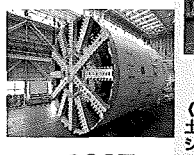


トンネルと地下 12

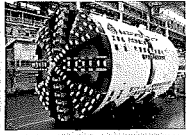
vol. 42
no. 12
2011

12
4000円
トンネルと地下
JTA
37
KR
●φ10.3mのシールドがR30mの急曲線で首都高の橋脚間を貫く

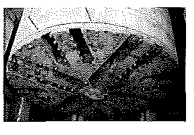
トンネル開発技術に 70年のヒストリー。



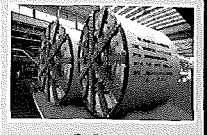
2007
(ドバイLRT用シールド)
ドバイの交通網の発展に貢献



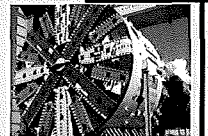
2008
(支障物切削シールド)
土中のH杭やシートパイルをシールドマシンで切削



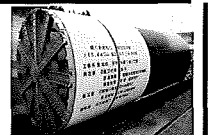
2009
(中国初の大断面φ14.27m泥土圧シールド)
上海外灘地区の交通渋滞解消に貢献
上海万博に合わせ貫通



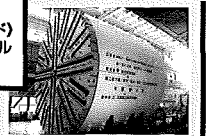
2010
(長距離・大断面φ12.5m泥土圧シールド)
横浜市の交通ネットワークを形成する
横浜環状北線トンネル工事が掘進開始



2006
(世界最大径φ15.01m泥土圧シールド)
スペインマドリッド環状道路M30の
洗滌回避に活躍



2004
(大断面SENS工法シールド)
東北新幹線三本木原トンネル
工事の建設で活躍



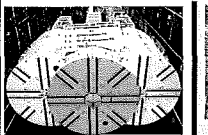
2003
(超大断面・大深度・長距離掘削用シールド)
神田川・環状七号線地下調整池
の建設で活躍



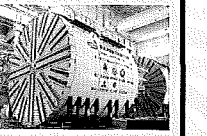
1939
(日本最初の本格的シールド)
関門トンネル工事で活躍



1989
英仏海峡トンネルT-5区貫通式
完成にわく関係者たち



1995
(3心円泥水式駅シールド)
地下鉄12号線環状部飯田橋駅
工区建設工事で活躍



1993
(世界最大級の泥水式シールド)
東京湾横断道路工事で活躍

世界中で
1700台の
実績！

昭和14年(1939年)我が国初の本格的シールド式トンネル掘削機を開発して以来、三菱重工はトンネル開発技術のパイオニアとして70年にわたり国内や海外で数多くの実績を築いてきました。豊かな21世紀を育むために、三菱は最先端のジオテクノロジーでさらに前進しています。

三菱重工メカトロシステムズ(株)のシールド式トンネル掘削技術

三菱重工メカトロシステムズ株式会社 都市開発部
神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 TEL.078-672-2873 FAX.078-672-2869
東京都港区港南二丁目16番5号 TEL.03-6716-4092 FAX.03-6716-5833

定価 1,575円
本体価格1,500円

雑誌06619-12



4910066191214
01500



日本トンネル技術協会誌

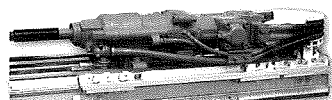
FRD
FURUKAWA

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

ホイール式ドリルジャンボ
JTH2200R/JTH3200R

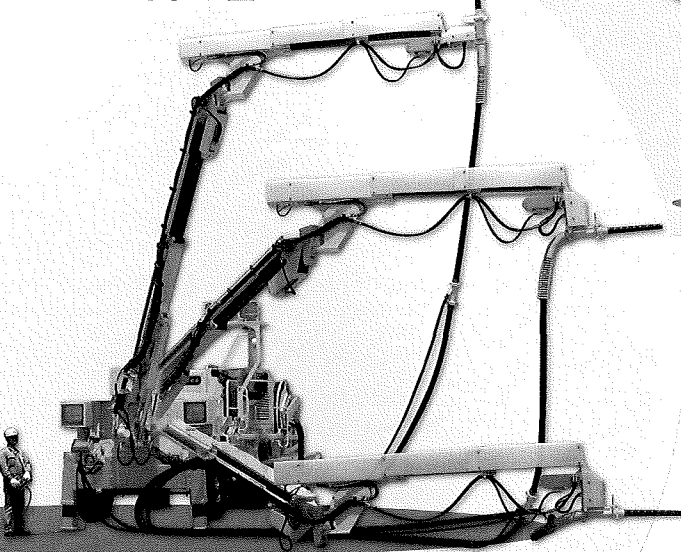
新幹線・道路・水路等の全断面および補助ベンチ工法のトンネルさく孔に威力を発揮します。

新世代型油圧ドリフタHD210Ⅱ搭載。



◆主な仕様	JTH2200R 2ブーム、2ケージ	JTH3200R 3ブーム、2ケージ
質量	35.5 ton	43 ton
全長	14,270 mm	14,760 mm
全幅	2,690 mm	3,140 mm
全高	4,000 mm	4,190 mm
水平さく孔範囲		
幅	12,770 mm	13,220 mm
高さ	8,490 mm	8,840 mm

自走式コンクリート吹付機(コンプレッサ搭載型)
CJM2200E-Ⅲ



◆CJM2200E-Ⅲ 主な仕様

質量	24 ton
全長	15,600 mm
全幅	3,000 mm
全高	4,000 mm
水平さく孔範囲	
幅 × 高さ	13.3m x 10 m

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

△ 古河機械金属グループ

FRD 古河ロックドリル株式会社

www.furukawarockdrill.co.jp

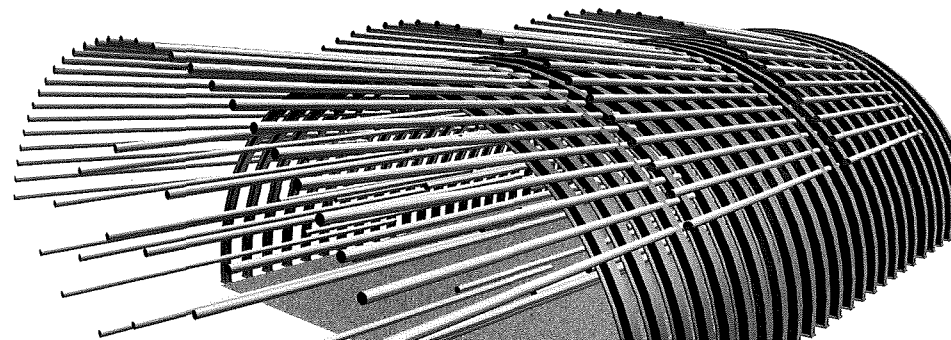
本社 〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号 特機部 ☎03(3231)6966

札幌支店 ☎011-861-3261 東北支店 ☎022-384-8991 関東支店 ☎027-326-9611 名古屋支店 ☎0568-77-7700
関西支店 ☎06-6475-8221 広島支店 ☎082-832-3542 九州支店 ☎092-948-2010

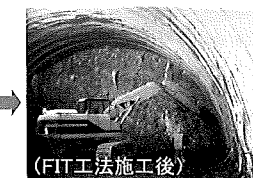
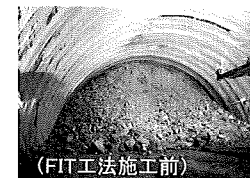
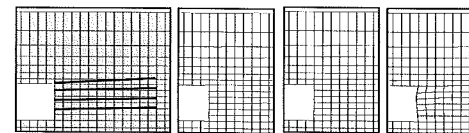
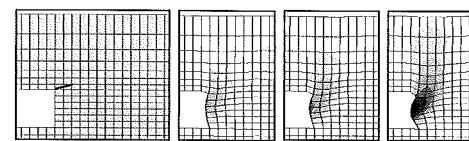
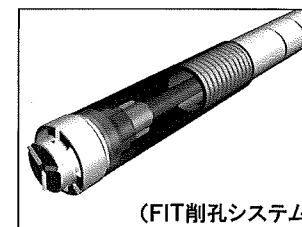
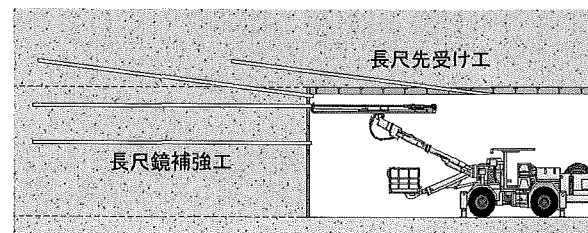
全方位 GFRP 管長尺補強システム

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

FIT 工法
FRP INJECTION TUBE



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



(数値解析による効果の検証例)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部 TEL(03) 3570-5223 FAX(03) 3570-5233
大阪土木営業部 TEL(06) 6363-1884 FAX(06) 6313-0755
札幌支店 TEL(011) 751-4681 FAX(011) 751-4682

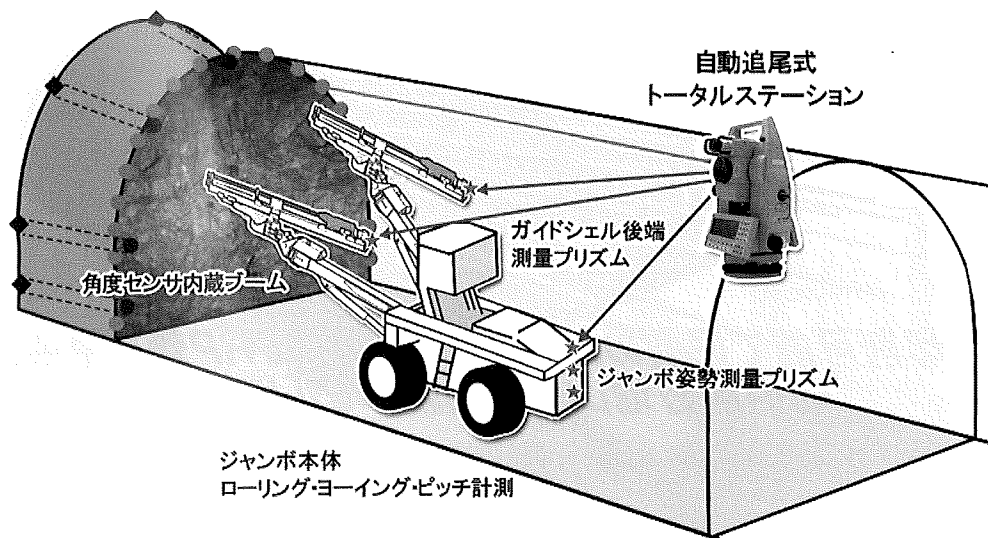
ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

NETIS登録番号:KK-10049-A

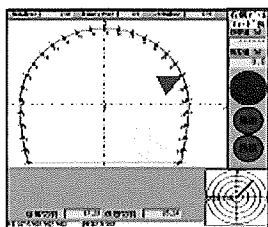
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

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

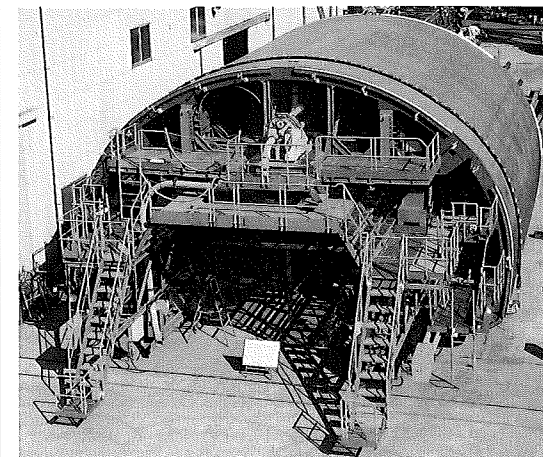
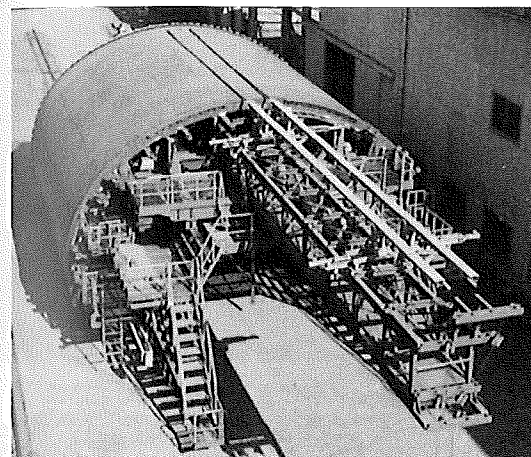
電話：(09496)2-3500(代表)

FAX：(09496)2-6310

E-mail：towakiden@yahoo.co.jp

創業昭和29年、設立昭和39年、昭和42年にセン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
- 横移動式栈橋
- 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。

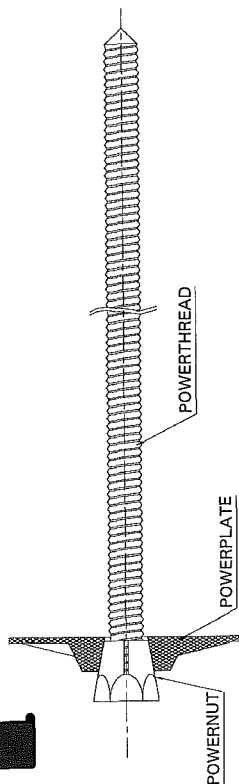
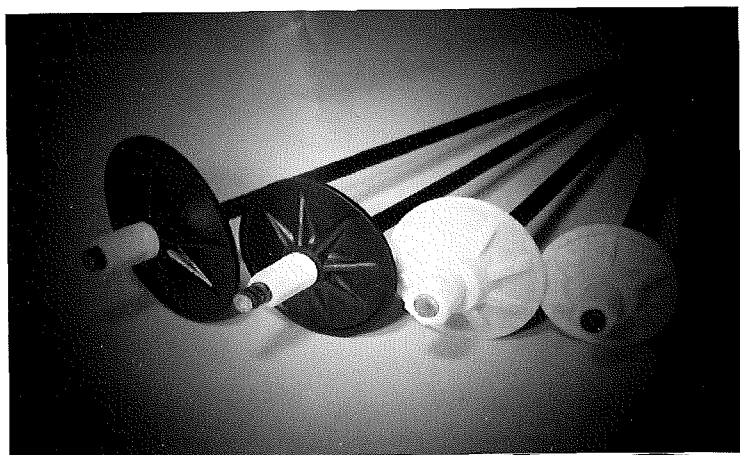
パターンボルトのGRP化

POWERTHREAD

耐食機能に優れたロックボルト

POWERTHREADは、POWERNUT/POWERPLATEを組み合わせることにより、
全てGRP製に！！

※ GRPとは、Glassfiber Reinforced Plastic
(ガラス繊維強化プラスチック)の略。



- ・棒鋼型ロックボルトと同等の耐力を有する。
- ・軽量である。
- ・腐食しない、錆びない。
- ・導電しない、耐電しない。
- ・製造過程でのCO₂排出量が少ない。

環境にやさしいロックボルトシステム

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

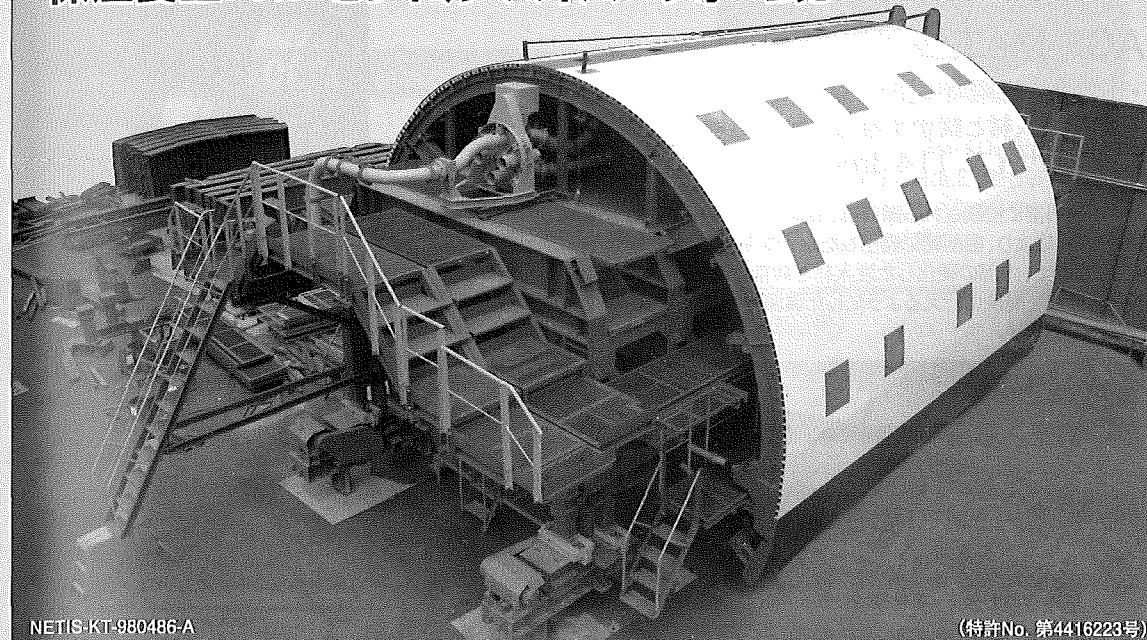
TEL)06-6578-3235 FAX)06-6578-3237

北海道地区(株エイチ・アール・オー)

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

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

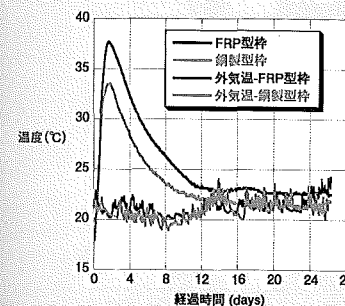


NETIS-KT-980486-A

(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 ²	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 ⁻⁶	1.1×10 ⁻⁶
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

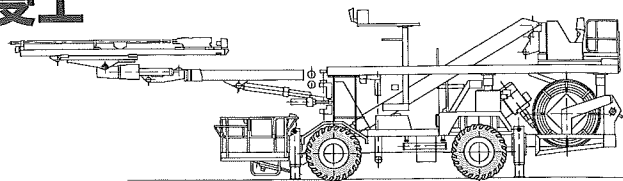
※九州営業所は下記の住所に移転しました。

■ 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

環境対応型長尺鋼管先受工

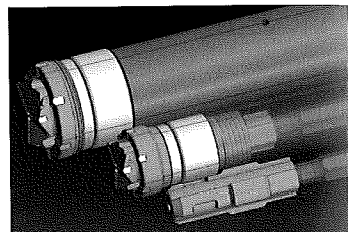
TOHO **AGF** System

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

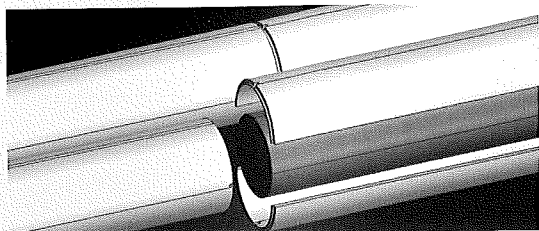
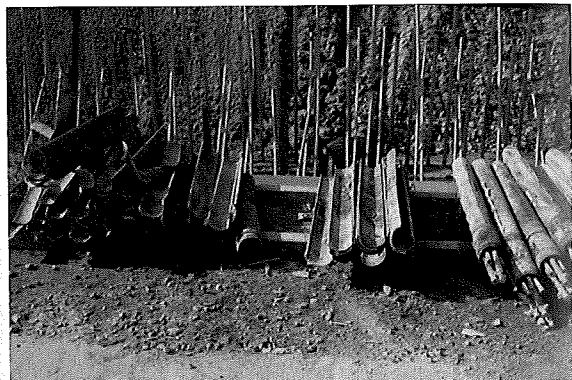


AGF-Me工法

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



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



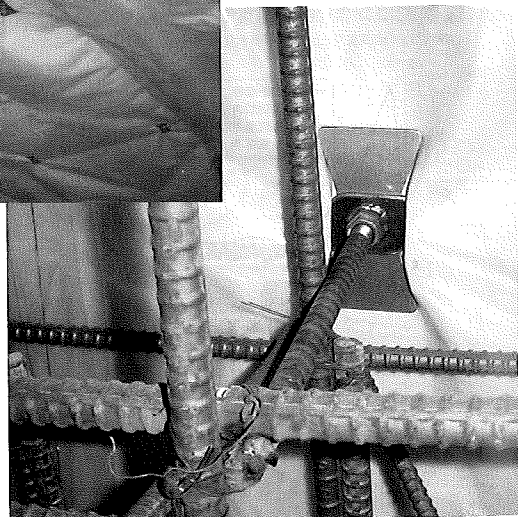
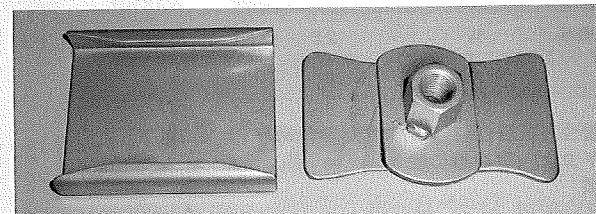
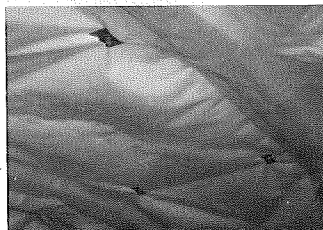
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社 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 トーキソール

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

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をしております。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おります。

2010 (平成22年)

- 11月号 (Vol.24 No.11 通巻281号)
▶特集/最先端技術を探せ！
～曲線推進への道のり～
- 12月号 (Vol.24 No.12 通巻282号)
▶特集/下水道再構築の切り札
～改良推進工法～

2011 (平成23年)

- 1月号 (Vol.25 No.1 通巻283号)
▶特集/我が推進工法の海外進出
- 2月号 (Vol.25 No.2 通巻284号)
▶特集/既設構造物への到達と地中接合技術
- 3月号 (Vol.25 No.3 通巻285号)
▶特集/推進工法で集中豪雨に備える
- 4月号 (Vol.25 No.4 通巻286号)
▶特集/きびしい施工条件を克服
～高耐荷力方式編～
- 5月号 (Vol.25 No.5 通巻287号)
▶特集/きびしい施工条件を克服
～低耐荷力方式編～
- 6月号 (Vol.25 No.6 通巻288号)
▶特集/きびしい施工条件を克服
～鋼製さや管方式編～
- 7月号 (Vol.25 No.7 通巻289号)
▶特集/ここまで進化した推進技術
- 8月号 (Vol.25 No.8 通巻290号)
▶特集/トラブルゼロをめざす
- 9月号 (Vol.25 No.9 通巻291号)
▶特集/難読異物に打ち勝つ
- 10月号 (Vol.25 No.10 通巻292号)
▶特集/総合評価と技術提案

11月号 (2011)

特集/完全非開削に向けて
取付管推進工法

(Vol.25 No.11 通巻293号)

【総論】.....

(公社)日本推進技術協会技術委員会 石塚 千司

【特別寄稿】.....

(株)熊谷組(本誌編集副委員長) 阿部 勝男

【座談会】.....

鎌倉市 杉田 公敬
 (財)東京都新都市建設公社 小倉 憲治
 日本マイティー(株) 小川 輝夫
 (株)福田組 石塚 千司
 (株)熊谷組 阿部 勝男
 (公社)日本推進技術協会 石川 和秀

【解説】.....

コンパクトモール工法研究会 渡辺 大
 PIT&DRM協会 太田 裕之
 東京油機工業(株) 重盛 知勇
 (株)福田組 石塚 千司
 インパクトモール協会 井口 隆彦

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てご案内いたしております。

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

無料お試し購読キャンペーン
実施中!! (12月末迄)

この機会にぜひ、「月刊推進技術」をお手にとってご覧ください。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



お申し込みはこちら

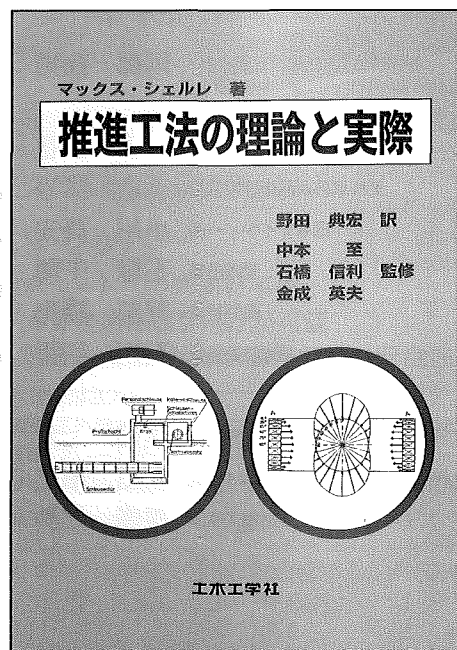
月刊推進技術 編集室

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

〒135-0046 東京都江東区社丹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

推進工法の理論と実際

マニュアルを超えて
推進工法の理解を
さらに深める一冊



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

推薦の言葉

中本 至・石橋信利・金成 英夫

推進工法によって、下水道をはじめ多くの管渠が布設されている。下水道については一九六〇年にはわが国の普及率は十五%にすぎなかったが、今日では六〇%近くになっている。当初、一五〇〇キロしか施工実績がなかったが、近年の施工延長は年間一五、〇〇〇キロになっている。下水道の施工方法の選定にあたって、施工条件や建設環境、地下埋設物や地盤条件などの関係から、開削工法

より推進工法などの特殊工法が選定されることが多くなり、その中でもとくに推進工法の適用は多くなった。ところが、わが国では推進工法に関する実務書は多いが理論面を記述したものはあまり見当たらず、推進工法の一層の発展のためにも理論書が求められていた。

本書では、ドイツで推進工法の研究開発で著名なマックス・シェルレ博士が推進工法におけるいろいろな疑問について理論的に解明した古典的な名著である。博士は理論面のみではなく、実際の施工にも従事し、実務にも精通していたので、実務面の良さも持っている。

私たちは、野田氏（訳者）の翻訳を監修したわけだが、推進工法の理論面と実務面を実に詳細に解説している点に驚いた。したがって推進工法に従事し、一層活躍しようとする人たちに本書を推薦したいと思う。

【好評発売中】

セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 送料 290円

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

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

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

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

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

〈セグメントの新技术〉

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

株式会社 **土木工学社**

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

きりーとーりー線

《ご注文票》

セグメントの新技术 _____ 冊 申込みます。

所在地 〒 ()

事業所名

部 課 名

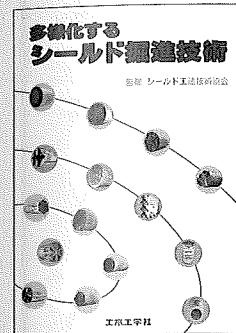
申込者名

好評発売中

多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B5判 141頁 本体価格2,500円



日本のシールド掘進技術は、国際プロジェクトに多くの日本企業が参画していることが示すように、国内はもとより海外でも高い評価を受けている。とりわけ、世界のスタンダード工法の感がある各種の泥土圧式や異形断面の掘進技術は、まさに日本が世界に発信している技術と言える。これらの掘進技術のほかにも、最近の技術開発の成果により実用化に至った掘進技術は数多く、毎年、新しい技術が更新を繰り返している。

このような背景を踏まえて、掘進技術を広くシールド技術者の参考となることを意図し、最近に開発、実用化された技術を中心に日本トンネル技術協会誌「トンネルと地下」に平成16年春より約1年にわたり『多様化するシールド掘進技術』という連載講座を設け紹介した。その結果、読者の方々より、掲載対象とした以外の技術との関係、従来工法との関わりなどの情報が欲しいとの意見が寄せられた。

このため、読者の声に応えるべく、連載講座には掲載しなかった工法、技術などを整理、体系化するとともに、各種工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点が、よりわかりやすいように手を加え再度、同名の図書「多様化するシールド掘進技術」をシールド工法技術協会が監修を行い、発刊することとなった。

【掲載工法】

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

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

申し込み先

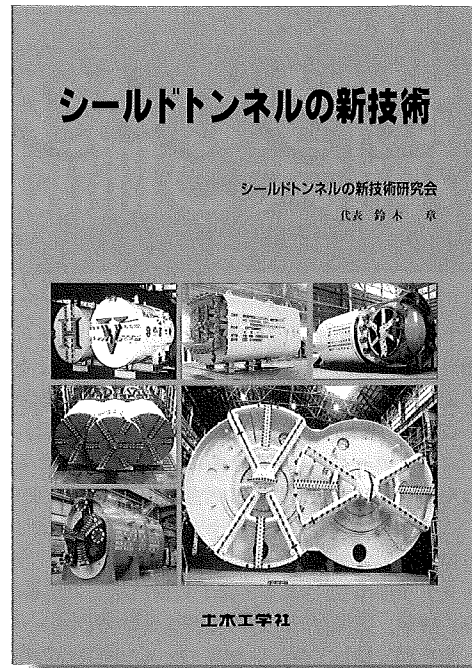
(株)土木工学社 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888 FAX: 03-3267-2807

シールド トンネルの 新技術

シールドトンネルの新技术研究会 編

B5判 280頁 定価: 4,660円+税



進化を続けるシールド工法。その誕生から技術の変遷、将来の技術開発の動向までをまとめ、最先端の技術について理論と実際にいたるまで記載した。

豊富な設計・施工例を掲載し、応用のしやすい的確な解説を加えた好評の一冊。

主要目次

第1章 概説

- 1. シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性
シールド工法の歴史/わが国におけるシールド工法の歴史/今後の技術開発の方向性

第2章 調査・計画編

- 1. シールド工法の調査技術
シールド工事における調査の取り組み方/基本計画時の調査(予備調査)/設計時の調査(基本調査、詳細調査)/施工時の調査(確認調査、管理調査)/施工後の調査(追跡調査)
- 2. 断面および線形計画
断面および線形/鉄道用シールド/下水道用シールド/断面と線形における今後の展開
- 3. シールド機種の種類と選定
シールド機の構造と装備/現状のシールド機種の種類と選定方法
- 4. 新しいシールド工法
大断面化、大深度化、長距離化への展望

第3章 設計・施工編

- 1. 覆工
一次覆工の設計/二次覆工の設計と施工/シールドトンネルの防水技術
- 2. 立坑の設計と施工設備
立坑の設計と施工
- 3. 仮設備
仮設備の計画
- 4. シールド工事の自動化
掘進管理システム/方向制御システム/セグメント自動組み立てロボット/自動搬送システム/その他の自動化技術
- 5. 掘進と施工管理
シールド掘進と施工管理/シールド機の発進と到達/裏込め注入工法と注入効果/曲線施工と地中接合/補助工法の種類と選定
- 6. 近接施工と環境対策
近接工法と対策/アンダーピニングおよび支障物対策/シールド工事と環境対策
- 7. 新工法の現状と将来展望
自由断面シールド掘進(縦楕円断面)/

- 異形断面シールド/分岐・接合シールド/球体シールド(ホルン)工法/複円形、矩形および拡大シールドの開発動向/ECL工法
- 8. 切羽の安定と地盤変状防止
切羽安定の理論と実際/泥水式シールド工法の切羽安定/土圧式シールド工法の切羽安定/特殊条件下の切羽安定
- 9. 地盤変位の理論と実際
地盤変位の実際/地盤変位の予測解析

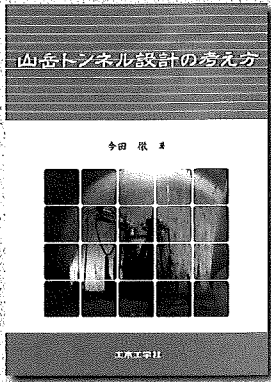
付録

- 1. セグメントの設計例
セグメントの設計例/外国の設計手法との比較/有限要素法を用いたシールド覆工設計例
- 2. 地盤変位予測解析手法の例
地盤変位の一般的な性状/予測解析手法の例
- 3. シールド工事の施工計画
施工計画書とは/施工計画立案手順/シールド工事施工計画書の参考例

参考文献/索引

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

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

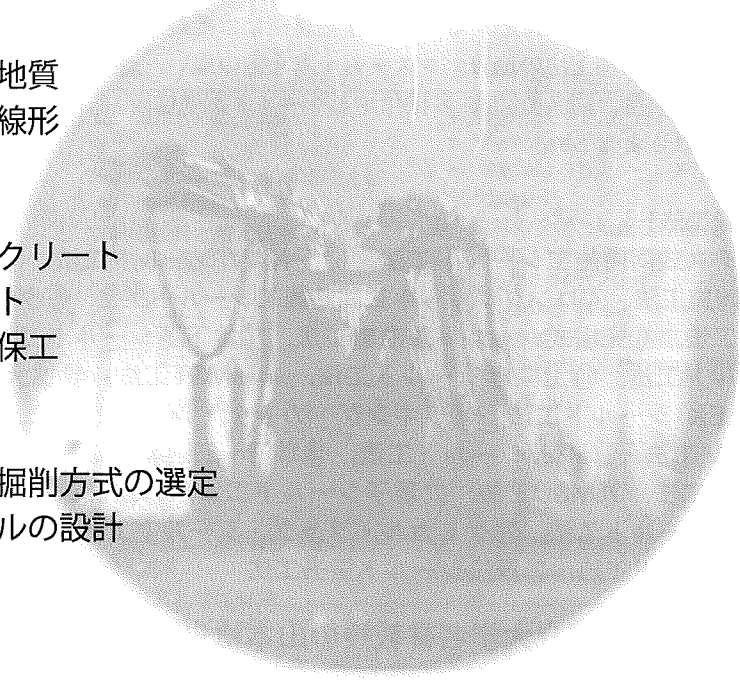


B5判 183頁 上製本 定価3200円+税

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

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 弌

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)

スーパージャッキシステム

トンネル・地下工事に貢献!

立坑スリップフォーム工法

- コンクリート連続打設で工期短縮
- 型枠・足場組ばらし不要
- 掘削・グラウトスカーフ兼用でコストダウン

1.5mのコンクリート打設用スリップフォーム

センターホールジャッキ内の上下2箇所の爪がロッドをつかんで、装置全体をスライドアップします。

コンクリート投入装置
立坑外壁
鉄筋
新しく投入したコンクリート
硬化したコンクリート
ジャッキアップ作業床
スライド型枠

配筋、コンクリート打設
鉄筋、支持ロッド撤去→作業床上昇

シールドマシン(TBM)アップダウン

- 安全確実で経済的なステップロッド方式
- イコライザー機構で荷重・変位のバラ付きを解消
- 複数ジャッキを高精度制御

ステップロッド
ダブルロック
2%切配で据付

1,950トンのTBM リフトアップ (飛騨トンネル工事)

営業品目 ■ ジャッキリース・オペレータ ■ 架台・型枠足場 設計・製作・据付工事

JFE シビル 株式会社
JFE 都市基盤営業部 特殊工法グループ

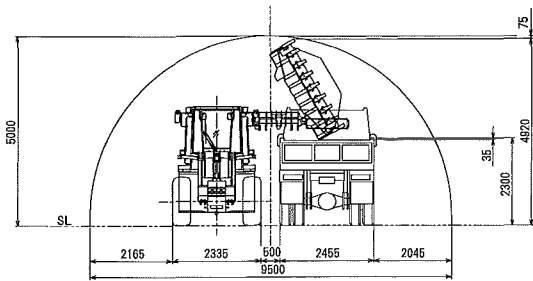
〒111-0051 東京都台東区蔵前2丁目17番4号 (JFE蔵前ビル)
TEL:03-3864-5293 FAX:03-3864-7319
URL <http://www.jfe-civil.com/> E-mail jack@jfe-civil.com



サイドダンプ

CAT 924H

1.5m³



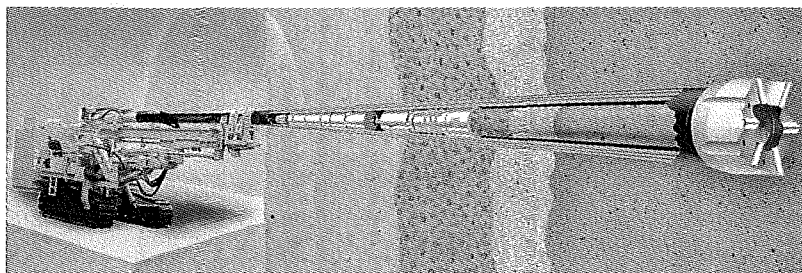
klea 株式会社 ケイリー

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なう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に施工、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。

KOKEN 鉞研工業株式会社

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

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



トンネル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できます。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-T™、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.oricaminingservices.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。



■ 図書案内

地下水の科学

— 全3巻 —

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

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



第I巻 地下水の物理と化学
 4,078円+税 B5判

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

第II巻 地下水環境学
 4,272円+税 B5判

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

第III巻 地下水と地質
 3,689円+税 B5判

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

株式会社 **土木工学社**

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

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-A



期待される効果・特徴

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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.HR-080002-A



期待される効果・特徴

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

北陸鋼産株式会社

(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 東北営業所・工場：TEL0223(32)2420 FAX0223(32)2423

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

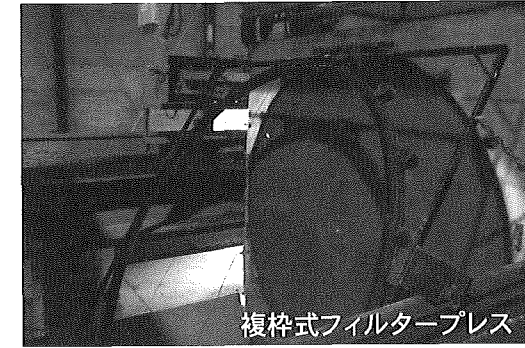
濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0 m³/Hr 濁水処理設備

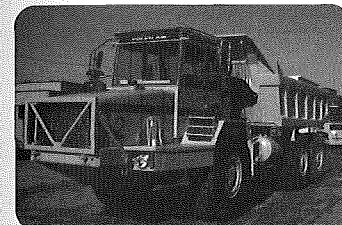


複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



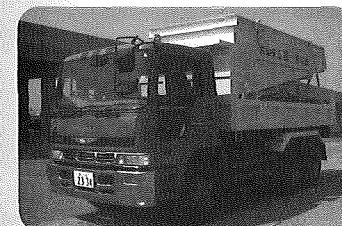
VOLVO ダンプトラック (A25CTS,A25CTR,A20/30CT)



10T ミキサー



10T ダンプ



4.5 m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

将来に向けて

杉本 光隆5

■研究

先進ボーリング技術のブレークスルーを目指して(その2)

—削孔データによる地山評価手法の検討—

萩原 博之・三好壮一郎・倉岡 研一・田中 雅裕53

■計画

ホーム増設とコンコース一体化により地下駅を大規模改良

—都営大江戸線 勝どき駅—

坂口 淳一・梶山 雅史・石田 和彦45

■施工

蛇紋岩の分布する日高山脈をトンネル群で貫く

—北海道横断自動車道 夕張～占冠間—

水口 和之・高橋 俊長・友尻 正一7

φ10.3mのシールドがR30mの急曲線で首都高の橋脚間を貫く

—東京都下水道 勝島ポンプ所流入管渠—

伊藤 雄二・有留 孝之・北村 昌文・加藤 卓男17

可燃性ガス・高水圧などの課題を克服し長距離トンネルを建設

—天然ガスパイプライン 静浜幹線—

内田 充・藤田 尚弘・森竹 淳・荒木 均25

■連載講座

最新推進工法技術(7)

—改築推進工法—

「最新推進工法技術」連載講座小委員会63

■現場だより

「日本の古き良き佇まい」飛騨路より

土本 龍生16

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

長大トンネルで水、土、岩に挑戦、苦戦

安齋 茂紀37

■資料

土木情報

編集部36

工法・技術・製品ニュース

編集部62

トンネルジャーナル

編集部52

「トンネルと地下」平成23年・年間総目次


編集部74

■会報

会報

日本トンネル技術協会78

温泉とは？ 温泉の有効利用は？ この1冊であなたの疑問を解決します!!




