

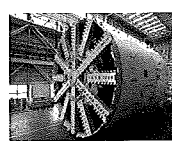
高規格道路との交差計画を考慮したトンネル坑口部の設計・施工
重交通路線直下を函体で貫く

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

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
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

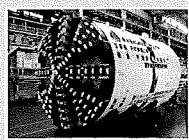
日本トンネル技術協会誌

トンネル開発技術に 70年のヒストリー。



2007

(DバイラRT用シールド)
D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



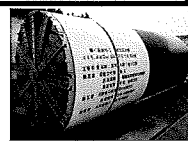
2010

(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着工開始



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
渋滞回避に活躍



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



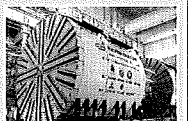
1989

英仙海峽トンネル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

雑誌06619-8

本体価格1,500円



4910066190811
01500

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。

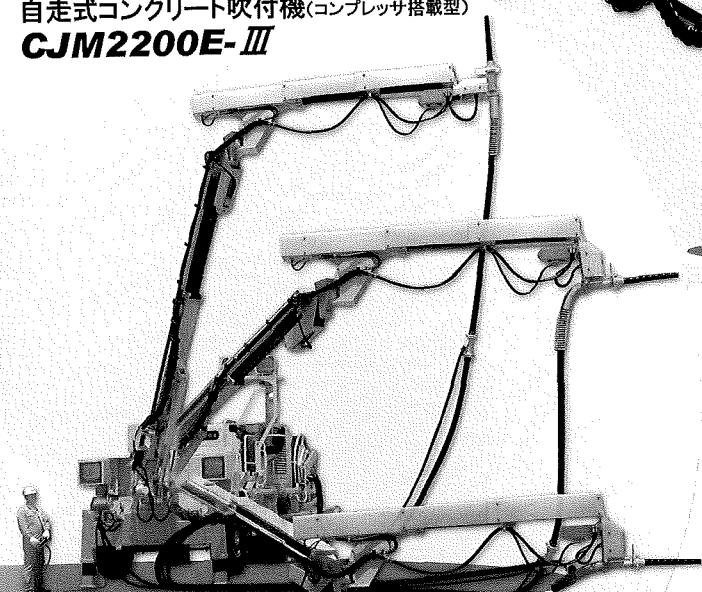
ホイール式ドリルジャンボ
JTH2200R/JTH3200R

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HD210 II 搭載。



◆主な仕様	JTH2200R 2ブーム、2ケー	JTH3200R 3ブーム、2ケー
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け機(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 x 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

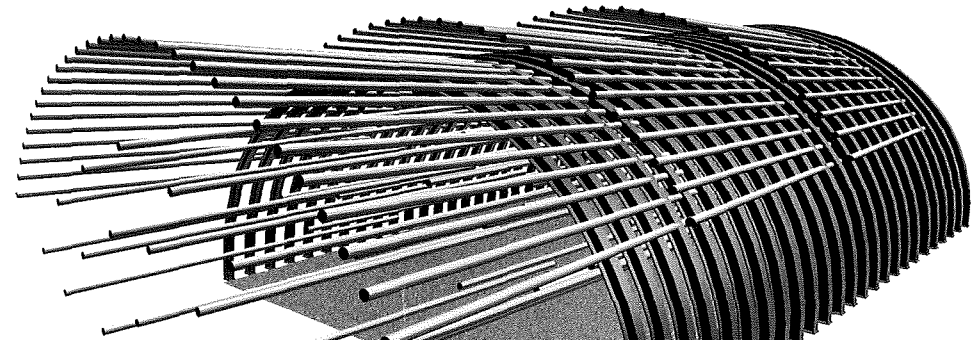
特機部 ☎03(3231)6966

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 ☎082-832-3542 九州 ☎092-948-2010

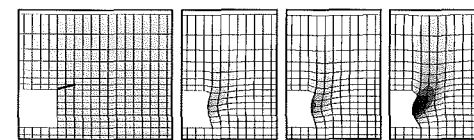
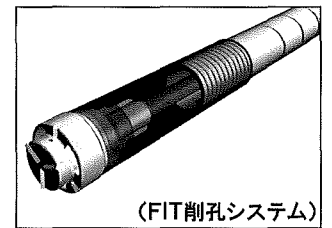
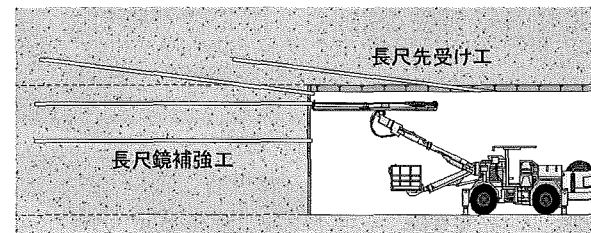
全方位 GFRP 管長尺補強システム

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



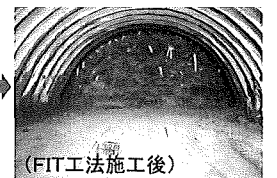
切削可能で掘削の妨げにならないGFRP管を使用し、切羽前方地山を確実にホールドできます。



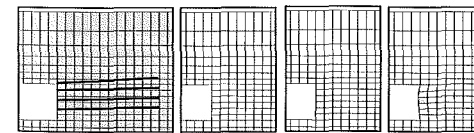
フォアポーリング



(FIT工法施工前)

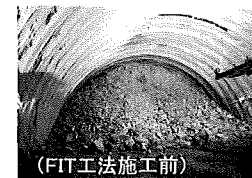


(FIT工法施工後)

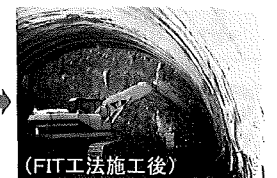


FIT工法

(数値解析による効果の検証例)



(FIT工法施工前)



(FIT工法施工後)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

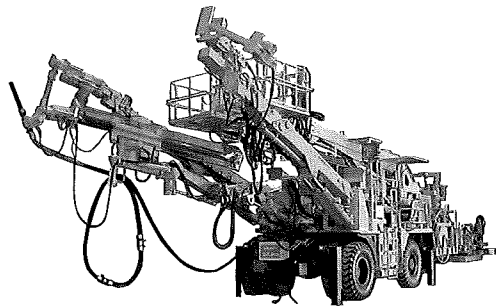
東京土木営業部 TEL(03) 3570-5223 FAX(03) 3570-5233
大阪土木営業部 TEL(06) 6363-1884 FAX(06) 6313-0755
札幌支店 TEL(011) 751-4681 FAX(011) 751-4682

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

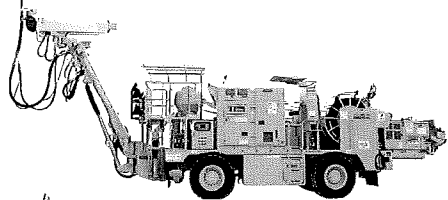
山岳トンネル施工機械、鉱山・採石機械の総合レンタル企業



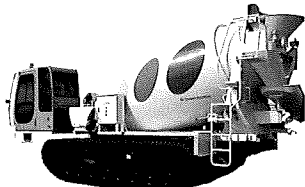
第3次トンネル工事用排出ガス対策型/オフロード法認可



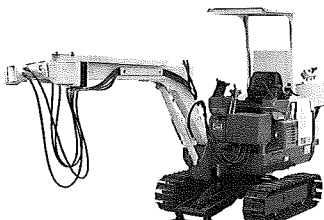
EJS
第3次トンネル工事用排出ガス対策型



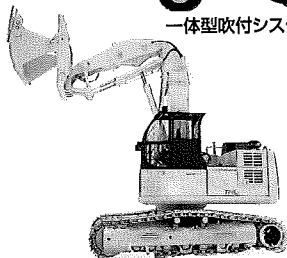
一体型吹付システム



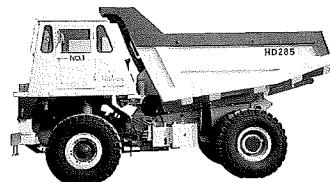
ゴムクローラ式ミキサー車



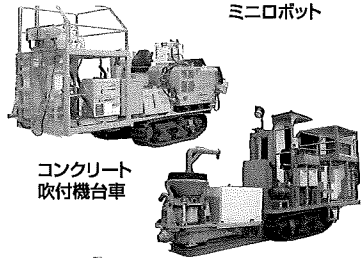
ミニロボット



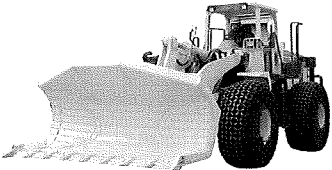
油圧ローディングショベル



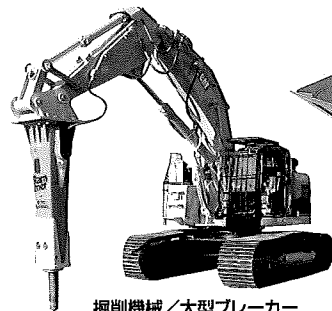
ダンプトラック



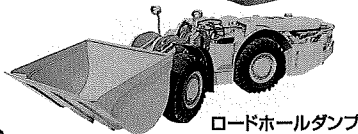
コンクリート吹付機台車



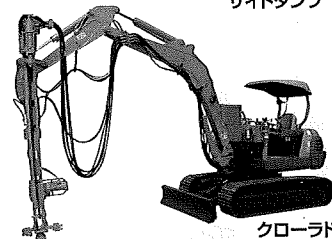
サイドダンプ



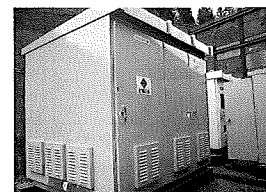
掘削機械/大型ブレイカー



ロードホールダンプ



クローラドリル



フリッカ対策機(インバータ方式:SVG)

T&M ニシオティーアンドエム株式会社

Tunnel & Mining

<http://www.nishio-tm.co.jp/>

■ 本社管理本部・技術開発本部 〒567-0853 大阪府茨木市宮島3-2-18 TEL 072-634-3939
 ■ 営業推進本部 〒141-0022 東京都品川区東五反田4-5-3サコスビル7F TEL 03-3280-3661

■ 北海道支店 〒061-3241 北海道石狩市新港西3-737-16 TEL 0133-72-3715
 ■ 関東支店 〒389-0506 長野県東御市柵津字元会下1080-9 TEL 0268-62-1426
 ■ 大阪支店 〒569-0836 大阪府高槻市唐崎西2-26-1 TEL 072-677-2101
 ■ 九州支店 〒882-0024 宮崎県延岡市大武町779-1 TEL 0982-26-2111

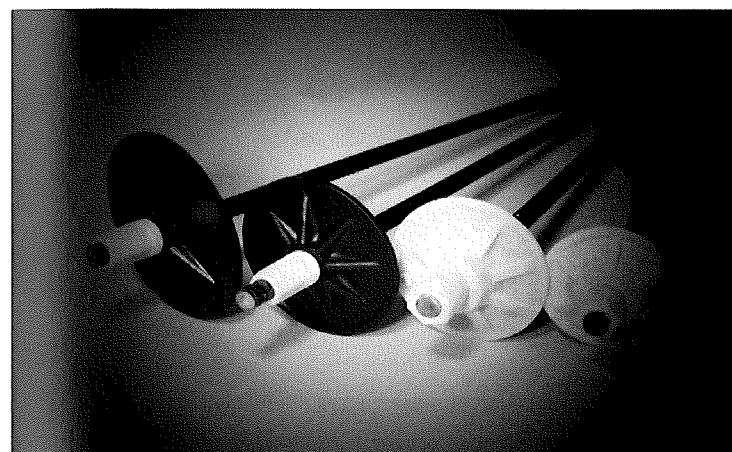
パターンボルトのGRP化

POWERTHREAD

耐食機能に優れたロックボルト

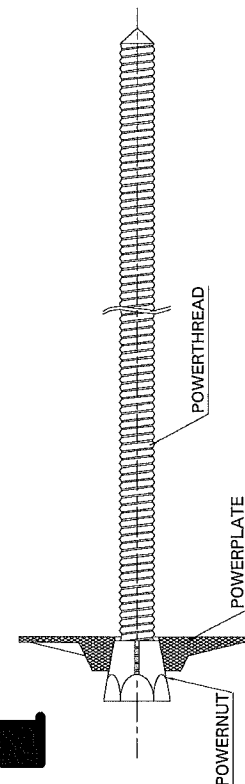
POWERTHREADは、POWERNUT/POWERPLATEを組み合わせることにより、
 全てGRP製に！！

※ 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

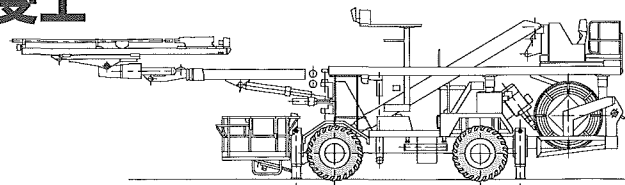
北海道地区(株)エイチ・アール・オー

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

環境対応型長尺鋼管先受工

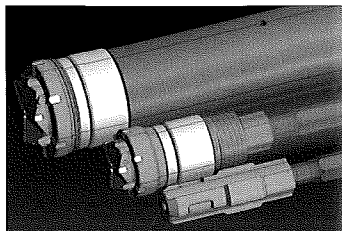
TOHO **AGF** System

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

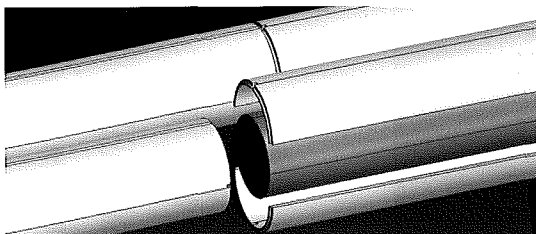


AGF-Me工法

- 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



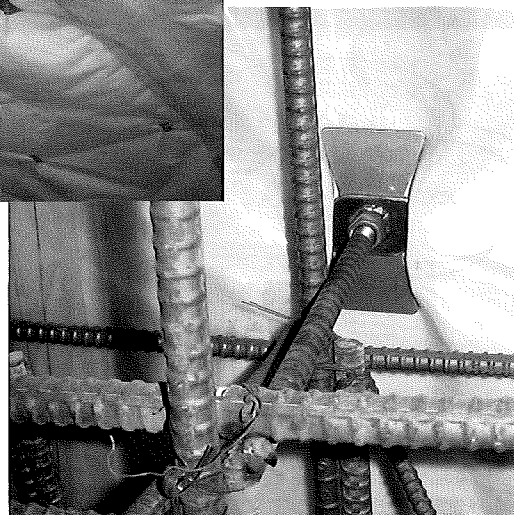
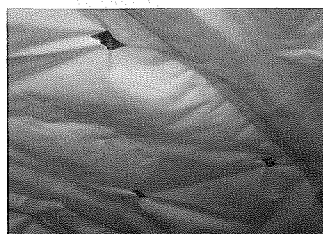
最後端部に接続される鋼管は、縦貫通スリット管を用いることにより、掘削時に露出した鋼管を折り曲げ除去するだけで、内部の硬化した注入材と鋼管とを分離して、分別処理を簡便に行えるようにした環境対応型長尺鋼管先受工です。



防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

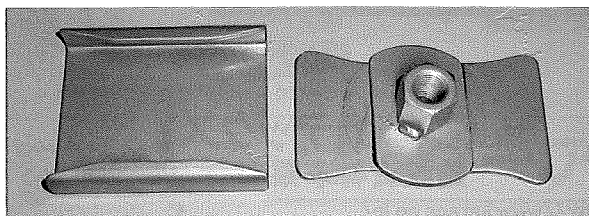
TKグリッパー

- 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

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



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

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

株式会社 トーキョーオール

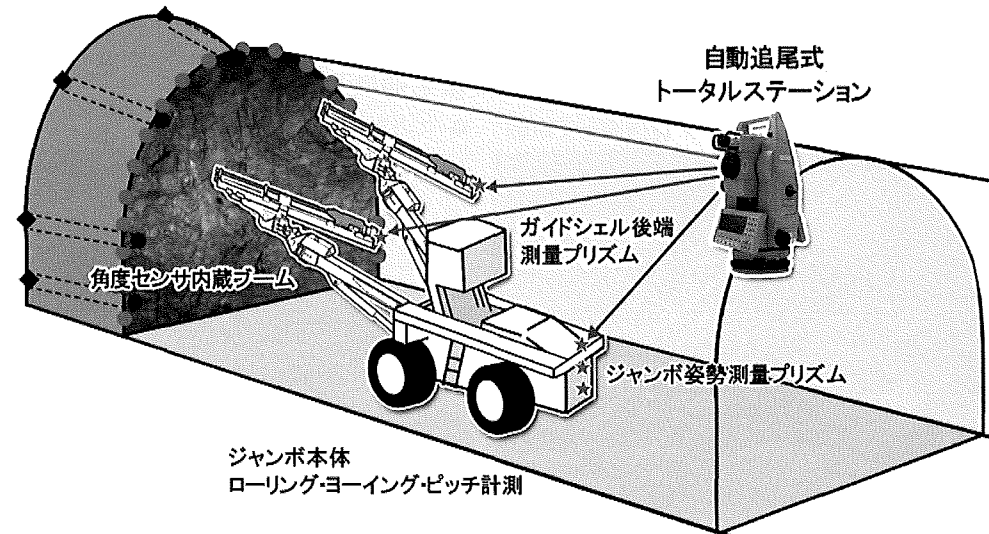
〒210-0854
神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11
Tel: **044-333-0012** Fax: **044-333-0321**
(お問い合わせ先)

NETIS登録番号:KK-100049-A

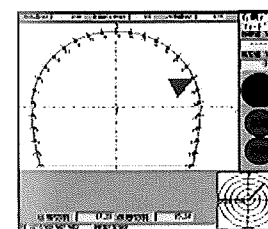
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

- 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。
- ガイドシー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。
- 自動測量により本体セットアップが簡単に行なえます。
- 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
FURUKAWA 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

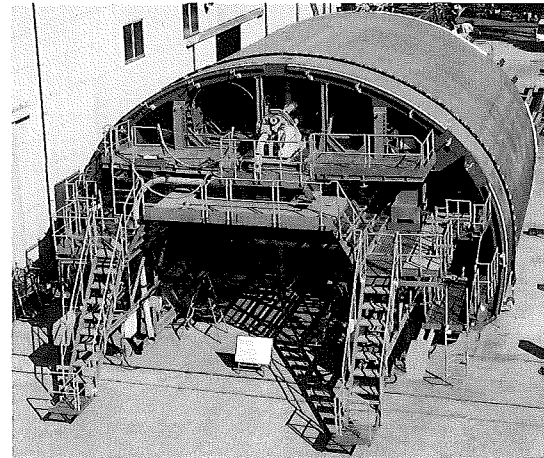
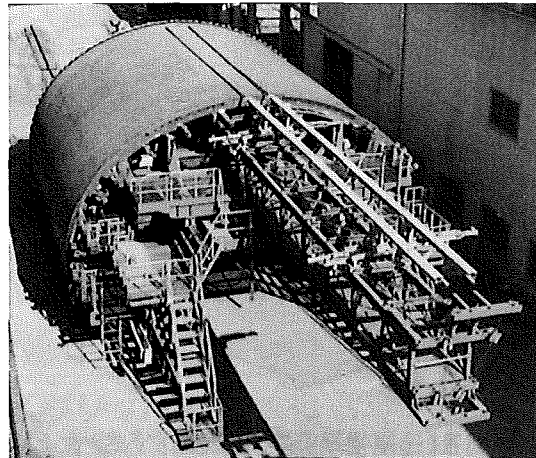


東和機電工業株式会社 かいた 瀬田工場

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

創業昭和29年，設立昭和39年，昭和42年にセ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

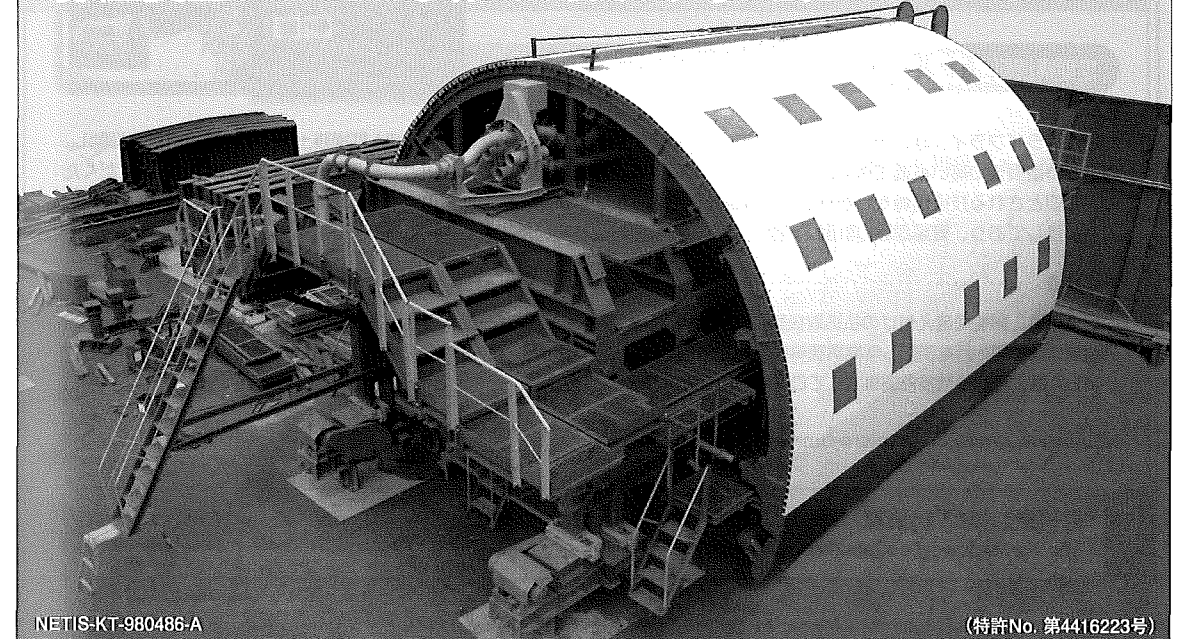


- ロータリー式自動配管切替装置
- 油圧式伸縮バイブレーター装置
- ラップ側押上防止センサーおよび警鳴装置
- クラック防止用弾性体式ラップアングル
- コンクリート圧力センサー
- コンクリート充填センサー
- 2段式伸縮型エア抜き
- 本坑通過型非常駐車帯セントル
- 横移動式栈橋
- 自走式シート張り作業台車
- 橋型走行クレーン
- コンクリート養生設備

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。

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

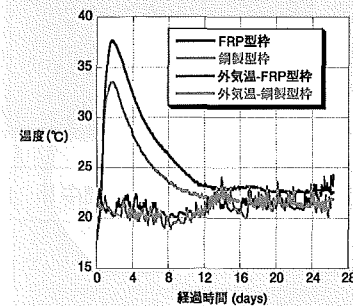


NETIS-KT-980486-A

(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，熊本県吉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/°C	1.0×10 ⁻⁵	1.1×10 ⁻⁵
光線透過率	%	2.2	0

特徴

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

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

※九州営業所は下記の住所に移転しました。

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

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。

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

検索

定期購読のお申し込みは
右のQRコード
または本誌ホームページから



推進工法の理論と実際

推薦の言葉

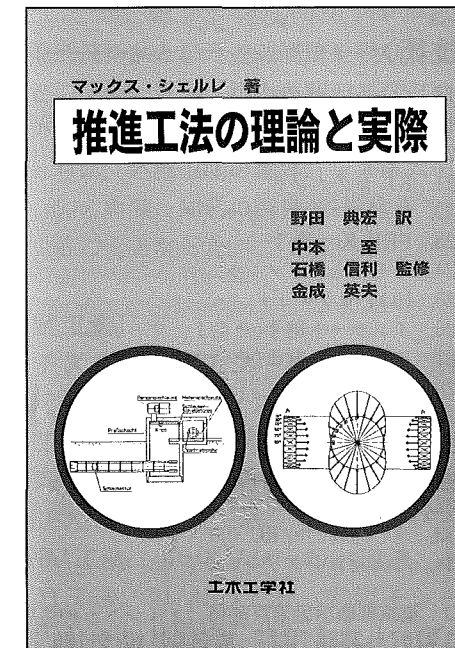
中本 至・石橋信利・金成英夫

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

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%近くに近づいている。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。

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。



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
B5判 定価：8,500円+税

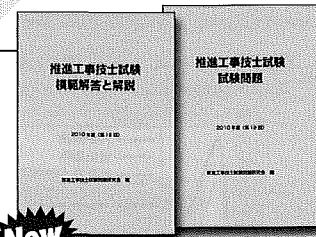
推進工事技士試験 過去9年間(平成14~22年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

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

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



New

平成22年度版発売中!!

1. 内容の特長

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

2. 価格

各年度単体に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

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

これらのことをインターネットでご案内しています。 [推進工事技士試験](#)

検索

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

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

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
tel: 03-3567-2888 fax: 03-3267-2807 <http://www.tunnel.ne.jp>

株式会社 **土木工学社**

【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

きりりとーり線

《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 _____

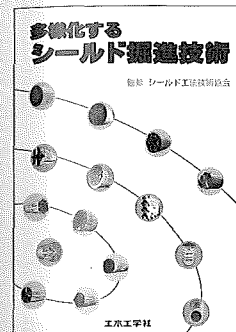
申込者名 _____

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、発行することとなった。

【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・カッター・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拵径シールド工法、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

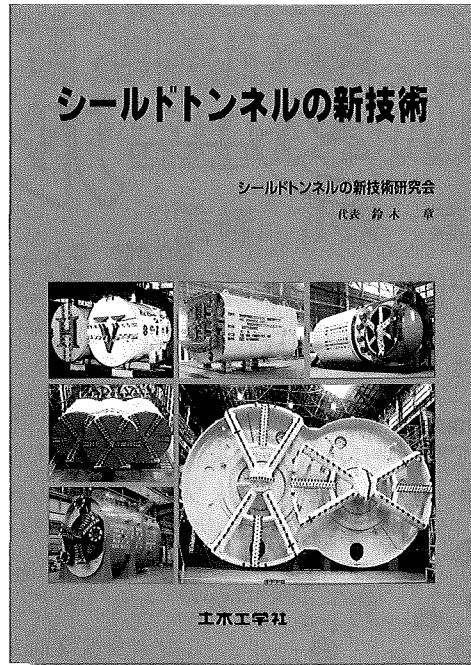
申し込み先

(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(縦横円断面)/

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

トンネル工事からパンクを追放 坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号

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

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

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

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

中濃産業株式会社
代表取締役 土田 義 弐

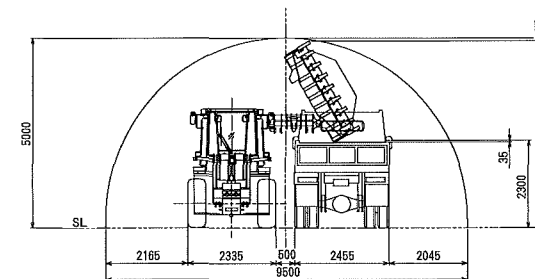
本社 〒501-1534 岐阜県本巣市根尾神所 362-1
TEL(0581)38-2241代 FAX(0581)38-3383
営業所 〒501-1203 岐阜県本巣市文殊 64-387
TEL(0581)34-3990代



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-TM、高エネルギーエマルジョン爆薬の結果をご覧になることができます。これらはすべて、お客様のご要望に沿って全てのプロジェクトに最適な技術サービスとサポートをご提供した結果です。

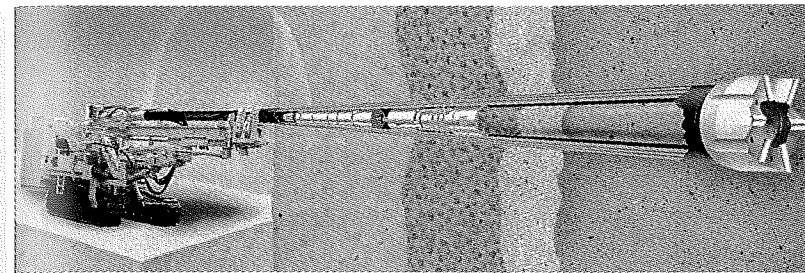
これこそがオリカ社が提案する「Power of Partnership (パートナーシップの力)」です。

www.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。



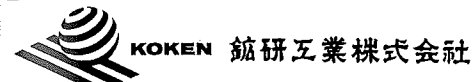
トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

- ①断層破砕帯や湧水をとまらぬ難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に、施工時間が大幅に短縮できます。
- ②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。



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

お問い合わせ先： 工事営業本部

TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522

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

スーパージャッキシステム

トンネル・地下工事に貢献!

立坑スリッパフォーム工法

- 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・グラウトスカフォード兼用でコストダウン

シールドマシン(TBM)リフトアップ

- 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

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
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

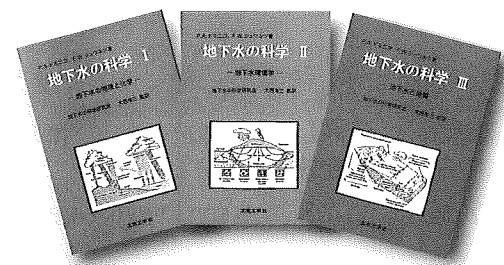
図書案内

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

■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

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-A



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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.HR-080002-A



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

北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社 佐賀)

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

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

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

東京営業所：TEL03(3851)1016 FAX03(6908)6789

濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置~ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0 m³/Hr 濁水処理設備

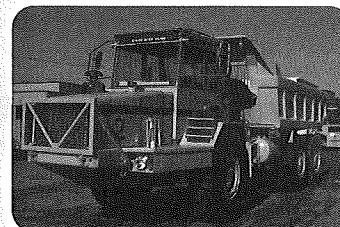


複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

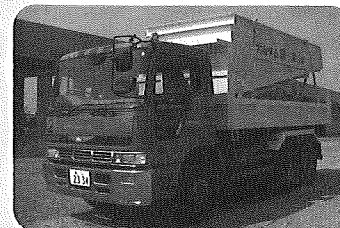
《汎用車両全般》



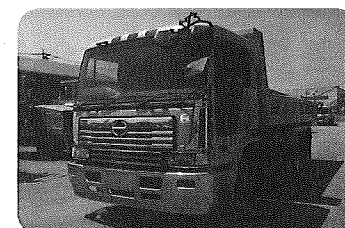
VOLVO ダンプトラック (A25CTS,A25CTR,A20/30CT)



10T ミキサー



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

地盤変状のないシールド工事は可能か？

金井 誠5

■研究

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 巧二39

■施工

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7

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 尚一25

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31

■連載講座

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55

■現場だより

「維新のふるさと」鹿児島市より

倉富日出雄15

「巨樹と清流のまち」奥多摩より

高橋 哲哉16

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

トンネルあれこれを振り返って

増尾 重義47

■資料

土木情報

編集部54

工法・技術・製品ニュース

編集部66

トンネルジャーナル

編集部65

海外文献速報

JTA国際委員会68

■会報

会報

日本トンネル技術協会70

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)

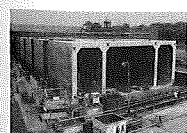
【主要目次】 1. バブル景気と『ふるさと創生一億円』 2. バブル崩壊後の温泉景気 3. 温泉とは
4. 温泉の分布と特徴 5. 温泉の成因と寿命 6. 温泉の探査技術 7. 温泉談義アラカルト
8. 外国の温泉 9. 日本の地熱開発 10. 将来の温泉開発と建設の考え方

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】 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—



本交差部を含む道路は、周辺河川の氾濫による冠水を防ぐため、全体縦断計画を現況道路とはほぼ同一の高さとしたため、東名高速道路と立体交差する箇所土かぶり約1.5mとなり、非開削工法によるアンダーパスの工事となった。

日約13万台の重交通下の工事において、工法の選定にあたっては、施工実績が豊富でさまざまな案件に対し確立されているR&C+ESA併用工法を選定した。写真は、函体推進状況である。

[写真提供：中日本高速道路(株)] (本文17頁参照)

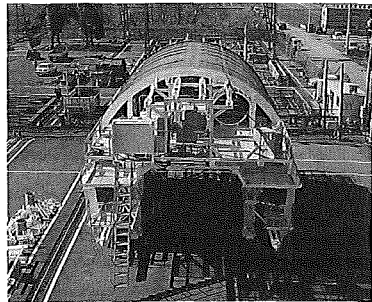
高品質なトンネル覆工に挑む

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

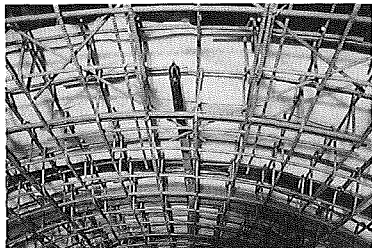
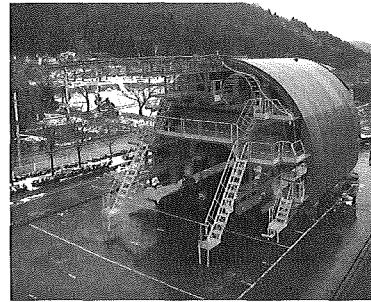
トンネルの二次覆工コンクリートには、トンネルクラウン部の締固め方法に課題があり、結果として漏水や空隙の発生など、覆工コンクリートの品質に問題が生じるケースがありました。また、覆工コンクリートの締固め作業は、狭隘部での苦渋作業という問題もあります。そこで、引抜バイブレータ締固めシステムを用いることにより、上記の課題を克服し、高品質な覆工コンクリートの構築を可能としました。

【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会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

大 島 洋 志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹 事〕

居 相 好 信 株式会社大林組東京本社生産技術本部 トンネル技術部部长	城 間 博 通 西日本高速道路メンテナンス九州株式会社 保全事業本部保全計画部長
池 田 豊 人 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	濱 建 介 株式会社ANET取締役
大 石 敬 司 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課課長	福 家 佳 則 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 トンネルグループ長
金 山 洋 一 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長	松 原 利 之 飛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
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	三 浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員
志 岐 寛 清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部 部長	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 〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号 TEL 042-767-2586
相模事業所
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管路部長	三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員

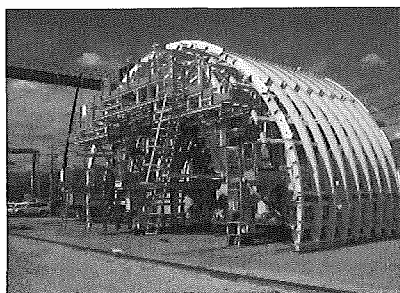
〔委員〕

亀山 勝 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 計画担当課長	新谷 康之 東京都下水道局建設部設計調整課長
坂口 淳一 東京都交通局建設工務部計画改良課長	高橋 晃 東京電力株式会社電力流通本部工務部 地中送電グループ課長
佐原 圭介 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐	藤村 和彦 東京都水道局建設部工務課長
清水 満 JR東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所次長	真下 英人 独立行政法人土木研究所 道路技術研究グループ長
城間 博通 西日本高速道路メンテナンス九州株式会社 保全事業本部保全計画部長	焼田 真司 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室主任研究員

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～

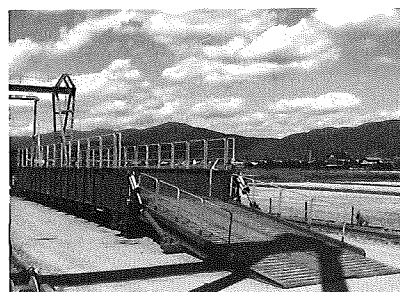
 大栄工機株式会社



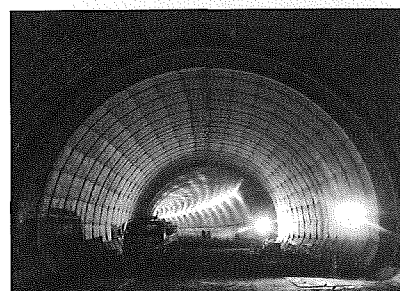
スライドセントル



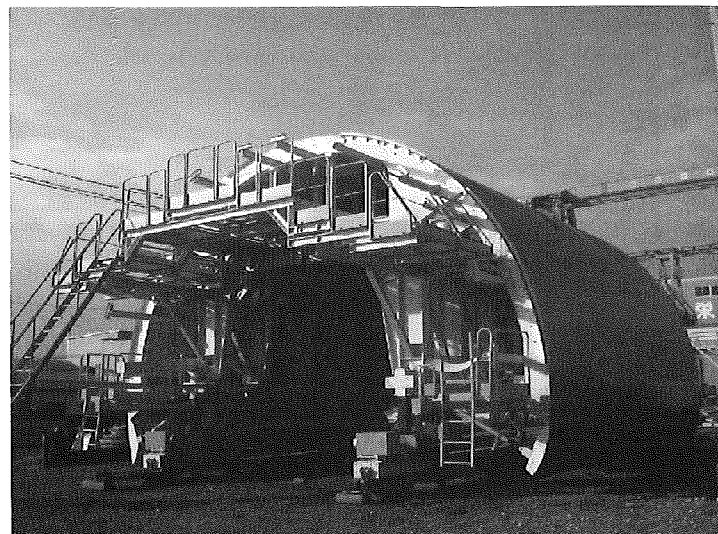
作業台車



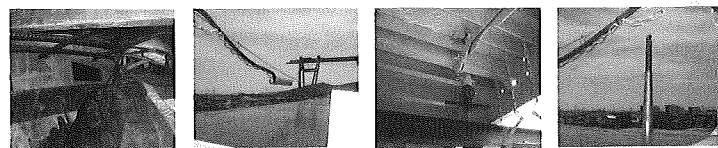
移動栈橋



NETIS登録番号 CB-090003-A
EPSパネル養生



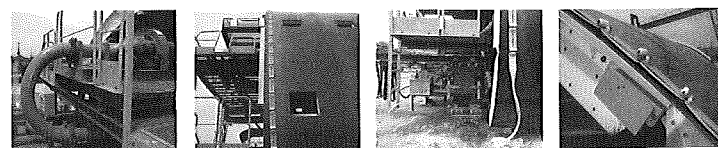
スチールフォーム(中流動コンクリート対応型)



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

トンネルと地下 VOL.42 No.8 掲載概要

掲載頁
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 札苺トンネル—

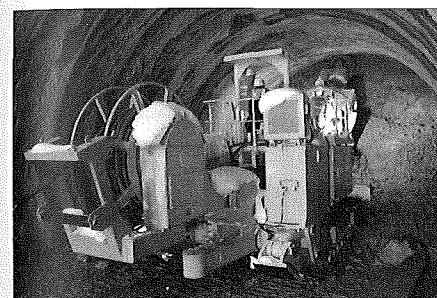
鉄道・運輸機構 松井 康彦

北海道新幹線札苺トンネルは起点方坑口部付近において、高規格道路函館・江差自動車道が交差する計画が存在し、新幹線建設後に道路盛土がトンネルに上載する構造となる。そのため、本トンネル完成後に載荷される盛土などの上載荷重を考慮したトンネルの設計が必要となった。さらに地盤改良の施工範囲には林野庁の森林環境保全事業による森林が位置しており、施工にあたって必要となる森林開発補助の解除許可に時間を要することによる工期への影響が懸念される。

これらを踏まえ、本稿では盛土荷重を受けるトンネル坑口部の設計、およびトンネルの施工方法について行った検討とその結果について報告する。

Tunnel Portal Design/Construction for Upper Road—Hokkaido Shinkansen Satsukari Tunnel—
By Yasuhiko Matsui, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

In the vicinity of the western portal of the Hokkaido Shinkansen Satsukari Tunnel, there exists a plan to cross with the high standard highway: Hakodate-Esashi highway. The earth will pile up on the portal to build highway after the construction of the Shinkansen. For this reason, it was necessary to design the tunnel for the overburden load of the embankment, etc. Furthermore, the area requiring ground improvement would transgress the boundary of the Forest Environmental Conservation Project area by Forestry Agency and there was concern about the effects of the construction schedule due to it requiring time to lift partly conservation.



