

# トンネルと地下 3

vol. 40  
no. 3  
2009

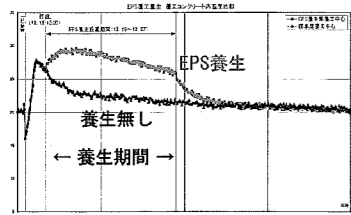
Tunnels and Underground

トンネルと地下

多点注入工法による軌道下地盤改良の試験施工  
四国カルスト直下の高圧大量湧水帯を貫く  
高充填覆工コンクリートの適用と坑口軽量押さえ盛土工の施工  
地すべり直下を大規模押さえ盛土と早期閉合で施工  
大規模な分岐部を含む既設地上駅部を地下化



EPSパネルの保温性、保湿性が効く。



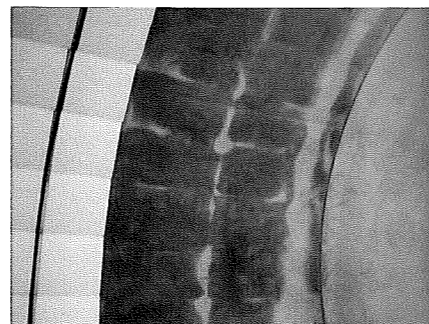
温度測定結果

	養生無し	EPS養生
反発度(平均)	33.8	36.3
推定強度 N/mm <sup>2</sup>	24.9	28.1
強度比	1.0	1.13

強度測定結果 (シュミットハンマー)

実績および採用決定(平成21年1月現在)

施主	実績	採用決定
国土交通省	2	5
NEXCO	2	3
地方自治体	1	5
合計	5	13



EPSパネル取り外し直後の状態

- 温度測定結果より、保温養生効果を確認。
- シュミットハンマーテスト(材令28日)の結果より、強度の増進を確認。  
保温・保湿養生の効果。
- 弾性波レーダーによる鋼球接触時間測定結果より、表層の硬さ(弾性係数)の増大を確認。  
表面の乾燥収縮ひび割れに対する抵抗性の増大。

**株式会社 不動テトラ**

FUDOTETRA  
建設本部  
〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7番2号  
TEL 03-5644-5025 FAX 03-5644-8576

特許登録番号第3977849号

**大栄工機株式会社**

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

【営業品目】  
各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売  
トンネル用機材一般/土木資材の販売  
鋼製支保工の製造販売

実施権許諾第10396号



ITA  
6  
KR

●四国カルスト直下の高圧大量湧水帯を貫く vol.40 no.3 2009

日本トンネル技術協会誌



定価 1,575円  
本体価格1,500円

雑誌06619-3

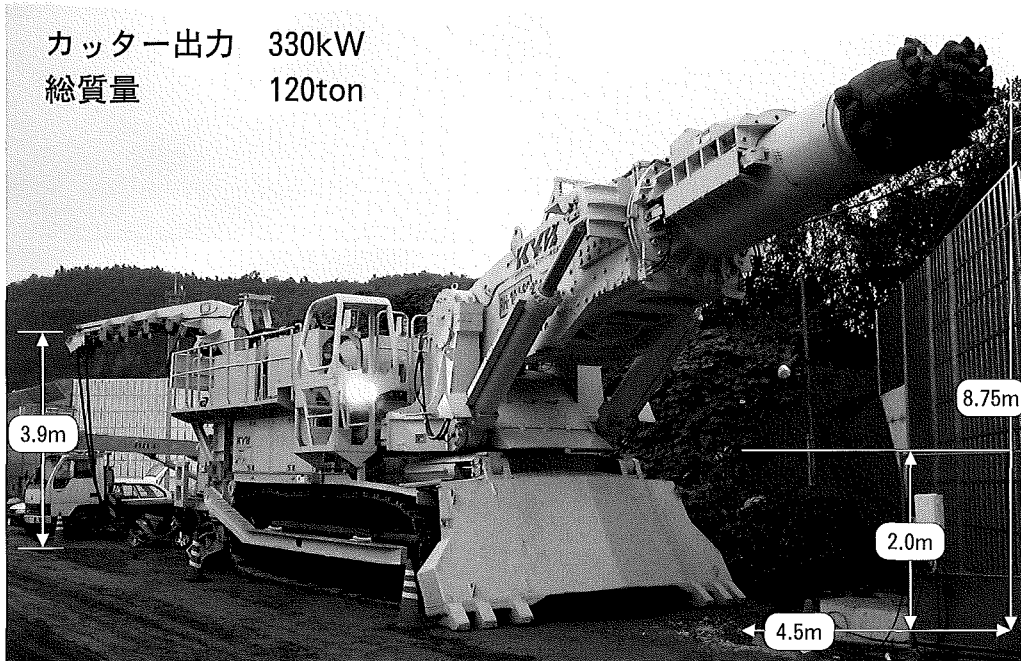


4910066190392  
01500

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

# RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW  
総質量 120ton



## 主な特長

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

**KYB カヤバシステム マシナリー株式会社**

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

(旧社名: 日本鉦機株式会社)

本社・営業  
カスタマーサービス 〒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

中部支店 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2 TEL 059-234-4139

西部支店 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル TEL 092-411-4998

三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2 TEL 059-234-4111

**FURUKAWA**  
ROCK DRILL

**FRD**  
FURUKAWA

様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み重ねてきた各種製品と  
全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

ホイール式ドリルジャンボ

## JTH2200R/3200R

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

新世代型油圧ドリフタHD210II搭載。

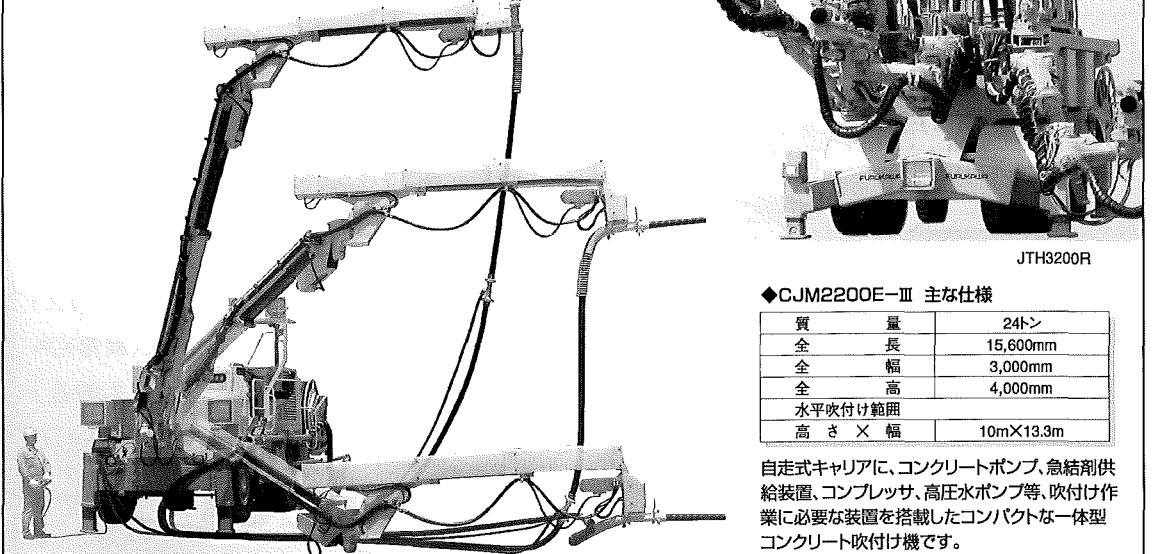


◆主な仕様

	JTH2200R 2ブーム、2ケーシング	JTH3200R 3ブーム、2ケーシング
質量	35.5トン	43トン
全長	14,270mm	14,760mm
全幅	2,690mm	3,140mm
全高	5,940mm	6,010mm
水平さく孔範囲		
幅	12.77m	13.22m
高さ	8.49m	8.84m

コンクリート吹付け機（コンプレッサ搭載型）

## CJM2200E-III



JTH3200R

◆CJM2200E-III 主な仕様

質量	24トン
全長	15,600mm
全幅	3,000mm
全高	4,000mm
水平吹付け範囲	
高さ×幅	10m×13.3m

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

写真は吹付け姿勢の合成写真です。

△ 古河機械金属グループ

**FRD 古河ロックドリル株式会社** <http://www.furukawarockdrill.co.jp/>

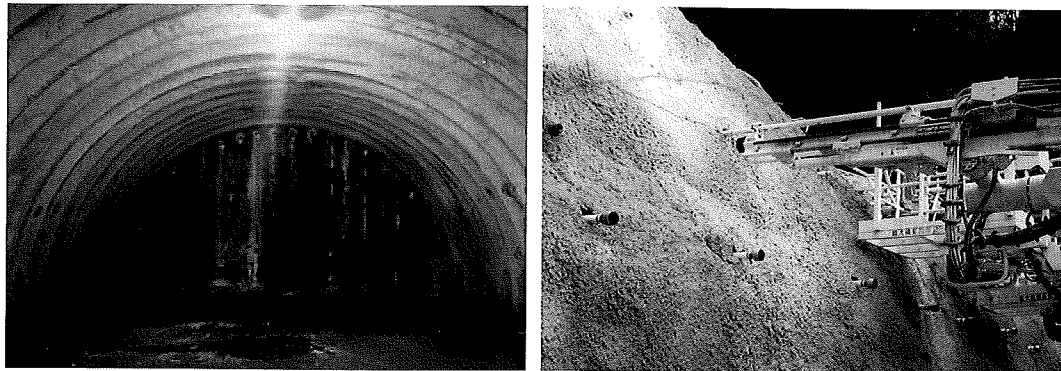
本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号 古河ビル8F 特機部 電話：(03) 3231-6966

札幌支店 011-861-3261 東北支店 022-384-8991 関東支店 027-326-9611 名古屋支店 0568-77-7700

関西支店 06-6475-8221 広島営業所 082-832-3542 四国営業所 087-815-1708 九州支店 092-948-2010

# 日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

当社は「AGF工法のパイオニア」として、数多くの実績を築いてきました。この豊富な施工実績を基にした技術対応力で、バックアップ体制をとっています。さらに、豊富なビットシステムと多様な注入システムを保有しているため、「AGF工法～小口径二重管削孔システム」まで、地山条件や施工条件など目的に応じたご提案ができます。



(施工例)断面内からの無拡幅AGF工法

(施工例)鏡面への小口径二重管削孔システム

## AGF工法のバリエーション

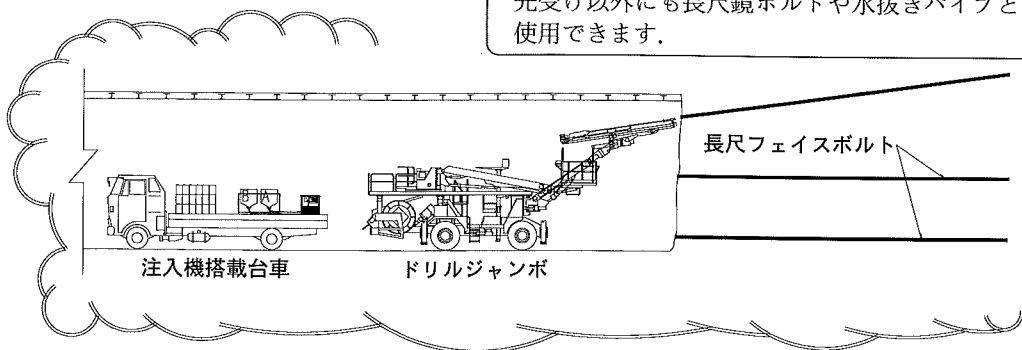
プロトタイプ  
無拡幅タイプ  
最小拡幅タイプ

施工性や経済性を追及して、注入式フォアポーリングとAGF工法の間を埋める工法！

## 小口径二重管削孔システム

鋼管径φ89.1mm～60.5mmまで対応ができ、鋼管・スリット管・特殊樹脂管が選べます。

↓ ↓  
先受け以外にも長尺鏡ボルトや水抜きパイプとして使用できます。



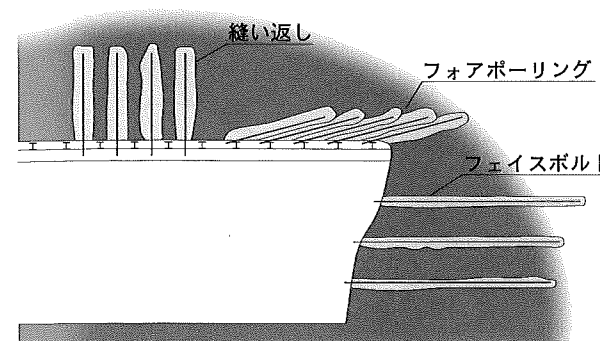
## 注入材のバリエーション

- シリカレジン注入材
  - ・スーパーSRF(標準タイプ)
  - ・スーパーSRF(Sタイプ)
  - ・スーパーSRF(低粘度タイプ)
- ウレタン注入材
  - ・ガンバンスーパーS
- 無機系注入材
  - ・シリカセーフ



(施工例)固結状況

## 注入ボルトのバリエーション



注入式フォアポーリングや鏡ボルト等に使用する注入ボルトとして、

- ・PUボルト
  - ・KATアンカー
  - ・GPRマルチタイプロックボルト
- 等があり、地山条件や使用目的に応じて選択できます。

## 主要営業品目

- ・スーパーシート(防水シート)
- ・ツイストロックボルト
- ・異形ロックボルト
- ・KAT自穿孔ロックボルト
- ・GRPマルチタイプロックボルト
- ・各種注入材
- ・アルカリフリー型液体急結剤AFK-777J
- ・各種AGF工法
- ・Small-P工法/パノラマ工法
- ・注入式フォアポーリング
- ・濁水処理設備
- ・建設資材全般

# KATECS

株式会社 カテックス  
建設資材事業部

ホームページ <http://www.katecs.co.jp/>

技術営業部

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

東京支店

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

九州営業所

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

中部営業部

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

関西営業所

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

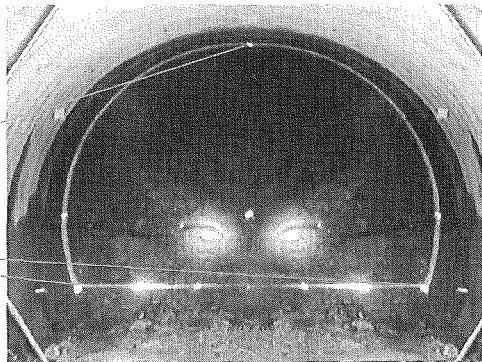
北海道地区(株)エイチ・アール・オー

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

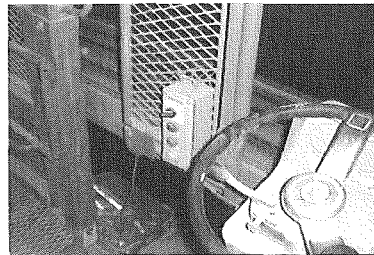
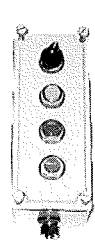
# レーザーマーキングシステム

国内、海外特許取得済み

残像効果を使ったペイント不用の連続高速照射を実現

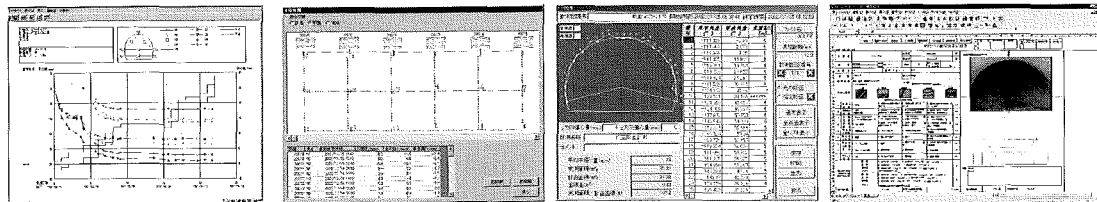


現場環境に耐え得る頑強なコントローラー

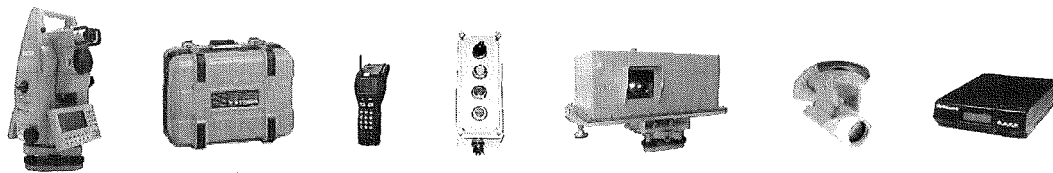


ジャンボに取付けて使用可  
AC200V対応

各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



A計測データ処理 支保工立込精度、変形量 内空、巻厚検査 切羽観察、etc



豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。

**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

〔販売元〕

古河ロックドリル株式会社  
伊藤忠建機株式会社  
株式会社レント

## 湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤 NT-1000シリーズ

急結剤と併用することにより、高品質で経済的な吹付けコンクリートを実現。

- 単位水量を減少し、急結性・付着性・強度発現性などの諸性状を改善する。
- 急結剤の使用量を低減する。

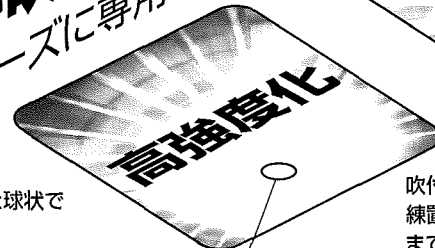
アルカリフリー・低アルカリ型液体急結剤

## メイコ® SAシリーズ

成分中にアルカリ分をほとんど含まない液体急結剤。

- 作業員に対する安全性が高い。
- 粉じんの発生が少なく、良好な吹付け作業環境が得られる。
- 付着性に優れ、リバウンド量を低減する。
- アルカリ骨材反応を助長しない。

より良い吹付けコンクリートのために。  
現場のニーズに専用の混和剤システムがお応えします。



二酸化ケイ素を主成分とした球状で超微粒子のシリカフューム。  
●ワーカビリティ、材料分離抵抗性、ポンプ圧送性を改善する。  
●硬化コンクリートを高強度化し、水密性を増大させる。

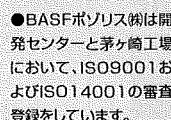
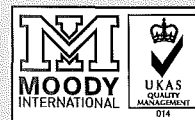
## シリカフューム メイコ® MS610

吹付けコンクリートの練置きを1~16時間まで自由にセットコントロール。  
●長時間の運搬や現場での練置きを可能にする。  
●夜間のコンクリート製造作業を軽減し、吹付け工事を効率化する。

## 湿式吹付けコンクリート用セットコントロール剤 デルボクリート

## BASFポゾリス株式会社

●本社/東京都港区六本木3-16-26  
混和剤営業部: TEL03-3582-8811(直) FAX.03-3583-3800  
●支店/仙台、東京、名古屋、大阪、福岡  
●営業所/札幌、宇都宮、千葉、横浜、上越(松本・金沢)、静岡、広島、高松、鹿児島  
資料進呈/詳しくは、本社混和剤営業部または、最寄りの事業所にお問い合わせください。  
URL <http://www.pozzolite.basf.co.jp>



# ホンモノしか残らない。。。

…1960～ 1970～ 1980～ 1990～ 2000……



大容量ファン



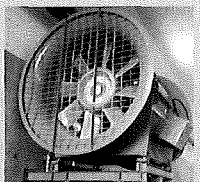
二軸反転  
サイレントファン



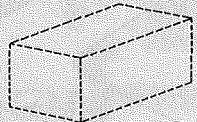
可変翼やインバーター  
での風量制御ファン



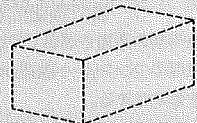
中型集塵機  
ノッカー払落し式



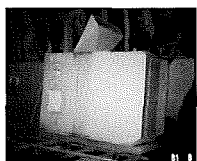
単段ファン



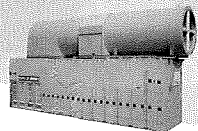
中型集塵機湿式



中型集塵機電気式



中型集塵機  
フィルタ交換型



大型集塵機  
1000～4000m<sup>3</sup>/min  
30000hメンテナ  
ンスフリー、トンネル  
用は清浄度0.1mg/  
m<sup>3</sup>以下保証

## 吸引ダクト SUPER LIGHT〔新型〕

自走式伸縮ダクト、自走レール、  
全体の重量が半減！  
φ600～1700、最長130m、  
切羽照明で安全UP



重量1/2に半減!!

# 換気・環境技術は進化しています

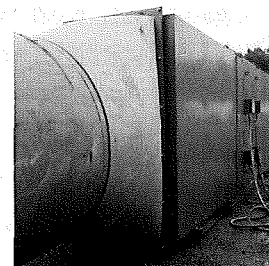
2009……



密着

コンクリート密着養生システム  
コンクリート自身を持つ水分と水和熱により自然  
な状態で硬化

〔新型〕  
大風量中圧ファン  
EZ-2000Q  
(2000m<sup>3</sup>/min, 2.9kpa,  
148kw)



## 漏れない風管シリーズ〔新型〕

従来のビニール・鋼管の風管に比べて漏風がほぼゼロのため、  
中継なしで長距離送風が可能で大幅な省エネ  
負圧＝ピタジョイントダクト(超軽量鋼管)  
正圧＝ノンリークダクト(FRPリング式ビニール)

2010……



コンパクト大型集塵機  
(低動力・ガス吸着・冷房除湿)  
(高効率運転・再資源化…)

最適環境を創造する

**株式会社 流機** エンジニアリング

URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: [eigyobu@ryuki.com](mailto:eigyobu@ryuki.com)

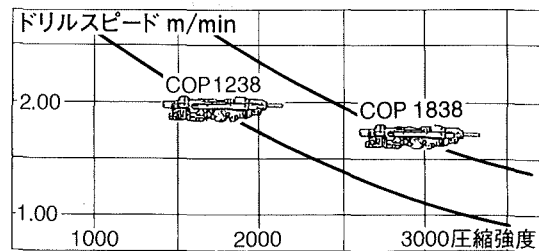
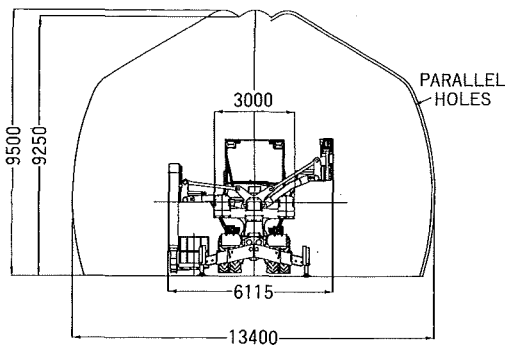
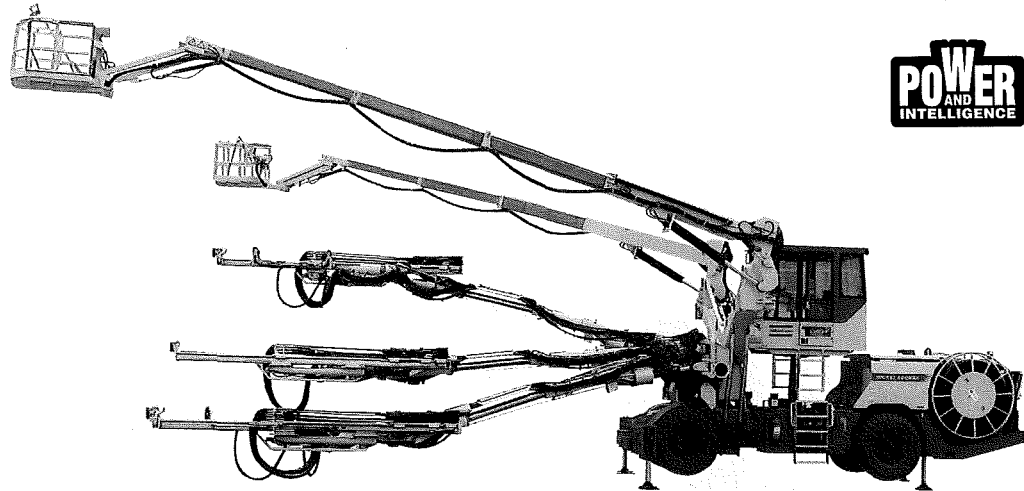
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル TEL: 03(3452)7400

# アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット



## ドリルマシン株式会社

### DRILL MACHINE CO., LTD.

本社 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里6-16-8 桂ビル5階  
 TEL (03) 3806-3377 番 FAX (03) 3806-8461 番  
 関西支店 〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4  
 TEL (078) 802-5551 番 FAX (078) 802-5528 番  
 九州支店 〒839-0841 福岡県久留米市御井旗崎1-6-14  
 TEL (0942) 43-5315 番 FAX (0942) 43-5832 番  
 焼津営業所 〒425-0072 静岡県焼津市大住638-1  
 TEL (054) 620-7301 番 FAX (054) 620-7303 番  
 兵庫工場 〒679-1332 兵庫県多可郡多可町加美区大袋川端454-3  
 TEL (0795) 36-0461 番 FAX (0795) 36-0467 番

コンクリートの劣化、欠陥箇所の改修、補修……

急硬性改修モルタル

# ドクターQ改修工法



〈工期短縮，即日仕上り〉

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

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

エアモルタル裏込め注入……

## エスコート

L & K 起泡剤



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

◆ 土木資材の総合プランナー ◆



## 株式会社 マイール

〒142-0043 東京都品川区二葉1丁目18番8号  
 TEL 03 (3787) 1131 (代)

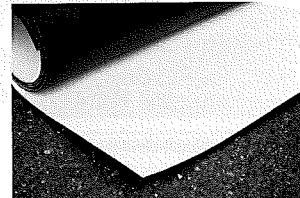
# ウォータータイトトンネル 防水システム



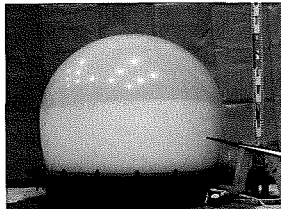
非排水型防水システム用メンブレン  
KFCタイトライナー

## シート防水材

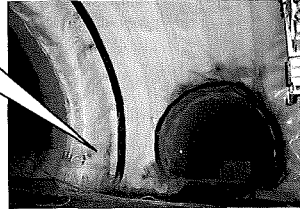
- **KFCタイトライナー**  
追随性・溶着性・耐破損性の優れた防水シート
- **シグナルレイヤー**  
防水シート損傷部の発見が容易なシグナルレイヤー付防水シート
- **裏面緩衝材**  
長繊維不織布から透水性の優れた立体網状体まで豊富なバリエーション



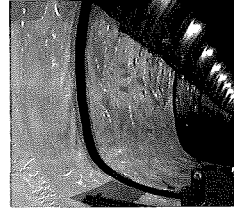
シグナルレイヤー付防水シート



シート多軸伸び試験



シグナルレイヤーに付いた傷



## 基本システム

- **ウォーターバリア**  
打継目からの漏水防止および漏水範囲の限定
- **コンタクトグラウト**  
被圧された地下水から防水シートの損傷防止

## 漏水対策システム

- **ストリップグラウト**  
打継目からの漏水対策  
漏水発生ブロックの特定
- **リペアシステム**  
クラックや打継目からの恒久止水対策

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

環境資材事業部(東京) TEL (03) 3570-5262 FAX (03) 3570-5233  
環境資材事業部(大阪) TEL (06) 6361-6038 FAX (06) 6363-3979

1本1本が大切! だから

次世代 **防食** ロックボルト

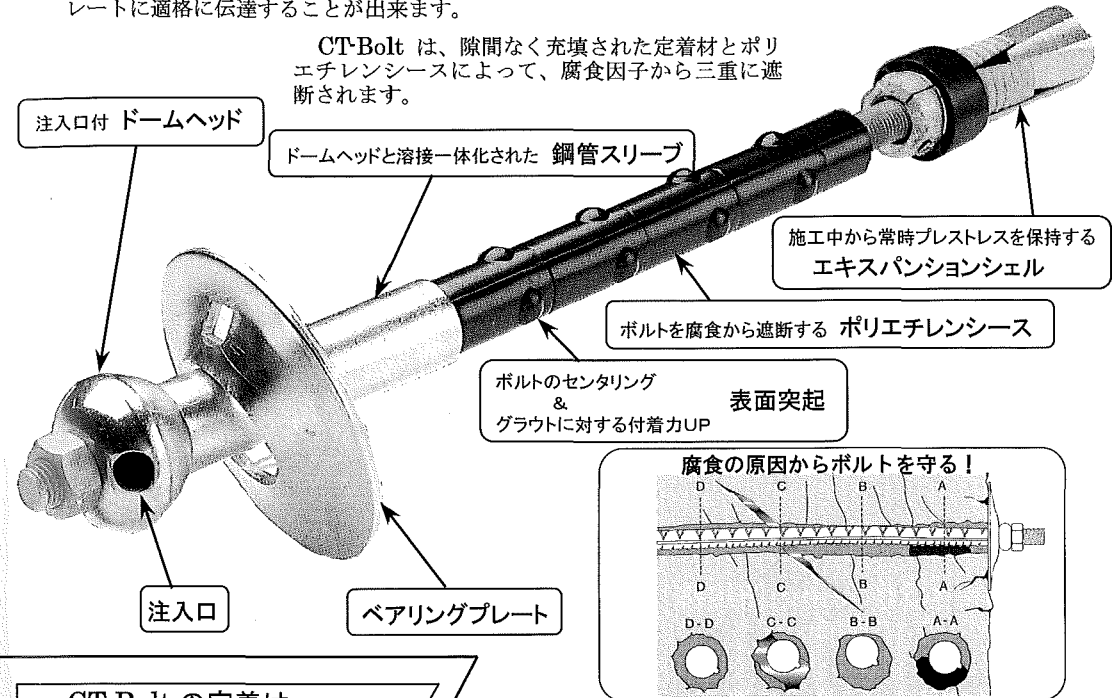
# CT-Bolt

Orsta Stål

通常施工により超長期支保

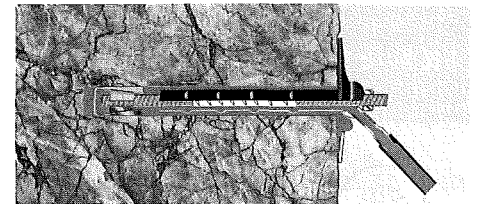
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

CT-Bolt は、隙間なく充填された定着材とポリエチレンシースによって、腐食因子から三重に遮断されます。



## CT-Bolt の定着は・・・

即時に支保効果をもたらす先端定着と、時期を選んで行える全面定着グラウト充填のコンビネーションです。施工直後から施工後長期にわたって、ボルト支保効果を最大限に活用することが可能です。ポリエチレンスリーブがボルトを覆う構造により、仮に空洞や偏芯、或いは湧水によって部分的にグラウトが逸失している場合にも、腐食促進成分がボルトと接触しません。



## 用途:

- 山岳トンネル・海底トンネルに
- 立坑・地下空洞支保に
- 石油備蓄基地等地下施設建設に
- 斜面安定・補強土工に
- その他 腐食対策の必要な地盤に

完全充填

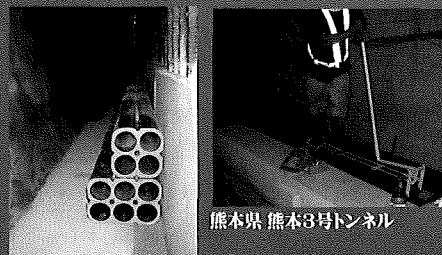
CT-Bolt は、広い範囲の粘度のグラウト注入が可能です。グラウトはポリエチレンスリーブ内に充填された後、先端部から孔壁とスリーブの間を充填して戻り、リターンによって全面定着が確認出来ます。

総発売元

Your Fastening Partner

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒135-8073 東京都江東区青海2丁目45番タイム24ビル  
お問い合わせ先 TEL: 03-3570-5182  
技術部 FAX: 03-3570-5191



熊本県 熊本3号トンネル

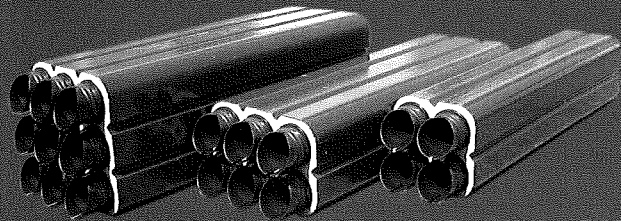


西日本高速道路株  
第二号神 栗東トンネル



名四国道事務所  
足助ハイパス 足助トンネル

高山国道事務所  
中部縦貫道 前原1号トンネル



— 特長 —

標準管の長さは65cmの新規格

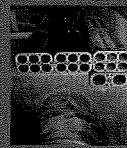
※従来のセラダクトAは60cm。

接続はカップリング方式で簡単  
スピーディー

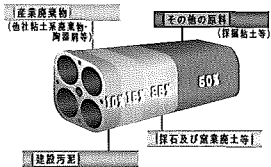
※従来のセラダクトAはバッキン介在ボルト締め

トンネル内専用として  
**セラダクト**  
A<sup>エース</sup>  
ネオ  
**neo**

長年の多くの実績から得た豊富なノウハウという「宝物」を新しい技術に。  
いらなくなった物で必要な物を作り出す。それが私たちの技術です。  
トンネル、電線共同溝、空港、工場敷地内、ありとあらゆるニーズにお答え出来ます。  
資源循環型リサイクル製品「セラダクトA」。



セラダクトAシリーズは「エコマーク認定基準」に適合し、財団法人 日本環境協会から「エコマーク商品」として認定されました。



再生材料を使用  
採石および廃棄物、肉類等 50%以上  
セラダクトAはエコマーク認定商品です  
第 04 131 014 号

ISO 9001:2000取得



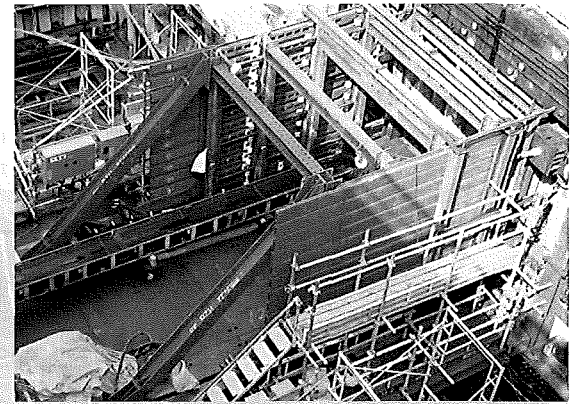
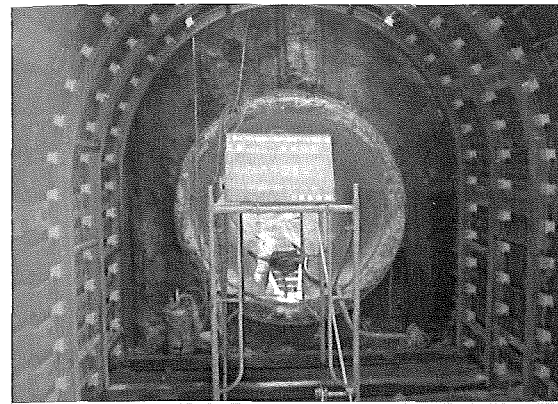
杉江製陶株式会社

本社・工場 愛知県知多郡武豊町上山一丁目76番地 〒470-2387  
TEL(0569)35-2360(代) FAX(0569)35-4087  
東京支店 東京都渋谷区恵比寿一丁目21番8号セラ51ビル 〒150-0013  
TEL(03)3442-6181 FAX(03)3442-1691  
大阪支店 大阪府都島区御幸町1丁目3番1号 〒534-0012  
TEL(06)6922-6991 FAX(06)6922-2498

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

アーストンネル掘削工法に最適

**SS-メッセル工法**  
Stabilizer System Messer



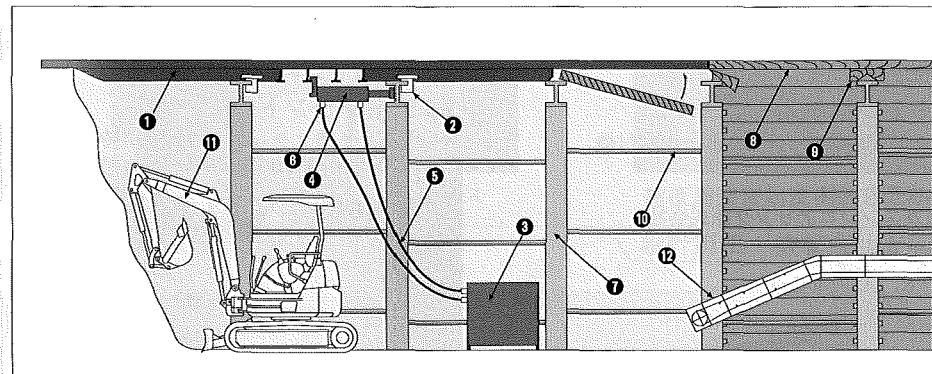
特徴

- 地山をゆるめず任意の断面形状のトンネル掘削ができます。
- 余掘りがなく切羽の掘削と一次覆工がSS-メッセルを介して同時に安全に施工できるので地表が沈下しません。(都市トンネル工事では最適)
- SS-メッセルプレートとスタビライザが一体となり、正確に推進する機構になっているので、安全で確実に掘進することができます。
- SS-メッセル工法に使用される断面は、支保工の形状に従って、円形・角形・アーチ形・馬蹄形、のいずれでも自由に選べます。

実績

- 線路下横断構造物工事。鉄道・道路・下水道・共同溝・地下連絡通路などトンネル工事に多数の実績をもっています。

SS-メッセル工法概略図



- ① SS-メッセルプレート
- ② スタビライザ
- ③ 油圧ユニット
- ④ 油圧ジャッキ
- ⑤ 油圧ホース
- ⑥ 油圧手許切換装置
- ⑦ 支保工
- ⑧ 木矢板
- ⑨ 木製キャンパー
- ⑩ 径間パイプ、  
タイロッドボルト
- ⑪ バックホウ
- ⑫ ベルトコンベア



株式会社シーテック

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

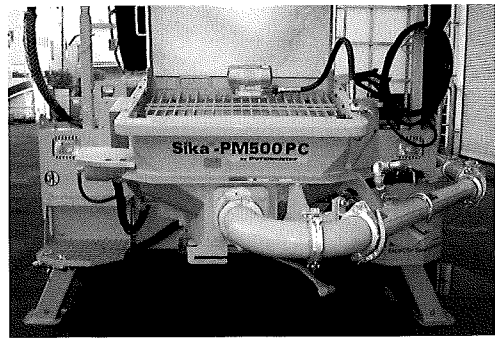
〒102-0074 東京都千代田区九段南3丁目8番10号 TEL.(03)3263-7457(代) FAX.(03)3262-0915

## 吹付けコンクリートシステム



コンクリート吹付機  
**Sika®-PM500 PC**  
by Putzmeister

当社はこのたびコンクリートポンプ・コンクリート吹付機で世界的実績を誇るputzmeister社と契約し、今までの吹付機の発想をことごとく変え、さらにその実績と技術ノウハウの基に製造されたputzmeister・Sika®-PM500PCを国内に導入しました。



特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです。

### プツマイスター圧送ポンプの特長

- ① シリンダーが他社機と比較して長い  
プツマイスター L=1000mm  
他社機 L=600~700mm
- ② S型揺動管の切替速度が他社機と比較して速い  
プツマイスター 0.15sec  
他社機 0.20~0.30sec
- ③ 油圧回路に特許FFH(フリーフロー回路)機能を採用

この三大特長によって、吹付け時の脈動が非常に少なく、またそのことに関連して息づきが防止され、コンクリートの付着性が著しく向上、作業時間の短縮、飛散リバンドの減少、さらに部品の消耗、油圧ホース、油圧ポンプ等々を含めコストダウンその減額を可能とします。

### コンパクトで群を抜く使いやすさ!

### 機能性、機動性の基に理想的な機械化を実現!

総販売元 東友エンジニアリング(株) 製造輸入元 プツマイスタージャパン(株)

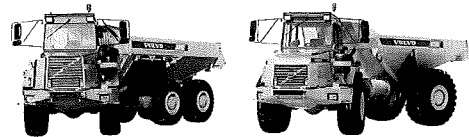
## トンネル関連製品

### 吹付けコンクリートシステム

putzmeister・Sika®-PM500PCコンクリート吹付機  
Putzmeister S.A.

一体型吹付機・特殊型吹付機  
設計・製作：東友エンジニアリング株式会社

**VOLVO** ダンプトラック  
(A25C-TS, A25C-TR, A20/30C-T)

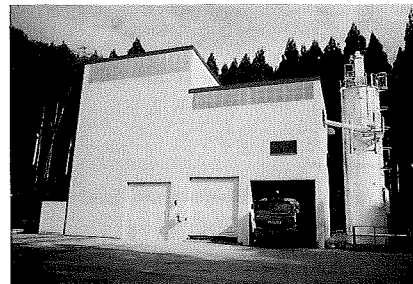


Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他、トンネル施工機械全般

### バッチャプラント

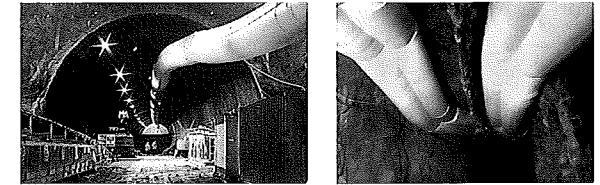
(全自動式、3槽クラム式、簡易型、特殊型)



設計・製作：名岐エンジニアリング株式会社

## トンネル換気システム

**ABC**  
VENTILATION SYSTEMS



- ファスナー式風管
- ツインダクト風管
- スパイラル風管
- 帯電防止型風管

総代理店 東友エンジニアリング株式会社

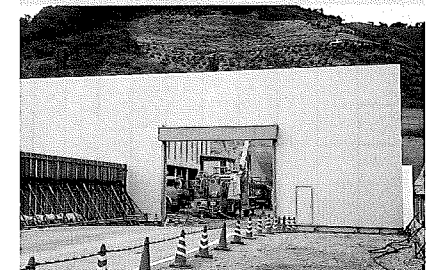
## 騒音防止システム

エコフラット -35db Cタイプ



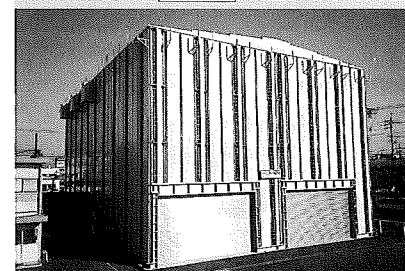
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 -15db Aタイプ



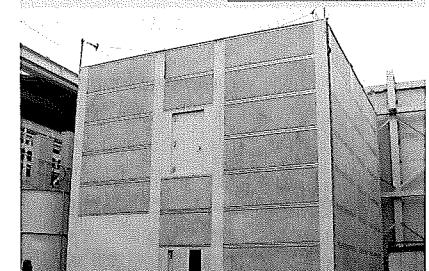
適応性の優れた防音パネル

エコユニット -30db Bタイプ



組立て容易な標準型防音ハウス

スーパーエコハウス 超低周波音 -25db



超低周波音対策に適した防音ハウス

設計施工 株式会社トーユーエコサポート

建設業界に貢献する TOYU GROUP

## 東友エンジニアリング株式会社

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

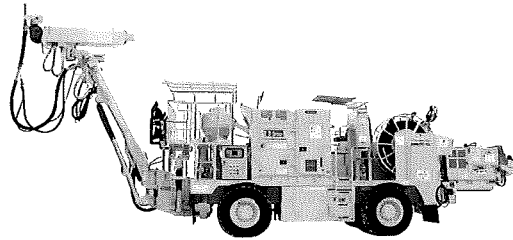
〒102-0073 東京都千代田区九段北 3-2-5 TEL: 03-3234-8901 FAX: 03-3234-8900  
株式会社トーユーエコサポート TEL: 03-5226-5971 FAX: 03-5226-5974  
トーユーサービス株式会社石岡工場 TEL: 0299-27-6211 FAX: 0299-27-6233

**T&M**  
Tunnel & Mining

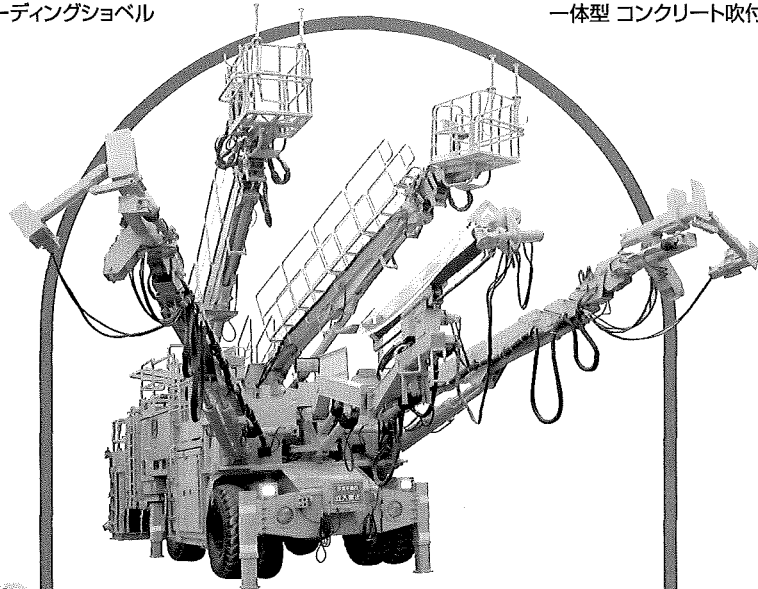
**(2009年1月 新会社誕生！)**  
(旧三興レンタルと旧新ケービーシーが一体化)



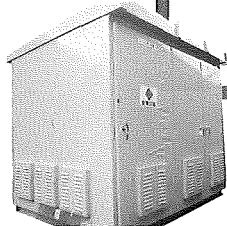
油圧ローディングショベル



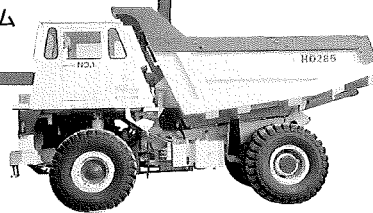
一体型 コンクリート吹付システム



コンプレッサー搭載型エレクトー吹付システム  
開発商品



フリッカ対策機(インバータ方式):SVG  
※西尾レントオールの日本社営業課が電気機器営業部となります



ダンプトラック

山岳トンネル施工機械、鉱山・採石機械の総合レンタル企業  
**ニシオ ティー アンド エム 株式会社**

**東日本営業本部**

電気機器営業部 0133-75-8240  
東北支店 0197-77-4101  
関東支店 04-2928-3270

**本社 大阪府高槻市唐崎西2-26-1**

TEL 072-677-2127 FAX 072-677-2109  
石狩工場 高槻工場 宮崎工場  
0133-72-3715 072-677-4736 0982-22-8701

**西日本営業本部**

大阪支店 072-677-2101  
九州支店 0982-26-2111

拡大された能力。  
継続的なお客さまへの  
コミットメント。



[www.oricaminingservices.com](http://www.oricaminingservices.com)

オリカ・マイニング・サービス  
——産業爆薬、起爆システムおよ  
び高度な爆破ソリューションの  
世界的リーダー企業。

オリカは、ダイノ・ノーベルのアジア、  
中南米、欧州、中東およびアフリカ事業  
を買収しました。当社は、お客さまとの  
関係の維持、ならびに統合プロセス全般  
における滞りのない移行の実現に努めて  
います。

当社は、オリカとダイノ・ノーベルの  
最良部分を活用し、お客さまの最終利益  
拡大をお手伝いいたします。

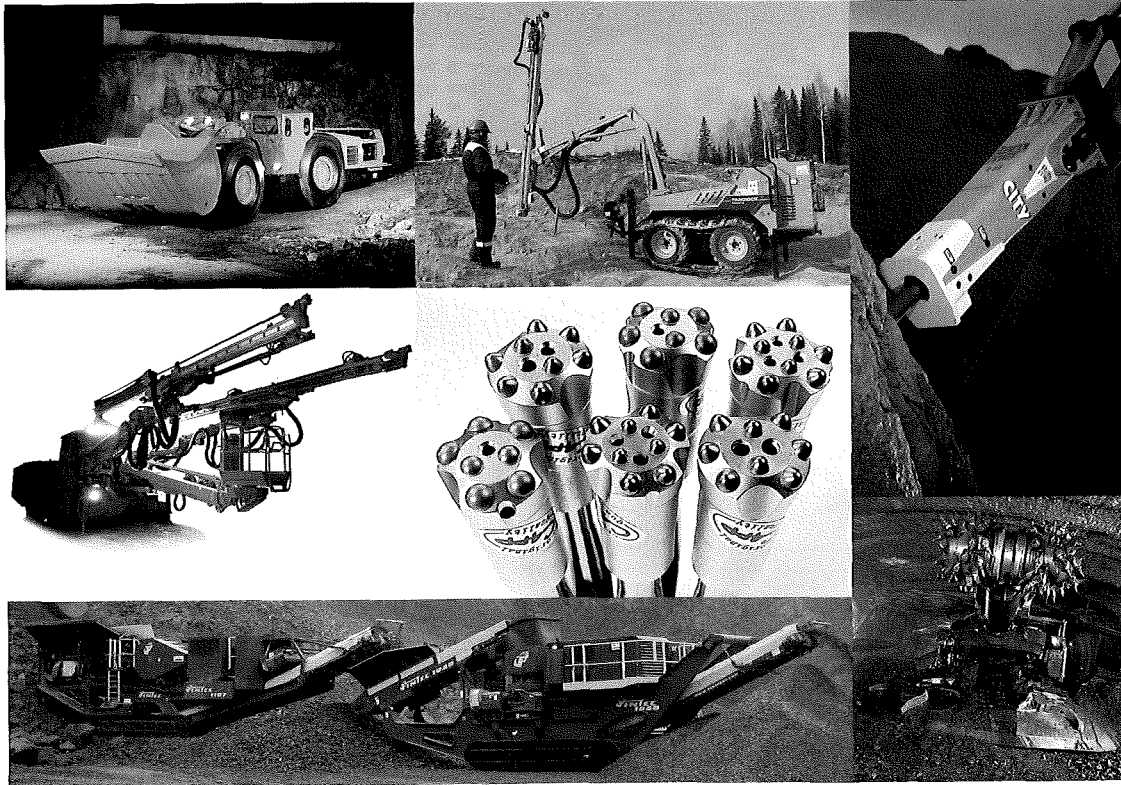
皆さまには、さらなる技術投資、  
◇供給のより高い安定性に向けて、  
より広範囲の製品およびサービス、  
ならびに拡大された製造施設 サプライ  
ポイント・ネットワークへのアクセス、  
◇爆薬、技術サービス、ANおよび起爆  
システム製品の信頼できるデリバリー  
——をご期待いただけます。

