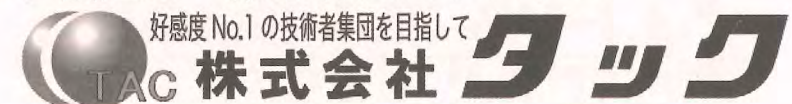
本社 〒104-8321 東京都中央区京橋1丁目18番1号(八重洲宝町ビル)
東日本インフラマテリアル営業グループ TEL. 03-3535-4583 FAX. 03-3535-4542
北日本インフラマテリアル営業グループ TEL. 022-221-1488 FAX. 022-262-0249
西日本インフラマテリアル営業グループ TEL. 06-6444-4572 FAX. 03-6444-4579

タキロンシーアイ株式会社

<http://www.takiron-ci.co.jp>

シールド裏込め・添加材注入システム

好感度 No.1 の技術者集団を目指して



Tunnel engineering Advanced Company

本社 〒709-0223 岡山県備前市吉永町南方1073 事業所 テクノセンター・大阪・東京・上海
TEL (0869)84-2069 FAX (0869)84-3288 シンガポール(TAC Pacific Pte.Ltd)
info@tac-co.com <http://www.tac-co.com> 代表取締役社長 瀧川 信二

Denka デンカ株式会社

Possibility of chemistry

代表取締役社長 山本 学

インフラ・ソーシャルソリューション部門特殊混和材部長 奥田 勝彦

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

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

TAK 東京機材工業株式会社
<http://www.t-kizai.co.jp/>

代表取締役社長 岩下 幹

本 社	〒103-0022 東京都中央区日本橋室町1-9-12 共同ビル3階	TEL 03-3245-1001
横浜支店	〒220-8109 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-2-1	TEL 045-664-7111
大阪支店	〒541-0042 大阪府大阪市中央区今橋3-2-20 洪庵日生ビル8階	TEL 06-6121-6261
東北支店	〒980-0023 宮城県仙台市青葉区北目町1-18 ピースビル北目町4階	TEL 022-738-7011
九州支店	〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前2-2-1 福岡センタービル8階	TEL 092-432-0501
名古屋営業所	〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦2-9-27 NMF名古屋伏見ビル4階	TEL 052-228-6441

謹 賀 新 年

株式会社 東 宏

《取扱い製品》 各養生工法、積算温度管理システム、トラベルクリーンカーテン、モイスチャータックプチ、トラミッキーカバー、ベルコン昇降装置、支保工スクレップ、急速施工用インパート棧橋

代表取締役社長 小林 雅彦

本社 札幌市東区東雁来9条3丁目2番3号 TEL 011-792-3000 FAX 011-792-3333
東京支店 墨田区両国2丁目18番4号 中尾ビル4F TEL 03-6659-3841 FAX 03-6659-3845
URL <http://www.k-toukou.co.jp/>



各種トンネル覆工型枠・施工設備 設計・製作

東和機電工業株式会社

かいた 穎田工場

代表取締役 福田 雄介

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

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

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



ドリルマシン株式会社

代表取締役 永井 敏実

ドリルジャンボ ロックツールズ バッチャープラント 配管部材
DRISS® LL-Fp工法 ProbeDrill AGF
〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 6-16-8 ☎(03)3806-3377 fax(03)3806-8461
Email: tokyo@drill.co.jp URL: <http://www.drill.co.jp>

トンネル用機械販売・リース、土木資材販売



日 豊 株 式 会 社

代表取締役社長 野崎 正和

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

カテゴリートップ・オンリーワンの技術



古河ロックドリル株式会社

代表取締役社長 三村 清仁

ドリルナビ搭載トンネルジャンボ(ドリルNAVI: NETIS登録番号 KK-160012-A)
支保工エレクター付コンクリート吹付機 など

www.furukawarockdrill.co.jp

〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号
特機部 TEL.03-3231-6966 FAX. 03-3231-6993



謹 賀 新 年

トンネル補修工事・鋼アーチ支保工・トンネルミスト



株式会社 マシノ

代表取締役社長 増野 裕人

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

ロードヘッダ、ツインヘッダ、トンネル換気設備

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



株式会社 三井三池製作所

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

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

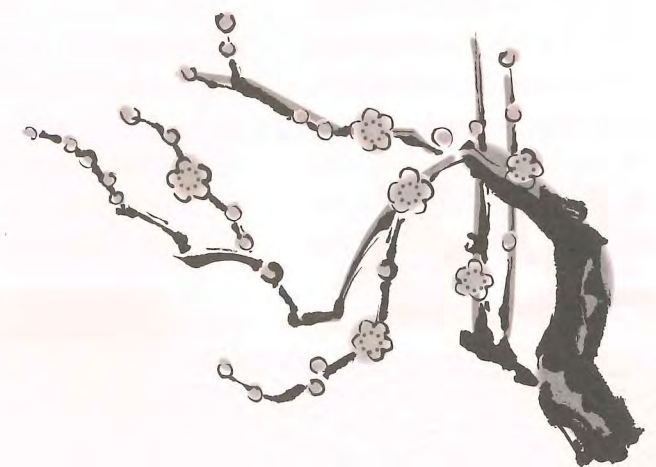


ヤマモトロックマシン株式会社

代表取締役 山 本 将 登

東京都千代田区丸の内二丁目4番1号 丸の内ビルディング 903 区

TEL(03)3201-0701 FAX(03)3201-5702
URL <http://www.yrm.co.jp> E-mail: info@yrm.co.jp



第九十七回

語り継ぎ
言ひ継ぎ行かむ出会いと
タイミングを大切に

トンネル技術者から地下空間全般の技術者へ

はじめに

土木屋人生も早や50年に近づいており、すべてがトンネルを含む地下空間に関連するものです。この間に大切にしたい教えとして、「出会いとタイミング」「先人に学べ」「出来事はメモ・写真などを撮り、記録に残す」「継続は力なり」がありました。

ここまでの約50年を活動期(1968～1988(昭和43～63)年)、熟成期(1989～2008(平成1～20)年)、完成期(2009(平成21)年～現在)に分け、それぞれの期における出来事を羅列したいと思います。

活動期では、鉄建建設(株)に就職した1968(昭和43)年に赴任した現場において、圧気ケーソンと圧気手掘り式シールド工法を用いた工事、次に、圧気手掘り式シールド工法での工事の2現場を経験しました。その後、荒川以東地区のゼロメートル地帯での下水道幹線新設工事へ。ここでは、5m級のハチの巣型ブラインドシールド

工法での施工を経験、そして、主任技術者として、市街地では初の大型処理プラントを有する中央制御方式の泥水式シールド工法を用いた工事を2件施工後、所長として、住宅街、商店街において泥水式シールド工法を用いた工事を2件施工しました。続いて、JVで泥水式シールド工法での工事を2件、半機械掘り式シールド工法での工事を1件施工後、台湾板橋市で、泥水式シールドを用いての下水道管渠建設工事の施工において、技術移転を行いました。

熟成期は、本社において、次の新技術となる曲線パイプ敷設工法関連の技術開発を進めるとともに、自社保有技術の普及促進のための提案を行いました。企業を卒業後、現在に至るまでの完成期では、熟成期のもう一つの業務であった異業種交流や学協会などでの活動の中で得た人脈を活かし、安全・安心に配慮して進められている地下空間の計画、施工、利活用などについて、一般社会に対する理解

(元)鉄建建設(株)
粕谷 太郎

迎春



南京での講演

度を上げていただくことを目指し、普及活動を行っています。

ここでは、施工記録を中心に記憶を呼び起こし、試行錯誤しながら完成させた工事についての概要と代表的な現場については詳細に、熟成期、完成期につきましては、時系列的に記述したいと思います。

活動期(1968～1988年)

1968(昭和47)年に赴任した現場は、水道本管の新設現場であり、発進立坑を圧気ケーソン(3 kgf/cm²超)にて構築後、圧気手掘り式シールド工法(セグメント外径5.9m)を用いて、神田川および中央・総武線を横断するシールド工事でした。その後、圧気手掘り式シールド工法(セグメント外径3.4m)にて、鉄道近接、横断の下水道管渠新設工事を2件経験しました。

1971(昭和46)年からは、荒川以東地区に初めて建設される下水道管渠築造工事に従事しました。この地域は、いわゆるゼロメートル地帯、GL-30～40mまで沖積層

となっており、地下水位もGL-1mと高く、不安定な微細砂層が全線に介在している軟弱な地盤です。

掘切ポンプ所から平和橋通りまでの工区である掘切幹線その1～3工事は、3つの立坑を通過し、圧気併用ハチの渠型ブラインドシールド工法(外径φ5.05m)で施工する延長800mの工事でした。

ここでは、推進するシールド上部の粘性土が圧密され、屋根状の土塊ができる状態となり、掘進のたびに推力がかかり、続行すると道路が隆起する現象が起きました。また、路面の沈下防止のための裏込め注入を実施すると、注入材が推進時に発生したと思われるクラックを走ってしまい、民地内の地下ピットに流出しました。このような地盤環境で、ブラインド工法を使って施工することは大変でした。この地盤は、地下水と一緒に切羽が崩れてくるので、圧気をかけると地下水位が高いためバランスがとれずエアブローしてしまう、圧気圧を下げれば切羽が崩

著者略歴

昭和43年	鉄建建設(株)入社
昭和43～44年	本郷作業所
昭和44～46年	大井シールドと大崎シールド
昭和46～52年	掘切シールドと四つ木シールド
昭和52～54年	弘道シールド
昭和54～56年	JV花見川シールド
昭和56～62年	JV昭和島と大島シールド
昭和62～63年	海外事業本部台北シールド
昭和63～平成15年	本社プロジェクト部およびエンジニアリング本部
平成20年	鉄建建設(株)退社
平成21～28年	(財)都市みらい推進機構都市地下空間活用研究会
平成28～	地下空間利・活用研究所

壊し、路面に変状を起こす現象が多々起きました。

今後のこの地域での施工にあたり、何か良い方法がないかと試行錯誤の中、子供のころ、小川で魚を取るときに、周囲にある草木竹で堰を作って隙間を田んぼの土で目詰まりさせ、止水効果を上げることができたことから、粘性土で泥壁を作ることが可能では？また地中壁の掘削時の状況をトンネル切羽安定に取り入れることが可能では？など考えました。その後、技術研究所の飯吉博士のアドバイス、支店幹部の示唆もあり、泥水式シールド工法の現場への導入を目指し、文献調査、先行事例の調査および実証を進めました。

1972(昭和47)年に受注しました掘切幹線その4工事では、密集市街地で初の泥水式シールド工法が採用されました。

現在と違いワープロもパソコンもなく、電卓すらないこの時代は、図面も掘削記録も手書きであったため作業量が多く、職員には大きな負担がかかりました。

各職員が気力・体力・知力などを持って工事に臨み、トラブルも試行錯誤、創意工夫を持って乗り越えて対応した成果が、また、発注者である都下水道局の松下第一建設事務所長の新工法による施工に対する理解と絶大なるサポート環境の構築などの強力支援もあり、現在の日本の地下空間利用に際して不可欠なシールド工法の原点の一つになっていると考えています。

■掘切幹線その4工事

(1) 概要

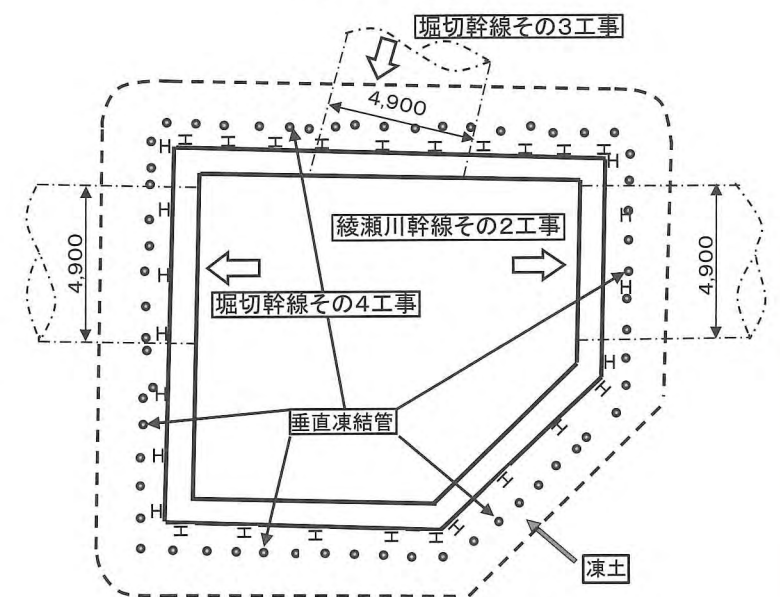
シールド外径φ5.05m、セグメント外径4.9m、幅0.9m、延長684m、立坑1か所(凍結工法)、発進部10mリンク凍結1か所で、路線は、掘切から新小岩へ通ずる平和橋通りという重要産業幹線道路下の施工であり、その多大な交通量に影響を及ぼすことなく施工することが求められました。また、路下にはあらゆる地下埋設物があり、水戸街道の横断、葛西用水河底の横断などと施工にあたっては、より慎重を期さなければならない地域環境でした。地質はいわゆるクイックサンドを起こしやすい、発進部と到達部は100μ通過分が40～50%もある微細砂で、砂97%の中間部は5.5%と少なく、この付近は昔、沼地であったという地元の長老の話を聞くにつけ、不安定な地質が想像され、現実にも流木やコブシ大の貝殻などが出現しました。トンネルの土かぶり7～10mです。

(2) 発進立坑

発進立坑築造は、主としてPIP



掘切シールド作業所前にて



発進立坑平面と凍結管および凍土状況

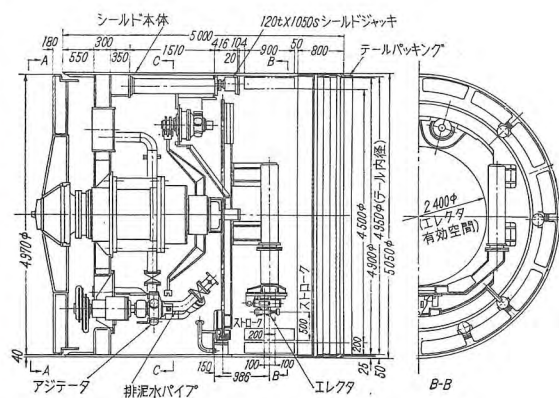
工法にて施工されていましたが、土留め杭の間隙から、再三、細砂の噴出という、苦い経験をしたため、重要道路内での施工を考慮して、凍結工法を用いて、連続壁を造成する方法を採用しました。

上図に示したように、凍結工法による立坑(長さ12.5m×幅14.1m×8.9m×深さ15.5m)は、凍上

による影響を避けるため、埋設物類の吊り防護、切廻しを行いながら、鋼板土留めを用いて地下3mまで掘削し、その下の立坑予定位置周辺に、約1mピッチで凍結管67本を打ち込み、完了後凍結を開始しました。その後、成長した凍土壁で土圧を支え、掘削作業を開始しました。しかしながら、立



シールドの写真と構造図



坑内の水位が低下しないため、原因調査を進める中、この地区の長老の話として、粘性土部分にパイプ状のメタン層があると言われたことを思い出しました。確認のため、立坑周辺にてボーリングを行い、各所から異なる染色水を通し、その部分を特定しました。そこに銅管を林立させ、液体窒素を送り、急速凍結により対応しました。3mもある凍土壁も流速のある水や気体には無力なことがわかり、改めて水などの怖さを実感した次第です。

このように凍結予定箇所の地盤では、その部分を何らかの要因で乱したり、水みちがある地質では、凍土が造成できないことを、ことあるたびに、経験工学として情報発信していますが、近年、残念ながら体験を活かしていただけない事例も見られるように感じています。

また、土留め用H形鋼杭が自沈する軟弱地盤においても、凍土壁は完全に湧水を遮断し、安定した状態での施工が進められ、周辺の地下水位、地盤などの変動もなく完成することができました。

(3) シールドと施工実績

シールド切羽部にバルクヘッドを設け、切羽に圧気の代わりに泥水を圧送して加圧し、地山の崩壊を防ぐ。掘削はカッタにより地山を切削し、バルクヘッド内下部に設けた排泥管より排出。この切羽水圧は地下水圧+0.2kgf/cm²を標準とし、安定液効果と併わせ切羽の崩壊を防ぎ、バルクヘッド内下部排泥管孔付近には、切削土砂が沈降するため、アジテータを2基設置しました。

また、シールドがセグメント1リング(R)分掘進、組立て作業を行うが、この際、水圧に耐えられるように3種類のパッキンをテールスキンプレート内面および端部に設け、セグメント外径とのクリアランスのシールをする構造としました。

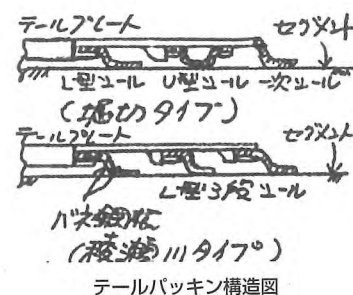
トラブルとしては、当初の試運転時、カッタ駆動用の油圧モータのsprocketの破損およびドライビングホイールの駆動チェーンの一部破損がありましたが、予備部品にて対応しました。