写真は導坑掘削状況

Based on the above, this report gives information on the design and construction of the tunnel portal under the highway embankment.

掲載頁
17

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—

中日本高速道路(株) 榎本 登

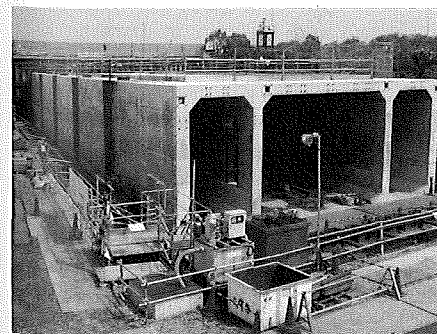
本交差部を含む道路は、神奈川県海老名市の中心を縦断する市道2544号線を基幹道路として整備し、海老名市南部の利便性向上と災害に強い道路網の構築を目的としている。計画において、周辺河川の氾濫による冠水を防ぐため、全体縦断計画を現況道路とほぼ同一の高さとしたため、東名高速道路と立体交差する箇所の土かぶり高が約1.5mとなり、非開削工法によるアンダーパスの工事となった。

日約13万台の重交通下の工事において、工法の選定にあたっては、施工実績が豊富でさまざまな案件に対し確立されているR&C+ESA併用工法を選定した。計測管理においては、路面の沈下管理や走行管理を行うことで快適性と安全性が確保できた。

Penetrate under Heavy Traffic—Grade Separated Crossing of TOMEI Expressway and Ebina Municipal Road 2544—

By Noboru Enomoto, Central Nippon Expressway Company Limited

Municipal road 2544 including highlighted crossing is trunk road running north-south of Ebina City, Kanagawa Prefecture with the purpose of improving convenience in the southern part of the city and building a traffic network preparing for disasters. In order to prevent submerging due to flood from rivers in the vicinity, the design longitudinal height is decided as almost same as existing one. This design results in adoption of pipe-jacking method for underpass for installing underpass because of approximately 1.5 m in height from top of box to road surface of the TOMEI Expressway.



写真は函体推進状況

The R&C method jointly used with the ESA method was evaluated as a building method under heavy traffic of 130,000 vehicles/day based on various technical achievements. It was possible to secure amenity and safety for traffic on TOMEI by conducting settlement control and traffic control.

トンネルなどの建設工事から発生する濁水は、通常、凝集剤を使用して沈降汚泥と上澄み液に固液分離され、沈降した汚泥は脱水ケーキとして排出される。その際、放流される上澄み液は使用した凝集剤の成分によっては、周辺の自然環境、とくに希少水生生物の保護や漁業資源の保全において懸念される場合がある。また脱水ケーキは産業廃棄物として処分される場合が多いため、有効利用方法の選択肢を拡大する必要がある。

著者らは、排水される放流水が周辺環境に悪影響を及ぼさないことを目的に、天然素材で安全性が確認されたキトサン凝集剤をトンネル建設工事に適用して希少水生生物の生息環境を保全した。また発生する脱水ケーキについて植栽土(生育基盤材)としての有効利用の可能性について緑化試験工事を行って適性を確認した。

本稿では、これらの知見について紹介する。

Muddy Water Purification with Naturally-Derived Coagulant and Application Tests of Dehydrated Cake
—KEN-O Expressway Mana Tunnel—

By Yasushi Fujiwara, Taisei Corporation

Muddy water drained from construction site such as tunnels is usually separated into solids and liquid: sedimentation sludge and supernatant fluid using coagulants. Sedimentation sludge turns into dehydrated cakes to dispose. In this process, depending on the components of the coagulants used, the drained supernatant fluid may cause concern for the surrounding natural environment, in particular in the protection of rare aquatic

species and the conservation of fishing resources. Further, as there are many cases in which dehydrated cakes are disposed of as industrial waste, it is necessary to increase the options to utilize them effectively.

The authors, with the aim to prevent adverse effects on surrounding environment of discharged waste water, had used chitosan coagulant: naturally-derived material which is confirmed safety to conserve the habitat of rare aquatic species. Further, the applicability of dehydrated cakes as planting ground was confirmed through greening test works

This report gives information on this expertise.



写真は客土工の施工状況

本工事は、東京スカイツリーの建設を含む土地区画整理事業の中で、浸水被害の軽減を目的に下水道の再構築事業を実施するもので、仕上がり内径1,800mmの管渠を約970m、コンパクトシールド工法で新設する。

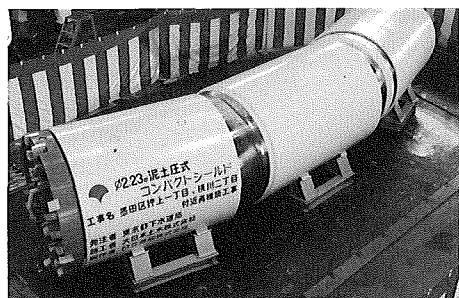
特徴としては、競合するインフラ整備において工期短縮が可能なコンパクトシールド工法を採用し、企業間工事工程の円滑化を図ったこと、シールドの河川横断で耐震矢板護岸を切断しての通過と護岸に与える影響を最小限に抑えたこと、最小曲線半径15Rの急曲線施工や、狭隘空間における到達立坑でのシールド回収の実施などであり、都心部などで複雑化する地中構造物工事の参考として報告するものである。

Compact Shield Method Fast Build Sewers around Tokyo Sky Tree—Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government, Oshiage 1-chome/Yokokawa 2-chome, Sumida-ku area Re-construction—

By Tadao Aoyama, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

As a part of land readjustment project that includes the construction of Tokyo Sky Tree, sewerage of an approximately 970 m in length and 1,800mm in diameter was reconstructed with the aim of reducing flood damage using the compact shield method.

Features of this are that the compact shield method to construct sewer fast was able to facilitate schedule coordination of infrastructure works promoted in parallel, the shield penetration into the sheet-pile revetment could minimize the impact on the safety of structure to underpass the river and the shield passed the tight curve of 15 m in radius and was taken up at narrow arrival shaft. This report is a reference for complicated underground structure construction such as those in urban areas.



写真はコンパクトシールド

トンネル覆工表面の高精度な展開画像を、低コストで効率的に撮影できる、ラインセンサカメラを中心とした撮影装置「トンネルスキャナー」を開発した。専用の撮影車によらず、工事用トロなどにカメラ・照明を搭載して撮影する。撮影速度は約20km/hと高速で、単線トンネルは1回、複線トンネルは上下線各1回の走行で全断面を撮影する。1回の走行で数十kmの連続撮影が可能である。さらに、ひび割れを自動的に抽出し、その幅や長さなど計測する、トンネル全般検査に適用可能な画像処理手法を開発した。平成22年度末現在のトンネルスキャナーの導入実績は、9社14路線となっている。

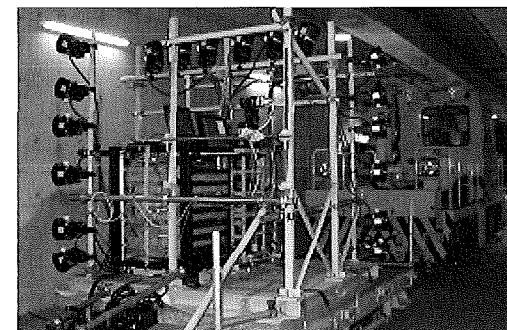
本稿では、システムの開発内容のほか、構造物管理支援システムに、本装置で撮影した画像を取り込んで利用している阪神電鉄の導入事例についても、あわせて報告する。

Detection System of Tunnel Wall Deformation with Line Sensor Cameras and Examples

By Masato Ukai, Railway Technical Research Institute

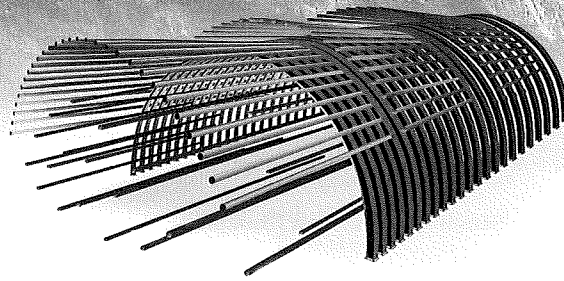
We have created Tunnel Scanner, photographic equipment revolving around a line sensor camera that can efficiently photograph fine development images of the surface of tunnel wall at a low cost. This does not depend on a dedicated photography vehicle but uses construction vehicles equipped with cameras/lights. Photographing speed is approximately 20 km/h and it photographs on one run in a single track tunnel and one run each way in a multiple track tunnel. It is possible to take images continuously over tens of kilometers on one run. Furthermore, we have created an image processing method to detected automatically cracks and their width and length, etc that can be applied to overall tunnel investigations. The Tunnel Scanner has been adopted by 9 companies on 14 railways as of the end of 2010.

This report gives information on the details of the development of the system as well as an introduction example where Hanshin Electric Railway retrieves images from the equipment to leverage with the structure maintenance support system.



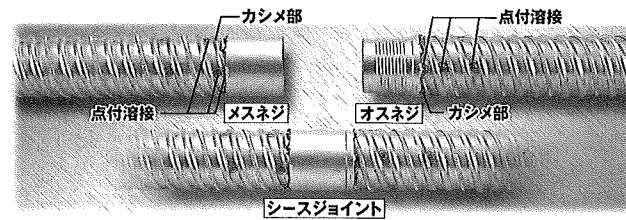
写真はトンネルスキャナーの外観

ユニークな発想と高品質・自信の価格



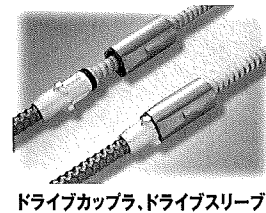
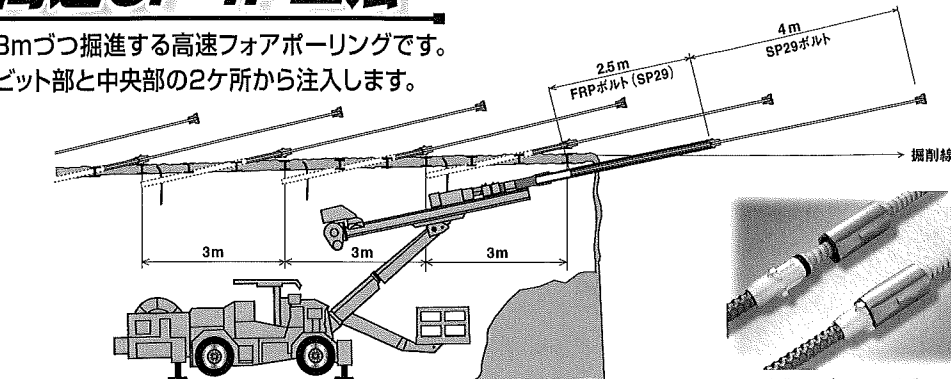
FIXチューブ工法

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

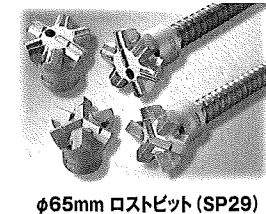
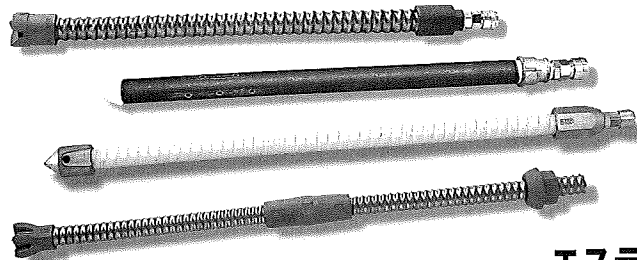


高速SP-IF工法

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



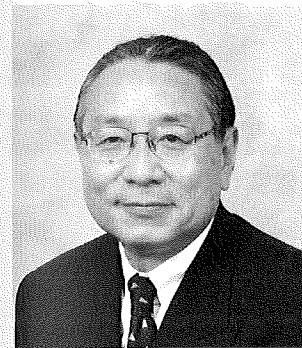
自穿孔ボルト&注入管



※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>



地盤変状のないシールド工事は可能か？

(株)大林組代表取締役副社長執行役員土木本部長(元)本協会理事

金井 誠

地盤変状のないシールド工事は可能か？ 結論はYES！ ただし、現場で汗をかき経験を積み、脳に汗をかき経験を技術に変えれば！

シールド工法との出会いは、新入社員として配属された地下鉄現場であった。軟弱地盤内での圧気シールドで、圧気圧、切羽変位、裏込め量・圧・時期、掘削量、リング変形量、地表面沈下量、地下水位を管理して地盤変状は許容以下であったが、これで良いのかとの想いは強まった。この想いが、技術者として、工法完成度向上への燃料となり、経営に携わる今も変わらない。この想いこそがProfessional到達への燃料で、今も燃えている。本稿では、シールドトンネルの設計、施工、技術開発にかかわり、工法完成度向上を目指す想いの一端を紹介してProfessionalを目指す後輩へのエールとしたい。

シールド工事に伴う地盤変状要因は、その影響順に、前面・側面切羽の安定、裏込めの充填度・止水性、一次覆工の剛性・止水性、シールド鋼殻の剛性となる。前面・側面の切羽安定は、開放型から密閉型への過程で、定量的制御が可能となった。圧気工法は、前面・側面切羽を定量的に維持する点では不完全で、新入社員時代でさえ、改善すべきと強く感じていた。

泥水シールド工法は、作業環境改善だけでなく、切羽圧を合理的・定量的に保持できるため、前面・側面の切羽制御は改善され、地盤変状が軽減した。本工法で改善に注力したのは、泥水圧設定の考え方、目視確認できない切羽可視化、掘削土量の適正度判定、泥水の機内浸入防止、裏込め材料・方式の適正化、カット面板・泥水室閉塞防止(本稿では省略)であった。

泥水圧は、すべての地盤を土水分離状態と考え、有効静止土圧と水圧に対して切羽圧を設定することで地盤変状防止に大きな効果があった。基本は土質力学である。切羽可視化と掘削土量適正度判定は、分散分析法や管理図法など統計的品質管理手法によるデータ処理システム構築で可能とした。34歳にして確率や統計の専門書を読み漁り、数学者の功績に脱帽した。

泥水や裏込め材の坑内浸入防止は、テールシールの材質・構造と、グリース材質・充填システムを改善した。グリースは、裏込め材がテールに浸入しても、セメント成分で硬化しない材料を開発した。充填システムは、充填材閉塞を防止するため配管径を先端まで変えず、さらに、逆止弁部でグリース混入繊維が残留しないよう繊維長に工夫を加

え流動性も向上させた。

CBの即時裏込め方式は未硬化分が機内流出し地盤変状防止への寄与が小さいという新入社員時代の反省から、昭和50年には流動性を確保しつつ硬化時間が調整可能、流出防止も可能、止水性も向上する可塑系注入材を開発した。さらに、泥水品質・圧の制御でマッドケーキによる前面・側面の切羽安定は保持され、泥水が裏込め材に置換されることを目視確認し、セグメントからの即時裏込め方式を確立し地盤変状防止と止水性向上に成功した。同時裏込めは機内注入管がテール剛性を低下させ、地盤変状だけでなく、補強突起による坑口漏水や推力増大という課題が解決できないため、即時裏込め方式の有用性を見直すべきだと考える。

土圧シールド工法で改善に注力したのは、土圧設定の考え方、目視確認できない切羽可視化、掘削土量の適正度判定、カット面板・土圧室・排土部閉塞防止(本稿では省略)であった。

切羽安定保持は、前面・側面切羽、および土圧室内で掘削土砂を流動化させ、泥水圧と同様に、流体圧制御することで維持されるため、切羽可視化システム開発に着手(平成13年)し、流体解析・逆解析を駆使しシステムを構築した。本システムは、掘削土砂の流動状態を3次元的に把握し、滑剤をピンポイントで注入できるため、切羽圧の合理的・安定的な制御と閉塞防止が可能となった。砂礫は、とくに地下水水位以浅で、流動化が困難であったが、浮遊により流動化を図ることとし、浮遊保持力が大きい滑剤を開発し、砂礫地盤内の営業線直下・極小土かぶり条件下の鉄道シールド施工で沈下を5mm以下に抑制できた。

これらの開発が、地上発進・地上到達のURUP工法を始め、極小土かぶり条件下で土圧シールド工法による地盤変状のないトンネル築造を可能とした。

一次覆工の剛性・止水性の向上は、RCセグメント継手を、ボルト式に替え、ピース間水平コッターとリング間軸挿入ピンのワンパス継手とし、リング剛性増加と高速施工を可能とした。本継手は正負同等の曲げ剛性を有し、地盤に応じ継手剛性制御が可能で経済設計を実現できる。止水性・耐久性は、高流動SFRCセグメント開発と、シールドの超長期止水性・耐久性試験を通しての止水設計法・仕様確立で向上させた。

当社シールド工事では、施工条件にかかわらず地表面沈下を3mm以下、最大でも5mm以下に制御しており地盤変状は実質ゼロと考えているが、その評価は読者の判断に委ねたい。

切羽可視化システム、即時裏込めシステム、ワンパス継手、高流動SFRCセグメント、URUPなどは、その改善過程で、当初不可能との意見が大勢であったが、基本に忠実に執着心を持ち追求することで実用化した。技術は納得ゆくまで知恵と時間のヤスリをかけ、磨き鍛えることが重要である。先入観や固定観念にとらわれず、深く掘り下げ本質を追求すれば、問題解決の可能性が生まれる。英国生まれ日本育ちのシールド技術の頂上は未だである。都市土木の課題先進国である日本は、「何故その方法? 何故そう考えたか? 他に方法は?」を忘れずさらなる技術開発で登頂一番乗りを果たしプライドを持って世界に進出しよう。

施工

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—

鉄道・運輸機構北海道新幹線建設局木古内鉄道建設所 松井康彦
 鉄道・運輸機構北海道新幹線建設局木古内鉄道建設所所長 武藤好一
 間・田中・丸彦渡辺共同企業体現場代理人 青木正雄
 間・田中・丸彦渡辺共同企業体監理技術者 志野和巳

1 はじめに

北海道新幹線は、平成17年4月27日に新青森・新函館(仮称)間(延長約149km)の工事実施計画が認可され、着工している。同区間には、青函トンネルを中心として在来線と線路を共用する「共用区間」(延長約82km)と、本州方と北海道方それぞれ新幹線専用の「新設区間」がある。

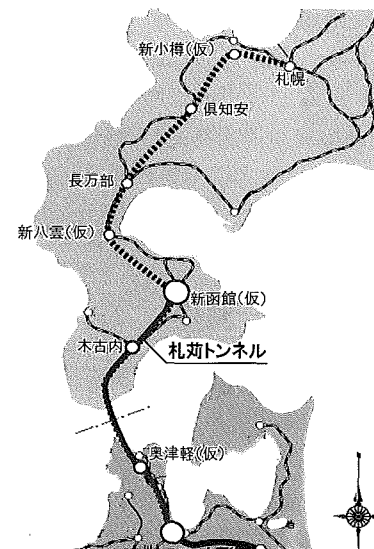


図-1 札苅トンネル位置図

札苅トンネルは、北海道方の新設区間(木古内～新函館(仮称)間、延長約38km)のもっとも起点方に位置する、延長1,235mのトンネルである(図-1)。

本トンネルは入口(起点方坑口)部付近の小土かぶり区間に対応するため地盤改良および保護盛土を計画した。また、高規格道路である函館・江差自動車道が交差する計画が存在し、新幹線建設後に道路盛土がトンネルに上載する構造となる。協議開始当初は、トンネルの安定性を考慮し、高規格道路完成後、トンネルを掘削する計画であったが、工程精査の結果、本トンネルの構築を先行させる必要が生じた。

本トンネル構築に必要な最小限の盛土を施工後、

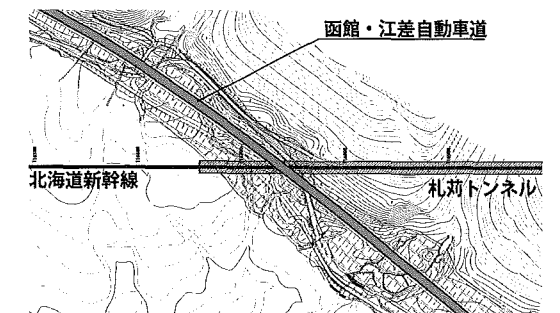


図-2 高規格道路交差部平面図

トンネルを掘削し、その後、高規格道路のための盛土をさらにを行い、道路を完成させる施工順序となった。このような施工順序となることで、本トンネル掘削中、道路交通への安全対策などが不要となった。しかし、本トンネル完成後に載荷される高規格道路のための盛土などの上載荷重を考慮したトンネルの設計が必要となった(図-2)。

さらに、地盤改良の施工範囲には林野庁の森林環境保全事業による森林が位置しており、施工にあたって必要となる森林開発補助の解除許可に時間を要することによる工期への影響が懸念される。

これらを踏まえ、本稿では盛土荷重を受けるトンネル坑口部の設計、およびトンネルの施工方法について行った検討とその結果について報告する。

2 工事概要

2-1 トンネル概要

延長1,235m(新青森駅起点116km660m~117km895m)の札苧トンネルは、平面線形はすべて直線であり、勾配は117km180mまで3%、以降から2%である(図-3)。

2-2 入口部地質概要

既往の地質調査結果と合わせ、図-4に示す4点においてコアボーリングを行い土質の調査を行った。

土質は基盤となる黒松内層(均質で亀裂が少ない比較的良質な岩質の細粒砂岩~シルト質泥岩:UM層)の上部に層厚1~2m程度で砂礫層(Tg層)が分布し、φ5~20mm程度の亜円礫を主体としており、N値50以上(換算N値100~150)の標準貫入試験結果が得られている。表土下位には、礫

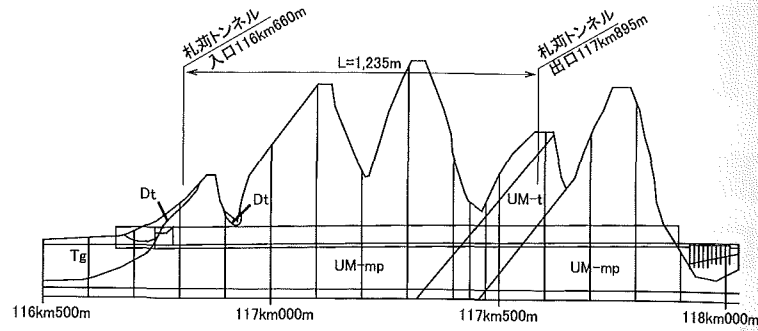


図-3 トンネル全体図

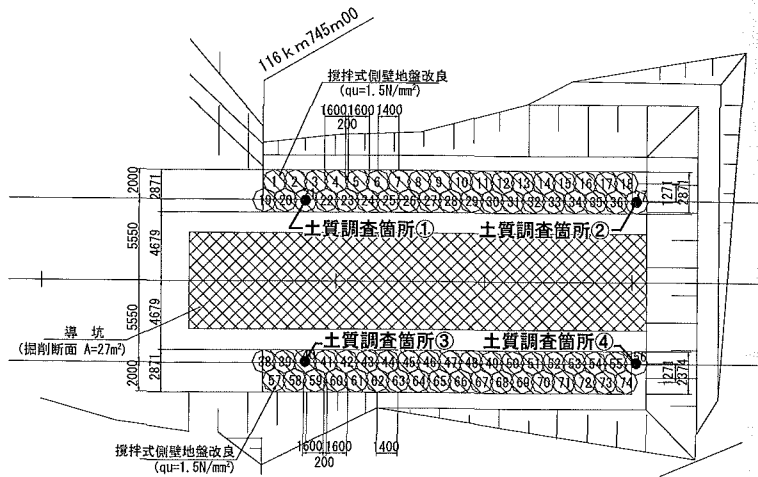


図-4 側部地質調査位置および改良平面図

混じり凝灰質シルト(Dt層)が分布しており、全体的に風化砂岩礫が多く混じっている。

2-3 高規格道路概要

本トンネルと交差する函館・江差自動車道(計画延長70km)は北斗市茂辺地から上磯郡木古内町大平間16.0kmの高規格道路茂辺地木古内道路が既に建設されており、今後の予定として、本トンネル掘削と同時期にトンネル入口付近にて交差する計画がなされていた(図-2)。

3 交差部設計概要

トンネル坑口付近は、高規格道路盛土が上載するため、盛土荷重に耐え、効果的に支持層に伝える構造である必要性から、トンネルおよび周辺部の地盤改良体の設計、照査を行った。

設計に関しては、常時設計およびL1地震、L2地震における耐震照査を、線路直角方向にて行っ

た。常時設計は、はり-バネモデルにより実施し、耐震照査は2次元FEMにて実施した(図-5)。

トンネルの覆工コンクリートは、L2地震で損傷レベル2まで許容とした。L1およびL2地震動に対する検証は、構造物および地盤の非線形性を考慮した時刻歴応答解析による動的解析を実施した。

札苧トンネル入口部付近の縦断面図、平面図を図-6に示す。

トンネル入口から85m間を明かり巻き区間、その後25mを小土かぶり区間とし、2区間に分けて設計した。

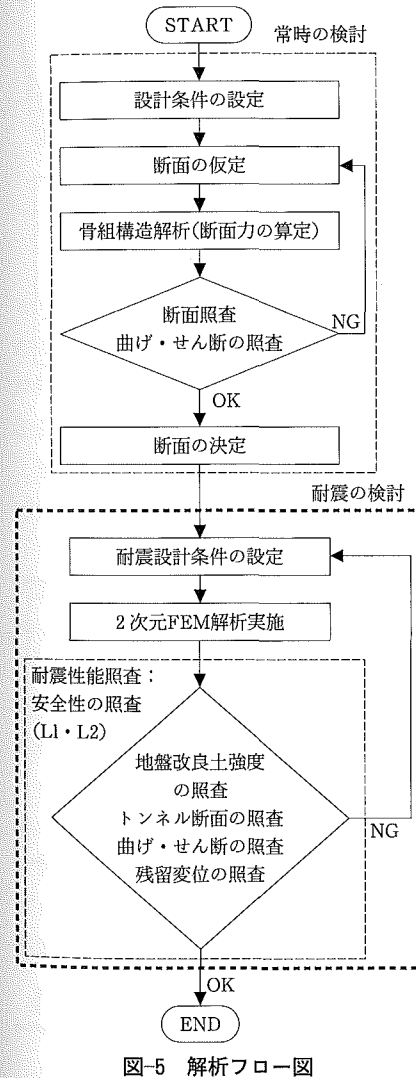


図-5 解析フロー図

3-1 小土かぶり区間

小土かぶり区間における断面図を図-7に示す。

一連の解析の結果、トンネルを吹付けコンクリート厚200mm、覆工鉄筋コンクリート厚600mm、インバート鉄筋コンクリート厚600mmとし、中央集水管を巻き込む形状とした。また、トンネル側壁部において幅2.0m、 $q_u=1,500kN/m^2$ で地盤改良を行い、トンネル上部には、トンネル天端より2.0mの厚さ、 $q_u=1,500kN/m^2$ にて保護盛土を行うこととした。

ここで、図-8に道路盛土による荷重が最大になる点におけるトンネル右側部改良体のL2地震時のせん断応力-せん断ひずみの関係を表したグラフを示す。

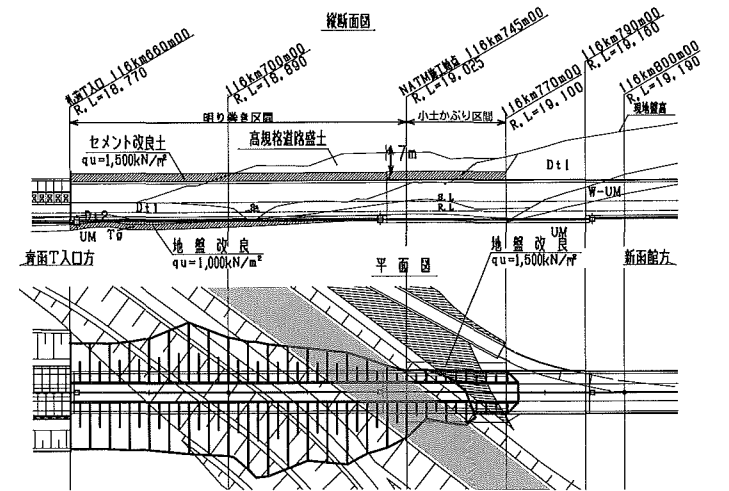


図-6 入口部縦断面図・平面図

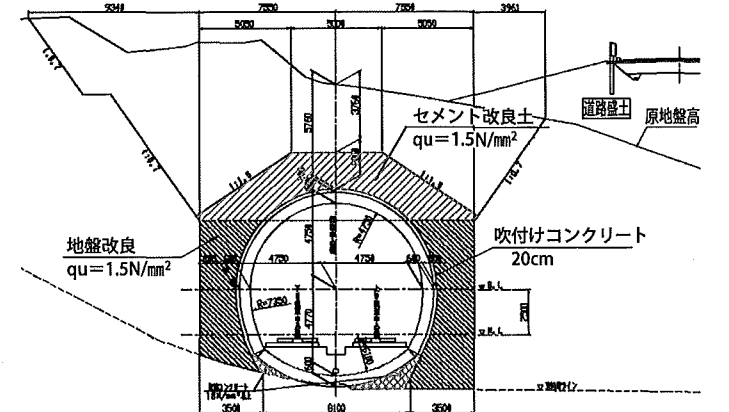


図-7 小土かぶりNATM区間標準断面図

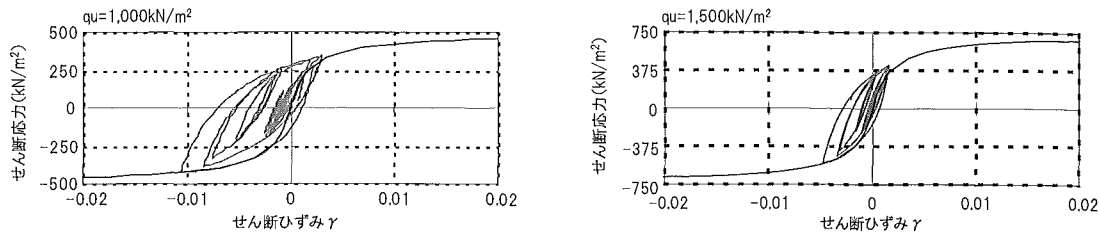


図-8 トンネル右側部改良体のL2地震時のせん断力-せん断ひずみの関係

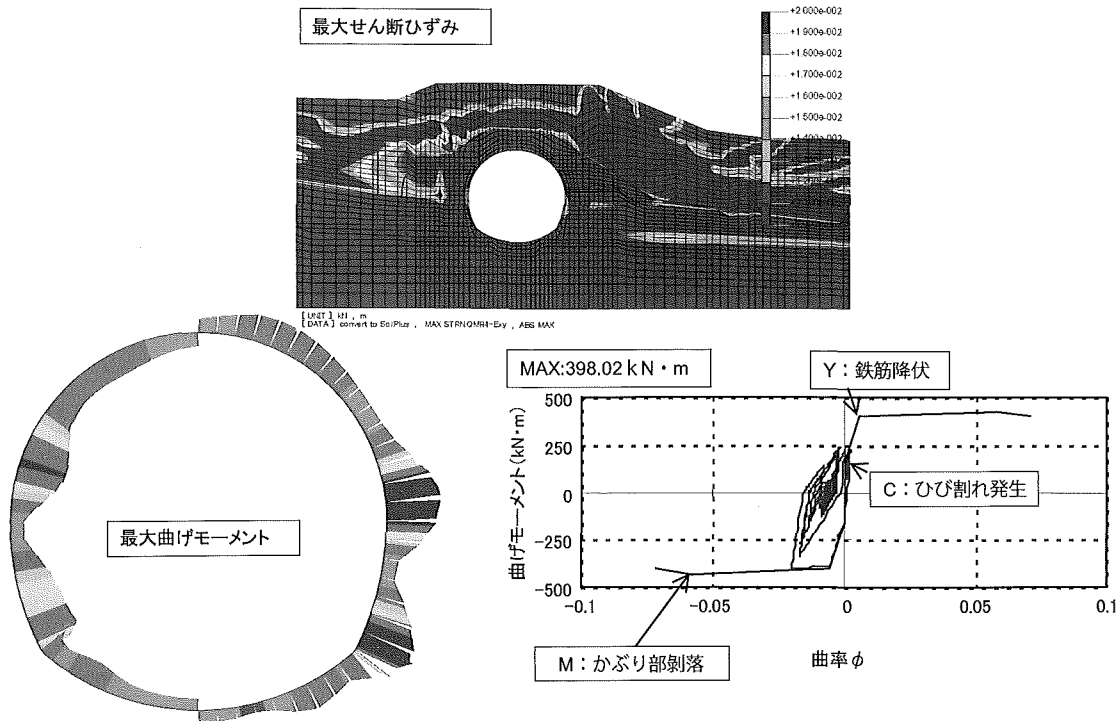


図-9 小土かぶりNATM区間解析結果

改良強度 $q_u=1,000\text{kN/m}^2$ のとき、せん断ひずみが破壊性状を示すため、改良強度を $q_u=1,500\text{kN/m}^2$ としている。

上記の点における耐震照査結果を図-9に示す。それぞれ最大せん断ひずみ、最大曲げモーメント図およびそのときのトンネル部材における応答を示している。解析領域は片側にトンネル幅の5倍程度とした。解析の結果、支持基盤、改良体およびトンネル本体においてひずみはほぼ見られない。また、トンネル部材の応答においても覆工コン

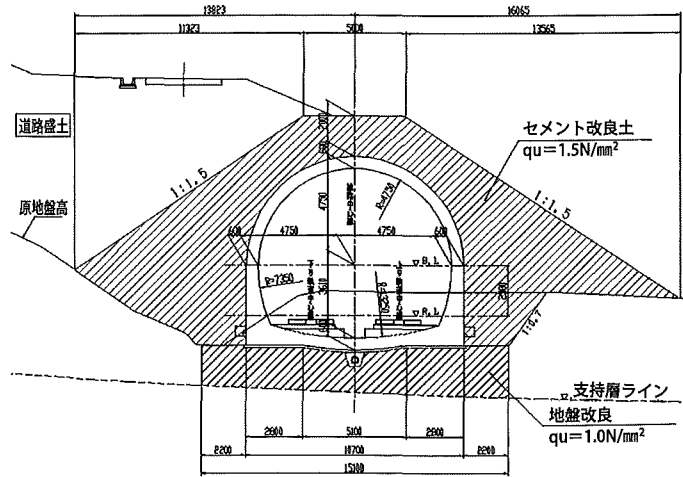


図-10 明かり巻き区間標準断面図

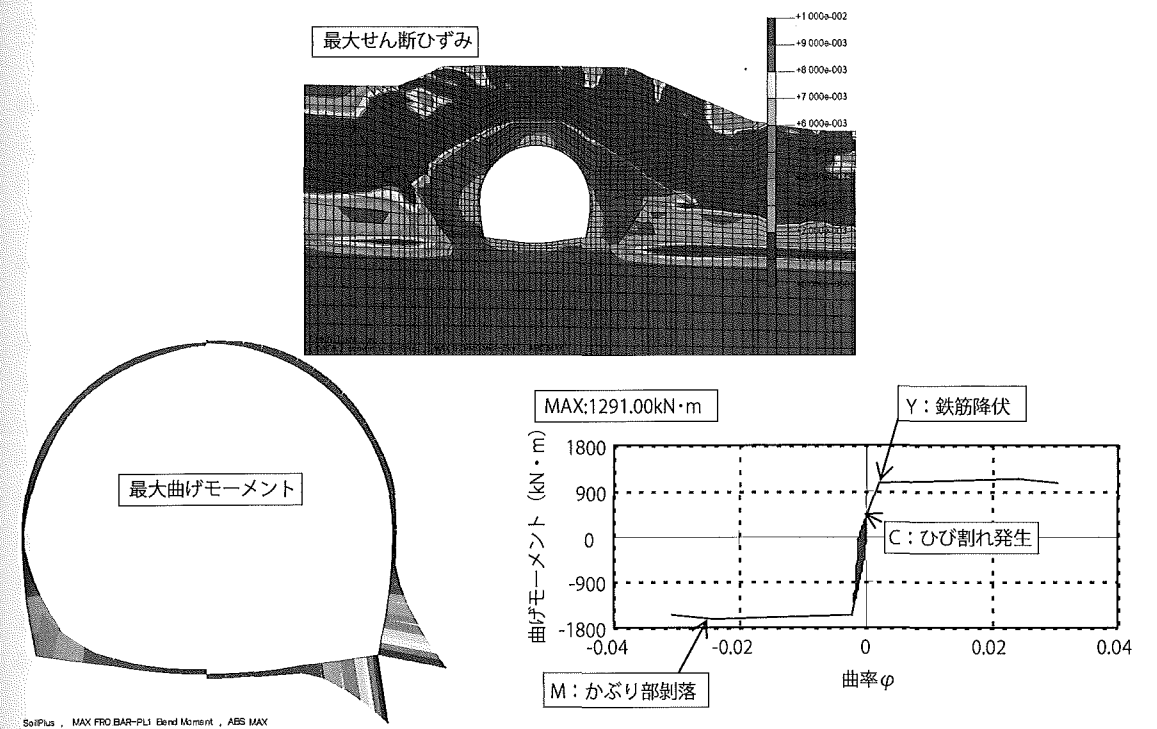


図-11 明かり巻き区間 解析結果

クリートのかぶり部分が剥落することがなく、設計基準を満たしていることがわかる。

3-2 明かり巻き区間

明かり巻き区間における断面図を図-10に示す。

小土かぶり区間と同様に、トンネル天端より2.0mの厚さ、 $q_u=1,500\text{kN/m}^2$ にて保護盛土、覆工RC600mmとした。トンネル下部～支持層間には、支持層への岩着を目的として $q_u=1,000\text{kN/m}^2$ で地盤改良を行う。

