

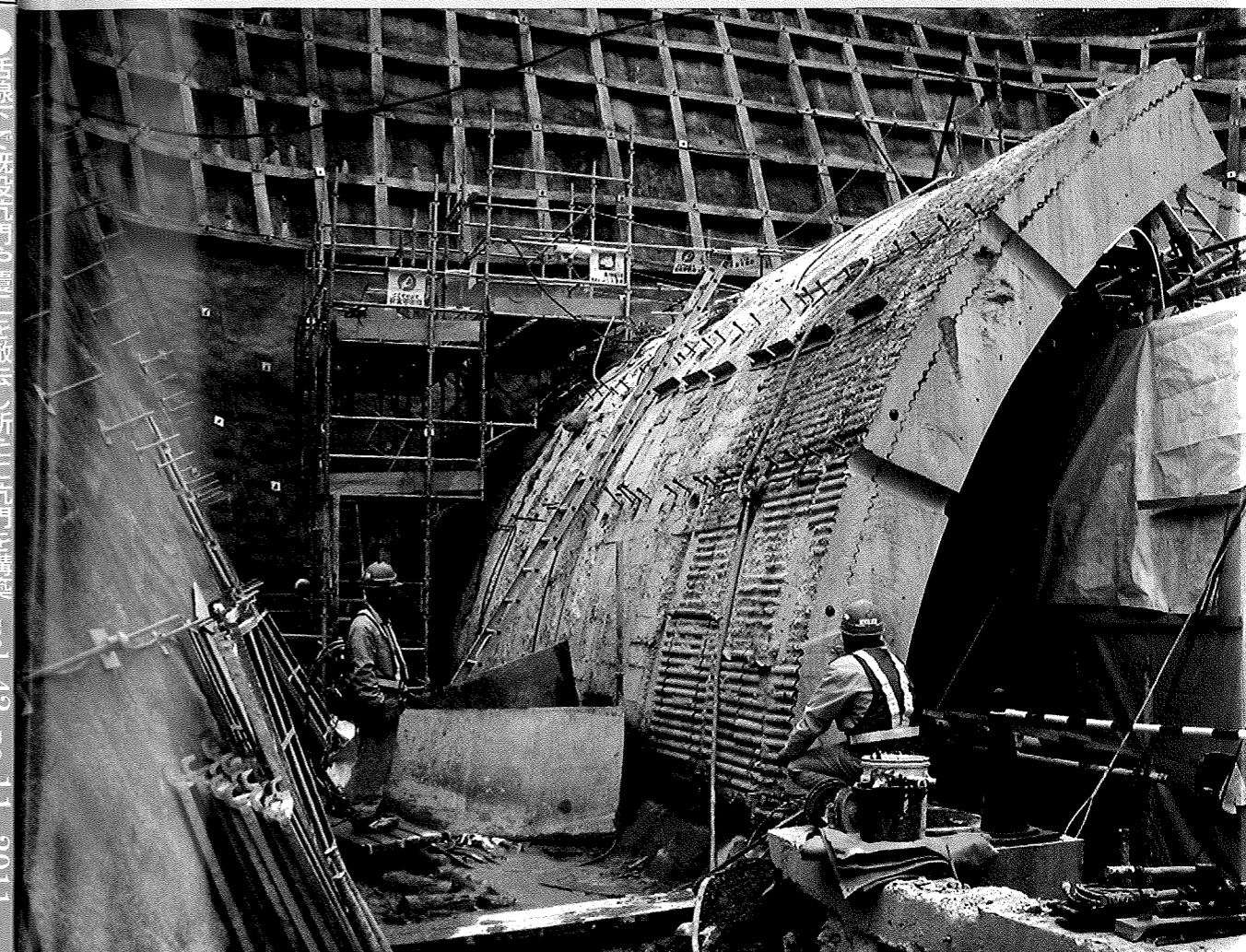
トンネルと地下 11

vol. 42
no. 11
2011

Tunnels and Underground

地盤切削JES工法で軌道下80cmを掘削
補助工法を駆使した未固結砂地山の近接施工
活線下で既設坑門や覆工を撤去し新たに坑門を構築
高有機質土を改良・置換し地中連続壁の立坑を設置
フラッシュ写真を用いた簡易粉じん測定法

日本トンネル技術協会誌



信頼の品質

技術提案に好適!! デンカの特種混和材

デンカの液体急結剤
初期強度発現がバツグン
《デンカクリアショット》

NETIS:KT-080020

液体急結剤 **デンカナトミックLSA**
粉体助剤 **デンカナトミックUSS**

- ・脅威の低粉じん吹付けが可能
- ・確かな初期強度、長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない
- ・粉体急結剤と同様の吹付け性状
- ・湧水、低温にも強い

優れた低粉じん吹付け
《デンカスラリーショット》

デンカナトミックUS-32
デンカナトミックUS-50

《粉じん低減剤》
デンカクリアップ2

- ・安定した低粉じん吹付けが可能
- ・確かな初期強度、長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

実績の粉体急結剤

一般吹付け・高品質吹付け
デンカナトミックTYPE-5

高強度吹付け
デンカナトミックTYPE-10

瞬結吹付け・初期高強度吹付け
デンカナトミックTYPE-10S
デンカΣショットS

- ・安定した初期強度・長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

覆工コンクリート
ひび割れ抑制・耐久性向上

コンクリート用膨張材
デンカパワーCSA

有機無機複合型被膜養生剤
デンカクラッコフ

コンクリート補強用合成繊維
STRUX 85/50L

- ・高品質な覆工コンクリートが得られます

◆トンネル関連製品

- ・デンカPFモルタル、PFモルタルTYPE-K・・・小断面・TBM用吹付けモルタル
- ・デンカライフセッター・・・吹付けコンクリート用凝結調整剤
- ・FTN-30・・・吹付けコンクリート用高性能減水剤
- ・デンカES/ES-L・・・無公害なセメント系土質安定用急硬材
- ・デンカコロイダルセメント/コロイダルスーパー・・・微粒子、超微粒子セメント
- ・デンカPモル・・・注入式ロックボルト定着材
- ・デンカCG-1000、CG-2000・・・可塑性モルタル用混和材

DENKA

電気化学工業株式会社

セメント・特混事業部 特殊混和材部
東京都中央区日本橋室町2-1-1
電話 03-5290-5558

定価 1,575円
本体価格1,500円

雑誌06619-11

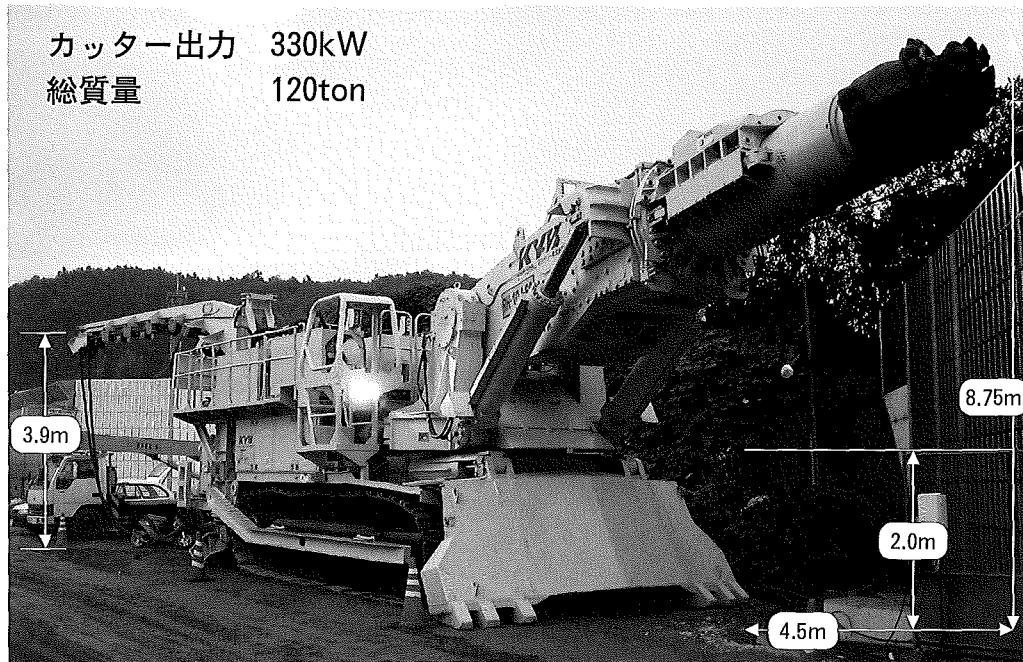


4910066191115
01500

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

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL 03-5733-9444
 カスタマーサービス 〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号 TEL 042-767-2586
 相模事業所 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番地20号TEK第二ビル TEL 06-6387-3371
 大阪支店 〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多 TEL 092-411-4998
 西部支店 〒514-0396 三重県津市雲出長常町 1129 番地 11 TEL 059-234-4111
 三重工場

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO

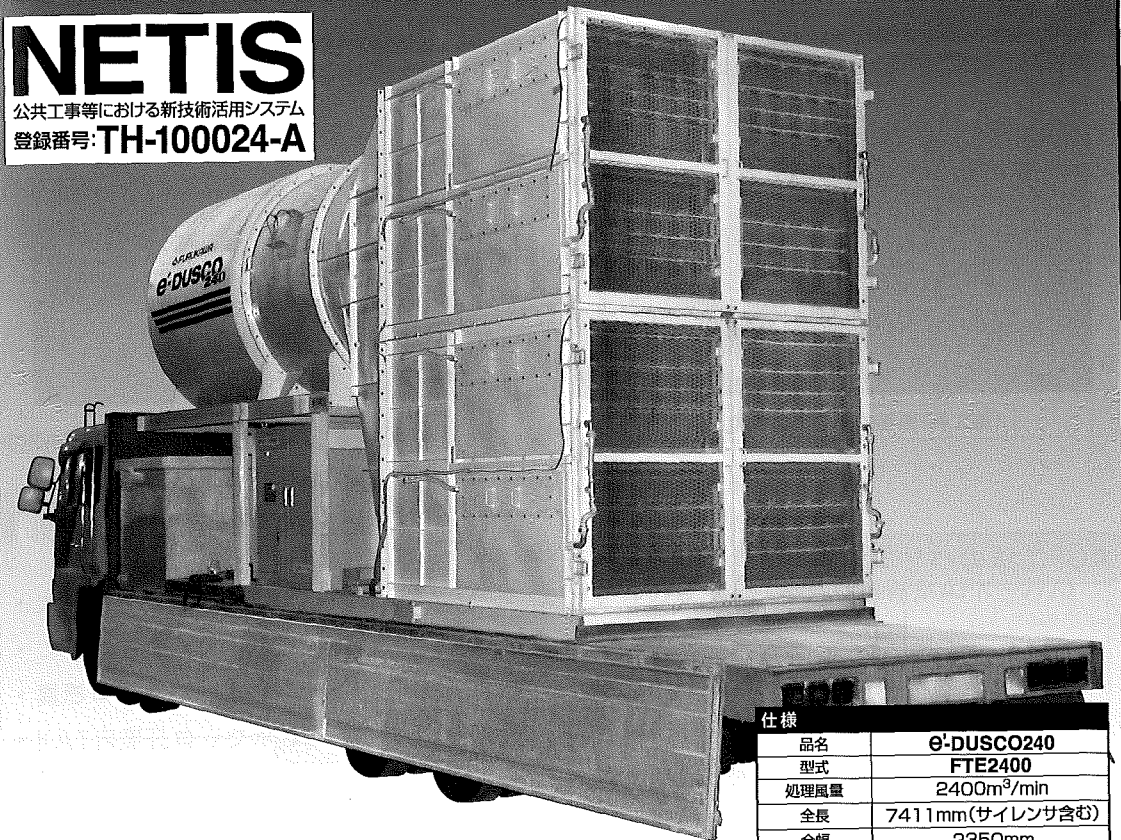
イーダスコ・ニーヨンマル

究極の省エネ

70%も節電

NETIS

公共工事等における新技術活用システム
登録番号:TH-100024-A



クラス最高の集じん効率95%

従来の電気式では達成できなかった95%以上の高集じん率を確保。

微細粉じんも逃さない電気式

電気式だから人体に有害な微細粉じん(0.2~5μm)も捕集できます。

現場メンテナンスは手間いらず

放電電極は丈夫で長持ちするブレード式により断線故障無く安心して御使用頂けます。捕集した粉じんもラクラク処理。

大風量と省エネを同時に実現

処理風量は20%増えたのにいっそう省エネ。安定した処理風量でCO₂削減を実現する工コ製品です。

仕様	
品名	e-DUSCO240
型式	FTE2400
処理風量	2400m ³ /min
全長	7411mm(サイレンサ含む)
全幅	2350mm
全高*1	3700mm
本体重量	10t
電源仕様	3相3線400V58kVA
ファン動力	30kW
消費電力	33kW
洗浄水	2.4m ³ /回
捕集ダストの処理	湿式
集じん効率*2	95%以上

*1 車両高さは含まれていません。
*2 JIS Z 8808により測定した値です。

△ 古河機械金属グループ

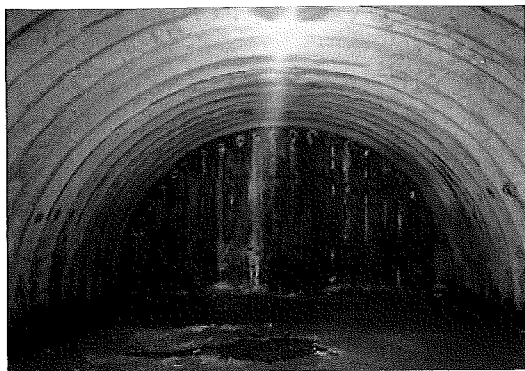
古河産機システムズ株式会社 URL: <http://www.furukawa-sanki.co.jp/>

本社 〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
営業第3グループ ☎03-3212-6575

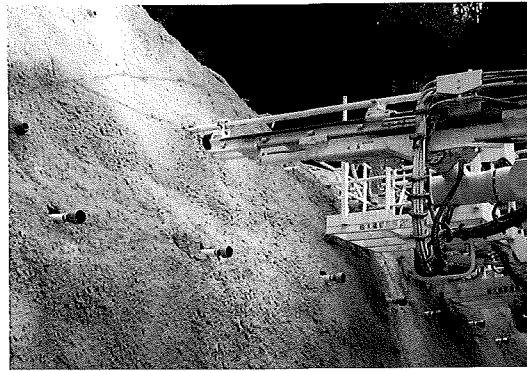
大阪支店 ☎06-6344-2532 名古屋支店 ☎052-561-4580 札幌支店 ☎011-784-1179
東北支店 ☎022-221-3532 九州支店 ☎092-741-5193 小山工場 ☎0285-23-8662

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

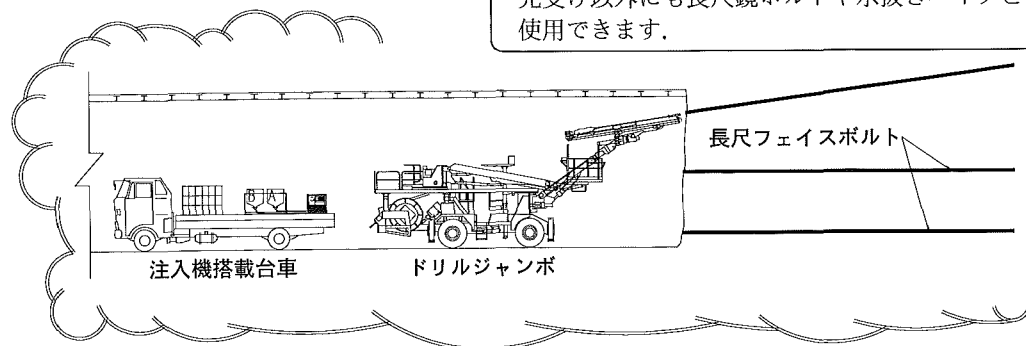
プロトタイプ
無拡幅タイプ
最小拡幅タイプ

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。

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



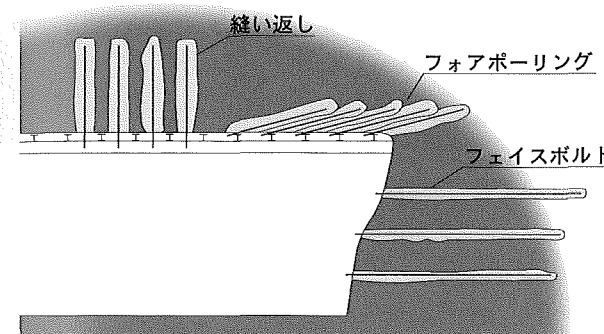
注入材のバリエーション

- 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



注入式フォアボ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
- ・注入式フォアボーリング
- ・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

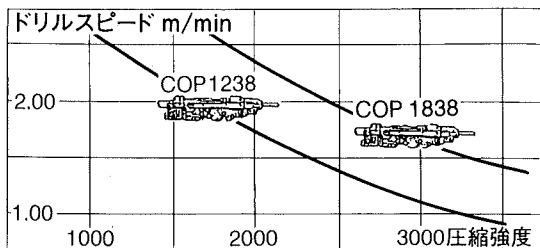
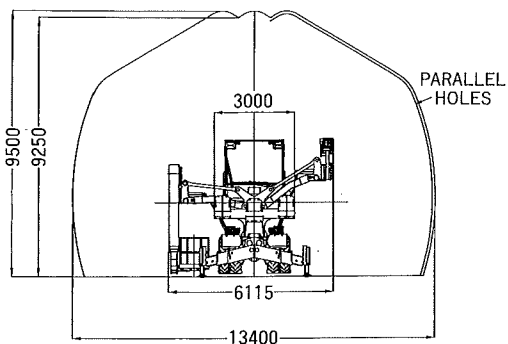
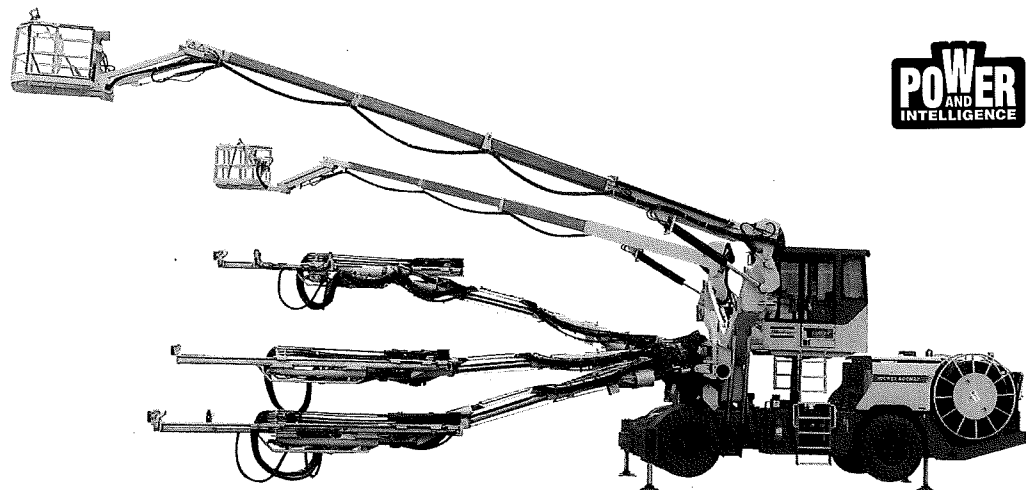
TEL)011-821-5868 FAX)011-821-6644

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
 広島出張所 〒739-2613 広島県東広島市黒瀬町楯原1336-1
 TEL (0823) 36-7787 番 FAX (0823) 36-7791 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

流機エンジニアリングだから出来ること お客様の「できたらいいな」を実現します

吸引ダクト SUPERLIGHT
[重量 1/2+オーバーハングノズル 新型]

コンクリート密着養生システム



正圧用 (ビニール)
ノンリークダクト

~漏風 "0" の風管シリーズ~

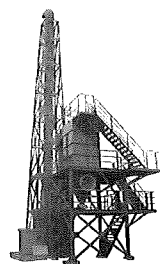
超低騒音ファン EZ-2000Q
[150kW 2000 m³/min 74dB]



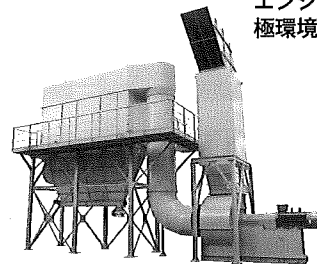
トンネルに止まらず特殊な一品モノにもお応えします

〈産業用集塵機 1シリーズ〉

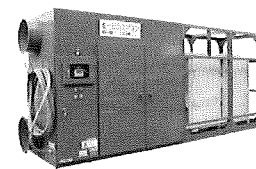
集塵、脱臭、除湿、水処理など環境装置を主とする、
エンジニアリングメーカーです。
極環境の宇宙、原子力、トンネルなどの装置開発も手がけています。



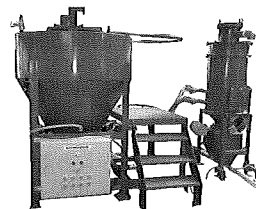
400m³/min
コークス・マンガン



1500m³/min スラブ研削



工業用大型エアコン



急結剤補給やコンクリート
補強繊維の自動定量送り機



最適環境を創造する

株式会社流機エンジニアリング

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

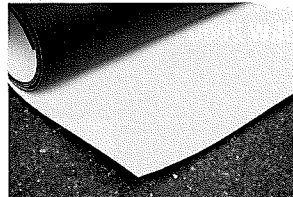
ウォータータイトトンネル 防水システム



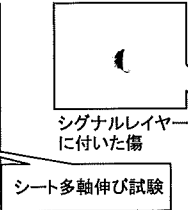
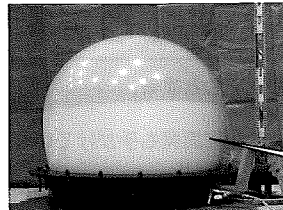
非排水型防水システム用メンブレン
KFCタイトライナー

シート防水材

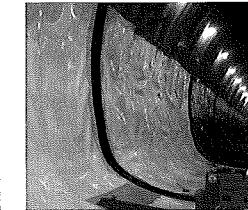
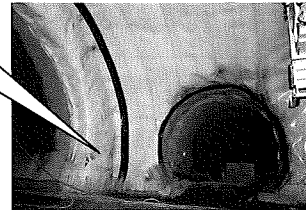
- **KFCタイトライナー**
追随性・溶着性・耐破損性の優れた防水シート
- **シグナルレイヤー**
防水シート損傷部の発見が容易なシグナルレイヤー付防水シート
- **表面緩衝材**
長繊維不織布から透水性の優れた立体網状体まで豊富なバリエーション



シグナルレイヤー付防水シート



シグナルレイヤーに付いた傷
シート多軸伸び試験



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

土木資材事業部(東京) TEL(03)3570-5223 FAX(03)3570-5233
土木資材事業部(大阪) TEL(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755

1本1本が大切! だから
次世代 防食 ロックボルト

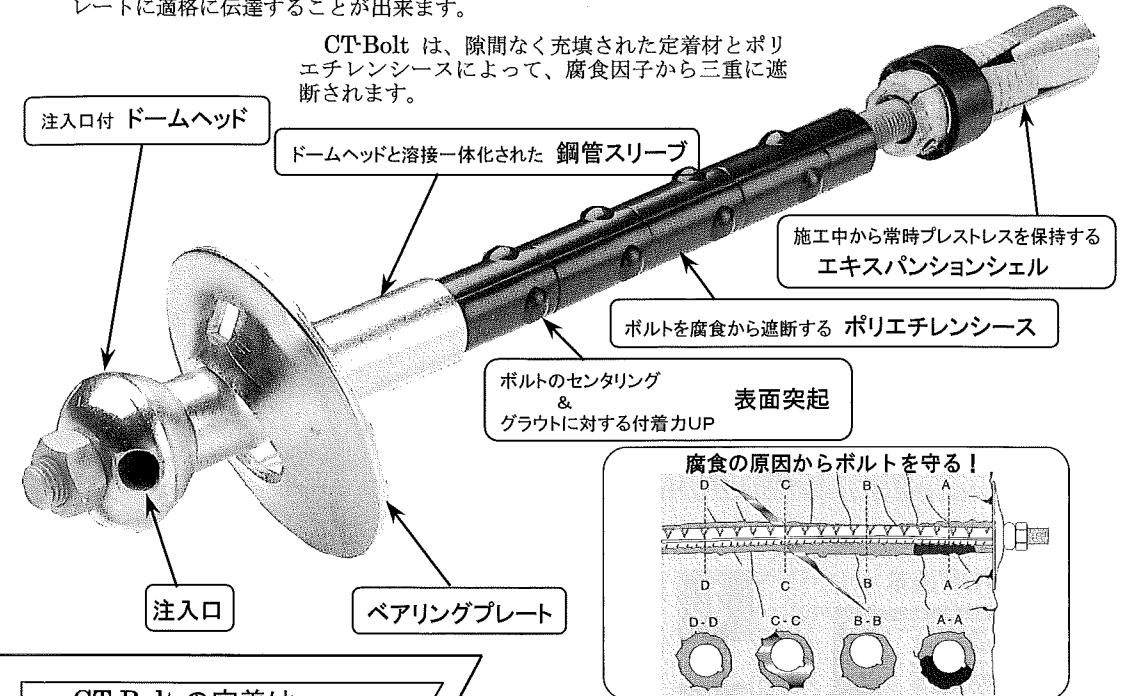
CT-Bolt



通常施工により超長期支保

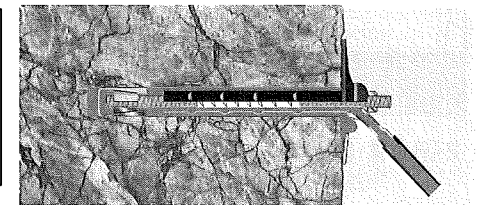
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

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

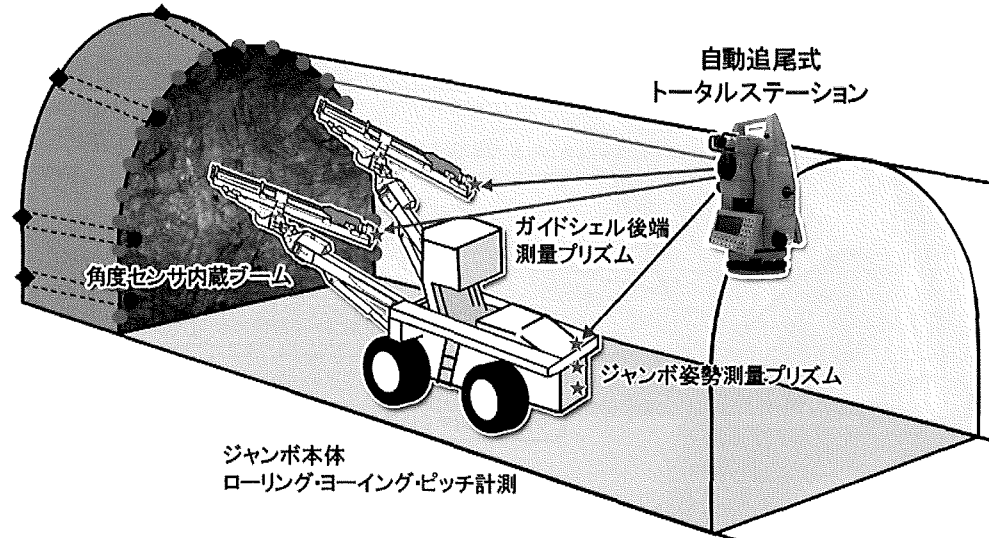
〒135-8073 東京都江東区青海2丁目4番32号タイム24ビル
お問い合わせ先 TEL: 03-3570-5182
技術部 FAX: 03-3570-5191

NETIS登録番号:KK-100049-A

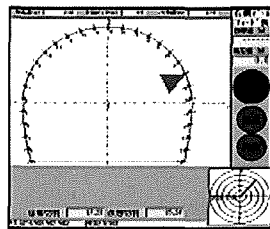
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市菅谷8-16-3

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

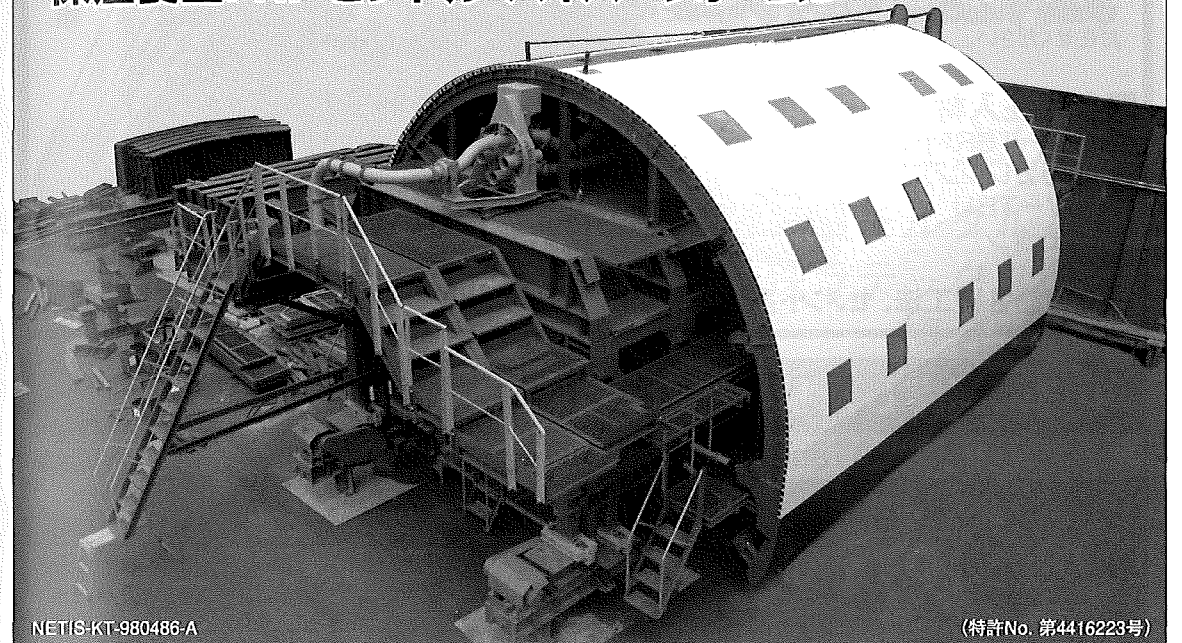
FRD 古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

高品質・高耐久 覆工コンクリートを目指して

保温養生FRPセントル ハイパーフォームG

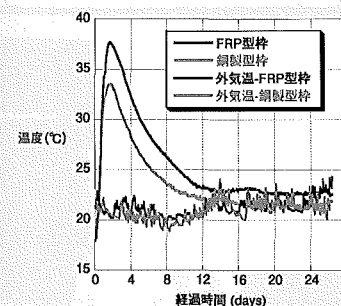


NETIS-KT-980486-A

(特許No. 第4416223号)

■覆工コンクリート温度の経時変化

[宮崎大学との共同研究により、蘭アジタ 古江トンネル南にて測定]



◎3~4℃の保温効果により、コンクリート強度が15~20%向上

■鋼製型枠との比較

項目	単位	ハイパーフォームG	鋼製型枠
基準サイズ	mm	900×10500×55	300×1500×55
重量	N/m ²	145.1	405
比重		1.8	7.8
曲げ強度	MN/m ²	294.2	333.4
剛性E・I	N・m ⁴	3.66×10 ⁴	5.39×10 ⁴
熱伝導率	W/(m・k)	0.30	46.5
線膨張率	1/℃	1.0×10 ⁻⁵	1.1×10 ⁻⁵
光線透過率	%	2.2	0

特徴

1. すぐれた断熱効果により、保温養生を実現(鋼製型枠に対し熱伝導率1/150以下)
2. 外気の温度変化に対する影響が少なく、寒冷地に最適
3. 剥離性がよく、ケレン作業が低減

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

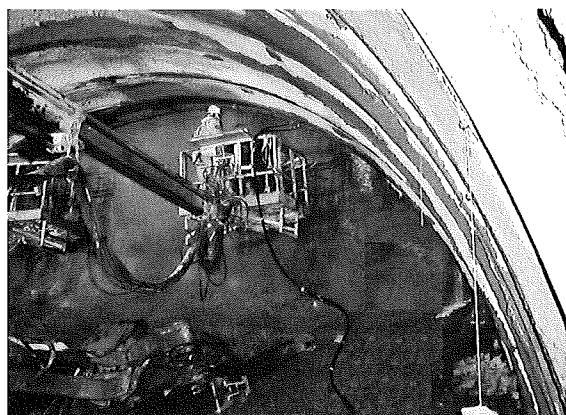
※九州営業所は下記の住所に移転しました。

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

補助工法・注入材のことならティーエムシー

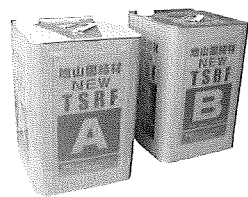
■AGF-OFP工法

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)

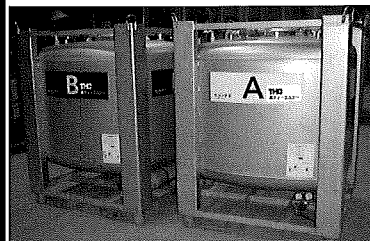


※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧ください。

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム

NETIS登録番号 : KK-100048-A (2011/1登録)

◎リサイクルコンテナ(左)と現場への搬入風景



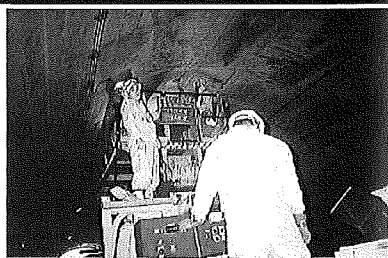
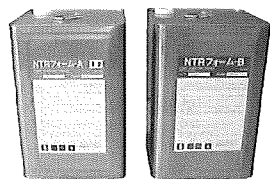
当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

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)

※その他の倍率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

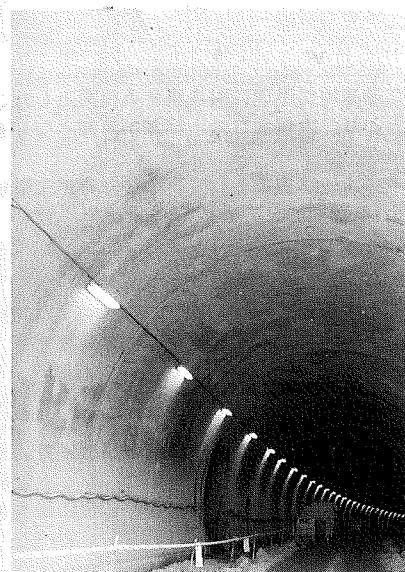
株式会社ティーエムシー ホームページ : <http://www.tmc-net.com/>
お問合わせ・お見積のご相談はお近くの当社事務所まで

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
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
名古屋営業所	〒486-0844 愛知県小牧市大字下末1648-10	TEL : 0568-65-7745
九州営業所	〒839-0809 福岡県久留米市東合川3-12-40 アイソリューションビル1F	TEL : 0942-40-8151
小牧物流センター	〒485-0825 愛知県小牧市大字下末1636-9	TEL : 0568-44-7786

コンクリートの劣化、欠陥箇所の改修、補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法



〈工期短縮、即日仕上り〉

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

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

エアモルタル裏込め注入……

エスコート L & K 起泡剤

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



◆土木資材の総合プランナー◆



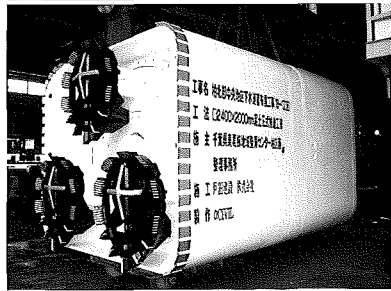
株式会社 マイル

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

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



多軸回転・公転掘進機(内寸寸法□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長距離パイプルーフ掘進機(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、曲線パイプルー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・曲線パイプルーフとして適用可能
- ◆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〜帯水層まで対応可能

巨礫・岩盤破砕型掘進工法

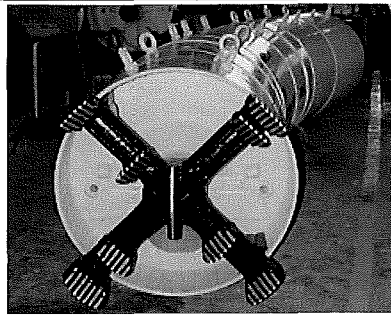


φ1500mm破砕型掘進機

本工法は泥濃式の取込方式の長所を生かしながら、破砕方式を兼ね備え、取込径以下の不要な破砕を行わないため、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。

- ◆破砕型掘進機：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
- ◆破砕型急曲線実績 R=15m(φ800、巨礫層)
- ◆破砕型長距離実績 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%程度の玉石等の摘出が可能
- ◆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

月刊推進技術 定期購読のご案内



定期購読料金 **12,000円** (@1,000円/月×12ヶ月 税・送料込)

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

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039 加入者名：株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間購読料金12,000円(毎月1冊×12ヶ月 税・送料込)をお支払いください。

詳しくは、月刊推進技術編集室にご案内いたします。

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

検索

定期購読のお申し込み
は右のQRコード
または本誌ホームページから



月刊推進技術 編集室

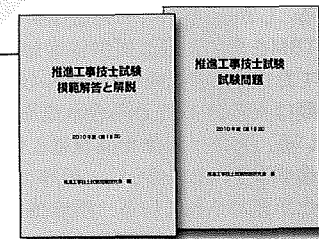
<http://www.lswb.co.jp/micro-tunnelling/>

〒135-0046 東京都江東区牡丹2-2-3-105 株式会社LSプランニング内
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail akasaka@lswb.co.jp

推進工事技士試験 過去9年間(平成14~22年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編



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

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

平成23年度版 2月上旬発売予定

1. 内容と特長

- 過去9年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は別冊になっており実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出典箇所を明記

2. 価格

各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本書書のお申込は前金でお願いしています。

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

これらのことをインターネットでご案内しています。推進工事技士試験

検索

株式会社LSプランニング
http://www2.ocn.ne.jp/~ls_siken/

〒135-0046 東京都江東区牡丹2-2-3-105
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail oda@lswb.co.jp

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

新刊案内

山岳トンネル設計の考え方



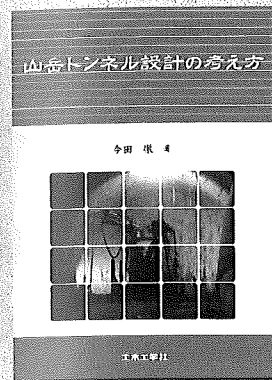
東京都立大学名誉教授

今田 徹 著

B5判 183頁 上製本 定価3200円+税

山岳トンネルを設計するうえでの考え方は勿論、設計の留意点などを平易にまとめている。

山岳トンネル工事に携わる諸兄の必携書である。



《主要目次》

- 第1章 山岳トンネル技術の要素と変遷
- 第2章 トンネル掘削による周辺地山の挙動
- 第3章 岩石の特性
- 第4章 トンネルと地質
- 第5章 トンネルの線形
- 第6章 断面の設計
- 第7章 支保構造物
- 第8章 吹付けコンクリート
- 第9章 ロックボルト
- 第10章 鋼アーチ支保工
- 第11章 覆工
- 第12章 切羽の安定
- 第13章 掘削工法・掘削方式の選定
- 第14章 併設トンネルの設計
- 第15章 特殊地山
- 第16章 坑口の設計
- 第17章 環境対策

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

株式会社 **土木工学社**

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

道路,トンネル設計 (本体工,換気,防災,照明,施工管理他)

トンネル現場診断



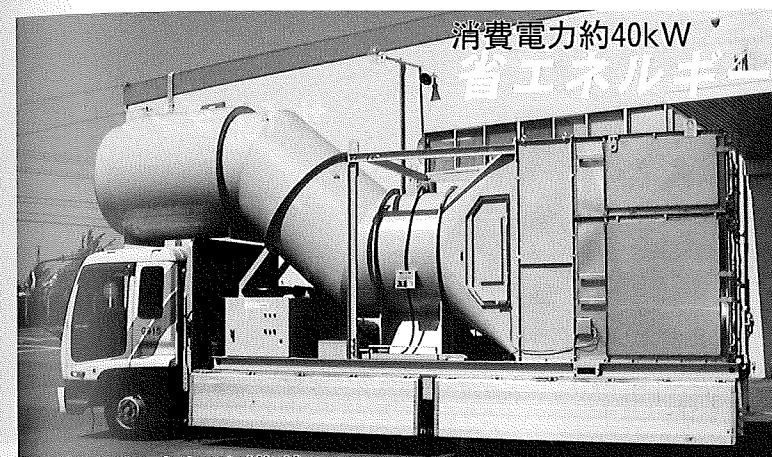
(社) 建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会長 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)
 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

消費電力約40kW
省エネルギー



4t車にらくらく搭載
軽量コンパクト

※坑内設置例

National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ)

株式会社 レント 特機営業課 担当者 工藤

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-12-9 NIビル8階 TEL: 03-5642-6750 FAX: 03-3249-0415
 URL: <http://www.rent.co.jp> E-mail: kudo.yuji@rent.co.jp

- RENT**
- 取扱レンタル商品
- フリッカー対策器
 - MACレーザーシステム
 - オアシス(坑内休憩室)
 - 発電機エコ装置
(従来より小容量の発電機で
施工できる為、省エネ効果)

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)

中濃産業株式会社 代表取締役 土田 義 式

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)

トンネル進捗率改善のための最新技術



明かりが見えます

トンネルが貫通するまでの長い道のりの中で、工事完了までの間に大いなる違いを生む原動力となるのは、トンネル進捗率における日々改良の積み重ねです。もちろん、発破のたびに進捗度を上げたいとご希望されることでしょう。

オリカ社は、今まで積み重ねてきた研究開発と技術力を駆使して、お客様が毎日直面する課題の解決策をご提供することが可能です。自由に延時設定可能なトンネル専用電子雷管eDev、トンネル発破デザインソフト New SHOTPlus-TTM、高エネルギーエマルジョン爆薬の結果をご覧になることができます。これらはすべて、お客様のご要望に沿って全てのプロジェクトに最適な技術サービスとサポートをご提供した結果です。

これこそがオリカ社が提案する「Power of Partnership (パートナーシップの力)」です。

www.oricamining.com にアクセスして頂ければ、トンネル現場の最新技術をご覧になることができます。

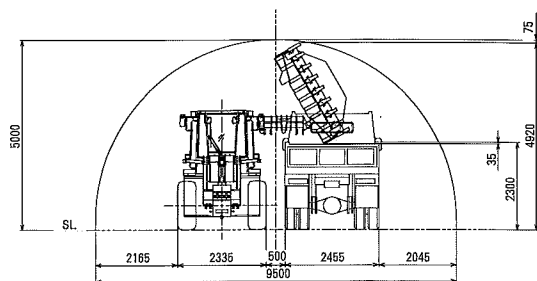
ORICA MINING SERVICES



サイドダンプ

CAT 924H

1.5m³



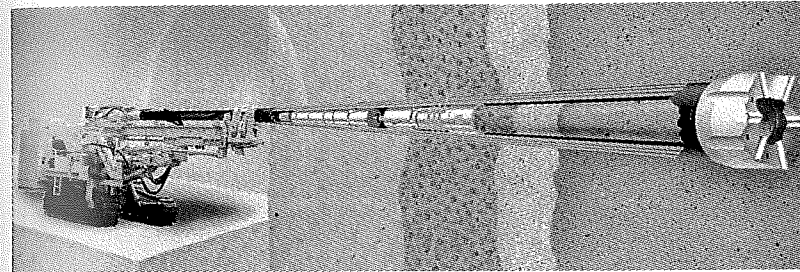
klea 株式会社 ケイリー

仙 台：TEL.022-359-5331
東 京：TEL.03-3661-5651
大 阪：TEL.06-6838-1372
尾 道：TEL.0848-56-1124
機材センター：TEL.022-359-4951

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

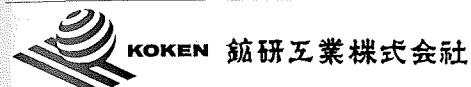
トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

- ①断層破砕帯や湧水をとまらぬ難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に、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>