オリカは、鉱業および建設業界、  
ならびに当社のお客さまへの  
コミットメントをお約束します。

オリカジャパン株式会社  
〒105-0001  
東京都港区虎ノ門3丁目7-11  
虎ノ門三須ビル7階  
Tel: 03 5777 4681 Fax: 03 5777 4682

**ORICA**  
MINING  
SERVICES

SANDVIK



Productivity  
in Action

サンドビック マイニング アンド コンストラクションは、鉱山、建設業界においてトータルソリューションをご提供する世界のリーディングカンパニーです。私たちの製品は、鉱山機械、建設機械、一般土木機械に広く対応し、製品群は、掘削機、クラッシャー、油圧ブレーカ、スクリーン、及びその消耗品類と広くカバーしております。それらは、長い歴史で培った経験と知識が生かされた優れた設計に基づいた製品であり、また万全のアフターセールスサポートにより貴社を強力にバックアップいたします。長い歴史を持つサンドビックは、お客様とのパートナーシップを大切にします。私たちは、お客様とのより密なパートナーシップにより、お客様の生産性、収益性を改善する斬新なソリューションを絶えず提案し続けます。

サンドビック マイニング アンド コンストラクション ジャパン株式会社

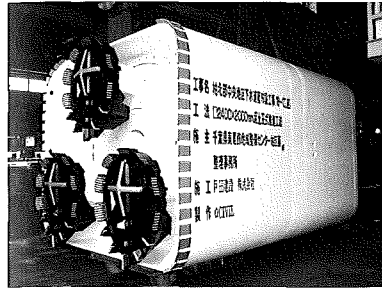
〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6階 TEL045-478-0662/FAX045-478-0661

URL <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/jp/>

超流バランスセミシールド工法

ボックスカルバート推進工法

施工場所：千葉県柏市若葉地内



多軸自転・公転掘進機(内空寸法□2400×2000)

本工法は、有効断面を最大限に確保し、低土被り、長距離、急曲線の安全で迅速かつスムーズな密閉型矩形推進工法を確立しました。先行工事としての角鋼管水平土留工やボックスカルバートの密閉型推進工法に活用可能です。

- ◆低土被りが推進可能(H=1.5m程度まで可能)
- ◆PC・RCボックスカルバート函体および角鋼管にて対応可能
- ◆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
- ◆完全密閉型式多軸方式の高トルク掘進機のため、多様な土質に適用可能で迅速な施工を実現可能

リターン回収掘進工法

施工場所：東京都渋谷区神宮前

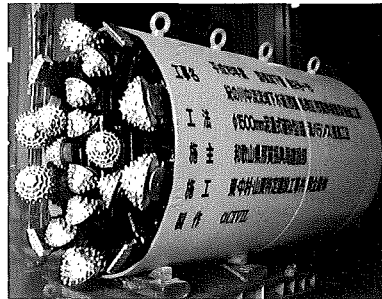


φ1016mm長距離パイプルフ掘進機(リターン回収型)

本工法は、掘進機を発進基地に迅速に引き戻せる機構としたことで、到達立坑が不要となり、大幅なコスト削減が可能となりました。特に長距離、曲線パイプルフ施工として有効なため、工期短縮およびコスト削減が図れる画期的な工法です。

- ◆長距離・曲線パイプルフとして適用可能
- ◆通常のJIS鋼管にて対応可能(鋼管φ812~φ1219mm)
- ◆継ぎ手付鋼管においても先行継ぎ手カッターにてスムーズな掘進が可能
- ◆到達回収立坑が不要(発進側へ掘進機内部装置を回収可能)
- ◆密閉型掘進機機構ゆえに無水層~滞水層まで対応可能

巨礫・岩盤破碎型掘進工法

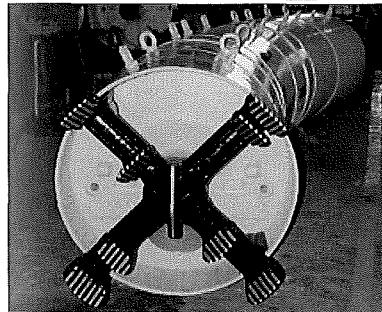


φ1500mm破碎型掘進機

本工法は泥濃式の取込方式の長所を生かしながら、破碎方式を兼ね備え、取込径以下の不要な破碎を行わないため、ビットの耐磨耗延長を従来の2倍以上とし、巨礫に対応しながら長距離推進を可能としました。

- ◆破碎型掘進機：呼び径φ600~φ1650に対応が可能
- ◆岩盤層実績 26件、延べ延長L=10.0km
- ◆巨礫層実績 47件、延べ延長L=15.6km
- ◆破碎型急曲線実績 R=15m(φ800、巨礫層)
- ◆破碎型長距離実績 L=619m(φ1000、巨礫層)

長距離・急曲線推進工法



φ800mm超急曲線掘進機(R=9.3m対応機)

本工法は泥濃式の中でも特に高トルク、超急曲線機能・超長距離安定機能の開発を進め、玉石砂礫層~軟弱層の広範囲の土質に対応できる画期的な掘進機を開発してきました。

- ◆呼び径φ600~φ2400に対応が可能
- ◆排土口径が大きいため、取込型掘進機でも管呼び径の40%程度の玉石等の抽出が可能
- ◆通常の泥濃式の送泥水注入と固結型滑材注入に加え掘進機外周からテールボイド安定材の注入、さらにテールボイド拡幅装置(TRS)を装着することで切羽の安定と良好なテールボイドの構築が可能
- ◆超急曲線掘進機は多段中折れ機構により管呼び径の40~15倍程度まで曲線施工が可能



株式会社アルファシビルエンジニアリング(超流セミシールド協会)

〒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18第8677号

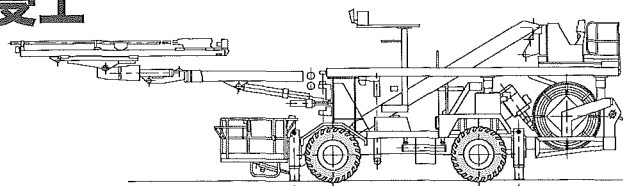
測量登録番号：登録第(1)-30507号

建設許可番号：国土交通大臣許可(特-18)第19193号

## 環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

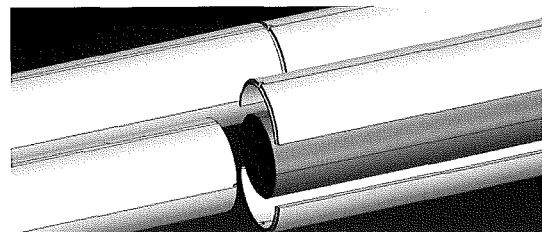
All Ground Fastening;  
Long-Distance, Fore-Piling Method



### AGF-Me工法

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

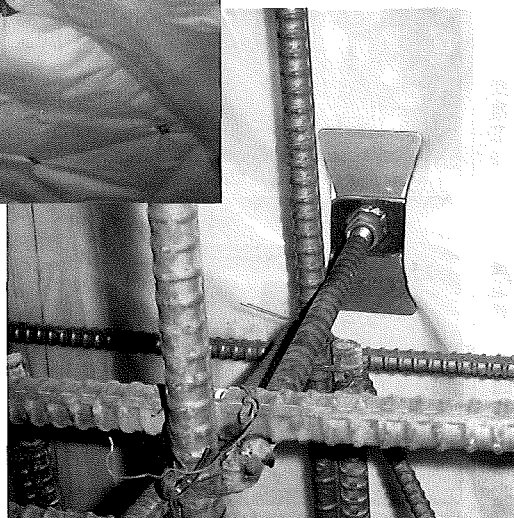
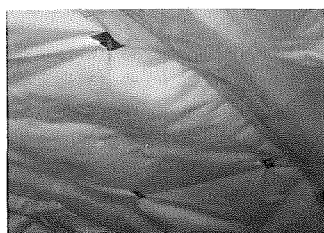
最後端部に接続される鋼管は、縦貫通スリット管を用いることにより、掘削時に露出した鋼管を折り曲げ除去するだけで、内部の硬化した注入材と鋼管とを分離して、分別処理を簡便に行えるようにした環境対応型長尺鋼管先受工です。



### 防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

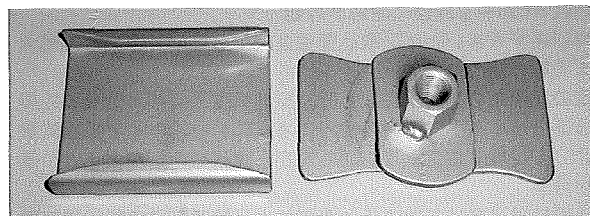
### TKグリッパー

- ・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** 東京営業部  
TOHO KINZOKU Co., LTD

〒105-0003  
東京都港区西新橋3丁目2番1号 共同ビル(西新橋)10F  
Tel: 03-5401-6211 Fax: 03-5401-6218  
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

**株式会社 トーキソール**

〒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)

好評発売中

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい

# トンネルの発破技術

監修 山田隆昭 B5判 76頁 定価 1,500円+税(送料別途)

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで!  
振動や騒音の環境問題を詳述!!

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

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

### 〈主要目次〉

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

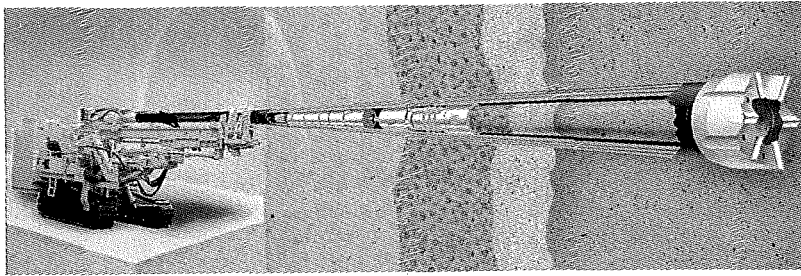
お申し込みは当社へFAX、または、お近くの書店にてお申し込みください。FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は、書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記の上、お申し込みください。

**株式会社 土木工学社**

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

# 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



### ■ 特長

- ①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え、施工時間が大幅に短縮できます。
- ②2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くらべて大幅に向上しました。



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

お問い合わせ先： 工事営業本部  
TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522  
<http://www.koken-boring.co.jp>

# トンネル工事からパンクを追放 坑内用特殊複層タイヤ



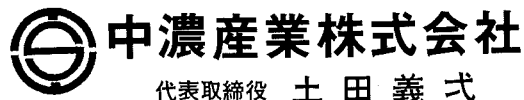
特許第1610830号

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

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

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

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

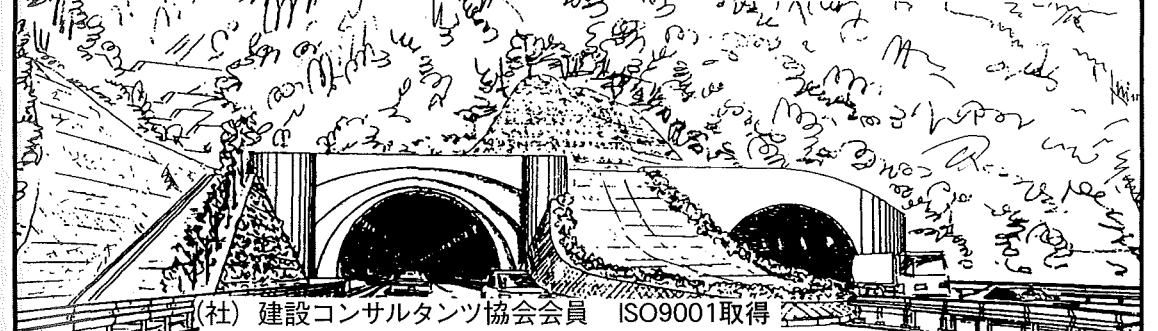


代表取締役 土田 義 弐

本社 〒501-1534 岐阜県本巣市根尾神所 362-1  
TEL(0581)38-2241(代) FAX(0581)38-3383  
営業所 〒501-1203 岐阜県本巣市文殊 64-387  
TEL(0581)34-3990(代)

# 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

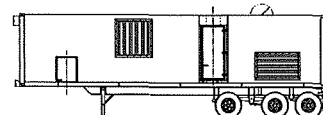
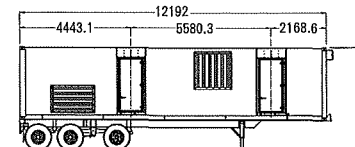
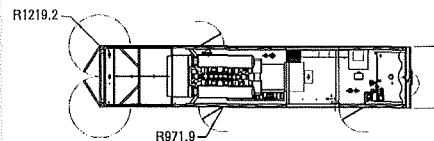
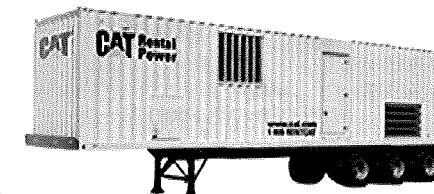


## 株式会社 ロード・エンジニアリング

(社) 建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得  
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)  
取締役副社長 山 田 憲 夫 常務取締役 堀 内 浩三郎(工学博士)  
大阪支店長 亀甲谷 義 高(技術士) 福岡支店長 朽 網 新

本 社：〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号 電話(03)3891-0711  
大阪支店：〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号 電話(072)691-0711  
福岡支店：〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前4丁目25番14号 電話(092)436-1588  
沖縄営業所：〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号 電話(098)870-6411

# 大型発電機レンタル



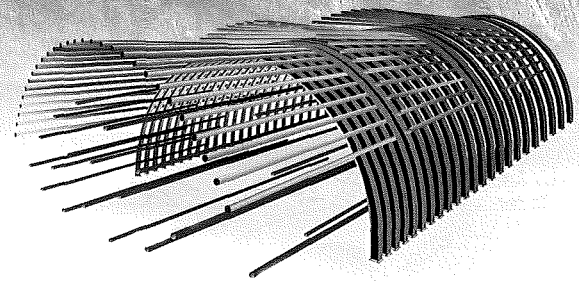
	2000KVA	
	50	60
周波数	Hz 50	60
出力	KVA 2,000	2,281
出力	kW 1,600	1,825
電圧	V 400	440
電流	A 2,887	2,993
燃料	軽油	軽油
容量/燃料タンク	L 4,730	4,730
燃料消費量	L/h 260	307
燃料消費量(75%負荷時)	L/h —	—
全長	mm 13,500	13,500
全幅	mm 2,439	2,439
全高	mm 4,115	4,115
乾燥質量	kg 40,370	40,370
整備質量	kg 33,636(車台含む)	33,636(車台含む)



株式会社 ケイリー  
仙台：TEL.022-359-5331  
東京：TEL.03-3661-5651  
大阪：TEL.06-6838-1372

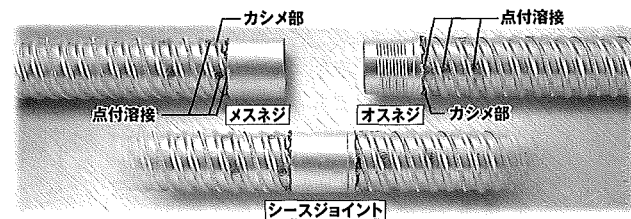
URL <http://klea.catrent.com>

# ユニークな発想と高品質・自信の価格

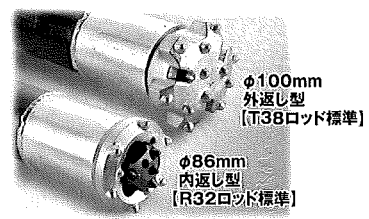


## FIXチューブ工法

※天端にφ76.3長尺鋼管、鏡部に連続突起を有する長尺鋼製シースを引込み薄肉鋼管を挿入して注入。周辺地山にしっかりと“FIX”します。



シージョイント

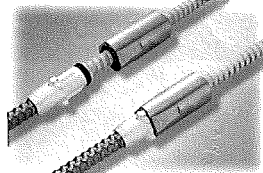
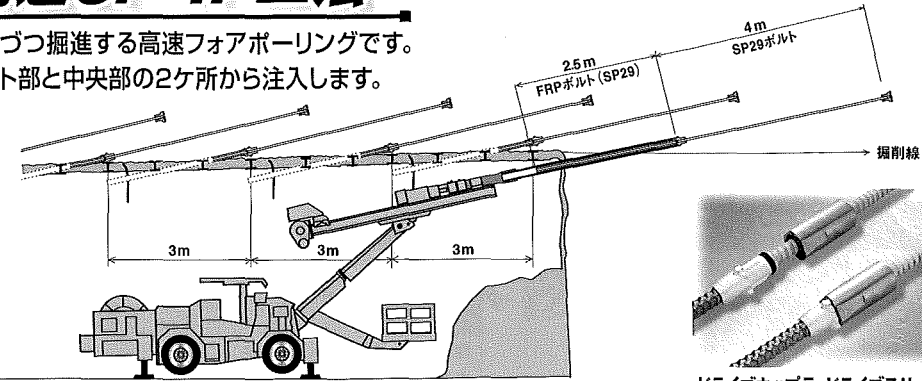


φ100mm 外返し型 (T38ロッド標準)

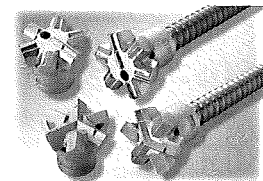
φ86mm 内返し型 (R32ロッド標準)

## 高速SP-IF工法

※3mづつ掘進する高速フォアポーリングです。ビット部と中央部の2ヶ所から注入します。

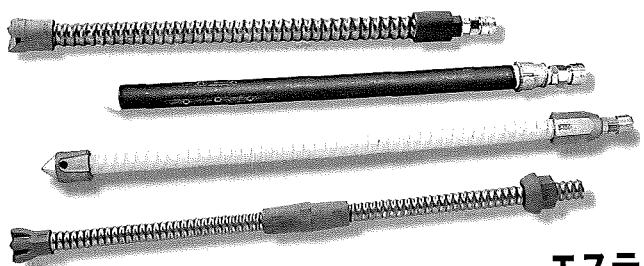


ドライブカップラ、ドライブスリーブ



φ65mm ロストビット (SP29)

## 自穿孔ボルト&注入管



※他にも脚部や坑口周りに利用できる各種の補強土工法、マイクロパイル工法を準備しております。

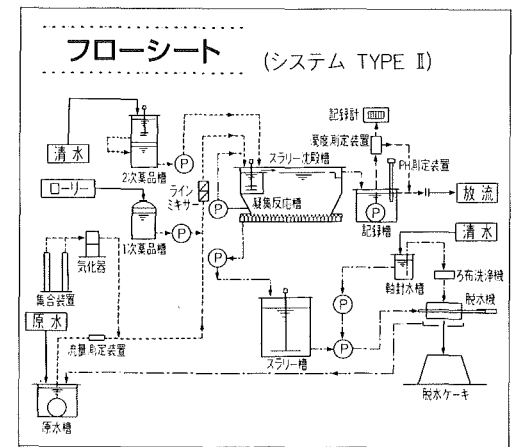
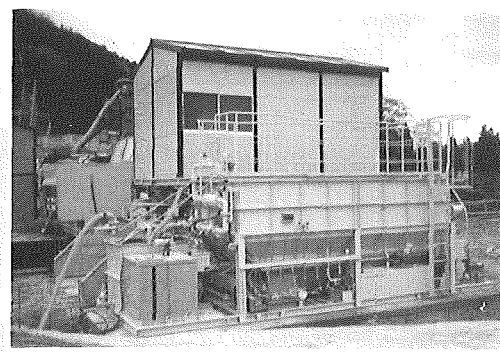


エスティーエンジニアリング株式会社  
ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2  
TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251  
http://www.st-eng.co.jp

# TWS型シリーズ 濁水処理装置

## コンパクトながら 大きな処理能力



### 特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。  
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汙板型の脱水機を採用していることから汙布等の消費費が少ない。  
又、加圧型脱水方式の無薬注で脱水出来る。
3. シックナー内流速を最少にする設計であることより清浄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
4. 運転管理が容易である。  
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。
5. 多種多様な原水に対応出来る。  
凝集反応槽攪拌機及び集泥用レーキにインバーターを採用し、水量及び濃度に幅広く対応する。
6. 豊富なオプション装置  
高分子凝集剤の自動溶解装置  
処理水返送装置 (異状警報装置と連動)  
炭酸ガス後中和処理装置  
鉄分除去処理装置 (エアレーション装置等)  
スラリー再濃縮装置  
脱水助材添加装置  
自動汙布洗浄装置

脱水機は、全自動無人化タイプを採用している。処理水の品質監視装置及び記録を自動化しており、運転状況の確認が容易である。

シックナー5機種、脱水機4機種を標準化し、処理量に応じた自由な組み合わせが可能。あなたの現場にピッタリフィットのシステムを御検討下さい。

詳細資料請求、お問い合わせは

**株式会社 フジテックス**  
本社 〒930-0821 富山市飯野12-1  
TEL (076)452-1616(代) FAX (076)452-1617

Waste Water Treatment System

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

### ■巻頭言

#### 地下鉄トンネルの長寿命化

吉原 一彦 .....5

### ■施工

#### 多点注入工法による軌道下地盤改良の試験施工

齊木美由紀・萩原 辰裕・加藤 義文・對馬 章道 .....7

#### 四国カルスト直下の高圧大量湧水帯を貫く

—一般国道440号 地芳トンネル—

片岡 正彦・濱田 向啓・松川 久俊・藤井 広志 .....15

#### 高充填覆工コンクリートの適用と坑口軽量押さえ盛土工の施工

—四国横断自動車道 焼坂第二トンネル—

石井 義信・大石 和弘・斎藤 泰信・後藤 裕一 .....29

#### 地すべり直下を大規模押さえ盛土と早期閉合で施工

—三遠南信自動車道 三遠トンネル(引佐工区)—

松本 章・真弓 英大・岡山 徹 .....37

#### 大規模な分岐部を含む既設地上駅部を地下化

—京王線調布駅付近連続立体交差工事—

岩村 忠之・沼澤憲二郎 .....51

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

### ■連載講座

#### 山岳トンネル先進ボーリング入門(7)

—施工事例(2): 施工中に切羽から実施する水抜き・地質調査ボーリング—

山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会 .....59

### ■現場だより

#### 「みかんと泣き相撲神社」 海南省下津町より

松井 秀一 .....27

#### 福が栄える「天体の植民地」 鳥取県日南町より

安藤 和久 .....28

### ■資料

#### トンネル千夜一夜(51)

小野田 滋 .....48

#### 文献紹介

編集部 .....71

#### 土木情報

編集部 .....50

#### 工法・技術・製品ニュース

編集部 .....72

#### トンネルジャーナル

編集部 .....70

#### 海外文献速報

JTA国際委員会 .....73

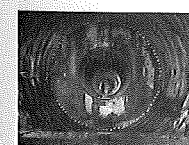
### ■会報

#### 会報

日本トンネル技術協会 .....78

#### 【表紙説明】

四国カルスト直下の高圧大量湧水帯を貫く  
—一般国道440号 地芳トンネル—



一般国道440号地芳トンネルは、四国の西南部の愛媛・高知両県にまたがって分布する四国カルストの直下を貫く全長2,990mのトンネルである。愛媛県側工区において、坑口から700m付近で、最大湧水圧力2.65MPaに達する高圧湧水帯が出現した。この高圧大量湧水対策として止水注入工法を採用して掘削を進めてきたが、高水圧が作用する石灰岩中の地質脆弱部で、支保工および地山の変状が生じたため調査坑を掘削して迂回することを余儀なくされた。写真は、中央導坑先進分割式全断面掘削状況である。

(写真提供:国土交通省) (本文15頁参照)

**ヤマモト (岩がんき)** 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3丁目2番3号富士ビル ☎(03) 3201-0701(代)

工場 広島県庄原市東城町36番地 ☎(08477) 2-2137(代)

仙台営業所 (022) 262-4531(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (0888) 22-1367(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)

# Kanaflexの電力・通信ケーブル保護管

## 都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多条保護管 特許出願中

電線共同溝をはじめとする  
電力・通信ケーブルの埋設管工事  
情報化時代に伴う  
光ファイバーの多条敷設  
都市部での電線地中化工事を  
省力化・効率化

# カナレックスML

### 1. 独自構造（波付き管と管台一体型リブの連続構造）

- ・リブに平面部があり、管を密着させて敷設できる為、掘削幅、深さを小さく出来る。
- ・従来品に比べ、良好な砂の充填ができ、一括埋め戻しが可能。

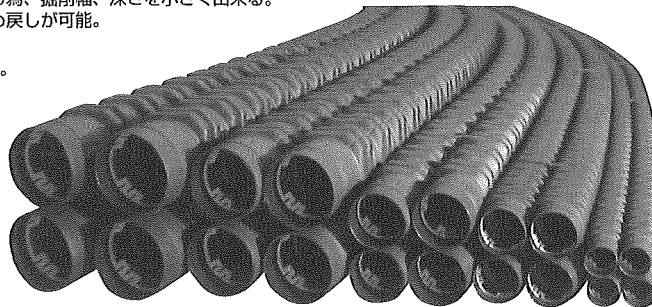
### 2. 可とう性に優れる

- ・上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。

### 3. 優れた性能

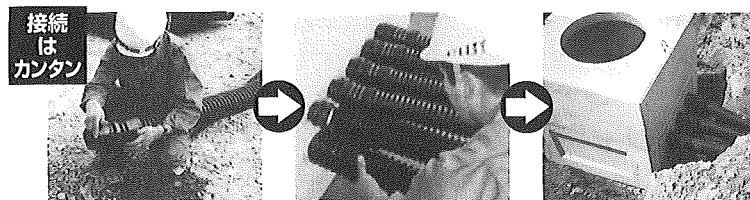
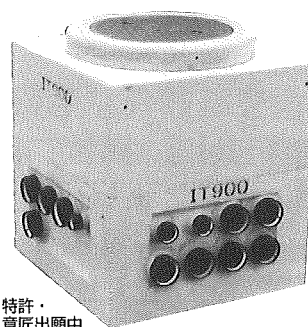
- ・軽量で、全サイズワンタッチ接続の採用により、工事の省力化が図れる。
- ・ワンタッチ式のロングベルマウス、ベルブロックを採用することによりハンドホール接合部の省力化が図れる。
- ・JIS C3653（附属書1及び3）の圧縮強度試験、難燃性試験をクリア。

### 4. 摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ



ハンドホール工事の工期短縮・工費削減に現場の  
加工作業を大幅に軽減できる

# ワンタッチ継手付ハンドホール



管路に継手差口をねじこみ 継手受口に差しこむだけ これで接続完了。

ワンタッチ継手（ベルマウス付直材）を工場に取り付けてご納品。  
管路接続がスピーディー、確実に行えます。

●本商品には、専用FEP管として、カナフレックスの「カナレックス」をご使用下さい。

※特許・  
意匠出願中

TVコマーシャル放映中 テレビ朝日系「サンデープロジェクト」(日曜 朝10:00~11:45)

**カナフレックスコーポレーション株式会社** ISO 9001認証取得

**株式会社 インテック**

東京本社 〒106-6117 東京都港区六本木6-10-1 (六本木ヒルズ森タワー17F)

TEL(03)5770-5111 FAX(03)5770-5130

大阪本社 〒530-6017 大阪市北区天満橋1-8-30 (OAPタワー17F)

TEL(06)6881-0767 FAX(06)6881-0769

営業所 札幌・仙台・横浜・金沢・名古屋・神戸・広島・高松・福岡・鹿児島

直営工場 北海道・仙台・栃木・千葉・滋賀・愛東・広島・四国・九州

## 総務委員会広報小委員会会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

大 島 洋 志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹 事〕

池 田 豊 人

国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

大 石 敬 司

東京地下鉄株式会社建設部工事課課長

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

城 間 博 通

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

高 瀬 昭 雄

独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
鉄道建設本部計画部計画課長

千 葉 隆

清水建設株式会社土木技術本部  
地下空間統括部部長

長 島 芳 雄

株式会社竹中土木常務取締役

濱 建 介

(元)日本鉄道建設公団理事

福 家 佳 則

鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部  
トンネルグループ長

松 原 利 之

飛鳥建設株式会社土木事業本部技術統括部  
トンネル技術グループ部長

山 道 哲 二

株式会社大林組東京本社生産技術本部  
統括部長

領 家 邦 泰

大成建設株式会社土木本部土木技術部  
トンネル技術室参与

# トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路  
掘削状況



施工例

トレンチャーによる  
施工

## トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	TRS-985	1175/D7	40/30	60/35
メーカー名	テスマック	テスマック	マステンブルグ	マステンブルグ
掘削幅(最小)cm	45	75	70	70
掘削幅(最大)cm	60	100	110	110
掘削岩の硬さ(最大)	500kg/cm <sup>2</sup>	700kg/cm <sup>2</sup>	700kg/cm <sup>2</sup>	1000kg/cm <sup>2</sup>
重量 t	36	53	50	59
長さ m	13.0	10.8	14.0	15.4
幅 m	2.5	3.2	2.95	2.98
高さ m	3.30	2.86	3.00	3.20
エンジンの出力 PS	300	402	450	600

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

## 編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

### 〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

### 〔編集参与〕

今田 徹

東京都立大学名誉教授

定塚 正行

日本シビックコンサルタント株式会社  
参与・技師長(山岳トンネル担当)

高橋 良文

東京都下水道サービス(株)管路部長

橋本 定雄

(元)東京都公営企業管理者下水道局長

濱 建介

(元)日本鉄道建設公団理事

### 〔委員〕

木谷 日出男

財団法人鉄道総合技術研究所  
防災技術研究部部長

佐山 順二

東京電力株式会社電力流通本部工務部  
設備渉外・調整グループ課長

清水 満

東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所  
立体交差課長

城間 博通

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

田村 聡志

東京都水道局建設部工務課長

中本 忠道

独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐

西村 聡

東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部  
第二工事事務所所長

野邑 敏行

東京都交通局建設工務部計画改良課長

巖 滋之

東京都下水道局建設部設計調整課長

真下 英人

独立行政法人土木研究所  
道路技術研究グループ長



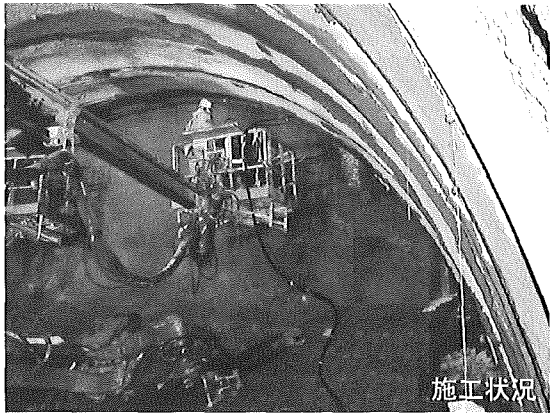
# ワールド開発工業株式会社

●本社/営業部 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484  
☎(026) 282-3671(代) FAX(026) 282-5803  
<http://www.wkk.co.jp/>

補助工法・注入材のことならティーエムシー

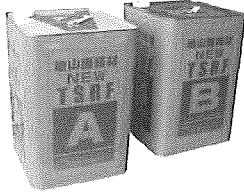
■AGF-OFP工法

当社が提案するAGF-OFP工法(注入式長尺先受工法)は、長尺の先受を鋼管打設と注入により構築するもので、現場で通常使用されているドリルジャンボで施工できる、汎用性の高い長尺先受工法です。鋼管・削孔資材から注入材まで、全部まとめてお任せください。



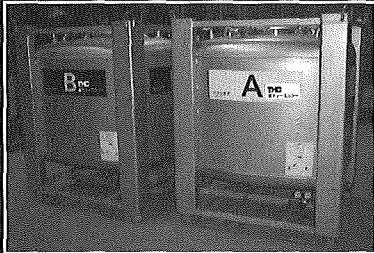
■各種注入材

NEW-TSRF  
(シリカレジン)  
NEW-TBU  
(ウレタン)



※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧ください。

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム

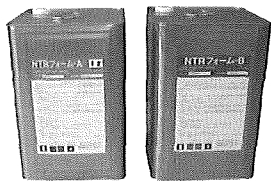


◎リサイクルコンテナ(左)と現場への搬入風景 当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

トンネル補修もティーエムシーにお任せください

これからますます需要増加が見込まれるトンネル補修工事。当社では、補修工事で使用される空洞充填材も取り扱っております。

NTRフォーム12(12倍発泡)  
NTRフォーム30(30倍発泡)  
NTRフォーム40(40倍発泡)  
※強度等詳細は当社ホームページにてご確認ください。



上記の各種注入材の他、ドリルジャンボ、集塵機をはじめ各種機械も取り扱っております。お気軽にお問い合わせください。

**TMC** 株式会社ティーエムシー ホームページ : <http://www.tmc-net.com/>  
お問い合わせ・見積のご相談はお近くの当社事務所まで

本社	〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-23-3 冠第二ビル5F	TEL: 03-3891-8211
仙台支店	〒984-0826 宮城県仙台市若林区若林2-5-5 SKビル3F	TEL: 022-286-5111
名古屋支店	〒486-0844 愛知県春日井市島居松町4-165 春日井中央ビル4F	TEL: 0568-56-4288
大阪支店	〒578-0903 大阪府東大阪市今米1-2-1 中辻第3ビル3F	TEL: 072-966-6280
富山営業所	〒933-0806 富山県高岡市赤祖父707 古川ビル2F	TEL: 0766-28-8355
九州営業所	〒839-0809 福岡県久留米市東合川3-12-40 7イ・ソリューションビル1F	TEL: 0942-40-8151

掲載頁  
7

多点注入工法による軌道下地盤改良の試験施工

東日本旅客鉄道(株) 齊木美由紀

線路下横断工事では、地盤の止水および強化を目的に薬液注入工が多く用いられている。従来の薬液注入工法は注入速度が速いことから、浸透注入が困難であり、土粒子の構造を乱す割裂注入となりやすく、これにより軌道を隆起させるなどのトラブルが生じやすかった。このため、軌道に近接した薬液注入は、列車走行終了後の夜間施工が中心であり、これにより薬液注入工事に長い期間と多額の費用を要する結果となっていた。

今回、当社の2現場において注入速度を抑え、浸透注入が容易な多点注入工法を採用し、試験的に施工を行ってみたい。本稿ではこの薬液注入工法の概要と、中央線と横浜線の線路下横断工事での施工結果について報告する。

Trial Construction for Ground Improvement under Railroad Tracks using Multipoint Grouting Method

By Miyuki Saiki, East Japan Railway Company

Chemical grouting methods are frequently used for cut-off of water or ground improvement during works crossing under railroad tracks. As grouting rate in traditional chemical grouting methods is high, permeation grouting is difficult, fracture grouting that disturbs the structure of soil particle occurs easily and due to this, problems such as the raising of railroad tracks occur easily. For this reason, chemical grouting works adjacent to railroad tracks was concentrated in night after the passage of the last train and, due to this, chemical grouting works resulted in requiring more time and cost.



写真はJESエレメント挿入時の切羽状況

Recently Our company conducted two experimental constructions, employed the multipoint grouting method that controls grouting rate to carry out permeation grouting. This report gives an outline of this chemical grouting method and information on the results of works crossing under railroad tracks of the Chuo and Yokohama lines.

掲載頁  
15

四国カルスト直下の高圧大量湧水帯を貫く

—一般国道440号 地芳トンネル—

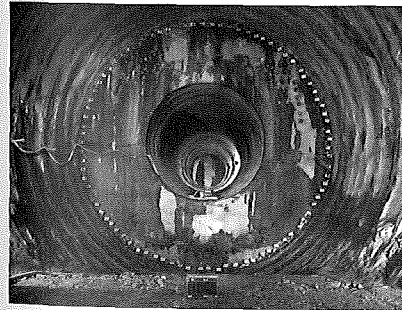
国土交通省 片岡 正彦

一般国道440号地芳トンネルは、四国の西南部の愛媛・高知両県にまたがって分布する四国カルストの直下を貫く、全長2,990mのトンネルである。愛媛県側工区において、坑口から700m付近で20t/分の突発湧水を伴って出現した石灰岩層は、青函トンネルに匹敵する高圧湧水帯であり、最大湧水圧力は2.65MPaに達し、トンネル位置での幅は600mに及ぶ。地下水量も膨大で、すでに累計湧水量が6,100万tを超えているにもかかわらず地下水位の低下が見られない状態が続いている。この高圧大量湧水対策として止水注入工法を採用して掘削を進めてきたが、高水圧が作用する石灰岩中の地質脆弱部で、支保工および地山の変状が生じ施工が難渋した。本稿では、これら施工難渋区間における対策工の施工実績について報告する。

Penetrate through Tough Aquifer directly under Shikoku Karst Plateau—Jiyoshi Tunnel, National Highway No. 440—

By Masahiko Kataoka, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

The Jiyoshi Tunnel on National Highway No. 440 is 2,990 m long and passes directly under Shikoku Karst plateau that lies over the division between the two Prefectures of Ehime and Kochi in the southwest of Shikoku.



写真は中央導坑先進分割式全断面掘削状況

In the Ehime Prefecture section, the limestone bedrock that appeared along with water inflow of 20 t/min in the vicinity of 700 m from the a portal was aquifer similar to that of the Seikan Tunnel. The aquifer has groundwater pressure of 2.65 MPa at maximum and takes up over length of 600 m in the tunnel. Groundwater inflow volume is also extensive and we continue to see no reduction in groundwater level despite the fact that the total water inflow has already exceeded 61,000,000 ton. As a countermeasure for this aquifer, we have continued with excavation employing the cut-off grouting, however, in such a fragile limestone under high groundwater pressure, excavating was delayed by deformation of tunnel. This report gives information on results of countermeasure works in this hard section.

## 高充填覆工コンクリートの適用と坑口軽量押さえ盛土工の施工

—四国横断自動車道 焼坂第二トンネル—

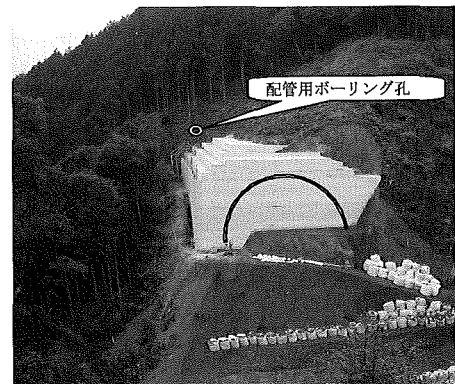
西日本高速道路(株) 石井 義信

四国横断自動車道須崎新荘～窪川間の須崎工事区のうち焼坂第二トンネル工事は、和田トンネル：L=156m、焼坂第二トンネル：L=920mと明かり工事から構成される。新しい覆工コンクリートの施工技術として同一スパン内に異なる流動性をもつ高充填コンクリートを打ち重ねる工法を補強鉄筋区間へ適用し良好な結果を得た。

また和田、焼坂第二トンネル間には民家が点在するため環境対策を目的に、和田トンネル到達側東坑口押さえ盛土部を気泡混合軽量土工法(FCB工法)へ工法変更し、貫通前切羽より先行穿孔し配管によるFCBの施工を行った。本稿では、その工法概要について報告する。

**Application of Fluid Tunnel Lining Concrete and Construction of Lightweight Counterweight Fill—Yakisaka 2nd Tunnel, Shikoku Odan Expressway—**

By Yoshinobu Ishii, West Nippon Expressway Company Limited



写真は和田トンネル東坑口FCB完成状況

The Yakisaka 2nd Tunnel Project as part of the Suzaki section of the Shikoku Odan Expressway between Suzaki Shinjo and Kubokawa is composed of Wada Tunnel: L=156 m and Yakisaka 2nd Tunnel: L=920 m and open works. Favorable results for a new construction technology of reinforced lining concrete were obtained with the method to over-pour the lining concrete that has different fluidity within the same cross-section.

In addition, with the aim of environmental measures for the residences between the Wada and Yakisaka tunnels, counterweight fill at the Wada Tunnel east portal was changed to the Foamed Cement Banking Method (FCB Method), that was built from inside of tunnel using pipes installed in cutting face prior to penetration. This report gives an outline of these methods.

## 地すべり直下を大規模押さえ盛土と早期閉合で施工

—三遠南信自動車道 三遠トンネル(引佐工区)—

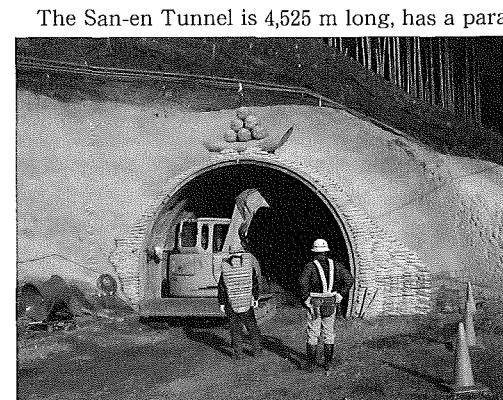
国土交通省 松本 章

三遠トンネルは、三遠南信自動車道の引佐北IC(仮称)と鳳来IC(仮称)間に位置し、延長4,525mの避難坑を併設するトンネルである。本トンネルの静岡県側引佐工区坑口付近には、地すべり地形が形成されており、トンネルはこの直下を通過する。このため、事前の地すべり対策とともに地すべりへの掘削影響抑制のためのトンネル施工方法として補助ベンチ付き全断面掘削の早期閉合を採用した。

その結果、地すべりの安定確保と安全・確実な施工を行うことができ、この施工方法の有効性が示された。また、地すべりと早期閉合トンネルの力学挙動特性が明らかになった。

**Excavating under Landslide with Large Counterweight Filling and Prompt Circumferential Supporting—San-en Tunnel (Inasa Section), San-en Nanshin Expressway—**

By Akira Matsumoto, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism



写真は避難坑坑口Ⅲ-P1 掘削状況

The San-en Tunnel is 4,525 m long, has a parallel evacuation tunnel and is positioned between Inasa Kita IC (temporary name) and Horai IC (temporary name) on the San-en Nanshin Expressway. In the vicinity of the Inasa portal on the Shizuoka side of the tunnel, there is landslide topography and the tunnel passes directly under this. For this reason, along with the prior counterweight fill as countermeasures as landslide, full face cutting with an assistance bench and prompt circumferential supporting was employed as the tunnel construction method in order to control the effects of excavation on the landslide mass.

As a result of this, it was possible to guarantee stability and conduct construction safely and reliably and employed countermeasures were shown to be effective. In addition, the behaviors of landslide affected by tunnel excavation were discovered.

## 大規模な分岐部を含む既設地上駅部を地下化

—京王線調布駅付近連続立体交差工事—

京王電鉄(株) 岩村 忠之

京王電鉄は、2003年度より東京都、調布市と協力し調布駅付近でシールド工事区間が約1.7km、開削工事区間が約2.2kmの計3.9kmを地下化する連続立体交差事業を施行している。

この事業区間は、全線営業線の軌道直下、工事用地の狭隘、砂礫層、2線交差の分岐部など厳しい施工条件となっている。その開削工事区間で大規模な開削工事となる調布駅(3工区、ホーム2面、軌道4線、延長505m)にて、土留めとなるSMWを礫層対策を施した特殊マシンを製作し施工した、また分岐部においては大規模なPCR(Prestressed Concrete Roof method)を施工したので、これらについて報告する。

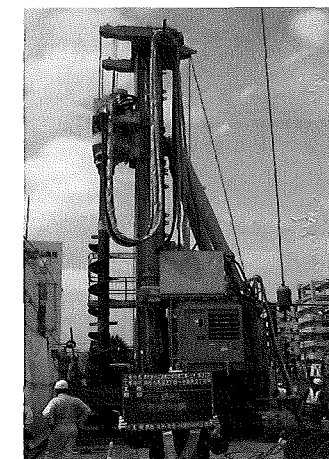
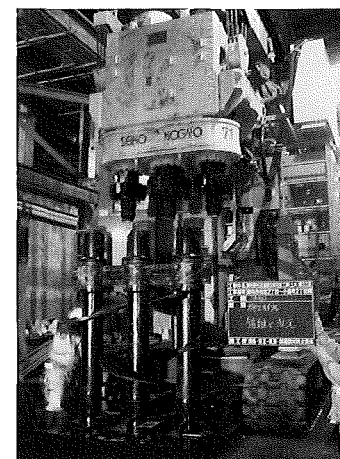
**Underground Installation of Junction Station—Continuous Grade Separation Project in the Vicinity of Chofu Station, Keio Line—**

By Tadayuki Iwamura, Keio Corporation

Keio Corporation has been cooperating with Tokyo Metropolitan Government and Chofu City since 2003 to carry out underground installation of a total of 3.9 km in the vicinity of Chofu Station comprised of a shield works section of approximately 1.7 km and a cut and cover works section of approximately 2.2 km.

These sections have difficult construction conditions such as being directly under the tracks of all lines in full operation, narrow construction sites, large grain gravel bed and junction.

At cut and cover section of Chofu station buildings, the earth retaining wall structure was built using SMW method by the special machine that was manufactured as a measure against the large grain gravel bed. And existing turnouts was underpinned for the TBM drive using PCR (Prestressed Concrete Roof) method. This report gives information about these works.