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

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

お申し込みは当社へFAX, または, お近くの書店にてお申し込みください

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

【表紙説明】 φ10.3mのシールドがR30mの急曲線で首都高の橋脚間を貫く
—東京都下水道 勝島ポンプ所流入管渠—



本工事は、品川区内を流れる立会川流域の浸水対策および勝島運河の水質改善を目的に、勝島ポンプ所まで排水する新設の下水管渠を築造するものである。
路線延長980mをφ10.3mの大断面泥水式シールドで施工する。平面線形にR=30mの急曲線部が4か所あり、とくに到達部では首都高の橋脚を避けるためS字曲線になっているとともに、最小離隔が約2.2mの近接施工となっている。
写真は、シールド坑内の急曲線部の状況である。

〔写真提供：東京都〕(本文17頁参照)

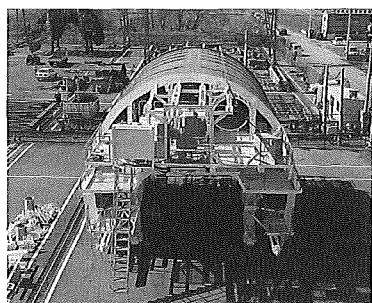
高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する 引抜バイブレータ締固システム

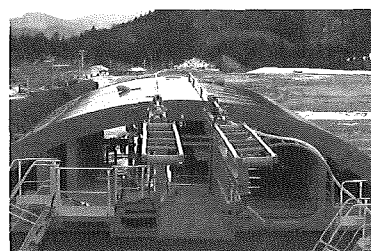
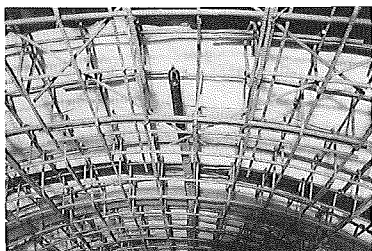
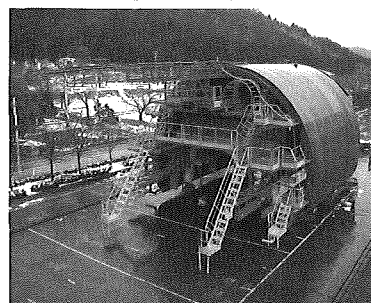
トンネルの二次覆工コンクリートには、トンネルクラウン部の締固め方法に課題があり、結果として漏水や空隙の発生など、覆工コンクリートの品質に問題が生じるケースがありました。また、覆工コンクリートの締固め作業は、狭隘部での苦渋作業という問題もあります。そこで、引抜バイブレータ締固めシステムを用いることにより、上記の課題を克服し、高品質な覆工コンクリートの構築を可能としました。

【特許出願中】

ホースパイプ巻取り式



パイプパイプ伸縮式



特願 2000-073694・2002-329301・2004-021814・2004-021817

効果・特徴

1. 覆工コンクリートの品質が向上する。
2. トンネルクラウン部の締固めが省力化できる。
3. 作業環境が改善でき、狭隘なヶ所での作業が無くなります。
4. 鉄筋、無筋区間での共用が可能で、経済性に富んでいます。

総務委員会広報小委員会誌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	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
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
大 津 敏 郎 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル専門主幹	松 原 利 之 飛島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	三 浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	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



岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO.,LTD

本 社 岐阜県本巣市十四条144番地 〒501-0464
本社工場 TEL (058) 323-2000(代) FAX (058) 323-1176

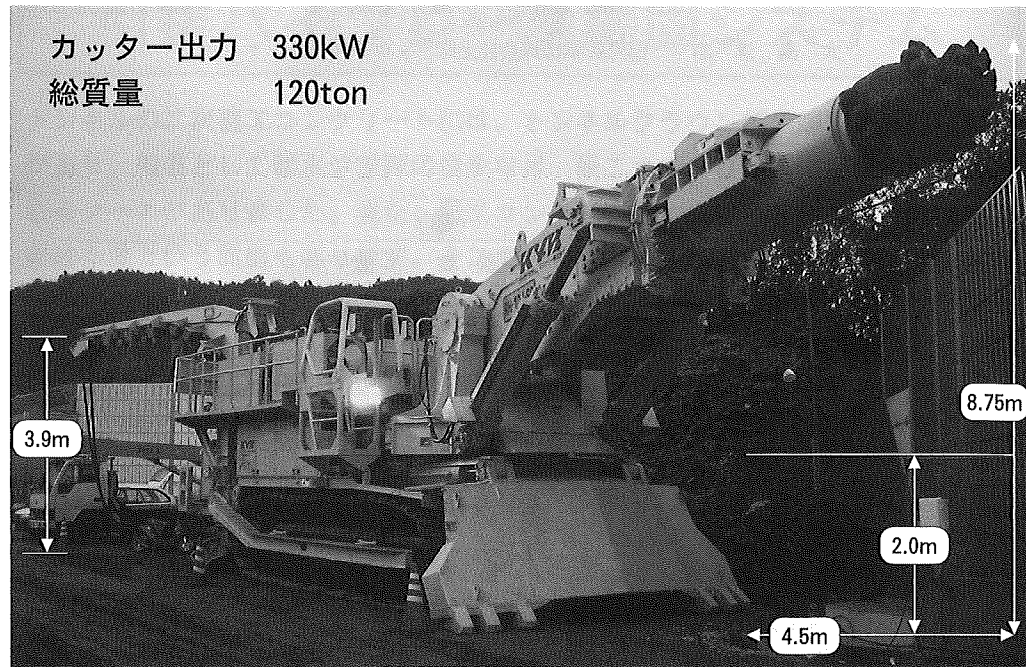
本社営業部 (058) 323-2001
東京支店 (03) 5836-0531
仙台営業所 (022) 259-2239
九州営業所 (092) 713-5265

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

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

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

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

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

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

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専務取締役	三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員

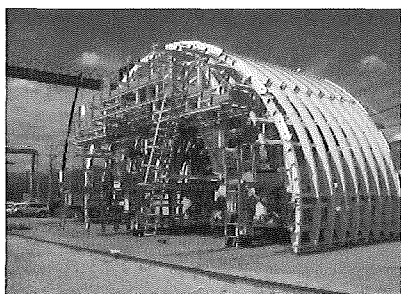
〔委員〕

大津 敏郎 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル専門主幹	新谷 康之 東京都下水道局建設部設計調整課長
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	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
坂口 淳一 東京都交通局建設工務部計画改良課長	藤村 和彦 東京都水道局建設部工務課長
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	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
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	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

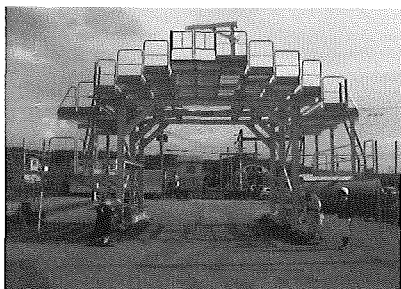
トンネル 二次覆工用型枠 総合メーカー

一歩前進！
～限りない未来への挑戦～

 大栄工機株式会社



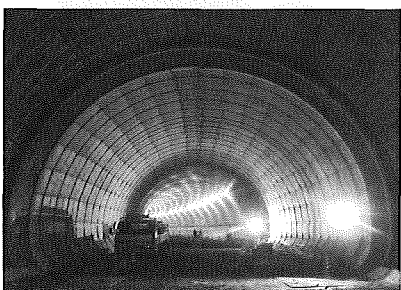
スライドセントル



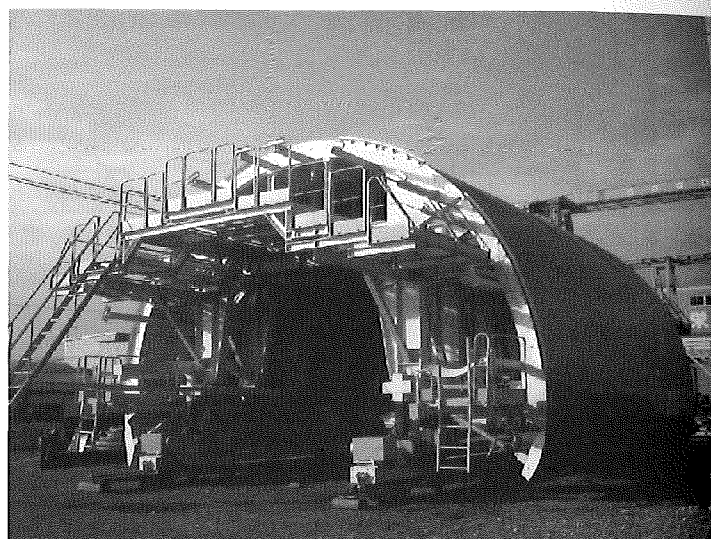
作業台車



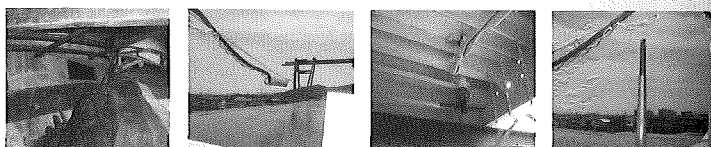
移動栈橋



NETIS登録番号 CB-090003-A
EPSパネル養生



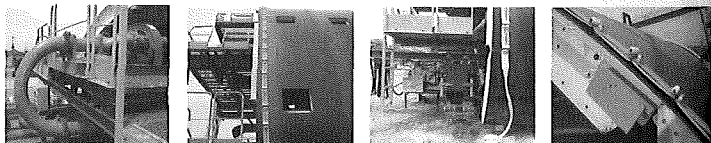
スチールフォーム(中流動コンクリート対応型)



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

掲載頁
7

蛇紋岩の分布する日高山脈をトンネル群で貫く
—北海道横断自動車道 夕張～占冠間—

東日本高速道路(株) 水口 和之

北海道横断自動車道は、黒松内町を起点として小樽市、札幌市、千歳市、夕張市、帯広市近郊を経て根室市および網走市に至る694kmの高速道路である。このうち小樽～札幌～夕張間および占冠～本別・足寄間が既に開通しており、残る夕張～占冠間34.5kmの開通により、道央圏と道東圏を結ぶ高速道路ネットワークが概成される。

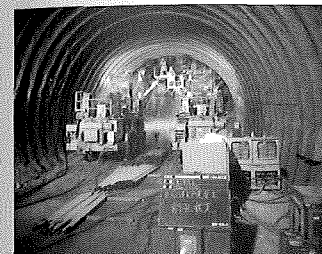
夕張IC～占冠IC間は、北に標高1,668mの夕張岳を有する夕張山地、終点側に大雪山系山地、南を高峻な日高山脈に挟まれた山岳地帯を東西に貫いていることから、これら山脈の造山作用に伴って生じた地質や地形の影響を考慮してさまざまな対策をとっている。本稿では、この間の8つのトンネルの概要を説明するとともに、その中でとくに技術的難易度の高かった穂別トンネル(4,318m)と占冠トンネル(3,824m)の計画と実施施工内容を報告する。

Road Tunnels through the Hidaka Mountains Containing Serpentine—Hokkaido Odan Expressway Yubari - Shimukappu—

By Kazuyuki Mizuguchi, East Nippon Expressway Company Limited

The Hokkaido Odan Expressway is 694 km long and stretches from Kuromatsunai to Nemuro and Abashiri passing through Otaru, Sapporo, Chitose, Yubari and the outskirts of Obihiro. The section from Otaru to Sapporo to Yubari and the section from Shimukappu to Honbetsu/Ashoro are already in operation and the expressway network that links the centre and the east of Hokkaido was almost completed with the opening of

the remaining section between Yubari and Shimukappu.



写真は補助工法施工状況(穂別トンネル)

As the section between Yubari and Shimukappu interchanges is surrounded by the Yubari mountains which includes Yubaridake (1,668 m above sea level) on the north, the Daisetsu mountains on the northeast and Hidaka Mountains on the south. The highway is passing through these mountains from east to west. Various tunnelling techniques were taken in consideration of geological features and geomorphology that occur due to orogenic movement of these mountains. This report gives an overview of 8 tunnels on this section as well as plans and construction details for two of these which were technically difficult in particular: Hobetsu Tunnel (4,318 m) and Shimukappu Tunnel (3,824 m).

掲載頁
17

φ10.3mのシールドがR30mの急曲線で首都高の橋脚間を貫く
—東京都下水道 勝島ポンプ所流入管渠—

東京都下水道局 伊藤 雄二

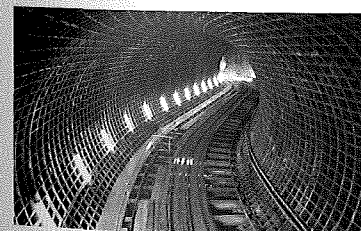
東京都勝島ポンプ所流入管渠工事は、品川区を流れる立会川流域の浸水対策および勝島運河の水質改善を目的に工事が進められている。トンネル内部を上下に仕切り、上部が「浜川幹線」、下部が「第二立会川幹線」という2つの幹線が一つのトンネルとなっており、勝島ポンプ所まで排水する新設の下水管渠である。

路線延長は980mで、シールド外径はφ10.3mの大断面泥水式シールドである。特徴的なことは、平面線形にR=30mの急曲線部を4か所、有していることである。とくに、到達部では首都高速1号線の橋脚を避けるためS字曲線になっているとともに、最小離隔が約2.2mの近接施工であった。

Weave through Viaduct Piles of Shutoko with a Shield of 10.3 m Diameter on a Sharp Curve 30 m in Radius—Katsushima Pump Station Inflow Pipe Installing Works—

By Yuji Ito, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

The Katsushima Pump Station inflow tunnel installing works are underway with the aim of countermeasures against inundation for the Tachiaigawa basin that flows through Shinagawa City and of improving water quality in the Katsushima Canal. The interior of the sewer tunnel is divided into two sections. The upper section



写真は急曲線部のシールド坑内

is the Hamakawa sewer main and the lower section is the 2nd Tachiaigawa sewer main. This newly installed tunnel underdrains to Katsushima Pump Station.

The sewer length is 980 m and a slurry shield which is going to build it has large outer diameter of 10.3 m. One of its characteristics is that its horizontal alignment has 4 sharp curves of 30 m in radius. In particular, an S-shaped curve was planned to avoid piles of piers for the Shutoko route 1 around the departure point, and the minimum distance between pile and tunnel was approximately 2.2 m.

可燃性ガス・高水圧などの課題を克服し長距離トンネルを建設

—天然ガスパイプライン 静岡幹線—

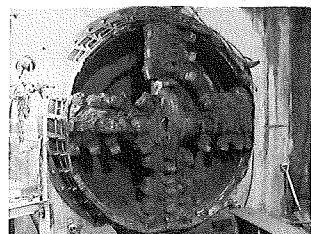
静岡ガス(株) 内田 充

静岡幹線建設工事は、静岡県静岡市清水区の清水エル・エヌ・ジー(株)袖師基地から同県浜松市南区の中部ガス(株)南部供給所までを、口径500A~400Aの高圧ガス導管で結ぶ総延長105kmの天然ガスパイプラインを建設する事業である。当事業は、静岡県中西部地域での需要増大への対応に大きな役割を果たすことが期待されるだけでなく、新潟から名古屋までを結ぶ国土幹線網の一部としての意義も大きい。本パイプラインルート上は、静岡市市街地の通過や1級河川横断、および山岳地域の通過が計画されており、泥土圧シールド工法およびTBM工法により、小口径長距離トンネルの構築を行う。トンネル延長は約18kmに及び、現在これを7工区に分けて施工を行っている。各工区でそれぞれ異なる課題に直面しながらこれを克服した事例を報告する。

Long-Distance Tunnelling Overcoming Flammable Gas and High Water Pressure—Natural Gas Pipeline Shizu-Hama Trunk Line—

By Mitsuru Uchida, Shizuoka Gas Co., Ltd.

The Shizu-Hama Pipeline project is to construct a 105 km natural gas pipeline that links Sodeshi Base of Shimizu LNG Co., Ltd, Shimizu ku, Shizuoka and Nanbu Supply Facility of Chubu Gas Co., Ltd. Minami ku, Hamamatsu with high pressure gas pipeline of 500A - 400A in inside diameter. This project is not only expected to supply natural gas to midwest of Shizuoka Prefecture where demand increases but to build the national pipeline network that links Niigata to Nagoya. This pipeline route is planned to pass through the urban area of Shizuoka City, to cross large rivers and to pass through a mountainous area. Pipeline tunnels under urban area and rivers are built with small EPB shield and one in mountain is built with small TBM. The tunnel is approximately 18 km in length and is divided into seven lots to construct. This report gives information on examples of the various challenges faced in each lots and the ways in which they were overcome.



写真は有東坂シールド到達状況

ホーム増設とコンコース一体化により地下駅を大規模改良

—都営大江戸線 勝どき駅—

東京都交通局 坂口 淳一

都営地下鉄大江戸線勝どき駅は、平成12年12月環状部全線開業以降、駅周辺の再開発の進展に伴い、乗降客数が大幅に増加し、駅の施設規模を含めた抜本的な対策が強く求められてきたため、将来の利用者の増加にも対応可能となるよう、現在の駅施設の構造について、あらためて見直しを行うこととした。

その結果、勝どき駅の地下2階部分に新たなホームを1面増設するとともに、両国側と大門側に分断されているコンコースを一体化すると結論に至った。

実施設計に先立ち、大規模改良にあたり必要となる諸条件、問題点の整理、地盤改良の方法、設計条件の設定を行ったうえで、具体的な改良案の検討を進めてきた。本稿は、大規模改良の計画から設計、工事の概要と経過について報告する。

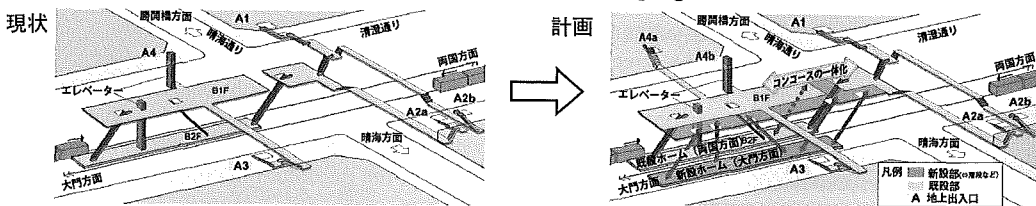
Major Remodeling Underground Station: Additional Platform and Integration of Concourses—Toei Oedo Line Kachidoki Station—

By Junichi Sakaguchi, Bureau of Transportation, Tokyo Metropolitan Government

The number of passengers who use Kachidoki Station on the Toei Oedo line has greatly increased since February, 1999 when the entire ring line opened. Due to inadequate capacity of the station facilities, the current structure of station was reexamined in anticipation of future increases in users.

As a result, conclusion reached that it is necessary for installing a new platform in the second basement and integration of the concourses which is divided on the Ryogoku and Daimon sides.

In advance of the execution design, progress with remodeling plan was made after sorting out conditions for remodeling, techniques of ground improvement and various issues. This report gives information on this major remodeling project from planning to design and an outline and progress of the works.



図は改良計画の概要図

先進ボーリング技術のブレークスルーを目指して(その2)

—削孔データによる地山評価手法の検討—

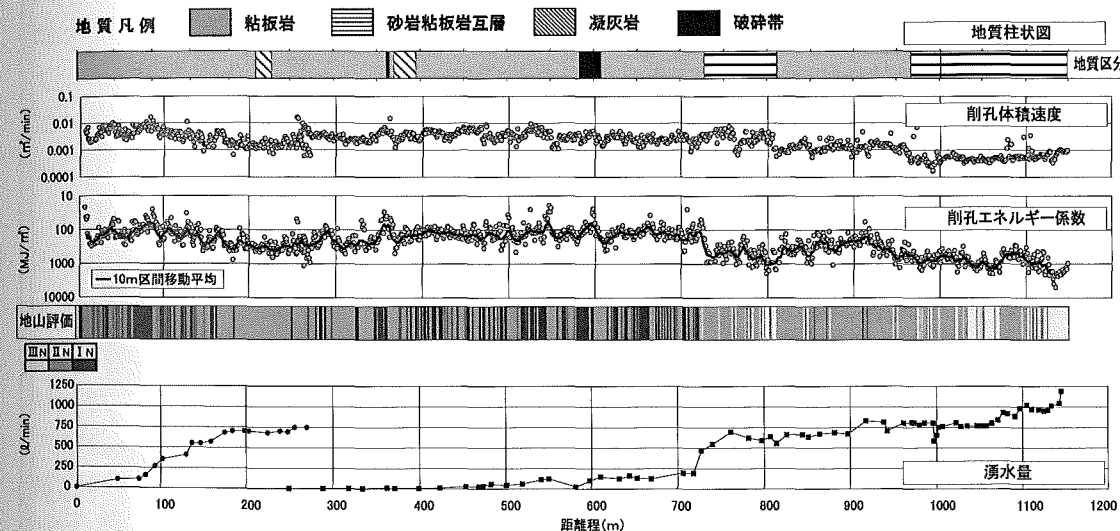
国際航業(株) 萩原 博之

近年、山岳トンネルでは、先進ボーリングによる切羽前方の地質確認が常用されている。筆者らはこれら従来技術のブレークスルーを目指し、高速掘進、方向制御、地質評価が可能な1,000m級のノンコアボーリング技術の開発に挑んできた。その結果、平均20m/二方、連続45m/二方、計画線に対して5m以内の精度で方向制御しつつ掘進するという実績を得た。また、削孔データから算定される削孔エネルギーによる地山評価手法の試案も得た。このボーリング技術ではトンネル施工に必要な実用的な情報の取得だけでなく、本坑掘削に先行しての水抜き効果も期待でき、大土かぶりの大口径トンネル施工に大きく貢献するものと確信する。

Aiming for a Breakthrough in Pilot Boring Techniques (part 2)—Review of Ground Evaluation with Drilling Data—

By Hiroyuki Hagiwara, Kokusai Kogyo Co., Ltd.

In recent years it has been normal practice to use pilot boring to check geological features in the back of cutting face. The authors are aiming for a breakthrough in this technique and have taken up the challenge of development in non-core boring techniques to the 1,000 m that have the possibility of high-speed drilling, directional control and evaluation of geological features. The results showed it has average drilling speed of 18 meters per day, continuous drilling speed of 47 meters per day and directional control during drilling with accuracy of 5 m or less on a planned line. In addition, we made a tentative for ground evaluation based on drilling energy calculated from drilling data. This boring technique does not only allow the acquisition of practical information that is required for tunnel construction but is also expected to have drainage effects in advance of excavation. We believe that this will greatly contribute to construct a long tunnel under large overburden.



図は削孔エネルギーによる地山評価結果



将来に向けて

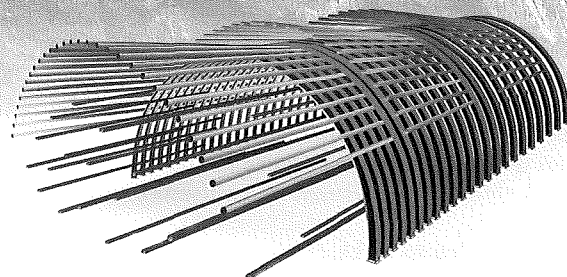
長岡技術科学大学環境・建設系教授

杉本光隆

平成8年7月、臨海副都心線(旧京葉貨物線)のお台場トンネルを見学した。シールド工法で建設され昭和57年に竣工したお台場トンネルは、厚い沖積層を有するオボレ谷上に計画され、圧密による周辺地盤の不等沈下が懸念された。このため、昭和42年から技術検討が開始され、その対策として、新たに開発された「リング間柔結合伸縮継手」が最小2リング間隔で配置された。その結果、見学時には、施工後最大70cm余り沈下していたにもかかわらず、トンネルの機能を保持していた。先人の社会基盤構造物としてのトンネルに対する真摯な姿勢、技術者としての使命感、その慧眼に触れる思いであった。

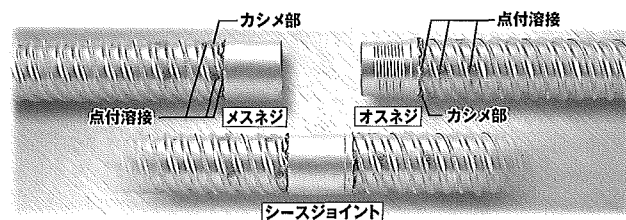
戦後、日本では、世界の歴史の中で希有な戦争・戦乱のない長い平和な時代が続くとともに、財閥解体、農地解放、他国に類を見ない累進課税などにより皆にチャンスが与えられ、国民が一つになって戦災復興・高度経済成長を実現し、「明日は良くなる」を実感できた時代があった。しかし、こうした時代はバブルの崩壊とともに終焉し、現在は、低経済成長の下で持続可能な社会の発展が求められるとともに、少子高齢化による人口縮減、社会保障費急増による財政逼迫が危惧されている。同様に、土木分野は、高度経済成長期にあっては、社会基盤を造るという明確な社会的な使命を持ち、新幹線、高速道路、地下鉄などの社会資本整備に邁進した。その結果、近年は、社会資本が充足されつつあり、替わって、既存社会資本ストックの維持管理・更新や、環境問題への対応、東日本大震災をはじめとする自然災害に対する対応に、その使命がシフトしつつある。さらに、現在は、財政逼迫や「コンクリートから人へ」のスローガンの下で公共事業が大幅に縮減され、土木分野においてもパラダイムシフトが求められている。しかし、社会インフラが、将来にわたって、人々の社会生活を支え、わが国の経済活動を維持発展させるために必要不可欠であることに変わりはない。さらに、こうした社会インフラを支える土木技術の使命は不変である。こうした背景を踏まえ、将来に向けて、シールドトンネル分野で何をなすべきか考えてみたい。

ユニークな発想と高品質・自信の価格



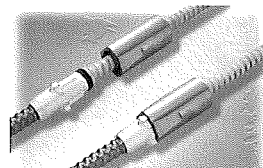
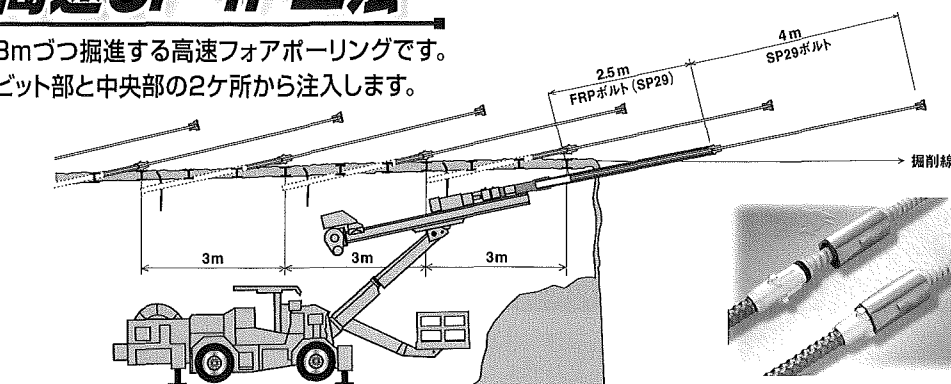
FIXチューブ工法

※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。周辺地盤にしっかりと“FIX”します。

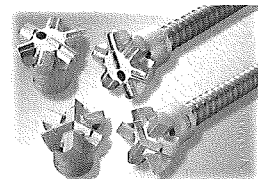


高速SP-IF工法

※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。

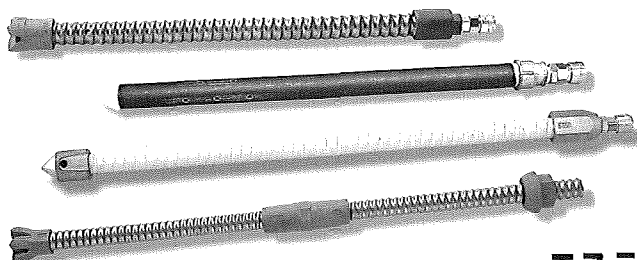


ドライブキャップ、ドライブスリーブ



φ65mm ロストビット (SP29)

自穿孔ボルト&注入管



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

STE

エスティーエンジニアリング株式会社

ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

TEL:0729-90-0250 FAX:0729-90-0251

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

土木工学のエポックメイキングな技術的発展は、想定外の失敗を克服することによってなされてきたといっても過言ではない。経験工学と言われる土木工学の中でも、トンネル工学は経験が物をいう世界である。したがって、トンネル工学の技術の発展にとって、理論と実際(現場)は両輪であり、両者から得られる技術情報を共有することは重要である。さらに、国内のトンネル工事の減少に伴い、1組織ではトンネル構築技術の開発や維持が困難になるとともに、オールジャパンで海外のトンネル工事の受注を目指すようになれば、こうした技術情報、とくに不具合事例の共有はより重要となる。しかし、こうした技術情報の共有は困難な状況におかれているように思われる。日本は世界で最先端のシールドトンネルの構築技術を有しているといわれるが、複雑で困難な地質条件・施工条件や新しい技術にあっては、想定外の事象は起こり得る。想定外の事象を減らし、シールドトンネル構築技術の向上を図るためにも、事業者、施工者、研究者が、それぞれの立場を超えて技術者として問題意識を共有し、純粋に技術的な課題に取り組むコンセンサスが醸成されることを期待する。こうした成果は、最終的には、社会資本の利用者であり、発注者でもある国民の利益となる。

在来線鉄道トンネルや電力水路トンネルなどを除けば、日本のトンネルの多くは、戦後の高度成長とともに建設され、あと10年もすれば建設後50年を経過したトンネルが急増する。このため、長期的視点に立って維持管理をしていく必要性が認識されてきている。トンネルは、他の土木構造物と異なり、自然地盤の中に構築されることから、維持管理には「どのような地盤に、どのような構造物を、どのように造ったか」という情報が必要不可欠であるが、そうした情報は時間とともに散逸しているのが現状である。したがって、トンネルの維持管理を重点的に効率的に行ったり、供用後のトンネルの不具合原因を解明するためには、施工時の技術情報をデータベースとして確実に残していくことが重要である。こうした技術情報のデータベース化が実現できれば、日本のトンネル構築技術の維持、将来のトンネル構築へのフィードバック、トンネルのライフサイクル全体を俯瞰したハード・ソフトの技術開発や、その妥当性を裏づけるデータの蓄積が可能となり、ひいては、トンネルの耐久性の向上、建設・維持管理コストの低減が期待できる。さらに、軟弱地盤にシールドトンネルを構築し、維持管理してきた実績を背景として、シールドトンネルの利用が増大しつつあるアジアを中心とした国際建設市場の中で、日本のプレゼンスを示し続けることも可能になる。

幾多の困難を乗り越えトンネルを構築してきた先人の技術者魂に学び、次世代に恥じないトンネルを残せるように、一トンネル研究者として微力を尽くしたいと考えている。

施工

蛇紋岩の分布する日高山脈をトンネル群で貫く

—北海道横断自動車道 夕張～占冠間—

東日本高速道路(株)北海道支社千歳工事事務所所長 水口和之
東日本高速道路(株)北海道支社千歳工事事務所穂別工事区工事長 高橋俊長
東日本高速道路(株)北海道支社千歳工事事務所工務課長 友尻正一

1 はじめに

北海道横断自動車道は、黒松内町を起点として小樽市、札幌市、千歳市、夕張市、帯広市近郊を経て根室市および網走市に至る694kmが計画されている。このうち小樽～札幌～夕張間および占冠～本別・足寄間が既に開通しており、残る夕張～占冠間34.5kmの開通により、道央圏と道東圏を結ぶ高速道路ネットワークが概成されることとなる(図-1)。昨年7月、夕張～占冠間で最長・最難関の穂別トンネル(4,318m)が貫通し、その後鋭意工事を進めてきた結果、平成23年10月29日に開通することとなった。本区間の開通により、沿線地域の産業、経済、文化の発展に大きく貢献するだろうと期待が寄せられている。

夕張IC～占冠IC間は、北に標高1,668mの夕張岳を有する夕張山地、終点側に大雪山系山地、南を高峻な日高山脈に挟まれた山岳地帯を東西に貫いていることから、これら山脈の造山作用に伴って生じた地質や地形の影響を考慮してさまざまな対策をとっている。

以下に、夕張IC～占冠IC間の8つのトンネルの概要を説明するとともに、その中でとくに技術的難易度の高かった穂別トンネル(4,318m)と占冠トンネル(3,824m)の計画と実施工内容を報告する。

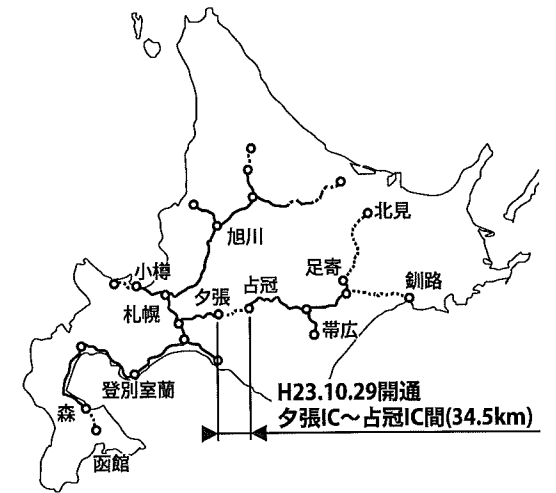


図-1 北海道横断自動車道夕張IC～占冠IC位置図

2 北海道横断自動車道夕張～占冠間の路線概要

北海道を南北に貫く大雪山系、日高山脈、夕張山地は、約1億年前から続く東西のプレートのぶつかり合いによって隆起し、その過程において第三紀層が分布したり、日高変成体・神居古澤変成体に代表される変成岩・深成岩が形成され、膨張性地山の蛇紋岩が分布する地域となっている(図-2)。

この夕張～占冠のルートは、標高約350mを通っており、国道274号の標高約600mと比較する

と低い位置を通過している。ただ、図-2に示すとおり、南北に延びた地形を東西に横断するかたちで通過し、地すべり地形や断層破砕帯地を完全に避けることはできないことから、道路構造の決定にあたっては、これらの地形・地質条件を十分考慮する必要があった。

また、道央圏から道東圏への移動は、滝川や旭川へ迂回して移動するというルートが近年までとられており、JR石勝線が開通したのが昭和56年10月1日、国道274号の石勝樹海ロードが完成したのが平成3年9月19日と遅く、このルートの工事の困難さを窺い知ることができる。

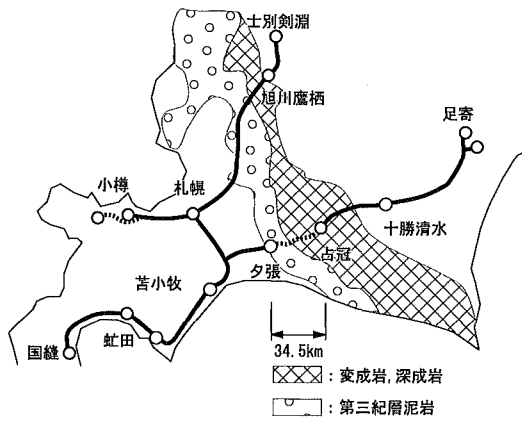


図-2 地質概要

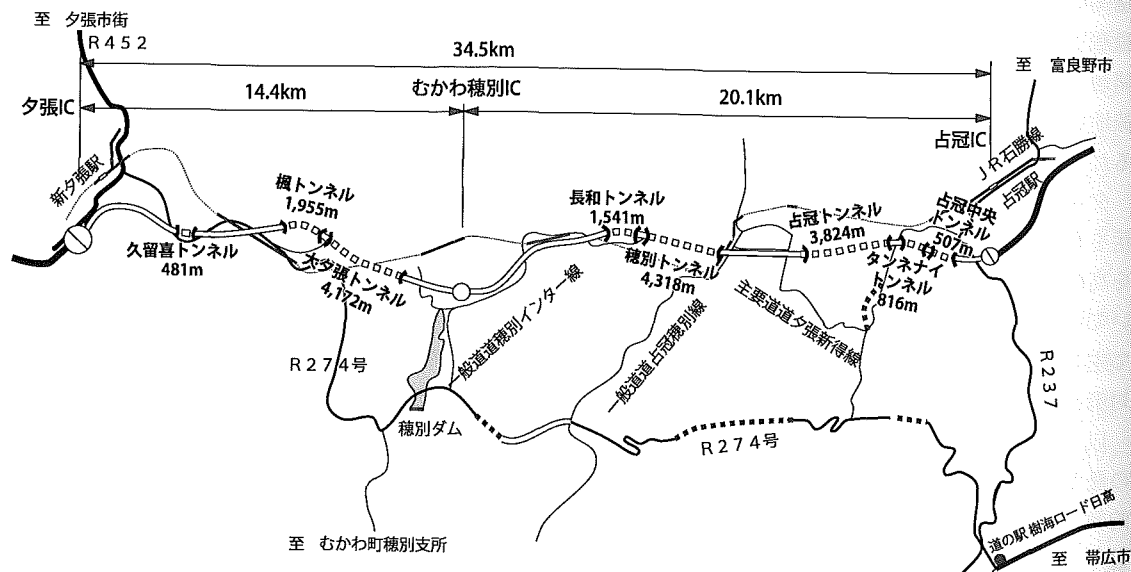


図-3 全体位置図

3 各トンネルの設計・施工上の特色

図-3に示すとおり、本区間のトンネル本数は8本で、その合計延長は17.6kmと全体延長の約50%を占める。さらに大夕張トンネル(4,172m)、穂別トンネル(4,318m)、占冠トンネル(3,824m)と3本の長大トンネルがあり、道内の高速道路で初めて避難坑を有するトンネルが存在することとなった。

最初に着手したトンネル工事は、蛇紋岩地帯の延長が長く、土かぶり大きい穂別トンネルの避難坑工事で、水抜き、メタンガスの噴出量の確認、地山の変形量のデータを本坑施工に反映させる目的で、本坑に先立ち17か月早く、平成16年10月1日に着手した。

本区間の共通の課題としては、崩壊性の地山に対応するための切羽の安定確保と天端の崩壊対策であり、主として注入式長尺先受け鋼管(AGF)を補助工法として採用することにより対応している。

また、この地域において可燃ガス(メタンガス)の発生が懸念されており、JR石勝線のトンネル工事において死亡事故も報告されている。当事務所では事前にガス発生時に備えて検討委員会を開

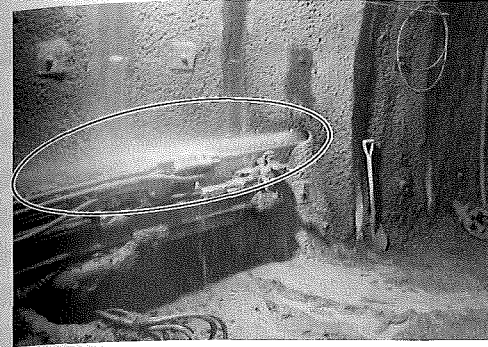


写真-1 占冠トンネルメタンガス噴出状況

催し、ガスの発生レベルに応じた対策マニュアルを作成した。楓トンネルや穂別トンネル、占冠トンネルでメタンガスの発生が確認されている(写真-1)が、適切な対応により事故を未然に防ぐことができた。

以下に各トンネルの計画・実施状況を記載する。なお、穂別トンネルと占冠トンネルについては、詳細な施工内容を4,5章で詳述する。

3-1 久留喜トンネル(481m)

久留喜トンネルは8本のトンネルの中で一番短いトンネルであるが、東坑口に大規模な地すべり地形があり、坑口付けのためには地すべり対策を事前に行う必要があったため、地域行政との協議、協力を得て、以下の対策を実施した。

- ① 北海道土木現業所による河川の切替えの実施
- ② 保安林解除後、崖の頭部を排土
- ③ 河川切替え後の空きスペースを使った押さえ盛土の施工
- ④ 地山が安定したあとにトンネルの坑口付け
これらの対策を実施して坑口部を安定させたあと、東坑口から機械掘削を行い、約10か月で貫通させることができた。また、このトンネルではトンネル覆工コンクリートの品質向上を目指し、「中流動コンクリート」を全面的に採用した結果、施工性と品質の良いコンクリートを作ることができた^{2),3)}。

3-2 楓トンネル(1,955m(工事中：ユーパロトンネル))

楓トンネルの地質は、古第三紀の泥岩で、西坑

口から東坑口に向けて機械掘削を行った。切羽の崩落がたびたび起こり、合計40シフト(1シフト9m)に及ぶAGFの採用や鏡ボルト、注入式フォアポーリングなどを使用して掘削を進めた結果、約33か月で貫通させることができた。

また楓トンネルの東坑口付近には、明治42～昭和28年まで石炭を採掘していたときのずり山(石炭を選別して残った土砂)が約80mにわたり存在し、空隙率約40%という崩壊しやすい地質が存在していた。この区間はトンネル上の土かぶりが約15mと比較的小さく、山側に急斜面で立ち上がっていることから、開削では掘削土量が増大してしまう。そのため、トンネル掘削が到達する前に地表面から試験施工を行ったうえで薬液の注入を実施した。さらにその80m区間のトンネル掘削の際、鏡面の崩落の状況を確認したうえでAGFを追加して掘進を行った。

その結果、当初はとてトンネル掘削では通過できないと思われた区間を無事に、また安全に掘削できた。

3-3 大夕張トンネル(4,172m)

大夕張トンネルの地質は、白亜紀の砂岩や泥岩で、施工は西坑口から2,018m、東坑口から2,154mをそれぞれ掘進した。比較的岩質が硬い場所が多かったことから発破を使って掘削し、約30か月で貫通させることができた。このトンネルの中央付近で交差しているJR石勝線の登川トンネルは、大夕張トンネルの下を約33mの土かぶりで交差している。施工時期が昭和40～45年と古いことから、交差する前後100m区間の掘削の際は、JRトンネル側の変位を逐次計測し、鉄道監視員を配置して掘削を進めた。

また、避難坑の施工は西、東ともレール工法を使って掘削を行った。

3-4 長和トンネル(1,541m)

長和トンネルの地質は、新第三紀の泥岩や白亜紀の泥岩で、掘削は西坑口から東坑口に向かって掘進し約24か月で貫通させた。

坑口から482m地点で、約10m³の天端崩落が発生した。岩石試験からこの付近の泥岩層に膨張性

のスメクタイトの含有が確認され、湧水により地山が膨張したものと推察された。

崩落箇所の再掘削として次の対策方針で臨んだ。

- ① 緩んだ地山での切羽安定対策の追加
- ② 支保剛性の向上と沈下対策
- ③ 切羽前方探査と観測体制の強化

29m区間で縫返しを行い、その後の50mも上半部の沈下が進んだことから、上半仮インバート閉合、下半では吹付けインバート+インバートストラットによる断面閉合などを実施し、トンネル掘削を完了させた⁹⁾。

3-5 タンネナイトンネル(816m)

地質は、ジュラ紀～白亜紀のハッタオマナイ層砂岩、粘板岩および蛇紋岩で、それらを覆って地すべり堆積物や崖錐堆積物が分布する。また、トンネルの東坑口上部には地すべりブロックが存在したため集水井の設置や水抜きボーリングを施工し、地山を安定させてから工事を行った。トンネル掘削は、東坑口から片押しで掘進して約17か月で貫通した。

3-6 占冠中央トンネル(507m)

本トンネルの中央部には国設占冠中央スキー場があり、中央谷部の土かぶりは約3.5mとなっている。このためスキー場に影響を与えないよう、掘削に先立ち偏圧対策としてトンネルの土かぶりが6m確保できるよう、押さえ盛土を実施した(対象延長85m、セメント安定処理盛土約1,200m³)。

トンネル掘削は西坑口から片押しで進め、約11か月で貫通となった。

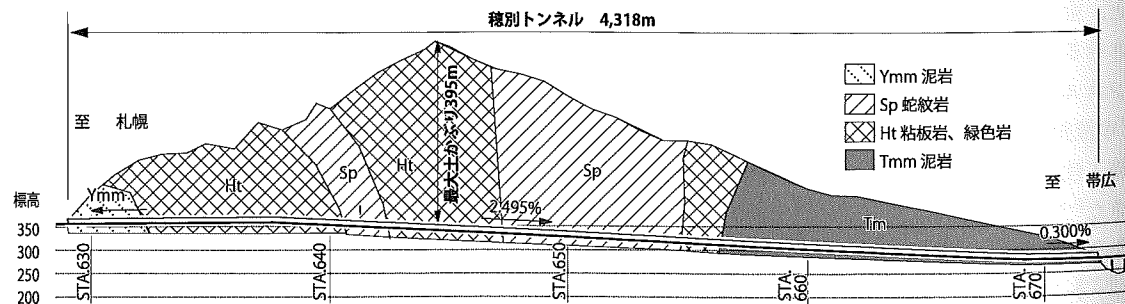


図-4 穂別トンネルの地質縦断面図

4 穂別トンネル(4,318m)の施工報告

4-1 工事概要

このトンネルは、担当区間の中で最長のトンネルで道内の高速道路トンネルとしても最長となる。地質はメラングジュと呼ばれる岩石種の異なる岩体(泥岩、緑色岩、蛇紋岩)が複雑に入り組んだ地質構造となっており、中でも土かぶり200mを超える場所に約500m超にわたって存在する蛇紋岩の施工は、難工事が予想された。工事は、地質調査を兼ねて西坑口避難坑工(2,150m)を先行し、地山の変状量や崩落の程度、メタンガスの量、掘削時の水の流出量などの施工実績を本坑の設計断面などに反映させた。本坑は西坑口から1,951m、東坑口から2,367mをそれぞれ掘進し、約53か月で貫通させた^{9)~¹¹⁾}

4-2 地形および地質

地形は西坑口から中央部にかけては急峻な山地地形で、終点側に向けて比較的緩やかな丘陵地形となっている。地質は西坑口が中部蝦夷層群の泥岩(Ymm)、中央部がハッタオマナイ層の粘板岩・緑色岩(Ht)と蛇紋岩(Sp)、東坑口部に向かって滝の上層の泥岩(Tmm)で、とくに中央部の施工は

表-1 脆弱地山の物性値

地質	ハッタオマナイ層(Ht)	
	粘板岩・緑色岩 メラングジュ	粘板岩・蛇紋岩 メラングジュ
性状	(塊状~)葉片状~粘土状	葉片状
単位体積重量	(26~)20kN/m ³	26kN/m ³
一軸圧縮強度	(50~)0.8kN/mm ²	2.7kN/mm ²
地山強度比	0.2	0.5

土かぶりが大きく地質が悪いことから、難工事が続いた。

地山の物性値を表-1に示す。切羽での集中湧水はないものの、地山強度比は0.2~0.5ときわめて低い脆弱な地質であった。

4-3 設計の考え方

避難坑の施工実績やJR石勝線の施工実績などを参考にしたFEM解析をもとに、蛇紋岩地帯の設計断面を次のとおり設定した。

- ① 軸力構造に近づけるため、インバート半径を上半半径の1.5倍とした円形断面
- ② 全断面掘削工法とし、上半切羽離隔1D程度以下でのインバート吹付けによる早期断面閉合
- ③ 高い押し出し性土圧に対抗するため高強度支保部材採用による二重支保構造
- ④ 全断面掘削を考慮した切羽安定のための補助工法の採用

一軸圧縮強度が2 N/mm²以下、地山強度比も小さい脆弱地山であるため、先行緩み防止および周辺地山の安定性確保を目的に、アーチ部には長尺先受け工、切羽面には長尺鏡ボルトを鏡吹付け(厚さ5~10cm)と併用した補助工法を採用した。

補助工法は切羽状態に応じて、打設範囲の見直し(長尺先受け工のアーチ部打設範囲は180~90°、長尺鏡ボルトの打設間隔は1.5~2.0m)や鏡部注入方法の見直し(打設長12m、上半1シフト21~31本を分割し6mごとに千鳥配置で打設・注入)な

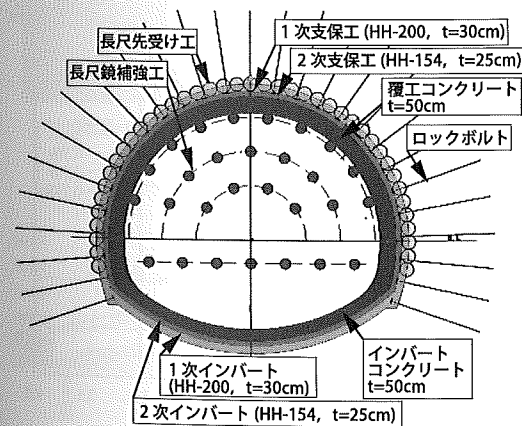


図-5 Eパターン断面図

ど、臨機に対応を図った。

4-4 早期断面閉合手順

計測結果から、トンネルの変位挙動は上半および下半ともに変位速度が速く、吹付けインバートによる閉合まで変位増長するものであった。そのため最終形断面閉合をいち早く構築できる施工手順を検討し、上半掘削、下半掘削、インバートによる断面閉合の順に、おのおの2mサイクルで進める断面3分割施工で、断面閉合は切羽離れ10mの位置とした。早期断面閉合の掘削状況を写真-2に示す。

変形余裕量は二重支保によるFEM解析の150mmと、ハッタオマナイ層(Ht)、メラングジュ区間の変位量傾向(100~150mm)などから300mmと設定し、早期断面閉合の効果により2次支保工建て込み後の変位総量は200mm程度で施工された。