小土かぶり区間と同様に耐震照査における結果を図-11に示す。小土かぶり区間と同様、保護盛土を含むトンネル断面のひずみは小さい。またトンネル部材の応答において鉄筋は降伏せず、設計基準を満たしている。

4 交差部施工法比較

トンネル出口側には川が流れており、掘削のた

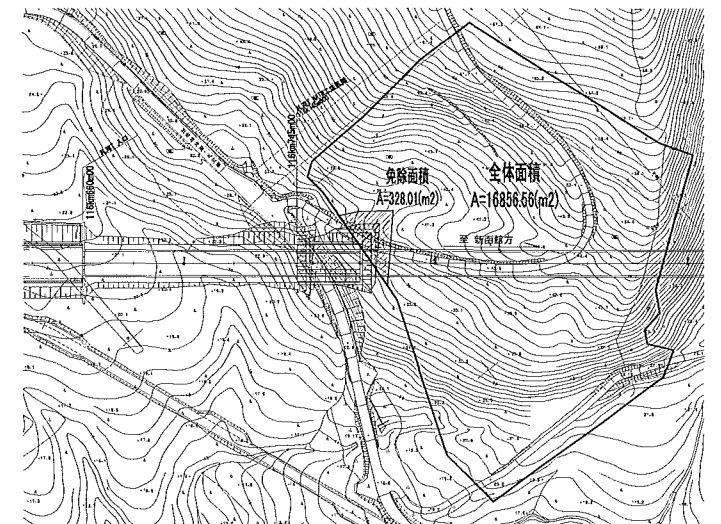


図-12 森林開発補助金面積および解除許可申請面積

めの作業ヤードの造成に時間がかかること、また上り勾配での掘削を目的としてトンネル入口側から掘削を計画した。

一方、トンネル入口付近上部には、林野庁による森林環境保全事業による森林が位置しており、小土かぶり部の地盤改良を地上から行う場合、森

表-1 小土かぶりNATM区間施工法比較検討表

工法	案① 事前改良後トンネル本掘削	案② 一部事前改良+ トンネル本掘削完了後地盤改良	案③ トンネル本掘削完了後地盤改良
区 分			
工法概要	<ul style="list-style-type: none"> 地盤改良範囲(~770mまで)は導坑(断面A=28m²)で先行掘削 補助金解除後に側壁部改良範囲を機械式攪拌で施工 770mまでのトンネル天端部に置換改良土を施工 導坑断面を標準断面に拡幅掘削 	<ul style="list-style-type: none"> 補助金用地に支障ない範囲は事前に攪拌式改良 上記範囲まで置換改良土にて盛土 補助工法を併用してトンネルを掘削(AGF1シフト) トンネル掘削完了後、未改良部分を注入にて改良 	<ul style="list-style-type: none"> 補助工法を併用してトンネルを掘削(AGF2シフト) トンネル掘削完了後に全範囲を注入にて改良
工法の特徴	【攪拌】 大口径相対回転攪拌工法 ・N値の高い地盤への対応可能 ・転石への対応可能 ・トンネル本体と改良体との密着可能	【攪拌】 大口径相対回転攪拌工法 ・N値の高い地盤への対応可能 ・転石への対応可能 ・トンネル本体と改良体との密着可能 【注入】 (工法)二重管ダブルパッカー (材料)超微粒子複合シリカ ・シルト層への低圧注入可能 ・恒久強度確保可能	【注入】 (工法)二重管ダブルパッカー (材料)超微粒子複合シリカ ・シルト層への低圧注入可能 ・恒久強度確保可能
概略図	<p>置換改良土</p> <p>導坑</p>	<p>地盤改良(機械攪拌)</p> <p>地盤改良(注入)</p>	<p>地盤改良(注入)</p>
品質	<ul style="list-style-type: none"> 機械式攪拌改良は均一な改良が可能であり、改良後にトンネル掘削となるため、トンネル本体への密着も可能 	<ul style="list-style-type: none"> 機械式攪拌改良は均一な改良が可能であり、トンネル本体への密着も可能 恒久グラウトでも坑口からの水平施工にてトンネル本体への密着可能 注入改良体の強度は試験施工、施工後に確認する必要あり 	<ul style="list-style-type: none"> 恒久グラウトでも坑口からの水平施工にてトンネル本体への密着可能 注入改良体の強度は試験施工にて確認し、施工後に再確認する必要あり
個別評価	◎	○	△
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 地上からの施工でとくに問題なし 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤改良の工法が2通りであり、2重の仮設備が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 恒久グラウトでは、トンネル支保(ロックボルト、AGF)をかわした注入配置が必要
評価	◎	△	○
工程	導坑掘削、切上げ作業がプラスとなるため掘削工程が約1か月伸びる	置換改良を厳冬期を避け春に行うため掘削開始が約3か月遅れる。	掘削しながら注入により地盤改良可能なため工程に影響なし
評価	○ (+1.0か月)	△ (+3.0か月)	◎ (±0か月)
施工費用	<ul style="list-style-type: none"> 地上部より施工するため、安価である 	<ul style="list-style-type: none"> 改良体を切削するため、改良数量が多い 	<ul style="list-style-type: none"> 改良体の数量は少ないが、品質確保のためには費用の高い注入工法、材料が必要となる
評価	◎	○	△
総合評価	◎	△	○

林開発補助の解除許可を受ける必要がある(図-12)。解除手続におよそ1年を要するため、工期に影響すること、トンネルと改良体との密着が必要ことから、交差部の施工方法について検討比較を行った。

表-1に工法比較検討表を示す。

4-1 案①事前改良後本掘削

地盤改良範囲を、導坑(A=28m²)で先行掘削する(40m)。解除許可後、地盤改良および保護盛土を施工し、導坑断面を標準断面に拡幅する。

機械式攪拌(大口径相対式攪拌工法)により、均一な改良が可能であり、改良後に拡幅掘削を行うため、改良体と本坑の密着性が高い。また、導坑掘削により、解除許可手続と同時にトンネル掘削を平行できるため、工程への影響も少なくすることが可能である。

4-2 案②一部事前改良+本掘削後地盤改良

用地に支障がない部分のみを機械式により、事前に地盤改良を行い、標準断面でトンネル掘削を行う。免除許可申請後、グラウト注入により、残りの地盤改良を施工する。

部分的に機械式により地盤改良することで、施工費用を抑えることができ、また注入工法を利用することにより、本坑掘削後に地盤改良を行うことが可能である。しかし、2通りの工法を併用することから、2重の仮設備が必要となり、工程が長くなる。

4-3 案③本掘削後地盤改良(注入)

あらかじめトンネル本掘削を行い、グラウト注入により、地盤改良を行う。

トンネル本体掘削と同時に施工できることから、工期への影響がない。しかし、施工後に強度の確認が必要であり、施工費用も高額となる。

以上より、品質、施工性、経済性において優れており、工程への影響も少ない案①を採用した。

5 施工について

5-1 導坑掘削

導坑縦断面図、導坑断面図を図-13、14に示す。

図のように、側部改良を行う25m間において標準導坑断面にて掘削し、補助工法として充填式フォアボーリングによる先受けボルトL=3.0mを施工した。本坑断面までの拡幅区間は15m設け、本坑断面拡幅の際、支障がないようFRPロックボルトL=3.0mを施工した。

導坑掘削状況、導坑における切羽状況を写真-1に示す。

導坑掘削の結果、地山の性状は事前ボーリング調査とほぼ一致しており、全体的に凝灰質シルトからなり、天端部、脚部は礫質を含んでいる。

5-2 トンネル側部地盤改良工

上記で述べたとおりトンネル周辺部の地質は比較的硬質であり、改良品質に対する確実性、当該地質への適応性、経済性などを総合的に判断し、

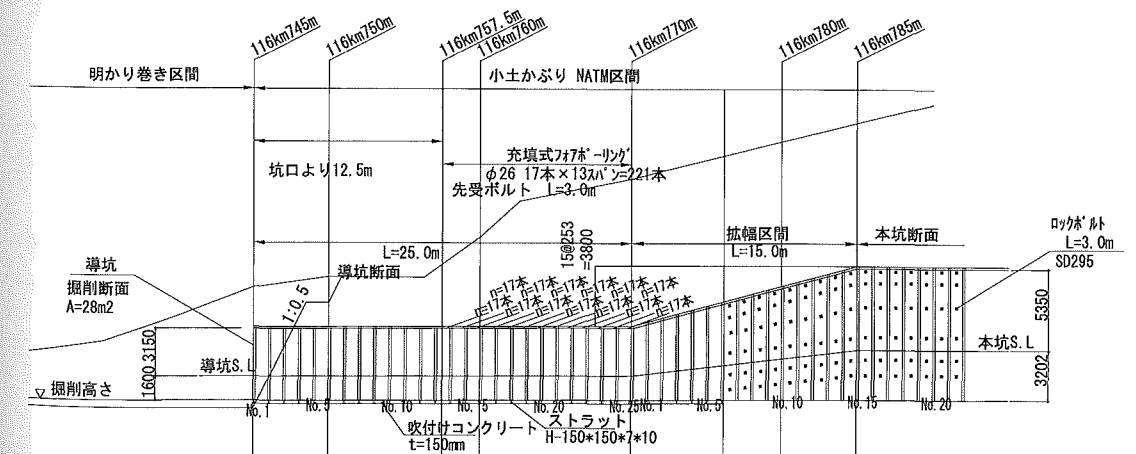


図-13 導坑縦断面図

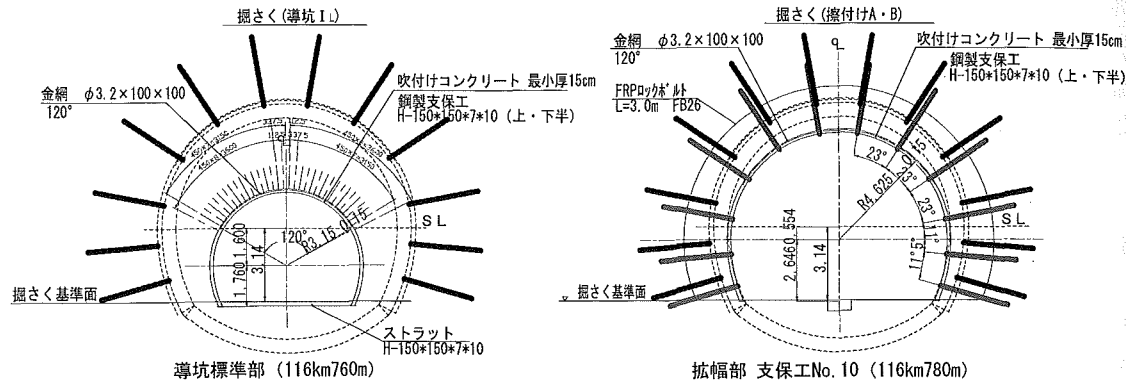


図-14 導坑断面図

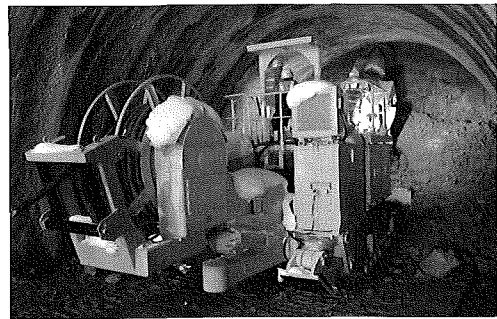


写真-1 導坑掘削状況・切羽状況

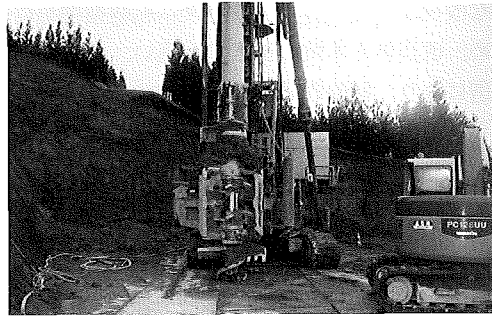
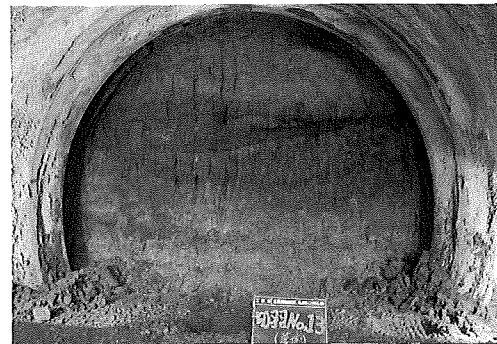


写真-2 トンネル坑口側部地盤改良施工状況



改良工法の選定を行い、DCS工法(Deep Cement Stabilization Method)を採用した。

DCS工法は、スラリー状に混練したセメント系固化材を相対攪拌機能により強制的に混合・攪拌を行うことにより、均質な大口径改良体を造成する工法であり、礫質土、砂質土、シルト、粘性土、有機質土に適用でき、また中間層最大N値50の実績がある¹⁾。写真-2は地盤改良工の施工状況である。

6 おわりに

札苅トンネルは平成23年1月21日に貫通し、現在、坑口部では側部地盤改良の施工が終了した。

平成23年度にはトンネル上部の保護盛土、標準断面拡幅工、明かり巻き工を関係者との連携を密にして、安全に工事を進めていく所存である。

参考文献

- 1) 青山機工：DCS工法，NETIS新技術情報提供システム。

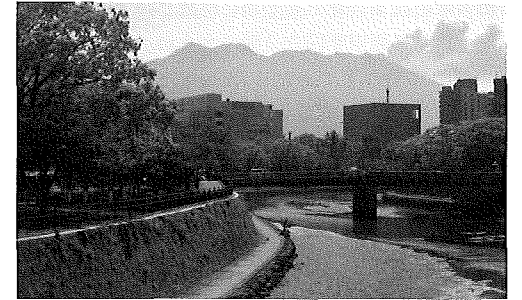


「維新のふるさと」鹿児島市より

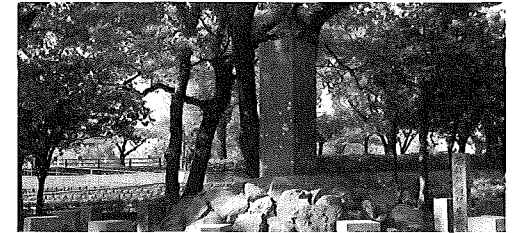
倉富日出雄

鹿児島市内をほぼ南東方向に流下して錦江湾にそそぎ込む甲突川がJR鹿児島中央駅付近で大きく東へ向きを変えるところに、薩摩藩時代の下級武士が暮した下鍛冶屋町(現・加治屋町)がある。この地から、幕末～明治期にかけて近代日本の創設に貢献した多くの偉人達が輩出されている。明治維新の三傑のうちの二人「西郷隆盛」「大久保利通」をはじめとして、日本海軍の父といわれ、後に2度首相にもなった「山本権兵衛」、日露戦争で活躍した陸軍大将・元帥「大山巖」、日本海海戦における連合艦隊司令長官「東郷平八郎」など、枚挙にいとまがない。

薩摩藩には「郷中教育」とよばれた独特の教育制度があり、これは「二才頭」と呼ばれる地域のリーダー格の先輩が後輩たちを厳しく指導していくもので、多くの偉人輩出の原動力となっている。ここ下鍛冶屋町では若き日の「西郷吉之助(隆盛)」もその役を担っている。



「維新ふるさとの道」と桜島



西郷隆盛生誕地の碑

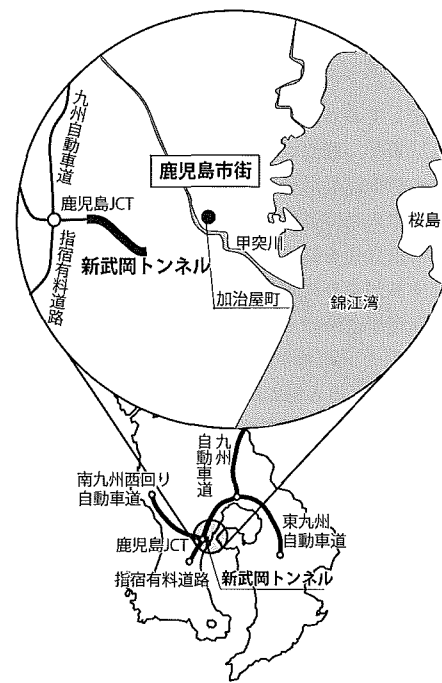
近年、この甲突川沿いは「維新ふるさとの道」として整備が進められており、目の前にそびえる雄大な桜島を眺めながら歩くと、約150年前の先人たちの熱い思いがひしひしと伝わってくるようである。

新武岡トンネルは、九州自動車道・鹿児島ICと鹿児島市街地をむすぶ鹿児島東西道路に位置し、アクセス機能の強化と渋滞解消を目的に、既設の武岡トンネルに隣接して建設が進められている。

①シラスと呼ばれる南九州特有の未固結地山を掘削する「都市NATM」であること、②延長L=1,500mのトンネル中央付近で、今回供用開通させるランプ線と将来、市街地の地下に延伸・構築される本線とに地中で分岐する構造(分岐部掘削断面積：約380m²)となっていること、などに特徴がある。

トンネル掘削を開始したのは平成19年2月。住宅密集地でさまざまな制約を受けながらの施工を余儀なくされているが、平成24年2月の無災害でのトンネル貫通を目指し、職員および作業員一同、全力で取り組んでいる。

(ハザマ・銭高JV新武岡トンネル作業所長)



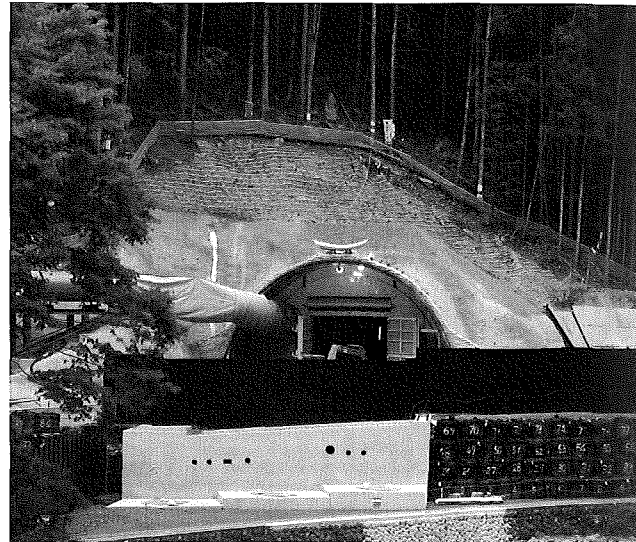
位置図



「巨樹と清流のまち」奥多摩より

高橋 哲哉

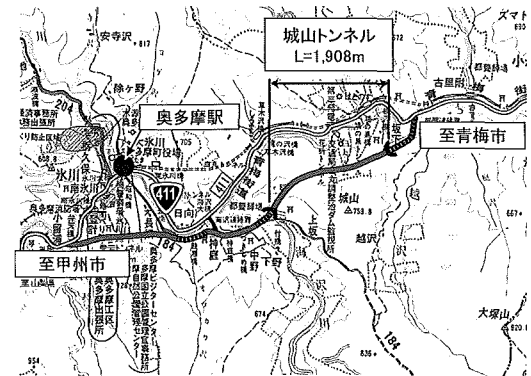
奥多摩町は東京都の最西端に位置し、全域が秩父多摩甲斐国立公園に含まれ、東京都の10分の1にあたる225km²という広大な面積を有する人口約6,100人の静かな町である。町の面積の94%が森林であり、東京ドームが4,600個も入るほどの広さがある。その森林の中には、国の特別天然記念物の「ニホンカモシカ」をはじめ「ニホンジカ」「ツキノワグマ」「ニホンザル」などの多くの野生動物が住んでいる。また、町の中心部を多摩川が西から東へ流れており、多摩川が巨岩・奇岩の間を流れる鳩ノ巣渓谷は、奥多摩随一の渓谷美を誇っている。



坑口全景

巨樹の里として知られる奥多摩は地上1.3mの幹回りが3m以上の巨樹(環境省の巨樹、巨木林調査)が900本近く確認され、全国で一番多く生息する町である。なかでも東京都指定天然記念物の「倉沢のヒノキ」は何本もの太い枝が天に向かって伸びるヒノキで、推定樹齢1,000年、樹高34m、幹回り6.3mの巨木は、都内最大級で新日本名木百選にも選ばれている。

多摩川南岸道路は主要地方道奥多摩青梅線(吉野街道)の奥多摩町丹三郎地区から同町氷川の西、小留浦地区までの区間を一般国道411号(青梅街道)のバイパス道路として計画が進められている。



位置図

現在の国道411号は、狭険・急峻な斜面を切土して整備した箇所が多く、落石、土砂流出、斜面崩壊などの災害発生により、道路通行止めを余儀なくされる事態が多発しており、そのつど地域の孤立化が危惧されている。また、観光シーズンには渋滞が激しく、地域の日常生活や商業活動に悪影響を及ぼしている。このため、多摩川南岸道路の新設は災害時や緊急時における地域の孤立化を防ぐとともに、交通混雑を緩和し、安全なまちづくりに寄与することが期待されている。

多摩川南岸道路のうち「城山トンネル(仮称)」は奥多摩町海沢と同町棚沢を結ぶ延長1,908mのトンネルで、2車線の車道と幅2.5mの歩道が計画されている。起点側坑口部の落石対策を施工後、平成23年2月から掘削を開始し4月末現在トンネル掘削約110m、インバート50mの施工が完了している。トンネル掘削はこれから本格的に始まるが、平成26年2月の完成に向け、発注者・地元住民のご協力のもと無事故で高品質なトンネルを築造するよう共同企業体一丸となって鋭意努力する所存である。
(五洋・浅川・総成建設共同企業体城山トンネル工事事務所工事所長)

施工

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—

中日本高速道路(株)東京支社横浜保全・サービスセンター保全担当課長 榎 本 登
 (株)間組関東土木支店土木部海老名作業所現場代理人 柳 井 典 明
 (株)間組関東土木支店土木部海老名作業所監理技術者 甲 斐 賢 一
 (株)片平エンジニアリング主任管理員 大 竹 俊 一

1 はじめに

神奈川県海老名市は、人口約126千人の地方都市であり、東京都心から約50km、神奈川県庁から約20kmに位置する。海老名市は災害に強い道路網の構築を目的とし、道路整備計画を推進しており、本工事は市道と東名高速道路交差部の施工を、海老名市より委託を受けた整備事業の一環である。協定経緯は表-1のとおりである。

神奈川県海老名市を縦断する市道1号線は、豪雨のたびに、周辺河川(相模川水系永池川)の氾濫による冠水や沿線崖地の土砂崩れの影響で、道路

が通行止めとなり、迂回しなければならない状況下にあった。

本交差部を含む道路は、神奈川県海老名市の中心を縦断する市道2544号線(1級幹線市道海老名駅大谷線の延伸道路「(仮称)南伸道路」)を基幹道路として整備され、海老名市南部の利便性向上と災害に強い道路網の構築を目的とした計画である。設計計画において、周辺河川の氾濫による冠水を防ぐため、全体縦断計画を現況道路とほぼ同一の高さとして計画した。そのため、東名高速道路と立体交差する箇所は土かぶりが約1.5m程度で計画され、非開削工法によるアンダーパスの工事となった。東名高速道路横断部位置図および平面図は図-1,2のとおりである。

表-1 基本協定経緯

年月日	協議先	内 容
H 5. 4. 8	海老名市⇒JH ^{※1}	交差協議依頼(協議)
H 6. 7.12	JH⇒海老名市	交差協議(回答)
(地元協議により一時中断)		
H17. 6. 8		道路構造の変更に伴い、協議再開
H18. 9. 6	海老名市⇒NEXCO ^{※2}	施工依頼(協議)
H18.12.27	NEXCO⇒海老名市	基本協定の締結依頼(協議)
H19. 1.11	海老名市⇒NEXCO	基本協定締結

※1: JHとは、旧日本道路公団をいう。

※2: NEXCOとは、中日本高速道路(株)をいう(平成17年10月1日分割・民営化により、中日本高速道路(株)として発足)



図-1 東名高速道路横断部位置図

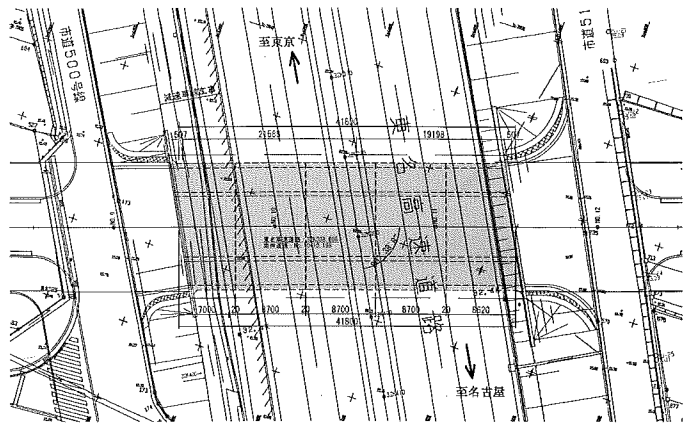


図-2 平面図

2 工事概要

2-1 工事概要

東名高速道路交差部の工事概要は表-2のとおりである。

2-2 交差基準¹⁾

高速道路では既設本線盛土と交差構造物との交差基準は以下のとおりとしている。

- ① 土かぶり：交差構造物の土かぶりとして、施工上面から路面まで約2mを確保することを原則とする。
- ② 交差角度：交差構造物の交差角度として、70°以上を原則とする。
- ③ 構造物延長：交差構造物の構造延長は、NEXCO『設計要領 第II集』「第8編 [II]カルバート」によるものとする。
- ④ 縦断勾配：交差構造物の縦断勾配は、各道路、水路などの設計基準によることを原則とする。

2-3 交差基準と交差幾何構造

本交差構造物の幾何構造は、主に南伸道路の前後の平面線形より決定されている。

また、縦断線形は周辺の農水用排水や排水の自然流下が可能な勾配が原則

表-2 工事概要

工事名	東名高速道路杉久保地区函渠工工事
事業者	神奈川県海老名市
発注者	中日本高速道路(株)東京支社
施工者	(株)間組
施工箇所	神奈川県海老名市杉久保地先
工期	平成20年10月11日～平成23年2月27日
施工延長	L=41.8m(函体延長)
施工工法	R&C+ESA併用工法

表-3 幾何構造

道路規格	第4種2級 V=50km/h
平面線形	R=∞
縦断線形	i=0.3%
土かぶり	設計土かぶりH=1.5m
交差角	東名高速道路との交差角80°38'08"
横断構成	車道部：3.5m×2 歩道部：3.0m×2

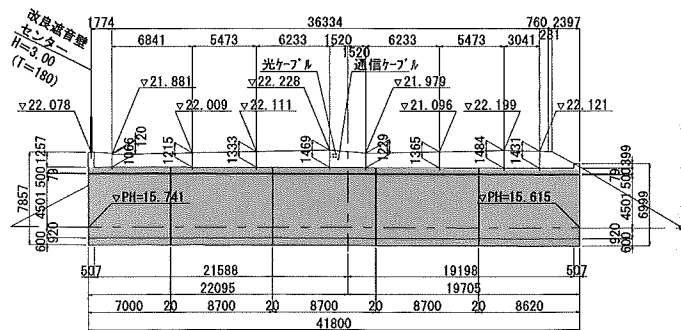


図-3 側面図

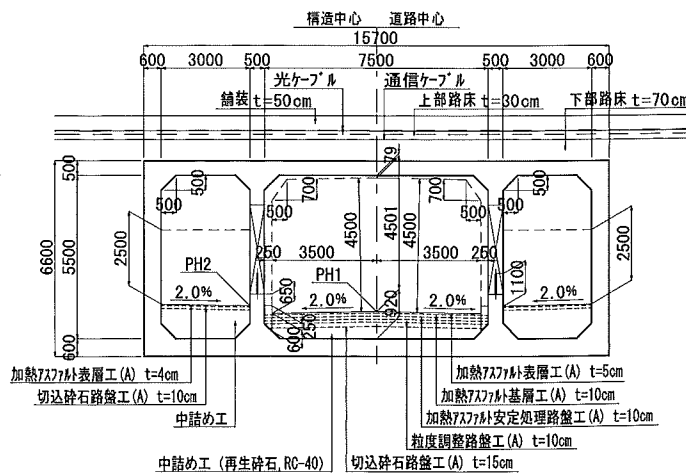


図-4 断面図

とされ、流末排水施設との整合および前後の縦断勾配から決定した。その結果、交差道路の建築限界を考慮すると土かぶりについては、約1.5mと交差基準を満足できない結果となった。それと同時に、高速道路中央分離帯に埋設配置された光通信ケーブルとの離隔が小さく、課題となることがわかった。

これらの課題は掘削工法の選定に際し重要な要素となった(表-3、図-3,4)。

3 地形・地質の概要

3-1 地形概要

施工地域は、相模川東岸に位置し、JR相模線「社家」駅から東北東方向に1.4kmほどのところにある東名高速道路32.4kp付近の道路盛土と標高15m程度を呈する沖積低地面である。

この付近の地形は、南北に流下する相模川両岸沿いに幅4～7kmの相模平野と呼ばれる沖積低地面が分布し、その背後には丘陵地と台地面、段丘面が発達する。また、西岸側7km付近には丘陵地や台地面と丹沢山地が位置する。

3-2 地質概要

施工地域付近の地質構成は、相模平野に分布する軟弱地盤地帯で、第四紀完新世の沖積層が分布する。第四紀完新世の沖積層は、扇状地堆積物(Ag)と自然堤防堆積物(As)、低湿地堆積物(Am)、砂丘堆積物(Ass)、現河床堆積物という5種類の堆積物からなり、扇状地面(Fd)には扇状地堆積物が分布する(図-5,6)。

図-6に示すとおり、東名高速道路盛土(B1)は、均質なローム層が主体であり、盛土終了後、約40年以上経過していることから、下位の粘性土層(Ac1)の圧密沈下は、ほぼ収束している。

4 工法概要

4-1 工法の選定

本工事箇所は、東名高速道路の、横浜町田IC～厚木ICの区間に位置する。当該区間は、日交通量が約13万台/往復の重交通量区間であり、渋滞発生が多い区間でもある。既設盛土をアンダーパスする工法の選定として、2-1節に示す要件から、経済性・安全性および施工実績を有し確実性

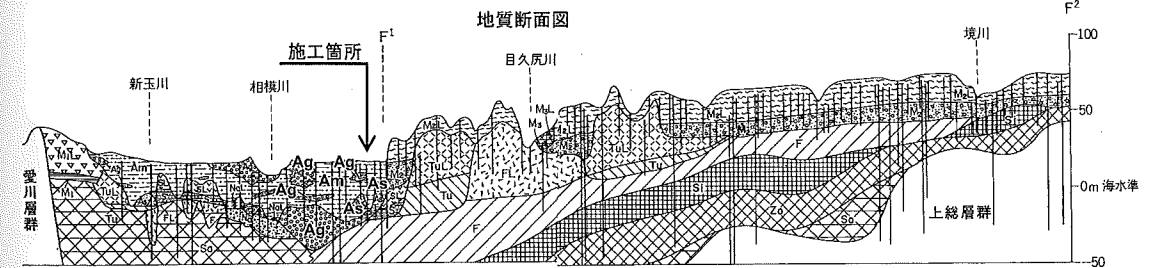


図-5 調査地域周辺の地質図²⁾

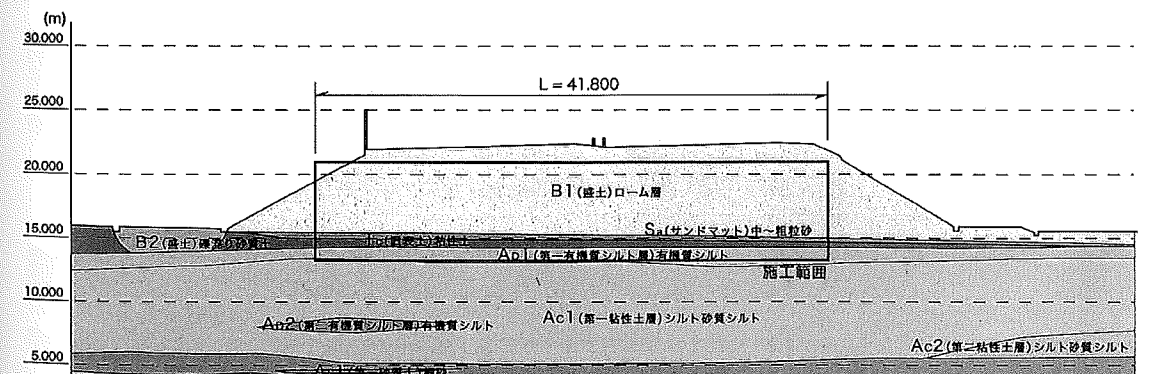


図-6 地質縦断図³⁾

のある工法を選定した。

また、掘削方法については、光通信ケーブルとの離隔が小さいことから、人力掘削を選定した。

4-2 施工方法

本工事は、R&C+ESA併用工法を採用した。

R&C工法とは、Roof(R)とCulvert(C)を表現したもので、屋根にたとえた箱形ルーフを推進後、カルバート(函渠)を推進することをいう。

ESA工法とは、Endless(E)・Self(S)・Advancing(A)・Methodの頭文字をとったもので、「無限自走前進工法」の略称である。その原理は、尺取虫の動きに似ている。

まず、後部を固定(反力)して頭部を前進させる。次に頭部を固定(反力)して後部を引き寄せるように動いてゆく。これをくり返し行い前進する工法である⁴⁾。ここに、R&C+ESA併用工法の施工順序を示す。

① 推進工法を行う事前工事として、既設盛土

部に薬液注入による地盤改良を行い、発進側および到達側の土留め工を行う。

② 北側に到達立坑を構築(図-7)し、ジオテキスタイルによる補強土壁を反力盛土として築造してルーフ架台を設置する。

③ 水平部の箱形ルーフを到達側より推進する(図-8)。

④ ルーフ架台を組替え、鉛直ルーフを推進、同時に発進台にて刃口、スカート、底部敷鉄板を敷設し、函体を現場打ちにて製作する(図-9)。

⑤ ルーフ推進設備を撤去し、ガイド導坑を築造する(図-10)。

⑥ 北側の反力壁と函渠(ボックスカルバート)をPC鋼線にて接続する(図-11)。

⑦ フロンテジャッキにて、函体を貫入・推進しながら、押し出された箱形ルーフを撤去する(図-12, 13)。

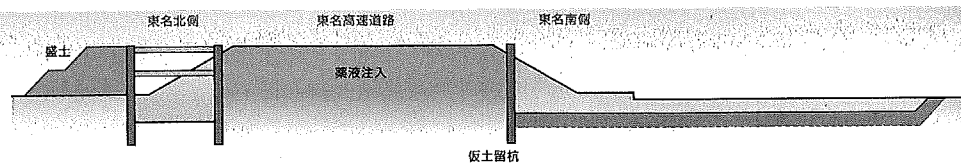


図-7 第1工程 仮設準備～立坑掘削

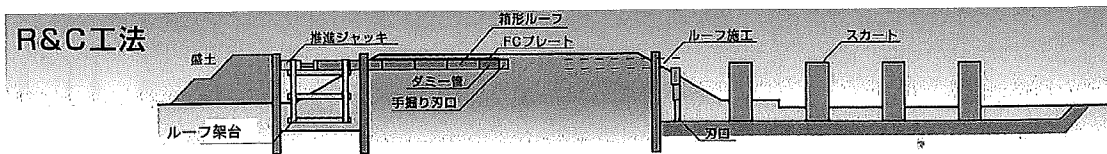


図-8 第2工程 発進台築造～箱形水平ルーフ推進

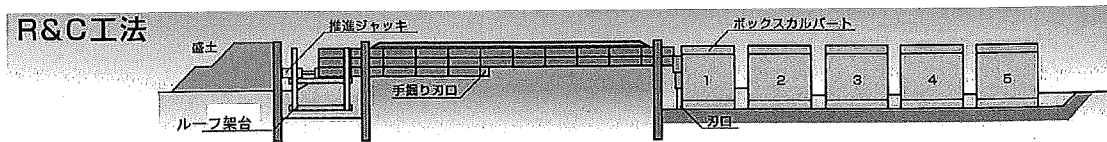


図-9 第3工程 ルーフ推進設備段取り替え～函体製作

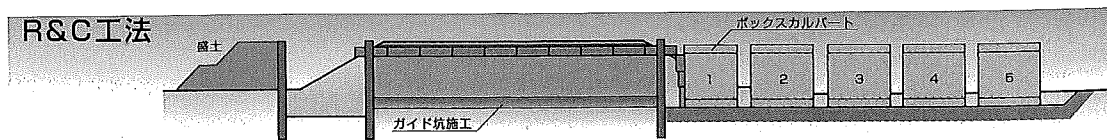


図-10 第4工程 ルーフ推進設備撤去～ガイド導坑築造

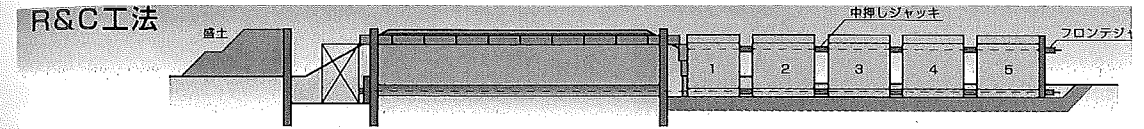


図-11 第5工程 函体推進設備準備

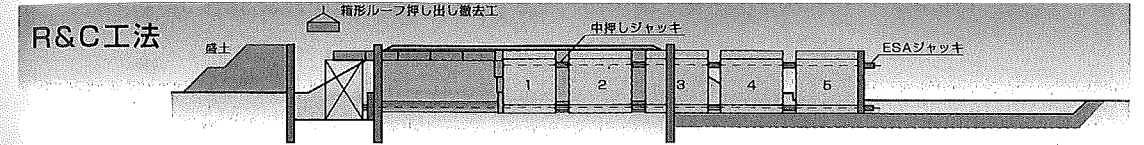


図-12 第6工程 函体推進～ESA工法盛替え

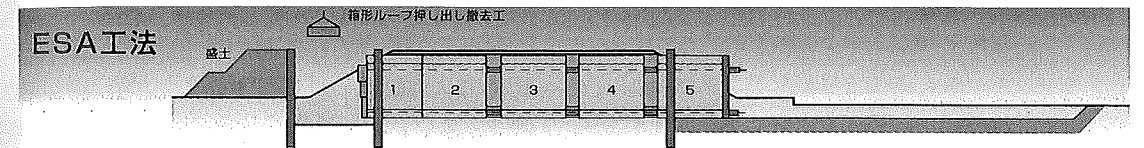


図-13 第7工程 函体推進(ESA工法)～函体推進設備撤去

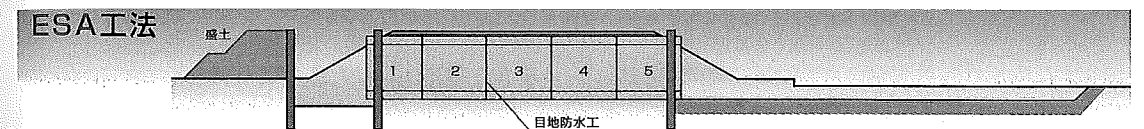


図-14 第8工程 刃口撤去～裏込め注入

- ⑧ 3 函体まで道路内に入った時点で、PC鋼線を刃口と5 函体後部に接続しなおし、ESAにて上記作業をくり返す。
- ⑨ 刃口到達後、ESAジャッキ(中押しジャッキ)を撤去し、函体を接続し、刃口を撤去する(図-13)。
- ⑩ 刃口撤去後、裏込め注入および目地防水工を施工し完成する(図-14)。