本掘進後は、機械的なトラブルはほとんどなく、途中でカッタ旋

回用の油圧ポンプ油量制御のロックナットが緩み、これが原因で、マグネットスイッチの接点が焼き付いてしまったという、小さなトラブルがあっただけで故障ゼロといって良い状況でした。

初期掘進では、泥水圧をかける時期は、凍土で防護した発進部の切羽面に掘進機が貫入した時点とし、次頁のシールド発進部の状況写真に示すように、シールド本体と立坑コンクリート壁とのエントランスシールはゴムパッキンにて行いました。

ここで、予期できぬ事象が発生しました、発進にあたりシールドに正対した切羽部の凍土を成形し、その後シールドを所定の位置まで推進、ゆっくりと泥水の注入を開始しましたが、完全に凍結した切羽部は密封状態のため、準備した圧力抜きパイプ径が小さく、エントランスパッキンに負荷がかかるとともにシールド貫入時のパッキンへの負担を配慮し、機械外周に塗布したグリースが摩擦力の低下を招き、反転してしまうトラブルに遭遇しました。直ちに、シールド外周部に溶接でストッパーを取



テールパッキン構造図

り付け、周辺の工場などから借り受けたジャッキをシールド外周の円周方向にセットし、徐々に押し込む作業をくり返し行くとともに、併行してエントランス部の防護コンクリートに削岩機によりエア抜き孔を増設、バルブを取り付けました。また、鋼材などを用いたエントランスパッキン反転防止対策を講じました。

切羽水圧保持のポイントの一つにテールからの漏水防止の方法が挙げられますが、本掘進機は、テール長を2R分納められる長さとし、従来のテールパッキンのほかに、内側にL形のパッキンを取り付けて、2Rリング目のセグメントと常に二重にシールしているという形式にしました。

また、内側のL形パッキンの摩擦を考慮して、テールパッキンとの間にU形パッキンを取り付けて交換時および非常時には、このU形パッキンをエアで膨らませるものとししました。しかし、実際の使用にあたって、一部よりエアもれがあり、テール内に噴発を起こし、これがかって水みちを作る原因となって、テール内に砂の流入を誘導する結果となりました。この原因としては、空気加圧によるゴムの膨張伸びにより、U形



シールド発進部の状況

パッキンとスキンプレートとの接着部分が剥がれ、取付けボルトとの間隙の広がり考えられ、現場では更にいろいろな要因も加わり機能しませんでした。

本工事では、これに代わるものとして、ストローパッキンを補助として使用しました。なお、L形パッキンの交換時には、スキンプレートと2R目のセグメントとのテールクリアランスに、ケーキ状になる薬液注入を施し、止水しました。

このシール方法は非常に効果がありました。L形パッキンの摩擦は、避けられないもので、その交換手間を簡素化する方法を考えた方がよいと考えました。本工事では250R付近で下半分交換を行いました。一方、その寿命を多少でも伸ばす努力も行い、バネ鋼板で防護したり、パッキンの材質および硬度を変えたり、パッキンの長さおよび厚みを変えたり、パッキンに鉄板や布を挿み込んだ構造のものなどを使用しました。その結果は、無垢の天然ゴム製のものが良く、310R目でこの新型と交換

した結果、最後(761R)まで持ちこたえることができました。

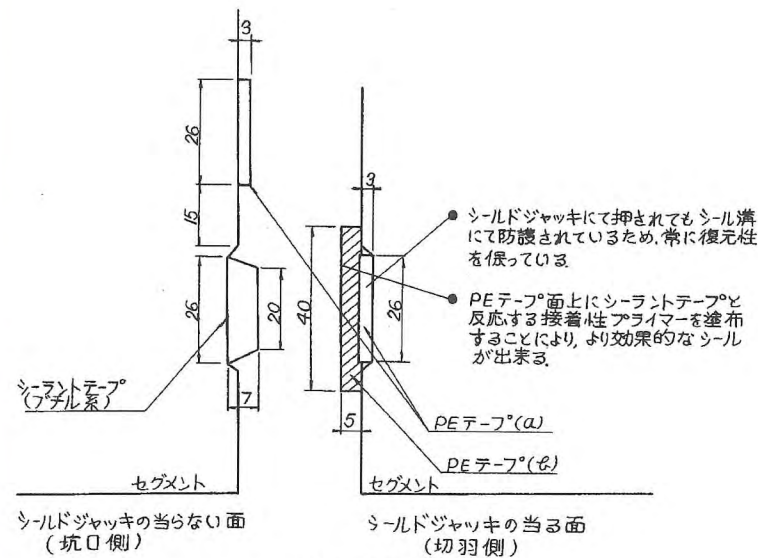
今後のシール対策としては、耐久性のあるバネ鋼板の利用や密着性・耐久性を考慮したクリンプ鋼線の活用などを含めたパッキンの研究・開発と併せて、セグメント自体の改良を考えれば、寿命を伸ばすことはもちろん、また違ったアイデアが生まれるものと考えました。

(4) セグメントとシール材

セグメントとテールパッキンの接触面の密着性を考慮したセグメントの背面仕上げの検討を行い、型枠や工場での仕上げ時に負担がかかりますが、工夫すれば対応可能であるとのことでしたので、通常製作方法と逆の型枠や表面仕上げ方法を取り入れました。

セグメントシール材の使用にあたって、前回使用した各種シール材の効果と今回施工箇所の土質条件とを考慮して、全面二重シール方式を取り入れました。

次頁の図に示すようにジャッキのあたる面にもシール材を貼り、シール溝を利用して一重貼り、そ



セグメントシール詳細図

の内側に平行して貼ることにより、止水性を高める方法を取り入れ、止水効果を上げることができました。また、当時は裏込め注入孔のキャップが内径側に出ており、後続台車などが接触して破損しないように、製作工程上、手間が増えますが、セグメント内面よりキャップ天端が出ない構造に改良しました。

(5) 乾砂量

本工事の掘削量の算出の考え方を紹介します。

〈演算式〉

$$G = Q((\gamma_1 - 1)\gamma_2 / (\gamma_2 - 1))t / 60$$

ここで、

G : 泥水乾砂量(t)

Q : 泥水流量(m³/h)…204以上

γ_1 : 泥水密度(g/cm³)…1.0~1.4

γ_2 : 乾砂密度(g/cm³)…2.5~3.0

t : 掘削時間(min)…15~30

掘削乾砂量算出の方法ですが、送水比重を1(清水)とし、実際には、1.04~1.15と送水比重を上げているため、この送水した分の乾

砂量を差し引いたものが、1Rの掘削乾砂量となります。演算器で算出するには、送水側にもγ線密度計検出器を装備すればよいこととなりますが、本工事では、切羽の手前でバイパス回路を作り、送水比重1.04~1.15による循環運転により実験値をとり、その分を差し引いたものを1Rの掘削乾砂量としました。

また、念のため掘削後、路上からチェックボーリングにて空洞がないかを調査し、この結果により1Rの乾砂量の経験値として、掘削量を判断しました。裏込め注入および乾砂量が異状に多くなった場合でも路上注入など手当さえ早ければ、周辺に影響が出る前に対処できると考えました。

(6) 送排泥設備

切羽の泥水圧は、排泥流量(P2ポンプにて制御)に応じた送水流量(P1ポンプの制御)のコントロールによるものとし、本工事はトンネル断面上から、空冷

方式にするとポンプ設置スペースが大きくなりすぎるため、P2ポンプは水冷方式としました。P2ポンプのコントロールは排泥パイプ内に沈澱を起こさない流速を維持すべく押しボタン操作(マニュアル)による方式とし、P1ポンプは、これに応じて設定された切羽水圧を維持すべく、自動的に送水流量をコントロールできるようにしました。

送排泥ポンプのトラブルとしては、グランドパッキンからの漏水、ポンプケーシングパッキンからの漏水があった程度で、ポンプ自体の信頼性は高いものでした。また、誘導電流による操作回路の漏電がありましたが、機器自体の信頼性は高いものでした。ポンプの設置位置レベルは、掘削途中の排泥ポンプの閉塞など、不慮のトラブルなどを考えると、自然水位のレベルに設置し、異常時にも過大な切羽水圧がかからないようにすることも考慮した方がよいと考えました。

トンネルの掘進に併せて、送排泥パイプの延伸がありますが、当時の伸縮管の適用は課題が多く、ゴムホースを使用しました。今後は、伸縮管の盛替え作業時間の短縮や伸縮部の漏水対策などに重点をおき、再検討することにしました。

初期推進において、P2ポンプの設置時期が問題になりますが、計算上では、発進立坑深さのヘッドが送水側にかかるため、立坑下のP4ポンプに、その分の押し込み圧がかかり、P4ポンプ1台だけ

でも十分になりますが、諸条件を考慮してP2ポンプとP4ポンプを、同時に設置しました。

排泥パイプの数か所にスリースバルブを設け、排泥流量を絞りましたが、バルブをほとんど閉め切る寸前まで絞らないと設計流量にコントロールできず、あまり絞ると土砂が詰まるため、このコントロールはあまりうまく行きませんでした。今後は立坑下のP4ポンプを可変速にし、排泥流量をコントロールすれば良いと考えました。

(7) 泥水処理設備

基本的な考え方は、切羽から輸送されてきた排泥中の土砂から、1次処理として、まず粗粒子分を除く砂分回収機、粗粒子分を回収した排泥水を一時溜める原水槽、原水槽に溜めた泥水より、シルト、粘土分を回収する一連の2次処理装置、清水を貯留する清水槽、更に泥水の一部を切羽への循環安定液として貯留する調整槽、および各種ポンプ、ベルトコンベヤ、土砂ホッパーなどにより構成されるものとし、右上の写真に示す泥水処理プラントの機器配置としました。

■綾瀬川幹線その2工事

(1) 概要

シールド外径φ5.05m、セグメント外径4.9m、幅0.9m、延長1,057m、発進部10mリング凍結1か所で、路線は、堀切から新小岩へ通ずる都道140号線(平和橋通り)という重要産業幹線道路下の施工であり、地質はほぼ堀切幹線と同様に特有の微細砂層が主体でした。

綾瀬川幹線は、堀切幹線で得た

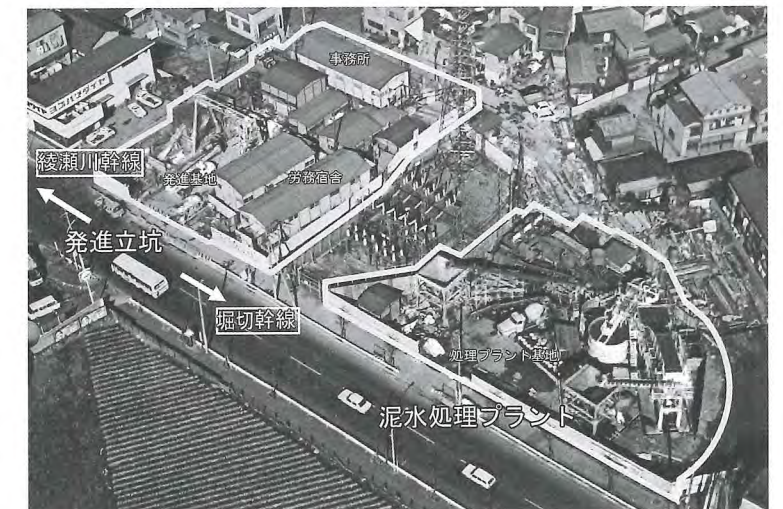
知見を生かし、中央自動制御方式を採用し、各種の改良を試みしました。右下の写真は、完成したトンネル坑内です。

(2) 検討事項

・送水側にもγ線検出器を取り付けて、排泥乾砂量から送泥乾砂量を差し引いて掘削乾砂量を自動的に演算し、正確な掘削量管理を行うことにしました。

・ジャッキ圧力、ジャッキストローク、推進速度、カット圧力、カット回転速度などの主要機器の監視を中央で行うことで、より正確な状況判断ができ、各担当へ迅速・適正な指示を可能としました。

・掘進中は、送水および排泥のコントロールにより切羽水圧を保持できますが、長時間の掘削停



綾瀬川幹線現場



綾瀬川幹線トンネル坑内

止中の水圧保持は、電話合図による手動によって行いました。送水管からバイパス管路を作り、自動バルブを取り付けて自動的に切羽の水圧を保持できるようにしました。

・送排泥流量の管理および切羽水圧維持が必要であるため、P2ポンプは可変速(VSモータ)ポンプとし中央盤の押しボタン操作で自動コントロールに、また切羽水圧保持は、P1ポンプに可変速ポンプを使用し、排泥による隔壁内の泥水圧の変動を圧力検出器により受信、切羽水圧調節計で切羽設定圧との偏差量を演算、地上のP1ポンプ回転数を比例積分微分動作により制御、送水量を自動的にコントロールし、切羽水圧を保持することを可能としました。

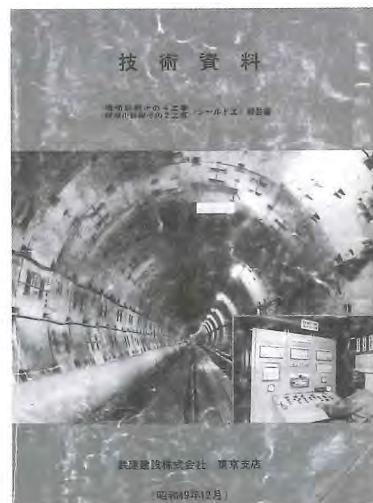
・従来、バルブの開閉操作を手動により行っていたが、合図の不徹底などによる誤操作が多く、切羽水圧の変動、管内閉塞など、中央管理などがスムーズに行われないため、自動バルブを採用しました。

・原水濃度、原水流量、薬品流量の自動制御による高分子凝集剤の自動添加を行い、適正な安定した管理を行うことにしました。

・P1異状、調整槽低水位、調整槽最低水位、P2異状などを示す警報装置を取り付け、故障時の判断をよりスピーディーに行うことにしました。

(3) 成果

本工事に於いて改良した部分は、それぞれ効果を上げ、効率的に工



成果物

事を完了することができました。

また、両工事には国内外からの見学者が5,000人を超えました。現場でのトラブルや改善点については、情報発信に努めたので、現場を訪れた各エンジニアが自社に持ち帰り、切磋琢磨、創意工夫を続けたことで、本工法が飛躍的に伸びたと自負しています。

また、当社では失敗事例、工夫した事例を含め、その都度開催されるシールド委員会にて開示し、情報を共有するとともに、記録として次世代まで残るようにし、上写真(左)に示す技術資料を作成しています。

一方、この2現場につきましては、土木施工(上写真(右)に示す)、建設の機械化、土木学会誌、ENRなどで報告がされており、土木学会発刊のトンネルライブラリー『目から鱗のトンネル技術史—先達が語る最先端技術への歩み—』では、筆者自身も「13. 近代シールドの要素技術開発」で、紹介されました。



■四つ木5丁目付近校線

(1) 概要

密集住宅地内区道での工事で、立坑5か所、シールド外径2.4m、スチールセグメント外径2.25m、2次覆工仕上がり内径1.65m、延長829mです。N値は、5~20前後とバラツキが大きい地層で、地下水位はG.L.-1m以内でした。

(2) シールドほか

本工事は、堀切、綾瀬川幹線工事と地盤環境が同じため、泥水式シールド工法を採用することとし、前工事で設置している泥水処理プラントと近くの完成トンネル内を配管で結び活用しました。

ここでは、シールドがそれぞれの立坑に到達、発進をくり返すので、各種の新しい取り組みを行いました。その一つはテールパッキンをバネ鋼板のみ、あるいはバネ鋼板の幅を小さく加工し、ワイヤーブラシに似た形状のものなどを用いましたが、セグメントの背面の溶接跡などの影響で鋼板と密着せず、テール部での漏水の原因とな

りました。また、裏込め注入の即時実施が、路面の変状を抑止する最大の手段であるという視点で、セグメント背面にあらかじめ袋を装着して、効率の良い裏込め注入を行うことにしましたが、推進中に装着したメッシュ袋がテールパッキンなどで破損し、効果を検証できませんでした。

この現場のいろいろな取組みに対し、朝日新聞に「いま工事現場」で「泥水モグラ」というタイトル(1976年3月17日)で取り上げられました。

■JVによるシールド工事(1977~1987年)

(1) 弘道シールド工事(1977年9月~)

軟弱地盤の商店街を通過する下水道管渠築造工。急曲線を泥水式シールド工法(上流側シールド外径 ϕ 2.18m、延長389m、下流側シールド外径 ϕ 2.83m、延長342m)で施工。下流側到達は、東武伊勢崎線五反野駅直下において凍結工法により、足立幹線に接合しました。

(2) 花見川シールド工事(1979年7月)

航空燃料パイプライン築造にあたり、花見川河口に圧気ケーソンにおいて発進立坑を構築し、河川直下を中心に泥水式シールド工法(シールド外径 ϕ 3.45m、延長1,356m)によりパイプラインを築造しました。

(3) 昭和島作業所(1981年5月)