■ 図書案内

地下水の科学

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

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

— 全3巻 —

第Ⅰ巻 地下水の物理と化学

4,078円+税 B5判

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

第Ⅱ巻 地下水環境学

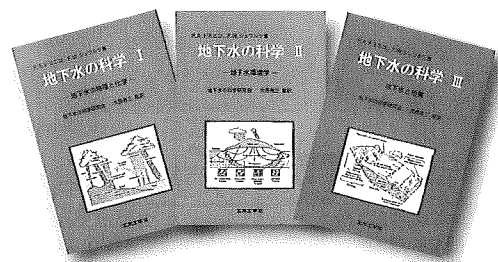
4,272円+税 B5判

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

第Ⅲ巻 地下水と地質

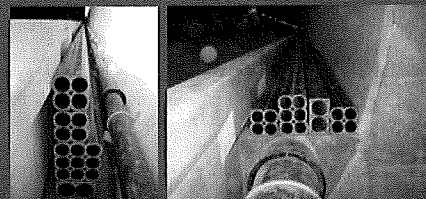
3,689円+税 B5判

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



株式会社 **土木工学社**

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



『不燃材』
セラダクトA
エース
ネオ
neo

「安全・安心」な道路建設に
トンネル内地中埋設管路

万が一のトンネル火災でも
セラダクトAネオは燃える
ことはありません。

— 特長 —

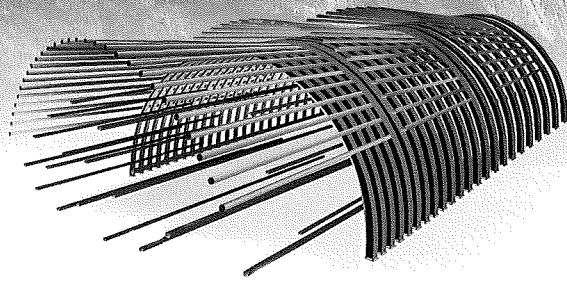
標準管の長さは65cmの新規格
接続はカップリング方式で
簡単スピーディー



杉江製陶株式会社
<http://www.sugie.co.jp/>

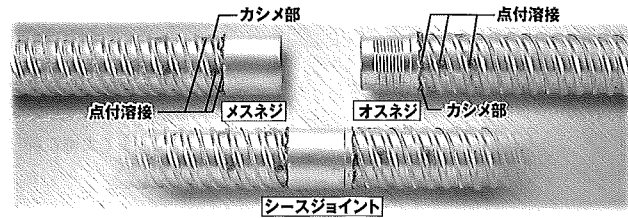
本 社・工 場 愛知県知多郡武豊町字上山一丁目76番地 〒470-2387
TEL(0569)35-2360(代) FAX(0569)35-4087
東 京 支 店 東京都渋谷区恵比寿一丁目21番8号セラ51ビル 〒150-0013
TEL(03)3442-6181 FAX(03)3442-1691
大 阪 支 店 大阪府都島区御幸町1丁目3番1号 〒534-0012
TEL(06)6922-6991 FAX(06)6922-2498

ユニークな発想と高品質・自信の価格



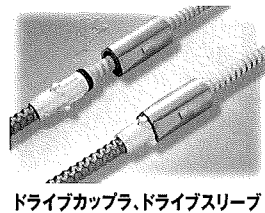
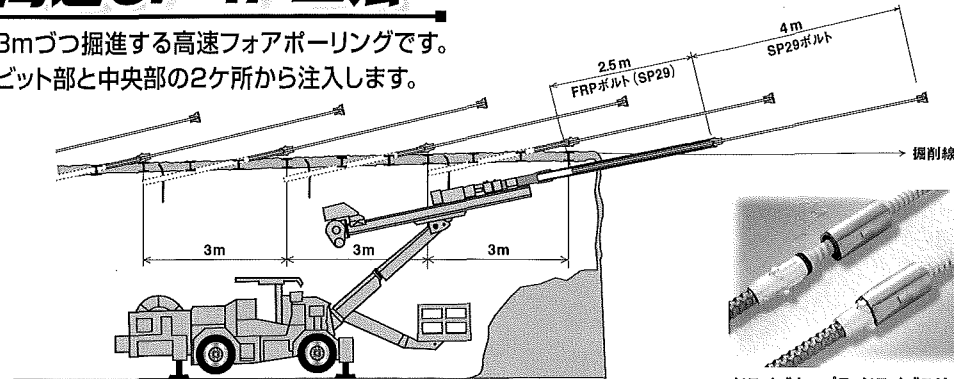
FIXチューブ工法

※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。

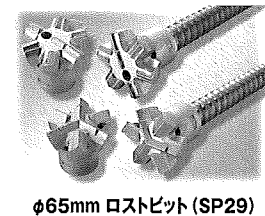
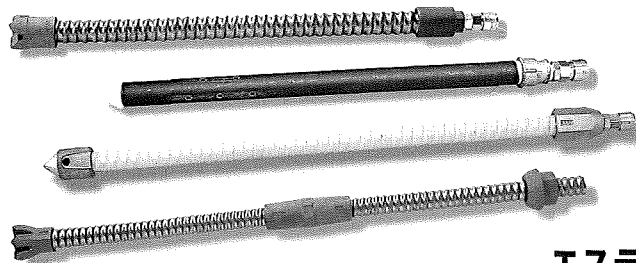


高速SP-IF工法

※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。



自穿孔ボルト&注入管



エステーエンジニアリング株式会社

ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251

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

※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。

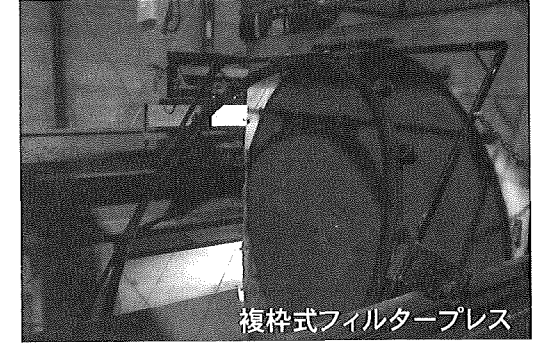
濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

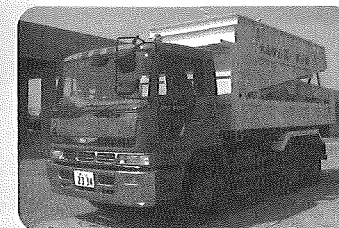
《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

新東名に思う

広瀬 輝.....5

■研究

フラッシュ写真を用いた簡易粉じん測定法

岸田 展明・進士 正人.....55

■施工

地盤切削JES工法で軌道下80cmを掘削

—横浜線 打越こ道橋新設—

高橋 保裕・櫻井 照信・齋藤 貴・山村 康夫.....7

補助工法を駆使した未固結砂地山の近接施工

—金沢東部環状道路 卯辰トンネル(Ⅱ期線)—

横山 一星・中田 圭一・賀川 昌純・櫻井 孝臣.....17

活線下で既設坑門や覆工を撤去し新たに坑門を構築

—阪和自動車道 藤白トンネル4車線化—

吉田 守・佐藤 貴志・坂口 幸路・耕田 旬祐.....29

高有機質土を改良・置換し地中連続壁の立坑を設置

—東京都下水道 北区赤羽台三丁目付近再構築—

永田有利雄・小林 守・梅田 光昭・野澤 良晴.....47

■連載講座

最新推進工法技術(6)

—小口径管推進工法(3)—

「最新推進工法技術」連載講座小委員会.....61

■現場だより

「住宅地直下の地下鉄工事」香港 ケネディタウンより

遠藤 智.....15

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

二足のわらじを履いて

福島 啓一.....39

■資料

土木情報

編集部.....16

トンネルジャーナル

編集部.....38

文献紹介

編集部.....54

工法・技術・製品ニュース

編集部.....70

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会.....71

海外文献速報

JTA国際委員会.....74

■会報

会報

日本トンネル技術協会.....78

【表紙説明】

活線下で既設坑門や覆工を撤去し新たに坑門を構築
—阪和自動車道 藤白トンネル4車線化—



本工事は、2車線で整備された高速道路を4車線に改築するものである。本線の制限速度を60キロから80キロに向上させることに伴い、下津ICの合流車線を延長する必要があったが、同ICは前後がトンネル間に挟まれた狭隘な箇所であり、両坑口間では車線長を確保することが難しい状況にあった。そのため、既設道路の1車線通行を確保し、車線への防護工を行ったうえで、トンネル坑門、覆工を撤去して新たな坑門を構築する工事を行った。写真は、ワイヤーソーで縦断方向に覆工を切断した状況である。

【写真提供：西日本高速道路(株)】(本文29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)

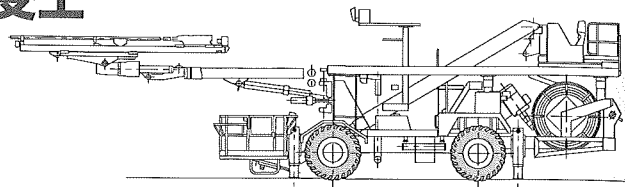
工場 広島県庄原市東城町36番地 ☎ (08477) 2-2137(代)

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)

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO AGF System

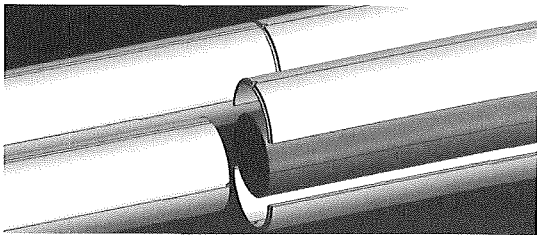
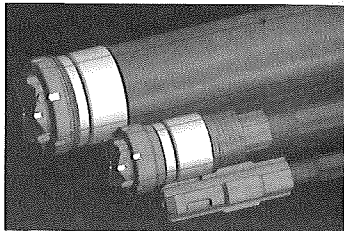
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Filling Method



AGF-Me工法

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

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



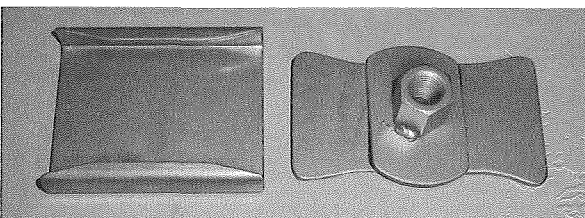
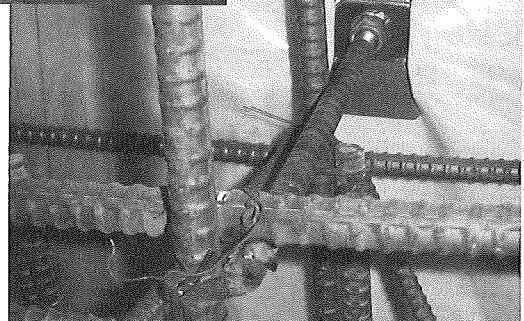
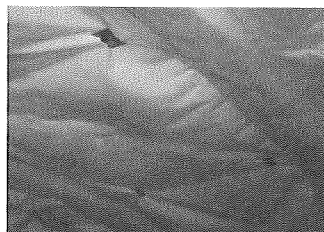
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

〒107-0052
東京都港区赤坂2-19-8 赤坂2丁目アネックス6F
Tel: 03-5545-7900 Fax: 03-5545-7905
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

株式会社 トーキョーオール

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

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〕

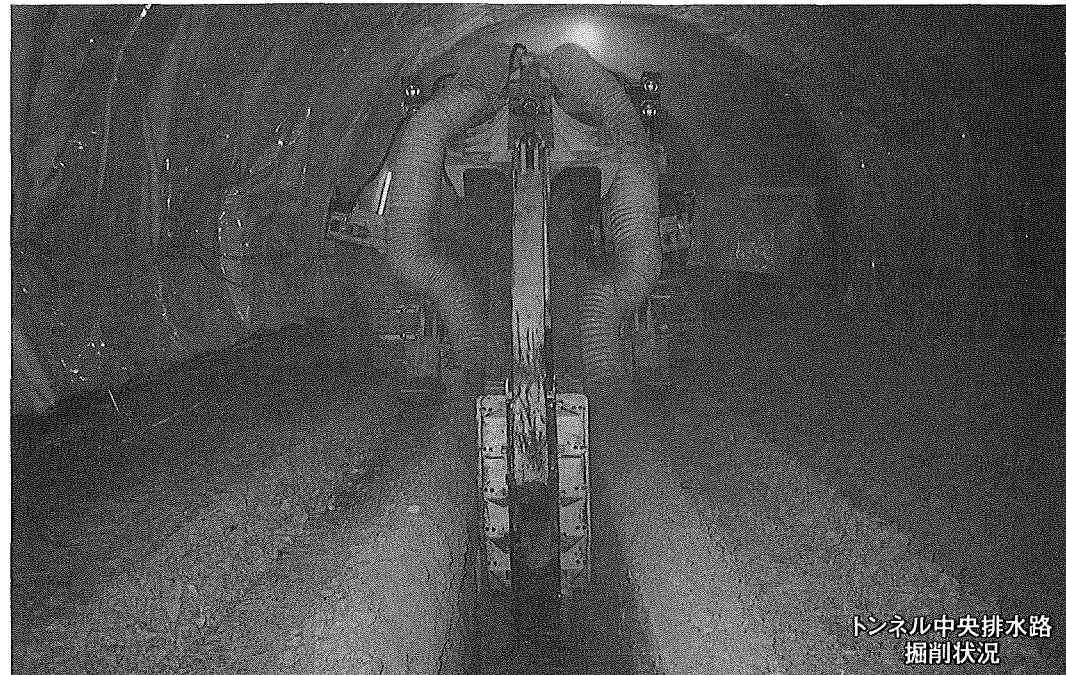
大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹 事〕

居 相 好 信 株式会社大林組東京本社生産技術本部 トンネル技術部部长	城 間 博 通 西日本高速道路メンテナンス九州株式会社 保全事業本部保全計画部长
池 田 豊 人 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	濱 建 介 株式会社ANET取締役
大 石 敬 司 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課課長	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
金 山 洋 一 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	松 原 利 之 飛鳥建設株式会社建設事業本部 エンジニアリング事業推進部长
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长	三 浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員
志 岐 寛 清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部 部长	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	テスメック	テスメック	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 ²	700kg/cm ²	700kg/cm ²	1000kg/cm ²
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〕

木谷 日出男 国際航業株式会社技術センター 地盤研究室長	橋本 定雄 (元)東京都公営企業管理者下水道局長
今田 徹 東京都立大学名誉教授	濱 建介 株式会社ANET取締役
高橋 良文 東京都下水道サービス株式会社総合調整部長	三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員

〔委員〕

亀山 勝 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 計画担当課長	新谷 康之 東京都下水道局建設部設計調整課長
坂口 淳一 東京都交通局建設工務部計画改良課長	高橋 晃 東京電力株式会社電力流通本部工務部 地中送電グループ課長
佐原 圭介 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	藤村 和彦 東京都水道局建設部工務課長
清水 満 JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所次長	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
城間 博通 西日本高速道路メンテナンス九州株式会社 保全事業本部保全計画部長	焼田 真司 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室主任研究員



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/

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-A



人力での締め作業が充分とはいえなかった覆工天端部に、油圧式天端バイブレータを採用して締めと密充填を行います。打設中のコンクリート内に棒状バイブレータを妻側から挿入し、油圧装置を用いて押し・引き動作を与えて使用します。天端部断面方向に2～4箇所設置することにより、天端部の締めが容易に行え、合わせてブリージング水を排水し、覆工表面の縞模様を防止します。

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.HR-080002-A



打設直後のセントルとセントル連結式養生台車で脱型直後の覆工コンクリートを連続してシートで覆い坑内通気を遮断、保温・加湿養生を行うことで覆工コンクリートの初期強度を向上させるとともに、乾燥収縮によるクラックを防止します。更にこの後方に養生台車を2台連結することにより、コンクリート打設後7日間の連続養生が可能となります。

北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社 佐賀)

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

射水工場：〒934-0056 富山県射水市寺塚原 720 番 1 TEL0766(82)1500 FAX0766(82)1501

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

東京営業所：TEL03(3851)1016 FAX03(6908)6789

掲載頁
7

地盤切削JES工法で軌道下80cmを掘削 —横浜線 打越こ道橋新設—

東日本旅客鉄道(株) 高橋 保裕

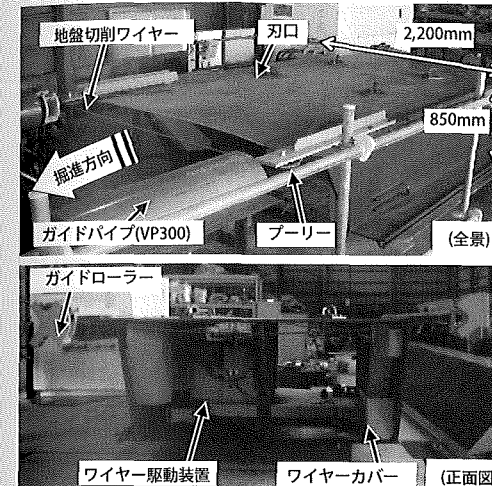
非開削工法を用いて線路下横断構造物を施工する際、鉄道営業線の下で作業を行う関係上、地表面への影響をいかに抑えるかが課題となっていた。とくに土かぶり小さい地盤では、エレメント掘進時に地盤変状を生じ、列車運行に影響を及ぼすことを懸念し、列車運行時間外の施工を基本としている。しかしこれに伴い、工期・工費が増大していた。このような状況を踏まえ、地盤を切削しながらエレメント掘進することで地盤変状を極力抑え、土かぶり小さい箇所でも列車運行時間帯に作業可能な非開削工法として「地盤切削JES工法」を開発してきた。今回、本工法を用いた初の実施工を行ったため、実施工の概要および得られた知見について報告する。

Excavation 80 cm under Railway Tracks with Ground-Cutting JES Method—Construction of Uchikoshi Railway Underpass, JR Yokohama Line—

By Yasuhiro Takahashi, East Japan Railway Company

When constructing a crossing structure under a railway line using the trenchless construction, it is a challenge to minimize the effects on the surface as much as possible to keep train service in safe. JES construction under small overburden is standardized on conducting when not in railway operation, as there is concern that there will be effects on the operation of trains if ground deformation occurs by driving boring machine. Consequently, this increases construction time and construction costs.

In the light of circumstances, We have developed "Ground-Cutting JES Method" as trenchless technology under railway tracks in service with small overburden to minimize ground deformation by cutting the ground while driving a boring machine. As this was the first time that construction was conducted using this method, this report contains an outline of the works and the knowledge.



写真は地盤切削JES工法 刃口

掲載頁
17

補助工法を駆使した未固結砂地山の近接施工 —金沢東部環状道路 卯辰トンネル(Ⅱ期線)—

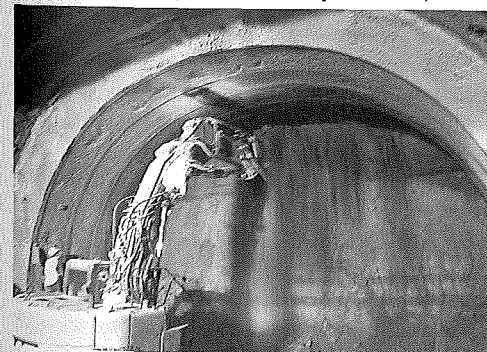
国土交通省 横山 一星

近年、施工技術の発展に伴い、都市NATM適用工事が増加している。しかし、不良地山部での施工に際しては、坑内におけるトラブル発生や近接構造物に対する影響発生を未然に防止するうえで、掘削補助工法は必要不可欠である。

卯辰トンネル(Ⅱ期線)工事では、均等係数、細粒分含有率ともに地山の流動化を示す指標以下の地質条件の中、流砂現象がはげしく発生する未固結砂地山に対してさまざまな試験施工をくり返し、大きなトラブルもなく無事に貫通を迎えた。

Build a Tunnel close by Existing Tunnel in Unconsolidated Sandy Ground using Varied Auxiliary Methods—Kanazawa Eastern Ring Road 2nd Utatsu Tunnel—

By Issei Yokoyama, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism



写真は掘削時流砂現象発生状況

In recent years, along with the development of tunnelling technology, there has been an increase in the number of urban tunnels built using NATM. Auxiliary excavation methods are necessary when in weak ground to prevent the occurrence of problems in construction or effects on adjacent structures.

Geological condition of The 2nd Utatsu Tunnel works was that both the uniformity coefficient and the ratio of fine grained fraction showed much fluidity of the ground. However various construction tests were repeated on unconsolidated sandy ground in which serious quicksand often arose and it was possible to penetrate without problem.

活線下で既設坑門や覆工を撤去し新たに坑門を構築

—阪和自動車道 藤白トンネル4車線化—

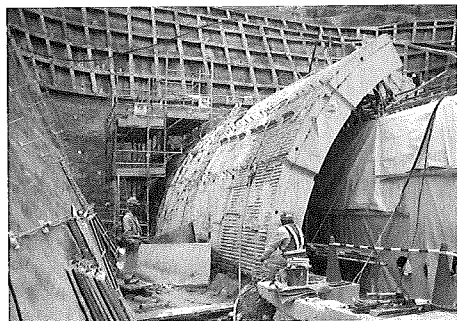
西日本高速道路(株) 吉田 守

阪和自動車道(海南IC~有田IC)4車線化工事は、完成2車線で整備された高速道路を4車線にする工事である。4車線化工事における既設道路の改築において、従来、対面通行で利用されていた既設道路を片側2車線とし、本線の制限速度を60km/hから80km/hに向上させることにともない、下津ICの合流車線を延長する必要があった。しかし、同ICは前後がトンネル間に挟まれた狭隘な箇所であり、両坑口間では車線長を確保することが難しい状況にあった。そのため、既設道路の1車線通行を最低限確保し、車線への防護工を行ったうえで、トンネル坑門、覆工を撤去して新たな坑門を構築する工事を行った。本稿は、供用中の道路における防護工の計画・設置、覆工コンクリート切断・撤去などの施工方法について述べるものである。

Remove Existing Portal and Lining While in Service to Widen to Four Lane—Hanwa Expressway Fujishiro Tunnel 4-lane Widening—

By Mamoru Yoshida, West Nippon Expressway Company Limited

The widening project of the Hanwa Expressway (from Kainan Interchange to Arida Interchange) is works that widen a 2-lane expressway to 4 lanes. Providing 4 lanes Expressway change the two way traffic to segregated traffic and enable the speed limit to advance from 60 km/h to 80km/h. Advancing speed limit requires to lengthen the acceleration lane from Shimozu Interchange. However, there are tunnels before and after this interchange and it was necessary to relocate a portal toward mountain side to secure the acceleration lane length between both portals. For this reason, after 1 lane of the existing road was safely secured for traffic with installing protector above it, excavation of ground, removing the lining and building new portal were conducted. This report gives information on the planning and installation of protective structures and methods for cutting and removing lining concrete above a road while in use.



写真は縦断方向ワイヤーソー切断

高有機質土を改良・置換し地中連続壁の立坑を設置

—東京都下水道 北区赤羽台三丁目付近再構築—

東京都下水道局 永田有利雄

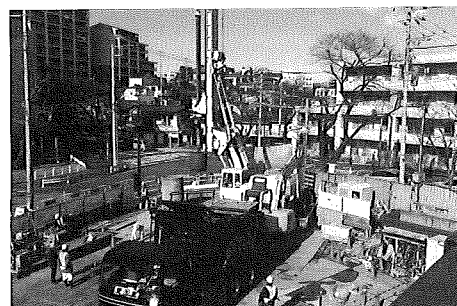
当該工事における発進立坑築造箇所の土質は腐植土などの高有機質土で形成されており、発進立坑施工に伴う周辺環境への影響が懸念された。また、土留め壁が柱列式地中連続壁(SMW)によるものであり、健全なソイルモルタルを施工するにはとくに注意を要することを踏まえて、事前に腐植土層を置き換える施工を行った。発進立坑形状は土留め壁の種類の違う(SMW、鋼矢板)副立坑方式のものを土留め計算に考慮し、変位量、周辺埋設物などの沈下量などを算出した。これをもとに変位量の抑制対策を計画し、大口径高圧噴射攪拌杭による先行地中梁の施工を行った。これらの対策を講じた立坑および周辺地盤の変状を計測機器を配置して、現在も計測を継続中である。

Improvement and Replacement of Highly Organic Soil and Installation of a Slurry Wall Shaft—Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government, Reconstruction around Akabanedai 3-chome in Kita-ku—

By Yurio Nagata, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

The ground at the starting shaft in this shield tunnelling is composed of highly organic soil such as humus and there was concern over the effects on the surrounding environment while building. Further, based on the necessity of particular care in the construction of strong cement-soil mortar for the retaining wall to build with

an SMW (Soil Mixing Wall) method, the humus soil was replaced to liquefied stabilized soil in advance of the construction. The structure of the starting shaft is composed of a sub-shaft built with sheet piles and a main shaft built with slurry wall which is clinging to sub-shaft. This structural characteristic was taken into account in retaining wall design to evaluate displacement and subsidence of surrounding structures. Based on these, plans for measures to minimize displacement were made and underground construction of struts with large diameter jet grouting was conducted in advance. Deformation of the shaft and the surrounding ground are still being measured currently.



写真は地山(腐植土)の事前置換工施工状況

フラッシュ写真を用いた簡易粉じん測定法

中電技術コンサルタント(株) 岸田 展明

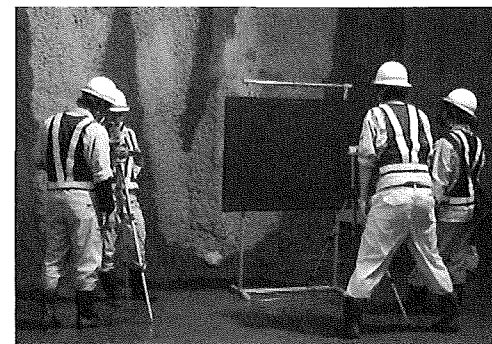
トンネル建設工事に坑内で従事する作業員は、施工中に発生する粉じんを吸引することでじん肺症を引き起こす危険性が依然として高いと言わざるを得ない。そのため、換気技術の開発や作業方法の改善に対して絶えず新技術が提案されている。作業環境下での粉じん濃度を抑制することは、じん肺症予防に根本的な効果がある。そのため、作業環境を把握する指標として、粉じん濃度測定はきわめて重要である。本論では、より簡便で安価な粉じん濃度測定法の開発を目的として、市販されているコンパクトデジタルカメラを利用した粉じん濃度測定法を提案する。本測定法は、フラッシュ撮影によって記録された粉じんの散乱光を画像処理し、ニューラルネットワークによりフラッシュ撮影画像から粉じん濃度を推定する方法である。そして、トンネル建設工事中の坑内において、本測定法による粉じん濃度測定を行った結果、その有用性が確認できた。

Easy Densitometry for Dust in Tunnelling using Flash Photography

By Noriaki Kishida, Chuden Engineering Consultants

It must be said that workers who engage in tunnelling works inside tunnel are still in grave danger of pneumoconiosis through inhaling dust emitted during construction. For this reason, new technologies for ventilation or construction have been constantly proposed. Controlling the density of dust in the working environment has a fundamental effect on the prevention of pneumoconiosis. Therefore, it is extremely important to measure the density of the dust as an evaluation index of the working environment.

This report proposes a dust density measuring method using an off-the-shelf compact digital camera with the aim of developing a dust density measurement method that is as easy and reasonably priced as possible. This measuring method processes the scattering light reflected by dust on an image that taken with flash photography and estimates dust density with a neural network. In addition, it was possible to confirm the usefulness of this measuring method as the results of test measurements inside tunnel under construction.

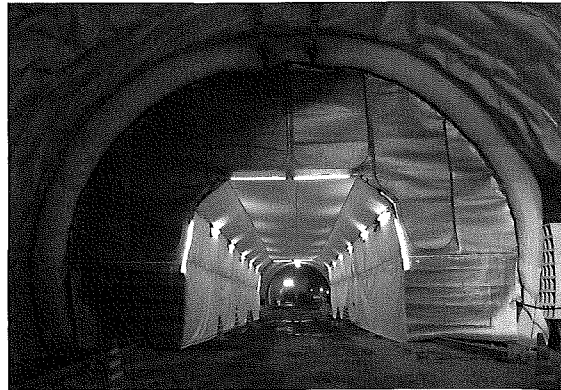


写真はフラッシュ撮影状況

トンネルバルーン覆工コンクリート トータル養生工法

長期耐久性に優れた高品質な
覆工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

覆工養生バルーン

脱型後の覆工コンクリートを覆います。

【特徴】

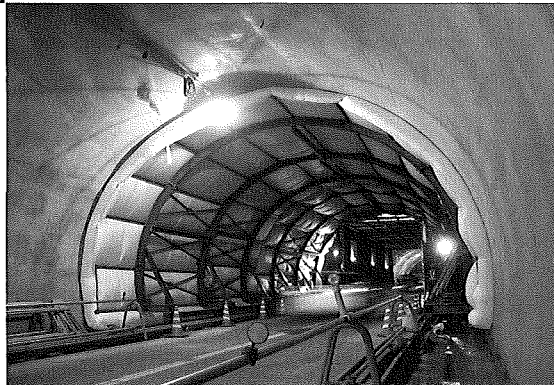
1. 長期材齢の強度アップ
2. 覆工コンクリートの表面を湿潤状態に保ちます。
(乾燥収縮クラックの低減に貢献します)
3. 断熱効果が期待できます。
(内部と表面の温度差が少ない⇒
温度応力の低減)

セントル温度養生バルーン

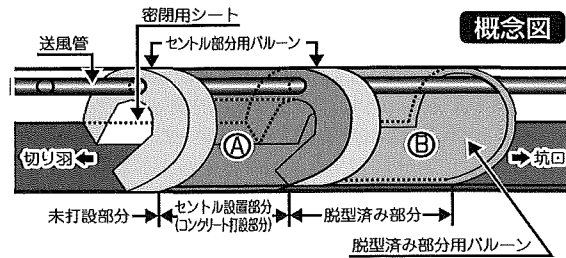
打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い
温度養生をします。

【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



Ⓐ 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シートではさんで空気層をつくり保温・保湿する
Ⓑ 打設後のコンクリートに薄い筒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

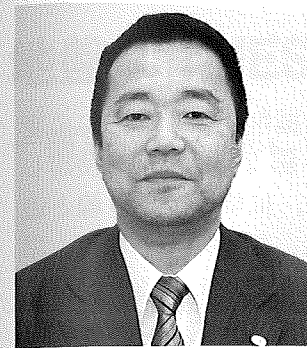
岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO., LTD.

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/>



新東名に思う

中日本高速道路(株)取締役常務執行役員(本協会理事)

広瀬 輝

8月26日新東名(御殿場JCT~三ヶ日JCT:延長162km)の開通目標を「2012年初夏」と発表させていただいた。これまでの目標は2012年度末であり、1年程度の前倒しである。これを機に今回開通目標を公表した区間における技術的取り組みとそれに携わった人々の姿をトンネル工事を中心に記してみたい。

新東名は、1987年に14,000kmの高規格幹線道路計画の一環として位置づけられたが、その当初より現東名の混雑緩和と本策ということで大きな期待がもたれていた。とくに、本区間は由比地区の越波や想定される東海地震などに対するリダンダンシー確保という観点から、とりわけその早期整備が強く望まれていた。

こうした背景も踏まえ、新東名は東海地震の影響などを極力避けるべく現東名より山側を通過させ、さらに、より安全で快適な走行性を確保するため緩やかな平面・縦断線形を採用した。その結果、本区間ではトンネルおよび橋梁の区間が延長比60%と現東名の15%と比べ高くなっている。なかでもトンネル区間は現東名3%に対し新東名27%と大きく、上下線をあわせると77kmの延長に及ぶ。また、現東名とともにわが国の経済活動などを担う重要路線という性格から全線6車線¹⁾で計画され、そのトンネル掘削断面は片側3車線で約190m²と一般的な片側2車線に比べ2倍強の断面積となっている。

これだけの延長に及ぶ大断面トンネル施工は、全体コストや工程に大きな影響を及ぼす。従来にもまして、安全・品質の確保はもとより、工程管理・コスト縮減について不断の努力が求められる。その実現は文字で書くほど簡単ではないが、本事業に携わった多くの関係者の努力により、これらのことが地道に積み重ねられた。そのいくつかを紹介してみたい。

まず、トンネル断面は、曲げモーメント、掘削量などのバランスを考慮し扁平率0.65の5芯円が採択された。しかし、扁平ゆえに、不良地山と突発的に遭遇すると致命的な影響を受けかねない。これを回避するため長大トンネルでは、導坑を活用して地山確認、補強工実施を先行する方針としTBM導坑先進掘削工法を採用した。清水第三トンネル²⁾での試験施工による検証・改良などを経て他のトンネルへと展開し、TBMによる高速施工とあわせ、脆弱地山施工に効果を発揮した。まさにTBMによる道路トンネル

の本格展開であった。

他方、島田第一トンネルでは、TBM導坑方式により下り線を掘削開始したものの変位が大きく高速施工の効果が発揮されなかった。このため、上り線は補助工法を使用したNATMによる上半先進掘削に変更することを速やかに判断し、拡幅中の下り線と追従する上り線の相互の変位を観測しながらの慎重な施工となった。結果からみれば、早期の工法変更判断が両チューブの施工タイムロスをも最小限にしたと考えている。

支保工でも工夫が重ねられた。高強度の吹付けコンクリート・覆工による薄肉化、高耐力ロックボルト・高強度鋼アーチ支保工による施工性の向上なども、上述の清水第三トンネルでの試験施工を経て展開するとともに、現在では2車線トンネルでも採用されコスト縮減につながっている。

他方、金谷トンネルでは脆弱地山が延長の8割を占め、ロックボルト破断や吹付けコンクリートのクラックなど変状が多数発生したため、PC鋼棒やケーブルボルトによる支保パターンに新たに取り組み、安全性、経済性に優れた結果を残した。

これら以外にも、設備関係を含め安全・安心・快適・環境などの視点から、数多くの新たな取り組みがなされたが、詳細は別の機会に譲ることとしたい。

このように、過去から現在にいたる衆知の結集、徹底した現場主義による検証、さらに成功体験にこだわらず常に新しい技術へチャレンジする変革的な意識と適時的確な判断など、自然と対峙しつつ地道な努力を着実に積み重ねる技術者の姿勢が、安全・品質・工期・コストなどの課題を解決した。そして、こうした姿勢は、お客さまの期待に応えたいという使命感を共有する風土・文化があったからこそ実現し、継続できたのではないかと強く思う次第である。

今後は、交通管制などさらに多くの部門と、さらには地域やお客さまとの協働のもと、安全・安心・快適で環境負荷の少ない「システムとしての高速道路運営」へと移行するが、関係者の裾野が広がるからこそ、われわれ技術者としてはこうした地道な姿勢をわすれることなく、また、その根底にあるよき風土・文化を大切に維持したいものである。

道路公団民営化議論にあたり事業凍結など紆余曲折はあったが、東日本大震災を経験した今日、リダンダンシー確保など新東名を始めとする高速道路の役割は一層多様化し重みをましている。引き続き一日も早いネットワーク全体の完成と信頼される高速道路システム構築・運営を実現し地域の期待に確実に応えることがわれわれの責務であると、改めて自らを鼓舞する毎日である。

1) 整備計画策定後、暫定4車線施工とされたが、本区間のトンネルについては経済性、施工性などを検討のうえ、掘削は6車線断面で、舗装・各種設備は暫定4車線としている

2) トンネル名はすべて工事中の仮称である。

施工

地盤切削JES工法で軌道下80cmを掘削

— 横浜線 打越こ道橋新設 —

東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所工事管理室課員 高橋保裕
 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所立体交差課副課長 櫻井照信
 東日本旅客鉄道(株)建設工事事務所技術センター課長 齋藤貴
 鉄建建設(株)エンジニアリング本部研究開発部主任研究員 山村康夫

1 はじめに

近年、道路などとの平面交差の解消を目的として、既設の鉄道直下を横断する地下構造物(以下、「線路下横断構造物」)を新設する工事が増加している。JR東日本では、線路下横断構造物を施工するとき、地盤隆起や沈下といった地盤変状によって列車運行に影響を及ぼすことを懸念し、線路直下の範囲は列車運行時間外の短時間で施工を基本としてきた。しかし、これに伴い工期・工費が増大していた。

このような状況を踏まえ、施工時に生じる地盤変状を抑制し、列車運行時間帯にも線路下横断構造物を施工可能となる非開削工法として、「地盤切削JES工法」の開発を行ってきた^{1)~3)}。

平成22年末より、横浜線片倉・八王子間打越こ道橋新設工事にて、地盤切削JES工法を用いた初めての実施を行った。本稿では、実施工の概要および得られた知見について報告する。

2 地盤切削JES工法の概要

JR東日本では、線路下横断構造物の施工法として、非開削工法のHEP & JES工法(以下、「従来工法」とする)を多く採用してきた。

従来工法では、刃口を地山に圧入させながら、

刃口内部のカッターにより地盤を掘削する機械掘削が一般的であった。また、対象地盤が礫層や玉石混じり層の場合、礫や玉石の大きさによっては、掘進に支障することがある。同様に、鉄道盛土の内部には、通常の埋戻し土だけでなく、過去の工事の際に残置された構造物基礎あるいはコンクリートガラなどの支障物が含まれていることも少なくないため、人力掘削も行われてきた。機械掘削、人力掘削のいずれにせよ、とくに土かぶり小さい箇所での刃口挿入の際には、地盤内の支障物により、地盤変状を発生させる恐れがあった。具体的には、刃口で支障物を押し込むことによる地盤隆起、玉石などの撤去後の空隙部の充填不良に伴う陥没・沈下といった地盤変状リスクが懸念されていた。

今回報告する地盤切削JES工法は、従来工法をベースとして、刃口前面上部に地盤切削ワイヤーを組み込んだ工法である(図-1、写真-1)。地盤切削ワイヤーの回転により、刃口前方の支障物を含む地山を切削し、刃口ローフを挿入し、人力により掘削を行うため、従来工法で懸念された支障物の押し込みによる地盤の隆起や、支障物取り込みによる刃口上部の空隙の発生といった地盤変状リスクの抑制が期待される(図-2)。

なお施工の際は、地盤切削ワイヤーを取り回す

ために、1 エレメント(幅2.2m×高さ0.85m)あたり2本のガイドパイプを水平ボーリング工法または開削工法にて敷設する必要がある。このガイド

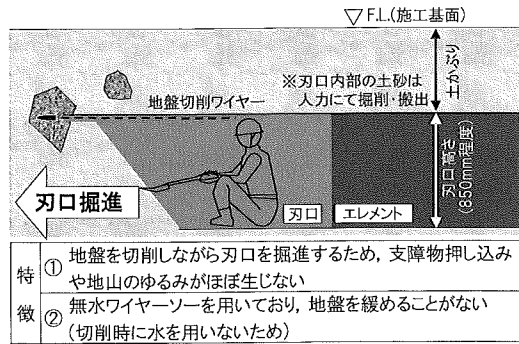


図-1 地盤切削JES工法 概要図

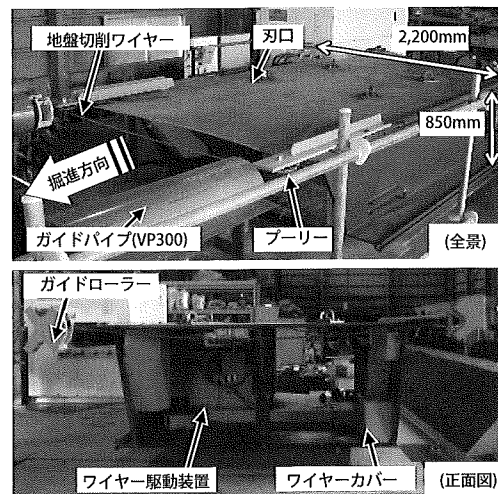


写真-1 地盤切削JES工法 刃口

パイプ内における地盤切削ワイヤーの位置を制御するため、刃口上部の鋼板にガイドローラーおよびソリを設置している。

3 施工現場の現況

3-1 工事の概要

横浜線片倉・八王子間打越こ道橋新設工事は、八王子都市計画道路とJR横浜線の交差部に地下函体(高さ8.2m, 幅員16.5m, 延長17.5m, 土かぶり0.8m, 斜角54°)を築造する工事である。道路の切り回しを行うため2期に分けて施工を行っており(写真-2), 1期工事では従来工法を用いて上床版3エレメント(A~C)を施工した。2期工事では、上床版5エレメント(G1~G4, H)を施工し、このうち3エレメント(G2~G4)について地盤切削JES工法で施工した(図-3)。なお、G1エ

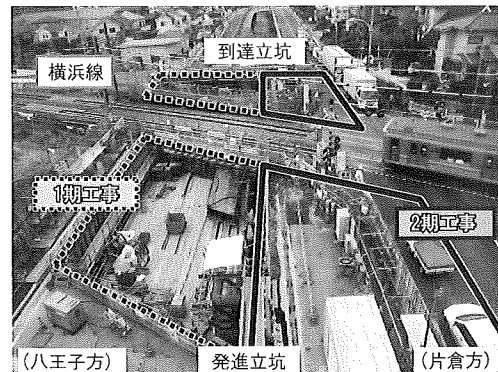


写真-2 工事現場全景(1期時点)

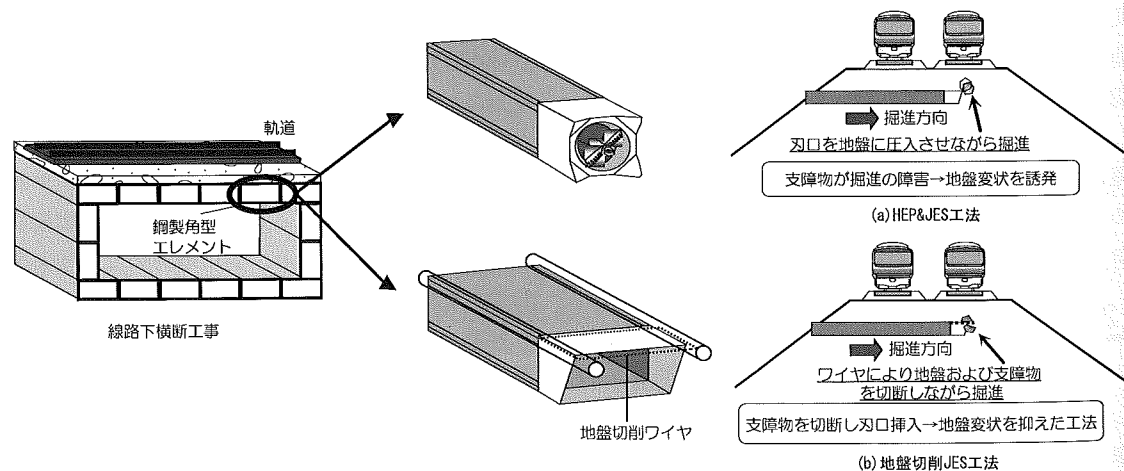


図-2 エレメント掘進方法の比較

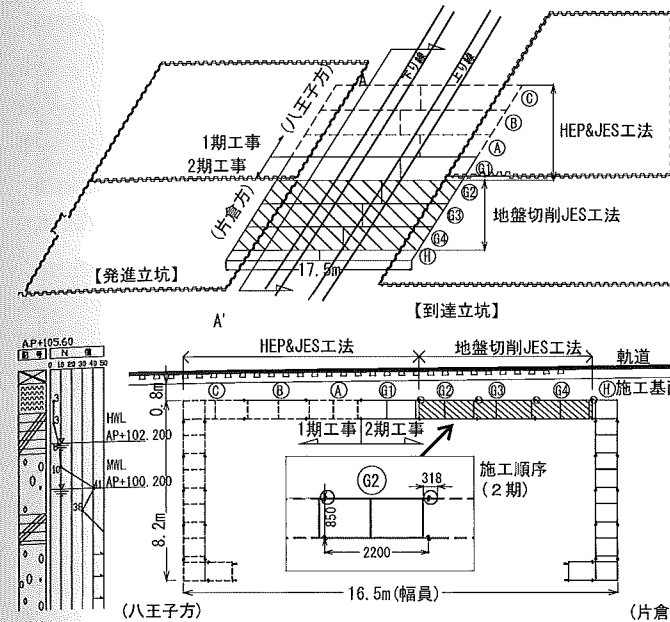


図-3 エレメント割付け図

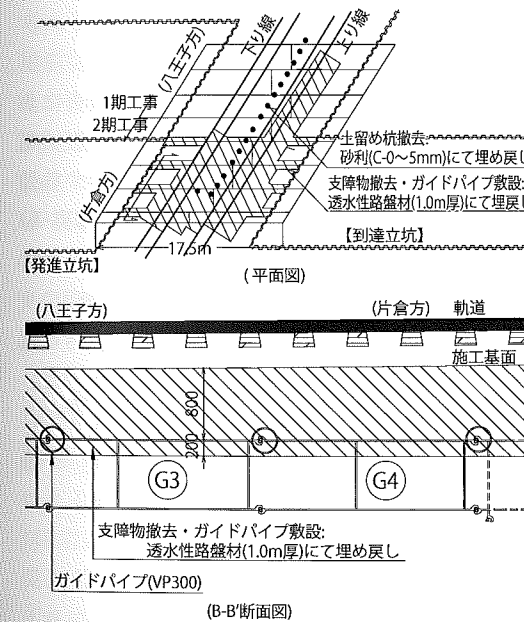


図-4 埋戻し範囲図



写真-3 切羽の状況(刃口内部)