- ④ 昼夜による2交代制が可能であったため、早期施工が可能となり、路面への影響を少なくすることができた。

4-3 工法の特徴

本工事の特徴を以下に示す。

- ① 土留め構造は、グラウンドアンカー方式などの土留め方式ではなく、タイロッド方式による土留め構造とした。
- ② 反力体構造は、コンクリート壁などの反力体ではなく、ジオテキスタイルによる補強土壁の反力体構造とした。
- ③ 作業ヤードの制限が少なかったため、箱形ルーフ施工と同時に、函体の構築が可能であり、重複作業が少なく煩雑な工程にならずに進めることができた。

5 管理値の設定

本工事においては、設計土かぶりが約1.5m程度であり、光ケーブルからの土かぶりが約70cmと小さかったことから、箱形ルーフによる推進について、人力掘削を選定した(写真-1)。

また、推進距離も、 $L=41.8\text{m}$ と長いいため箱形ルーフへの活荷重(自動車荷重)によるたわみを考慮した管理値を設けた。

路面管理については、ノンプリズム自動追尾システムを使い、24時間路面を自動計測した。インターバルは1回/60分(40点/1基×4基、160点を計測)とした。

5-1 路面管理値

路面の管理基準においては、『保全点検要領 構造物編』(中日本高速道路)⁹⁾を適用し路面の管理基準を策定した(表-4)。

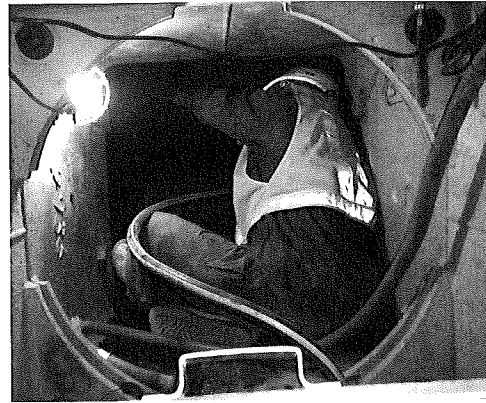


写真-1 箱形ルーフ掘削状況

表-4 路面管理基準

管理体制	管理基準値	対 策
通常体制	±10mm未満	<ul style="list-style-type: none"> 路面自動計測の継続 通常施工
警戒体制	±10mm ±30mm	<ul style="list-style-type: none"> 現場事務所内計測器にて回転灯(黄色)が点灯し警報音が鳴る。 路面の状況を目視確認(変状が見られた場合、もしくは一般車両走行中に影響が出ている場合はNEXCOへ報告)
緊急体制	±30mm以上	<ul style="list-style-type: none"> 現場事務所内計測器にて回転灯(赤色)が点灯し警報音がなる。 施工業者社員の携帯電話へ警報を知らせるメールを送信 工事を中断し、路面補修などの緊急体制をとる 速やかにNEXCOへ報告するとともに、路面補修、補強対策の協議を行う。
非常体制	著しい段差、陥没など	<ul style="list-style-type: none"> 即座に工事を中断し、緊急体制に入る 交通規制の実施、路面補修および補強対策工事の着手

路面自動計測システムについては、気象条件(降雨、霧、靄、陽炎)による測定誤差、および交通渋滞時による計測不能があるため、計測誤差や異常値の発生時における計測の評価の最終判断については、目視による路面管理および走行試験による走行感覚をもとに、総合的に判断した。

5-2 薬液注入工

薬液注入工の施工においては、1次注入および2次注入施工時において、薬液の圧力浸透注入を行うため、舗装の亀裂や防護柵の支柱などから直

接薬液が路面に飛散することが考えられた。したがって、注入作業時には、高速道路上下線路肩部に路面監視員を配置し、薬液の漏れおよび路面変状状態の有無を監視した。

注入工法は、2重管ダブルパッカー方式による注入とし、注入材料については、地盤の粗詰め効果を目的とした1次注入材(セメントベントナイト)、地盤および層境への浸透に優れ、路面への隆起変状がもっとも少なく、周辺環境に安全な2次注入材(無機溶液型緩結材：シリカライザー)で注入を行った。

注入圧力は、地盤中に吐出するさいの抵抗力であるため、注入圧力を設定することが難しい。本現場においては、土質条件が緩い粘性土(N=0~4)であることから、一般的な経験則により、粘性土注入圧(0.50~1.0MPa)を管理値とし実施した。

5-3 箱形ルーフ工

箱形ルーフ管の設置出来形は、函体推進時において、推進力および函体推進方向制御などに多大な影響を及ぼすため、施工時における線形管理が重要となる。

推進計画の高さについては、箱形ルーフ上端高さが函体上端高さより低い場合、函体推進時にFCプレート(フリクションカットプレート)を押し上げるための推進力を必要とし、函体に偏心力を加えることや、局部的な支圧をコンクリート面に与えることになり、構造クラック発生要因となることが考えられた。

したがって、箱形ルーフ工および函体推進工における設置高さの設計値は、施工誤差や推進延長が長いことによる自動車荷重のたわみ(キャンバー)などを考慮し、高さ方向の施工誤差を設定し管理するもので、図-15のとおり計画、実施した。

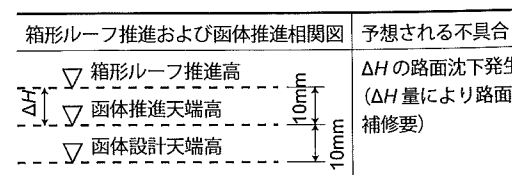


図-15 箱形ルーフおよび函体推進相関^{*)}

5-4 函体推進工

函体製作については、設計値を+10mmと設定し製作した。そのため、箱形ルーフ推進時における高さの設計値は、+20mmと設定した。また、平面線形(横方向)による設計値は、函体外端+10mmとし施工した。

6 施工結果

6-1 薬液注入工

薬液注入時の注入圧は、0.4~0.6MPaで施工したが、発進側で約20mmの隆起が発生した。そのときの注入圧は約0.6MPaであった。そこで計測頻度を1回/30分に変更し、注入量管理から注入圧管理の併用とした。

また、同様な事象が、到達側でも発生し、20~30mm程度の隆起が観測されたが、通行車両の連続輪荷重により、5~7mm程度の沈下量で収束が観測された(写真-2)。

注入圧を適正に管理することで、薬液注入において懸念された、路面亀裂や防護柵支柱付近からの薬液漏れは確認されなかった。

6-2 箱形ルーフ工

箱形ルーフ工においては、ルーフ通過に伴う路面沈下が5~10mm程度が観測された。また、ガイド導坑施工においても、10~15mm程度観測された。これは、ガイド導坑と鉛直ルーフとの直上付近での施工上地山の緩みによるものと判断される(写真-3)。

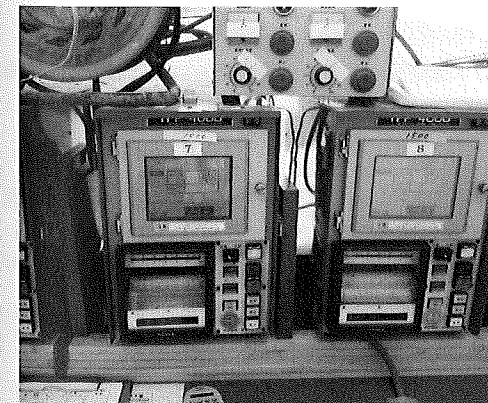


写真-2 薬液注入管理状況

6-3 函体推進工

函体推進工については、函体通過に伴い、約20mmの路面沈下観測された。これは、箱形ルーフの推進設定高さを+20mmに設定していたため、設定分およびFCプレートと函体のなじみによる沈下であると想定された(写真-4)。

路面沈下に対しては、約30mm弱と警戒態勢区分であったが、今後の路面の安定を図るため函体推進完了後に路面補修を行い、函体と本線盛土との間隙による収束沈下に対応した。図-16に函体の推進力と推進長関係図を示す。また、表-5に設計推進力の実績を示す。

おおむね、設計推進力の50~60%強で推進できており、大きなトラブルもなく非開削工法による歩道付き2車線道路交差構造物の施工を完成できた(表-5、写真-6)。

このように推進工法による、交差構造の工事においては、極力短期間に推進貫通させることが、既設盛土内の緩みを少なくし、路面の影響を抑えることができるものと考えられる。

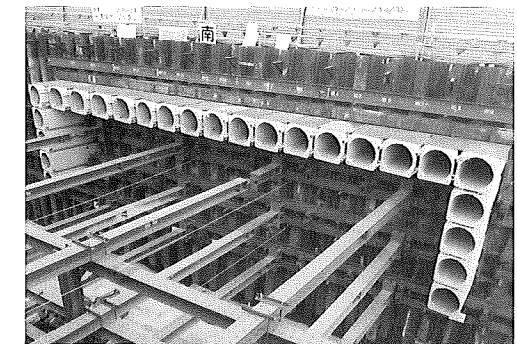


写真-3 箱形ルーフ設置完了

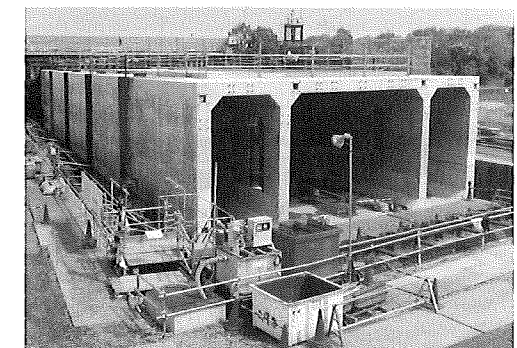


写真-4 函体推進状況

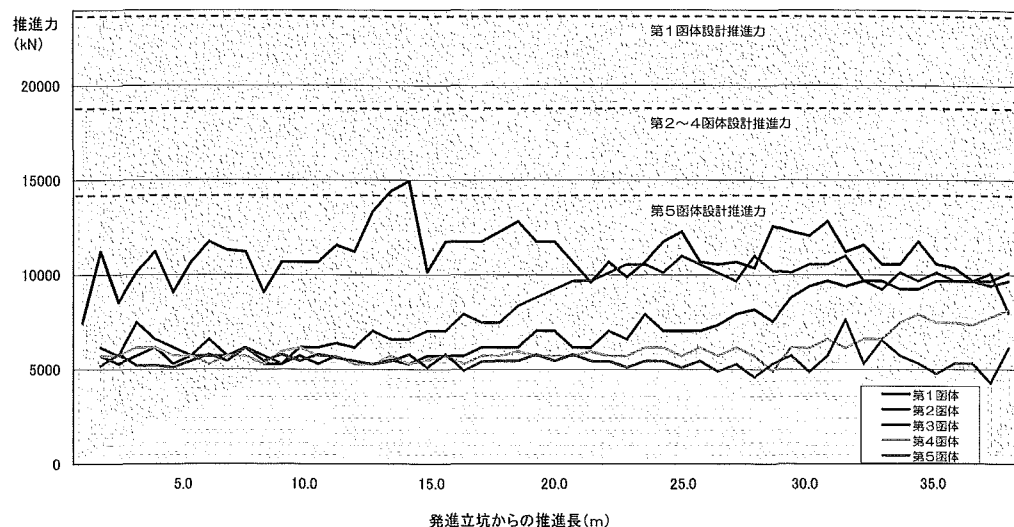


図-16 函体推進力と推進長関係図

表-5 函体推進力

函体名	最大推進力(kN)		備考
	設計推進力	実績推進力	
第1函体	23,811	14,946	62%
第2函体	18,829	10,990	58%
第3函体	18,829	10,111	54%
第4函体	18,829	8,164	43%
第5函体	14,177	7,616	54%

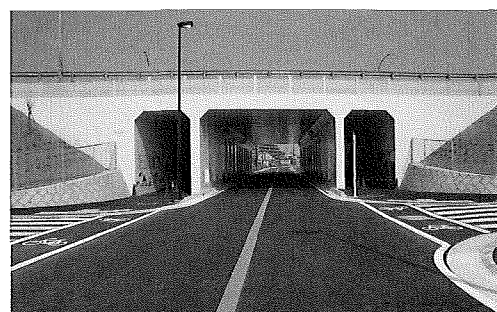


写真-5 完成

7 おわりに

本工事の最大の課題は、1日約13万台の重交通路線直下を小土かぶりで函体を推進することであった。それは、高速道路を利用されるお客様に対し、走行の快適性と安全性を確保する施工を行うことであり、工法の選定、慎重な施工と計測管理を行う必要があった。工法の選定において、今回施工

実績のあるR&C+ESA併用工法を選定したことは、妥当であったと考えられる。実績が豊富な工法だけに、さまざまな案件に対し確立されているからである。

計測管理においては、路面の沈下管理や走行管理を行うことで快適性と安全性が確保できた。

今後、小土かぶりのアンダーパスの工事において本報告が参考になれば幸いである。また、本工事の完成間近において、東日本大震災が発生し、当地域も震度5弱を観測したが、函体に異常は確認されなかった。最後に本工事を完成するにあたり、関係各位の多くのご助言、ご協力を賜り、ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 日本道路公団：高速道路の交差施設に関する技術指針(案)，第2章，p.11，2001.11.
- 2) 岡重文ほか：藤沢地域の地質，地域地質研究報告，地質調査所，pp.82-86，1979.
- 3) 片平エンジニアリング：東名高速道路 杉久保地区 函渠検討業務，2008.3.
- 4) アンダーパス技術協会：http://www3.ocn.ne.jp/~randc/
- 5) 中日本高速道路：保点検要領，第5章，p.43，2006.4.
- 6) 榎本登：重交通路線での低土被りによる推進施工，建設の施工企画，No.734，pp.49-54，2011.4

施工

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—

大成建設(株)技術センター土木技術研究所部長 藤原 靖

大成建設(株)千葉支店作業所長 安藤 肇

大成建設(株)土木本部土木技術部トンネル技術室参与 領家 邦泰

(前)東日本高速道路(株)関東支社木更津工事事務所木更津長柄工事長 芹沢 尚一

1 はじめに

トンネルなどの建設工事から発生する濁水は、通常、凝集剤を使用して沈降汚泥と上澄み液に固液分離され、沈降したSS(浮遊物質)はフィルタープレスなどで脱水して脱水ケーキとして排出・処分される。その際、放流される上澄み液には、凝集剤の成分が残留する。そこで、凝集剤の成分が生分解性を有しない、あるいは天然鉱物でない場合には、水産業や希少水生生物の保護に携わる方々から、周辺の自然環境への影響について懸念される場合がある。また、脱水ケーキは産業廃棄物として処分される場合が多いため、その有効利用方法が課題となっている。

したがって、濁水処理では、処理水の放流が周辺環境に悪影響を及ぼさないこと、排出される脱水ケーキはその現場内でできるだけ再利用することが課題となっている。

著者らは、環境負荷の少ない濁水処理を目指し、トンネル建設工事の濁水処理に天然由来であるキトサン凝集剤を適用した。また、発生する脱水ケーキについては、法面緑化用の生育基盤材としての適用性について緑化試験施工を行い利用可能であ

ることを確認した。本稿では、これら一連の経過について報告する。

2 トンネルの概要

2-1 工事の概要

千葉県で建設中の首都圏中央連絡自動車道真名トンネル建設工事で発生する濁水の処理にキトサン凝集剤を適用した。トンネルはスポーツ施設の直下を通る下り線暫定2車線の長さ927mの道路トンネルである。トンネル部の幅員は9.0m、地質は上総層群笠森層の細粒砂岩層で、坑口周辺の傾斜地表面で湧水が見られる。トンネル掘削はツインヘッダー2,000kg級による機械掘削方式で、NATM上半先進ベンチカット工法(上下同時併進)、掘削断面90m²、非常駐車帯2か所である。

2-2 立地と環境

真名トンネルは、国が天然記念物に指定する希少水生生物の生息域である小河川の源流域に位置する。そのため工事による生息環境への影響を検討するために「首都圏中央連絡自動車道(東金～茂原長南)道路環境整備検討委員会」を組織し、学識経験者や専門家などの意見を聞きながら、さまざまな調査や環境保全対策の検討を行ってきた。

保全対策の一つとしてトンネル掘削時に発生する濁水処理に使用する凝集剤に天然由来のキトサン凝集剤を採用した。

千葉県河川の放流基準はpH5.8~8.6、浮遊物質濃度(SS)200mg/Lである。保護対象とする水生生物の生息域の事前調査により、対象生物の生息する河川の現状のpHが8に近く、希少水生生物の生息限界に近いことからpHの管理基準値を厳しく定めた。管理基準値はpH6.7~7.5、SS25mg/L以下とした。

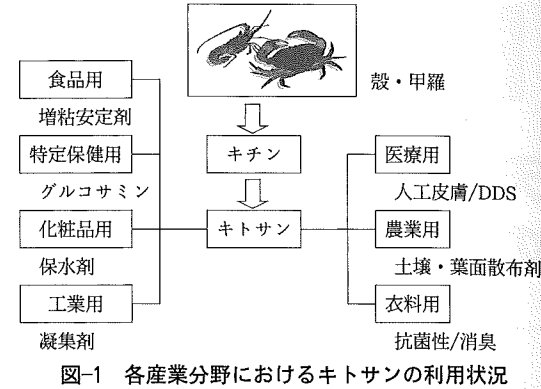


図-1 各産業分野におけるキトサンの利用状況

3 濁水処理方法

3-1 キトサン凝集剤

多糖類のキトサンは、水産廃棄物であるエビやカニ殻を原料としてキチンがまず抽出される。キチンは20世紀最後のバイオマス資源として注目され、地球上で生物が作る量は年間1,000億トンにもなると推定されている。キトサンは、キチンをアルカリで処理し、アセチル基が除かれた高分子である。

キトサンは図-1に示すように、各産業分野ですでに利用されており、各種動物に対する毒性試験によって安全が確認されている。

一般に多糖類のような高分子は負に帯電しているが、キトサンは正に帯電しているまれな物質である。濁水の原因成分である岩石や土砂中の鉱物の微細粒子は負に帯電している。そのため、両者はお互いに静電的に引き合い中和され、高分子複合体を作り、フロックを形成して凝集沈殿する。電気的な役割は通常の濁水処理で用いられるポリ塩化アルミニウム(PAC)、フロック形成促進の役割は高分子ポリマーの両方の役割を担っている。したがって、キトサン凝集剤の場合は1剤で対応が可能ということであり、ポリ塩化アルミニウムと高分子ポリマーを併用する場合に比べて、濁水濃度に応じた凝集剤添加量の制御が容易となる。キトサン凝集剤の溶解前の状態を写真-1、溶解した原液の状態を写真-2に示す。

3-2 濁水処理設備と処理能力

トンネル工事で発生する濁水は、濁水成分は地

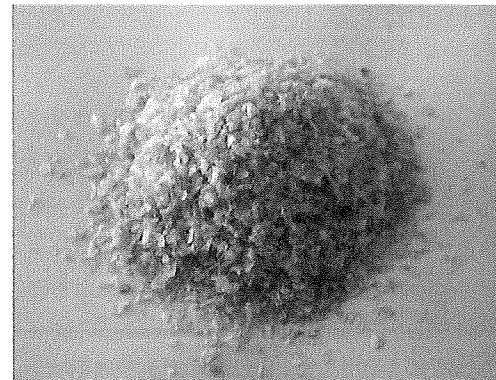


写真-1 キトサン凝集剤



写真-2 キトサン凝集剤の原液

山状況に伴い変化し、湧水量や設備などの洗浄水の使用量により、原水の浮遊物質濃度(SS)や発生する濁水量が時々刻々と変動する。したがってトンネル工事では、濁水の状態が施工期間中に変化するという不安定な条件下で、所定の排水基準を満足する処理水の水质を維持する必要がある。

表-1に本トンネル工事の濁水の原水の性状、ジャーテストの結果にもとづいて決定したキトサン凝集

表-1 処理設備設計のための条件

原 水	
浮遊物質濃度 mg/L	3,000
濁水処理量 m³/h	30
キトサン凝集剤濃度 mg/L	5.0
濁水最大 pH	11.5
濁水発生時間 h/day	24
処 理 水	
浮遊物質濃度 mg/L	25以下
pH	6.7~7.5

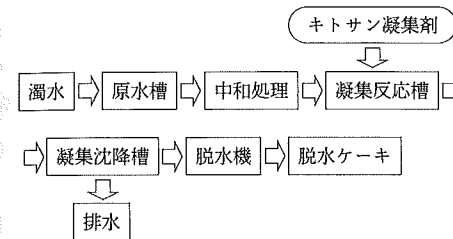


図-2 濁水処理フロー

剤濃度、処理水の管理基準値など、濁水処理設備の設計のための条件を示した。設計では、原水の浮遊物質濃度は3,000mg/Lとし、キトサン凝集剤濃度は5.0mg/Lとした。

濁水処理フローの概要を図-2に示す。沈砂池からポンプアップした濁水は、原水槽にいったん貯留した。原水は処理前に炭酸ガスにて中和処理を行い、凝集反応槽でキトサン凝集剤の所定量を添加し、約5分間反応させた。なお、キトサン凝集剤の添加量は、濁水原水の浮遊物質濃度の測定結果によって応じて調整した。その後、凝集沈降槽で汚泥を沈殿させ、清澄な上澄み液は排水(放流)した。汚泥はいったん貯泥槽に移し、その後フィルタープレスにより脱水ケーキとして排出した。

原水槽に流入する濁水の状態を写真-3に示す。処理水を放流する前に写真-4に示すように最終放流水槽の中で金魚を飼育することで、処理水の水生生物への影響を常時モニタリングしながら放流した。



写真-3 濁水原水の状況

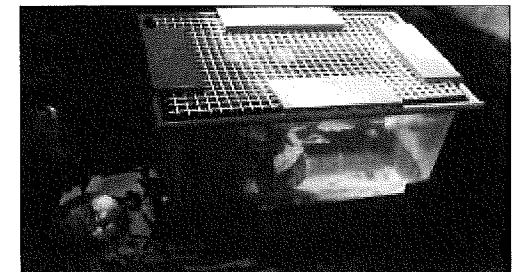


写真-4 処理水の状況

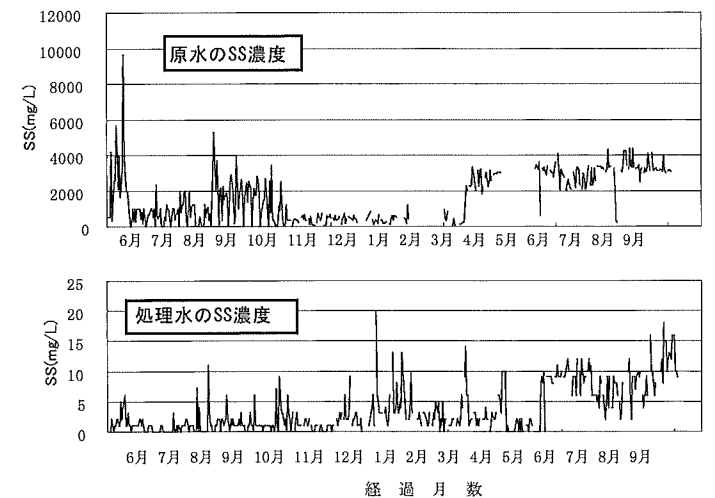


図-3 キトサン凝集剤による濁水処理経過(上:原水のSS濃度の変化, 下:処理水のSS濃度の変化)

3-3 濁水処理の経過

処理水の管理値は、浮遊物質濃度が25mg/L以下であり、pHが6.7~7.5の範囲である。

図-3に2009年5月~2010年9月までのトンネル掘削期間の濁水の原水と処理水の浮遊物質濃度の推移を示す。当初1か月は原水濃度が最大9,600mg/Lと高くなっていた。これは掘削の初期段階であるため、湧水量が少なく、吹付けコンクリー

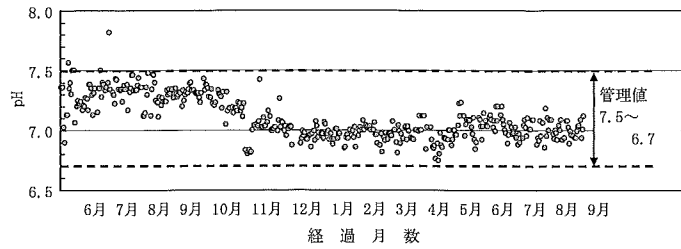


図-4 濁水処理水のpHの推移

トの製造で発生する洗浄水量がほとんどないためと考えられる。その後の数箇月はインバートの掘削が始まり掘削量が増加したためおよそ3,000mg/L以下で推移した。次の数箇月は掘削が進んで延長距離が長くなり、湧水量が増加して浮遊物質が希釈されたため約1,000mg/L以下の低濃度で推移した。最後の数箇月は、地山がより細粒分の多い地質に変化したため再び濃度が約4,000mg/L以下と高濃度で推移した。このように全体として原水の浮遊物質濃度に大きな変動がある状況での濁水処理であった。

処理水の浮遊物質濃度はすべての期間で25mg/L以下で推移した。原水濃度が比較的高い期間であった最後の数箇月については、やや高い濃度となった。しかし、大部分の期間において管理基準値である25mg/Lよりも低い15mg/L以下で処理することができ、水生生物の生息環境保全のための水質を確保することができた。

図-4にpHの推移について示す。pHは掘削工事期間の前半ではおよそ7.3付近、後半は7.0付近で推移している。管理基準値に対しては工事の当初の2回のみ7.5以上となった。それ以外は6.7~7.5という狭い管理基準値の範囲に維持することができた。

キトサン凝集剤の平均濃度は、添加量の合計と原水総量をもとに算出すると5.46mg/Lとなり、ほぼ設計した添加量となった。設計値5.0mg/Lに比較してやや増加した原因は、図-3に示したように設計濃度の3,000mg/Lを超える高濃度の濁水が発生し、

それに対応して凝集剤添加量が増加したためと考えられる。

4 脱水ケーキの利用

4-1 緑化のための生育基盤材への利用検討

キトサン凝集剤で処理した脱水ケーキの生育基盤材への利用について、緑化試験工事の前に予備試験により検討した。

2つの異なる細粒質の堆積岩地山におけるトンネル掘削工事で発生した濁水を、それぞれキトサン凝集剤で処理した脱水ケーキ(以下、「キトサン脱水ケーキ」と略記する)と、PAC凝集剤および高分子凝集剤で処理した脱水ケーキ(以下、「PAC脱水ケーキ」と略記する)の2試料と比較検討を行った。

両試料について、含水比、飽和透水係数、有効水分、pH、電気伝導度(EC)、陽イオン交換容量(CEC)などの項目について分析を行い、その結果を表-2に示す。結果を「緑化事業における植栽基盤整備マニュアル」¹⁾における土壌分析結果の分級(ランク付け)と比較した。両試料とも有効水分と陽イオン交換容量は「優」であるが、その他の評価因子は「不良」または「極不良」であった。2種とも生育基盤材として利用するには土壌改良材の適量の添加が必要であることが明らかとなった²⁾。

次にコマツナによる発芽試験を行った。コマツナの発芽試験は、キトサン脱水ケーキとPAC脱水ケーキの各々を客土したプラスチックポット(500mL容)に、種子を播種して人工気象室内で

表-2 脱水ケーキの植栽基盤としての性状²⁾

評価因子	単位	キトサン脱水ケーキ		PAC脱水ケーキ(PAC+高分子)		
		値	評価	値	評価	
物理特性	飽和透水係数	m/s	7.1×10 ⁻⁶	不良	1.1×10 ⁻⁵	良
	有効水分	L/m ³	465	優	472	優
化学特性	pH	—	9.6	極不良	8.7	不良
	EC	dS/m	3.6	極不良	6.5	極不良
	陽イオン交換容量	cmol _c /kg	26	優	33	優
コマツナ発芽試験	7日後発芽率	%	97.8		52.2	
	21日後発芽率	%	100		65.6	

試験を行った。結果は表-2に示したように、キトサン脱水ケーキはPAC脱水ケーキに比べてコマツナの発芽率が非常に良好であり、植物の発芽促進作用を有することが示唆された²⁾。PAC脱水ケーキではコマツナの葉の中に変形したものや黄色く変色したのが見られた²⁾。

4-2 脱水ケーキを用いた法面緑化の試験施工
生育基盤材への利用検討結果にもとづき、トンネル建設工事の区域内に仮設の法面緑化試験区(約60m²)を設けて、脱水ケーキの生育基盤材としての適用性を確認した。

生育基盤材を配合するにあたり、キトサン脱水ケーキに配合する土壌改良材は『植生のり面施工管理要領』³⁾を参考にし、脱水ケーキに配合した資材の一例としては、有機性資材(バーク堆肥:ピートモス=80:20)、粘着材(A剤もしくはB剤)、肥料(高度化成肥料、緩効性窒素化成肥料)を使用した。

施工法は客土工と客土吹付け工の2工法で、それぞれの生育基盤材の配合を表-3に示す。客土工の配合は3種類(脱水ケーキと土壌改良材との比率が70%:30%, 85%:15%, 100%:0%)で3試験区、客土吹付け工の配合は2種類(脱水ケーキと土壌改良材との比率が90%:10%で粘着材が2種類)で2試験区とした。できるだけ脱水ケーキの配合比率を高くして、脱水ケーキの有効利用量を多くするように配慮した。

客土吹付け用の種子には、芝草3種(トールフェスク、バミューダグラス、クリーピングレッドフェスク)を使用し、2009年9月中旬に播種した。

施工は客土工の場合は重機を用いて材料を型枠内に充填し、客土吹付け工では生育基盤材に加水したのち、吹付け機により施工した。法面勾配は1:1.2とした。客土工の施工状況を写真-5に示す。

表-3 施工法と生育基盤材の配合

材料	客土工			客土吹付け工	
	70%	85%	100%	90%	90%
脱水ケーキ	70%	85%	100%	90%	90%
有機性資材	30%	15%	0%	10%	10%
粘着材	なし			A剤	B剤
肥料	なし			あり	

試験区の施工直後の状況を写真-6に、施工2か月後の播種した芝草の生育状況を写真-7、1年後の生育状況を写真-8に示す。いずれも生育状況は良好である。施工2か月後(写真-7、11月中旬)の植被率(植物が地表を被覆する割合)を図-5に示す。植被率はいずれの試験区においても100%であり、日本道路協会の『道路土工一切土工・斜面安定化工指針(平成21年度版)』の「成績判定の目安」である2か月後で植被率70%を大きく上回っている⁴⁾。また、施工2か月後の芝草の生育長は最大



写真-5 客土工の施工状況

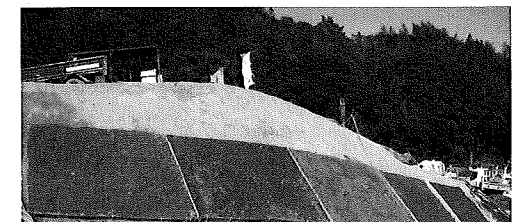


写真-6 試験施工直後の法面試験区の状況

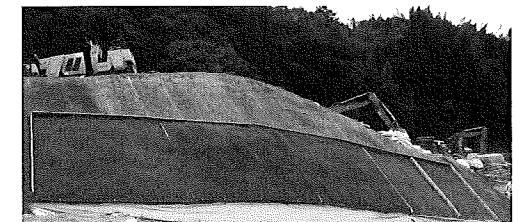


写真-7 2か月後の試験区の生育状況



写真-8 1年後の試験区の生育状況

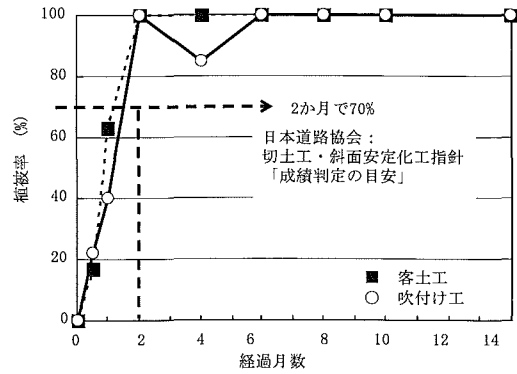


図-5 試験区の植被率の経時変化

22cm, 生育本数は2,500~6,000本/m²の範囲で, 植被率と同様の傾向を示した⁴⁾. なお冬枯れ現象が見られたが, 4月中旬より芝草は緑色となり旺盛な生育が再度観察されている. 2011年4月現在も生育良好である.

以上のように本工事のような細粒の砂質地山においてキトサン凝集剤を使用した沈降汚泥の脱水ケーキは, 生育基盤材として有効利用が可能であることから, 今後同様な地山での緑化工事への適用が期待される. なお, 脱水ケーキの利用にあたっては, 土壌汚染対策法に指定された有害物質に関する試験(溶出量, 含有量)を行い, 基準値以下であることを確認する必要がある. さらに脱水ケーキについては, その起源となる濁水の発生したトンネル位置, 脱水ケーキの製造日と製造量, 生育基盤材作成時の使用量, 緑化工事での施工量と施工位置などを記録して, トレーサビリティを確

保することが重要である.

5 おわりに

建設工事と濁水処理とは密接な関係がある. とくに自然環境に恵まれた沢や河川の多い山間部や沿岸部では, 水生生物や漁業資源との関係で水域環境の保全がクローズアップされる場合が多い. このような環境下では, 工事を取り巻くさまざまなステークホルダーに受け入れられる環境に調和した技術が求められる.

本稿で紹介した天然由来のキトサン凝集剤による濁水処理と脱水ケーキの利用技術は, 環境に調和した技術の1つである. 本稿がトンネル工事にかかわる環境保全の一助となれば幸いである.

参考文献

- 1) 日本造園学会緑化学研究委員会: 緑化事業における植栽基盤整備マニュアル, ランドスケープ研究, Vol.63, No.3, pp.132-149, 2000.
- 2) 川又睦・大野剛・藤原靖・秋吉美穂・領家邦泰・岡崎聡: 環境調和型凝集剤を含む脱水ケーキの植栽基盤材への利用検討, 土木学会第64回年次学術講演会, pp.297-298, 2009.
- 3) 東日本高速道路: 植生のり面施工管理要領(平成21年4月), pp.8-9, 2009.
- 4) 川又睦・大野剛・木元明日子・赤塚真依子・大脇英司・藤原靖: 環境に優しい濁水処理と脱水ケーキの有効利用—キトサン凝集剤の活用による環境負荷低減技術“キトリート”の開発—, 大成建設技術センター報, Vol.43, pp.58-1-58-6, 2010.

施工

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—

東京都下水道局東部第一下水道事務所建設課長 青山 忠 男
 大日本土木(株)押上シールド作業所長 平 島 敏 夫
 大日本土木(株)押上シールド作業所監理技術者 加 藤 力 三
 大日本土木(株)土木本部土木技術部担当課長 三 井 健 司

1 はじめに

東京都下水道局では, 老朽化した下水道管渠の更新や機能向上を図る再構築事業に取り組んでいる.

東京スカイツリー建設を含む押上・業平橋駅周辺土地区画整理事業では, 下水道再構築事業の一環として, 雨水流出量増大による浸水被害軽減を目的に墨田区押上一丁目, 横川二丁目付近管渠再構築工事を実施している.

本工事は, 仕上がり内径1,800mmの管渠を新設

するもので, 将来の駒形幹線に雨水の一部を流下させる主要枝線であり, コンパクトシールド工法を適用して北十間川の耐震矢板護岸の貫通, および7か所の急曲線を施工するものである.