昭和島下水処理場内に圧気ケーソン工法にて発進立坑を構築、下水道連絡渠(海底下)を ϕ 9.7m泥

水式シールド(下水で初の大断面)にて築造。到達部は、凍結工法を用いた海底下での地中接合が採用され、発進部は、大断面ということもあり、凍結工法を採用しました。この工事の成果が、東京湾横断道路トンネル工事の一助になりました。

(4) 大島シールド工事(1983年7月)

交通量が多い明治通り下の既設管渠(NTT、東電、下水道)間の狭隘空間を圧気併用のエキスカベータシールド(シールド外径5.25m、延長667.5m)にて下水道管渠を構築。初の掘削土砂圧送方式を導入。掘削土砂を、切羽部にて気泡と混合して、地上の土砂ホッパーまで圧送する方式により、路線途中の立坑の大きな段差や急勾配、立坑での変則ルートなどの作業環境で、スムーズに施工が完了できました。ここでの成果が、その後の気泡式シールド工法の基礎となったと思っています。

■台北シールド工事(1987年8月)

台湾の台北において、初の泥水式シールド工法(シールド外径 ϕ 3.28m、延長1,706m)を用いた下水道管渠築造工事では、工法のノウハウを現地技術者に技術移転しており、施工中のトンネル現場への台湾省の主席の訪問は、その状況がテレビ・新聞などで大きく取り上げられました。

熟成期(1988~2008年)

■技術開発など

本社技術開発本部などの技術開発・技術提案関連の部署に所属し

て、地下空間利用に関するニーズ・情報収集および発信のため、日本トンネル技術協会(JTA)や土木学会などの委員会委員として活動しました。

2001年に施行された「大深度法」(大深度地下の公共的使用に関する特別措置法)は、日本の法律では珍しく法案の裏付けとなる広範な各分野の技術指針があり、その分野の専門家による技術的な検討成果としてまとめました。JTAもいくつかの分野について担当しており、その委員会に参画して報告書を完成させています。筆者は、ほかの学協会などでも活動しており、そこでも検討委員として報告書作成に参画しました。

この関係で、大深度法に関しては、広範な知見を得ることができ、自社得意技術を活かした多くの大深度構想などの立案を行いました。

土木学会発刊の『日本土木史』の中でも、「大深度」という用語は、当社の提案の一つである『深層都市21世紀』(大深度高速地下鉄道の開発、1990)の解説書のなかで定義され、新しく生まれた用語とされています。

このほかトンネル技術を中心に「大深度地下物流構想」「高圧線大深度地下構想」などについて提案を行っており、学協会などでの調査・研究テーマにも取り上げられ、さらに内容の深度化が進められました。また、この期間は、トンネルの地下拡幅技術を中心に開発を具現化するために、曲線管施工実験を進め、現場にて各種の実施工を行いました。

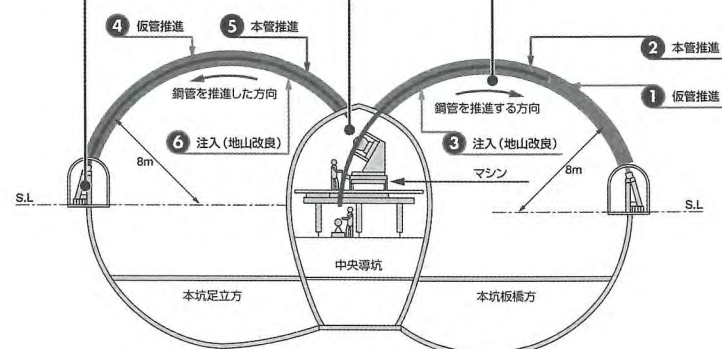
■細径曲線ボーリング工法の実施工例

JR 営業線と近接し、飛鳥山の急斜面下で、最小土かぶり約 3 m であり、施工に際して、安全・環境・周辺の影響への対応を求められました。そこで、下図に示すようにトンネル掘削の前に、中央導坑からトンネル上半部に支保工（曲線管 $\phi 267.4\text{mm}$ ）を曲線ボーリ

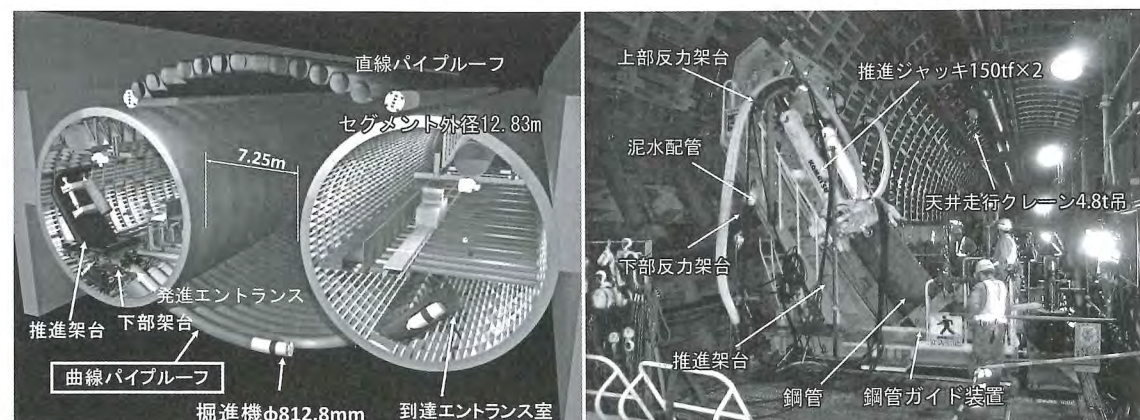
ングで埋設したのち、この管を注入管として周辺地盤に薬液注入を行い、トンネル上半アーチ部の地盤の緩み防止と地盤強化を図ったうえで、周辺への影響を最小限に抑制しながら、安全に本坑トンネルを構築しました。

■太径曲線パイプルーフ工法の実施工例

下図に示します富ヶ谷出入口工



細径曲線ボーリング工法の実施工例



太径曲線パイプルーフ工法の実施工例

事では、ランプ区間延長約 160m において、内回りと外回りの 2 本の本線トンネル下部に太径曲線パイプルーフ ($\phi 812.8\text{mm}$, 76 本) を設ける構造となっています。施工法は外回りトンネルの鋼製セグメントを貫通する発進孔から発進し、 $R=16\text{m}$ の円弧状に 19.2m 推進して、内回りトンネルに到達、掘進機を回収し、外回りトンネルへ移動、再掘進をくり返し行うものです。曲線管の敷設が完了後、管と管の間に凍結し連続的な壁を造成後、内部掘削を行い、所定の構造物を構築するものでした。

完成期(2009年～現在)

63 歳で企業を退職後、自由な立場・発想のもと、トンネルを含む地下空間に関する多面的な利活用の在り方などについて、計画・技術・環境・制度・歴史など種々の視点から調査、研究を土木学会などで行っています。

一方、縁があり都市地下空間活用研究会(2009(平成 21)年 3 月～2016(平成 28)年 6 月)において、国土の有効活用などの推進のため、

地下利用をめぐる社会、経済、法律、文化、技術その他の諸制度または諸活動に関する調査、研究などを行いました。

また、土木学会の地下空間普及委員会の活動の一環として、一般市民を含む多くの方々にマスコミなどを通じて、活動の成果や空間の利活用の工夫、安全対策の取組みについて、情報発信に努めてきました。その活動内容は、研究成果についての論文投稿、専門誌での執筆、地下空間に関する出版物の執筆、新聞・雑誌などへの情報提供、テレビでの放送番組企画へのサポート、各種学協会での講

演・講座などでの対応、中国各都市でのわが国の地下空間利活用に関する取組みについての講演など、幅広いものです。

主な成果としては、テレビ出演や番組企画であり、NHK(プラタモリ・クローズアップ現代・あさイチ・探訪東京地下迷宮・Japanology Plus)、テレビ朝日(奇跡の地球物語一近未来創造サイエンス)など、新聞などでは、朝日新聞(GLOBE・人はなぜ地下に向かうのか)、毎日新聞(オフィス街台風避けて地下散歩)、日本経済新聞(知られざる地下の背比べ)、日経電子版(東京ふしぎ

探検隊シリーズ 9 編) などがあります。

おわりに

今後は、私の経験と収集した記録、学んだことを継承したいと考えており、地下空間技術分野の「語り部」として、国内だけでなく、中国をはじめとする諸外国においても要請があれば、気力・体力が続く限り継続したいと考えています。

また、いま以上に難しい環境下での空間の利活用、開発が求められる中、多くのチャレンジャーが出現することを期待しています。



文献紹介



解 説

特集/急がれる土木構造物のひび割れ補修・補強, 防水
ジャーナル, No.548, 2017.7.

特集/浸水対策の現場(いま), 月刊下水道, Vol.40, No.9,
2017.8.

特集/地下街は快適ですか, いま, 都市の地下空間を考
える, 土木学会誌, Vol.102, No.8, 2017.8.

小岩敏男: 下水道管きよの長寿命化に寄与する更生工法,
SPR工法, 土木技術, Vol.72, No.9, 2017.9.

特集/震災復興, 月刊推進技術, Vol.31, No.9, 2017.9.

小島芳之: 鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術, 建
設機械施工, Vol.69, No.9, 2017.9.

小島芳之: 鉄道構造物の延命化・リニューアル技術, 建
設機械施工, Vol.69, No.9, 2017.9.

研 究・開 発

白石雅嗣: IoT型トンネル施工管理システム「TUNNEL
EYE」, 安全管理と省エネルギーの両立, 土木学会誌,
Vol.102, No.5, 2017.5.

岩本俊一: 山岳トンネルCIMの開発と実用化, 土木技術,
Vol.72, No.6, 2017.6.

特集/進化する深層地盤改良技術, 基礎工, Vol.45, No.6,
建設機械施工, 2017.6.

村田勝彦・川合克実: 多発する集中豪雨に対応した高機
能雨水貯留施設の開発, ハイブリッド雨水貯留システ
ム, Vol.69, No.6, 2017.6.

今泉直也・宮本光基: 地下鉄トンネルのはく落事故防止
対策, 浮き・はく離の可視化による新たな検出システ
ム, 建設機械, Vol.53, No.7, 2017.7.

宇津木慎司: CIMを活用した斜面計測監視 3D-ICT シス
テムの開発および施工現場への適用, 建設機械,
Vol.53, No.7, 2017.7.

筒井隆規・熊谷幸樹・遠藤信広・秦英昭: 鍊上がり温度
を自動制御する吹付けプラント, クラウド管理機能を
搭載したスマートバッチャープラント®の実用化, 建
設機械, Vol.53, No.8, 2017.8.

青柳和乎・名合牧人: 幌延深地層研究センターにおける
坑道掘削の情報化施工支援技術の開発, 地盤工学会誌,
Vol.65, No.8, 2017.8.

小林真人: トンネル工事で威力を発揮する発破超低周波
音制御装置, TBI レゾネータ Type-F の開発と実用化,
建設機械, Vol.53, No.9, 2017.9.

山本秀樹・重田佳幸・安田亨: 走行型高速 3D トンネル
点検システム MIMM-R (ミーム・アール), 画像・レー
ザー, レーダー技術による点検・調査・診断支援技術,
建設機械施工, Vol.69, No.9, 2017.9.

調 査・設 計

渡辺陽太・安積淳一・永井宏・村本将司: 上信越道北野
牧トンネル西坑口の岩盤崩落リスク低減に向けて, 基
礎工, Vol.45, No.7, 2017.7.

石原雅規・吉田直人・佐々木哲也: 樋門周辺堤防の点検,
基礎工, Vol.45, No.7, 2017.7.

施 工

谷口敦: 大断面シールドトンネルにおける合成 (HB)
セグメントの適用, 中央環状品川線シールド工事 (南
行) における適用事例, 建設機械, Vol.53, No.6,
2017.6.

特集/内水氾濫から都市を守る推進管, 内圧対応推進管
で貯留管路を早く経済的に構築する, 月刊推進技術,
Vol.31, No.6, 2017.6.

岸秀樹・陣野貞久・天野宏: ボックスカルバートを特殊
台車で搬送・敷設, ECO-C・L (エコ・クリーンリフト)
工法 (CO₂排出量ゼロ), 建設機械, Vol.53, No.7,
2017.7.

河野浩之・森田篤: ニューマチックケーソンによる深さ
70m 大深度立坑築造工事, 建設機械施工, Vol.69, No.7,
2017.7.

照井太一・嶋田洋一・伊藤浩邦: 地盤改良体方式斜め土
留め工法の適用事例, 富山新港火力発電所 LNG 1 号
機新設工事, 建設機械施工, Vol.69, No.7, 2017.7.

水野智亮: T-iROBO UW (シャフト式遠隔操縦水中作
業機) による水中岩盤掘削, 天ヶ瀬ダム再開発トンネル
放流設備流入部建設工事, 建設機械, Vol.53, No.8,
2017.8.

特集/さまざまなインフラ整備に活躍する推進技術, 月
刊推進技術, Vol.31, No.8, 2017.8.

村岸聖介・高田英樹: 短工期を実現した天井板撤去の取
組み, 神戸長田トンネル天井板撤去工事, 建設機械施
工, Vol.69, No.9, 2017.9.

高橋克明: 産業遺産である老朽化した水力発電所の改修
と立坑掘削時における地山の変位と対策, 建設機械施
工, Vol.69, No.9, 2017.9.

施工

大規模再開発施設と既存地下通路を矩形シールドで結ぶ

—銀座六丁目 10 地区再開発事業—

鹿島建設(株)東京土木支店土木部生産計画第 1 グループ担当部長 諸 橋 敏 夫
鹿島建設(株)東京土木支店銀座六丁目再開発事業土木工事事務所所長 品 田 康 二
鹿島建設(株)東京土木支店銀座六丁目再開発事業土木工事事務所次長 廣 井 利 行

1 はじめに

現在では, 都市部の再開発事業において施設建
築物と既存地下通路や地下鉄駅などを接続する
新設地下通路を整備するケースが増加している。
新設地下通路整備により利便性の向上やバリアフ
リー導線の確保とともに, 一方では建築施設物の
資産的価値の向上が見込まれる。

新設される地下通路工事では, 一般的に土かぶり
が小さいために開削工法を採用することが多い。
しかし, 地元沿道への配慮や施工条件の制約によ
り非開削工法が採用される場合がある。

2017(平成 29)年 4 月 20 日, 銀座エリア最大の
商業施設である「GINZA SIX」がグランドオープ
ンした。この商業施設には, 地域貢献の一環とし
て地下鉄銀座駅および東銀座駅につながる晴海通
りの既存地下通路から「GINZA SIX」に直接接続
する地下連絡通路を整備することが計画された。

銀座エリアは日本の中心的商業地域であり, 数
多くの商業施設が軒を連ね, 絶え間ない買い物客
の往来がある。

新設地下通路工事では, 地元沿道の要望により,
非開削工法であるシールド工法を採用することと
なった。

本稿では, 今回施工を行った「GINZA SIX」に
接続する地下連絡通路整備工事における矩形シ
ールド工事の施工実績を報告する。

2 工事概要

2-1 工事概要

本工事は銀座六丁目 10 地区第一種市街地再開
発事業に伴い, 新設建築物と晴海通り既設地下通
路間のあづま通り下に新たな歩行者専用地下通路
を整備するものである。

地下連絡通路は, 東京メトロ銀座駅から既存地



図-1 施工位置図

下通路を介して銀座六丁目の再開発地区まで地下ネットワークの拡充とパリアフリー動線の強化を目的とした公共貢献事業の一環として都市計画決定されたものである。

この施工法には、地上への影響を最小限に抑えるため、地元の要望により矩形シールド工法が採用された。

工事名：銀座六丁目10地区第一種市街地再開発事業に伴う公共施設整備工事のうち地下連絡通路整備工事および東電管路移設等工事

発注者：銀座六丁目10地区市街地再開発組合
施工者：鹿島建設(株)