メントについては、1期工事との取り合い部となり、ガイドパイプが片方しか敷設できない。また、隅角部に位置するHエレメントは、エレメント幅が1.0mと狭く、エレメント内に地盤切削装置が設置できないため、それぞれ従来工法にて施工を行った。

地盤切削JES工法は、列車運行時間帯での適用を目的として開発されているが、今回は初めての実施となるため、従来工法の施工に準じ、夜間、列車運行時間外(0時30分~4時30分)での施工とした。

3-2 土質条件

本現場の土質条件は、深度3.6mまでN=2,3程度のローム層であり、以深は密な礫層(N>50)で構成される。

事前に埋設物確認を行った際、既設杭および埋設物(旧軌きょうなど)が確認されたため、列車運行時間外に軌道上から開削により撤去した。その際、既設杭は砂利に、埋設物は水砕スラグを主成分とした水硬性の透水性路盤材(1.0m厚)に置き換えた。また埋設物の撤去とあわせ、地盤切削JES用のガイドパイプ4本の敷設を行い、透水性路盤材による埋戻しを行った。

埋設物撤去、ガイドパイプ設置に伴い、本現場の線路下は、一部透水性路盤材による埋戻し層となっている。上床版エレメント施工に伴い、透水性路盤材の埋戻し層を掘削することとなったが、2期工事施工中に採取した透水性路盤材の一軸圧縮強度は、平均値で $q_u = 13.1N/mm^2$ (max $q_u = 21.8N/mm^2$)であった(図-4, 写真-3)。

4 施工管理

4-1 施工管理項目

地盤切削JES工法では、地盤切削ワイヤーを取り回すためのプーリーやワイヤー駆動装置といった各種設備(以後、「地盤切削装置」とする)およびエレメントの施工管理を行うために、表-1, 図-5に示す各種計測機器を設置した。これらの計測

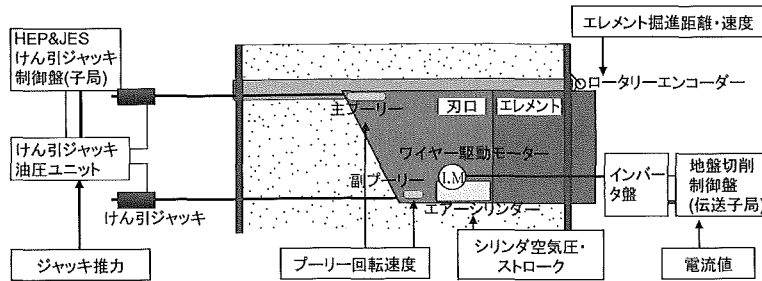


図-5 常時計測機器の設置箇所

表-1 常時計測項目

計測項目	計測機器	
エレメント	推進距離・速度	ロータリーエンコーダー
	ジャッキ推力	圧力トランスミッター
ワイヤー	ワイヤー走行時間	モーター(運転時間)
	ワイヤー速度	主・副プーリー(回転速度)
	ワイヤー抵抗	モーター(駆動電流値)
地盤切削装置	ワイヤー張力	テンション用シリンダ空気圧
	ワイヤー遅れ量	テンション用シリンダストローク

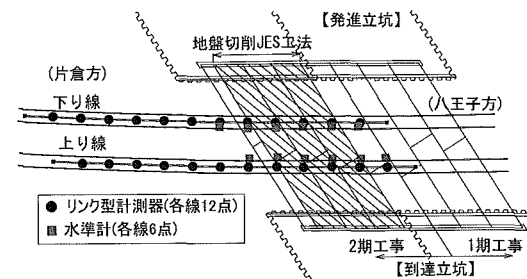


図-6 計測機器設置位置(平面図)

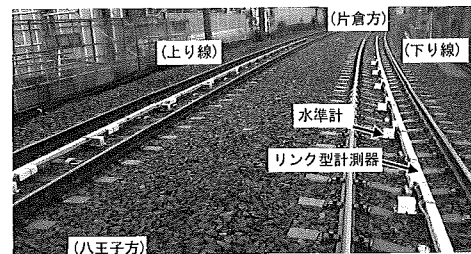


写真-4 計測機器設置状況

機器によって得られる値は、掘進作業中、管理室にて常時監視を行った。

4-2 軌道計測

線路下横断構造物を施工する際には、列車の走行安全性を確保しながら工事を行うため、軌道の隆起・沈下・通り狂いといった変状を把握する必

要がある。本現場においても、リンク型計測器および水準計を、上下線に各々2.5mピッチで設置し、軌道の高低・通り・水準について常時監視を行った。

計測機器の設置位置を図-6、写真-4に示す。

軌道の管理値については、本現場の軌道の整備基準値19mmを限界値とし、工事中止値±13mm(限界値×0.7)、警戒値±7mm(限界値×0.4)として設定した。

5 地盤切削JES工法の施工結果報告

5-1 施工期間および施工範囲

上床版3エレメントの施工に要した作業日数のうち、地盤切削JES工法による施工を行った範囲を、表-2、図-7に示す。この範囲における施工結果について、以下に報告する。

5-2 地盤切削状況

G2エレメント施工中、事前の埋設物調査において把握できなかった既設コンクリート杭(旧電柱基礎)に遭遇したが、けん引力値の上昇や軌道の隆起などを生じることなく切削できた(写真-5)。地盤切削JES工法では刃口ループ面に沿って土中の支障物などを切削できるため、刃口挿入時の支障物の押し込みによる隆起や、支障物取り込みによる

表-2 上床版3エレメントの作業日数

エレメント	全掘進日数	地盤切削JES工法	
		掘進日数	掘進距離
G2	22日	11日	5.6m
G3	25日	9日	7.7m
G4	23日	16日	9.7m

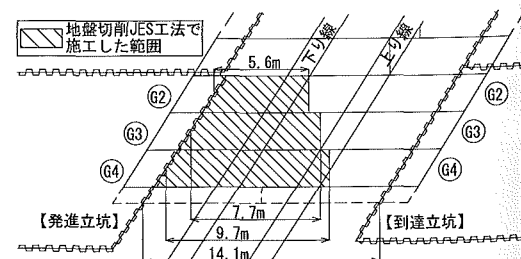


図-7 地盤切削JES工法による施工範囲

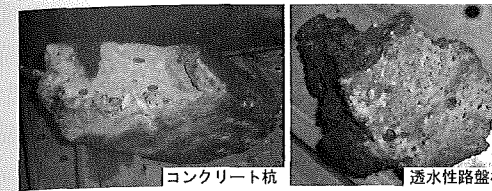


写真-5 地盤切削ワイヤーによる切削面の状況

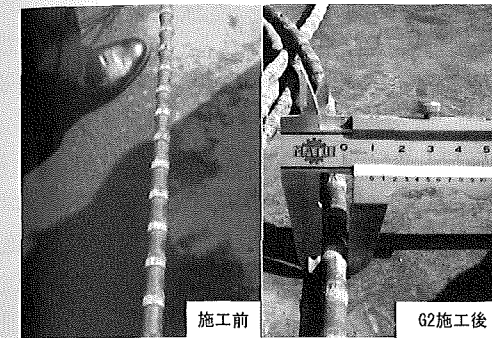


写真-6 地盤切削ワイヤーの摩耗状況

による陥没などの地盤変状を抑制する効果があると考えられる。また、G2～G4の3エレメント施工中、地盤切削ワイヤーの破断や摩耗による交換は生じなかった。今回、ダイヤモンドビーズ径φ0.5mmの地盤切削ワイヤーを用い、φ9.0mmを下回った時点で交換することとした。G2エレメントにおいて、14.1m切削後のダイヤモンドビーズ径はφ10.0～10.2mmであり、顕著な摩耗は認められなかった(写真-6)。

5-3 掘進速度

1期工事で行った従来工法と地盤切削JES工法の掘進速度について、地山の状態別の比較結果を図-8に示す。ローム層での掘進速度は、従来工法による実績(0.43m/h)に対し、地盤切削JES工法では0.31m/hであった。一方、透水性路盤材層では、従来工法の実績(0.24m/h)に対し、地盤切削JES工法では0.31m/hであった。

従来工法では、ローム層に比べ、透水性路盤材層では掘進速度が半分近くまで低下したのに対し、地盤切削JES工法では、ローム層と透水性路盤材層の掘進速度がほぼ同等であった。地盤切削JES工法では地盤を切削しながら掘進するため、地山の状態によらず、安定した速度で施工できるものとする。

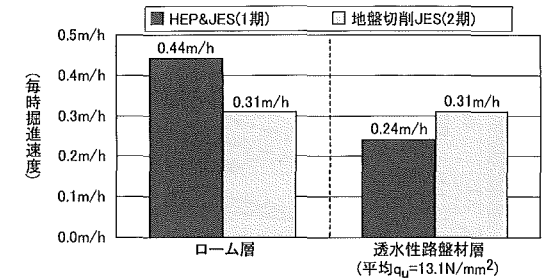


図-8 掘進速度の比較

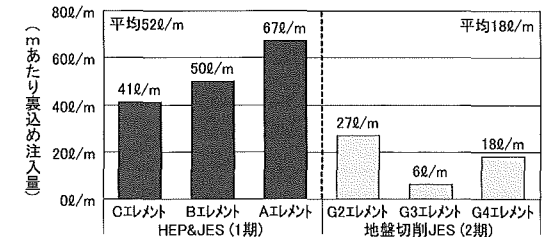


図-9 空隙度合いの比較

5-4 エレメント天端と地山の間が生じた空隙の度合い

JES工法では、エレメントと地山の空隙を充填するために裏込め注入を行っている。このうち、刃口上部に対し、エレメント掘進方向1mあたりの裏込め注入の量を用いて、刃口天端と地山の間が生じた空隙の度合いを把握した。

1期工事における従来工法と、地盤切削JES工法で施工した範囲の裏込め注入量の実績の比較結果を図-9に示す。地盤切削JES工法の施工範囲における裏込め注入量は平均18ℓ/mであり、従来工法の平均値52ℓ/mを大幅に下回った。これは、支障物を含む地山を地盤切削ワイヤーで切削し、その切削面に刃口ループを挿入することで、刃口と地山の間が生じる空隙を抑制できたためと考えられる。

5-5 エレメントけん引力

エレメントのけん引力値は、従来工法の値とほぼ同等であった。例として、1期工事におけるBエレメントとG4エレメントのけん引力値の比較を示す(図-10)。

エレメントのけん引力値に影響を及ぼす要素として、①エレメント全周摩擦抵抗、②継手部摩擦抵抗、③先端抵抗の3項目が挙げられる。地盤

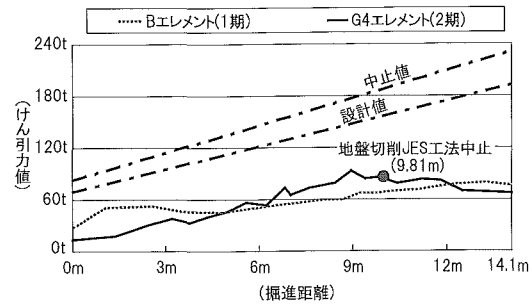


図-10 けん引力値の比較

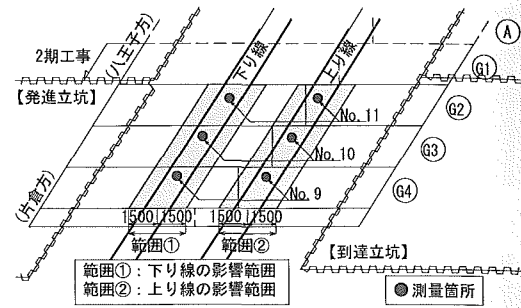


図-11 計測機器の設置箇所

削JES工法では、刃口先端部が影響範囲に差し掛かった際もほぼ隆起を生じておらず、地盤切削JES工法による軌道隆起の抑制効果が確認された。沈下については、従来工法同様に、軌道下を刃口が通過しているあいだは継続して沈下を生じているが、急激な沈下は生じなかった。

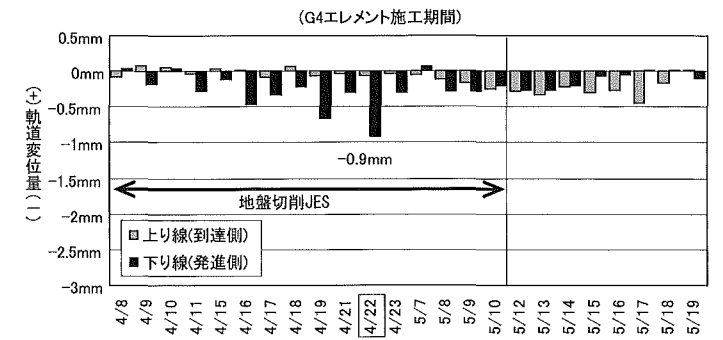
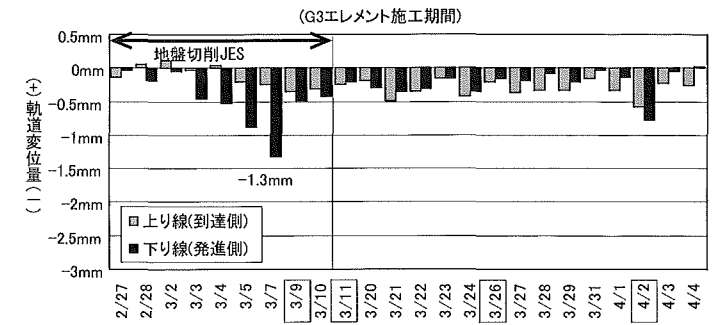
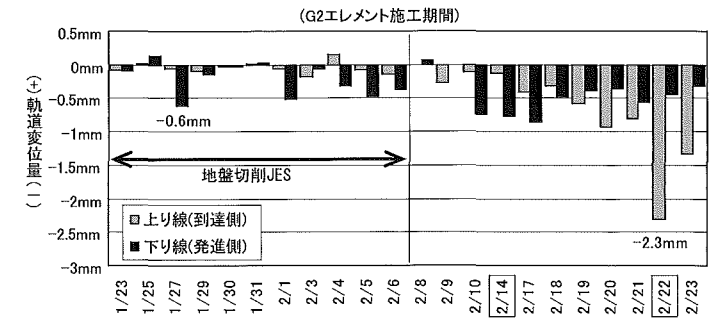
5-6-2 軌道変位計測結果(日単位)

各エレメントについて、掘進作業を行った日の軌道変位量(高低)を図-14に示す。ここでいう軌道変位量とは、本現場の線路閉鎖着手時刻である0時30分から翌日の同時刻までに生じた変位量を意味するものである。なお線路閉鎖とは、線路のある区間を一定の時間閉鎖して列車を締め出すことを示しており、本現場では終電の運転終了後、始発の運転開始までの間に実施している。

G2エレメント施工期間で0.6mm/日、G3エレメント施工期間で1.3mm/日、G4エレメント施工期間で0.9mm/日がそれぞれ最大値となった。いずれも警戒値(±7mm)に対して小さな値であり、けん引掘進作業終了後の軌道整備で対応できる範囲であった。なお、軌道整備を行った日については、リンク型計測器を止めて軌道整備を行った時間に生じた変位は除外している。

5-6-3 掘進中の軌道変位

地盤切削JES工法による掘進作業中の軌道変位量を確認するため、地盤切削JES工法による施工期間に生じた軌道変位について、線路閉鎖間合(0:30~4:30)に生じた軌道の隆起・沈下の最大値と、それ以外の時間帯(4:30~0:30)の隆起・沈下の最大値を表-3に整理した。

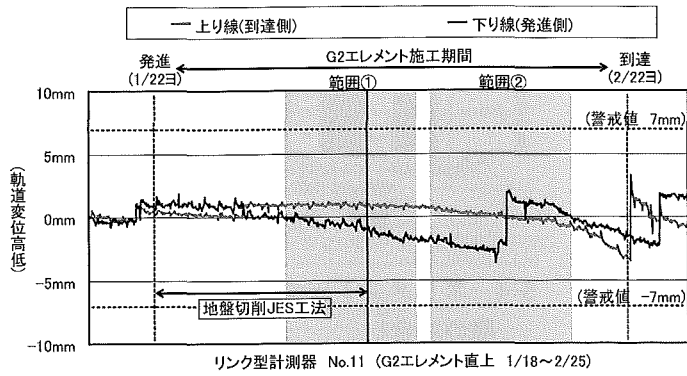


(※黒枠：軌道整備を行った日。軌道整備の影響は除外)

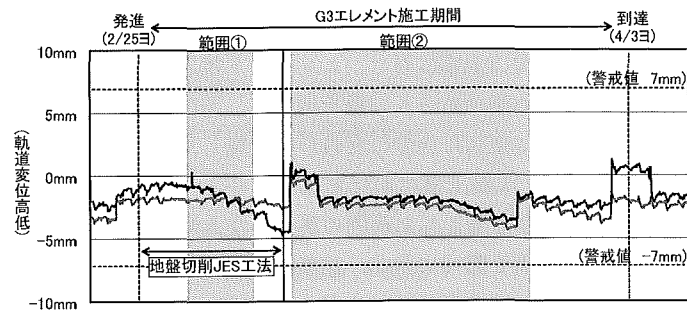
図-14 掘進作業日の軌道変位量(高低)

表-3 状況別の軌道変位量

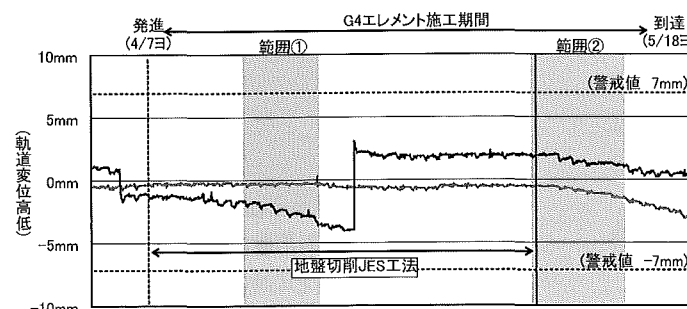
		掘進作業を行った日				掘進作業を行わなかった日			
		線路閉鎖間合		線路閉鎖間合外		線路閉鎖間合		線路閉鎖間合外	
		隆起	沈下	隆起	沈下	隆起	沈下	隆起	沈下
G2 (1/22日~ 2/22日)	上り線	0.1	-0.1	0.2	-0.1	0.6	-0.6	0.6	-0.1
	下り線	0.1	-0.2	0.1	-0.6	0.3	-0.2	0.5	-0.9
G3 (2/25日~ 4/3日)	上り線	0.2	-0.2	0.0	-0.4	0.1	-0.1	0.1	-0.2
	下り線	0.1	-1.4	0.2	-0.5	0.5	-0.3	0.2	-0.2
G4 (4/7日~ 5/18日)	上り線	0.1	-0.1	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.1	-0.2
	下り線	0.2	-0.2	0.1	-0.9	0.0	-0.1	0.2	-0.1



リンク型計測器 No.11 (G2エレメント直上 1/18~2/25)



リンク型計測器 No.10 (G3エレメント直上 2/22~4/7)



リンク型計測器 No.9 (G4エレメント直上 4/3~5/18)

図-12 軌道変位(高低) 計測結果

削JES工法では刃口ロープ面の地山をあらかじめ切削しているため、③先端抵抗の上フランジ分は低下するが、縦ウェブや下フランジに生じる貫

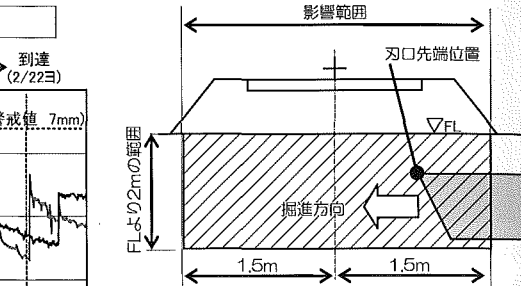


図-13 影響範囲(人力掘削時)

入抵抗は変わらない。また、①エレメント全周摩擦抵抗、②継手部摩擦抵抗も変わらないため、従来工法と地盤切削JES工法でけん引力値に顕著な差が生じなかったと考える。

5-6 軌道変位計測結果

5-6-1 軌道変位計測結果(全体)

先に述べたとおり、本現場では施工期間中の軌道監視として、リンク型計測器および水準計を用い、軌道の高低・通り・水準を常時計測した。このうち、軌道の高低について、各エレメント直上の計測機器の設置箇所を図-11に、計測結果を図-12に記載する。

軌道計測の結果、G2~G4エレメントの施工期間中、警戒値(±7mm)を超える軌道変位は生じなかった。従来工法では、上下線の線路中心から1.5mの範囲(以後、「影響範囲」図-13参照)に刃口先端部が到達する際に3~5mm程度の軌道の隆起を生じ、刃口が軌道中心を通過後は緩やかな沈下を生じる傾向があった⁵⁾。しかし、地盤切

その結果、地盤切削JES工法による掘進作業中には、ほぼ軌道変状が生じていないことがわかった。とくに隆起については、最大でも0.2mmと小さく、掘進を行わなかった日とほぼ同等である。1期工事の際は、Aエレメントで最大0.8mm、Bエレメントで最大1.3mm、Cエレメントで最大1.5mmの軌道隆起がそれぞれ生じており、地盤切削JES工法による軌道隆起の抑制効果を示すものとする。また沈下についても、最大で-1.4mmと警戒値に比べて小さく、列車運行上も問題のない値である。

6 ま と め

本現場での施工を通じ、地盤切削JES工法について得られた知見を以下に整理する。

- ① 地盤切削JES工法により軌道隆起の抑制効果が得られる。
- ② 刃口天端と地山の間を生じる空隙の発生を抑制できる。
- ③ 支障物の有無や地盤の条件によらず、安定した掘進速度の施工が可能である。
- ④ 1日あたりの軌道変位量は、日々の軌道整備で対応できる範囲である。

7 お わ り に

今回の施工を通じ、地盤切削JES装置の機能および地盤切削JES工法の適用により軌道変状リスクの抑制が可能であることを確認した。今後、更に検討を重ね、列車運行時間帯も含めた24時間施工につなげたい。

最後に、本工法の開発および工事の施工にあたりご指導、ご協力をいただいた関係者の皆様に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 有光武・桑原清・小泉秀之・千々岩三夫・山村康夫：地表面変位を抑えたエレメント掘進工法の実証試験，トンネル工学報告集，Vol.19，pp.285-290，2009。
- 2) 中村征史・桑原清・長尾達児：地盤切削JES工法の開発，地下空間シンポジウム論文・報告集，Vol.15，pp.199-206，2010。
- 3) 有光武・桑原清・小泉秀之・長尾達児：切削ワイヤを用いた改良JES工法で地表面変位を抑制，トンネルと地下，Vol.41，No.8，pp.621-630，2010.8。
- 4) JR東日本：非開削工法設計施工マニュアル，p.8-29，2009。
- 5) 同書，p.9-4。



「住宅地直下の地下鉄工事」香港 ケネディタウンより

遠藤 智

1997年7月1日にイギリスから中国へ返還された香港は、特別行政区として新たなスタートを切った。香港の面積は東京23区の約2倍であり、中国から陸続きの新界、九龍半島、およびビクトリア湾を隔て浮かぶ香港島の3地域に分けられる。当現場はこの中の香港島北西部に位置している。世界的にも有名な「100万ドルの夜景」として称される高層ビル群もこの香港島北側に位置し、世界中から訪れる多くの観光客で賑わっている。

香港の人口は約710万人(2010年末現在)で、このうち半数の350万人が香港島・九龍半島(面積比12%)に居住しており、人口密度は世界第4位である。とくに平地の少ない香港島北側の可住地人口密度はさらに高くなっている。住民の主な交通手段は、地下鉄・バス(2階建のダブルデッカー)・トラム(路面電車)・タクシーなどであり、これらの公共交通料金は日本と比較して非常に安価なのが特徴的である。ただし、当現場の位置するケネディタウン(堅尼地城)には、輸送効率が高く、かつ時間に正確な地下鉄が供用されていないため、交通の主流は専らバス・トラムになっている。このため周辺では交通渋滞の発生が日常茶飯事であり、地下鉄の建設が住民からの長年の願いでもあった。このような住民の思いが理解され、ようやく香港島の地下鉄がこの地区に延伸される工事が開始されることになったわけである。

西港線工事は、政府が154億HKドルを投じて進める既存のMTR(香港鐵路有限公司)港島線(Island Line)を上環から西に3km延伸する工事で、西營盤、香港大学、およびケネディタウン駅を新設するものである。2009年に着手し2014年に開通する予定であるが、開通後はケネディタウンとチムサーチャイ(尖沙咀)が約14分で結ばれることになり、住民の交通に大きく貢献する事業として位置づけられている。

このうち当工区(WIL704)は、香港の地場大手ギャモン社と共同企業体を形成し、西營盤駅~香港大学駅~ケネディタウン駅までの2区間の地下鉄本線トンネル(単線L=1,040m×2)、西營盤駅、香港大学駅の両駅舎(掘削断面A=300m²、L=250m×2駅)、乗客用



ローパン寺(ドラゴンダンスの模様)

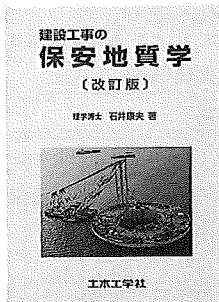
出入口(全8か所:3か所は立坑直径16~19m、深さ約80m)、換気立坑(直径16m、深さ約80m)とこれらに付随する横坑、作業横坑(計3,070m)、およびずり出し用ベルトコンベヤ設備などを建設する工事である。当工区の特徴は、ほぼすべての駅舎・トンネル直上に高層住宅が林立しており、その直下(岩かぶり約10~70m)で発破掘削を行っている点である。地質は花崗岩・凝灰岩で形成され、岩盤としての強度は非常に堅硬である。しかし一部区間には破碎帯の出現も予測されており、発破ごとにQ Valueを用いた地山評価を実施し、細心の注意を払いながら掘削を進めている。

このように非常に厳しい周辺環境にある現場を、ある一つのお寺が見守ってくれている。ケネディタウンにあるローパン寺である。ここには、中国春秋時代(紀元前770~403年)に大工・哲学者・発明家・軍事思想家などとして活躍したローパン(魯班)が、大工の神様として祀られている。1997年ごろまではローパン・フェスティバルという行事が行われており、当日の建設現場は慣例として休日であった。現在でも建設関係者が数多く参拝することで有名である。当現場も地元の行事が開催されたり、工事の節目に当たるときなどには、安全祈願のためしばしば参拝している。

今後、工事は最盛期を迎えることになるが、企業先・JV・協力会社が一丸となり、ローパン寺に見守られながら竣工まで全力で安全施工に取り組んで行く所存である。

(西松建設(株)西港線地下鉄出張所所長)

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//



建設工事の 保安地質学

[改訂版]

理学博士 石井康夫 著

A5判 上製本 475頁 価格6,300円 円340円

本書は、多くの人々が『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 土木工学社

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

土木情報 No.461

今月の主な入札結果
(9月10日~10月9日)

事業主体	工 事 名	請 負 会 社	請負額 単 位 百万円
北海道開発局	北海道横断自動車道釧路市衆音別T	岩倉・草別JV	993.9
〃	〃 〃 カラマンT	宮坂・松谷JV	788.9
東北地整	R7栄T	三井住友建設	1,128.5
関東地整	さがみ縦貫上依知第1T(その2)	鉄建建設	226.5
〃	中部横断自動車道臼田IC改良1	岡谷組	193.8
〃	R246大橋2丁目地区共同溝耐震補強	東急建設	126.5
〃	圏央道山口Tその2	鹿島建設	3,378.5
〃	葛西共同溝補強その3	新井組	241
〃	日輪寺函渠	宮下工業	125.5
北陸地整	入善黒部BP平伝寺道路	共和土木	164.5
九州地整	東九州道(佐伯~蒲江)蒲江T南新設	熊谷組	2,846.5
〃	〃 (県境~北川)熊野江第1T新設	前田建設工業	1,821.4
東日本高速道路	東北自動車道さいたま市八幡下排水路整備	三ツ和総合建設業協組	150.5
西日本高速道路	新名神高速道路六石山T	フジタ・アイサワJV	3,202
埼玉県	中川流域処理場放流ポンプ棟導水渠6	金杉建設	157.3
〃	23水一第701号大久保浄水場西部系樋管耐震補強	ユーディケー	124
都・財務局	中央環状品川線中目黒換気所ダクト接続-2	熊谷・京急JV	658.87
都・水道局	墨田区横川二丁目地先から同区太平一丁目地先間配水管(800mm)布設替及び配水管(1000mm)撤去	新井組	279.08
都・下水道局	新宿区市谷薬王寺町付近再構築	アイサワ工業	257.4
〃	台東区東上野一、二丁目付近再構築	富士工	315.33
〃	港区芝浦一丁目付近再構築	新日本工業	279.6
新潟県	国改交11-2-1号R352萱峠BP萱峠T覆工・明かり巻き工	福田組	160.7
〃	緊地街800-2号3・4・43榎山町亀貝線緊急地方道(街路)福島江函渠	福田組	182.8
山梨県	主地甲府韭崎線2工区道路	国際・望月JV	248.5
〃	〃 3工区道路	大新・宏和JV	280
福岡県	五ヶ山ダム仮排水T	鹿島・松本JV	251.2
水戸市	酒門町排水路新設	田口・コスモJV	133.5
太田市	浸水対策調整池築造	守屋建設	110.73
さいたま市	谷田排水区下水道(南建-23-30)	開道建設業協組	140.53
成田市	遠山ルート配水管布設(駒井野隧道)	東洋建設	122.8
横浜市	中部処理区本牧第二幹線下水道整備	大林・小雀JV	1,548.6
長岡市	下管移4号下水道管渠移設	伊藤・勝沼JV	105.07
岐阜市	第651工区梶川町貯留槽築造	大日本・市川JV	1,200

施工

補助工法を駆使した未固結砂地山の近接施工

—金沢東部環状道路 卯辰トンネル(Ⅱ期線)—

国土交通省北陸地方整備局金沢河川国道事務所工務第二課長 横山 一 星
 (前)国土交通省北陸地方整備局金沢河川国道事務所建設監督官 中田 圭 一
 前田建設工業(株)卯辰トンネル作業所現場代理人兼監理技術者 賀川 昌 純
 前田建設工業(株)本店土木部トンネルグループマネージャー 櫻井 孝 臣

1 はじめに

金沢東環卯辰トンネル(Ⅱ期線)工事(以下、「本工事」と称す)は、一般国道159号4車線化工事のうち、現在37,000台/日の交通量を有する環状道路トンネル(以下、「Ⅰ期線」と称す)との中心線離隔2~2.5D程度の位置に計画された延長1,200mの道路トンネル工事である(表-1、図-1)。

地質状況は、均等係数、細粒分含有率ともに地山の流動化を示す指標以下の乾燥した砂地層がト

ンネル全体の約7割を占め、固結状態の非常にゆるい条件下でのトンネル掘削となる。

本工事着手前に実施された定期点検結果にもとづくⅠ期線覆工コンクリート健全度評価および本工事土質条件を考慮すると、トンネル壁面純離隔は0.8~1.2D'(D'は両トンネル平均径)となり、近接度区分は直接影響領域内工事に区分される近接施工トンネル工事である(図-2)。

そのため、本工事施工においては、坑内作業の安全確保に加えてⅠ期線内を走行する車両の安全

表-1 工事概要

工 事 名	金沢東環卯辰トンネル(Ⅱ期線)工事	
施 工 場 所	石川県金沢市東長江町地先~金沢市鈴見台地先	
工 期	平成21年3月11日~平成23年12月20日	
発 注 者	国土交通省北陸地方整備局金沢河川国道事務所	
施 工 者	前田建設工業(株)	
工 事 内 容	トンネル延長	1,198.755m
	掘削断面積	68.1~71.3m ² (非常駐車帯は100.4m ²)
	掘削方式	機械掘削方式(ツインヘッド)
	天端安定対策	注入式長尺先受け工(特殊水ガラス溶液) 注入式フォアボーリング(高浸透ウレタン溶液) 一部、併用区間あり
補 助 工 法	鏡面の安定対策	長尺鏡補強工(モルタル注入式) 長尺鏡補強工(特殊水ガラス注入式)
	脚部の安定対策	脚部補強注入(高浸透ウレタン溶液) 仮インバート(H-200, H-150)

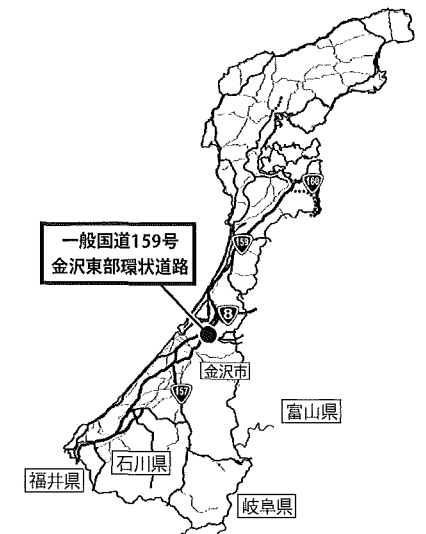


図-1 卯辰トンネル工事位置図

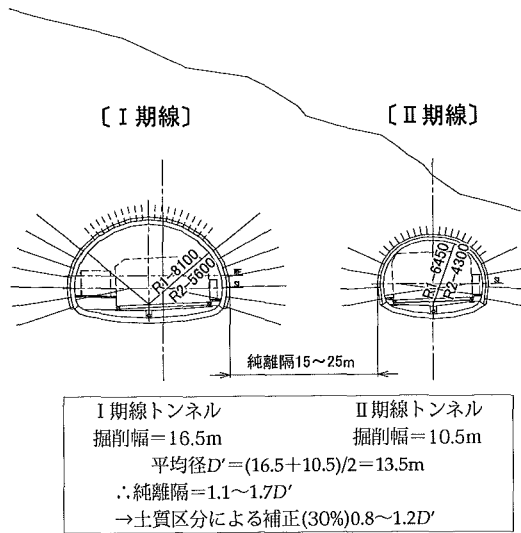


図-2 近接度の区分¹⁾

確保を図る必要が生じ、周辺環境保全に配慮したトンネル施工が最優先課題であった。

とくに、I期線施工記録からさまざまなトラブルが発生した地層であると報告される卯辰山砂岩層区間については、注入材料選定のほか、注入方式の改善、シフト長の見直しなどの実証実験をくり返し慎重な施工を実施してきたが、いくつかのトラブルも発生した。そこで、以下に卯辰山砂岩層施工結果について報告する。

2 地形・地質概要

本工事は、津幡、森本丘陵と称する標高200m以下の低平な丘陵性山地南端に位置し、本トンネルは金沢市街を北西に流下する金腐川と浅野川に挟まれた丘頂標高141mの卯辰山を北東-南西方向に貫くものである。

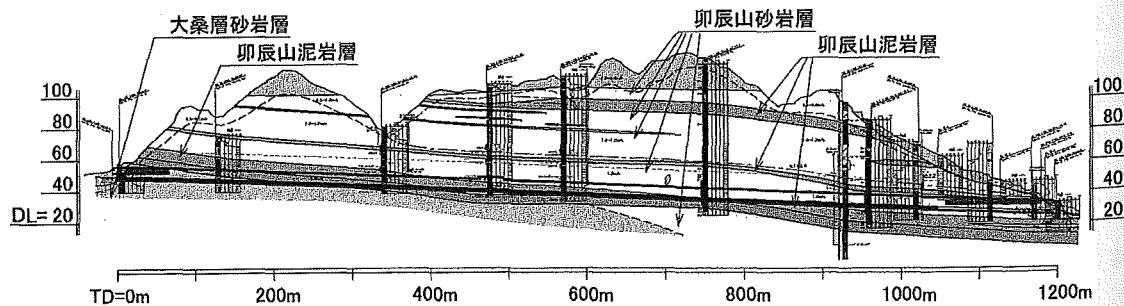


図-3 卯辰トンネル(II期線)地質縦断図(実績にもとづき見直し後)

最大土かぶりは約85mであり、トンネル直上部には北東-南西方向、北西-南東方向の尾根、谷筋が発達しており、計画路線には3つの沢が横断している。

また、トンネル地上部には卯辰山公園への周回道路や見晴台公園、ユースホテルなどの施設が位置しており、古くより地元住民の憩いの場として多く利用されている。

本工事地質概要は、下位から順に更新世前期の大桑層、更新世中期の卯辰山層、更新世後期の高位段丘(砂・泥・砂礫)が堆積した地層で構成される。地層は、坑口側から到達側にかけて、トンネル縦断方向に見かけ2~3°のゆるい下り勾配を呈している。とくに、代表地層である卯辰山層は、未固結~半固結の細粒~中粒砂岩を主体とし、3~5枚の泥岩層と礫岩層が互層状に介在する。

切羽における土質性状は、坑口からTD100mまでの区間は、均等係数5.5%、細粒分含有率7.0%程度の比較的固結した大桑層砂岩が分布する。

TD100m~414m区間には、一軸圧縮強度2,000 kN/m²程度の卯辰山泥岩層を主体とする砂岩泥岩互層が分布する。

それ以降については、均等係数 $U_c=1.5\sim 2.9\%$ 、細粒分含有率 $F_c=0.2\sim 6.9\%$ といずれも地山の流動化を示す指標²⁾以下の未固結砂層がトンネル全体に分布する(図-3)。

3 注入材の選定

本工事において天端および鏡補強を実施すべき対象土質は、細粒~中粒の砂岩層である。とくに、本工事でもっとも注意すべき地層は卯辰山砂岩層

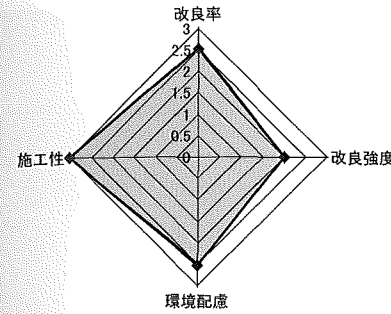


図-4 試験施工総合評価(特殊水ガラス溶液)

であり、冒頭に示すとおり均等係数および細粒分含有率ともに流砂現象が発生しやすい性状に分類される土質性状である²⁾。

そのため、本工事土質性状にもっとも効果的な注入材料選定を行うため、坑口部施工時に注入材料選定試験を実施した。注入材料選定試験は、実際の施工方法と同様の手順で鏡面にAGF鋼管を打設後、鏡面に薬液を注入し、上半掘削1mごとに改良ゾーンの出来形測定ならびに軟岩ペネトロ計を使用して一軸圧縮強度測定を実施した。

試験結果を定量的に評価するため、改良効果については出来形改良径を目標改良径で除した改良率で評価する計画とした。また、地山強度向上効果については、改良体の一軸圧縮強度を周辺地山の一軸圧縮強度で除した改良強度向上率で評価する計画とした。なお、注入材料選定試験は、水ガラス系浸透注入材5種類、発泡系浸透割裂注入材2種類とし、注入方式の差違によって8種類の試験施工を実施し評価を行った。

この結果、改良率や改良強度向上率に突出した優位性はないが、全評価項目ともバランスが良く、安定した効果が得られる水ガラス系浸透注入材(特殊水ガラス溶液)を選定し、注入方式はバルブ注入方式を採用することとした(図-4)。

4 坑口部における変状発生と対策

起点側坑口部は、本工事で比較的安定すると考えられた大桑層砂岩層が分布する区間である。しかし、土かぶりが小さく偏圧地形内にトンネルが位置しているため、事前FEM解析結果でもっともI期線に対する影響が大きくと想定され

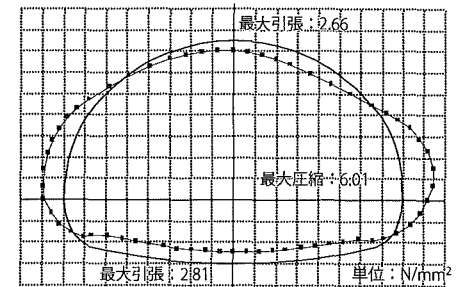
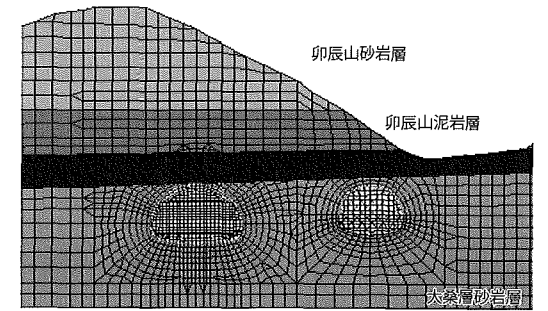


図-5 坑口部地形モデルと応力解析図(TD30m)

た区間である(図-5)。

そのため、施工に際してはI期線への影響度合いをリアルタイムに監視し、トンネル内走行車両の安全性を評価するため、自動計測を計画実施した。計測内容は、FEM解析で想定される影響情報を得るため、I期線覆工壁面に以下の計測機器を設置した。

- ・自動追尾システム(両坑口部@10m×18断面)
- ・レーザー距離計(一般部@20m×53断面)
- ・覆工ひずみ計(8断面×各4か所)
- ・亀裂変位計(8断面×各1か所)
- ・3軸変位計(4断面×各2か所)
- ・電気式地中変位計(9断面×各1か所)

不測の事態に備え、吹付け機と自由断面掘削機を並列配置して掘削作業を開始した。天端補強工は注入式長尺先受け工(以後、「AGF工法」と略す)を採用し、仕様は無拡幅タイプとした。

坑口より2シフト(L=13.58m, 1シフト長9m)施工した段階で、トンネル天端からの小崩落や吹付けコンクリート剥落などのトラブルが発生した(写真-1, 2)。発生要因は、AGF鋼管周辺地山に強度がなく掘削に支障となる鋼管切断時に反力となる前方地山およびトンネル周辺地山をゆるめた

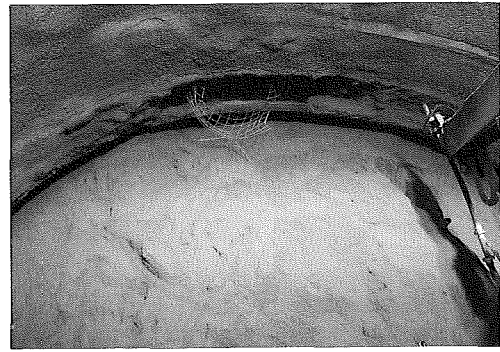


写真-1 天端崩落発生状況 (TD25m地点)

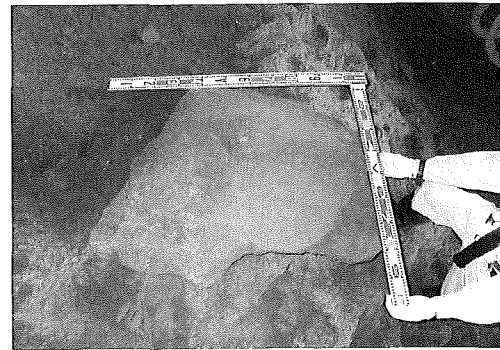


写真-2 改良体崩落状況 (TD25m地点)

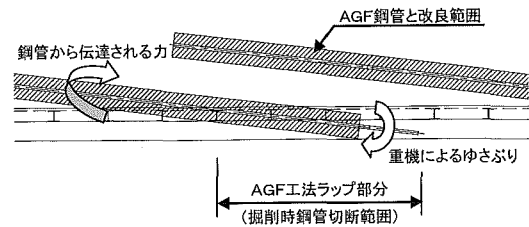


図-6 天端崩落発生メカニズム

結果、周辺地山の縁切りを発生させたためと考えられ、安全施工を行ううえで非常に着目すべき点である(図-6)。また、天端から小崩落する塊は、造成された改良体自体であり、改良体の崩落に伴い吹付けコンクリートが剥落する結果となった。