2 工事概要

2-1 工事概要

工事件名: 墨田区押上一丁目, 横川二丁目付近再構築工事

工事場所: 墨田区押上一丁目~横川二丁目

発注者: 東京都下水道局

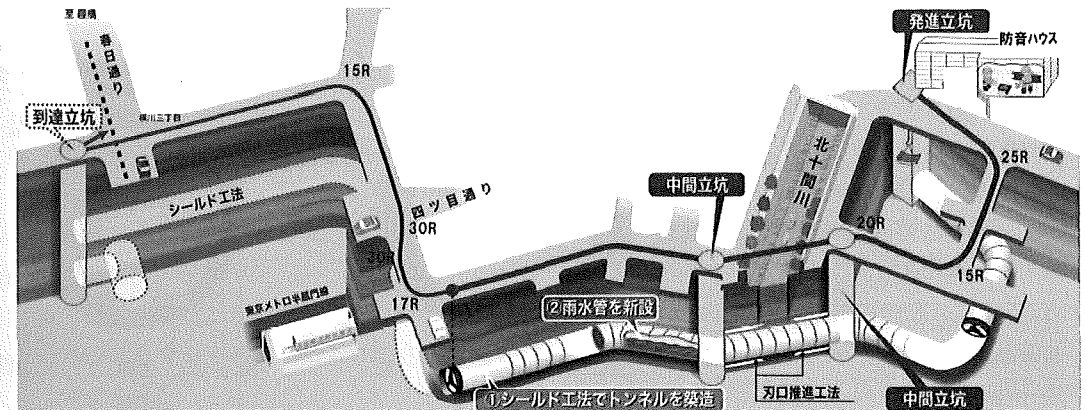


図-1 工事概要図

わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 B5判 209頁 本体価格 2,500円 円340円

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

株式会社 **土木工学社**

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

施工者：大日本土木(株)

工期：平成21年3月9日～平成23年8月

2-2 工事内容

本工事は、東京スカイツリーを含む開発エリア内を発進し、横川二丁目までの延長約972.4mのシールド工事である。

シールド路線の北十間川付近には、耐震矢板護岸などの河川構造物のほか、地下鉄半蔵門線、東京電力管路などの重要構造物が存在している。シールド縦断線形は、これらの構造物と流下先の駒形幹線との関係から決定され、河川の耐震矢板護岸を貫通させて構築する計画である。

また、発進立坑部では平成23年度末のスカイツリー街開きに向けて、土地区画整理事業やインフラ施設の更新・新設工事などが密集した場所で行われている。

下水道局では各企業全体の工事工程を円滑に進めるため、工期短縮が可能なコンパクトシールド工法を採用して施工するものである。



写真-1 コンパクトシールド

表-1 工事内容

延長	970.95m
一次覆工	コンパクトシールド工法 延長：972.4m シールド外径：φ2,230mm 仕上がり内径：φ1,800mm
二次覆工	フローリング工法 延長：204.25m 仕上がり内径：φ1,800mm
土かぶり	9.24～10.84m
縦断勾配	-1.3‰
急曲線	15R, 17R, 20R, 30R
その他	耐震護岸貫通1か所

3 地質概要

施工場所は、隅田川と荒川に挟まれたデルタ地帯で、標高は約1.0mである。地層構成は、埋土層以深に沖積層の上部有楽町層(Yu)および下層有楽町層(Yl)が厚く堆積し、その下位は洪積層の埋没段丘層(bl, btg-2)が堆積している地層である。

シールド位置では、N値が0～2程度と非常に軟弱な粘性土層である。

また、4か所の地中ガス調査において、空気補正後のメタン濃度が15%vol以上の高い値を示し、施工時の安全性を確保するために、坑内ガスの検知と換気について十分な管理を要求される地盤である。

4 コンパクトシールド工法の適用

本工事は、従来のシールド工法を、より一層のコスト縮減、工期短縮、環境負荷の低減など、維持管理時代への対応を図り進化させた新たなシールド技術「コンパクトシールド工法」を採用している。

東京スカイツリー関連の工事として限られた工期での施工となることから、コンパクトシールド工法の特徴を最大限に活用して以下に述べる工期短縮を図っている。

本工法の主な特徴は、4分割3ヒンジ構造の溝付き二次覆工一体型セグメント、後方設備を内包

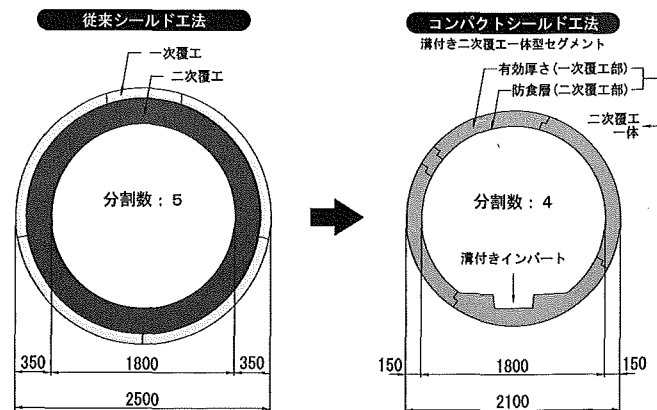


図-2 標準工法とコンパクトシールド工法

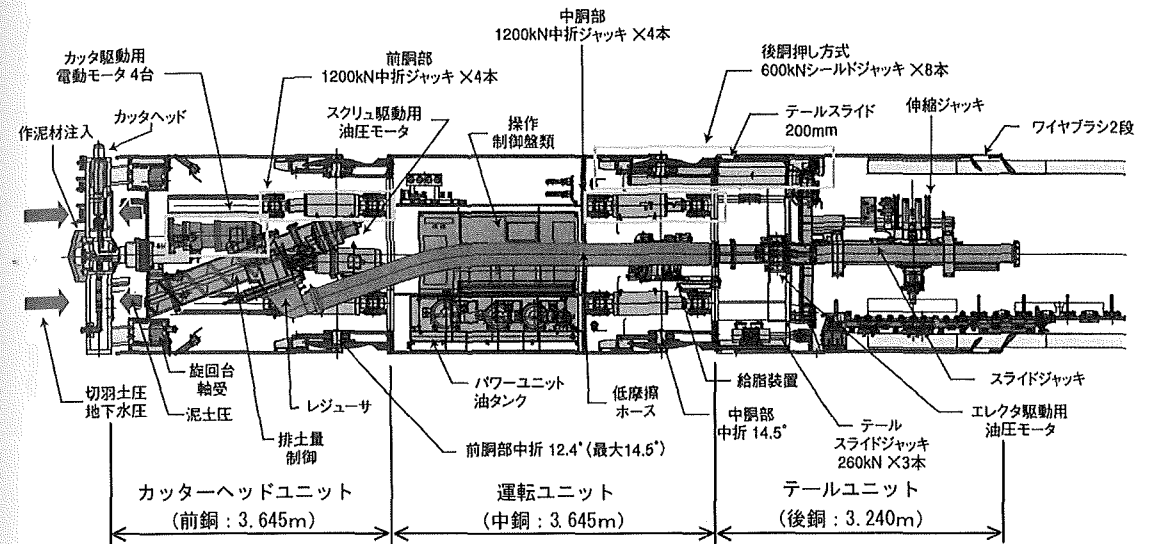


図-3 後方設備内包型3分割シールド断面図

した3分割シールド、ガイドローラ付きタイヤ式無操舵搬送システムである。

なお、本工事に使用するシールドは、到達立坑において前胴部と中胴部を引き上げ、別途発注予定の工事に再利用する計画である。

4-1 溝付き二次覆工一体型セグメント

一次覆工と二次覆工を一体化したインバート付き4分割3ヒンジ構造のセグメントであり、以下の特徴を有する。

- ・二次覆工厚を薄くでき掘削断面を約30%削減できる。
- ・二次覆工の工程を省略できる。
- ・4か所のセグメント継手のうち、1か所を剛結とすることで3ヒンジの静定構造物となり安定性が高い。
- ・分割数を少なくしたことにより、セグメント組立て時間が短縮できる。

4-2 後方設備内包型3分割シールド

シールドを3節に分割・ユニット化し、後方台車設備をシールドに内蔵する構造であり、以下の特徴を有する。

- ・後方設備内蔵により初期掘進を省略できる。
- ・分割のまま発進することにより、立坑長を短くできる。
- ・分割化により、シールドの転用を図りやすい。

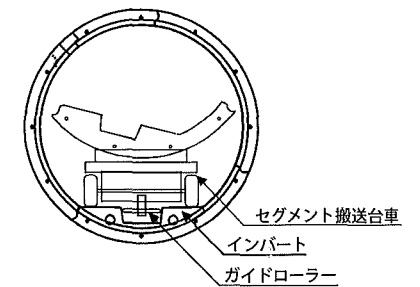


図-4 ガイドローラ付きタイヤ式無操舵搬送システム

4-3 ガイドローラ付きタイヤ式無操舵搬送システム

インバート溝をガイドとして無操舵で走行するタイヤ式の搬送システムとすることで、従来のレール・枕木などの軌条設備が不要となる。

5 耐震矢板護岸部の河川横断

耐震矢板護岸の貫通にあたっては、図-5の施工手順に従い、護岸矢板の安全確保を優先に施工を行った。

5-1 耐震矢板護岸の転倒防止対策

シールドの河川横断に先立ち、シールド掘進時に支障となる耐震矢板護岸の直径2.6m(矢板6枚分)部分を切断撤去する。切断された矢板は、根入れ長が7m程度残るものの安定性が損なわれる。このため、矢板の転倒防止対策として鋼矢板背面

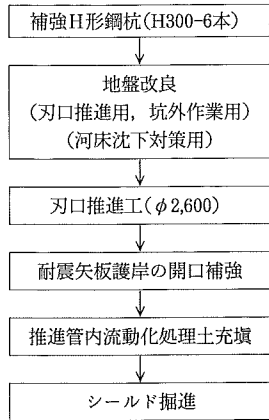


図-5 耐震矢板護岸の補強手順

に補強杭を打設し、鋼矢板に作用する側圧に対して、鋼矢板背後に打設するH形鋼杭によって補強する。

最初に、オーガ式杭打ち機によって矢板護岸の背後の開口部両側にそれぞれ3本のH形鋼(H-300×300×10×15, L=15.5m)を打設した。次に、矢板頭部と補強杭頭部を鋼材(特殊H-400×400×13×21)によって連結した。

5-2 地盤改良

矢板護岸の開口部補強に先立ち、河床の沈下防止対策、刃口推進工の切羽止水対策、および地山自立対策として地盤改良を行った。

5-2-1 河床の沈下防止対策(図-8①)

河川内のシールド通過に伴う河床の沈下防止対策として、シールド管底-1.0mから既設地盤改良体までを高圧噴射攪拌工法(JSGφ1,800)によって地盤改良した。なお、河川内の地盤改良は、河床の沈下対策とともに、耐震矢板護岸を切断する際の背面地盤を自立させる目的でもある。

地盤改良にあたり、既設地盤改良体にケーシングを設置しケーシング内の排泥をバキュームにて吸い上げ処理することによって河川への排泥流出を防止した。

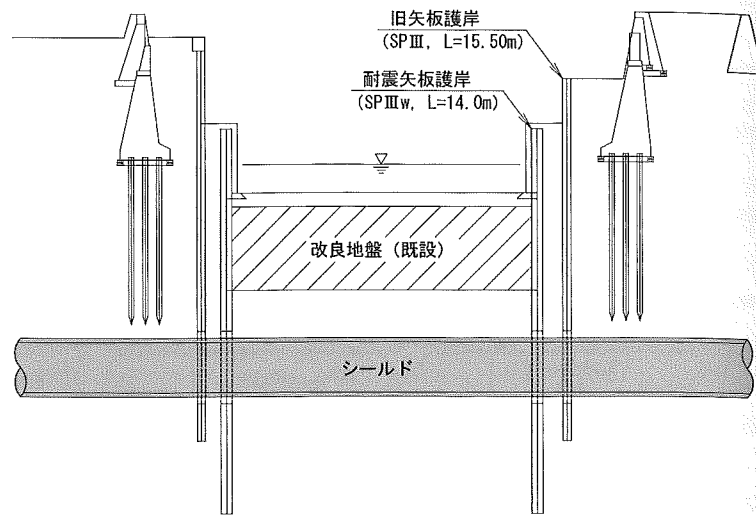


図-6 耐震矢板護岸部縦断面図

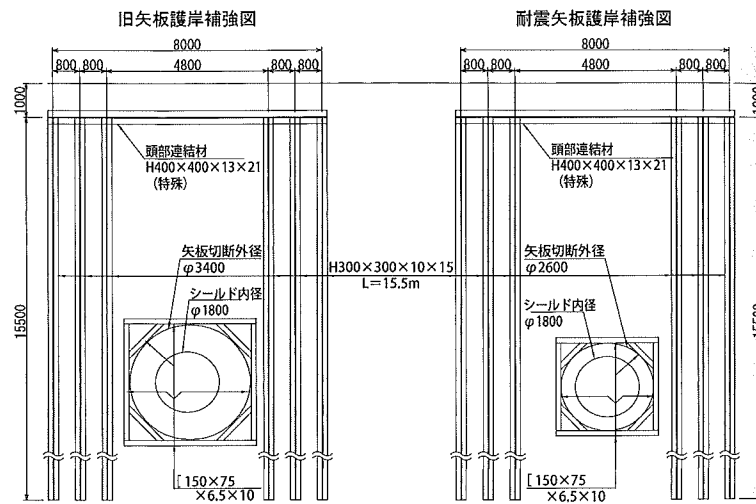


図-7 耐震矢板護岸の補強図

5-2-2 刃口推進工の切羽止水対策(図-8②)

河川外部の改良は、刃口推進施工時の切羽の止水および自立を目的として、高圧噴射攪拌工法(JSGφ1,800)によって地盤改良した。

5-2-3 地山の自立対策(図-8③)

地中で作業員が矢板切断を行う部分については、止水に加えて地山を自立させることが必要であること、施工条件、施工面積および工法の信頼性から高圧噴射攪拌杭(CJGφ2,000)を選定した。

5-3 耐震矢板護岸の開口部補強

開口部補強は地中での作業となるため、鋼材による井桁補強に先立ち、φ2,600mmの刃口推進を

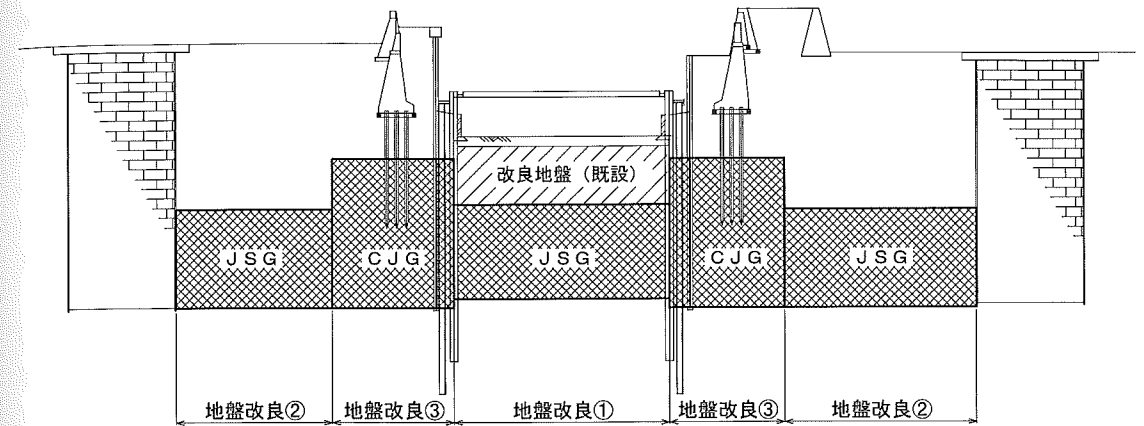


図-8 地盤改良図



写真-2 開口部補強

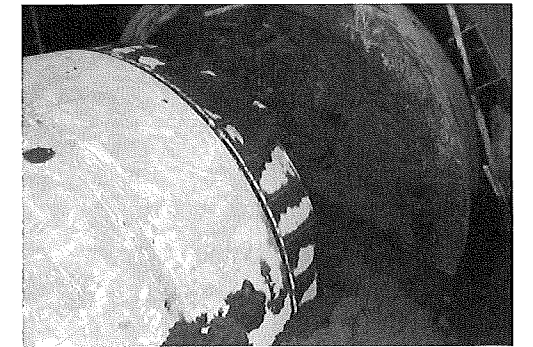


写真-3 シールドの通過状況

実施した。

まず、刃口推進にて旧鋼矢板手前まで推進する。推進は補強材の設置作業を考慮し、矢板前面より50cm手前で止めることとした。補強材(C-150×75×6.5×10, 最大寸法L=3.95m)を人力にて推進管内を運搬し所定の位置で鋼矢板に溶接して固定した。

補強材の設置完了後、ガス切断によって旧鋼矢板を切断し、刃口推進にて耐震矢板護岸手前まで推進を行い同様の手順で補強材(C-150×75×6.5×10, 最大寸法L=3.050m)で補強を行った。

5-4 推進管内の埋戻し

矢板護岸を補強した後、推進管内および河床下にシールドを通過させるため、推進管内の埋戻しを行う。推進管とシールドの離隔は185mmであり、掘進の精度管理が重要である。

当初、推進管内の埋戻しはエアミルク(圧縮強度0.4N/mm²)で行う計画であったが、強度が小さ

くシールドの沈下が懸念された。そこで、エアミルクの2.5倍の強度を有する流動化処理土(圧縮強度1.0N/mm²)による埋戻しを行うこととした。この結果、シールドの沈下は認められず、高い精度で推進管内および河床下を通過することができた。

5-5 計測管理

計測管理は、シールド施工に伴う河川への影響を把握し、施工の安全性、周辺環境の保全、施工後の長期的な安定の確認を行うために実施するものである。

計測器は、沈下計、傾斜計および温度計をシールドが通過する直上の両岸の既設護岸2か所、耐震矢板2か所の両岸合計4か所に設置した。測定は、現場に設置したパソコンからデータロガーを制御して自動定時計測を行い、インターネット回線を経由して事務所のパソコンに転送し、常時モニター監視できるシステムとした。また、管理値を超過した場合には、パソコンのスピーカーから

警報音を発して、現場職員に警告するシステムである。

計測管理値は、河川管理者との協議をふまえ、矢板護岸の沈下量11.2mm、傾斜角11分とした。

耐震矢板護岸の計測結果は、最大沈下量2.5mm、最大傾斜角0.4分であり、いずれも管理値の以下となった。

6 急曲線施工

発進立坑から工事終点まで路線延長970.95mの区間に、15Rと30Rが2か所、17Rと20Rおよび25Rが1か所の急曲線がある。

6-1 シールド掘進管理

急曲線部の掘進においては、極力地山のゆるみが発生させないように、安定した切羽土圧100

kPa程度を保持し、急曲線部の掘進速度は10mm/分、裏込め材の注入圧力は0.2MPaとした。また、掘進時の余掘り部分にシールド内注入孔より充填材を0.2MPaの圧力で注入し、さらに袋付きセグメントを使用し裏込め充填を行った。

6-2 セグメント

セグメントは、特殊コンクリートセグメント(溝付き2次覆工一体型セグメント)を標準部に、特殊鋼製セグメント(曲線部T1・急曲線部T2)を曲線部に使用した。なお、一部の急曲線部(30R)には中詰めコンクリートにより内面を平滑仕上げした特殊急曲線用セグメント(II型)を使用した。鋼製セグメントおよび特殊急曲線用セグメント(II型)では、後方台車、タイヤ搬送システムを走行させるため、インバートブロックを設置した。

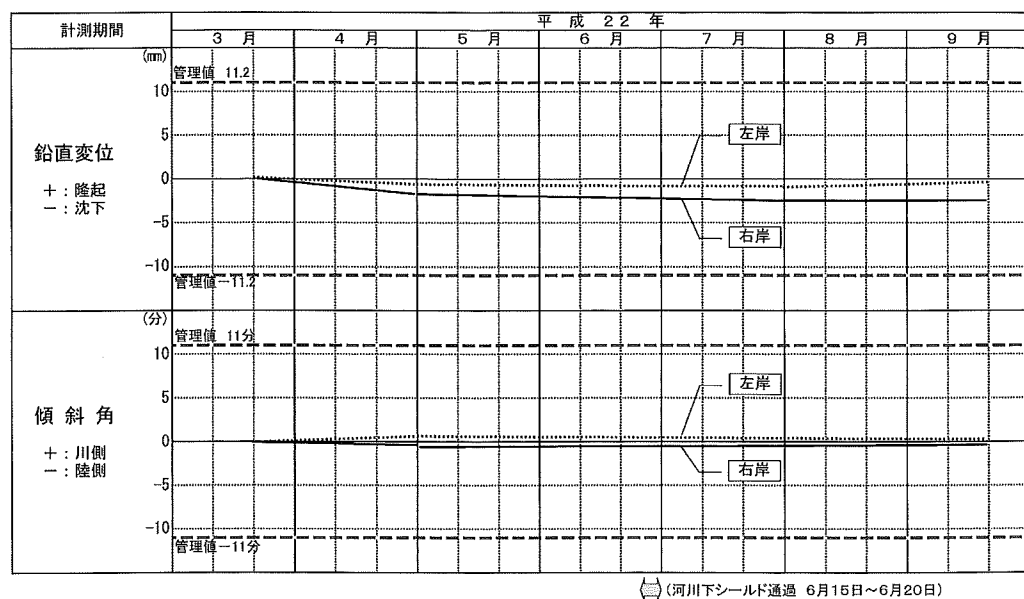


図-9 計測管理グラフ

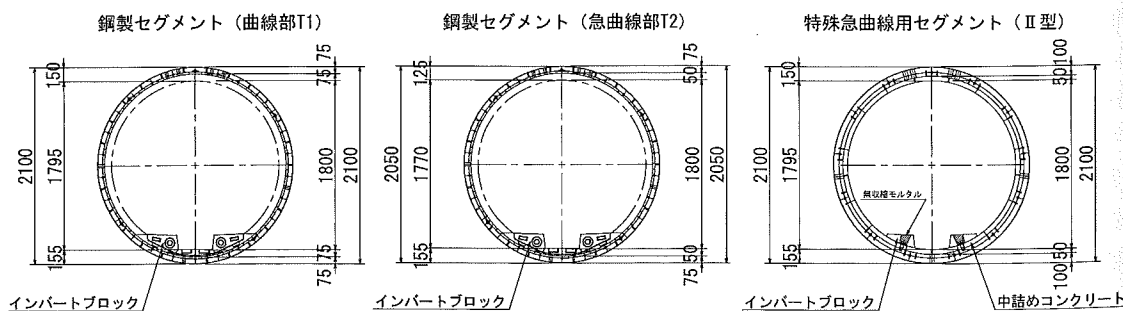


図-10 鋼製セグメント

6-3 二次覆工

二次覆工には、フローリング工法を用いることとした。フローリング工法は、スチールセグメント内で組み立てた鋼製リングに高密度ポリエチレン製の表面部材と嵌合部材を鋼製リングに組み付けて内面管を形成し、内面管とスチールセグメントとの間に裏込め材を充填するものである。



写真-4 鋼製セグメントインバートブロック



写真-5 特殊急曲線用セグメント(II型)インバートブロック

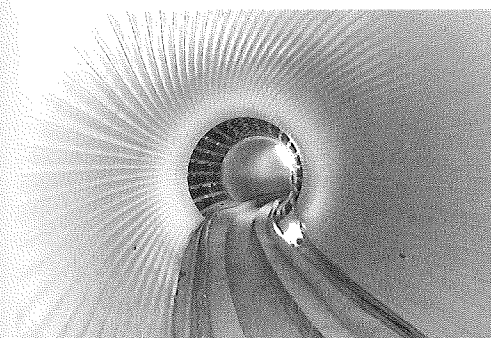


写真-6 フローリング工法

7 コンパクトシールドの回収

別途工事で再利用するのは、シールドの前胴(重量24t)、中胴(重量23t)、および後胴内の機器である。

7-1 施工環境

到達立坑位置は道路幅員6mと狭く、上空には移設不可能な東京電力の高圧線とNTTの幹線ケーブルが架設されている。到達立坑には、都市部の厳しい施工環境に対応できる都市型圧入ケーソン工法のアーバンリング工法(φ5,500mm)を採用している。

コンパクトシールドの回収は6例目となるが、制約条件の多い狭隘空間での回収は本工事が初めての試みである。

7-2 シールド回収手順

シールドの回収手順を図-11に示す。

主な使用機械は、シールド吊り上げに用いる90tオルタークレーン1台、鉄板敷設および覆工板開閉に用いる25tラフテレーンクレーン1台、シールド運搬に用いる25tトレーラー2台である。

90tオルタークレーンは、春日通りの2車線を占有して15tのカウンターウェイトを設置したのち、鉄板によって養生した道路を通して、作業位置に設置した。

シールドの前胴を分割、あらかじめ立坑内に設置した架台に仮置きし、その後中胴を分割しておく。道路幅が狭くオルタークレーンでは旋回ができないため、シールドは地上まで吊り上げた状態



写真-7 到達立坑施工場所

- ① 90t クレーンの組立て
- ② クレーン走行部分の養生
- ③ 到達立坑へクレーン移動
- ④ 25t クレーンで覆工板撤去
- ⑤ 90t クレーンでシールド引き上げ
- ⑥ 90t クレーンは吊ったまま待機
- ⑦ 25t クレーンで覆工板閉鎖
- ⑧ 25t クレーン退場、トレーラー後進
- ⑨ シールド積み込み
- ⑩ 90t クレーン解体

図-11 シールド回収手順



写真-8 シールド回収状況

としておく。その状態で、開口部を復旧してトレーラーを積み込み可能な場所まで後進させ積み込みを行う。これを2回繰り返して積み込みを完了する。

8 おわりに

コンパクトシールド工法を適用することによって、シールド通過に伴い護岸に与える影響を最小限化するとともに、最小曲線半径15Rの急曲線を

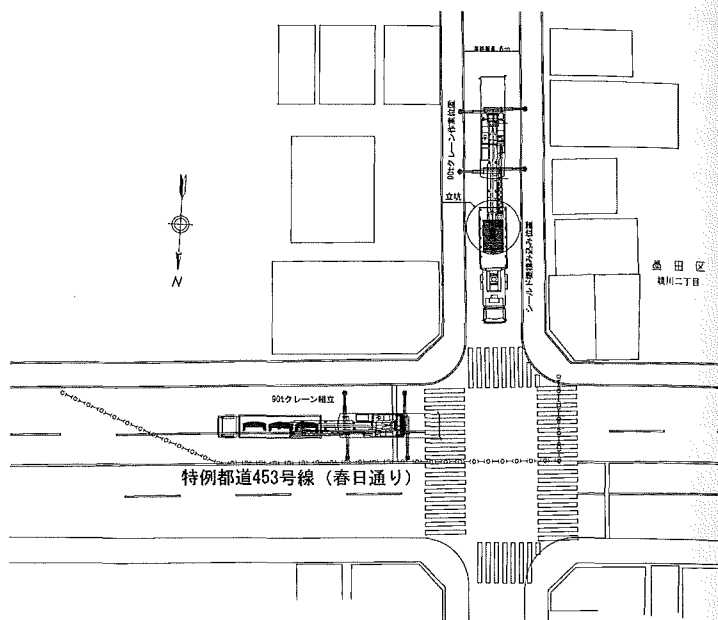


図-12 作業配置図

含む全長972.4mを順調に掘進し、平成23年1月に無事到達することができた。さらに、狭隘空間におけるシールドの回収にあたっては、安全を確保しつつ予定時間どおりに作業を完了できた。

また、コンパクトシールド工法を採用することによる工期短縮は、東京スカイツリー周辺での各企業工事を運営するうえで有効なツールであったと考えている。

複雑化した地中構造物の再構築などにあたり、ますます厳しい施工条件の要求に対して、本報告が参考になれば幸いである。

最後に、本工事にご協力を賜りました、東京都建設局河川部、東京都第五建設事務所、江東治水事務所、墨田区、押上・業平橋地区土地区画整理組合、ならびに沿道の関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) コンパクトシールド工法協会：コンパクトシールド工法技術説明書，第5版，2009.9.
- 2) 源隆博：新タワー周辺地区開発に伴う主要枝線の北十間川横断工事の設計について，耐震護岸直下のシールド横断，東京都下水道局技術調査年報，2009.

研究

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

(公財)鉄道総合技術研究所信号通信技術研究部信号主任研究員 鶴 飼 正 人
 (株)ジェイアール総研情報システム土木計測プロジェクト担当部長 川 端 康 之
 阪神電気鉄道(株)都市交通事業本部工務部施設課 西 島 敦
 阪急阪神レールウェイ・テクノロジー(株)土木部次長 佐 藤 巧 二

1 はじめに

コンクリート構造物の目視検査は、検査員の主観に左右されるうえ、膨大な作業量となるため、検査精度の向上と作業の効率化が望まれている。

鉄道トンネルの維持管理業務のうち、全般検査はすべてのトンネルを対象として2年ごとに実施され、基本的に目視や打音によって変状を抽出し、健全度を判定している。近年、これら人手による検査方法に代わって、レーザ¹⁾やハイビジョンカメラを用いたトンネル検査システム²⁾が開発され、その効果が報告されている。これらの背景には、高性能で低価格な画像処理ハードウェアが出現し、これにより画像処理技術の適用可能性が高まったことが挙げられる。

われわれは、ラインセンサカメラを用いてトン

ネル覆工面の高精度な展開画像を撮影する「トンネルスカナー」装置と、ひび割れを自動的に抽出し、その幅や長さなどを計測する、トンネル全般検査に適用可能な画像処理手法を開発した。本論では、システムの開発内容のほか、構造物管理支援システム³⁾(以下、「支援システム」という)に本装置で撮影した画像を取り込んで実施したトンネル健全度診断の事例についても、併せて報告する。

2 トンネルスカナー撮影装置

2-1 撮影装置の概要

トンネルスカナーは、撮影専用の車両を使用するのではなく、カメラ・照明など必要最低限の装置を、工事用車や保守用車に搭載して撮影するものである。この際、ラインセンサの光軸がトン

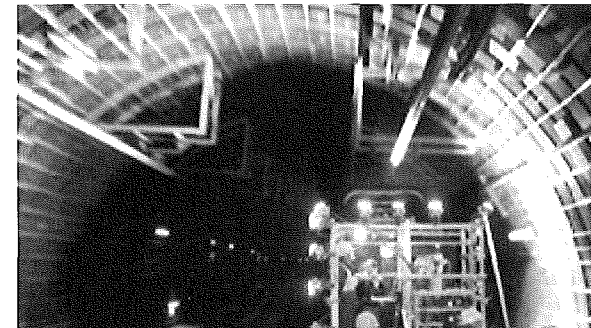
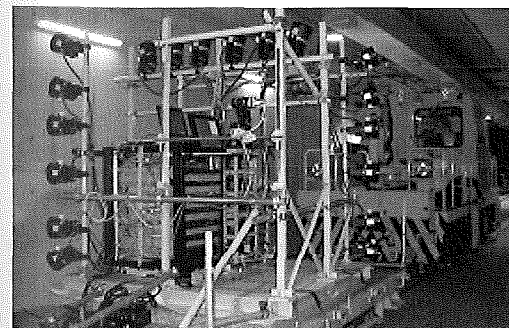


写真-1 トンネルスカナーの外観

ネル断面方向になるようにカメラを取り付け、単線トンネルは1回の走行で、複線トンネルは上下線各1回の走行で全断面を撮影することができる。基本的に車上では撮影・記録のみを行い、地上で撮影データをオフライン処理する。本装置は、撮影速度、記録時間ならびに記録容量において、他のトンネル覆工面撮影装置に比べ大幅な性能向上を実現している。開発したトンネルスキャナーの外観を写真-1に示す。

鉄道トンネルの場合、一般的に検査業務は、夜間の数時間程度の列車間合いで実施される。また検査精度に関しては、幅1mm以下のひび割れを検出したいという要求がある。これらの要件を満たすためには、撮影速度と撮影解像度が重要な鍵となる。この撮影速度は要求解像度とラインセンサのスキャン速度によって決まるが、本装置の現段階での設定速度は20km/hとなっている。ほかのほとんどの撮影装置が数km/h以下であることから、高速で、このため、一晩の作業間合いで30km程度の連続撮影が可能である。

2-2 撮影解像度の算出

ラインセンサカメラの仕様を表-1に示す。ラインセンサカメラによる撮影では図-1に示すように、素子の向きはトンネル断面方向と一致する。撮影解像度に関しては、断面方向はカメラ画素数によって、延長方向は車両の走行速度とスキャン周期によって決まる。通常の撮影では、設計解像度を縦横約0.8mm/pixelとしている。

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{a} + \frac{1}{b} &= \frac{1}{f} \\ M &= \frac{b}{a} = \frac{n_p}{L_x} \\ L_x &= \left(\frac{a}{f} - 1\right) \times n_p \\ a &= \left(\frac{L_x}{n_p} + 1\right) \times f \end{aligned} \right\} (1)$$

ここに、 L_x はトンネル壁面の視野、 n_p はラインセンサの全面素長、 a はトンネル壁面～レンズ間距離、 b はレンズ～ラインセンサ間距離、 f は焦点距離、ならびに M は光学系倍率である。

表-1 ラインセンサの仕様

画素数(bit)	5,150
画素サイズ(μm)	7(H)×7(V)
素子長(mm)	36.05
駆動クロック(MHz)	40
感度(V/(lx·s))	120
飽和露光量(lx·s)	0.0416
データレート(MHz)	40
ビデオ出力	Camera Link 8bit/10bit
外形寸法(mm)	64(W)×70(H)×114.5(D)
レンズマウント	Nikon

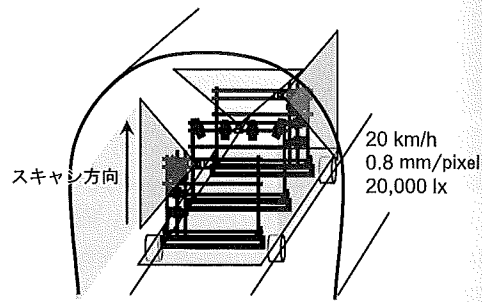


図-1 ラインセンサのスキャン方向

5,150画素のカメラで解像度0.8mm/pixelを得るためには、1台のカメラの視野幅は4,120mmとなる。実際の撮影条件 $n_p=36.05\text{mm}$, $f=20\text{mm}$ を代入すると、カメラ取り付け位置は、

$$a = \left(\frac{4,120}{36.05} + 1\right) \times 20 = 2,305.7(\text{mm}) \quad (2)$$

となり、壁面から2.3m離れた位置にカメラを取り付ければよい。また延長方向に関して、撮影速度20km/hで0.8mm/pixelの解像度を得るために必要なスキャン速度は、

$$V_{\text{scan}} = 0.8 \div \left(\frac{20}{3,600}\right) = 144(\mu\text{s}) \quad (3)$$

となり性能内に収まっている。なお、速度発電機のパルスを外トリガとして与え、外部同期でラインセンサカメラの信号を取り込むようにすれば、車両速度が変化しても、撮影精度を一定に維持することができる。ところが、モーターカーやトロリーの速発パルスは簡単には取得できないという課題がある。そこで通常時は、車両は定速走行するという前提で、スキャン速度

は固定としている。

2-3 フォーカス調整機能

ラインセンサカメラの場合、静止状態でのフォーカス調整が難しいため、効率よく、正確にピントが合わせられるかどうかポイントとなる。そこでフォーカスの合焦度合が、映像信号波形の形状特徴として表れることに着目し、一次微分値のヒストグラムを用いて、波形の先鋭度合を評価する解析手法を考案した。このようにフォーカスの合焦度合を定量化することで、個人差なく、正確にピントを合わせることが可能となった。

3 展開画像(マスタ画像)作成

本章では、トンネルスキャナーで撮影した画像から展開画像を生成する手順を説明する。まず最初に、以下の前処理を行う。

3-1 コントラスト改善処理

トンネル壁面の汚れのため、全体的に暗く、コントラストの低い画像が撮影される場合がある。画像の輝度ヒストグラムを見ると、暗い部分にヒストグラム分布が偏っている。そこで、ヒストグラムを線形変換して輝度値の分布を0~255まで広げることで、鮮明な画像になる。修正後の輝度値は、

$$\text{修正後の輝度値} = 255 \times (\text{各画素の輝度値} - \text{輝度値の最小値}) / (\text{輝度値の最大値} - \text{輝度値の最小値})$$

となる。なお、正規化して最大値を255にあわせている。この処理により、コントラストが高くなった改善後の画像を写真-2に示す。

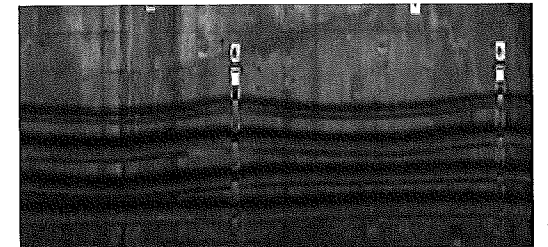
3-2 カメラブレ補正処理

車両振動に伴いカメラがブレると、撮影画像に揺らぎが発生する場合がある。ラインセンサカメラはセンサが1次元であるため、カメラが上下方向に振動すると、階段状にずれたような画像となる。そこでこのズレを1ライン単位で補正する手法を検討した。本来直線であるはずの電線ケーブルなどの

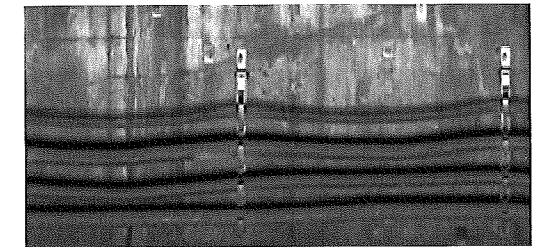
構造物を手がかりに、波状のエッジからズレ量を計測し、ラインごとにそのズレ量だけシフトして補正する。特別なセンサを用いることなく、写真-3に示すような良好な画像を得ることができた。