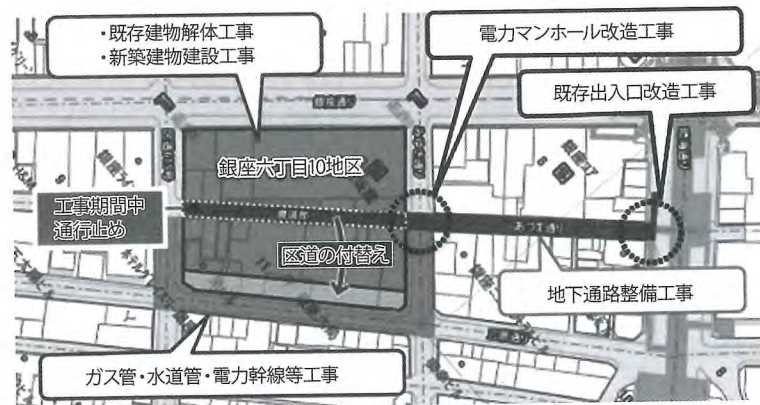


図-2 銀座六丁目再開発事業平面図

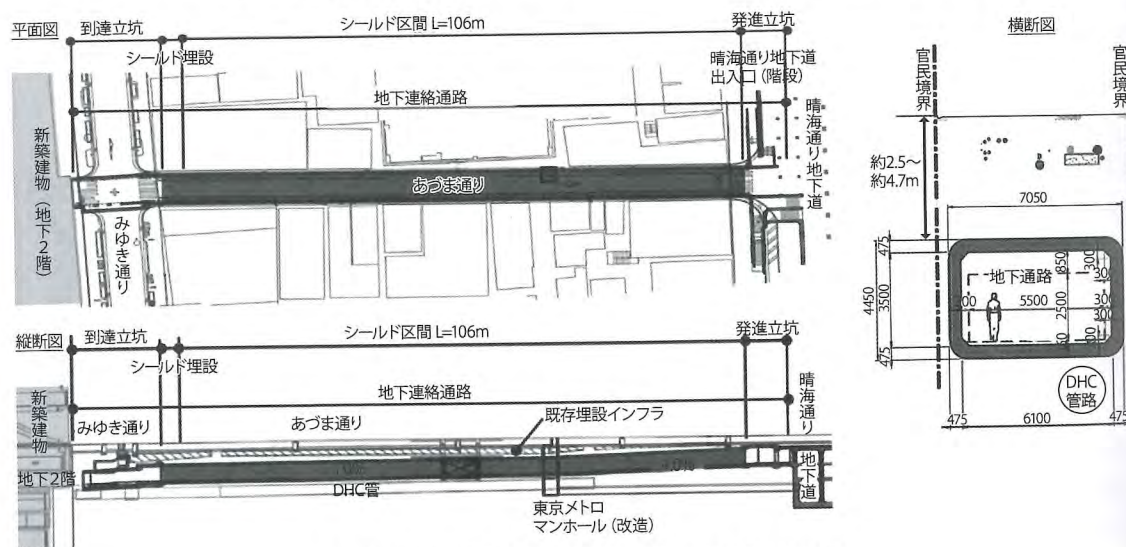


図-3 地下連絡通路整備工事平面図・縦断面図・横断面図

施工場所：東京都中央区銀座五丁目8番～9番地先、銀座六丁目10番地先

工期：2014(平成26)年10月1日～2017(平成29)年11月15日

工法：泥土圧シールド工法(EX-MAC工法)

セグメント延長：106m

平面線形：延長109m, 直線

縦断線形：4%→1%

土かぶり：発進部2.5m, 到達部4.7m

2-2 シールド概要

シールドは、泥土圧式を採用し、矩形断面掘削のため、伸縮カッタを内蔵したカッタスポークを2連装備したEX-MAC工法を採用した。

本工事は、超小土かぶりに対応するためカッタ上部に固定フードを採用した。

地山に固定フードを貫入し、その下部をカッタで切削を行う構造とした。

スクリーコンベヤ、エレクトラ装置も各2機装備した。

シールドは、全幅7.29m×高さ4.69m×長さ7.3mである。

2-3 セグメント概要

セグメントは、将来沿道ビルからの接続を考慮し、鋼製セグメントを採用した。

断面形状は、外的制約(高さ方向：既設埋設物からの離隔確保、幅方向：官民境界離隔確保)および地下通路建築仕上げ(幅5.5m, 高さ2.5m確保)を考慮し、銀座駅への熱供給管路の天井配管スペースを確保して決定した。



写真-1 泥土圧式シールド(EX-MAC工法)

スを確保して決定した。

セグメント構造は、地下埋設物の変状が基準内となるようにセグメントの変形を抑制して決定した。

セグメント(外径)は矩形断面で、幅7.05m×高さ4.45m×長さ1.0m×桁高0.475m(鋼製)である。

2-4 シールド掘進設備計画

発進立坑は、晴海通り側既存地下通路の既存の出入口や設備室を一時撤去し、既設地下通路および日比谷線地下躯体側部に仮設立坑を掘削して発

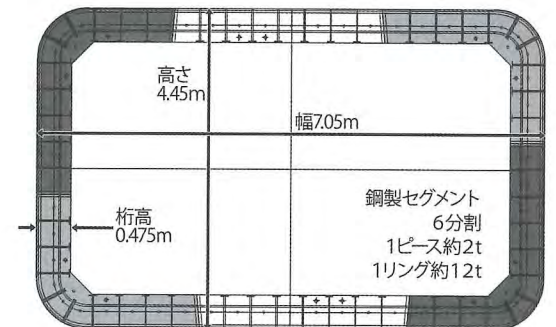


図-4 セグメント断面図

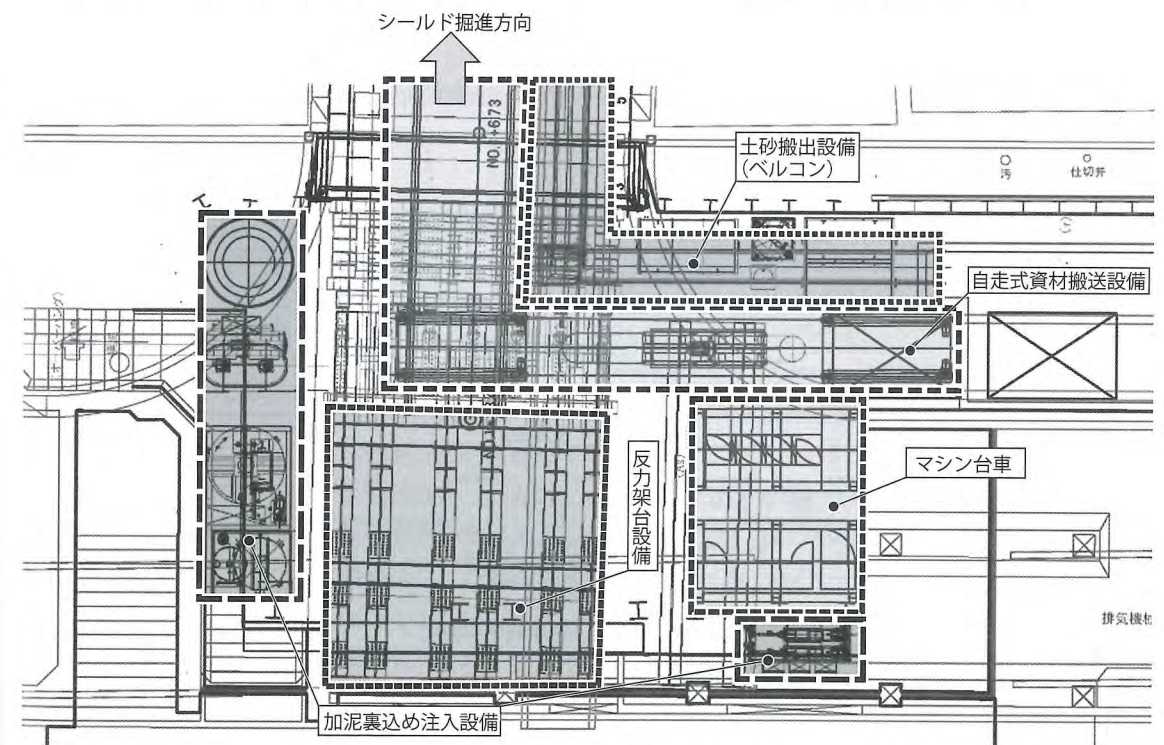


図-5 発進立坑地下設備配置平面図

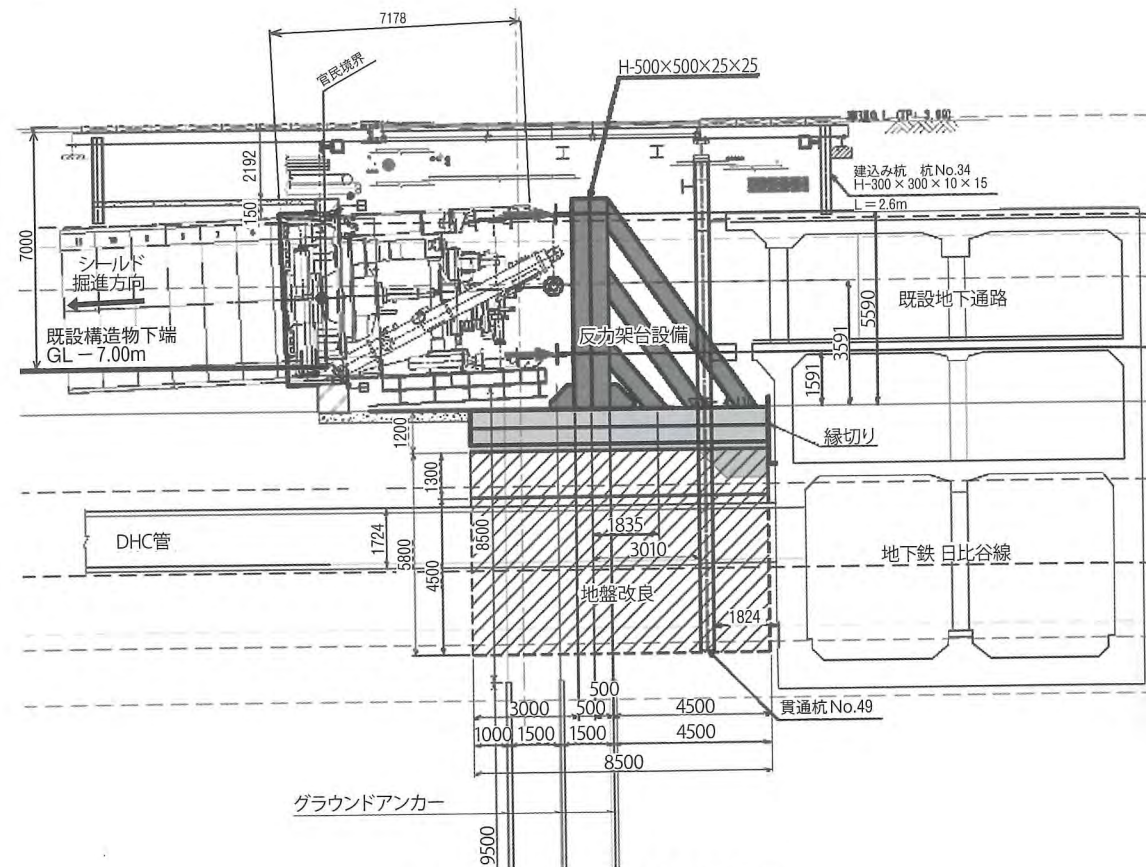


図-6 発進立坑シールド反力仮設断面図

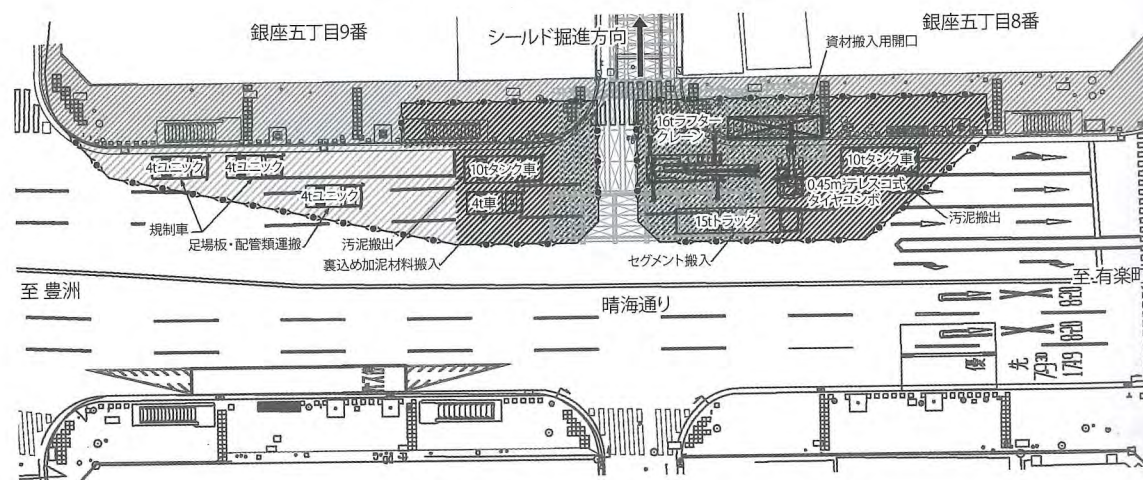


図-7 発進立坑地上作業状況平面図

進立坑とした。また、発進立坑は非常に限られた狭隘なスペースであり、必要最低限の土砂搬出設備および資材搬入搬送設備、加泥裏込め注入設備

を配置した。

トンネル坑内設備は、残土運搬をポータブルベルトコンベヤで用い、セグメント運搬をトンネル



写真-2 坑内状況



写真-4 汚泥搬出状況



写真-3 セグメント搬送状況

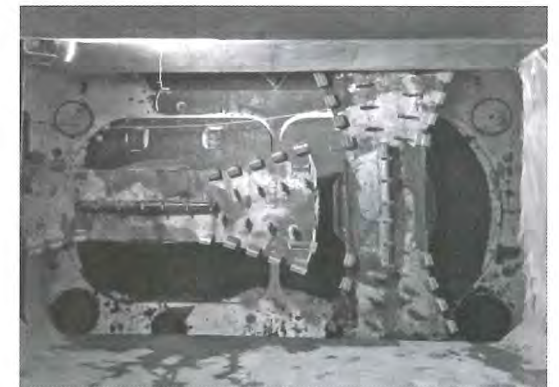


写真-5 シールド到達状況

上部に手動式チェーンブロックを装備した自走式搬送設備を設置し、1ピースずつ揚重して切羽まで運搬を行う計画とした。

一方、シールド掘進時の反力架台設備は、既存の地下通路および日比谷線躯体に影響を与えないよう、地盤改良およびグラウンドアンカーで反力構造を固定し、シールド反力による水平力を地盤改良下部の地盤に鉛直に伝達する構造とした。

2-5 掘進計画

シールド工事は、晴海通り作業帯設置交通規制時間である22:00～7:00の夜間作業とし、夜間の交通規制後、移動式クレーンを配置しセグメントや各資材投入を行い、残土搬出はタイヤ式ロングクラムを使用して坑内残土ピットよりタンク車に汚泥を積み込み、搬出する計画とした。

2-6 施工状況

・2016(平成28)年8月末～同年11月末：発進立坑でシールド投入組み立て、試運転調整

- ・2016(平成28)年12月14日：初期掘進開始
- ・2017(平成29)年2月3日：本掘進開始
- ・2017(平成29)年4月20日：シールド到達
- ・本掘進サイクル：最大掘進延長2m/日

2-7 掘進管理結果

(1) シールド掘進による路面などへの影響

シールド掘進時に影響範囲内において計測員を常時配置し、路面変状計測をリアルタイムに実施し、その計測結果をシールド掘進管理値に常にフィードバックすることで、変状量を埋設物の変状許容値(±15mm)以内に収めることができた。また、沿道近接ビルなどにも影響なく掘進を完了することができた。

(2) シールド反力の既存構造物への影響

仮設反力の変形変位の計測を実施し、設計値内での範囲内に収まったことを確認した。また、地下鉄日比谷線の軌道計測を行い、影響がないことを確認した。

3 おわりに

本工事は、銀座という日本の商業の中心地において、交通規制時間内での施工・狭隘な発進立坑での作業であるとともに、矩形断面での超小土かぶり・上下埋設物並走近接・官民境界近接という非常に厳しい施工条件において、シールド工法を採用し無事に完了した。

今回このような一般的に開削工法を採用するような事例の場合においても、今後はさらに施工条件などの制約が厳しくなるとともに、沿道住民などへの影響を最小限とするため非開削工法を選択する事案が増えると思われる。今回無事シールド掘進が完了した実績は、今後の展開に大きく寄与するものと確信する。



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

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

株式会社 土木工学社

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

研究

覆工施工目地近傍の品質向上対策と効果

西松建設(株)北日本支社土木部担当課長 河内 正道

西松建設(株)北日本支社土木部工事係長 目崎 浩二

西松建設(株)土木設計部主任 宮田 和実

横浜国立大学准教授 細田 暁

1 はじめに

山岳地帯の多いわが国において、トンネル建設ではNATMが標準工法となっている。NATMにおける覆工は、コンクリートの剥離、剥落などの変状により供用後に利用者被害を及ぼす懸念のある部材である。

したがって、覆工コンクリートは適切な品質が建設時に確保され、供用後の利用者被害を防止し、また供用後の劣化もなるべく抑制することが求められる。

これまで、NATMの覆工コンクリートの品質確保、品質向上については多くの努力が重ねられてきた。

本稿では、これまでも論じられてきた覆工コンクリートの施工目地近傍の不具合¹⁾に関して、国土交通省の管理する道路トンネル点検データの分析結果により検証した結果を示す。

また、施工中に施工目地の近傍に生じる不具合の原因について、今回施工した実トンネルの覆工での計測結果なども活用して考察する。さらに、施工目地近傍に施工中に生じる不具合を抑制するための対策を筆者らが考案したので、その詳細について説明し、今回の施工で適用した際の効果について検証データとともに示す。

2 覆工施工目地近傍の変状

2-1 点検データの分析結果の一例

参考文献1)には、施工に起因する不具合の事例として施工目地付近に発生するひび割れが示されている。この不具合に関して、国土交通省の管理する道路トンネルの点検結果を分析した一例²⁾にて検証する。この分析結果は、国土交通省の定める点検要領にもとづいて実施された52トンネルの点検データを活用し、利用者被害を引き起こす可能性が大きい変状に的を絞って整理されたものである。分析は、図-1に示すように、点検調査に記載されている変状の展開図に対して、トンネル軸方向に6分割、トンネル周方向に10分割、計60分割とした位置情報を与えたものをデータベース化して行っている。展開図の左右縁が施工目地と