4-5 サイクル短縮化

早期閉合の掘削手段を確立し、変位量を200mm程度に抑えて掘削を進めた。計測結果からは、イ

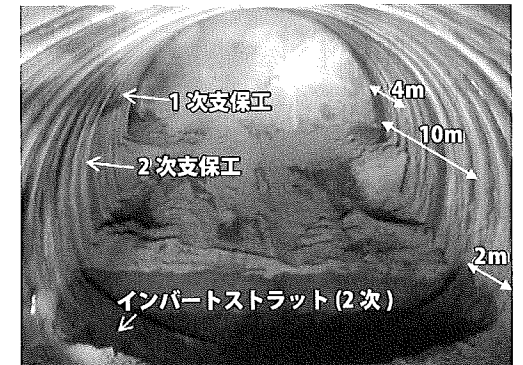


写真-2 早期断面閉合掘削状況

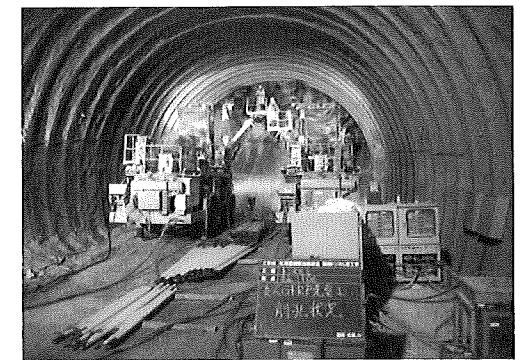


写真-3 補助工法施工状況(2編成)



写真-4 掘削状況(2編成)

ンバート閉合後変位速度は急激に低下し、断面閉合後2~3D切羽離れで収束する傾向が見られた。しかし、補助工法に多大な時間を要し、吹付けコンクリート量の増大や円形断面による下向き掘削量の増大など、サイクルタイムの増加が掘削地山の安定性に影響を及ぼすとともに、工事工程および開通工程に大きな影響を及ぼすことから、掘削サイクルの短縮化を図る必要が生じた。

工事の進捗を止めることなく実施できる対策として、それぞれの主要施工機械の2編成化、その編成に見合う設備増強を行った。その結果、おおむね30%程度のサイクル短縮化を図ることができた。

4-6 瞬結吹付けコンクリートの施工

二重支保工区間において、早期に支保効果を発揮させて緩みの抑止を図ることで、支保量の減量による設計の合理化および施工の効率化が可能となると考え、初期強度の発現特性に優れた瞬結タイプの吹付けコンクリートを使用した支保構造を採用した。瞬結吹付けコンクリートの使用により、1次・2次ともに吹付けコンクリートの応力分担率が高く、鋼アーチ支保工の応力負担の減少が計測の結果得られ、2次側鋼アーチ支保工を省略することが可能となったことから、2次吹付けをリングに全周同時施工することで断面閉合の時間短縮を図るとともに、構造的弱点部となる吹付けの継ぎ目をなくすことにもつながった。また、計測により地山状況を把握しながらコンクリート吹付け総厚を5~10cm減じることができた。表-2に

表-2 高強度と瞬結吹付けコンクリートの比較

材 齢	10min	3hr	1day	28day
高強度	-	2N/mm ²	10N/mm ²	36N/mm ²
瞬 結	3N/mm ²	-	15N/mm ²	40N/mm ²

高強度吹付けコンクリートと瞬結吹付けコンクリートの強度発現特性を示す。

4-7 覆工コンクリート対策

蛇紋岩区間となるEパターン部は、避難坑施工実績にもとづく予測解析結果や長期的な変位状況の確認から、トンネル標準示方書の覆工打込み時期の評価に示す値(変位量1~3mm/月)を満足するものの、変位は微増する傾向であった。また、支保工応力特性を検証した結果、支保部材は圧縮応力が卓越した軸力構造体で安定し、継続的応力の発生が確認された。

覆工構造の検討にあたっては、支保工に拘束された状態で覆工にも高い圧縮力が作用することが推察され、覆工コンクリートの圧縮破壊などが懸念されたことから、覆工構造体には支保構造に発生している軸力相当程度の耐荷力を考慮した巻き厚および設計強度を基本とし、長期的な変位対策や破壊した場合の覆工コンクリートの延性効果を目的に、圧縮、曲げ圧縮、圧縮による破壊および剥落しないよう鋼繊維補強無筋コンクリートによる対策を行った。

鋼繊維は既往文献による研究成果とコンクリート試験(圧縮強度および曲げじん性)による強度特性を把握し、応力変位状況(図-6)、破壊後供試体の剥離片保持状況(写真-5)など、破壊抵抗性から混入量を0.5%とした。

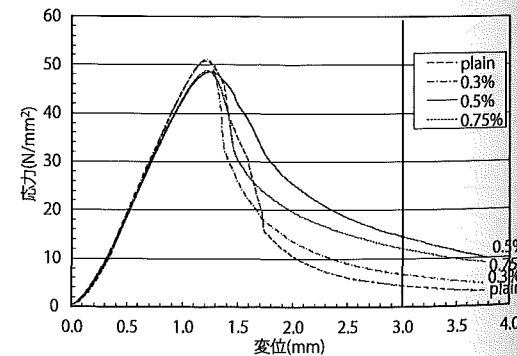


図-6 応力変位曲線(3mm時最大)

4-8 避難坑の変位対策

穂別トンネルの避難坑は平成21年5月に貫通していたが、その後の本坑掘削の影響により、蛇紋岩部約500mのうち約370m区間でインバート部の変位が発生した。本坑と避難坑の離隔を50m(標

準30m)で設計したが、本坑掘削に伴う緩み領域が非常に大きく、強大な地圧が避難坑に作用したものと考えられた。

対策として、インバート吹付け形状(本坑実績を踏まえた円形断面採用)および厚さの変更を基本とし、側壁変位部は増し吹付け、全周に変位が発生した30m区間は円形断面による全断面縫返しにより周辺地山の安定化を図り、避難坑変位区間の修復を図った。

5 占冠トンネル(3,824m)の施工報告

5-1 工事概要

地質は、ジュラ紀~白亜紀のハッタオマナイ層砂岩、粘板岩が主体で、トンネル中央部は蛇紋岩を伴うメラングジュ地帯となっている。工事は西坑口から3,100mを掘進し、東坑口からはタンネナイトンネルと占冠中央トンネルを掘削してからこの占冠トンネルに取り掛かったこともあり、724mの掘進となった。3,100mが片押しとなった関係もあり、着手から貫通まで約60か月を要した⁹⁾。

5-2 地形および地質

占冠トンネルの西側坑口付近は、滝の上層泥岩・砂岩、そこから1,300m付近までハッタオマナイ層砂岩が続く。トンネル中央部から東側にかけてハッタオマナイ層粘板岩が主で、蛇紋岩を伴うメラングジュが複雑に入り組んでいる。

東側坑口は地すべり崩積土であり、集水井や水抜きボーリング、抑止杭などの地すべり対策を実施している。

5-3 蛇紋岩を伴うメラングジュ地帯の掘削

占冠トンネルでもっとも難航したのが、図-7に示すトンネル中央部から東坑口にかけて存在する

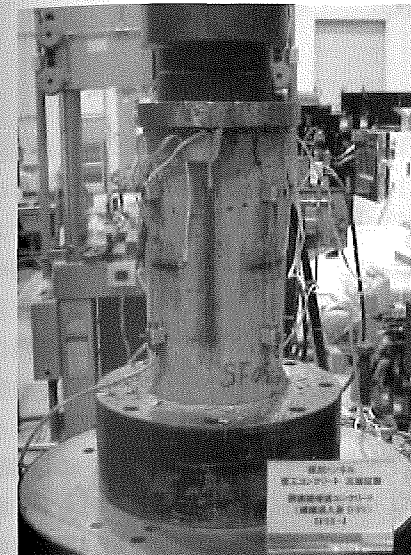


写真-5 0.5%混入時の圧縮試験状況

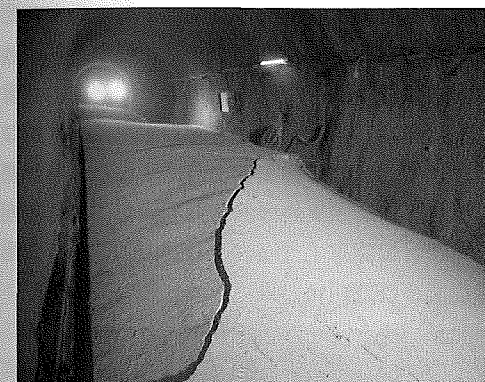


写真-6 西避難坑のインバート変位状況

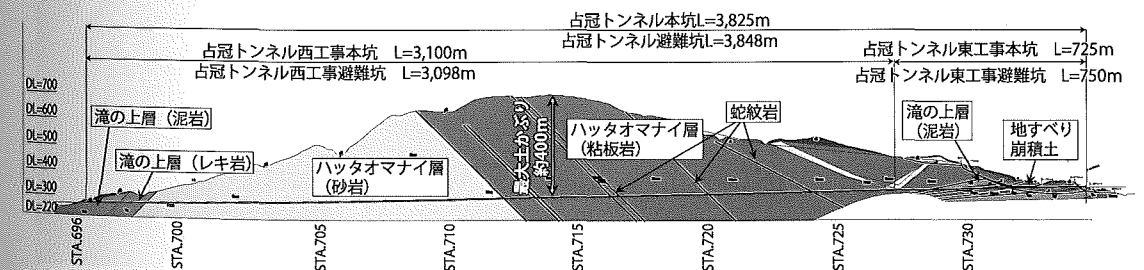


図-7 占冠トンネル全体地質縦断面図

ハッタオマナイ層と蛇紋岩の複雑に入り組むメランジュ地帯の掘削であった。掘削を先行させた避難坑の実績から、本坑では大きな変状が予想されたので、穂別トンネルと同様に図-8に示すような二重支保構造とし、早期閉合を採用した。なお、避難坑で下半とインバートストラットの接合部が座屈した実績やFEM解析をもとに、1次鋼アーチ支保工をインバートストラット一体型として計画した。施工順序として、

- ① 上半3基連続掘削
 - ② 下半・インバート3基連続掘削
 - ①と②をくり返し
 - ③ 上半切羽後方30~50mで2次支保工を施工
- 1次支保工の早期閉合と2次支保設置の効果によって、蛇紋岩区間を伴うメランジュ地帯の内空変位は200m前後で収束した。

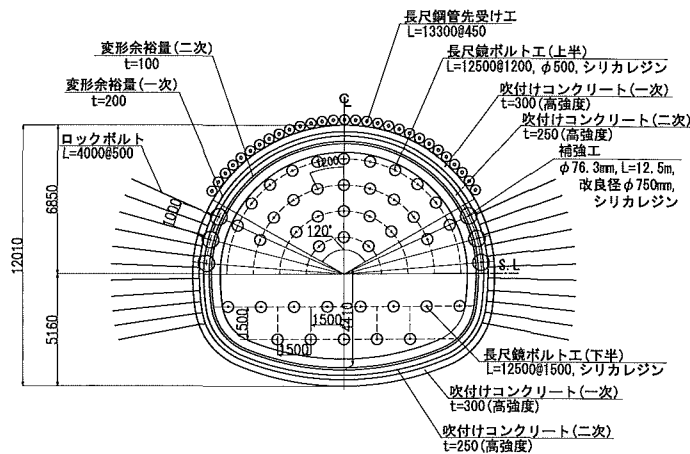


図-8 支保パターン図(E)

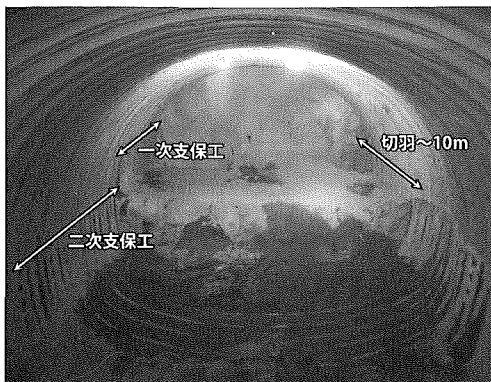


写真-7 二重支保設置状況

5-4 避難坑の変状対策

避難坑の施工区間の中で、西坑口から2,700mの位置から約200mの区間は、蛇紋岩が多く含まれ、避難坑掘削中にも吹付けコンクリートのひび割れ、鋼製支保工の座屈が発生してきた。対策として高強度吹付けコンクリートの採用、インバートの鋼製支保の剛性を増して曲率半径を小さくし、平成20年7月20日避難坑が貫通した。しかし、その約3か月後、東坑口付近の避難坑の底板コンクリートが徐々に持ちあがるような変状が表れてきた。さらに、西側からの本坑掘削と東坑口からの本坑掘削が近づくにつれ、写真-8,9に示すように西側では避難坑全体が内側に變形し、東側では主に下からの変状が大きくなってきた。

変状の原因としては、避難坑と本坑の離隔は、通常のトンネルでは3D(Dは本坑の直径)程度に

対し、穂別トンネルと占冠トンネルでは蛇紋岩の影響を考慮して5D(約50m)を確保していたにもかかわらず、本坑のトンネル掘削による周辺地山の応力再配分の影響により、避難坑に地圧が作用し内空変位が増大したと考えられた。対策としては、水平方向の地圧と塑性変形に起因する鉛直方向荷重の双方に対抗するとともに、局所的な弱部のない支保構造、すなわち円形構造が効果的であると判断し、本坑掘削が完了してから円形断面に修復した(写真-10)。

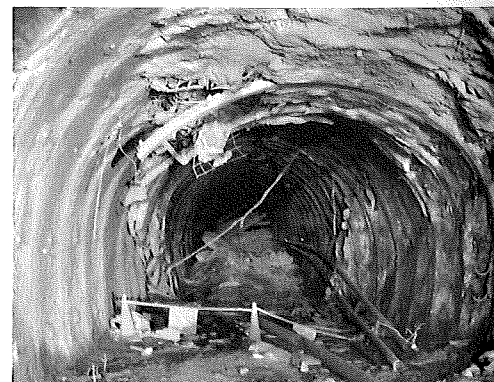


写真-8 西側避難坑の変状

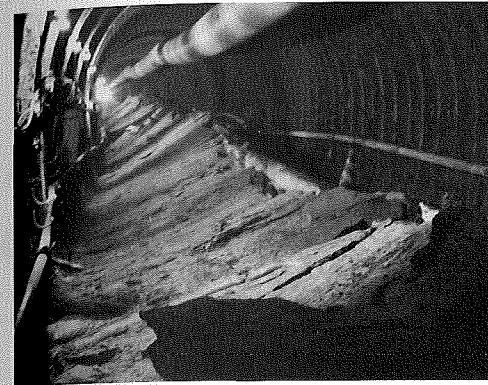


写真-9 東側避難坑の盤膨れ



写真-10 縫返し後の円形断面構造

6 おわりに

道央圏と道東圏を結ぶこの区間に存在する数多くの峠は、国道274号(石勝樹海ロード)やJR石勝線でも難工事を強いられ、多くの文献が残っていた。当事務所では、これらの文献調査や当時の工事関係者へのヒアリングなど事前準備を行い工事を進めてきた結果、大きな事故もなく6年4か月をかけ平成22年7月ですべてのトンネルを貫通させることができ、平成23年10月29日の夕張~占冠間の開通を迎えることとなった。本区間の施工にあたって、貴重なデータをご提供いただいた皆様はこの場を借りて感謝申し上げたい。また、多くの技術的課題について多岐にわたりご検討・ご指導をいただいたトンネル技術検討委員会の皆さま、困難な地山にも屈せず、いろいろな対策方法に積極的に取り組んでいただいた工事関係者各位に深く感謝する次第である。最後に、多くの関係者のご尽力により「道東自動車道夕張~占冠間建設事業~蛇紋岩帯を貫く長大トンネル群の建設~」として平成22年度「土木学会技術賞Ⅱ」を受賞することができたことを報告させていただき、重ねて感謝申し上げます。

参考文献

1) 水口和之・松村遼右：道東自動車道(夕張IC~占冠

IC)におけるトンネルの設計と施工, 土木技術, Vol. 64, No.10, 2009.10.

2) 村崎慎一・森俊介：中流動コンクリートの適用によるトンネル覆工の施工性改善と品質向上, 高速道路と自動車。
 3) 村崎慎一・森俊介・中間祥二・桜井邦昭：トンネル全線に中流動コンクリートを適用し高品質覆工に挑戦, 北海道横断自動車道 久留喜トンネル, トンネルと地下, Vol.41, No.12, pp.7-16, 2010.12.
 4) 計良清隆・森俊介・信田俊文・野崎克博：脆弱な強風化泥岩と炭鉱ざり山のトンネル掘削, 北海道横断自動車道 ユーパロトンネル, トンネルと地下, Vol. 40, No.8, pp.7-15, 2009.8.
 5) 中野清人・佐藤諭一・本藤敦：蛇紋岩地すべり脆弱部を早期閉合で掘削, 北海道横断自動車道 タンネナイトトンネル, トンネルと地下, Vol.41, No.3, pp.7-16, 2010.3.
 6) 佐々木広司・高橋俊長：穂別トンネル 脆弱地山における施工について, NEXCO技術情報, 13号。
 7) 高橋俊長・向井隆・井上孝俊・垣見康介：高耐力支保構造による早期閉合で押し出し性地山に挑む, 北海道横断自動車道 穂別トンネル東工事, トンネルと地下, Vol.41, No.1, pp.15-25, 2010.1.
 8) 高橋俊長・大村修一・高田篤・山田浩幸：蛇紋岩地山を早期閉合と二重支保で変位制御, 北海道横断自動車道 穂別トンネル西工事, トンネルと地下, Vol. 41, No.5, pp.7-18, 2010.5.
 9) 佐藤諭一・関茂和・三浦文明・荻雅雄：蛇紋岩脆弱地山を早期閉合と二重支保工で掘る, 北海道横断自動車道 占冠トンネル西工事, トンネルと地下, Vol. 42, No.10, pp.7-18, 2011.10.



「日本の古き良き佇まい」飛驒路より

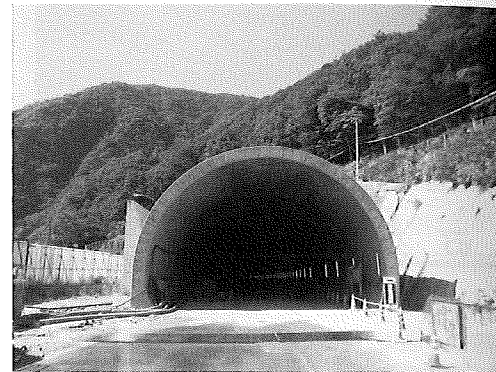
土本 龍生

国道41号は、愛知県名古屋から北上し、犬山市、岐阜県美濃加茂市、下呂市、高山市を經由して、富山県富山市に至る、全長247kmの太平洋と日本海を結ぶ主要幹線道路である。小坂・久々野トンネルは、岐阜県下呂市小坂町と高山市久々野町の市境付近に計画された国道41号の道路改良工事の主たる工事となる。

周囲を自然あふれる山々に囲まれた飛驒地域は、高山市を中心に、南の下呂、北の古川、東の丹生川、西の荘川へと交通の便が発達している。高山市の市街の「古い町並」として知られる三町筋は、初代高山藩主・金森長近が江戸時代に整備した城下町の中心であり、商人の町として発展してきた。出格子の連なる軒下には清らかな用水が流れ、風情もたっぷりで、江戸時代から明治時代にかけての建築物が数多く残されていることから、国の伝統的建造物群保存地区に指定されている。

また、木の国・山の国として森林豊かな環境に恵まれた飛驒地方は、古くから木工の技術に優れた「飛驒の匠」たちが育った地でもあり、万葉集に詠われるほど、その技術の高さは広く知られ、奈良時代には都の造営にもたずさわり、この匠の技は、豪華絢爛な高山祭の屋台にも見ることができる。

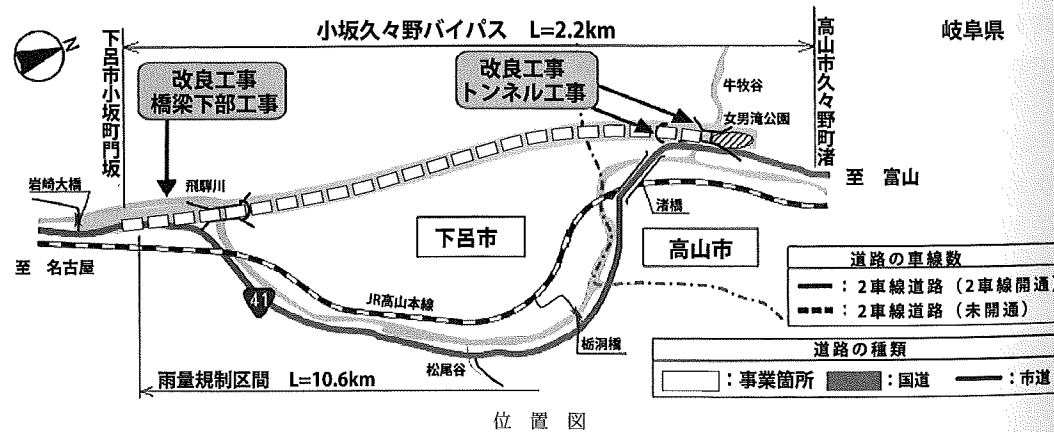
飛驒南部の飛驒川沿いに広がる下呂温泉は、有馬温泉、草津温泉とならぶ天下の三名泉として名を馳せている。千年以上の歴史を持つ由緒正しい温泉地には、



高山市側より見る

温泉旅館、本堂に温泉に関する古い絵馬が飾られている温泉寺、科学と文化の両面から温泉を紹介している下呂温泉発温泉博物館など、下呂の温泉と歴史を物語る施設も数多く建っている。下呂温泉の泉質は無色透明のアルカリ性で、肌がつつるつつることから「美人の湯」として有名である。

小坂・久々野トンネルは、全長1,511mで8月4日に高山・下呂両市長を招き、貫通式を挙行政した。9月末現在、覆工コンクリートの進捗は、72%となっている。工事完了まで、発注者、関係各位のご指導のもと、1日も早い完成を目指して、職員、作業員一丸となって安全に、より良い品質のトンネルを造っていきたい。(前田建設工業(株)小坂・久々野トンネル作業所所長)



位置図

施工

φ10.3mのシールドがR30mの急曲線で首都高の橋脚間を貫く

—東京都下水道 勝島ポンプ所流入管渠—

東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第一課長 伊藤 雄二

日本下水道事業団関東・北陸総合事務所施工管理課主幹 有留 孝之

前田・鴻池・大日本特定建設共同企業体立会川作業所所長 北村 昌文

前田・鴻池・大日本特定建設共同企業体立会川作業所監理技術者 加藤 卓男

1 はじめに

東京都品川区を流れる立会川は、昭和36年「東京都計画河川下水道調査特別委員会」の答申にもとづき河川を暗渠化した下水道施設で、過去に大雨が降ると幾度か浸水被害をくり返してきた。東京都下水道局は、その対策として現在ある立会川幹線に加えて第二立会川幹線を計画した。

東京都勝島ポンプ所流入管渠工事は、立会川流域の浸水対策および勝島運河の水質改善を目的に工事が進められている。路線延長は980mで、シールド外径がφ10.3mの大断面泥水式シールドである。特徴的なことは、平面線形にR=30mの急曲線部を4か所、有していることである。とくに、

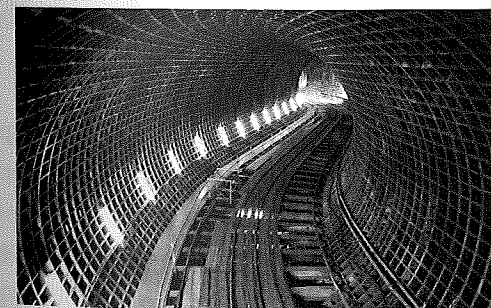


写真-1 シールド坑内(急曲線部)

到達部では首都高速1号線の橋脚を避けるためS字曲線になっているとともに、最小離隔が約2.2mの近接施工であった。

図-1に路線平面を、写真-1に急曲線部のシールド坑内を示す。

本稿は、平成22年11月に掘進完了した一次覆工の実績をまとめるとともに、平成23年4月より開始した二次覆工の計画概要を記したものである。

2 工事概要

2-1 計画概要

本工事は、品川区の勝島ポンプ所まで流下する雨水専用の下水管渠で、一つのトンネル内を上下に仕切り、上部を「浜川幹線」、下部を「第二立会川幹線」とした複合断面の構造となっている。図-2に仕上がり断面を示す。

流入管渠の下部は、区立「なぎさ会館」付近で第二立会川幹線と立会川幹線雨水放流管の雨水を取り込み、勝島ポンプ所放流渠から京浜運河に放流する。全体的に長大サイフォンになっており、流域の雨水流出量の増大分を貯留することで合流改善の機能も兼ね備えている。また、上流の第二立会川幹線は、平成20年度に既に完成しており、

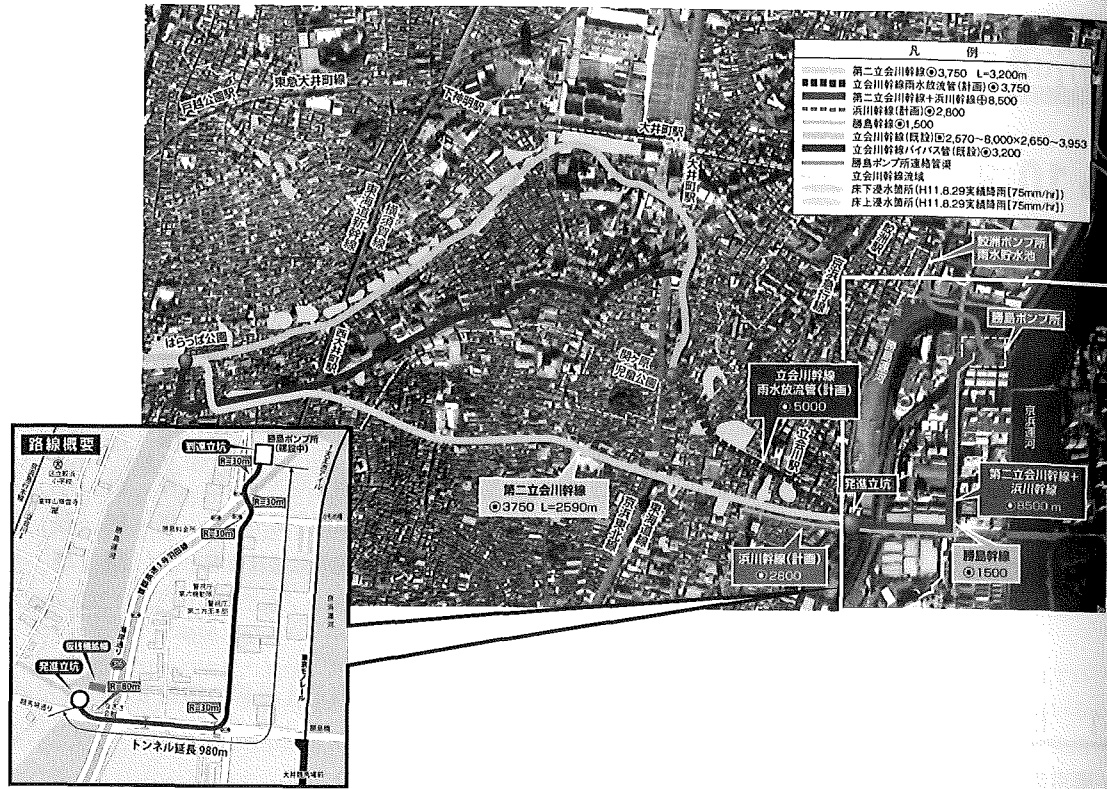


図-1 路線平面

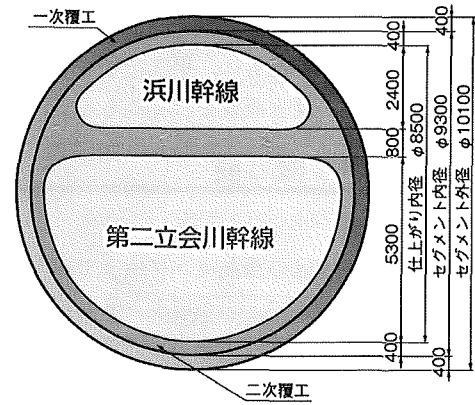


図-2 仕上がり断面

浸水対策の早期発現を図るため、暫定貯留(約35,000m³)を開始している。

一方、上部の浜川幹線はポンプ排水区域から雨水を取り込み、勝島ポンプ所汚水棟内で第二鮫洲幹線と合流する。その後、鮫洲雨水貯留池で初期雨水を貯留した後、計画貯留量を超える雨水を京浜運河へ放流し吐口の変更を行うものである。

2-2 工事諸元

工事件名：東京都勝島ポンプ所流入管渠工事、同その2、同その3及び二次覆工工事

工事場所：東京都品川区勝島3丁目~1丁目
工期：平成20年3月~

平成26年3月(現在契約分)

事業者：東京都下水道局
発注者：日本下水道事業団関東・北陸総合事務所
施工者：前田・鴻池・大日本特定建設共同企業体

2-3 地質条件

トンネルの土かぶり約20mで、地下水位は平均GL-2.0m程度である。掘削対象土層は、上半部がシルト・粘土を主体とする層であり、N値が10~20程度である。一方、下半部は砂礫(最大礫径300mm)を主体とする層であり、N値が50以上の硬質地盤である。このように、極端に異なる土質

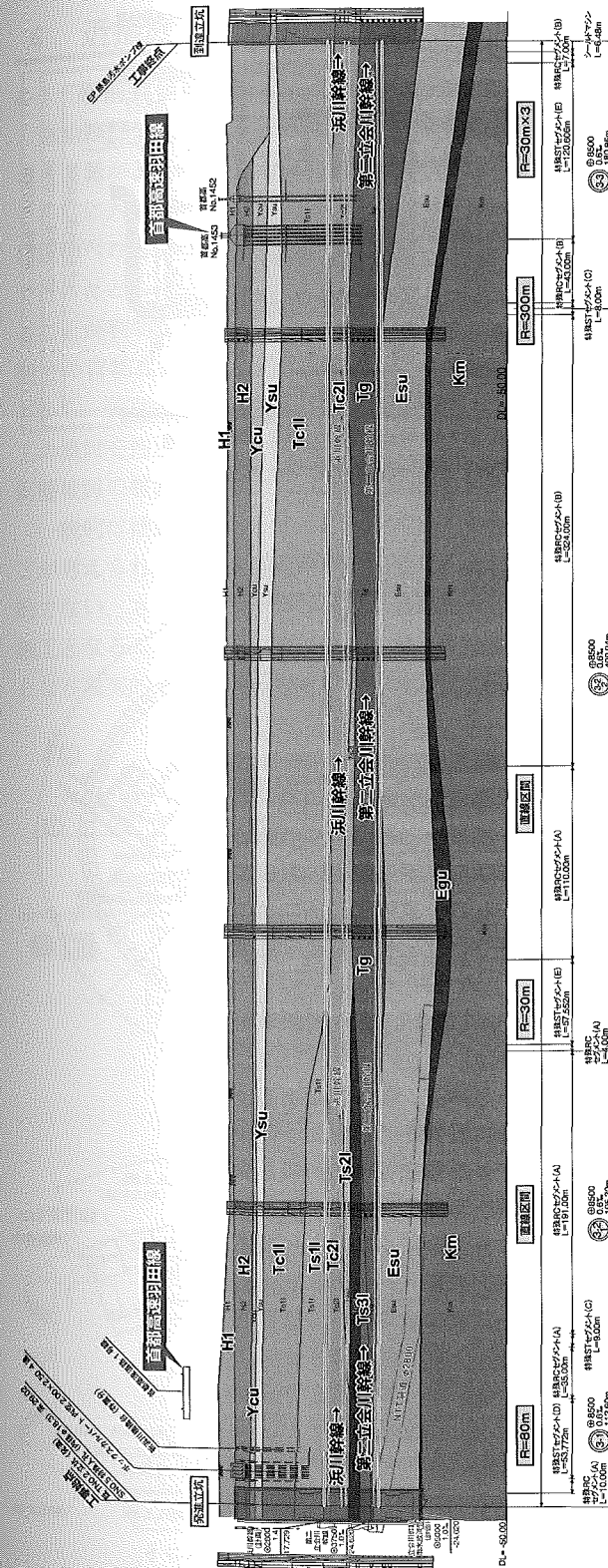


図-3 地質縦断

性状の層を一つの断面にて掘削を行った。図-3に地質縦断を示す。

3 シールドおよびセグメント

3-1 掘削機

本工事で使用したシールドは、平成15年に施工した東京都勝島ポンプ所連絡管渠工事の転用機であり、カット本体、ジャッキ、モーターなどを再使用した。

急曲線対策として、最大ストローク250mmのコピーカットと、最大11.0度屈曲できる球面タイプの中折れ機構を装備した。さらに、機長をできるだけ短くして、外径：機長を約1：1とした。セグメントとの競りが考えられることから、テールシールに耐久性、追従性に優れたシリコンシールを採用した。

図-4、写真-2にシールドの構造、表-1に基本的な仕様を示す。

3-2 セグメント

直線部では幅1.0mのRCセグメント(スライドコッター式継手採用)、曲線部および流入管接続部では幅0.4m、0.6m、1.0mの鋼製セグメントを採用した。いずれも、セグメントの分割は8等分割である。

とくに、急曲線部では、0.4mの縮幅に加えて、外径を40mm縮径したφ10.06mとしてテールクリアランスを確保した。さらに、Kセグメントを用いずすべてAピースで構成された8等分割のセグメントを採用した。このことで、テールクリアランスが左右上下で大きく偏った場合でも、1リング内の最終組立てがクリアランスのあるピースの位置での組立を可能とした。図-5に急曲線用鋼製セグメントの構造を示す。

一方、RCセグメントは、環境面を考慮して下水汚泥の粒度調整灰を重量比10%混合した仕様となっている。

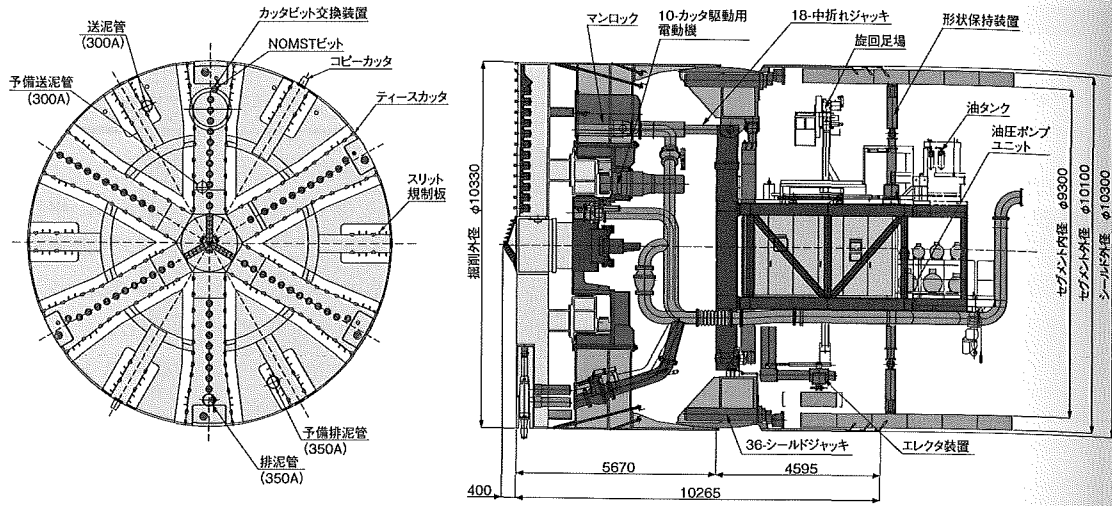


図-4 シールドの構造

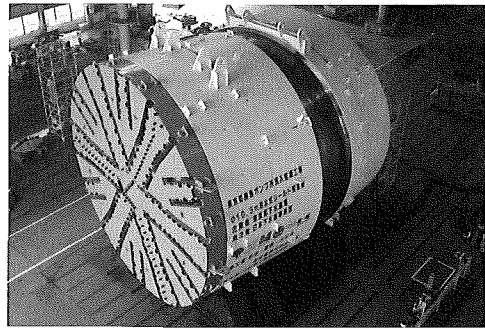
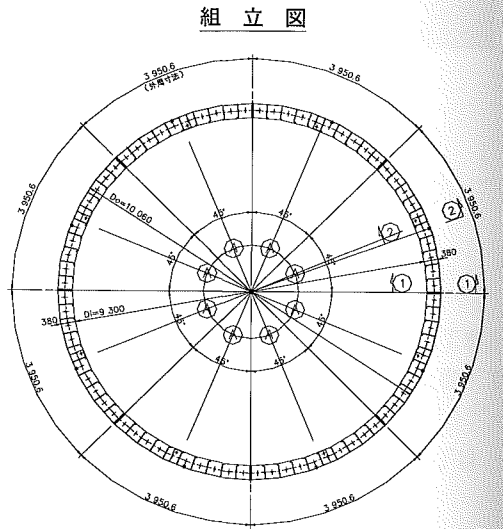


写真-2 シールドの全景(中折れ稼働時)

表-1 シールドの基本仕様

名称	仕様
外 径	φ10,300mm
全 長	10,265mm
シールドジャッキ	2,500kN×1,550ST×34.3MPa×14本 2,500kN×1,520ST×34.3MPa×22本
中折れジャッキ	4,200kN×1,310ST×34.3MPa×18本
中折れ角度	左右: 11.0°, 上下: 0.5°
コピーカッタジャッキ	250kN×250ST×21MPa×2本
型 式	全断面掘削正逆回転方式
外 径	φ10,300mm
回 転 数	0.6min ⁻¹
トルク	定格 11,800kN-m
駆動用電動機	75kW×4P×400V×50Hz (減速機付き)
電動機台数	10台



A型セグメント

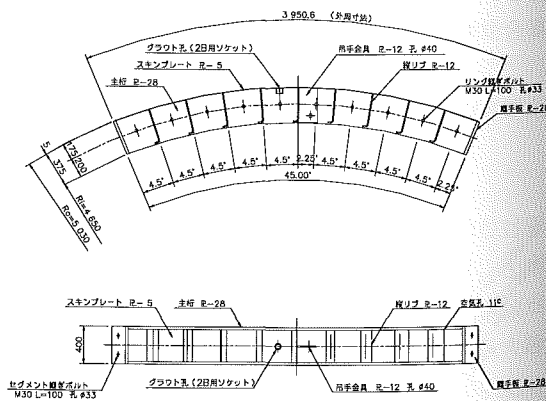


図-5 急曲線用セグメント

4 近接施工と急曲線対策

4-1 事前数値解析および近接構造物対策

急曲線部では、計画余掘り量が161mm、テールボイド量が269mmで、1mあたりの空隙量は1.2m³と非常に大きい。この条件にて、掘削時における埋設物への影響を有限要素解析(応力解放率35%)で行ったところ、周辺埋設物が許容変位量を越えることが判明した。さらに、到達部のS字曲線区間での首都高速基礎との離隔が約2.2mであることから、管理者である首都高速道路(株)から対策工の検討を指示された。図-6に急曲線部における影響検討の概要を示す。

一般的な補助工法としては、地盤改良工や抑止工が考えられるが、施工範囲が広範囲なため経済的でない。さらに、到達部では首都高速との近接施工となることから、対策工そのものも近接施工となり現実的でない。そこで、シールド坑内から

行う対策工に限定して、①余掘り充填材による空隙充填、②袋付きセグメントによる地山との早期一体化の対策を実施した。

4-2 急曲線対策

(1) 余掘り充填材による空隙充填

急曲線部では空隙量が非常に大きく、応力解放率を低減する対策が必要である。そこで、加泥材としても使用されている2液混合型の塑性流動性ゲル化材を余掘り充填材として空隙に一時的に注

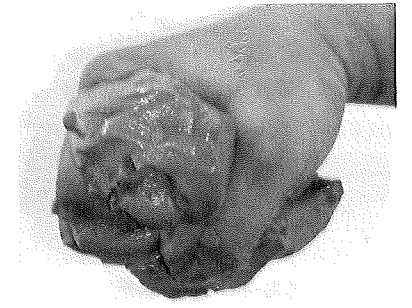


写真-3 余掘り充填材

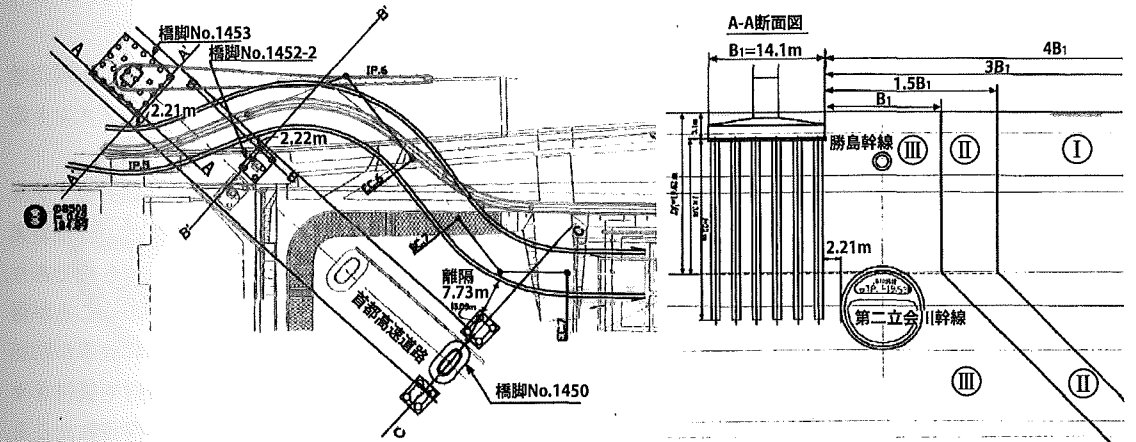


図-6 急曲線部における影響検討の概要

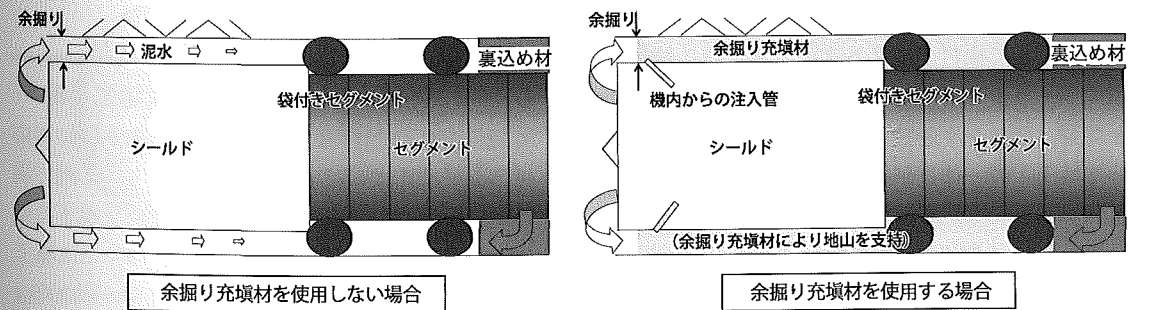


図-7 余掘り充填材の概念

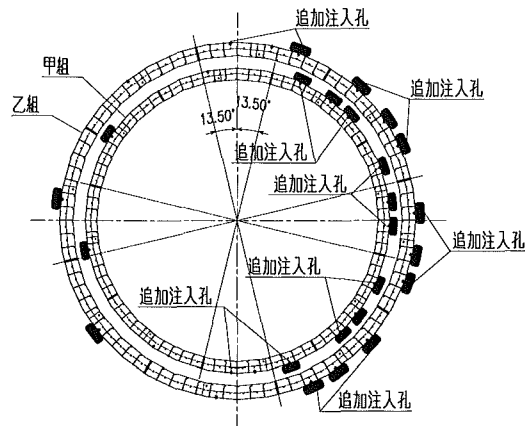


図-8 袋付きセグメントの配置

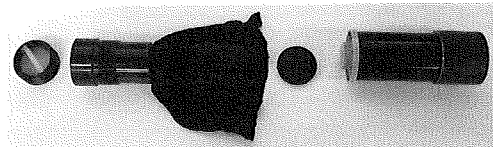


写真-4 取付け用袋

入ることにより、地山を保持することとした。図-7に余掘り充填材の施工概念を、写真-3に余掘り充填材を示す。

(2) 袋付きセグメント

とくに、急曲線部では、ジャッキ推力によるセグメントの変位と周辺地盤への影響を最小限に抑えるため、セグメントと地山との早期一体化が必要である。そのため、早期にテールボイドに裏込め注入材を充填する必要がある一方で、シールドテール部に近い箇所では注入材が切羽ならびに余掘り部に回り込み、必要な余掘り量が確保できなくなることが考えられる。