3-3 トンネル断面方向の歪み補正処理

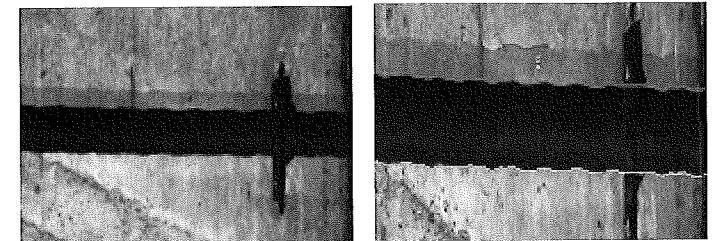
撮影した画像にはカメラ光学系の歪み、いわゆるレンズ歪みが発生する。例えば馬蹄形のトンネルを撮影した場合、被写体であるトンネル壁面が複雑な曲面であることから、断面方向の各画素の



(1) 撮影元画像

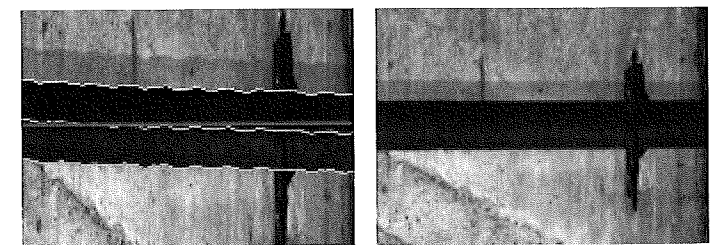


(2) 輝度レベル補正後画像
写真-2 コントラスト改善処理



(1) 補正前元画像

(2) ケーブルのエッジ抽出



(3) 両側線の平均線近似

(4) シフト処理による補正後画像

写真-3 カメラブレ補正処理

画素ピッチが一定でない画像が撮影される。このため、断面方向の画素ピッチを一定にする、正規化処理アルゴリズムを開発し、システムに組み込んだ。

3-4 トンネル延長方向の正規化処理

ラインセンサカメラのスキャンスピードは一定なので、車両速度が変化すると、トンネル延長方向の距離ピッチがまちまちなる(伸縮した画像になる)という課題を抱えている。そこで、撮影用ラインセンサカメラとは別に軌道などを撮影するカメラを準備し、当該カメラで記録された画像

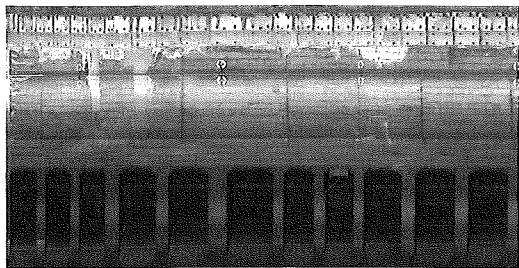


写真-4 延長方向の正規化処理

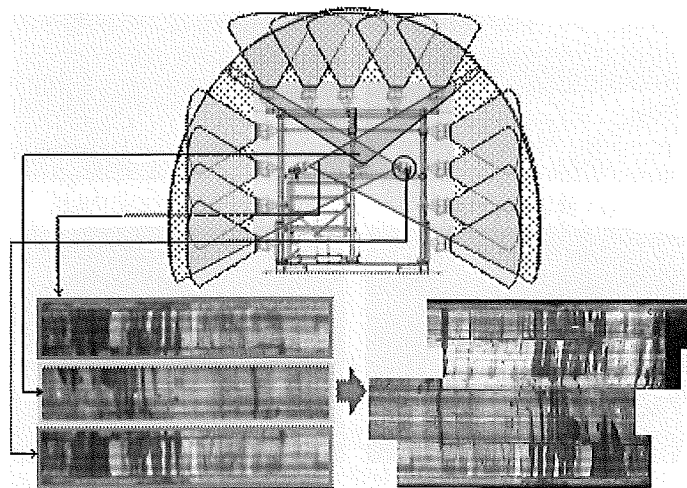


図-2 各カメラ画像の接合処理

に対して、微小時間間隔における前後の画像の輝度データから速度ベクトルを算出するアルゴリズムを検討した。得られた速度情報をもとに、画像の正規化処理を行った結果、写真-4に示すように延長方向の距離ピッチが一定な画像が得られた。

3-5 各カメラ画像の接合処理

図-2に示すように、トンネル断面方向に複数のカメラで分割して撮影した画像をつなぎ合わせて1枚の展開画像を作成する。一般的には、隣接する画像内で重複して映っている領域に対して、人間が切り取り位置を指定することで重ね合わせを行っている。しかしこの方法では、データが膨大なうえ、接合精度も良くなく、効率化と精度向上が課題であった。そこで、パノラマ画像などを生成する際に用いられるイメージモザイク手法を適用した結果、展開画像を精度良く生成できるようになった。

4 画像処理手法を用いたひび割れ自動検出

展開画像から、代表的な変状のひとつであるひび割れを自動的に抽出する画像処理手法を検討した。とくに、トンネル専門家の意見を反映して、発生する部位や方向性により、抽出感度を調整する次のようなアルゴリズムを考案した。

まず、周辺に比べて黒っぽい線状の領域というひび割れの特徴に着目して、ひび割れを中心線とその輪郭線でモデル化した。輪郭線周辺はコントラストが急激に変化する部分なので、画像の微分値の高い部分を抽出するような抽出フィルタ⁴⁾を適用した。抽出感度を左右する3つのパラメータ(平滑化係数 σ 、ヒステリシスを考慮したエッジ抽出の上限の閾値high、および下限の閾値low)についての検討を行った。

一般的には、エッジ強度に応じて閾値を適宜変化させるような処理は行わない。そこで、エッジ強度の強い(太いひび割れの可能性が高い)成分に対

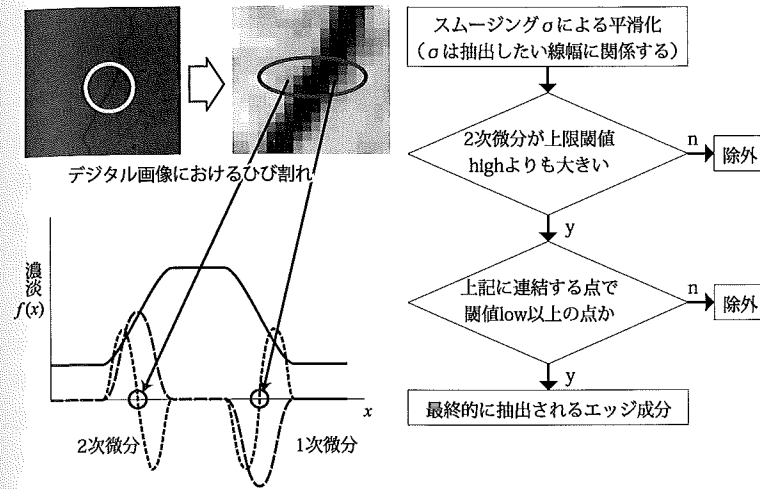


図-3 ヒステリシス閾値を適用したひび割れ検出の高精度化

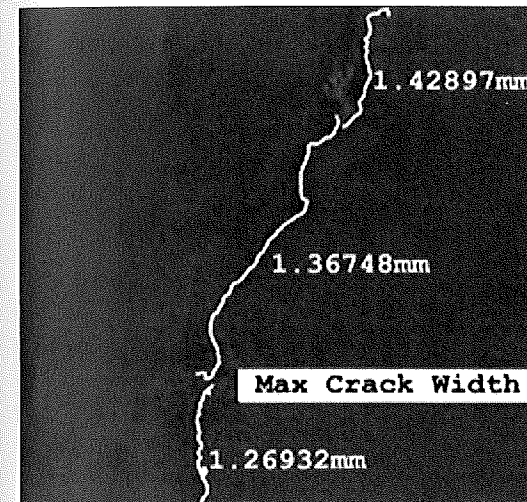


写真-5 最大ひび割れ幅の計測結果

しては、その端点からさらに伸びるひび割れや、枝分かれするひび割れ、連結するひび割れがないかを、きめ細かく検査する。1次微分処理においては、本来のひび割れ以外にも、ノイズを誤って検出したり、逆に目的とするひび割れが得られない場合がある。そこで、これらのノイズの抽出を抑制して、本来のひび割れを検出する手順を図-3に示す。確実に思われるエッジ要素、つまり上限閾値Highを超えるエッジ強度を持つエッジ画素を求める。次に許容できる低い閾値Low以上のエッジ強度を持つエッジ画素を求め、そのうちでHighで求めた確実に思われるエッジと結びつく

画素のみを選ぶ。これら以外の画素はすべて除外する。抽出実験により評価した結果、一例として $\sigma = 2.3$, $high = 0.7$, $low = 0$ に設定すると、比較的良好な抽出結果が得られた。この手法により、ノイズ成分を効果的に除去しつつ、本来のひび割れ情報の喪失を抑えることが可能となり、検出性能の大幅な向上を実現した。また抽出はサブピクセル精度で行われるため、写真-5の最大ひび割れ幅計測結果が示すように、高精度な画像

計測が可能となっている。

5 阪神電気鉄道での導入例

5-1 トンネル構造物の検査体制

阪神電気鉄道(以下、「阪神」という)は大阪～神戸間において、以下の4路線48.9kmで営業している(第2種鉄道事業を含む)。

- ・本線(梅田～元町: 32.1km)
- ・阪神なんば線(大阪難波～尼崎: 10.1km)
- ・武庫川線(武庫川～武庫川団地前: 1.7km)
- ・神戸高速線(元町～西代: 5.0km)

このうち、阪神の保守管理対象となるトンネル構造物は延長で約12.5kmあり、中には阪神淡路大震災で被害を受けた区間もあるなど、保守管理上とくに配慮すべき構造物も保有している。

このトンネル構造物において、2年ごとに行うことが義務づけられている通常全般検査、また検査の結果を記録する変状展開図の作成業務については、これまでは阪神の検査員がトンネル内を徒歩で目視検査することにより実施していた。また、検査時に確認した変状については、その場でスケッチしたうえで、その情報をもとに手書きで変状展開図を作成していた。

しかし、トンネル内での人手による作業は、暗く狭隘な場所での長時間の夜間作業となるため、きわめて非効率である。さらに、検査員の資質・

個人差により検査精度にばらつきが生じることも多く、変状を漏れなく定量的に把握することは、非常に難しいという課題があった。

そこで、徒歩での目視検査や手書きスケッチを補完する技術として、トンネルスキャナーによる撮影技術に着目した。導入コストが低いトンネルスキャナーは、阪神のようなトンネル保有延長の短い事業者でも継続的に使用できること、健全度判定や変状展開図作成に撮影画像を効果的に活用できることから、2004年度より導入し、実務に活用している。

5-2 トンネルスキャナーの導入方法

阪神におけるトンネルスキャナーの導入方法について具体的に紹介する。

現場での作業としては、昼間、車両基地において、阪神が保有している保守用モーターカーのトロリーに、トンネルスキャナーや発電機などの必要機材を搭載し、夜間にモーターカーをトンネル内で走行させながら覆工面を撮影する。阪神のトンネルはほぼすべてが複線構造であるため、上下線を各1回走行することで覆工面を漏れなく撮影でき、1晩で5km程度の撮影を実施している。

撮影した画像については、専用の加工ソフトを用いて、諸元(管理単位)ごとに画像を加工したうえで、支援システムに画像を取り込み、システムの健全度の目安判定機能や撮影画像などを使用し、健全度の判定を行っている。

この支援システムは、2006年度に阪神をはじめ、全国の鉄道事業者14社局と鉄道総研が共同開発したものである。主な特徴として、検査の結果を含めた保守管理に必要となる記録をデータベース化することにより、一元管理できる機能に加え、バラツキの少ない検査結果が得られるよう、健全度判定の際に参考となる補助機能(健全度の目安判

定機能)を付加している。阪神ではトンネルも含め、すべての土木構造物における検査業務にこの支援システムを導入している(写真-6, 7)。

トンネルスキャナーで撮影した画像を室内で確認しつつ、支援システムの健全度の目安判定機能を利用することにより、従来の人手によって現場で行う目視作業と健全度判定作業に比べて、変状の有無や進行などをより正確に把握したうえで診断できるとともに、検査員の負担軽減にもつながっている。トンネルスキャナーと支援システムを導入した検査手法を実用化することにより、結果的に検査業務の大幅な効率化、さらには検査精度の

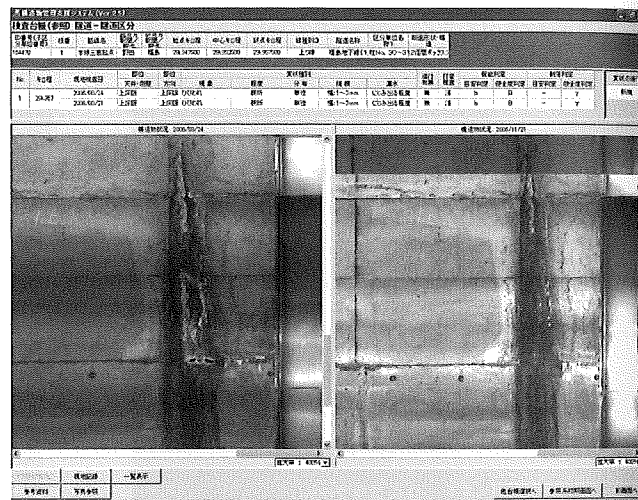


写真-6 支援システム上での変状比較例

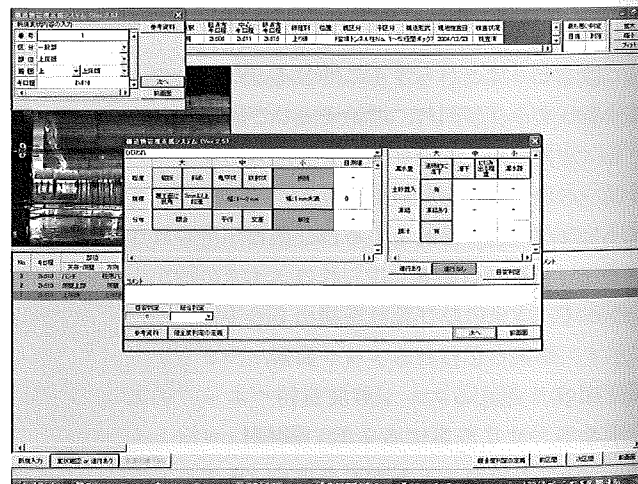


写真-7 支援システムでの健全度判定例

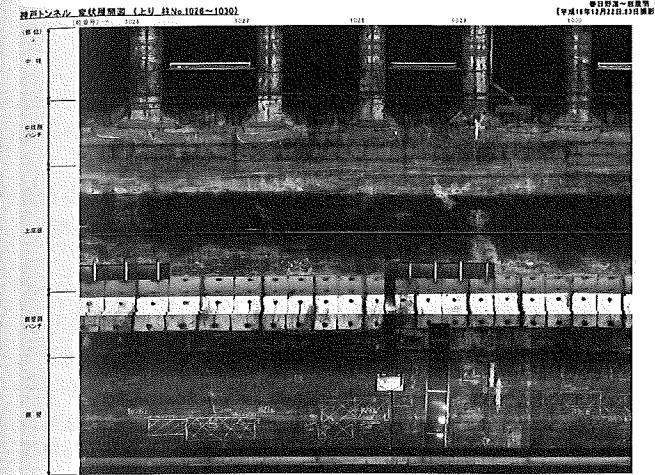


写真-8 変状展開図の一例

向上・定量化を図ることができたと考えている。

ただし、判定の結果、打音検査が必要と判断された箇所、また画像だけでは判定が難しい箇所などについては、別途トンネル内での確認作業を実施している。

また、諸元(管理単位)ごとに加工した画像データは、通常のPCで扱いやすい汎用フォーマットなので、市販のソフトなどを利用することにより、画像を利用した変状展開図(写真-8)を容易に作成することが可能となる。また支援システムの出力機能により、撮影画像を元図とした構造物の調書も作成できることから、従来のスケッチをもとにしたものに比べ、より正確に記録・保存することが可能になったと考えている。

なお阪神では、2章および3章で述べた撮影およびトンネル覆工面の展開画像出力という基本機能を主に利用しており、3章で述べた歪み補正や、4章で述べた画像処理手法を用いたひび割れ自動検出機能については、現状では利用していないが、今後活用を検討する計画である。

5-3 トンネルスキャナーの発展的応用

トンネルスキャナーを利用したトンネル検査手法について紹介したが、今般阪神では、神戸高速線における運営体制の見直しに伴い、現場作業の更なる効率化・省力化に向けた次のような取り組みを進めている。

トンネルスキャナーを自律的に走行できる車両

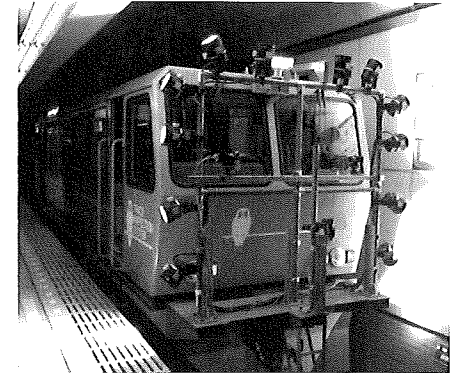


写真-9 軌道検測車による撮影状況

に搭載し、神戸高速鉄道との連携により、当該車両でそのまま乗り入れ、撮影を実施

するものである。具体的には、トンネルスキャナーを各社の保有する保守用車両に取り付けるのではなく、阪神のグループ会社が保有する軌道検測車に搭載することで、原則、各社・各路線ごとに必要であった機材の設置・撤去などにかかわる手間が大幅に削減でき、検査コストの更なる削減が可能となる。また、撮影装置一式を車内に設置できるので、トロリー上での作業時に比べ、作業性と安全性の向上が図られた。この軌道検測車を利用した撮影方法については、2010年度に神戸高速線を介して他社と共同での作業を実施し、実用上問題ないことが確認された(写真-9)。現在では、軌道検測車のパルス信号を取り込むための改修も進めており(2-2節参照)、これが完了すると撮影速度の変化による画像の伸び縮みが解消され、撮影画像の品質向上も期待できる。

6 おわりに

全般検査の高精度化、高効率化をめざして、ライセンスカメラをベースとしたトンネルスキャナーによるトンネル覆工面検査技術を開発した。2006年度から本格的な導入を開始し、着実に実用実績を伸ばしている。近接目視相当以上の撮影解像度0.5~1.0mm/pixelの性能を有し、『鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編 トンネル)』⁹⁾によれば、通常全般検査における目視に代え得る手法の一つとして、トンネルスキャナーが挙げら

れており、鉄道事業者においても安心して導入いただいている。

画像処理に関しては、汎用装置を使用していることから、費用対効果の高いITの恩恵が得られるシステム構成となっており、導入コストを抑えることが可能となっている。今後もさらなる実用性を備えたシステムへの機能向上を行い、実用導入の促進を図ってゆきたい。

トンネルスキャナーを利用した検査手法については、今後も阪神をはじめとする鉄道事業者側の意見や要望などをうまく取り入れ、それぞれの協力のうで技術の改善を図ることにより、更なる展開が期待できるものと考えている。

参 考 文 献

- 1) 奥野昇：レーザー光線による覆工コンクリートのひび割れ調査法の高性能化，土木学会論文集，Vol.67，No.788，pp.195，2005.3.
- 2) 幡旗敏行：方向サイズ可変フィルタを用いた下水道内面ひび割れ候補画素の検出，電気学会論文集C，Vol.126，No.6，pp.744-751，2006.
- 3) JTA保守管理小委員会：トンネル保守管理における記録とその活用(2)，データベース化・電子化の取り組み(1)，トンネルと地下，Vol.41，No.8，2010.8.
- 4) 谷口慶治：画像処理工学 基礎編，応用編 共立出版.
- 5) 高木幹雄：画像解析ハンドブック，東京大学出版会.
- 6) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編 トンネル)，丸善，2007.1.

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／弾塑性学の基礎，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

第二十四回 語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

トンネルあれこれを 振り返って

はじめに

ある日突然『トンネルと地下』に載せる「語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ」の原稿依頼を受けて、私のようなトンネル工事の従事期間は長いものの大きな特徴のない現場ばかりの経験では発表するのにふさわしくないのでは、と考えたのですが、少しでも施工に役立つことがあればと思いなおし、述べさせていただきます。

トンネル工事に会うまで

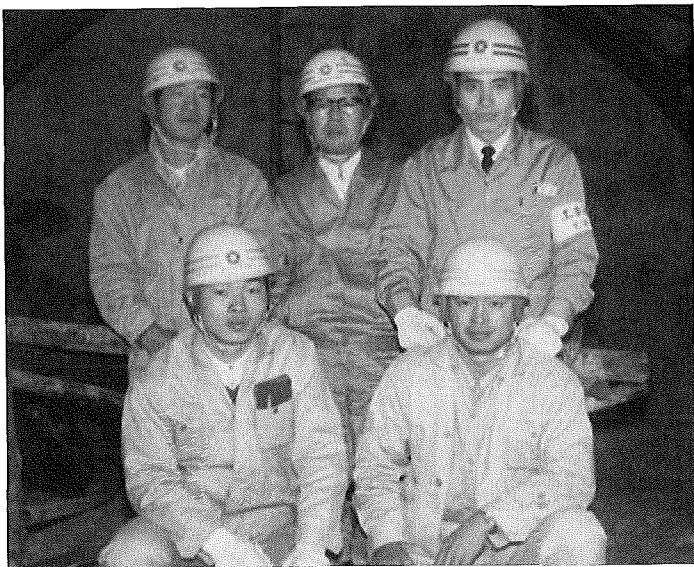
私は1961年五洋建設(1967年に水野組を五洋建設に改名。翌年に酒井建設工業を合併)に入社しました。当時五洋建設は海洋土木が主の会社で、私も入社式の午後に早速広島港の埋立て現場へ配属になりました。

新入社員の教育もなくいきなり現場に出たものですから当然にもわかりません。とにかく慣れるまでは言われるままに雑役と測量手元をやったものです。それでも

慣れていくうちに新入社員だけで測量ができるようになったものです。このころは土日も決まった休みはなく、雨が降ると現場が休みになり、職員も休みが取れたので雨が降るのが楽しみでした。その後5年間は小さな陸上土木工事も経験しましたが、ほとんどを埋立て関連工事に従事しました。

本格的に陸上工事に配属になったのは現在の呉市にある野呂山有料道路工事で、全長約9kmのうち中腹の3kmを新設する工事でした。麓の民家の2部屋を間借りして現場事務所とし、毎日丁張りを掛けるのが主な仕事でした。このころは電卓はなく、手回し式のタイガー計算機とソロバンと分厚い7桁対数表を使ってクロソイド曲線の座標を出すものですから事務所で夜遅くまで計算し、昼間に丁張りを掛けたものです。電話も手回しで交換手を呼出し、相手の番号を伝え、つないでもらう時代でしたから、どこかに連絡ひとつ取るのもずいぶん不便でした。

(元)五洋建設(株)
増尾 重義



吉浦隧道にて(後列右端が筆者)

鉄道トンネル工事

■吉浦隧道

この工事が終わった翌年1969年に当時の国鉄呉線の電化に伴う吉浦隧道工事に配属されました。トンネル経験は全くない私でしたが、数少ない陸上工事の経験者としてこの現場に赴きました。このころ会社のトンネル実績としては地方の短いトンネル数本のみで、陸上工事の経験者が配属されるのは当然のことでした。

この工事が私のトンネル初体験となりました。現場に配属されたものの経験者は所長だけで以下の職員は皆トンネル経験がなく、段取りは所長に全部してもらい、自分たちは測量と出来形管理が主な仕事でした。

この現場に来るまではバーニヤのトランシットを使っていたのですが、初めてセオライトを使用し、測量精度が良くなり安心して

測量をしたものです。

貫通点で両方の切羽からセンターに探り穿孔をしたとき両方のロッドがぶつかり、貫通発破を打つ前に測量誤差はほとんどないと喜んだものです。

このころはセンター測量も外注に出すこともなく職員で山越えと道路を併合トラバーで結び、誤差がほとんどないのを確認して本坑の測量を行いました。

この隧道は曲線だったものの、単線で408mと短かったのですが、工期の関係で両坑口からの掘削で、なおかつ片坑口は第2次大戦中に導坑が数十m掘ってあるということだったので、話に聞いているだけで坑口は崩壊していて掘削するまではだれもわからない、といった状態でした。ですが、実際に掘削してみるとセンターがずれていて、覆工に苦心しました。掘削工法は断面が小さいものの、このころ一般的に使われていた底設

著者略歴

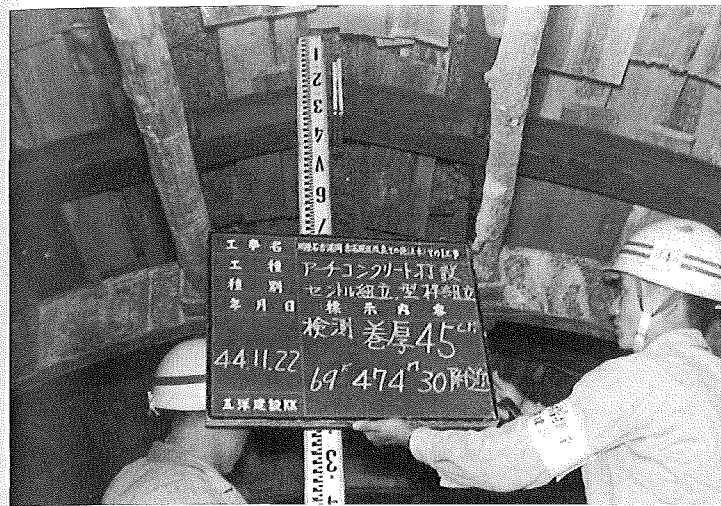
- 昭和36年 五洋建設(当時水野組)入社
- 昭和41年 野呂山有料道路工事
- 昭和44年 呉線吉浦隧道工事
- 昭和45年 山陽新幹線五日市トンネル工事
- 昭和46年 山陽新幹線赤岸トンネル工事
- 昭和47年 山陽新幹線佐山トンネル工事
- 昭和51年 高陽系送水管用隧道新設工事
- 昭和54年 中国縦貫道夢野トンネル工事
- 平成元年 山陽自動車道竜ヶ岳トンネル工事
- 平成3年 山陽自動車道福富トンネル工事
- 平成6年 農道整備事業日和トンネル工事
- 平成10年 国見トンネル2工区工事
- 平成14年 第二東名藤枝トンネル工事

五洋建設退職
西行建設統括本部長
現在に至る

導坑先進上半切拵げで施工しました。

上半支保工はH形鋼になっていましたが、導坑支保工はまだ松丸太で、斧指が幅5~6cm、長さは20cm以上の鯖斧で柱になる松丸太の天端を半円形に削り、鳥居状の支保工を上手に組んだものでした。

斧指の仕事いかんにより掘削進行に影響を与えるので、斧指は常に坑夫から一目置かれた存在でした。上半掘削は1進行ごと、切羽に人力で足場を組み、レッグドリル4台での穿孔で、山が硬いためノミ下がりも毎分30m行くかどうかでした。発破技術もこのころは穿孔パターン図もなく、もっぱら坑夫の感覚で穿孔するので、とくに硬岩切羽ではときどき穿孔長の半分くらいしか起きなくて切羽が蜂の巣状になり、いわゆるハチを打ったものです。支保工はもっぱら人力で建て込み、松矢板で固



吉浦隧道にてセントル検測(右、筆者)

めたものです。当時はまだ中空変位の計測などはない時代だったのですが、山が硬いため、目に見えるほどの変位は全くありませんでした。導坑は断面が小さいため4tダンプが入るのが精一杯で方向転換する場所もなく坑口からバックで入りロッカーショベルでずり出しをしたものです。覆工は当時の国鉄から支給された上半バラセントルの6m物で、これもまたすべて人力により、組立て解体を行い、コンクリート打設については、ポンプ車があったものの坑内に入ることができず、打設日ごとに配管をセットする状態でした。けれども最後の方になると配管延長が200m以上になり、最初に水を送り、その後モルタルを送っても、セントルに届くまでには2~3回モルタルが詰まり、そのつど配管をバラシつなぎ換えてコンクリートを打設したものでした。今思えばポンプ車の力も弱く試行錯誤の連続でしたが当時の技術はこの程度でした。

■山陽新幹線五日市トンネル

1970年に山陽新幹線五日市トンネルを受注し、私もトンネルの経験者としてこの現場に配属となりました。前回と違い断面も大きく延長も2分割されていたものの、当社の施工分は2,660mと長いものでした。

この工事はレール方式の発破掘削で、底設導坑先進上半切拵げで切羽の数が導坑、上半、大背、土平、側壁部覆工の足付け掘削、同じく中間掘削と火薬を使用する場所が多くあり、これに覆工が逆巻きのため上半覆工と下半の足付けコンクリート、中間コンクリートの作業が重なり、すべての作業が等三線を使うものですからレールの交通整理が大変なものでした。設備として導坑はレッグドリル4連装の小さなガントリージャンボとロッカーショベル、上半は9連装のガントリージャンボと1m³程度のエア式サイドダンプ2台で、ずりは導坑に待機させたトロッコに堅穴から積み込み、上半支保

工建て込みにはホイストを使っての作業でした。大背、土平掘削にはレールにずりがかからないように移動式のプロテクターを使用していましたが、穿孔はやはりレッグドリルで行い、ずり出しは導坑と同じくロッカーショベルで積み込みました。上半覆工は9mのスチールフォームスライドセントルで、下半の覆工は足付け(上半覆工コンクリートの打継ぎ目の下を幅4mくらい掘削して左右の上半コンクリートを1.5mずつ受け、幅3mのコンクリートで支える)をくり返し、コンクリート強度が出たのち、残りの地山を掘削して下半のスライドセントルで中間のコンクリートを打設する方法でした。坑外設備は、充電室、プレートフィーダー(ずりビンより10tダンプに自動でずりを載せる設備)、コンプレッサー室(このころのコンプレッサーは高さが3m以上あり3~4台使用していた)、生コンプラント(覆工コンクリートも現場のプラントで練っていたので、ちょっとした生コン屋の規模だった)、人員も職員、作業員を合わせて100人くらいの規模でありました。

現在のNATMのマイクロベンチ、全断面覆工に比べると格段に手間のかかる時代でした。

■山陽新幹線第2赤岸トンネルと佐山トンネル

1971年、新たに、山口県の小郡市で同じく山陽新幹線の第2赤岸トンネル工事が開始したのでそちらに転勤になりました。転動したものの坑口付けが済んでしばらく

ことに、けがもなく、土砂層も天端での奥行き2m程度だったので、そのまま支保工を建て込み、鋼矢板で覆い、その後ポンプ車を使って空洞部をコンクリートで充填し、通過しました。その後は特別何もなく順調に工事を終えました。

■山陽自動車道福富トンネル

1991年から同じく山陽自動車道の福富トンネルに従事しました。このトンネルも1,030mの上下線トンネルで、当社は下り線を施工しました。トンネルの中ほどで膨張性地山に遭遇しましたが、延長が10m足らずと短く、落ち着くのを待って縫い返し、無事通過しました。それと出口の用地買収が遅れ、30mくらいを残し6か月工事が中断しました。そこで導坑断面で買収用地まで進みずでにかぶり小さかったので地表に向け通気坑を空けて換気を確認しました。この現場では、民家が近くにあったので、厚さ1mの砂詰め防音扉を作り、特許を取ったのも思い出になりました。

■日和トンネル

1993年10月に島根県発注の農道で延長2,485mの日和トンネル工事に配属されました。当時農道で

は日本一長いトンネルでこれを片押しで施工したのですが、途中集中湧水に当たり、切羽は硬かったのですが穿孔した孔からすべて水が噴き出し、切羽が滝状態になりました。それでも濁り水ではなく清水だったので、なんとか発破を打ってこの区間を30mくらい進み、無事通過しました。水量は230t/時くらいでした。この湧水は現在100t/時の恒常湧水となっており、町の上水道の水源として利用されています。

この現場では4tのブレーカー掘削の試験施工と前方探査TSPを試行しました。ブレーカーは圧縮強度1,500kg/cm²で、クラックの少ない地山では2m³/時くらいの能力しか発揮されず、発破に代わる工法としての成果は得られませんでした。TSPは切羽前方40~50mくらいの間に不均一な層があることが確認でき、施工に役立ちました。またこの現場で工夫したのは、セントルメーカーに交渉して、ボタンひとつで4本のジャッキが同時に下がるようにし、作業の効率化を図りました。

■国見トンネルほか

このあと山陽自動車道のインター

工事に1年従事しましたが、1998年に鹿児島県のロケット基地で有名な内之浦で、3,300mのトンネルを両坑口より1,650mずつ施工する国見トンネル工事に配属されました。

このトンネルは全線花崗岩で、技術的には難しいところはなく、順調に施工していましたが、土かぶり500mくらいのところで山跳ね現象が起きました。ここでの現象は、小さなもので10~20cmくらいのものでピシッと言う音とともに4~5m飛んだり、また大きなものは1m²くらいで厚さ20cmくらいのものでドンと太鼓を打つような音とともに剥がれ落ちたりしたことがありました。この地層が30m前後続きました。現場でとった対策は、この現象が起きたときは20~30分待って、落ち着いたのを確認してブレーカーで丁寧にコソクし穿孔に入りました。幸い穿孔時には山が落ちており、発破後に、また山跳ねが起きるという状態でした。この現場も湧水を上水にと地元で検討されましたが、飲用に適さないので使用はしませんでした。

このあと静岡県の第二東名のトンネルへ1年、また福岡県のトンネルへ6か月くらい応援に行き、62歳で五洋建設を退社しました。

おわりに

トンネル工事を振り返って学んだ教訓として、当たり前ではありますが、以下のことが大切であると実感しています。

① 山が悪くて変位の大きいとき

には、考えられる手はすべて打つ。

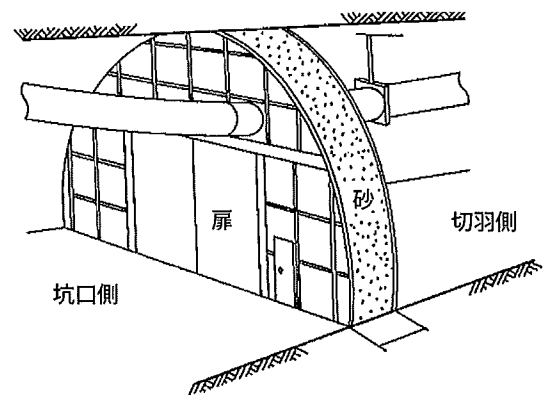
- ② 現場の管理とは実施可能な計画を立て計画どおり事を進めることである(安全、工程、品質、原価、人事、協力会社などの管理)。
- ③ 現場は常に整理整頓に気を配り、とくに路盤は先行投資をし

て良好に維持する。結果として重機車両の修理費が少なくなり、トータルコストが下がる。

- ④ 余掘り管理は永遠のテーマであるが、地山の状態、ノミの差し角度などに常に気を配る。
- ⑤ 各種工法設備にもう少し良い工法はないかという疑問を頭の隅に置いておく。

以上、とりとめのないことを述べましたが、少しでも参考にできれば幸いです。

最後に私の経験したトンネル工事は、発注者、先輩、協力会社の皆さま方の温かい指導により達成することができました。深く感謝の意を表します。



砂詰め式防音扉

土木情報 No.458

今月の主な入札結果
(6月10日～7月9日)

事業主体	工 事 名	請 負 会 社	請負額 単 位 百万円
沖縄総合事務局	H23豊見城T(下り線)	飛島・仲程JV	1,826
北陸農政局	佐渡(二期)農業水利事業外山幹線用水路赤泊工区(横断施設その2)	西松建設	182.7
"	" (" その3)	西松建設	145.6
四国地整	H23善徳集水井	北岡組	133.5
成田国際空港	木の根T補強	大林組	1,099.35
首都高速道路	中央環状品川線(北行)T内装その他	鹿島・熊谷・五洋JV	2,475
千葉県	柏北部中央地区下水道管布設(22-12工区)	岡本組	113.9
都・下水道局	真島町幹線再構築その7	佐藤工業	519.8
"	中央区明石町付近再構築	スミセキコンテック	399.3
"	墨田区横川一丁目, 太平一丁目付近再構築	青木あすなろ建設	411.2
"	荒川区荒川二, 五丁目付近再構築その2	奥村組	1,074.5
"	世田谷区砧三, 四丁目付近枝線	村本建設	382
広島県	広島水道用水供給事業高陽系・戸坂系連絡管(発進立坑)	錢高組	304.48
東京都新都市建設公社	町田市公下本町田西1号雨水幹線	大和小田急建設	231.66
東松山市	23管渠(高坂第一地区)5工区築造	田中工業	104.9
蕨市	錦町雨水管渠築造(23-1工区)	三ツ和総合建設業協組	135.75
松戸市	幸谷排水区雨水枝線(23-1工区)	六和建設工業	184.95
新潟市	東下15号木戸排水区分水施設7～9築造	不動テトラ	362.6
上越市	公汚補23-10-22号稲田汚水幹線1461	田中・草間JV	125.5
長野市	北八幡11号雨水幹線	北野建設	145
名古屋市	大山系導水路A管大口町仲沖二丁目から小牧市久保本町地内間2000m整備	大林・鴻池・大本JV	1,995
小山市	雨ヶ谷処理区分新設第1工区	光洋建設	136

連載講座

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

① はじめに

今回は、開放型推進工法、密閉型推進工法の適用条件を説明し、刃口式、泥水式、土圧式、泥濃式推進工法の各掘進方式について、その施工原理および各掘進方式の特徴を解説した。

本稿では、各方式の施工事例を説明し、あわせて長距離推進、曲線推進における主な検討項目と施工事例について解説する。



写真-1 大学構内の状況

② 施工事例

各掘削方式の代表的な施工事例を紹介する。

2-1 刃口式推進工法

(1) 工事概要

工 事 名：千葉工業大学津田沼校舎共同溝新設工事

発 注 者：学校法人千葉工業大学

施工概要：呼び径 3000(幹線部)

総延長 $L=328.85\text{m}$ (4スパン)

(31.74, 111.71, 59.77, 25.63m)

土かぶり $H=3.0\sim 6.0\text{m}$

地下水位 $GL-7.0\text{m}$

土 質 細 砂

工 法 刃口式推進工法

(2) 問題点と対策

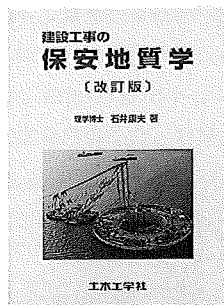
本工事は、校舎構内道路の下部空間を有効に活用して、インフラ設備の整備を図ることを第一の目的として、安全性・信頼性の高いライフライン

網である共同溝洞道を施工するものである。津田沼校舎には、3、4年生や大学院生のための講義棟や研究施設が数多く整えられている。1日に数千人の学生が校内を移動し、また、それらの施設にさまざまな品物を供給する車両などが絶え間なく通行している状況の中での工事となるため、地上部での作業を極力減らすことが求められた。

掘削部の土質条件は、上部約2.5mがローム層で、その下に洪積層で風化したN値10前後の緩い細砂層である。この互層地盤が今回の推進対象とするところで、基本的にはすべての区間で切羽面は自立している。

このため、洞道の敷設工法については、各種施工条件を検討した結果、学校活動へ極力支障を及ぼさない非開削工法である推進工法が最適と判断された。施工方法については、洞道敷設位置が地下水位より上にあり、掘削時に地山が自立していること、各スパンの推進延長が比較的短く、発進

ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!