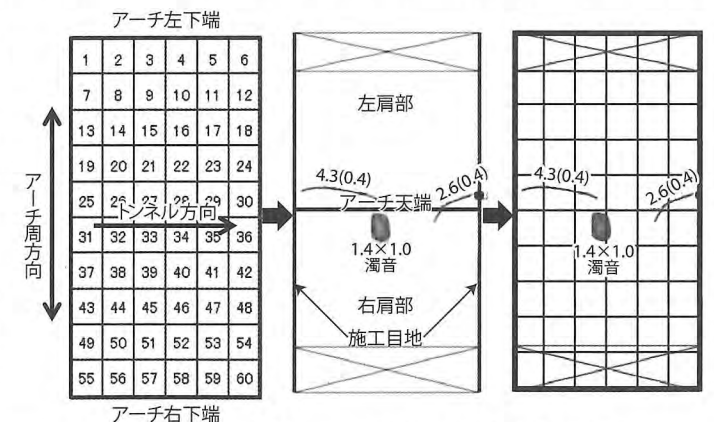


図-1 トンネル点検データの変状への位置情報の付与²⁾

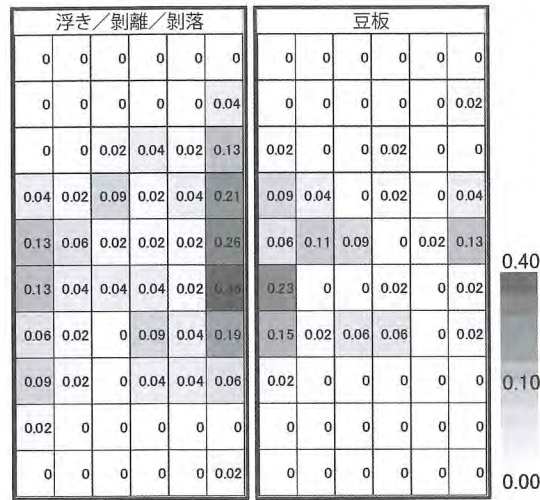


図-2 2007年完成のあるトンネルにおける1ブロックあたりの変状の発生頻度^{①)}

なる。変状に位置情報を与えることで施工目地近傍の変状の発生頻度が明らかになる。図-2は、その中の一例であり、2007(平成19)年に完成した延長500m程度のトンネルについて、2009(平成21)年に行われた点検結果を用いて分析した結果である。図-2においては、色が濃いほど変状の発生頻度が高いことを示し、数字が1の場合、1ブロックにつき1つ変状が生じていることを示している。施工目地近傍の変状については8トンネルにて分析を行い、その中で変状個数をもっとも多かったのが図-2のトンネルである。図-2に示すとおり、浮き・剥離・剥落は施工目地近傍に多いことがわかる。しかも、施工目地近傍の浮き・剥離・剥落はアーチ天端付近に多く発生しており、コンクリートが落下した場合は利用者被害につながる懸念がある。

さらに、図-2によると、このトンネルでは、浮き・剥離・剥落の多い目地と逆側の施工目地に豆板が多い傾向が認められる。これらの特徴を踏まえ、2-2節で施工目地近傍の不具合の発生原因の推察を行う。

2-2 想定される変状の発生原因

図-3に、筆者らの推察する施工目地付近での不具合の発生メカニズムを示す。後打ちコンクリートの打込み後、コンクリートの温度変化や収縮に

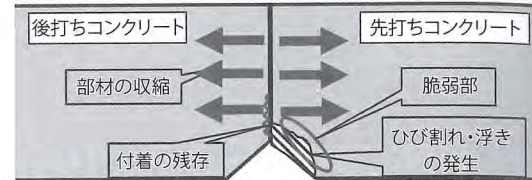


図-3 施工目地部に不具合が発生する機構の推察

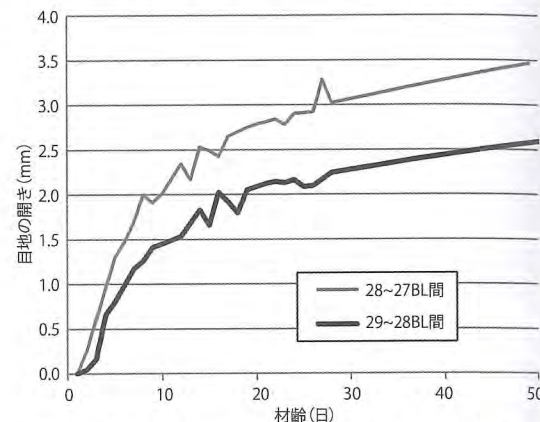


図-4 実トンネルで計測した打込み後の目地の開き

よる体積変化により、後打ちコンクリートと先打ちコンクリートは離れる方向に変形する。図-4は、実トンネルの2つのブロックをまたぐかたちで設置した標点間250mmのコンタクトゲージで計測した目地の開きである。2つの目地ともに同様の挙動を示しており、打込み後20日程度で2~3mm程度の開きを示した。この変形は、覆工自体の温度変化や収縮によるものと想定できるが、このときに、先打ちコンクリートと後打ちコンクリートの間に付着が存在する場合、コンクリート内部の弱点部に沿ってひび割れが発生し、浮きにつながる可能性が考えられる。

なお、本稿において、施工目地付近での不具合発生原因の推定や抑制対策およびその検証を行った実トンネルは、延長1,445mと延長309mの対面2車線の道路トンネル2本である。

図-3の概念図においては、先打ちコンクリートの側に不具合が生じる状況を描いている。筆者らの経験によれば、強度がより発現しているはずの先打ちブロック側に不具合が生じる目地部が、現場においては少なくない。その理由として、筆者らは先打ち部の妻部に、コンクリートの品質が低



写真-1 妻部から排出されたモルタルの採取状況

い部分が生じる場合があることによる可能性を考えている。

写真-1に示すように、現場での呼び強度24N/mm²の覆工コンクリートを打込む際に、妻部に設置した水抜き用穴あき鋼板妻板（パンチングメタル）から排出されたブリーディングの混入したモルタルを3本採取し、材齢28日まで現場養生したものについて圧縮強度試験を行った。その結果は以下のとおりであった。

- 1本目：最初に排出されたブリーディング・泡を多く含んだ試料の強度は11.7N/mm²
- 2本目：排出された中間部で採取し、モルタル分が多い試料の強度は22.4N/mm²
- 3本目：排出された最後の部分の強度は23.8N/mm²

この現場では、脆弱部の原因となるブリーディングは適切に排除していたが、妻部には局所的に品質の低い部分が存在する可能性があり、これが図-3に示すような既設側の不具合につながる可能性があると考えている。

2-1節で示した変状の例では、図-2に示したように、浮き・剥離・剥落の多い目地と逆側の施工目地に豆板が多い傾向が認められた。この理由として、筆者らは、打込み時の天端の吹上げ口に近い側の目地に豆板が多く発生し、吹上げ口から離れた妻側の目地において、図-3に示した機構により浮き・剥離・剥落が多く生じたのではないかと推察している。ただし、この推察については、ト

ンネルの縦断勾配やコンクリートの圧送方法の違いによる影響も出てくるため、一概には言えないものと考えられる。

3 施工目地近傍の変状の抑制対策

3-1 施工の基本事項の遵守

2章で述べたように、覆工コンクリートの施工目地部には変状が発生しやすい。この変状を防ぐためには、打込みの難しい覆工コンクリートにおいて均質で密実なコンクリートを打込む努力をする必要がある。筆者らが施工を行った道路トンネルは、東北地方整備局の南三陸国道事務所管内にあり、品質確保の試行工事の対象となっており、覆工コンクリートについては施工状況把握チェックシートや、目視評価法も活用した品質確保^{③)~⑤)}に取り組んでいる。そのうえで、さらに施工目地近傍に発生する不具合の抑制対策を別途講じた結果について、その詳細を3-2、3-3節で述べる。

3-2 ビニールシートの挿入による方法

新設の覆工コンクリートは硬化時の温度変化や乾燥による収縮などにより体積変化が生じ、後打ちコンクリートと先打ちコンクリートは離れる方向に変形する。この際、先打ちコンクリートに後打ちのコンクリートの体積変化が拘束され、施工目地部でコンクリート間に付着がある場合、コンクリートが自由に収縮することができず、弱点部に拘束ひび割れが発生することが考えられる。

このひび割れを防止するために、目地部にビニールシートを設置し、先打ちコンクリートと後打ちコンクリートの縁を完全に切り、拘束をなくす対策を施した。この対策の概念図を図-5に、現場での施工状況を写真-2、3に示す。

使用したビニールシートは $t=0.2\text{mm}$ の薄手のフィルムシートであり、安価で、特殊な化学組成なども必要としないので入手も容易である。セントル脱型後、既設の先打ちコンクリートの妻部に貼り付ける。このとき、後打ちコンクリートが先打ちコンクリートに直接触れることのないよう、妻部を完全に覆うように取り付ける必要がある。筆者らの現場においては、防水シート側の固定に

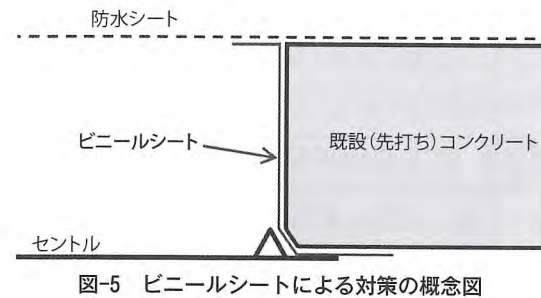


図-5 ビニールシートによる対策の概念図



写真-2 ビニールシートによる対策の現場施工状況(打込み状況)

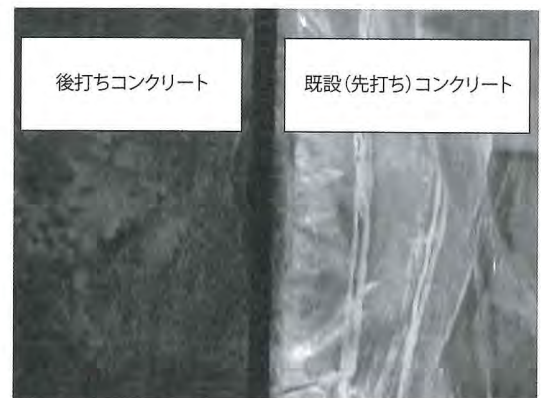


写真-3 ビニールシートによる対策の現場施工状況(打込み完了後)

は粘着テープを使用し、先打ちコンクリートには、プラスチックフラットバーをコンクリート釘で固定し、密着させた。ビニールシートの端部は目地に沿わせてセントルの外部へ出し、後打ちコンクリートに巻き込まれないように配慮した。

3-3 妻板鋼板の延長による方法

通常、セントルの妻部型枠については、木矢板にて施工を行うのが一般的である。しかし木矢板

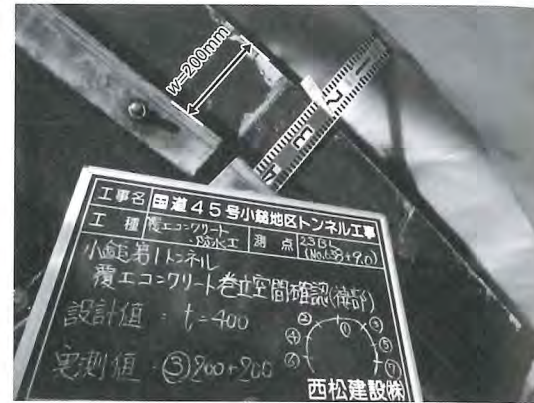


写真-4 鋼板設置状況(セントル外部より)



写真-5 鋼板設置状況(セントル内部より)

は、転用を重ねるごとに表面に毛羽立ちが発生したり、施工する作業員の技量によって、木矢板の間の隙間がばらついたり、木矢板ごとに段差が出来たりすることがある。このような場合、妻部の端面には凹凸が発生しており、付着面が大きくなることから後打ちコンクリートとの間の付着力が大きくなることが想定される。それに加え、温度変化に伴う体積変化は、トンネル周方向にも変形を生じさせることとなるため、端面の凸凹はそれを拘束することとなる。

このような端面の凹凸を低減するために、妻部のダミージョイント(三角形目地鋼板)に合わせて、 $w=200\text{mm}$ の鋼板を設置した。写真-4, 5に設置状況を示す。妻部の型枠の一部を鋼板とすることで、覆工コンクリートの妻部仕上がり面が平滑となり、後打ちコンクリートを拘束しにくくなることが期待できる。

4 対策の効果について

3章で述べた各種対策について現場で得られた効果、結果について以下に述べる。

4-1 覆工コンクリートの目視評価の結果

2章で述べたように、覆工コンクリートの施工目地部の変状は、脆弱部が残ることで発生すると考えられる。この変状を防ぐため、言い換えれば脆弱部を作らないためには打込みの難しい覆工コンクリートにおいて均質で密実なコンクリートを打込む努力をする必要がある。現場での施工に際し、3-1節で述べたように施工の基本事項の遵守に配慮し、覆工コンクリートの目視評価¹⁾を行った。延長1,445mのトンネルにおける目視評価の結果を図-6に示す。評価項目は「剝離」、「気泡」、「水走り・砂すじ」、「色むら・打重ね線」、「施工目地不良」、「観測窓段差」の6項目であり、各項目は4点満点としているため、計24点満点である。評価点の合計点の推移を見ると、施工当初から20点以上は達成できていたが、施工が進むに従い、点数の上昇傾向が確認できる。作業員の習練度の向上と、各種の反省を次施工に反映させるPDCAサイクルが機能したためである。また、施工目地部のひび割れや浮きの発生については、セントルが押し当たることによる偏圧も原因の一つと考えられるが、本現場ではそのような偏圧が作用しないよう、入念な配慮を行って施工した。なお、図-6には、4-2節で説明する目地部での不具合が発生したブロックに○印を付けている。

4-2 ビニールシートの挿入による効果

この対策を施した現場においては、基本的には呼び強度 $24\text{N}/\text{mm}^2$ でW/Cが51%、セメントは高炉B種のコンクリートを用いた。覆工コンクリート打設完了後、全スパンの目地部の変状の有無を確認するために目視調査を行った。調査は計全138BL(延長1,445mのトンネル)で行い、内訳は、ビニールシートの対策を行った箇所が85BL、未対策箇所が53BLであった。目視調査の結果、未対策区間の53BL中11BLで目地部に浮きやひび割れが確認されたのに対し、対策区間では85

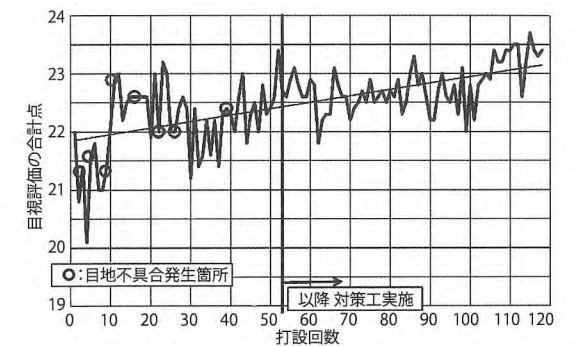


図-6 目視評価の結果(24点満点)

BL中で変状は確認されなかった。ビニールシートの挿入による縁切りが効果的であったと判断できる。

図-6のグラフには、変状が確認されたスパンに○印を記載した。ビニールシートによる対策工の開始時期も示したが、この対策工の実施以降は、目地部に変状は発生していない。なお、対策工実施以前の53BLすべてで品質管理のための目視評価を行ったわけではないので、図-6中の○印は11個より少なくなっている。

対策区間と未対策区間の目地部の状況を以下に示す。施工完了時、覆工より突出しているビニールシートは切断撤去する。未対策区間においては施工目地部に拘束が働き、写真-6に示すように直線でない不規則な目地の開きとなっている箇所が多い。一方、対策実施箇所ではビニールシートによって完全に縁が切れており、目地が直線を通り、美観にも優れる結果となった(写真-7)。

4-3 鋼板の延長による効果

鋼板の延長による対策は、4-2節で説明したトンネルとは別のトンネル(延長309m)の施工に際し、全施工区間で実施した。このトンネルでは、試行工事としてW/Cが45.6%(セメントは高炉B種)の中流動コンクリートが適用された。

対策工を行った場合、行わなかった場合のそれぞれの妻部の仕上がり状況を写真-8, 9に示す。このうち、未対策箇所として示している写真-8は、4-2節のビニールシートの挿入による対策を行ったトンネル(延長1,445m)である。未対策箇所の妻部の仕上がりは木矢板による段差が三角目地部

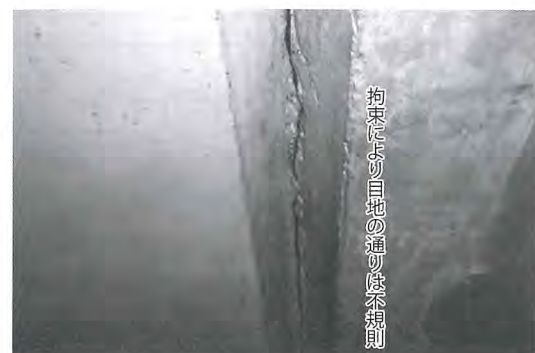


写真-6 施工目地近景(未対策箇所)