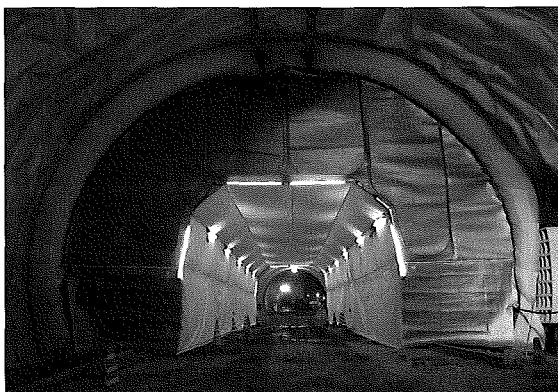


写真は開発した狭隘型SMW機全景(左：路下型、右：路上型)

**トンネルバルーン覆エコンクリート  
 トータル養生工法**

**長期耐久性に優れた高品質な  
 覆エコンクリート施工を実現します！**

NETIS登録  
 (No.HR-040005)



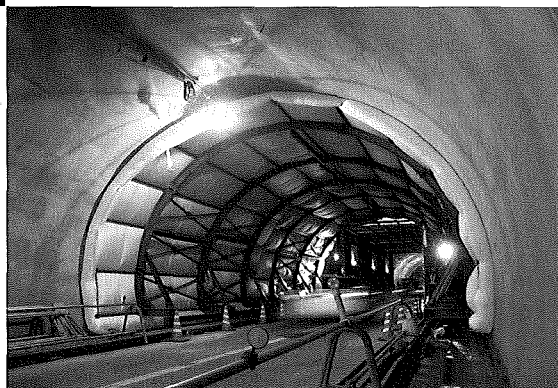
特許出願中

**セントル温度養生バルーン**

打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い温度養生をします。

【特徴】

1. 若材齢時に温度管理をすることで初期強度が向上します。
2. 高品質コンクリートの確保が可能です。  
(脱型時コンクリートの付着が減少します)
3. サイクルタイムの短縮が可能です。
4. 洗いが車両通行部に落ちません。



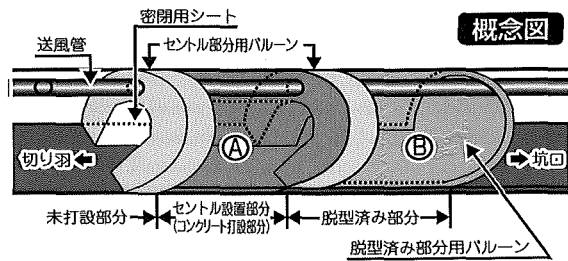
特許3811478号

**覆工養生バルーン**

脱型後の覆エコンクリートを覆います。

【特徴】

1. 長期材齢の強度アップ
2. 覆エコンクリートの表面を湿潤状態に保ちます。  
(乾燥収縮クラックの低減に貢献します)
3. 断熱効果が期待できます。  
(内部と表面の温度差が少ない⇒  
 温度応力の低減)



概念図

① セントル(コンクリート型枠)を両サイドのバルーンと密閉用シートで密に空気層をつくり保温・保湿する  
 ② 打設後のコンクリートに薄い層状のバルーンを密着させ保温・保湿する

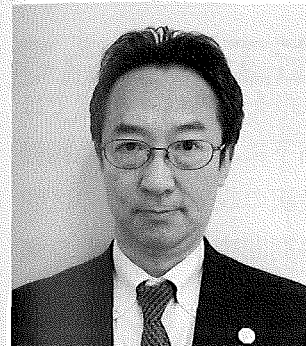
2005年『日経BP技術賞 建設部門』受賞

**岐阜工業株式会社**  
 GIFU KOGYO CO., LTD.

本社・工場 岐阜県本巣市十四条144番地  
 TEL 058(323)2000(代) Fax 058(323)1176  
 東京支店 TEL 03(5836)0531 Fax 03(5836)0532  
 仙台営業所 TEL 022(259)2239 Fax 022(259)3664  
 九州営業所 TEL 092(713)5265 Fax 092(714)3028  
 URL <http://www.gifukogyo.co.jp/>

**TOUKOU 株式会社 東 宏**

本社 北海道札幌市東区北20条東5丁目1番7号  
 TEL 011(742)3331 Fax 011(742)3333  
 東京支店 TEL 03(3683)8011 Fax 03(3683)8028  
 道東営業所 TEL 0155(34)6311 Fax 0155(34)8494  
 URL <http://www.k-toukou.jp/>



**地下鉄トンネルの長寿命化**

東京都交通局建設工務部長(本協会理事)

吉原一彦

サブプライムローン問題に端を発した経済不況の影響が日本の実体経済にも目に見えるかたちで現れてきています。自動車、家電メーカーなどでは工場操業規模の縮小、雇用調整を余儀なくされ、建設業関係でもマンションの着工戸数が激減するなど、1年前では想像もつかないような状況です。ほんの短い期間での環境変化の大きさと速さに正直驚いています。このように近年では数年単位の中期的な予測どころか短期的な予測すら難しく、経営資源の投資に対してかなり短い期間での回収を目指すことも求められていることが改めてよくわかります。

東京都交通局では地下鉄事業を運営していますが、その様相はだいぶ違います。地下鉄は計画から完成まで10数年という長期にわたり、総額数千億円に及ぶ建設投資(工事)を経てようやく一路線完成させ、その後数十年にわたって利用されるきわめて息の長い事業です。また、地下鉄は沿線のまちとともにあり、都市構造、都市活動と一体かつ不可分の関係にあります。経済の変動によってその役割を放棄するわけにはいきません。みなさんが沿線に家などを買おうとするとき、「この地下鉄は10年後もちゃんと営業しているだろうか?」といったことが購入の判断基準になることはないでしょう。都市が繁栄し続ける限り、そこにあり続けることをほとんど無意識なくらいに強く求められている、と言っても過言ではないと思います。

地下鉄を永続的に安定して運行し続けるには、設備の適切な維持管理が重要であることは言うまでもありません。日々の点検・補修とともに、耐用年数に応じて設備を更新していくことが必要となります。信号・通信設備などは10数年、比較的更新サイクルの長い車両やレールなどでも20~30年で、また駅内装の更新も行いますので30~40年くらいで大半の設備は入れ替わっていることとなります。

しかし、地下鉄トンネルだけは少々状況が異なります。元来トンネルの寿命は相当長いものですが、更新を検討すべき時期は必ず来ます。一般的に鉄道トンネルの更新(作

りかえ)は非常に大変ですが、代替トンネルを隣接して建設し線路を振れば不可能ではありません。一方、地下鉄の場合、トンネルは通常都市部の道路下に、それも相当幅狭した狭い地下空間に敷設されていますので、仮設トンネルや仮設駅の設置は大半の区間で不可能に近い状況です。もちろん、都市活動への影響から工事期間中長期にわたり運行停止することも考えられません。現位置で長持ちさせるしかないのです。

現在のところ、局として地下鉄トンネルについての超長期的な維持管理計画はありませんが、少なくともトンネルの全面的な「作りかえ」は想定していません。当局でもっとも古いのは都営浅草線で、もうすぐ築50年を迎えます。地下鉄トンネルでは東京メトロさんの銀座線が80年を超えまだまだ健在であることから、維持管理に手を抜かなければ100年くらいの寿命確保は実現可能なものとして十分に想定できます。当局のトンネルについてもまずは築100年を健全な状態で迎えることを目指したいと思っています。もちろん、ロンドン地下鉄の事例もありますし、もっと長い目標を持って良いのでしょうか、100年と150年の違いが維持管理計画の差となって具体的に出せるとも思いませんので、築10年から50年のトンネルを保有する者としては、まずはこのくらいの目標が良いと考えています。

現在、トンネルなど地下鉄土木構造物の長寿命化計画を策定するべく検討に着手しているのですが、その道は平坦ではありません。土木施設についてもここ数年来アセットマネジメントの導入が試みられていますが、当局のトンネルにおいてもこの考え方をベースに長寿命化計画を策定していこうと考えています。しかしながら、コンクリート、鉄筋などトンネル構成要素の劣化などのデータ蓄積が十分ではなく、履歴から将来の劣化の進行を予測することは容易ではありません。また、リスクアセスメントを行い、維持管理レベルの違いに対応したリスク(発生確率×影響金額=負の期待値)を評価することも必要となりますが、リスク発生確率などを推定できるようなデータも不足しています。「アセットマネジメントの考え方の導入」と、口で言うのは簡単ですが、実施するには補修・補強方法などまだまだ課題は多い状況です。

しかし、未来永劫まで、沿線のまちとともに地下鉄が良好な状態で存続し続けるよう、新しい考え方も導入しながら、地下鉄トンネルという資産を大切に守っていくのが務めであると考えています。

## 施工

# 多点注入工法による軌道下地盤改良の試験施工

東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所立体交差課 齊 木 美由紀  
 東鉄工業・大日本土木建設共同企業体日野JV工事所 萩 原 辰 裕  
 鉄建・不動テトラ建設共同企業体JV打越作業所 加 藤 義 文  
 日本基礎技術(株)技術本部 對 馬 章 道

## 1 はじめに

線路下横断工事において、軌道変状対策を目的に地盤の止水および強化を図るための補助工法として薬液注入工が多く用いられている。

薬液注入の注入形態として①浸透注入、②割裂注入などがある。①浸透注入は砂礫、砂に対する理想的な注入形態で、土粒子の配列をほとんど変えることなく土粒子間の間隙中の水や空気を押し出しながら注入材で置き換えるものである。②割裂注入は、対象地盤が粘性土の場合に生じやすい注入形態で、注入圧力の上昇に伴い地盤は局部せん断破壊を生じ、土粒子の構造が破壊されてできた空隙に注入材が入るものである。注入に伴う地盤変状防止の観点から、浸透注入がもっとも理想的な注入方法で、少しずつゆっくりと注入することで球体に近い理想的な固結体が得られることは過去の経験からも判明していたが、従来の注入方法では莫大な時間と手間がかかり、施工効率から現実的ではなかった。このため、経済ベースに乗った注入速度による従来の注入方法では割裂注入となりやすく、地盤の変位および近接構造物などへの影響が生じやすかった。

今回、軌道変状対策として浸透注入を主体とした低吐出量のポンプを同時に多数注入可能にした多点注入工法を2現場にて施工したので、その結果をここに報告する。

## 2 多点注入工法

### 2-1 工法概要

多点注入工法は、地盤中に数十～数百の大量に埋め込んだ注入ノズルから、浸透理論をもとに土粒子間に均質にかつ確実に薬液を浸透させるため、注入速度を1.0～5.0 l/分の低吐出でかつ三次元同時に急速浸透施工が行えるように、脈動のない多連ポンプ(32連1ユニット)を用いた注入工法である。低吐出であることから注入圧力が小さく、軌道および既設構造物への影響を最小限に抑えることが可能となる。32点同時に注入することで施工効率は従来の施工効率と同レベルを確保できると考えられる。

### 2-2 注入速度の設定

薬液注入においては、注入速度がある限界を超えると浸透注入から割裂注入へ移行することが知られている。図-1は、薬液を地盤に注入したときの注入圧力と注入速度の関係を示したものである。注入圧力と注入速度の関係から注入形態によって①～③の三つに分類される。

#### ① 第1段階

注入速度の増加に比例して注入圧力も上昇しており、浸透注入の状況を呈している。

#### ② 第2段階

注入速度の増加に伴い注入圧力も上昇しているが、第1段階ほどの比例関係は成立して

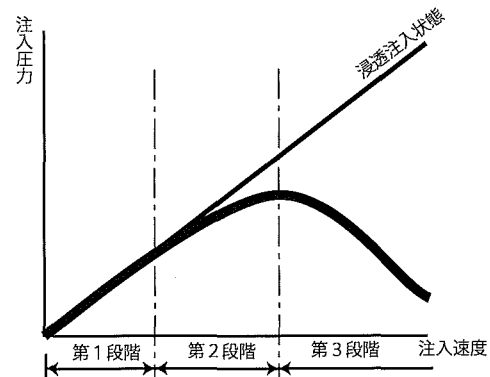


図-1 注入速度と注入圧力の関係

いない(太線)。これは部分的に脈状注入が起  
こり、その注入脈からさらに浸透している状  
態を呈している。

③ 第3段階

注入速度が増加するとともに注入圧力は減  
少しており(太線)注入により土粒子構造が乱  
され、薬液が割裂状態で圧入されている状態  
を示している。

本工法では注入による地盤の変位を極力小さく  
するため、第1段階での注入速度で施工するこ  
としており、注入対象地盤において事前に注水試  
験を実施し、注入速度の管理上限値を設定するこ  
としていた。

2-3 使用薬液

薬液注入の使用する注入材(薬液)は大きく分け  
て次の2種がある。

- ① 粒子を含まない溶液型
- ② 粒子(セメントなど)を含む懸濁型

本工法では低吐出ポンプを用いることから注入  
材は粒子を含まない溶液型であることが必要であ  
る。このため、本工事において注入材料の高い耐  
久性は不要であったが、比較的耐久性の高い非ア  
ルカリシリカゾルを用いることとした。

図-2に溶液型注入材の分類を示す。

使用した「シリカゾル」は水ガラスのアルカリ  
を酸で除去した、非アルカリ性珪酸水溶液をベー  
スにした注入材の名称である。水ガラスグラウト  
の耐久性の欠如は水ガラスのアルカリの存在によ  
るところで、そのアルカリを酸で除去することが

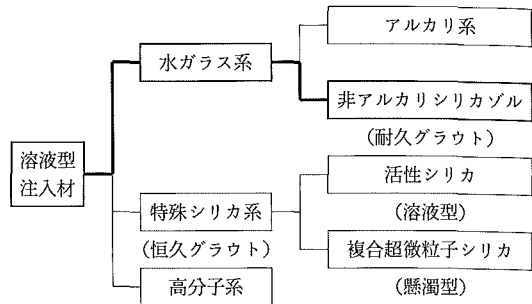


図-2 溶液型注入材

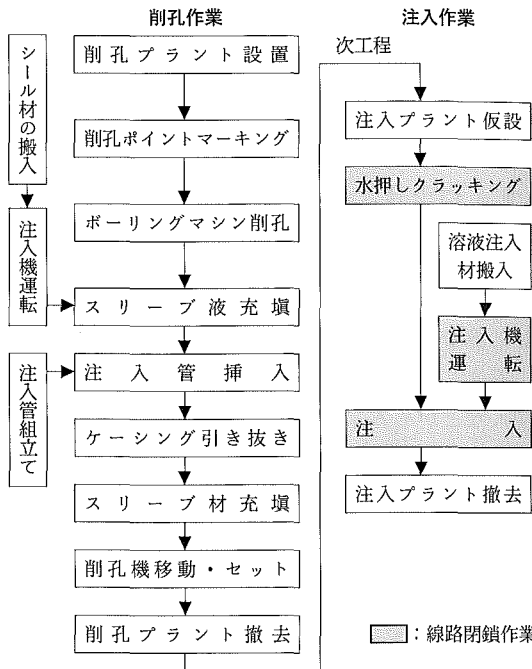


図-3 施工フロー

シリカゾルグラウトの原理である。シリカゾルグ  
ラウトは、水ガラス中のシリカ分のすべてが非ア  
ルカリ領域の粒径の大きなゾルをつくり、このシ  
リカゾルが更に架橋して安定なゲルを形成し、耐  
久性が優れ、長期にわたって高い強度を保つこと  
ができる。

2-4 施工フロー

施工フローは図-3に示すとおりである。今回は  
2件ともまだ実績が少ないことから、削孔は昼間  
作業としたが、注入は夜間線路閉鎖作業とした。

2-5 使用機械

注入システムは、「多連ポンプ」と「集中管理  
装置」「流量計」で構成されている(図-4、表-1)。

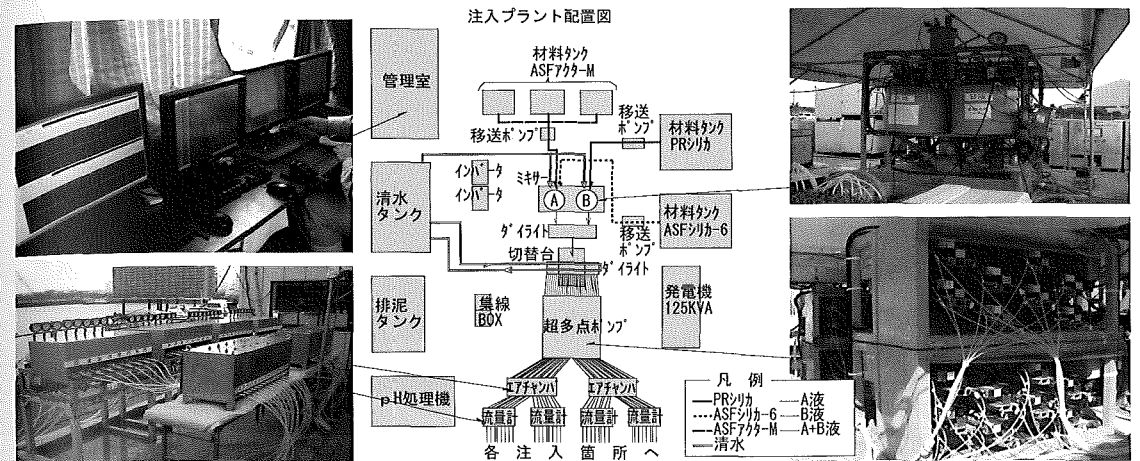


図-4 注入プラント

表-1 使用機械

名称	形式	仕様	備考
マルチ多連ポンプ	NKG-32P	0.1~10.0 l/分 24.0kW	32連型注入ポンプ
ミキシングプラント		300 l × 2 槽, 11.0kW	恒久用
ミキシングプラント	ACR-4 クラス	300 l × 2 槽, 11.0kW	耐久用
DCI多点注入管理装置	UMG-32-A	0.1~12.0 l/分	32点用変位制御型対応
送液ポンプ		2 インチ, 2.2kW	
送水ポンプ		2 インチ, 2.2kW	
水タンク		10m³	
水タンク		10m³	
変位連動装置		32台対応	別途

標準注入機械：1セット(ポンプ32連)あたり

3 中央線日野こ道橋新設工事における施工結果

3-1 工事概要

東京都が計画している日野都市計画道路3・4・  
8号線栄町平山環状線の整備事業は、日野駅周辺  
の渋滞解消、鉄道により分断されていた地域の解  
消、生活道路への通過排除を目的に進められてい  
る都市計画道路である。本工事はJR東日本が東  
京都より委託を受け、JR中央線立川・日野間の  
JR交差部において、線路下函体と、前後の取付  
け部にRC函体、自歩道擁壁、U形擁壁を構築す  
るものである。線路下函体の構築方法はJES工法

である。

当該工事において、JESエレメント挿入時(側  
壁エレメント掘進時)の地盤強化を目的として薬  
液注入工を施工した。

3-2 施工概要

注入対象地盤は砂礫土が主体であり、注入率は  
『注入の設計マニュアル』(2004年12月)より30%  
を採用した(表-2)。

孔配置：@1.0m, ゲルタイム：60分以上, 単  
位吐出量(注入速度)：1.0~3.0 l/min(1ノズル  
あたり), ノズル間隔：@0.5m, 注入圧力：初期  
圧力+0.5MPa, 注入量：60,300 l(図-5)

3-3 注入管理方法(軌道変状対策)

注入圧力は浸透注入となるように注水試験によ  
り管理上限値を決定した。注水試験では、①管内  
抵抗値試験(図-6), ②注水圧試験(図-7)の二つの  
試験を事前に実施した。

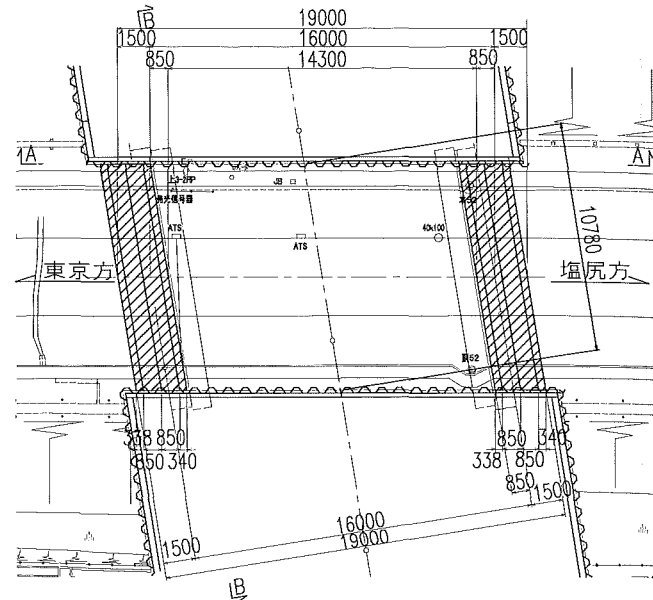
管内抵抗値試験は注水試験に先立ち、地盤内  
での実注入圧を把握する目的で、注入ホースや先端  
ノズルの管内抵抗(圧力)を測定した。方法はプラ  
ント~注入位置ホース長+注入管+ノズルを接続  
して、0.5~5.0 l/分まで、0.5 l刻みで各々約5  
分間吐出し、測定値とした。日野はホース延長の  
最長、中間、最短の3種類で実施した(図-9)。

注入圧試験は実際に削孔し、建込んである注  
入管を利用した。注入中の圧力が地盤の状態(間隙  
率、土かぶり)で変化するため、盛土と玉石混じ

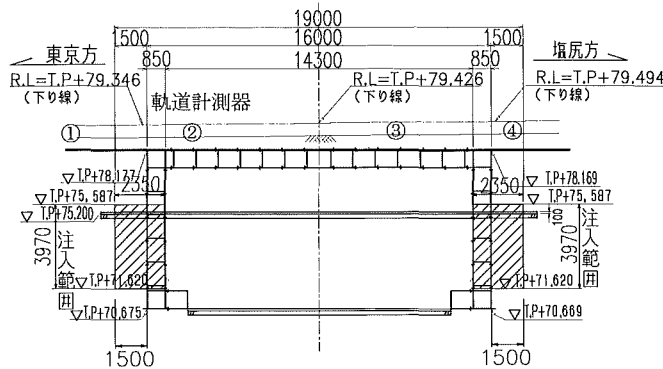
り礫層の2種類と注入管のホースの長さの違いで全9カ所実施した。その結果、流量(吐出量)の上昇に伴う圧力上昇の比例関係が成立しなくなる傾向(浸透注入状態から浸透割裂注入状態)が発現する。最小の流量は3.5 l/分となった。よって、

表-2 注入率(注入の設計マニュアルより)

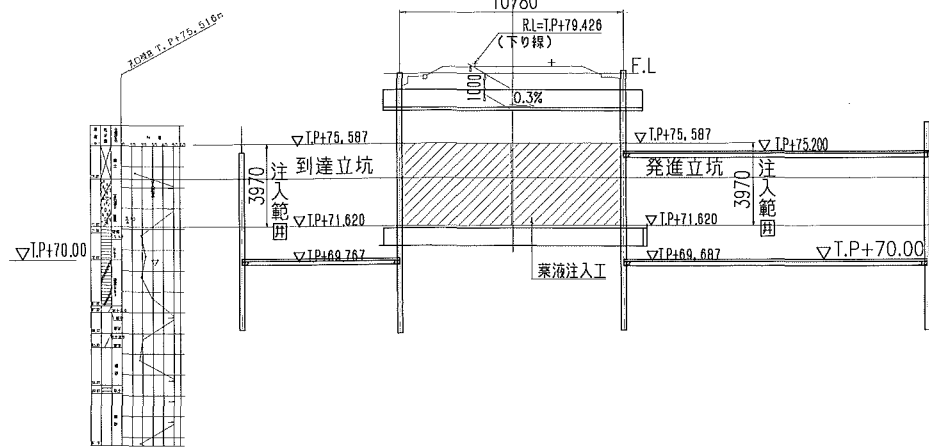
■鉄道条件			
線名および線路等級	中央線, 1級線(複線)		
設計速度	V=120km/h		
軌道構造	バラスト軌道		
土かぶり	60cm		
■道路条件			
道路種別	4種2級		
設計速度	40km/h		
■構造形式			
線路下面体	1層3径間, JES函体, L=12.9m		
取り付け部函体(郊外方)	U形擁壁, L=7.3m		
取り付け部函体(都心方)	1層3径間, RC函体, L=5.3m		
注入方式	土質	砂	礫
		中位の	密な
	N値	10~30	30~
	注入材	溶液型	溶液型
二重管ダブルバッカー(参考)	地盤強化	32~40	28~32
	止水	34~42	30~34



(1) 平面図



(2) A-A断面図



(3) B-B断面図

図-5 日野こ道橋新設工事

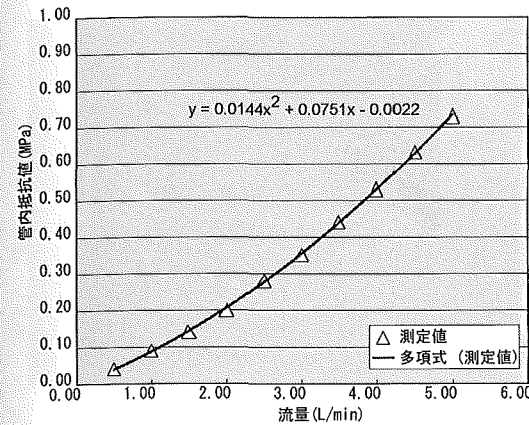


図-6 管内抵抗(摩擦損失)測定結果 最長ホース

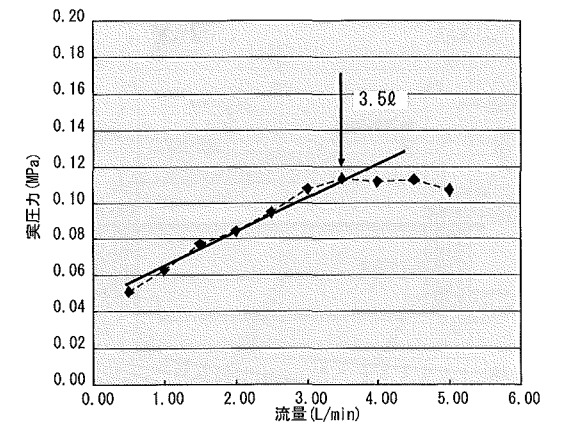


図-7 注水試験結果(中間層:3-D-1ノズル)

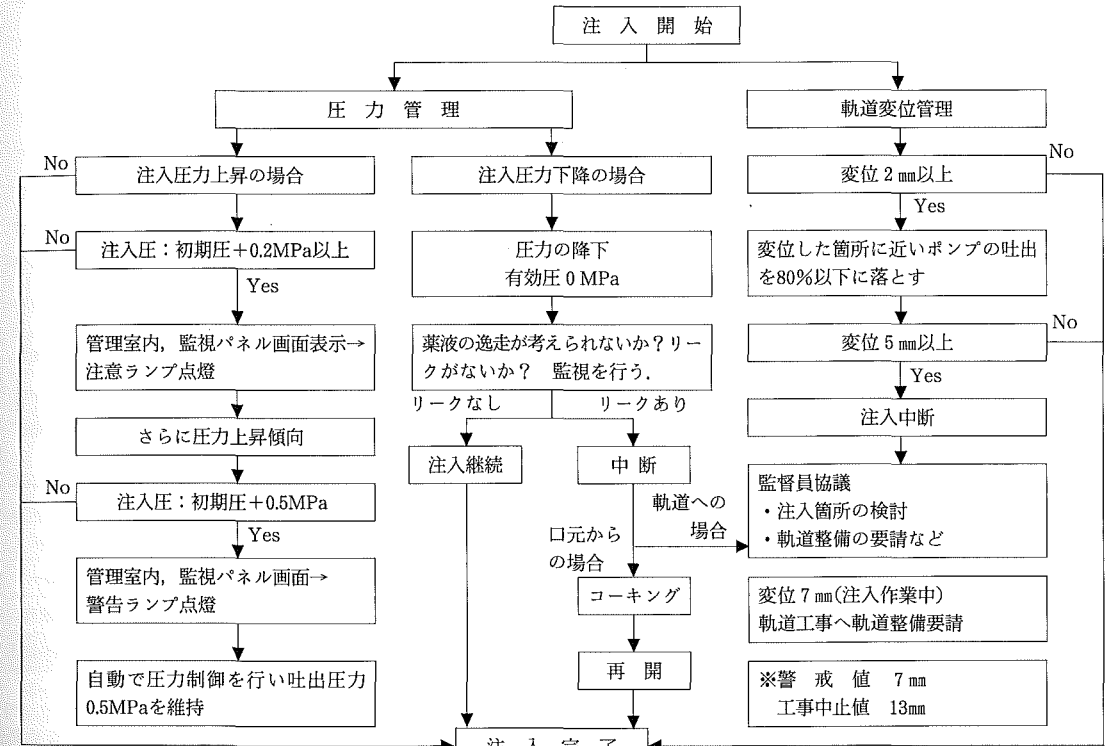


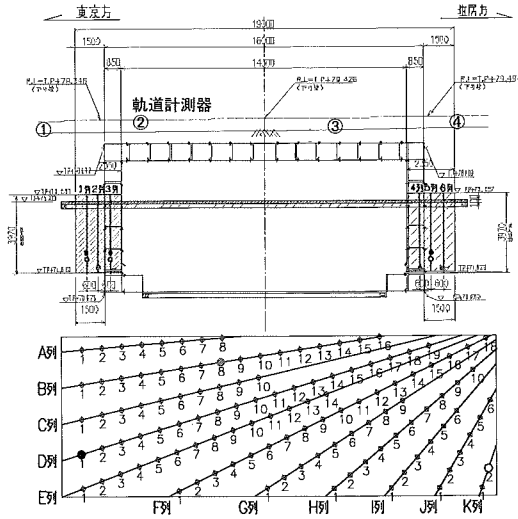
図-8 注入管理フロー

最大注入速度を3.5 l/分で注入管理を行った。また、施工範囲を軌道計測器にて15分/回の割合で重点的に監視をし、施工時間中は軌道検測を行い、軌道変位が発生した場合、直ちに注入作業を中断し、軌道整備を行える体制をとった(図-8)。

3-4 施工結果

注入時の軌道変位は図-10に示すとおりである。

軌道変位はほとんど見られず、軌道整備を必要とするような事象は発生しなかった。注入効果の確認はフェノールレッド試薬を用いて確認した。側壁エレメント掘削時に確認した切羽の様子は写真-1に示すとおり、地山が自立していることが確認できた。



- 最短 注入管φ8×6ホース 1.39m (1列K列-2 3列K列-2 5列K列-2)
- 中間 注入管φ8×6ホース 5.89m (2列B列-8 4列B列-8 6列B列-8)
- 最長 注入管φ8×6ホース 10.39m (1列D列-1 3列D列-1 5列D列-1)

図-9 注水試験位置(断面図)

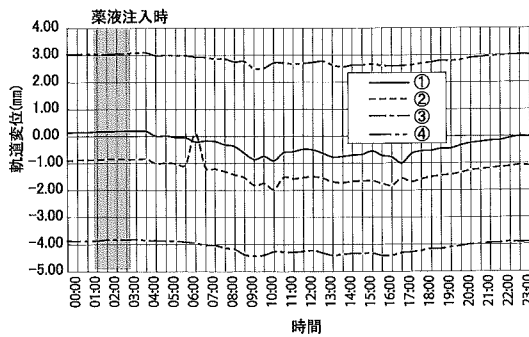


図-10 注入2日目 軌道変位

### 4 横浜線打越こ道橋新設工事における施工結果

#### 4-1 工事概要

東京都が計画している八王子都市計画道路3・3・13号線((現)都道173号上館・日野線, 交通量14,000台/日)は八王子市下柚木から打越町を経由し, 片倉町に至る都市計画道路である。本工事は東京都より委託を受け, JR横浜線片倉・八王子間の打越踏切の除却と, 線路下涵体と前後の取付け部涵体を構築するもので, 踏切を切回し, 道路交通を確保しつつ, 施工を行うものである。線路下涵体の構築方法は, JES工法である。

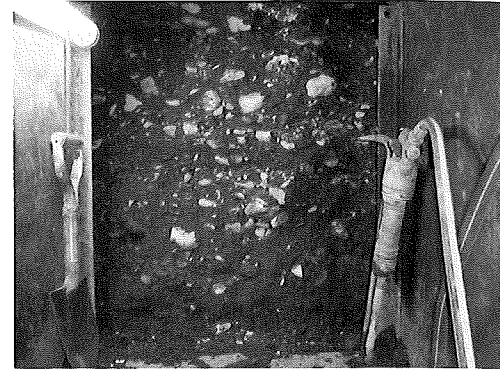


写真-1 JESエレメント挿入時の切羽状況

表-3 注入率(注入の設計マニュアルより)

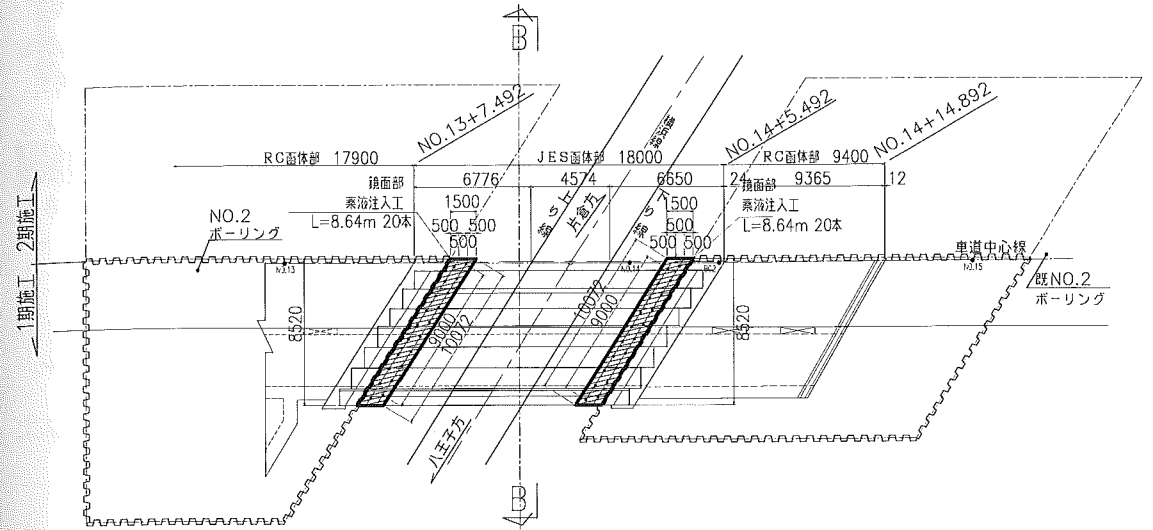
■鉄道条件			
線名および線路等級	横浜線, 2級線(複線)		
設計速度	V=110km/h		
軌道構造	バラスト軌道		
土かぶり	70cm		
■道路条件			
道路種別	4種2級		
設計速度	50km/h		
■構造形式			
線路下涵体	1層3径間, JES涵体, L=19m		
取り付け部涵体(郊外方)	1層3径間, RC涵体, L=9m		
取り付け部涵体(都心方)	2層4径間, RC涵体, L=18m (ポンプ室含む)		
注 入 方 式	土 質	砂 礫	
		中位の	密な
二重管ダブルパッカー(参考)	N 値	10~30	30~
	注入材	溶液型	溶液型
二重管ダブルパッカー(参考)	地盤強化	32~40	28~32
	止 水	34~42	30~34

当該工事において, JESエレメント施工時や涵体内掘削時の鏡面部の地盤強化を目的として薬液注入工を施工した。

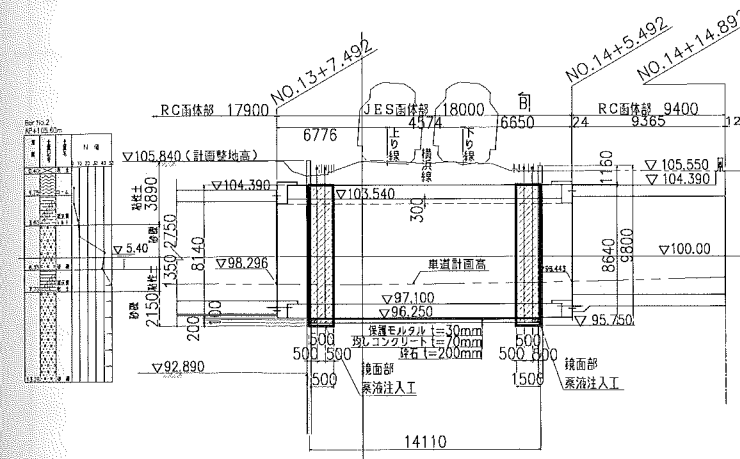
#### 4-2 施工概要

砂質土を主体としており, 注入率は『注入の設計マニュアル』(2004年12月)より31.5%を採用した(表-3)。

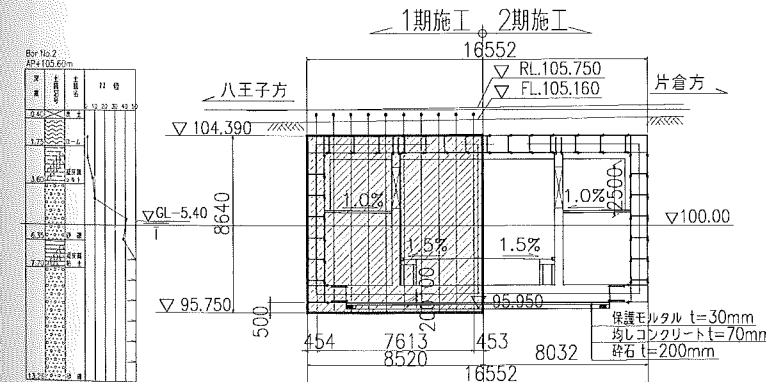
孔配置: @1.0m, ゲルタイム: 60分以上, 単位吐出量(注入速度): 1.0~3.0 l/min(1ノズルあたり), ノズル間隔: @0.5m, 注入圧力: 初期



(1) 平面図



(2) B-B断面図



(3) A-A断面図

図-11 打越こ道橋新設工事

圧力+0.5MPa, 注入量: 82,280 l (図-11)。

#### 4-3 注入管理方法(軌道変状対策)

他工事の実績で軌道変状が少ないことがわかっていたが, JR東日本での施工実績がほとんどないこと, 鏡面薬注のため, 線路内作業となることから日野と同様に注入は夜間線路閉鎖作業とした。

注入圧力は日野と同様にホース延長の最長, 中間, 最短の3種類で注水試験を実施し, その結果より最大注入速度(3.5 l/分)を決定し, それにもとづいた注入管理を行った。また, 施工範囲をトランシットにて15分/回の割合で重点的に監視をし, 施工時間中は軌道検測を行い, 軌道変位が発生した場合, 直ちに注入作業を中断し, 軌道整備を行える体制をとった。

#### 4-4 施工結果

注入時に軌道監視した結果,

1 mm程度の変位となり日野と同様に軌道整備を必要とするような事象は発生しなかった。

## 5 おわりに

鉄道の営業線近接範囲における薬液注入は、注入に伴う軌道変状リスクが高いことから、列車走行終了後の夜間施工が中心であった。このため、薬液注入作業に長い期間と多くの費用を要することとなっていた。そこで今回、当社の2現場において軌道変状リスクが小さいと思われる多点注入工法により試験的に施工を行ってみた。その結果、薬液注入施工時の軌道変状はほとんど発生せず、軌道整備も不要であった。また、注入範囲の地盤改良効果も良好であり、中央線日野こ道橋のエレ

メント挿入作業も順調に終わることができた。

今後、地盤条件や注入範囲が異なる施工実績を収集し、軌道変状抑制効果を検証するとともに、他工法を含め軌道変状リスクを確実に回避できる施工管理方法を確立し、営業線近接における薬液注入の工期短縮、コストダウンを目指して行きたいと考えている。

## 参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道(株)：注入の設計マニュアル，2004.12.
- 2) (社)日本グラウト協会編：新訂 正しい薬液注入工法，2007.5.

P.A.ドミニコ，F.W.シュワルツ著

# 地下水の科学

各B5判  
全3巻

地下水の科学研究会 大西 有三 監訳

第I巻 地下水の物理と化学	価格4,281円	〒340円
第II巻 地下水環境学	価格4,485円	〒340円
第III巻 地下水と地質	価格3,873円	〒340円

本書は様々な環境問題を地下水理学の立場から本格的に取り扱うため、水の物理学・化学的性質、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多岐にわたっており、地質学者、水理地質の実務者、地球化学者ならびに流体力学に関心のある地球物理学者、または、地質学を学ぶ学生など広範に満足させる内容となっている。

### <第I巻 主要目次>

■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 主要目次>

■地下水の化学 ■化学反応 ■物質輸送の数理理論 ■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 ■水質浄化の対策

### <第III巻 主要目次>

■水資源 ■堆積盆水環境における地下水 ■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  
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

# 施工

## 四国カルスト直下の高圧大量湧水帯を貫く

— 一般国道440号 地芳トンネル —

国土交通省四国地方整備局中村河川国道事務所工務第二課長 片岡 正彦

国土交通省四国地方整備局中村河川国道事務所建設監督官 濱田 向啓

地芳トンネル第1工事鹿島・日本国土特定建設工事共同企業体所長 松川 久俊

地芳トンネル第1工事鹿島・日本国土特定建設工事共同企業体工事課長 藤井 広志

## 1 はじめに

一般国道440号地芳トンネルは四国の西南部の愛媛、高知両県にまたがって、東西25kmに分布する四国カルスト(秋吉台、平尾台と並ぶ日本三大カルストの一つ)の直下を貫く全長2,990mのトンネルである。図-1に位置図を示す。

愛媛県側工区の坑口から700m付近で20t/分の突発湧水を伴って出現した石灰岩層は、海底トンネルの代表といえる青函トンネルに匹敵する高圧湧水帯で、最大湧水圧力は2.65MPaに達する。また、地下水量も膨大で、2001年の突発湧水以降の湧水量累計が6,100万tを超えているにもかかわらず地下水位の低下が見られない状況が続いている。この高圧大量湧水に対処するため止水注入工法

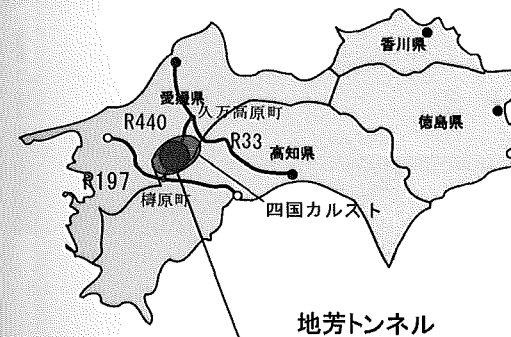


図-1 地芳トンネル位置図

を採用し掘削を進めていたが、坑口から796m地点の地質脆弱部(緑色岩部)では、6t/分の湧水を伴う2度の支保工および地山の変状が発生した。さらに、坑口から1,186m地点の地質脆弱部(粘板岩部)では100m<sup>3</sup>に及ぶ切羽・天端部の崩壊(湧水量400ℓ/分)が発生し、いずれの場合も本坑掘進を一時中断して、調査坑を掘進してこの区間を迂回することを余儀なくされている。

当工事は現在も施工中であり、本稿ではこれまでの施工実績について報告する。

## 2 工事概要

工事名：地芳トンネル第1工事(愛媛県側工区)

工事区間：愛媛県上浮穴郡久万高原町西谷～高知県高岡郡梶原町永野

工期：2000(平成12)年1月19日～2009(平成21)年5月25日

構造規格：第3種第3級

設計速度：50km/h

工事内容：本坑延長L=1,357m(全長2,990m) 水抜坑、調査坑延長L=439m

## 3 地形・地質概要

地芳トンネル直上の地芳峠は、東西約25kmに

及ぶ四国カルスト台地のほぼ中央部に位置し、付近の尾根部には非常になだらかなカルスト地形が広がり、ドリーネが点在する。トンネルの最大土かぶりは地芳峠付近で約400mである。

地質は秩父帯に属するジュラ紀の付加体で、坑口から700m間は粘板岩、緑色岩および砂岩の混在岩である。坑口から700m付近で地質は石灰岩に変わり、この変化部で20t/分の突発湧水に遭遇した。その後地表および坑内からの調査ボーリングにより、この石灰岩層は水圧2.0~2.65MPaの高圧の地下水を多量に含んでおり、その範囲は坑口から700~1,300m間の600mにも達する大規模なものであることがわかっている。

また、600mの石灰岩層は一様ではなく、少なくとも四つにブロック化されており、ブロックの間に緑色岩、粘板岩を挟んでいる。これらの挟在する岩石は、硬い石灰岩に挟まれてせん断力を受けて亀裂が発達するとともに、一部は粘土化して出現した。また、1,300m以奥には粘板岩主体の部分と細片状緑色岩および石灰岩の混在岩が存在

する。

トンネル地質縦断図を図-2に示す。

### 4 坑口から700m付近の突発湧水対策工

#### 4-1 突発湧水が発生するまでの施工経緯

トンネル掘削には2000年8月に坑口付けを行って着手した。坑口から700m間は比較的安定した地山であり、土かぶりも200m以下であったため、大きな変状も発生せず、ほぼ計画どおりに進捗した。

設計地質縦断図では坑口から750m付近で地下水を多量に含む石灰岩層が出現することが予想されていたため、650m付近からドリルジャンボによる削孔検層を行いながら慎重に施工を進めてきたが検知できずに、2001年4月26日に写真-1のような20t/分の突発湧水に遭遇した。

#### 4-2 水抜き坑による湧水処理

突発湧水に対する対策工としては、水抜き坑による排水工法を採用して、本坑切羽への湧水量の

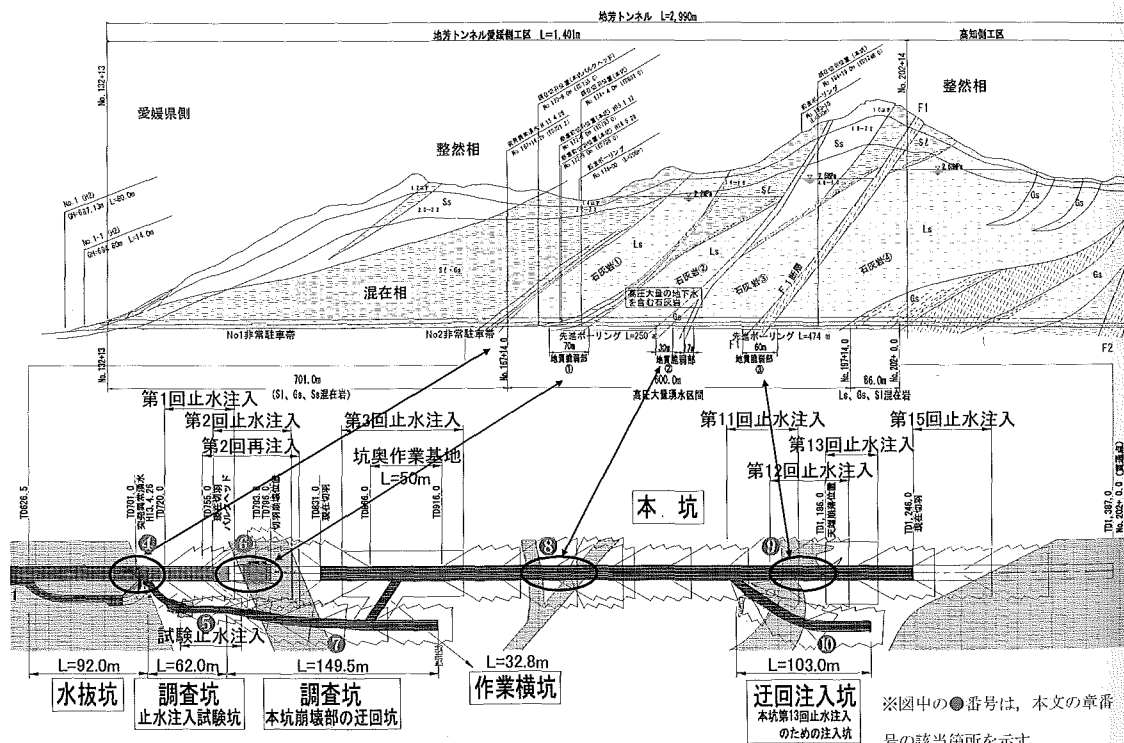


図-2 地質縦断図および平面図

減少を図った。

水抜き坑は出水位置から75m後方の第2非常駐車帯に坑口を設け、掘削断面積18m<sup>2</sup>の馬蹄形断面でNATMにより施工した。

水抜き坑施工中に本坑の突発湧水が低盤部より噴出していることがわかったため、図-3に示すように水抜き坑の施工基面を3m(本坑インバート



写真-1 突発湧水発生状況

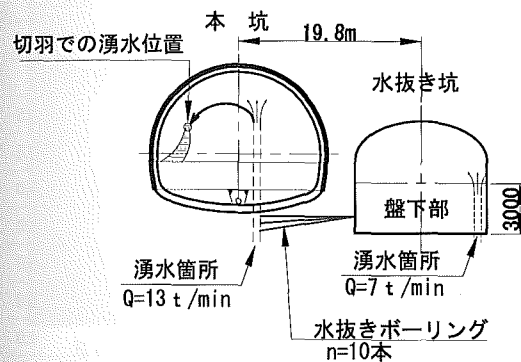


図-3 水抜きボーリング配置図



写真-2 水抜きボーリング施工状況

下部まで)盤下げし、水抜きボーリング(呼び径135)10本で、写真-2のような合計13t/分の取水を行った。そして、水抜き坑の施工と同時進行で本坑歩道下に設置していた、φ800のプレスト管(通水能力30t/分)の完成により本坑側の湧水を完全に切り回してきた。

### 5 突発湧水発生箇所奥の対策工

#### 5-1 止水注入工法の適用

2001年8月に本坑掘削を再開したが、坑口から720m付近で再度切羽での湧水量の増加が見られたので、本坑を一時中断した。

ちょうど時期を同じくして地表面から自噴していた数箇所の水が愛媛、高知両県側とも減少し、水涸れの問題が表面化し始めたため、地芳トンネル工事技術検討連絡会において対応策が検討された。その結果、周辺地域への地下水位低下による影響の低減と安全な工事施工のために止水注入工法を適用することが決定された。また、適用の手順としては、本坑から分岐させて調査坑を掘削して、その切羽で止水注入の試験を行い、効果を確認することとした。

#### 5-2 止水注入試験工事

##### 5-2-1 止水注入の計画

止水注入の計画にあたっては、注入範囲、注入材料、注入方式、注入圧力および速度、注入完了基準などについて過去の施工事例(経験則)にもとづいて計画した。

##### (1) 注入範囲

当該区間の地質は石灰岩で、比較的安定した岩質が想定されたため、青函トンネルの実施例にない注入範囲はトンネル掘削径の3倍とした。

##### (2) 注入材料

止水注入として実績の多い水ガラス系懸濁型薬

表-1 水ガラス系懸濁型薬液配合表

1,000 lあたり配合(中結ゲルタイム 15±10分)			
A液500 l		B液500 l	
水ガラスゾーキープ#12	200 l	高炉セメントB種	187.5kg
—	—	遅延剤	8.75kg
水	300 l	水	430 l

液を採用した。表-1にその配合を示す。

(3) 注入改良目標値

注入後の対象地山の改良度を確認するため2孔のチェック孔を削孔し、換算ルジオン値1ルジオン(ダムのカートングラウトの基準値)を満足するか否か判定することとし、この基準に適合しない場合は、さらに追加孔を設け、十分な止水効果が

得られるまで再度注入することとした。

試験工事の計画図および計画一覧を図-4と表-2にそれぞれ示す。

5-2-2 止水注入の試験結果と評価

止水注入区間の湧水圧力および湧水量は写真-3のような1孔あたり最大湧水量8,000ℓ/分、湧水圧力1.6MPaでの試験注入となったが、表-3に示

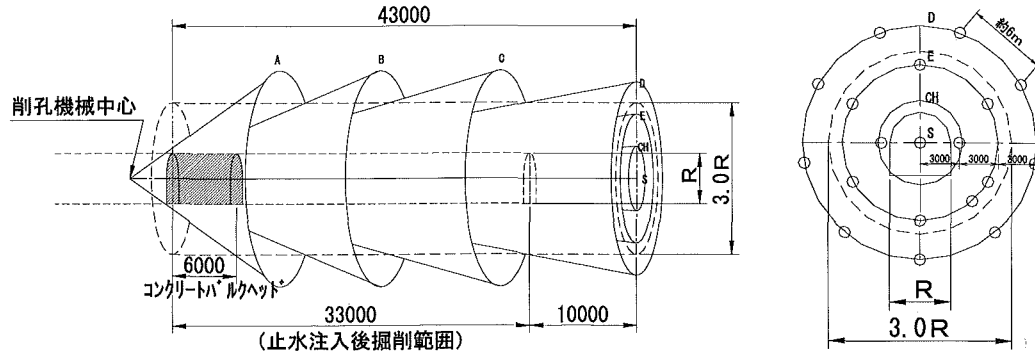


図-4 調査坑止水注入パターン図

表-2 調査坑の止水注入計画一覧

Table with 2 columns: Item and Value. Items include injection range (3R), materials (water glass and high-temperature cement), target improvement value (1 Lu), injection pressure (4.0 MPa), method (fixed pipe), cutting method (rotary), and equipment (HFV602).