建設工事の 保安地質学 (改訂版)

理学博士 石井康夫 著

A5判 上製本 475頁 価格 6,300円 円 340円

本書は、多くの人が『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

到達の段取り替えが短期間で済むこと、地上部での作業スペースが狭く、施工設備を極力少なくできること、障害物などと遭遇した場合に対応しやすいことなどを総合的に判断した結果、刃口式推進工法が採用された。

(3) 施工状況

推進作業の期間中は、クレーン、切羽からのピククの騒音(立坑上まで非常によく響く)、トレーラ

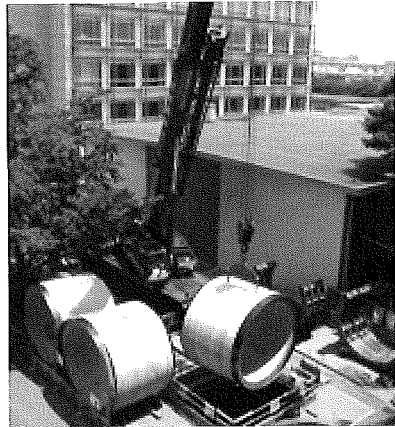


写真-2 推進管吊降し状況

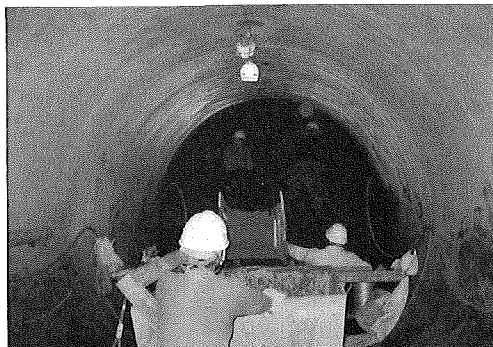


写真-3 呼び径3000の推進状況

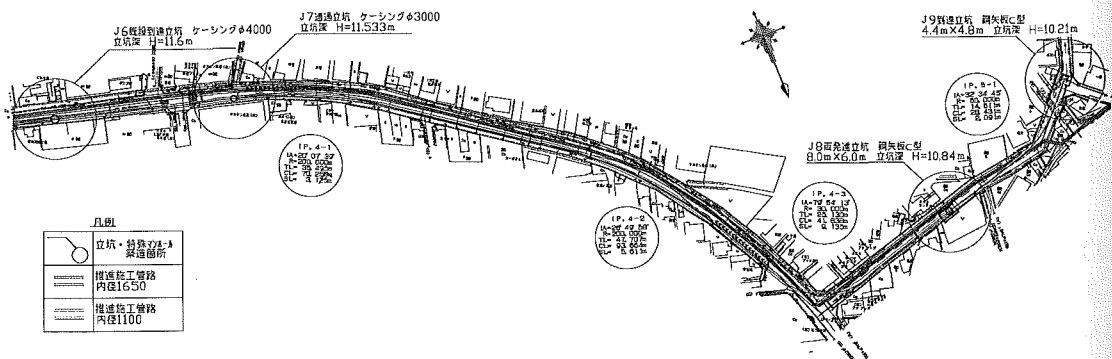


図-1 推進路線図

(推進管搬入)、残土運搬用トラックの走行、その他資機材の搬出入などでの第三者への影響(平時の学内は非常に静かであるが、登下校時や昼食時などでは数千人の学生が集中して移動する)を極力小さくするように留意しながらの作業であった。推進工法の原点ともいべきこの工法は、現場に従事している作業員、とくに掘削作業を行っている人の体力と地山を見る目の確かさに大きく依存するものであった。

2-2 泥水式推進工法

(1) 工事概要

工事名: 第3次千音寺幹線下水道築造工事

発注者: 名古屋市

施工概要: 呼び径 1650

(曲線部は鋼・コンクリート合成管を使用)

延長 $L=445.9\text{m}$

曲線半径 $R=30\text{m}$

土かぶり $H=8.4\sim 9.4\text{m}$

土質 砂, シルト

工法 泥水式推進工法

(2) 問題点と対策

本工事は、道路の両サイドに住居が密集する住宅街での下水道管きよの推進工事である。発進直後に急曲線($R=30\text{m}$)が計画されており、この急曲線区間は官民境界線との離間に余裕がないため、高精度の曲線制御が求められた。また、急曲線後に2つの緩曲線($R=200\text{m}$)を含む357mの長距離推進であり、推進抵抗力の増大による推進管破損などのトラブルが懸念され、これを防止する対策



写真-4 泥水式掘進機

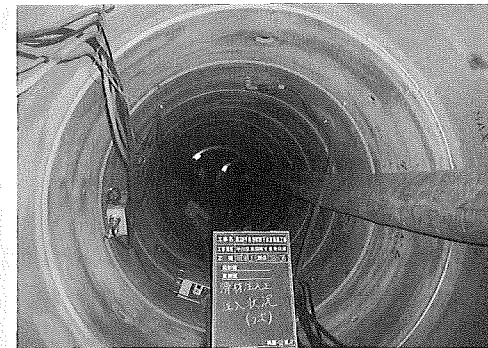


写真-5 二次滑材注入(二次滑材液状型)

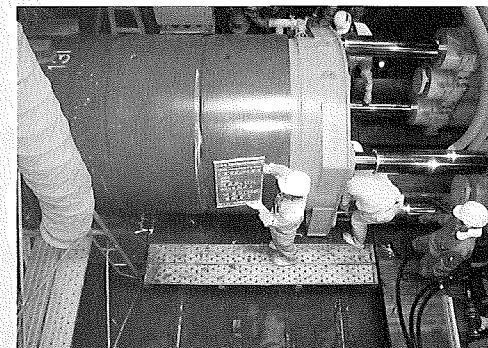


写真-6 鋼・コンクリート合成管推進状況

した曲線軌道に推進管が正確に追従できるようにした。

長距離推進における推進抵抗力の低減方法としては、掘進に伴って発生するテールボイドに固結型滑材を一次注入し、その後方の一次滑材層と推進管の間に液状型の二次滑材を同時注入することで、推進管の周囲に二層の滑材層を形成する二層滑材層形成方式を採用した。

また、急曲線部における管継手部の止水性能の確保と管の破損を防止するために、急曲線部を通過する管きよは、1/3の長さの鋼・コンクリート合成管を採用した。

(3) 施工状況

急曲線を含む曲線区間は、泥水式掘進機の制御を遠隔操作で集中管理でき、効率のよい曲線造成が行えた。また、後続する推進管列は管継手部に設置した推進力伝達材によって適正な折れ角を保持して高精度の曲線軌道を維持した。

長距離推進については、二層滑材層形成方式により計画どおりに推進力を低減することができ、効率の良い急曲線・長距離推進を完了した。

2-3 土圧式推進工法

(1) 工事概要

工事名: 栄処理区阿久和雨水幹線下水道整備工事(その5)

発注者: 横浜市

施工概要: 呼び径 2800

(曲線部 鋼・コンクリート合成管)

(直線部 NS管, E型管)

延長 $L=444.1\text{m}$ (1スパン)

曲線半径 $R=300, 300, 300, 25\text{m}$

延長 $L=350.9\text{m}$ (1スパン)

曲線半径 $R=300, 35\text{m}$

土かぶり $H=3.9\sim 11.2\text{m}$

土質 粘性土, 細砂

工法 土圧式推進工法

(2) 問題点と対策

本工事は掘削対象地盤は粘性土が主体であることから泥水式推進工法では余剰泥水が多くなり大規模な泥水処理設備が必要とされたが、市街地で

を立案した。

土質条件は、砂・シルト層で土かぶりは8.4~9.4mと深く、地下水位もGL-1.7mと高水圧が想定された。

このため、高水圧の地盤条件でも、泥水圧により切羽の安定制御が確実に行え、曲線推進においても集中管理で確実な施工ができる泥水式推進工法を採用した。

曲線部分の推進管の安全を確保するために、管継手部に推進力伝達材を設置して、掘進機が造成

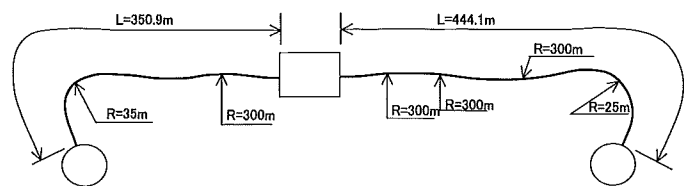


図-2 推進路線図

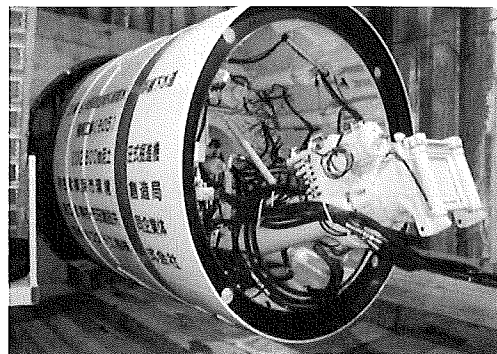


写真-7 土圧式掘進機

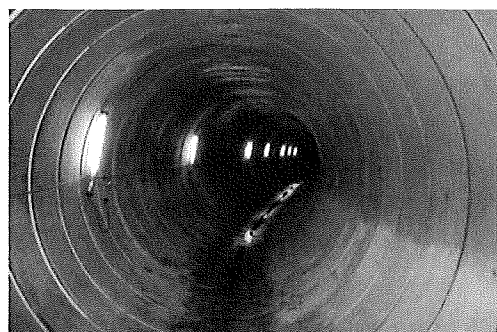


写真-8 急曲線区間(管内より)

の泥水処理プラントを設置するための用地確保が困難であった。

このため、大規模な泥水処理設備を必要とせず、比較的狭い作業基地で施工が行える土圧式推進工法が採用された。また、呼び径2800と管径が大きく急曲線推進施工となることから、推進管継手部の止水性の確保、管端面破損防止、管列の追従性が課題となった。

この課題に対応するために、曲線区間の推進管材は、継手部の止水性が確保できるとともに、大きな推進力が伝達できる鋼・コンクリート合成管を採用した。さらに、掘進機が造成した軌道に推進管を追従させるために、管継手部に適切な推進力伝達材を設置した。

(3) 施工状況

本工事の土質は、粘性土が主体で若干の細砂が含まれている。このため、添加材を注入し掘削土砂と攪拌することにより理想的な塑性流動状態の泥土となり、確実な切羽安定と効率の良い

施工ができた。

また、両スパンに各1か所ある急曲線区間部の施工は、管継手部に設置した推進力伝達材の適正な推進力伝達と、鋼・コンクリート合成管の継手部に装備した目地開口制限装置によって、曲線軌道を高精度に維持できた。

2-4 泥濃式推進工法

(1) 工事概要

発注者：川崎市

施工概要：呼び径 1650

(曲線部 鋼・コンクリート合成管)

延長 $L=263.0\text{m}$ (1スパン)

曲線半径 $R=100, 200, 45, 35\text{m}$

土かぶり $H=2.48\sim 3.52\text{m}$

土質 玉石混じり礫質土

工法 泥濃式推進工法

(2) 問題点と対策

本工事の掘削対象地盤は、玉石混じり礫質土層で地下水位よりも高い位置での推進施工となる。また、推進路線は、初期に2つの緩曲線があり、到達21m手前から既設マンホールを回避するために、右に $R=45\text{m}$ 、続いて左に $R=35\text{m}$ のS字形の急曲線推進を行い、 $\phi 4200\text{mm}$ の円形立坑に到達する線形となっている。

さらに、発進立坑の位置は、バス路線である二車線道路の片側に計画されており、近くにコンビニエンスストアがあるため店を訪れる車両が頻繁に出入りしているという施工環境で、推進工法のための十分な作業基地が確保しにくいという問題があった。

このため、大規模な泥水処理設備を必要とせず、比較的狭い作業基地で施工を行うことができ、急曲線推進にも対応できる泥濃式推進工法が採用された。

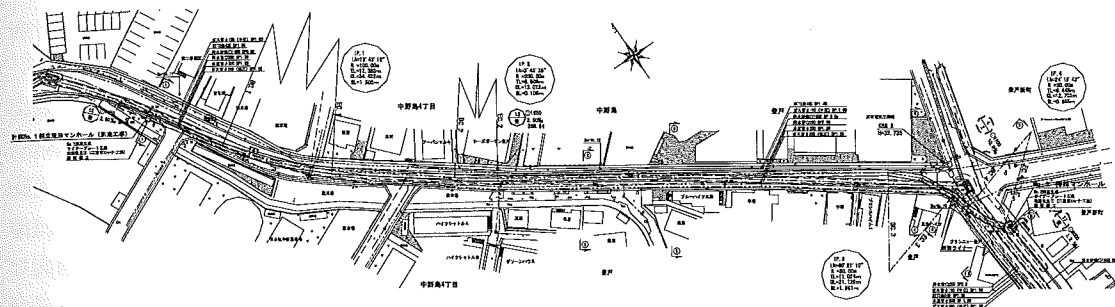


図-3 推進路線図

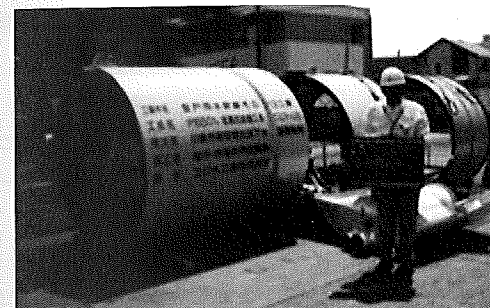


写真-9 泥濃式掘進機

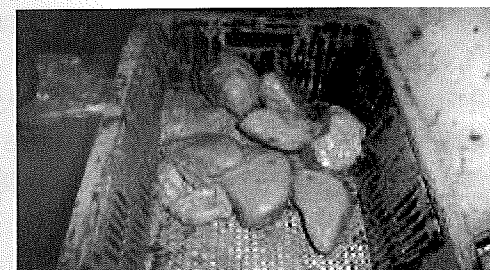


写真-10 搬出された玉石

(3) 施工状況

当初、プラント用地は、道路を横断した30mほど離れた民地に計画したが、礫率が予想以上に高いうえ、道路を横断するために排泥管に多くの屈曲部を設けなければならず、礫が詰まって作業をたびたび中断することになってしまい、平均日進量が低下した。そのため、立坑内に排泥ユニットを設置し円柱形のバケットにため、ダンプトラックで排土タンクに小運搬する施工方法に変更した。この変更により日進量は比較的順調に推移した。

本工事に使用した掘進機は、3分割の急曲線対応掘進機であったが、さらに補助方向修正機を追加することで玉石混じり礫層におけるS字急曲線に対応させた。

③ 長距離・曲線推進工

長距離推進、曲線推進における主な検討項目と施工事例を示す。

3-1 長距離推進工

3-1-1 長距離推進の定義

長距離推進に対応するものとして中押工法の発明による推進力の分散付与や滑材の開発による周面抵抗力の低減がある。中押工法は、総推進力が推進管の耐荷力、元押設備能力および支圧壁背面地山の支持力を上回った場合に適用されるもので、推進延長の制限を解消することができるが、反面、中押の使用段数が増えると使用段数に応じた推進時間が必要となるため日進量の低下を招くというデメリットをもっている。このほかにも、掘削土砂の搬出、測量、緊急時における管内作業員の安全確保など、推進距離の長距離化に伴い解決しなければならない事項が増えてくる。

このようなことから、「一区間の推進延長が呼び径の250倍を超えた場合または500mを超えた場合」は長距離推進と定義する。

3-1-2 主な検討事項

(1) 工法選定上の制限

1) 開放型(刃口式推進工法)の適用制限

刃口式推進工法による長距離推進は、切羽掘削作業における緊急避難時の管内の安全な通行性を確保するために、呼び径2000以下は避ける。

2) 密閉型機械推進における制約

泥水式、土圧式、泥濃式などの密閉型機械推進工法により呼び径2000以下の長距離推進を行う場合は、緊急災害時の待避の困難さを考慮して掘進

機は遠隔操作とし、掘進中は推進管内に立ち入る必要のない施工方法を検討する。

(2) 周面抵抗力の低減方式の検討

長距離推進においては、滑材効果を確実にし、周面抵抗力を低減する必要がある。通常の推進における滑材注入は先頭推進管に設けた1か所から行われるが、長距離推進においては、滑材注入後の時間経過、後続推進管の通過、地下水による希釈・変質などによって、滑材効果が減少することが考えられるため、後続の推進管からの注入が必要になる。

1) 一次・二次滑材注入方式

掘進機の切削による孔壁を保持して滑材効果を持続させるために、適切な間隔で先頭管および後続の推進管から自動的に滑材注入を行う方式である。

2) 滑材・地山混合層形成方式

推進管先頭部分から推進速度に合わせ、同一円周上に一定量の滑材を順次注入すると同時に注入孔後方の攪拌装置により地山と滑材を混合して滑材・地山混合層を形成させる方式である。

3) 二層滑材層形成方式

掘進機の外径を制御管より大きくし、掘進に伴って発生するテールボイドに固結型滑材を一次注入し、その後方の一次滑材層と推進管の間隙に液状型の二次滑材を同時注入することで、推進管の周囲に二層の滑材層を形成する方式である。

4) 機械的テールボイド再拡幅、修復方式

推進管のカラー部に特殊排土板を設置して、閉塞したテールボイドを機械的に拡幅し、そこに、テールボイド安定材を注入する方法や推進管外周に装備したビット付きチェーンが回転することで、閉塞したテールボイドを機械的に修復する方式である。

(3) 掘削土砂搬出方法の検討

長距離推進における掘削土砂の搬出は、推進管内の搬送距離が長くなるため、各工法ごとに搬出方法、搬出装置の能力などを検討する必要がある。

1) 刃口式推進工法

長距離推進においては、トロバケットによる搬

出は現実的ではなく、バッテリーカー、モノレールあるいは流体輸送を採用する。

2) 泥水式推進工法

泥水式推進工法は泥水の還流による流体輸送で掘削土砂の搬出が行われる。しかしながら、長距離推進では輸送管路が長くなり、排泥管路は流体抵抗が大きくなると切羽に設定圧力以上の過剰な水圧が作用し切羽圧力の制御が不可能となる場合がある。したがって、泥水輸送設備計算にもとづき、排泥管路中に中継ポンプを設置し、流量の確保と切羽圧力の制御が確実にできるようにする。

3) 土圧式推進工法

トロバケットの使用は刃口式推進工法と同様に長距離推進においては現実的でなく、バッテリーカー、モノレールあるいは流体輸送を採用する。

4) 泥濃式推進工法

泥濃式推進工法における掘削土砂の搬出は吸引力により行われ、吸引不可能な大きさの礫をトロバケットにより搬出している。吸引排土は、掘削と土砂搬出の調和状態を維持する必要があるが、吸引排土は掘進機操作員の技量に負うところが大きい。長距離になると、吸引排土能力が不足する場合があります。複数台の吸引排土設備を設置し、段階輸送を行うことも検討しておく必要がある。

(4) 測量方法の検討

通常の推進と同様に、長距離推進における測量もトランシット・レベルなどの測量機器を用いる方法が基本である。しかしながら、測量機器の視準可能距離には限度があり、これを超えると推進管内に測量機器を据付ける作業(盛替え)が必要になる。盛替え回数が増える長距離推進では、作業能率の低下と工事費の増大を招くことになる。したがって、長距離推進においては、次に挙げるような自動測量機能を備えた測量機器の使用を検討する必要がある。

1) 自動追尾式トータルステーション

自動追尾式トータルステーションは、測距、測角、演算などの機能を自動整準、自動追尾で行うことができるため、推進管内に設置することにより測量時間を短縮できる。

2) 水管式計測器(液圧差レベル計)

水管式計測器(液圧差レベル計)は、位置検出が容易であり、計測結果の信頼性が高く計測距離の制約がないため、長距離施工における水準測量に適している。

(5) 作業員の安全性確保(推進管内作業の制限)

長距離施工においては、作業環境の整備と災害防止のために、通常の推進工法における設備とともに、とくに以下に示す設備などについて必要な措置と対策を講じなければならない。

- ・監視装置
- ・換気設備
- ・照明設備
- ・通信・連絡設備
- ・推進管内の水替え
- ・退避設備
- ・消火設備

3-1-3 施工事例

(1) 工事概要

工事名：新海底管渠敷設工事

施工概要：呼び径 2200

(推進管 高水密Wジョイント管)
 延長 $L=1,165.8\text{m}$ (1スパン)
 曲線半径 $R=400, 1,000\text{m}$
 土かぶり $H=19\sim 31\text{m}$
 土質 シルト・粘性土
 工法 泥水式推進工法

(2) 問題点と対策

本工事は、神奈川県内の運河を横断して呼び径2200のヒューム管を1スパン $L=1,165.8\text{m}$ で施工するものである。大口径管の長距離推進工であり推進抵抗力の軽減と、高水圧下での鉛直方向および水平方向曲線の施工であるため推進管継手部の止水性が検討された。

周面抵抗力の低減のために、二層滑材層形成方式を採用した。滑材注入を考慮した推進抵抗の算定では元押能力が不足するため、計算上は2段必要となった中押装置を予備も含めて3段で計画した。

また、推進路線のほとんどが主要な運河や重要

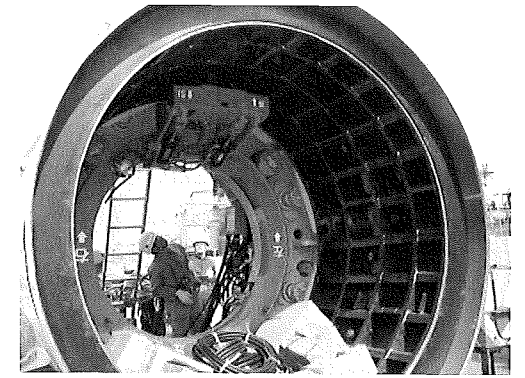


写真-11 シールド設備筒

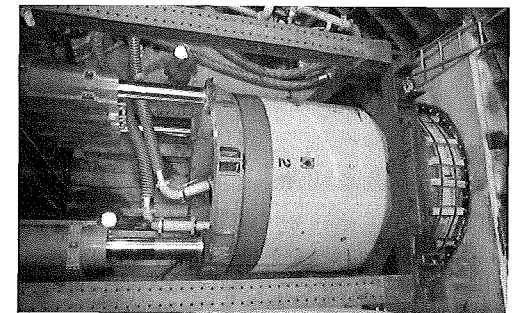


写真-12 推進施工状況

構造物の直下となるため、何らかのトラブルが発生しても上部(地上)からの対応はできない。その対応として、掘進機直後にエレクトラを装備したシールド筒を連結装備して、万一推進不能の事態が発生した場合には、シールド方式でも掘進できるようにした。

さらに、高水圧対策としては掘進機のシール構造は0.6MPaを確保するとともに、推進管は0.4MPaの止水性が確保できる高水密Wジョイント管を採用した。

(3) 施工状況

掘進作業は、泥水式掘進および滑材注入システムの制御をすべて遠隔操作で行えるようにしたことから効率の良い長距離推進施工が実施できた。

推進力は、二層滑材形成方式の採用により周面抵抗力が軽減され、計画推進力を大きく下回る推進力で到達できた。しかしながら、軟弱粘性土であるため縁切り時の推進力が増大する現象が見られ、到達立坑内への掘進機押出時には中押を使用しなければならなかった。

3-2 曲線推進工

3-2-1 概要

市街地における複雑な制約条件や工事費の低減から、推進工事は長距離化と併せて曲線推進の需要が増大している。曲線推進においては、掘進機および推進管が曲線上を進むために、相互に働く力の関係や継手部の状況が直線推進の場合と異なり、推進管の口径、管長、曲線部の延長、地盤の状態、刃口または掘進機の構造、施工方法(補助工法の有無)などにより施工の可否が決定される。

曲線推進の計画に際しては、図-4に示すフローに則って、推進管を安全確実に推進するために、推進管列にかかわる検討と曲線造成のための掘進方法にかかわる検討を行わなければならない。中でも、急曲線や複数の曲線区間を含む近年の施工においては、次の事項について十分な技術検討が必要である。

3-2-2 主な検討事項

(1) 推進管列にかかわる検討

曲線推進の推進管列にかかわる検討では、曲線推進における推進抵抗力(各BC点における推進抵

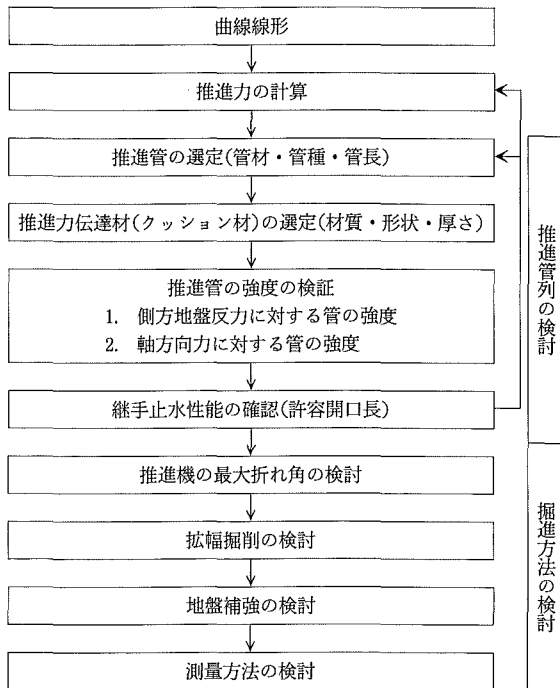


図-4 曲線推進の計画フロー

抗力)を求め、推進管(管長)と推進力伝達材を仮に設定し、地盤反力に対する管の強度や曲線部外側の管外側目地の開口長の検討を行い、管の継手が水密性を確保できるか否かの確認を行う。次に曲線部では管端部の限られた範囲で推進力を伝達するために、推進管の軸方向力に対して管の強度が安全か否かを軸方向耐力検証ソフトによって検証する。

1) 推進力の計算

曲線推進においては、直線推進における推進抵抗力のほかに、推進力の曲線外側方向への分力(水平分力)による管外壁面との摩擦抵抗力が負荷されるので、その分推進抵抗力が増加する。

2) 側方地盤反力に対する管の耐力の検証

曲線区間では推進管が折れ線状になっており、推進力の水平分力が推進管を曲線外側へ移動させるように作用する。この水平分力に対抗する地盤反力は、推進管に側方地盤反力として作用する。水平分力は、曲線始点(BC点)で最大となり、また、管に作用する側方地盤反力の許容値は、管の許容等分布側圧(管の保証等分布耐力)と分布範囲から求まる。

3) 管継手部止水性能の確認

曲線部では推進管継手部の目地が開く。継手には水密性を確保できる抜き出し長が定められているが、これらは推進力伝達材の厚さを10mmとしたときの値であり、実際の施工では曲線状況によって異なる厚さの推進力伝達材を用いるほか、推進に伴って厚さが変化している場合がある。とくに曲線部外側管外側の開口長(S₁)はもっとも大きくなるので、その部分の開き量を常に把握しておく必要がある。

4) 推進管軸方向に対する管の強度の検証

曲線推進において、管端面に推進力伝達材を使用し、推進力伝達材の塑性変形と弾性変形を利用して推進力を伝達する方法が一般的である。推進力伝達材が推進力によって圧縮されて生じる圧縮応力度を推進管のコンクリート軸方向応力度として考える。

曲線推進では、推進力伝達材に生じる最大圧縮

応力度が、推進管の許容圧縮応力度(設計基準強度を安全係数で除した値)以下となるように、推進管および推進力伝達材の設計を行う。

(2) 掘進方法の検討

曲線推進にあたっては、推進管が所定の計画線上にあるように施工しなければならない。このためには、刃口または掘進機が計画どおりの曲線線形を造成できること、推進管が曲線線形を支障なく通過できる適切な拡幅掘削が形成されていることなどが必要となる。

1) 開放型(刃口)の曲線造成方法

開放型においては、刃口に方向制御ジャッキを設置し、これを操作することにより曲線造成を行う。

2) 密閉型(掘進機)の曲線造成方法

密閉型においては、掘進機の方向制御ジャッキの左右にストローク差を設けることにより曲線造成を行う。さらに、複数の中折れ箇所を設け補助ジャッキを装備する場合もある。

一般に掘進機を所定の曲線軌道にのせるためには、左右のストローク差を計算値より若干大きくする。このストローク差が確保できない場合は、押し引き兼用ジャッキの使用または掘進機と推進管をテンションロッド(緊張鋼棒)により緊張する方法なども検討する。

3) 掘進機の最大折れ角の検討

掘進機の曲線造成能力は、曲線半径、掘進機の長さおよび掘進機の外径により算定された設計折れ角と、掘進機の方向制御ジャッキの折れ曲げ能力(最大折れ角)により検討する。

実際の曲線施工においては、レベル方向の制御および掘進機外側の地盤反力の状況により、掘進機前胴部、後胴部間の折れ曲げ量の増減が必要になる。

経験的に掘進機の折れ曲げ能力(最大折れ角)は、設計折れ角の1.5倍程度の余裕を持たせる。また、曲線施工条件が厳しい場合は、掘進機の中折れ箇所を2か所以上設けることも検討する必要がある。

4) 拡幅掘削の検討

曲線施工においては、曲線上を折れ線状の推進

管が通過するため、曲線に見合う拡幅掘削(余掘り)を確実にに行わなければならない。拡幅掘削量は、曲線半径、推進管あるいは掘進機の外径および長さにより決まる。

5) 地盤補強の検討

曲線推進では、推進力の曲線外側方向への分力により、推進管列が外側に張り出そうとする。これに対して、地盤に耐力がない場合は、線形の維持ができなくなる。このような場合、拡幅部の地山の自立や地盤の耐力確保のために、路線の外側に噴射攪拌工法などで地盤改良することができる。

6) 測量方法の検討

曲線施工では、発進立坑から掘進機を直接見通せなくなるためにトラバース測量が必要になる。一般に、発進立坑内または立坑外で掘進機の運転操作を行う遠隔操作方式の場合は、自動追尾式トータルステーションによる自動測量が用いられ、掘進機内や推進管内で掘進機の運転操作を行う坑内操作方式では測量器の盛替えによる管内測量が行われている。ただし、坑内操作方式でも急曲線や多数の曲線区間があり、盛替えに相当の時間を要する場合などに自動測量が用いられている。

3-2-3 施工事例

(1) 工事概要

工事名：北部処理区元宮導水幹線整備工事
 施工概要：呼び径 3000
 (推進管 鋼・コンクリート合成管)
 延長 L=263.2m(1スパン)

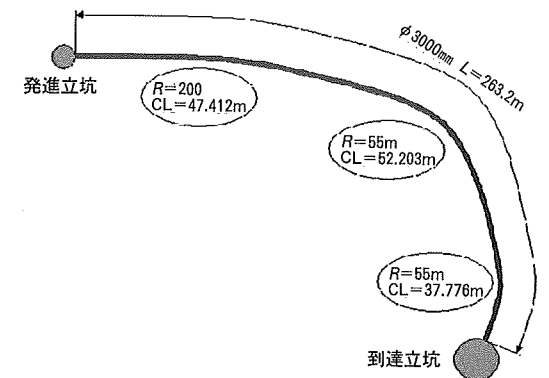


図-5 推進路線図

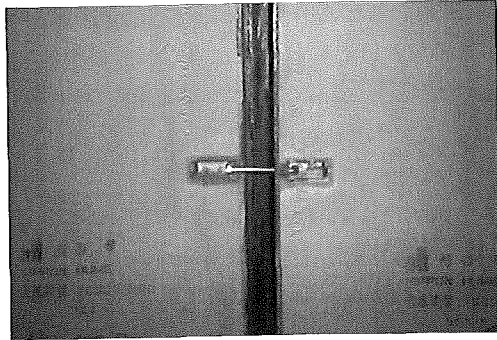


写真-13 目地開口制限装置

曲線半径 $R=200, 55, 55m$,
土かぶり $H=34.5\sim 35.8m$
土質 細砂・粘土質シルト
工法 泥水式推進工法

(2) 問題点と対策

本工事は、導水幹線整備工事において、分水人孔(発進立坑)と既設枝線特殊人孔(到達立坑)の間に呼び径3000の導水管を大深度の位置に埋設するものである。推進管内径が3000mmの大口径管では急曲線の範疇に入る $R=55m$ の曲線施工を含んでおり、掘進機の曲線造成を的確に行い推進管列の曲線軌道を確実に保持することが求められた。また、通常の推進工事に比べて土かぶりが最大35.8mと大きく地下水圧も0.3MPa以上の高水圧となるため、掘進機および推進管継手には特殊な止水対策が必要となった。

このため、高水圧下でも切羽の安定が集中管理で確実にできる泥水式推進工法が採用された。掘進機は設計折れ角に対して十分な余裕をもたせるとともに中折れ部の改造を行い0.5MPaの水圧に耐える高水圧対応シールを装備した。

推進管であるJB管、JC管の継手部の耐水圧は、0.2MPaまでとなっているため、本工事では継手部の止水性能が不足する。そのため、止水性能の確保とともに、管きょ構造物としての強度も確保できる鋼・コンクリート合成管を採用した。なお、管継手部のゴムリングは、高水圧に対応できるOリングに変更し二重構造とした。また、急曲線区間の推進管は、継手部の開口長を許容値である60mm以内に収めるために推進管長を800mmとし、

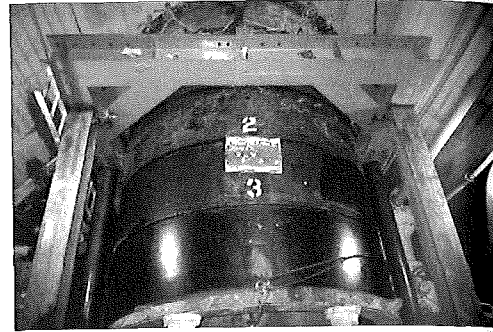


写真-14 鋼・コンクリート合成管推進状況

推進管継手部の開口が局部的に集中しないように開口制限装置を設置した。

管継手には適切な推進力伝達材を挿入して高精度の曲線施工が行えるようにした。

(3) 施工状況

曲線区間の推進管継手部は、推進力伝達材と開口制限装置により目地開口が局部的に集中することもなく、均等に開口して正確な曲線を形成することができた。また、推進管の均等な開口と今回採用した高水圧用のOリングの効果で管継手部からの漏水は全く発生しなかった。

④ おわりに

大口径管推進工法の掘進方式の特徴や長距離推進・曲線推進における検討項目について施工事例を交え述べてきた。長距離・曲線施工の計画は年々増加しているが、設計段階において必要な材料や装備を計上することはもちろんであるが、施工リスクによって品質や耐久性を損なう恐れが懸念されるような場合には、施工不可と判断することも必要と考える。

現在の技術を正しく評価し、今後の開発目的をしっかりと認識してこれからの長距離・曲線推進技術の発展に寄与していくことが重要と考える。

(文責：和田浩治/機動建設工業(株))

参考文献

- 1) 日本下水道管渠推進技術協会：推進工法体系I。
- 2) 月刊推進技術, Vol.25, No.3, 2011.3.
- 3) 月刊推進技術, Vol.20, No.1, 2006.1.