写真-7 施工目地近景(対策箇所)



写真-8 妻部の仕上がり(未対策箇所)



写真-9 妻部の仕上がり(対策箇所)

の頂点まであり、後打ちコンクリートとの付着を生じやすい状態であると思われる。一方で、鋼板の延長による対策箇所は、鋼板部の仕上がりは平滑化されており、後打ちコンクリートとの付着力は小さくなっていると考えられる。また、対策に使用している材料が鋼板であるので、コンクリート打込み、脱型後に適切にケレンを行うことで、転用を重ねても仕上がり端部の平滑さを保つことができた。

対策工を採用したトンネルの目地箇所数は29か所であり、目視調査の結果、目地部の不具合は確認されなかった。

4-4 対策工の効果のまとめと今後の展望

2章で述べたとおり、覆工コンクリートの目地部に発生する不具合の原因は、先打ちコンクリートと後打ちの覆工コンクリートの間に発生する付着により品質の比較的低い部分にひび割れが発生するためと考えている。筆者らの施工現場では、

この影響を低減するために、既設(先打ち)、新設(後打ち)の間の縁を完全に切る対策や、接する面を平滑面とし、付着を少なくする対策を講じた。今回実施した対策工は、現場での目視調査の結果より、目地部の不具合発生抑制に効果があったと判断できる。目地部の不具合の根絶には、目地部近傍においても品質の低いコンクリートとならないための施工上の配慮を適切に行ったうえで、先打ち・後打ちコンクリート目地部の付着の低減対策を徹底して行う必要があると考えられる。

5 ま と め

覆工コンクリートに生じる変状について、点検データの分析結果の一例により、施工目地の近傍に変状が生じやすいことを示し、その原因について推察した。施工目地近傍の不具合を抑制するために、ビニールシートを既設(先打ち)・新設(後打ち)ブロックの施工目地部に挿入して付着を除去

する対策と、妻板鋼板を延長して既設(先打ち)ブロックの端面を平滑化する対策を実施した。今回の検討および対策によって得られた成果を以下にまとめる。

- ① 施工時に目地部に発生する不具合の原因は、覆工の既設(先打ち)コンクリートと新設(後打ち)コンクリートの間に発生する付着により品質の比較的低い部分にひび割れが発生するためであると推察した。
- ② ビニールシートを既設(先打ち)コンクリートと新設(後打ち)コンクリートの界面(施工目地部)に挿入して付着を除去する対策により、施工目地部の不具合を防止することができた。
- ③ 妻板鋼板を延長して既設(先打ち)コンクリートの端面を平滑化する対策を、中流動コンクリートを用いた現場に適用し、施工目地

部の不具合を防止することができた。

ただし、②、③については、その前提として、施工現場においては、施工状況把握チェックシートと目視評価法を活用した品質確保の取り組みが行っていた。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：トンネルコンクリート施工指針(案)，2000.8.
- 2) 岩間慧大・細田暁：NATMトンネル覆工コンクリートの変状に関する点検データ分析，コンクリート工学年次論文集，Vol.38，No.2，2016.
- 3) 伊藤忠彦・細田暁・林和彦・西尾隆・八巻大介：覆工コンクリート品質向上の取り組みと表層品質の評価，トンネル工学報告集，Vol.24，1-4，pp.1-9，2014.12.
- 4) 細田暁：復興道路における新設コンクリート革命，コンクリートテクノ，Vol.34，No.4，pp.70-76，2015.4.
- 5) 細田暁：復興道路での品質確保と人材育成，コンクリート工学，Vol.53，No.1，pp.66-70，2015.1.

■図書案内

地 下 水 の 科 学 — 全3巻 —

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

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



第Ⅰ巻 地下水の物理と化学

4,078 円+税 B5 判

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

第Ⅱ巻 地下水環境学

4,272 円+税 B5 判

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

第Ⅲ巻 地下水と地質

3,689 円+税 B5 判

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

株式会社 土木工学社

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

工法・技術・製品ニュース

工法 建設工事現場の騒音を低減する簡易型装置を開発



三井住友建設(株)広報室
TEL : 03-4582-3015

E-mail : information@smcon.co.jp

三井住友建設は、工事用仮囲いの背面上部に設置するだけで建設工事現場の騒音を低減させる、音の共鳴現象を利用した簡易型騒音低減装置「レゾクラウンサイレンサー」(特許出願中)を開発し、群馬県内の造成工事現場で、その効果を確認したと発表した。

同装置は、アルミ製で1ユニットの幅が2mと、2~3名で脱着作業が可能。容易に脱着作業ができ、必要な範囲への設置箇所の移動も比較的容易に行うことが可能。

また、共鳴管は長さを調節して対象となる騒音の周波数帯に合わせることができ、複数の長さの共鳴管を組み合わせて設置するため、約3~5dBの騒音を低減(音のエネルギーで50~70%低減)させることができるとしており、これは、仮囲いの高さを約1~1.5m増すのと同じ効果となるとしている。騒音対策として仮囲いの上部に防音シートで嵩上げを行うと、施工手間が掛かるうえ、騒音低減効果が少ないことが課題としてあった。

製品 オフロード法2014対応のトラックローダと小型油圧ショベル



(上)Cat®963K, (下)Cat®312F

キャタピラーは、オフロード法2014年基準に適合したトラックローダ(履带式ローダ)Cat963Kと、CatFシリーズ小型油圧ショベル4機種312F、314F、315FL、316FLを発売した。

同トラックローダは燃料消費量の削減、作業性能の向上、快適な運転環境といった建設機械の基本的な要素を磨き上げた製品。エンジン効率の向上とエコモードの組み合わせにより、従来機と比べて10~30%の燃料消費量を削減した。ツインターボ搭載のCat C7.1 ACERTエンジンは、車両に負荷がかかった状態でも、力強いパワーと機敏な動きを可能とする。オプションのパフォーマンスシリーズバケットの装着で時間あたり作業量を5%アップできるほか、エアサスペンションシート、調

節式アームレスト、新しいエアコンシステムによりオペレータの快適性を向上させた。

小型油圧ショベルは従来機のEシリーズと同等の生産性を確保しつつ、エンジン回転の最適化を図ることにより、従来機よりも高い燃費性能を実現。312Fには3Dマシンガイダンス搭載仕様を用意し国土交通省が推進するi-Constructionに対応する。312F、314F、315FLには2Dマシンガイダンスで法面整形や盛土、溝掘削などの作業や整地作業の効率と生産性を向上する。プロダクトリンクやVisionLink®(ビジョンリンク)を利用することで、車両の位置や状態をリアルタイムに把握して適切な機械管理が行うことが可能で、燃料消費量やアイドリング時間の分析によるコスト削減も可能となる。

キャタピラー
GCI Marketing Innovation
TEL. 03-5717-1122
<http://www.caterpillar.com/>

連載講座

セグメントの新技术Ⅱ(2)

—RC・新素材セグメント(1)—

「セグメントの新技术Ⅱ」連載講座小委員会

① はじめに

今回は、RCセグメントや新素材を使用したセグメントについての第1回目として、RCセグメントの自己締結式(FAKT)セグメントとP&PCセグメントについて紹介する。

なお、前者はそのリング継手として採用しているワンタッチ式のTA-SRING継手を、後者はシース内に充填するグラウト材についても併せて紹介する。

② 自己締結式(FAKT)セグメントおよびTA-SRING継手

2-1 開発の目的

自己締結式セグメント(FAKTセグメント: Fashionable segments enable circular Knuckle-joints to connect Thrust only)は、大深度地下などの軸力が卓越する地盤において長距離区間を高速施工することを目的に開発した自己締結型のセグメントである。一方、TA-SRING継手は高速施工および二次覆工省略を目的として開発したワンタッチ式のリング継手である。なお、FAKTセグメントにはTA-SRING継手を改良した継手を使用している。

2-2 FAKTセグメント

2-2-1 FAKTセグメントの概要と特長

図-1はFAKTセグメントのリング組立鳥瞰図であり、手前2リングは半透明で継手部を可視化

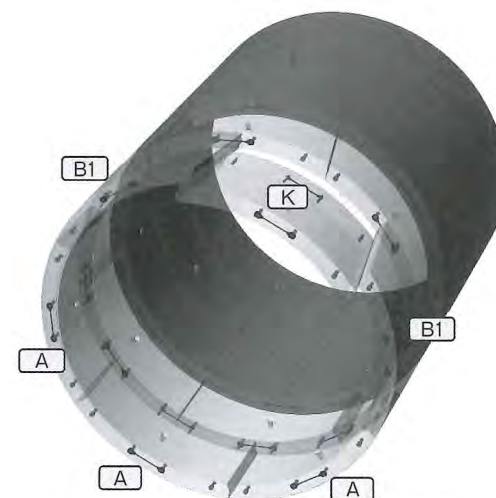


図-1 FAKTセグメントリング組立鳥瞰図



図-2 FAKTセグメント概略図

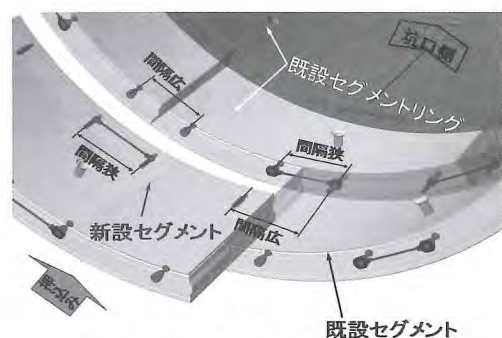


図-3 締結のイメージ図(全体)

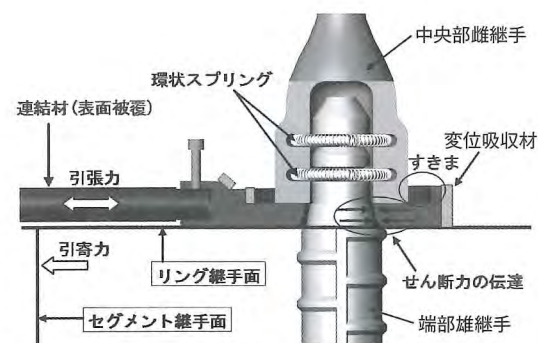
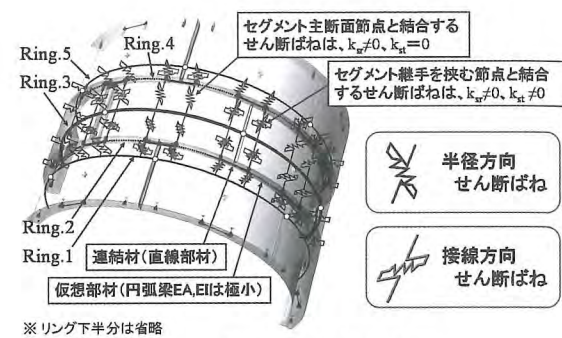


図-4 締結のイメージ図(継手部)

して示した。この図に示すように、セグメントは等分割であり、Kセグメントは軸方向挿入型としている。

図-2にFAKTセグメントの1ピースの概略図を示す。セグメント継手は、力学的締結部材を使用していない雄雌のナックル継手としている。リング継手は中央部雄継手、中央部雌継手、端部雄継手および端部雌継手の4種からなり、中央部の継手に関しては2つの継手が連結材により連結されている。中央部継手および端部継手は、それぞれ2個1組で等間隔に配置している。

図-3に締結のイメージ図を示す。この図に示すように、中央部継手の間隔は端部継手間隔よりも狭く構成されており、新設セグメントの挿入に伴って、中央部継手と端部継手が嵌合して連結材に引張力が発生し、セグメント継手が自動的に締め付けられる構造となっている。図-4に示すように、リング継手の挿入により、連結材に引張力が発生し、それによって、セグメント継手間に引寄力が発生する仕組みである。



※リング下半分は省略

図-5 解析モデルイメージ図

2-2-2 解析モデルの設定

FAKTセグメントは、セグメント継手を介した曲げモーメントの伝達がないため、通常では千鳥組みによる添接効果で隣接セグメントの主断面の曲げモーメントが増大するが、これを回避するためにセグメント円周方向中央部に配置する2個1組のリング継手を連結材で結合するとともに、この連結材に作用する円周方向の引張力に伴う連結材の伸び変形がセグメント本体に伝達しないようにして、添接曲げモーメントを軽減する構造としている。この効果を表現するために、図-5に示すように、セグメント3リング分を5リングでモデル化する。1, 3, 5リングは、セグメント本体部であり、2, 4リングは連結材を有する仮想リングである。セグメント本体部は曲線部材でモデル化し、連結材は直線部材でモデル化する。また、連結材は、剛性を極小とした仮想部材で結合してリング状とする。

2-2-3 実験概要

(1) 添接曲げ実験

設定した解析モデルの妥当性を確認するために、図-6に示す方法で添接曲げ実験を実施した。実験は採用予定の作用力から軸力(450kN/m)を導入し、主セグメントへ鉛直荷重を500kNまで载荷した結果、载荷重220kNで初亀裂が発生したが降伏および破壊には至らなかった。次に導入軸力を0に解放し再载荷した結果、313kNで降伏し、445kNで破壊に至った。実験結果の一覧表を表-1に示す。表に示す実測値と計算値は、その状態のときのスパン中央部に外力として作用している曲げ

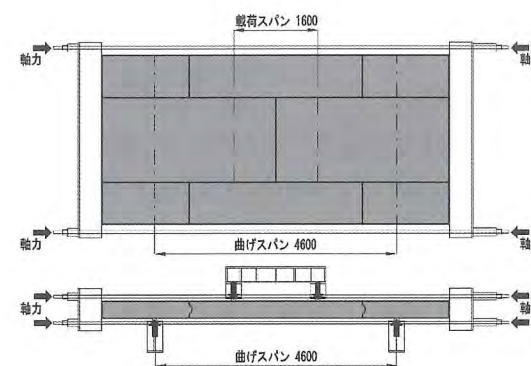


図-6 添接曲げ実験概要図

表-1 添接継手曲げ実験結果

(単位: kN・m)

	軸力導入(450kN/m)		軸力なし	
	実測値	計算値	実測値	計算値
初亀裂発生時	166	115	—	—
降伏時	—	278	250	196
破壊時	339*	312	349	238

※軸力導入の破壊時の実測値は最大値を示している。

モーメントである。すべての実測値が計算値を上回っており、安全性を確認することができた。また、設定した解析モデルは実験結果を再現できており、解析モデルの設定とばね定数の設定が妥当であることも確認できた。

(2) その他の実験

前記実験以外に以下の実験を実施し、FAKTセグメントの性能を確認した。

- ① セグメント継手の支圧実験
- ② セグメント継手のせん断実験
- ③ リング継手の要素実験
- ④ リング継手のせん断実験
- ⑤ セグメントの組立実験

2-2-4 実施例

FAKTセグメントは、東京地下鉄副都心線東新宿駅～新宿三丁目間単線シールドのA、B線に採用された(外径:6,600mm, 厚さ:320mm, 延長:491m×2, 地質:上総層砂層, 最大土かぶり:27.6m)。セグメントピース、仮組立状況、施工完了後の写真を写真-1～3に示す。

なお、東日本大震災後の点検によっても、トンネルに目立った損傷などは確認されていない。



写真-1 セグメントピース



写真-2 仮組立状況



写真-3 施工完了後

2-3 TA-SRING継手

2-3-1 TA-SRING継手の概要

TA-SRING継手の概略図を図-7に示す。切羽側のリング継手面に面一に埋設された雌継手に、坑口側のリング継手面から先端部が60～70mm程度突出して埋設された雄継手を挿入して結合する。

雌継手の溝部には、断面が小判形の環状スプリングがセットしており、その環状スプリングの内部にはスプリングの縮径および拡径に対応するため、5分割した芯材が挿入されている。

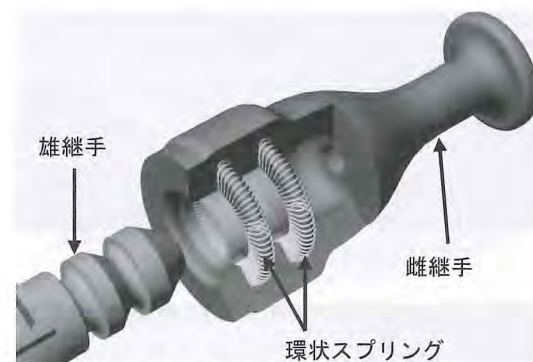


図-7 TA-SRING継手概略図

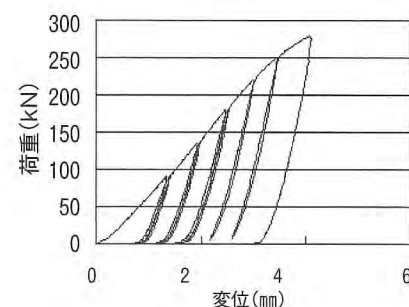


図-8 タイプB, 1段

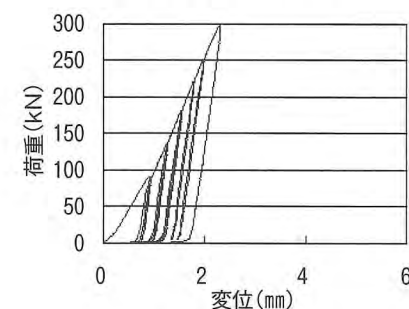


図-9 タイプB, 2段

2-3-2 実験概要

(1) 単体引張実験

TA-SRING継手の単体としての引張強度の確認を目的として、引張実験を実施した。実験は、環状スプリングが1段の場合と2段の場合で行った。荷重と変位の関係を図-8, 9に示す。どちらも十分な引張耐力が得られ、対象とするボルトであるM24(10.9)相当であることが確認できた。