表-3 調査坑止水注入実績

Table with 4 columns: Ring Name, Number of Holes, Injection Length, and Injection Results. It lists rings A through E and a check hole, with a total of 51 holes and 1,693.2m of injection length.

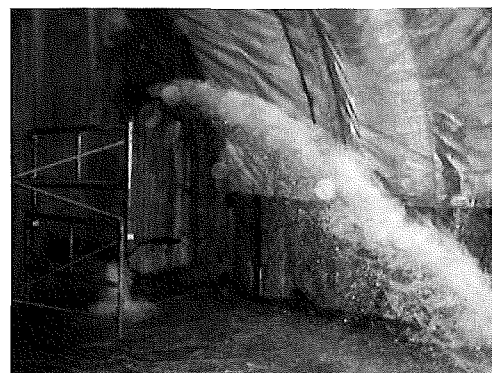


写真-3 削孔孔からの高圧大量湧水(8,000ℓ/分)



写真-4 注入完了後の切羽状況(フェノールフタレインにより着色)

のように注入前(自然地山)の最大換算ルジオン値240.3からチェック孔での最大換算ルジオン値は0.01となり、止水注入後の切羽の状況も写真-4のように顕著な湧水はほとんど見られず十分な効果が確認された。

6 坑口から796m付近支保工の変状対策工

6-1 1回目の支保工変状発生までの経緯

2001年12月に本坑の止水注入に着手し、第1回止水注入・掘進、第2回止水注入・掘進と施工を進めていたが、2002年5月に第2回止水注入区間の掘削予定終点部にあたる坑口から796m付近の切羽で6t/分の湧水とともに写真-5のような上半支保工の圧壊による支保工の変状が発生した。

変状範囲の拡大を防止するために、変状区間の30m間は直ちに掘削ずりで埋め戻しを行い、再注



写真-5 1回目の変状状況(支保工の圧壊)

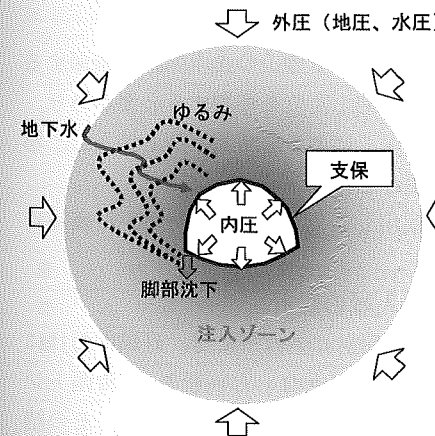


図-5 トンネル周辺の荷重状態

6-2 1回目の支保工の変状発生の原因と対策工

支保工変状の原因は、図-5に示すように高水圧が作用する石灰岩中に脆弱な緑色岩の出現により周辺地山の耐荷力が低下し、現状の支保では耐力不足となり、内空変位の増大、ゆるみの拡大により支保の変状、地下水の流入に至ったと考えられた。

再注入時の注入範囲は、表-4に示すように崩壊した上半部は4R、健全と判断された下半部は3Rとし、注入材料は浸透性を良くするために、注入材のうちB液を高炉セメントB種から超微粒子セメントに変えて、確実な止水ゾーンを再構築することとした。再掘削時の支保工の設計にあつ

表-4 1回目の変状に対する対策工一覧

Table listing countermeasures: injection materials (water glass and ultra-fine cement), injection range (upper 4R, lower 3R), support structure (H-200 HT590), and reinforcement methods (pre-reception and foot reinforcement).

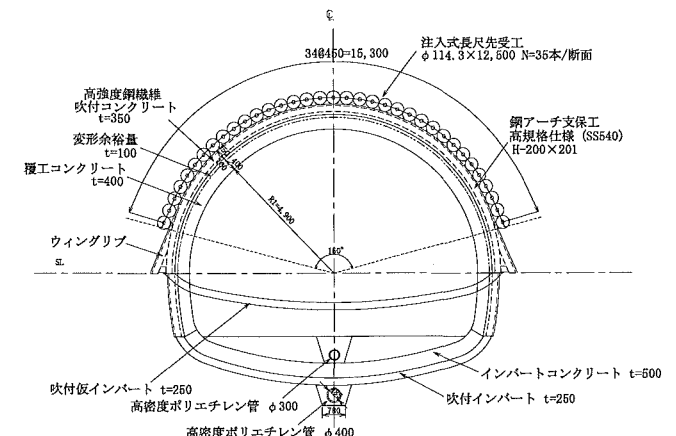


図-6 崩壊部再掘削支保パターン



写真-6 2回目の変状状況(ボイリング状崩壊)

では、本坑1回目の計測結果を逆解析して、支保工を設計した。

掘削補助工法としては、表-4、図-6に示すように先受け工法として上半150°AGF、脚部補強工としてウイングリブ+仮吹付けインバート  $t=25$  cmを採用し、内空変位・脚部沈下を抑制するように計画した。

6-3 2回目の支保工の変状発生と対策工

2002年11月に再注入を完了し、再掘削を開始したが、2003年1月に坑口から793m(1回目変状が発生したほぼ同じ箇所)で今度は盤ぶくれに起因すると想定される写真-6のようなボイリング状の地盤の破壊が発生した。本坑下半部から6t/分の湧水とともに土砂が噴き上げられ上半支保工の脚部が460mmも沈下し、再度本坑支保工が崩壊した。

このような状況下で、現状の切羽から本坑を掘進することは無理であると判断し、止水注入試験坑として掘削してあった調査坑を延伸して、変状が発生した箇所を迂回して、本坑坑奥の堅固な石灰岩部に取り付け、そこを基地として坑奥側から施工する迂回坑案が採用された。

7 調査坑(迂回坑)の計画と施工実績

調査坑の計画にあたっては、本坑での2度の大規模な支保工崩壊で得た教訓を生かして設計に取り組んだ。

7-1 調査坑支保工の設計方針

支保工の設計にあたっては、次の方針にもとづ

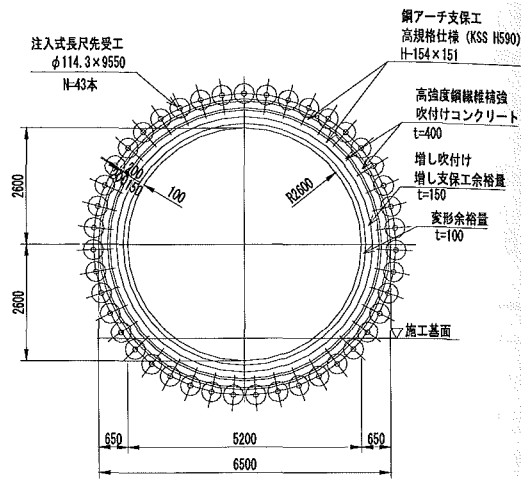


図-7 調査坑円形支保パターン図

表-5 調査坑支保パターン

鋼製支保工	高規格支保工(円形) 2HH-150(HT590)
吹付けコンクリート	高強度鋼繊維補強 $t=400$ mm ( $f_{ck}=36$ N/mm <sup>2</sup> )
補助工法	全周注入式長尺鋼管先受け工法 $\phi 114.3 \times 9,550$
補強代	$t=150$ mm
変形余裕量	$t=100$ mm

いて実施した。

- 荷重がどの方向から作用しても安定な円形断面とする。
- 高圧湧水が局所的に直接作用した場合でも十分耐えうる支保工とする。
- 付近の地圧(土かぶり230m相当)に対して安全な支保工とする。
- 止水注入による地山の止水効果を確保するためには、地山変位を抑制する必要がある、高剛性支保工による全断面掘削工法とし、早期断面閉合を行う。

調査坑で採用した支保パターンを図-7、表-5に示す。

7-2 止水注入域の設計

止水注入域の設計にあたっては、経験則だけに頼ってはいられないと判断し、「青函トンネル土圧研究調査」<sup>1),2)</sup>に従って設計した。その結果採用した止水注入パターン(DII級地山)を図-8

に示す。

7-3 止水注入材の変更

止水注入材については、水ガラス系懸濁型薬液から表-6に示す高強度・高耐久性のセメント系注入材に変更した。

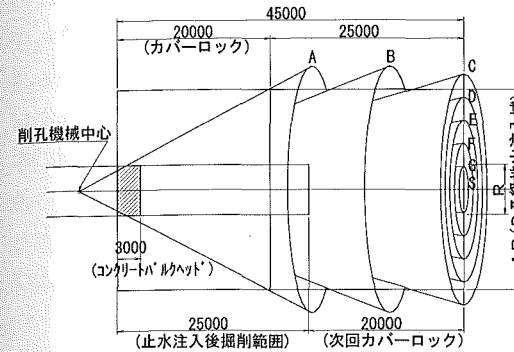


図-8 DII級地山止水注入域図

表-7 止水注入基準の改定表(調査坑)

	異常出水前	異常出水後
改良対象範囲(横断方向)	・3Rを確保(経験則)	・石灰岩部は3Rを確保(足立理論) ・混在岩部は4Rを確保
注入材料	・水ガラス系懸濁型薬液 ゲルタイム15±10分	・セメント系注入材(デンカES-L) ゲルタイム20±10分
注入改良目標値(注入区間全体)	・CH孔での残留湧水量2ℓ/分/m ・換算ルジオン値1Lu以下	・CH孔での残留湧水量0.8ℓ/分/m以下 ・換算ルジオン値0.4Lu以下 ※値はCH孔の孔長平均とする。ただし湧水地点における湧水量が異常の場合には合否を協議
追加孔基準	・CH孔で基準値を満足しなかった場合、その周辺に再度CH孔を施工する	・孔間隔6mの場合、最先端の外リングからリングごとに追加孔を施工。 (追加の基準値は2次孔でCH孔基準の2倍の湧水量が発生した両隣に追加施工)
改良対象範囲(延長方向)	・50~65m	・石灰岩部 55m ・混在岩部 45m
カバーロック長(バルクヘッド長)	・15m	・石灰岩部 15m ・混在岩部 20m
孔間隔	・最大で6m以内	・石灰岩部 6m ・混在岩部 外リング3m, 内リング6m
リング間隔	・3m	・3m
注入工法(ステージ)	・固定管注入工法(2.5m) ・全長一括のステージ工法(1.5ショット)	・固定管注入工法(2.5~5.0m) ・全長一括のステージ工法(1.5ショット)
最大注入量	・圧力管理のため上限なし	・左記に同じ
注入圧力	・湧水圧力の2.5倍(3.5~5.0MPa)	・湧水圧力の2~3倍(4.0~6.5MPa)
最大注入速度	・片液15~20ℓ/分	・左記に同じ
注入順序	・さぐり孔~外リング~内リング	・左記に同じ
注入完了基準(孔あたり)	・規定注入圧力に達し、注入速度が5ℓ/分(両液)以下まで下がった場合	・左記に同じ

7-4 止水注入基準の見直し

さらに、止水注入の施工にあたっては、表-7に示すように止水注入基準を大幅に見直し改定を行った。

7-5 調査坑の施工実績と評価

この調査坑の地質は、写真-7のように上下の大きな石灰岩ブロックの間に緑色岩、粘板岩や石灰岩の小さいブロックが挟まっており、緑色岩や粘

表-6 セメント系注入材配合表

1,000ℓあたり配合			
A液500ℓ		B液500ℓ	
硬化材(デンカES-L)	100kg	微粒子セメント(デンカコロイダルセメント)	400kg
凝結調整剤(デンカセッター)	0.7kg	混和剤(デンカFT-80)	4.0kg
水	466ℓ	水	364ℓ

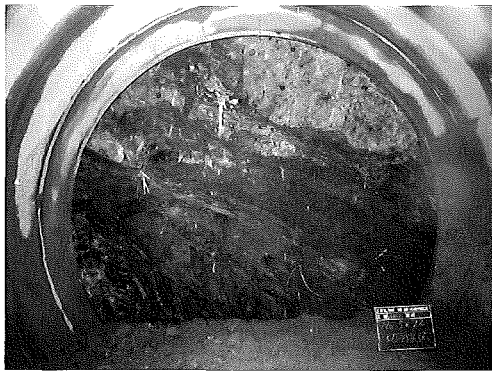


写真-7 調査坑切羽状況



写真-8 調査坑のボーリングコア

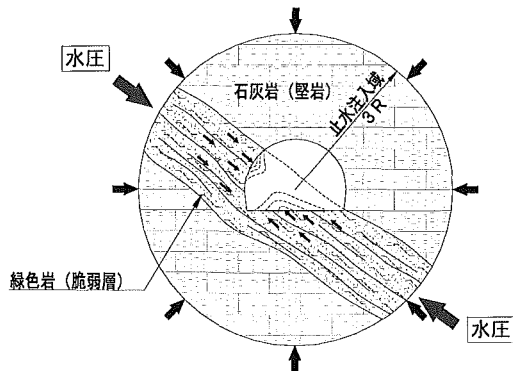


図-9 本坑切羽崩壊時模式図

板岩の一部は写真-8のように粘土化し、非常に脆弱になっていたが、支保工、止水注入域、止水注入材料、止水注入基準とも大幅に変更して取り組んだ結果、掘削時の変形も小さく、また切羽からの湧水も少量で、無事本坑崩壊部を迂回することができた。

一方、調査坑通過後の地質構造から本坑崩壊の原因が図-9に示すように、トンネル掘削後に止水注入域外側の高水圧の作用により脆弱な緑色岩が変形→盤ぶくれ→ボイルの経緯で破壊に至ったと推測でき、今回調査坑で実施した、水圧を考慮した支保工の設計が妥当であったことが検証できた。

## 8 高圧大量湧水区間の本坑の設計と施工

### 8-1 本坑の設計

再度坑奥の地質状況把握および地下水状況確認のため、調査坑より高知県側工区境まで $L=474$  mの先進ボーリングを実施した。この結果、石灰岩体には写真-9のような水圧2.65MPaを有する高圧大量湧水区間や断層破碎帯を含む脆弱な混在岩層の存在が合計3か所確認された。この区間の本坑の設計は、基本的には、「7-1調査坑支保工の設計方針」および「7-2止水注入域の設計」にもとづいて実施し、表-8に示すような止水注入および支保工の仕様を決定した。

### 8-2 坑奥側本坑の施工

2004年4月に調査坑から本坑へ向けて本坑第3回止水注入を開始し、2004年8月に作業横坑を経由して坑口から866~916m間に坑奥側本坑の作業基地 $L=50$ mが完成した。その後、この作業基地を基点に貫通点側に向け止水注入、掘削をくり返し施工を進めた。

途中坑口から961m付近の30m区間と坑口から1,010m付近の17m区間に緑色岩を主体とした地質脆弱層に遭遇したが、今回設計した3.5Rの止水注入と図-10に示す中央導坑先進分割式全断面掘削工法により無事突破できた。その掘削状況を写真-10に示す。

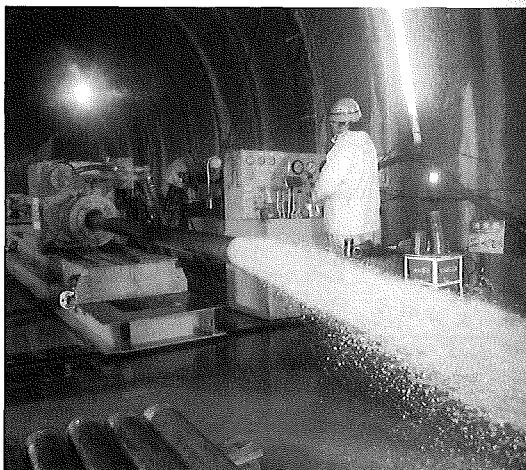


写真-9 先進ボーリング施工状況

表-8 高圧大量湧水区間の止水注入および掘削計画図

	石灰岩部	石灰岩中の地質脆弱部																																				
止水注入工																																						
支保パターン																																						
掘削工法	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>仕様</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>二次覆工</td> <td>覆工厚 <math>t=300</math>mm (<math>f'_{ck}=18</math>N/mm<sup>2</sup>) 鉄筋 D19@200(SD345)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>鋼製支保工</td> <td>H-150×150×7×10(SS400)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>吹付けコンクリート</td> <td><math>f'_{ck}=18</math>N/mm<sup>2</sup> <math>t=200</math>mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>変形余裕</td> <td>変形余裕代 100mm</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	項目	仕様	備考	二次覆工	覆工厚 $t=300$ mm ( $f'_{ck}=18$ N/mm <sup>2</sup> ) 鉄筋 D19@200(SD345)		鋼製支保工	H-150×150×7×10(SS400)		吹付けコンクリート	$f'_{ck}=18$ N/mm <sup>2</sup> $t=200$ mm		変形余裕	変形余裕代 100mm		<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>仕様</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>二次覆工</td> <td>覆工厚 <math>t=500</math>mm (<math>f'_{ck}=36</math>N/mm<sup>2</sup>) 鉄筋 D19@200(SD345)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>鋼製支保工</td> <td>2H-200×200×8×12(SS400)</td> <td>円形支保工</td> </tr> <tr> <td>吹付けコンクリート</td> <td><math>f'_{ck}=36</math>N/mm<sup>2</sup> <math>t=500</math>mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>補助工法</td> <td>全周注入式長尺先受け工 (<math>\phi 114.3 \times 6</math> <math>L=12.5</math>m@450)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>補強代</td> <td>増し吹付け増し支保工余裕代 250mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>中央導坑</td> <td>2H-150×150×7×10(SS400) 吹付けコンクリート <math>t=400</math>mm (<math>f'_{ck}=36</math>N/mm<sup>2</sup>) 上半180° 注入式長尺先受け工</td> <td>円形支保工</td> </tr> </tbody> </table>	項目	仕様	備考	二次覆工	覆工厚 $t=500$ mm ( $f'_{ck}=36$ N/mm <sup>2</sup> ) 鉄筋 D19@200(SD345)		鋼製支保工	2H-200×200×8×12(SS400)	円形支保工	吹付けコンクリート	$f'_{ck}=36$ N/mm <sup>2</sup> $t=500$ mm		補助工法	全周注入式長尺先受け工 ( $\phi 114.3 \times 6$ $L=12.5$ m@450)		補強代	増し吹付け増し支保工余裕代 250mm		中央導坑	2H-150×150×7×10(SS400) 吹付けコンクリート $t=400$ mm ( $f'_{ck}=36$ N/mm <sup>2</sup> ) 上半180° 注入式長尺先受け工	円形支保工
項目	仕様	備考																																				
二次覆工	覆工厚 $t=300$ mm ( $f'_{ck}=18$ N/mm <sup>2</sup> ) 鉄筋 D19@200(SD345)																																					
鋼製支保工	H-150×150×7×10(SS400)																																					
吹付けコンクリート	$f'_{ck}=18$ N/mm <sup>2</sup> $t=200$ mm																																					
変形余裕	変形余裕代 100mm																																					
項目	仕様	備考																																				
二次覆工	覆工厚 $t=500$ mm ( $f'_{ck}=36$ N/mm <sup>2</sup> ) 鉄筋 D19@200(SD345)																																					
鋼製支保工	2H-200×200×8×12(SS400)	円形支保工																																				
吹付けコンクリート	$f'_{ck}=36$ N/mm <sup>2</sup> $t=500$ mm																																					
補助工法	全周注入式長尺先受け工 ( $\phi 114.3 \times 6$ $L=12.5$ m@450)																																					
補強代	増し吹付け増し支保工余裕代 250mm																																					
中央導坑	2H-150×150×7×10(SS400) 吹付けコンクリート $t=400$ mm ( $f'_{ck}=36$ N/mm <sup>2</sup> ) 上半180° 注入式長尺先受け工	円形支保工																																				
掘削工法	上半先進ベンチカット工法	中央導坑: 全断面掘削工法 本坑: 分割式全断面掘削工法																																				

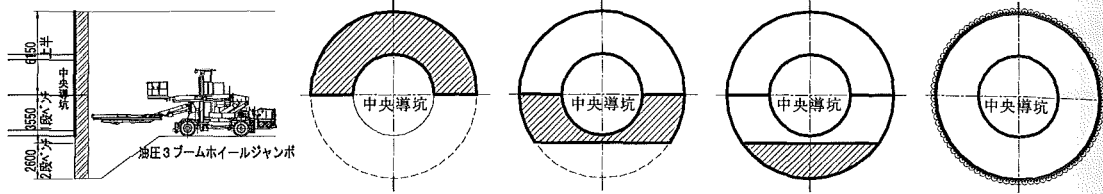


図-10 分割式全断面掘削手順図

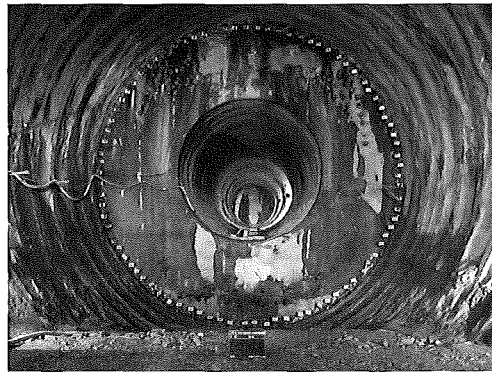


写真-10 中央導坑先進分割式全断面掘削状況



写真-11 湧水状況(2.1MPa, 5t/分)

### 9 坑口から1,186m F1 断層部での切羽崩落部対策工

#### 9-1 止水注入工の施工

2006年11月に坑口から1,146mのF1断層部の本坑第12回止水注入に着手した。

この区間の施工においては、インナーロードによる単管削孔では、脆弱な地質に阻まれ、すぐにロードが噛まれ削孔不能の状態に陥った。そのため、2重管削孔に切り替えたが、それでも削孔不能箇所がたびたび出現し、その場合はステージ注入により孔壁を確保しながら対処した。そこを突破してもその背後に高圧大量の地下水が存在しているため、写真-11のような水圧2.1MPa、水量5t/分級の湧水が噴出して、ロード回収時には大量の湧水を浴びるなど、厳しい環境下での作業であった。このように作業は困難を極め、この区間の止水注入には約3か月を要した。

#### 9-2 トンネル掘進

この区間の地質は粘板岩が主体で中に石灰岩のブロックが混在しているメランジェであり、粘板岩は著しく破碎され鏡肌を呈し、非常に脆く崩れやすい状態であった。

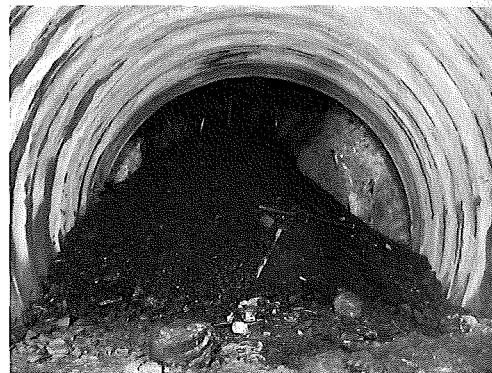


写真-12 No191+19本坑切羽崩落状況

中央導坑掘削は、迂回坑掘削と同様に全断面掘削で、1基ごとに確実に閉合しながら慎重に施工した。続く本坑切り抜け掘削も前述の分割式全断面掘削工法で1基ごとに閉合し、下半部の地質脆弱部には長尺鏡ボルトで補強しながら施工した。しかし、2007年5月に本坑の坑口から1,156mの地点で写真-12のような100m<sup>3</sup>の切羽・天端崩落が発生した。

崩落前の切羽湧水は70ℓ/分程度であったが、崩落後は400ℓ/分に増加した。

#### 9-3 崩落部緊急対策工

崩壊性の切羽の状態はAGF、鏡ボルトが破断

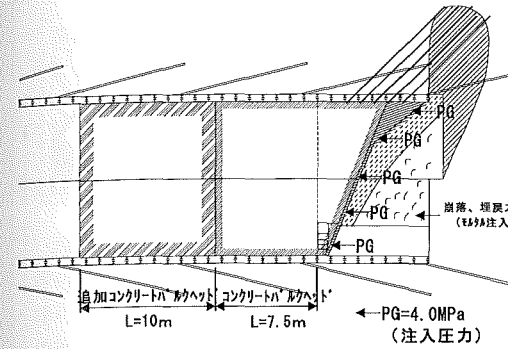


図-11 コンクリートバルクヘッド工図

し、天端崩落が激しく続き、止水注入域が破壊される恐れがあったため、緊急対策として坑外からトンネル掘削ずりを持ち込み押し盛土による対策を実施し、さらに吹付けコンクリート、鏡ボルトで補強し、速硬膨張型モルタルで天端充填を実施した。その後コンクリートバルクヘッドを構築し、第13回止水注入へと作業を進めた。

#### 9-4 本坑第13回止水注入方法の変更

2007年6月に本坑第13回止水注入を開始したが、コンクリートバルクヘッド(L=7.5m, V=1,020m<sup>3</sup>)が注入圧により最大13mm程度後方に滑動する事態が生じた。対策を検討した結果、図-11に示すようなL=10m, V=1,000m<sup>3</sup>のコンクリートバルクヘッドの増設が必要となったため、前面からの止水注入が不可能になり、迂回注入坑(L=103.0m)を掘削し、比較的地質の良好な迂回注入坑の石灰岩部から横向きに本坑の止水注入を行うことにした。

### 10 F1断層崩落部の止水注入、掘削実績

#### 10-1 止水注入実績

止水注入の順序は図-12に示すコンクリートバルクヘッド位置より遠い新規注入範囲L=20mより施工し、その後第2回止水注入のカバーロック部L=16mを補強注入範囲として施工した。

このうち、補強注入の範囲は既注入範囲であったが最大湧水量も1,800ℓ/分を観測したほか、注入量も崩壊部上部の石灰岩と粘板岩の境界付近で増加した。このことは今回の崩落により、緊急対

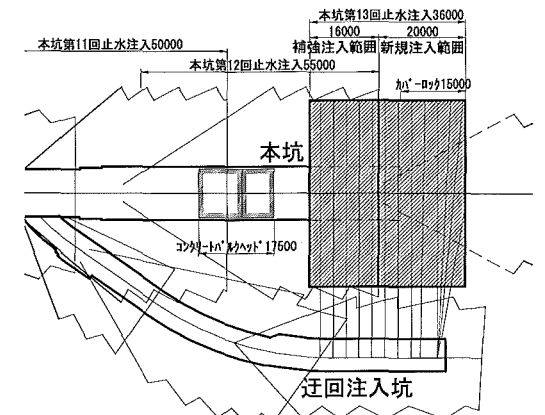


図-12 本坑第13回止水注入工平面図

表-9 注入式長尺先受工仕様一覧

位置	仕様	摘要
本坑	全周注入式長尺先受け工 φ114.3×6, L=12,500@500	2段配置 37本上半 4mシフト
中央導坑	上半180° 注入式長尺先受け工 φ114.3×6, L=9,500@500	2段配置 19本上半 3mシフト

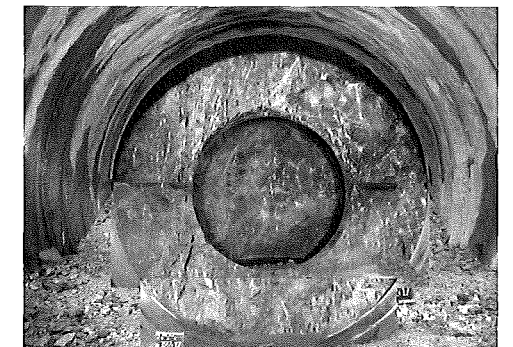


写真-13 F1断層突破後切羽状況

策工として実施した天端充填箇所上部の粘板岩層が広範囲にゆるみ、湧水量増加の原因となっていることが推測された。また、注入切羽が比較的地質の良い石灰岩部から、横向きに注入を行ったため、コンクリートバルクヘッドに高圧の湧水圧および注入圧が直接的に作用することなく安全で、信頼性の高い施工ができた。

#### 10-2 掘削実績

図-13に示すように、中央導坑坑口は崩落切羽の8m手前とし、掘削終点は切羽の全面に石灰岩が出現した位置から1D(本坑掘削径≒11m)進行

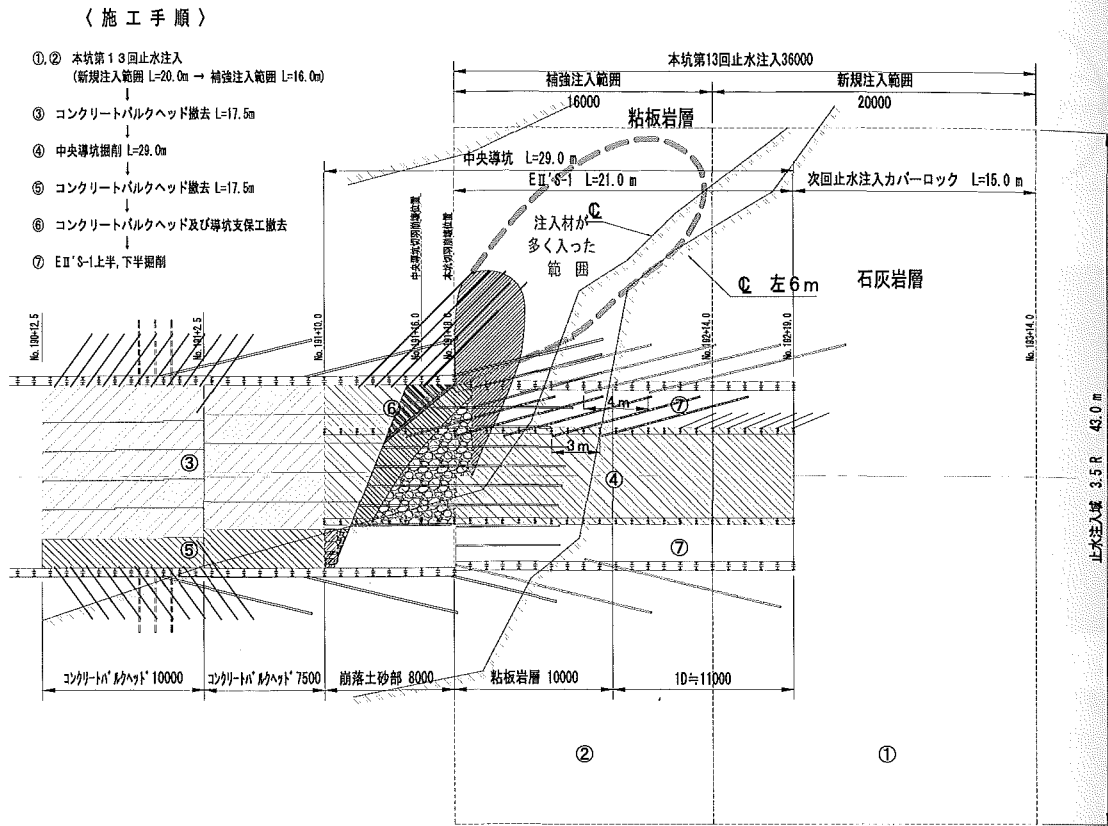


図-13 本坑F1断層天端崩落部施工手順図

した地点とした。掘削補助工法のAGFはF1断層崩落時の地山物性値を用い設計を行い、表-9に示す仕様とした。

切羽崩落の要因となった脆弱な粘板岩層は崩落切羽から10m程度続いたが2008年8月、中央導坑を要した21m区間を突破し、写真-13のような安定した石灰岩に本坑が到達した。

### 11 おわりに

地芳トンネル第1工事においては、2000年8月にトンネル掘削を開始し、2001年4月に遭遇した20t/分の突発湧水以来、青函トンネル級の2.0~2.65MPaの湧水圧力を持った石灰岩帯での施工の中で幾多の難関を克服しながら施工を進めている。

今後、坑奥側県境に向けての掘削および現在中断している支保工変状区間(TD755.0~TD831.0, L=76.0m)の施工に着手していくことになるが、これまでの施工経験を生かしながら着実に工事を

進めていきたいと考えている。

最後に本工事のこれまでの施工にあたり、地芳トンネル工事技術検討連絡会の座長である八木則夫・愛媛大学名誉教授をはじめ委員の先生方ならびに関係各位より貴重なご意見をいただいたことに感謝の意を表するとともに、引き続き今後の施工のご指導・ご協力をお願いし、地芳トンネル第1工事の報告としたい。

### 参考文献

- (社)土木学会：青函トンネル土圧研究調査報告書，pp.402-434，1977.3.
- 足立紀尚・田村武：高圧湧水下のトンネル工における水抜孔の効果と注入域の適正規模，土木学会論文報告集，No.280，pp.87-98，1978.12.
- 松川久俊・尾崎美伸・藤井広志・萩原智寿・小野塚大輔：四国カルスト直下の地芳トンネルにおける高圧大量湧水帯の施工，土木建設技術シンポジウム2006，pp.195-202，2006.7.



## 「みかんと泣き相撲神社」海南市下津町より

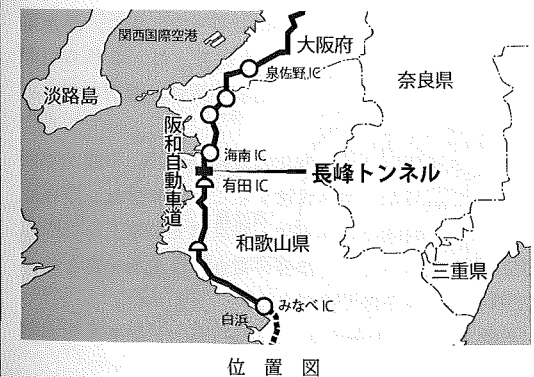
松井 秀一

海南市下津町は和歌山県の北西部に位置する。旧下津町は平成17年4月1日に旧海南市と合併し海南市下津町となった。熊野古道が南北に通る、古からの交通の要衝である海南は、万葉の昔から多くの都人が訪れている。年間平均気温が約16度と四季をとおり温暖な気候に恵まれていることから、南部ではみかんやびわの栽培、北部では桃の栽培が盛んであり、とくにみかんや本貯蔵みかんは下津町地区の名産品で、全国的に知られている。また、紀伊水道を臨む沿岸部では、シラスや鱧、ワカメなどの海の幸にも恵まれている。

とくに下津町地区は文化財の宝庫と言われている。和歌山県下の国宝建造物七つのうち、国宝「長保寺本堂」「善福院釈迦堂」など、実に四つがあるほか、県史跡の和歌山藩主家墓所など、多くの文化財に恵まれている場所である。

また、熊野古道を工事用道路として使用させていただいている場所には泣き相撲(山路王子神社奉納花相撲)や、橋本神社「菓子まつり」など、ユニークな祭りも多く毎年県内外から多くの人で賑わい、仕事も忘れて祭りに参加できる喜びを楽しめる土地柄と言える。

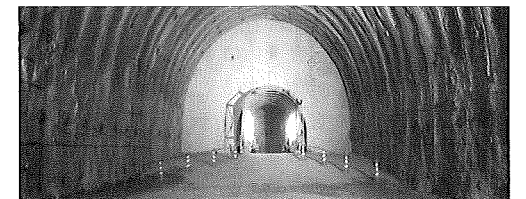
阪和自動車道は現在、大阪府松原市の松原ICを起点として、和歌山県海南ICまでは4車線であるが、その先田辺市のみなべICまでが暫定2車線となっている。しかしながら、その先には有名な白浜、那智勝浦を控え休日ともなると、大阪からの観光客が非常に多く、上下線とも大渋滞が発生するため早期のII期線開通が待ち望まれているところである。



位置図



トンネル坑口



連絡坑

長峰トンネルは下津町橋本から有田町へ抜ける全長4,047mのトンネルであり、当工事は北側より2,295mを掘削するものである。

また、供用線からの避難坑を拡幅しながらの掘削であり、供用線からの人、車の進入を察知する警報システムを設置し、第三者に対する安全を常に確保し24時間監視体制のもと施工を進めている。

長峰トンネルの地質は中生代緑色片岩が主体であり、トンネル坑口付近には脆弱な地質である蛇紋岩が狭在しており一部崩落も発生した。

平成20年12月末の進捗は掘削については、所定の2,295mが到達しており、覆工1,950mとなっている。

今後は南側の到達を待ち貫通式を合同で行う予定となっている。また、トンネル内では集塵坑も掘削完了しており、年明けより本坑、集塵坑、避難連絡坑と3種類の覆工を同時に進めていくことになる。

今後も発注者および地元市坪地区ならびに関係各位のご指導、ご協力のもと、無事故・無災害での完成を目指し職員一丸となって鋭意努力していく所存である。(大豊・不動テトラ特定建設工事共同企業体長峰トンネル作業所長)



# 福が栄える「天体の植民地」鳥取県日南町より

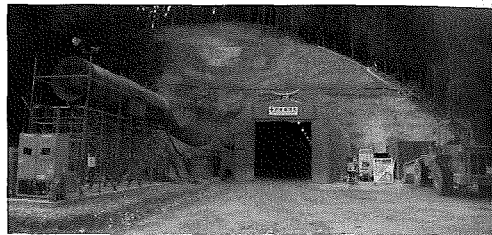
安藤和久

日南町は鳥取県の南西部、中国山地のほぼ中央に位置し、西は島根・南は岡山・南西部は広島と3県に接し、山陰・山陽を結ぶJR伯備線の要路となっている。南部は中国山地の背梁線である1,000m級の山がそびえ、北部はなだらかな準平野台地が広がっている。日南町に源流を発する清流日野川が町の中央部を流れ、これに合流する大小の河川の流域を中心に田園が広がり、標高280mから600mの間に大部分の集落と耕地が集まっている。平均気温は約11度、降水量は年約2,000mmの冷涼多雨な気候であり、人口約6,000人の自然豊かな町である。

世界的文豪井上靖が「天体の植民地」(宇宙の神々がすみつきたくなるようなよいところ)と謳いあげたこの地は天体界。八岐の大蛇伝説になぞられた『天体界道100kmにちなみおろちマラソン全国大会』が毎年開催されている。豊かに実るのどかな自然と雲を突き破るような高低差の界道を走るこの大会は、特別賞として別荘用地・杉立木・日南高原米などが贈呈されるなど、この町らしい心温まる催しである。

工事の安全祈願をお願いした福栄神社は、福が栄え幸せを呼ぶ神社として信仰を集めている。古くからタタ製鉄で栄えたこの地区では、良質な玉鋼の原料となる砂鉄が取れる山が多く存在し各所に祭神として崇め奉っていた。大正2(1913)年に近隣の神社を合併して、豊栄・神福・福塚の縁起の良い地名を持つ社地を妙見山麓に合祀して福栄神社と改称された。最近ではこの縁起の良い名前から、宝くじの当選祈願をはじめ県外からの日帰り観光バスツアーが実施されるなど注目を浴びている。

奥日野広域農道は、この日南町下石見～豊栄を經由して広島県境で広島県宮東地区広域農道と接続し、最終的に中国縦貫自動車道の東城ICに達する高速道



坑口の状況

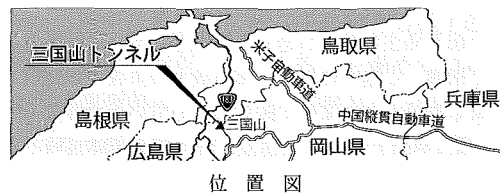


「福が栄える」福栄神社

路利用に適した農道である。鳥取県西部地域から山陽・九州方面に向けての高速利用へのアクセスを改善し、県外との交流活動に寄与するとともに、農産物の輸送において効果を発揮すると期待され、平成22年の供用開始を目指している。

三国山トンネルはこの農道のうち、鳥取県と広島県にまたがる標高850m付近のトンネルであり、当工事は全長1,030mのうち、鳥取県側501mを施工するものである。地質は凝灰岩などからなる火砕性堆積岩を主体とした岩盤であり、60～90°で鳥取県側へ傾斜し、亀裂の卓越とともに亀裂面の粘土化も多く見られ、すべり崩落を起こしやすい地山であった。また、湧水量が多く、最大1,200 t/日の出水があった。これらの問題に対し、補助工法による切羽の補強、適切な湧水処理などを行い施工した。

トンネル掘削は平成20年6月に開始し、平成20年12月下旬に広島側へ無事貫通することができた。現在は平成22年3月までの無事故・無災害での竣工を目指し、発注者・関係各位のご指導のもと、作業所一丸となって残りの工事を施工中である。(不動テトラ・美保テクノスJV三国山トンネル作業所長)



位置図

# 施工

## 高充填覆工コンクリートの適用と坑口軽量押さえ盛土工の施工

### —四国横断自動車道 焼坂第二トンネル—

西日本高速道路(株)四国支社高知工事事務所須崎工事区工事長 石井 義信

西日本高速道路(株)四国支社高知工事事務所須崎工事区技師 大石 和弘

(株)鴻池組・西武建設(株)焼坂第二トンネル工事特定建設工事共同企業体所長 斎藤 泰信

(株)鴻池組大阪本店土木技術部主任 後藤 裕一

### 1 はじめに

四国横断自動車道は、阿南市を起点として、徳島市、高松市、高知市、宇和島市を經由し、大洲市に至る延長約441kmの路線である。このうち須崎新荘～窪川間は、新直轄高速方式により整備され、一般国道56号線須崎道路を介し、須崎東で供用中の四国横断自動車道と接続する。

この区間の整備は高規格幹線道路ネットワークの機能強化、および「東南海・南海地震」などによる災害時の代替路としての役割を担うとともに、高知県西南地域の発展に重要な役割を果たすものと期待されている(図-1参照)。焼坂第二トンネル

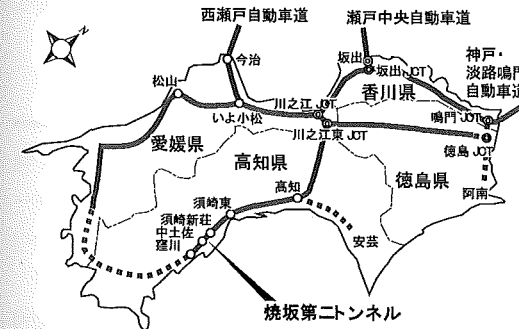


図-1 四国横断自動車道路線概略図

工事は中土佐インターチェンジ近くに位置し、明かり工事と2本の山岳トンネル工事からなる。

当工事のうち焼坂第二トンネル西坑口において新しい覆工コンクリートの施工技術として、同一スパン内において流動性の異なる同質のコンクリートを組み合わせることで型枠などの施工設備を変更することなく、流動性の高い高充填コンクリートを補強鉄筋区間に打設した。また、和田トンネルと焼坂第二トンネルの中間に点在する民家の生活環境への配慮として、和田トンネル東坑口部の盛土工をソイルセメント工から気泡混合軽量盛土工(FCB)へ工法変更し、材料運搬や施工時の騒音振動の発生抑制と工程短縮を図った。本稿ではこれらの施工結果を報告する。

### 2 工事概要

#### 2-1 工事概要

本工事は、2本のトンネル(和田トンネル：L=156m、焼坂第二トンネル：L=920m)と明かり工事(切盛土工約30万m<sup>3</sup>)から構成されている。写真-1に全体図を、表-1に工事概要を示す。

#### 2-2 地形・地質概要

計画路線はJR土讃線と国道56号線にほぼ並行

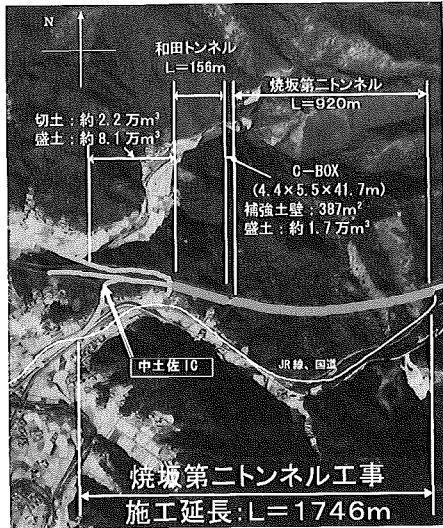


写真-1 焼坂第二トンネル工事全体図

表-1 工事概要

工事名称	四国横断自動車道焼坂第二トンネル工事
工事場所	高知県高岡郡中土佐町久礼
工期	2006年3月28日～2009年1月10日
発注者	西日本高速道路(株)四国支社 (高知工事事務所須崎工区区監理)
施工者	(株)鴻池組・西武建設(株)特定建設工事共同企業体
明かり工事	切土=22万m <sup>3</sup> 、盛土=10万m <sup>3</sup> 、補強土壁工=387m <sup>2</sup> 、C-BOX=1基(L=41.7m)
トンネル延長	和田トンネル：156m 焼坂第二トンネル：920m
トンネル断面	掘削断面積：81.2m <sup>2</sup> 仕上がり内空断面積：72.3m <sup>2</sup>
掘削工法	NATM 補助ベンチ付き全断面掘削工法(発破掘削) ショートベンチ工法(機械掘削)

して走り、道の川集落の背後にある標高70～120mの尾根の南東～南向き斜面中腹の小規模な谷と尾根がくり返す位置にある。縦断的には比較的緩い斜面に沿って計画されている。本地域の地質は、四万十帯と呼ばれる白亜紀～古第三紀の堆積岩類が分布している。トンネルの岩種はおおむね泥岩および泥岩優勢砂岩・泥岩互層であり、砂岩の岩塊は硬質であるが、メランジュにより形成された地質構造であるため、泥岩中に大小さまざまなブロック状岩体が存在しており、とりわけ、砂岩に挟まれた泥質基質部分は著しく破碎されていた。地山は付加帯の特徴を顕著に表しトンネル全体としては破碎部が多くD級地山が主であった。

### 2-3 和田、焼坂第二トンネル坑口間の周辺状況

和田トンネルと焼坂第二トンネルの中間部は道路路面より約20m深さの谷部となっており林道付替え用のボックスカルバート(L=41.7m)を構築し埋め戻す地形となっている。谷部の集落が生活道路としている林道を工事用搬入路として使用

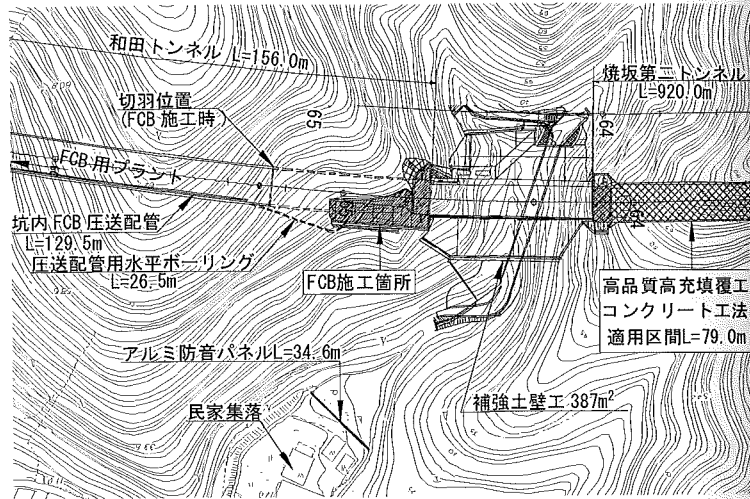


図-2 トンネル坑口周辺図

予定していたが、狭隘で家屋に隣接していたことから地元協議において小型車両のみの限定使用などの制限が設けられた(図-2参照)。

### 3 覆工新技術の適用

焼坂第二トンネル西坑口部の補強鉄筋区間(DIIIa:L=79m)に高い流動性を持つコンクリートを用いた覆工(以下、「高充填覆工コンクリート」という)を適用した。

本覆工は、強度増加を図り、地山の変形に起因する覆工の変状発生への対策と耐久性の増進効果

また、とくにこれまでトンネル覆工コンクリートの課題とされている天端部の充填不足による空洞、ジャンカやコールドジョイントなどの欠陥部をなくすことを目的として請負人の提案で適用し、施工では補強鉄筋区間の充填性、施工性の向上を確認した。配合設計では設計図書で指定されたT1-1( $\sigma_{28}=18\text{N/mm}^2$ 、スランプ $15\pm 2.5\text{cm}$ 、 $G_{\text{max}}=40\text{mm}$ )を変更し、セメント量を増加したT3-2( $\sigma_{28}=30\text{N/mm}^2$ 、スランプ $15\pm 2.5\text{cm}$ 、 $G_{\text{max}}=20\text{mm}$ )相当をベースとして、流動性を高めた。なお、繊維補強材の添加は行わないものとした。