業界案内

2011

目次

コンサルタント業 I

建設業 II

建設機械業 II

建設資材業 IV

掲載内容の説明

会社名

代表者名 および 役職

業務内容, 取扱商品名 など

問い合わせ先

所在地

TEL : (XXX)XXX-XXXX FAX : (YYY)YYY-YYYY

E-mail : XYZ@ZZZ.jp

URL http://www.ZZZ.jp

コンサルタント業

国際航業株式会社

代表取締役社長 中原 修

- ・持続可能な社会へ寄与する新しいインフラ整備
- ・空や地上地下から地形地質を調査計測し、多様なニーズに応えるデータ構築サービスを提供
- ・山岳トンネルの調査・解析・計画・設計・点検

問い合わせ先：技術センター

〒183-0057 東京都府中市晴見町2-24-1

TEL : 042-307-7110 FAX : 042-330-1032

E-mail : naoki_muto@kkc.co.jp

URL http://www.kkc.co.jp



メトロ開発株式会社

代表取締役社長 矢萩 秀一

●都市トンネルの調査・設計・施工管理●近接施工の設計・計測管理●建設資機材の販売リース●建築・設備の設計・施工管理●IPH(内圧充填接合補強)システムの施工●流動化処理土(Mソイル)の製造販売

問い合わせ先：技術部 技術営業課

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11-9

TEL : 03-5847-7807 FAX : 03-5847-7825

E-mail : horikoshi@metro-dev.co.jp

URL http://www.metro-dev.co.jp



株式会社 ロード・エンジニアリング

代表取締役 清水 洋

道路、道路構造物、付帯設備の調査、設計、施工管理およびトンネル点検・調査・補修設計、とくにトンネルに関する部門を完備

問い合わせ先：本社

〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-24-7 冠ビル

TEL : 03-3891-0711 FAX : 03-3891-0701

E-mail : info@road-eng.co.jp

建設業

木部建設株式会社

代表取締役社長 木部 信敏

総合建設業
(支店)仙台, 東京
(営業所)札幌, 福島

問い合わせ先: 本社
〒180-0005 東京都武蔵野市御殿山1-6-10
TEL: 0422-48-7221 FAX: 0422-47-6967

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

新日本開発株式会社

グループ代表取締役 箕井 伸

トンネル補助工法(AGF, 切羽補強, パイプルーフ, 各種マイクロパイル他), 中~長距離先進ボーリング, 切羽前方探査, 坑内外各種計測, 気泡削孔, 各種注入工, 立坑掘削, 構造物補修補強工

問い合わせ先: 土木部
〒550-0012 大阪府大阪市西区立売堀2-4-19
TEL: 06-6543-1175 FAX: 06-6543-1170
E-mail: info@njd.co.jp
URL <http://www.njd.co.jp>

大豊建設株式会社

代表取締役 水島 久尾

総合建設業

問い合わせ先: 土木本部 土木営業部
〒104-8289 東京都中央区新川1-24-4
TEL: 03-3297-7007 FAX: 03-3551-4005
E-mail: info@daiho.jp
URL <http://www.daiho.co.jp>

日本基礎技術株式会社

代表取締役社長 中原 巖

トンネル補助工事, 地盤汚染対策工事, ダムグラウチング工事, 斜面安定工事, 地すべり対策工事, 地盤改良工事

問い合わせ先: 東京本社 技術本部 技術部
〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町15-17
TEL: 03-3476-5701 FAX: 03-3476-4551
E-mail: gjjutsu-as@jafec.co.jp
URL <http://www.jafec.co.jp>

吉岡建設株式会社

代表取締役社長 吉岡 隆一

土木工事施工(トンネル・シールド・ダムほか)

問い合わせ先: 工事部
〒569-1136 大阪府高槻市郡家新町41-2
TEL: 072-681-1861 FAX: 072-681-1866
E-mail: yoshiokakensetsu@e-yoshioka.com
URL <http://www.e-yoshioka.com/>

建設機械業

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

代表取締役社長 石井 英勝

自由断面トンネル掘削機: ブームヘッダー(RH-10J, RH-250-MB-SL, RH-8J, RH-3J), ミゼットマイナー(MM-90, MM-49), ブームカッターシールド(BCS), シャフトヘッダー(SH-37)

問い合わせ先: 本社 営業3部
〒105-0012 東京都港区芝大門2-5-5 住友不動産芝大門ビル
TEL: 03-5733-9444 FAX: 03-5733-9506

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

ケンサンリース株式会社

代表取締役社長 晴披 保

トンネル工事, シールド工用各種機械, 資材のレンタルおよび販売
主要機械: バッテリーロコ, ズリトロ, 運搬台車, 掘削機械, コンクリート関連機械, レール, 分岐他

問い合わせ先: 本社
〒171-0022 東京都豊島区南池袋3-13-15
TEL: 03-5396-9331 FAX: 03-5396-9333
E-mail: l.kensan@oregano.ocn.ne.jp
URL <http://www9.ocn.ne.jp/~l.kensan/>

KOKEN 鉦研工業株式会社

代表取締役社長 末永 幸紘

ボーリング機器の製造・販売・工事施工
・レイズボーリング工法(BMシリーズ)
・コントロールボーリング工法
・PSワイヤーライン工法

問い合わせ先: 本社 工事本部
〒171-8572 東京都豊島区高田2-17-22 目白中野ビル1F
TEL: 03-6907-7512 FAX: 03-6907-7522
E-mail: imamura@koken-boring.co.jp
URL <http://www.koken-boring.co.jp/>

SANDVIK サンドビック マイニング アンド コンストラクション ジャパン 株式会社

代表取締役社長 松本 啓志

ジャンボ, ブレーカ, ロックツール, ロードホウルダンプ, ダンプトラック, ロードヘッダー, ツインヘッダー, さく孔具, モバイルクラッシュ&スクリーン, ほか

問い合わせ先: CS & マーケティング部
〒222-0033 横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6F
TEL: 045-478-0662 FAX: 045-478-0661
E-mail: mayuko.yoshida@sandvik.com
URL <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/jp/>

FRD 古河ロックドリル株式会社

代表取締役社長 猿橋 三郎

トンネルドリルジャンボ, 油圧クローラドリル, 油圧ブレーカ, 油圧圧砕機, コンクリート吹付機, 電動式坑内積込機, スロットドリル, インパクトオーガドリル, 空圧さく岩機

問い合わせ先: 本社 特機部
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
TEL: 03-3231-6966 FAX: 03-3231-6993

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

株式会社 三井三池製作所

代表取締役社長 平川 幸知

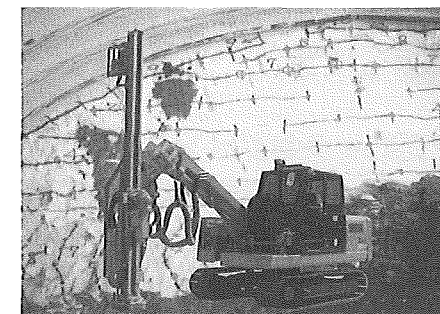
ロードヘッダ, ツインヘッダ等の掘削機, および動翼可変ピッチ制御コントラファン, エムデックス(バグフィルタ式集じん機)といったトンネル工用換気設備を提供しています。

問い合わせ先: 産業機械事業本部 産業機械営業部
〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2-1-1
TEL: 03-3270-2005 FAX: 03-3245-0203
E-mail: sanki@mitsuimiike.co.jp
URL <http://www.mitsuimiike.co.jp>

ヤマモトロックマシン株式会社

代表取締役 山本 勝俊

油圧・空圧さく岩機・ドリフター, 油圧・空圧クローラドリル, アタッチドリル, 法面せん孔機, ドリルジャンボ, 401・301・201・101ロックボルトせん孔機, 立坑・石材せん孔機, トンネル用油圧割岩機, 電撃・静的破砕剤, 製鐵・ゴミ熔融炉開孔機関連機器・機材。



HCD油圧ロックボルトせん孔機

問い合わせ先: 東京営業部
〒100-0005 東京都千代田区丸の内3-2-3 富士ビル713区
TEL: 03-3201-0701 FAX: 03-3201-5702
E-mail: tokyo@yrm.co.jp
URL <http://www.yrm.co.jp>



建設資材業

カヤク・ジャパン株式会社

代表取締役社長 山本 茂樹

産業用火薬類の製造・販売、危険性評価試験
含水爆薬(アルテックス, ランデックス)
アンホ爆薬, 電気雷管, 電子雷管(EDD)
導火管付雷管(アイデット), 発破器, テスター

問い合わせ先: 営業本部
〒130-0015 東京都墨田区横網1-6-1(国際ファッションセンタービル9F)
TEL: 03-5637-0902 FAX: 03-5637-0939
E-mail: info.901@kayakujapan.co.jp
URL: http://www.kayakujapan.co.jp/

リングロックセグメント研究会

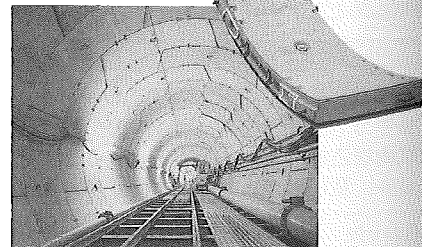
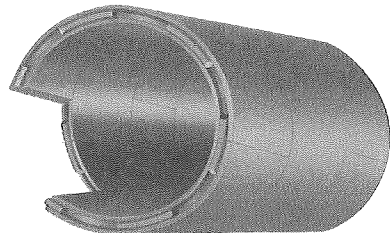
事務局代表 藤本 直昭

●リングロックセグメント 【NETIS登録番号: KT-010199】

～内水圧対応、内面平滑型セグメント～

近年、都市型洪水への対応策として地下河川や貯留管などのトンネルが計画されています。これらのトンネルで満管状態の運用を考慮する場合、覆工は土水圧の外荷重と内水圧の両方に対応する必要があります。また、地下河川などで採用されるシールド工法では建設コスト縮減策として、二次覆工を省略しトンネル掘削径の縮小や工期の短縮を図ることが注目されています。

リングロックセグメントは、リング継手面に設けた「ほぞ」のかみ合いで覆工を保持するボルトレス構造で、一次覆工のみで土水圧の外荷重と内水圧の両方に対応できます。また、継手がフレキシブルで耐震上も優れた合理的なセグメントです。



問い合わせ先: (株)フジタ 建設本部トンネルシールド部内 リングロックセグメント研究会事務局
〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2 SYD修養団ビル TEL: 03-3796-2298 FAX: 03-3796-2304
E-mail: kaiizawa@fujita.co.jp URL: http://www.ringlock.jp/index.html

JAPEX 株式会社ジャペックス

代表取締役社長 黒川 孝一

トンネル用爆薬遠隔装填装置セーフチャージャー
含水爆薬(ハイジェックス, 快力), ダイナマイト
アンホ爆薬, 電気雷管, 導火管付き雷管ハイネル
導爆線, 発破器類, 発破技術サービス

問い合わせ先: 営業企画室
〒105-0003 東京都港区西新橋1-11-5 新橋中央ビル4F
TEL: 03-3506-9061 FAX: 03-3580-8244
E-mail: japex-staff@highjex.jp
URL: http://www.highjex.jp

合資会社 日高商会

代表 川守田政臣

〔ドリフター用さく孔ツール類製造販売〕
シャンクロッド, カップリング, ロッド, ビット
〔AGF工法用鋼管, ツール類製造販売〕
鋼管, 鏡ボルト, NSXビット, 水抜き用特殊管

問い合わせ先: 営業部
〒103-0023 東京都中央区日本橋本町4-14-2 ミマツビル102
TEL: 03-3663-0561 FAX: 03-3667-5443
E-mail: contact5288@nikkoshokai.jp
URL: http://www.nikkoshokai.jp/

トンネルジャーナル

舞鶴若狭自動車道国富トンネルが貫通

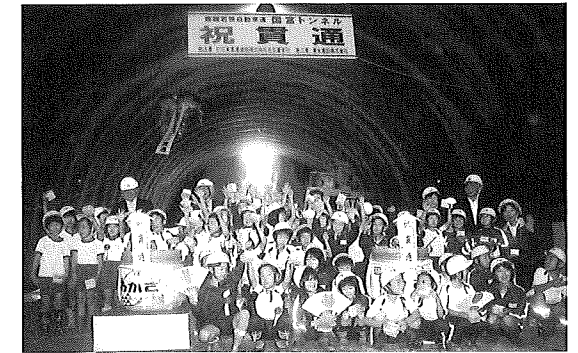
中日本高速道路敦賀工事事務所が整備する舞鶴若狭自動車道の「国富トンネル」が6月2日貫通した。当日は、国富小学校と宮川小学校の児童ら近隣住民が招かれ、実際の掘削機械が切羽を貫き、トンネル内に外の光が差し込んだ瞬間には、大きな歓声が上がった。続いて、児童らによる通り初めなどが行われ、貫通を祝った。

同トンネルは、福井県小浜市に位置し、小浜IC～敦賀JCT間にある14本のトンネルのなかでは全長が2,897mと最も長く、6番目の貫通となる。工事は平成21年1月に着手され、中生代の丹波付加帯からなる頁岩優勢層の地山を、片押しによる発破方式で掘進した。

同路線では初となる、連続ベルトコンベヤによるずり出しを採用することで、作業の効率化と坑内環境の保全に配慮するとともに、火薬の自動装填機などの最新技術を用い、平均月進101m、最大月進151

mで貫通を迎えた。

同道は、並行する国道27号などの交通渋滞の緩和や、近畿圏の経済発展に大きく貢献する広域ネットワークの構築に期待がかかっており、同区間に接続する小浜西IC～小浜IC間(西日本高速道路)の供用が7月16日に決定した矢先の貫通でもあり、この先の工事進捗に大きく弾みがついた。



北海道新幹線 泉沢トンネルが貫通

鉄道・運輸機構が整備する、北海道新幹線泉沢トンネルが貫通し、6月14日貫通式典が催された。

同トンネルは、北海道上磯郡木古内町に位置する1,720mの新幹線複線断面トンネルで、おもに第三紀中新世中期八雲層の泥質岩からなる地山を機械方式のNATMで掘進した。平均月進は100m、最大月進は168mを記録している。

地山に大小の亀裂が発達していたため、区間によっては湧水、崩落、変状が生じたが、支保パターンの変更、増しロックボルトによる早期の地山拘束などで対応し、無事貫通を迎えた。工事の完成は2013年3月を予定している。



アンダーパス技術協会 定時総会開催

アンダーパス技術協会は去る6月17日にアルカディア市ヶ谷(東京)で定時総会を開催した。

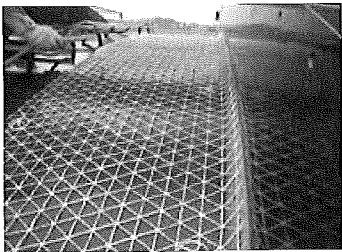
冒頭、東日本大震災にあたり被災された方の精神力の強さ、ボランティア活動のすばらしさなどの思いが述べられ、続いて毎年恒例の健康長寿の話では何歳になっても頭と筋肉は活性化されることを紹介し、出席した会員を激励した。

その後、平成22年度事業報告・決算報告および平成23年度事業計画・予算を審議し、満場一致で承認された。

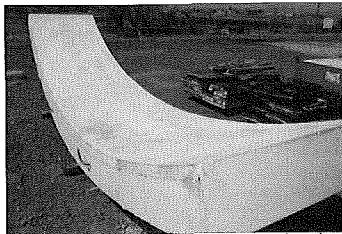


工法・技術・製品ニュース

工法 トンネル用アラミド三軸メッシュ工法を実用化



アラミドメッシュシートの設置状況



コンクリートの表面

三井住友建設は、山岳トンネル覆工コンクリートの剝落防止対策工法である「トンネル用アラミド三軸メッシュ工法」を実用化した。

同工法は、橋梁やボックスカルバートなどのコンクリート構造物で多くの実績をもち、NETIS登録工法である「砂付きアラミド三軸メッシュシート」を、型崩れしないよう覆工コンクリートの表面近くに設置することにより、コンクリートの剝落の恐れをなくし、耐久性を向上させるもの。現在、特許出願中。

同工法はコンクリートの剝落を防止するだけでなく、コンクリート表面のひび割れ幅も制御できるため、覆工コンクリートの耐久性が向上する。シートはコンクリート表面に露出しないため、仕上がりは通常のコ

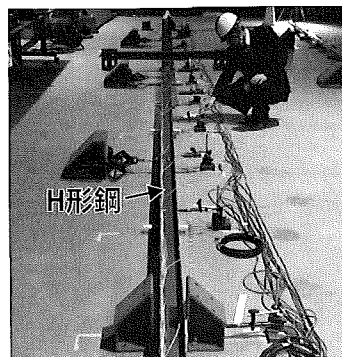
ンクリート表面と変わりはない。

同社では、クラウン部の実大型枠を利用した実証試験を行い、打撃試験によるコンクリートの剝落防止性能を確認したほか、施工性の確認を行った。同シートの特徴を活かした固定方法により、コンクリートの打設によるシートのねじれやずれが生じないこと、および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、配置したシートが打設効率や作業性に悪影響を及ぼさないことを確認したほか、完成した試験体のコンクリートの表面部分を切り取り、シート配置や機能に問題がないことを確認した。

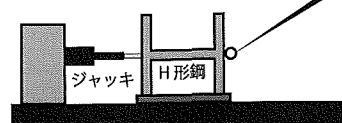
今後、総合評価落札方式発注での技術提案においても積極的に展開していく方針としている。

三井住友建設広報室
TEL: 03-4582-3015
<http://www.smcon.co.jp>

工法 構造物全体にわたって100μ以下の精度でひずみを計測



光ファイバセンサ・ひずみゲージ（検証用）



ジャッキ

H形鋼

飛鳥建設建設事業本部エンジニアリング事業推進部インフラ防災グループ
TEL: 03-5214-8239
<http://www.tobishima.co.jp/>

飛鳥建設と京都大学は、FBG方式とBOTDR方式の2つの光ファイバセンシング技術を統合した、高精度なハイブリッドひずみ計測システムを開発した。

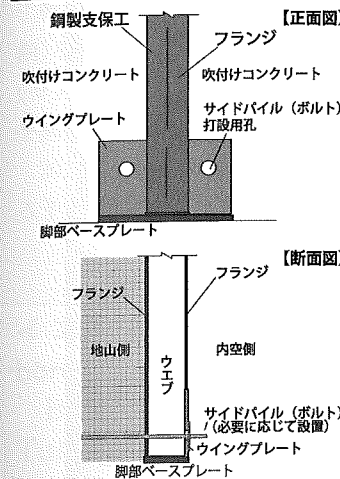
同システムは、複数のFBG素子を配置した光ファイバをセンサとして構造物に設置し、両方の技術と同じセンサに適用するひずみ計測技術。これにより、FBG方式で、FBG素子のある点（最大100点）のひずみを約5μmの高精度で計測するとともに、光ファイバ全線（最大9km）にわたってBOTDR方式でひずみを計測する。両方式の計測装置を自動制御し、計測値を自動計算処理して統合・補正するもの。両方式の計測結果を計算処理することにより、100μm以下の精度で構造物全体のひずみを求めることができる。

建設構造物の維持管理モニタリングとして構造物のひずみを計測する場合、コンクリートにひび割れが生じる100μm程度の引張りひずみが、変状発生の一つの目安とされている。

100μmの引張りひずみを光ファイバセンサで計測する場合、FBG方式では、光ファイバ上に配置された複数のFBG素子の位置で、約5μmの高精度でひずみを計測することができるが、FBG素子がない場所では計測できない。一方、BOTDR方式は光ファイバそのものをセンサとして使用するため、光ファイバ全線でひずみを計測することが可能だが、数百μmの誤差が生じる場合がある。

両技術は、それぞれ固有の特徴を持っているが、単独の適用では、構造物全体のひずみを、100μm以下の精度での計測ができなかった。

工法 不良地山でのトンネル沈下量を60%に低減



戸田建設土木工務技術部

TEL: 03-3535-1614
<http://www.toda.co.jp>
西松建設技術研究所
TEL: 03-3502-0249
<http://www.nishimatsu.co.jp>

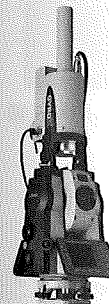
戸田建設と西松建設は共同で、山岳トンネルの地質不良箇所の問題となる支保工脚部沈下を、従来よりも安全で経済的に抑制する新しい脚部補強工法「NT-Support」(NISHIMA TSU-TODA Support)を開発した。試験施工を、北海道新幹線万太郎トンネル工事において行い、脚部補強のない場合に比べて初期沈下を40%に抑制し、最終沈下量も60%に抑制できることを確認している。

同工法は、トンネル軸方向に接地面積を確保した脚部ベースプレートと、鋼製支保工に取り付けたウイングプレートで構成され、鋼製支保工の軸力を分散させて支保工の初期の沈下を防止するもの。このとき地山の状況に応じて、支保工下部を鉛直方向にジャッキアップして地山にプ

レロードを作用させたり、ウイングプレートと一体化したサイドパイル（ボルト）を打設して、沈下抑止効果が高めることができる。

山岳トンネルの脚部補強工としては、支保工の支持面積を増加させて地盤に作用する荷重強度を低減させるウイング方式やトンネルの内側に補強部材を配置するインナーリブ方式が主に採用されているが、これらは、脚部の地山を拡幅するために、施工の安全性に問題があり、また、あらかじめ工場で補強支保工を製作しておく必要があるため緊急時の対応が間に合わないなどの運用面も課題となっていた。両社では、今後、適用事例を増やし、データを蓄積して解析的な検証を進め、同工法を活用したいとしている。

製品 高速 19分で精度 15”の真北測定



ソキア・トプコン
国内営業部営業企画課
TEL: 03-5915-6623
<http://www.sokkia.co.jp>

ソキア・トプコンは、トンネル工事や坑道などの中心線測量やシールドの方向設定などに最適なオートジャイロステーション「GYRO X」シリーズ2機種を発売した。

ジャイロステーションは、ジャイロユニットとトータルステーションによって構成され、真北測定に加え、トータルステーションでさまざまな

測量を行うことができる。ジャイロステーションによる真北測定は地球の自転による歳差運動の原理を応用するもので、他の方法に比べ周囲の環境に制約を受けない特長がある。

真北測定の自動化を実現したこと、40分かかっていたマニュアル式に比べ、19分という短時間で、15”の測定精度を達成している。

製品 生産性、居住性、サービス性を向上した履帯式ローダ



キャタピラー・ジャパン(株)広報課
TEL: 03-3717-1122
<http://japan.cat.com/>

キャタピラー・ジャパンは、Cat 973D 履帯式ローダ（バケット容量3.2m³）を新発売した。

同機はCat 973C（同3.2m³）のフルモデルチェンジ機で、従来機の優れた特長を継承しつつ、生産性、居住性、サービス性など全般にわたり、価値を高めた製品とした。

エンジン出力は、従来機比約10%アップの196kWで生産性を向上させ、エアサスペンションシートを標準装備するなど、快適なオペレータ環境を実現した。また、点検箇所を車両左側に集中配置することで、メンテナンスを容易にするなどサービス性も向上させた。



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

メキシコの都市での挑戦/Mexico's
Urban Challenge

By Desiree Willis: Tunnels & Tunnelling International, March, 2010, pp.28-30

【工事概要】

本工事は、地下鉄12号線(全延長24km、「ゴールドライン」として知られる)のうち延長7.7km区間を、メキシコシティ中心部イスタパラパ通りの一部を機械組立および発進立坑ヤードとしTBMで施工するものである。掘進機の直径は10.2mである。この地下鉄が開通すると、現在バスで3時間以上かかるところを25分で結ぶことになる。

メキシコシティは、湖を埋め立ててできた都市であるため、掘削対象土は軟らかい粘性土を主体とするが、砂や砂利、800mm程度の巨石まで含まれる。土かぶり厚は、7.5~14mと小さく、路線には、下水道管(直径4m)、地下鉄2・3号線、高速道路の橋脚基礎などの構造物が近接する難工事である。

【掘進機の組立方式】

TBM掘進機は、Onsite First Time Assembly (OFTA)方式で製作されたため、通常の製作期間5か月が10週間で終了し、70~80%工期が短縮できた。OFTA方式とは、ロビンズ社で開発した方法であり、アメリカ、メキシコ、日本、中国などで厳格な品質管理のもとで製作された大型機械の各構成要素を現場に搬入し、現場で組み立てる手法であり、とくに大口径マシンなどにおいて、請負者のコスト縮減と工期短縮につながるメリッ

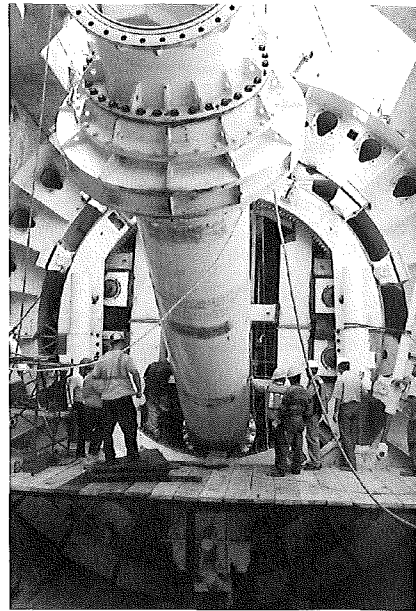


写真-1 TBM掘進機組立状況

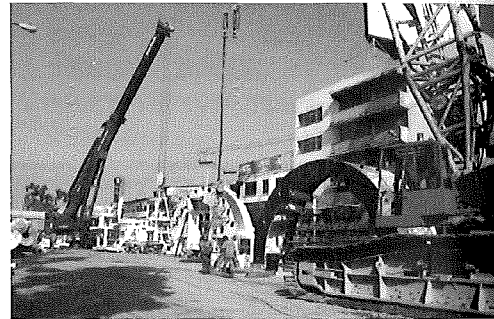


写真-2 OFTAにより通常の製作時間を70~80%短縮できた

トがある。

【土砂の搬出方法】

発進当初から出現する軟らかい粘性土は、ポンプ圧送にて処分する。全長の約70%進んだところの手前から出現する巨石は8inch(200mm)のリボンタイプのスクリーコンベヤでは取り込めないため、直径1,200mmのリボンタイプのスクリーコンベヤに変更する。

【地盤の強化】

軟らかい粘性土での掘進では、加泥材は必要ないと考えるが、巨石の出現時には、カッターの低減などを考慮して界面活性剤の使用を予定しているが、噴発などが考えられる場合には、界面

活性剤に高分子系の材料を添加することにより土の粘着力を高める。

【沈下防止】

厚さ40cmのコンクリート製のセグメント(8分割)を使用し、テールボイドには速やかに2液性(セメントと促進剤)の裏込め注入を行い沈下防止を図る。

2010年2月に発進し、2011年には工事が終了する予定である。

(文責:小林 修・戸田建設(株))

インド遠隔地の長大トンネル/Long bores in remote India

By Desiree Willis: Tunnels & Tunnelling International, May, 2010, pp.36-38

インドのアンドラプラデーシュ州の水利省は、東部エリアの慢性的な水不足や飲料水汚染の状況を緩和するため、クリシュナ川のスライラムダムを水源に、全長120kmを超えるトンネルで大量の水を輸送する計画をしている。

AMRトンネルは全長43.5kmで2台のTBM(φ10m)により掘削を行う。地質は頁岩と花崗岩からなり一部硬質の珪岩が存在する。

完成すると、AMRトンネルは世界でもっとも長い、中間部のアクセスのないTBM掘削トンネルになる。これは、本トンネルがインドで最大のベンガルトラの禁猟区であるNagarjuna Sagar

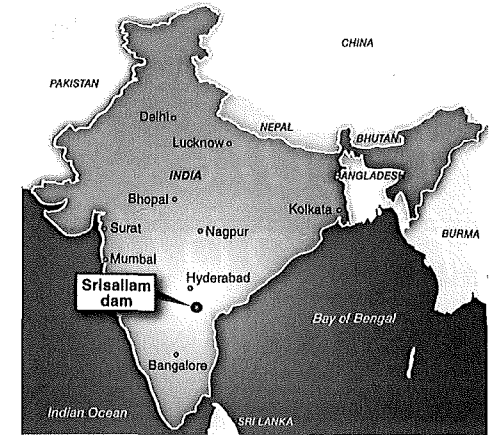


図-1 位置図

Tiger Reserveの真下を通過しており、環境の配慮から発破掘削や中間アクセスは不可能であったためである。

最新のトンネル工事は、インド経済にも好影響をもたらしている。以前の発破方式にかわってTBM方式を採用することで、水力発電、灌漑、飲料水、地下鉄といった、配慮の必要な環境においても工事が可能になった。

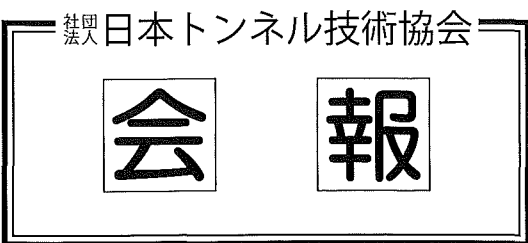
主に山岳地帯では、水力発電プロジェクトのポテンシャルは莫大であり、ほかにもより良い灌漑や飲料水システムを必要としている地域は多い。硬い岩盤におけるTBMによるトンネル掘削への需要が、年20~40%程度、大幅に伸びることが期待されている。

(文責:畑生浩司・鉄建建設(株))

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

1. 原稿は弊社ホームページ(<http://www.tunnel.ne.jp>)に掲載されている投稿規定により執筆して頂きます。
2. 原稿のボリュームは、原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む)。
3. 原稿掲載の採否は、本誌編集委員会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」の投稿は受付けておりません)

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



1. 会員の現状

	6月30日現在
正会員	1,626名
団体会員	370名
個人会員	1,256名

2. 委員会の開催状況(6月1日~30日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会会誌WG(6/8)

大島洋志主査ほか14名, 7月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会海外文献WG(6/21)

大久保誠介主査ほか15名, 海外文献を翻訳

海外文献小委員会海外ニュースWG(6/29)

早坂治敏主査ほか9名, 海外ニュースを翻訳

◎事業委員会(6/24)

桑原彌介委員長ほか15名, 催物事業報告および今後の計画を検討

計 4回開催 57名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

山岳工法小委員会支保WG(6/10)

深沢成年主査ほか21名, 海外文献整理方針および国内アンケート調査結果を検討

◎受託研究特別委員会

効率的掘削工法特別委員会(6/17)

西村和夫委員長ほか20名, 報告書原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会高速施工WG(6/7)

領家邦泰主査ほか5名, 報告書原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会補助ベンチWG(6/9)

鈴木雅行主査ほか8名, 報告書原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会中流動WG(6/16)

松岡茂主査ほか6名, 報告書原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会中流動WG(6/30)

松岡茂主査ほか5名, 報告書原稿を検討

北海道新幹線(本州方)トンネル施工技術委員会

(6/27, 28)

足立紀尚委員長ほか46名, 施工法を検討

計 7回開催 118名出席

合計 11回開催 175名出席

3. 国際会議の開催予定

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

*論文募集に関する詳細は事務局(担当:関)までお問い合わせください。(社)日本トンネル技術協会 TEL:03-3553-6174

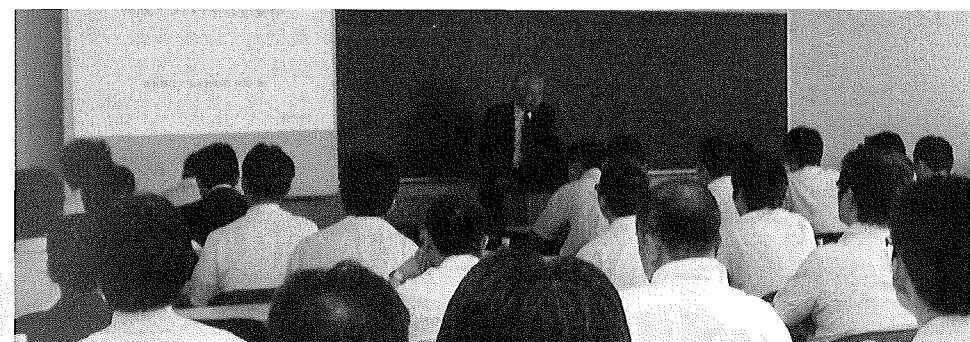
4. 平成23年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(見学会) 舞鶴若狭自動車道トンネル建設工事現場研修会(施工体験発表会)	2011. 7.29	25	福井県	2.8
第68回(山岳)「様々な課題克服に取り組んだ山岳トンネル工事」	2011.10.13	150	東京都	
第69回(都市)「都市トンネル工事におけるコスト縮減・工期短縮の施工事例」	2011.10.14	150	東京都	
(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	20	東京都	17.3
山岳トンネルの地質に関する講演会	2012. 1.	100	東京都	

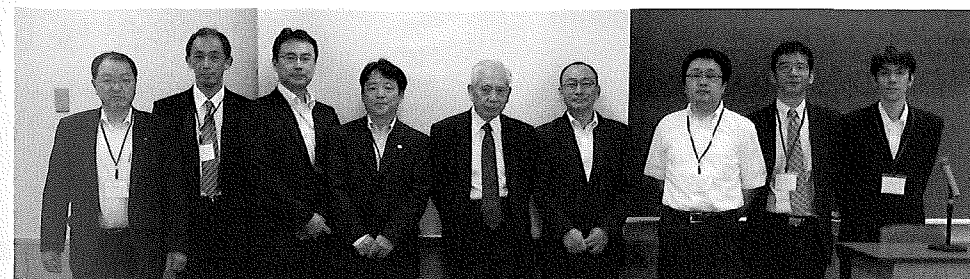
催物の案内は逐次協会のホームページに掲載いたしますので閲覧くださいますようお願いいたします。一般検索サイトで「トンネル技術協会 国内催物」あるいは下記URL入力で辿りつけます。

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

山岳トンネルのインバートに関する講習会(2011.6.15)開催状況
於)中央大学駿河台記念館670号室



今田徹先生による基調講演と受講者



講師関係者

◆トンネル年報2011頒布中◆

■トンネル年報2011 価格(税込): 会員2,000円, 非会員3,000円
□トンネル年報—工事記録CD-R版(各年)— 価格(税込): 会員10,000円, 非会員15,000円
※詳しくはホームページ(<http://www.japan-tunnel.org/tokuten>)をご覧ください。

9月号予告[9月1日発売予定]

- FRP型枠を用いた覆工コンクリートの温度特性
 - 首都圏中央連絡自動車道 小西トンネル
 - 国道169号上北山道路 和佐又トンネル
 - 首都高速 横浜環状北線
 - 東京都下水道 第二溜池幹線
- 【連載講座】
- 最新推進工法技術(4)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

暑中お見舞い申し上げます。

◆夏季の電力確保のため、東日本を中心に節電が行われています。トンネルや道路も東日本大震災以来、点灯する照明の数を減らすなど対応をしています。鉄道では、駅の照明を極力抑えたり、車内の蛍光灯を所々はずしたりしています。多少、暗く感じることもありますが、個人的には全く不便さを感じておりません。当社でも、事務所内の蛍光灯を所々減らしたり、空調の設定温度を高めに変更したり、帰宅時にはパソコンのコンセントを抜いたりするなど微力ですが節電を行っています。

◆先日、当社の事務所近くのコンビニ店で店内の蛍光灯をすべてLEDの蛍光灯に変える工事をしておりました。まだまだ高価なLEDの蛍光灯ですので、当社ではすべて取り替えることは難しいですが、ニュースで伝えるところでは、日本のすべての照明をLEDにすると原発を十数機減らす効果があると言われておりました。今後、LEDの需要はさらに高まるのではないのでしょうか。

◆来月号の予告にあります「首都高速・横浜環状北線」の工事では夏季はシールドマシンを停止し、9月以降も同時掘進をしている併設の単線シールドを交互に掘進することとしているそうです。工程を効率よく変更することで工事の遅延はないということです。現場の皆様のご努力に頭が下がる重いです。来月号には工事の内容が詳しく載りますので乞うご期待。

(I.Y)

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

★(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8号 [通巻492号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成23年7月20日 印刷

平成23年8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

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

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

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

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

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)
(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

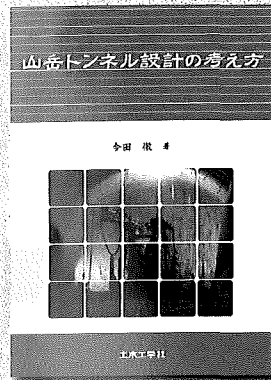
本誌広告のお申し込み方法

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

本誌掲載記事を無断で複製(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。

新刊案内

山岳トンネル設計の考え方



東京都立大学名誉教授

今田 徹 著

B5判 183頁 上製本 定価3200円+税

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

山岳トンネル工事に携わる諸兄の必携書である。



《主要目次》

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

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

株式会社 **土木工学社**

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

山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著
3,200 円+税 B5 判

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



続 きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著
1,200 円+税 新書判

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



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500 円+税 B5 判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000 円+税 A5 判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500 円+税 B5 判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757 円+税 B5 判

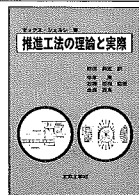
土木構造物や岩盤構造物の計画・調査から設計・施工において必要と地質や岩盤に関する情報を得るために必要な理論および技術を平易に解説した。



推進工法の理論と実際

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

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



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660 円+税 B5 判

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



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500 円+税 B5 判

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



地下水の科学 I ~ III (全 3 巻)

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

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

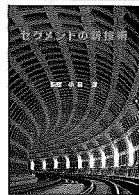


- 第 I 巻 地下水の物理と化学 4,078 円+税 B5 判
- 第 II 巻 地下水環境学 4,272 円+税 B5 判
- 第 III 巻 地下水と地質 3,689 円+税 B5 判

セグメントの新技术

小泉 淳 監修
2,000 円+税 B5 判

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



わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825 円+税 B5 判

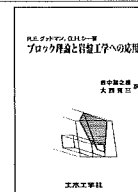
トンネルを掘るときに、どのような力学的な問題が生じるかについて、わかりやすく解説した。トンネル工学の理論と実際が統一されることを願って記された一冊。



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573 円+税 B5 判

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



ジオテキスタイル設計マニュアル

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

ジオテキ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、医学分野の見解から職業性疾患や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200 円+税 A5 判

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



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800 円+税 A5 判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400 円+税 A5 判

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



トンネルと地下

1,500 円+税 B5 判 月刊(毎月 1 日発売)

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



書籍のお申し込み

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

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

時代は吸引捕集方式へ

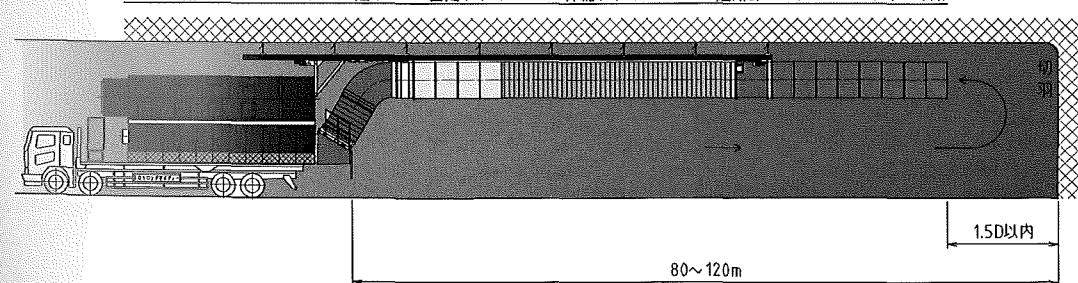
換気・環境技術は進化しています



軽量吸引ダクトシステム
SUPER LIGHT
オーバーハング

拡散希釈方式は業界では限界に近づきつつあり、
省エネ・CO₂削減を合わせ持った新しい換気方式
が求められています

集塵機 吸引ダクトシステム
集塵機 レール送り 固定ダクト 伸縮ダクト 駆動部 オーバーハングノズル



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 3-4-2COI 聖坂ビル
TEL 03-3452-7400
URL <http://www.ryuki.com/>
E-mail eigyobu@ryuki.com