(2) セン断実験

コンクリートブロックに埋め込んだTA-SRING継手の単体としてのせん断強度の確認を

表-2 施工完了後

No.	継手種類	セグメント厚さ(mm)	せん断補強筋	初亀裂発生(kN)	破壊荷重(kN)
1	従来継手	200	—	160	296
2	雌継手	200	なし	100	248
3	雄継手			116	212
4	雌継手			120	316
5	雄継手			120	316
6	雌継手	250	D13	140	380
7	雄継手			144	344
8	雌継手			160	328
9	雄継手			160	280
10	雌継手	250	D16	204	428
11	雄継手			192	364
12	雌継手			185	498
13	雄継手			157	421

表-3 代表的な実施例

工 事 名	セグメント寸法			
	外径(mm)	厚さ(mm)	幅(mm)	分割数
東京地下鉄副都心線千駄ヶ谷工区	9,800	400	1,600 1,200	8分割
東京地下鉄副都心線戸山工区	6,600	320	1,600	6分割
鶴ノ木雨水幹線築造工事	3,200	200	1,000	5分割
調布駅付近連続立体交差工事(土木)第4工区	6,700	300	1,400 1,200	6分割
大和川線シールドトンネル工事	12,230	455	2,000	9分割

目的として、せん断実験を実施した。実験は、セグメント厚さが200mmの場合と250mmの場合、せん断補強筋がない場合とD13, D16を使用した場合の組合せで行った。また、比較のために板厚14mmの平板を使用した従来継手についても同様の実験を行った。実験結果の一覧表を表-2に示す。せん断補強筋がない場合は従来継手よりも低強度で破壊に至ったが、せん断補強筋を配した場合においてはすべて従来継手を上回った。同条件で雄継手と雌継手を比較すると、雌継手に対し雄継手のせん断抵抗力は下回っている。これに対し、バランスのとれた継手構造とするためには、雄継手

のせん断補強筋は、雌継手のそれよりも太径のものを使用する必要がある。

(3) その他の実験

前記実験以外に以下の実験を実施し、TA-SRING継手の連結時の性能やばね定数を確認した。

- ① コンクリートに埋め込んだ継手の引張実験
- ② 連結した継手の引張実験
- ③ 連結した継手のせん断実験

2-3-3 実施例

TA-SRING継手は多数の実施例があるが、その代表的なものを表-3に示す。

(文責：藤木育雄・日本シビックコンサルタント(株)/大石敬司・東京地下鉄(株)/田代昇・ジョイント工業(株)/高木勝央・メトロ開発(株))

③ P&PCセグメント工法

3-1 開発の目的

P&PCセグメント工法は、図-10に示すように、組み立てたコンクリート製セグメントのトンネル円周方向にプレストレスを導入するシールドトンネル工法である⁵⁾。これにより、セグメント継手を省略できることや高い内水圧が作用するトンネルにおいては通常のRCセグメントよりも桁高を小さくすることを目的とした工法である。ここでは、P&PCセグメント工法における要点、各種載荷実験や実工事の計測による構造性能の検証内容およびP&PCセグメント工法に適したPCグラウト工について述べる。

3-2 P&PCセグメント工法における要点

P&PCセグメント工法では、コンクリート製セグメントに設計で想定した有効プレストレスを確実に導入すること、および構造上もっとも重要なPC鋼より線を長期にわたって腐食から保護することが要点となる。具体的な方策としては、前者についてはPC緊張時における摩擦やセットロスによる緊張力の損失に加えて長期的な緊張力の変化を適切に評価すること、後者についてはPCグラウト材を確実に充填することが挙げられる。次節以降で各々における内容を概説する。

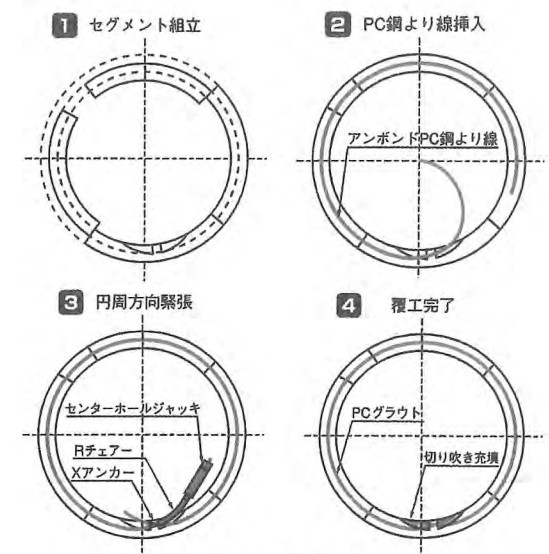


図-10 P&PCセグメント工法の概要

3-3 構造性能の検証⁵⁾

3-3-1 概要

構造性能の検証内容の一覧を表-4に示す。検証内容は大きく二つで、プレストレス導入の確実性とセグメント本体および継手の耐力と剛性である。

プレストレス導入の確実性については、試験体による緊張試験および実工事での現場計測によりPC鋼より線の緊張時における摩擦係数、定着時のセットロスおよび継時的なプレストレスの変化について検討を行っている。検討の結果、摩擦係数とセットロスは設計値に対して同等もしくは安全側の結果が得られており、継時的なプレストレスの変化は施工後143日時点で約5%の減少が見られている。

セグメント本体および継手の耐力と剛性については、曲げ試験、継手曲げ試験ならびにリング試験によりいずれも設計値と同等もしくは上回る結果が得られている。ここでは、リング試験の概要について紹介する。

3-3-2 リング試験

試験概要を図-11に、試験状況を写真-4にそれぞれ示す。試験体はセグメントを水平に1リング組み立てたのちにPC鋼より線によりプレストレスを導入している。載荷は、油圧ジャッキにより

表-4 P&PCセグメント工法におけるPCグラウト工の検討事例の一覧

検討対象	プレストレス導入の確実性		セグメント本体および継手の耐力と剛性		
	試験体による緊張試験	実工事での現場計測	曲げ試験	継手曲げ試験	リング試験
検討目的	摩擦係数の確認	摩擦係数, セットロス, 継時的な変化の確認	セグメント本体の耐力の確認	セグメント継手の耐力と剛性の確認	リング試験耐力と剛性の確認
検討概要	外径2,400mm, 桁高150mmの試験体リングを用いて, $\phi 12.7\text{mm}$ のアンボンドPC鋼より線3本を片引き緊張	外径2,950mm, 桁高150mmの実工事において, $\phi 12.7\text{mm}$ のPC鋼より線を片引き緊張	外径2,950mm, 桁高150mm, $\phi 12.7\text{mm}$ のPC鋼より線2本配置のA形セグメントを破壊まで載荷	外径2,950mm, 桁高150mmのA形セグメントの2ピースを $\phi 12.7\text{mm}$ のPC鋼より線2本で緊張し, 破壊まで載荷	外径2,950mm, 桁高150mmのリングを $\phi 12.7\text{mm}$ のPC鋼より線2本で緊張し, 破壊まで載荷
検討の要約	角変化1radあたりの摩擦係数は $\mu = 0.041$ で, 設計値0.060よりも小さい値であることを確認(設計値を上回るプレストレスが導入できることを確認)	角変化1radあたりの摩擦係数は $\mu = 0.054$ で, 設計値0.060よりやや小さい値であることを確認. セットロスは計算値と同等. 施工後143日の継時的な減少は約5%.	設計値153kNを上回る耐力211kNを確認.	設計値29.4kNを上回る継手耐力37.3kNを確認. セグメント継手の回転ばね定数がレオンハルトらの理論式より大きい値となることを確認.	設計値129kNを上回るリング耐力157kNを確認. 内空変位量が梁ばねモデルの解析値とほぼ同等なることを確認.

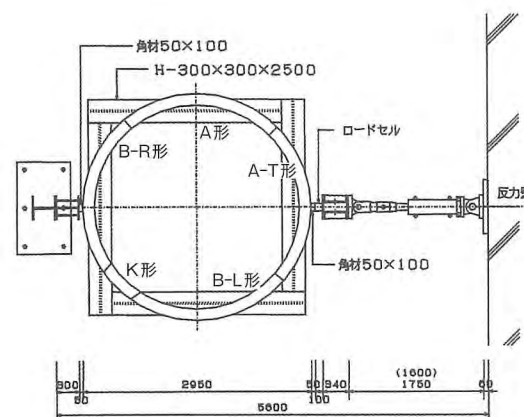


図-11 リング試験の概要



写真-4 リング試験の状況

一方向に漸増載荷を行っている。

試験の結果, 載荷荷重157kNのときに載荷位置近傍でコンクリートの圧壊が生じ終局に至ってい

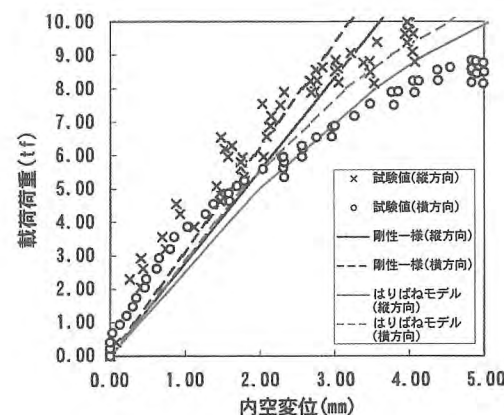


図-12 載荷荷重と内空変位の関係

る。設計値は129kNであり十分な耐力を有していることを確認している。載荷荷重と内空変位の関係を図-12に示す。図中には、剛性一様モデルと梁ばねモデルによる解析結果を併記している。これより試験結果は、梁ばねモデルによる解析結果と良好な整合が得られている。

3-4 P&PC工法に適したPCグラウト工

3-4-1 概要

P&PCセグメント法では、図-10に示したように、セグメントの円周方向にグラウト材を注入するため、最大90°の下り勾配を介して充填が行われる。しかしながら、従来のセメント系PCグラウト材では、下り勾配部の先流れ現象によって

表-5 P&PCセグメント工法におけるPCグラウト工の検討事例の一覧

検討事例	A ^①		B ^②		C ^③		D ^④	E ^⑤
	中心内径(mm)	2,840	5,200	5,200	4,714	6,000 ^⑥		
試験体	シース内径(mm)	25.0	28.0	36.0	38.1	36.0	38.1	36.0
	PC鋼より線(mm)	10.0	16.0	21.0	21.0	21.0	21.0	22.0
	空隙率(%)	84.0	67.3	66.0	69.6	66.0	69.6	62.8
グラウト材の種類	高粘性型(2種類)	高粘性型	低粘性型, 高チクソ型	高チクソ型	高粘性型, 高チクソ型	高チクソ型	高チクソ型	高粘性型
注入方法	片押し, 2か所注入	片押し注入	片押し, 両押し注入	片押し注入	片押し注入	片押し注入	片押し注入	— ^⑦
検討結果の要約	高粘性型のグラウト材を使用することで頂部に空隙が残らず全周充填が可能. 片押し注入と2か所注入との差異なし. 施工性が良好な片押し注入を選定.		高チクソ型はプレミックスグラウト材. 低粘性型は先流れが発生したが, 排気口を設け両押し注入を行えば充填性の確保が可能. 高チクソ型は先流れが発生せず, 片押し注入によって良好な充填が可能.		高チクソ型はプレミックスタイプと混和剤タイプを使用. 高粘性型は注入速度を速くしても先流れが生じ頂部に未充填部が発生. 高チクソ型は, 混和剤タイプのものでも先流れが生じず, 良好な充填が可能.		混和剤タイプを使用. 適切な配合, 注入方法により良好な充填性を確認. 品質管理項目としてJPローテ流下時間16~23秒を提案.	

※1: 推定値, ※2: 文献からは読み取れず(不明)

シース内に残留空気(エア溜まり)が発生して未充填部が残る可能性が高くなる^⑧。したがって、P&PCセグメント工法のPCグラウト工においては、構造諸元、材料特性および施工条件などに応じた適切な工法を選択し、事前に注入実験などにより充填性を確認することが望ましい。

3-4-2 PCグラウト工の検討事例

P&PCセグメント工法におけるPCグラウト工の検討事例の一覧を表-5に示す。

検討事例A^①は、シールド内径が2,800mm程度の小口径シールドを対象として、高粘性型のグラウト材を用いて1か所からの片押し注入によって良好な充填性が得られたものである。

検討事例B～E^{②～⑤}は、シールド内径が5,000～6,000mm程度の中口径シールドを対象として、高粘性型、低粘性型および高チクソ型のグラウト材について検討したものである。ここで、高チクソ型グラウト材とは、高チクソトロピー性(マヨネーズのような性状)を有するPCグラウト材^⑦のことであり、写真-5に示すように、力の作用しない状態では流動性を示さないものの力が少し作用すると簡単に流動性を発揮する性質をもった材料であ



写真-5 高チクソ型PCグラウト材

る。

検討事例CとEを見てみると、高粘性型では良好な結果が得られたものと一部未充填が生じた結果の報告があり、配合や注入方法による影響を受けることが窺える。次に、検討事例Bの低粘性型では先流れが発生したが、排気口を設け、両押し注入を行えば充填が可能なが報告されている。一方、検討事例B～Dの高チクソ型では先流れが生じずに良好な充填が可能であることが報告されている。また、検討事例Dでは、現場での実施工を考慮して、品質管理値としてJASSフロー値では練上がり直後で60～80mm、排出口で120mm以下

の管理値を提案している。

ここでは、高チクソ型PCグラウト材の概要として、検討事例Bを紹介する。

3-4-3 高チクソ型PCグラウト材の検討概要

注入実験装置は、図-13に示すように、シース中心径が5,200mmとなるように構築している。シースは、充填状況が目視で確認できるように透明とし、一部を実構造物に用いるポリエチレンシースとしている。実験ケースは、表-6に示すように、グラウト材の種類、排気口の有無、注入速度、再注入の有無およびシースの種類を実験因子とした全8ケースとしている。

注入実験の結果を表-6に示す。目視による注入状況の確認の結果、高チクソ型では、ケースT-1, 3, 4のすべてのケースにおいて先流れは確認されず、注入速度の大小による顕著な差異は見られていない。一方、低粘性型では、G-1～4のすべてのケースで22.5°のあたりから先流れが確認されている。それぞれの代表的なケースとして、T-1, G-1の90°付近における流動先端の状況を写真-6に示す。グラウト材の硬化後にシースを半割りにして内部の充填状況を目視したところ、すべてのケースにおける高チクソ型の良好

な充填性を確認している。

3-5 今後の展開

P&PCセグメント工法は、構造上もっとも重要

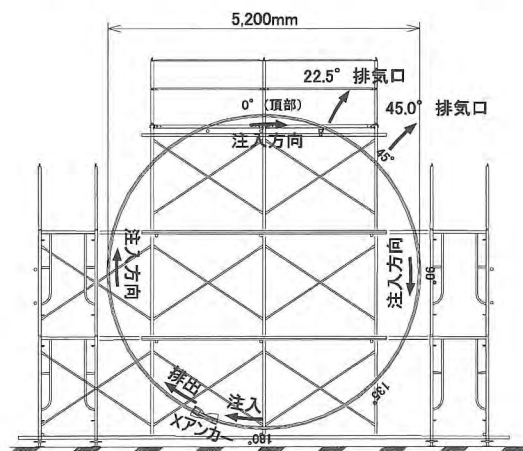
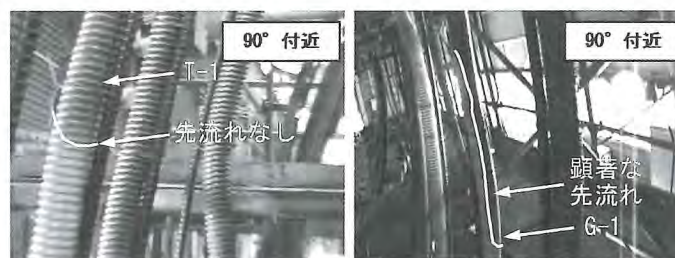


図-13 注入実験装置



(1) 高チクソ型(T-1)

(2) 低粘性型(G-1)