よって、3シフト目以降については、周辺地山を痛めないようにするため、無拡幅タイプから鋼管切断を要しない拡幅タイプに仕様変更を行った。

5 一般部における変状発生と対策

5-1 TD519m地点における変状発生と対策

TD414m地点においてトンネル天端より分布し始めた卯辰山砂岩層は、固結度が低く均等係数も

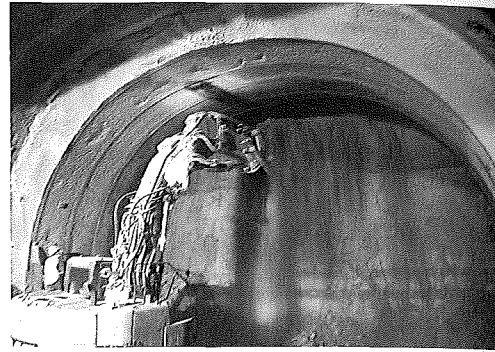


写真-3 掘削時流砂現象発生状況 (TD519m地点)

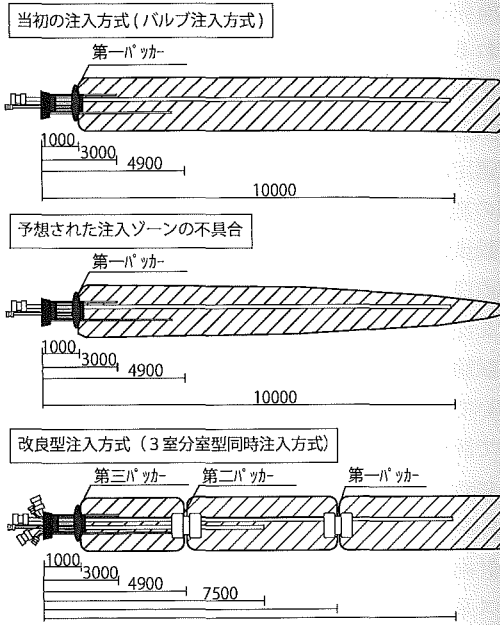


図-7 注入方式変更概念図

小さいため、掘削中には幾度となく流砂現象が発生し、天端小崩落や側壁崩壊などの事象が確認された。そのため、地山試料試験結果をもとに間隙率の再評価を行い、注入量の再検討をくり返しながら掘進を継続した。

掘削が進むにつれて卯辰山砂岩層が切羽に占める割合は徐々に拡がり、TD519m地点ではトンネルクラウン部全体に卯辰山砂岩層が分布するようになった。掘削中には天端全体からの激しい流砂現象が認められ、同時にAGF鋼管間からの抜け落ち現象も確認されるようになってきた(写真-3)。

AGF鋼管間からの抜け落ち現象はAGF工法ラップ区間で集中的に発生し、切羽観察時に不均一で

表-2 注入量と吹付け余吹き率比較一覧表

注入式長尺鋼管先受け工施工実績				吹付けコンクリート余吹き率		インサート管
施工位置	支保工 No.	本数	注入量 (ℓ)	平均 (ℓ/本)	各シフト別平均	
17シフト目						495基
18シフト目	504基	23本	19,206.1	835	377%	通常
19シフト目	513基	23本	19,907.8	866	372%	通常
20シフト目	522基	23本	20,447.7	889	423%	通常
21シフト目	531基	23本	24,170.9	1,051	391%	通常
22シフト目	540基	23本	22,150.3	963	361%	3バツカー方式
23シフト目	549基	23本	25,104.5	1,092	362%	3バツカー方式
24シフト目	558基	23本	17,712.4	770	328%	3バツカー方式
25シフト目	567基	23本	19,546.6	850	342%	3バツカー方式
26シフト目	576基	23本	19,083.3	830	352%	3バツカー方式
27シフト目	585基	23本	20,859.8	907	336%	3バツカー方式
28シフト目	594基	23本	20,773.8	903	293%	3バツカー方式
29シフト目	603基	23本	20,776.4	903	342%	3バツカー方式
30シフト目	612基	23本	20,664.1	898	369%	3バツカー方式
31シフト目	621基	23本	20,462.9	890	367%	3バツカー方式

先細り形状で造成された不連続改良帯が一部確認された。

今回採用したバルブ注入方式は、鋼管口元から1本の注入管を使用し、不均質な砂層が介在する場合には限定注入ができないことから改良帯内に不連続部分が発生することになる。そこで、AGF鋼管内に数箇所の仕切りを設けて注入長を短く分割し、同時注入することによって地山改良の不具合発生防止ができるか否か、実証実験で確認する計画とした(図-7)。実証実験の評価は、吹付けコンクリートの余吹き率で評価する計画とした。

実証実験の結果、TD519m地点で確認されたようなAGF鋼管間より上方の抜け落ち現象は改善され、AGF鋼管下のみ肌落ちする程度で崩落規模を抑えることが可能となった。注入量と吹付けコンクリート余吹き率との関係を確認すると、注入方式を改善した22シフト目以降では吹付けコンクリート余吹き率が約30%改善された。また、注入量上限値を徐々に少なくしたところ、新規注入方式採用区間では注入量を約200ℓ/本減らしても同程度以上の効果が確認された。さらに当初注入方式と比較すると、同程度以下の注入量でも余吹き率が約50%改善され、経済性の向上にも寄与できることが確認された(表-2)。

5-2 TD702m地点における変状発生と対策

新規注入方式を採用し、経済性向上を追求しながらトンネル掘進を継続施工してきたが、702m地点に到達した際に本工事でもっとも大規模な天端崩落が発生した。

発生した天端崩落高さは約7mであり、天端崩落発生の際に卯辰山砂岩層上位に遮水層として分布する厚さ約2mの卯辰山泥岩層を突き破り、地



写真-4 天端崩落発生状況 (TD702m地点)

下水を坑内に呼び込むことになった。その結果、天端崩落規模は約80m³まで拡大した(写真-4)。

天端崩落発生直後に目視点検したところ、注入改良ゾーン内に幅5cm程度の改良欠損が認められ、欠損部周辺にはほかの砂層と比較し、やや湿った状態の砂層が確認された。この欠損部から流砂現象が始まり、徐々に地上方向へと崩落高さが拡大していく結果となった。

卯辰山砂岩層は、非常に流動化しやすく、注入改良ゾーン内にほんのわずかでも弱点があれば、容赦なくトンネル坑内へ砂を供給するほど固結度

の低い性状である。天端崩落規模は大きかったものの、I期線計測結果からは大きな影響発生は確認されなかった。しかし、今後、同様のトラブル発生によってトンネル内走行車両の安全確保に問題が生じることを防止するため、未固結砂地盤条件に対し、さらに効果的な注入方式を経済的に実現する方法を検討する必要が生じた。トラブル発生以後の天端補強対策は複列配置AGF工法を採用し、万一、欠損箇所が生じてもI期線に対する影響発生を予防するとともに、さらなる注入改良効果改善を目的として新たな注入方式を検討した。

なお、当該地点では、発泡ウレタン溶液による空洞充填対策工を緊急施工し、トンネルリング補強注入、水抜きボーリング工などによる補強工を実施し、切羽再開までに約3週間の期間を要した。

6 新たな注入改良効果改善を求めて

6-1 試験施工ケースの計画

さらなる注入改良効果の改善を目的として、現状までに発生したさまざまな不測の事態に対処するため、以下の点について改善を行い注入効果確認試験を行う計画とした。

- ① 仕切り弁の有無による改良効果の優位性
- ② 仕切り弁の位置変更による改良効果の優位性(先端増量型および均等割付型)
- ③ 仕切り数による改良効果の優位性(3~4室)
- ④ AGF鋼管周囲に逆止弁を設けた場合の効果

仕切り弁(以後、「パッカー」と称す)の有無による改良効果確認は、強制的に鋼管内に仕切りを設けた場合と設けずに分割同時注入した場合の優位性を確認することを目的とした。パッカー位置変更は、鋼管全長内にパッカーを均等配置した場合と先端側へ注入量が増量できるように分割した場合の効果に差があるか確認することとした。仕切り数による効果確認は、小口径鋼管内クリアランス(φ76.3mm)を考慮し、注入用挿入管建て込みが可能な3室型と4室型で比較した。また、逆止弁付き鋼管は、AGF鋼管内への削孔ス

ライム流入防止を図ることによって均一な円形改良ゾーン形成に優位性があるか否かを確認することを目的とした。なお、注入材料は本工事地質にもっとも効果的な特殊水ガラス溶液1種類とし、試験の評価は出来形改良径を目標改良径で除した改良率で評価する計画とした。各注入方式の特色ならびに試験施工採用目的は、以下のとおりである。

(1) バルブ注入方式

AGF鋼管口元より薬液を圧入し、改良対象範囲全体を改良する注入方式。1バルブ注入方式が一般的であるが、限定注入ができないため、先細り形状の改良ゾーン形成が懸念される(図-8)。しかし、経済的観点からもっとも優位となる挿入管を採用できるため、3および4バルブ注入方式を新たに設定した(図-9)。

(2) パッカー(仕切り弁)注入方式

AGF鋼管内を数箇所の部屋に分割し、対象範囲全体を個別的に改良する注入方式。1バルブ注入方式と比較し、短い間隔で改良範囲を分割することができるため、限定注入が可能であり、均一な地山改良造成が期待できる。

天端崩落発生時に採用していた方式よりもさらに細かく鋼管内を分割することによって、より密実な注入改良効果を期待して4パッカー4バルブ方式を新たに設定した(図-10, 11)。



図-8 1バルブ注入方式

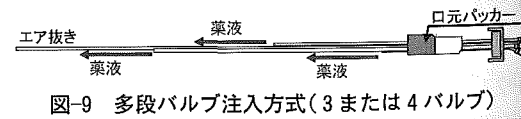


図-9 多段バルブ注入方式(3または4バルブ)

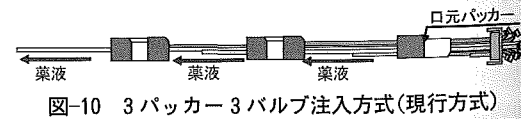


図-10 3パッカー3バルブ注入方式(現行方式)

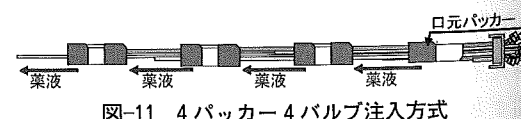


図-11 4パッカー4バルブ注入方式

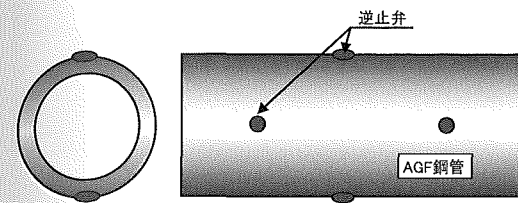


図-12 逆止弁付き鋼管

(3) 逆止弁付き鋼管の採用

AGF鋼管周囲に設けられた各注入孔に逆止弁を配置し、鋼管打設時に流入する削孔スライムによって注入孔が閉塞する可能性を排除するとともに、鋼管を中心とした均一な円形改良ゾーンを形成することを目的として新たに設定した(図-12)。

6-2 試験施工1結果

第1段階試験施工においては、当初注入方式である1バルブ注入方式と現在使用している3室に分割した同時注入方式(3パッカー3バルブ同時注入方式)、ならびにパッカー位置を変更した場合とパッカー配置数を変更した場合の注入改良効果を比較した。

この結果、4室に分割する4パッカー4バルブ同時注入方式はAGF鋼管内に製作上のクリアランスは確保されていたが、実施工時にはAGF鋼管内に注入用挿入管を建て込むことが困難であり試験は不可能となった。

1バルブ注入方式(当初施工方式)は、バランスのとれた改良効果が再確認されたが、現行注入方式である3パッカー3バルブ同時注入方式のほうがより効果的であった。パッカー位置を変更し鋼管先端側の注入量増量を図った同時注入方式と現行均等割付型同時注入方式を比較すると、先端増量型注入方式では先端側に期待した効果は得られず、反対に注入ゾーンに大きなバラツキが生じる結果となった。よって、第1段階試験施工の結果、現行使用する注入方式(3パッカー3バルブ注入方式(均等割付型))がもっとも効果的な注入方式であることが確認された(図-13 試験②)。

6-3 試験施工2結果

第1段階試験施工でもっとも効果的な注入方式である3パッカー3バルブ同時注入方式を基本と

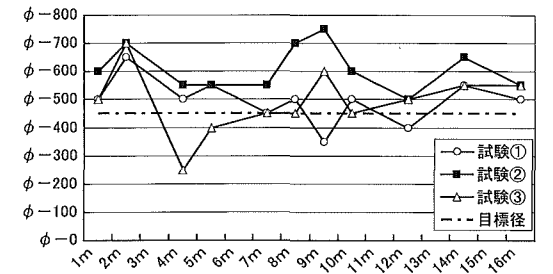


図-13 第1段階試験施工結果図

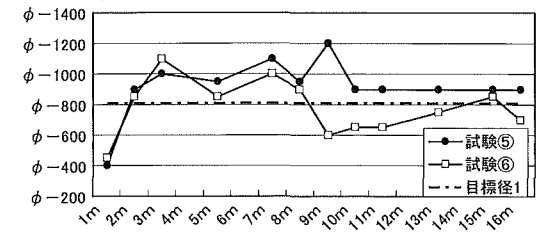


図-14 第2段階試験施工結果図1

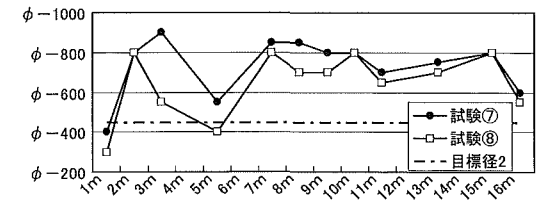


図-15 第2段階試験施工結果図2

して、さらなる注入効果改善を図ることを目的として第2段階試験施工を実施した。

試験項目は、現行注入方式に加えてAGF鋼管に逆止弁を設けることによって注入改良効果に優位性があるか否かを確認することとした。また、現行注入方式について、パッカーを設けるか否かによって注入改良効果の優位性が異なるか否かについてもあわせて確認する計画とした。

この結果、逆止弁付きAGF鋼管を採用した場合、改良範囲のうち鋼管先端側半分は目標改良径を下回る結果となり、逆止弁なし標準鋼管の優位性が確認された。また、AGF鋼管を中心に均一な注入改良ゾーン形成を図ることに期待したが、標準鋼管を使用した場合と比較しても顕著な効果は確認されなかった(図-14 試験⑥)。

パッカーの有無による注入改良効果については、想定と相反し、パッカーのない注入方式(1パッカー3バルブ同時注入方式)のほうが改良効果にやや優位性が確認された(図-15 試験⑦)。

表-3 試験施工内容と試験結果一覧表

試験 No.	AGF 鋼管	注 入 方 式			試 験 結 果				備 考	
		パッカー数	バルブ数	分類	注入量 (ℓ/本)	目標改良径	平均改良径	改良不足数		平均/目標
第1段階試験	① 標準鋼管	1	1	当初仕様	1,120	45cm	49.5cm	2か所	1.10倍	現在実施パターンで試験施工 (注入率=42%(設計×1.5倍))
	② 標準鋼管	3	3	現行方式	1,120	45cm	60.9cm	なし	1.35倍	現在実施パターンで試験施工 (注入率=42%(設計×1.5倍))
	③ 標準鋼管	3	3	新規方式 (位置変更)	1,120	45cm	49.1cm	2か所	1.09倍	現在実施パターンで試験施工 (注入率=42%(設計×1.5倍))
	④ 標準鋼管	4	4	新規方式	1,120	45cm	建込み不可	-	-	現在実施パターンで試験施工 (注入率=42%(設計×1.5倍))
第2段階試験	⑤ 標準鋼管	3	3	現行方式	1,500	80.8cm	91.7cm	なし	1.13倍	現在実施パターンで試験施工 (注入率=56%(設計×2倍))
	⑥ 逆止弁付き鋼管	3	3	現行方式	1,500	80.8cm	77.9cm	5か所	0.96倍	現在実施パターンで試験施工 (注入率=56%(設計×2倍))
	⑦ 標準鋼管	1	3	新規方式	1,120	45cm	73.3cm	なし	1.63倍	現在実施パターンで試験施工 (注入率=42%(設計×1.5倍))
	⑧ 標準鋼管	3	3	現行方式	1,120	45cm	64.6cm	1か所	1.44倍	現在実施パターンで試験施工 (注入率=42%(設計×1.5倍))

6-4 試験施工総合評価

注入効果の改善を図るため、第1段階試験施工でもっとも効果的な注入方式である3パッカー3バルブ同時注入方式を基本注入方式とし、さらなる注入効果改善を図ることを目的として第2段階試験施工を実施した。

この結果、対象範囲全区間内で目標改良径が達成できたのは、3パッカー3バルブ同時注入方式と1パッカー3バルブ同時注入方式のみであった。

このうち、平均改良径を目標改良径で除した改良率で評価すると、本工事地質条件では1パッカー3バルブ同時注入方式のうち標準鋼管(逆止弁なし)との組み合わせがもっとも効果的であることが確認された(表-3)。

パッカーの有無によって改良効果に優位性が確認されたのは、以下の理由によるものである。

- ・本工事地質状態は、均等係数、細粒分含有率ともに小さな値を示しており、注入中の注入圧力上昇傾向がほとんど確認されないような状況である。
- ・しかし、均一な地山内にも少なからずさまざまな分布状態の変化があり、パッカーによる仕切りを設けないほうが注入口前後の弱部部

分をお互い自由に補うことができるため、改良範囲全体に均一な注入改良効果を得ることができる。

よって、TD702m地点で発生したトラブル以後の天端補強工は、1パッカー3バルブ同時注入方式による複列配置AGF工法を採用した。

- ・AGF鋼管打設長：16.61m
- ・打 設 間 隔：45cm
- ・シ フ ト 長：8.0m
- ・注 入 改 良 径：45cm

7 新たなトラブル発生

7-1 複列配置AGF鋼管間からの流砂発生

複列配置AGF工法を千鳥配置し、試験施工によってもっとも効果的であった1パッカー3バルブ同時注入方式による天端補強を併用し掘進を行ってきた。しかし、TD757m地点に到達した際に、再び大きなトラブルが発生した。

TD702m地点よりAGF鋼管配列を上下2段の複列配置としたが、上下段の注入改良ゾーンには接点を設けなかった。そのため、上下段の改良ゾーン間に介在する固結度の小さな砂層が坑内に流入しはじめ、AGF鋼管背面の砂分が坑内に供給さ



写真-5 右肩流砂発生状況(TD757m, 対策工120°)



写真-6 側壁部崩壊状況(TD967m, 対策工140°)

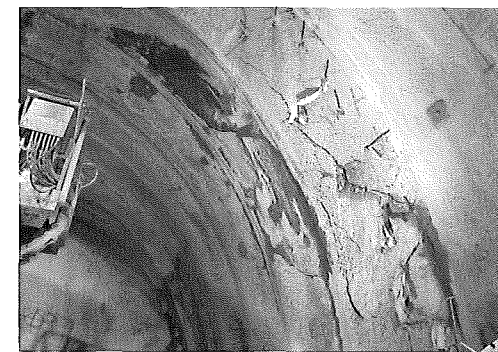


写真-7 既設支保工変状発生状況(TD967m地点)

改良目的	タイプA	タイプB
適用条件	地盤補強に加えて、止水性が要求される場合	止水性の必要がなく、地盤補強が要求される場合。ただし、揚圧力による底盤改良のように下方からの外力を受ける場合(曲げ応力に抵抗させる場合も含む)はタイプAによる。
基本配置		
基本間隔	ラップ配置を原則とする。 $L_1 = (\sqrt{3}/2) \times D$ $L_2 = (3/4) \times D$	ラップ配置を原則とする。 $L_1 = D$ $L_2 = (\sqrt{3}/2) \times D$

図-16 目標改良径配置計画³⁾

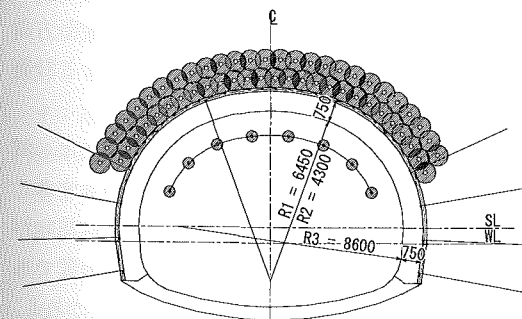


図-17 注入ゾーン配置計画図

れる結果となった(写真-5)。また、注入改良対象範囲を120°に限定してきたが、トラブル発生時に観察された流砂現象発生箇所はトンネルクラウン部よりも下方であり、改良対象範囲が不足していたこともトラブル発生要因の一つである。

そのため、止水性要求はないが地盤補強要求性が非常に高く、上下段の注入改良ゾーンを接点配列し複列配置AGF鋼管間に介在する砂層流動化を防止する必要があるため、注入改良径の見直しを行った(図-16, タイプB)。目標改良径は、上下左右すべての改良帯が接点配置できるようにするため、φ45cmからφ80.8cmに再検討し、実証実験によって注入量の妥当性評価を行った。注入改良範囲については、切羽の事象に合わせて徐々に拡大し、最終的にはトンネルクラウン部120°から160°まで拡げることになった(図-17)。

7-2 側壁崩壊および既設支保工変状発生

複列配置AGF工法を千鳥配置し、掘進を継続してきたが、TD967m地点に到達した際に、側壁部の崩壊が発生した(写真-6)。

また、側壁崩壊発生直後に既設支保工背面土砂が切羽側へ流出しはじめ、既設支保工が約30cm内空側に押し出され、切羽後方8m間の吹付け面にも顕著なひび割れが発生した(写真-7)。

既設支保工に変状が発生した要因は、トラブル

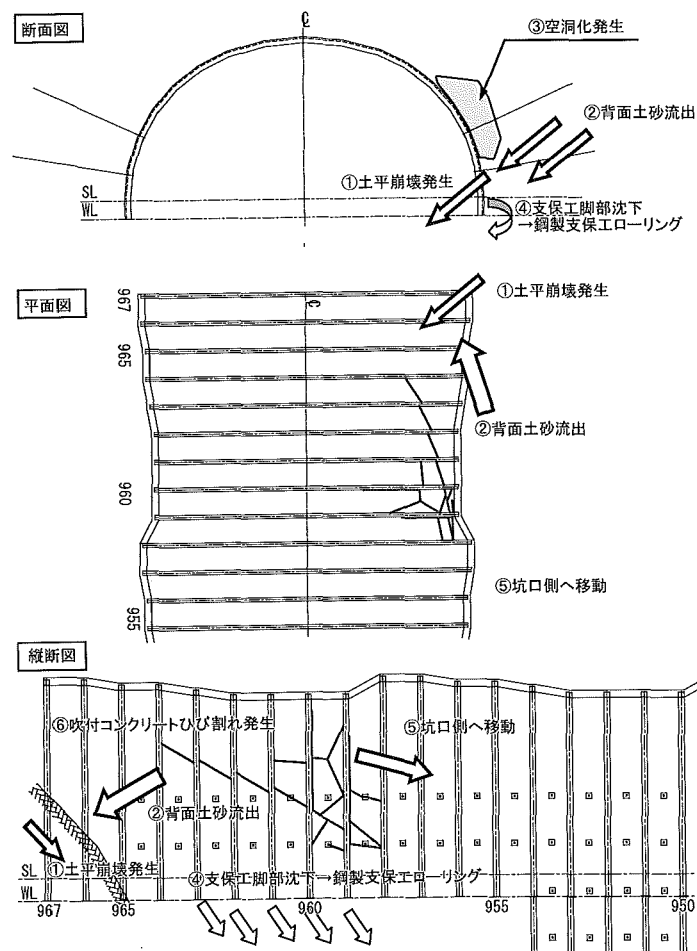


図-18 支保工変状発生概念図

発生時に確認された事象より、以下のメカニズムによるものと考えられる。

- ① 注入改良ゾーン下方の側壁部崩壊発生
- ② 既設支保工背面土砂が切羽側へ流出
- ③ 既設支保工背面に空洞化発生
- ④ 空洞化発生に伴い、既設支保工の荷重バランスが崩れ、右側脚部沈下、内空側への押し出し変状発生(支保工脚部沈下→支保工回転)
- ⑤ 拡幅断面から標準断面へと断面変化する面壁部は坑口側に向かい自由面形状となっているため、自由面側に押し戻されるように変状発生
- ⑥ 吹付けコンクリート面に顕著なひび割れ発生(最大14mm)(図-18)

このため、変状発生区間については周辺地山の

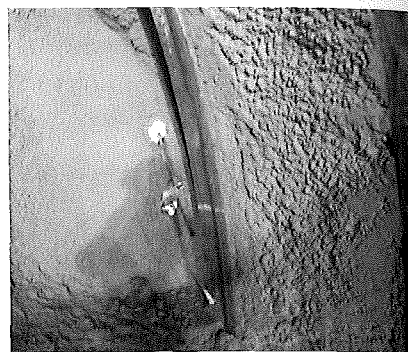


写真-8 側壁対策工実施状況

補強を行った後、縫い返しを行うこととなった。

以後の掘削に際しては、新たに側壁部分の対策工を追加する必要が生じた。側壁対策工は、掘削断面近傍に分布する砂層を対象として、強度向上(粘着力)を図る計画とした。

そのため、採用する側壁対策工は短尺式で限定注入が可能となるよう注入式フォアポーリング工を採用することとした(写真-8)。

使用する注入材料は、即効性に優れた浸透性も期待できる発泡ウレタン溶液(高浸透型)とし、実証実験によって効果を確認した。

実証実験は、注入材料および注入量の差による平均造成改良径を比較するとともに、縦断方向において改良体の連続性を観察して評価する計画とした。

この結果、発泡ウレタン溶液(標準型)では、試験孔すべての孔で口元からのリークが発生することとなった。また、注入圧力の急激な上昇傾向が認められ、計画注入量を注入することは困難であり、造成された改良径は平均で188mm程度である。これに対し、発泡ウレタン溶液(高浸透型)は、注入中の口元リークはほとんど確認されず、計画注入量まで注入することが可能であった。また、造成された改良径は、注入量に比例して改良効果は異なるが、標準型と比較すると本工事地山条件に対しては非常に効果的であることが確認された

表-4 試験施工結果一覧表(発泡ウレタン溶液)

注入材料	計画注入量			
	定量50kg/本	定量100kg/本	定量80kg/本	定量60kg/本
発泡ウレタン溶液(標準型)	発泡ウレタン溶液(高浸透型)			
平均注入量	26.5kg/本	100.0kg/本	80.0kg/本	60.0kg/本
最大改良径(造成位置)	300mm(切羽より2m)	550mm(切羽より3m)	450mm(切羽より2m)	300mm(切羽より3m)
平均改良径	188mm	371mm	268mm	209mm
最適配列間隔	150mm	350mm	250mm	200mm

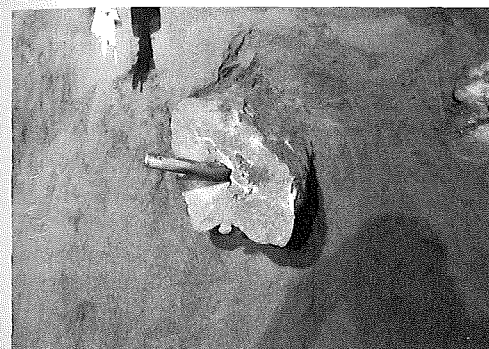


写真-9 効果確認(発泡ウレタン溶液(標準型))

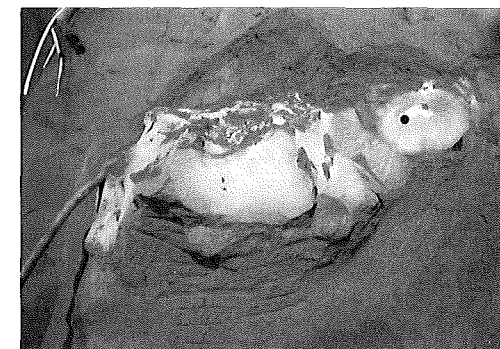


写真-10 効果確認(発泡ウレタン溶液(高浸透型))

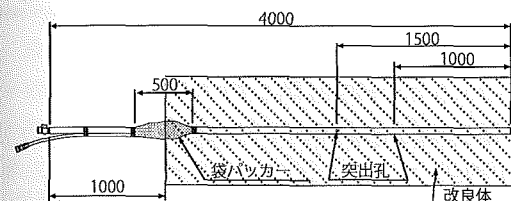


図-19 側壁対策工図

(表-4、写真-9、10)。

なお、発泡ウレタン溶液(高浸透型)は砂地盤に対して浸透性を高めるため、一般的な発泡系ウレタン溶液よりも発泡倍率および粘性を小さく抑え、硬化開始までの時間(ライズタイム)を改良して開発された発泡系注入材料である。そのため、確実に地山内に注入材料を注入するため、袋パッカー注入による口元コーキング方式(発泡ウレタン溶液注入(標準型))を採用した(図-19)。

試験結果をふまえ、長尺先受け工下方に縦断方向3m、1断面あたり4本の側壁対策工を採用した。注入量は、1本あたり100kg/本とした。

8 おわりに

本工事は、均等係数および細粒分含有率ともに

地山の流動化を示す指標以下の未固結砂層が分布する地質条件下でのトンネル施工である。そのため、工事着手以前よりさまざまなトラブル発生が想定されていた。また、併せてI期線との直接影響領域内に区分される近接施工という条件から、大きなトラブルがひとたび発生しI期線に対して影響を及ぼすことになると、一般走行車両の安全確保が困難となる気の抜けない条件でのトンネル施工である。

そのため、坑口部着手時点よりさまざまな試験施工をくり返し計画実施し、未固結砂地山に対する効果的な注入材料の選定、効果的かつ経済的な注入方式の確立ならびに補助工法の組み合わせを試行錯誤しながら施工してきた。

また、事前FEM解析によって得られた解析結果にもとづき、I期線およびII期線で実施する計測結果を施工に反映させ、先行変位抑制を図るとともに切羽における不測の事態を想定してさまざまな対策工を準備し、発生事象に応じた対策を施しながら施工を行ってきた。

その結果、坑口付け着手後、20か月の期間を経て、無事貫通を迎えることとなった。

表-5 施工実績一覧表

掘削補助工内容		形状寸法	注 入 工
先 受 け	注入式長尺先受け工(全97シフト)	$\phi 76.3, L=10.6m, n=52$ 本	特殊水ガラス溶液: 3,071,982 ℓ
		$\phi 76.3, L=13.6m, n=1,481$ 本	
		$\phi 76.3, L=16.6m, n=830$ 本	
鏡 補 強	モルタル充填式フォアボーリング工	SD345, D25, $L=3.0m, n=7,308$ 本	モルタル充填式
		注入式フォアボーリング工	$\phi 27.2, L=4.0m, n=957$ 本
鏡 吹 付 け	長尺鏡補強工(全10シフト)	$\phi 76.3, L=9.8m, n=26$ 本	モルタル: 9,803 ℓ
		$\phi 76.3, L=12.9m, n=104$ 本	
		$\phi 76.3, L=13.6m, n=469$ 本	
そ の 他	鏡吹付け	$t=10cm \times 97$ 回, 5,568m ²	
	側壁対策工	$\phi 27.2, L=4.0m, n=176$ 本	高浸透ウレタン溶液: 15,187.7kg
	脚部補強工	$\phi 27.2, L=4.0m, n=48$ 本	高浸透ウレタン溶液: 3,909.2kg
	縫い返し	D II 区間 \times 3 区間	
	仮インバート工	D III 区間, $L=64.0m$ D II 区間, $L=9.0m$	
	水抜きボーリング工	$\phi 76.3, L=9.8\sim 22.0m, n=17$ 本	

トンネル掘進実績としては、最小16.0m/月、最大120.0m/月であり、トンネル全区間平均では60m/月である。また、採用した掘削補助工は表-5に示すとおりである。

今後は、これまでの実績をもとに、工期内での竣工に向けて安全に配慮した施工を進める所存である。

最後に、本工事の施工にあたっては、真下英人・(独)土木研究所道路技術研究グループ長をはじめ、

各有識者の方々に再三にわたってご指導をいただきました。最後に誌面を借りて、厚く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 東日本高速道路：トンネル本体工保全編 [近接施工], 1998.10.
- 2) 土木学会：トンネル標準示方書 山岳工法・同解説, 2006.7.
- 3) 土木学会：山岳トンネルの補助工法, 1994.7.

わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 B5判 209頁 本体価格 2,500円 円340円

本書は、平成11年3月号より17回にわたって「トンネルと地下」に連載した「トンネル技術者のための応用地質学入門」をベースに、加筆および整理してまとめたものである。本書では、最新のトンネル技術、地質学、ならびに、地質調査法などを挙げ、学生から実務者まで広範に満足させる内容となっている。

株式会社 **土木工学社**

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

施 工

活線下で既設坑門や覆工を撤去し新たに坑門を構築

—阪和自動車道 藤白トンネル4車線化—

西日本高速道路(株)関西支社和歌山工事事務所海南吉備工事長 吉 田 守
西日本高速道路(株)関西支社和歌山工事事務所海南吉備工事区 佐 藤 貴 志
西日本高速道路(株)関西支社和歌山工事事務所工務課長 坂 口 幸 路
(株)竹中土木大阪本店藤白トンネル覆工撤去工事作業所課長 枘 田 旬 祐

1 はじめに

阪和自動車道(海南IC～有田IC, 延長9.8km)は、一般国道42号バイパスとして昭和59年3月に片側1車線の2車線道路として開通した。当該区間は、高速自動車国道への編入やETC割引により、近年、交通量は著しく増加しており、平日の通勤時間帯や休日を中心に交通集中による渋滞が年間約600回以上(平成21年実績)も発生していることか

ら、早期から4車線化が望まれていた区間である(図-1)。

当該区間の4車線化工事は、将来の4車線化が考慮されていない完成2車線で整備された高速道路を4車線に改築する工事であり、従来、対面通行で利用されていた既設道路(I期線)の東側に並行して白浜方面の2車線道路(II期線)を建設、平

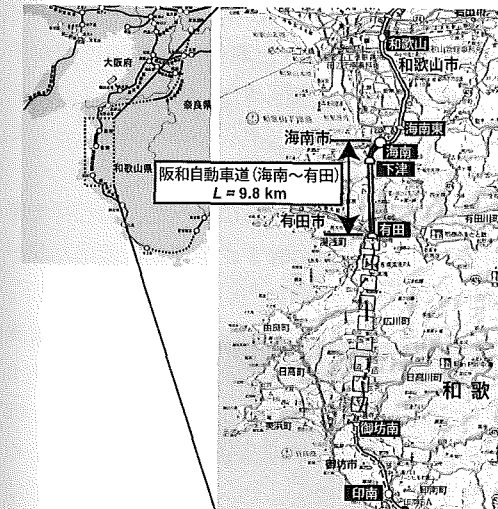


図-1 位置図

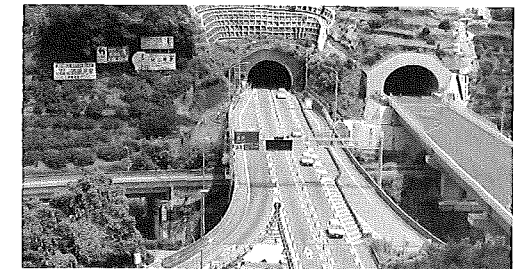


写真-1 着手前(対面通行)

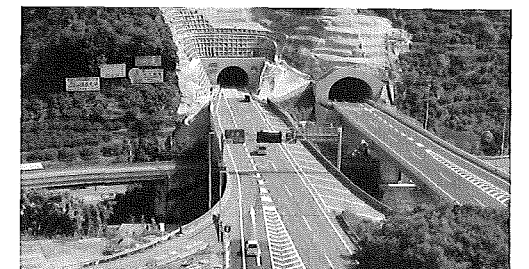


写真-2 4車線化開通

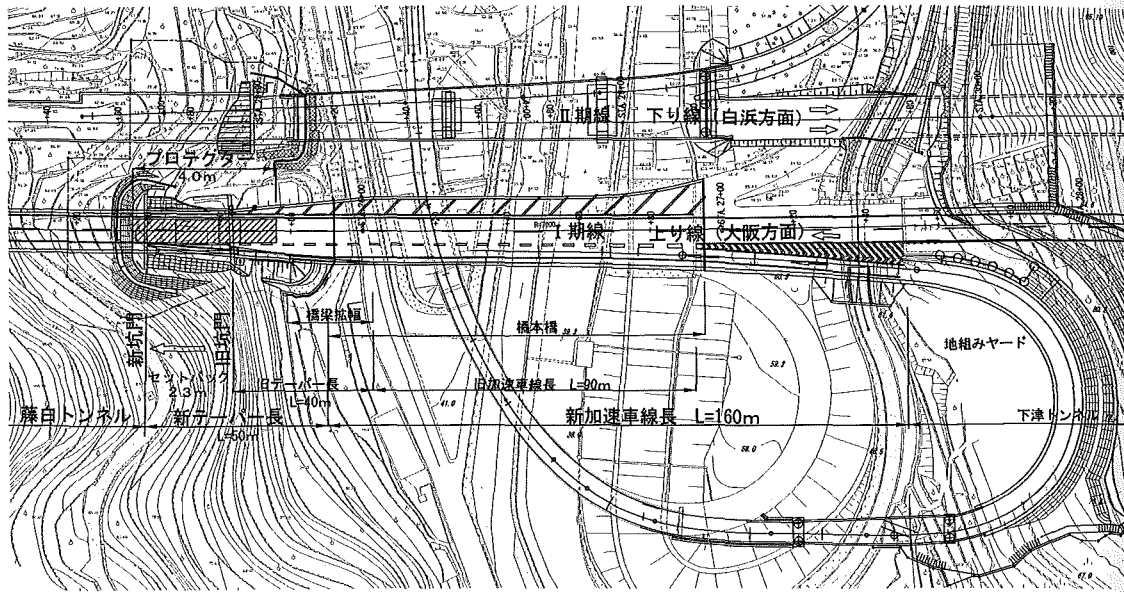


図-2 下津IC平面図

成22年7月に供用を開始した。その後、I期線の2車線化改良工事を行い、平成23年5月21日に4車線化工事が完成した(写真-1,2)。

I期線の2車線化改良工事において、従来、対面通行で利用されていたI期線本線の制限速度を、60km/hから80km/hに引き上げることに伴い、下津ICの合流車線を延長する必要があった。同ICはトンネルとトンネルの間に挟まれた狭隘な箇所であり、I期線の1車線通行を確保するため、車線への防護工を行ったうえで、トンネル覆工を撤去して新たな坑門を構築する工事を行った(図-2)。

本稿は、供用中の道路における防護工の計画・設置、土砂掘削、および覆工コンクリート切断撤去などの施工方法について述べるものである。

2 工事概要

本工事の概要については以下のとおりである。

工事名：阪和自動車道藤白トンネル覆工撤去工事

発注者：西日本高速道路(株)関西支社

施工者：(株)竹中土木

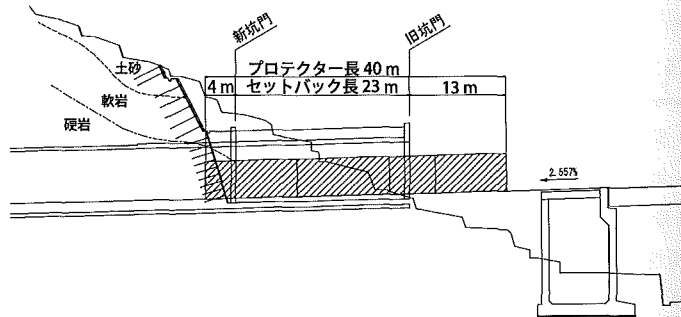


図-3 トンネル坑口部の縦断面図

工事場所：和歌山県海南市下津町橋本

平成22年7月にII期線が供用したことに伴って、従来、対面通行であった海南IC～有田IC間が上下分離構造となったと同時に、本工事がスタートし、トンネル覆工を撤去するための準備工として、仮設構台や橋梁拡幅工などを行った。

同年11月の夜間通行止めにおいて、通行帯を車線中央にシフトし、お客さまが安全に通行しながら工事を行うための鋼製門形プロテクター(以下、「プロテクター」という)を、40mにわたって設置した(図-3)。その後、覆工上部の土砂掘削、ワイヤーソーによる覆工コンクリートの切断撤去、坑門工の新設を行い、平成23年5月の夜間通行止めでプロテクターを撤去して、平成23年5月21日に工事が完了した(図-4)。

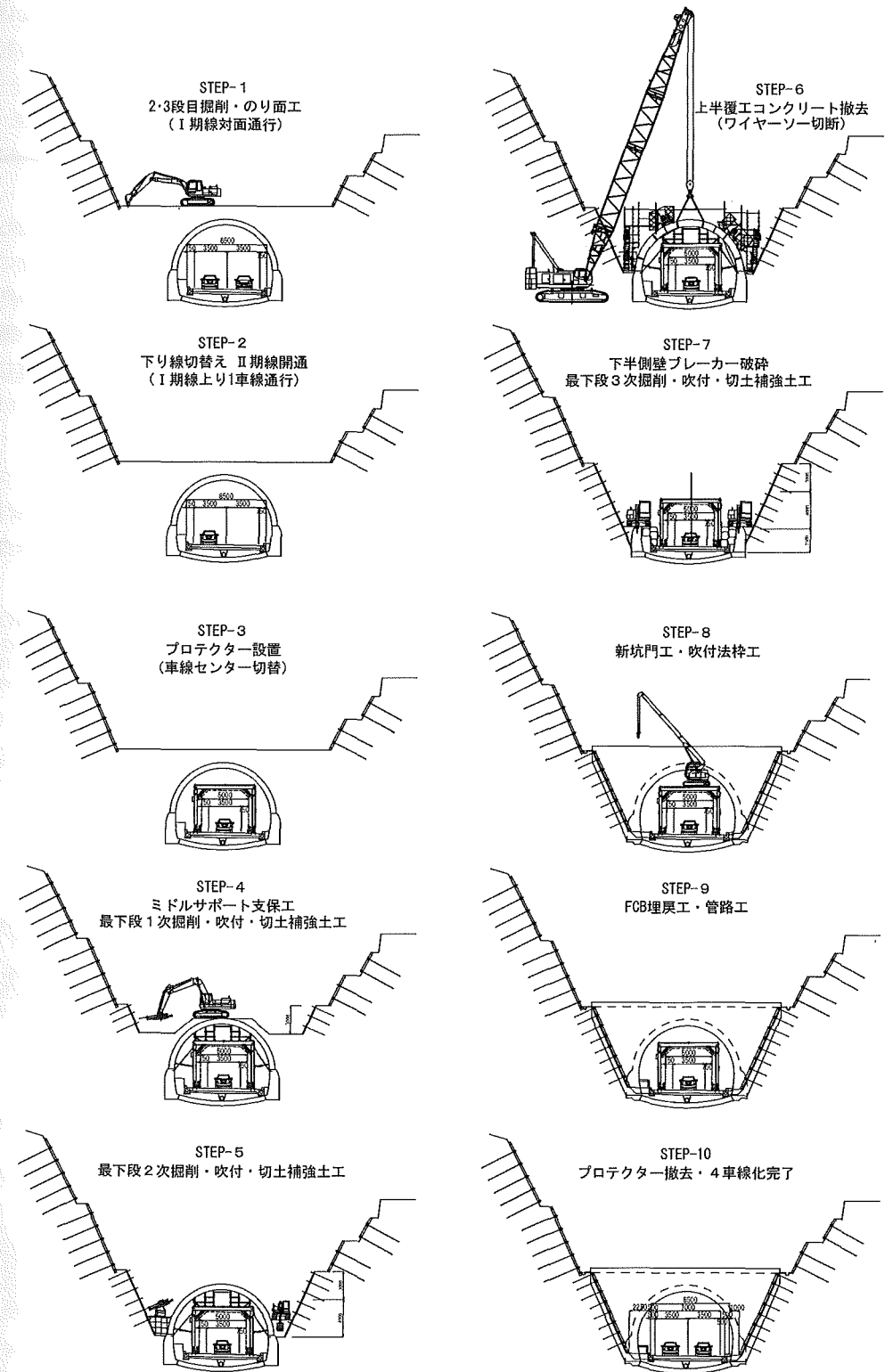


図-4 施工手順図

3 施工上の課題

藤白トンネル南坑口付近は、泥質片岩からなる比較的急峻な斜面の谷地形であり、覆工撤去および新たな坑門構築のための切土は、狭隘な作業スペースでの施工となった。

さらに、

- ① 夜間通行止めの期間および作業時間が限られており、他工事との関係により計4夜間でプロテクターを設置する必要がある。
- ② 1日でも早い時期に4車線化完成が求められているなかで、4車線化工事が完成するためにはプロテクターの撤去が大前提となり、4車線化工事の中でもっともクリティカルな工事として位置付けられることから、プロテクターの設置から撤去まで含めて約6か月間で工事を完了させる必要がある。