その対策として、袋付きセグメントを採用した。さらに、今回使用した袋付きセグメントは、製造時に特別な加工が不要であり、通常のグラウトホールを利用して後付けできるタイプである。結果、標準タイプのみならず異形タイプにも装備が可能となり、全リング連続して使用できることから十分な地山との一体化が図られた。図-8に袋付きセグメントの配置、写真-4に取付け用袋を示す。

4-3 トライアル計測結果

近接施工となる首都高速橋脚基礎通過前の最初の急曲線部でトライアル計測を実施し、対策工の

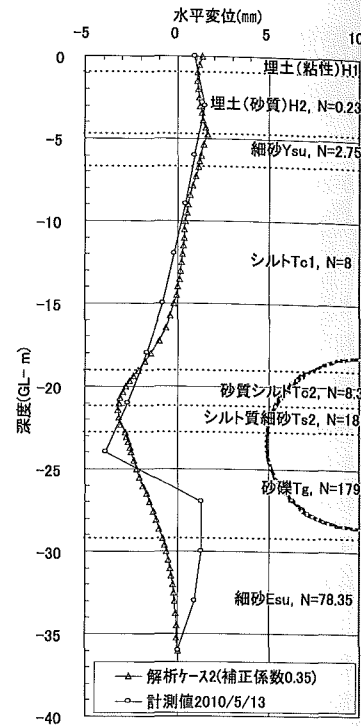


図-9 計測結果

妥当性を検証した。計測項目としては、①周辺地盤の変状計測、②間隙水圧測定、③セグメント応力測定の3項目とした。

図-9に計測結果を示す。この図は、トライアル計測によって得られた地中変位分布と、有限要素法により解析した結果を重ね合わせたものであり、この結果から応力解放率は約8%であることが得られた。このことにより、無対策の解放率が約35%であったのに対して、余掘り充填材や袋付きセグメントの採用により十分な効果が得られたことが確認できた。

5 二次覆工の計画概要

5-1 二次覆工の特徴と基本的な施工手順

二次覆工の設計は通水時における内水圧に対応することとしている。その条件として、①両方満水時、②上部満水下部空水時、③上部空水下部満水の3ケースを想定している。図-10に二次覆工の配筋を示す。これによると、鉄筋量が約300kg/m³と高密度配筋となっている。

コンクリートの打設は、スラブまでを下半コンクリート、残りを上半コンクリートと2回に分割して施工する。なお、打設スパンは9.0mを基本

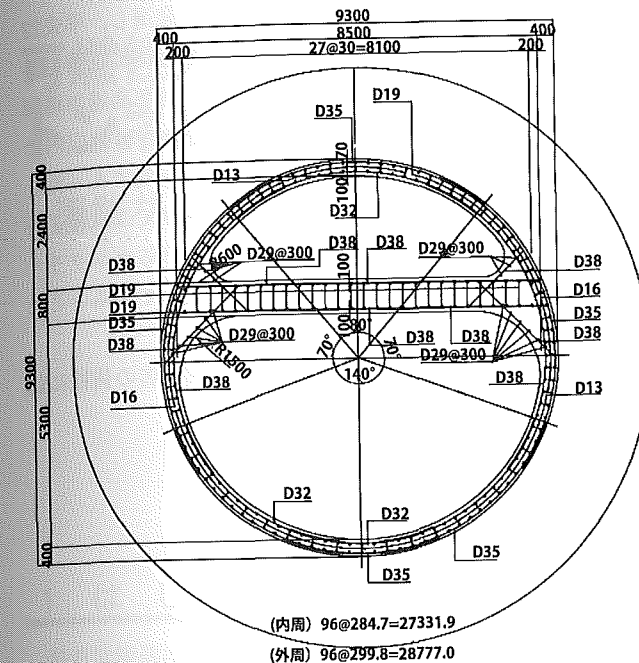


図-10 二次覆工配筋

とし、曲線部においてはBC、EC点が打継ぎ目となるようブロック割りを計画した。図-11に施工ステップを示す。

5-2 コンクリートの配合

設計基準強度24N/mm²、スランプ12cm(アジテーターの場合)を基本としているが、高密度配筋であることからコンクリートの充填性を考慮して、高性能減水剤を使用したスランプ21cmの配合も別途計画してある。

5-3 セントル計画

上半、下半とも、1.5mのフォームを6連として基本セントル長を9.0mで計画した。急曲線部では、分割されたフォーム間にカーライナーを設置して、設計曲率となるようにしてある。

下半セントルの特徴は、フォームごとの伸縮が可能なテレスコピック構造とし、1.5mごとのフォームを順次打設箇所に移動できるようになっている。写真-5に下半セントルを示す。

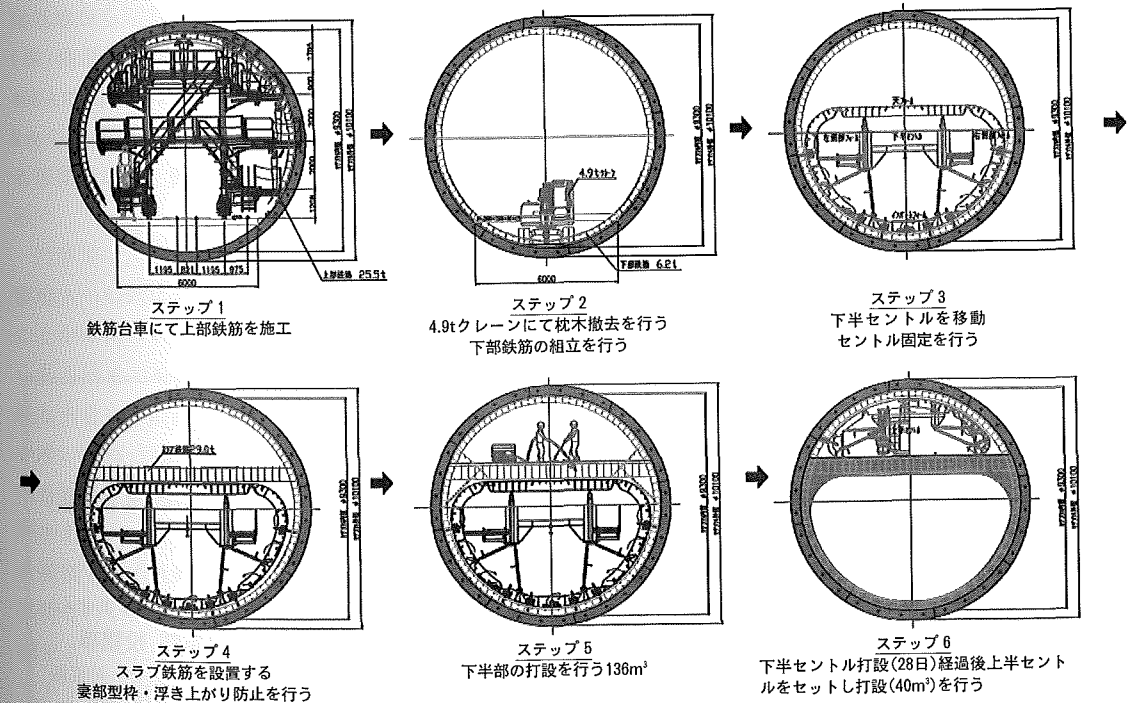


図-11 二次覆工の施工順序

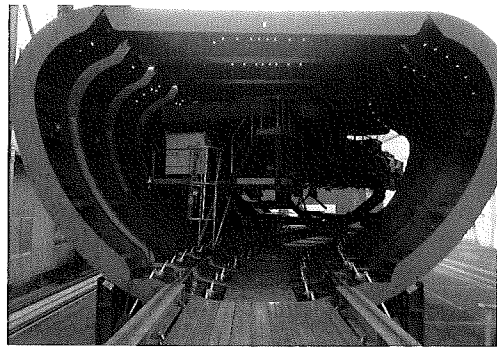


写真-5 下半セントル

5-4 打設設備

シールド発進立坑よりコンクリートプレーサーによる打設方法を基本とし、取付け覆工コンクリートを含む一部の区間を到達よりポンプ圧送する計

画で考えている。

6 おわりに

本シールドは、平成21年10月に発進し、平成22年11月に到達した。途中、近接構造物に影響を与えることなく無事通過し、とくに首都高速の橋脚の変位は鉛直-2.1mm、傾斜1.1分と許容値以内であった。これは、前述した対策が有効であったと考えている。今後は、約3年をかけて二次覆工を施工していくが、高密度配筋におけるコンクリートの施工という新たな課題に挑戦しているところである。

最後に、ご指導をいただいた関係者の皆様に誌面を借りてお礼申し上げます。

施工

可燃性ガス・高水圧などの課題を克服し長距離トンネルを建設

—天然ガスパイプライン 静浜幹線—

静岡ガス(株)生産・供給部輸送担当マネジャー	内田 充
中部ガス(株)浜松供給センター導管グループマネジャー	藤田 尚弘
静浜パイプライン(株)掛川工事事務所建設グループマネジャー	森竹 淳
鹿島建設(株)横浜支店静浜幹線建設工事事務所所長	荒木 均

1 はじめに

静浜幹線建設工事は、静岡県静岡市清水区の清水エル・エヌ・ジー(株)袖師基地から同県浜松市南区の中部ガス(株)南部供給所までを、口径500A~400Aの高圧ガス導管で結ぶ総延長105kmの天然ガスパイプラインを建設する事業である。図-1に全体ルート図を示す。

当事業は、静岡県中西部地域での需要増大への対応に大きな役割を果たすことが期待されるだけでなく、新潟から名古屋までを結ぶ国土幹線網の一部としての意義も大きい。計画ルート上には、市街地で交通量の多い幹線道路に沿った区間、川幅の広い1級河川を横断する区間、および山岳地域を通過する区間がある。パイプラインは、内径2mのトンネルを構築したうえで、坑内で配管および溶接による接続を行い、最後に空洞をエアモルタルなどで充填することにより完成する(図-2参照)。

トンネル構築は、泥土圧シールド工法で掘削するが、山岳地域を通過する区間ではTBM工法に

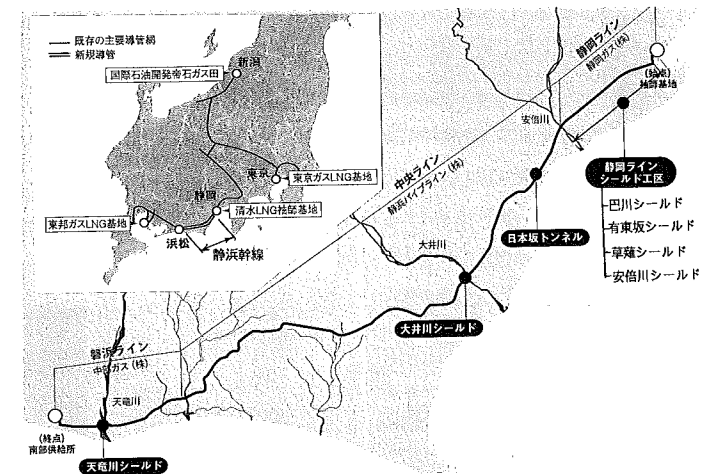


図-1 全体ルート図

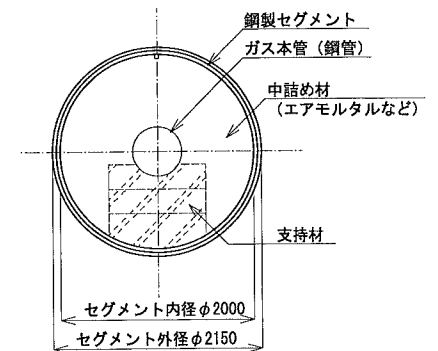


図-2 標準断面図(シールド区間)

『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、本誌編集委員会が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)

より掘削する。いずれも延長が1,000mを超える小口径長距離トンネルである。トンネル総延長は約18kmに及び、これを7工区に分けて施工している。各工区でそれぞれに異なる課題に直面しながら、これを克服して施工を進めている。

2 工事概要

工事概要を以下に示す。

工期：2009年8月1日～2013年3月31日
(2013年供給開始予定)

工事内容：トンネル施工概要を表-1に示す。

3 各工区の課題と対策

以下に各工区で直面した問題のうち主要なものをとりあげ、その対策、および今後の課題への対応について述べる。

3-1 可燃性ガス対策(草薙シールド, 巴川シールド)

草薙シールドおよび巴川シールドでは、事前の調査により、掘進する地層中に可燃性ガスの存在が予想されたため、掘進中に可燃性ガスが発生した場合に備えて表-2に示す安全対策を講じた。

3-1-1 草薙シールドにおける可燃性ガスの発生

草薙シールドは2010年5月に掘進を開始後、数回にわたって可燃性ガスが発生した。

とくに、掘進距離1,455m付近を掘進中に発生した際は、切羽の可燃性ガス濃度が急上昇し、一時は爆発下限界(LEL)の50%を超える状態になった(図-3参照)。このときの土かぶりは約32mで、粘土層と砂礫層の地層境を掘進していた。

表-1 トンネル施工概要一覧表

ガス管径 (mm)	工区名称	有効内径 (mm)	平面延長 (m)	施工法
φ500	巴川シールド	φ2,000	2,185	泥土圧シールド
	有東坂シールド		3,744	
	草薙シールド		3,839	
	安倍川シールド		3,085	
	日本坂トンネル		3,089	
	大井川シールド		1,249	
φ400	天竜川シールド	φ1,800	1,027	泥土圧シールド

表-2 可燃性ガス対策一覧表

項目	内容
防爆仕様	限定防爆(後続台車先頭にエアカーテンを設置, シールド側を防爆仕様とする)
定置式検知器(酸素・メタン)	切羽・後続台車・立坑下 坑内@300mで設置(防爆仕様)
集中管理	酸素・メタンガス濃度を常時測定し, 地上PCで自動記録・監視
自動警報	すべての箇所でお知らせ灯およびブザーによる警報 警報装置は検知器設置箇所および現場詰所, 事務所に設置 警報時, 作業員は即時坑外へ避難
電源自動遮断	メタンガス濃度1.5VOL%(30%LEL)にて, 坑内の電源を自動遮断(可燃性ガス検知器の電源, 通信ラインは別系統)
非常用照明	坑内@50mで設置(防爆仕様)
坑内電話(PHS)	坑内@500mで中継器を設置(防爆仕様)
救護器具	担架(後続台車, 立坑下に各1台) 懐中電灯(立坑上に5個) 酸素呼吸器(現場詰所に3組)
避難器具	携帯用照明器具, 避難袋(防煙マスク・ケミカルライト・誘導ロープ)を後続台車と坑内@500mに各6組
消火器・消火栓	坑内@100mで取水口を設置 立坑下, 後続台車各所, 坑内@100mに消火器を設置
換気装置	排気式(写真-1) 溶存ガス量126ml/lに対応 坑内風速0.3m/s以上

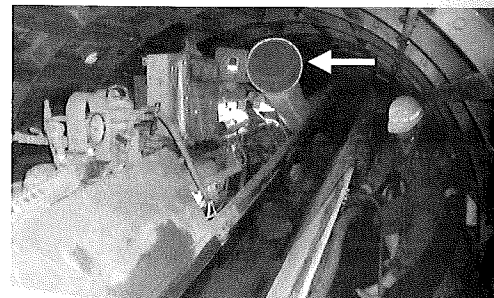


写真-1 排気式換気設備の吸入口



図-3 可燃性ガス発生時のガス濃度検出記録

警報発生と同時に作業員の避難を実施したが、掘進中断後も断続的にガス濃度の上昇がみられた。高圧のガス溜りが存在し、急激なガス濃度上昇が発生するリスクが高いと判断し、対策を強化した。表-3に追加的に実施した対策を示す。

掘進再開後、数回にわたり1次警報が発せられたが、いずれの場合も速やかにガスを希釈、排出し、掘進を継続することができ、無事に可燃性ガスが発生する恐れのある区間の掘進を完了した。

3-1-2 巴川シールドの掘進

巴川シールドも可燃性ガスが発生する恐れのある

表-3 可燃性ガス追加対策一覧

項目	内容
管理体制	社員が切羽に常駐(昼夜)し, 携帯ガス検知器にて作業場所の可燃性ガスを常時測定する。また, 警報発生の際は管理レベルに応じて適切な対応をとれるよう指揮をとる。 管理レベル①(~10%LEL) : 状況把握(各所測定) 管理レベル②(~20%LEL) : 作業中止・待機 管理レベル③(~30%LEL) : 坑外退避・入坑禁止 管理レベル④(30%LEL以上) : 対策工検討
換気装置	発生源付近に希釈用ファンを設置 換気能力増強(換気プロアの排気能力を約25%増強)

地質層序表

地質年代	地層名	記号	
第四紀	完新世	盛土	Bn
		有機質粘土	Ap
		粘性土	Ac
		砂質土	As
		礫質土	Ag

る区間を掘進する。土かぶりが30mに達する付近で、ガスが封じ込められやすい、粘土層に挟まれた砂礫層が存在し、高圧のガス溜まりに遭遇する可能性がある。

草薙シールドで得られた知見をもとに十分な安全対策を講じて掘進する計画である。

3-2 大深度高水圧区間の掘進(草薙シールド, 巴川シールド)

草薙シールド, 巴川シールドはともに、ルート上の橋脚基礎を避けるために、土かぶり30~40m, 水圧0.3~0.4MPaの大深度高水圧区間を掘進する。

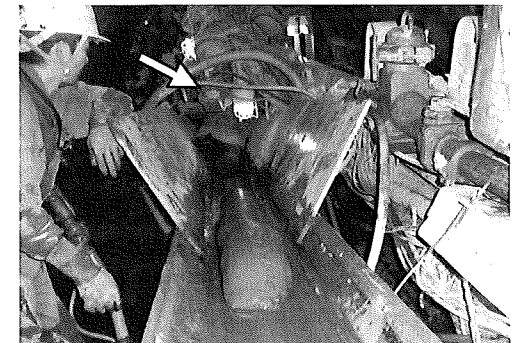


写真-2 希釈用ファンの設置状況

地質年代	地層名	記号	
第四紀	更新世	粘性土	Dc
		砂質土	Ds
		礫質土	Dg
		段丘堆積物(粘性土)	ky-o
		段丘堆積物(砂質土)	ky-s
		段丘堆積物(礫質土)	ky-g
新第三紀	後期中新世	砂岩・泥岩互層	Sy

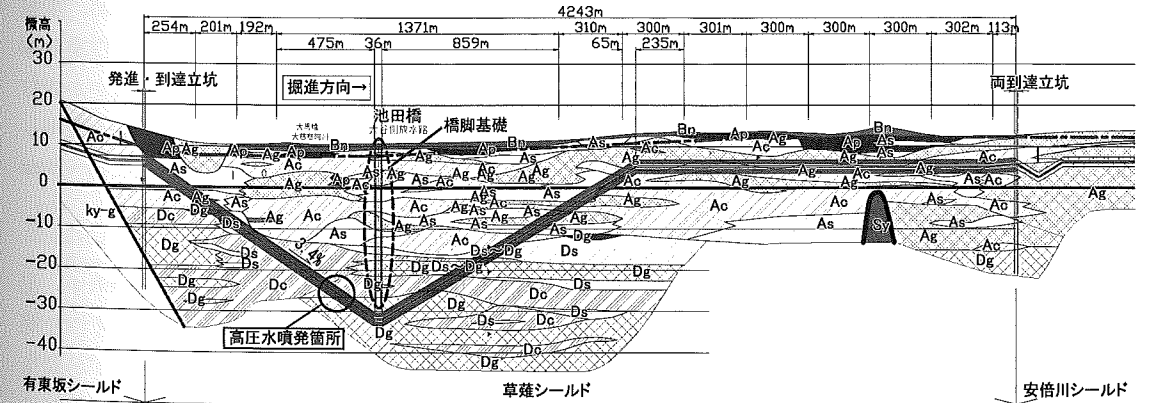


図-4 草薙シールド縦断面図

表-4 加泥材配合計画(草薙シールド)

土質	N値	品名	濃度
砂 礫	30~50	高吸水性ポリマー (TGブロックα)	0.4%
シルト 砂混じり砂礫	20~50		0.4%
シルト・砂	15~50		0.2%
粘 土	8~10	凝集系ポリマー (TGリキッドB)	0.1%
粘土/砂礫		高吸水性ポリマー (TGブロックα)	0.3%

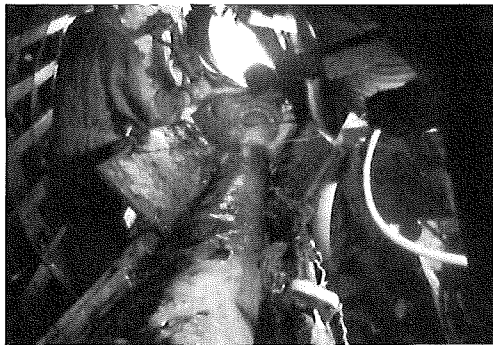


写真-3 排土状況(粘土)

図-4に草薙シールドの縦断図を示す。

3-2-1 加泥材の選定(草薙シールド)

草薙シールドが掘進する区間は砂礫層と粘性土層が入り組んだ複雑な地層である。加泥材の選定にあたっては、施工性に優れる高分子系を基本とし、立坑掘削時の残土を使って試験練りを実施し、表-4に示すように、それぞれの土質に適した数種類の配合を計画した。

施工の際は、掘進、排土の状況から土質を判断し、これらを使い分ける計画とした。とくに土かぶり30m以上の大深度において砂礫層を掘進する場合、高圧水の噴発が懸念されたため、止水性の高い材料を比較的高濃度で使用する計画とした。

3-2-2 大深度高水圧下の掘進状況(草薙シールド)

掘進開始直後から3.4%の下り勾配となるため、進捗とともに土かぶり、水圧は増加した。粘性土層では掘進速度60mm/min以上、加泥注入率20~30%で順調に掘進していたが、掘進距離988m地点(土かぶり36.5m、水圧0.3~0.4MPa)において、砂礫層に入った直後から噴発傾向が見られたため、掘進を中断し、対策を検討した。

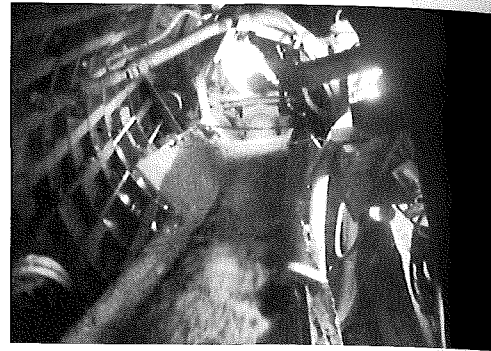


写真-4 排土状況(砂礫クレーショック充填後)

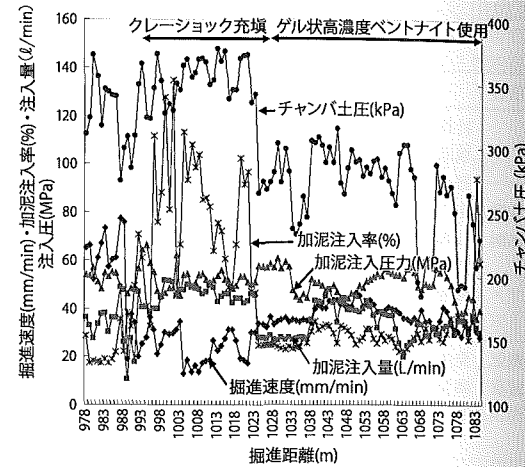


図-5 高水圧下の掘進データ

掘進データを図-5に示す。当初の想定に比べ、砂礫層の細粒分が少なかったために、掘削土の止水性と塑性流動性が保持できなかったことが噴発の原因と考えられたため、加泥材を変更して掘進した。クレーショックを使用した場合は、チャンバ土圧を維持しながら低速で掘進するため、加泥注入率が60~120%と非常に高くなり、作業効率が悪いうえ、材料費、残土の産廃処理費がかさむ問題があった。高濃度ベントナイト溶液を使用した場合は加泥注入率25~30%、掘進速度40~50mm/minで掘進できた。

3-2-3 加泥材変更検討の経緯

加泥材の種類を変更した経緯を表-5に示す。①の高分子系の加泥材はいずれも効果がなく、加泥材に粘性だけでなく比重をもたせることが必要ことがわかった。②のクレーショックは一時的に噴発を止めるためには有効な方法だが、コストや

掘進効率の面で問題があった。③の方法は高水圧対策として有効で、コスト、施工性の面でも優れていた。

3-2-4 今後の課題と対策

巴川シールドも最大土かぶりは約40mで、水圧0.3~0.4MPaの大深度高水圧区間を掘進する。当該区間は砂礫層と粘土層の互層であり、砂礫層における高水圧対策については、草薙シールドの実績を活用できるが、粘土層での急激な粘性上昇に

表-5 高水圧対策一覧表

①高分子系加泥材	
概要	止水性、粘性を高める効果を期待できる加泥材を数種類適用。
効果	×
問題点	比重を高める効果がなく水圧に対抗できない。
②クレーショック工法+高分子系加泥材	
概要	クレーショック(高膨潤度ベントナイトと水ガラスを混合したもの)をチャンバ内に注入、充填し、掘削土とともに排出する。カッターヘッド前面には止水効果のある高分子系加泥材を注入。
効果	△
問題点	大量のクレーショックを注入するため、材料費および産廃処理費がかさむ。
③ゲル状高濃度ベントナイト	
概要	膨潤性の低い汎用ベントナイトの高濃度溶液と高分子凝集材を切羽直前で混合させ、高比重、高粘性の加泥材を作成し注入。
効果	○(排土の含水比は高め)
問題点	高粘性の加泥材はプラントの圧送能力超過や配管閉塞の問題があった。そこで高比重、低粘性の汎用ベントナイト溶液を切羽まで圧送し、切羽直前で粘性を高めるための凝集材を添加する方法をとった。

よる閉塞の可能性など、新たな課題が考えられる。対策として、分散作用のある添加剤の使用、高圧空気による閉塞解除などを含めて詳細を検討中である。

3-3 岩盤の調査(草薙シールド、安倍川シールド)

草薙・安倍川両シールドの到達予定地点付近で、周辺の開削工事の施工経験から、地表近くに岩盤が存在する可能性があるとの情報を得た。当初の想定によると、当該箇所は粘性土と砂礫層の互層で、シールド掘進位置より約10m下方に岩盤が存在するという地層構成だったため、粘性土対応型の草薙シールドで掘進する計画だった。

到達地点までは約300mの距離があり、スポークタイプのカッターヘッドを装備した草薙のシールドで岩盤区間を通過するのは困難であるため、岩盤がシールド線形上にあることが確認できれば、計画の大幅な変更が必要である。そこで、岩盤の位置と強度を把握するため以下の調査を実施した。調査位置を図-6に示す。

3-3-1 ボーリング調査

岩盤の深度、性状を確認するため、ボーリング調査と岩石試験を実施した(図-7参照)。この結果、地表から盛土層(砂礫)、沖積層(粘性土および砂質土)が分布し、深度4.3m以深に岩盤(新生代第三紀・静岡層群=砂岩主体)が分布していることが確認された。ただし、深度6.95mまでは強風化部でコアは土砂状を呈しており、施工上問題となるのは深度6.95m以深の風化砂岩である。

そこでこの部分のコアを試料として岩石試験を

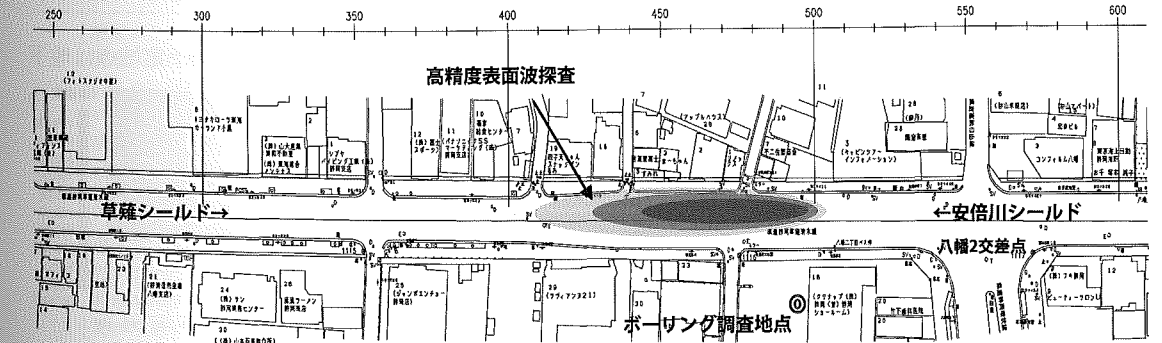


図-6 調査位置図

実施した。一軸圧縮試験はCH級岩盤以外については、供試体長が不足し適用できなかったため、点載荷試験またはエコーチップ試験を実施して一軸圧縮強度を推定した。クラックの有無などにより結果にばらつきがあるが、深度6.95m以深における岩盤の強度は30~40MN/m²と推定される。CH級岩盤は100MN/m²以上の非常に高い強度を示すが、層厚が35cmとわずかであり、シールド掘進への影響は限定的であると考えられる。

3-3-2 高精度表面波探査

岩盤の分布を把握するため、夜間車線規制を

標高	深度	柱状	岩種	色調	硬軟	割れ目	風化	変質	記号	コア採取率 (%)	最大コア長 (cm)	RQD (%)	岩級	孔内水位/測定月日
14.07	6.00	盛土(砂礫)								0	0	0		3/17
12.82	7.10	有機質土	暗灰							0	0	0		3/19
12.02	7.45	シルト質砂	暗灰							0	0	0		
12.17	7.60	シルト質砂	暗灰							0	0	0		
10.87	4.30	風化砂	暗灰							0	0	0		
8.99	8.34	風化砂	暗灰							0	0	0		
7.87	7.33	砂質シルト	暗灰							0	0	0		
7.07	7.50	砂質シルト	暗灰							0	0	0		
6.97	8.25	砂質シルト	暗灰							0	0	0		
5.83	9.33	風化砂	暗灰							0	0	0		
4.93	10.03	風化砂	暗灰							0	0	0		
3.72	11.02	風化砂	暗灰							0	0	0		
2.07	12.00	風化砂	暗灰							0	0	0		

図-7 柱状図

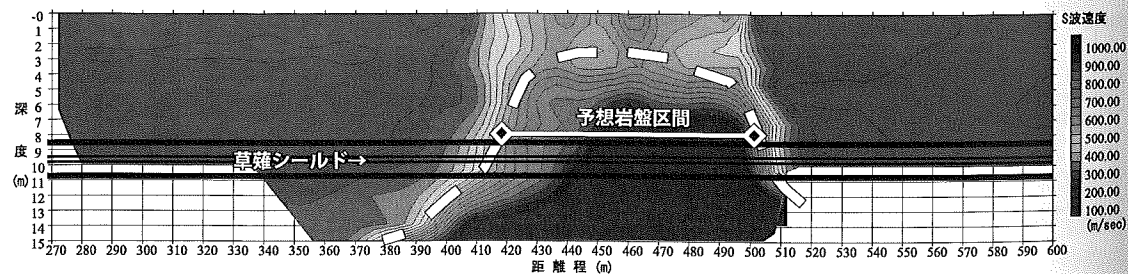


図-8 高精度表面波探査結果

実施し、高精度表面波探査を実施した。

この方法は、地面に多数の受振器を一定間隔で設置し、地面をカケヤ(大木槌)で打撃(起振)することにより発生させた波動を測定、分析し、地盤の強弱、硬軟と密接な関係のある「S波速度分布」を求めることができる調査方法である。今回は、24連の受振器(ランドストリーマ)を、1回の起振ごとに全体を引張って移動させながら、測定をくり返し、約600mの区間について調査を実施した。

調査結果(図-8)より、約100mにわたって、深度5~14mにS波速度500m/sec以上を示す岩盤層が分布していることが推定される。

3-3-3 今後の対応

調査結果より、調査位置付近では岩盤が地表付近まで分布しており、草薙シールドの計画線形上に約100mにわたって岩盤が存在することが確認された。この結果を受けて、草薙シールド到達地点へ向かって反対側から到達する計画だった安倍川シールドのマシンが、玉石混じり砂礫層への対応としてローラーカッタを装備しており、今回出現することから、安倍川シールドの計画掘進距離を300m程度延長し、岩盤出現地点に草薙、安倍川の両シールドトンネルの到達位置を変更することを基本として計画の変更をする。

ただし、到達予定地点は地下

埋設物が多く、立坑の構築や、地上からの地盤改良が困難な場所であるなど課題は多く、施工方法の詳細を検討中である。

3-4 玉石層の掘進(安倍川シールド、大井川シールド)

安倍川シールドと大井川シールドは、大部分が玉石混じり帯水砂礫層の区間を掘進する。予想される最大礫径は、300mmである。

3-4-1 事前の対策

計画段階において、以下の対策を講じた。

- ① シールドはφ300以上の玉石を破碎し掘進できるセミドーム型のカッタヘッドとし、玉石層で実績の多いチップインサート式ディスクカッタを装備した。
- ② スクリューコンベヤはリボンタイプとし、礫径300mmまでの玉石を直接呑み込める構造とした。
- ③ 礫を含む掘削土の塑性流動性を確保するため、立坑の掘削土と現地の地下水を使った試験練りにより加泥材の配合検討を実施した。

3-4-2 安倍川シールドの掘進実績

安倍川シールドは2011年2~5月にかけて、河

表-6 加泥材配合計画(安倍川シールド)

土質	N値	品名	濃度
玉石混じり砂礫	30~50	TGブロックα	0.4~0.6%
		TGガード	原液注入
		吸水性樹脂	5~10kg
		増粘作用	(1m ³ あたり)

表-7 安倍川シールドの掘進における問題

対策	問題
①	想定よりも土質の変化が大きく、シルトが卓越する区間と、礫が多い区間が交互に出現し、加泥材の配合をこまめに調整する必要があり、対応が遅れるとチャンパ内で玉石が分離、閉塞し細粒のみ取り込む状況が生じた。
②	低速掘進または停止状態で濃い配合の加泥材を注入し、掘削土の塑性流動性を回復
③	礫区間で濃い配合の加泥材を注入する際、加泥材の粘性が高いために、想定よりも圧送抵抗が大きく、掘進距離が伸びるにつれて、加泥プラントの圧送ポンプ能力が不足する恐れが生じた。
対策	坑内に中継ポンプを設置

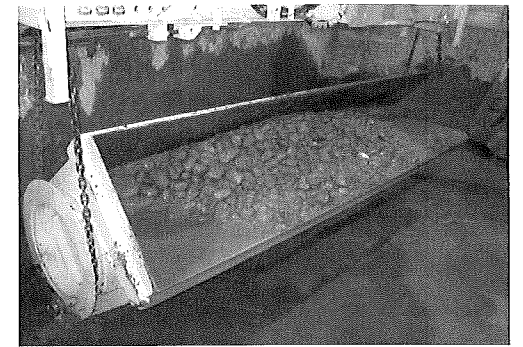


写真-5 玉石混じりの掘削残土

川横断区間を掘進した。土かぶり厚は6~9.5m、掘進延長は約750m、縦断勾配は水平である。

掘進中に生じた主な問題は表-7のとおりである。加泥材の濃度を調整する方法として、チャンパ内に直接増粘剤を添加する方法も計画していたが、実施工では、土質の変化が急激かつ頻繁で、この方法では即効性に不安があったため、使用しなかった。

3-4-3 今後の課題

安倍川シールドは、左岸の中間立坑で点検整備を行った後、静岡市内の幹線道路の直下を約3,000m掘進する予定である。また、大井川シールドも玉石混じり砂礫層の中で1,000mを超える距離を掘進する。安倍川シールドの河川横断区間の掘進により、ディスクカッタの破碎効果と加泥材の配合調整により玉石混じり帯水砂礫層への対応が可能であることが確認できたが、掘進距離が伸びることによるカッタビットの摩耗、幹線道路直下では地表面沈下の防止をより厳格に管理する必要があるなど、課題も多く、今後の施工へ向けて、加泥材の配合や調整方法などについて、さらなる検討を行っているところである。

3-5 TBMトンネルの施工(日本坂トンネル)

静浜幹線の路線上で唯一の山岳トンネル区間である日本坂トンネルは、東名高速道路や国道150号線をはじめとする道路トンネルや鉄道トンネルが集中する地域で、既設トンネルとの最小離隔約16mで近接施工するため、無発破で長距離高速施工が可能なTBM工法を適用した。

図-9に想定地質縦断図を、表-8にTBMの諸元

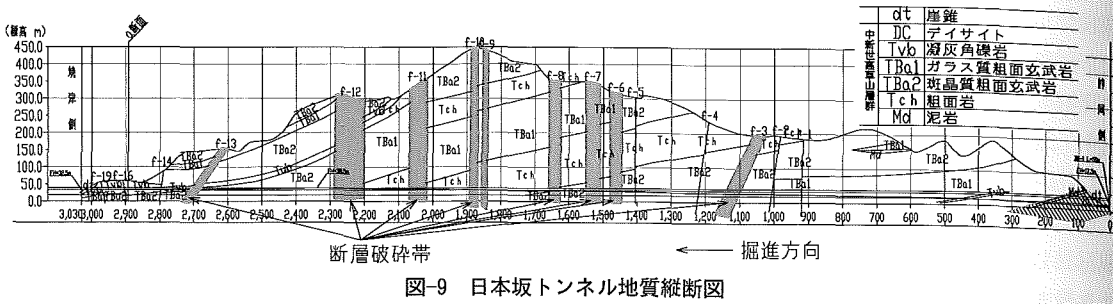


図-9 日本坂トンネル地質縦断面図

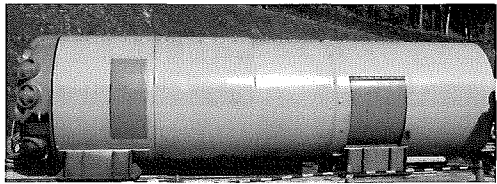


写真-6 TBM全景

表-8 TBM主要諸元

型 式	ダブルシールド型
掘 削 外 径	2,320mm
機 長	7,440mm
総 重 量	約100tf
総 出 力	276kW
総 推 力	3,528kN
掘 進 ス ト ロ ーク	1,200mm
カ ッ タ	13.0inch×19個
カッタヘッドトルク	314kN(6.1rpm以下)

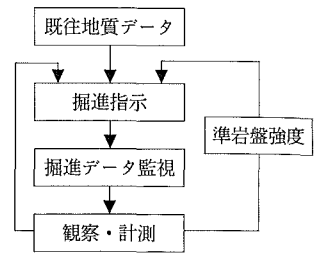


図-10 TBM掘進管理フロー図

事前に十分に得ることは困難である。しかし、本トンネル近傍には東名高速道路をはじめとして既設トンネルが複数あり、地質資料や工事実績に関する資料を収集、分析して得られた情報を参考にして地質縦断面図を作成した。これにより、断層の位置については、かなり精度よく予測できた。

3-5-2 準岩盤強度を指標とした掘進管理

不良地質区間をトラブルなく通過するためには、岩盤の強弱に合わせてマシンの運転状態を調整する掘進管理が重要になるが、準岩盤強度を主要な指標として用いる管理方法が有効だった。

準岩盤強度とは、TBMの推力、カッタトルクの値(=掘削抵抗)を使って算出する岩盤強度の推定値で、福井・大久保⁹⁾が提案した式により求める。

本トンネルにおける掘進管理は図-10に示すフローで実施した。マシン後部では、露出した坑壁に対して、目視観察、写真による記録、シュミットハンマー測定を実施した。準岩盤強度を主要な指標としながら、亀裂の状態など、坑壁や切羽観察の結果から得られた情報を加味し、細かい掘進指示を行った。

図-11に準岩盤強度、坑壁のシュミットハンマー測定記録および坑壁観察記録の例を示す。掘進距

を示す。

TBM工法は軟～硬岩地盤を高速掘進できる反面、断層破砕帯など不良地質に遭遇すると切羽の崩落や坑壁の変位によりマシンが拘束されて掘進不能に陥るリスクがある。本トンネルは内径2mの小断面で、坑内の作業空間が限られており、坑内からの先受け注入などの補助工法を実施することは困難である。

したがって、不良地質によるトラブルを避けるためには、掘進速度やカッタトルクなどを地質、岩盤強度の変化に合わせて最適に調整する掘進管理を精度よく行う必要があった。

以下に、今回の工事で実施した掘進管理の手法について述べる。

3-5-1 既往地質データの収集、分析

一般に山岳トンネルでは路線上の地質データを

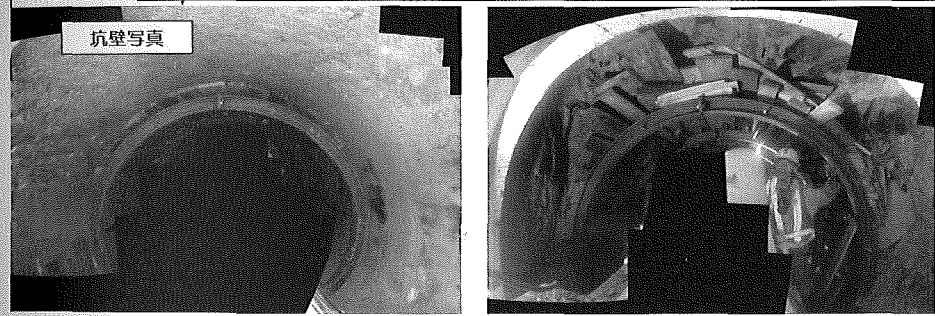
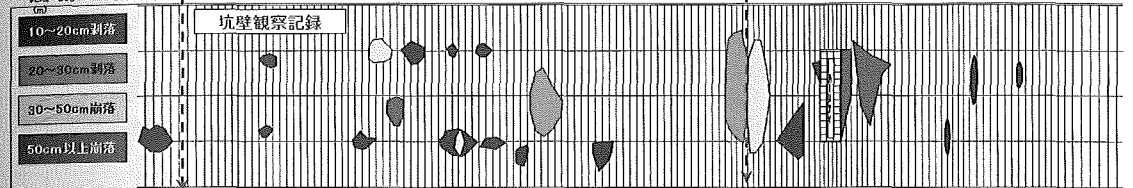
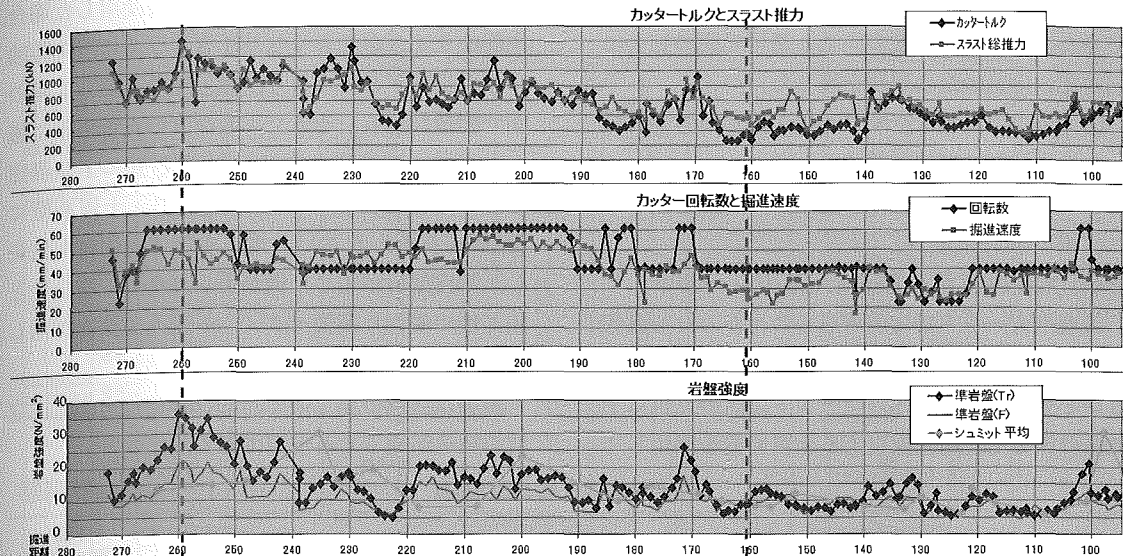


図-11 マシンデータと岩盤強度・観察記録

離160m付近では、準岩盤強度が5 N/mm²程度まで低下した部分で坑壁の崩落が広範囲で生じている。一方で、掘進距離230m以降の準岩盤強度が継続的に15N/mm²を超えている部分では坑壁の抜け落ちがほとんどない。岩質や亀裂の状態の違いにより差はあるが、準岩盤強度が坑壁の安定性を判断する指標として有効であったといえる。シュミットハンマー測定結果との誤差が大きい部分があるのは、シュミットハンマー測定が局所的な硬軟の影響を受けやすいためと考えられる。

