

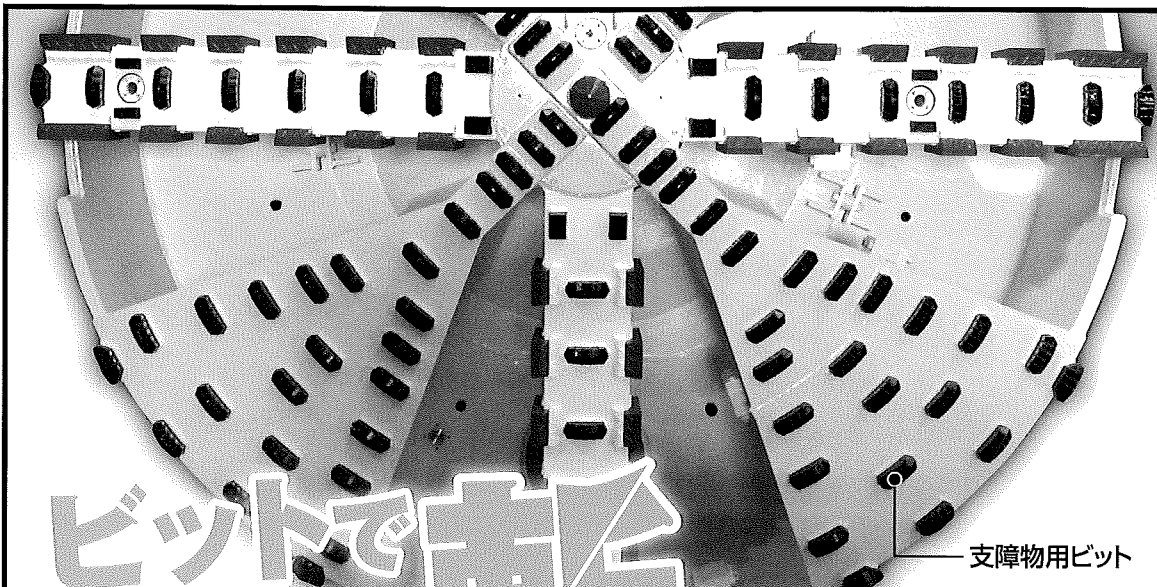
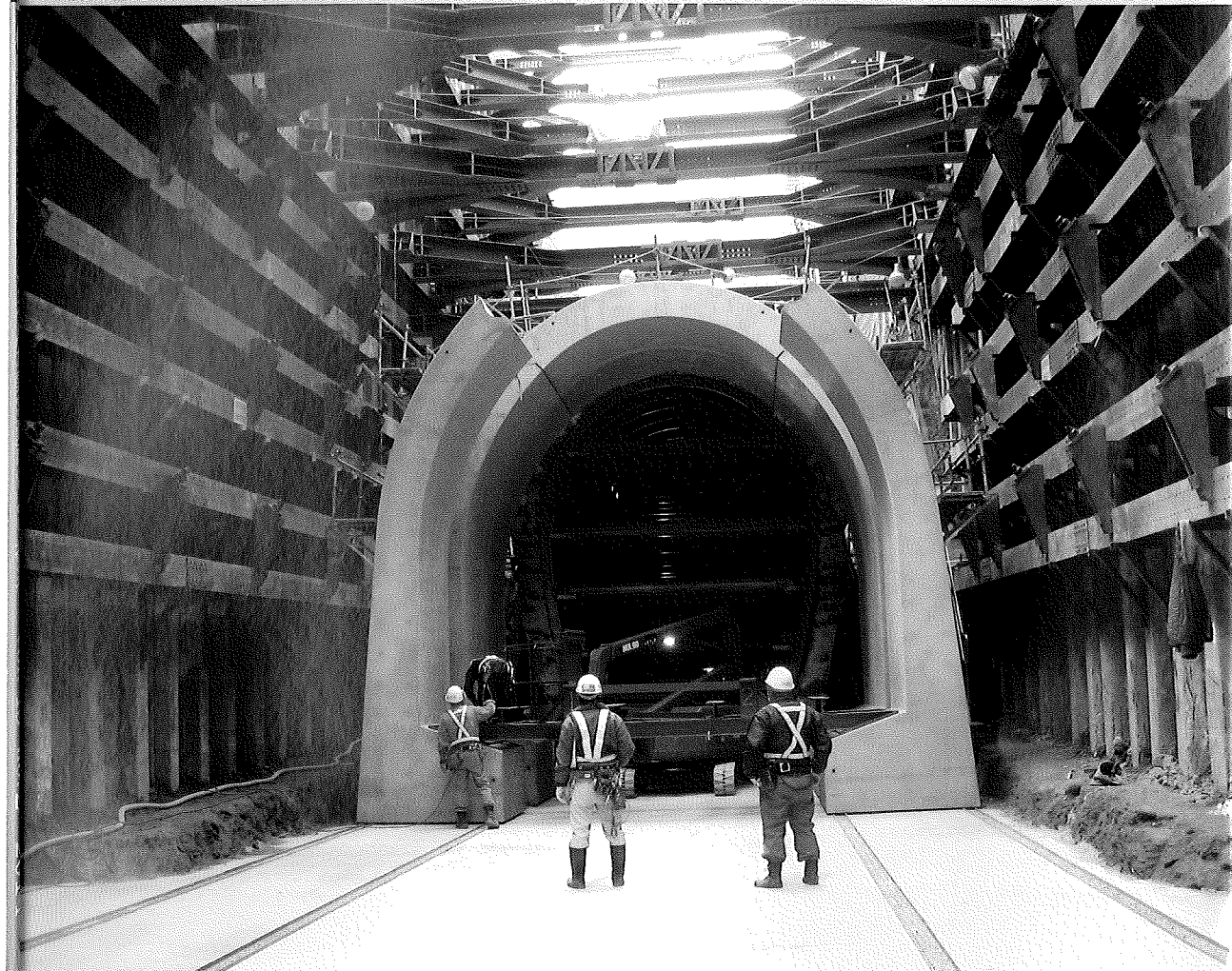
トンネルと地下 2