#### 3-1 工法の概要

今回の焼坂第二トンネルでの適用においては、単位水量、単位セメント量および細骨材率を同一としたスランプ $18\pm 2.5\text{cm}$ (以下、「S18」とする)とスランプフロー $40\pm 5\text{cm}$ (以下、「F40」とする)の異なる流動性をあわせ持つ性状のコンクリートを配合設計した。

覆工打設では、打ち始めからアーチ肩部までをS18、アーチ肩部から天端部打ち終わりまでをF40と同一スパン内で打ち重ねを行う方法を用いた。これは型枠に作用する側圧を考慮し、流動性状の異なるコンクリートを合理的に使い分けることによりトンネル覆工用型枠(以下、「セントル」と称す)の補強を不要とする目的からである。

#### 3-2 配合上の特徴

- ① NEXCOが提案する中流動覆工コンクリートの要求性能(案)<sup>1)</sup>に準拠した。
- ② 高性能AE減水剤を用い単位水量を低減した。
- ③ スランプ値 $15\text{cm}$ ～スランプフロー値 $45\text{cm}$ を調整、管理を可能とした。
- ④ 収縮補償コンクリート配合とした(膨張材の添加)。
- ⑤ 粗骨材の最大寸法を $20\text{mm}$ とした。
- ⑥ 通常の生コン工場設備での供給材料を選定した。
- ⑦ フライアッシュ、石粉や繊維添加配合への変更が容易に対応可能なものとした。

表-2に配合条件を、表-3に配合表を示す。

表-2 配合条件

項目	コンクリートの種別	流動化覆工コンクリート(F40)	高スランプコンクリート(S18)
	粗骨材最大寸法(mm)		20
スランプ(cm)		$21\pm 2.5$	$18\pm 2.5$
スランプフロー(cm)		$45\pm 7.5$	
L型フロー(mm)	無振動	260以上	
	振動	振動後50cmから75cmまでの振動到達速度6.4cm/s以上かつ750以上流動して分離がないこと	
U型充填性高さ[障害なし](mm)		280以上	
空気量(%)		$4.5\pm 1.5$	$4.5\pm 1.5$

表-3 配合表

種類	W/P(%)	S/a(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						
			W	C	EX	S	G	SP	AE剤
F40	47.3	47	175	350	20	802	929	5.18	3.5A
S18	47.3	47	175	350	20	802	929	2.96	2A

P; 結合材(C+EX), EX; 膨張材, SP; 高性能AE減水剤

膨張材の添加は土木学会コンクリート標準示方書構造性能照査の収縮ひずみの算定式にもとづき、今回の配合での収縮ひずみの最終量を以下と見込んだ。

$$\varepsilon'_{sh①} = 779 \mu \text{ (湿度60\%, 供試体寸法 } 100 \times 100 \times 400 \text{ での算定)}$$

$$\varepsilon'_{sh②} = 230 \mu \text{ (覆工実物寸法での算定)}$$

これに対し膨張材を添加した配合についてJIS A6202に準拠し試験した結果、

$$\text{膨張率} = 203 \mu \text{ (材齢7日, 平均値)}$$

が得られたため、ほぼ実物での収縮量( $\varepsilon'_{sh②}$ )を相殺した収縮補償コンクリートとし適用できるものと判断し、膨張材を採用した。

#### 3-3 打ち重ねの事前確認試験

##### 3-3-1 事前実証実験

本工法の特徴であるS18とF40を打ち重ねる方法について、これまで覆工コンクリートにおいては流動性の異なる2種類のコンクリートを上下に打ち重ねた実施工の事例は報告がない、よって明かり構造物における高流動コンクリートと普通コ

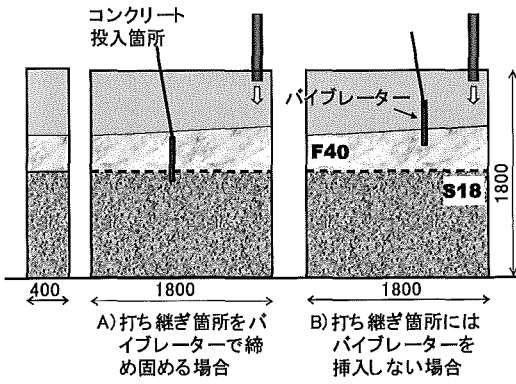


図-3 施工実験モデル図

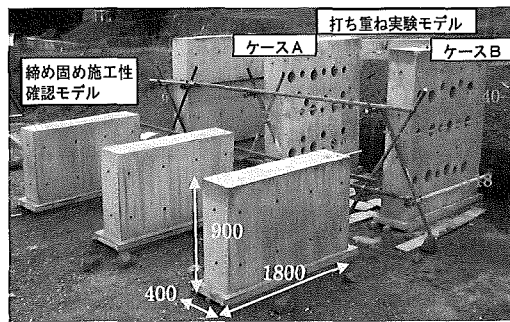


写真-2 事前実証実験供試体

ンクリートの打ち重ね施工の事例<sup>2),3)</sup>や土木学会での覆工打ち重ねに関する研究の発表論文<sup>4)</sup>を参考に模擬型枠により両配合を打設し、上下のコンクリートの強度特性、一体性および出来型などに問題がないことを実証実験により確認することにした。打ち重ね部に関しては、図-3、写真-2に示すように十分パイプレーターで締め固めた場合(ケースA)と打ち重ね部にはパイプレーターを挿入せずかつ振動時間を1~3秒程度とした場合(ケースB)の2ケースについて試験をした。また打ち重ねは実施工に合わせて連続して打設するものとした。なお、生コン車の入れ替えなどの時間ロス10分程度は連続して打設するものとみなした。

3-3-2 強度試験結果

試験項目とその結果の一覧を表-4に、供試体採取位置および試験箇所を図-4に示す。

圧縮強度試験はJIS A1108に、割裂引張強度試験はJIS A1113に準じた。圧縮強度(材齢28日コア供試体、φ100mm)は48N/mm<sup>2</sup>程度、割裂強度

表-4 試験項目および試験結果(平均値)

試験項目	ケース	F40部	打ち重ね部	S18部
圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	A	48.7	47.4	48.3
	B	48.8	48.7	47.5
割裂強度(N/mm <sup>2</sup> )	A	3.66	3.48	3.56
	B	3.68	3.70	3.50
リバウンドハンマー反発度	A	39.2	40.3	38.9
	B	38.9	41.0	39.4

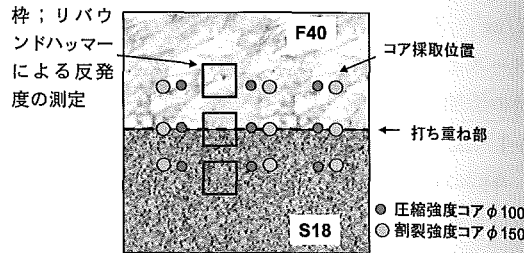


図-4 供試体採取位置および試験箇所

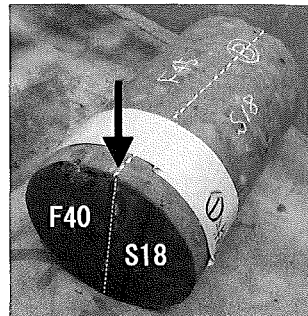


写真-3 割裂強度用コア状況φ150(打ち重ね部分) ↓ 矢印は割裂荷重方向を示す。

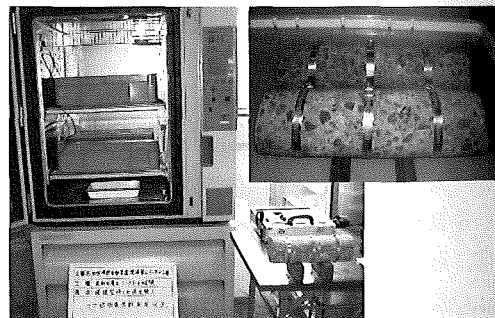


写真-4 コア供試体線膨張係数、養生、測定状況(同上、φ150mm)は3.6N/mm<sup>2</sup>程度であり(写真-3)、締め固め方法の違いおよびコンクリートの流動性の違いによる差や打ち重ね部での強度低下は見られず、均一な状態であることを確認した。以上のことにより実構造物へ適用しても構造の均一性は

確保できるものと判断され、打ち重ね部で適切にパイプレーターを使用する施工法を選定した。

また、実構造物からのコア採取は支障があるため、打ち重ね試験時に採取した各々部位のコアの線膨張係数の長期測定を実施している(写真-4)。測定結果ではS18、F40および打ち重ね部のコアでの差は見られず、材齢91日、180日において線膨張係数=8.56×10<sup>-6</sup>/°Cが得られている。したがって、現地の覆工についてもS18、F40および打ち重ね部で温度変化による有害な応力の発生はないと考察される。

3-4 実施工時の側圧測定

図-5にセントルでの側圧測定位置を示す。セントルの構造計算は図中の荷重条件とし、コンクリート側圧はコンクリート標準示方書の側圧算定式を準用し設計荷重としている。測点のSL部、2段目部はS18を、肩部はF40を対象として側圧を測定する計画とした。なお、コンクリートの打設速度は、コンクリート打ち込み温度を考慮しセントルの設計荷重を超えない速度を施工時の管理打設速度とした。とくにS18とF40の打ち重ね部は検査窓より棒状パイプレーターを挿入し締め固めを実施し一体化を図った。

3-4-1 測定結果

高品質高充填覆工コンクリートの測定はNo.2~7スパンまでの6スパン分で実施し、No.9,12の2スパン分では標準配合での側圧を測定した。図-6に高品質・高充填覆工コンクリートの測定結果を、図-7に標準の覆工用のコンクリートの測定結果を示す。図中の実線折れ線はSL部でのコンクリート側圧が液圧分布で作用すると仮定し実際の打ち上がり速度より計算したものである。SL部での側圧は、実施工時の打ち上がり速度に応じて側圧も増加しておりほぼ設計荷重(SL部側圧)で一定となり計算値を超えての液圧は作

用していない。2段目部での側圧もSL部と同様な傾向を示すがSL部より側圧が高い傾向にあり、配合切り替え以降に一部設計荷重を超えた。また、肩部の側圧についても設計荷重を超えることはなかったが、標準に比べ最終的にF40が大きい傾向

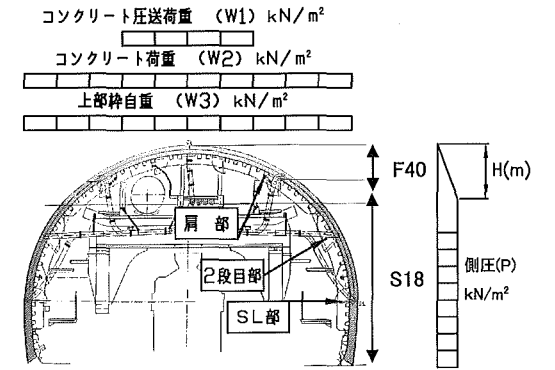


図-5 側圧測定位置、断面荷重図

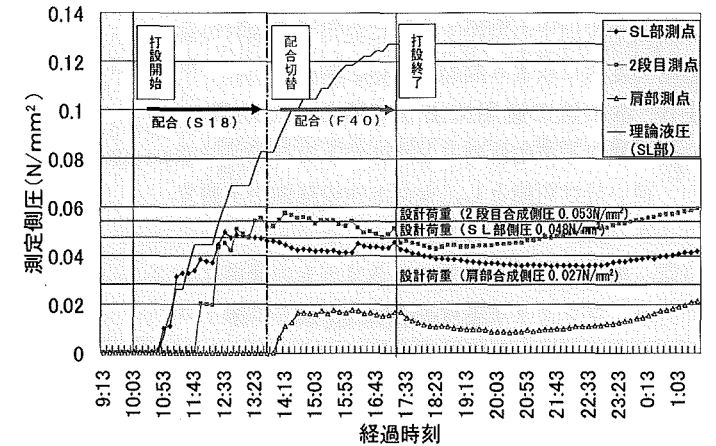


図-6 高品質高充填覆工コンクリートの側圧測定結果

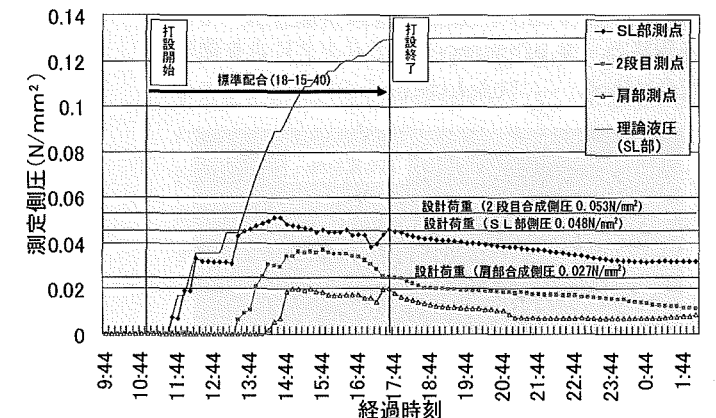


図-7 標準覆工コンクリートの側圧測定結果

を示した。なお、高充填コンクリートの側圧は膨張材の影響を受け打設完了後、側圧が増加している。

3-4-2 考察

S18打設部分と標準配合の側圧状況や最終的に設計荷重以内の側圧であったことより、肩部までの側圧は同等とする当工法の仮定条件は満足している。

アーチ肩部から天端の打設完了まではコンクリート自重と液圧分布による側圧が水平荷重として作用する設計の仮定は、測定結果からも妥当であり、アーチ肩部以降のF40の適用を図る当工法についても問題はないと考察される。

また、部分的に設計荷重を超えた側圧が測定されているが、セントルの強度計算上は仮に作用側圧を1.5倍としても構造部材に生じる応力は労働安全衛生規則上の型枠支保工に使用する鋼材の許容応力度内に収まり問題はないと判断した。

3-5 本工法の適用によって得られた効果

- ① 異なる流動性のコンクリートを打設部位で使い分け可能とし、セントルの補強が不要であった。
- ② 低水セメント比のコンクリートの使用により、コンクリートの高強度化が図られ覆工コンクリートの品質・耐久性の向上が得られた。
- ③ 標準の覆工コンクリートの施工工程にて施工が可能であった。

また、本工法の主目的である充填性の向上は数値による客観的な評価が難しい。しかし打設状況の観察と、覆工作業員へのヒアリングにより標準配合に比べてくに吹き上げ口からの打設となるアー

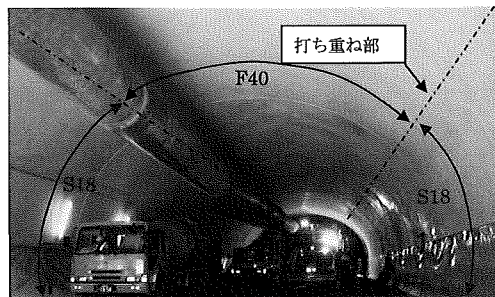


写真5 覆工コンクリートの出来形

チ天端部において、

- ・吹き上げ口周辺鉄筋への流動抵抗が少なくコンクリート回り込みが良い。
- ・短時間のバイブレーター作業でコンクリートが鉄筋背面まで回り込み、締め固め作業性に優れる。
- ・流動性があるが粘性があり骨材などの分離が見られず、ブリージングがほとんど発生しない。

などを確認でき、その良好な作業性の結果として充填性に優れていると考えている。

なお、本工法適用区間の追跡調査を実施中で、打設後6か月、貫通後2か月でのひび割れ調査の結果、表面のひび割れなどの問題は生じていない。

4 気泡混合軽量盛土工の施工

4-1 小土かぶり対策工の問題点

和田トンネル東側坑口部は、縦断方向になだらかな勾配でかつ、トンネル軸線が斜面とやや斜交していた。したがって、小土かぶり区間が長く続き、到達部はトンネルが地表面より一部露出する位置関係となっていた。このことから、設計では、トンネル掘削時の土かぶりを確保することを目的に、ソイルセメントを用いた押し盛土工の施工を行うとともに、盛土材の土留めとして重力式擁壁(抱き擁壁)の設置が計画されていた。しかし、以下の課題が懸念された。

4-1-1 構造物掘削

抱き擁壁の形状が、高さ3.0~6.7m、底面幅3~4m程度であり、おおむね軟岩Cを対象とした構造物掘削が必要となる。とくに、基礎地盤の耐力確保から置換コンクリートの施工が計画されており、抱き擁壁施工に伴い1,100m<sup>3</sup>程度の構造物掘削が必要となるが、前述の地元条件より、大型機械の搬入ができず、小型バックホウ(ブレイカー付き)による作業となり、作業効率が非常に悪く工期に大きな影響がある。

4-1-2 押し盛土工

ソイルセメント盛土材について、坑口部に必要土量(約800m<sup>3</sup>)を仮置きする場所がなく、また工

表-5 盛土工比較検討表

		ソイルセメントを使用した押し盛土工案(当初設計)	気泡混合軽量土を使用した軽量盛土工(FCB)案(提案)
概要図 (擁壁タイプ)			
工法概要		対象土に粉体セメントを混合攪拌することにより改良したソイルセメント材料を盛土材として利用し、その土留め構造物として側部に抱き擁壁(316.9m <sup>3</sup> )を設置する。	現地プラントにて製造したエアーモルタル材料を盛土材として現地打設(1,198.5m <sup>3</sup> )する。打設時の型枠および供用後の盛土体の保護を目的に、側部にFCB保護壁を設置する。
押し盛土工に対する問題点	① 構造物掘削における総掘削土量	軽量盛土工と比較して、置換コンクリート(74.5m <sup>3</sup> )の設置などを含め掘削土量が大きくなり、工程面で不利となる。(総掘削土量; 1,100m <sup>3</sup> )	盛土材材料が軽量であり、基礎地盤の耐力確保目的である置換コンクリートの設置が不要となり、掘削土量が大幅に少なく、工程面で有利である。(総掘削土量; 350m <sup>3</sup> )
	② 盛土材搬入車両による近隣住民への影響	現地発生土による施工では、必要土量の仮置き場の確保が困難であり、また、掘削土を利用しないと工事用進入路の構築ができないことから、場内からの搬入土により施工を行わざるを得ない。このため、工事用進入路を通行する車両台数が増加する。(4t級 約350台)	現地プラントにて製造した材料を、ポンプ圧送にて施工位置に搬入可能であるため、当初案と比較して通行車両の台数が少なく、近隣住民に対する影響は少ないと考えられる。(4t級 約20台)
	③ 用地境界に対する影響	抱き擁壁前面部の掘削影響範囲が敷地境界外となり、借地が必要となる。地権者との調整などで、工程面での影響が生じる。	側部保護壁が軽微な構造であるため、敷地外に対する影響がない。
全体工程		約2.5か月	約1.5か月
総合評価		△	○

表-6 気泡混合軽量土の物性

生比重 (kN/m <sup>3</sup> )	フロー値 (mm)	空気量 (%)	圧縮強度σ <sub>28</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
6.3±1.0	180±20	59.5±5	1.0

表-7 気泡混合軽量土の配合

配合	W/C (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					空気量 (%)	生比重 (kN/m <sup>3</sup> )
		セメント	練混ぜ水	砂	起泡剤	希釈水		
K0-10	82	353	264	0	1.03	23.69	59.5	6.3

事用進入路の構築に掘削土を利用するため、搬入土によりソイルセメント盛土を行わざるを得ない状況であった。しかし、土運搬時の搬入路は幅員が狭く、小型ダンプトラックによる運搬となり、通行車両の台数が大幅に多くなることが想定され生活道路の安全や生活環境確保の面から通行車両の台数増加は困難な状況であった。

4-2 気泡混合軽量盛土を使用した軽量盛土工(FCB)の検討

以上に述べた施工上の課題を踏まえ、生活環境への配慮および工期遅延回避から、当初設計案の代替案として、気泡混合軽量盛土工(FCB)を提案し、その適用性について比較検討を行った。比

較検討結果を表-5に示す。

4-3 気泡混合軽量盛土工(FCB)の仕様概要

FCBは、トンネル坑口部人工地山として使用することから、その目標強度として、通常用いられるq<sub>u</sub>=1N/mm<sup>2</sup>程度<sup>9)</sup>とした。また、使用材料は、日本道路公団指針<sup>9)</sup>に示される暫定配合表のうち、施工性(材料圧送性)、経済性を考慮し表-6,7に示す配合計画にて製造した。

FCB保護壁としてコンジョットパネル(ポリマー樹脂混入コンクリート板)、中空押し出し成形板(軽量コンクリートパネル)、残存型枠(コンクリート製薄型化粧型枠)などがあるが急峻でクレーンなどの重機が持ち込めない当現場の状況より以下



写真-6 和田TN東坑口FCB完成状況

の理由でコンポジットパネル工法を選定した。

- ・溶接工を必要とせず天候の影響を受けない。
- ・パネル重量27kgと軽量で人力組立てが可能。
- ・軽量形鋼支柱(防錆)使用で足場が必要ない。
- ・支柱継手金具などの組立て施工性に優れる。

#### 4-4 FCBの施工

FCBの施工において、気泡混合軽量土を現地プラントにて製造し、ポンプ圧送する必要があるが、東側坑口部にプラントを設置するスペースがなく、また材料搬入が地元協議の中で困難であるため、西側坑口部にプラントを設置しトンネル坑内より圧送(最大圧送距離 $L=160\text{m}$ )する施工方法を行った。

貫通手前約20mでいったんトンネル掘削を中止しインバート作業に切り替えた後、トンネル坑内側壁より、定置式クローラードリルを使用し、オールケーシング方式で東側坑口部に向かって水平ボーリング( $\phi 135\text{mm}$ ,  $L=26.5\text{m}$ , 削孔角 $+10^\circ$ )を削孔した。このボーリング孔を利用して圧送用配管( $\phi 100\text{mm}$ 塩ビ管)を設置し、気泡混合軽量土を打設した(図-2, FCB施工箇所参照)。

その結果、近隣の生活環境への影響を最小限に抑え、さらにソイルセメント盛土に比べ約1か月の工期短縮が図れた。またFCB区間のトンネル掘削については、FCBと地山の境界部が一部緩んでいたため坑内より注入式フォアボーリングを

施工し一体化を図った。以降の地山は安定しており偏土圧の作用やFCBの沈下などを示す変位は計測されずトンネル工程を遅延させることなく、無事貫通することができた。

## 5 おわりに

覆工コンクリートの流動性向上による充填性の改善により、補強鉄筋区間の密実性・緻密化の実現確認ができた。今後、断面変化部、妻部隅角部、箱抜き部などへの充填性向上により密実で品質、耐久性の向上した覆工コンクリートの施工が可能であると考えられる。

また、工事に隣接する生活道路への影響対策として、和田トンネル東坑口部の押さえ盛土をソイルセメントから貫通前にボーリング孔を利用した坑内搬送による気泡混合軽量盛土工(FCB)に工法変更し、生活環境への影響低減と工期の遅延を防ぐことができた。

最後に高充填コンクリートの現場適用にあたり技術的な助言をいただいた、(株)高速道路総合技術研究所道路研究部の方々に感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 馬場弘二・伊藤哲男：中流動覆工コンクリートの開発検討，土木学会第60回年次学術講演会講演概要，6-010，pp.19-20，2005.9.
- 2) 安部光史・川上正史：超流動コンクリートと普通コンクリートの打継ぎに関する一考察，土木学会第48回年次学術講演会講演概要，V-175，pp.376-377，1993.9.
- 3) 楠見正人・水町実：配水場施設築造における高流動コンクリートの適用，土木学会第58回年次学術講演会講演概要，V-551，pp.1099-1100，2003.9.
- 4) 馬場弘二・伊藤哲男・城間博通：トンネル覆工コンクリートの打重ねに関する実験的研究，土木学会論文集，No.735/VI-59，pp.65-74，2003.6.
- 5) 日本道路公団：気泡混合軽量土を用いた軽量盛土工法の設計・施工指針，1996.9.
- 6) 三嶋信雄・益村公人：FCB工法，理工図書，pp.122-123，2000.7.

# 施工

## 地すべり直下を大規模押さえ盛土と早期閉合で施工

### —三遠南信自動車道 三遠トンネル(引佐工区)—

国土交通省中部地方整備局浜松河川国道事務所建設監督官 松本 章  
 国土交通省中部地方整備局浜松河川国道事務所工務第二課設計係長 真弓 英大  
 清水・熊谷特定建設工事共同企業体所長 岡山 徹

## 1 はじめに

三遠トンネルは、長野県飯田市～静岡県浜松市三ヶ日町に至る延長約100kmの三遠南信自動車道引佐北IC(仮称)と鳳来IC(仮称)間に位置し、避難坑を併設する延長4,525mの道路トンネルである。避難坑は平成17年3月に掘削を開始し、平成19年11月に貫通した。本坑は平成17年7月に掘削開始し、現在施工中である。本トンネルの静岡県側引佐工区坑口付近には、地すべり地形が形成されており、トンネルはこの直下を通過する。このため、事前の地すべり対策とともに地すべり土塊への掘削影響を抑制するトンネル施工方法を採用し、これにより無事通過できた。

本稿では、引佐工区坑口付近で実施した地すべり対策方法およびトンネル施工状況と挙動特性について報告する。

## 2 工事概要

三遠トンネルは、愛知県側の鳳来工区と静岡県側の引佐工区に分かれており、引佐工区は本坑延長4,525mのうち1,719m、

避難坑延長4,537mのうち1,708mのトンネル工事である。本トンネルが通過する位置は、中央構造線が2本に分岐する特異な地域であり、北側の中央構造線細川断層、南側の中央構造線主断層間は中央構造線擾乱帯と呼ばれ、時代や形成過程の異なる岩石が断層に揉み込まれるように分布している(図-1)。このため、引佐工区においては、避難坑を約300m先行させて地質を確認し、計測結果とあわせて地山性状、挙動特性を把握、評価し、本坑施工に反映させた。

また、坑口部には地すべりが存在し、坑口から1,200m付近より大規模な押し出し性蛇紋岩が出現、これが中央構造線主断層まで続くトンネル工事であった<sup>1)</sup>。

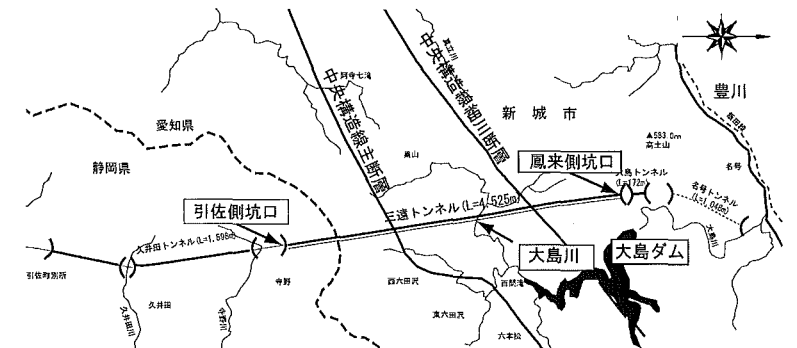


図-1 三遠トンネル位置図

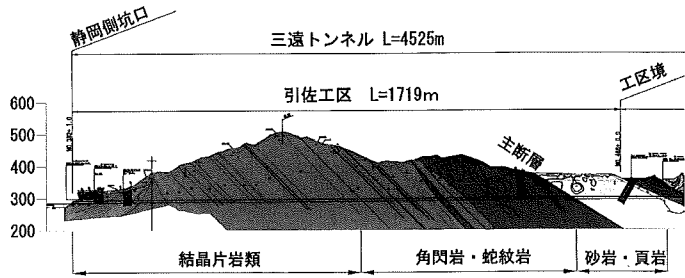


図-2 地質縦断面図(静岡側引佐工区)

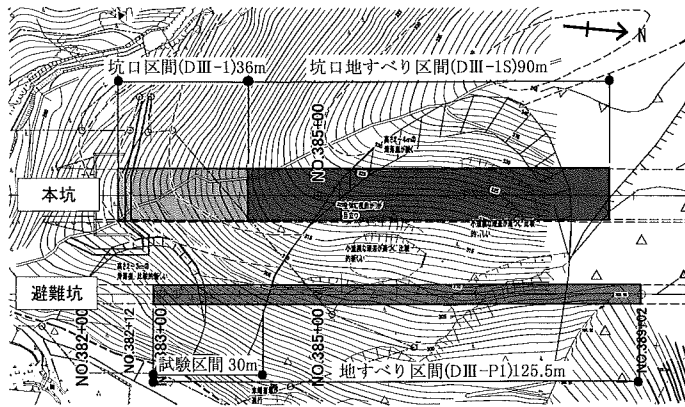


図-3 坑口平面図(静岡側引佐工区)

### 3 地形・地質概要

#### 3-1 地質

坑口から900m付近までは、三波川結晶片岩類の泥質片岩・砂質片岩・緑色片岩、この奥は蛇紋岩化した部分を含む角閃岩、1,200~1,500m付近は蛇紋岩、1,720m付近までは中央構造線主断層破砕帯と七郷一色層砂岩・頁岩が分布する(図-2)。

坑口付近は、先白亜系の結晶片岩類を基盤とし、これを被覆して谷部や斜面裾付近に崖堆積物が緩斜面部に地すべり土塊が分布する。結晶片岩類は、泥質片岩が主体であり、砂質片岩、緑色片岩なども確認された。切羽では、岩塊状~レンズ状で挟まれた状態で出現し、連続性に乏しかった。泥質片岩は、片理が発達し、片理面が鏡肌となっていたため開口しやすく、剥離性に富んでいた。地すべり土塊は、基盤の結晶片岩起源の崩積土または移動土塊で、泥質片岩、緑色片岩の岩片を混在する土砂からなる。

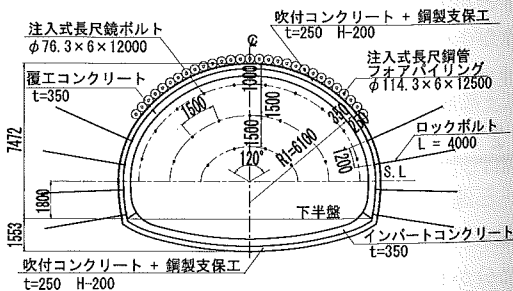


図-4 地すべり区間本坑支保構造概要(DIII-1S)

#### 3-2 地形

トンネル坑口部は、トンネル軸方向に延びる尾根部に位置し、本坑は尾根の中心部に、避難坑は尾根の東側に位置する(図-3)。坑口から約90m付近までは土かぶり厚が2倍掘削幅以下で偏土圧地形である。尾根の東側には、古い滑落崖が存在し、斜面内には比高50cm程度以下の段差地形や樹木の規則的な根曲がりが多く認められ、馬蹄形の地すべり地形を呈している。

### 4 トンネル構造概要

#### 4-1 本坑

坑口地すべりDIII-1S区間では、地

表-1 地すべり区間本坑構造仕様

支保パターン	DIII-1S
土かぶり厚	25~35m
区間延長	90m
地山強度比	>2
内空縦横比	0.68
変形余裕	0 cm
覆工コンクリート	単鉄筋, t=350, 18N/mm <sup>2</sup>
インバートコンクリート	単鉄筋, t=350, 18N/mm <sup>2</sup>
吹付けコンクリート	t=250, 18N/mm <sup>2</sup>
鋼製支保工	H-200
ロックボルト	L=4 m, 170kN以上
早期閉合部材	吹付けコンクリート (t=250, 18N/mm <sup>2</sup> ) 鋼製支保工(H-200)

表-2 補助工(本坑DIII-1S)

長尺先受け工: 注入式長尺鋼管フォアパイリング
・1 シフト長: 9 m
・施工数量: 29本/シフト
・鋼管配置: アーチ部120°に450間隔
・規格・寸法: φ114.3, t=6, L=12.5m(STK400)
・注入材料: 岩盤固結剤(シリカレジン)
鏡補強工: 注入式長尺鏡ボルト
・1 シフト長: 9 m
・施工数量: 19.5 本/シフト
・鋼管配置: 上半切羽鏡, 半径と周方向に1.5m間隔
・規格・寸法: φ76.3, t=6, L=12.0m(STK400)
・注入材: セメント系急硬混和材(超微粒子)
鏡補強工: 鏡吹付けコンクリート
・吹付け厚: t=5 cm, 18N/mm <sup>2</sup>

表-3 地すべり区間避難坑構造仕様

支保パターン	DIII-P1
土かぶり厚	15~20m
区間延長	125.5m
地山強度比	>2
内空縦横比	0.85
変形余裕	0 cm
覆工コンクリート	単鉄筋, t=200, 18N/mm <sup>2</sup>
インバートコンクリート	単鉄筋, t=200, 18N/mm <sup>2</sup>
吹付けコンクリート	t=150, 18N/mm <sup>2</sup>
鋼製支保工	H-125
ロックボルト	L=3 m, 170kN

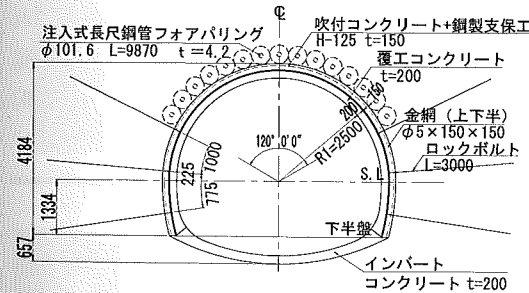


図-5 地すべり区間避難坑支保構造概要

すべり直下の脆弱地山の施工となるので、「高耐力支保構造仕様の早期閉合による支保の軸力閉構造化で支保耐力の早期発現と掘削影響域の深部進展を抑制する」を基本とし、坑口標準パターンDIII-1をもとにして支保構造仕様を定めた(表-1, 図-4)。

補助工は、鏡吹付け工を基本とし、注入式長尺

表-4 補助工(避難坑DIII-P1)

長尺先受け工: 注入式長尺鋼管フォアパイリング
・1 シフト長: 6 m
・施工数量: 15本/シフト
・鋼管配置: アーチ部 120°に 450間隔
・規格・寸法: φ101.6, t=4.2, L=9.87m(STK400)
・注入材料: 岩盤固結剤(シリカレジン)
鏡補強工: 鏡吹付けコンクリート
・吹付け厚: t=5 cm, 18N/mm <sup>2</sup>

鋼管フォアパイリングを採用し、アーチ部改良体を形成、支保施工までの間の掘削面を保持し、設計品質を確保する。また、注入式長尺鏡ボルトによる切羽鏡の安定確保により、先行変位の抑制と施工を確実にする。

#### 4-2 避難坑

坑口30m間に試験区間を設け、支保構造体の力学安定性や挙動特性を評価し、地すべりDIII-P1区間の支保構造仕様と施工方法の適用性を確認する。また、地すべり直下の脆弱地質のトンネル施工であるので、インバート工による断面閉合を基本とする(表-3, 図-5)。

補助工は、鏡吹付け工を基本とし、注入式長尺鋼管フォアパイリングを採用、アーチ部改良体を形成し、支保施工までの間の掘削面を保持することにより設計品質を確保する。

### 5 地すべり対策

地すべりの規模は、長さ100m、幅70m、深さ12~15mを想定している(表-5)。想定地すべり線までの離れは、本坑肩部で約14m、避難坑で約4mである。

地下水位は、すべり面直上付近にあると想定されるが、常時あるかどうかは不明である。トンネル施工前の地すべり土塊は、3か月間の動態観測結果から、停止状態にある。これらのことから、地すべり対策は、トンネル施工前の押さえ盛土による地すべり滑動の抑止とし、地すべり主測線での安定計算で抑止力を算定<sup>2)</sup>し、押さえ盛土の規模を決定した。

本坑施工時の計画安全率1.20以上を確保するのに必要とする押さえ盛土高は、想定すべり線を盛

表-5 地すべり諸元

地すべり型	風化岩地すべり
地すべり土塊	結晶片岩起源の崩積土, 移動土塊
地すべり位置	No.384+10~No.388+10(本坑)
地すべり規模	長さ(100m), 幅(70m), 深さ(12~15m)
すべり面傾斜	28°
運動状況	停止(平成17年3~5月の動態観測)
地下水位	すべり面直上付近を想定
トンネルと想定地すべり線離隔	本坑(天端16.4m, 肩13.7m) 避難坑(天端5.2m, 肩4.3m)



図-6 地すべり主測線での計画安全率と押さえ盛土高

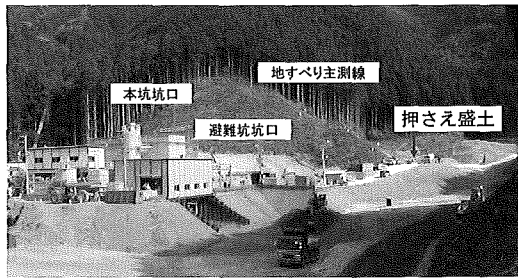


写真-1 引佐工区坑口全景(地すべり主測線)

土の中, 盛土の上についても考慮するとFH=290mと算定され, トンネル施工に先行して, この高さまで押さえ盛土を施工した(図-6, 写真-1).

## 6 計測工概要

本坑, 避難坑のトンネル支保構造仕様の照査とトンネル挙動特性の把握および地すべりへの掘削影響評価を目的に, 計測工A, Bを実施する. 計測工A断面は, トンネル軸方向10m間隔に設け, 1断面あたりの測点数は5点とし, 三次元変位計測システムを用いて, 吹付けコンクリート表面に取付けた測点の鉛直・水平方向絶対変位を12~24時間ごとに測定する.

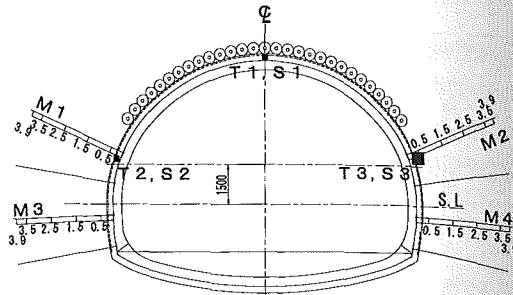


図-7 計測工B計器配置概要(本坑)

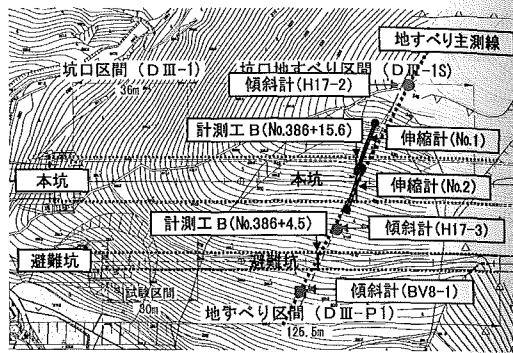


図-8 計器配置概要(地すべり主測線)

計測工Bは, 図-7に示すように, 支保部材応力測定を基本とする計器配置とし, 計測断面は地すべり主測線直下の本坑, 避難坑に設ける. 地すべり動態計測では, 地すべり主測線断面に, 本坑, 避難坑を挟んで孔内傾斜計による水平変位測定を3測線設ける. また, 本坑直上の地表斜面とこれの山側に, 伸縮計を2測線設置し, 地すべりを監視するとともに挙動特性を把握, 評価する(図-8).

## 7 施工方法と施工結果

### 7-1 施工方針

避難坑を先行させ, ここでのトンネルを含めた地山挙動特性を評価し, 本坑施工に反映させる. 地すべり直下のトンネル施工は, 避難坑試験区間30m, 本坑坑口DⅢ-1区間36mのインバート工完了後に開始する(図-9). 地すべり直下の本坑掘削では, 過大な変位や支保構造体の変状・破壊などの発生, 地すべり誘発が危惧されるので, 計測工A, Bによる動態計測のもと, 早期閉合でトンネル支保構造体の力学的安定を確保し, 地すべりへの影響を抑制する.

### 7-2 避難坑工事

#### 7-2-1 施工状況

坑口地すべりDⅢ-P1区間の施工延長は, 試験区間30mとこの以奥95.5mの125.5mである. 施工方法は, 施工単位を1mとするタイヤ方式全断面

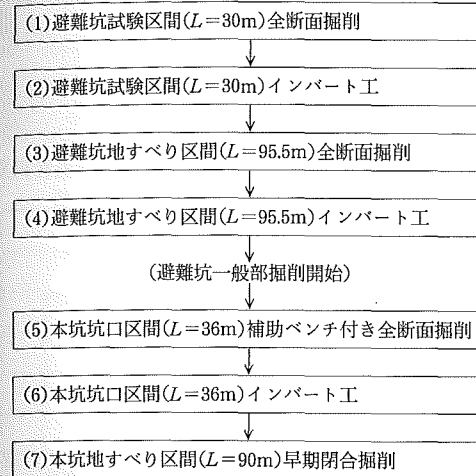


図-9 坑口地すべり区間施工順序

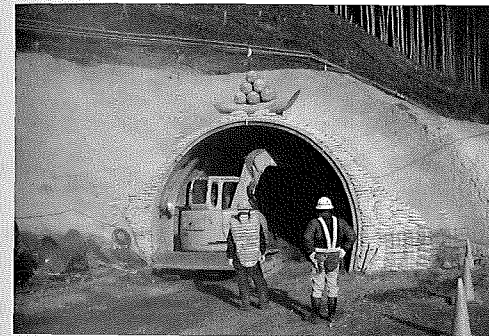


写真-2 避難坑坑口DⅢ-P1掘削状況

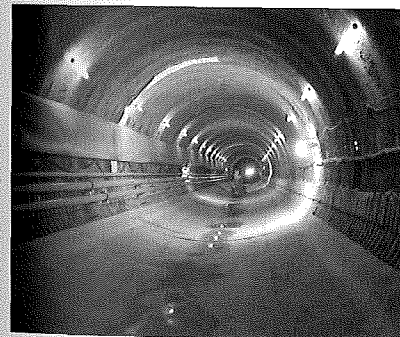


写真-3 避難坑坑口DⅢ-P1坑内全景(インバート完了)

掘削である(写真-2). 施工時に, 支保構造体や地すべり土塊に不安定挙動が現れた場合は, 切羽から2m以内で早期閉合する. 試験区間では, 補助工の併用により切羽の自立度は高く, 早期閉合なしで支保構造体の力学安定が確保できたので, この以奥は, 試験区間と同様の支保構造と施工方法で施工した.

#### 7-2-2 避難坑挙動特性

避難坑地すべり区間の施工完了後(H.18/3/30)と本坑地すべり区間の施工完了後(H.18/7/31)および地表変位収束後(H.19/11/30)(以後, それぞれ「避難坑後」「本坑後」と呼ぶ)の避難坑地すべりDⅢ-P1区間のトンネル変位を図-10に示す. これから, 以下のことがわかる.

- ① 地表変位収束後の天端は, 地すべり主測線15m手前の計測工断面において, 最大14mm沈下する. 内空変位は, 最大10mm内空側に変位するが, 計測工5断面において, 避難坑断面が広がる方向に変位する.
- ② 地すべり主測線の坑口側15m間において, 天端は, 本坑後から地表変位収束後までの間に, 約4mm沈下する. 地すべり主測線の約20m奥側位置から30m間では, 避難坑後に5~12mm上向きに変位するが本坑後は下方に変位し, 地表変位収束後までの間に, 10~18mm沈下する.
- ③ トンネル中心間距離は約25m離れているが, 天端沈下, 内空変位ともに, 本坑掘削影響が大きく現れる.