表-9に実際の施工で目安とした掘進管理の基準を示す。原則的には、亀裂の多い岩盤では推力か

表-9 準岩盤強度を指標とした掘進管理基準

準岩盤強度 (N/mm ²)	掘進速度上限 (mm/min)	摘 要
10以上	40~60	マシン能力上限以内
10以下	40	1機長以内ごとに切羽状況を目視確認
5以下	30	

ら算出する準岩盤強度(F)、風化により全体的に強度が低下している岩盤では、トルクから算出する準岩盤強度(T)を主な指標とした。

3-5-3 今後の課題

本トンネルの掘進により、マシンデータをリアルタイムで掘進管理に反映する手法を確立すると

ともに、裏付けデータもある程度蓄積することができた。一方で、精度の向上と適用範囲の拡大に向けて、いくつかの課題を残した。

- ① 坑内の狭隘な空間で適用可能な前方地質探査手法および補助工法の開発
- ② より広範な地質での実績データの蓄積と応用

3-6 大深度立坑の築造(天竜川シールド)

天竜川シールドでは河床からの土かぶりを確保するため、深さ20m以上の発進立坑を築造することが必要となった。他のシールド工区の立坑は十数mの深さで、鋼矢板による土留め壁を採用して

いるが、この深さで同様に鋼矢板を使用した場合、支保工サイズが大きくなりすぎるうえに、先行地中梁の設置が必要となり、施工性や工期、工費の面で問題がある。そこで、大深度の土留め壁に適した工法への変更を検討した。表-10に工法選定の詳細を示す。周辺の工事実績で、土留め壁にSMWを採用したさい、地下水流で固化材が流失し、不良部分が生じた例があったため、安全性と施工性に優れた鋼製セグメント圧入工法を採用した。図-12に立坑構造図を示す。

現場は立坑の施工中で、2011年11月上旬には立坑の築造が完了する予定である。

表-10 発進立坑工法比較表

	鋼製セグメント圧入工法	SMW工法	ニューマチックケーソン工法
施工位置	地上で組立てた鋼製セグメントの内部をバケット系掘削機にて掘削し、グラウンドアンカーなどを反力に油圧ジャッキを用いて圧入する工程をくり返し、セグメントを所定の深度まで圧入沈設する工法である。	地山とセメント系懸濁液を原位置で混合攪拌して地中壁を造成し、芯材としてH形鋼などを挿入する工程をくり返すことにより、土留め壁を構築する工法である。	RC躯体を地上で構築し、躯体下部に作業室を設け、ここに圧縮空気を送って地下水の浸入を防ぎながら、機械もしくは人力による掘削・排土をくり返し、躯体を地中に沈設する工法である。
施工概要利用目的への適用性	通常、仮設構造物として利用。 平面形状：円形、小判形(ただし、小判形は高価)	通常、仮設構造物として利用。 平面形状：矩形、円形	本設構造物として利用される場合が多い。 平面形状：矩形、円形、小判形
土質への適用性	適用可。	適用可。ただし、硬質な砂層・砂礫層では先行削削が必要であるとともに、施工精度が低下する傾向。	適用可。
地下水位対策	水中掘削のため、地下水位対策不要。	ボーリングおよび盤ぶくれ対策のため、深い根入れや地盤改良が必要となる。	圧気により地下水位の上昇を防止するため、その他の補助工法は不要。
遮水性	あり。	あり。ただし、地下水流がある場合、ソイルモルタル壁の流失に注意する必要がある。	あり。
周辺地盤への影響	小さい。 ただし、沈設時の周辺地盤引込み防止用に縁切り矢板の設置が必要。	小さい。 ただし、他の2つの工法よりも土留め壁の変形が大きくなる傾向があり、変形抑制の対策が必要。	小さい。 ただし、沈設時の周辺地盤引込み防止用に縁切り矢板の設置が必要。
周辺環境への影響	低騒音・低振動。	低騒音・低振動。 コンプレッサ使用により、周辺井戸に影響する可能性がある。	圧気設備の防音対策が必要。 砂礫層の場合、漏気対策が必要となるが、周辺井戸への影響が懸念される。
概略工期	5か月	5か月	6か月
概算工事費(比率)	1.3	1	2.5
その他	浜松市内で類似土質・類似深度の施工実績あり。	浜松市内で地下水流の影響により、ソイルモルタル壁が流失した事例あり。	立坑を人孔などとして本体利用する場合は工期・工事費ともに有利となる場合がある。
評価	◎	○	△

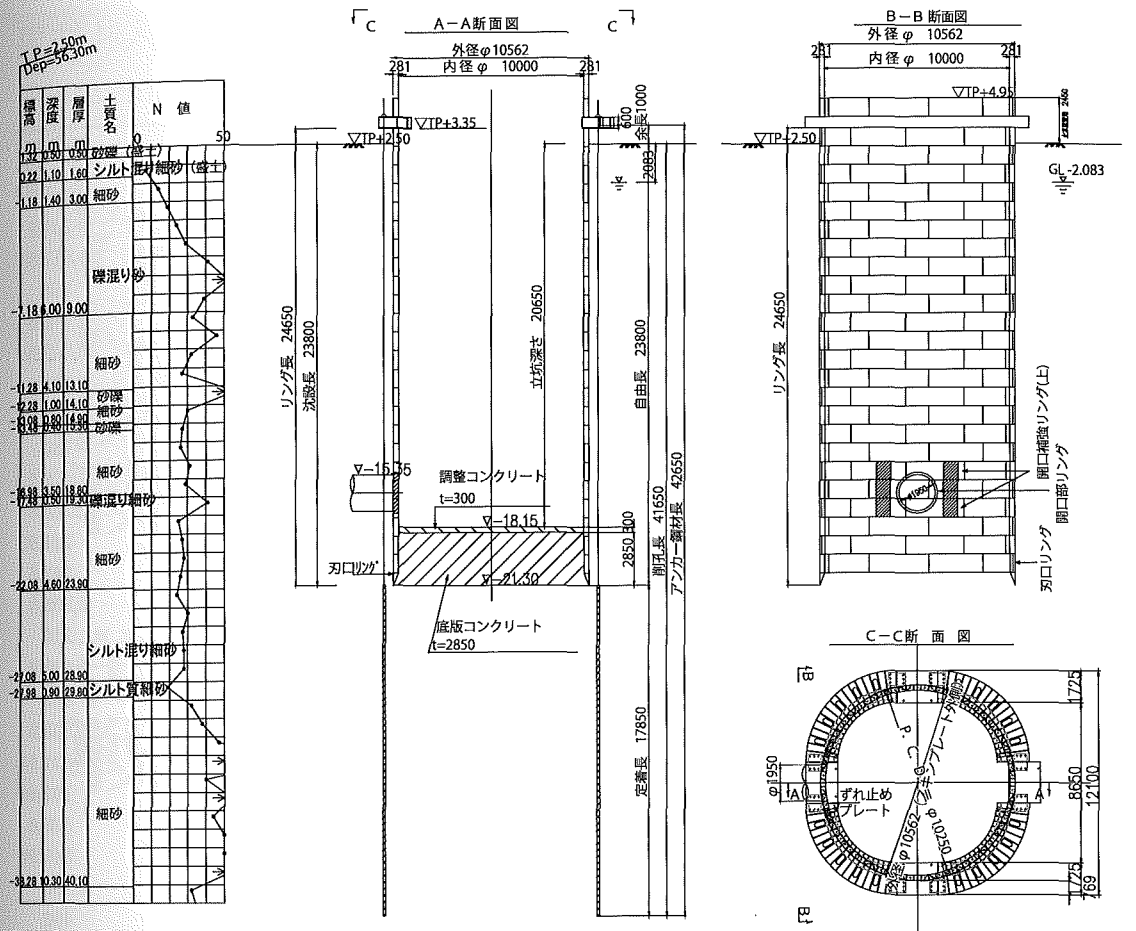


図-12 発進立坑構造図

4 おわりに

ていきたい。
本工事は2011年7月時点でトンネル延長約18kmのうち、9.5km余りの掘進を完了している。今後、これまでに得られた知見を残りの工区にフィードバックしながら、合理的かつ安全に施工を進め

参考文献

- 1) 福井勝則・大久保誠介：TBM掘削を利用した岩盤強度の推定に関するQ&A、トンネルと地下、Vol.32, No.12, pp.43-51, 2001.12.

建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著 A5判 326頁 本体定価 4,300円(〒340円)

株式会社 土木工学社

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

土木情報 No.462

今月の主な入札結果

(10月10日~11月9日)

事業主体	工 事 名	請 負 会 社	請負額 単 位 百万円
中国四国農政局	吉野川下流域農地防災事業北部幹線水路(大寺工区その8)	鴻池組	201.8
北海道開発局	北海道横断自動車道白糠町縫別T	伊藤・田中・堀口JV	1,517.88
関東地整	H23西前原排水樋管改築	新井組	185
"	圏央道山口Tその2	鹿島建設	3,378.5
"	" 北本地区函渠その1	大成建設	3,302.9
"	" 桶川地区函渠その1	鹿島建設	3,350
"	日輪寺函渠	宮下工業	125.5
中部地整	H23天竜川水系黒川第4砂防堰堤仮排水路T	浅川建設工業	154
"	H23由比地すべり大久保排水T	大日本土木	378.7
近畿地整	和田山八鹿道路八鹿T坑口他整備	福井建設	225.5
"	" 八鹿T覆工	福井建設	221.92
"	大和御所道路観音寺排水路整備	森高建設	142.5
四国地整	H23-25大山T	大林組	2,305.5
九州地整	大分212号三光本耶馬溪道路田口長見尾地区函渠設置外	河津建設	110
"	東九州道(佐伯~蒲江)佐伯T	熊谷組	3,698.8
埼玉県	R140道路改築(1号T(仮称))	鉄建・守屋八潮JV	632
"	R299社会資本整備総合交付金(改築)(坂石町分T(仮称))	フジタ・秩父JV	905.5
都・財務局	人間川分水路(その2)	前田・児玉JV	631.14
都・交通局	浅草線トンネル長寿命化試験工事	化工建設	102.44
都・水道局	中野区野方四丁目地先配水本管(1350mm)新設	東洋建設	508.8
都・下水道局	中央区日本橋箱崎町, 日本橋蛸殻町一丁目付近再構築	岩田地崎建設	549.36
"	渋谷区恵比寿南二丁目, 恵比寿西一丁目付近再構築	若築建設	1,130
"	豊島区西巣鴨二丁目, 北区滝野川七丁目付近再構築	ノバック	492
"	足立区宮城一, 二丁目付近再構築	徳倉建設	562.6
神奈川県	H23道路災害防除単(その1)国道129号(中津隧道)	三井住友建設	113.64
長野県	H23地域自主戦略交付金流域下水道・諏訪湖流域白樺湖幹線	鹿熊組	112
愛知県	境川流域下水道事業ポンプ棟築造(その2)	近藤・関・吉原JV	835.88
守谷市	H23国補公下水第1号	松丸工業	141
前橋市	本庁管内・永明地区天川町雨水滞水池建設(国改第3号)	佐田・岩上・大島JV	460
"	本庁管内南町雨水貯留管建設(国改第2号)	三原・品川・塩原JV	463
八潮市	八潮南部中央地区流域関連公下事業23-中央・雨水管渠築造その1	織田	115.3
千葉市	下水道排水施設(富士見23-1工区)	不動テトラ・旭JV	110.2
横浜市	南部処理区初音雨水支線下水道整備(その2)	清水・馬淵JV	232.5
"	北部処理区獅子ヶ谷雨水幹線下水道整備	東急・水村JV	1,228.08
"	栄処理区川上第二雨水幹線下水道整備(その3)	西武・東海JV	561.5
"	港北処理区新羽末広幹線(太尾・駒岡区間)第二工区下水道整備(その4)	鹿島・佐藤・松尾JV	283
"	神奈川処理区帷子川右岸雨水幹線下水道整備(その4)	大林・東亜・小雀JV	114
"	平楽高区線口径800mm配水管布設替	青木あすなろ・みらいJV	556
"	(仮称)環状4号線口径1200mm配水管新設(その37)	松尾・長野JV	609.72
"	星川雨水調整池築造(その2)	大林・東亜・小雀JV	2,125
川崎市	登戸4号雨水幹線その2	吉孝・京浜JV	298.15
横須賀市	3工区新港排水区雨水枝線1号築造	ユタカ・北斗(企)	264.84
厚木市	公下中津川右岸第2排水区幹線1工区	山王建設	105.65

長大トンネルで水、土、岩に挑戦、苦戦

安齋 茂紀

(元前田建設工業(株))

大湧水と筏と全断面掘削 —上越線 新清水ずい道工 事(土合工区)—

私は昭和37年4月、前田建設工業に入社し、電源開発(株)大鳥発電所新設工事に配属された後、入社2年目には上越線、新清水ずい道(土合工区)工事に転勤を命じられました。

新清水ずい道は谷川連峰、一の倉沢、茂倉岳の直下を貫いて新設された長大ずい道工事です。全長13,490mのうち、前田建設工業は斜坑337mと本坑5,416mを担当しました。非常に硬質な岩盤を最新鋭の大型機械を投入して、全断面掘削方式により、目標月進300mの急速掘進で施工しました。

この工事はトンネル名にあるがごとく、水とは切っても切れない縁があり、相当悩まされました。その悩まされた話をまず一つ。

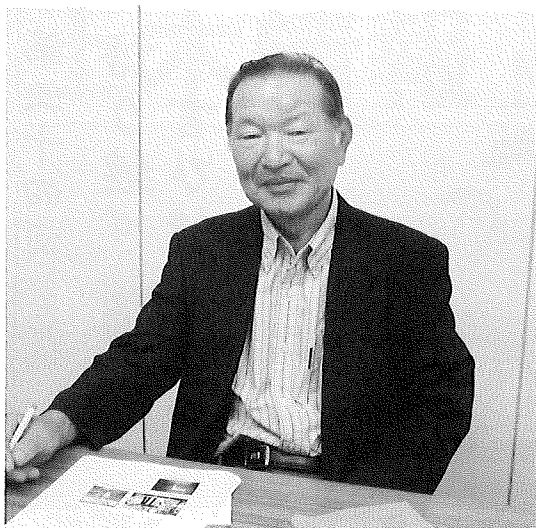
斜坑掘削において、坑口より252m、高低差63m地点で毎分6tの黒褐色の水(伏流水脈)がものす

第二十四回
語り継ぎ
言ひ継ぎ行かむ

ごい音を立て噴水のごとく流れ出ました。斜坑でこんな大量の水が出るなど、予想していなかったため、当初用意したポンプでは到底間に合わず、一夜にして2,500tの水が切羽に湛水して湖ができてしまいました。

やむなく筏を浮かべて湧水状況の確認調査をしました。3日3晩、所長、課長、職員、工長が一致団結して排水を完了することができましたが、ずい道掘削において筏を浮かべたことはおそらく前代未聞であったと思います。

水の話の二つ目。本坑での湧水は斜坑のときよりも更に激しいものがありました。穿孔した孔から噴出する水は切羽より20m先まで飛び、真正面で作業ができないので鉄板で衝立てをつくり、圧力水をさけながら穿孔しました。火薬装填がまた一仕事で、装填したダイナマイトが飛び出してくるのでビニールパイプにつめて装薬し、結線しました。テスターで測るのも滝の中で仕事しているようなも



著者近影(本原稿の打合せにおいて)

著者略歴

- 昭和37年3月 山形大学農学部農業工学科卒業
- 昭和37年4月 前田建設工業(株)入社
電源開発大鳥発電所新設工事
- 昭和38年11月 上越線新清水ずい道工事(土台工区)
- 昭和41年2月 日本鉄道建設公団へ出向
青函トンネル調査工事 研修生
- 昭和47年10月 上越新幹線榛名ずい道工事(御蔭工区)土木主任
- 昭和51年10月 津軽海峡線青函トンネル(吉岡工区)第3工事課長
- 昭和54年11月 福知山線第1名塩トンネル(西)工事所長
- 昭和58年3月 野岩線葛老山トンネル(南)工事止水注入工事所長
- 昭和59年3月 神戸市第2新神戸トンネル工事(第2工区)所長
- 昭和62年11月 北陸支店土木部長
- 平成3年4月 北陸支店副支店長
- 平成6年7月 本店施工本部土木技術部長
- 平成11年6月 前田建設工業(株)退職



著者

- | | | | | | |
|-------|-------|----|----|----|-------|
| 大竹(昭) | 阿部(浦) | 渡部 | 伝田 | 後藤 | 田中 |
| 阿部(昭) | 麓 | 池田 | 小林 | 佐藤 | 斎藤 |
| 平間 | 本間 | 鈴木 | 早瀬 | 小松 | 前田 |
| 川崎 | 西川 | 桑原 | 柳沢 | 吉田 | 米田 |
| | | | | 笹木 | 佐々木 |
| | | | | 矢野 | 井口 |
| | | | | 矢代 | 阿部(初) |
| | | | | 柳川 | 杉村 |

新清水ずい道工事出張所のみなさん

のでした。
 このように、斜坑からはじまり、本坑掘削では大量の湧水との闘いに苦労しましたが月進は最高247.2mを記録しました。
 はじめて経験するこの長大トン

ネル工事で、工事区長、助役、職員の皆様、当社の上司の皆様からトンネルの「いろは」はもちろん、一番大切な進行月進、サイクルタイムのとり方、ダボの入れ方、湧水、地質不良区間の対処法など多くをたたきこまれ、また経験し学ぶことができた現場です。
 話は変わりますが、トンネルの線形測量といえどもっとも肝になる作業で、常に発注者と打合せ、指示のもとで計画を進めるもので



本坑切羽の湧水状況(新清水ずい道)

した。
 ところが私は、発注者はおろか、上司の許可も得ずに勝手に作業を進めたのです。それが明るみに出たときに発注者からは「だれの指示でやったのだ!」とすごい剣幕で怒鳴られました。そのとき、上司の笹木課長が「私の指示でやらせました。」と、私の失態を上司の責任として処理してくれました。
 仕事のいろはだけでなく、上司や仲間が一つになってトンネルを掘る喜びも教えられました。笹木課長に感謝します。

研修生として調査工事に参加、全断面掘削—青函トンネル調査工事(出向)—

昭和41年2月21日、日本鉄道建設公団出向の辞令を受け、昭和41年2月から2年間、研修生として青函トンネル調査工事に従事しました。建設会社13社から第1~3期生の研修生が参加し、前田建設からは第1期生安齋茂紀、第2期



昭和42年3月4日、斜坑到達記念握手、右は濱・青函トンネル調査事務所長

生星定江、第3期生杉山昭雄の3名が参加しました。
 研修生は鉄道建設公団青函トンネル調査事務所で辞令を受け、函館調査事務所、吉岡鉄道建設所、竜飛鉄道建設所に分かれて勤務することになりました。私は吉岡建設所に2年間勤務することになりました。当初、事務所は完成しておりましたが、宿舍設備が未完成で地元の漁師の家に住み込み、厳しい冬の吉岡の寒さを味わうことができませんでした。

宿舍が完成してからは鉄道建設公団のみなさんや他社から出向していた研修生たちと寝食をともにして、毎晩、トンネル工事の話をしていました。会社は違えども、みんな、青函トンネル工事に向けて目標一つに和気あいあいとしていました。

私が掘削担当として配属になった吉岡調査斜坑は掘削長1,210m、1/4の下り勾配で、地質は訓縫層に属する凝灰岩およびシルト岩類

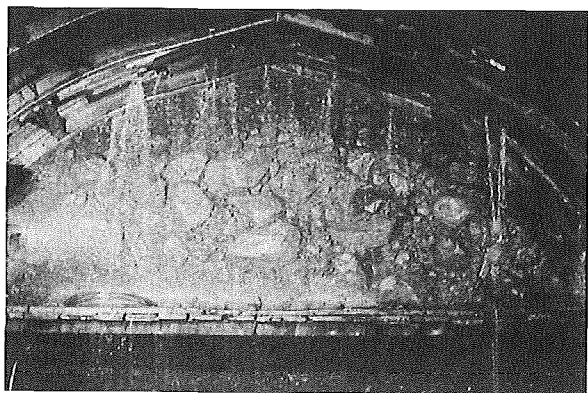
よりなり、軟らかく掘削しやすい軟岩でした。

注入試験では湧水が予想される地点の20~30m手前で掘削を中止して、切羽より長孔さく岩機によって先進削孔をして湧水箇所の湧水圧、水質を測定し、その結果に応じた注入孔配置図により注入孔を削孔しました。注入試験を行って注入配合、注入圧を決定して注入を行い、注入が終了するとさぐり削孔をして止水効果を確認するのが一連の作業でした。

吉岡調査斜坑は昭和42年3月4日に坑底到達し、昭和42年3月6日には先進導坑の掘削を開始しました。

湧水と火山泥流堆積層をサイロット工法で—上越新幹線榛名ずい道工事 御蔭工区—

榛名ずい道工事は榛名山の緩やかな裾野を貫く全長15,350mの長大ずい道で、前田建設工業の施工



斜坑掘削状況(榛名山ずい道)

区間は本坑3,350mと斜坑346.9mです。昭和47年10月に主任技術者(土木主任)として配属されましたが、その時期はオイルショックおよび物価の異常高騰のため、まともな飯も食べられないときでした。また学生運動(赤軍派)が活発で火薬類の取扱いが厳しく、立入り検査が頻繁に行われた時期でもありました。

地質は榛名山の火山泥流堆積層および固結砂礫層の互層、大塊の転石混じりの泥流堆積層でした。斜坑は予想していた以上に湧水が多く、坑口より240m付近では2.7t/分となったため、掘削を中止し、200m地点に横坑を掘ってポンプ座を作り、従来分と2系列で強制排水する計画をしました。りょう版コンクリート230mを打設して掘削を再開しましたが依然として湧水量が多く、斜坑底到達時には3.5t/分でした。硬い転石混じりの礫層は路盤の不陸が多く、水中ポンプの目詰まりなど故障の原因ともなりました。

多量の湧水と転石を含んだ砂礫層と粘土質を含んだ砂山の下、斜坑の1日の進行は4.8m/日が最高



本坑全体写真(榛名山ずい道)

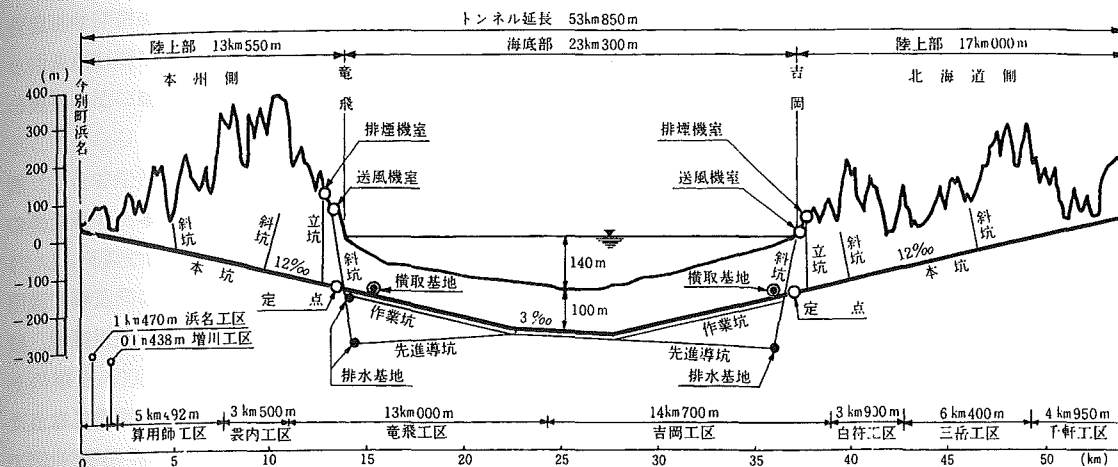
でしたが、所長、職員、協力会社一丸となり、総力を結集して8か月で斜坑掘削を終了しました。

本坑は、各工区の掘削実績で抜掘りやどべら掘削時に法面の崩落の危険が大きかったことや、水平ボーリングによる調査の結果、地耐力不足の問題があることから、本工事の掘削工法は標準の底設導坑先進上部半断面工法からサイロット工法(側壁導坑先進上部半断面工法)に変更になりました。

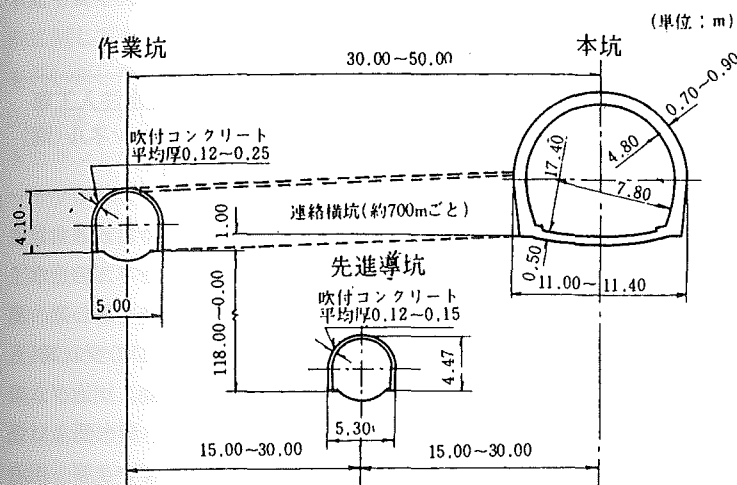
側壁導坑断面の決定は、その当時の使用機械の稼働可能な大きさ、大量の湧水に伴う排水管工や管などのスペース、側壁コンクリート、薬液注入などを考慮した断面とし、半円形の断面(側壁部直型、片側アーチ型)を採用しました。

導坑掘削時は、湧水が切羽全体に出て転石砂礫層の砂が流出し、導坑上半部に空洞が生じました。最盛期の湧水量は斜坑、本坑、ディープウエルの合計で31.5t/分が記録されました。多量の湧水に遭遇しながらも、導坑掘削は最大月進130.5m、上半掘削は最大月進122mを記録しました。

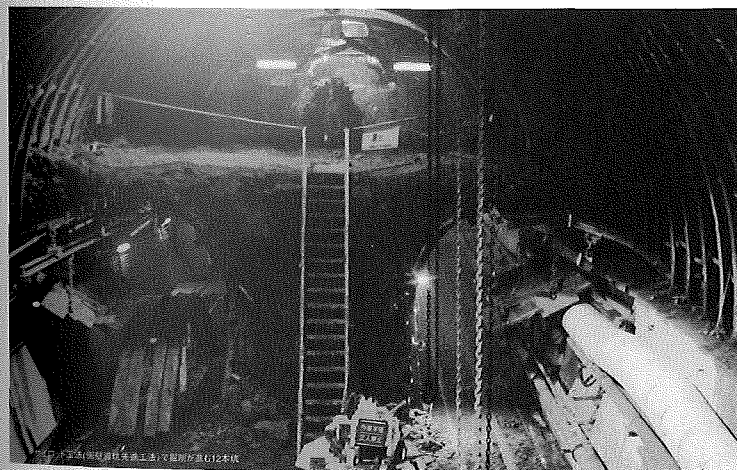
榛名ずい道は斜坑掘削からはじ



青函トンネル縦断面図



青函トンネル海底部断面図



側壁導坑先進工法(青函トンネル)

切羽吹付け(ステップ)工法)を採用しました。全線、基本は地盤注入と掘削のくり返しです。

5-6断層の突破に向けてはその手前より数々の準備、対策を実施したうえで、上半および2本の導坑の切羽面をそろえ、それらの切羽から5-6断層めがけて注入を行い、ほぼ完全な注入効果をあげることができました。地質不良の湧水に悩まされた難工事でありましたが、この区間を昭和53年2月に無事突破できました。

大きな亀裂から出水したときの話ですが、亀裂からの出水の圧力は高く、出水圧で注入材料が固まる前に押し戻されてしまうため、注入で亀裂を塞ぐためには、核となるものに注入材料を付着させて亀裂を埋めるしかありませんでした。大きな亀裂に注入し、亀裂の中で膨らむ弾力性のあるものは何か、試行錯誤の末、初殻を注入してみましたが、一度押し戻されると使い物にならなくなりました。海草、ウェス、ミミズは? 穴の奥に入る性質のあるザリガニは?

注入材料の核となるものを必死に探しました。そんなとき、三上係長が現場にあった掃除用のスポンジを見て「このスポンジを使ってみよう」とひらめきました。早速、スポンジを細かく切って注入するとうまくいきました。地元の店で売っている食器洗い用スポンジを買占め、女性事務職員も一緒になってスポンジを2cm角に鉄で刻みました。

以前、会社の若い職員から、昔のトンネル現場は気が荒い人達の集まりで、喧嘩の世界だったのかと聞かれたことがありました。確かにみな、酒はよく飲み、時にはめをはずすこともありましたが、荒々しく喧嘩ばかりするような雰囲気ではなく、みんな根は技術屋だからでしょうか、けっこう紳士的だったと思います。また、第3工事課の前田建設はマラソン大会、野球大会などの催物にはすべて積極的に参加し、成績はどうであれ、何に対しても前向きだったと思います。

関西ではじめての
中硬岩NATM全断面掘削
—福知山線第1名塩トンネル
西工事—

昭和54年11月、第1名塩トンネル西工事に関西地区ではじめてのNATMによるトンネル工事の所長として赴任しました。

名塩トンネル工事は福知山線の複線電化工事のうちの一つで、全線1,470mの複線トンネルです。地質は角礫凝灰岩と結晶質流紋岩です。

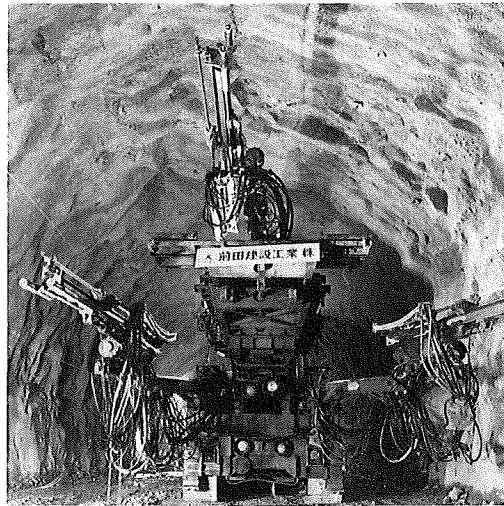
本工事では全断面掘削に油圧式さく岩機搭載の3ブームジャンボを使用し、削孔の長孔化、スピード化を図りました。この油圧式さく岩機(当社ではじめての導入、全国では9番目の機械)の導入に際しては、反対する本社の上司に「これからのトンネル掘削はエア式さく岩機ではだめだ。油圧式でない」と、夜10時まで粘ってお願いして買ってもらったものです。私には技術も安全も他社に負

けたくないという気持ちや、自分が前田建設のトンネル技術を引っ張るのだという気負いがありました。

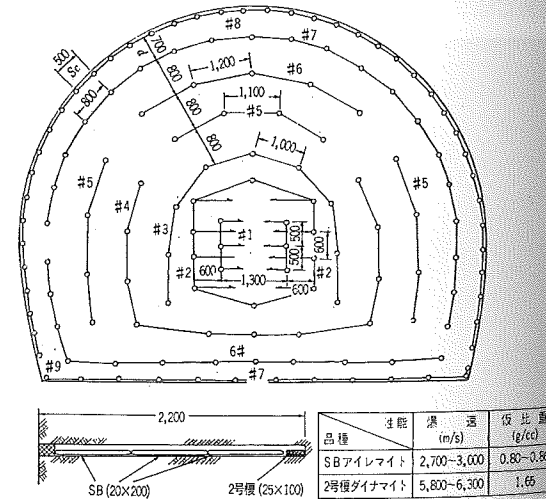
発破には余掘りを少なくし、周辺地山の損傷を少なくするためのSB工法(スムーズプラスティング)を採用しました。この工事で適用した施工パターン、使用機械、設備などは1,000~1,500m規模のトンネルではその後の標準になったと思われます。また、関西地区ではじめてのNATMのトンネル工事ということもあり、見学者が多く訪れました。

止水率80%、止水注入工事
—野岩線葛老山トンネル(南)
工事—

昭和58年3月、野岩鉄道会津鬼怒川線の葛老山トンネルの止水工事に所長として赴任しました。葛老山トンネルは2つのダム湖(五十里ダムの五十里湖、川治ダムの八汐湖)に挟まれ、湖水面より低いところに位置しています。川治



油圧式さく岩機搭載の3ブームジャンボ(HD-100、名塩トンネル)



発破削孔パターン図(名塩トンネル)

硬岩NATMで主に全断面掘削
—神戸市道路公社第2新神戸
トンネル(第2工区)—

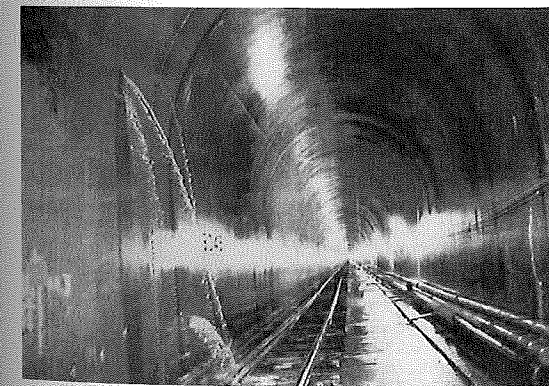
私が従事した最後のトンネルは、昭和59年3月から昭和62年10月まで所長を務めた第2新神戸トンネル(全長6,782m)です。神戸市の北神地域と市街地との交通需要に対応して、既設の新神戸トンネルに平行して新設するトンネルです。

前田建設は6つの工区の中の第2工区を担当しました。第2工区は本坑1,787mのほか、将来、換気坑となる奥谷谷斜坑(延長841m、勾配1/4)、新神戸ランプ311mほかが含まれます。主な地質は花崗閃緑岩で、工法はすべてNATMで、一部の地質不良区間を除いて全断面掘削です。斜坑に関しては、湧水量4t/分程度が予想されており、これまでの新清水ずい道工事、榛名ずい道工事の2本の斜坑の経験から、水に苦しめられ相当の難工事になると、覚悟を決めていましたが、幸い、多量の湧水もなく、最後まで大きなトラブルはありませんでした。

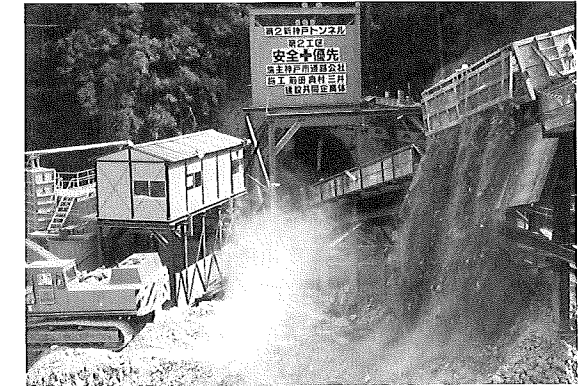
この現場へは神戸大学の櫻井教

ダム湛水開始に伴って徐々に坑内への湧水が増えたため、トンネルの周辺地山に注入して湧水を止めることになり、止水率80%を達成させることが目標でした。本工事は発注者の日本鉄道建設公団はもとより、建設省、大学関係者、東京電力、地元の方々など、各方面から注目された工事でもありました。

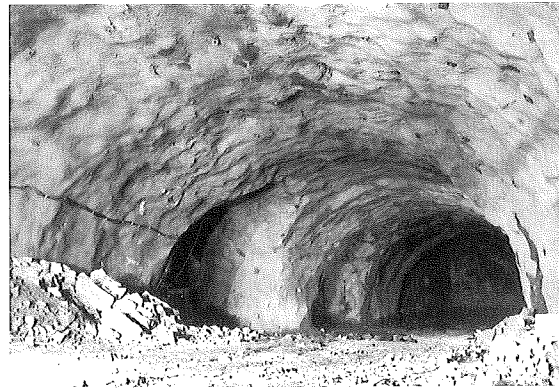
止水注入対象区間900mのうち、670m間を間隔80~120mごとに本坑断面を拡幅して注入基地をつくり、そこから平行方式(坑道軸方向に対してシリンダー状)で注入を行いました。覆工背面の周辺地山8mまでをLW注入、その外側をセメントミルク注入として止水ゾーンを形成させました。LWゾーンは止水効果をもたせるとともに、その後施工するセメントミルク注入の際の覆工コンクリート変状防止のためのバルクヘッド的役割を果たし、セメントミルク注入ゾーンは止水効果および長期耐久性の保持を期待するものです。これら注入ゾーンは青函トンネルでの実績やトンネルの応力的安定理論にもとづいて設計しました。



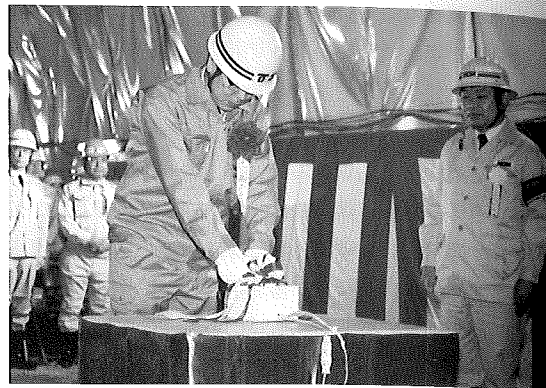
坑内設備および湧水状況(葛老山トンネル)



斜坑口全景およびずり出し状況(第2新神戸トンネル)



本坑拡幅断面図(第2新神戸トンネル)



所長として最後の発破立会い者(向かって右が著者)

授や学生たちが研究、実習に来られていました。岩盤のゆるみを測定するために本坑の拡幅部の妻壁から岩盤にボーリングをしたのですが、そのボーリングがなかなかまっすぐ掘れずに、けっこう苦勞しました。それでも現場が研究の場になり、将来のトンネル技術向上にもつながるのかと思うと嬉しく感じたものでした。ただ、学生の中に女子学生一人がいて、女性を坑内に入れると坑夫がいやがる手前、入り口で足止めさせたことには今でも心に引っかかっています。古い習わしにこだわって、当時めずらしい女性土木技術者の卵の気持ちを下げてしまったよう

で、あれは悪いことしたと思ひ返されます。
こんなことがありながらも、昭和61年12月8日、2工区と3工区が無事貫通しました。

おわりに

指示し、実施し、確認する。ある現場で労働災害が発生し、残された家族の悲しみに暮れる姿、まだあどけない小学生の子供の将来のことを想うとき、絶対、死亡災害を出してはならないと心に誓いました。そのため、指示したら実施し、その確認を自分自らすることを励行しました。幸いそれ以後、死亡事故は1件もありませんで

た。工事災害が発生したとき、包み隠さずありのままを報告し、すばやく対策をとりつつ、発注者、該当関係機関へ早く連絡報告することです。早く対策が検討され、現場ですばやく実行できます。

私は現場監督と責任者所長として15,800mのトンネルを担当してきましたが、上杉鷹山の諺「なせば成る、なさねば成らぬ、何事も、ならぬは人の、なさぬなりけり」のとおり、あるときは多量の湧水、あるときは砂礫層土、あるときは硬岩、あるときは地盤注入に苦戦し、苦勞しましたが、挑戦し続け努力することが大切であると実感しました。

計画

ホーム増設とコンコース一体化により地下駅を大規模改良

—都営大江戸線 勝どき駅—

東京都交通局建設工務部計画改良課長 坂口 淳一
 東京都交通局建設工務部計画改良課設計係 梶山 雅史
 東京都交通局建設工務部計画改良課企画調整係 石田 和彦

1 はじめに

都営地下鉄は、浅草線・三田線・新宿線・大江戸線の4路線を営業し(営業キロ109km、駅数106駅)、1日平均約232万人に利用されている。このうち、大江戸線は、1日平均約80万人の利用があるなど、都営地下鉄の主要路線の役割を担っている。

本路線は、新宿副都心を起点として都心、下町、山の手を環状につなぐ「環状部」(27.8km)と新宿副都心より練馬を経て、光が丘に至る「放射部」(12.9km)からなっている。とりわけ「環状部」都庁前～新宿間は、その役割や地元の建設促進の要請に応えるためにも、早期の完成を図る必要があったことから、第三セクター「東京都地下鉄建設株式会社」により施工され、平成12年12月に全線が開業した。

大江戸線勝どき駅は、図-1に示すとおり、都市計画道路放射第34号線(以下、「晴海通り」と)、補助第110号線(以下、「清澄通り」と)の交差部の地下に、清澄通りに沿って設置された。

平成12年12月開業当初の勝どき駅の乗降客数は、1日あたり約3万人であったが、駅周辺の再開発の進展に伴い、乗降客数が大幅に増加し、現在で



図-1 勝どき駅位置図

は1日あたり約8万人にも達している。これは、大江戸線全駅の中でも、新宿駅、大門駅、六本木駅に次いで4番目、他路線と乗換のない駅としては乗降者数をもっとも多い駅となっている。一方、駅周辺の大規模開発事業は現在も進んでいることから、今後も引き続き利用者が増加することが予想されている。

本稿では、勝どき駅のホーム上やコンコースな

どの混雑緩和を図るため、地下2階部分に新たなホームを1面増設するとともに、両国側と大門側に分断されているコンコースを一体化するという大規模改良工事の概要について、計画から設計、工事発注までの経緯について報告する。

2 計画の経緯

2-1 勝どき駅の構造とラッシュ時の混雑状況

勝どき駅のホームは大江戸線では標準的な島式ホーム(幅員7.9m)を採用している。また駅のコンコースは建設着手時の関係機関との調整の結果、晴海通りに計画されているアンダーパス計画(都市計画未決定)のため2つに分断されており、ラッチも2か所設置されている。

ホームからAコンコースへの階段は1か所(エスカレーター併設)で、出入口はA1, A2a, A2bの3か所と連絡している。Bコンコースへの階段は2か所(1か所はエスカレーター併設)で、出入口はA3とA4aおよびエレベーター専用出入口のA4bの3か所設置されており、また中央区地下駐輪場とも連絡している。

通勤・通学者が集中する朝のラッシュ時には、ホームからAコンコースに向かう階段が1か所しかないため、この階段付近のホーム上で混雑が著しい。また、Bコンコースからの主要な地上出入口が、A3出入口1か所しかないため、地上出入口から改札口まで乗降客の滞留が生じている。

2-2 大規模改良を実施するに至った背景

勝どき駅の乗降客数の増加に対しては、これまで地元中央区や開発事業者との協議のうえ、当初計画では2か所だった出入口を、さらに2か所(エレベーター専用を除く)増設する対策、ホームからAコンコースへの流動改善を図るための、ラッシュ時のエスカレー

ター運転速度向上を図る対策、Bコンコースには連絡する新たな出入口の設置(A4a出入口)などの対策を実施してきたところである。

しかしながら、勝どき駅周辺では今後もさらなる再開業事業が計画されているため、駅の施設規模を含めた抜本的な対策が強く求められてきた。

表-1 工事概要

工事件名	大江戸線勝どき駅改良土木工事
工事場所	東京都中央区月勝どき二丁目9番地先～同勝どき四丁目1番地先および大江戸線勝どき駅構内
工期	平成23年8月1日～平成28年3月15日まで
施工者	大成・佐藤・大豊建設共同企業体
工事内容	開削工法による大江戸線勝どき駅トンネルの増築 ①ホーム・コンコース増築工事：2層1径間(高さ10.6m, 幅7.2m, 延長220.0m) ②コンコース一体化工事：1層3径間(高さ4.0m, 幅16.1m, 延長22.0m)

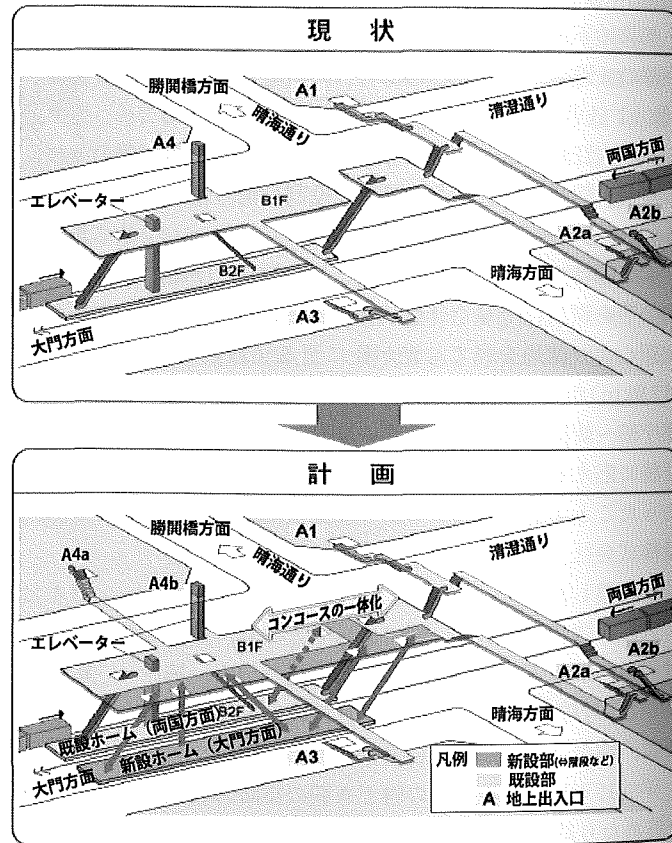


図-2 改良計画の概要図

こうした経緯により、乗客輸送の安全性の向上、列車運行の定時性の確保を図り、将来の利用者の増加にも対応可能となるよう、現在の駅施設の構造について、あらためて見直しを行うこととした。