写真-6 流動先端の状況

表-6 実験ケースと注入実験の結果

実験 ケース	実験パラメータ					実 験 結 果		評価
	グラウト材 の種類	排気口の 有無	注入速度	再注入の 有無	シース の種類	目視	シース切断確認	
T-1	高チクソ型	なし	15L/min	なし	透明	先流れは発生せず	充填状況は良好	○
T-2					実物	透明シースではないため、未確認	充填状況は良好、リブの頂上に空気	○
T-3			なし	2 L/min		先流れは発生せず	充填状況は良好	○
T-4						1 L/分	なし	先流れは発生せず
G-1	低粘性型	あり 22.5°	15L/min	なし	透明	先流れが発生	残留空気あり、22.5°の位置が 顕著	×
G-2						先流れが発生	残留空気あり、22.5°の位置が 顕著	×
G-3						先流れが発生、6 L/min の再注入で気泡を排出	充填状況は良好	○
G-4						先流れが発生、8 L/min の再注入で気泡を排出	充填状況は良好	△

なプレストレスを確実に導入し長期にわたって腐食から保護することが肝要である。今回紹介した高チクソ型PCグラウト材は他工種のPCグラウト工へも展開可能な材料である。本報告が今後の同種工事ほかの参考になれば幸甚である。

(文責：新井崇裕・柳井修司/鹿島建設(株))

参考文献

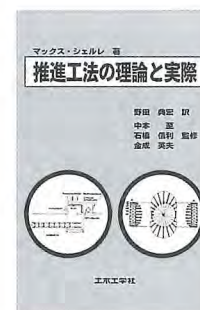
- 1) 矢萩秀一・藤木育雄・今井京平・小野重剛・田代昇・高木勝央・小泉淳：FAKT(自己締結式)セグメントの開発(その1)，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集，VI-10，pp.19-20，2004.9.
- 2) 矢萩秀一・藤木育雄・今井京平・小野重剛・田代昇・天野文雄・小泉淳：FAKT(自己締結式)セグメントの開発(その2)，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集，VI-11，pp.21-22，2004.9.
- 3) 藤木育雄・大石敬司・齊藤正幸・高木勝央：自己締結式セグメントの開発と施工，土木学会論文集F1，Vol.67，No.1，pp.16-34，2011.
- 4) 高木勝央・田代昇・天野文男・西堀英治：TA-SRING継手の開発(その1)，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集，VI-12，pp.23-24，2004.9.
- 5) 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，P&PCセグメント工法，1999.10.
- 6) プレストレスト・コンクリート建設業協会：PCグラウト&プレグラウトPC鋼材施工マニュアル，2013.8.
- 7) 蝦名貴之・二戸信和・丸岡正知・藤原浩己：高チクソトロピー性グラウトの研究開発，プレストレストコンクリート，Vol.47，No.3，pp.64-70，2005.5.
- 8) 新井崇裕・柳井修司・滝本邦彦・須田悦弘：中口径P&PCセグメント工法に適したPCグラウト充填工法に関する実験的検討，プレストレストコンクリート技術協会，第15回シンポジウム論文集，pp.475-478，2006.10.
- 9) 滝本邦彦・杉本雅人・植竹克利・犬伏義徳・金子正士・白石哲也：中口径P&PCセグメント工法におけるPCグラウト実規模注入実験，土木学会第62回年次学術講演会，3-182，pp.363-364，2007.9.
- 10) 山口匡・吉田英信・堤和大・柳井修司：P&PCセグメント工法のPCグラウト施工，さいたま市南浦和2号幹線(雨水貯留管)，トンネルと地下，Vol.39，No.7，pp.43-50，2008.7.
- 11) 永本隆行・米田武志・田中大三・入田健一郎：大口径P&PCセグメントの施工，大阪国際空港内雨水貯留施設管路施設構造工事，トンネルと地下，Vol.39，No.8，pp.37-45，2008.8.

推進工法の理論と実際

B5判 437頁 本体価格8,500円

マックス・シェルレ 著

野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金成英夫 監修



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

株式会社 土木工学社

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



(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

Bolanos トンネル貫通

FCC Construction 社は、Bolanos トンネル (Verin-Ourense) の掘削を完了した。Madrid-Galicia間の高速鉄道に、延長6.7kmの2本の平行した単線トンネルが造られた。

1本目のトンネルは日平均19.40mの掘進で、貫通までに11.5か月を要した。2本目のトンネルは日平均24.32mの掘進で、貫通までは9.5か月の期間という成果を出した。

FCC Construction 社は、トンネル建設に革新的なソリューションを使用した。地質的にかなり不安定な土地に対する安定化システムを必要とした。掘削外径9,900mm、内空断面は60.27m²で、トンネルは厚さ370mm、長さ1,600mmのプレキャストセグメントで造られた。

掘削に使用されたTBMは、ドイツのSchwauにあるHerrenknecht社によって製造されたシングルシールドである。

(T&T '17.2 担当：山下高俊・三井住友建設(株))



FCC Construction社ホームページより

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

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)

一般社団法人

日本トンネル技術協会

会 報

1. 会員の現状

	11月30日現在
個人会員	880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	1,532名

2. 平成29年度第4回理事会、第2回顧問・評議員会

日 時：平成29年11月8日(水) 12:00~13:00

場 所：弘済会館4階「萩」

出席者：理事12名、監事3名、計15名

顧問2名、評議員21名、その他5名、計28名

議 事：

①理事、評議員の交替

以下のとおり承認された。理事については、平成30年度総会に諮る予定である。

〈理 事〉

旧	新	所 属 役 職
浅見 郁樹	大西 精治	東日本旅客鉄道(株)執行役員建設工務部長
神山 守	中島 義成	東京都下水道局計画調整部長

〈評議員〉

旧	新	所 属 役 職
生亀 孝志	木村 昌司	(一社)日本建設業連合会専務理事

②平成30年度定時総会開催日

平成30年度定時総会の開催日を平成30年6月4日(月)16:00~17:00、麹町の弘済会館とした。また、総会の直前には理事会を15:30~16:00に、総会後の懇親会は17:00から同じ場所で開催することとした。

③その他

ITA事務局から、ITA理事会の日本開催、合わせてワークショップの開催、および本会理事との意見交換が提案され、今後、時期は未定ながら開催が予想されるため、その際の協力依頼が事務局からあった。

3. 委員会の開催状況(11月1日~30日)

◎総務委員会

・総務委員会(11/1)

遠藤元一委員長ほか10名、理事会、顧問・評議員委員会資料を検討

・広報小委員会

会誌WG(11/1)

小山幸則主査ほか12名、12月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

・対外広報WG(11/10)

磯谷篤実主査ほか12名、原稿進捗状況と今後の作業を検討

・英文HP改訂WG(11/17)

河田皓介幹事ほか4名、コンテンツ構成とスケジュールを確認

・ITA統括WG(11/17)

砂金伸治主査ほか19名、今後の活動方針を検討

・海外文献小委員会

海外ニュースWG(11/27)

篠原慶二幹事ほか6名、海外文献の査読

◎技術委員会

・安全環境小委員会

要望処理WG(11/9)

畑一民主査ほか5名、報告書原稿を検討

山岳・シールドアセスメント合同WG(11/27)

清水健志主査ほか10名、山岳とシールド共通事項を検討

・都市トンネル小委員会

セグメント実態調査WG(11/22)

三谷英司主査ほか11名、アンケート調査回答内容の確認と取りまとめ方針を検討

◎受託研究特別委員会

・数値解析マニュアル検討特別委員会幹事会(11/8)

蔣宇静幹事長ほか15名、目次などを検討

・効率的点検特別委員会幹事会(11/13)

松岡茂幹事長ほか20名、作業方針を検討

・数値解析マニュアル検討特別委員会(11/17)

西村和夫委員長ほか16名、作業方針を検討

合計 12回開催 152名出席

4. 国際会議の開催予定

会 議 名	開 催 日	場 所	主 催 者 等
第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

5. 平成29年度催物開催現況

(平成29年11月現在)

催 物 名	開 催 日	人数	場 所	CPD取得単位
【現場見学会】				
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
北陸新幹線トンネル現場研修会(加賀トンネル)	2017.12. 7	23	福 井	2.8
【施工体験発表会】				
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
【講習会・シンポジウム】				
第3回トンネル維持管理業務講習会(基礎編)	2017.11.20	38	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	36	東 京	16.0
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	6.3

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

WTC2018世界トンネル会議展示会への共同展示のご案内

本会では、ドバイ・アラブ首長国連邦(UAE)にてITA2018年定時総会・世界トンネル会議2018に併催される展示会にJTAブースを設け出展することといたしました。

世界トンネル会議は世界各国からの施工事例などに関する論文発表があり、また同展示会においてはトンネル工事にかかわる世界各国の建設会社、コンサルタント、資材・機材メーカーなどが出展いたします。

つきましては、世界トンネル会議展示会における自社の技術・製品などのPRにご興味のある会員などにはぜひともご応募いただきたく、下記のとおり募集いたします。

—記—

1. WTC2018世界トンネル会議の開催地および展示期間

- ・開催地：ドバイ・アラブ首長国連邦(UAE) (Dubai World Trade Centre)
- ・展示期間：2018年4月23日(月)~25日(水)の3日間

2. 展示物などの種別について

- ・JTAブース(1ブース, 3m×3m)に展示する種類は以下のいずれかとします。
ポスター展示：1枚(A0~A1判程度を予定しています)
技術資料(リーフレット等)配布：技術資料はA4判4枚(8ページ)程度までのもの
※なお、ポスター展示については、関連する技術資料の配布は可能です。

3. 展示などの費用

- ・ポスター展示：会員20万円, 非会員30万円
- ・技術資料配布：会員10万円, 非会員15万円

4. 共同出展申し込み期限

- ・共同出展申し込み期限：2018年1月31日(水)
展示など申し込み用紙に必要事項(説明図を適宜添付)を記入のうえ、E-mailにてご提出ください。
出展の可否については、2月上旬までにご連絡致します。

5. 出展決定後のスケジュール

- ・ポスターデータ(電子データ)の提出期限：2018年3月20日(火)
- ・技術資料(リーフレットなど)の提出期限：2018年4月6日(金)
- ・ポスターおよび技術資料に関する説明資料データの提出期限：2018年4月6日(金)
- ・展示など費用の払込み期限：2018年3月30日(金)

6. 提出先および問い合わせ先

(一社)日本トンネル技術協会

〒104-0045 東京都中央区築地2-11-26 築地MKビル6階

TEL: 03-3524-1755 FAX: 03-5148-3655 URL: <http://www.japan-tunnel.org/>

担当者：関

E-mail: noriko.seki@japan-tunnel.org

2月号予告[2月1日発売予定]

- 2016年熊本地震による南阿蘇鉄道のトンネル被害
- 2016年熊本地震による道路トンネルの被害と今後の耐震対策
- 中部横断自動車道 上八木沢トンネル
- 阪神高速道路大和川線 常磐工区
- 堺市下水道 出島バイパス線
- 【連載講座】
- セグメントの新技术Ⅱ(3)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

あけましておめでとうございます。

■個人的な、昨年のトンネルに関するいちばんのニュースといえば、イーロン・マスクが2016年に設立したザ・ボーリング・カンパニーにより発表された数々の計画でした。都市の各地に設けられたエレベータシャフトから地下の高速移動ネットワークを使って自動的に目的地に自動車を移動させる交通システム、また、地下に設けられたチューブ内を低圧にし内部を1,200km/hで移動する都市間移動システムである「ハイパーループ」、実現性に対する否定的な見解も多々見受けられましたが、まるでSF世界を具現化させようとする彼のビジョンの大きさには感服させられます。イーロン・マスクはインターネット決済サービスを提供するPayPal、商業衛星打上げで民間最大のスペースX、電気自動車で有名なテスラといった、革新的な企業を次々と起業してきた人物として知られています。そんな彼が都市問題を解決する手段として着目し、革新を起こそうとしているのが地下だったというわけです。昨年10月末にはロサンゼルスに設けられたチューブ(わずかに150mですが)を公開しました。現在は効率的な掘削技術の開発に注力しているようです。こういったチャレンジが数多くの未来のトンネル技術者を生み出すのかもしれない。

(K.K.)

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

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

トンネルと地下

第49巻 第1号 [通巻569号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成29年12月20日 印刷

平成30年1月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会

会長 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)

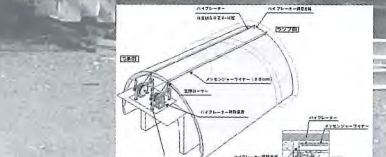
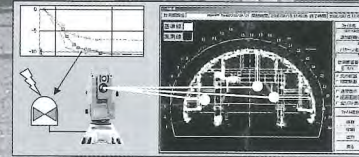
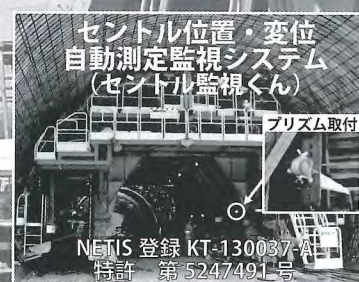
振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

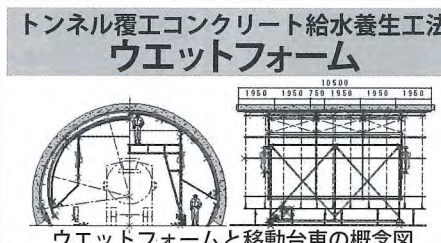
本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。TEL: 03-3267-2888

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

トンネル二次覆工型枠総合メーカー



新しいタイプの覆工コンクリート養生システム



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

トンネル技術者のための地相入門

大島洋志 監修, 木谷日出男 編著
3,200 円＋税 B5 判

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



山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著
3,200 円＋税 B5 判

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



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500 円＋税 B5 判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500 円＋税 B5 判

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



推進工法の理論と実際

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

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



わかりやすい土质地質学

大島洋志 監修
2,500 円＋税 B5 判

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



セグメントの新技术

小泉 淳 監修
2,000 円＋税 B5 判

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



続 きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著
1,200 円＋税 新書判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000 円＋税 A5 判

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



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660 円＋税 B5 判

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



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

ジェオフロント研究会 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病や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200 円＋税 A5 判

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



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800 円＋税 A5 判

都市の代表的な地下施設である地下鉄、下水道、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事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

TKK

**トンネル・地下工事で使用される
資・機材のリース・販売。
確かな技術と豊富な実績で
様々なニーズに
お応えいたします。**

東京機材工業は創業以来、国内外のプロ
ジェクトにおいて資・機材の受注製作はも
とより、各種多彩なリースや保守管理も
担っております。

受注
製作品

支保工材、架設架台
鋼構造物、風管 他

リース
商品

バッチャープラント、ターンテーブル
タイヤ泥落とし装置、水処理装置
配管材、汎用機材各種 他

主な取扱商品



バッチャープラント



移動式クラッシャー
/連続ベルトコンベア



30tターンテーブル



タイヤ泥落とし装置



配管材



トンネル
支保工材



野田機材センター第一



野田機材センター第二



野田機材センター第三



東北第一機材センター



厚木機材センター



名古屋機材センター



大阪機材センター



九州機材センター

全国8か所の
機材センターから、
必要なものを
必要なタイミングで
提供する体制を
整えています。

TKK

東京機材工業株式会社

<http://www.t-kizai.co.jp>

本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町1-9-12 共同ビル3階
横浜支店 〒220-8109 神奈川県横浜市西区みなとみらい2-2-1-909
大阪支店 〒541-0042 大阪府大阪市中央区今橋3-2-20 洪庵日生ビル8階
東北支店 〒980-0023 宮城県仙台市青葉区北目町1-18 ピースビル北目町4階
九州支店 〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前2-2-1 福岡センタービル8階
名古屋営業所 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦2-9-27 NMF名古屋伏見ビル4階

TEL 03-3245-1001 FAX 03-3245-0160
TEL 045-664-7111 FAX 045-664-7101
TEL 06-6121-6261 FAX 06-6121-6241
TEL 022-738-7011 FAX 022-748-7881
TEL 092-432-0501 FAX 092-432-0504
TEL 052-228-6441 FAX 052-228-6442

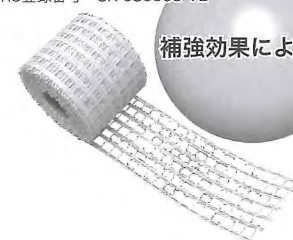


コンクリートの
「有害なひび割れ」対策に
“新たなご提案” (ひび割れ低減
3点セット)

コンクリート打設前設・耐アルカリ性ガラス繊維ネット

ハイパーネット60

NETIS登録番号 SK-080003-VE



補強効果によるひび割れ幅低減



コンクリート混入・コンクリート用膨張材
ハイパーエクスパン

コンクリート収縮抑制

養生効果



硬化後塗布・塗布型高性能収縮低減剤
クラックセイバー

NETIS登録番号 SK-080001-VE



様々な現場で力を発揮する
注入材、裏込材
“最適な選択をご提供”

注入材

超微粒子注入材

太平洋アロフィクスMC

瞬結工法用無機懸濁型
土質安定材・下水道止水材

太平洋アロフィクスMC2号

注入式長尺先受工法用注入材

太平洋スーパーハード

注入式長尺先受工法用注入材

太平洋スーパーファスナー

裏込材

プレミックス裏込用充填材

太平洋フォルトカバー



太平洋マテリアル株式会社

営業本部

〒114-0014 東京都北区田端6丁目1番1号 田端ASUKAタワー 15F
<http://www.taiheiyo-m.co.jp>

TEL.03-5832-5218 FAX.03-5832-5254