という工程的に非常に厳しい制約条件もあり、屋

夜連続での工事施工を行わなければならないとともに、お客さまや作業員の安全確保がもっとも重要な課題となった。

4 プロテクター計画

4-1 地組みヤードと運搬経路

下津ICランプ内側の平地にて地組みしたプロテクターは、夜間通行止めの限られた時間の中でランプ部から運び出し、本線上の照明柱や門形情報板の下などの5cm程度の離隔しかない箇所や橋梁上を通過して、トンネル内に27m設置しなければならなかった。

4-2 プロテクター比較検討

プロテクターの構造・運搬方法・架台について表-1に示すように、運搬途中の障害や、据付け接続の施工性、作業時間、通過橋梁の応力照査などあらゆる面から検討を行った。

プロテクターの構造については、夜間通行止め

表-1 プロテクター比較検討表

	①梁柱鋼構造案	②山留め材門形案	③山留め材門形案(2)
運搬台車	セミトレーラー	多軸式特殊台車	多軸式特殊台車
架台	鋼製架台+ジャーナルジャッキ	山留め材架台+高さ調整材	油圧式昇降ジャッキ
概要図			
主要部材	主桁 H-414×405×18×28 @2.0m 柱 H-400×400×13×21 @2.0m 縦梁 H-294×200×8×12 @0.6m 鉄板 上面25mm 側面6mm	主桁 H-400×400×13×21 @0.5m 柱 H-300×300×10×15 @0.5m 継材 [-250×90×9×13 @3.0m 鉄板 上面25mm 側面6mm	同左
通過橋梁への影響	・もっとも軽く影響は小さい	・多軸により荷重分散可能	・油圧式昇降ジャッキが重く橋梁鋼桁応力オーバーNG
施工性	・据付け微調整困難 ・左右上下動が手動 ・溶接接続作業で施工性悪い ・持上げ代が非常に小さい	・横移動や微移動可能 ・台車自身が水平を保つ ・ボルト接続作業で施工性良い ・持上げ代が小さい	・持上げ代が大きくもっとも施工性良
設置日数	6分割×1.5日/ブロック=9日	4分割×1.0日/ブロック=4日	同左
コスト	・プロテクター工場製作費大 ・夜間通行止めの経済損失大	・プロテクター製作費小 ・多軸式特殊台車損料大	・同左+油圧昇降ジャッキ損料要
総合評価	△	○	×

期間における時間的制約から施工性を重視し、山留め材による門形枠を50cmピッチに密に配列し、鉄板をボルト接続で覆いかぶせた構造とした。また、運搬については、台車の水平保持が容易で、微移動の可能な多軸式特殊台車を使用することとし、1ブロックを最大12mとして、1日1ブロックを運搬し4日間で据付ける計画とした。

4-3 プロテクター設計に考慮する荷重

プロテクターは高速道路を通行する一般車の視線誘導と目隠しの役割を果たすとともに、不測の事態に備えて、以下に述べる荷重に対して安全を満たす設計とした。

- ① 内側からの高速通行車両の衝突荷重
- ② 掘削中の重機・土砂・覆工コンクリートの全鉛直荷重
- ③ 覆工コンクリートブロックの落下衝撃荷重
- ④ 覆工コンクリート撤去途中の切断ブロック

がもたれかかる水平偏荷重

- ⑤ 新坑門構築時の型枠支保工としてのコンクリート打設荷重
- ⑥ 作業構台としての資機材および移動式ミニクレーンの作業荷重

4-4 コンクリート落下衝撃荷重

設計荷重の中でもとくに憂慮すべきである落下衝撃荷重については、切断コンクリート片(幅75cm、高さ80cm、長さ5.0m)が2.0mの高さから落下したとして、下記の式を用いて算定した¹⁾。

$$P_{max} = 2.108 (m g)^{2/3} \lambda^{2/5} H^{3/5} = 2,232 \text{ kN}$$

m : コンクリート塊質量=7.5t

H : 落下高さ=2.0m

λ : ラーメの定数=10,000kN/m²(固いもの)

この荷重が、天端に敷き詰めた鉄板(長さ6.0m×幅1.5m×厚み25mm)を介して門形枠に分散されるとして1枠あたりの荷重を算定した。

4-5 平面骨組解析と部材照査

4-3節に示したすべての荷重ケースにおいて、門形モデルで平面骨組解析を行い、各部材・接合部の断面力を算出し、もっとも大きな断面力を用いて応力照査を行い、使用部材について決定した(図-5,6)。

5 プロテクター運搬据付け施工

5-1 試験施工

運搬据付けに対しては、懸念事項を洗い出し、作業遅延のリスクを排除するために、計画サイクルどおりに施工

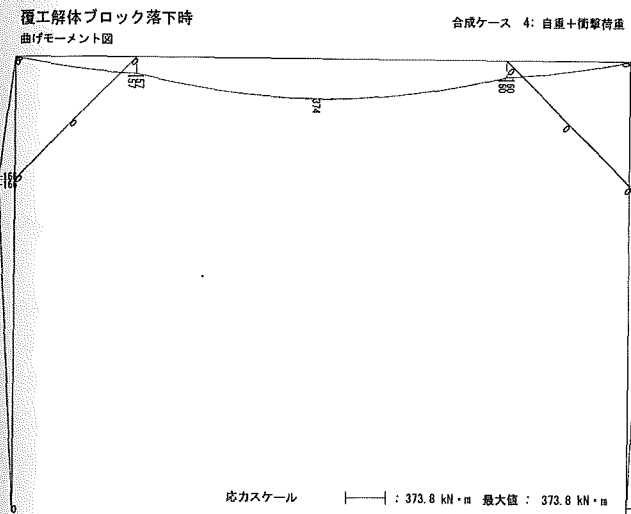


図-5 落下衝撃荷重の曲げモーメント図

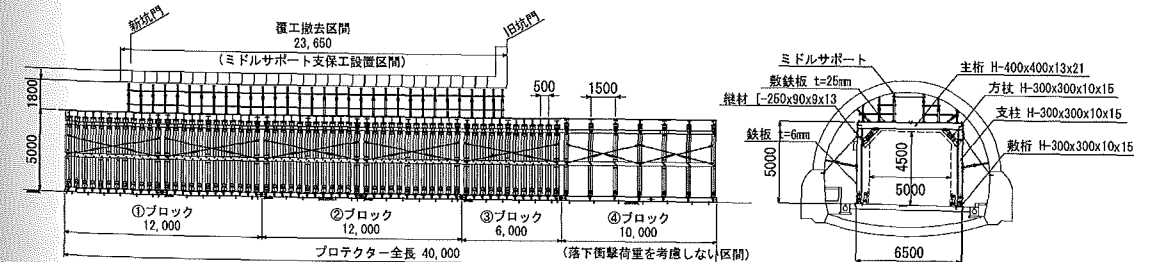


図-6 プロテクター構造図

表-2 解体工法比較検討表

	①大型ブレイカー破砕	②湿式ワイヤーソー切断	③乾式ワイヤーソー切断
安全性	・プロテクターへのダメージ大で危険 ・添架施設物への損傷の危険性があり、夜間通行止めでの作業が必要	・切断ブロックの落下防止が重要	同左
粉塵	・かなりの粉塵が発生し、トンネル内に吸い込まれる	・粉塵の発生は非常に少ない	・粉塵が発生し、トンネル内に吸い込まれる
水処理	・ほぼ必要なし	・水循環処理が必要 ・漏水対策にとくに注意が必要	・ほぼ必要なし
既設覆工への影響	・振動、衝撃による影響大	・影響は少ない	同左
施工性	・破砕後の集積が困難	・足場の盛り替えが必要	同左
工期	・もっとも短い	・昼夜作業で短縮可能	・湿式に比べやや時間がかかる
コスト	・もっとも安価である	・水処理、漏水対策に費用がかかる	・切断費用は湿式に比べて高い
総合評価	×	○	△

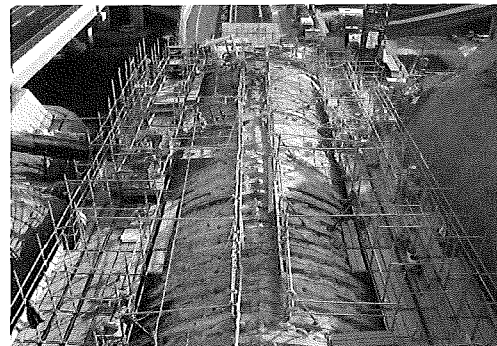


写真-7 覆工切断用足場

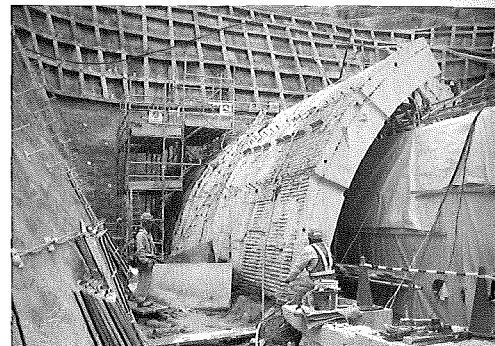


写真-9 縦断方向ワイヤーソー切断



写真-8 覆工輪切りワイヤーソー切断

- ② φ150mm吊り孔コア削孔(6本/断面)
- ③ φ50mm誘導孔コア削孔(4本/断面)
- ④ 鋼製支保工ピッチに合わせて32断面に、ワイヤーソーにて輪切り(写真-8)
- ⑤ 左右60度・両脚部の4ラインを縦断方向に切断(写真-9)
- ⑥ 100tクローラクレーンにて吊出し(写真-10)

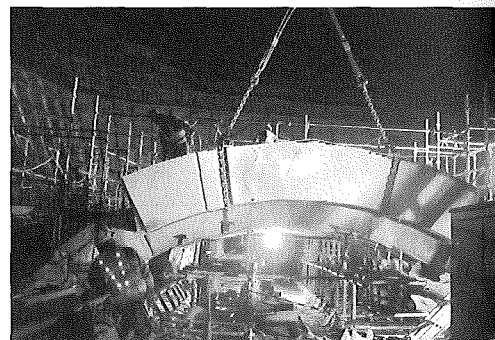


写真-10 切断ブロック吊出し

- ⑦ 10tダンプで現場搬出、産業廃棄物処理場へ運搬(写真-11)
 - ⑧ ⑤~⑦をくり返し
- ワイヤーソーによる輪切り作業の留意点は、アーチ内側のワイヤーが直線的にはらみ出すため、プロテクターに接触しないように、分割数を細かくし、5分割で切断した(図-10)。
- クローラクレーンによる切断ブロックの吊出し

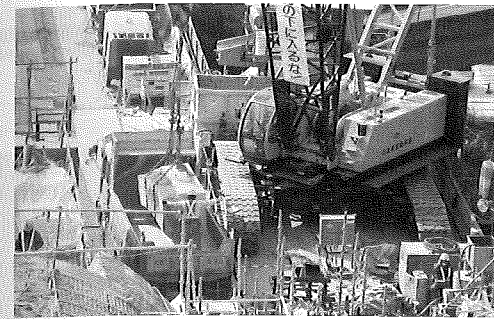


写真-11 切断ブロックダンプ積込み

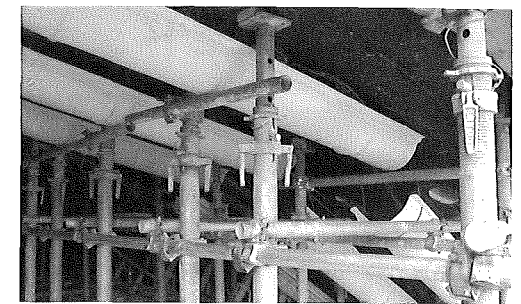


写真-12 樋による切断水落下養生

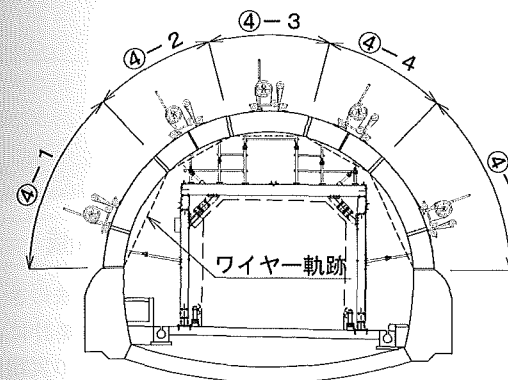


図-10 輪切り切断分割図

は、プロテクターへの落下衝撃荷重で設定したとおり、2m以上吊り上げないよう、水平レーザーと監視員により施工管理を徹底した。また、ダンプトラックへの積込みは、クレーン前方吊りのブーム起伏範囲内までダンプトラックを誘導することにより、クレーンが大きく旋回して、切断ブロックが通行帯上を横切ることのないよう、安全に配慮した。

7-4 泥水処理

工程的な制約から、ワイヤーソー4~5台で昼夜連続作業となったため、1日約40t以上の切断水を使用するために大量の泥水が発生した。この泥水が漏水し、供用路線内に落下しないように、プロテクターの目地にはすべてシール処理し、シート、水槽、樋で何重にも養生を施し、側部に設けたピットに集水して回収するように努めた(写真-12)。

また、回収した泥水はポンプ圧送し、フィルタープレスを通して脱水ケーキと分離し、清浄化された水をまた切断水として循環利用した(写真-13)。

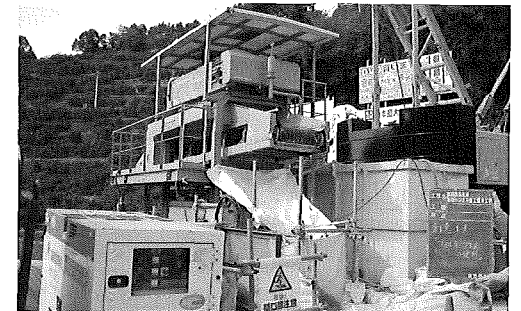


写真-13 フィルタープレス

8 おわりに

本工事は、供用中の高速道路上において、1車線通行を確保しながら、既設トンネルの覆工を撤去し、新たに坑門を構築するという全国でも例を見ない活線施工の工事である。既設トンネルは約30年前に竣工していることから、実際に掘り出してみないとわからない部分も多々あり、不測の事態に柔軟に対応できる計画としておくとともに、事前の試験施工により工程遅延のリスク低減を図ることができるかが重要なポイントであった。

また、常にお客さまの視線にさらされている現場であることから、視線誘導や目隠しなど、通行されるお客さまへの配慮と徹底した安全管理の結果、全期間にわたって無事故・無災害で完工し、平成28年5月21日の4車線化完成を迎えることができた。

最後に、ご指導いただいた関係機関の皆様には厚くお礼申し上げますとともに、本稿が、供用中路線における活線施工の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧，2000.6.

トンネルジャーナル

北海道新幹線 万太郎トンネルが貫通

鉄道・運輸機構が整備する、北海道新幹線万太郎トンネルが貫通し、9月1日貫通式典が催された。

同トンネルは、北海道北斗市に位置する延長530mの新幹線複線断面トンネルで、主に第四紀更新世富川層のシルト岩からなる地山を機械掘削方式のNATMで施工した。平均月進は63m、最大月進は80mだった。

地山は固結度が低く土砂状を呈しており、区間によっては切羽の崩落や天端の抜け落ちが発生したが、鏡吹付けや先受けボルトなどの補助工法で切羽を安定させ、無事貫通を迎えた。

工事の完成は2013年2月を予定している。



写真提供：鉄道・運輸機構

札幌駅前地下通路が開通半年 歩行者は倍増・地下鉄利用者は3割減

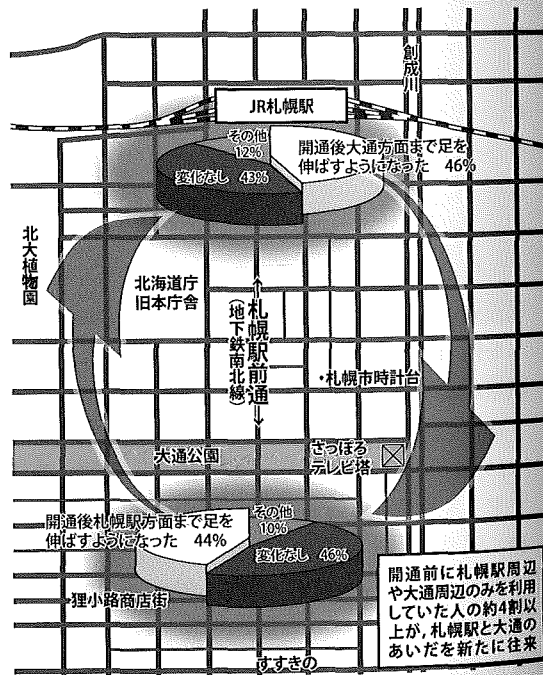
国土交通省北海道開発局札幌開発建設部と札幌市は、今年3月12日に開通した、札幌駅と大通の約700mを地下通路で結ぶ「札幌駅前地下歩行空間」の開通半年後の利用状況を公表した。

これによると、開通前の3月上旬の駅前通の歩行者数に比べ、開通後の4、7月に調査した地下・地上を含めた同通を通行する歩行者は、平日で、2万9千人から7万2千人へ、休日で、2万8千人から5万5千人へ、それぞれ1.9倍、2.5倍と増加した。また、平・休日とも歩行者の約8割は地下通路を利用していた。

7月下旬に札幌市が、地下利用者586人にたいし行ったアンケートでは、地下通路の選択理由として8割近くが、「天気を気にしないで」、「信号や交差点がなくスムーズに通行できる」ことから「快適に歩行」できると評価している。札幌開建が8月に行った札幌駅-大通間の移動時間を計測した結果では、地上が11分にたいし、地下が8分と、地下利用による時間短縮の効果が確認されている。

また、開通以前は札幌駅周辺しか利用していなかった人の約5割が、地下通路開通により大通周辺まで足を伸ばすようになり、逆に、大通周辺のみを利用していた人の約4割が札幌駅周辺も利用するようになったと回答しており、札幌駅周辺と大通周辺の回遊性の向上は、都市部の魅力と活力の向上が期待されていた同施設の整備効果の発現といえる。

いっぽう、地下通路と平行する札幌地下鉄のさっぽろ-大通間の利用客は、札幌市交通局の集計によると、開通日の3月12~31日までの前年比の実績が52%減(約1万人)と大きく減少した。4月が同42%、5月が同34%、6~8月は約30%減(約4,300~約4,700人)と減少割合は収束傾向にあるものの、回復には至っていない。



一足のわらじを履いて

福島 啓一 (元) 飛鳥建設(株)

トンネル屋の卵

大学を卒業してすぐ行ったのは、奥只見ダム工事用の道路トンネルの現場である。

南国育ちの若者が、鳥も通わぬといわれた雪深い山奥の、しかもその年の冬、2回の雪崩で9名の死者が出た現場である。赴任してからも底雪崩によるボッカの死亡、火薬事故などがあり、工事は工程より大幅に遅れていてたいへんな現場であった。

トンネルは新奥式で掘削中で、木製支保、木製セントルに幕板・上木、スタンドにとりつけたドリフターを手回しスクリーでフィードからの転換期であった。コンクリート打設はまだスコップの時代だった。

その後も水力発電所の工事が続いた。トンネル工事は経験工学であまり進歩もなく、明かり工事のほうは新しい工法や機械の進歩が著しく、なにかとوراやましく思えた。

明かり屋へ転向

そのころ会社での土木屋は、「トンネル屋」と「明かり屋」に分けられ、初めの数年間の経験でそのどちらかに分けられるようであった。岩屋戸発電所の工事がほぼすんだころ、東海道新幹線の路盤工事に転動になった。「明かり屋」になった。

青函トンネル調査工事へ

これが終わって本社に上がり、他社に比べて遅れている本社の技術部門を作る担当になった。そのころ青函トンネルのためにゼネコン各社から30歳前後の職員を集めて、鉄道公団の世代ギャップを埋めようという話が持ち上がったようである。本社で決まった仕事もなく、うろうろしていたのが目に付いたのか、今度はそちらに回された。

函館の青函トンネル調査事務所に十数名の同年代の若者が集まった。掘削中の吉岡斜坑に行く者と

第二十三回
語り継ぎ
言ひ継ぎ行かむ



著者近影



新幹線工事の監督は自転車に乗って

(竜飛斜坑が着工してからは竜飛と)函館の事務所勤務に分けられた。私は函館勤務になった。

そこで何をしていたのか、もう忘れかけているが、よく覚えている一つには、英文の本を渡されて、それを数人で手分けして読んだことである。その本は、David K. Todd 著『Ground Water Hydrology』という地下水学の本である。現場暮らしで英語などすっかり忘れてしまっていたので、たいへんであった。そのほかNATMの文献もあった。ドイツ語の文献も読んだ。

著者略歴

昭和32年4月	飛島土木(現)飛島建設)入社 奥只見出張所ほか水力発電所工事4か所
昭和35年11月～	東海道新幹線路盤工事ほか3か所
昭和41年3月～	青函トンネル調査事務所出向
昭和43年3月～	緑川ダム建設工事
昭和46年3月～	大阪支店設計課、本社技術部ほか
平成6年10月	飛島建設退職 設計コンサルタント会社勤務

その本を読み終わったころ、団の星加さん(係長)から、これを検討してみてくださいと鉄道技術研究所の報告書を渡された。それはトンネルの湧水量の計算式を導いた論文であるが、それにはとんでもない間違いがあった。この件については別に書いたので今は述べないが、それに関連してトンネルの深さや縦断線形をどう考えるかの検討を始めた。地質学についてあまり知識もないのに、伊崎晃氏(鉄道技研)の詳しい地質調査報告書を読み、平面的にもっとトンネルをこちらに振ったほうがよいとか議論していた。

吉岡、竜飛の調査斜坑現場のほうでは吹付けコンクリートも採用されていたが、急結材はどれがよいとかの議論ばかりで、NATMについてはまだほとんど注目されていなかった。私も文献を読んで注目したが、それだけでは、まだよくわからなかった。

ダム工事の経験

2年間で約束の期限だったので、次はダム工事に行った。ダム屋さんにはトンネル屋とは違う独特の世界をかたちづけていた。まず言葉からわからず、少し神経衰弱気味で胃腸の具合が悪くなって医者

に行ったが良くなる。やけ酒を飲んだら良くなった。それ以来、酒は百薬の長と決めつけ、健康管理の素と考えている。

ここの現場の所長は新しい物好きで、新型の型枠を採用したり、現場事務所まで英語会話の勉強会をしたりした。その一環としてダムのリフトスケジュールを電算機を使ってやることになり、その担当になった。ここでFortranというものを使ってプログラムを作る手伝いをした。

十数年で、全国の、おもに山奥の現場をめぐる。水力発電の現場は白山の麓のかんこ踊りの里、次の現場では「南国土佐を後にして」の歌声が響き、新婚生活はひえつき節で有名な鶴富屋敷の近く、津軽海峡の船上から函館山を仰ぎ見たころは「はるばる来たぜ函館」の歌に迎えられた。ダム現場は日本一の石橋の里であった。

スリップフォーム工事導入

ダム工事が終わるころ、コンクリート製の煙突を施工するスリップフォーム工法の技術をドイツから輸入する話が進んでいた。その担当にされ、そのうちに技術部門を作り、いろいろ手を広げるといったことだった。まず、ケーソン式

の煙突基礎の設計を担当した。そんなものは見たことも聞いたこともない。いろいろ手配してもらい仕事を進めた。道路協会の設計基準や設計例を手に入れた。計算するには電算機がいる。そのころ、電算機を保有している会社もあったようだが、その点、弊社はかなり遅れをとっていた。IBM社で電算機を時間貸してくれるというので、それを使うことにした。

さて契約をして使う段になると、自分でカードパンチングマシンを使ってプログラムとデータのカードを作り、計算機の動いた時間で金を払うという話である。カードを渡され、機械のずらりと並んだ部屋に案内され、さあどうぞと彼女はさっさとどこかに消えてしまった。緑川ダムで少し電算機に関係したとはいえ、これにはまったく参ってしまう。パンチ間違いでもあり、電算機が空転したら、1分いくらの契約だから、どれだけ請求されるか知れたものではない。まったく冷や汗ものであった。とにかくやるしかない。

構造力学なんてもうとっくに忘れており(もともとあまり得意でない)、頭のさび落としはたいへんであった。通勤電車のつり革にぶら下がり、私にとっては難しい数式の入った構造力学や設計法の本に取り組んだ。

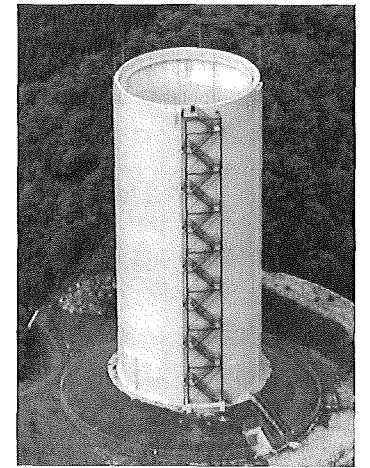
スリップフォーム工法の進展

スリップフォームの工事はどちらかという建築工事に分類される。社内でも建築部でやりたい、やるべきだという議論が聞こえて

くる。それはとにかく、せっかくなら土木部門でも使いたいのはもちろんである。

うまい具合に手取第1発電所の工事が取れた(S49)。これに導水路トンネルのほかに高さ81mの取水塔もついている。所長は昔一緒に働いた人だし、積極的に工法変更にも協力してくれた。自前でスリップフォーム工法を施工する第1弾にしては超大型工事である。しかしここで躊躇しては行かない、度胸を決めて取り組んだ。今度は型枠の設計だけでなく、コンクリートの運搬設備や鉄筋工事用のクレーン設備、その他何から何まで計画しなければならない。しかし、いろいろな人に協力してもらい、この工事はうまくいった。アメリカの『Construction Method and Equipment』という雑誌の記者と知合いになり、この工事の記事を売り込んだ。世界にPRしたとして社内で土木のスリップフォームの成果が評価されるようになった。

次に中部電力奥矢作発電所の工事が取れた(S51)。これに導水路トンネルのほかに地下22m、地上50m、内径17.8mと大きく、しかも地上部は私が経験したことのないPC構造の導水路調圧水槽がついていた。発注者の計画では地下と地上は別々の構造物で、地上部は地下部に乗っているのに、わざわざ別に基礎がついている。施工もPC部分は専門業者にしてもらった。私の方では、これはスリップフォームを使って一体に施工すべきであり、設計も、地上地下一体にして構造解析



奥矢作第1発電所調圧水槽

すべきである。そうすれば基礎など要らず、経済的になる。とにかく、支店長と土木部長に連れられて発注者の建設事務所に挨拶に行った。そこでどういう考えなのかと、いきなり建設所長に聞かれた。支店長とはそこまで打合せをしていなくて、まずはご挨拶という考えだった。しかし、ここでもたまたましては行かない。「別々に施工すると、継ぎ目の水密性がまずい。基礎部に有害な拘束力が出る。施工がしにくい。基礎の分は無駄。内径一定では外見が良くない。」など、まだ検討中のことまで口走った。支店長にはおまえは厚かましいと怒られた。考えようによっては発注者の計画を否定するような話である。しかしこの無茶な申し出は受け入れられた。

当社の現場所長は、いわゆるトンネル屋であるが、PC構造やスリップフォーム工法にもよく協力してもらった。PC水槽としては当時日本一の大きさだった。

奥矢作発電所の水路トンネルのほうでは湿式の吹付けコンクリー

を使い施工していた。しかしこのころトンネル現場に行くが、見るだけで、だれも私をトンネル屋として意見を聞くことはなかった。

再びトンネル屋へ

そのころトンネル界では上越新幹線の中山トンネルでNATMを採用し、大成功であるという情勢であった。私は知らなかったが各社でNATM導入の機運が高まっていたわが社は遅れていたようである。土木部長に、福島君ナトム知ってるかと聞かれた。それなんですかと聞くと、NATMと書き、オーストリアで開発された新工法だという。そんなもん昔から知ってますよ、と返事して、すぐ担当者になった。

早速、熊谷組で施工中の中山トンネルの現場見学について行った(S52)。希望者が多くてなかなか見せてもらえないという。なにこれならRabcewiczの論文で読んだとおりだ。論文だけではわからなかったところが、現場を見るとよくわかる。

このころの各社の動きを私はよくは知らないが、技術研究所の英語が読める人や有限要素法の計算ができる人などが、トンネル技術協会などでNATMの勉強をしていたようである。私はといえばトンネル技術協会に行ったこともないし、有限要素法も知らなかった。しかし昔トンネル工事をしたので、トンネル施工の基本はすぐ理解できる。計算はそのうちにすればよい。

他社に遅れないためにはどうすればよいか？ 土木部長はNATM

の基本材料となるロックボルトを販売しており、ヨーロッパのトンネル事情に詳しい建設ファスナー社の技術部長、永島鉄郎氏に相談したようである。今から勉強して、他社に追いつくのはたいへんである、それよりオーストリアの優秀なコンサルタントに協力を頼むほうが良いというのが答えであった。だれがよいか、どのくらい金がかかるかなど相談した。予算も取れ、すぐ彼が推薦したGeoconsult社のGolser氏にテレックスを打った。小さい会社は動き出せば早い。私もTelexで打合せをしたりと忙しくなった。再び「トンネル屋」に逆戻りである。まもなく、Johan Golser氏がアジアのどこからか飛んできた。

当時工事中と営業中の現場いくつかを、彼と一緒に回った。まずは旅行エージェントの仕事である。詳細は忘れたが、その中で一番可能性はないが一応見ようといった東北新幹線の平石第一トンネルでNATMを採用することとなった。社内のトンネル屋さんには反対が多かった。一番初めにやるには、あまりにも地質が悪すぎるということである。岩石トンネルで、矢板をバラバラ入れるくらいの所でまず慣れてからなら良いが、

専門家が良いというのだからできるだろう、と私は考えた。計算屋でなく、実際の施工もよく知っているようであるから、信用できそうである。もう一つは新幹線の盛土工事でマサ土を扱っていたので、ある程度の強度はあることを知っていたから。

二足のわらじ

現場の所長はかなり反対であった。山岳トンネル工事のヴェテランほど反対が多い。そこは明かり屋の出番である。私はトンネル屋と明かり屋の二足のわらじを履くことになった。煙突屋のつもりの若い職員も急遽トンネル屋に転向させた。

平石トンネルの坑口部は側壁導坑を在来工法で施工した。ただし吹付けコンクリートが矢板代わりである。コンクリート研究室のK君が自らノズルを持って活躍した。道路をくぐったところから上半先進に変えた。Geoconsult社のMussger君が現場指導に当たる。社内にはNATMにあまり乗り気でない人もいて、油断しているとNATMにない在来工法の考えになるかも知れない。そこを心配して、かなり強引にやり、支店の土木部長からあきらめられた。

吹付けコンクリートは乾式の吹付け機、手持ちのノズル、ボルトは先端に急結剤入りのカプセルを入れてからモルタルを入れ、時間をはかってプレストレスを入れる。こまめにインポート閉合するなど、今と比べるとずいぶん古めかしい工法である。地山はかなり悪いので、崩れそうになったら急遽吹付けする。地山の挙動を見ながら丁寧に施工した。手作りの良さがあると思うが、時代遅れとみられるだろうか。すべてのトンネルでこんな念の入った施工をする必要はないが、今でもこのくらい念を入れて、丁寧に施工しなければなら

ぬ場合もあると思う。

計画のときGolserと一番意見が違ったのは、下半を左右に分けて掘るか、中央に斜路を付けるかであった。現場の意見どおりに斜路を付けたが、Tauernなどと同じく左右に分けるほうが、NATMとしては正解ではないかと今も考えている。

幸い平石トンネル(S53)は成功であった。私も本で読んだだけではわからなかったことを勉強する良い機会になった。目を皿にして現場のなにもかもを見た。

次に成田新幹線の空港トンネル第8工区を施工した(S54~55)。現在の第2ビル駅の近くで、走行部よりも断面が大きい。側壁導坑式(サイロットNATM)で施工した。側壁導坑の形は少し神経質に決めすぎて、施工性が悪かったと反省している。

理屈ではわかっている、足元が沈下しないようにという考えが抜けず、背の高い側壁導坑になってしまい、施工に難儀した。湧水とともに切羽が崩れてくる。現場では吊り足場を作り施工してくれたが、レール盤より下の掘削がたいへんであった。図面を描いて考えていると、立体的な効果とか、時間の効果がよくわからない。現場をよく見て、よく考えていくと、何がよく効いて、力がどこに流れ、

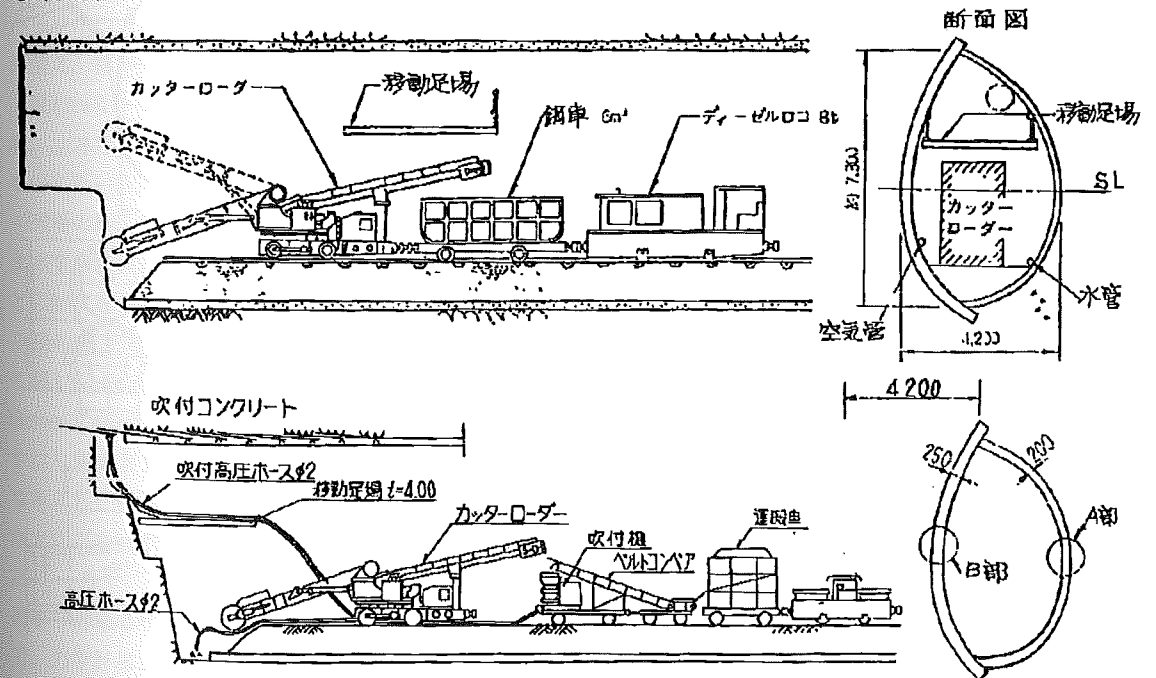
したがって、いつ、どこに、どんな対策をとるべきかが頭の中に浮かんでくる。だいがあと知恵であるが、

切り上げのときは水が抜けて、地山がだいぶ改良されていた。こんなのは計算には乗らないが、

こうしてNATMでは業界でも先頭近くを走る位置についていた。社内でも急激にNATMの評価が上がり、いつも他社の後塵を拝して悔しがっていた元気な所長さんた



成田空港トンネル打合せ(右上が著者)



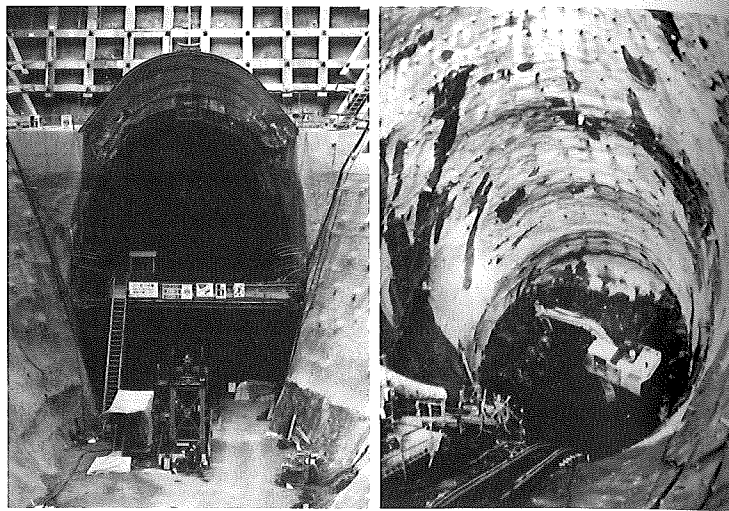
成田空港トンネル施工図

ち、営業担当者が活躍を始めた。在来工法で受注していたトンネル、営業中のトンネルをNATMに変更する動きが高まった。稲里トンネル、釜川放水路、横浜地下鉄岸根トンネル、都・下水道環八幹線トンネルの一部、霧ヶ岳トンネルなどをNATMで施工した。霧ヶ岳トンネルは鍋立山トンネルの隣であり、同じようなことになったらどうすべきか悩んでいたが、わりと楽に施工できた。

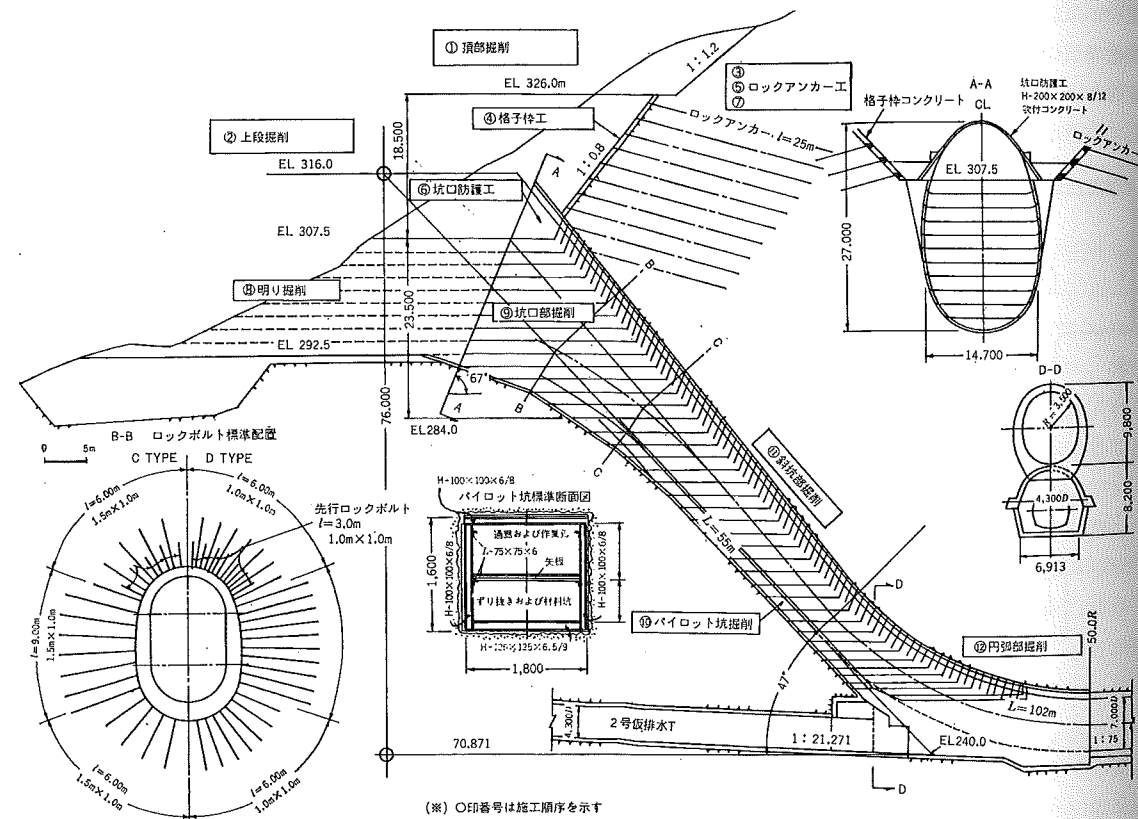
その中でも特大トンネルが有間ダムの洪水吐トンネルである(S55~56)。最大高さ30m、最大幅15m、勾配約45°、下に行くほど小さくなる変断面斜坑で、地質もかなり破碎された粘板岩である。

社内のトンネルヴェテランが集まって鳩首検討を始めたが、なかなかうまく進まない。断面が大きいので側壁導坑を掘る、あるいは

ドイツ式のように小さなトンネルを積み重ねるといふ案が出るが、45°の斜坑でどうしてずり出しをするか、名案がない。断面が変わ



有間ダム洪水吐トンネル



有間ダム洪水吐施工図

るのも扱いにくい。坑口付けも難しい。

こんなときはダム工事などの明かり工事をやっていた経験が役に立った。坑口部はトンネルと明かりを同時にやる。こう方針を決めたら、わりあい容易に施工計画ができた。支保の設計はTauernトンネルなどを参考に決めた。今回は施工法を決めるのが先決であり、設計はもう何とかなるので Geoconsult 社に依頼せず、社内技術陣で実施した。変形がかなり大きく、いろいろ言う人もいたが、ボルトがたくさん入っているので、応力も小さく、あまり心配しなかった。

一番良かったのは、斜坑であるから切羽が小さく、地山をゆるめないことだと思う。作業足場になる所が水平なので、斜坑トンネルとは思えぬ大型機械、D9 リッパ付きブルドーザー、油圧ブレイカー、バックホウ、油圧ジャンパーなどが使え、能率的な施工ができた。

変わったトンネルとして注目され、土木学会の技術賞(S57年度)もいただいた。

現場の施工を担当すると同時に、土木学会岩盤力学シンポジウムなどに論文を発表した。英語、ドイツ語の論文のコピーを Golser 氏に貰い、皆で分担して読んだ。Golser の指導だけでは駄目で、やはり創始者 Rabcewicz の基本的な考え方をしっかり理解することが大切だというのが私の考えだった。一方で、Golser 氏は数学はあまり得意でないのがわかったので、力学計算は自分でやるしかないと少しずつやった。

下手なドイツ語で Rabcewicz に取り組んだ。図を見れば大体の内容がわかる文章と違い、考え方を説いた文章はなかなか難しく、時間ばかりかかった。若い人たちは有限要素法計算とか、英語の論文読みは手伝ってくれたが、解析的計算とドイツ語はあまり手伝ってくれなかった。皆で勉強した結果は論文の翻訳集(3冊)、NATMマニュアルなどにまとめ印刷し、各所にPR用に配布した。

創意工夫アイデアの時代から、示方書に従いNATMを施工する時代が変わった。現場ではだんだん本社に頼まず現場だけで施工しようとするようになり、現場に出るのが少なくなった。

現場の経験よりも示方書や学者の理論のほうが重んじられるようになってゆく。経験を語ってもだれも聞いてくれない。しかし高級そうに見える理論も、華麗な計算も、権威ありそうな示方書も、あのトンネル内で、見た、感じた、地山の動きとは違う。これではせっかく苦労した現場経験が活かされない。理論計算をせせとやり、まとめて『トンネルと地下』誌に連載で載せてもらった。これをまとめて単行本(『わかりやすいトンネルの力学』、土木工学社、1994)もできた。

従来のトンネル力学は弾性計算が主で現場の実情に合わない。塑性だ、地山の緩みだ、時間の効果、大きさの影響など、現場で実際に起きていることに合う理論を心掛けた。おかげで従来の理論とだいぶ違ってしまい、なかなか理解し

てもらえない。それでも応援してくれる人も多少はいた。

飛鳥建設退職後、コンサルタントで働いたが、橋梁の設計などが多く、トンネルはそれほどなかった。

大学の先生に会い、社会人入学を薦められ、理論計算をやって博士論文を書いた(H10)。FEMプログラムを改造して時間や緩みの影響を取り入れたが、学者の受けは良くないようである。そのほか本質的な問題をあまり知らずに、忙しく仕事をしているだけではつまらないので、トンネルの歴史について調べ、電子出版で出版した(『トンネルの歴史』(上・下)、e-Bookland、2011)。