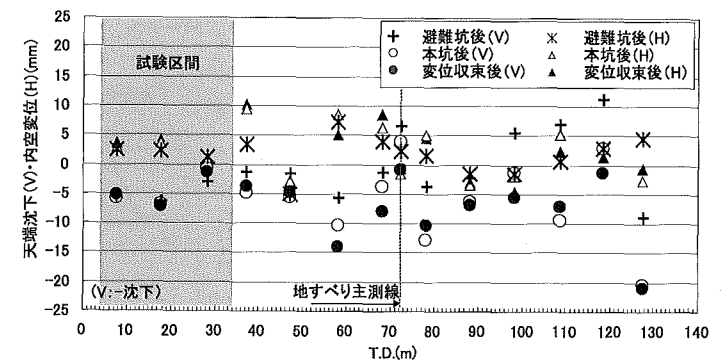


図-10 トンネル変位(避難坑)

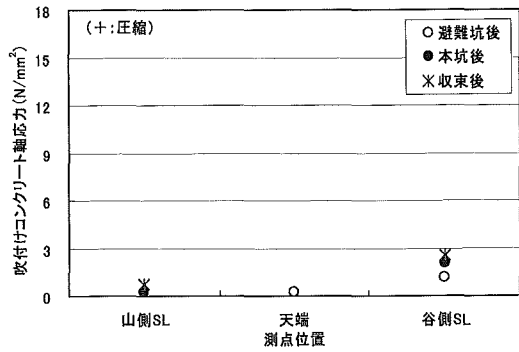


図-11 吹付けコンクリート軸応力(避難坑)

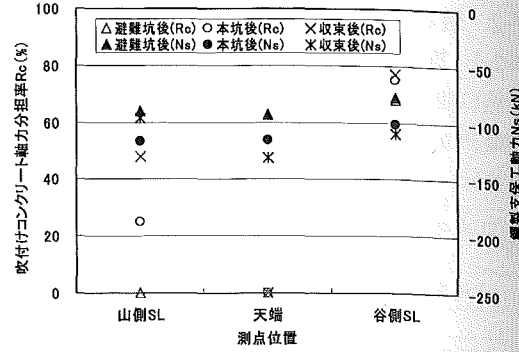


図-12 吹付けコンクリート軸力分担率(避難坑)

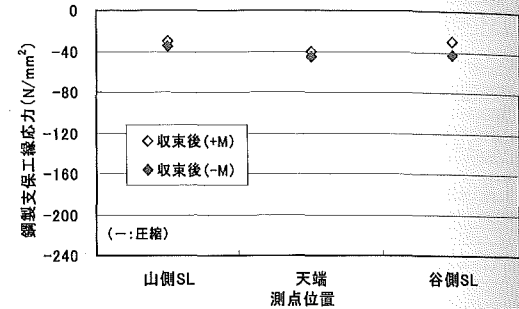


図-13 鋼製支保工縁応力(避難坑)

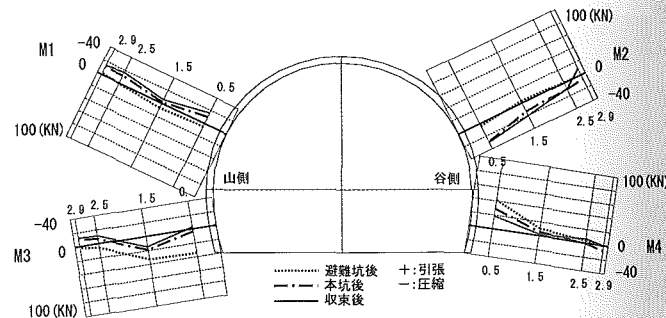


図-14 ロックボルト軸力分布(避難坑)

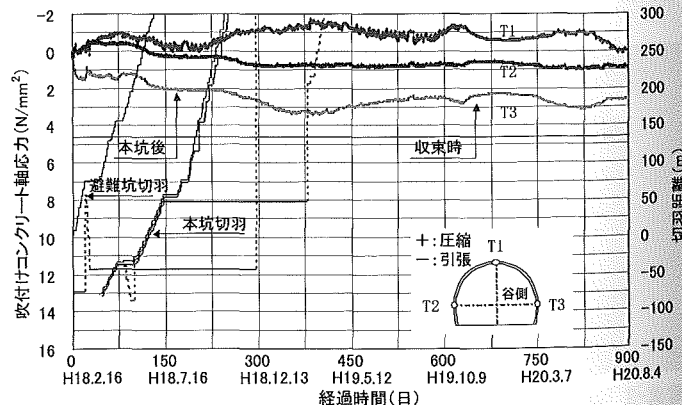


図-15 吹付けコンクリート軸応力経時変化(避難坑)

### 7-2-3 支保構造安定性

地すべり主測線に設けた計測工B断面での避難坑後と本坑後および地表変位収束後の吹付けコンクリート軸応力と支保部材軸力に対する分担率を図-11, 12に示す。鋼製支保工縁応力を図-13に、ロックボルト軸力分布を図-14に示す。また、吹付けコンクリート軸応力経時変化を図-15に示す。これらから、以下のことがわかる。

- 吹付けコンクリート軸応力は、最大2.6N/mm<sup>2</sup>の圧縮となり、圧縮強度18N/mm<sup>2</sup>の約15%で安定する。本坑後は、傾斜地形の影響を受け、天端部は除荷され、谷側は倍加する。
- 鋼製支保工は、軸力が卓越し、避難坑後に80~93kNの圧縮力が発生する。また、本坑後に、約25kN増加する。縁応力の最大値は、46N/mm<sup>2</sup>の曲げ圧縮である。
- 天端部吹付けコンクリートの荷重分担は小さく、鋼製支保工が負担する。谷側SL部では、吹付けコンクリートが支保部材発生軸力の70%を分担する。山側SL部では、切羽進行とともに吹付けコンクリート分担率は増加し、地表変位収束後は約50%を分担する。
- ロックボルト軸力は、本坑後に、肩部2測線で20~30kNの圧縮を受ける。側部の2.5m以深では圧縮力であるが、深度0.5~1.5mは



写真-4 切羽崩壊状況(本坑坑口DIII-1掘削時)

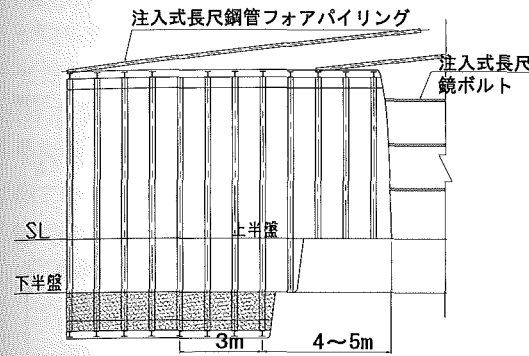


図-16 本坑掘削方法(DIII-1S)

20kNの引張である。

- 本坑後の天端と谷側測点の吹付けコンクリート軸応力は、地表降雨などの影響を受け、変動幅2~1N/mm<sup>2</sup>の逆モードで変動する。山側測点では、変動幅は小さく、一定値で推移する。

### 7-3 本坑工事

#### 7-3-1 施工方法

掘削工法は、切羽直近でトンネル完成形三心円構造が形成できる補助ベンチ付き全断面掘削である。坑口区間DIII-1では、掘削の初期に、切羽崩壊が生じたが、補助工法の併用により、確実な施工ができた(写真-4)。

地すべり区間DIII-1Sでは、上半切羽から1倍掘削幅(1D)以内の早期閉合で、トンネル支保構造体の力学的安定を確保し、地すべりへの掘削影響を抑制する。断面閉合の施工単位は3mとし、上半切羽から7~8mの範囲内で、上・下半3m進行ごとに断面閉合する補助ベンチ付き全断面掘

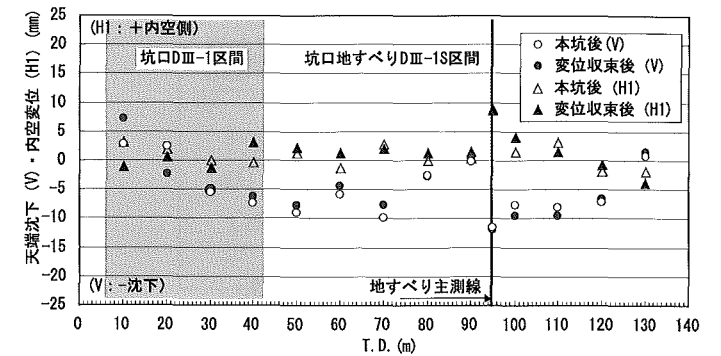


図-17 トンネル変位(本坑)

削の早期閉合である(図-16)。

#### 7-3-2 本坑挙動特性

坑口DIII-1と地すべりDIII-1S区間の本坑後と地表変位収束後のトンネル変位を図-17に示す。これから、以下のことがわかる。

- 地表変位収束後の天端沈下は、8~12mmの変位である。内空変位は、-4~9mmの変位である。早期閉合によりトンネル支保構造体の安定度は高まり、計測工断面間での内空変位差は小さいが、天端沈下差は傾斜地形の影響を受けて大きい。
- 地すべり主測線断面では、天端沈下、内空変位ともに最大値を示し、-12mmの天端沈下、9mmの内空断面縮小で収束する。

#### 7-3-3 支保構造安定性

地すべり主測線に設けた計測工B断面での本坑後および地表変位収束後の吹付けコンクリート軸応力と支保部材軸力に対する分担率を図-18, 19に示す。

鋼製支保工縁応力を図-20に、ロックボルト軸力分布を図-21に示す。

また、換算背面土圧と吹付けコンクリート軸応力経時変化をそれぞれ図-22, 23に示す。

これらから、以下のことがわかる。

- 吹付けコンクリート軸応力の最大値は、天端部で発生し2.2N/mm<sup>2</sup>の圧縮となり、圧縮強度18N/mm<sup>2</sup>の約12%で安定する。
- 本坑後の鋼製支保工軸力は、380~480kNの圧縮である。地表変位収束後は、傾斜地形の影響を受け、山側は、増加傾向は見られな

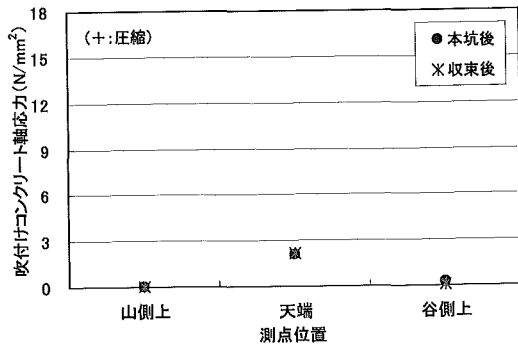


図-18 吹付けコンクリート軸応力(本坑)

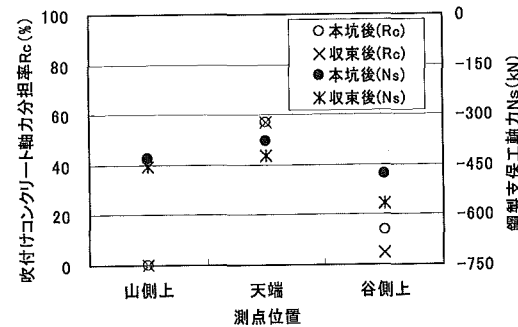


図-19 吹付けコンクリート軸力分担率(本坑)

い、谷側は、約100kN増加し、570kNの圧縮力が発生する。縁応力の最大値は、120N/mm<sup>2</sup>の曲げ圧縮である。

③ 天端部の吹付けコンクリートは、支保部材発生軸力の約60%を分担する。谷側上部では5%を分担し、山側では鋼製支保工が負担する。

④ ロックボルト軸力は、本坑後の状態で推移し、最大値は深度1.5~2.5mに現れ、60~70kNの引張力である。

⑤ トンネル支保構造体に作用する換算背面土圧は、60~90kN/m<sup>2</sup>が推察され、谷側上部がもっとも大きい。

⑥ 吹付けコンクリート軸応力は、地表降雨や傾斜地形などの影響を受け、変動幅1N/mm<sup>2</sup>で変動する。

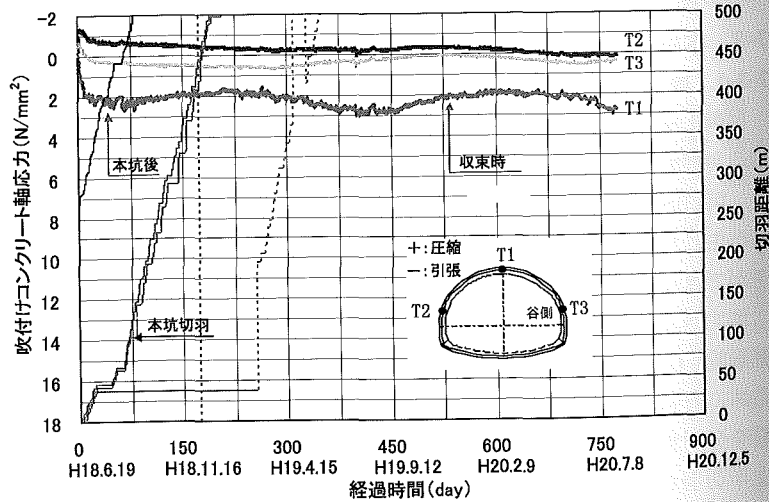


図-23 吹付けコンクリート軸応力経時変化(本坑)

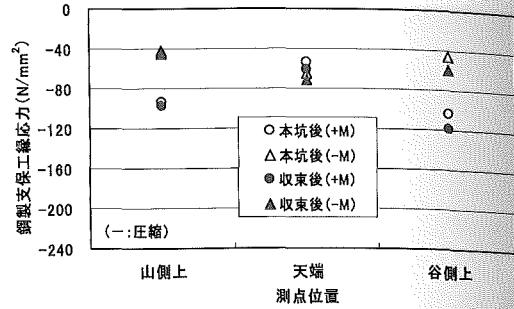


図-20 鋼製支保工縁応力(本坑)

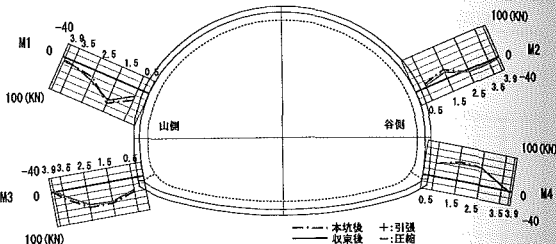


図-21 ロックボルト軸力分布(本坑)

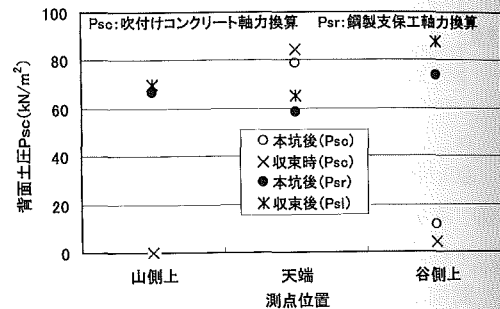


図-22 換算背面土圧(本坑)

### 7-4 地すべりへのトンネル掘削影響

避難坑施工に先行して、押さえ盛土を計画高FH=290mまで施工した。さらに、本坑地すべりDIII-1S区間の施工を完了し、本坑切羽がさらに約100m進行した約2か月後から、この押さえ盛土の上に、本坑掘削ずりを盛土した。

これらの施工過程下での地すべり主測線断面における傾斜計データからの水平変位分布は、避難坑施工開始日(H.18/1/16)を初期値として、避難坑施工完了後(H.18/3/30)、本坑施工完了後(H.18/7/31)と地表変位収束後(H.19/11/30)の3段階について図-24に示す。また、地すべり主測線断面での本坑と避難坑の中間位置における傾斜計(H17-3)からの各測定深度の水平変位の経時変化を図-25に示し、本坑直上の地表斜面とこれの山側での伸縮計による地表斜面伸縮量の経時変化を図-26に示す。これらから、地すべり挙動として、以下のことがわかる。

① トンネル掘削影響は、想定すべり線である深度12~13m位置に、地すべり土塊の谷側への移動として現れた。水平方向最大移動量は、トンネル間中央付近の地表に現れ、18mmであっ

たが、押さえ盛土の先行施工により、地すべり斜面の力学的安定は確保できた。

② トンネル間中央の深度12m位置の地すべり土塊は、避難坑施工により、谷側に1.5mm移動した。本坑坑口DIII-1の延長34mの本坑施工後は、さらに谷側に移動し、4.8mmになった。本坑切羽通過以前の本坑地すべり区間施工時は、顕著な増加傾向は見られない。本坑切羽通過後は、切羽進行とともに谷側に大きく移動し9.5mmに達した。また、切羽通過6か月後に、13mmの谷側への移動で停止した。

③ 地表から15m位置の岩盤内では、本坑切羽通過以前に0.4mm谷側に移動し、本坑切羽通過時に微増し、0.5mmになった。本坑切羽が38m進んだ時点から増加傾向を示し、地すべり区間本坑掘削完了後に谷側への2.0mmの移動で停止した。

④ 地表から25m位置の深部岩盤では、本坑切羽通過以前に谷側に1.0mm移動するが、本坑切羽通過時に反転し、谷側への0.3mmの移動となり、この状態で停止した。

⑤ 本坑直上のトンネル断面方向地表斜面は、

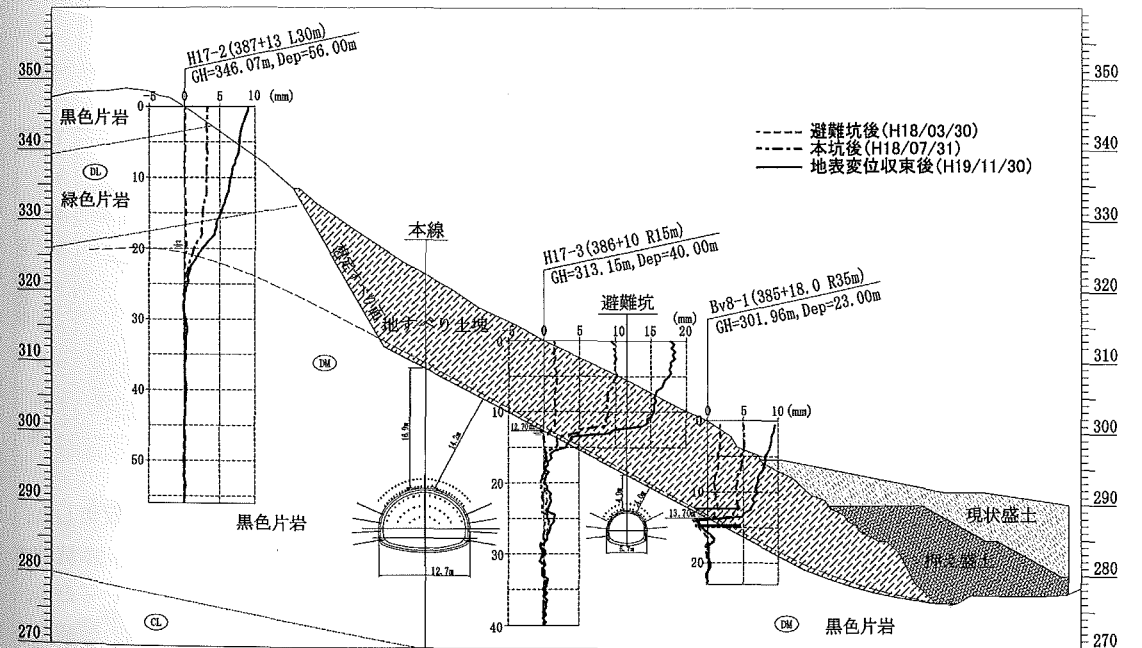


図-24 地すべり主測線断面での水平変位分布(傾斜計)

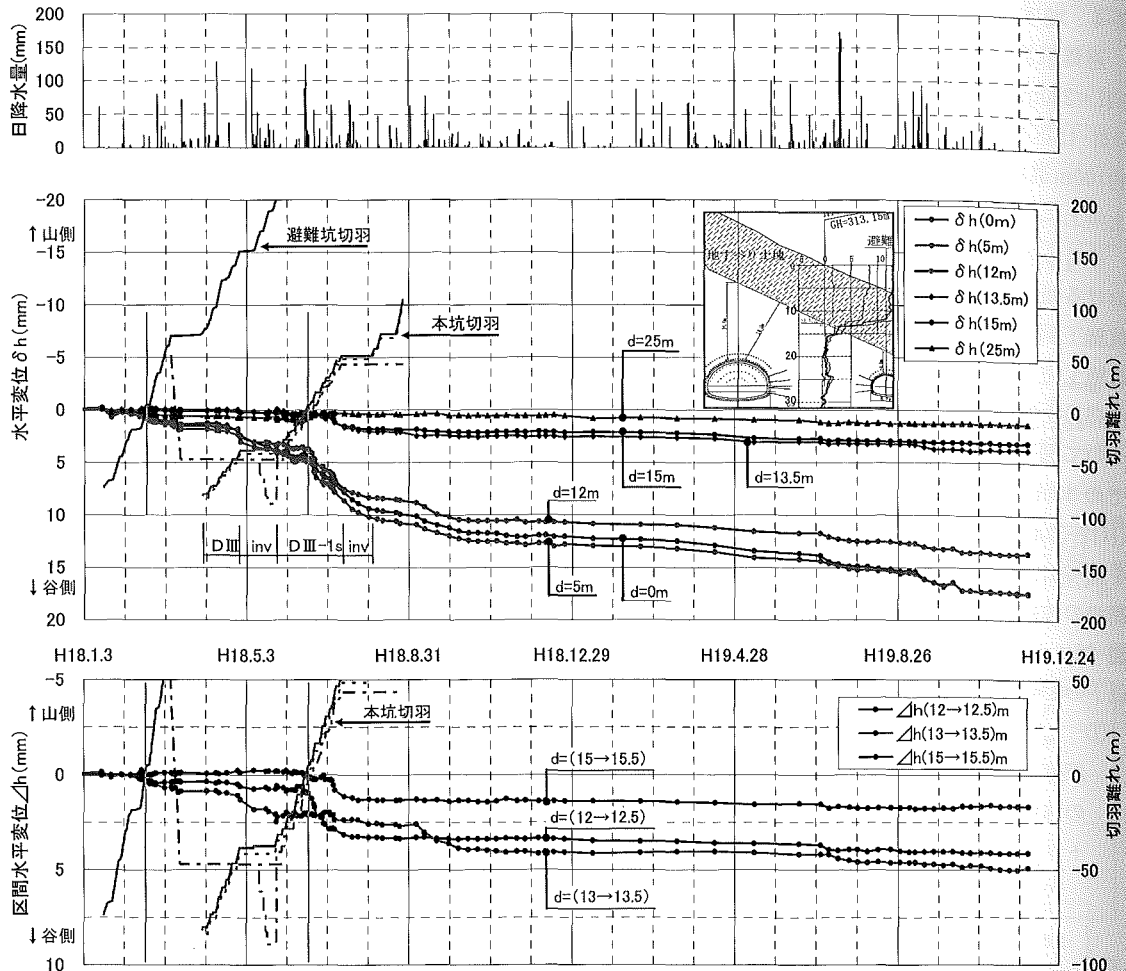


図-25 各深度の水平変位経時変化(傾斜計H17-3)

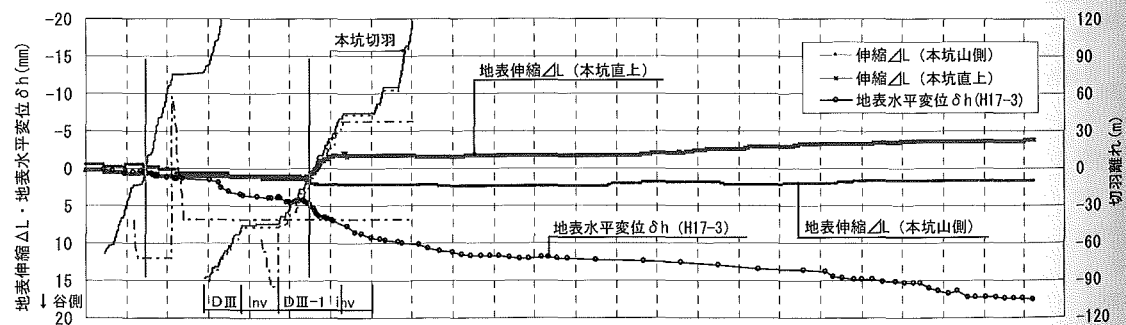


図-26 地表斜面の伸縮量経時変化(地すべり主測線)

本坑切羽通過以前は1.2mmの伸びであった。これが本坑切羽通過時に反転し、地すべり区間本坑掘削完了後は1.8mmに縮み、いったん収束した。これより山側の地表斜面では、本坑切羽通過以前は1.8mmの伸びであったが、

切羽通過後もこの状態を継続し、収束した。  
 ⑥ 地すべり土塊の谷側への移動は、本坑地すべり区間の掘削完了6か月後に、いったん、停止した。その後、集中降雨などの影響をうけ、再び移動し始めたが、切羽通過約16か月

後に17.5mmの谷側への移動で収束した。この段階での地すべり土塊の累積変位量は0.5mm/月であり、地表面変位管理基準値の継続的観察を必要とする変動Cレベル(0.5~2mm/月)に比べて小さい<sup>3)</sup>。

ができた。さらにこれによる力学挙動特性が明らかになり、この施工方法の有効性が示された。

最後に、三遠トンネル工事は、平成17年3月より鳳来工区避難坑の掘削を開始し、平成19年11月に貫通、現在、引佐工区本坑を鋭意施工中であり、実施工にあたり、三遠・佐久間道路施工検討委員会(委員長：今田徹・東京都立大学名誉教授)と関係者の方から貴重なご意見をいただいた。また、地すべりの安定性については、地すべり学会顧問：藤田壽雄先生にご助言をいただき、ここに記して感謝する次第である。

### 8 おわりに

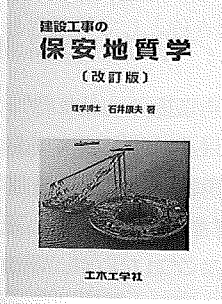
静岡県側引佐工区の坑口付近は、地すべり地形を呈しており、トンネル施工に先行して押さえ盛土を施工した。この区間は、地すべりへの本坑掘削影響を考慮し、切羽から約7~8mの離れで断面閉合する補助ベンチ付き全断面掘削の早期閉合で施工した。

これらの実施により、計画どおりのトンネル支保構造体の力学的安定が確保できた。また、トンネル掘削影響は、地すべり土塊の谷側への移動として観測されたが、事前の押さえ盛土により、地すべり土塊の安定が確保でき、安全・確実な施工

### 参考文献

- 1) 秋田修・真弓英大・玉井昭雄・岡山徹：中央構造線擾乱帯を貫く、三遠南信自動車道 三遠トンネル、トンネルと地下、Vol.39, No.10, pp.17-27, 2008.10.
- 2) 日本道路公団：設計要領第一集、平成10年度版。
- 3) 日本道路協会：道路土工、のり面工・斜面安定工指針、p.116, 1999.3.

ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!



理工書の  
**保安地質学**  
(改訂版)  
石井康夫 著  
工務工学社

建設工事の


# 保安地質学

(改訂版)

理学博士 石井康夫 著

A 5判 上製本 475頁 価格6,300円 円340円

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



**株式  
会社 工務工学社**

〒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



## ■磨き砂の採掘跡

磨き砂と言っても、最近では量産の化学系洗剤などが普及してほとんど使われなくなってしまったが、かつては家庭用として鍋や釜を洗うためにごく一般的に使われていた天然材料である。磨き砂は洗剤のほか、米や麦を石臼などで搗く際に、外皮をむきやすくするためにも用いられたが、精米・精麦機の高性能化によって、こちらの用途からも姿を消してしまった。

この磨き砂の原料は、固結度の低い凝灰岩(火山灰)で、重機を使用した露天掘りが可能となるまでは、炭坑のように地層に沿って坑道を掘りながら採取していた。このため、磨き砂の産地には採掘跡としての地下空間が残され、そのほとんど



写真-1 三重県津市にある磨洞温泉・涼風荘(右)と坑道の入口(左)

が廃坑として放置されたままになっている。今回は、この磨き砂の廃坑を再利用したユニークな施設として三重県津市の磨洞温泉を紹介してみたい(写真-1)。

## ■地場産業としての磨き砂

磨き砂に適した火山灰層は、全国各地に分布しているとされるが、中でも伊勢湾を中心とした愛知県、岐阜県、三重県の周辺は、磨き砂の産地として知られている。とりわけ、三重県津市の半田、青谷、久居などに分布している鮮新世～更新世前期の奄芸層群下部の楠原挟炭層には、阿漕火山灰層と称する推定460万年前の火山灰層が堆積しており、古くから良質な磨き砂として珍重されていた。

これらは、「伊勢砂」「半田砂」などのブランド名で呼ばれ、東海地方はもとより、遠く北陸地方、近畿地方、中国地方、四国地方などへも出荷された。津市周辺における磨き砂の採取がいつ頃から行われていたのかは明らかではないが、明治時代の初期にはすでに採掘が行われ、最盛期の1948(昭和23)年には年間約3千トンが生産されていたと伝えられる。

磨き砂の採集方法は、ツルハシやクワを用いた手掘りで行われていたが、軟らかい地層であったため比較的容易に掘ることができた。また、自立

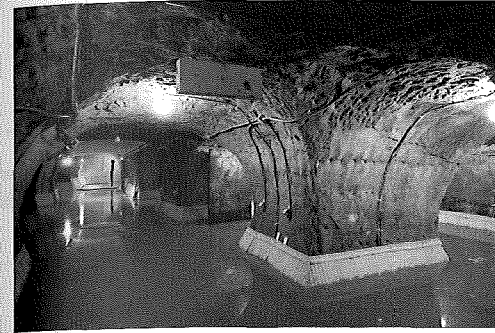


写真-2 地下工場として利用されていたと思われる坑道

性も良好であったため、掘削面は素掘りのままであったが、地下水には悩まされたようである。掘削した磨き砂は、モッコやトロッコを利用して坑外へ運び出され、細かく砕いて2か月程度天日干しをしたのち、ふるいにかけて袋詰めされた。

磨き砂の坑道はどのくらいの規模で広がっているのかはもはやわからないが、一説では半田地区周辺だけでも総延長20kmに及ぶと言われている。太平洋戦争中は、空襲を避けるため約2万㎡が三菱航空機の地下工場などに転用されたが(写真-2)、終戦後はマッシュルーム栽培に用いられた程度で現在に至っている。このため、古くなった坑道の崩落が懸念されており、2006(平成18)年7月には実際に道路や住宅が陥没する被害が発生して、亜炭の採掘跡とともにその跡地処理が問題となっている。

## ■廃坑から温泉へ

この磨き砂の坑道を再利用した温泉旅館が、津市半田にある「磨洞温泉・涼風荘」である。市内で旅館を経営していた創業者の伊藤文二は、夏は涼しく、冬は暖かい廃坑の再利用を思いつき、1962(昭和37)年、ここに温泉旅館を建設して、浴室や釣堀、卓球台などを備えて宿泊客に提供した。そして、磨き砂を採掘した洞穴という意味をこめて、当時の三重県知事・田中覚によって「磨洞温泉」と名付けられた。

磨洞温泉は、津市西郊ののどかな田園地帯の一角にあり、その近くの小丘陵のふもとに、坑道の

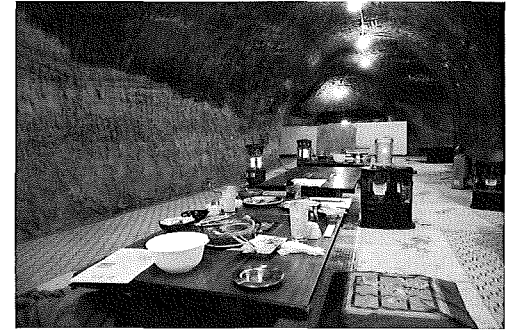


写真-3 素掘りのままの坑内ではお座敷で食事を楽しむことができる

入り口がある。現在、坑内は入り口方の250mほどが利用されているのみであるが、かつてはさらにその奥へ坑道が延び、4層にわたって掘削が行われていたと伝えられる。掘削面の一部はコンクリートで補強されているものの、ほとんどは素掘りのままで、表面にはツルハシの跡も生々しく残っている。

残念ながら、名物だった洞窟風呂や釣堀といった施設はすでに廃止されており、今は洞内で食事をするのみとなっている(写真-3)。坑道は、地下工場に転用された際に整備されたようで、斜坑の両側の各室に座敷が設けられ、自慢の山海焼きや松阪牛、牡丹鍋、鹿鍋などの料理を味わうことができる。

温泉は、半田から西へ14kmほど離れた白山温泉(津市白山町佐田)の湯を運搬して利用しており、アルカリ泉特有の肌がツルツルする感覚を楽しむことができる。また、宿泊のみならず、食事や入湯のみでも利用可能である。かつては、廃坑を利用した「美女の里」という観光施設も近隣にあったようだが、現在も営業を続けているのは涼風荘のみとなってしまった。

この近辺の磨き砂は、ほとんど採掘され尽くしてしまっていたが、今も細々と生産が続けられており、義歯の製作や金属の研磨加工、水槽やプールの洗浄などに利用されているほか、化学洗剤の使用できない場所などで使い続けられているとのことである。ちなみに磨き砂は、涼風荘の売店で1袋100円で購入することができる。

# 土木情報 No.429

今月の主な入札結果  
(1月10日～2月9日)

事業主体	工 事 名	請 負 会 社	請負額 単 位 百 万 円
沖縄総合事務局	座津武T	清水建設	875
中国四国農政局	吉野川下流域農地防災事業北部幹線水路(松工区その5)	間組	271.8
北海道開発局	樺戸(二期)農業水利事業新雨竜注水工学園T	間組	1,478
関東地整	付替国道145号久森T	株木建設	522
"	付替国道145号(三平地区)函渠他	岩崎工業	275
"	日本橋地下歩道	三井住友建設	951.7
"	付替県道7号T	日本国土開発	1,757
"	H20・21・22国道17号与野共同溝その4	不動テトラ	545.3
中部地整	156号岩田山T	佐藤工業	2,430
"	23号蒲郡BP坂本T	前田建設工業	1,067.8
東北地整	国道115号荻平T	大林組	2,395
"	国道7号摩当山T(北秋田工区)	清水建設	2,013
首都高速道路	KJ124工区(3-2)～KJ132工区(2-1)立坑躯体及び調整層	大成・鹿島・戸田JV	2,130
阪神高速道路	三宝第3工区(その1)開削T	大林組	4,137.7
栃木県	主地川保温泉川治線上栗山T(仮称)本体建設	飛島・斎藤・大岩JV	1,238.55
山梨県	一般国道137号(河口二期バイパス)2号T(仮称)	タカムラ・富士急・芙蓉JV	875
都・下水道局	港区南麻布一, 二丁目付近再構築その3	大林道路	211.8
"	墨田区押上一丁目, 横田二丁目付近再構築	大日本土木	650
"	豊島区南池袋二, 三丁目付近再構築	株木建設	518.8
都・財務局	環2地下T(仮称)築造(20一環2西新橋工区)	銭高・大日本・アイサワJV	4,477
三重県	宮川流域下水道(宮川処理区)宮川幹線(第8工区)管きょ	森・宮本JV	775
京都府	桂川右岸流域下水道幹線管渠(雨水北幹線洛西・寺戸-4接続施設)	金下・京都現代JV	675.4
水戸市	国補公下桜川遮集幹線改築	田口・大山JV	113
横浜市	南部処理区蒔田地区下水道再整備(その11)	土志田建設	155
"	中部処理区千代崎地区下水道再整備(その7)	新栄重機土木	129.57
"	戸塚駅前地区中央土地区画整理事業都計道柏尾戸塚線道路本体築造(その6)	土志田建設	194.75
川崎市	宿河原2号雨水幹線その2	重田・大山JV	270
横須賀市	下町浄化センター雨水導水管築造	京急建設	122
茅ヶ崎市	公下萩園地内外(雨水)通常20-4	浅岡建設	104.76
"	" 鶴が台地内(雨水)通常20-2	亀井工業	109.75
"	" 浜竹4丁目地内外(雨水)通常20-1	浅岡建設	111.26
厚木市	" 相模川右岸第6排水区幹線13工区	小島組	147.02
名古屋市	大磯雨水幹線下水道築造	佐藤・加藤・山田JV	1,017
"	牛巻 " "	青木あすなる・みらい・安井JV	665
"	土市 " " (その2)	佐藤・二友JV	739
"	第3次元鳴尾雨水幹線下水道築造	奥村・吉田・川口JV	856.7

# 施工

## 大規模な分岐部を含む既設地上駅部を地下化

—京王線調布駅付近連続立体交差工事—

京王電鉄(株)鉄道事業本部工務部調布工事事務所所長 岩村 忠之  
京王電鉄(株)鉄道事業本部工務部調布工事事務所区長 沼澤 憲二郎

### 1 はじめに

当社の鉄道事業は、新宿を起点とする京王線と渋谷を起点とする井の頭線からなり、東京都西部地域を中心に神奈川県北部にまたがる84.7kmの路線であり、1日約169万人を輸送している。その路線の調布駅付近で約3.7kmの区間(図-1, 2)を2003年度より東京都、調布市と協力し、地下化する連続立体交差事業を施行している。

同事業は延長3.9kmで、そのうち開削工事区間は約2.2km、シールド工事区間は約1.7km、全工

事区間にわたり営業線直下で地下化工事を施工する点が大きな特徴となっている。

本稿では、調布駅(ホーム2面, 軌道4線)の大規模開削工事が最盛期を迎えているので、特徴的な工事について報告する。

### 2 工事概要

工事は、調布駅とその前後の渡り線を含む全長505mを地下化する工事である。施工は現在供用している軌道・ホームを仮受けし、開削工法により、その直下に地下3層(幅15~23m, 深度23~

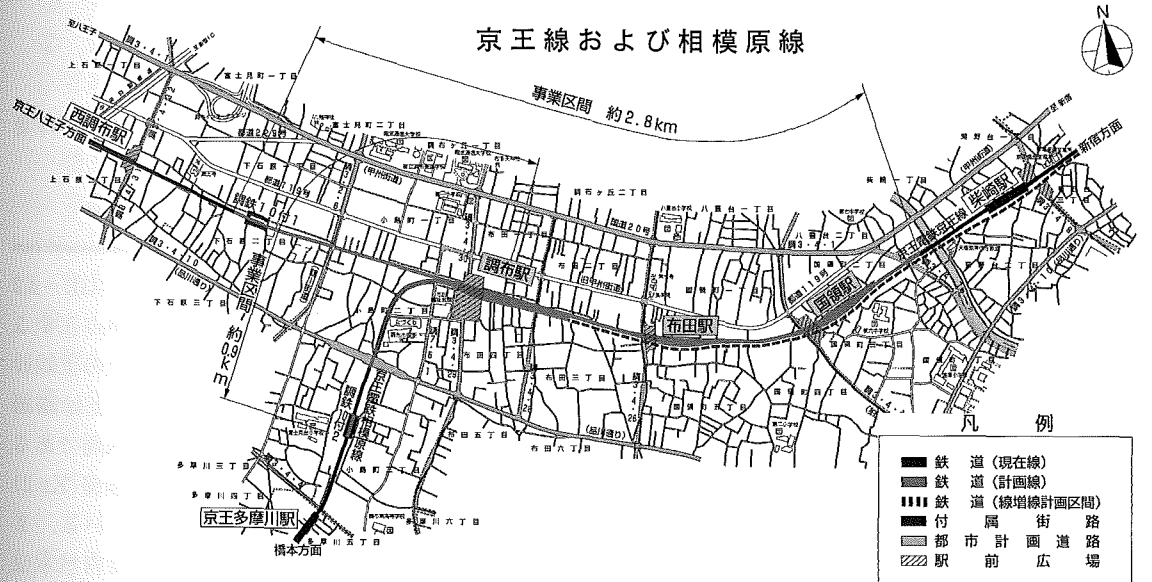


図-1 事業区間(平面図)

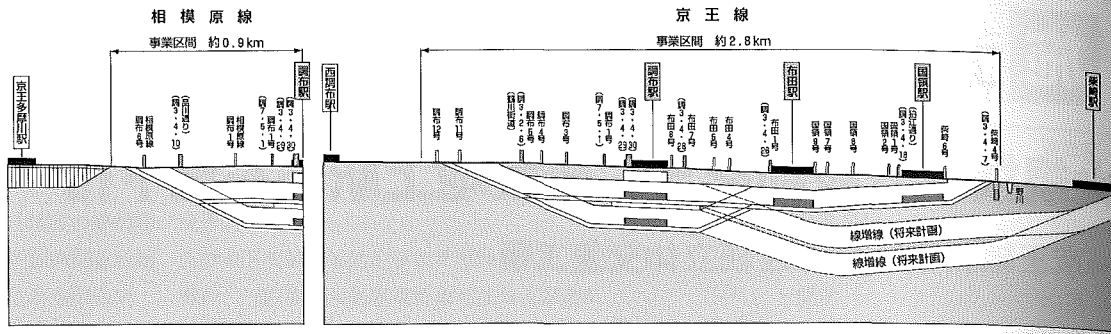


図-2 事業区間(縦断面)

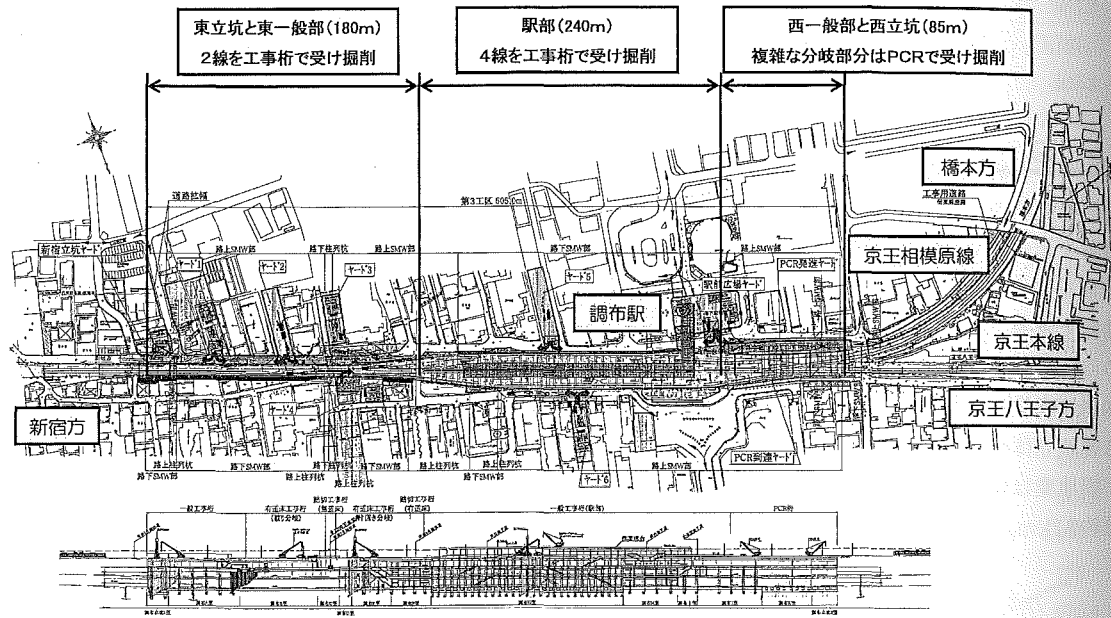


図-3 概要図(平面図・縦断面)

25m)の構造物を築造する工事である。図-3に示すように、新宿方から、東立坑と東一般部、駅部、西一般部と西立坑の3区間、総延長505mが工事範囲である。

### 3 工事数量

- 仮設土留め工 25,100m<sup>2</sup>
- 掘削工 251,200m<sup>3</sup>
- 軌道仮受け工 506m
- 本体コンクリート工(RC, SRC造) 73,780m<sup>3</sup>
- 路面覆工 3,520m<sup>2</sup>

現在、工事着手から約4年半が経過しており、工事桁・PCRによる軌道の仮受けも平成20年12

月にはすべて完了し、急ピッチで軌道直下の作業を行っている。

### 4 土質状況

この区間の土質は図-4に示すように、GL-4.2~-9.4mにかけてφ250mm以上の玉石が点在する立川礫層(Tag)、それ以深はN値50以上の上総砂層(Ks1)および上総粘性土層(Ksc)、上総礫層(Ksg)と続き、上総砂層(Ks2)は難透水層である。土留め壁はボイリング防止のため上総砂層(Ks2)に1.0m以上貫入することで計画されている。また、地下水位はGL-7.0mの立川礫層に自然水位があり、透水係数は $5.0 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ と大きい。

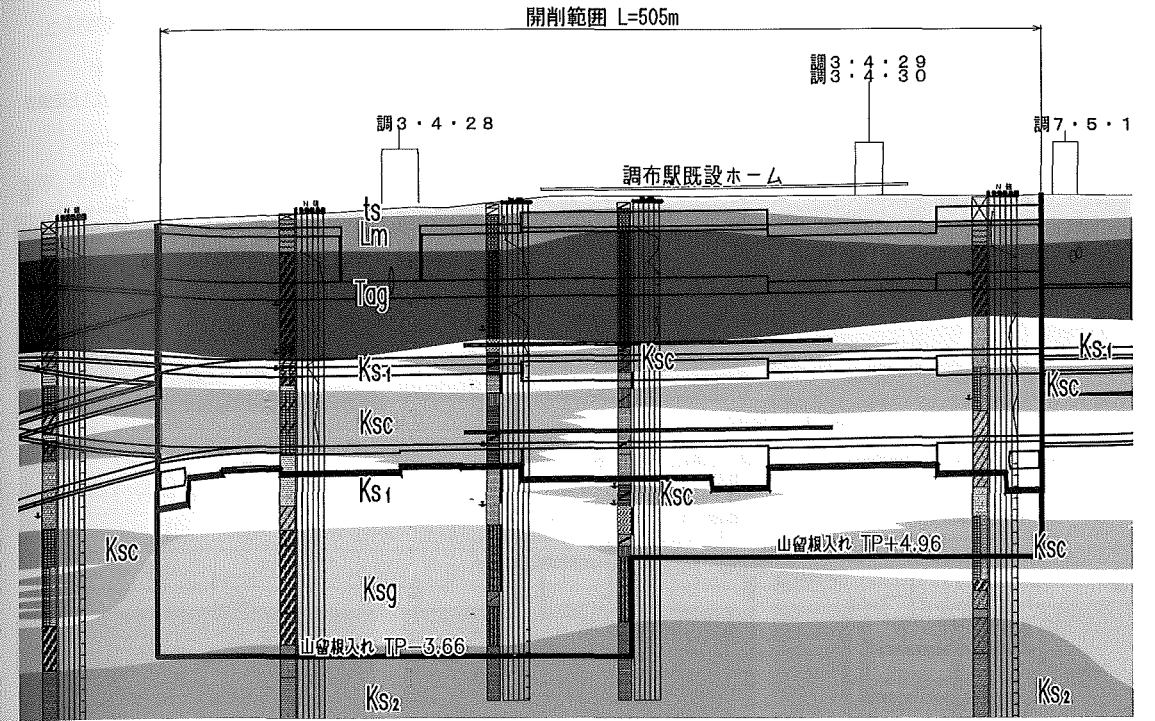


図-4 土質縦断面

### 5 工事の特徴

当該工区の特徴としては、以下のものが挙げられる。

- ① すべて軌道直下での工事である。
- ② 施工場所は商店や住宅が密集している場所である。
- ③ 支持杭や土留め杭の施工は用地の関係上、路上から打設できない杭は、すべて路下からの施工となる。
- ④ 立川礫層は粒径が大きく硬いため、支持杭や土留め杭の施工は難易度が高い工事となる。
- ⑤ 工事に伴い、地上および地下にある既存の駅舎を橋上駅舎に切替える必要がある。
- ⑥ 京王本線、京王相模原線の平面交差となる八王子方の西一般部は、複雑に分岐が輻輳しているため、PCRによる軌道仮受けに際しては、入念な施工管理が要求される。
- ⑦ 新宿方東一般部の軌道にも分岐があり、その箇所については通常の工事桁での仮受けが

不可能である。

- ⑧ 東・西一般部の両端にある立坑は、シールドの到達・発進基地となるため、早期の引渡しが必要となる。

### 6 施工順序

代表断面として、調布駅部の施工順序を図-5に示す。

軌道内の限られた施工時間、粒径が大きく硬い立川礫層を考慮し、南側一次土留め杭および支持杭は、一次掘削(GL-9.0m)を施工できる長さとした。北側の土留め杭は側道より打設した。その後、一次掘削盤にて、南側二次土留め杭および構真柱の施工を行い、B1スラブ構築後、杭を仮受けし逆巻きにて構築を築造する手順である。東・西一般部についても同様な施工手順となる。

平成20年9月に地上および地下駅舎を橋上駅舎に切替えており、現在、軌道路下にて土留め杭の打設、構真柱の打設およびB1スラブの施工を行っている(図-5手順③)。

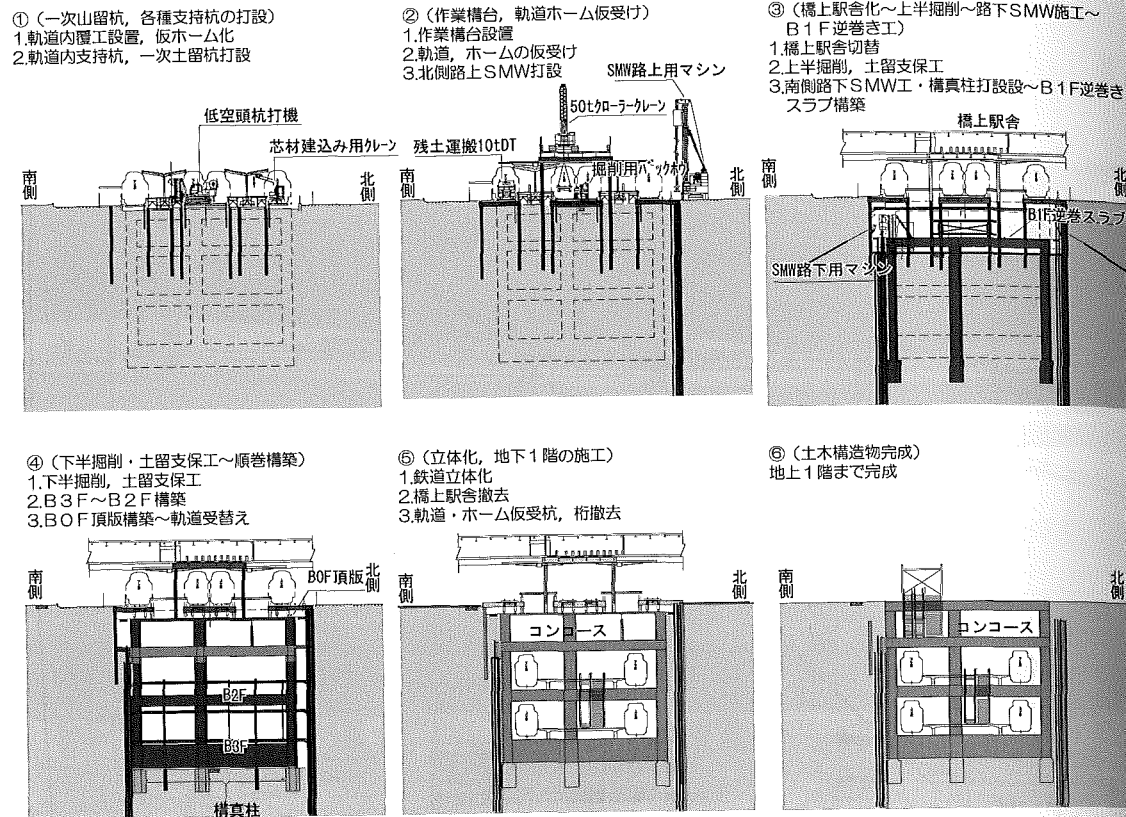


図-5 施工手順図(調布駅部)

## 7 SMWの施工

### 7-1 工事概要

地下躯体を築造するための土留め杭にはSMWを採用した。施工数量を表-1に示す。土留め壁の仕様は、削孔径が850mm、芯材H-588×300×12×20をピッチ900mmとし、東・西の両立坑は削孔径が900mm、芯材H-588×300×12×20を全孔配置のピッチ850mmとなる。壁長は新宿方が39.0~40.0m、八王子方は浅くなり31.5mである。先行削孔長は壁長+0.8mとし、路下施工では路上施工より9.0m短い壁長となる。

SMW施工に際し、作業スペースが確保できる側道については、夜間作業帯を設置して路上から施工を行った。

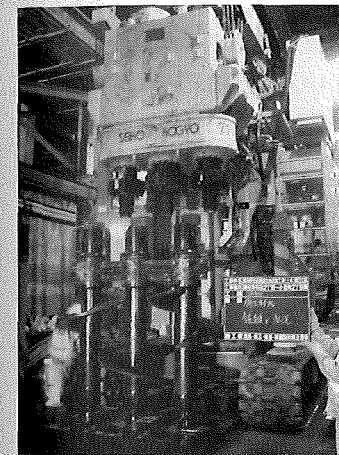
また、路上から打設不可能な箇所は、一次土留め杭(L=13m)を打設し、一次掘削(GL-9.0m)した後、軌道直下にて施工を行った。

SMWの施工に際し、予想された問題点は以下の項目である。

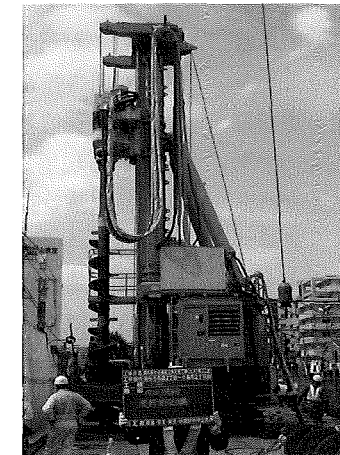
- ① 幅員6.0mの道路上で歩行者通路を確保しながら施工できるSMW機の選定。
  - ② 芯材H-588×300を挿入可能な削孔径φ850が施工可能なSMW機の選定。
  - ③ ボイリング防止のため難透水層(上総砂層Ks2)に1.0m以上根入れを貫入させる必要がある、最長41.0mの壁築造施工可能なSMW機の選定。
  - ④ GL-3.5~13.0mにかけてφ250以上の玉石が堆積しておりこの地層を確実に施工できる大トルクのSMW機の選定。
  - ⑤ 軌道直下の空頭制限6.0m以下で施工できるSMW機の選定。
- 以上の制約条件を満足する既存のSMW機がないことがわかったため、当現場に適應できる狭隘型SMW機を開発した。