3 駅構造の見直し検討

大江戸線勝どき駅改良工事の実設計に先立ち、平成20年12月より、局内に「勝どき駅改良計画に関する構造検討委員会」(座長：小山幸則・京都大学教授)を設置し、その中で勝どき駅の大規模改良にあたり、必要となる諸条件、問題点の整理、地盤改良の方法、設計条件の設定を行ったうえで、具体的な改良案の検討を進めてきた。設計条件は以下のとおりである。

構造形式：2層4径間RCボックスカルバート

土かぶり：7.0m

地下水位：1.0m

設計基準：東京都地下高速電車線路構造物設計基準 地下線部(許容応力度設計編)

計算方法：撓角法

骨組解析：軸心は同一層の全部材の重心位置を通る部材平行線とする

許容応力度：表-2に示す

表-2 使用材料の許容応力度

		既設部材	新設部材
(1) 鉄筋			
材質		SD295	SD345
許容引張応力度(N/mm ²)		180.0	200.0
降伏点強度(N/mm ²)		295.0	345.0
(2) コンクリート			
設計基準強度(f'ck(N/mm ²))		21.0	24.0
許容曲げ圧縮応力度(σck(N/mm ²))		8.0	9.0
許容せん断応力度(τs(N/mm ²))	斜め引張鉄筋の計算をする場合	1.60	1.70
	斜め引張鉄筋の計算をしない場合	0.37	0.39
許容支柱応力度(σsk(N/mm ²))		7.0	8.0
許容付着応力度(τsk(N/mm ²))		1.5	1.6

平成21年5月までに3回の検討委員会を開催し、その結果、「ホームを1面増設するにあたり、既存部分に生じる構造上、施工上の課題について技術的な検討を行い、構造形式および施工方法を工夫することにより解決する」との最終結論をいただいた。その中で具体的には、以下の対応策をとることとされた。

まず、ホームにおける乗降客の増加対策としては、ホームを1面増設し、乗降客を方面別に分離する。その際、新たに設置するホームは大門方面行きの乗降客が使用し、既設ホームは両国方面行きの乗降客が使用するという変則相対式ホームとして運用する。また、コンコース階もホーム階と同様に拡幅するとともに、アンダーパス計画と調整を図ったうえで、その一部空間を地下鉄構築に使用し、コンコース階の分断を解消する。

さらに、ホームからコンコースへの階段箇所数を4か所とすることで、駅施設の配置のバランスをとることとした。

3-1 駅改良の基本的な考え方

今回の改良工事では、延長約220mにわたり、既設営業線の海側に構築を約7.5m拡幅し、新たにホームを設置する。既設部と拡幅部は、あと施工アンカーで一体化するとともに、新たなホーム支柱を設置し、その後、既設側壁を撤去する。なお、ホームの支柱には鋼管柱を採用し、その際、桁の位置を直線的にするため、ホームを設置しない駅端部についても、一部で鋼管柱を設置することとした。設計にあたっては、便宜上、駅の構造により、交差点を含む都道部を「交差点部」、区道部を「一般部」とに区分して設計を進めた。

3-2 交差点部の構造の考え方

勝どき駅は、勝どき二丁目交差点において、地下1階部分にはアンダーパス計画があり、また地下2階の軌道階の下には首都高速晴海線の計画がある。

交差点部の開削トンネルは図-3に示すように、既設営業線の海側に新たにホームを増設するとともに、晴海通りで分断されている地下1階コンコースを一体化する構造となっている。

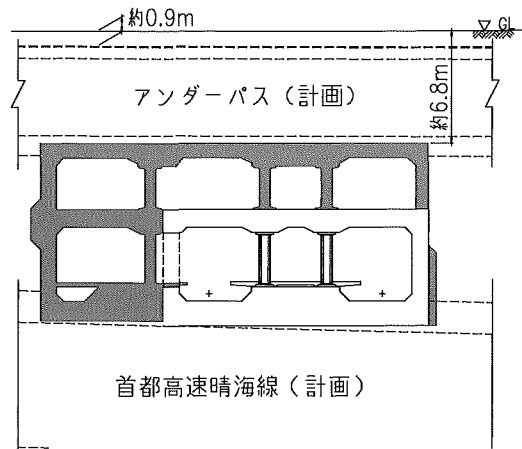


図-3 交差点部の構造図

3-2-1 晴海通りアンダーパス計画への対策

晴海通りと勝どき駅の間には晴海通りアンダーパスが計画されていたため、コンコースを一体化した場合、アンダーパスの土かぶりが0mとなり、一方で必要土かぶりを確保しようとするアンダーパスの建築限界に支障するため、開業当初は一体化構造とすることができなかった。しかし、アンダーパスの下床と、勝どき駅地下1階コンコースの上床を一体構造とすることで、コンコース、アンダーパスともに内空高を確保できることとなった。

アンダーパスの構造については、現時点でもまだ具体化が図られていないため、同様の事例である都道環状2号線の開削トンネル部分を参考とし、設計上の荷重や土かぶりを設定した。

3-2-2 首都高速晴海線への対策

晴海通り下にはアンダーパス以外にも首都高速晴海線が計画されており、勝どき駅の下を通過する計画で既に都市計画決定済である。

勝どき駅の既設部建設当時は、勝どき駅下床と首都高速上床を一体構造とし、将来首都高速が建設され周辺地盤が構築に置き換わったときに備え、地盤反力を0とした条件で桁構造の設計を行った経緯がある。そのため、晴海通り交差点については、下床がほかの断面と比較して厚い構造になっている。したがって、拡幅部も同様の条件で設計する必要があった。

しかし、首都高速は拡幅部に向けて緩い上り勾

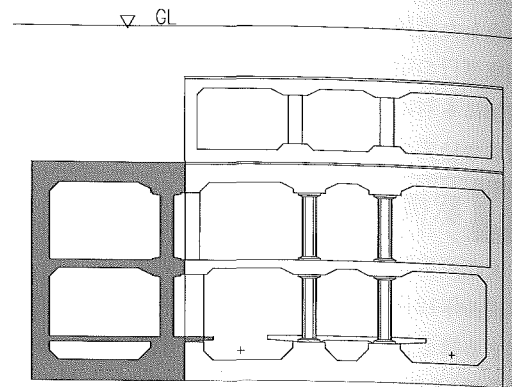


図-4 一般部の構造図

配となっており、既設部と同じ構造のまま水平に拡幅した場合、首都高速の建築限界に支障するため、晴海通り交差点のみ、拡幅部のホーム下のスペースを減らし、下床の位置を0.3m高くした。また、既述のとおり、勝どき駅の下床と首都高速の上床を一体構造とするため、勝どき駅の下床と首都高速の側壁が接続する位置に機械式継手を埋め込むこととした。

3-3 一般部の構造の考え方

勝どき駅では、交差点南西部の大江戸線駅舎上部に臨海新交通(以下、「ゆりかもめ」)の延伸計画があり、大江戸線はこれらの荷重を考慮した構造設計を行った。また建設工事着手以降、中央区の地下駐輪場設置計画の具体化が図られ、現在では地下駐輪場は供用済みとなっている。

一般部の開削トンネルは図-4に示すように、既設営業線の海側に新たにホームを新設する構造となっている。

3-3-1 上載荷重の考え方

勝どき駅の当初設計時には、中央区の地下駐輪場は未計画の段階であったため、駅の構造計算上、設計には考慮されておらず、上載の土荷重との条件で設計を行っている。

ゆりかもめは、現在は豊洲駅が終着駅となっているが、将来的には勝どき駅までの延伸計画があるため、駅拡幅後も引き続き、ゆりかもめの軌道の荷重を考慮した構造である必要がある。

当初の設計においては、駅構築の中心にゆりかもめの高架支柱が40m間隔でどの位置に設置され

ても、構造上、対応可能な条件で構造計算を実施した。しかし、今回の改良工事によって、新設部分と既設部分で鉄筋量が大きく異なること、地盤反力が異なること、拡幅に伴いゆりかもめの荷重位置が構築中心からずれることにより、構築全体のバランスに変化が生じ、局所的に大きな曲げモーメントを受けることとなったため、当初想定していたゆりかもめの軌道の荷重を担保することが困難になった。

このため、あらためて構築の断面ごとに載荷可能反力を算出しなおし、支柱間隔を調整し、支柱1本あたりの荷重を調整することにより、ゆりかもめの荷重を担保できるような構造の変更を図った。

3-3-2 照査の考え方

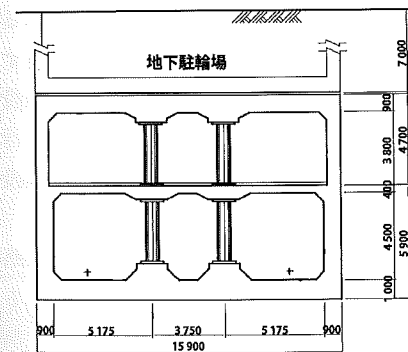
既述のとおり、勝どき駅の構造は将来の想定荷重を考慮したことと、地下駐輪場の施工に伴う荷重条件の緩和を考慮せず、より厳しい土荷重の条

件のもとで設計を実施してきたことから圧縮に強い構造となっている。

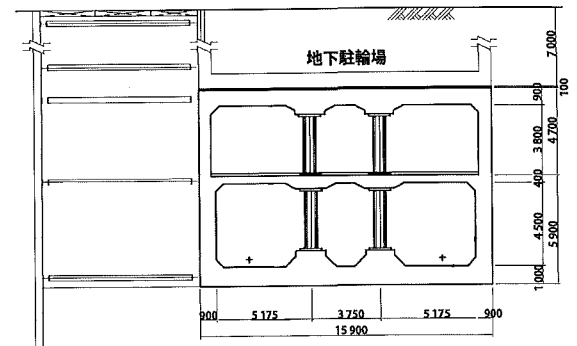
しかし一方において、現在の勝どき駅の構造物に加わる上載荷重が、地下駐輪場の施工により軽減されたこと、ゆりかもめの荷重が現時点では載荷されていないことなどにより、構造上、引張応力を受ける結果となっている。

当初設計時、勝どき駅の構造計算において、ゆりかもめの荷重が載荷された条件で完成断面の照査は実施された。一方で、各施工段階における断面照査は実施されなかった。したがって現在の勝どき駅には、ゆりかもめの軌道の荷重が載荷されていない状態にあり、設計上は未完成の扱いになっている。今回の改良工事の実設計では現況を含め工事の進捗にあわせ、4段階のステップに分けそれぞれについて照査を行った(なお、STEP 1, 2は仮設時割増しを考慮した)。

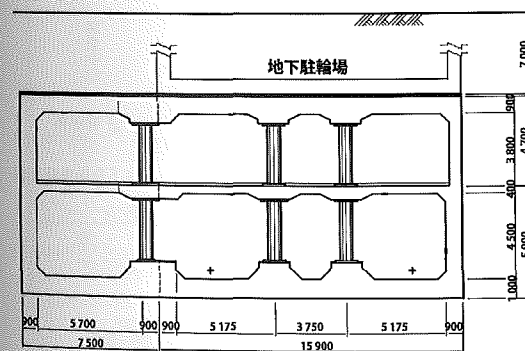
STEP 1 現況
①準備工, ②地盤改良工



STEP 2 側方掘削時
③土留め工, ④掘削工



STEP 3 拡幅工事完了時
⑤構築工, ⑥構築取り壊し工, ⑦埋戻工



STEP 4 新交通基礎設置時
⑧将来型

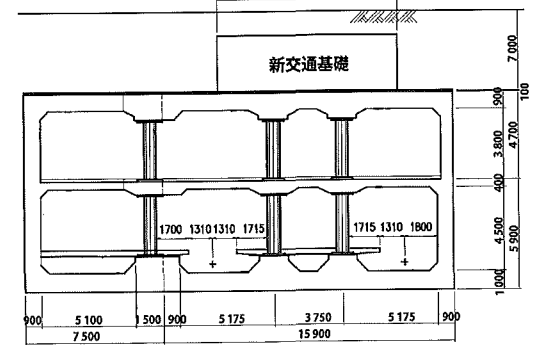


図-5 施工STEP図(一般部)

既設構造物に新設構造物を一体化させる場合、あと施工側の応力が既設側に伝達する。したがって、各施工の段階において増減する応力を個別に計算し、これらを合成することで各ステップの累加応力度を求め、部材照査を行った。

4 改良工事着手に向けての行政手続き

今回の勝どき駅の改良工事の実施に向けて、都市計画変更手続きが必要となったため、平成21年11月に東京都都市整備局に予定案件(資料)を提出し、平成22年1月に都市計画素案の説明会を実施した。さらに、平成22年5月の都市計画審議会を経て、同年6月に都市計画変更決定の告示がなされた。

また、都市計画変更手続きと同時並行で、工事発注に向けて鉄道事業法61条(61条ただし書き許可)、鉄道事業法12条(鉄道施設変更許可)および道路法32条(道路占用許可)申請の協議を実施した。

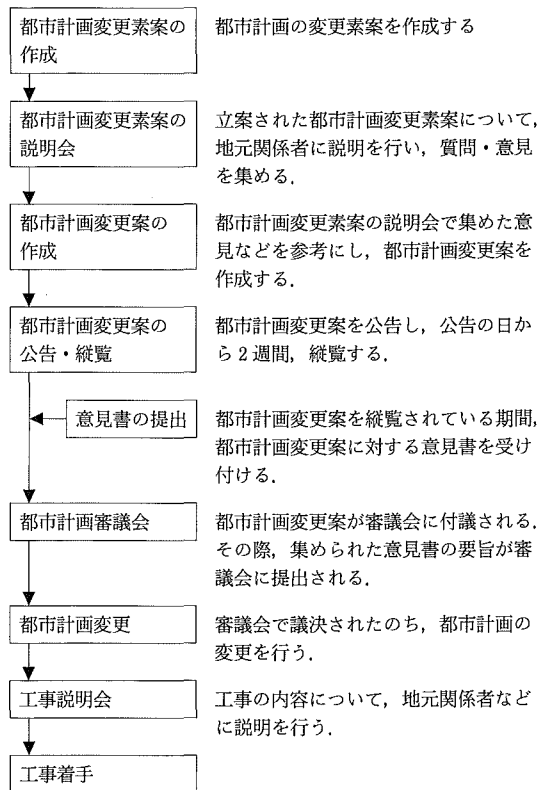


図-6 工事着手までの流れ

5 当面の施工上の課題

今回の工事施工箇所には、歩道上に水道、下水道、ガス、電気、NTTのほかに、電線共同溝が敷設されている。

この電線共同溝は、従来電柱に添架されていた電線を地中に埋設する無電柱化事業の一環として、道路管理者が施工を行ったものであり、管路内には通信企業各社が入溝している。

電線共同溝は今後周辺で大規模な掘削工事を行わないという前提条件で敷設されたため、管理しやすく土かぶりが0.6mの浅い位置に敷設されていた。

このため、今回の工事では覆工桁H-800を使用し覆工板とあわせて1mの厚さとなることから、地中に埋設されている電線共同溝が工事範囲延長約220mにわたり工事に支障することとなった。

一方、今回の工事では各埋設ケーブルに余長がないこと、歩道上に空きスペースがないことから、埋設物の移設・吊り防護は困難であるため、工事の本格化に先立ち、既設管路に並行する位置に新たに設置する電線共同溝内に、各埋設企業者が新たなケーブルを敷設し、切り替えを行ったのちに既設ケーブルを撤去するように各埋設企業者に依頼を行っている。

通常は道路管理者が電線共同溝管路の設計、施工、企業者間の調整を行うものであるが、今回は改良工事に起因する移設となることから、当局が道路管理者よりすべてを一任され、現在調整を行っているところである。

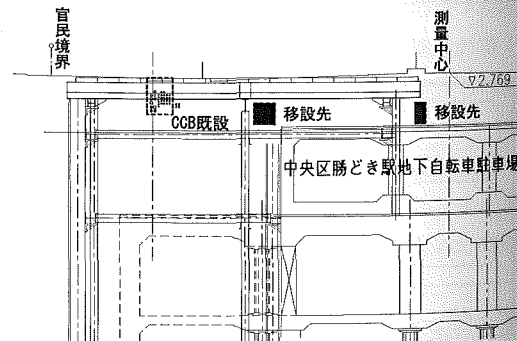


図-7 電線共同溝位置図

6 おわりに

現在、改良工事は準備工の段階であり、平成23年度末までに電線共同溝移設を含めた埋設物移設に着手し、平成24年度末には、土留め壁工を開始する予定である。営業路線を運行しながら工事を

実施するため、列車運行への影響や安全の確保を図りながら、平成27年度末完成を目指して工事を進めていく計画である。

今後、工事が進捗した段階で機会があれば、施工報告を行っていきたいと考えている。

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

A 5判 上製本 475頁 価格 6,300円 円 340円

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

株式会社 **土木工学社** 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

トンネルジャーナル

駟馳山バイパス 細川トンネル(仮称)が貫通

中国地整鳥取河川国道事務所が整備する一般国道9号駟馳山バイパス「細川トンネル(仮称)」が、10月8日貫通した。同事務所が開いた見学会には近隣地域住民ら約60人が集まり、貫通の瞬間を見守った。

同トンネルは、福部IC(仮称)と大谷IC(仮称)間に位置する全長229mの暫定2車線断面トンネル。同バイパスにある3つのトンネルのうち最初の貫通となる。最大月進は61m、平均月進は51m。

地山はおもに凝灰角礫岩からなり、機械掘削NATMを用いて掘進したが、坑口から70m付近でC級の地山が出現、発破方式に切り替えた。このさい、発破区間がJR山陰本線に近接することから最大装薬量の上限を定め、分割発破を行うなどして振動を抑制したほか、坑口周辺の住環境に配慮し2重の防音扉を設置した。また、貫通地点が急傾斜地で、施工機械のアプローチが困難なことから、技術提案に

より先進導坑方式を採用し、坑口部掘削を行った。現道は2車線で平行する路線がなく、通勤時間帯には交通渋滞が慢性的に発生し、また、駟馳山峠で凍結などによる通行止めが行われると、利用者に大きな迂回を強いることになる。沿線地域では、安全で円滑な交通と地域生活に大きな役割を果たす道路として、同バイパスの早期供用が期待されている。



写真提供：鳥取河川国道事務所

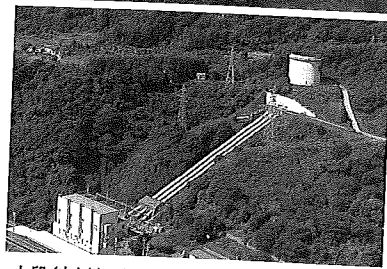
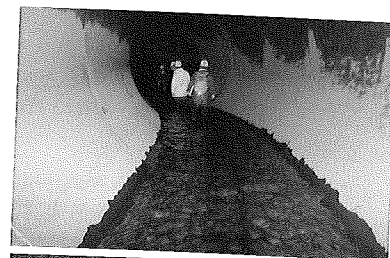
平成23年度土木学会選奨土木遺産が決定

土木学会は2011年度土木学会選奨土木遺産を発表した。これは同学会が選定委員会(委員長：篠原修)を設け、まちづくりへの活用などを促すことを目的に幕末～昭和20年代に造られた近代土木遺産を対象として、認定を行っているもの。

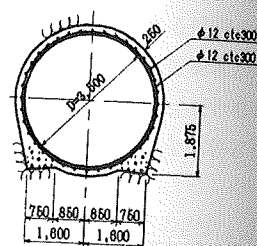
今年度は、22点が選定され、トンネル構造物では、「虻田発電所」(北海道)、「湊川隧道」(兵庫県)が選ばれた。

・虻田発電所：虻田郡洞爺湖町、1939年竣工。洞爺湖と噴火湾の落差を利用した巧みな発電計画により、戦中から戦後にかけて北海道の産業発展に貢献した現役の発電所。導水路トンネルは延長3,921.5m、内径3,500mm。覆工には鉄筋コンクリートを250～600mmで巻立てている。

・湊川隧道：神戸市兵庫区～長田区、1901年竣工、1928年増築、2002年改修。明治期の水路トンネル



上段(左)虻田発電所導水路トンネル、(右)同断面図(写真・資料提供：ほくてんエコエナジー)
下段(左)虻田発電所、(右)湊川隧道(写真提供：土木学会)



の構造や河川改修事業のあゆみを現代に伝える貴重な土木遺産。原型は、延長約800m、断面形状は馬蹄形で幅7.3m、高さ7.7m。大阪層群の砂礫、砂粘土互層の未固結地山を手掘りで掘り進めた。覆工はレンガ積みで、インバートは切り出した花崗岩を敷設している。

研究

先進ボーリング技術のブレークスルーを目指して(その2)

—削孔データによる地山評価手法の検討—

国際航業(株)東日本事業本部地質担当部長 萩原博之
国際航業(株)東日本事業本部主任技師 三好壮一郎
鉦研工業(株)工事営業本部担当部長 倉岡研一
東海旅客鉄道(株)中央新幹線建設部担当課長 田中雅裕

1 はじめに

土かぶりの大きな長大山岳トンネルでは、地形が急峻なために、事前の地質調査を十分には行えないのが実状である。そこで近年のトンネル施工では「切羽前方探査」として、コア採取を前提とした先進ボーリングにより切羽前方の地質確認を行うようになってきている。筆者らは、先進ボーリングには①高速掘進、②方向制御、③地質評価技術をセットで満足できるものが必要と考え、それを指向するノンコア方式による新たなボーリング技術の開発に挑んできた。

開発の経緯については本誌Vol.41, No.8¹⁾で報告したとおりであり、まず初めに既存技術であるリードドリル工法を採用し、高速掘進と方向制御が可能であることを確認した後、坑内作業が可能な小型化した新たなボーリング工法を開発し、これまでに3孔のボーリングにより掘進性能などを検証してきた。その結果、トンネル施工との並行作業で、延長1,000m級のボーリングが高速でかつ方向制御しながら掘進できることを確認した。

一方、「地質評価技術」に関しては、ボーリング工法がトリコンビットによるノンコア掘削であるため、カッティングス(掘り屑)や削孔データに

もとづく評価が必要となる。近年、トンネル施工中の油圧式削岩機の削孔データによる地山評価手法がさまざまな機関で研究されている^{2)~4)}。それらは基本的に削孔時に消費したエネルギーの大小による評価である。トリコンビットによる掘削はビットの回転によるものであり、油圧式削岩機のような先端ビットの打撃掘削とは異なるが、掘削で消費するエネルギーを基本とする評価手法は回転式掘削にも適用可能である。筆者らは、ボーリングで得た削孔データから、掘削時の消費エネルギーをもとにした地山評価手法を検討してきた。検討に使用した削孔データは四万十層群の粘板岩のもので、前回報告のB-1孔と今回報告のB-2孔の合計1,200mを対象とした。その結果、この地山評価手法が有効であると判断するに至った。

ここでは、前回報告後に実施したボーリングの状況と、地山評価手法について報告する。

2 ボーリング工法の概要

このボーリング工法は坑内でトンネル施工と並行して作業することを前提とし、削孔長1,000m、トンネル計画線に平行な軌跡で高速掘進が可能となることを目標に開発した。使用する機材の編成および掘削や方向制御の方法に関しては前報告¹⁾

のとおりであるので省略する。

3 前報以降のボーリング実績

新たに開発したボーリングマシン(FSC-100)と掘削ツールを用いたボーリングは、前回報告以降トンネル坑内でB-2孔とB-3孔の2孔を実施した。

3-1 坑内での機材配置

長尺先進ボーリングでは施工に時間がかかるため、トンネル施工と並行して作業が行えるようにする必要がある。そこで、切羽手前50m付近を孔口とし、そこから手前50m間の側壁を4.2m拡幅してヤードを確保し、機材を配置した(図-1)。

3-2 B-2孔

3-2-1 掘進能率

作業は全工程68日、そのうち機材搬入・設置で7日、ケーシング抜管と機材撤去で10日を要しており、掘進期間は51日であった。ただし、そのうちの15日間は孔壁崩壊対策に要した日数であり実質掘進期間は36日である。掘進実績工程を図-2に示す。孔壁崩壊対策期間を含む平均掘進速度は18m/日(二方/1日で計算)、崩壊対策を除けば25m/日となる。連続掘進の場合は最大47m/日(370~750m間)となる。一方、トンネル施工との関係を見ると、掘削開始時点でトンネル切羽が70m先行していたが、掘進完了時点ではボーリングが切羽に対して600m先行することとなった。これはトンネル切羽に対して約6か月先行したことになる。

3-2-2 方向制御

掘進方向のうち、鉛直方向は施工基面下10mの離隔を確保してトンネルに平行な勾配とした。水平方向は、側壁より10mの離隔を確保してトンネルに平行に直進し、深度680m以深は半径700mで

① ボーリングマシン	⑤ パワーユニット	⑨ スライム溜り
② コントロールユニット	⑥ 水槽	⑩ スライム貯留用トンパック
③ 削孔ポンプ	⑦ マッドスクリーン	⑪ ロッド置場
④ 発電機	⑧ ミニクレーン	⑫ フロントベース

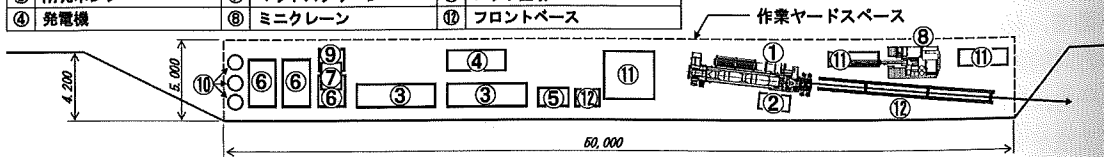


図-1 坑内でのボーリング機材配置概要図

左側へ曲げる計画とした。孔曲がり計測結果を図-3に示す。鉛直方向では計画線に対して±2mの範囲内、水平方向については±10mの範囲内に抑えることができ、ほぼ計画どおりの結果となった。ただし、700m以深は計画どおりの方向制御ができなかった。

3-3 B-3孔

3-3-1 掘進能率

作業は全工程64日、そのうち機材搬入・設置で

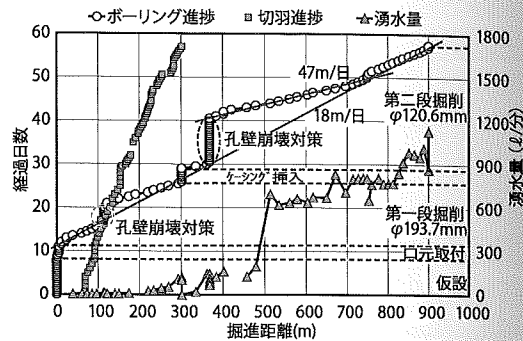


図-2 坑内ボーリング(B-2)実績工程(休日作業を除く)

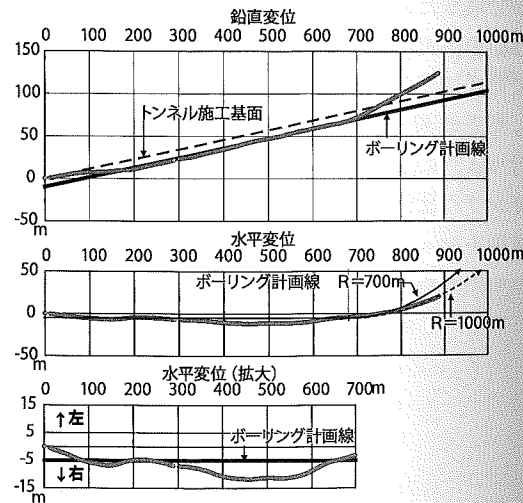


図-3 坑内ボーリング(B-2)孔曲がり計測結果

3-4-1 曲線掘進

今回報告のB-2孔では深度680mより半径700m、B-3孔では深度640mより半径1,000mの曲線をつけて掘進したが、B-2孔では方向制御を計画どおり実施できなかった。方向制御掘削の場合、ダウンホールモータとビットの間に装着されたベントサブと呼ばれる装置(図-6)により、0~1.5度(ベント角)の範囲でビットの方向を曲げてある。曲線掘進ではこのベントサブの方向を曲げる方向にセットして削孔する。B-2孔の曲線掘進では岩質やビットの消耗などの問題もあったが、ベント角(掘進時0.69度)が小さすぎたことが主な原因であると判断した。そこで、B-3孔ではベント角を1.15度に増角したところ、計画どおりの曲線で掘進することができた。また、計画線からの離隔も5m以内に抑えられ、方向制御の精度も格段に向上した。ただし、ベント角を大きくすると、孔の軌跡が乱れたり大きく曲がりすぎる場合があるため、岩質や曲線半径を考慮して、適正なベント角を設定する必要があることもわかった。

3-4-2 孔壁崩壊対策

B-2孔では深度110m付近と350m付近で孔壁崩壊が発生した。崩壊対策としては孔内セメンチングがもっとも効果的であった。深度110mでは孔口部からセメント注入を行い再削孔した。深度350mではアンカー工事で用いる布パッカ(写真-1)を崩壊区間手前に装着してセメント注入を行った。セメント注入は2回実施して崩壊を抑えることが

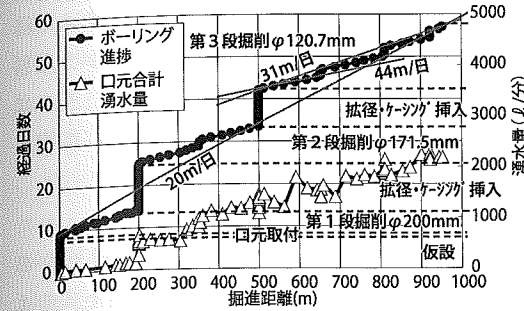


図-4 坑内ボーリング(B-3)実績工程(休日作業を除く)

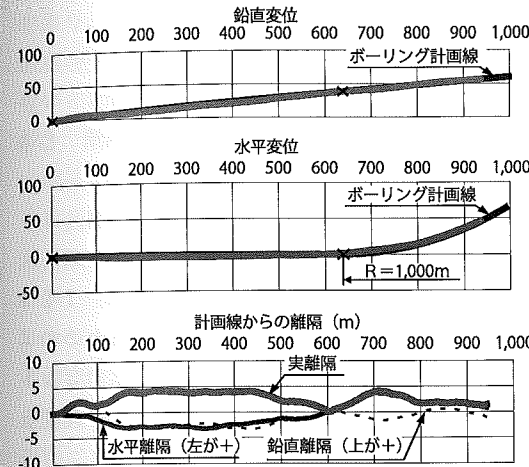


図-5 坑内ボーリング(B-3)孔曲がり計測結果

9日、ケーシング抜管と機材撤去で7日を要しており、掘進期間は48日であった。掘進実績工程を図-4に示す。

平均掘進速度は20m/日、連続掘進では最大44m/日(500~650m間)となる。

3-3-2 方向制御

B-3孔掘進では、水平上向き3.45度で直進し、深度640m以降で勾配をそのまま維持して半径1,000mで左側へ曲げる計画とした。孔曲がり計測結果を図-5に示す。全区間にわたって計画線からの離隔を鉛直方向、水平方向ともに3m以内、実離隔を5m以内に抑えることができた。

3-4 掘削技術の改善

ダウンホールモータを使用したボーリングはこれで3回、計2,150m実施したが、回を重ねるごとにいくつかの技術的な改善を行ってきた。ここでは主な技術的改善点を紹介する。

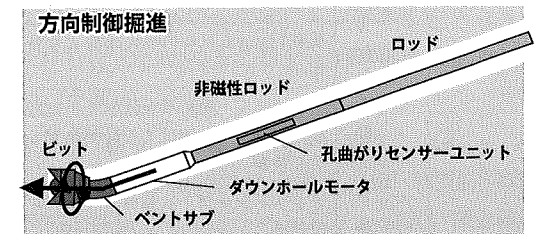


図-6 方向制御掘進の方法

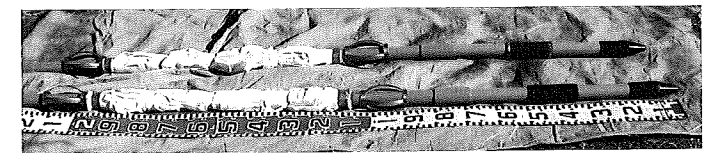


写真-1 孔壁崩壊対策に用いた布パッカ

できた。

孔口部からのセメント注入は確実な方法であるが、対策区間が深くなると非効率になる。一方、パッカを用いたセメント注入では注入区間が短くなり効率的だが、パッカの耐圧性が1MPa程度であり、高圧大量湧水を伴う孔壁崩壊の場合には効果が期待できない可能性がある。今後、高圧大量湧水下での効果的な孔壁崩壊対策方法を検討していく必要がある。

4 削孔データによる地山評価

ボーリングコアによる地山評価は、主に岩種、岩の硬さ、割れ目の発達状況などから地山評価を行う。一方、ノンコアボーリングの一つである油圧式削岩機による掘削での地山評価では、本稿冒頭で述べたように、削孔時に消費したエネルギーによる評価が主流となっている。今回の地山評価でも同様の手法をとり、削孔データから削孔エネルギーを算出し、そのエネルギー状態によって地山評価を行った。

4-1 削孔データ

削孔データはボーリングマシンと掘削ポンプに装着されている各種センサにより深度1.0cmごと

表-1 削孔データ概要

掘削ポンプ	送水圧	ポンプ吐出部に装着した圧力センサーで計測
	送水量	ポンプ吸込部に装着した電磁式流量計で計測
ボーリングマシン	削孔深度	ドリルヘッドのストローク長を計測
	削孔速度	延長1.0cmあたりの削孔時間より算出
	ロッド回転トルク	ドリルヘッド駆動用油圧ラインに装着したセンサーで圧力を計測しトルクに換算
	ロッド回転数	ドライブシャフトに装着した回転計で計測
	マシン推進力	推進用油圧モーターとドリルヘッドをつなぐチェーンに装着したセンサーで計測
その他	岩種	削孔スライムを深度5mごとに採取して肉眼判定
	湧水量	孔口からの湧水量を削孔停止時に容器法で計測

に計測した。計測したデータは表-1に示すように掘削ポンプが2項目、ボーリングマシンが5項目である。また、計測機器は使用しないが、そのほかに岩種と湧水量を適宜判定・測定した。取得した削孔データの一例を図-7に示す。

4-2 削孔エネルギーの計算

削孔に使われるエネルギーには下記のものがあり、地山評価に用いる削孔エネルギーを下式のように設定した。

$$\Sigma E = (E_s + E_m + E_r) / (V \times S)$$

ΣE : 削孔エネルギー係数(J/m³)

E_s : マシン推進エネルギー(J/min)

E_m : モーター回転エネルギー(J/min)

E_r : ロッド回転エネルギー(J/min)

V : 削孔速度(m/min)

S : 削孔断面積(m²)

(1) マシン推進エネルギー(E_s)

ボーリングマシンがロッドを推進するためのエネルギーである。ロッドを介して孔先端のビットへ伝達される。ロッドの自重を支える力や孔壁との摩擦抵抗などのエネルギー損失がある。

(2) モーター回転エネルギー(E_m)

ダウンホールモーターが先端のビットを回転させるためのエネルギーで、掘削ポンプの送水量と送水圧から算出される。先端駆動でありエネルギー

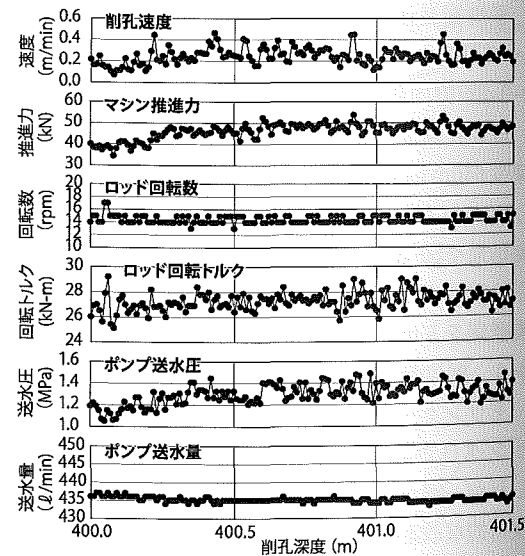


図-7 削孔データの一例

損失が少ないが、送水圧には送排水経路であるロッド内外の損失水頭が含まれており、モータに作用する水圧は送水圧より小さくなる。

(3) ロッド回転エネルギー(E_r)

ボーリングマシンがロッドを回転させるためのエネルギーである。マシンの回転数と回転トルクから算出される。ただし、このエネルギーは大半がロッド自体を回転させるために消費され、また回転数がダウンホールモーターの回転数の10%程度であり、ビットが岩盤を削孔するために消費するエネルギーに占める割合としては無視しても問題ないと判断した。

4-3 削孔データなどの補正

削孔エネルギーの算出にあたっては、上記のように各種エネルギー損失を考慮する必要があるため、次のように削孔データの補正を行った。

4-3-1 マシン推進力補正

マシン推進力にはビットの推進力のほかにロッドの自重を支える力、ロッドと孔壁の摩擦抵抗なども含まれる。マシン推進力から上記の力を差し引いてビット先端の推進力を求める必要がある。

(1) ロッドの自重

先進ボーリングでは上向きあるいは下向きに角度傾斜させて削孔するため、ロッドの自重は無視できない。ロッドの自重を支える力は下式により算定した。

$$R = r \times L \times \sin \alpha$$

R : ロッドの自重(kN)

r : ロッドの重量(kN/m)

L : 削孔深度(m)

α : 削孔方向の傾斜(度、水平を0度とし上向きが+)

(2) 摩擦抵抗など

ロッドの摩擦抵抗などの力は、孔壁の状況やロッドの材質・形状などにより大きく異なり単純には算定できないため、図-8に示す深度とマシン推進力との相関図から算出した。

マシン推進力は深度に応じて増加しており、その増加分が摩擦抵抗などに使われる力を示すと考えられる。よって、実際の削孔に使われる推進力

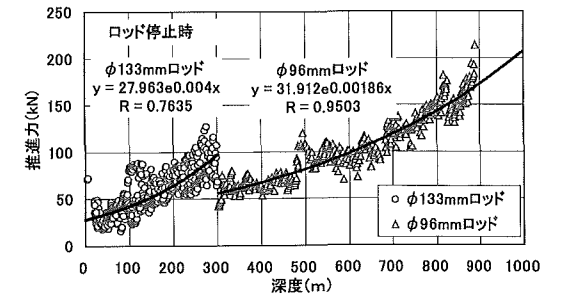


図-8 深度-マシン推進力相関図(データは区間長1m平均、推進力は自重補正平均後)

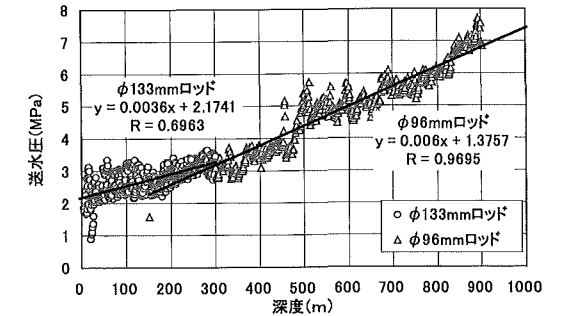


図-9 深度-送水圧相関図(データは区間長1m平均)は図の相関式から算定される増加分を差し引いて補正した。

4-3-2 送水圧補正

ダウンホールモーターを駆動させる送水圧は、孔口~モーター間の送排水時の損失水頭を掘削ポンプの送水圧から差し引いたものとなる。

図-9に削孔深度と計測した送水圧との相関図を示す。削孔時は送水量を一定に保つよう送水圧を調整しており、送水圧の増加が損失水頭の増加を示すことになる。よって、モーターを駆動させる送水圧は図の相関式から算定される損失水頭を差し引いて補正した。

4-3-3 ビット回転エネルギーの推力補正

油圧式削岩機での地山評価実績⁹⁾では、同一の地山性状でもビットの接地圧が大きいほど削孔速度が速くなる(見かけ上削孔エネルギーが小さくなる)傾向があると指摘している。今回、同一地山性状の延長1m区間にて試験的にマシン推進力を段階的に変化させて、そのときの削孔エネルギー係数(上述の補正を行なったもの)を求めた(図-10)。結果は油圧式削岩機の場合と同様、マ

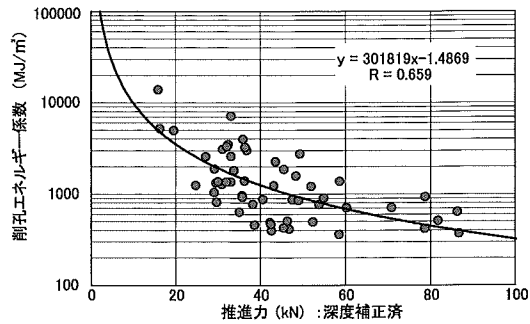


図-10 マシン推進力-削孔エネルギー係数相関図

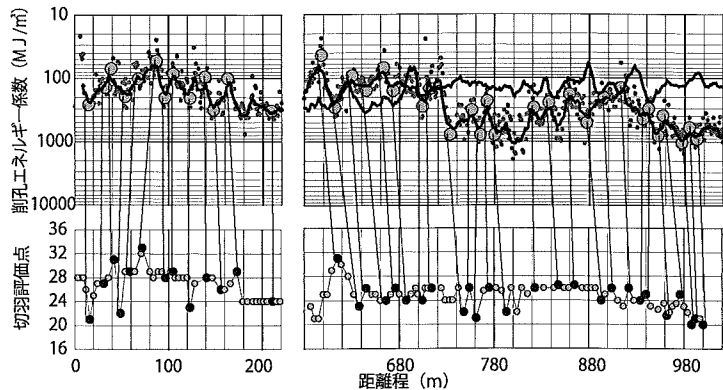


図-11 削孔エネルギー係数と切羽評価点の比較

表-2 切羽評価点

掘削地点の地山の性状と挙動	地 山 等 級				
	IV~V	III	II	I	
A 切羽の状態	①安定	②鏡面から岩塊が抜け落ちる	③鏡面の押し出しを生じる	④鏡面は自立せずに崩れる	⑤鏡面が流出
B 素掘り面の状態	①自立(普請不要)	②時間がたつと緩み肌落ちする(後普請)	③自立困難・掘削後早期に支保する(先普請)	④掘削に先行して山を受けておく必要がある	⑤その他
C 圧縮強度	① $\sigma_c \geq 100\text{MPa}$ ハンマー打撃で跳ね返る	② $100 > \sigma_c \geq 20\text{MPa}$ ハンマー打撃で砕ける	③ $20 > \sigma_c \geq 5\text{MPa}$ 軽い打撃で砕ける	④ $5 > \sigma_c \geq 1\text{MPa}$ ハンマー刃先喰い込む	⑤ $1 > \sigma_c$ 指先で潰せる
D 風化・変質	①なし・健全	②岩目に沿って変色・強度やや低下	③全体に変色・強度相当に低下	④土砂状・粘土状・礫状、未固結	⑤その他
E 割れ目の程度	①間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	② $1\text{m} > d \geq 50\text{cm}$	③ $50\text{cm} > d \geq 20\text{cm}$	④ $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	⑤ $5\text{cm} > d$ 破碎、未固結
F 割れ目の状態	①密着	②部分的に開口	③全体に開口油目を有する	④鏡肌を有する未固結な砂、砂礫	⑤厚い(5cm以上)粘土を挟む。鉋脈が発達、砂・砂礫状
G 割れ目の形態	①ランダム方形 間隔 $d \geq 1\text{m}$	②柱状	③層状、片状、板状	④土砂状・細片状、未固結	⑤その他
H 湧水	①なし・滲水 1ℓ/min	②滴水 1~20ℓ/min	③集中湧水 20~100ℓ/min	④全面湧水 100ℓ/min	⑤その他
I 水による劣化	①なし	②緩みを生ず	③軟弱化	④崩壊・流出	⑤その他