三十数年たって、昔古くさいと思ったトンネルは技術革新の花形になっていた。

おわりに

トンネル屋さんやダム屋さんには30年、50年この道一筋という人が多い。それは非常に尊いことである。何でも屋ではとてもできない仕事をされている。しかし、何でも屋にも良いところもあると思う。明かり工事の経験がなければ有間ダムの工事計画はできなかったのではないかと。構造計算の専門家は、塑性だ、緩みだが入ってくる計算はあまりできない、思いつかないようである。埋設管の計算をやった身には地山が緩んだり、締まったりは日常である。ヒューム管のひび割れ対策をやらされた経験から、トンネル巻立てのひび割れ問題に取り組むと、コンクリー

トビ割れの専門家とは違う視点から考えることになる。いろいろなトンネル現場を、よく見て、よく考えていると、時間の影響や大きさの影響の重要性を実感するが、新幹線や道路のトンネルだけを長年やっても、大きさの影響はあまり感じないのかも知れない。計算の専門家には計算としてはごく初歩的な Rabcewicz の考え方の

斬新さはわからないのかも知れない。トンネル屋の中でも実際の工事をする人と、理論家は別れているが、ここでも二足のわらじを履くことになった。

専門家と何でも屋はそれぞれの特色を生かして仕事を進めることが大切ではなからうか。二足のわらじには岡目八目という利点もある。とくに語り継ぐほどの話もな

いが、火薬の免許も取れなかった落第トンネル屋が再びトンネルに取り組み、多くの人に助けられ、なんとか幸せに、半分トンネル屋の生涯を終えることができた感謝・満足しています。

今後もいろいろの問題が出てくるであろうが、気後れせず、積極的に取り組みれば道は必ず開けると思います。

施工

高有機質土を改良・置換し地中連続壁の立坑を設置

—東京都下水道 北区赤羽台三丁目付近再構築—

東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第二課長 永田 有利雄
 東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第二課工事担当係長 小林 守
 東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第二課工事係 梅田 光昭
 戸田建設(株)赤羽台作業所所長 野澤 良晴

1 はじめに

当該工事箇所である北区赤羽台三丁目付近は、埋没谷に位置するため、降雨時に高台からの雨水が集中し、浸水被害が多発している。

本工事は、この浸水被害を軽減するため、貯留量3,000m³の管渠貯留施設を内径3,250mmの泥土圧式シールド工法で、370mの長さで築造するものである(図-1)。

発進立坑箇所の土質は、埋没谷特有の腐植土と腐植土混じりシルトからなる高有機質土で形成されており、発進立坑施工に伴う地下埋設物や家屋の沈下が懸念された。

今回、高有機質土において安全かつ迅速に発進

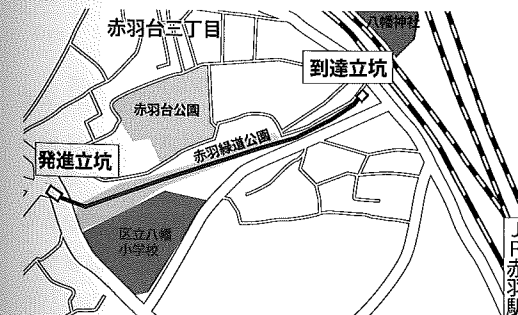


図-1 シールド路線平面位置図

立坑の構築を行うために、山留め工法の選定、試験施工、予測影響解析および計測管理を行ったので、その事例について報告する。

2 工事概要および地質概要

2-1 工事概要

- ・円形管φ3,250mm, L=370.10m
一次覆工(二次覆工一体型)
施工は、泥土圧式シールド工法
- ・強化プラスチック複合管φ700mm, L=23.60m(特殊小口径管推進工法)
- ・ダクタイル鋳鉄管φ150mm, L=35.50m(排水用圧力管一開削工法)
- ・人孔築造工2か所(発進, 到達)

2-2 地質概要

当該箇所は、武蔵野台地と、川によって浸食された小規模な谷部に沖積土が堆積した沖積低平地に位置する。当該路線の地質想定縦断図を図-2に示す。

写真-1に示す発進部では表層部に高有機質土が分布し、湿潤重量は10.0kN/m³で、含水比は450%に達する。有楽町層上部とほぼ同時代の堆積物と推定され、未分解の有機物が多い。シールドの

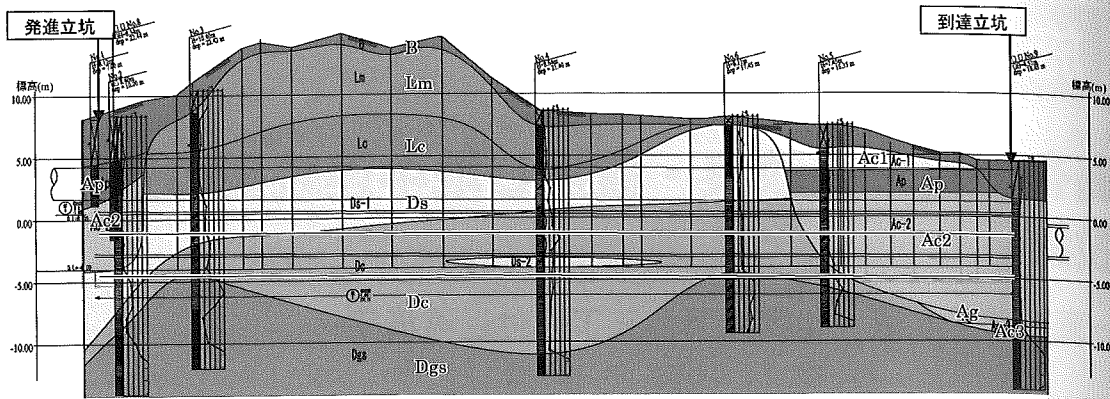


図-2 路線部地質想定縦断面図

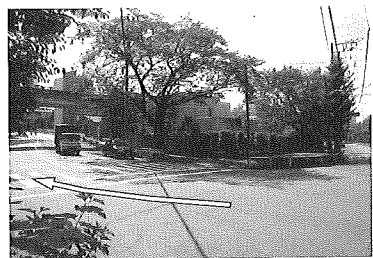


写真-1 発進立坑付近

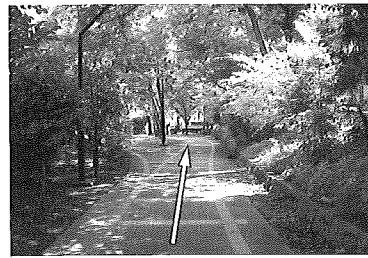


写真-2 シールド路線中間部緑道部

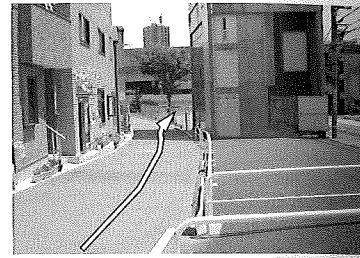


写真-3 到達立坑付近

掘削対象土である下部Ac層はほとんどN値が0で非常に軟弱であり、所々に有機物や木根を含んでいる。

発進部から約30m進み、 $R=30m$ の急曲線部に入るところから、シールド路線は赤羽緑道公園緑道部を掘進する線形になる(写真-2)。この箇所は高台に位置し、掘削対象土は、N値15程度の洪積砂層およびN値15程度の粘性土層になる。

到達手前80m付近(写真-3)から再度低地になり、掘削対象土は非常に軟弱な下部Ac層で、その上部には厚さ1.8mで高有機質土が堆積する。

3 発進立坑構築に際しての課題

10.1m×6.65mの大きさのシールド発進立坑は道路部に位置するため、セグメントなど投入用の7.8m×6.4mの大きさの副立坑を、本立坑に隣接して構築する計画であった(図-3)。立坑の深さは、発進立坑が12.5m、副立坑が6.4mであり、発進立坑の山留め壁はSMW、副立坑が鋼矢板であった。変位量を適正に推定するためには、同一の切梁を介して相対する山留め壁の剛性および根入れの違

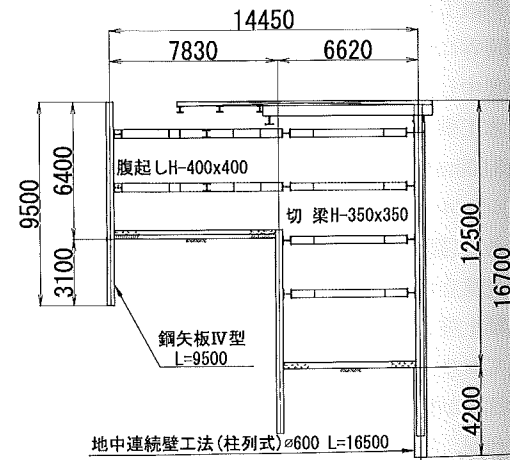


図-3 発進立坑仮設断面図

いを考慮した計算が必要であった。

発進立坑付近は図-4のボーリング柱状図に示すように、高有機質土が約3mの厚さで広域に分布するため、既往の工事でも家屋被害が多く発生したとの報告もあり、地下埋設物も近接していることから、極力地山を乱さず、地下水も変動させない慎重な施工が求められた。

また、一般に高有機質土の改良にセメント系固

化材は適さないと言われており、SMWのソイルセメントに所定の強度が確保できるかどうか懸念された。

表-1に発進立坑部の土質定数を示す。また、発進立坑構築に際しての解決すべき5つの課題を表-2に示す。

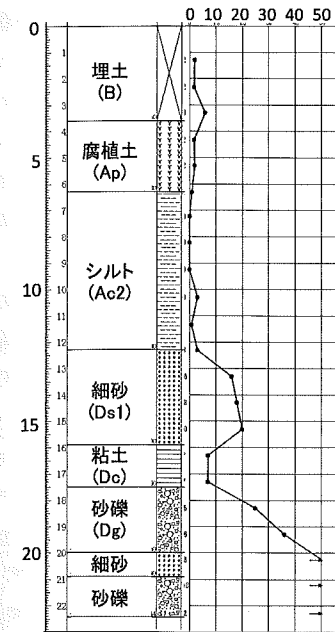


図-4 発進立坑部土質柱状図

表-1 土質定数

	平均N値	単位体積重量 (kN/m³)	内部摩擦角 (度)	粘着力 (kN/m²)	変形係数 (kN/m²)	ポアソン比
B	3	18.0	25	0	2,100	0.40
Ap	1	10.0	0	35	1,400	0.45
Ac2	0	15.5	0	35	940	0.45
Ds1	14	18.0	29	0	9,660	0.35
Dc	15	18.0	0	94	10,500	0.40
Dgs	50	20.0	30	0	21,000	0.30

表-2 発進立坑構築に際して解決すべき課題

解決すべき課題
① 山留め壁の変位を抑制する対策
② 剛性・根入れの異なる山留め壁が相対する場合の適正な変位量の算出
③ 地下埋設物に対する影響度の把握
④ SMWソイルセメントの強度の確保
⑤ 山留め壁変位、切梁軸力、地下水位などの計測

4 課題解決のための対策

4-1 山留め壁の変位を抑制する対策

弾塑性解析にて山留め壁の計算を行ったところ、本立坑部のSMWは、約90mm掘削側に変位する結果となった(図-5)。簡易的に山留め壁の変形に伴う変形土量≒地表面沈下土量と考えた場合でも、地下埋設物の許容値(20mm)や道路の沈下量許容値

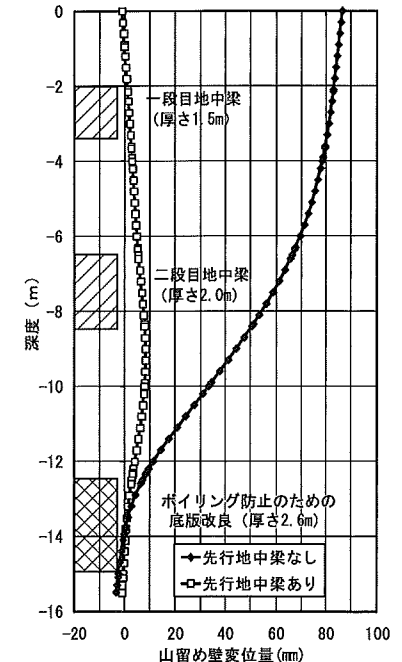


図-5 先行地中梁の有無による山留め壁の変位量

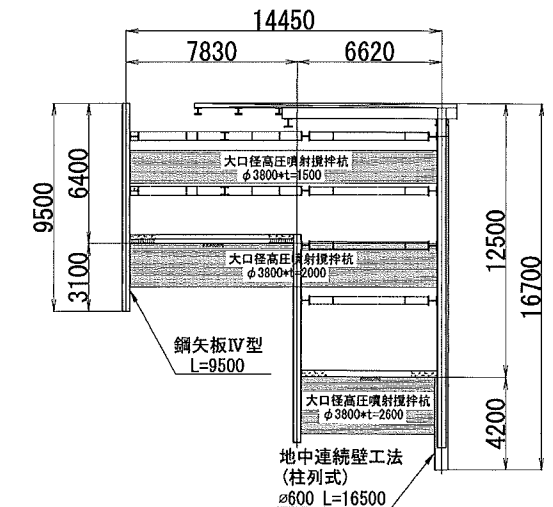


図-6 先行地中梁施工断面図

(40mm)を超える結果となったため、本工事では、切梁架設前の山留め壁の変位を抑制する目的で、杭径3,800mmの大口径高圧噴射攪拌工法により、先行地中梁を2段施工することにした(図-6)。

なお、本立坑の床付け以深の底版改良はポイリング防止のための地盤改良である。写真-4に先行

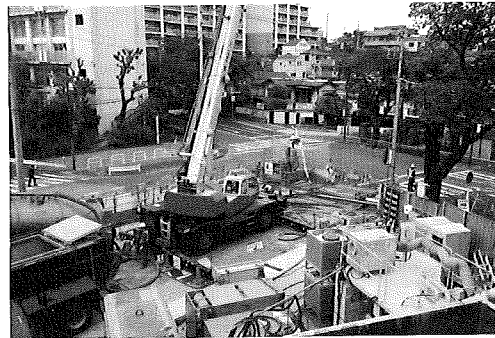


写真-4 先行地中梁施工状況

- 本立坑SMWについて、段差部にもSMWがあると仮定し弾塑性計算を行う。
- この弾塑性計算により、1~4段目にかかる切梁反力①と本立坑SMWの変位を求める。

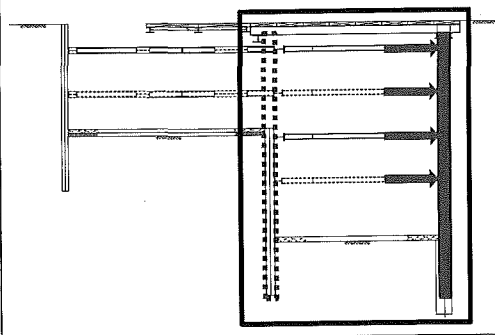


図-7 山留め計算ステップ1の計算手法

- 同様に副立坑鋼矢板についても、段差部に同じ壁があると仮定し弾塑性計算を行う。
- この弾塑性計算により、1~2段目にかかる切梁反力②と副立坑鋼矢板壁の変位を求める。

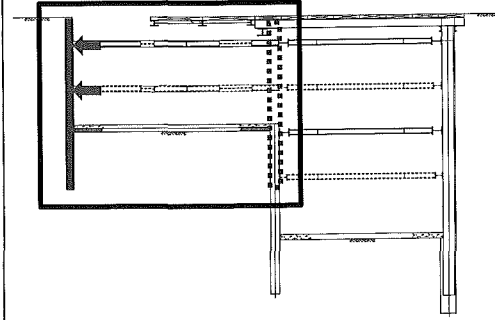


図-8 山留め計算ステップ2の計算手法

- ステップ1で求めた切梁位置の変位と、ステップ2で求めた切梁位置の変位の差を算出する。

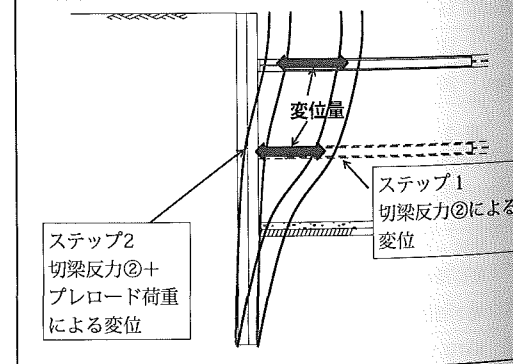


図-9 山留め計算ステップ3の計算手法

地中梁の施工状況を示す。

先行地中梁を考慮して、弾塑性解析にて山留め壁の計算を行った結果、山留め壁の最大変位量は9mm以下に抑制でき、地下埋設物や道路の沈下量を許容値以内に収められる結果になった。

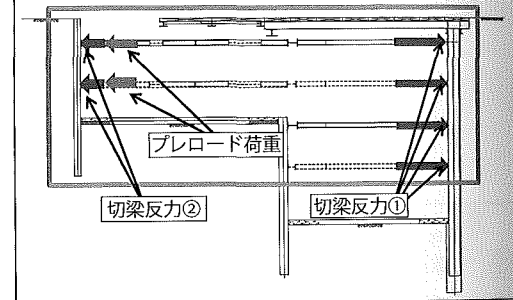
4-2 剛性および根入れの異なる山留め壁が相対する場合の適正な変位量の算出

発進立坑は、掘削深さが異なる本立坑と副立坑からなるため、同一の切梁を介して相対する山留め壁の剛性や根入れ長の違いなどを考慮し、弾塑性解析を行い、より実際の挙動に近い設計となるよう配慮した。以下に今回行った計算手法を示す。

(1) ステップ1

それぞれの山留め壁を単独に計算し、切梁反力

- ステップ1では、本立坑と副立坑を分離して弾塑性計算を行ったが、実際は1~2段目切梁は本立坑~副立坑間でつながっているため、切梁反力は同じ大きさになる。
- そこで、このステップでは先に求めた切梁反力①と②の差(プレロード荷重)を算出し、その差を、切梁反力の小さい方に加算する。ここで、切梁反力①=切梁反力②+プレロード荷重



差を算出する(図-7)。

(2) ステップ2

切梁反力差をプレロード荷重におきかえて、再度偏荷重を受ける対面側の計算を行う(図-8)。

(3) ステップ3

対面壁の切梁位置におけるステップ1とステップ2の変位差を算出する(図-9)。

(4) ステップ4

ステップ1で計算した偏土圧を受ける山留め壁の反力で、ステップ3で算出した変位差が増加するように、各切梁バネを算出する(図-10)。

同様の手順で、本立坑と段差部の山留め壁についても計算を行い、SMWの変位量を推定した結果を図-11に示す。鋼矢板を考慮しない場合の最大変位量8.2mmに対して、考慮した場合が13.2mmで60%程度変位が大きい結果になった。今回のように地山の挙動および地下水位の変動を極力抑える必要がある場合、より現実に近い山留め壁の変形を推定する方法として、今回の計算手法は有効であると考えられる。

- ステップ3では、プレロード荷重が追加されることにより、鋼矢板が掘削背面側に変位した(切梁も背面側に変位する)。
- 対面の本立坑SMWも掘削側に変位する。
- ステップ4では、この変位を生じさせる切梁バネ値を算出する。

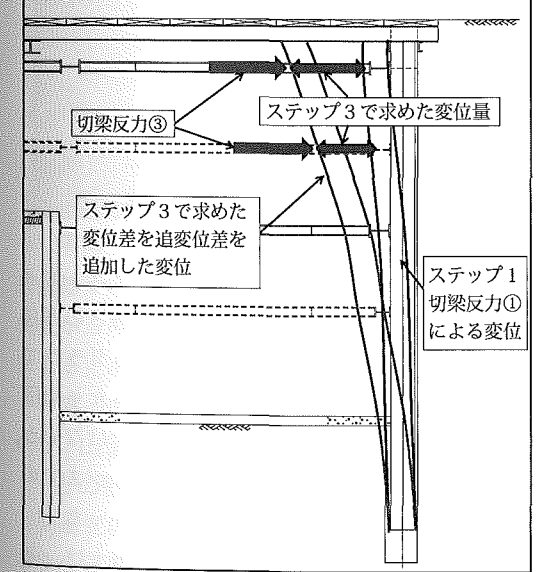


図-10 山留め計算ステップ4の計算手法

4-3 地下埋設物に対する影響度の把握

地盤沈下量の予測解析については、図-11の鋼矢板を考慮した場合のSMWの変形を、強制変位として入力し、その変位による掘削背面側の地山や、それに伴う地下埋設物の挙動を有限要素法(FEM)で推定した。なお、ここでのおもな地下埋設物としては、図-12に示すとおり、φ800mmの

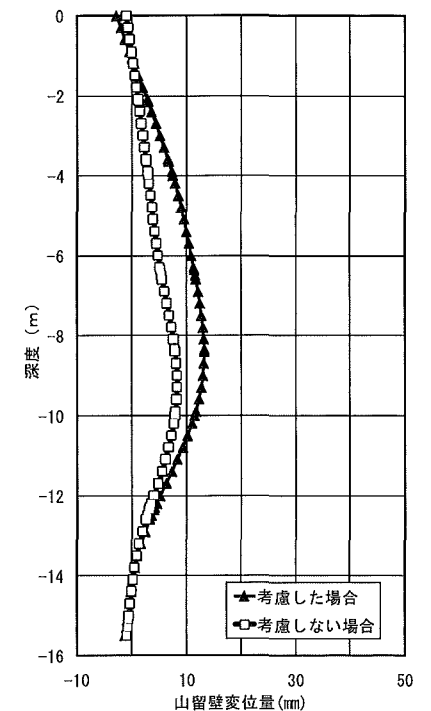


図-11 相対する山留め壁を考慮した山留め壁の変位量

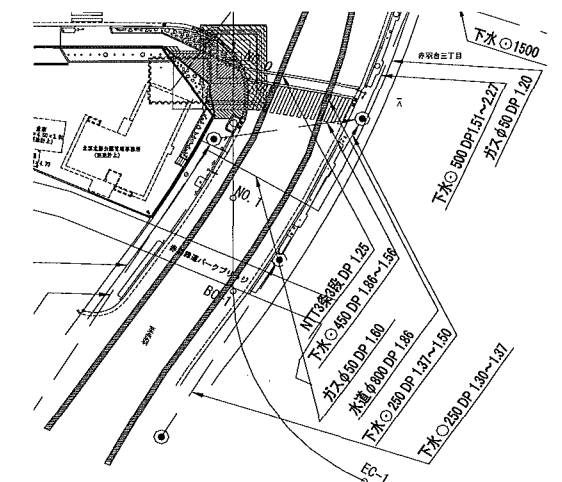


図-12 発進立坑部埋設物平面図

表-3 今回設定した許容値

項目	水道管		NTT管		道路	
許容値	沈下量20mm		沈下量20mm		沈下量40mm	

表-4 地表面沈下量の予測値

立坑からの距離(m)	水道管		NTT管		道路	
	0	3	6	9	12	15
地表面沈下量(mm)	-3.0	1.6	3.7	4.2	4.1	3.8

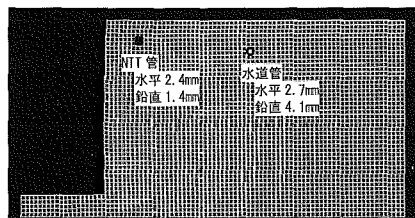


図-13 FEM解析における地下埋設物の変位量

水道管と3条3段のNTT管であった。表-3に今回設定した許容値を示す。

FEM解析の結果、地表面(表-4)および地下埋設物(図-13)は、いずれも許容値以下に収まる結果になったため、本工事では先行地中梁を2段施工するとともに、鋼矢板を考慮した場合の計算手法を用いて算出した変位を管理値として設定した。

4-4 SMWソイルセメントの強度の確保

SMWで使用する固化材には高有機質土用のものが用意されているが、今回の腐植土において所定の強度(1軸圧縮強度 $\sigma_{28}=500\text{kN/m}^2$)が確保できるか、所定の大きさ($\phi 650\text{mm}$)の杭ができるかを確認する目的で、実施工に先立ち試験施工を行った。試験施工の結果、所定の強度が得られたのが、腐植土の厚さ2.7mのうち0.5mであり、残り2.2mは、目標強度($\sigma_1=385\text{kN/m}^2$: σ_{28} の77%)が得られず(平均値は 185kN/m^2)、ほとんど改良できていない箇所もあった。

また、腐植土を採取して室内配合試験も実施した。表-5に示すとおり、対象土 1m^3 に対する固化材量を250~550kgに変化させ、施工が可能(圧送可能)な程度の水セメント比(180~220%)に設定した。固化材量を増やすと当然水量も増やす必要があるため、結果的には改良土の中に残る固化

表-5 室内配合試験結果

No.	対象土 1m^3 に含まれる水量(kg)	対象土 1m^3 あたりの添加			改良土 1m^3 あたり			σ_1 (kN/m ²)	
		固化材量(kg)	固化材体積(ℓ)	水量(kg)	W/C (%)	固化材量(kg)	水量(kg)		W/C (%)
1	844	250	81	450	180	163	846	518	351
2	844	250	81	500	200	158	851	538	311
3	844	250	81	550	220	153	855	558	284
4	844	300	97	540	180	183	846	461	367
5	844	300	97	600	200	177	851	481	326
6	844	300	97	660	220	171	856	501	290
7	844	400	129	720	180	216	846	391	432
8	844	400	129	800	200	207	852	411	358
9	844	400	129	880	220	199	858	431	315
10	844	450	145	990	220	211	859	408	324
11	844	500	161	1100	220	221	860	389	348
12	844	550	177	1210	220	230	861	374	358

表-6 腐植土層におけるフミン酸含有量の測定結果

試料	①	②	③
フミン酸混合比	1.0%	1.0%	0.8%

※ここで「フミン酸混合比」とは、フミン酸重量(F_w)/土の重量(W_w)である。

材量は、添加量を増やしてもあまり増えず、強度の上昇も小さくなった。配合試験では、目標強度を試験施工の2倍($\sigma_1=770\text{kN/m}^2$)に設定したが、本腐植土では、目標値を超える結果が得られなかった。なお、固化材にはすべて高有機質土用を使用している。

所定の強度が得られない原因を明らかにするため、セメントの水和反応を阻害すると言われているフミン酸の量を調べた結果を、表-6に示す。フミン酸の混合比は平均で1%になった。

『セメント系固化材による地盤改良マニュアル第3版』にフミン酸混合比と一軸圧縮強さの関係が図-14のとおり示されている。このグラフでは、今回の添加量(表-4の改良土 1m^3 あたりの固化材添加量は最大で 230kg/m^3)のデータはないが、フミン酸混合比1%を見ると、 770kN/m^2 までの強度は得られない可能性があることがわかった。

最終的に、SMW施工箇所にある腐植土は、 $\phi 1,500\text{mm}$ のマルチドリル工法で流動化処理土に事

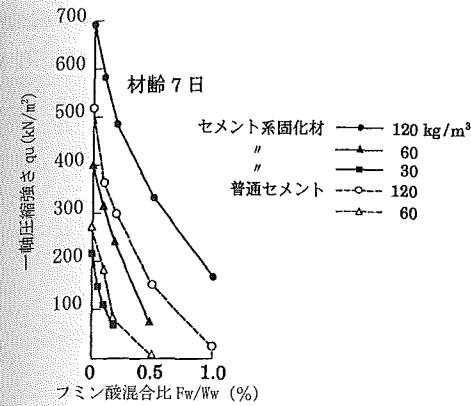


図-14 フミン酸の量と強度の関係グラフ

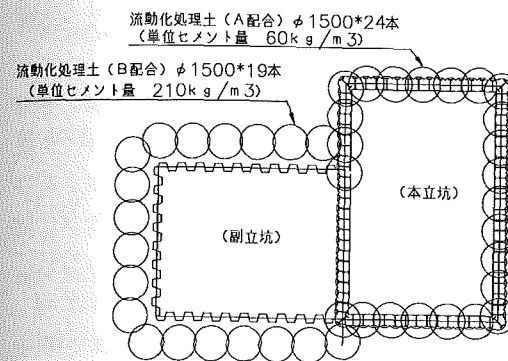


図-15 地山(腐植土)の事前置換工施工平面図

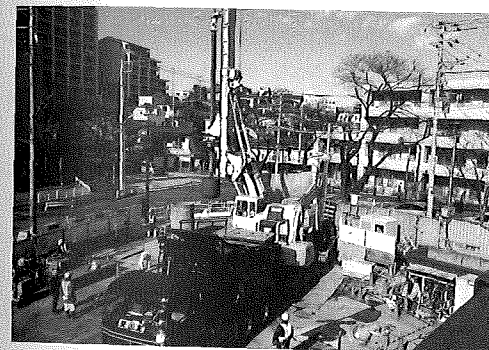


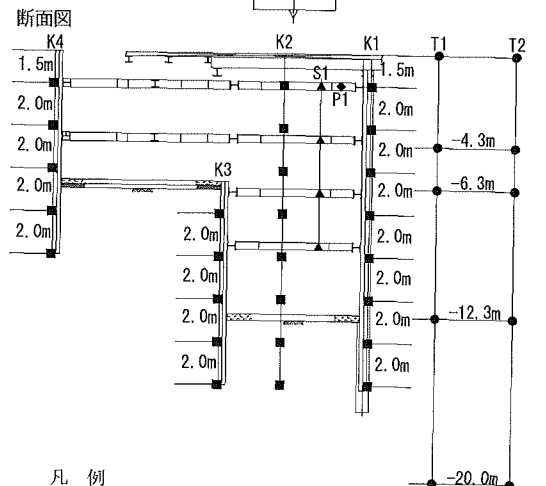
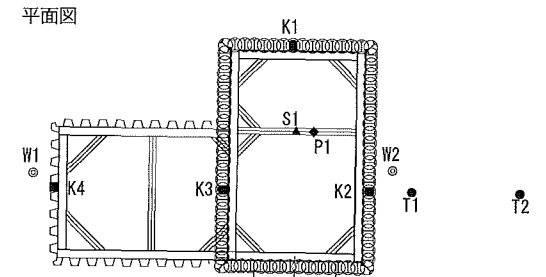
写真-5 地山(腐植土)の事前置換工施工状況

前置換することにした。また、鋼矢板背面も、鋼矢板からの漏水を防止する目的で、流動化処理土による止水壁を設置することにした(図-15)。

写真-5に地山事前置換工法の施工状況を示す。

4-5 山留め壁変位、切梁軸力、地下水位などの計測

発進立坑施工時の山留め壁(SMW、鋼矢板)の挙動を確認するために傾斜計を、山留め壁背面の地山の挙動を把握するために層別沈下計を設置す



凡例

記号	計測項目	使用計器	適用	備考
■	山留め壁変位	埋設型傾斜計	4か所	K1~K4
●	層別沈下	層別沈下計	4か所	T1~T4
○	間隙水圧	間隙水圧計	2か所	W1~W2
▲	切梁軸力	表面ひずみ計	1か所	S1
◆	温度	温度計	1か所	P1

図-16 計測機器配置図

るとともに、各段切梁には軸力計、腐植土層の水位を把握するために間隙水圧計を設置し、すべて自動計測とした。

5 おわりに

平成23年6月から立坑の掘削を開始し、現在4次掘削中である。今のところ、山留め壁変位、切梁の軸力は設定した管理値以内に収まっており、SMW、鋼矢板のいずれからも漏水はなく、地下水位の変動もない。

参考文献

- 1) セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル 第3版、技報堂出版、pp.33-41、2003。

解説

文献紹介



- 小久保正博：香港のインフラ整備と香港島西線鉄道工事，基礎工，Vol.39，No.1，2011.1.
- 佐藤徹：海外における推進工事への取組み，イセキシャーク・アラウンド・ザ・ワールド，基礎工，Vol.39，No.1，2011.1.
- 板屋芳治：東京都下水道局における工事事故予防の組織的取組み，月刊下水道，Vol.34，No.2，2011.2.
- 末広俊夫・松本悟：柏崎刈羽原子力発電所における屋外重要土木構造物の耐震補強の取組み，基礎工，Vol.39，No.4，2011.4.
- 山本努：地下鉄トンネルの維持管理と長寿命化対策，基礎工，Vol.39，No.5，2011.5.
- 精度上がるトンネル前方探査—工事を止めずに調査できる技術も実用化，トピックス トンネル，日経コンストラクション，5月23日号，2011.5.
- 宇野洋志城・片岡大到：繊維シート埋設による覆工の端部補強の実績，保全予防を目的としたT-FREG工法，建設機械，Vol.47，No.6，2011.6.

研究・開発

- 高橋裕之：第四紀の含水した細粒砂岩層を掘り抜く，金沢山側環状・涌波トンネルにおけるPSS-Arch工法の開発と成果，地盤工学会誌，Vol.59，No.2，2011.2.
- 原秀利・坂口伸也・渡部正・鈴木淳一：覆工コンクリートのひび割れゼロを目指す，前田覆工マルチ工法，建設機械，Vol.47，No.3，2011.3.
- 楮山誠：土砂地盤にも対応する岩盤掘進機の開発，掘進機とオーストラリアでの施工事例，建設機械，Vol.47，No.5，2011.5.
- 壹岐直之：トンネル覆工コンクリートにおける湿潤養生，プラスチックフィルムを用いたトンネル覆工コンクリートの長期養生，建設機械，Vol.47，No.6，2011.6.
- 金丸清人：パドル・シールド工法の開発，建設機械，Vol.47，No.6，2011.6.
- 椎名貴快・吉永浩二・佐藤幸三：覆工コンクリート養生温ぬく・うるおい，保温・断熱性の高い中空構造板を用いた覆工養生，建設機械，Vol.47，No.6，2011.6.
- 松沼政明・鈴木尊：電磁波レーダを用いたトンネル覆工検査車の検証，建設の施工企画，No.736，2011.6.

施工

- 石井裕泰・花田幸生・木村政俊・伊藤一教・橋本淳司・

- 楢垣貫司・八重田義博・小山文男・中塚健司：ボスボラス海峡横断鉄道建設プロジェクト，海峡横断沈埋トンネルの基礎地盤構築，基礎工，Vol.39，No.1，2011.1.
- 山本祐司・山領研二・坂田泰章：台湾で求められる日本のトンネル技術，24時間稼働国際ハブ空港直下で難工事を克服，基礎工，Vol.39，No.1，2011.1.
- シールド機が海底くぐり地上へ到達，田原第2幹線ガス導管シールド工事(愛知県)，ズームアップ [トンネル]，日経コンストラクション，2月14日号，2011.2.
- 特集/地下構造躯体をどう守る，地下防水の最新動向，防水ジャーナル，No.471，2011.2.
- 特集/既設構造物への到達と地中接合技術，月刊推進技術，Vol.25，No.2，2011.2.
- 特集/推進工法で集中豪雨に備える，月刊推進技術，Vol.25，No.3，2011.3.
- 柄澤正芳：羽田空港国際線ターミナル駅建設工事，供用中の鉄道トンネルを拡張し地下新駅を構築，建設の施工企画，No.733，2011.3.
- 特集/基盤整備における最新の動向，建設機械，Vol.47，No.3，2011.3.
- 特集/特殊条件下のシールド工事，基礎工，Vol.39，No.3，2011.3.
- トンネルを24m解体，撤去，阪和自動車道藤白トンネル覆工撤去工事(和歌山県)，ズームアップ [トンネル]，日経コンストラクション，4月11日号，2011.4.
- 柴田知広：大口径推進工法による佐賀西部導水路の施工，水土の知，Vol.79，No.4，2011.4.
- 特集/きびしい施工条件を克服，高耐荷力方式編，月刊推進技術，Vol.25，No.4，2011.4.
- 西村哲治・武田宣孝・名合牧人：京極地下発電所工事における情報化施工とICTの活用，土木技術，Vol.66，No.4，2011.4.
- 特集/地下構造物，建設の施工企画，No.734，2011.4.
- 特集/きびしい施工条件を克服，低耐荷力方式編，月刊推進技術，Vol.25，No.5，2011.5.
- 土方遍・神谷誠：東京国際空港国際線地区エプロン等整備等事業における鉄道トンネル防護工の設計と動態観測，基礎工，Vol.39，No.6，2011.6.
- 角湯克典：点検・調査の勘所 [トンネル]—覆工のブロック化を見逃さない，図解 維持・補修に強くなる 第5回，日経コンストラクション，6月27日号，2011.6.
- 特集/きびしい施工条件を克服，鋼製さや管方式編，月刊推進技術，Vol.25，No.6，2011.6.
- 田中清隆・岩下一彦・甲斐豊：既設導水路トンネルの改築，建設の施工企画，No.736，2011.6.

研究

フラッシュ写真を用いた簡易粉じん測定法

中電技術コンサルタント(株) 岸田展明
山口大学大学院理工学研究科教授 進士正人

1 はじめに

トンネル建設工事に坑内で従事する作業員が施工中に発生する粉じんを吸引することで，じん肺症を引き起こす危険性は，依然として高いと言わざるを得ない。そのため，坑内換気技術の開発や，粉じんの発生そのものを抑制する材料の開発などが，これまでも熱心に行われてきた。

作業環境下で粉じん濃度を抑制することは，じん肺症予防に根本的な効果が期待される。そのため，作業環境を把握する指標として，粉じん濃度測定はきわめて重要である。平成20年には，厚生労働省によるトンネル坑内の作業員を対象とした「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」¹⁾(以下，本文中では「ガイドライン」と略称する)が改定され，「光散乱式デジタル粉じん計」(以下，「デジタル粉じん計」と呼ぶ)を用いた粉じん濃度測定が義務化された。しかし，デジタル粉じん計は高価で，測定に手間がかかる問題点があった。そのため，より安価で簡便な粉じん濃度測定法の開発が望まれていた。

本研究では，市販されているコンパクトデジタルカメラを使った粉じん濃度測定法を提案する。具体的には，コンパクトデジタルカメラによるフラッシュ撮影画像から，粉じん濃度変化に関係深いデータ(例えば，画像全体の輝度やその平均値など)を調べた。これらのデータと粉じん濃度との関連を人工知能(ニューラルネットワーク)に学習させ，人工知能を使ったフラッシュ撮影画像から粉じん濃度を換算する粉じん濃度測定法アルゴ

リズムを構築した。

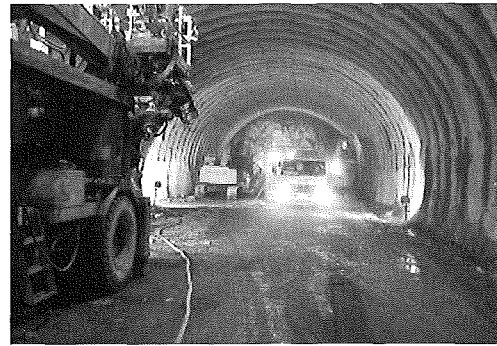
そして，人工知能学習に利用していないデジタルカメラによるフラッシュ撮影と，デジタル粉じん計による粉じん濃度計測のデータを用いて，提案する粉じん濃度測定プログラムの汎用性を検証した。

2 カメラによる粉じん濃度測定法

粉じんが浮遊する暗い空間内でレーザー光などの強い光を照射すると，照射光の波長と同程度以上の大きさの粉じんにはミー散乱²⁾が起こり，キラキラと輝く浮遊粉じんが観測される。この現象は古くから「チンダル現象」としてよく知られた現象であり，この現象を利用して浮遊粉じんが多く発生する作業空間を暗くしたうえで，対象物に強い光を照射することで浮遊粉じんの発生状況を観測したり，カメラで粉じんの浮遊状況を写真に記録する方法が提案されている³⁾。光散乱式デジタル粉じん計もこの現象を利用しており，測定管内に吸引した空気にレーザー光を照射し，粉じんによる散乱光の強さから粉じん濃度を換算している。

一方，トンネル坑内では，カメラでフラッシュ撮影を行うと，坑内の浮遊粉じんなどがフラッシュに反射して写真-1(a)のトンネル坑内画像が，写真-1(b)の画像のように白斑として撮影される。このことはアナログカメラの時代からトンネル技術者の中ではよく知られた常識であった。そのため，トンネル技術者はフラッシュを使用しないで，きれいな坑内写真を撮影することに努力した。

これに対し，著者は，カメラによるフラッシュ



(a) フラッシュなし



(b) フラッシュあり

写真-1 フラッシュの有無による坑内写真の比較

画像の白斑を画像処理し、その結果から粉じん濃度が測定できれば、より安価で簡単な粉じん濃度測定法となることに着想した⁹⁾。そのうえ、デジタルカメラは撮影したその場で画像を確認できること、画像自体もデジタル化されており画像処理しやすいことなどの利点を有し、即時の粉じん測定が可能である。そして、デジタルカメラ自体の性能向上とカメラ本体の販売価格の低下により、粉じんの浮遊状況記録画像としても利用できる特徴もある。

そこで、本研究では、デジタルカメラのフラッシュ機能を用い、粉じんが浮遊するトンネル坑内をフラッシュ撮影し、フラッシュ光による粉じんの散乱光を画像に記録し、その画像から人工知能プログラムを用いて粉じん濃度を即時に測定する方法を開発する。

3 デジタルカメラを利用した粉じん濃度測定法

3-1 撮影方法

撮影方向の景色を除去し、粉じんの散乱光のみを画像に記録するために、写真-2に示すように、つや消し黒ペンキで塗色したブラックパネル(900×1,200mm)に向かってフラッシュ撮影する。それにより、粉じんのみが白く散乱した画像を撮影することが可能となる。

3-2 粉じん濃度測定アルゴリズム

3-2-1 概要

カメラでフラッシュ撮影した画像には、フラッ

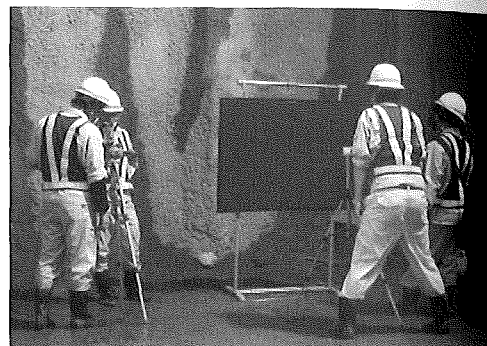


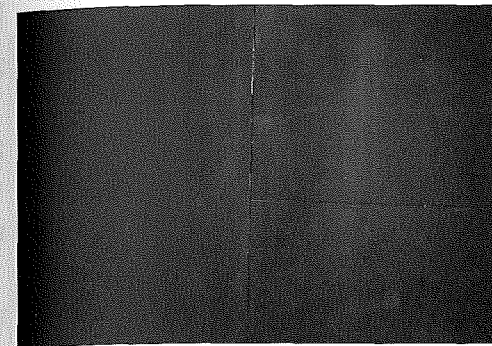
写真-2 フラッシュ撮影状況

シュの照射方向に浮遊している粉じんの散乱光が記録される。写真-3にトンネル坑内でフラッシュ撮影した画像の例を示す。写真-3(a)は、粉じん濃度が0.9mg/m³時の画像で、写真-3(b)の画像は、粉じん濃度が6.6mg/m³時の画像である。これらの画像から粉じん濃度が高いと、画像に粉じんの散乱光が多く撮影されるようになり、画像全体が明るく、言い換えると、画像の輝度が高くなることからわかる。これを利用し、フラッシュ撮影画像から抽出した輝度情報を粉じん濃度に換算する⁹⁾。

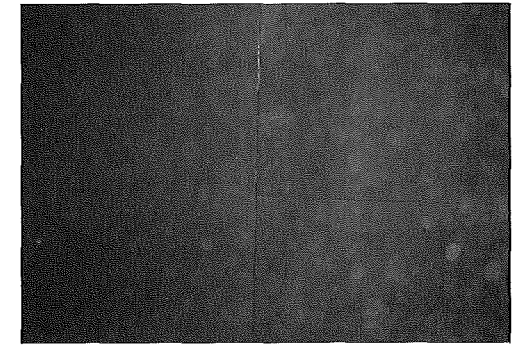
本測定法のアルゴリズムを図-1に示す。

写真-3からわかるように、フラッシュ撮影画像には記録された白斑が重なりあったり、白色度が異なったりしている。

これは、さまざまな位置のいろいろな粒径の粉じんがフラッシュ光で散乱するため、輝度と粉じん濃度との関係が複雑であることを示している。したがって、輝度情報から粉じん濃度への換算に



(a) 低粉じん濃度時(0.9mg/m³)



(b) 高粉じん濃度時(6.6mg/m³)