表-1 施工数量

場所	SMW				先行削孔延長(m)	芯材				
	削孔径(mm)	壁長(m)	水平長(m)	施工面積(m <sup>2</sup> )		サイズ	ピッチ(mm)	長さ(m)		
路上	南側									
	新宿方立坑	900	39.0	27.0	1,053	915	H-588×300	600	30.5	
	一般部	850	40.0	250.5	9,357	8,041	H-588×300	900	26.5	
	駅部	850	39.5	24.0	948	806	H-588×300	900	28.5	
	八王子方立坑	900	31.5	31.6	996	872	H-588×300	600	25.0	
北側	駅部	850	31.5	76.1	2,397	2,034	H-588×300	900	27.0	
	小計			409.2	14,751	12,668				
路下	南側	駅部	850	22.5	122.5	4,385	3,874	900	22.0	
	北側	新宿方立坑	850	30.0	22.8	684	585	H-588×300	600	26.5
	一般部	850	31.0	207.6	5,783	5,020	H-588×300	900	20.0	
	駅部	850	30.5	21.6	659	563	H-588×300	900	22.0	
	八王子方立坑	850	22.0	39.6	864	767	H-588×300	600	23.5	
	小計			414.1	12,375	10,809				
合計				823.3	27,126	23,477				



(1) 路下型



(2) 路上型

写真-1 開発した狭隘型SMW機全景

### 7-2 SMW機の概要

前記、現場条件を踏まえ、新規製作した狭隘型SMW機の仕様は以下のとおりである(写真-1, 表-2)。

また、小型化への取り組みとして、以下の事項も設計・製作時に考慮した。

- ① 路上施工については作業休止中、交通開放するため、駐機場所へ移動する機動性を持つこと。
- ② 営業線近接施工となるため、十分な本体安定性と操作上の安全性を確保すること。

表-2 狭隘型SMW機の諸元

		単位	路上	路下
機械	高さ	m	14.5	6.0
総	重量	t	91.0	86.2
ベース	マシン重量	"	66.5	60.0
作業	装置重量	"	24.5	15.5
平均	接地圧	kPa	137	114
走行時	最大接地圧	"	313	192
作業時	最大接地圧	"	369	318
転倒の	安定度	前方	9.0	21.7
		側方	24.0	34.2
		後方	19.1	31.8

③ 削孔芯から後部まで4.5mとしたため、運転台スペースの確保と、操作性を低下させないこと。

④ 施工箇所への機械の搬出入は、狭隘な生活道路を約500m走行するため、低床トラレーによる運搬が可能であること。また、路下への投入を考慮して、部材の最大重量を軽くできること。

### 7-3 注入材の配合

当工事のソイルセメントの設計基準強度は500 kN/m<sup>2</sup>である。施工前に試験練りを実施しセメント系懸濁液の配合を決定した。

先行削孔およびSMW造成のセメント系懸濁液

表-3 先行削孔の配合(対象土 1m<sup>3</sup>あたり)

高炉セメントB種 (kg)	ベントナイト (kg)	水 (ℓ)	W/C (%)
70	20	350	500

表-4 SMW造成の配合(対象土 1m<sup>3</sup>あたり)

高炉セメントB種 (kg)	ベントナイト (kg)	水 (ℓ)	W/C (%)
280	10	616	220

の配合を表-3, 4に示す。

7-4 削孔精度

先行削孔精度の管理値は、材の建込み精度と同じ1/150以下とし、目標精度は1/200以下とした。

施工当初、深度32.3mの先行削孔30本で削孔精度の測定を行った。測定はオーガスクルーに内蔵した傾斜計で行った結果、変位で最小5mm(傾斜1/6,460)、最大147mm(傾斜1/219)、平均58mm(傾斜1/967)と良好な結果を得た。

7-5 サイクルタイム

路上施工での一連のサイクルタイムは、先行削孔で1日2本、SMWで1日1セットの進捗である。路下施工においては、錐が短尺であるため、路上施工の2倍の進捗を要した。

8 分岐器部仮受け工法

8-1 施工条件

調布駅は、京王線と相模原線が分岐する駅であり、駅西側には5台の分岐器があり線路が幅狭した状況にある。また、作業用地としては、南側は

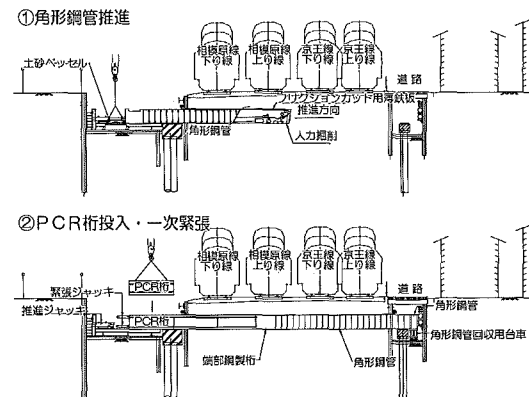


図-6 PCR桁施工ステップ図

鉄道用地内に8.0m幅の用地があるものの、北側は4.0m幅の公道しかなく、大型の重機を配置することができない状況にある。

そうした状況の中で、駅施設を構築するために分岐部の直下で掘削を行う必要があるとともに、シールドの回転立坑となるため、軌道下に一定の空間を確保することが必要となる。

8-2 施工方法の検討

分岐部における工法選定のため、推進工法、有道床工事桁工法、無道床工事桁工法について比較検討を行った。工事桁工法を用いた場合には、支持杭を打設する場所が限られるため大スパンの桁となり限られた施工ヤードの中での施工が困難であることや、立坑部に支持杭が林立する形態となりシールド工事に支障が生じるなどの問題があり、大スパンでの施工が可能であり、軌道外からの圧入施工が可能である推進工法を採用した。

また、推進工法の中での工法選定にあたっては、多くの分岐器を抱え、より精密な軌道管理が求められる現場条件の中では、最大スパン23.8mの受替えスパンに対し、他工法と比べ桁のたわみ量ももっとも小さく抑えられるPCR工法がもっとも有利であると判断し、PCR工法を採用した。

8-3 PCR工法(Prestressed Concrete Roof method)の施工概要

図-6の施工ステップから分岐部軌道敷地の南北に発進立坑および到達立坑をそれぞれ構築し、比較的立坑スペースの確保できる発進立坑には、推

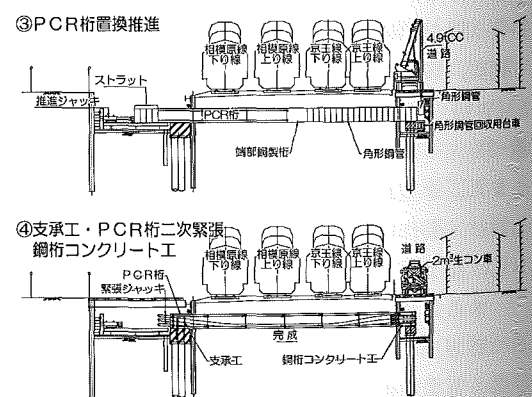


図-6 PCR桁施工ステップ図

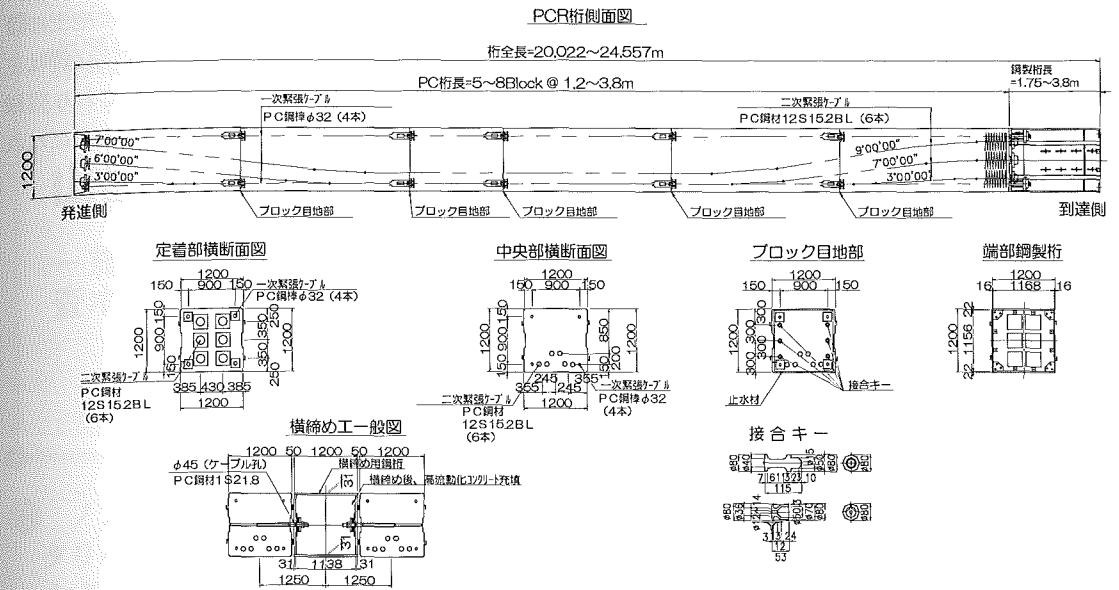


図-7 PCR桁標準図

進ジャッキおよび推進架台をセットする。推進ジャッキにより線路横断方向に□-1,200×1,200の角型鋼管を、土かぶり1.2mにて圧入しながら鋼管内部を掘削する。

上記の推進作業は、推進精度の必要な基準管以外は、オーガ掘削による機械推進で行われるのが一般的だが、地中障害に起因する地上の軌道施設の隆起、沈降などを防止するために、基準管だけでなく全数を目視により確実な掘削管理が可能な人力掘削により行った。また掘削作業はすべて、線路閉鎖作業にて行った。

掘削時の軌道管理は、掘削時および初電〜3本目までは、

- ① 軌道工による軌道計測
- ② 測量工によるレベル監視

を行い、列車運行時の軌道監視としてトータルステーションによる自動計測を24時間監視で行った。

軌道の沈下は切羽通過後に3〜5mm程度即時に沈下し、その後推進期間中徐々に沈下が進行し、累積で20mm程度の沈下が認められた。しかしながら、日々推進完了後に切羽通過部分を中心に軌道整備を行うことにより、列車運行に支障となる沈下は発生しなかった。

推進方向への軌道の張り出しは、ほとんど観測

されず、推進管上部に設置した縁切り用の薄鉄板の効果が現れたものと考えられる。角型鋼管が到達立坑に到達した後、発進立坑側から角型鋼管に同形のPCR桁を連結し、到達立坑にて角型鋼管を回収しつつ置換え推進を行い、すべてPCR桁に置換える。この際、発進立坑の内空制限から一本あたりのPCR桁の桁長が制限されるので、最大桁長を3.8mとしてブロック化したPCR桁をPC鋼棒にて接続・緊張(1次緊張)しながら置換え推進を行う。その後、1列の角型鋼管がすべてPCR桁に置換わった時点で、発進・到達立坑を定着部とするPC鋼線を挿入し緊張を行い(2次緊張)、最終的なプレストレスを導入する。この際、プレストレスによりPC桁に上方へのむくりが生じ、軌道を持ち上げる危険性が生じるため、設計上むくりが生じる緊張段階は線路閉鎖作業とし、ひとつの分岐器の影響範囲を同時に緊張することで、変位の折れ点を生じさせないようにし、分岐器の転換不良を防止した。

このようにしてPCR桁を線路横断方向に連続して敷き詰め、81.2mの区間を65本の桁で仮受けをする。また、65本の桁を四つのブロックに分割し、線路方向にもPCケーブルを挿入・緊張(横締め)することでPCR桁同士の一体化を図った。

なお、PCR桁は、工事終了後はそのまま本設スラブとして利用する計画であり、工事費削減と工期短縮をあわせて図った。

### 9 おわりに

今回の工事は、営業線下で、工事用地が狭いこ

となど厳しい条件が重なり、このような施工にならざるを得なかった。現在は土留めのSMWは主要部と、PCR工事については完了しており同様な条件下での施工計画に今回の事例が参考になれば幸いです。



## 多様化するシールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会  
B5判 141頁 本体価格2,500円

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

#### 【掲載工法】

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



〒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 0110-8-190072

### 連載講座

## 山岳トンネル先進ボーリング入門(7)

### — 施工事例(2) : 施工中に切羽から実施する水抜き・地質調査ボーリング —

山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会

#### ④ ノンコアリング工法(ロータリパーカッション)とシールドリバース工法による湧水処理の事例(東北新幹線八甲田トンネル(梨ノ木工区))

##### 4-1 はじめに

八甲田トンネルは、東北新幹線の青森県上北郡天間林村から青森市駒込に至る、総延長26.455kmの長大トンネルで、6工区に分割して施工されました。梨ノ木工区は青森側坑口より4,600mの区間の本坑を施工する工事であり、揚水試験の結果、坑口付近で大量湧水の可能性があったために、水位低下を目的としてディープウエルを設置するとともにノンコアリング工法とシールドリバース工法による水抜きボーリングを実施しました。

##### 4-2 工事概要

工事名：東北新幹線八甲田トンネル(梨ノ木工区)

発注者：鉄道・運輸機構

工事場所：青森県青森市駒込

工期：1988年7月2日～  
2005年6月27日

トンネル延長：4,600m

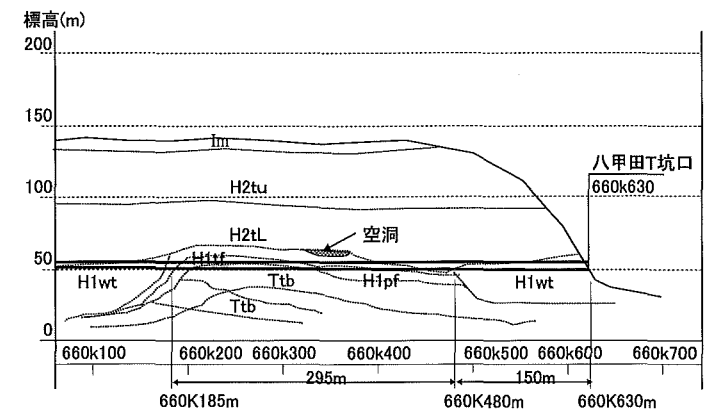
内空断面積：63.3m<sup>2</sup>

掘削工法：発破掘削、機械掘削併用

ずり出し方式：タイヤ方式

##### 4-3 地質概要

八甲田トンネルの大部分は、新第三系の安山岩類、凝灰岩、砂岩・礫岩およびこれらに貫入する火山岩類からなっていますが、青森方の坑口付近



地質時代	地層名	記号	岩相	
新 生 代	ローム層			
	第四紀 更新世	八甲田第2期 火砕流堆積層	上部層 H2tu	溶結凝灰岩
			下部層 H2tL	溶結凝灰岩
	八甲田第1期 火砕流堆積層	岩屑流堆積層	H1tb	岩屑流堆積物
		火砕流堆積層	H1wt	溶結凝灰岩
		軽石流 堆積層	H1tf H1pf	軽石質凝灰岩 軽石凝灰岩
		古期ローム層		lo
第三紀 鮮 新 世	時代末詳層		Ttb	岩屑流堆積物
			Tvb	火砕流堆積物
			Tla	安山岩溶岩

図-1 東北幹、八甲田T(梨ノ木)試すい地質想定図

は八甲田火山起源の火砕流堆積物およびローム質堆積物からなっています。

事前調査により坑口から150mまでは八甲田第I期火砕流堆積物の溶結凝灰岩(H1wt)で、比較的固結している岩盤で構成されていました。それ以降の295m区間は、八甲田第I期火砕流堆積物の固結度の低い軽石凝灰岩(H1pf)および軽石質凝灰岩(H1tf)が主に分布しており、かつ、被圧された帯水層で被圧水頭は約0.5MPaでした(図-1参照)。これらのことは、調査横坑においても確認されていることから、正確な水理定数を得る目的で揚水試験を実施しました。揚水試験の結果、下記のことがわかりました。

- ① 軽石質凝灰岩層に空洞や局所的な高い透水ゾーンが多く存在し、地下水が貯留している可能性があること。
- ② 揚水井に地層内部より流入してくる地下水の量は23 l/min程度と判定されること。
- ③ 揚水試験結果より透水係数 $1.49 \times 10^{-4}$  cm/sec(平均)、貯留係数 $2.15 \times 10^{-4}$ (平均)と考えられること。

4-4 工事の特徴

事前調査段階で梨ノ木水平調査坑では約400 l/minの突発湧水で切羽の崩壊が生じるなど、たびたび湧水に伴う崩壊が発生していました。

4-4-1 坑口から150m区間

八甲田第I期火砕流の溶結凝灰岩(H1wt)と八甲田第II期火砕流の溶結凝灰岩(H2tl)との不整合面には、被圧地下水を胚胎した風化帯、および溶結度の低い未固結層が分布していることからトンネル天端崩壊の恐れがありました。

第I期と第II期火砕流の不整合面の標高が確実でないことから、坑口(青森方)に下がっている可能性もありました。この場合、常にトンネル断面内に不整合面が存在し、溶結凝灰岩の未固結な部分の崩壊、および湧水が懸念されました。

4-4-2 坑口から150~450m区間

未固結で被圧されていますが、砂層や砂礫層のような均質性の高い透水層ではなく、空洞や複数の帯水ゾーンが存在する可能性があることから突

発的な出水による切羽崩壊が懸念されました。

被圧された地下水(圧力0.4~0.5MPa)が主にH1tf層を流動しているため、当区間の大部分において大量出水、切羽の流出の恐れがありました。とくに最初にH1tf層に遭遇する660K420m付近では、H1tf層が下方傾斜していることもあり、かなりの量の湧水が発生する可能性がありました。

4-5 湧水・空洞対策

八甲田トンネル(梨ノ木)の坑口から450m程度の区間における、突発的な出水による切羽崩壊を防止するために、地表面からのディープウェルによる揚水と切羽からの先進ボーリング、探り削孔さらには、300mの中尺水抜きボーリングによる湧水排除対策と併せて空洞充填を実施して施工を行いました。

4-5-1 先進ボーリング

先進ボーリングは、1週ごとにトンネル掘削の休止日である日曜日に実施しました。ボーリング

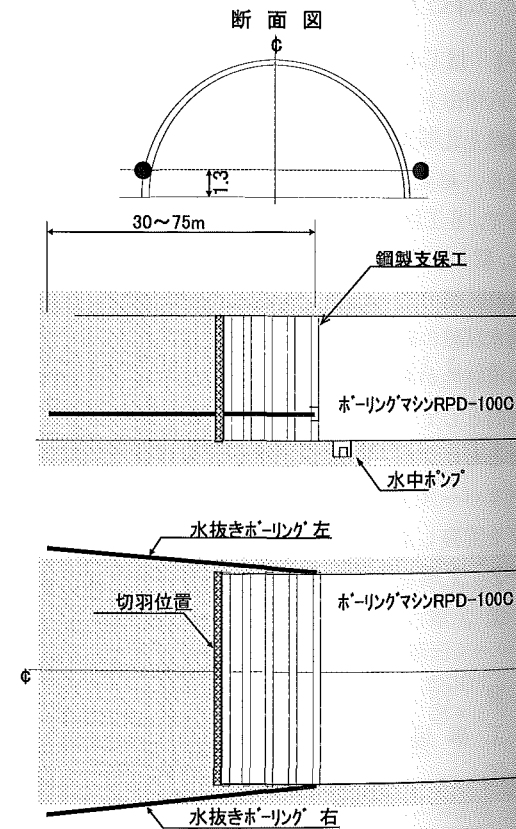


図-2 先進ボーリング概要

はトンネル下半の切羽から4m程度離れた位置から、トンネル両サイド断面外の斜め前方上方に向けてロータリパーカッション削孔機である鉦研工業のRPD-100Cを用いて行いました。削孔はL=30~75m程度の長さで実施し、切羽前方の湧水および空洞の確認を行い、湧水がある場合には水抜き孔として利用しました(図-2参照)。削孔径は地山の状況に応じて、普通工法では101mm、二重管工法では137mmを採用しました。削孔速度は1mあたり3~11分程度であり、平均的には1mを4~5分で削孔しました。

当初は坑口から450m程度の区間で実施する予定でしたが、鉦化変質岩の調査も兼ねたものであったため、結果としては坑口から、3,500m程度の区間で施工しました。連続して施工する範囲については、基本的に1週間の掘削距離の前方10mのカバーロックを確保してその前方まで削孔していました。

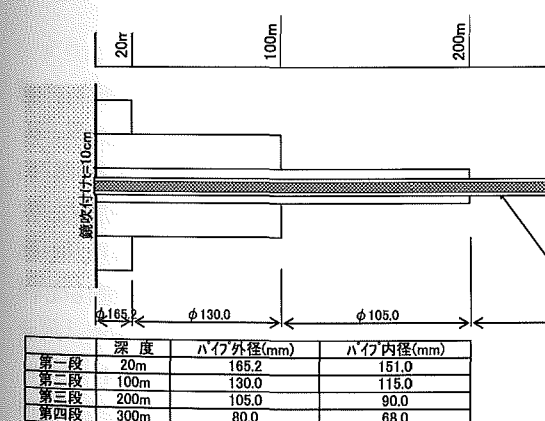
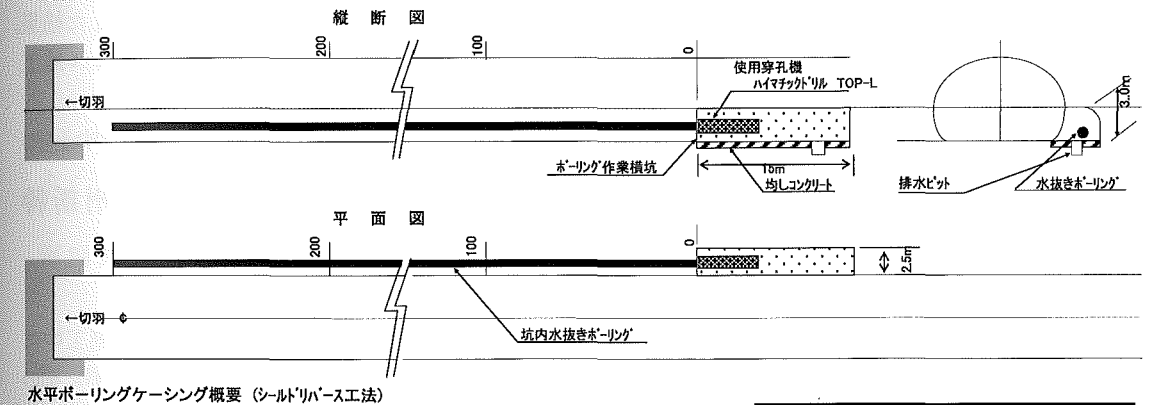


図-3 中尺水抜きボーリング概要

4-5-2 探り削孔

探り削孔は、上半施工盤の切羽からドリルジャンボのドリフターを用いて2基ごとにトンネル断面外(上半部)にL=6.5mで11本行いました。探り削孔において多量の湧水が確認され切羽掘削が不可能になった場合、一時的な水抜きとして短尺水抜きボーリング(L=30~50m)を実施する予定でしたが、多量湧水は発生しなかったため、短尺水抜きボーリングは行いませんでした。

4-5-3 中尺水抜きボーリング

中尺水抜きボーリングは、軽石質凝灰岩(H1tf)および軽石凝灰岩(H1pf)区間に入る手前の溶結凝灰岩(H1wt)区間に、作業横坑(w=2.5m, L=15.0m, H=3.0m)をトンネル左右に築造し、多量の湧水が心配されるH1tf, H1pf層の水抜きを目的に行いました。水抜きボーリングは全長300mの長さをシールドリバース工法で実施しました(図-3参照)。

深度	パイプ外径(mm)	パイプ内径(mm)
第一段 20m	165.2	151.0
第二段 100m	130.0	115.0
第三段 200m	105.0	90.0
第四段 300m	80.0	68.0

機種		TOP-L (大形)
仕様	特急穿孔(m) (ハンマー使用の場合)	300
能力	急速ホーリング(m) (リバース7ホーリングの場合)	1,000
原動機	PS	75
ドリルトルク	k-M	1,400
フィード推進力	Kg	6,000
フィードストローク	(m)	シングル 1.8 ダブル 3.3
シールド管使用可能径・外径	(mm)	165, 130 105, 81, 63.5
スピンドル内径	(mm)	170
チャック		前後ダブル
ダウンスホール適用ハンマ径	(mm)	160, 100, 80
油圧圧力	kg/cm2	210
機体寸法 (本体のみ)		長 3,700 巾 700 高 920
機体重量(約)		Kg 2,150

シールドリバース工法は、水平ボーリング専用  
に開発された高トルク・高給圧力を有する穿孔機  
(TOP-L型)と、高強度のシールドパイプを使用  
することにより、高圧・大量の地下水下での崩壊  
性の地質や断層破碎帯でも掘削可能な工法です。  
削孔の第1段階は、ケーシング外径165.2mmで20  
m削孔しました。第2段階はケーシング外径130  
mmで100mまで削孔し、第3段階はケーシング外  
径105mmで200mまで削孔して最終の第4段階はケー  
シング外径80mmで300mまで削孔しました。

4-5-4 空洞対策

空洞充填は坑口から265mの位置から25m間  
で実施しました。空洞部はトンネル切羽からロータ  
リボーリングマシンを用いて削孔し、懸濁型で瞬  
結タイプの注入材料を二重管ストレナ単相式の  
注入方式で注入しました。削孔には40.5mmの二重  
管ロッドを使用し、一回の注入のみで空洞を充填  
しました。充填は空隙の外側から内側に向かって  
50cmごとのステップ方式で実施しました。注入  
対象地盤が未固結のヘドロ状で粘土化した凝灰岩  
とその空隙部であったため、一般に軟岩が破壊を  
起こす圧力である0.5MPa以下の0.3~0.5MPaとし  
ました。総注入量は88,356ℓに及びました。

4-6 湧水・空洞対策の効果(実施結果)

4-6-1 湧水対策の効果

当初、被圧地下水を胚胎した風化帯や未固結層  
あるいは空洞など複数の帯水ゾーンが存在してい  
ることから、突発的な出水による切羽崩壊が懸念  
されました。しかし、先進ボーリング、探り削孔  
および中尺水抜きボーリングと3種類の補助工法  
を用いて密に湧水対策を実施した結果、坑口付近  
の対策区間の湧水量は予想より少ない結果となり  
ました。湧水量としては、坑口から150m位置で  
実施した先進ボーリング3本において記録した、  
40ℓ/分、38ℓ/分、13ℓ/分、合計91ℓ/分の湧水量  
が最大でしたが、多くの箇所でも毎分20ℓ程度以下  
の湧水量しかありませんでした。このことは、ト  
ンネル切羽からのボーリングによる水抜き以外に  
地表面から実施したディープウェルによる水抜き  
効果も大きかった結果と考えられます。そのこと

もあって、突発的な土砂流出や湧水の発生が防止  
でき、施工に対する悪影響はみられませんでした。  
4-6-2 空洞対策の効果

注入効果の確認方法としては、一般的に目視に  
よる方法や現場透水試験による方法などがありま  
すが、今回は注入圧管理を行うことで間接的に効  
果を確認する方法を採用するとともに、注入量が  
多大であった注入孔の近傍に新しくチェック孔を  
設けて削孔、注入をしたときの注入圧力の状態で  
二次的に注入効果を確認しました。トンネル掘削  
時に天端崩落などのトラブルが発生することはあ  
りませんでした。

4-7 まとめ

八甲田トンネル(梨ノ木工区)の坑口部は、空洞  
や複数の帯水ゾーンが存在する可能性があること  
から突発的な出水による切羽崩壊が懸念されまし  
たが、地表面から実施したディープウェルと切羽  
から行った3種類の湧水対策工およびトンネル切  
羽からの注入方式による空洞充填を実施した結果、  
大きなトラブルが発生することなくトンネル施工  
が行えました。

(文責：山田和男・(株)竹中土木)

⑤ 水圧ハンマーの事例(九州新幹  
線筑紫トンネル(河内工区))

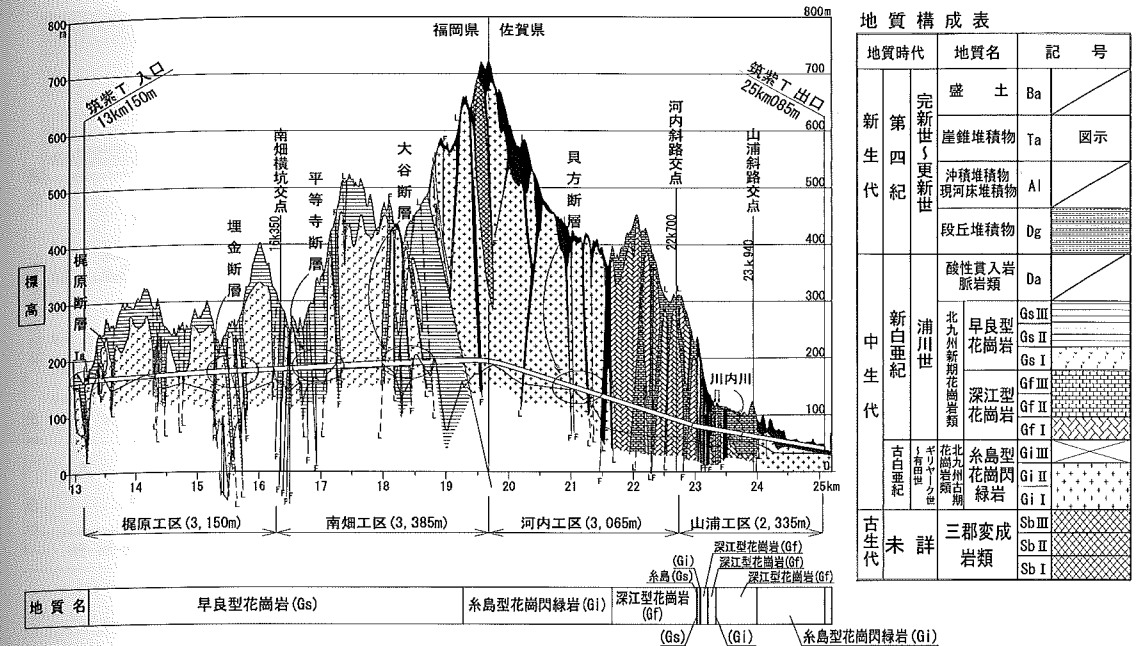
5-1 はじめに

ここでは、筑紫トンネル(河内工区)の施工中に  
で実施した水圧ハンマーによる先進ボーリングの  
施工事例を紹介いたします。

5-2 工事概要

筑紫トンネルは、現在建設中である九州新幹線  
鹿児島ルート博多・新八代間の中で、福岡県と佐  
賀県の県境に位置する延長11,935mの長大トン  
ネルです。本トンネル工事は、福岡県方2工区と佐  
賀県方2工区の計4工区に分割されており、その  
うち、河内工区は佐賀県方の中工区に位置してい  
ます。以下に本工区の工事概要を示します。

- 工 事 名：九幹鹿、筑紫T(河内)1
- 発 注 者：鉄道・運輸機構
- 工 事 場 所：佐賀県鳥栖市河内町および牛原



地質構成表			
地質時代	地質名	記号	
新 生 代	完新世(更新世)	盛土 Ba	
	第四紀	崖錐堆積物 Ta	図示
		沖積堆積物 Al	
		段丘堆積物 Dg	
中 生 代	新白亜紀	酸性貫入岩脈岩類 Da	
		早良型花崗岩 Gs III	
	白垩紀	北九州新花崗岩類 Gs II	
		Gs I	
		深江型花崗岩 Gf II	
		Gf I	
		糸島型花崗閃緑岩 Gi III	
		糸島型花崗閃緑岩 Gi I	
	古 生 代	未詳	三郡変成岩類 Sb III
			Sb II
Sb I			

図-4 筑紫トンネル地質縦断面図

- 町地内
- 工 期：平成14年1月17日~平成21年7月16日
- トンネル延長：斜路 738m, 本坑 3,065m
- トンネル勾配：斜路 下り8.5%  
本坑 上り3.5%
- 掘削断面積：斜路 30m<sup>2</sup>  
本坑 74m<sup>2</sup>  
(仕上がり断面67m<sup>2</sup>)
- 掘削工法：NATM(補助ベンチ付き全断面工法)、発破工法

ずり出し方式：タイヤ方式

5-3 地形および地質概要

筑紫トンネルは、福岡県と佐賀県境にある背振山(標高1,055m)を中心としてほぼ東西に延びる背振山地の東端に位置しています。河内工区は標高113~722m、勾配20~70°前後の斜面を有し、周辺は小規模な尾根・谷が複雑に入り込んだ地形を呈しています。

筑紫トンネルの地質は、図-4に示すように主に中生代の花崗岩類で形成され、生成年代の異なる3種(新しい順に早良型、深江型、糸島型)が混在

しています。弾性波探査などの結果から、梶原、埋金、平等寺、大谷、貝方の五つの断層がトンネル本線を横断することが確認されており、良好部と劣化部が交互に入り組む構造となっています。河内工区は、終点側の約1,100mが深江型花崗岩で起点側の約1,965mが糸島型花崗閃緑岩で形成されています。深江型花崗岩は新鮮部と風化部の互層で、風化部ではマサ化が進んで小規模な断層破碎帯が分布すると考えられていました。一方、糸島型花崗閃緑岩は、新鮮部が主体になっており、深江型と糸島型の境界部(21km650m付近)には、貝方断層が介在し、7~10m程度の破碎帯が断続的に分布すると考えられていました。

筑紫トンネルが位置する背振山系は、標高の高い地表部でも自噴水が確認できるほど豊富な地下水を貯留しています。河内工区の土かぶりは約200~500m程度となっており、さらに土かぶり300m前後の地点で、約1kmにわたり河川と平行している区間があり、トンネル掘削時には、大量で高圧の湧水の発生が懸念されていました。

5-4 工事の特徴および施工経緯

河内工区では、トンネルの掘削方向が斜路は

8.5%の下り勾配、本坑は3.5%の上り勾配であったため、工事期間中は斜路と本坑の交差点部(斜路坑底部)より、ポンプによる強制排水を行う必要がありました。

斜路掘削は平成14年7月に着手し、平成15年7月に本坑との交差点部に到達しました。斜路掘削完了時点での総湧水量は、1.6m<sup>3</sup>/分程度でしたが、斜路坑底部に本坑掘削時の突発湧水に対応する強制排水用ポンプピットを施工し、平成15年11月より本格的に本坑の掘削に着手しました。

本坑の地質は、当初の想定どおり21km650m付近で深江型花崗岩から糸島型花崗閃緑岩に変化しました。一方、地山状況では、両地質に大差はなく、全体的に亀裂が多く、常に切羽から裂か水(節理・亀裂などに含まれている水)が噴出している状態でしたが、岩塊自体は比較的硬かったため、大規模な切羽流出などはありませんでした。

本坑掘削時には、3区間の大量・高被圧湧水帯と延長約50mの膨張性地山区間(貝方断層)に遭遇しましたが、先進ボーリングや、長尺先受け工などの補助工法を併用して、斜路掘削開始から約4年7か月経過した平成19年2月に無事本坑掘削を完了しました。また、トンネル掘削時の総湧水量は、一時的に最大で約18m<sup>3</sup>/分に達しましたが、先進ボーリングにより事前に湧水帯を把握し、斜路坑底部の強制排水ポンプ設備を適宜増設してきたことにより、トンネル水没などの事故を起こすことなく施工できました。

### 5-5 先進ボーリングの施工実績

#### 5-5-1 ボーリングの目的・役割

河内工区では、高被圧地下水下のトンネル施工であることを踏まえ、下記の目的でトンネル全線にわたり先進ボーリングを実施しました。

- ① 切羽前方の地質および帯水域を把握する。
- ② ボーリングにより事前に水を抜くことで、切羽周辺の湧水量、湧水圧を低減させる。

#### 5-5-2 ボーリングの方法

先進ボーリングは、ロータリパーカッションドリル

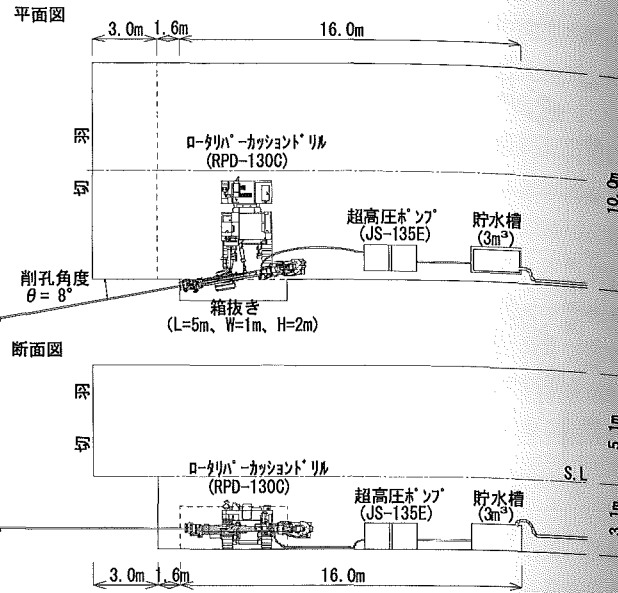


図-5 先進ボーリング施工配置図

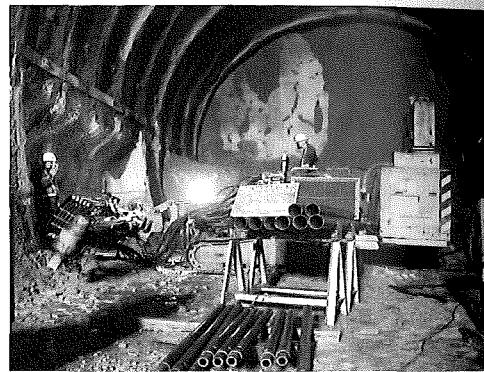


写真-1 先進ボーリング施工状況

ル(RPD-130C)を使用し、切羽の進行に合わせておよそ一月に1本の頻度で実施しました。ボーリングは大量の湧水に遭遇した際の口元処理、切羽作業の施工性を考慮して、トンネル側部に設けた奥行き1m程度の箱抜き部から行いました(図-5、写真-1参照)。また、ボーリングの方向は、トンネル本線に対して約8°としました。ボーリング削孔径はφ101mmで施工しましたが、トンネルとの離隔が少ない深度20mまでは、トンネル掘削時の発破振動により、ボーリング孔が閉塞するのを防止するために二重管削孔(アウターφ137mm、インナーφ101mm)とし、アウターケーシングを存置しました。

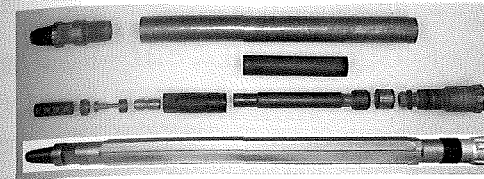


写真-2 水圧ハンマーツールズ

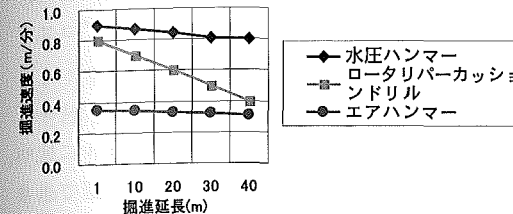


図-6 掘進速度の比較グラフ

表-1 機械・仮設備一覧

機械設備	仕様
ロータリパーカッションドリル	RPD-130C
ハンマ	Wassara W100
ビット	φ101
ロッド	ワッサラ用APIロッドφ73, 1.5m
シャックロッド	パーカッションドリル用φ76
スイベル	高圧用
削孔用ポンプ	超高压ポンプJS-135E
貯水タンク	3m <sup>3</sup>
高圧ホース	ニップル付き φ25, L=20m

本坑掘削当初、先進ボーリングはロータリパーカッションドリルで1度に約100mずつ行っていました。途中から1度に200m程度の削孔が可能な水圧ハンマーに変更することとしました。この工法は、スウェーデンのLKAB社傘下G-Drill社により開発されたもので、100ミクロンフィルターを通した最大18MPaの高圧水を気密性の高いスイベルおよびロッドを介し、ハンマー先端部(写真-2参照)に直接伝達して打撃を与え、この水圧により削孔するダウンザホールハンマー方式を採用しています。掘進ベース機械は、ロータリパーカッションドリルを使用し、スイベル交換などの組み換えを行いました。水圧ハンマーの特徴を以下に示します。

- ① エネルギー伝達ロスが少なく、長孔掘進が可能になる(図-6参照(マルムバーゲット鉱山

表-2 先進ボーリング実績総括表

項目	種別	数量
本数	油圧式	15本
	水圧式	25本
	合計	40本
1本あたりの掘進長	油圧式	30~100m
	水圧式	57~200m
総掘進長	油圧式	1,172m
	水圧式	3,252m
	合計	4,424m
掘進長平均	油圧式	78m/本
	水圧式	130m/本
	合計	111m/本

での試験施工))。

- ② 掘進速度が速く、施工時間が短縮できる。
- ③ ドリフターやビットに対する負荷が少なく、ランニングコストを低減できる。
- ④ 掘進時の騒音が少なく、作業環境が向上できる。

表-1に水圧ハンマーの機械・仮設備仕様を示します。

#### 5-5-3 ボーリング実績

河内工区本坑では、計40本の先進ボーリングを実施し、掘進総延長は、4,424mに達しました(表-2参照)。

ボーリングによる総排水量は27.8m<sup>3</sup>/分でした。ボーリングはトンネル全線にわたって実施しましたが通常は断面の片側のみで行い、切羽付近の地質走向をもとに前方の地質状況を予測しました。しかし、ボーリングにより大規模な破碎帯(断層)や帯水域が確認された区間では、より詳細にそれらの位置、規模を確認することを目的として、もう1本、断面反対側面より追加ボーリングを実施したり、水抜きを主目的として50m程度のボーリングを同一区間で3本実施したこともありました。

#### 5-5-4 水圧ハンマーの評価

河内工区で実施した先進ボーリングの実績データをもとに、ロータリパーカッションドリル(以下、「油圧式」)と水圧ハンマー(以下、「水圧式」)の比較を行いました。

表-3 先進ボーリング掘進速度比較表

工法	掘進長 L (m)	掘進時間 H (h)	ビット交換時間 h <sub>2</sub> (h)	実掘進時間 h <sub>1</sub> (h)	掘進速度 V (m/h)	
油圧式	1	100.0	13.8	0.0	13.8	7.2
	2	97.0	12.2	1.5	10.7	9.1
	3	100.0	12.4	2.0	10.4	9.6
	4	100.0	15.5	1.7	13.8	7.2
	5	100.0	13.2	1.3	11.9	8.4
平均						8.3
水圧式	1	200.0	17.7	0.0	17.7	11.3
	2	150.0	15.6	0.0	15.6	9.6
	3	151.5	15.7	0.0	15.7	9.6
	4	168.0	16.7	0.0	16.7	10.1
	5	178.5	16.5	0.0	16.5	10.8
平均						10.3

(1) 1本あたりの掘進長比較

ボーリング1本あたりの掘進長は、油圧式が最大で100m/本であるのに対し、水圧式では最大で200m/本でした。工事期間中、水圧式の中尺ボーリング(150~200m)を11本実施しましたが、作業上、とくにトラブルはなく、200m程度の中尺ボーリングの施工は、十分可能でした。

(2) 掘進速度比較

次に、それぞれ5本分のボーリングデータより掘進速度の比較を行いました(表-3参照)。ここでいう掘進速度(V)はロッドの継ぎ足し時間を含んだ速度であり、ビットの磨耗による交換時間は控除しています。

$$V = L/h_1 = L/(H-h_2)$$

V : 掘進速度

L : 掘進長

H : 掘進時間

h<sub>1</sub> : 実掘進時間

h<sub>2</sub> : ビット交換時間

油圧式と水圧式で掘進速度(V)を比較してみると、油圧式がL=100m程度のボーリングで8.3m/hであるのに対して、水圧式はL=150~200mのボーリングでも10.3m/hとなっており、水圧式の優位性が確認できました。

(3) ビット交換回数比較

ビットの交換頻度も油圧式ではL=100m程度のボーリングで、5回のうち4度実施していますが、水圧式では、L=150~200mのボーリングで1度も実施することはありませんでした。このことから、水圧式は、作業時間短縮が可能なおうえ、ビットに対する負荷が少なく、ランニングコスト低減につながる工法と言えます。

以上より、水圧ハンマーによる先進ボーリングは、従来のロータリパーカッションドリルに比べ、短時間で長い距離を削孔できることが確認できました。当工事では、先進ボーリングは土曜、日曜の休日を使って実施していましたが、L=150~200m程度の中尺ボーリングを準備工、片付けも含め、3方(土曜日昼夜、日曜日昼)での施工を行うことができました(箱抜き掘削は別)。それにより、ボーリング回数の低減、トンネル掘削に充てる作業時間の確保が可能になり、工期短縮、コスト低減を実現することができました。

(文責：小松敏彦・前田建設工業(株))

参考文献

- 1) 佐々木幸一・芳賀康司・直江久永：九州新幹線築業トンネルの貫通、トンネルと地下、Vol.39, No.4, pp.7-16, 2008.4.
- 2) 鈴木成信・星野孝則：高水圧水下的高品質なトンネル構築、建設機械、Vol.41, No.10, pp.46-51, 2005.10.