シン推進力の大小は見かけ上削孔エネルギー係数に大きく影響することとなった。本来同一地山性状の場合、削孔エネルギー係数は一定となるはずであり、図の相関式をもとにマシン推進力の大きさに応じて補正した。

4-4 地山分類基準の設定

ボーリング実施区間では、並行してトンネル掘削も行われている。トンネル施工時の地山評価結果とボーリングによる削孔エネルギー係数を比較して地山分類基準を設定した。

トンネル施工時の地山評価結果は切羽観察記録簿に記載された評価点の合計値(表-2)を用いた。図-11に削孔エネルギー係数と切羽評価点の比較結果を示す。図で明らかのように、切羽評価点が高い(地山が不良な)区間ほど削孔エネルギーが小さいという明瞭な傾向があり良い相関を示す。そこで、両者が対応すると思われる点のデー

タから相関を求め(図-12)、その相関式よりそれぞれの地山等級の境界値を設定し地山分類を行った。

4-5 地山評価結果

削孔エネルギー係数による地山評価結果を図-13に示す。同図にはカッティングスから判定した地質区分、孔口での湧水量測定結果も併記した。

地質別に見ると、粘板岩が岩Ⅱ_N~Ⅰ_N、凝灰岩が岩Ⅱ_N、砂岩粘板岩互層が岩Ⅱ_N~Ⅲ_Nとなり、地質区分と地山評価は良い一致を示す。とくに730m付近の粘板岩から互層への移行部では、トンネル施工時には地山が硬質になっており、施工時の切羽状況を反映するかたちとなった。また、

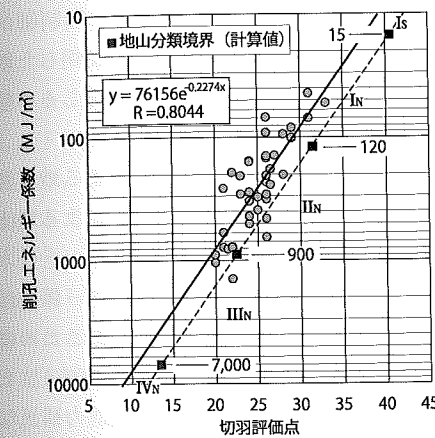


図-12 地山分類境界値の設定

トンネル施工では610~630m付近に破碎帯が確認されたが、地山評価では580~600m付近の岩Ⅰ_Nとして表れている。周囲の粘板岩の地山評価結果と極端な差はないが、削孔エネルギー係数が極小値を示しており、地山評価で明瞭な差はなくともエネルギー係数の大小で相対的に地山が悪いことが判定できる。

4-6 今後の課題

以上のように削孔データは、深度などの各種補正を行うことによって地山を評価することが可能となった。今後はより確実性の高い地質評価手法に発展させていきたい。そのために今後改善すべき課題としては次のものが挙げられる。

4-6-1 大土かぶり地山での評価手法

今回の地山評価はトンネル切羽の地山性状との比較をもとにしたものである。実際のトンネル施工中の地山評価では、これら観察結果に湧水状況、坑壁の押し出し(内空変位)などの項目も加えて総合的に評価されるものであり、500mを超えるような大土かぶり地山では、土かぶりの影響すなわち地山強度比を考慮して、最終的な地山評価を行うことが必要になる。

4-6-2 塊状岩盤における地山評価

今回の対象地山は粘板岩主体の異方性地山であるが、砂岩や火成岩のような堅硬な塊状岩盤にこ

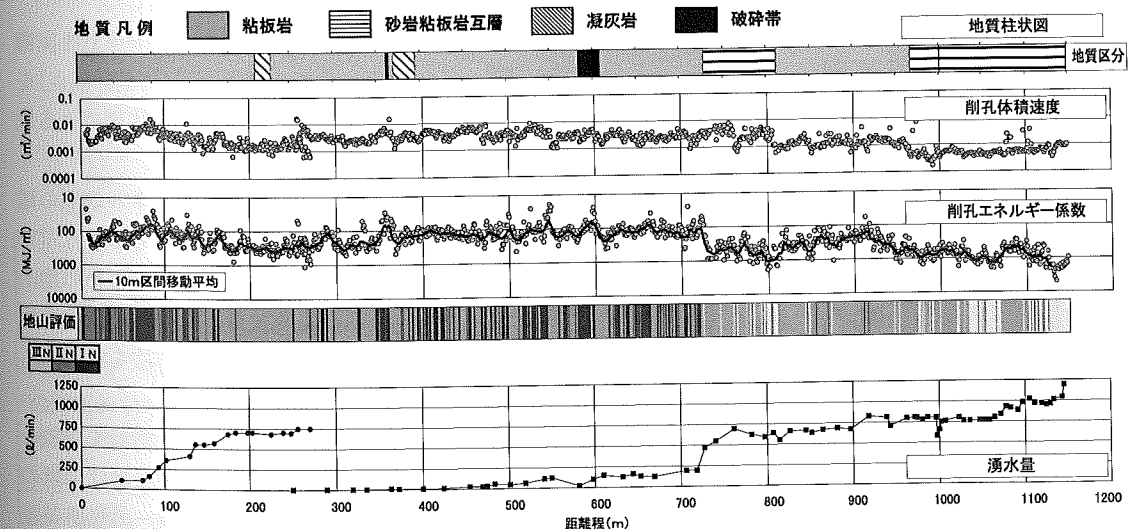


図-13 削孔エネルギーによる地山評価結果

の地山評価手法を適用する場合には、割れ目が削孔データに与える影響を考慮する必要がある。白鷺ほか(1999)⁷⁾は削孔エネルギーの標準偏差が割れ目の影響を評価するうえで重要な要因となりうることを指摘しており、今後塊状岩盤における削孔データを蓄積していくなかで、割れ目の影響をいかにして地山評価に盛り込むかを検討し、より汎用性の高い地山評価手法に改善する必要がある。

4-6-3 ボーリング孔の可視化

現在ボーリング孔の地質判定は、孔口から排出されるカッティングスによって判定している(図-13の地質柱状図参照)ため、詳細な地質判定、出現位置の特定が難しい。ノンコアボーリングで詳細な地質を判定するためにはボーリング孔の可視化が必要となる。佐藤ほか(2010)¹⁰⁾は水平観測専

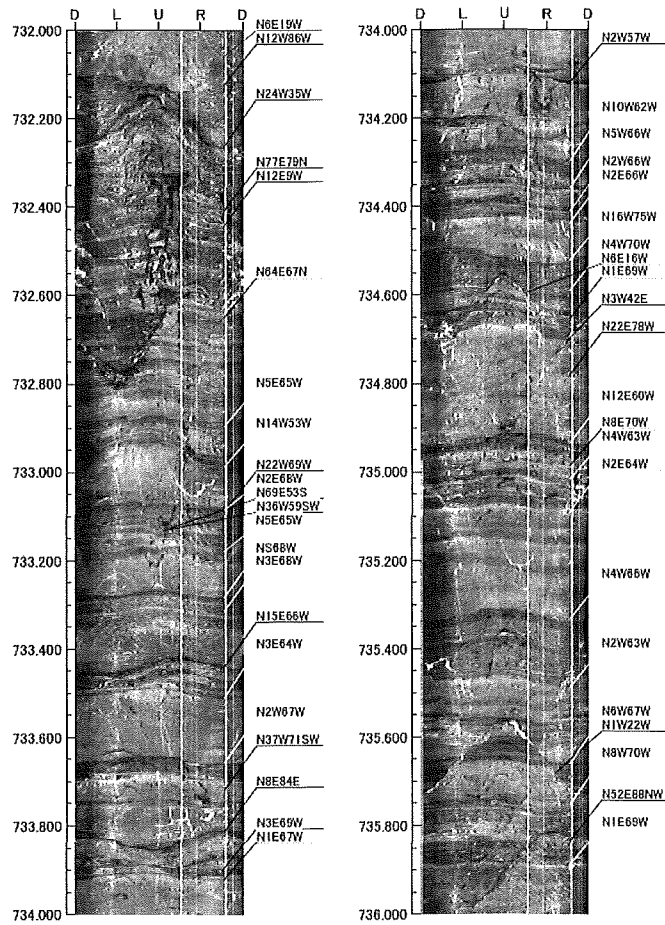


図-14 深度734m付近の孔壁画像

用のボアホールスキャナとして対応孔径φ80~200mm、バッテリー内蔵でケーブル不要の観測機器を開発しており、B-2孔の一部区間(300~750m)で試験的に観測を行った(図-14)。その結果、図に示すようなコア写真に匹敵する画像、割れ目などの走向傾斜データなどの情報を入手することができた。岩石の硬さは確認できないが、構成岩石の細かな変化や割れ目の発達状況などの情報が取得でき、これを併用することによってコアボーリングに匹敵する地質評価が可能となると考える。

5 結 論

- トンネル内での施工を前提とした削孔長1,000mレベルでの高速掘進、方向制御が可能となるダウンホールモータを使用した新しいボーリング工法を開発しその性能を確認した。
- このボーリング工法による地質評価方法として削孔データによる地山評価手法を開発した。
- 地山評価は削孔エネルギー係数により行うが、長尺掘進であるために送水圧やマシン推進力の深度補正、ビット回転エネルギーの推進力補正などを行って、より精度の高い削孔エネルギー算出方法を考案した。
- 算出した削孔エネルギー係数と実際のトンネル施工実績(切羽評価点)を比較して、エネルギー状態による地山評価基準を設定した。
- 地山評価結果は、トンネル切羽の地山状況をよく反映するものとなった。ただし、トンネル施工のための地山評価とするには、さらに地山強度比などを加味した評価方法を検討する必要がある。
- 今回の地山評価は片状岩盤を対象としたものであり、堅硬な塊状岩盤の場合には削孔エネルギーの標準偏差を採用するなど、割れ目の影響を考

慮した汎用性の高い評価手法に改善する必要がある。

- この先進ボーリングでは、ボアホールスキャナによる孔壁の可視化を行うことによって、コアボーリングに匹敵する地質評価が可能になると考える。

6 お わ り に

新たに開発した先進ボーリング工法は高速掘進と方向制御を可能にし、トンネル切羽より6か月程度前方の地質把握も可能となった。またφ120mm以上の孔径での削孔であり、湧水の事前確認はもとより切羽前方の水抜き効果も大きく期待できる。

こういった従来の先進ボーリングにない技術を駆使することによって切羽前方の地質を早期に把握し、トンネル施工を計画的に実施することが可能となり、突発事故の回避さらには工期短縮に寄与すると考える。

本報告にあたっては、この工法の開発段階から終始指導していただいた大島洋志氏には多くの助言をいただいた。また、トンネル施工やボーリング作業を担当する関係各位にはさまざまご配慮をいただいた。これらの方々に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 二村亨・梅村哲男・萩原博之・生森敏：先進ボーリ

ング技術のブレークスルーを目指して—長尺・高速掘進・孔曲がり制御などの技術開発—, トンネルと地下, Vol.41, No.8, pp.45-55, 2010.8.

- 2) 山本雄介・二村亨・萩原博之・生森敏：長大山岳トンネル施工を見据えた長尺先進ボーリング技術の開発, 土木学会地下空間シンポジウム論文・報告集, Vol.16, pp.201-208, 2011.
- 3) 安田扶律・石山宏二・山本拓治：削孔検層を用いたトンネル切羽前方予測, 土木学会第55回年次学術講演会, 2000.
- 4) 山下雅之・平野享・木村哲・石井洋司：削孔探査システムによる支保パターン事前想定を試み, 土木学会第58回年次学術講演会, 2003.
- 5) 山田文孝・古賀隆三・山本信幸：削孔検層システムを用いたトンネル周辺地山評価, 土木学会第60回年次学術講演会, 2005.
- 6) 玉井昭雄・田湯正孝・浅岡道太・桑高崇・野田茂樹：切羽前方探り削孔を用いた効率的なトンネル施工事例, 地盤工学会中部支部第16回調査・設計・施工技術報告会, 2007.
- 7) 白鷺卓・山本拓治・宮嶋保幸：削孔検層の適用性に関する検討, 土木学会第54回年次学術講演会, 1999.
- 8) 石山宏二・山下雅之・木村哲・岡井崇彦・里優：穿孔データを利用した地山評価手法へのニューラルネット適要に関する考察, 第11回岩の力学国内シンポジウム, 2002.
- 9) 原敏昭・熊谷成之・石垣和明・木村哲・平野享・山下雅之：穿孔探査システムでのフィードバック補正, 土木学会第58回年次学術講演会, 2003.
- 10) 佐藤伸哉・金内昌直・勝島尚美・立野直樹：メモリー記録式ボアホールスキャナーの概要と適用性について, 全地連「技術フォーラム2010」那覇技術発表論文集.

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

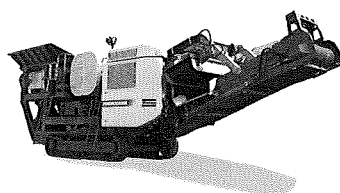
本書は、平成11年3月号より17回にわたって「トンネルと地下」に連載した「トンネル技術者のための応用地質学入門」をベースに、加筆および整理してまとめたものである。本書では、最新のトンネル技術、地質学、ならびに、地質調査法などを挙げ、学生から実務者まで広範に満足させる内容となっている。

株式会社 **土木工学社**

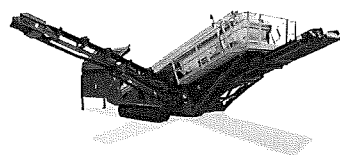
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

工法・技術・製品ニュース

製品 アトラスコプロ クラッシャとスクリーン製品の販売開始



ジョークラッシャPC2



2段デッキ振動スクリーンHCS3715

アトラスコプロ(株)土木鉱山機械事業部
サーフェストリリング
TEL : 03-5765-7890
http://www.atlascoopco.co.jp/

アトラスコプロは、グループ傘下の自走式クラッシャ専門メーカー、ハートル社(オーストリア)のトップ製品であるパワークラッシャ製品ラインの日本国内での販売を開始した。

これにより、同社のラインナップにクラッシャ製品群、スクリーンが加わり、削孔、発破の総合的なソリューションが提供される。

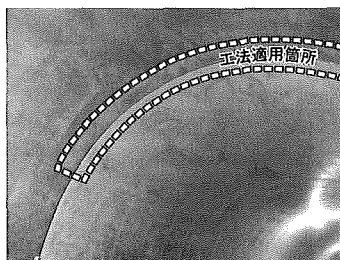
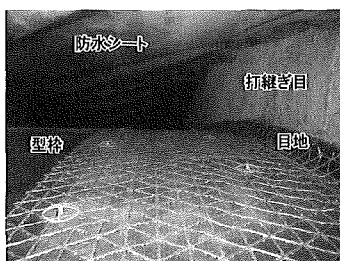
アトラスコプロのパワークラッシャには、4機種のジョークラッシャ、6機種のインパクトクラッシャ、1機種のコーンクラッシャ、そして4機種のスクリーンのラインアップが用意されている。なかでも、ジョークラッシャは、アップスラストグルによって生み出される「クワトロ

ムーブメント」という動歯が、8の字を描く動きをすることにより、一般的なダウンスラストグルの動歯の動きに比べ、効果的な破碎を可能としている。

スクリーナー装置は、高いスクリーニング性能を兼ね備えたコンパクトな製品で、採石、採掘、および建設で使用するのに最適化されている。モデルにより、クラッシュ設備と組み合わせ使用することも、ローダーによって単独でフィードすることも可能。

クラッシャ、スクリーンとも従来の同社製品と同様に日本国内どこでも保守サービスやメンテナンスが受けられる。

工法 アラミド三軸メッシュ工法を道路トンネルに初適用



(上) アラミドメッシュシート設置状況
(下) コンクリートの表面(打設後2日)

三井住友建設は、「トンネル用アラミド三軸メッシュ工法」について、群馬県の協力もと椎坂白沢トンネルで試験施工を行い、狭隘空間での良好な施工性や品質・出来映えを確認したと発表した。

同工法は、橋梁やボックスカルバートに数多く採用されている「砂付きアラミド三軸メッシュシート」を山岳トンネル覆工コンクリートに適用したコンクリート剥落防止・高品質化工法。型崩れしない「砂付きアラミド三軸メッシュシート」を覆工コンクリートの表面近くに設置することにより、コンクリートの剥落をなくし、耐久性を向上させる。

施工は、砂付きアラミド三軸メッシュシートを、覆工コンクリートのひび割れ・剥落が発生しやすい目地部を挟んで幅約1m(片側約50cm)、クラウン部120°の範囲に配置する。その後、スライドセントルのセット

前やセット後に作業窓などからスンプレート上に固定したうえで、コンクリート打込み中に移動しないよう、専用の固定治具を型枠表面の穴に差し込むことでシートを挟み込むように固定する。

試験は、覆工コンクリートの巻厚t=300mmにたいして行った。シートの設置、固定は、検査窓および妻側から容易にでき、施工サイクルへの影響はほとんどないこと、また、メッシュシートの特徴を活かした固定方法により、コンクリートの打込みによるシートのずれなどが生じないこと、ならびに天端吹上げ口からのコンクリートの流下や圧入にさいして、シートが打込み効率や作業性に悪影響を及ぼさないことを確認した。

脱型直後は、シートの網目模様が見え、乾燥後は消え、表面強度も十分であることも確認された。

三井住友建設(株)広報室
TEL : 03-4582-3015
E-mail: information@smcon.co.jp

建設講座

最新推進工法技術(7)

—改築推進工法—

「最新推進工法技術」連載講座小委員会

① はじめに

わが国でヨーロッパ式の下水道事業が開始されたのは、1884(明治18)年の神田下水においてである。それ以来、管渠はすでに百余年の歴史を有しており、現在、全国の管渠の総延長は43万5千kmに達し、全国の下水道普及率は73.7%となった。下水道整備は、昭和30年頃を境に急激に進み、建設後50年を超える管渠は7,000km程度あり、今後、それらの維持管理が大きな課題として浮上することになる。耐用年数を超えて老朽化した管渠を原因とする道路陥没事故が、全国で年間3,800件程度発生しており、そのうち、東京都では年間約1,000件もの陥没事故が生じている。下水道管渠の再構築には、開削工法による管渠の布設替えや更生工法が多く採用されているが、現状では、布設した当時の道路下の状況は様変わりし、地下構造物が輻輳し、開削工法は容易には採用できない。また、既設管の老朽化が進み、更生工法ではもはや管路機能が確保できないケースもある。以下では、下水道管渠の建設でもっとも多くの実績を有してきた推進工法

のうち、管渠の入れ替え工法として開発され、着実に実績を示している改築推進工法について解説する。

② 改築推進工法の概要

2-1 改築推進工法の概要

改築推進工法は、構造的または機能的に低下した管渠を推進工法により破碎・除去しながら新管を敷設する工法である。改築推進工法は設計・施工条件によって選択できる工法が異なる。

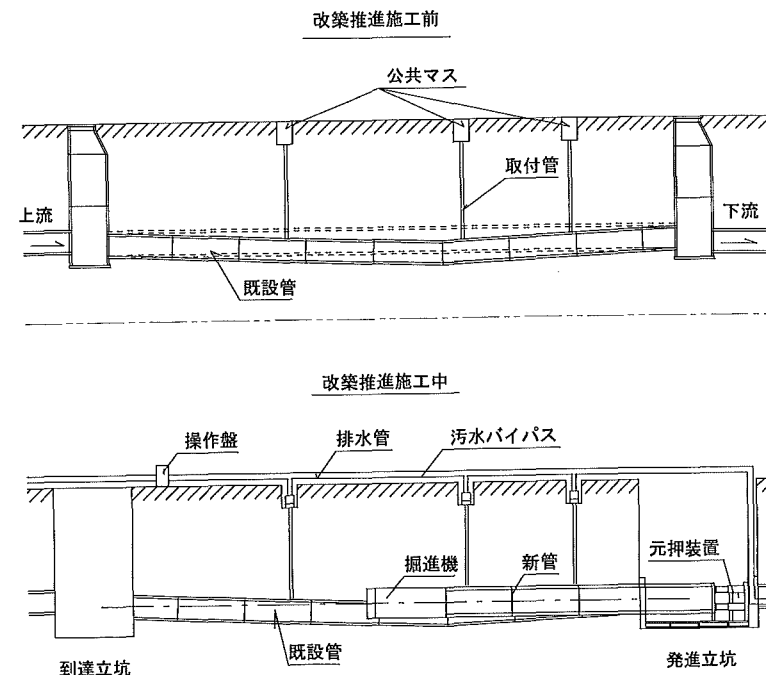


図-1 改築推進工法の概念

図-1に改築推進工法の施工前と施工中の管渠の状況を示す。

2-2 改築推進工法の分類

改築推進工法は図-2のように分類される。

(1) 静的破碎推進方式

本方式は、既設管の内面から油圧を用いた拡張式破碎機で、既設管内面を押し広げて破碎し、破碎片は新管の外側に存置する。

(2) 衝撃破碎推進方式

本方式は、圧縮空気を動力源とした破碎装置の衝撃により、既設管の鉄筋、コンクリートなどを切断、破碎しながら鋼管を推進する。破碎した既設管は、基本的には新設管の周囲に存置となるが、重要構造物の下部などでは、既設管の周囲に鋼管を被せて押し込み、その内部で既設管を破碎させ、既設管周辺の土と破碎片を撤去する方法もある。

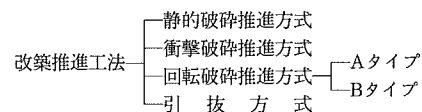


図-2 改築推進工法の分類

(3) 回転破碎推進方式(Aタイプ)

本方式は、あらかじめ、既設管をセメントミルクなどで充填した後、既設管の全部および一部を切削しながら新管を推進する。切削・破碎片および一部の掘削土は泥水、泥土圧方式、空気輸送などにより回収する。

(4) 回転破碎推進方式(Bタイプ)

本方式は、既設管内に下水を流下させる配水管や推進ガイド装置を設置した状態で、既設管の全部あるいは一部を切削破碎しながら新管を敷設す

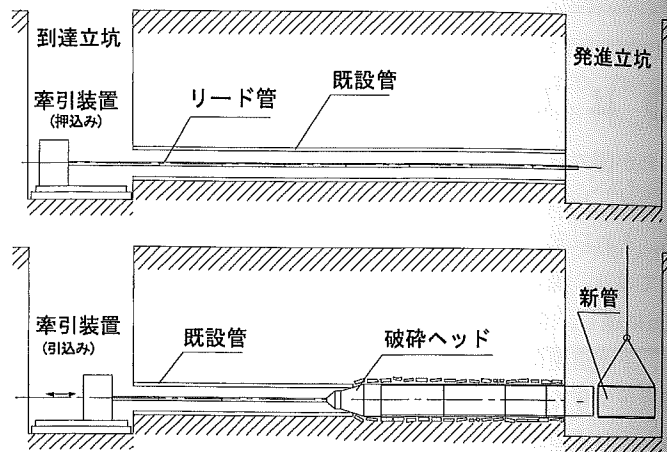


図-3 静的破碎推進方式

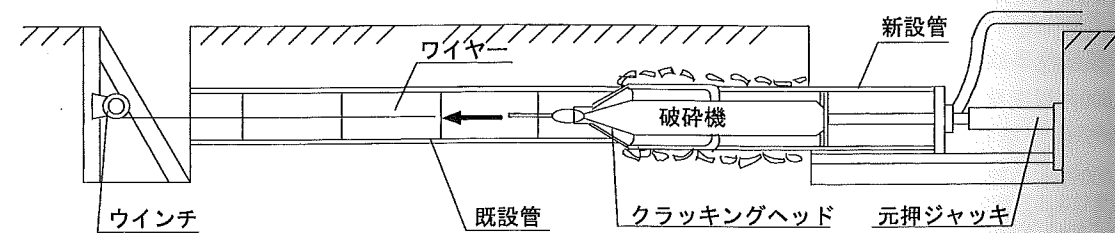


図-4 衝撃破碎推進方式

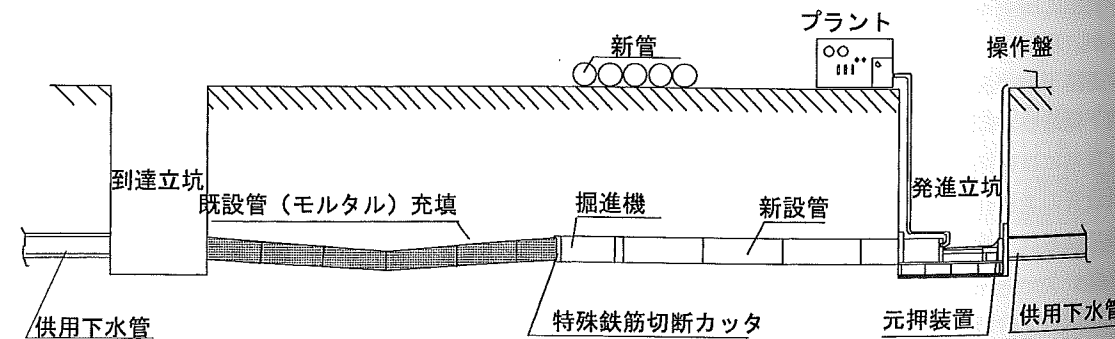


図-5 回転破碎推進方式(Aタイプ)

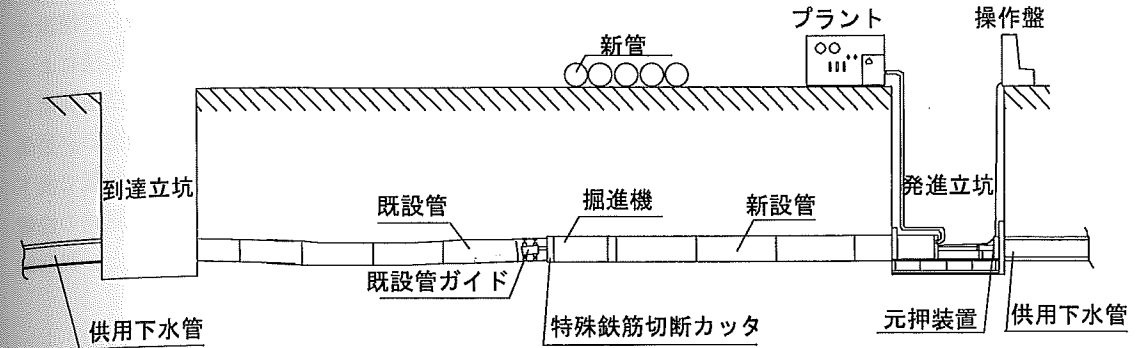


図-6 回転破碎推進方式(Bタイプ)

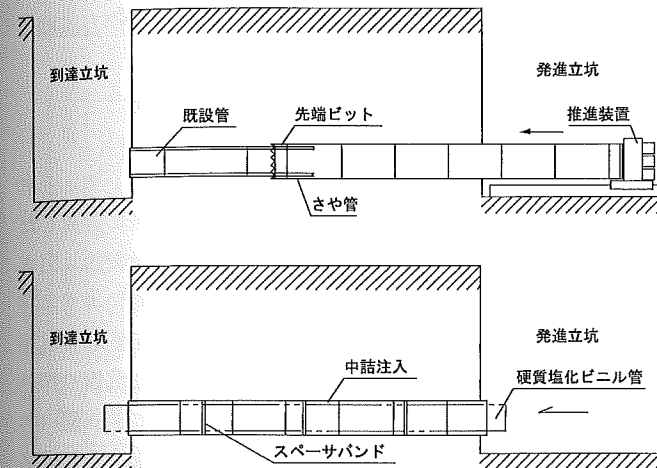


図-7 引抜方式

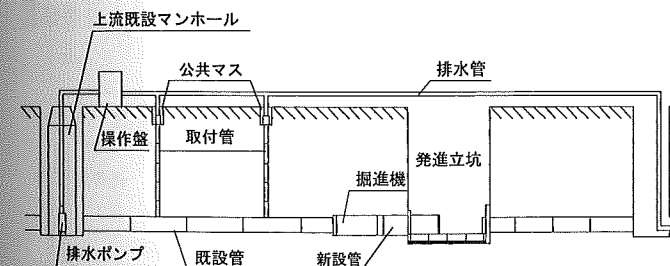


図-8 バイパス流下方式

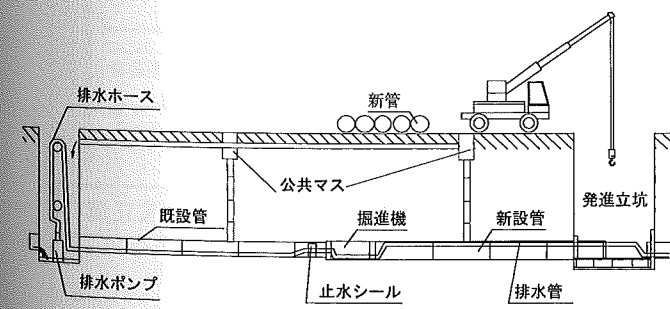


図-9 管渠内流下方式

る。掘削土と切削・破碎片および一部の掘削土は泥水、泥土圧方式、空気輸送などにより回収する。

(5) 引抜方式

本方式は、既設管の外径より大きい管を既設管に被せて推進し、既設管を破碎するか、またはそのまま管内を通り発進立坑まで回収する。

2-3 施工時の下水流下方法

一般的に下水管渠の再構築工事は、下水の供用下で実施されることが基本である。施工時の下水流下方法として、別ルートに下水を迂回させるバイパス流下方式と掘進機と管渠内に流下させる管渠内流下方式に分類される。図-8にバイパス流下方式、図-9に管渠内流下方式を示す。

2-4 既設管の処理

改築推進工法により既設管を破碎除去する場合、破碎方式によって既設管が地中に存置となる場合と地中から撤去される場合とがある。静的破碎推進方式、衝撃破碎推進方式については破碎片が新設管周辺の地中に存置され、回転破碎方式については、Aタイプは基本的には地中からの排土が基本となっている。ただし、既設管が老朽化し、本来の計画線から大きく異なった状態となっている場合、一部存置するものが生じる。回転破碎Bタイプは、既設

管に掘進機ガイドや下水配水管を設置する関係から、既設管が大きく計画線を外れた状態の場合、一部存置するものがある。引抜方式については、既設管をすべて撤去することを基本としているが、回転などによって破砕させてすべて回収する場合がある。

3 工法の選定

改築推進工法の選定にあたっては、設計条件、既設管の状況、地中の既設管の周辺状況および近隣環境などの各条件を十分考慮して適切な工法を選定する必要がある。まず、新設管の必要流量能力とそのルートによって、新設管の必要内径や既設管との位置関係が決まる。さらに、既設管のたるみ、目地段差の度合いや蛇行量で適用できない改築推進工法がある。さらに既設管と新設管の種類、管径、施工場所、施工深度、地下水位の有無、開削工法で布設された既設管の基礎が枕木基礎あるいはコンクリート基礎によっても適用できないものがある。既設管を完全に撤去するという条件が付された場合にも、工法は限定される。表-1に設計・施工条件による改築推進工法の採用の可否を示す。

既設管の周辺状況のうち、とくに地下水位以上の施工に限定される工法は、事前に補助工法を

含めて検討する必要がある。また近接して埋設されている構造物への影響については、工法によってその度合いが異なるが、いずれの工法を採用しても、事前調査は不可欠である。その他の必要条件としては、供用中の下水をバイパス装置で流下させながら施工する場合は、バイパス管路の設置場所の確保、24時間自動運転できること、異常時に迅速に対応できる体制などがある。

4 施工事例

本工法の施工事例を下記に示す。破砕方式別に代表的なものを紹介する。

4-1 静的破砕推進方式(EXP工法)

(1) 本工法の適用管径と施工事例
本工法は、油圧で動作するエクステンション(拡張破砕機)をマシナールまたは立坑に設置したチェーン引込装置と押し込み装置で既設管内に引き込み、拡張して既設管を破砕し、同時にエクステンションの後方に接続した新設管を到達立坑側のチェーンで引き込み、同時に発達立坑側の押し込み装置で押し込み、敷設管を施工する工法である(図-10)。適用可能な既設管の種類や大きさは、B形鉄筋コンクリート管、塩化ビニル管、陶管、ポリエチレン管で呼び径200~600まで、適用最大推進延長は100m程度までとしている。

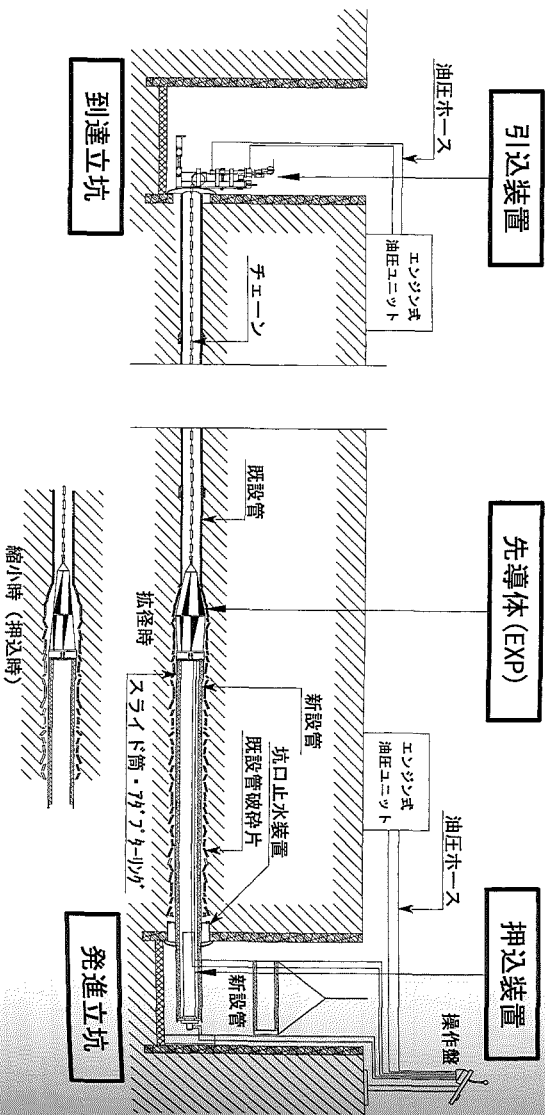


図-10 EXP工法の概念

表-1 改築推進工法判定表

設計・施工条件		工法別分類項目	静的破砕推進方式				衝撃破砕推進方式		回転破砕推進方式(A)		回転破砕推進方式(B)				引抜方式		
			スピーダースPM	EXP工法(旧・EコマTMS)	インパクトモートルPRS	アイムリバス	リバスエース	置換式推進	OK-PCR	パイプキュー	UPRIX	スピーチール	リキョーブローナー	刃口式推進			
1	適用推進延長	m	適用最大推進延長	60	200	50	120	150	80	50	50	50	50	50	50	50	300
2	既設管 管種		H-1:ヒューム管, H-2:推進ヒューム管, C:陶管, V:エンビ管, V-2:推進エンビ管, S:鋼管, PE:ポリエチレン管	H-1, C	H-1, C, V-1, V-2, PE	H-1, C, V	H-1, C, V, PE	H-1, C, V, PE	H-1, C	H-1, C, V	H-1	全管種	全管種	全管種	全管種	全管種	全管種
3	既設管 管径	mm		250~350	200~600	200~1000	200~1000	200~700	250~500	200~600	250~600	200~700	200~800	250~800	250~1350	200~	
4	新設管 管種		H-1:ヒューム管, H-2:推進ヒューム管, C:陶管, V:エンビ管, V-2:推進エンビ管, S:鋼管	V-2	C, V-2, H-2	H-2, V-2	H-2, S	H-2, S	H-2	S, S+H, S+V	H-2, S, V-2, RS-2	S, S+H, S+V	S, S+H, S+V	S, S+H, S+V	S, S+H, S+V	S, S+H, S+V	
5	新設管 管径	mm		250~350	200~600	200~1000	250~1000	250~700	250~600	300~800	200~600	200~800	250~1200	800~2000	800~		
6	管径のサイズアップ	YES・NO	増径が可能な工法	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
7	新設管の計画ラインは直線ですか	YES・NO	曲線の計画にも対応可能な工法	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
8	既設管とのレベルは管底合わせですか	YES・NO	管底合わせ対応可能な工法	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
9	既設管を地中に残置することは可能ですか	YES・NO	既設管の撤去回収が可能な工法	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
10	既設管のたわみ・蛇行量はいくらですか	mm	許容最大たわみ, 蛇行量	既設管に追従	50	管径の30%以内	上限なし	上限なし	50	鋼管径内の範囲	50	100	切削破砕可能管は上限なし	鋼管径内の範囲	破砕可能管は上限なし		
11	既設管の目地段差はいくらですか	mm	推進可能な目地段差	3	50	制限なし	制限なし	制限なし	鋼管径内の範囲	20	上限なし	切削破砕可能管は上限なし	管径の10%	破砕可能管は上限なし			
12	既設管の基礎はコンクリートですか	YES・NO	コンクリート基礎でも施工可能な工法	○	○	90°基礎まで可能	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
13	既設管の基礎は枕木ですか	YES・NO	枕木基礎でも施工可能な工法	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
14	取付管の有無	YES・NO	取付管の施工システムを有する工法	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
15	既設管周囲の地盤や防護は		土質やコンクリート防護工への対応	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
16	地下水の有無、補助工法の採用の可否は	可・否	地下水があっても施工可能	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
17	設置可能な発達立坑最大サイズはいくつですか	m×m	発達立坑最小サイズ	1号人孔	1号人孔	5.0×2.0	φ2000	φ2000	6.0×3.6	φ2500	φ2000	φ2000	φ2500	7.6m-4.8m	φ2500		
18	設置可能な到達立坑最大サイズはいくつですか	m×m	到達立坑最小サイズ	1号人孔	1号人孔	2.0×2.0	φ2000	φ1500	5.6×2.4	1号人孔	1号人孔	1号人孔	1号人孔	無し可能	無し可能		
19	路上プラント設備ヤードの確保はできますか	YES・NO	車上プラントが可能な工法	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
20	下水は地上の配管装置で迂回可能ですか	YES・NO	掘進機・管内下水流下可能な工法	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		

採用の可否の判定

新設管については、推進用硬質塩化ビニル管で呼び径200~450、推進用鉄筋コンクリート管は200~600などが適用できる。

本事例は、写真-1のように両側に民家が密集し、人あるいは自転車の通行だけが許される生活道路下に埋設された呼び径230~300の陶管および250の老朽化したヒューム管をそれぞれ推進工法用硬質塩化ビニル管300~400に敷設替える工事である。5スパンの最大推進延長は40.5m、最小推進延長は20.35m、平均推進延長は28.59mとなっている。

(2) 施工概要

基本的には昼間施工であったが、歩行者確保などの理由で夜間施工となった区間があった。基本的な作業時間は、昼間は午前9時~午後5時までとなっていた。1日の作業としては、立坑覆工板の撤去や設備の準備、さらに工事終了後の覆工板設置と設備の撤去などで2時間を費やし、休憩時間1時間を除いて、実質的に5時間の推進作業が可能であった。

本工法は、円錐形の破碎機に内蔵したジャッキの伸縮によって破碎機の中央部が拡大、伸縮することで既設管を押し拡げ、破碎する構造となっている。破碎された既設管は新設管周辺に存置される。地中には残るが、破碎片を廃棄物として発生させない工法という見方もできる。本事例では、狭隘な場所での施工にもっとも適した改築推進工法として採用されている。本施工事例では推進開始時と到達時に段取りなどの時間をそれぞれ2日間程度要するが、その他は平均的には9~10m/日程度で施工を完了している。

4-2 衝撃破碎推進方式(インパクトモール PRS工法)

(1) 本工法の適用管径と施工事例

本工法は、圧縮空気によってピストンを前後させ、その推進力と衝撃力によって老朽化した既設管を破碎するとともに、新設管と置き換える衝撃破碎推進方式である。圧縮空気によって推進力と破碎力を得る機構はきわめてシンプルである(図-11)。適用管種は、B形鉄筋コンクリート管、陶管、



写真-1 道路両側に民家密集

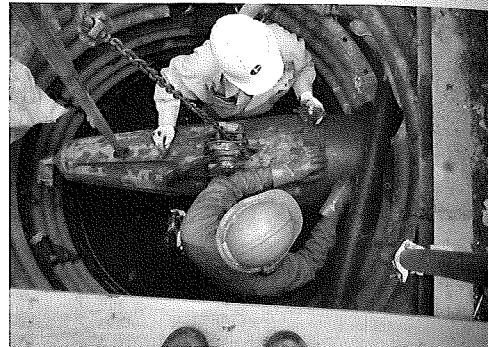


写真-2 到達時EXP破碎機引上げ

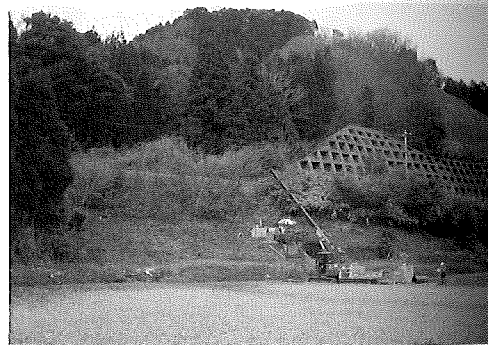


写真-3 軌道下施工箇所全景



写真-4 φ600鋼管推進

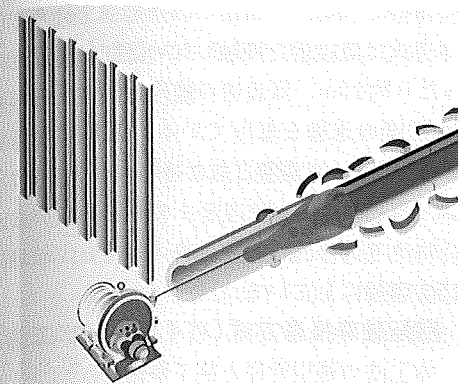


図-11 インパクトモールPRS工法概念

FRP管、塩化ビニル管で呼び径は200~1000である。また、新設管については、推進用鉄筋コンクリート管、推進用陶管、推進用塩化ビニル管が適用できる。

(2) 施工概要

本施工事例は、軌道下の農業用排水管φ250陶管をφ450に入れ替えるもので、改築推進延長は20mである。土質は礫混じり粘性土であり、到達に向けて20%の上り勾配である。ここでは、内径を1.8倍拡大することから、当工法の一般的な拡大条件である2ランクの拡大を超えたものとなっているが、推進距離や対象地盤などから施工が可能と判断している。さらに、盛土の斜面からの発進のほかに、軽自動車が行き通れる程度の幅の狭い搬入路という条件も付与していたが、当工法で用いる資機材がシンプルな構造のため搬入・設置について問題はなかった。

施工は、既設管φ250にφ600の鋼管(写真-5)を被せ、鋼管内で陶管を破碎して掘削土とともに排出し、完了後にφ450の硬質塩化ビニル管を挿入した。鋼管は3.0m/本の溶接接続で、鋼管の精度は下方向に2cm、右1.8cmであり、スペーサーを調整することで計画どおりに布設した。

本工法では、軌道下で既設管の破碎を行うために、既設管に被せた鋼管内での破碎方法を採用している。そのために、通常の破碎ヘッド(インパクトモール推進機)に新設管を後続させず、鋼管内の既設管の破碎片や掘削土を撤去後に新設管を挿入しているので、新設管の布設方法は標準的な



写真-5 既設管破砕片と土砂の排出

施工方法とは異なっている。

本方式では、後続の新設管の大きさによって日進量は異なり、後続させる場合には、本施工条件の場合、1日あたり3.5m程度となっている。

4-3 回転破碎推進方式(アイエムリバース工法)

(1) 本工法の適用管径と施工事例

本工法は、回転破碎方式のAタイプであり、アイアンモール工法用推進機のなかでも礫、粗石、巨石、岩盤破碎型の大きな推進力と高トルクタイプの泥土圧方式先導体を用いており、掘削土はスクリュ排土する。

対象とする既設管は、B形鉄筋コンクリート管、推進工法用鉄筋コンクリート管、陶管、塩化ビニル管で呼び径は200~1000である。新設管は、推進用鉄筋コンクリート管、鋼管で管径は250~1,000mmである。

本事例は、JRの軌道下に布設された呼び径600の農業用配水鉄筋コンクリート管(布設延長17.5m)を呼び径600の推進工法用鉄筋コンクリート管に敷設替える工事である。既設管は図-12のようにほぼ中央付近で中だるみを生じていて、新設管の法線が変更するために更生工法は適用できず、回転破碎推進方式の本工法が採用された。軌道下で土かぶりをもっとも小さい箇所は2.0m程度であり、施工は電車の走行が停止する午前1時半~4時半までの3時間程度の間に行った。施工中、既設管内へ土砂の流入を防ぐため、事前に既設管内をエアモルタルで充填している。発進立坑側か