写真-3 粉じん濃度が変わったときのフラッシュ撮影画像の比較例

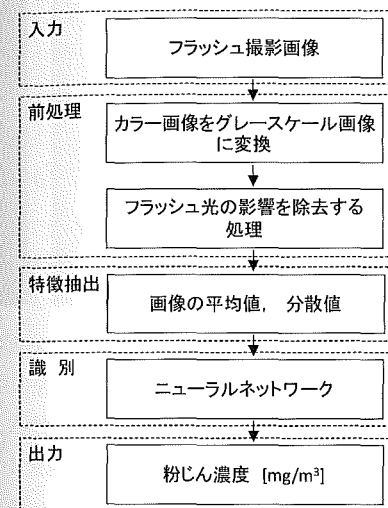


図-1 粉じん濃度換算アルゴリズム

は、人間の刺激と反応に関する脳神経組織を数学的に模擬したコンピュータアルゴリズム(人工知能プログラム)のひとつであるニューラルネットワークを利用した。

ニューラルネットワークは、入力した多数の刺激(以下、「特徴量」と呼ぶ)による反応を経験として自動的に学習し、刺激に対する反応のアルゴリズムを構築する。このアルゴリズムは、定式化やモデル化が困難な事象の判別解析に適している。とくに、ニューラルネットワークは学習時に与えた入出力値に誤差を含んでいる場合も許容誤差を適度に設定することにより、その範囲内で、なめらかに、かつ連続的な入出力関係が実現されるため、誤差に強いコンピュータアルゴリズムを構築できる特徴を有する⁹⁾。

3-2-2 前処理と特徴抽出

図-2(a)に粉じんのフラッシュ撮影画像の一例を示す。画像からわかるように、画像は全体がほぼグレーで、その中に白斑として粉じんが撮影されている。しかし、この画像をグレースケール画像に変換し、輝度分布をカラー表示で強調すると図-2(b)のように、輝度分布は画像中心部が相対的に高く周辺部が低い分布を持つ。この分布はフラッシュ光の照射角度により変化すると同時に、背景として利用しているブラックパネルに対するフラッシュ光の輝度が解析結果に影響する。したがって、ニューラルネットワークを適用する前段階として、フラッシュ光の照射角度の影響を低減する画像処理を行う必要が生じた。

以下に、フラッシュ撮影画像からニューラルネットワークに入力する特徴量を算出するまでの手順の流れを示す。

- ① フラッシュ撮影されたカラー画像をグレースケール画像に変換し、それぞれの画素値を0～255の数値で表す。
- ② 図-3に示すように、画像内に $m \times n$ ピクセルの小ブロックを作成する。その結果、画像全体は $k \times l$ 個の小ブロックの集合体となる。
- ③ それぞれの小ブロック内のピクセルの画素値を $m \times n$ 次元の画像ベクトルに変換する。
- ④ 図-4に示すように、各画像ベクトル内の最小値 $\min(a)_j$ で、画像ベクトル成分を差分し、小ブロック j ごとにフラッシュ光による輝度分を除去する。

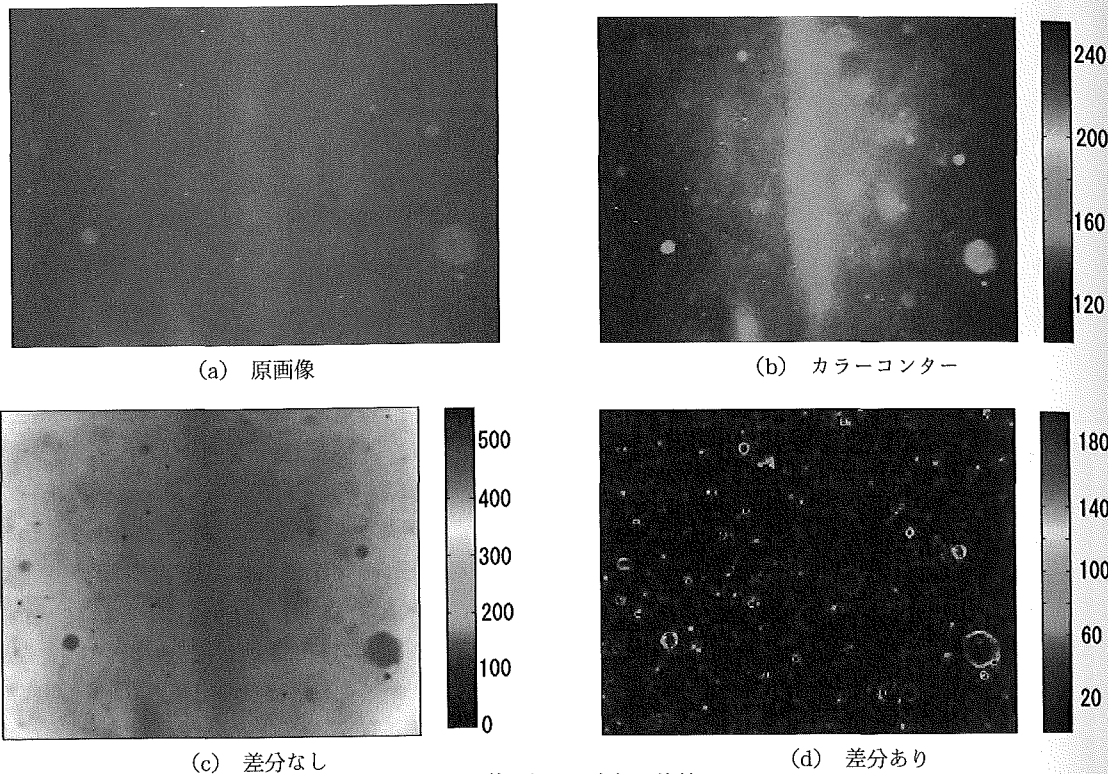


図-2 差分処理の有無の比較

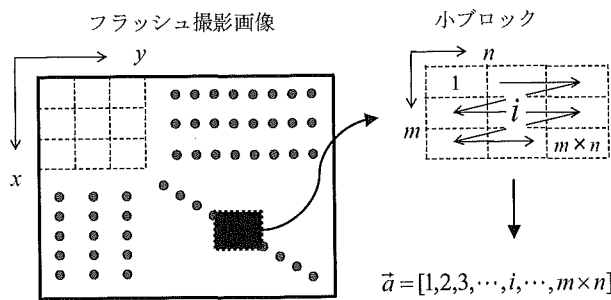


図-3 画像中の小ブロックと画像ベクトル

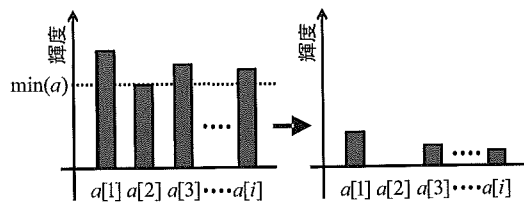


図-4 画像ベクトル成分の最小値差分

⑤ 小ブロックごとの画像ベクトルの大きさを式(1)を用いて算出し、小ブロックjの輝度とする。したがって、画像全体からk×l個の小ブロックの輝度の変化分布が得られる。

$$|\vec{a}|_G = \sqrt{\sum_{i=1}^{m \times n} \{a_i - \min(a)\}^2} \quad (1)$$

- ⑥ 画像の平均値 \bar{a} を求める。
- ⑦ 平均値とそれぞれのマトリックスの成分値との差を用いて画像の分散値 σ^2 を求める。
- ⑧ 平均値 \bar{a} と分散値 σ^2 をニューラルネットワークの特徴量として採用する。

4 現場実験

4-1 実験方法

実験は、山岳工法発破掘削(補助ベンチ付き全断面)で施工している2車線道路トンネル内において、吹付けコンクリート作業中に実施した。フラッシュ撮影は、つや消し黒ペンキで塗色したブラックパネルをレンズから1.5mの位置に設置し、ブラックパネルに向かってデジタルカメラ(Olympus製、μ795SW)を路盤上1.3mの高さに設置し、実施した。ここで、実験で使用したデジ

表-1 デジタルカメラの撮影パラメータ

デジタルカメラ	Olympus μ795SW
記録画素数	3,072×2,304ピクセル
レンズF値	F3.5
レンズの焦点距離	6.7mm
ISO感度	100
フラッシュ	発光
ホワイトバランス	固定

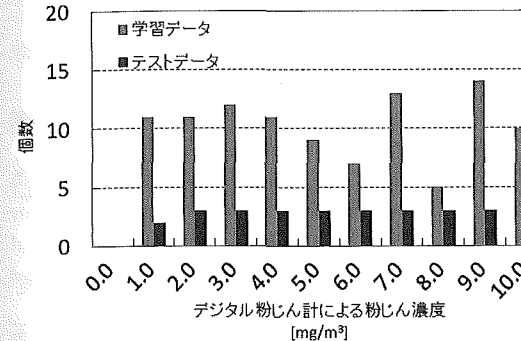


図-5 学習データとテストデータの粉じん濃度別データ数

タルカメラの撮影パラメータを表-1に示す。

デジタルカメラでの撮影と、光散乱式デジタル粉じん計(柴田科学製、LD-3K2)を同期させるため、1分間隔のデジタル粉じん計の測定に合わせてフラッシュ撮影を行い、合計343回のフラッシュ撮影画像と撮影時の粉じん濃度を測定した。

4-2 実験結果

4-2-1 学習データとテストデータ

先に述べたように、ニューラルネットワークの機能を精度よく発揮させるためには、ニューラルネットワークへの効果的な学習が重要となる。そのため、学習のための入力データは、適用される粉じん濃度の範囲より広いことが望ましい⁷⁾。図-5に、本実験においてデジタル粉じん計で測定された粉じん濃度の頻度分布を示す。この図から、ガイドラインで基準値として定められており、高い測定精度が求められる3.0mg/m³前後に数多くのデータが採取できており、ニューラルネットワークの学習に使用するデータとして十分に有用であることがわかる。

そこで、フラッシュ撮影画像343枚中273枚を粉

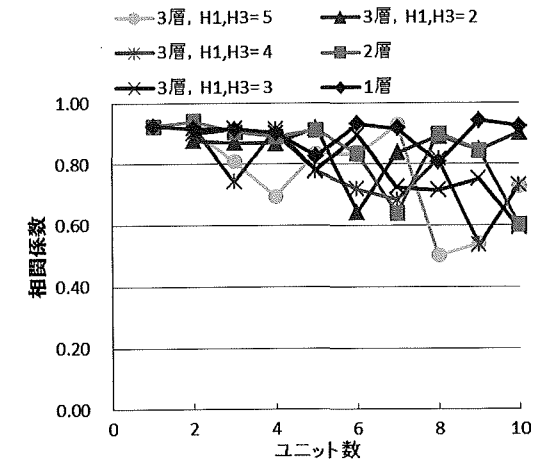


図-6 中間層ユニット数とテストデータでの相関係数

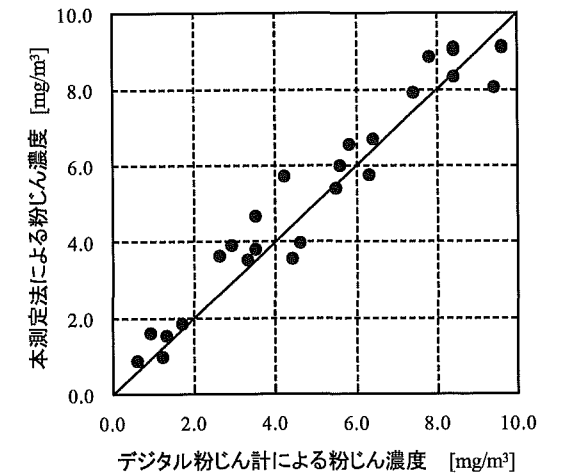


図-7 本測定法とデジタル粉じん計による粉じん濃度との比較

じん濃度分類別に無作為抽出し、特徴量としてこれらの画像1枚ごとに求めた平均値、分散値と、デジタル粉じん計のフラッシュ撮影と同時に測定した粉じん濃度をニューラルネットワークに学習させた。

4-2-2 ニューラルネットワークの学習

本研究で利用したニューラルネットワークは、階層型ニューラルネットワークモデルで、学習には誤差逆伝搬法を用いた。ニューラルネットワークは、最適な中間層数、ユニット数を決定する方法が確立されておらず、問題ごとに試行錯誤するしかない。そのため、学習データで学習したニューラルネットワークにテストデータ(70枚)を入力し

て算出した粉じん濃度と、デジタル粉じん計による粉じん濃度との相関係数を比較することで、ニューラルネットワークの構造を決定した。その結果を図-6に示す。この図から、ニューラルネットワークの構造は、中間層数は1層、ユニット数は9とした場合に、相関係数をもっとも高く、その値は0.93であった。

光散乱式デジタル粉じん計によって測定した粉じん濃度と、本測定法で推定した粉じん濃度との相関図を図-7に示す。この図から、両者の間には良い相関があることが確認でき、本測定法の有効性が検証できた。

5 ま と め

トンネル坑内において、フラッシュ撮影を行うと、カメラ前方を浮遊する粉じんの散乱光が白斑として画像に記録される。この現象を利用して、市販のコンパクトデジタルカメラを用いた安価で簡便な粉じん濃度測定方法を開発した。本測定法は、デジタルカメラでフラッシュ撮影した画像を処理し抽出した特徴量を、ニューラルネットワークに入力し、学習することで粉じん濃度に換算する。そのため、フラッシュ撮影画像から粉じん濃度に換算するまでの過程を自動化することができる利点を有する。また、現場実験の結果、本手法とデジタル粉じん計による測定結果には高い相関

が確認できた。

今後は、携帯電話のカメラ機能を用いた粉じん濃度測定方法の開発や、動画像を利用することで、よりリアルタイムに粉じん濃度が測定可能な方法について検討すると同時に、撮影方向に設置するブラックパネルを用いずに粉じんの散乱光を抽出する方法を検討していきたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 厚生労働省：ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン，2008。
- 2) Hecht, E. (尾崎義治・朝倉利光訳)：光学I—基礎と幾何光学—，p.142，丸善，2008。
- 3) Health and Safety Executive：The Dust Lamp -A Simple Tool for Observing the Presence of Airborne Particles-, Methods for the Determination of Hazardous Substances, Vol.82, pp.1-12, Health and Safety Executive Books UK, 1997。
- 4) 進士正人：粉塵測定方法および粉塵測定装置，工業所有権 特開2008-542992。
- 5) 進士正人・岸田展明：ニューラルネットワークを利用したデジタルカメラによる粉じん濃度測定の実用化，土木学会論文集G, Vol.66, No.4, pp.194-200, 2010。
- 6) 田辺和俊：NEUROSIM/Lによるニューラルネットワーク入門，p.70，日刊工業新聞社，2003。
- 7) 吉富康成：ニューラルネットワーク，p.144，朝倉書店，2002。

『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)

最新推進工法

最新推進工法技術(6)

—小口径管推進工法(3)—

「最新推進工法技術」連載講座小委員会

① はじめに

小口径管推進工は、使用する管の種類により「高耐荷力方式」「低耐荷力方式」および「鋼製さや管方式」の3種類に大別され、さらに「掘削および排土方式」「管の推進工程」により細分化されている(図-1)。

推進工法の施工実績は下水道分野でもっとも多く、鋼製さや管方式についても、その実績(発注延長)は毎年調査され報告されている。2009年度における全国の施工実績としては、28.0km程度で、小口径管推進工法の施工実績のなかではわずかに6%程度にすぎない。鋼製さや管推進工法としての定義は、「鋼管に全ての推進力を伝達して推進し、これをさや管として、その内部に硬質ポリ塩化ビニル管などの本管を敷設する推進方式」ということになる。ただし、これは下水道分野における適用を前提とした定義であって、実際は、他の推進工法に見られない特徴を生かした用途での施工事例が多く、その使用状況は多種多様である。さらに、図-1では、小口径管推進工法としての位置づけであるが、さや管ではなく、単に鋼管推進として捉えるなら、障害物除去を目的とした鋼管推進、取付管推進工法さらにはパイプルーフ工法も本工法と同類の推進工法として見なすことができるが、それらは下水道としての実績に計上されていない。ここでは、主に小口径管推進工法として分類されている鋼製さや管に限定して記述し、

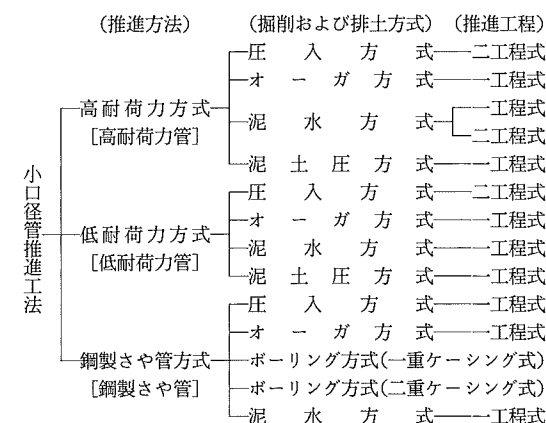


図-1 小口径管推進工法の分類

一部障害物除去などの適用例について触れることとする。

② 鋼製さや管方式の概要

2-1 圧入方式

圧入方式は、主に空気衝撃ハンマ・ラムを用いる(一工程式)。空気衝撃ハンマ・ラム式は、圧縮空気を駆動源とする衝撃ハンマを用いて推進管を推進する。適用できる土質としては、粘性土、砂質土、砂礫土、粗石・巨石が混在する土質である。適用推進延長は、呼び径400~800で、推進延長は20~40m程度である。また、短管仕様の場合、鋼管呼び径300~600で、12~20m程度である。ここで短管仕様とは、基本有効長の1/2~1/3管であり1m管を標準としている。ただし、方式や呼び径によって有効長1.2~1.5mとする場合がある。

施工概要を図-2に示す。

2-2 オーガ方式

本方式は、先導体(先端シュ)と溶接接続された推進管内に、オーガヘッドおよびスクリュオーガを装着し、この回転により掘削排土を行いながら鋼管を推進する方式である。オーガヘッドにより掘削された土砂は、推進管内に設置されたスクリュオーガにより発進立坑まで排土される。

本方式は、先導体に推進管を直接接続して推進する一工程式であり、方向制御は、方向制御装置によって行うことができる。

適用土質の範囲は、粘性土、砂質土、砂礫土、粗石・巨石が混在する土質である。適用推進延長は、鋼管呼び径で400~800で50~70m程度である。また、短管仕様は、鋼管呼び径300~500で40~50m程度である。施工概要を図-3に示す。

2-3 ボーリング方式

本方式には、先端に超硬切削ビットを付けた推進管(鋼管)本体を回転しながら推進する一重ケーシング式と、推進管(鋼管)内に、先端に切削ビットを有するスクリュ付き内管を挿入し、内管の回転により掘削排土を行いながら

推進し、到達後にスクリュ付き内管を発進側に引き抜く二重ケーシング式がある。

本方式は、方向修正が困難などの欠点はあるが、機構が簡単で、土質の適用範囲も比較的広く、木杭やコンクリートなどの障害物も切削することが

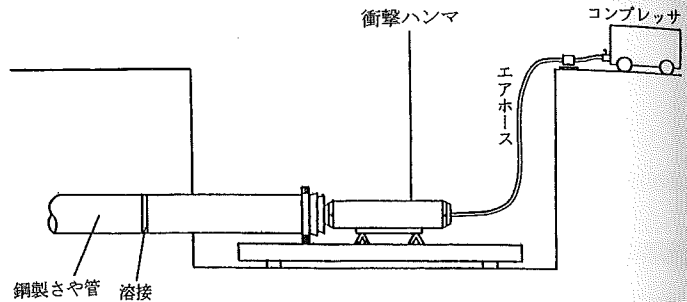


図-2 圧入方式一工程式施工概要

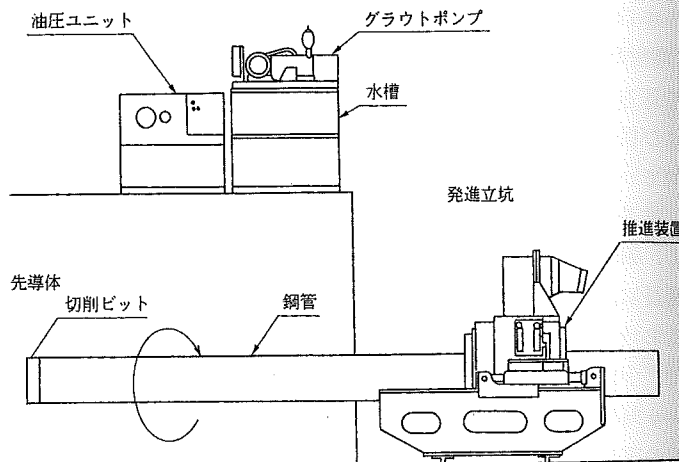


図-4 ボーリング方式一重ケーシング式施工概要

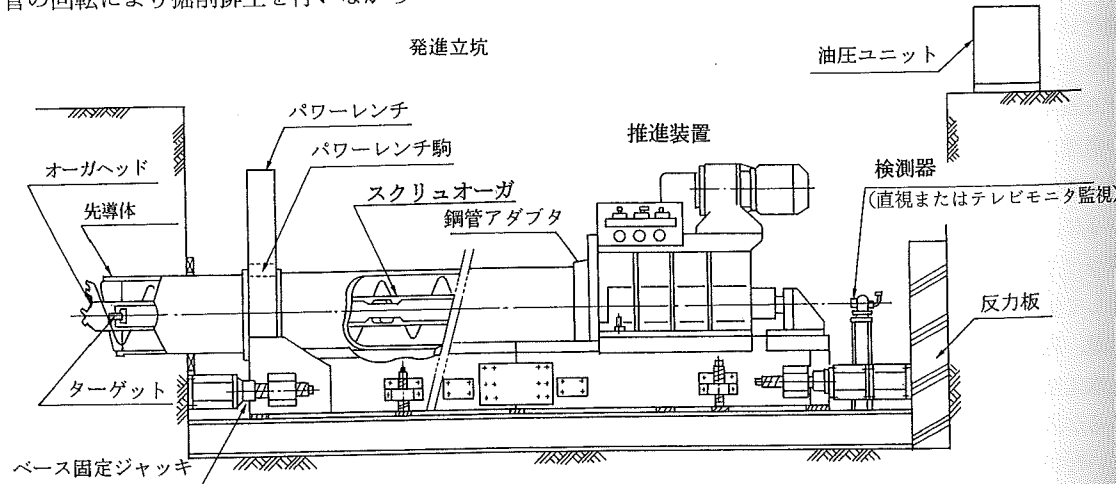


図-3 オーガ方式一工程式施工概要

できる。施工概要を図-4に示す。

(1) 一重ケーシング式

一重ケーシング方式は、先端に切削ビットを装着した推進管(鋼管)全体を推進装置で回転させながら推進する。本方式は方向制御機構を有していない。適用土質の範囲は、粘性土、砂質土、砂礫土、粗石・巨石が混在する土質であり、とくに粗石・巨石地盤に多用される。適用推進延長は、鋼管呼び径400~800で、30~50m程度である。また、短管仕様は、鋼管予備径300~400で、20~30m程度である。

概要図を図-4に示す。

(2) 二重ケーシング式

二重ケーシング式は、先端に偏芯先導管を装着した推進管(鋼管)の内部に、先端に切削ビットを有するスクリュ付き内管を挿入し、内管の回転により掘削排土を行いながら推進する。方向修正は偏芯先導管で推進管中

心に対して偏心削孔することにより行うことができる。

適用推進延長は、鋼管呼び径400~800で50~70m程度である。また、短管仕様は、鋼管呼び径400~600で、30~40m程度である。推進管径、土質などの適用範囲は一重ケーシング式におおむね同じである。施工概要を図-5に示す。

2-4 泥水方式

泥水方式は、先導体のカッタチャンパ内を泥水

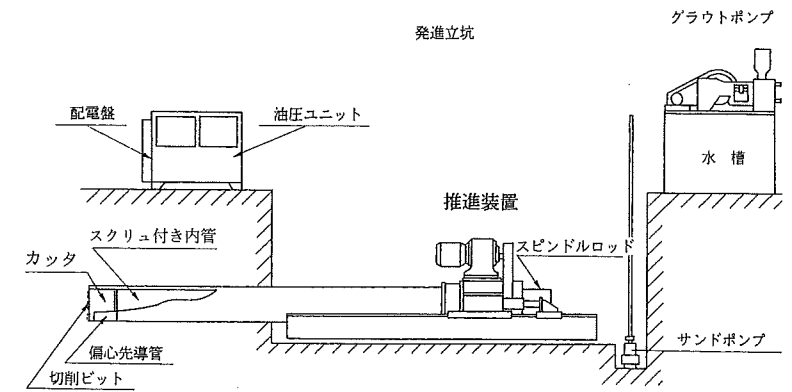


図-5 ボーリング方式二重ケーシング式施工概要

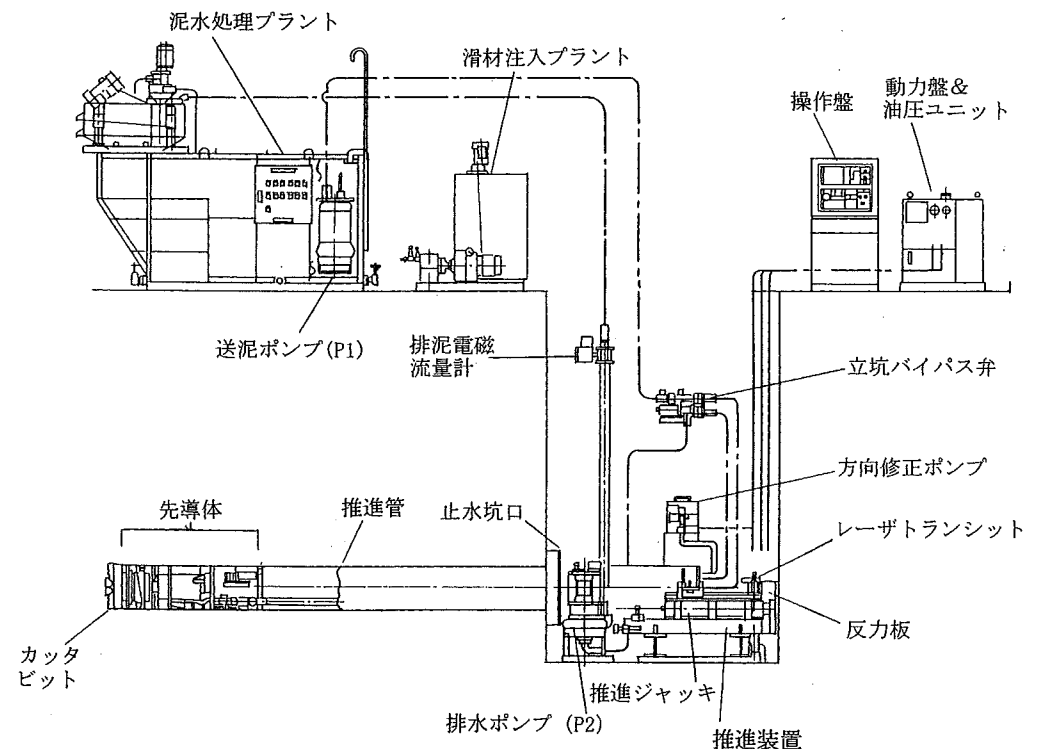


図-6 泥水方式一工程式施工概要

3-3 方式別適用可能1スパン推進延長

推進延長は、施工方式、機種、施工条件、推進力と推進管の耐荷力、施工精度などを考慮して決定する。一般的な条件により方式別に適用する1スパン推進延長を表-5、6(単管仕様)に示す。

方式別に推進延長が異なる原因としては、方向

制御機構を有しているか否かが大きく、方式の特徴から大きな推進抵抗力を受ける圧入方式については、1スパンの推進延長はもっとも短くなっている。また標準管である2,3m/本よりも1~1.5m/本の単管の場合は、ほとんどがケーシング立坑からの施工となるため、元押し推進設備の能力

表-3 方式別適用可能な管種と呼び径

(推進管長：2,3m/本)

分類方式	区分		適用管種		適用呼び径(さや管)							
			主として使われる管種	特殊条件下で使われる管種	400	450	500	550	600	700	800	
鋼製さや管方式	圧入方式	一工程式	S(V)	(F, D)	○	○	○	○	○	○	○	
	オーガ方式	一工程式	S(V)	(F, D)	○	○	○	○	○	○	○	
	ボーリング方式	一重ケーシング式	S(V)	(F, D)	○	○	○	○	○	○	○	
		二重ケーシング式	S(V)	(F, D)	○	○	○	○	○	○	○	
	泥水方式	一工程式	S(V)	(F, D)	○	×	○	×	○	×	○	

(注)本表の適用可能管種のうち()は、さや管中に挿入する本管である。

*S:鋼管, V:硬質ポリ塩化ビニル管, F:FRPM管, D:ダクタイル管。

表-4 方式別適用可能な管種と呼び径(短管)

(推進管長：1~1.5m/本)

分類方式	区分		適用管種		適用呼び径(さや管)							
			主として使われる管種	特殊条件下で使われる管種	300	350	400	450	500	600	700	800
鋼製さや管方式	圧入方式	一工程式	S(V)	(F, D)	○	○	○	○	○	○	×	×
	オーガ方式	一工程式	S(V)	(F, D)	○	○	○	○	○	×	×	×
	ボーリング方式	一重ケーシング式	S(V)	(F, D)	○	○	○	×	×	×	×	×
		二重ケーシング式	S(V)	(F, D)	×	×	○	×	○	○	×	×
	泥水方式	一工程式	S(V)	(F, D)	×	×	○	×	○	○	×	○

(注)本表の適用可能管種のうち()は、さや管中に挿入する本管である。

*S:鋼管, V:硬質ポリ塩化ビニル管, F:FRPM管, D:ダクタイル管。

表-5 方式別に適用するスパン推進延長

(推進管長：2m, 3m/本)

分類方式	区分		適用管種		推進距離				
			主として使われる管種	特殊条件下で使われる管種	20	40	60	80	100m
鋼製さや管方式	圧入方式	一工程式	S(V)	(F, D)	400	450	500	550	600
					450~500	500	550	600	700
					550~800	600	700	800	1000
オーガ方式	一工程式	S(V)	(F, D)	400~600	600	700	800	1000	
				700~800	800	1000	1200		
ボーリング方式	一重ケーシング式	S(V)	(F, D)	400~600	600	700	800	1000	
				700~800	800	1000	1200		
	二重ケーシング式	S(V)	(F, D)	400~550	550	600	700	800	
				600~800	800	1000	1200		
泥水方式	一工程式	S(V)	(F, D)	400~800	800	1000	1200	1500	

(凡例) 適 可

(注)可の範囲は土質条件に影響を受けるため、採用にあたっては検討を要す。

が標準管よりも劣ること、また測量時に小型立坑内に移設した測標距離が短く、視準の際の個人的誤差が生じやすいなどから1スパンの推進延長は短い。

3-4 推進管

推進用鋼製さや管は、その材質・強度などによって管肉厚、外径(呼び径)、推進方向の許容耐荷力が異なるため、適用にあたっては、施工方式の特

表-6 方式別に適用するスパン推進延長(短管)

(推進管長：1~1.5m/本)

分類方式	区分		適用管種		推進距離				
			主として使われる管種	特殊条件下で使われる管種	20	40	60	80	100m
鋼製さや管方式	圧入方式	一工程式	S(V)	(F, D)	300~600	600	700	800	1000
					600~800	800	1000	1200	
	オーガ方式	一工程式	S(V)	(F, D)	300~500	500	600	700	800
					500~800	800	1000	1200	
ボーリング方式	一重ケーシング式	S(V)	(F, D)	300~400	400	500	600	700	
	二重ケーシング式	S(V)	(F, D)	400~600	600	700	800	1000	
泥水方式	一工程式	S(V)	(F, D)	400~800	800	1000	1200	1500	

(凡例) 適 可

(注)可の範囲は土質条件に影響を受けるため、採用にあたっては検討を要す。

表-7 さや管用鋼管(JIS G 3444 STK-400)

鋼管呼び径	外径(mm)	有効長(mm)	管厚(mm)			参考質量(kg/本)			降伏点耐力(N/mm ²)	仕上がり径(該当する塩ビ管径)
			A	B	C	A	B	C		
300	318.5	1000	6.9	7.9	9.0	53.0	60.5	68.7	235	150~200
350	355.6	1000	7.9	9.5		67.7	81.1		235	150~200
400	406.4	1000	7.9	9.5	12.7	77.7	93.0	123.3	235	150~250
		1200	7.9			93.2				
		2000		9.5			186.0			
450	457.2	1000	7.9	9.5		233.0	279.0		235	150~300
		2000		9.5			210.0			
		3000	7.9	9.5		263.0	315.0			
500	508.0	1000	7.9	9.5	12.7	97.3	117.0	155.1	235	150~350
		1200	7.9			117.0				
		2000		9.5			234.0			
		3000	7.9	9.5		292.0	351.0			
550	555.8	2000		12.7			342.0		235	150~400
		3000	9.5	12.7		387.0	513.0			
600	609.6	1000	7.9	9.5	12.7	141.0	187.0		235	150~450
		1500	9.5			211.0				
		2000		12.7			374.0			
700	711.2	3000	9.5	12.7		423.0	561.0		235	150~500
		2000		12.7			438.0			
800	812.8	1500	9.5			284.0			235	150~600
		2000		12.7			502.0			
		3000	9.5	12.7		564.0	753.0			

※短管とは基本有効長の1/2~1/3管であり1m管とする。しかし、方式および管径により有効長1.2~1.5mとする場合がある。

徴を十分理解したうえでもっとも現場条件に合致した方式を選定する必要がある。一般に、推進工法用鋼製さや管として用いられる鋼管としては、日本工業規格(JIS)が用いられているが、もっとも多いのはJIS G 3444 STK400である(表-7)。

④ さや管推進工法としての役割

4-1 本管について

鋼製さや管は敷設土かぶり小さく、車両などによる外部荷重を直接下水道本管に作用させないことや、礫地盤などで推進管として硬質塩化ビニル管を使用できない場合などに用いられているが、さや管内に敷設される本管としては以下のようなものがある。硬質ポリ塩化ビニル管の規格としては、

- ・日本工業規格(JIS), 硬質ポリ塩化ビニル管 JIS K 6741
- ・日本下水道協会規格(JSWAS K-1), カラー

表-8 中込め充填材の配合例 (1m³あたり)

名称	単位	数量	摘要
セメント	kg	500	ポルトランドセメント
ベントナイト	kg	100	—
水	m ³	0.8	—

はJSWAS K-1(WTB), K-6(WTA)

そのほかには、ダクトイル管, FRPM管などが、耐食性や圧送管などの目的で使用されている。さや管内への配管については、設計勾配を保持させるために本管を固定する治具として、一般的にはスペーサを用いる。これは中込め注入時の本管変位防止効果もある。

4-2 中込め注入材

鋼製さや管に本管を挿入設置後、本管との間隙を充填するための一般的な注入材の配合を表-8に示す。また、上記ベントナイトの代わりに充填性を高めるために気泡剤を用いる場合もある。

⑤ 障害物除去例

本事例は、図-7のように橋台施工時に存置された鋼矢板IV型が推進計画路線中に支障することから、その撤去を目的として適用されたものである。鋼管径は800mm, 推進延長は34.0m, 推進部土質は粘性土である。施工方法としては、鋼製さや管方式二重ケーシング式(SH工法)を用いている。

二重ケーシング式は、写真-1のように偏芯先導管を装着した鋼管と、その内部に切削ビットの回転と切削した土砂の排土を容易にするため、帯鋼をスパイラル状(写真-2)に取り付けたケーシング

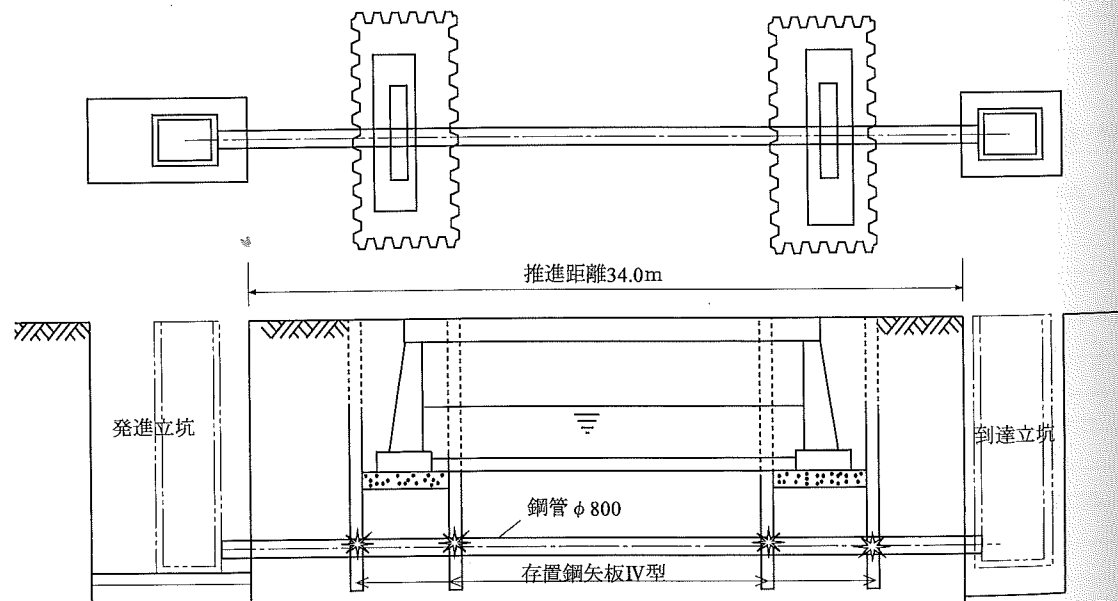


図-7 障害物(基礎杭)撤去

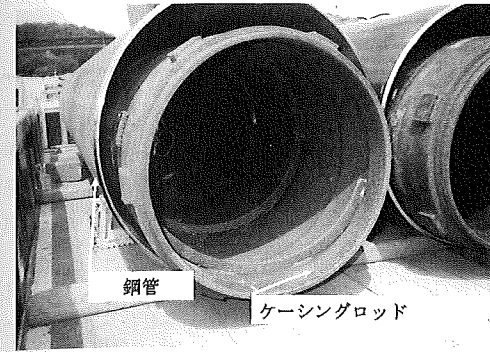


写真-1 鋼管およびケーシングロッド

ロッドにより構成されている。

推進機(推進ジャッキ)によりケーシングロッドを対象物に押し付け、推進機本体の回転力によりケーシングロッドの先端の刃先(掘削ビット)を回転させて切削する。鋼矢板や鋼管などの鋼製の障害物の場合には、推進管である鋼管とケーシングロッドの間から切削部に送水することで、先端部の閉塞防止やケーシングロッドのベアリング冷却効果を得る。鋼材切削時のビット損傷に対しては、ケーシングロッドのみを発進立坑に引抜いて、交換する。本事例では、橋台施工に際して構築した立坑の土留め材として推進方向に4か所出現する鋼矢板を切削し、回収しているが、1か所切削することにビットの交換を行っている。

⑥ おわりに

鋼製さや管方式の小口径管推進工法における位置づけと工法の概要を中心に記述したが、本方式

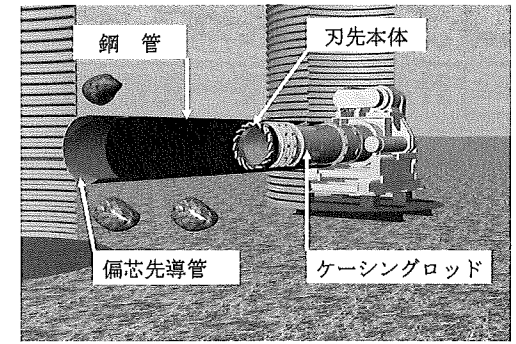


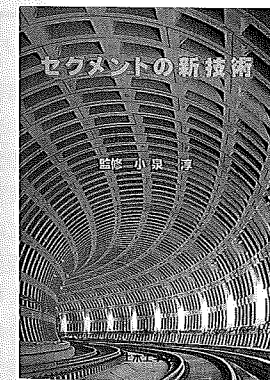
写真-2 偏芯先導管およびケーシングロッド

は、通常の鉄筋コンクリート管や硬質塩化ビニル管などの推進方式と異なり、鋼管先端部に掘削対象物に応じたビットを装着することで、その適用性は大きく拡大される。図-1の掘削および排土方式によっては、障害物除去に不向きな方式もあるが、一般的には、他の推進工法には見られない特徴を有する方式であると言える。最近では、小口径管だけでなく、大口径管での推進事例が見られるなど、鋼管推進としての存在感を示している。本方式における今後の課題としては、鉄筋コンクリート構造物、鋼製の障害物および硬質岩を対象とした事例を多く集約し、その施工性を精査して標準化がなされることであろう。

(文責: 澁谷 宏・(公社)日本推進技術協会)

参考文献

- 1) 日本下水道管渠推進技術協会: 推進工法講座 I, 月刊推進技術, Vol.25, No.6, 2011.