⑥ 前方地質調査を兼ねた水抜きボーリングの事例(飛驒トンネル先進坑)

6-1 はじめに

長尺ボーリングには、切羽前方の長いスパンにわたっての地質情報が得られるという利点とともに、比較的口径の大きいボーリングを切羽到達よりも前にトンネル未掘削区間に施工することにより、あらかじめ地下水位の低下を図るという目的もあります。また、水抜きを主目的としたボーリングの場合は、切羽近傍の地下水をできるだけ短時間に排水するために、長短おり混ぜた各種のボー

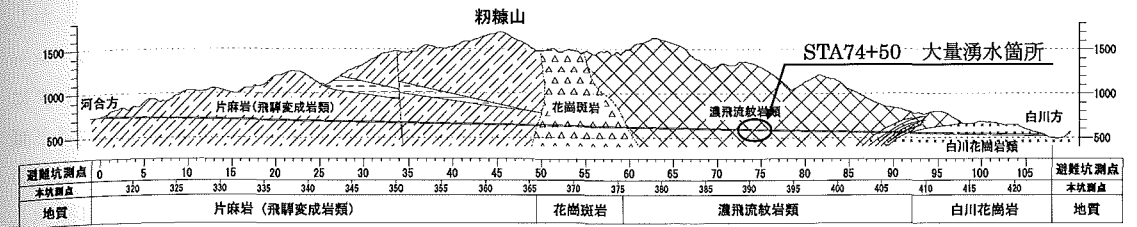


図-7 地質縦断面図

リングを同時に平行して行う場合があります。ここでは飛驒トンネル先進坑の湧水帯で採用した長尺ボーリングと、長尺ボーリングと合わせて行った中尺・短尺による水抜きボーリングの事例を紹介します。

6-2 工事概要

工事名：東海北陸自動車道飛驒トンネル避難坑工事

発注者：中日本高速道路(株)

工事場所：岐阜県大野郡白川村～飛驒市

工期：平成8年10月～平成19年10月

掘削工法：TBM, NATM

掘削断面積：16~50m<sup>2</sup>

ずり出し方式：連続ベルトコンベヤ

6-3 地形・地質概要

飛驒トンネルの地質は中生代白川花崗岩、堆積凝灰岩である濃飛流紋岩、日本最古の地層といわれる古生代飛驒片麻岩などから構成されています(図-7)。大量湧水帯に遭遇したのは、白川方坑口から2,700m地点付近の濃飛流紋岩帯で、このときは堅岩の間に狭在した弱層が高圧湧水帯の下で破られ、大量湧水とともに大規模な崩落が発生しました。

6-4 大量湧水帯での調査・水抜きボーリング

6-4-1 工法の選定

飛驒トンネル先進坑では断層帯や粘土化帯が交互に出現し、それまでも坑内からの各種ボーリング調査やTBMからNATMへの工法変更を行ってきた経緯がありました。森茂断層帯をNATMにより切り抜け、TBM掘進を再開し濃飛流紋岩帯の掘削を行っていたときのことで、TBM先端が比較的堅硬な濃飛流紋岩の間に狭在していた亀

裂密集帯に遭遇し、湧水とともに切羽が崩壊しました。切羽からの湧水は当初1.0t/min程度でしたが、時間の経過とともに増加し、1週間後には切羽での湧水量が5t/min、TBM機長区間で15t/minにまで増加しました。おそらく土かぶりや800mと大きいことから、胚胎する水量・水圧とも大きく、高水圧下で崩壊が進行し、局所的な崩落箇所付近の地下水が集中したものと考えられました。このような場合、崩落の進行を防止した後、TBM掘進を再開することが常套手段ですが、このときは崩落箇所を注入改良しようとしても、大量の湧水の中で、注入材が固結する前に流されてしまいうまく行きませんでした。そこでまず、水抜きにより切羽近傍の水圧・湧水を低下させることとし、いったんTBM後方からTBM前方に向けて水抜き坑を掘り、切羽に集中した湧水を水抜き坑へ迂回させる計画を立てました(図-8)。水抜き坑は左右2本を施工し、そのうち左側の水抜き坑では水抜き坑先端からシールドリバース工法による長尺ボーリングを施工することとし、あらかじめそれに合わせた断面設定を行いました(図-9)。

長尺ボーリングの目的としては以下のようなものがありました。

- ① 遭遇している湧水帯の範囲、規模の把握
- ② 濃飛流紋岩層に断続的に狭在する亀裂密集帯(弱層部)の位置、規模の把握
- ③ TBM前方地山の水抜き
- ④ 前方の広範囲な地質状況の調査

長尺ボーリングに必要な仮設備はすべて水抜き坑の中に格納しました。また避難坑と水抜き坑の分岐点から水抜き坑坑内まで、ボーリング管などの資機材運搬のための索道を設置しました(図-10)。

6-4-2 ボーリング施工経緯

ボーリングは当初、地質調査と水抜き両方の目的で1本のみの予定で掘り始めましたが、ボーリング孔からの湧水が予想以上に多く、80m地点で12t/minを計測するまでに増加したことから、その地点でボーリングを停止して水抜き専用孔とし、横に新たに水抜き専用孔1本(L=40m)と、調査目的の長尺ボーリングを行いました。3本目の調査を目的としたボーリングは最終的にL=595mまで削孔して終了しましたが、このボーリングにおいても最終湧水量12t/min、水圧2.2MPaを計測したことから、結果的に調査・水抜きの機能を兼ねたボーリングとしての機能を果たすことになりました。ボーリングの結果、幸いこの先600m以内には、高圧大量の湧水により崩壊をきたすよ

うな顕著な弱層は確認されませんでした。しかし、TBM先端の崩落部での湧水が、水抜き坑と、シールドリバース工法による長短3本のボーリングによる排水を行ったにもかかわらず、思ったほど減水しません。TBM先端の崩落部分を含む周辺の全体湧水量は15t/minから1/3程度までは減水し

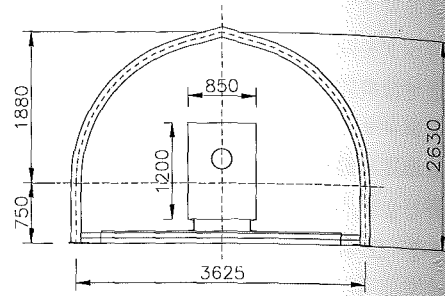


図-9 水抜き坑断面図

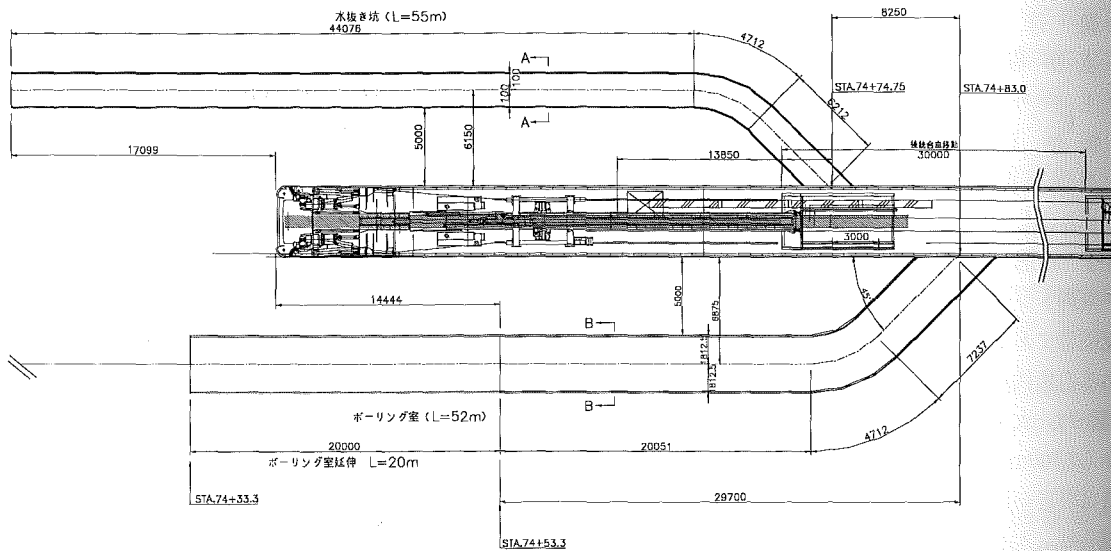


図-8 水抜き坑平面図

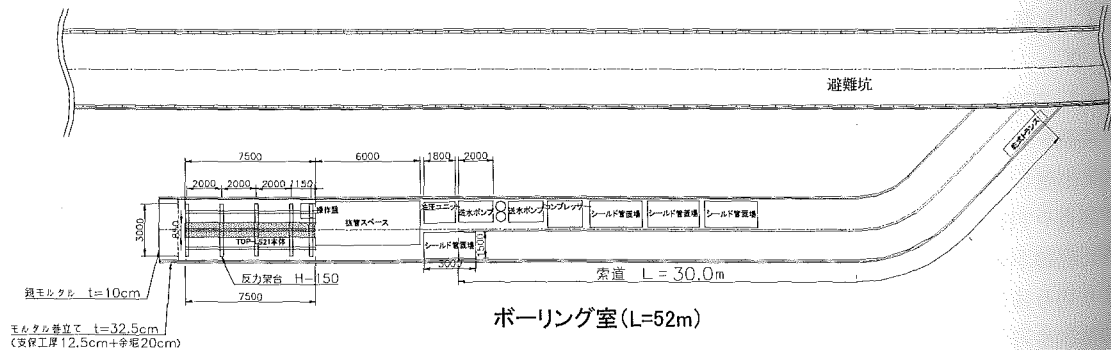


図-10 ボーリング仮設備配置図

珪石リクル t=10cm  
モルタル垂立て t=32.5cm  
(充填厚12.5cm+枠厚20cm)

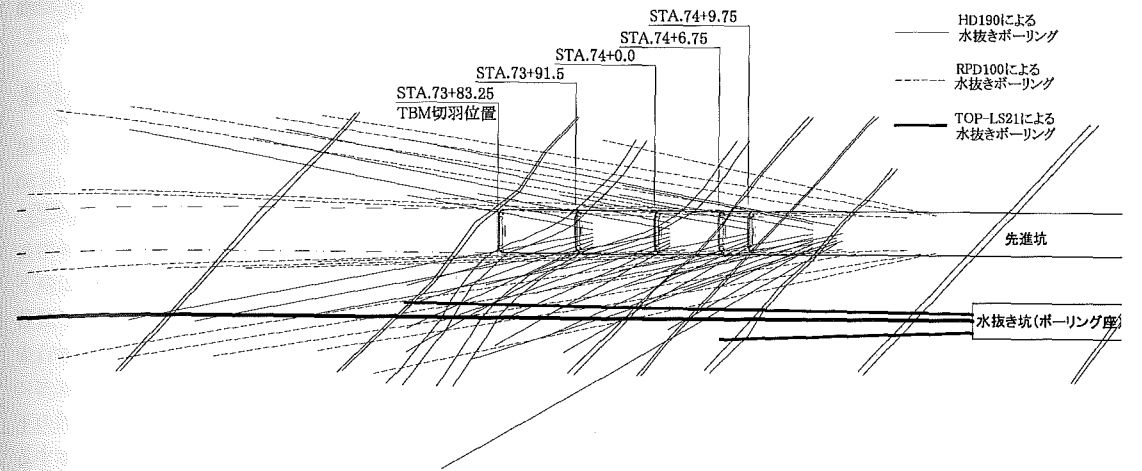


図-11 大量湧水帯における水抜きボーリング



写真-3 水抜き坑からの長尺ボーリング

たのですが、これでも注入改良で崩落部を固めることはできません。そこでTBM切羽前方からチャンパ内に流入する湧水を効率的に水抜き坑側に向けて導水するために、2本の水抜き坑から切羽先端の崩落部分に向けて複数のボーリングを行うこととしました。ボーリングは左右両水抜き坑での作業スペースを考慮して、右側小断面の水抜き坑では小型のロータリ式ボーリング機を、左側水抜き坑ではロータリパーカッション式ボーリング機(RPD-75)を配置して、それぞれの水抜き坑からTBM前方の崩落箇所めがけて実施しました。水抜き坑からのボーリングは左右合計で640mを実施し、これによりTBM前方からチャンパ内への流入水を1.0t/minまで減少させることができました。その後減水した崩落部を注入改良し、TBMを再発進させることに成功しました。

6-4-3 湧水帯における水抜きボーリング

TBM再発進後も引き続き湧水帯の中での掘削

となりました。不用意に弱層にTBMを近づけすぎると、高圧の湧水により弱層が破られて崩落を起こす危険があります。これを回避するため、付属の削岩機(HD-190)により削孔検層を兼ねた短尺ボーリング(L=40~50m)を実施し、湧水帯の程度を確認するとともに、湧水量に応じてTBM切羽直前方めがけて追加ボーリングを実施することとしました。施工は、TBM後方から付属の削岩機とロータリパーカッション式ボーリング機(RPD-100)により、1断面あたり10~15本のボーリングを実施し、ボーリング孔からの湧水量の減水傾向を見ながら慎重に掘削を行いました(図-11)。

この結果、湧水量のとくに多い区間では1週間水抜きボーリングを行った後、TBM掘進を1日行うというスローペースとなりましたが、1断面あたりのボーリング湧水量が10t/minを超えるような状況でも、切羽の崩落を起こさずにTBM掘進を続けることができました。

(文責：松原利之・飛鳥建設(株))

参考文献

- 1) 寺田光太郎・川北真嗣・小林伸次・築地功：不良地山・大量湧水との闘い(大量湧水編)，東海北陸自動車道 飛騨トンネル，トンネルと地下，Vol.35，No.9，pp.15-25，2004.9.
- 2) 川北真嗣・築地功：高圧大量湧水への挑戦，トンネルと地下，Vol.39，No.11，pp.59-67，2008.11.

## トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL

## 長沢トンネルが着工

高知県が整備する県道石鏡公園線長沢トンネル(仮称)が、1月15日着工した。

同工事は、延長49.5mで、幅員が3.3mしかない現道を7.5mに拡幅掘削するもの。工事中は谷側に仮道を設置する。開通後は、大型車の通行も可能な2車線道路となり、地域住民の生活道路、また観光道路として安全性・利便性の確保を図れるものと期待されている。

## 大山道路 工事着手

四国地整が整備する国道55号大山道路が着工し、1月17日、記念式典が開催された。

同道は、高知県安芸市下山と河野を結ぶ延長約2kmうち1.3kmを大山トンネル(仮称)がしめるもので、完成すれば、地域高規格道路阿南安芸自動車道の一部となり、災害に強く、信頼性の高い道路ネットワークを形成する。

国道55号は幹線道路でありながら、安芸市大山岬周辺では災害のたびに通行止めを余儀なくされており、救急医療の途絶など住民生活に甚大な影響を及ぼしており、当該区間の過去10年間の全面通行止めは延べ約80時間に及ぶ。

## 国道49号 三和トンネル貫通

東北地整が整備する国道49号三和トンネルが、1月21日、貫通を迎えた。

同トンネルは、延長743m、幅員11.5mのNATMトンネルで、昨年7月に着工し、機械および発破掘削により工事を進めてきた。現道に隣接して計画されており、平成23年度の供用予定としている。

## 阪神高速 大和川線が起工

阪神高速道路が整備する大和川線の施工に先立ち、1月25日、合同安全祈願式および起工式が行われた。

同線は、堺市堺区築港八幡町から松原市三宅にいたる延長9.9kmの自動車専用道路で、阪神高速道路湾岸線と同松原線を結ぶ。完成後は大阪都市再生環状道路の一部となる。このうち、松原市内の2.7kmを阪神高速と大阪府の合併施工、松原-堺市境の1.6kmを堺市との合併施工とし、阪神高速単独施工区間5.6kmのうち3.1kmについては大和川線と大和川のスーパー堤防を一体的に整備する区間としている。

スーパー堤防一体整備区間については、おもに掘削・開削トンネル構造を用い、残りの区間については、アプローチ部を除きシールド工法を採用する。全体の完成は2015年3月を予定している。

## 田伏トンネルが貫通

北陸地整が整備する国道8号田伏トンネル(仮称)で、1月30日、貫通式典が執り行われた。

同トンネルは全長186mのNATMトンネルで、新潟県糸魚川市間脇～押上間の全長6.9km区間に計画された糸魚川東バイパスの一部。現在は、県道湯之河内掘屋敷停車場～県道西中糸魚川線までの約1.8km区間の平成21年度供用を目指し、整備を進めている。

現道の国道8号は北陸地方の主要都市を結ぶ主要幹線道路として、また糸魚川地域における生活道路として重要な役割を担っているが、糸魚川市間脇～押上間は道路の幅が狭く交通量も多いため、慢性的な渋滞の発生や自動車騒音などによる生活環境の悪化が問題となっている。

## 合流改善貯留管シールドが発進

大津市が行う合流改善貯留管渠建設工事(膳所工区)において、1月30日、シールドの発進式が行われた。

同工事は、合流式下水道を採用しているJR大津駅と膳所駅周辺の下水を一時的に溜めるための貯留管(延長約4.2km、直径2.2~2.8m)を建設するもの。現在、豪雨時などに行われていたびわ湖への未処理の下水の放流を、貯留管で一時貯水することにより水再生センターでの浄化処理が可能となる。これにより、放流は現在の1/5程度になる予定で、びわ湖の環境改善に効果があるとしている。

## 石樽峠道路 石樽トンネル貫通

近畿地整が整備する滋賀県東近江市と三重県いなべ市を結ぶ国道421号石樽峠道路石樽トンネル(仮称)坑内において1月30日、貫通式が開催された。

同工事は、国の直轄事業として平成18年5月に起工式を行い、同年10月に三重県側から、平成19年10月には滋賀県側から掘削工事が開始された。整備延長約4.4kmのうち、トンネル工事は総延長4.157m。

このトンネルの完成により、東近江市地域から桑名市までの所要時間が約30分短縮され、通行規制や冬季の通行止めの解消など円滑な交通が確保されるものと期待されている。

## 架橋下トンネルのアート

川崎市が整備する都市計画道路尻手黒川線道路で、同市麻生区片平に位置する架橋下トンネルの側壁に描かれたトンネルアートが公開された。

防犯と落書き防止の対策として地元画家が下絵を作成、小学生の児童らにより制作されたもの。



## 研究

菊本統・中井照夫・張鋒・ホサイン ジャヒン：アルミ棒積層体を用いた2次元模型実験，地盤工学会誌，Vol.56，No.10，2008.10.



吉田博・尾矢謙吾：大阪・地下鉄トンネルに初めて本格的に用いられた潜函工法を振り返って，基礎工，Vol.36，No.11，2008.11.

木村定雄：トンネルの性能規定化の動向とマネジメント，建設の施工企画，No.706，2008.12.

## 施工

伊川幹夫・井出上章二・西森太：トンネル坑口の安定対策と覆工コンクリート補強対策～昭和30年代の在来工法トンネルの改築工事～，土木技術，Vol.63，No.9，2008.9.

松岡謙介：低土被りトンネルにおける超長尺先受け工の施工，土木技術，Vol.63，No.9，2008.9.

部材断面を倍にして1カ月工程短縮，成田高速鉄道掘戻トンネル工事(千葉県)，日経コンストラクション，9月26日号，2008.9.

シールド工法，巨大工事を生む長距離掘進技術の進化，これだけは知っておきたい技術トレンド，日経コンストラクション，9月26日号，2008.9.

特集/小土被りに挑む，月刊推進技術，Vol.22，No.9，2008.9.

大津博：厚木市の合流改善事業，最大貯留量4,100m<sup>3</sup>の雨水貯留管整備，月刊推進技術，Vol.22，No.9，2008.9.

文随尚：最大貯留量4,100m<sup>3</sup>の雨水貯留管(φ3000)の築造，月刊推進技術，Vol.22，No.9，2008.9.

岩永茂治・中北昭浩・田中志人：未固結砂層におけるトンネル新技術開発と施工，土木技術，Vol.63，No.10，2008.10.

猪子敬之介・竹内幹雄：札幌駅前通地下歩行空間と沿道超高層ビルの接続，土木技術，Vol.63，No.10，2008.10.

浜村吉昭：災害に強い水道づくり，神戸市大容量送水管整備事業，土木技術，Vol.63，No.10，2008.10.

太田和忠・元永隆章：高水圧下・多急曲線における泥水式シールド工事の事例(中央雨水1号貯留幹線2工区)，土木技術，Vol.63，No.10，2008.10.

松浦啓司・中村正樹：高山市における中心市街地のまちづくりとHEP&JES工法，土木技術，Vol.63，No.10，

2008.10.

平川孝・田中一郎・古澤晋司：国道直下1.5mにおいて非開削工法で横断水路を築造，HEPGJES工法の施工実績，土木技術，Vol.63，No.10，2008.10.

小土かぶりで鉄道直下を1.7km掘進，京王電鉄調布駅付近連続立体交差工事(東京都)，日経コンストラクション，10月10日号，2008.10.

筑後裕士：現場発泡ウレタンを使用した隧道改修について，中山間地域総合整備事業「岩間地区」の事例紹介，農村振興，No.706，2008.10.

特集/近接施工に挑む，月刊推進技術，Vol.22，No.10，2008.10.

特集/橋梁・トンネルのひび割れと漏水補修の現状，防水ジャーナル，No.443，2008.10.

坂本昭夫・杉浦乾郎・石合伸幸：地下空洞の陥没対策に有効な限定充填工法の開発と適用，建設の施工企画，No.704，2008.10.

荒谷泰弘・胡昌位・作原陽一：S字曲線を含んだ道路と川の下に下水道管を布設する，多曲線掘進と障害物撤去推進の事例，土木技術，Vol.63，No.11，2008.11.

前田知就・宮嶋均・大里秀俊：寺畑前川調節池SOCS工法による大口径立坑の施工，基礎工，Vol.36，No.11，2008.11.

小滝勝美：ROVOケーソン工法を用いた道路トンネル用シールド発進立坑工事，基礎工，Vol.36，No.11，2008.11.

特集/推進工事とコンサルタントが果たす役割，月刊推進技術，Vol.22，No.11，2008.11.

張信一郎・長谷川利晴・明石太郎：保安物件を有する小土かぶり帯状丘陵地におけるNATMの数値解析と施工実績，北陸新幹線長峯トンネル，建設機械，Vol.44，No.12，2008.12.

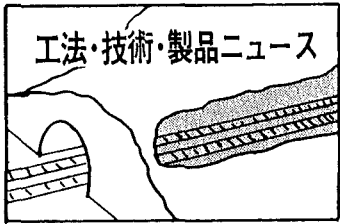
大友強一：TBMで6kmの避難坑を高速施工，日本海沿岸東北自動車道温海トンネル避難坑工事，建設機械，Vol.44，No.12，2008.12.

曲線アンダーパスを非開削で構築，国道1号原宿交差点立体工事(神奈川県)，日経コンストラクション，12月12日号，2008.12.

60日で8800枚の天井板を交換，関門トンネル天井板補修工事(山口県，福岡県)，日経コンストラクション，12月26日号，2008.12.

特集/省(小)面積化技術の現状と今後，月刊推進技術，Vol.22，No.12，2008.12.

特集/我が推進技術，海外飛躍への道筋を探る，月刊推進技術，Vol.23，No.1，2009.1.



石が飛びにくい草刈り機

西日本高速道路エンジニアリング四国と源平刃物工場は、道路脇や公園などでの草刈りを安心して行える、バリカン型の草刈機(名称:安心トリマーくん)と現場で簡単に交換できる交換刃の販売を開始した。

同製品は、従来の刈払い機と異なり、刈刃を往復運動させることにより石や刈刃の金属片の飛散を防止し危険度を大幅に低下させたもの。草木刈りを前提に開発しており、折れにくく、摩耗の少ない刈刃を装着し、また、摩耗した刈刃は簡単に交換でき構造としている。

同製品を用いることで、四国管内の高速道路では、すでに飛石防護なしでの草刈り作業を実施している。

道路脇や公園などでの草刈り作業では、作業を行った際の飛石や刈刃の破片による通行人や通行車両への加害や作業員の被災が多々発生し問題になっている。

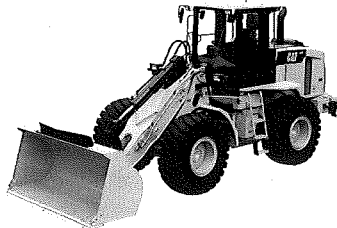


小型ホイールローダを新たにラインアップ

キャタピラージャパンは、除雪や土砂積み込みなどのバケット作業から、畜産現場でのフォーク作業まで、幅広い用途に活躍する小型ホイールローダ CAT 930H(バケット容量2.5

m<sup>3</sup>, 運転質量12.8t)を発売した。

同機は、除雪などで需要の多いバケット容量2.5m<sup>3</sup>クラスにおける新たなラインアップとなる。常用荷重や掘起力が高く、安定性や生産性など基本性能に優れており、箱型の一本アームは、運転席からの作業機視認を妨げず安全性を高めている。



ホイール式油圧ショベルを発売

日立建機は、道路運送車両法により定められている平成19年排出ガス規制およびオフロード法に適合したZX145W<sub>3</sub>ホイール式油圧ショベルを発売した。

同機は、スムーズな走行性能と快適な乗り心地を実現したフロント油圧サスペンションを搭載。作業性能の向上、低燃費などを実現し、居住性、機動性を向上させた。



トンネル施工の情報通信技術を実用化

佐藤工業とマックは、トンネル施工における情報通信技術「TLAN-spot(トランスポット)」を共同開発し、実施工現場に導入、実用化に成功した。

同技術は、トンネル工事の施工ヤード全体をひとつのネットワークエリアとすることで、管理データの通信状態を安定させ、トンネル坑内、ト

ンネル坑外、現場事務所など作業エリアのどこにおいてもデータの出入力を可能とした技術。これにより、データ処理のための事務所と作業現場の往復の手間が不要となる。また、事務所だけでなく支店、本社のサポート部門とトンネル坑内の切羽を直結することも可能としている。

トンネル施工においては施工写真、切羽観察記録、材料検収、覆工出来高、坑内環境測定と管理するデータ項目とデータ量が增大しているが、これまでは野帳による記録に頼ることも多く、データ処理とフィードバックに時間と手間がかかっていた。

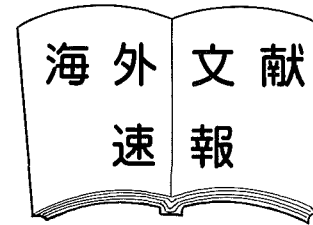
繊維シートによるトンネル覆工コンクリートのはく落防止技術

佐藤工業は、繊維シートによる覆工コンクリートのはく落防止技術を実施工現場に試験導入した。

同技術は、同社が木村定雄・金沢工業大学環境・建築学部環境系環境土木工学科教授、西日本高速道路と共同で開発してきたもので、覆工コンクリートを打設する際に用いるセントル両端部のアーチ部分に、耐アルカリガラス繊維やアラミド繊維などのメッシュ状のシートを敷設してコンクリートを打設するもの。特殊な施工機械は不要。

導入の効果として、繊維シートとコンクリートが一体化した構造とすることにより、とくに弱点となりやすい覆工コンクリートの施工目地付近のひび割れに対する抵抗性の向上を図るとともに、経年劣化などでコンクリートに剝離が生じた場合でも繊維シートがコンクリート塊を引き止めることができる。

これまで、山岳トンネルの補修・補強工事において、覆工コンクリートを繊維シートや金属性のメッシュなどで補強する方法は実用化されていたが、新設の山岳トンネル工事への適用は国内では初となる。



(社)日本トンネル技術協会 国際委員会

RMR法とQシステム/RMR and Q-Setting records straight

Tunnels & Tunnelling, February, 2008, pp.26-28

RMR法とQシステムはそれぞれ1973年と1974年に開発された岩盤分類法で、各国でさまざまなプロジェクトに使われてきた。しかし、これらの指標について、依然として間違った使用例が見られる。これらの岩盤分類法の正しい適用のための10の原則を提案する。

- ① 標準化された試験により分類パラメータを決める。
② RMRとQシステムによる分類には、値の範囲と平均値を求め、確立された手順を使用する。

- ③ 双方のシステムを使用する際、少なくとも二つの相関性、すなわち Bieniawski と Barton の相関性を使用する。
④ 支保工と岩盤補強は支保設計チャートより推定する。
⑤ 事前のモデル化のため、切羽自立時間と岩盤の変形係数を使用する。
⑥ 数値モデルを作成する。
⑦ 十分な情報が得られない場合、逐次的設計方法を適用し、さらに地質調査や応力測定などを実施するよう要請する。
⑧ 施工方法を勘案し、TBMフィーデビリティー調査の場合、掘進速度を推定する。
⑨ 質基本報告には、あらゆる岩盤特性情報を含める。
⑩ 施工の進捗に伴い、RMRとQマッピングを行い、予測と実際の条件を比較し、設計の検証ができるようにする。

(文責: 畑生浩司・鉄建建設(株))

推進と開削工法の比較/Microtunnelling v's open trench

By D. Peila : Tunnels & Tunnelling, February, 2008, pp.39-41

推進工法と開削工法は、多くの要素を比較していずれかの工法が選択される。この方法は分析的階層プロセス (Analytic Hierarchy Process : AHP) と呼ばれる。この手法において比較される要素を次頁にまとめた。

(文責: 畑生浩司・鉄建建設(株))

補正注入に関するデータの可視化/Visualization of Relevant Data for Compensation Grouting

By H. Knitsch : Tunnel, May, 2008, pp.38-45

補正注入はグラウト注入による地盤隆起の発生を積極的に利用して、トン

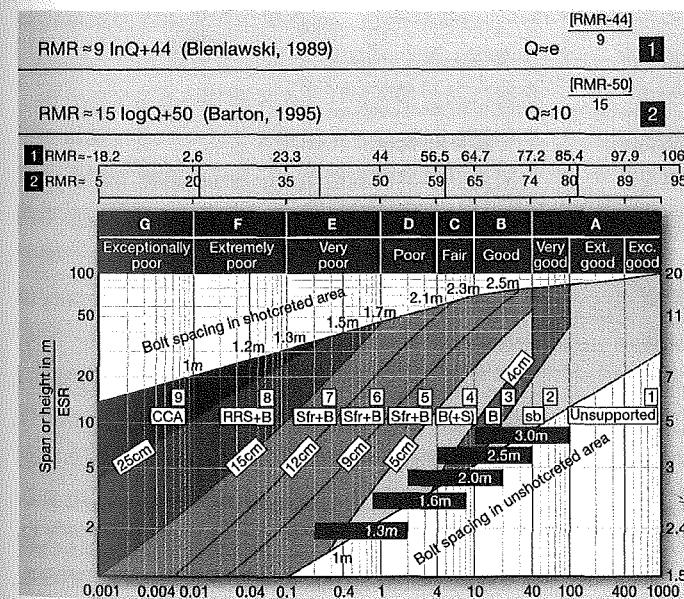
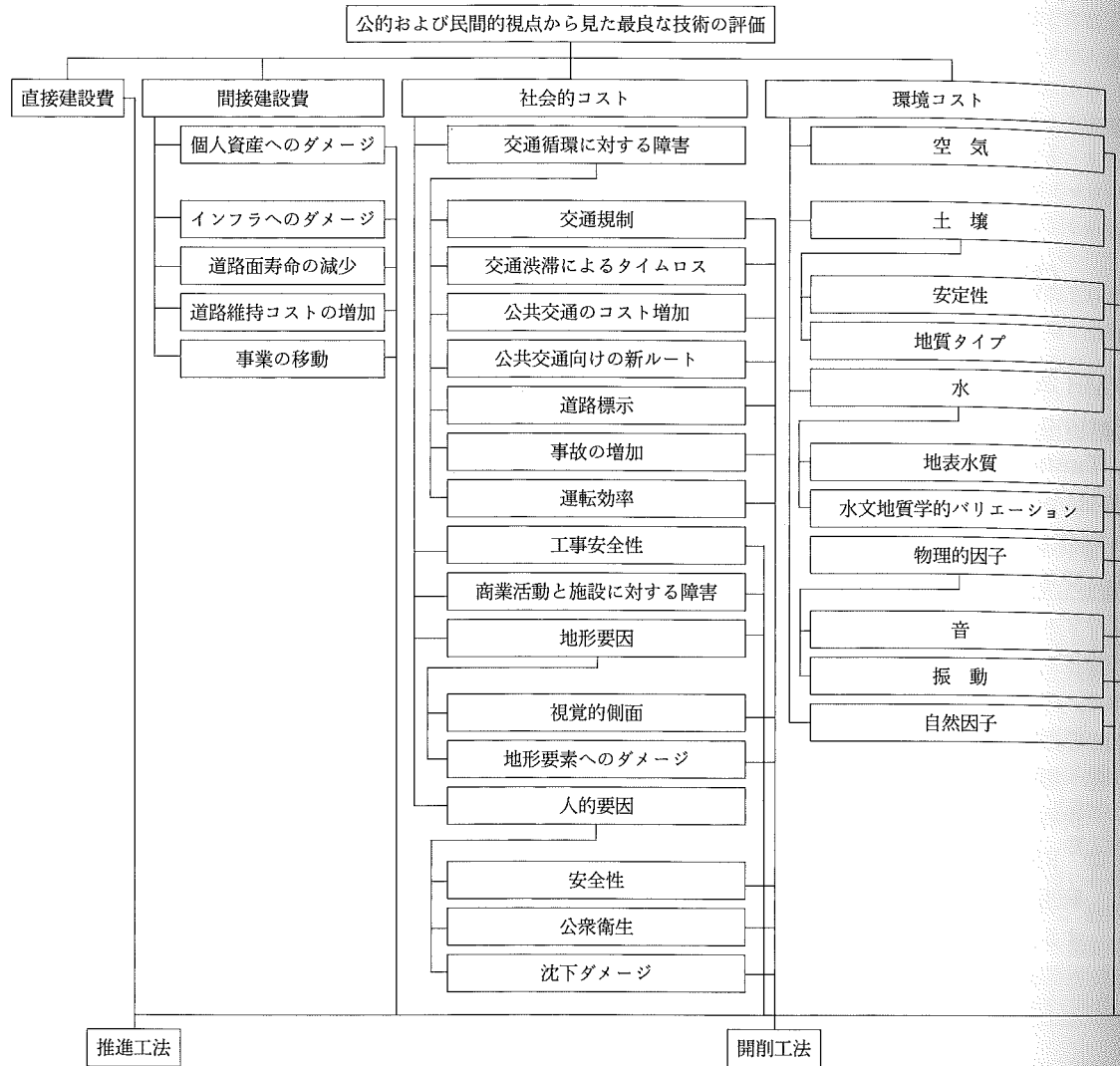


図-1 RMRとQシステムの支保設計チャート比較



ネル掘削に伴う地盤変状を抑止する工法であり、主に欧米で利用されている。本稿は、補正注入に関する施工管理データを可視化できるシステムの紹介である。

計測装置を用いた補正注入は、1976年以降に利用され、1989年に液面計を利用した監視・制御システムを備えたデータベースシステムが利用され、1993年にカナダの鉄道トンネル工事において標準ツール(可視化は備えていない)として採用された。

補正注入の過程を適切に制御するためには、次のパラメータを組み合わせる評価しなければならない。

- ・グラウト注入データ(圧力、数量、注入くり

返し回数など)

- ・ボーリング孔計測データ(構造物下部のグラウト注入地点の位置)
- ・地盤/構造物の特異な変形
- ・地盤の力学的性質
- ・トンネル掘進機の位置

注入過程の効率性を評価するためには、時間的、空間的なデータを収集、解析、評価する必要があり、注入に関する評価は、複雑かつ多量なデータを可視化できる機能を有するITシステムを活用することが適切である。このシステムは複雑な注入過程を制御するため、次の装置を組み合わせている。

- ・構造物の変位の計測・監視システム

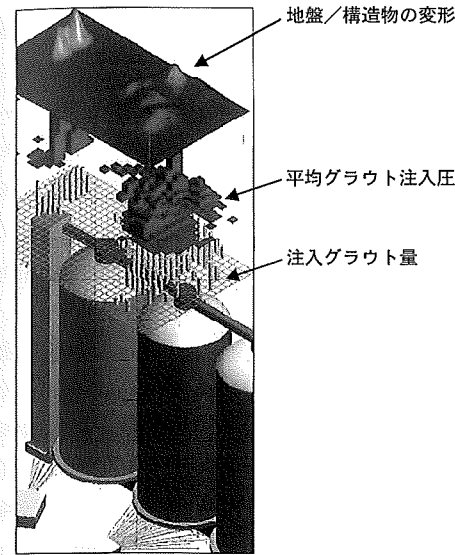


図-1 可視化の例

- ・ボーリング孔の実際の三次元位置の計測システム
- ・注入作業の計測・監視システム

構造物の変位の計測・監視システムは、リアルタイムかつ高精度で変形を測定記録できるセンサーシステムであり、液面計、水管水準測量装置、伸縮計、電子測距計、デジタル水準計のような測定装置を適用することができる。水管水準測量装置は、多数のセンサー計測値を迅速に記録できる高精度な容量型圧力変換装置である。計測精度は、0.2~0.3mm、平均値の標準偏差は0.02~0.05mmである。ボーリング孔の計測システムは、磁性岩石環境下や鋼製ドリルロッドを使用する条件でも適用できる光学計測装置を適用し、連続的な削孔区間の曲率を計測して、ボーリング経路の三次元位置に変換しボーリング孔口のPDA(携帯情報端末)を用いてシステムに取り込むことができる装置である。

注入作業の計測・監視システムは、注入ステージ数、注入地点の位置、ポンプ数、容器、注入の開始と終了、初期圧力、平均圧力、最終圧力、注入グラウト量、時間依存曲線としての圧力と数量のデータを収集することができる。これらのデータを用いて連続的なグラウト注入過程を可視化することができる。

以上のデータによって可視化した例を図-1に示す。システムユーザーは、可視化により注入に関する情報を得ることができ、次のグラウト注入の制御のための作業指示を注入制御装置に電子的に転送することが可能となる。

補正注入の計画、監視、実施に関する品質保証は、実績のある専門家による評価とグラウト注入に関するリアルタイムデータが必要であり、本システムツールにより効率的に補正注入を実施することが可能である。

(文責：近 信明・(株)竹中土木)

### 押し出し性地山におけるSaint Martin連絡坑の施工/Saint Martin squeeze

By G. Barla : Tunnels & Tunnelling International, May, 2008, pp.15-19

リヨン-トリノ高速鉄道は、ヨーロッパを東西に結ぶ幹線である。仏-伊国境に位置するリヨン-トリノベーストンネルは、延長53km、工費US\$117億の工事である。

3本のアクセストンネルの一つであるSaint Martin La Porte 連絡坑は、延長2,280m、土かぶり300~600m、断面積100m<sup>2</sup>であり、地質は古生代石炭紀の黒色片岩、砂岩、石炭、粘土質頁岩などからなる。この地山は強い押し出し性を示し、その区間は600m以上と想定された。

押し出し性地山に対して、当初、鏡ボルト、可縮支保工などで対応したが、内空変位は2mに達した。そこで作業状況を改善するため、ほぼ円形の断面(DSM)を有する新しい支保工が開発された。

第0段：鏡補強(グラウト+ファイバーグラス・ボルト)。

第1段：全断面掘削(機械掘削、1掘進長1m)、ロックボルト(L=8m)、可縮支保工、吹付けコンクリート(t=100mm)。

第2段：インバート掘削、9分割可縮支保工(全周)、吹付けコンクリート(t=200mm)。

9分割可縮支保工に組み込まれた可縮コンクリー

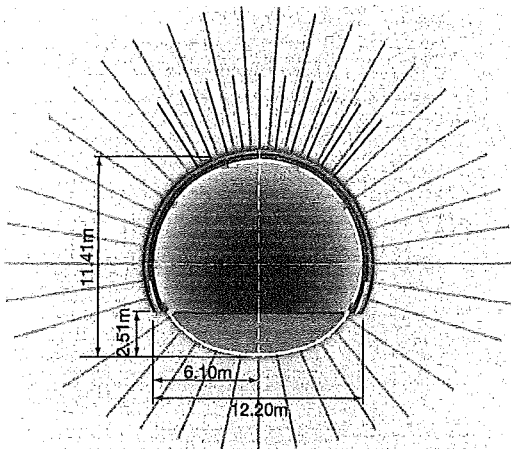


図-1 掘削支保パターン

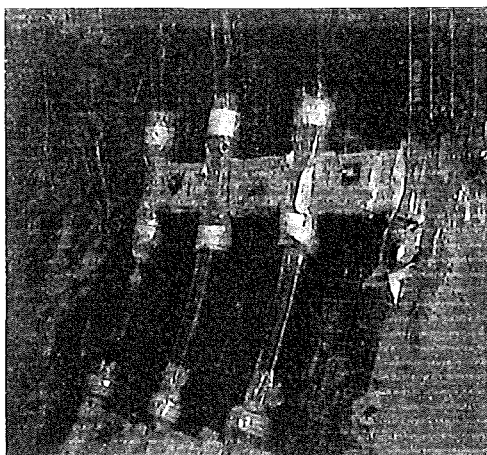


写真-1 可縮コンクリートエレメント

トエレメント (highly deformable concrete element : hiDcon) は、コンクリートと鉄板の層構造をしており、40%のひずみで降伏し、降伏応力は8.5MPaに設定された。このエレメントは、接線方向応力下で収縮し、押し出し性の地山には、径方向応力を負荷する。

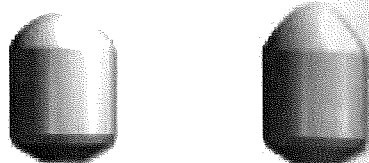
(文責：畑生浩司・鉄建建設(株))

### ボタンビットでビットがわかる/ Know your bits from your buttons

World Tunnelling, April, 2008, pp.18-21

ビット自体は小さいが、岩や土を削孔するうえでなくてはならない重要な部品である。トンネル

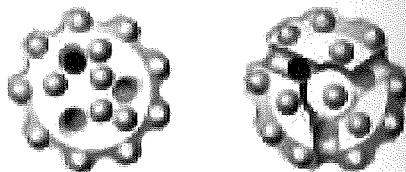
### Two basic button types



Standard/spherical/round Ballistic/semiballistic

ボタンビットの形状

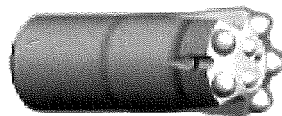
### Two basic button types



Flat face

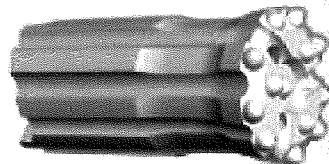
Drop centre

ビットの先端形状



Normal body

R-Retrac



The two basic body types

ビット本体

で使用の際は、ビットの選定が大きな課題となる。岩用と土用のビットでもまったく異なったものである。

### 岩盤用ビット

ビットは、本体・フェース・ボタンビット・削孔水用の穴・ねじ部の五つの部分から構成されており、地山条件を考慮し、それらをうまく組み合わせて適正なビット形状とする。

ボタンビットは岩盤を破碎し、タングステンカーバイト(超硬合金)できている。ボタンビットは、球面タイプ・弾道タイプ・中間タイプに分類される。球面タイプはもっとも一般的であり、削孔速

度は速くないが簡単に壊れることはない。弾道タイプは球面タイプより細長い形状であり、ボタンビットが壊れやすい反面、削孔速度は速い。中間タイプは、両方の長所を取り入れ開発されたものである。

ビットの先端部(フェース)は、Flat faceとDropped centerの2種類がある。Flat faceは、もっとも一般的な形状である。Dropped centerは直進性を向上させるためにフェース面に溝が切つてある。

本体は、通常タイプとR-Retracタイプがある。R-Retracタイプは、直進性を要求される場合に使用されるが、トンネルでは6mを超えた削孔に使われることはない。また、断層部やトンネル掘削に伴う作業では有効である。

削孔水用の孔は、ボーリング孔に残っている岩盤の削りかすを取り除くためにある。削孔水による洗浄作業がうまくできないと、ビットの回転は停止し、より強い力で回転させようとするロッドが損傷し、ビットも破損することになる。

ねじ部の直径は、ビットの直径に対して適切な大きさがある。ビットメーカー各社でいくつかの異なる種類のネジ部があったが、最近ではあらゆるメーカーに使えるねじ部が一般的となっており、R32とR35というののもっとも一般的なものである。ビットを選択するにあたっては、条件の独自

性を踏まえ、それに適応することが最善なビットを選択することになる。最終的には、削孔機やオペレータの好みによることになる。

### ヘルシンキのトンネル

2007年9月から2008年6月にかけてヘルシンキで地下駐車場のためのトンネルを掘削している。都市部での発破工法による施工で発破による有害な振動を与えないようにしなければならない。また地下水位以下での掘削となるので、薬液注入を併用している。

地質はかなり均一である灰色花崗岩で、ビットはFlat faceで、ボタンビットは小さく、弾道タイプのもを使用した。ボタンビットの延命化のために、ボタンビットを研磨し、3~4倍寿命が延びた。

### 先受け工法

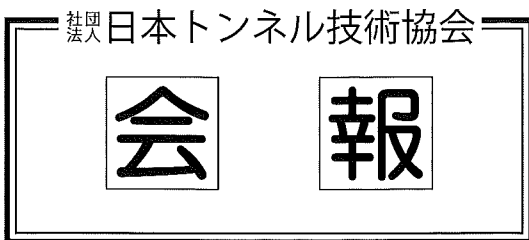
先受け工法では同心円削孔システムで削孔するので、地層にかかわらず低トルクで直進性の高い削孔が可能である。このシステムにより地山とケーシングとの隙間がなくお互いが密着する。このシステムの主要部品は、パイロットビット、リングビット、ケーシングシューである。パイロットビットは、ロッドに固定されている。パイロットビットとリングビットは自動接続であり、ケーシングシューは現地で溶接される。

(文責：関本 昇・佐藤工業(株))

## 『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

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



1. 会員の現状

	1月25日現在
正会員	1,873名
団体会員	341名
個人会員	1,532名
名誉会員	1名
計	1,874名

2. 委員会の開催状況(1月1日~31日)

①調査研究関係委員会

◎技術委員会

共通技術小委員会(1/16)

高橋浩一委員長ほか12名, WG報告および21年度計画を検討

共通技術小委員会ざり出し調査WG(1/27)

朝倉謙主査ほか5名, 調査報告書を検討

安全環境小委員会災害事例調査WG(1/29)

小川澄主査ほか10名, アンケート調査結果を検討

◎特別委員会

効率的掘削工法特別委員会(1/21)

西村和夫委員長ほか24名, 報告書原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会打合せ会(1/9)

梶山孝司委員ほか10名, 早期断面閉合の原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会打合せ会(1/15)

楠本太委員ほか6名, 大変位に関する原稿を検討

北海道新幹線(北海道方)施工技術委員会(1/19~20)

三上隆委員長ほか26名, 現地視察および施工法を検討

飯山トンネル他特別委員会幹事会(1/23)

岡田勝也幹事長ほか26名, 高丘トンネル工事報告ほか

計 8回開催 127名出席

②運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会会誌WG(1/8)

大島洋志主査ほか15名, 2月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

ITA統括WG(1/8)

石田積主査ほか12名, ITA総会報告ほか

海外文献小委員会海外ニュースWG(1/20)

小島宗隆主査ほか5名, 海外ニュースを翻訳

計 3回開催 35名出席

合計 11回開催 162名出席

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第35回ITA総会およびコンgres「都市と環境のための安全なトンネル工法」	2009. 5. 23~28	ブダペスト (ハンガリー)	Hungarian Tunnelling Association (ハンガリートンネル協会) International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会) <a href="http://www.wtc2009.org">http://www.wtc2009.org</a>

\*論文募集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。(社)日本トンネル技術協会 TEL:03-3553-6174

4. 平成20年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所
(見学会)			
名古屋市下水道現場研修会	2008. 6.19	15	愛知県
名古屋市地下鉄現場研修会	2008. 6.20	13	愛知県
交差点立体工事現場研修会	2008. 7.25	18	神奈川県
都下水道現場研修会	2008. 7.30	17	東京都
首都高速中央環状新宿線現場研修会	2008. 8.19	18	東京都
福岡市下水道現場研修会	2008. 9.12	19	福岡県
北関東自動車道トンネル現場研修会	2008. 9.19	18	栃木県
北海道道路トンネル現場研修会	2008. 9.25~26	41	北海道
北海道新幹線トンネル他現場研修会	2008.10. 9~10	32	北海道
仙台東西線 青葉山トンネル他現場研修会	2008.10.17	17	宮城県
調布駅付近連続立体交差現場研修会	2008.10.31	23	東京都
東濃地科学センター施設研修会	2008.11.13	20	岐阜県
HEP&JES工法工事現場研修会	2008.12. 5	14	東京都
小田急下北沢地区複々線化工事現場研修会	2008.12.12	26	東京都
(施工体験発表会)			
第62回(山岳)	2008.10.23	131	東京都
「周辺環境条件を配慮し, 新技術を駆使したトンネル工事」			
第63回(都市)	2008.10.24	89	東京都
「都市部の特殊条件下でのトンネル工事」			
(講演, 講習会)			
第10回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2008.11. 6~ 7	20	東京都
第11回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2008.11.20~21	19	栃木県
2009トンネル技術の特別講演と技術研究発表会	2009. 2.20	300	北海道

## 4月号予告[4月1日発売予定]

- 北海道新幹線 津軽蓬田トンネル
- 第二東名高速道路 大和田トンネル
- 阪神高速8号京都線 稲荷山トンネル
- 上野地下駐車場

## 【連載講座】

- 山岳トンネル先進ボーリング入門(最終回)

\*内容等は変更になる場合がございます

## 編集後記

◆日曜6時半、国民の人気番組「サザエさん」のオープニングの冒頭に「飛騨トンネル」が紹介されていました。もちろん漫画です。同番組のオープニングは月ごとに各県の名所等をオープニング曲とともに漫画で紹介するものです。この雑誌がお手元にとどく3月には違う県の紹介に変わっているかもしれませんが、今までトンネルが同番組のオープニングに登場したことはなかったと思います。「トンネルと地下」の表紙にでるよりインパクトがあったのではないのでしょうか(笑)。

◆連日、派遣切り、振込詐欺のニュースがメディアで多く報じられています。失業率と犯罪数は比例関係にあるようで、とくにその日暮らしの人が生活費を稼ぐために軽犯罪に引き込まれることが多くなるといいます。背に腹は変えられないということのようですが、秩序を失った国家の行く末は想像すると恐ろしい限りです。

◆先日、音を電気に変える装置をつくった企業の紹介をしておりました。その企業では通るだけで電気を発生させる振動床というものを開発し、すでに渋谷の交差点でテスト的に配置し現在の発電量を街頭に表示し、注目を集めています。また、首都高の一部の橋に敷いて橋の電気をまかなっているようです。これを首都高のすべてに敷くと東京の半分ぐらいの電力をまかなえるようですが設置費用がいくらかかるかは紹介されていませんでした。

◆昨今、公共工事に対する国民の感情はどちらかといえば悪い状況ですが、トンネルによって地球環境がこんなに改善されるとか地域にどれだけ貢献できるのかなどをもっとアピールし、国民に認められる公共工事として雇用の促進にも貢献できたらと考えます。

(K.Y)

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

★(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(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40巻 第3号 [通巻463号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成21年2月20日 印刷

平成21年3月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 小森 博

〒104-0041 東京都中央区新富2丁

目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

## 本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

## 購読料

1冊 1,575円(送料108円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

## 本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

本誌掲載記事を無断で複写(コピー)

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

吹付けコンクリート用急結剤

「太平洋ショットマスター」

**1 急結性に優れています**  
セメント鉱物系ならではのシャープな急結性が得られます。そのため、吹付けコンクリートを急速に硬化させ、岩盤への優れた付着性・跳ね返りの低減が実現できます。

**2 短時間強度・長期耐久性が良好です**  
吹付け後、短時間で高い強度が得られ、以後の強度発現性も優れています。また、セメント鉱物系ですので、長期耐久性も良好です。

**3 塩化物を含んでいません**  
塩化物を含んでいませんので、ロックボルト・鋼製支保工等の鋼材を腐食させません。

## 優れた付着性!!

「太平洋ショットマスター」は、太平洋セメント株式会社が特殊セメントやセメント用各種混和剤の開発技術をもとに、鋭意研究開発したセメント鉱物系を主成分とした吹付けコンクリート用急結剤です。セメント鉱物ならではの急結性を有し、吹付けコンクリートの岩盤への優れた付着性・跳ね返りの低減が実現できます。

太平洋マテリアル株式会社

●営業本部高機能建材営業部 〒103-0023 東京都中央区日本橋本町4-8-15 ネオカワイビル8F TEL.03-3278-5319

○北海道支店/TEL.011-221-5855 ○東北支店/TEL.022-221-4511 ○東京支店/TEL.03-3278-5331

○北陸支店/TEL.076-234-1670 ○中部支店/TEL.052-452-7141 ○関西支店/TEL.06-6228-6660

○中国支店/TEL.082-261-7191 ○四国支店/TEL.087-833-5758 ○九州支店/TEL.092-781-5331