vol. 45
no. 2
2014

Tunnels and Undergrounds

阿蘇外輪山を貫くトンネルが異常豪雨により被災
不法に盛土された沢部直下を小土かぶり7mで貫く
地下鉄直上3.8mをフロンテジャッキング工法で函体築造
内水圧がかかる2分割断面管渠を300kg/m³の高密度配筋で二次覆工
自然由来の重金属を含むずりの処理対策に関する文献調査

日本トンネル技術協会誌



ビットで斬る! 杭を斬る!

支障物用ビット



三菱の支障物切削技術は、シールドのカッターに杭切削用の特殊ビットを取り付けた円錐形状のカッターヘッドで、接触した支障物を中央部から外周部へと徐々に切削するシステムです。地中に残置されたH型钢、鋼矢板、RC杭、PHC杭、松杭の切削が可能です。

特長

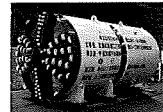
切羽に人が出る必要がなく安全性が高い。

泥土圧・泥水式どちらでも適用可能。

切削時の騒音、振動がほとんどなく、昼夜施工が可能。

周辺地盤の沈下などはほとんどなく、近接物への影響が小さい。

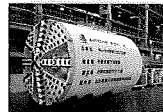
施工実績



φ2680泥土圧シールド
H型钢(300H)×8本
鋼矢板(IV型)×2面



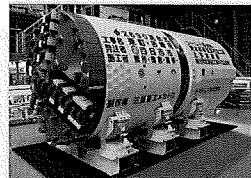
φ4240泥土圧シールド
H型钢(350H)×6本
鋼矢板(VI型)×2面



φ4680泥土圧シールド
H型钢(250H)×2本
鋼矢板(III型)×2面



φ2780泥土圧シールド
RC杭(φ800, φ1000)×6本
PHC杭(φ350)×6本



φ2680泥水式シールド
鋼矢板(II, IV型)×12面

三菱重工メカトロシステムズ(株)の支障物切削技術

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.078-672-2872 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06619-2

本体価格1,500円



4910066190248
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-III / JTH3200R-III

国土交通省 第3次排出ガス対策型建設機械(トンネル工専用建設機械)指定機

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。



新型油圧ドリフタHD210II搭載



◆主な仕様	JTH2200R-III 2ブーム、2ケーシング	JTH3200R-III 3ブーム、2ケーシング
質量	35.5 ton	44 ton
全長 x 全幅 x 全高	14.2m x 2.7m x 4m	14.8m x 3.1m x 4.2m
水平さく孔範囲(幅 x 高さ)	12.8m x 8.5m	13.2m x 8.8m

自走式コンクリート吹付機(コンプレッサ搭載型)

CJM2200E-III

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機です。

質量	24 ton
全長 x 全幅 x 全高	15.6m x 3m x 4m
水平さく孔範囲(幅 x 高さ)	13.3m x 10m

△古河機械金属グループ

FRD 古河ロックドリル株式会社

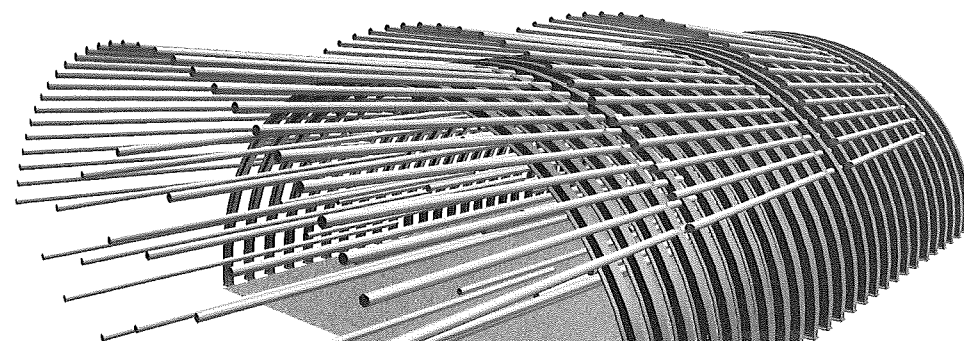
www.furukawarockdrill.co.jp

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 ☎011-786-2222 東北 ☎022-384-8991 関東 ☎027-326-9611 名古屋 ☎0568-77-7700
 関西 ☎06-6475-8221 広島 ☎082-832-3542 九州 ☎092-948-2010