ら約7m区間の推進は先導体と既設管は離れた状態であり一般的な推進工法と同じである。発進後7m付近から推進速度を抑えながら既設管と接触

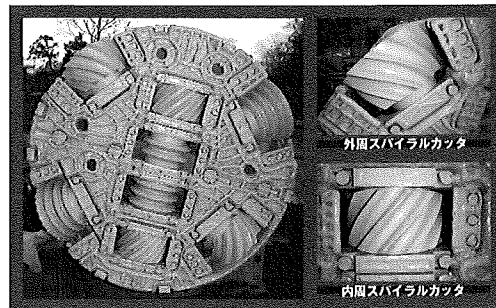


写真-6 特殊スパイラルカッタ

させて破碎を開始し、所定の改築推進を終えている。本方式は既設管と接触しない区間は推進速度1日あたり約6.0m、既設管の破碎区間は1日あたり3.5m程度の進捗となっている。写真-6のように改築推進用として開発された特殊スパイラルカッタにより既設管のコンクリートや鉄筋を破碎し、また、スクリュの回転トルクを大きくして破碎片の排出を容易にしている。

4-4 回転破碎推進方式(パイプキュア工法)

(1) 本工法の適用管径と施工事例

本工法は、回転破碎推進方式のBタイプであり、既設管内にカッタガイドを設置し、先導体のカッ

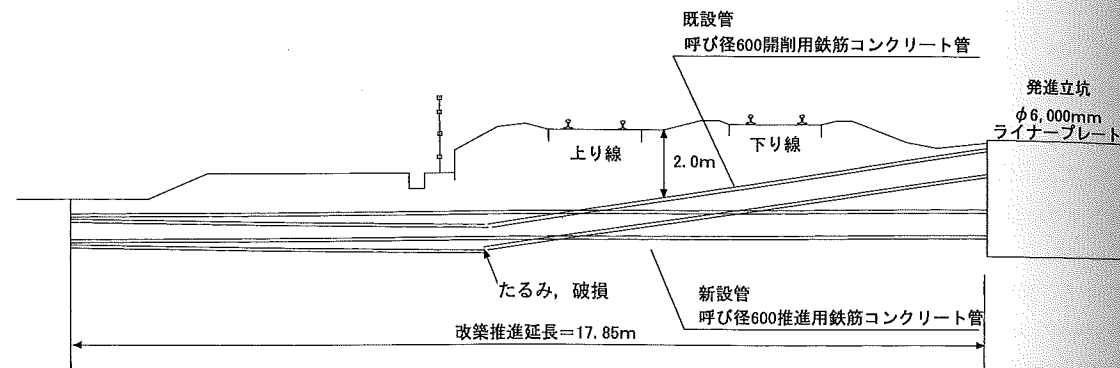


図-12 軌道下既設管改築縦断

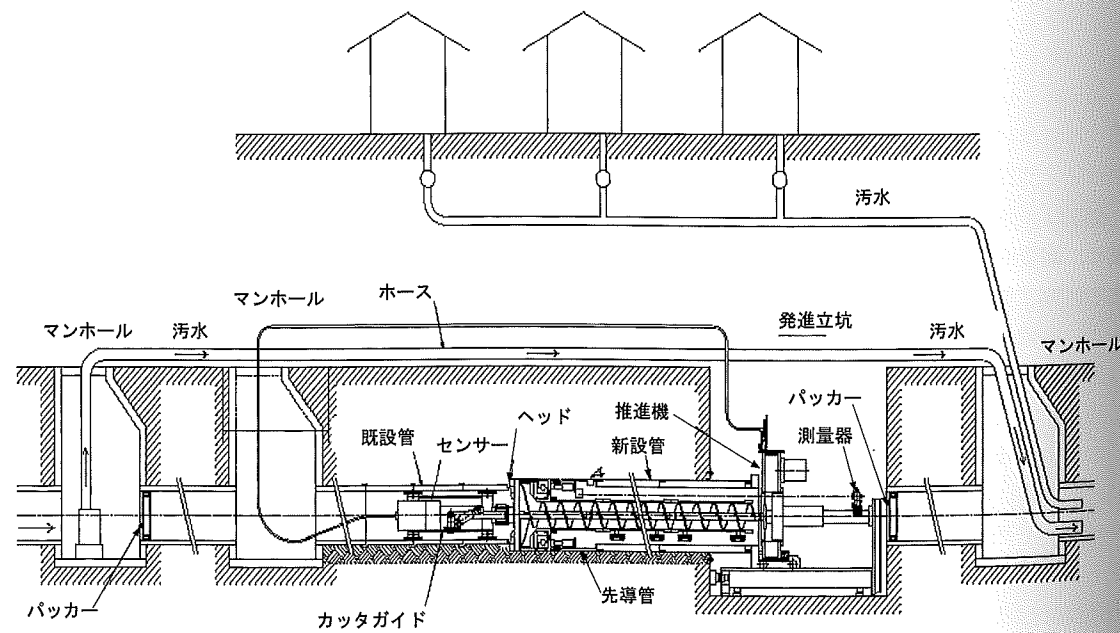


図-13 パイプキュア工法概念

タヘッドとユニバーサル接続により、先導体をガイドしながら既設管の破碎と先導体に後続させた新設管を敷設する(図-13)。

既設管をガイドとして推進するために、基本的には既設管のたわみや蛇行量は50mm程度という制約がある。対象とする既設管はB形鉄筋コンクリート管の呼び径200~600、新設管は推進工法用鉄筋コンクリート管の呼び径200~400、推進用硬質塩化ビニル管、レジン管、鋼管およびダクタイル管

(最大外径φ550)である。

本施工事例は、図-14に示すように、所定の勾配を遺失した呼び径300のB形鉄筋コンクリート管約14.3mを呼び径400の推進用硬質塩化ビニル管に敷設替えするものである。

新設管は既設管より管芯で15cm程度段差があり、既設管内に設置したカッタガイドと先導体との接続に特殊仕様のガイド(図-15)を用いている。

また、近接埋設物であるガス管(離隔距離63cm)

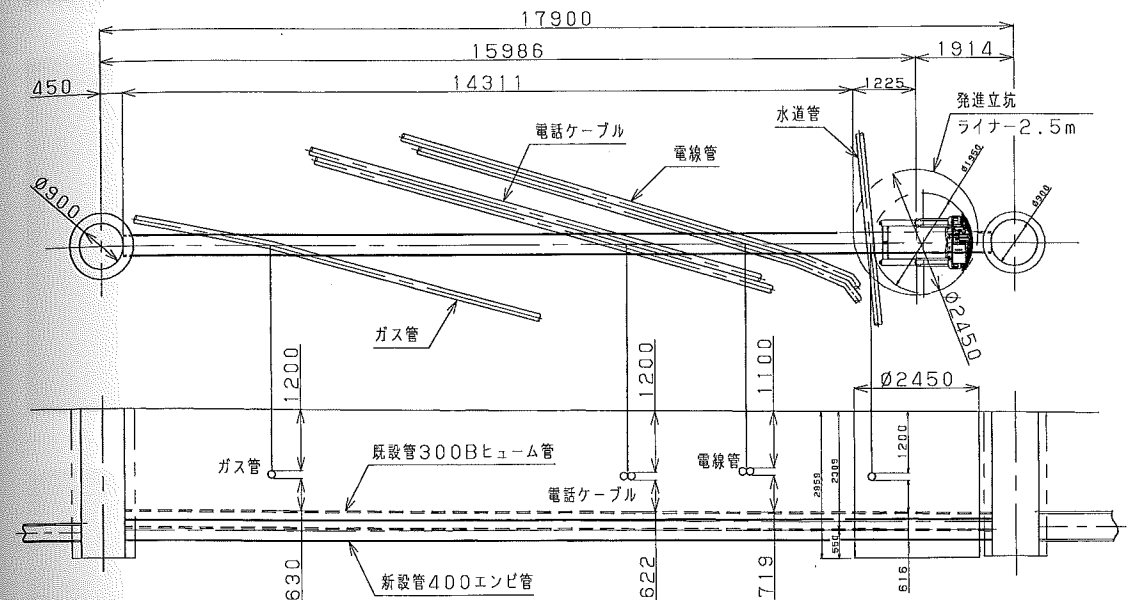


図-14 パイプキュア施工概要

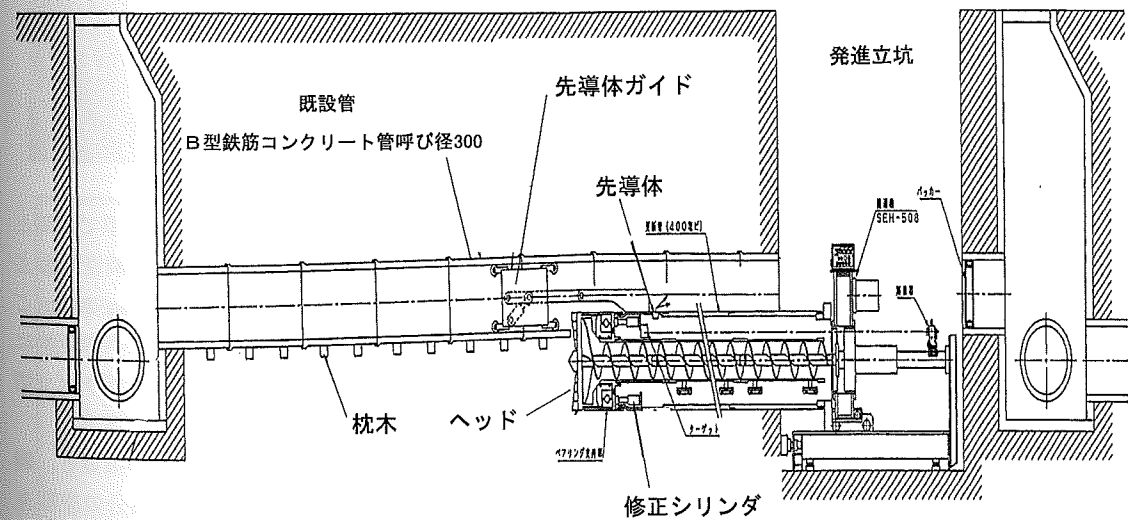


図-15 段差用特殊仕様ガイド



写真-7 ガス管沈下測定

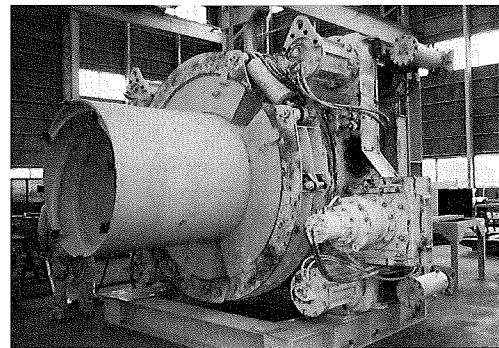


写真-8 ケーシング掘削機と先頭ケーシング

についてはとくに注意を払い、先導体が接触する恐れはなかったが、施工前、施工中、施工終了時にそれぞれ検知棒により変位測定(写真-7)し、変位のないことを確認しながら問題なく到達できている。1日5.0m程度の日進量である。

4-5 引抜方式(リキューブモール・アーマー工法)

(1) 本工法の適用管径と施工事例

本工法は、流下機能を喪失した管渠の外側に鋼製のケーシングを押し込み、既設管を撤去するとともに、それによって生じた空隙部に埋戻し材を充填して復旧する改築推進引抜方式である。

鋼製ケーシングを回転圧入させるケーシング掘削機(写真-8)を用い、先端(切羽側)のケーシングには既設管の外周地山を切削できる掘削ヘッドが装備してある(写真-9)。

既設管の適用範囲はB形鉄筋コンクリート管、推進用鉄筋コンクリート管、鋼管、硬質塩化ビニル管、陶管などで呼び径は250~1350である。

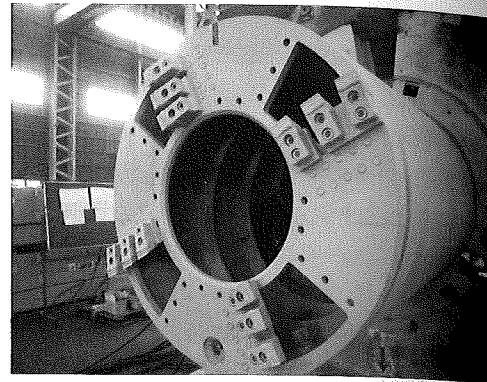


写真-9 先頭ケーシングと掘削ビット

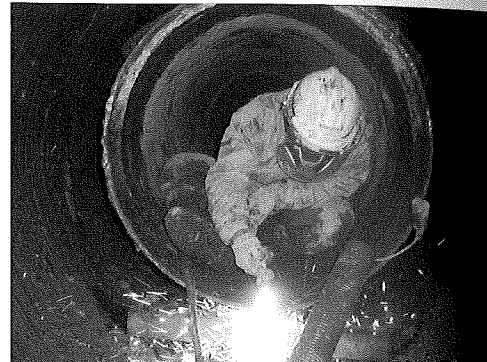


写真-10 配水管切断

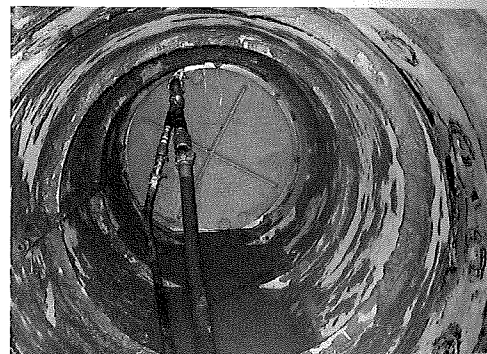


写真-11 埋戻し材注入状況

本施工事例は、国道のアンダーパス工事で支障となった長さ37.0mのφ800mmの配水用鋼管を撤去するものである。配水管の管厚は9mmで3.0mごとに溶接してあり、撤去時にライニングの延焼による一酸化炭素の発生を抑えるため、プラズマ切断機を使用した(写真-10)。

1日あたりケーシング1本(3.0m)の推進と、鋼管3.0m分の撤去、そして撤去した部分の空隙充填を行った(写真-11)。

⑤ おわりに

地下に埋設されたパイプラインの老朽化対策は、止むことなく延々と引き続けられるべきものである。都市生活の基盤となっているインフラ設備の保全はそこに生きるわれわれの義務でもある。対応が迫られている管渠は、ほとんどが過密化した地中にある。人々の動脈であり、生命線ともいえる道路を地上から掘り下げて修繕することはもはや不可能な状態ともいえる。推進工法で培った非

開削技術である改築推進工法が活躍の場を拡大できるよう、関係者のさらなる努力を期待したい。

(文責：川相 章/(公社)日本推進技術協会)

参考文献

- 1) 日本推進技術協会：推進工法用設計積算要領 改築推進工法編 2009年版。
- 2) 月刊推進技術, Vol.21, No.6, 2007.
- 3) 月刊推進技術, Vol.24, No.12, 2010.
- 4) 日本推進技術協会：改築推進工法の選定基準と設計積算上の要点, 平成20年度技術講習会テキスト。

研究論文募集のお知らせ

弊誌「トンネルと地下」では、研究論文(実験、技術開発など)を募集いたします。大学や技術研究所などからの貴重な研究成果を多数お待ちしておりますので奮ってご応募下さい。とくに若手トンネル技術者の技術向上を主眼としておりますので、平易・簡潔にまとめていただくようご配慮のほどお願い致します。なお、応募方法の詳細につきましては24頁に掲載の『投稿原稿応募のご案内』を参照のうえ、ご応募下さい。

問い合わせ先 株式会社 土木工学社 編集部

〒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)

「トンネルと地下」2011年1～12月号総目次

〈平成23年・年間総目次〉

巻月号頁

巻頭言

新年を迎えて...佐藤 信彦 42 1 5
豊かな国づくりを...加納 光正 42 2 5
新幹線工事における山岳トンネルの変遷...金澤 博 42 3 5
苦い思い出...石垣 和男 42 4 5
将来を見据えて取り組んでいく...小川 健一 42 5 5
巨大地震と社会基盤整備...野村 昇 42 6 5
トンネルの建設から管理まで〈安全・安心をお届けできる技術の創出へ〉...大津 健次 42 7 5
地盤変状のないシールド工事は可能か?...金井 誠 42 8 5
モグラ新幹線と技術的課題...宮林 秀次 42 9 5
震災と土木技術者の想い...土谷 誠 42 10 5
新東名に思う...広瀬 輝 42 11 5
将来に向けて...杉本 光隆 42 12 5

報告

「ITA総会および世界トンネル会議(ヘルシンキ)」報告...日本トンネル技術協会 42 9 63

研究

レーダー方式検査車(CLIC)で覆工内部状態を高効率・高精度に評価...小野桂寿・鈴木尊 42 1 45
山岳トンネル地質不良区間の地震被害と対策工の効果...野城一栄 42 2 49
砂質土地盤での簡易な切羽自立性評価方法の提案...川越健・浦越拓野・太田岳洋 42 3 49
エレメント推進工法における緩み土圧算定方法の提案...仲山貴司・岡野法之 42 4 53
小土かぶり未固結地山における事前地山改良工の有効性と課題...野々村政一・井浦智実・岡嶋正樹・岸田潔 42 5 57
鉄道トンネルにおける覆工コンクリートの劣化と維持管理...上田洋 42 6 49
覆工の初期ひび割れの発生メカニズムとその抑制対策...高山博文・増田康男 42 7 51
ラインセンサカメラを用いたトンネル変状検査システム

と適用事例...鶴飼正人・川端康之・西島敦・佐藤巧二 42 8 39
FRP型枠を用いた覆工コンクリートの温度特性...瀬崎満弘・渡辺正・藤倉裕介・源生佳弘 42 9 55
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 42 11 55
先進ボーリング技術のブレイクスルーを目指して(その2)〈削孔データによる地山評価手法の検討...萩原博之・三好壮一郎・倉岡研一・田中雅裕 42 12 53

計画

長距離シールドの高速施工により浸水対策をスピードアップ〈東京都建設局 古川地下調節池...林博志・山田浩也・栗本勝利・稲葉靖規 42 3 41
大断面シールドと分岐・合流部の各種切開き工法の概要〈首都高速道路 中央環状品川線...松崎久倫・牛越裕幸・飯島悠介 42 5 49
都市部へのSENSの適用検討〈相鉄・JR直通線 西谷トンネル...伊藤常正・木谷純 42 6 43
凍結工法を活用し虎ノ門交差点直下で既設シールドと地中接合〈東京都下水道 第二溜池幹線...泉谷信夫・中村雄一郎・滝沢究・岩崎広幸 42 9 47
ホーム増設とコンコース一体化により地下駅を大規模改良〈都営大江戸線 勝どき駅...坂口淳一・梶山雅史・石田和彦 42 12 45

施工

【鉄道トンネル】

TSPなど切羽前方予測を試みつつ膨張性地山に挑む〈九州新幹線西九州ルート 俵坂トンネル(西)...後藤知治・内田雅洋・高山藤博 42 3 7
河床下5mを山岳工法で通過〈九州新幹線西九州ルート 鈴田トンネル...加瀬正樹・谷口俊太・高田民夫・五十嵐昭生 42 5 7
高規格道路との交差計画を考慮したトンネル坑口部の設計・施工〈北海道新幹線 札苅トンネル...松井康彦・武藤好一・青木正雄・志野和巳 42 8 7

【道路トンネル】

ラチスガーダー支保工ほか新技術・新工法を試みる〈米

子自動車道 二川トンネルほか...金尾剣一・領家邦泰・今中晶紹・板垣賢 42 1 7
強変質地山における支保の変状対策と覆工補強〈東北中央自動車道 大笹生トンネル...吉田良勝・檜岡民幸・寺島佳宏・熊谷幸樹 42 2 7
既設道路直下にRCスラブを構築しトンネルを掘削〈福岡県営農道整備事業(京築三期地区)トンネル...因孝一郎・南條征治・寺西淳次・龜谷英樹 42 3 15
仮梁エレメント方式によりJES工法のコストダウンを実現〈JR中央線 日野古道橋...中村征史・萩原辰裕 42 4 7
土かぶり1.7mの国道交差点直下をハーモニカ工法でアンダーパス〈国道1号 原宿交差点立体工事...五十嵐一夫・澤健男・佐々木俊伸・宮地孝 42 4 13
地山状況の変化に対応し全断面早期閉合の仕様を設定〈能越自動車道 七尾トンネル...角湯克典・柳川磨彦・鬼頭夏樹・大谷達彦 42 4 21
地下鉄函体の直上70cmに道路トンネルを開削で施工〈阪神高速神戸山手線 新湊川第2工区...大嶋昇・宮田亮・花山和信・中桐秀雄 42 5 15
住環境や自然環境への負荷を低減しトンネルを施工〈北関東自動車道 北郷トンネル...玉澤隆・四方田雄一・宇田誠・須志田藤雄 42 6 7
切梁軸力を側壁に盛替え開削トンネルを構築〈阪神高速淀川左岸線...石橋照久・志村敦・新名勉・三村光太郎 42 6 17
坑口部の地すべり対策に三次元解析を適用し無事突破〈国道168号十津川道路 今戸トンネル...辻協崇・徳永博・古山貴久・高橋岳大 42 7 7
雲仙眉山の山体崩壊による扇状地性堆積地帯を掘る〈国道251号島原中央道路 眉山トンネル...今村泰介・西島純一郎・上野博務・福田秀樹 42 7 15
重交通路線直下を函体で貫く〈東名高速道路 海老名市道2544号線交差部...榎本登・柳井典明・甲斐賢一・大竹俊一 42 8 17
天然由来の凝集剤による濁水処理と脱水ケーキの利用試験〈首都圏中央連絡自動車道 真名トンネル...藤原靖・安藤肇・領家邦泰・芹沢尚一 42 8 25
県道直下および導水路トンネル直上を近接施工〈首都圏中央連絡自動車道 小西トンネル...岸隆・高橋一暢・金野正一 42 9 7
補助工法により岩盤崩落の恐れがあるやせ尾根を突破〈国道169号上北山道路 和佐又トンネル...中尾勝・鈴木章一郎・齊藤佑樹・新井延幸 42 9 15
長距離大断面併設シールド技術ほか各種技術で都市トン

ネルを施工〈首都高速道路 横浜環状北線...土橋浩 42 9 25
蛇紋岩脆弱地山を早期閉合と二重支保工で掘る〈北海道横断自動車道 占冠トンネル西工事...生方也寸志・関茂和・三浦文明・荻雅雄 42 10 7
大断面長距離シールドにおける月進400m高速施工への挑戦〈首都高速道路 中央環状品川線...住吉英勝・青木敬幸・米沢実・柴田佳彦 42 10 19
三波川帯低強度地山を早期閉合などの工夫で効率的に施工〈新東名高速道路 鳳来トンネル...桐山昭吾・大嶋健二・神澤幸治・浅野彰夫 42 10 29
地盤切削JES工法で軌道下80cmを掘削〈横浜線打越古道橋新設...高橋保裕・櫻井照信・齋藤貴・山村康夫 42 11 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 42 10 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・栢田旬祐 42 11 29
蛇紋岩の分布する日高山脈をトンネル群で貫く〈北海道横断自動車道 夕張～占冠間...水口和之・高橋俊長・友尻正一 42 12 7

【地下鉄トンネル】

住宅密集地における先行シールドを活用した開削工事の土砂搬出〈小田急小田原線連続立体・複々線化工事...門石崇・富岡和隆 42 1 17
営業線直下掘削における支保工段数を情報化施工により低減〈京王電鉄調布駅付近連続立体交差事業第3工区...岩村忠之・重岡剛雄・小倉拓也 42 2 19
駅施設ならびに仮線工事桁をSRC逆巻きスラブで受ける〈小田急小田原線複々線・連続立体交差事業...門石崇・佐藤賢一郎 42 3 33
駅部大断面NATMを隣接トンネル実績を活用して計画〈仙台市高速鉄道東西線 亀岡トンネル...今井正樹・東優・山田亮志・鶴原敬久 42 4 41
鉄道高架直下を2連矩形シールドで掘進〈東急東横線 渋谷～代官山...津守澄男・角田貴昭・山崎仁・新原亨 42 5 31

【サービストンネル】

ボルトレスセグメントでの性能照査型設計適用と施工実績〈275kV地中送電線新設(管路)工事...大野弘城・笠井靖浩・鶴田睦雄・原田尚幸 42 1 33

地下鉄駅直下の残置杭をDO-Jet工法で切断撤去〈東京
都下水道 東大島幹線および南大島幹線〉……………
……家壽田昌司・千葉正孝・高谷圭吾 42 2 41

六又路交差点直下の地下鉄下にPC-ボックス通路を築造
〈東京メトロ丸ノ内線 新大塚駅〉……………
……高橋直樹・郡山剛・永野愛・浜川耕治 42 5 25

伊勢湾13.3kmを平均月進600m以上で掘進し地中接合
〈伊勢湾横断ガスパイプラインシールドトンネル〉 ……
……林文晴・井村正則・澤利明・辻井孝 42 5 37

小口径推進工法で都心の密集市街地の通行止めを回避
〈東京都下水道 港区麻布永坂町, 東麻布三丁目付近
管渠整備〉……………
……小池進・三村篤広・坂部守夫・中坪聡 42 6 33

軟弱層開削工事における土留め管理〈東京メトロ日比谷
線 入谷駅出入口新設工事〉……………
……若澤利幸・蠣原実・柏原貴彦・二井克延 42 7 35

水圧管路用の長大斜坑をTBMで掘削〈九州電力 小丸
川発電所〉……………
……長崎義美・内田浩平・赤嶺広史・榛葉良平 42 7 43

東京スカイツリー周辺の下水道早期整備にコンパクトシ
ールドを採用〈東京都下水道 墨田区押上一丁目, 横川
二丁目付近再構築〉……………
……青山忠男・平島敏夫・加藤力三・三井健司 42 8 31

内水圧対応合成セグメントを採用し地下40mで洪水を調
節〈東京都建設局 白子川地下調節池〉……………
……内野祐彰・立澤延泰・織田隆志・新井昌一 42 10 47

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 42 11 47

φ10.3mのシールドがR30mの急曲線で首都高の橋脚間
を貫く〈東京都下水道 勝島ポンプ所流入管渠〉 ……
……伊藤雄二・有留孝之・北村昌文・加藤卓男 42 12 17

可燃性ガス・高水圧などの課題を克服し長距離トンネル
を建設〈天然ガスパイプライン 静浜幹線〉……………
……内田充・藤田尚弘・森竹淳・荒木均 42 12 25

連載講座

ずり処理入門(最終回)〈発生土の有効活用事例〉……………
……「ずり処理入門」連載講座小委員会 42 1 53

トンネル保守管理における記録とその活用(7)〈変状展
開図作成の自動化・デジタル化の取り組み(3)〉……………
……JTA保守管理小委員会 42 1 63

トンネル保守管理における記録とその活用(最終回)〈施
工時の記録〉 ……JTA保守管理小委員会 42 2 61

山岳トンネルのインバート(1)〈インバートに関する技

術基準の変遷) ……JTA山岳工法小委員会 42 3 57

山岳トンネルのインバート(2)〈インバートに関する変
状対策事例調査と分析〉……………
……JTA山岳工法小委員会 42 4 61

山岳トンネルのインバート(最終回)〈早期閉合インバ
ートの問題点と対策〉……………
……JTA山岳工法小委員会 42 5 69

最新推進工法技術(1)〈概説〉……………
……「最新推進工法技術」連載講座小委員会 42 6 57

最新推進工法技術(2)〈大口径管推進工法(1)〉……………
……「最新推進工法技術」連載講座小委員会 42 7 61

最新推進工法技術(3)〈大口径管推進工法(2)〉……………
……「最新推進工法技術」連載講座小委員会 42 8 55

最新推進工法技術(4)〈小口径管推進工法(1)〉……………
……「最新推進工法技術」連載講座小委員会 42 9 73

最新推進工法技術(5)〈小口径管推進工法(2)〉……………
……「最新推進工法技術」連載講座小委員会 42 10 55

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 42 11 61

最新推進工法技術(7)〈改築推進工法〉……………
……「最新推進工法技術」連載講座小委員会 42 12 63

現場だより

「甌島列島をひとつに結ぶ夢の道」薩摩川内市甌島より……………
……大石政彦 42 1 32

トルコ共和国・三都物語のイスタンブールより……………
……岩野政浩 42 2 30

「花と歴史と技術のまち」大村市より……………
……高田民夫 42 2 40

「神話のふるさと」雲南市吉田より……………
……渡邊 博 42 3 24

「マレー半島の分水嶺を貫く」クアラランプールより……………
……河田孝志 42 4 62

地下鉄建設がすすむ「ドナウの真珠」ブダペストより……………
……加藤健治 42 4 60

「野馬追いの里」相馬より……………
……藤多真也 42 5 24

「ニシン漁とダイヤモンドダスト」の留萌市より……………
……有吉彌四郎 42 6 26

「伊達家ゆかりのまち」仙台市青葉区川内亀岡より……………
……安井啓祐 42 6 39

「自然豊かな遠州の奥座敷」引佐町より……………
……酒井康至 42 7 50

「維新のふるさと」鹿児島市より……………
……倉富日出雄 42 8 15

「巨樹と清流のまち」奥多摩より……………

津軽半島の「上磯地方の蔵」蓬田村より……………
……高橋哲哉 42 8 16

「杜の都」仙台市太白区八木山より……………
……佐々木孝博 42 9 24

「住宅地直下の地下鉄工事」香港 ケネディタウンより……………
……岡 幸平 42 10 28

「日本の古き良き佇まい」飛騨路より……………
……遠藤 智 42 11 15

……土本龍生 42 12 16

語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

山の神から学んだこと……………
……齋藤武夫 42 1 25

トンネルの基盤づくり……………
……三好正明 42 2 31

忘れぬ思い出〈トンネル屋人生に悔いなし〉……………
……寺本勝三 42 3 25

……多田 昇 42 4 33

木普請からNATMへ, 多断面から全断面へ〈懐かしき
かな松矢板のかほり〉……………
……野崎弘義 42 5 33

悪い地山は良くして掘れ〈故 長友成樹さんの遺された
もの〉……………
……三浦 克 42 6 27

シールド技術に, 生きて生かされて……………
……岩井義雄 42 7 25

トンネルあれこれを振り返って……………
……増尾重義 42 8 47

山岳トンネル・都市トンネルを掘って〈国内から海外
も〉……………
……城 滋 42 9 37

海外プロジェクトに向かう技術者へ……………
……松本良夫 42 10 39

二足のわらじを履いて……………
……福島啓一 42 11 39

長大トンネルで水, 土, 岩に挑戦, 苦戦……………
……安齋茂紀 42 12 37

わかり やすい トンネルの力学

B5判 286頁 本体価格 5,825円 円340円

福島啓一 著

NATMの導入以来, トンネル工事の現場に計測が大幅に取り入れられるようになって, トンネルの力学がますます重要視されるようになった。

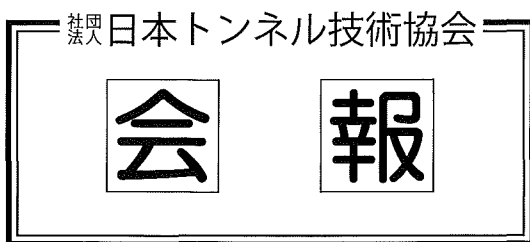
本書はトンネル力学の基礎的な事項に基づく問題点を経験則と理論則から説明し, 設計・施工に携わる実務者がトンネルを掘るとき, また, 計画・設計するときに考慮しなければならないトンネルの力学を主眼にした入門書である。

【目次】 ○従来のトンネル力学の考え方/トンネル力学の発展, NATM以前の考え方/ゆるみ高さの推定, ゆるんだ地山の釣り合い, 沈下量の差により変わる土圧, 切羽の安定, 地山の分類による支保の設計, NATMの考え方/せん断破壊説, 変形による圧力の低減, 地山のゆるみ防止, アンカーボルトによる地山の補強, 地山挙動の時間依存, せん断破壊説による設計法, 経験的設計法, 地山分類と地山等級に対応した支保工の標準設計, NATM力学についての問題点, ○弾性論による解析/弾性学の基礎, 軸対称円形トンネル, 線対称円形トンネルの弾性解, 円形トンネルの弾性解析, 地表面に近いトンネル, だ円形のトンネル, 球形空洞周りの応力と変位 ○弾塑性論による解析/塑性力学の基礎, 軸対称円形トンネル, 線対称円形トンネルの弾塑性解, 円形トンネルで地山の自重を考えた弾塑性解析 ○弾塑性解以外の検討/トンネルの大きさの影響, 時間の影響, 表面の影響, 山はね, ゆるみと締めり, 地山のゆるみ, 再圧密を考えた考察 ○その他の検討/二次覆工の役割とひび割れ, 安全率, 支保工の設計・観察・計測の解釈と逆解析, 力学的に好ましい, または好ましくないトンネルの設計および施工法, 有限要素法, トンネルと地下水



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



1. 会員の現状

	10月31日現在
正 会 員	1,621名
団体会員	368名
個人会員	1,253名

2. 委員会の開催状況(10月1日~31日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会誌WG(10/5)

大島洋志主査ほか12名, 11月号の会誌と3か月計画を検討

企画運営幹事会(10/19)

小松秀樹幹事長ほか8名, 定款改定案を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会海外文献WG(10/27)

大久保誠介主査ほか15名, 海外文献を抄訳

海外文献小委員会対外広報WG(10/27)

早坂治敏主査ほか9名,

「現況2012年度版」の原稿作成スケジュールを検討

海外文献小委員会海外ニュースWG(10/28)

早坂治敏主査ほか7名, 海外ニュースを翻訳

計 5回開催 56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 Committee

* 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

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

山岳工法小委員会支保WG(10/25)

深沢成年主査ほか14名, 海外の支保技術を検討

◎受託研究特別委員会

掘削土砂処理特別委員会土砂運搬WG(10/3)

滝本邦彦主査ほか6名, 調査内容を検討

掘削土砂処理特別委員会切羽安定対策WG(10/4)

中村俊明主査ほか6名, 調査内容を検討

掘削土砂処理特別委員会打合せWG(10/7)

原忠委員ほか3名, アンケート調査項目を検討

効率的掘削工法特別委員会高速施工WG(10/12)

領家邦泰主査ほか8名, 調査内容を検討

大深度地下シールドトンネル技術検討委員会(10/17)

今田徹委員長ほか44名, 検討項目および方針を検討

相鉄・JR・東急直通線検討委員会開削駅検討WG(10/19)

館山勝主査ほか31名, 施工法の検討

効率的掘削工法特別委員会補助ベンチWG(10/21)

鈴木雅行主査ほか9名, 作業方針を検討

効率的掘削工法特別委員会覆工養生WG(10/25)

松岡茂副主査ほか4名, 作業方針を検討

北海道新幹線(北海道方)トンネル施工技術検討委員会(10/28, 29)

三上隆委員長ほか38名, 現地視察および施工法の検討

計 10回開催 173名出席

合計 15回開催 229名出席

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
(現場研修会)				
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	2011.11. 4	40	神奈川県	2.0
(施工体験発表会)				
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	126	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	174	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	24	東京都	9.3
山岳トンネルの地質に関する講演会	2012. 1. 24	100	東京都	2.6

催物の案内は逐次協会のホームページに掲載いたしますのでご覧くださいようご案内します。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入力でもりつけます。

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

会員加入のご案内について

社団法人日本トンネル技術協会

当協会は、トンネルの建設および維持管理に関する調査研究を行い、地下利用技術の進歩・向上を図ることによって、国土の保全と公共の福祉の増進に寄与することを目的として、1975年に公益法人として設立されました。設立以来、産官学から多くのトンネル技術者が対等の立場で集い、数多くの技術課題に取り組んできました。また、会員各位の資質向上や会員同士の情報交換の場として各種トンネルの現場見学会、発表会、講習会、講演会を開催するほか、委員会活動の成果を技術報告書として広く公表しています。トンネル工事の業務に携わっている団体はもちろん個人の方も、是非、会員にご加入くださいますようお願いいたします。

ホームページ <http://www.japan-tunnel.org/Kaiin>

また、当協会では、事業活動に対するご意見ご提案を受け付けています。会員の皆様のニーズを反映した諸活動を目指してまいりますので、下記アドレスにメール送信お願いいたします。

メールアドレス webmaster@japan-tunnel.org

1月号予告[1月1日発売予定]

- 点検データの不足を補うトンネル劣化予測手法
 - 常磐自動車道 日立地区トンネル群
 - 東京電力 新豊洲連絡管路
 - 東京都下水道 砂幹線再構築
- 【連載講座】
- 最新推進工法技術(8)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆早いもので、もう「師走」です。今年を振り返ると新燃岳の噴火・東日本大震災・新潟・福島豪雨・台風と自然のパワーに日本列島が震撼した1年でした。中でも、東日本大震災は、戦後最大のショッキングな出来事ではないでしょうか。だれも経験したことの無い予想をはるかに超えた津波の映像には誰も恐怖を覚えたことでしょうか。この震災による各国からの温かい支援、また多くのボランティアの活動、自衛隊の活動には、感謝の言葉しか思いつきません。いまだ原発事故が収束していませんし、避難所生活をしている方も多くいます。一日も早い復興を祈るばかりです。改めて被災された方にお見舞い申し上げます。ただ、これだけ多くの被害をもたらした今回の震災で、トンネルだけが、被害の報告がほとんどありません。地震の多いわが国における貴重な構造物であると認識させられました。今後の国土づくりに重要なカギとなるのではないのでしょうか。

◆また、海外では、市民による抗議デモが中東各国に広がり、政府側との交戦の結果、多くの犠牲者を出しましたが、独裁政権を崩壊させ、新たな国づくりが始まろうとしています。ヨーロッパでは、深刻な財政危機に陥っているギリシャの信用不安をいかに解消していくかが大きな問題となっております。さらに、円高やタイの大規模な洪水と、わが国経済に大きな打撃を与えています。

◆来年もこれらの影響が残りますが、方向を間違えずに被災地の復興と経済の立て直しを期待したいと思います。来年は、みなさまにとって良い1年になることを切望いたします。

(K.Y)

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

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

トンネルと地下

第42巻 第12号 (通巻496号)

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成23年11月20日 印刷

平成23年12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

目11番26号(築地MKビル6階)

TEL : 03-3524-1755

FAX : 03-5148-3655

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

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL : 03-3267-2888

FAX : 03-3267-2807

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

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)
(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

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

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

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO

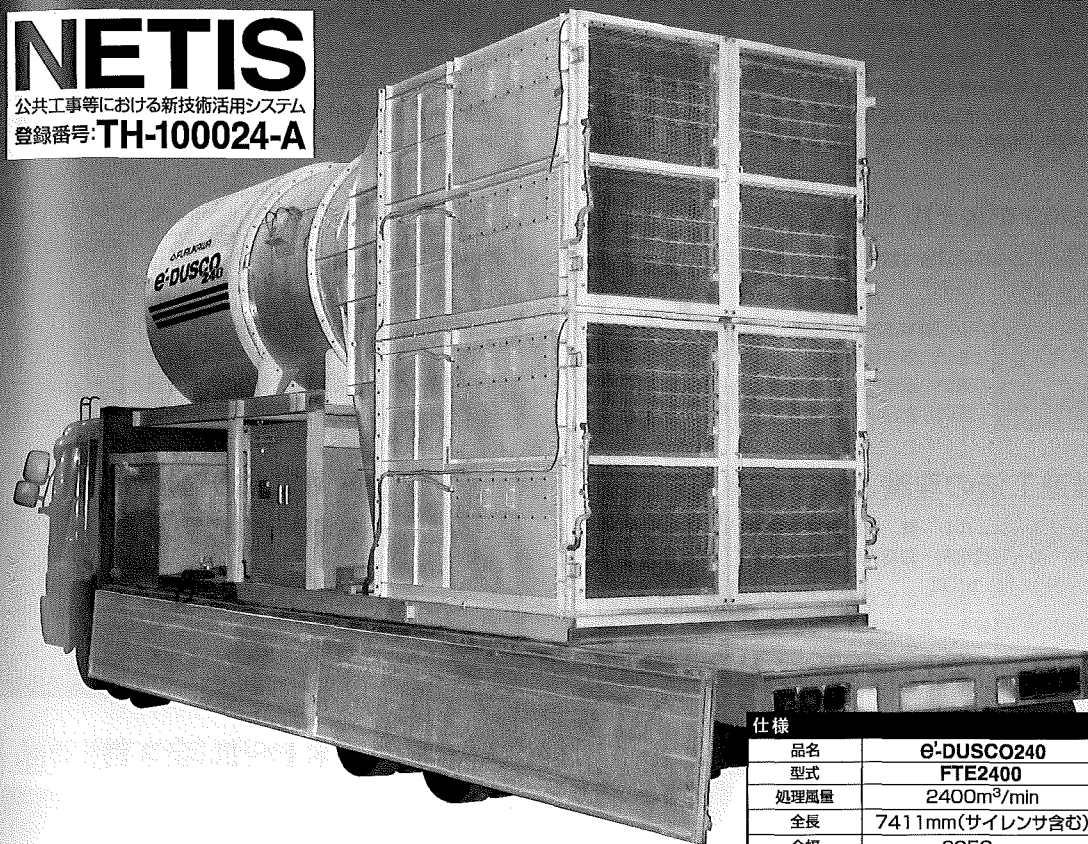
イーダスコ・ニーヨンマル

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



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。

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削減を実現する工口製品です。

△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

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、著者の経験と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

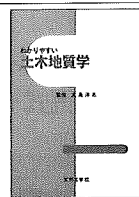
シールド工法について変遷から将来の開発の動向にいたるまで広範にわたり掲載した。シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた。



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500円+税 B5判

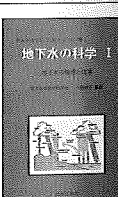
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた。



地下水の科学 I～III (全3巻)

P.A.ドミニコ・R.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

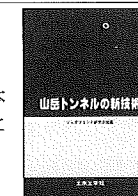
岩盤内に分布する不連続面と、掘削面など自由面の間の三次元的幾何学的関係から安定に影響する岩塊を見出す新手法を解説。



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. McGuffer 共著、田中 茂・山岡一三・廣田泰久 共訳
8,000円+税 A5判

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



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300円+税 A5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200円+税 A5判

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



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200円+税 A5判

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



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800円+税 A5判

都市の代表的な地下施設である地下鉄、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

覆工コンクリート湿潤養生システム パラソル30ミスト工法

1. 一週間湿潤状態を保ち乾燥収縮によるひび割れを抑制
2. パラソル内でミストを噴出するため坑内の視界が良い
3. 天井部から吊っているためレール敷設が無く移動が簡単
4. 超細霧のため効率的な養生が出来て路盤の泥濘化を防止

NETIS登録：KT-100038-A



NATMトンネル二次覆工コンクリートを最適に仕上げます

特許出願中



菅機械工業株式会社

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

本社・大阪支店	〒550-0015	大阪府大阪市西区南堀江3-9-27	TEL 06(6541)7931
東京支店	〒101-0042	東京都千代田区神田東松下町12番地	TEL 03(5296)0551
福岡支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東1-16-8	TEL 092(431)7181
名古屋営業所	〒455-0008	愛知県名古屋市港区九番町3-37	TEL 052(653)2491
京都営業所	〒615-0022	京都府京都市右京区西院平町25	TEL 075(314)4460

本製品は特許出願中の技術であり、弊社はその特許出願について製品の実施権許諾を受けております

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"の风管シリーズ～

超低騒音ファン EZ-20000
〔150kW 2000 m³/min 74dB〕



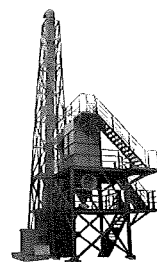
負圧用(超軽量鋼管)
ピタジョイントダクト



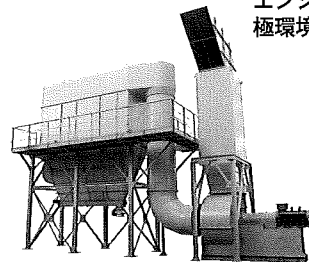
トンネルに止まらず特殊な一品モノにもお応えします

〈産業用集塵機 1シリーズ〉

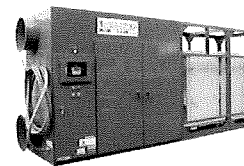
集塵、脱臭、除湿、水処理など環境装置を主とする、
エンジニアリングメーカーです。
極環境の宇宙、原子力、トンネルなどの装置開発も手がけています。



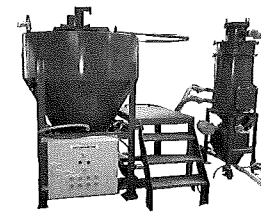
400 m³/min
コークス・マンガン



1500 m³/min スラブリ研削



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