セグメントの新技术

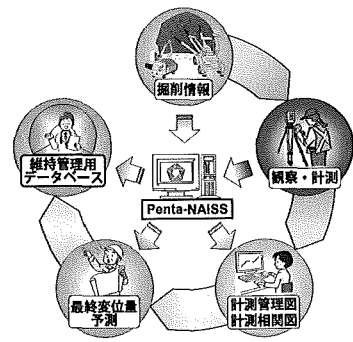
監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 千290円

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

工法・技術・製品ニュース

製品 計測データを一元管理し、次段階にフィードバック

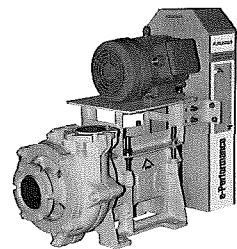


Penta-NAISSの概念図

五洋建設は、NATMトンネルにおいて、地山や支保工の状態を一元管理できるNATM計測管理支援システム「Penta-NAISS」を開発した。同システムは、個別に計測された各種計測結果の相関関係を考察するための支援機能が搭載されているのが特徴で、計測結果を同一システムに取り込み、一元管理することにより、各計測データ間の相関関係をグラフ化することや、トンネル縦断方向に計測データを一括表示することで、計測結果の施工へのフィードバックが容易となる。また、施工記録も取り込むことで維持管理の基礎資料としても活用できるとしている。

五洋建設(株)経営企画部広報グループ
TEL : 03-3817-7750
http://www.penta-ocean.co.jp/

製品 省エネを実現する高効率スラリーポンプ



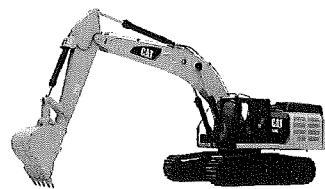
古河産機システムズポンプ営業部
TEL : 03-3212-7803
http://www.furukawa-sanki.co.jp/

古河産機システムズは、新たに開発したe-eインペラ(羽根車)を採用した高効率ライナー型スラリーポンプSPL e-Performanceを発売した。同機は、数値シミュレーションによりポンプ内部の流れを分析し、羽根形状の最適化を図った新開発のe-eインペラを採用することで、従来機に比べポンプ最高効率を最大で20%向上させた高効率ライナー型ス

さらに、坑内最終変位量を複数の手法から予測することができる機能を搭載することで、支保パターンや対策工の検討なども迅速化できる。今後は、切羽前方探査データや孔内傾斜計・伸縮計など特殊な計測データへの対応、覆工の初期点検記録などの維持管理に供されるデータへの対応、複数のトンネル施工データを一元管理できるデータベースを構築し、現場以外でも随時閲覧可能な情報管理システムの開発などのシステム機能強化を行うことで、自社だけでなく、外部販売も含めた、トンネル施工情報管理システムの展開に取り組んでいくとしている。

リーポンプ。また、スラリーがポンプ内の羽根車などを通過するさいに生じる渦や摩擦による損失を低減させた設計で、消費電力の増減要因である軸動力を従来機に比べ最大で19%削減することに成功した。これにより使用条件に合わせてモータ容量もワンランク下に落とせるため大幅な省エネ運転を実現している。

製品 砕石や重土木で活躍する45トンクラスの油圧ショベル

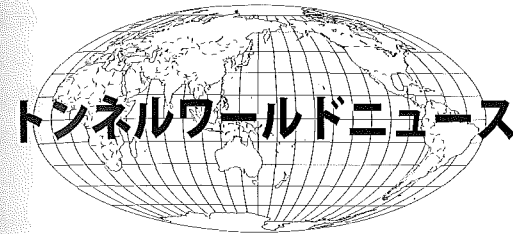


CAT®349E

キャタピラー・ジャパン(株)広報グループ
TEL : 03-5717-1122
http://japan.cat.com/

キャタピラー・ジャパンは、オフロード法2011年基準をクリアする環境性能と高い生産性を両立した油圧ショベル2機種を発売した。発売したのはCat 349E 油圧ショベル(バケット容量1.9m³、運転質量48.0t)とCat 349E L 油圧ショベル(同2.1m³、50.9t)で、Cat 345D(L)油圧ショベルのフルモデルチェンジ機。新型のパワーユニットを搭載す

ることで、排出ガスに含まれる有害物質を大幅に削減し、また、高い生産性を確保しつつ、燃料消費量の大幅な低減(従来機比約19%減)を実現した。さらに、砕石や重土木などの高負荷の作業に対応するため、板厚増強や溶接方法の見直しなどによりフロント構造物(ブーム・アーム)の耐久性を高めるなど、多様な用途への対応力を高めた。



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ブレンナー・トンネルの試みは 工事実施の決意表明

延長55kmのブレンナー基底トンネル工事に着手するためのオーストリアとイタリアの協定を記念する式典が、先月インスブルックで開催された。リスク条項を含み、約114億USドルと見積もられる当該プロジェクトの費用と財源に関する協定にもとづき(工事が)決定された。

工事は、北側はオーストリアのインスブルックから、南側はイタリアのフォルテツァから開始する。アーレンタル(Ahrental)とトレンス(Trens)をつなぐ本坑の建設は、2016年に開始され、2025年の完成を予定している。調査坑および取付け坑の掘削工事は2008年に着手され、順調に進捗している。

欧州委員会のシーム・カラス(Siim Kallas)委員(運輸担当)は、「この決定は、重要な進歩を示している。この経済的に難しい時期にあって、持続可能な欧州輸送政策に投資することは、これまで以上に重要である」と述べた。

「輸送の将来に関する白書の目的に沿って、ブレンナー基底トンネルは、より資源効率が良く持

続可能なアルプス輸送のために、鉄道輸送がその役割を果たすのに重要な貢献をするであろう」

この国境を越えるトンネルは、オーストリアとイタリア間の客貨輸送にとっての主な隘路を取り除くであろう。当該トンネルは、汎欧州網(TEN)におけるドイツのベルリンからシチリア島のパレルモまでの区間である優先プロジェクト1(Priority Project One)の構想の一部であった。

優先プロジェクト1の取りまとめ役、パット・コック氏は、「今日の決定は、ここ数箇月間のオーストリアとイタリアのほか、この重要なTEN-T優先プロジェクト開始以来、ブレンナー回廊作業部会およびその他の利害関係者によってなされた進捗も反映している。欧州の将来の主要鉄道回廊の一つの実現を確かなものにするためのこのような本腰を入れた努力をして働いてくれたすべての人々のおかげである」と述べた。

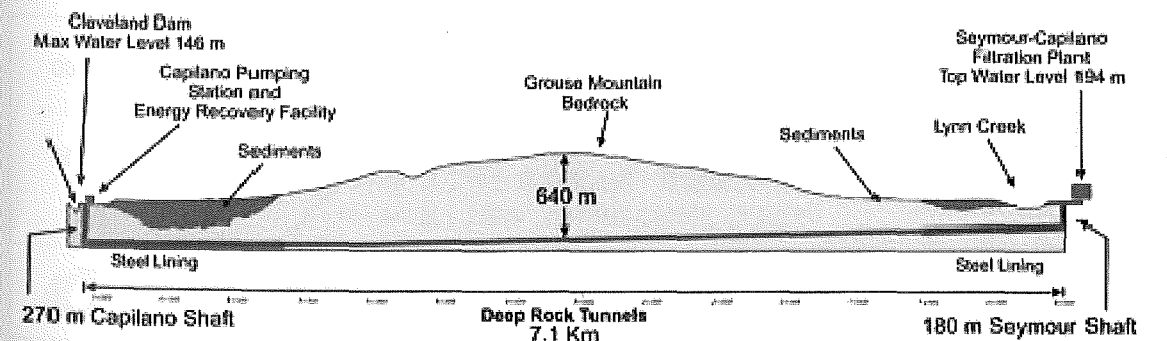
(T&TI '11.5 担当:早坂治敏・鉄道・運輸機構)

バンクーバー水道計画の トンネル掘削が完了

バンクーバー・カナダの Seymour Capilano トンネルプロジェクトの掘削が270mの Capilano 立坑の完成をもって終了した。

プロジェクトは2004年より直径11m、深さ185mの Seymour 立坑建設から始まり、Capilano 立坑が2番目で最後の立坑となった。

メトロバンクーバー委員会の議長 Lois Jackson氏は「このプロジェクトは、大規模プロジェクトの歴史におけるもうひとつの記録となるものであり、この地域の3つある水源のうち2



つの水処理能力を高めるものである」と述べている。

次のステップは、Seymour 立坑で降下され、設置断面までレールで運ばれる鋼製のトンネル覆工管に関するものとなる。

2010年後半には、2つの直径3.8mのRobbins社のTBMが、2本の平行する延長7kmのトンネルを掘削完了させ、Capilano貯水池の近くの新しいポンプ場とLower Seymour特別保護地区の水処理プラントを接続するだろう。トンネルの地質は主に一軸圧縮強度200~265MPaの貫入花崗岩で構成されている。

このプロジェクトも、他のプロジェクト並みの問題を抱えていた。それは、難しい地盤とその結果起きた受注者Bilfinger Berger社と発注者メトロバンクーバーとの争議により、工事は2008年1月に中断された。このプロジェクトは新しい受注者Frontier Kemper JF Shea/Aeconによって2009年4月に再開した。

コストは急騰している。当初予算は2億USドルだったが、現在、3.7億USドルまで到達した。このプロジェクトは予定より2年遅れて、トンネルは2013年までに完成予定である。

メトロバンクーバーによると、Bilfinger Berger社が起こした訴訟は、トンネル完了にお

ける同社の追加コストを取り戻そうとしている。裁判は2012年後半には始まる予定である。(WT '11.6 担当：徳富恭彦・鉄道・運輸機構)

フェーマルンベルトの地質調査報告書

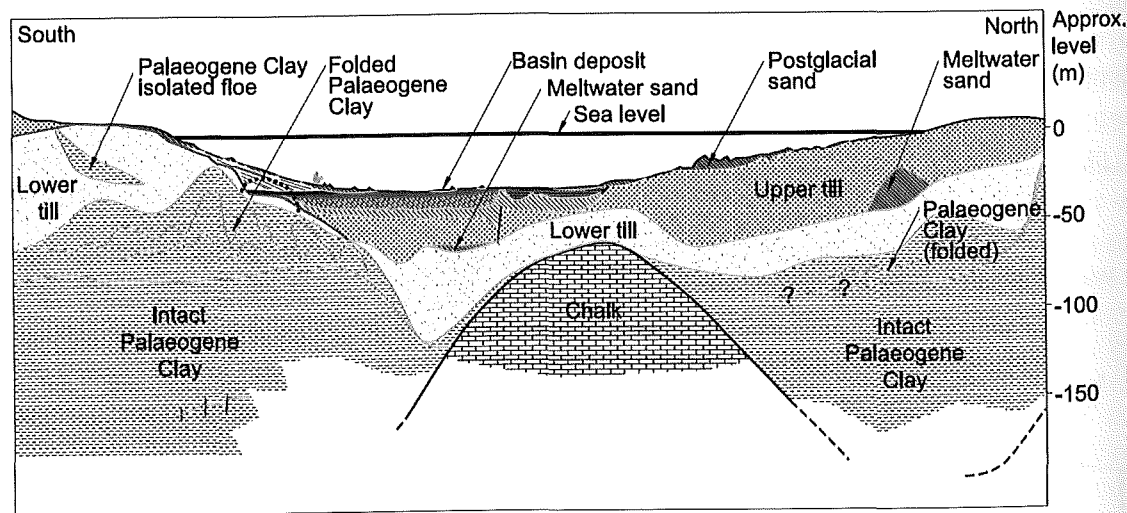
フェーマルンベルト海峡連絡路の政府出資の企画機構であるFemernは先月、連絡路計画のための地質調査報告書が完成したと発表した。

「この地域における連絡路の建設には、地質学的または地盤工学的な障害はない」と、Femernの地質担当者のJens Kammer氏は述べた。

「われわれの調査結果は、大部分は1990年代のフィージビリティスタディにもとづく予測に近い。しかし今回、沿岸部に近い位置にある粘土層が、氷河期の氷河によって以前の想定より乱されていることが確認された。」

「デンマーク沿岸付近では、このいわゆる古第三紀の粘土層は、これから行われる建設工事の影響を受けない深部に位置している。しかし、ドイツ沿岸付近では、古第三紀の粘土層がこの地域の海底に非常に近いため、この粘土層における土工事が発生する。」

「この特殊な粘土層で、さらなる地盤工学的な情報と工事の実際の経験を得るために、Femern



出典：GDR 00.1-001 May 2011 Ground Investigation Report
Simplified geological profile across Fehmarnbelt

はドイツの沿岸に特別な実験場を設立した。現在ここでは、さまざまな応力状態における地盤の挙動を観察・計測する実験が行われており、来たるべき年まで続けられるだろう。」

「今日、われわれが持っている地盤工学的な知見は、フェーマルンベルトの地質状況の全体図を作成する専門家にとって、十分に詳細なものである。よって、興味をもった建設会社は、これらのデータを利用して、今後の工事の入札に向けて十分に準備できる。」

報告書の全文はFemernのウェブサイト (<http://femern.com/Home/Publications>)で入手可能である。

(T&TI '11.6 担当：日向哲郎・(株)間組)

秦嶺山脈におけるRobbins社の掘削新記録

アメリカのTBMメーカーRobbins社は、中国の西秦嶺山脈での双設鉄道トンネルの掘削において、同社のTBMが、非常に困難な条件下で、掘削速度の記録を達成したと発表した。

直径10.2mのメインビームマシンの1台は、土かぶり1,400mの下で運転され、1週間に235mの掘進、春には月進842mを達成した。Robbins社が主張する掘進速度は、直径10~11mのTBMの記録の中でもっとも高いものである。

中国の西秦嶺山脈トンネルプロジェクトは、標高1,000mに位置しており、離隔40mで平行する2

つの16.6kmの掘削トンネルからなっている

そのルートに沿った地質は、主に千枚岩や石灰岩からなっており、なかには高い石英含量をもったものもある。

延長600mの破碎岩や、角礫石と粘土の断層破碎帯に遭遇した。

このマシンは厳しい地盤条件のため特別に設計されており、この掘削ルートの部分ではフィンガー状のルーフシールドに替えて、この地盤条件に適応できるための地盤支保システムを備えている。

この新しいルーフシールドの天端には、フィンガー状の支保システムに替わって、メッシュのポケットがあり、シールド構造の下で作業員が安全に組立てを行うことができる。

その他の改良点としては、リングビームの組立、くし形ルーフ、探索ドリル、支保工エレクトラなどがある。

2つのトンネル掘削は、異なる会社により施工されている。左側のトンネルが、18th Bureau of China Railway Tunnelグループ会社であり、右側のトンネルが、China Railway Construction社である。

そのトンネルは、甘粛省の中心地(蘭州)と3,500万人の人口を持つ巨大都市である南西部の重慶を結ぶ820kmの鉄道プロジェクトの一部である。

鉄道の全線開業は2014年予定である。

(WT '11.7, 8 担当：石田和彦・東京都交通局)

E. フック・E. T. ブラウン共著

岩盤地下空洞の設計と施工

理学博士 小野寺透・工学博士 吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳

B5判・442頁・上製本 本体価格9,800円(〒450円)

株式会社 **土木工学社**

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



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

オンタリオにおける下水道構築/Ontario
Sewer Tackles Rocky Ground

World Tunneling, May, 2010, pp.17-19

本稿では、カナダ・オンタリオ州ウエラントにおいて、下水処理量の増加に対応するための下水トンネル構築について述べている。

フェーズ1は、トンネル長は1,345mであり、交差点でトンネルは直角に曲がった後Wellington Street 沿いにEast Main Streetまで掘進する。

フェーズ2として、Wellington StreetからLincoln Streetへ985m延伸され、合計2.33kmのトンネルとなる。

本プロジェクトは2006年2月に開始され、2009年2月に終了しており、工事費は1,180万米ドルであった。

本トンネルは、Lovat社製の直径2.4mのTBMを使用し、一次覆工は在来工法であるrib and lagging 構造、二次覆工は場所打ちコンクリート、仕上がり径は1.65mとなり、土かぶりは10~15mである。

発進立坑は、Welland川に接していたため、山留めとしてはシートパイルを用い、ずり出しやバッテリーカーの待避のために複線断面を確保するため、深さ13m、長さ25m、幅12mの形状とした。中間立坑、到達立坑の山留めは、親杭横矢板としている。

トンネルの一次覆工はrib and lagging 構造であり、これは外径2.4mの完全な円形に加工した100×100mmのI形鋼を鋼製支保工として1.2mピ

チで配置し、支保工間はI形鋼のウェブに75×150×1,200mmの硬質木製矢板(lagging)を差し込む構造であり、樽のような形状となっている(写真-1)。TBMはこの鋼製支保工を反力として1掘進長1.2mを掘削する。

掘削対象地山はおおむね硬質なシルト質粘土であったが礫を含んでおり、まれにTBMの直径より大きなものも出現した。この礫の小割り方法としては主として割岩機(rock splitter)を使用した。巨礫については発破を使用した。この礫の小割りに時間を要したため、平均的な掘進速度は週進35m程度であった。

掘削中は、切羽における酸素濃度測定が重要であった。これは、掘削中に酸素濃度が管理基準値



写真-1 rib and lagging 構造
(http://www.tunnelcanada.ca/PDFs/newsletter/TAC_2009_P3-1.pdfより)

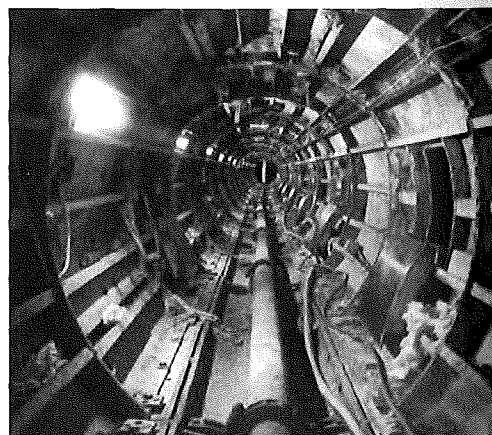


写真-2 テレスコピックセントルの内部
(http://www.tunnelcanada.ca/PDFs/newsletter/TAC_2009_P3-1.pdfより)

以下の12%以下となり、一酸化炭素の発生が認められたことによる。これに対処するために、切羽への送風量を増加させ酸素量の増加と一酸化炭素の削減を図った。

二次覆工には長さ40mのテレスコピックセントルを使用した(写真-2)。セントルのセットは夜勤で行い、昼勤でコンクリートを打設した。

以上述べたように、巨礫の出現や一酸化炭素の発生などの課題は出現したものの、本トンネルは予定工期・予算内で無事に竣工することができた。

(文責：野間達也・(株)フジタ)

GeoTU6 — トンネルの地熱調査プロジェクト/GeoTU6 - a geothermal Research Project for Tunnels

TUNNEL, 2010, May, p.14

Stuttgart(シュツットガルト)–Fasanenhof(ファザーネンホーフ)間の高速鉄道(U6)におけるNATM掘削のトンネルでは、熱交換システムにもとづいて、GeoTU6とよばれる地熱利用の調査検討が行われた。表層、コンクリート、トンネル内空気に温度測定点を多く設けることで地熱サイトの熱伝導率と熱許容量を調べた。

この結果、トンネル内の空気から20~30%に匹敵するエネルギーを抽出できることが示唆された。覆工には安価に熱的機能を追加できる(図-1)。吸収流体がトンネル壁中のアブソーバーパイプを流れることで地中の熱エネルギーが取り出され、これをヒートポンプへ送ることによりエネルギーレ

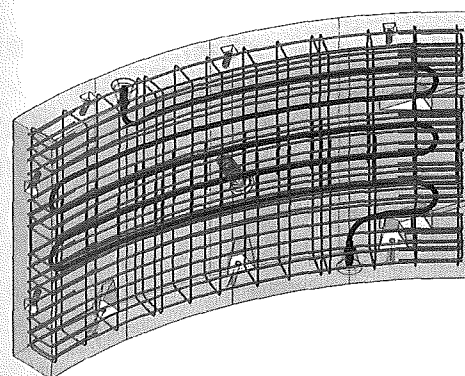


図-1 アブソーバーパイプ付きエネルギーセグメント

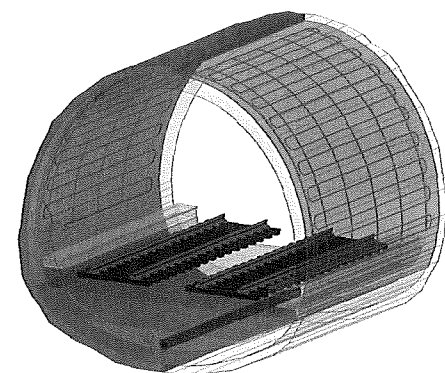


図-2 エネルギーブロック

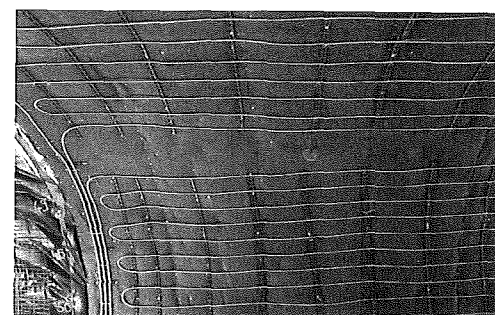


写真-1 アブソーバーシステム設置状況

ベルが増大する。吸収体の技術は、エネルギーセグメントの開発によって拡大した。

GeoTU6では、①地熱実験区の建物、②地熱表面の特徴、③表面・コンクリート・空気中の温度、④吸収体システムの有効性と表面周辺の温度変化幅、⑤将来的にトンネルで地熱利用するためのパラメーターを決定する、ことに関することが主な論点となった。

アーチ部の吹付けコンクリートと二次覆工との間に、長さ10mのアブソーバーパイプを2か所設置した。1か所(180m²)につき、高圧架橋ポリエチレンパイプを用いた高強度のアブソーバーパイプを400m設置した。パイプは並列につないで2回路に分割することで油圧システムを最適化した。底部の主管は基礎コンクリート中をはる連結パイプを通して固定され、ヒートポンプと連結した吸収体システムとつながる。事前の分析では、長期の運転で3~8 W/m²の発電能力が見込まれ、本実験(360m²)では1.1~2.9kWの発電が得られた。

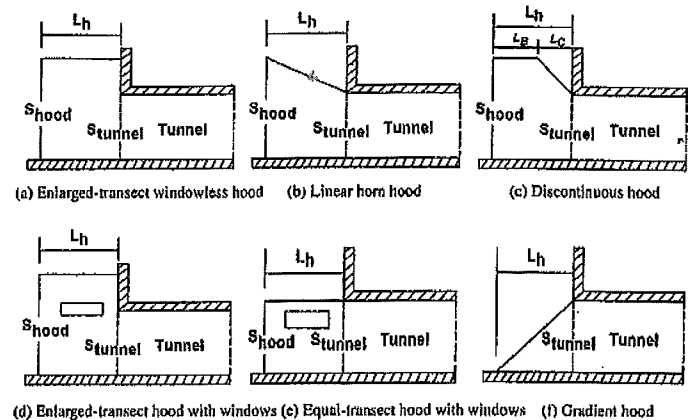
(文責：市川晃央・(株)竹中土木)

トンネル緩衝工の設計と最適化/Design and Optimization of Tunneling Hoods

Tunneling & Underground Technology, May, 2010

高速列車が、トンネルに突入する際に、圧縮波が誘発されることにより乗客の乗り心地に影響を及ぼす。圧縮波は音速でトンネルに沿って伝播する。トンネル入口で発生した圧縮波の一部は、引き続き衝撃波としてトンネル出口から放射される。このいわゆる「微気圧波」は、トンネル出口に近接した環境で騒音と振動を発生することになる。微気圧波の強さは、初期圧縮波波面の圧力勾配に関係している。そこで、微気圧波を減らすために初期圧縮波の圧力勾配を小さくする必要がある。そのためには、トンネル入口側への緩衝工の設置が最善の方法である。

本稿は、既存トンネルの改築に向けた成果の一部であり、微気圧波に関するトンネル緩衝工の各種形式において、緩衝工のトンネル断面積と断面比、緩衝工の延長(トンネル径との割合)、開口率、傾斜角度などのパラメータと低減効果の関係を研究したものである。研究対象のトンネル緩衝工は、(a)拡大断面の緩衝工(開口部なし)、(b)ラッパ状の緩衝工、(c)変化断面の緩衝工、(d)拡大断面の緩衝工(開口部付き)、(e)等断面の緩衝工(開口部付き)、(f)傾斜型の緩衝工である(図の(a)~(f)参照)。



本研究の対象とした、列車が進入するトンネル入口に設置する緩衝工の形状

数値解析では、三次元、粘性、圧縮、非定常、乱流モデルを適用した。既存の鉄道システムの速度向上と改良を研究課題として、運行速度160 km/hで単線トンネルを通過する25T型旅客列車を選定した。列車の計算モデルは3両編成で、流線型の列車先頭部長さが約2.5m、全長は75m、トンネル延長は500m、断面積は59m²である。

「列車空気力学挙動のための可動模型実験装置」は、中国における唯一の装置であり、この装置は明かり区間やトンネル区間における列車運行を模擬実験できる。装置は複線で延長164m、模擬列車の最高速度は400km/h、当該実験で用いた縮尺は、1:17.6である。可動模型実験結果と数値計算との相違は非常に小さく、短いトンネルでの微気圧波の三次元数値計算結果は高い精度であることが示された。

長大トンネルでの微気圧波の大きさは計算上では実測値よりも小さいことが、既往の研究から知られている。これは、数値上、エネルギーの散逸が三次元数値計算に生じるからである。さらに、現時点では、スラブ軌道とバラスト軌道に三次元数値計算を適用して精密に模擬実験することが困難であり、研究の課題として残されている。

数値解析と可動模型実験の結果をまとめると以下のとおりである。

・緩衝工には初期圧縮波と微気圧波それぞれの圧力勾配を低減させる効果がある。ある程度の長さのトンネルについては、緩衝工の長さや断面積の間には、合理的な適合性がある。

・緩衝工の選択にあたっては、微気圧波を低減させる実際の条件、トンネルのパラメータ、地理的条件、建設費などを考慮すべきである。また、詳細な解析により緩衝工の合理的な長さや断面積を選定すべきである。仮にトンネル坑口緩衝工の断面積を拡大するとすれば、所要空間が増加することになる。また、等断面の開口部付き緩衝工または傾斜型の緩衝工は相対的に小型

で所要の面積も小さく建設も容易である。

(文責：深沢成年・鉄道・運輸機構)

マルチスケール解析手法を用いた Dartford トンネルにおける換気システムの解析/Analysis of the ventilation systems in the Dartford tunnels using a multi-scale modelling approach

By F. Colella, G. Rein, R. Carvel, P. Reszka, J.L. Torero: Tunnelling and Underground Space Technology, Nos.4, July, 2010, pp.423-432

Dartfordトンネルは、ロンドンの東約15マイルに位置する延長約1.5kmの2本の道路トンネルであり、換気システムとして半横流換気システムが採用されている(図-1)。

換気のコントロールシステムのアップグレードを行うにあたって、非常時に換気システムがどの程度まで使用不能となっても全体として影響がな

いか検証するために膨大なパラメータ解析が必要となった。

しかしながら従来のCFD(Computational Fluid Dynamics)では膨大な計算時間を要するため、今回のパラメータスタディに適用するのは現実的ではない。そこで計算量を大幅に省力化できるマルチスケールモデル解析手法を採用した。

気体の流れは、ジェットファン付近では複雑な3次元挙動となるが、ファンから離れるにしたがい挙動はトンネル軸方向の1次元挙動として考えることができる。

したがって、ファン付近で詳細な3次元解析を行い、この結果を縦断方向の1次元解析に取り入れることにより、計算量の大幅な省力化を図ることができる(図-2)。

本手法を用いて4通りのシナリオについて解析を行った結果、どの結果についても必要換気速度を下回ることはないという結果が得られた。

(文責：満尾 淳・東急建設(株))

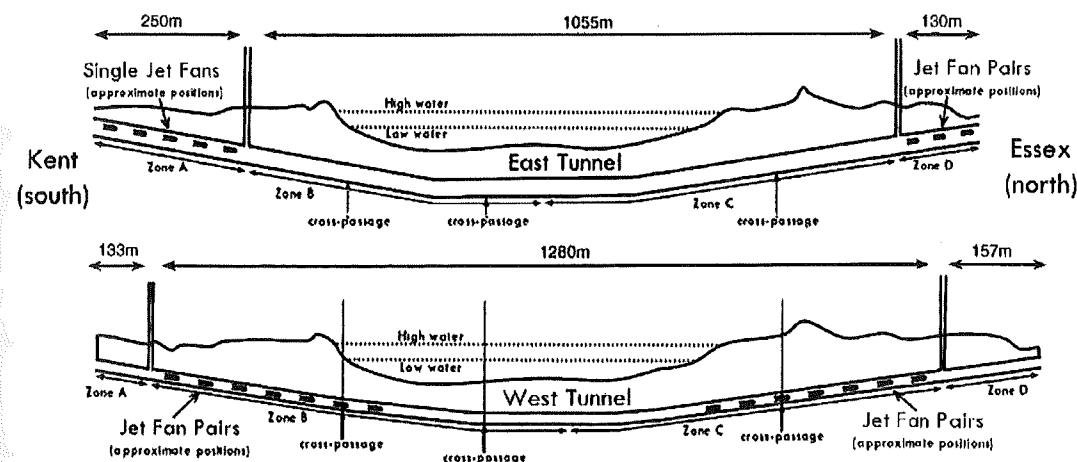


図-1 Dartford東西トンネルにおけるジェットファンと排出シャフトの位置関係図

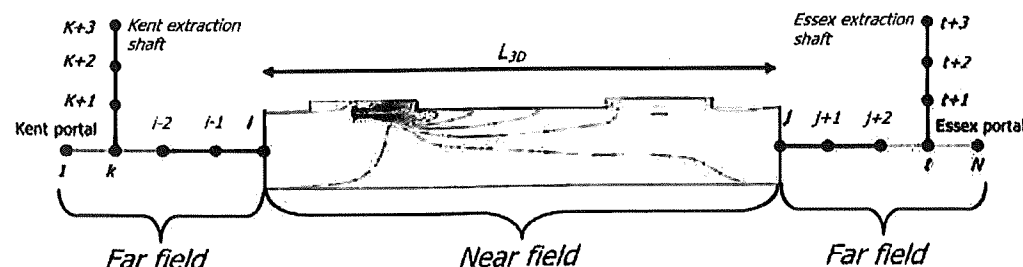
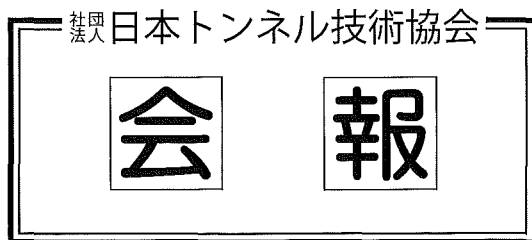


図-2 マルチスケール解析の概念図



1. 会員の現状

	9月30日現在
正会員	1,619名
団体会員	368名
個人会員	1,251名

2. 委員会の開催状況(9月1日~30日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会誌WG(9/7)

大島洋志主査ほか12名, 10月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会対外広報WG(9/22)

早坂治敏主査ほか11名, 「現況2012年度版」の掲載テーマを検討

海外文献小委員会海外ニュースWG(9/28)

早坂治敏主査ほか9名, 海外ニュースを翻訳
計 3回開催 35名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

山岳工法小委員会支援WG(9/5)

深沢成年主査ほか19名, 現場における課題と対応策を検討

◎受託研究特別委員会

土砂処理特別委員会切羽安定WG(9/1)

中村俊明主査ほか6名, 作業方針を検討

土砂処理特別委員会全体調整WG(9/26)

後藤徹委員長ほか7名, 調査内容を検討

土砂処理特別委員会土砂改質処理WG(9/28)

河本武士主査ほか6名, 調査内容を検討
計 4回開催 42名出席

合計 7回開催 77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38回ITA総会およびコンgres「Tunnelling and Underground Space for a Global Society」	2012. 5. 18~24	バンコク(タイ)	International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) Thailand Underground & Tunnelling Group http://www.wtc2012.com/
第39回ITA総会およびコンgres「Underground - the way to future -」	2013. 5. 10~17	ジュネーブ(スイス)	International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) Swiss Tunnelling Society http://www.wtc2013.ch/
第40回ITA総会およびコンgres「Tunnels for Better Living」	2014. 5. 9~15	サンパウロ(ブラジル)	International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) Brazilian Tunnelling Committie

*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: 03-3524-1755

4. 平成23年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(見学会)				
舞鶴若狭自動車道トンネル建設工事現場研修会	2011. 7.29	26	福井県	2.8
小田急下北沢地区複々線化工事建設現場研修会	2011.10. 7	16	東京都	2.0
横浜環状北線シールドトンネル工事現場研修会(施工体験発表会)	2011.11. 4	40	神奈川県	
第68回(山岳)「様々な課題克服に取り組んだ山岳トンネル工事」	2011.10.13	150	東京都	5.1
第69回(都市)「都市トンネル工事におけるコスト縮減・工期短縮の施工事例」	2011.10.14	150	東京都	4.6
(講演, 講習会)				
山岳トンネルのインバートに関する講習会	2011. 6.15	86	東京都	3.5
第13回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2011. 9.29,30	23	東京都	17.3
第14回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2011.12.14,15	20	東京都	
山岳トンネルの地質に関する講演会	2012. 1.24	100	東京都	

催物の案内は逐次協会のホームページに掲載いたしますので閲覧くださいますようお願いいたします。一般検索サイトで「トンネル技術協会 国内催物」あるいは下記URL入力で辿りつけます。

http://www.japan-tunnel.org/event_japan

事務所移転のお知らせ

このたび、当協会事務所は、下記のとおり移転しました。今後とも会員のニーズを反映した諸活動を実施してまいりますので、ご支援ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

—記—

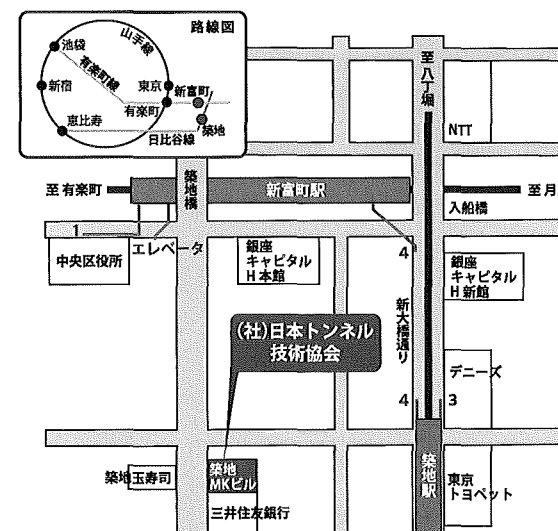
移転先住所: 〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号築地MKビル(6階)

TEL: 03-3524-1755 FAX: 03-5148-3655

業務開始日: 平成23年9月20日(火)

【案内図】

(最寄駅 日比谷線築地駅3分, 有楽町線新富町駅5分)



12月号予告[12月1日発売予定]

- 先進ボーリング技術のブレークスルーを目指して(2)
 - 北海道横断自動車道 夕張～占冠間
 - 都営大江戸線 勝どき駅改良工事
 - 東京都下水道 勝島ポンプ所
 - 天然ガスパイプライン 静浜幹線
- 【連載講座】
- 最新推進工法技術(7)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆10月27日より「読書週間」がスタートしています。業界関係者として多くの方に1冊でも多く読書を楽しんでいただきたいと思っております。

◆「読書週間」の前身は大正13(1924)年に日本図書館協会が制定しました「図書週間」です。当時は11月17～23日の1週間で行われておりました。その後、昭和8(1933)年に「図書館週間」に改称され、期間中「図書祭」も開催されておりましたが、残念なことに昭和14(1939)年に戦争の影響で廃止となってしまいました。その後、昭和22(1947)年、「読書の力」によって、平和な文化国家を作ろう」という決意のもと、第1回「読書週間」が11月17日より1週間開催されました。第2回目以降1週間では短いということで「文化の日」を挟み10月27日より2週間開催となって現在に至っております。

◆「読書週間」も本年で65回を数え、今年の標語は『信じよう、本の力』です。東京都の小野島健太さん案です。ここで受賞者のことばを紹介したいと思います。

“人々の希望を奪い去った大震災一。今、復興した書店は多くの人で賑わっていると聞きます。失ったものはもう戻ってこないけれど、本には人を元気づけたり、人の悲しみに寄り添う力があると思います。こんな時代だからこそ、ぜひ多くの人に本を読んでもらいたいです。”

標語に用いられた言葉「本の力」。重みのある言葉です。業界人として私も信じていきたいと思っております。

(I.Y)

★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(株)土木工社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42巻 第11号 [通巻495号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成23年10月20日 印刷

平成23年11月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL: 03-3524-1755

FAX: 03-5148-3655

<http://www.japan-tunnel.org>

発行所 株式会社土木工社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

<http://www.tunnel.ne.jp>

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 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

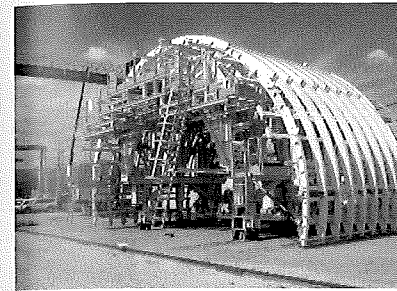
本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。TEL: 03-3267-2888

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。

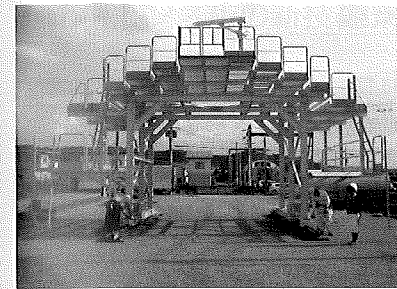
トンネル
二次覆工用型枠
総合メーカー

一歩前進!

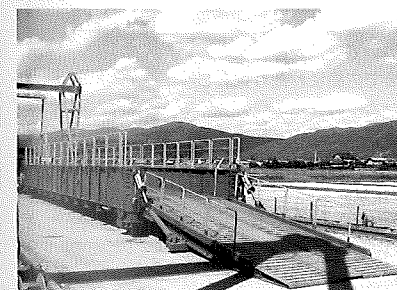
～限りない未来への挑戦～


大栄工機株式会社


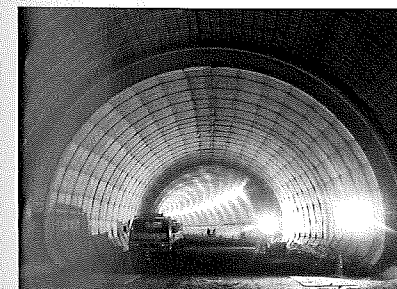
スライドセントル



作業台車



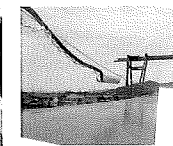
移動棧橋

NETIS登録番号 CB-090003-A
EPSパネル養生

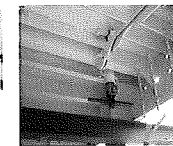
スチールフォーム(中流動コンクリート対応型)



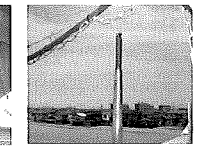
MC矢板



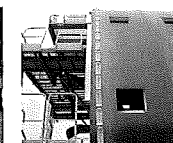
天端引抜パイプレータ



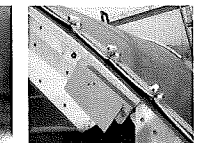
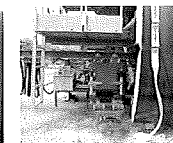
エア-抜き金具



配管切替装置



剥離材塗布装置付自動ケレン機



クラック防止センサー

ご用命は下記まで

〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地

TEL: 0749-64-0246 FAX: 0749-63-6765

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

※詳しくは、弊社ホームページをご覧ください

山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著
3,200円+税 B5判

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



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著
1,200円+税 新書判

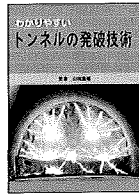
温泉開発における一般論から探査技術についてまとめ、今後の温泉開発の考え方を、外国の事例も交えながらわかりやすくまとめた。



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500円+税 B5判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000円+税 A5判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500円+税 B5判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757円+税 B5判

土木構造物や岩盤構造物の計画・調査から設計・施工において必要と地質や岩盤に関する情報を得るために必要な理論および技術を平易に解説した。



推進工法の理論と実際

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

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



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660円+税 B5判

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



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500円+税 B5判

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



地下水の科学 I ~ III (全3巻)

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

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



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

セグメントの新技术

小泉 淳 監修
2,000円+税 B5判

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



わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825円+税 B5判

トンネルを掘るときに、どのような力学的な問題が生じるかについて、わかりやすく解説した。トンネル工学の理論と実際が統一されることを願って記された一冊。



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573円+税 B5判

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



ジオテクスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300円+税 A5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200円+税 A5判

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



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200円+税 A5判

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



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800円+税 A5判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400円+税 A5判

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



トンネルと地下

1,500円+税 B5判 月刊(毎月1日発売)

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



書籍のお申し込み

ご注文は当社へFAXまたは、書店にてお申し込みください。FAXでご注文の際は、書名、部数、送り先、氏名、電話番号を明記のうえ下記までお送りください。(株)土木工学社 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂 TEL: 03 3267 2888 Fax: 03 3267 2807

各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー

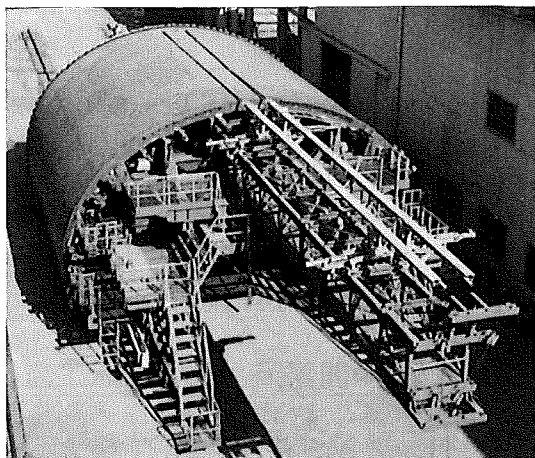


東和機電工業株式会社 かいた 穎田工場

〒820-1111 福岡県飯塚市勢田2594番地の18
 電話：(09496)2-3500(代表)
 F A X：(09496)2-6310
 E-mail：towakiden@yahoo.co.jp

創業昭和29年、設立昭和39年、昭和42年にセトル業界へ参入して、
 44年の歳月の中、努力して今日まで参りました。
 九州一円離島に至るまで真心こめて納めさせて頂いた実績が、
 四国・関西・関東までの実績を伸ばしております。

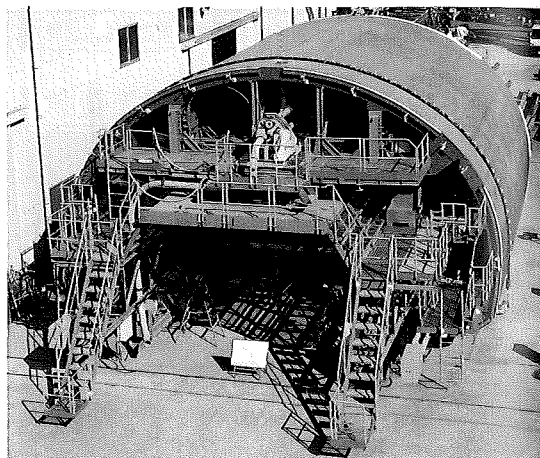
- クラウン部締め固めバイブレーター(特願)
- 中流動コンクリート用ステンレスフォーム



◎強靱なガイドセルに支えられたトンネルクラウン部の締め固めバイブレーターは、前進後進同一の力で抜き差し出来ます。

◎円周方向にスライドするガイドセルは、クラウン部の任意の位置にセットする事が出来ます。

◎ガイドセルの上昇・下降により、任意の高さを締め固める事が出来ます。

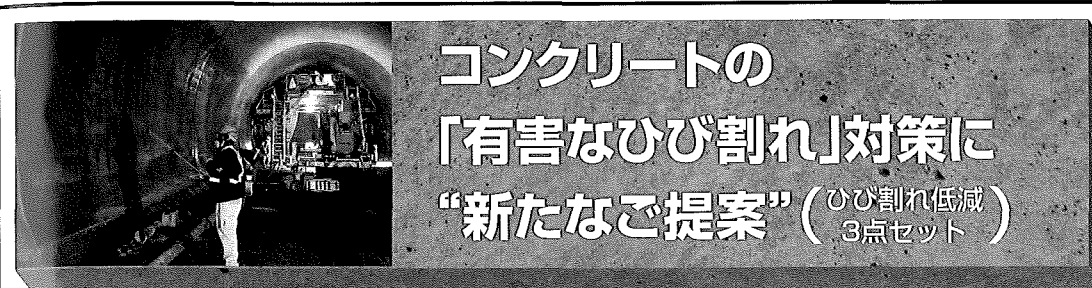


● 自動ケレン装置

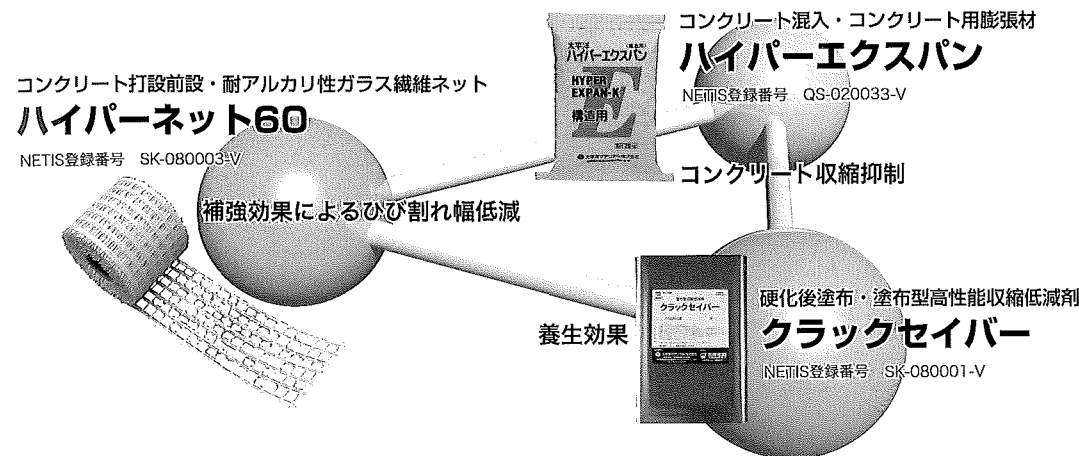


- ロータリー式自動配管切替装置
- 油圧式伸縮バイブレーター装置
- ラップ側押上防止センサーおよび警鳴装置
- クラック防止用弾性体式ラップアングル
- コンクリート圧力センサー
- コンクリート充填センサー
- 2段式伸縮型エア抜き
- 本坑通過型非常駐車帯セントル
- 横移動式棧橋
- 自走式シート張り作業台車
- 橋型走行クレーン
- コンクリート養生設備

常に顧客のニーズに応えるため、安全性と施工効率を追求し、
 高品質な製品を納めさせていただきます。



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



様々な現場で力を発揮する
 注入材、裏込材
 “最適な選択をご提供”

注入材	超微粒子注入材	太平洋アロフィクスMC
	瞬結工法用無機懸濁型 土質安定材・下水道止水材	太平洋アロフィクスMC2号
	注入式長尺先受工法用注入材	太平洋スーパーハード
	注入式長尺先受工法用注入材	太平洋スーパーファスナー
裏込材	プレミックス裏込用充填材	太平洋フォルトカバー

太平洋マテリアル株式会社
 営業本部

〒135-0064東京都江東区青海 2-4-24 青海フロンティアビル 15F
<http://www.taiheiyo-m.co.jp>
 TEL.03-5500-7510 FAX.03-5500-7542