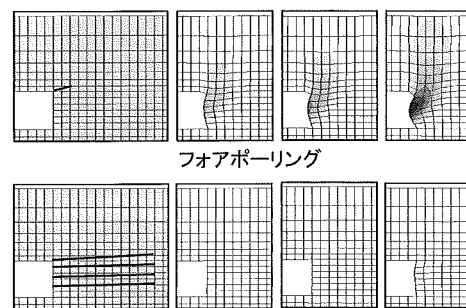
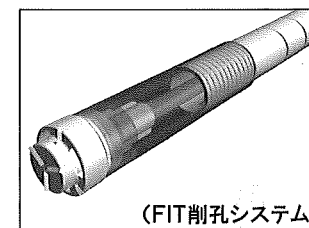
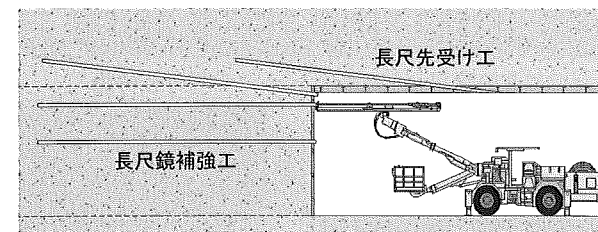
全方位 GFRP 管長尺補強システム

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

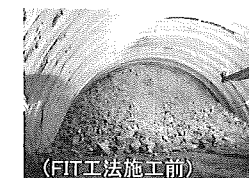
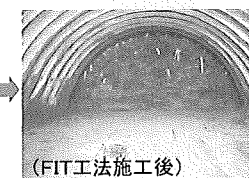
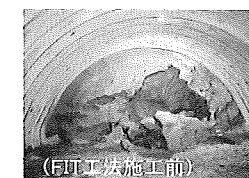
FIT 工法
FRP INJECTION TUBE



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。



FIT 工法
(数値解析による効果の検証例)



KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部 TEL(03)6402-8251 FAX(03)6402-8255
 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)751-6482

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

当社は、注入式フォアポーリングや長尺フォアパリング、長尺鏡ボルトなど山岳トンネル工事の補助工法における樹脂系の注入材のパイオニアとして、数多くの実績を築いてきました。

スーパーSRFは「湧水地山においても水の白濁や泡立ちがなく確実に発泡固結し、湧水に流されることなく効果を発揮する」という他の樹脂系注入材にはない圧倒的な優位性があります。更に、多くの特許を取得しているため、他が追従できない商品です。

補助工法ラインナップ

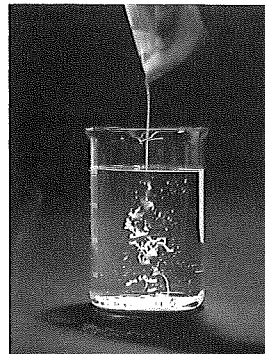
- ⇒ 注入式フォアポーリング
- ⇒ 各種長尺フォアパリング
- ⇒ 多重式長尺フォアパリング
- ⇒ エコリムーブ工法
- ⇒ パノラマ工法
(φ60.5MRS, φ76.3, φ89.1)

※特許取得, NETIS登録されているものがありますので、お問い合わせください。

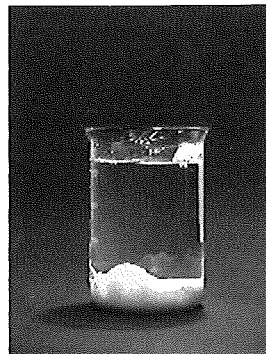
スーパーSRFの優位性

スーパーSRFは、水に溶解、希釈することなく反応して発泡固結体を形成するため、湧水地山においても、水の白濁や泡立ちが発生せず、地山中に沈着し強固に結合するため、湧水に流されることなく卓越した効果を発揮します。これが他の樹脂系注入材には存在しない圧倒的な優位性であり、多くの特許を取得した「唯一無二」の技術です。

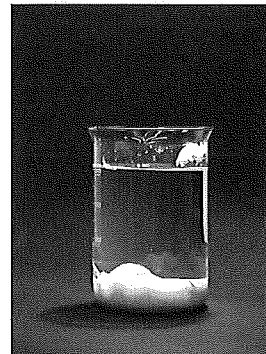
混合直後



3分後



10分後



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.jp/>

技術部

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

東京支店

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

西日本統括(関西営業所)

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

中部営業部

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

東京支店(仙台事務所)

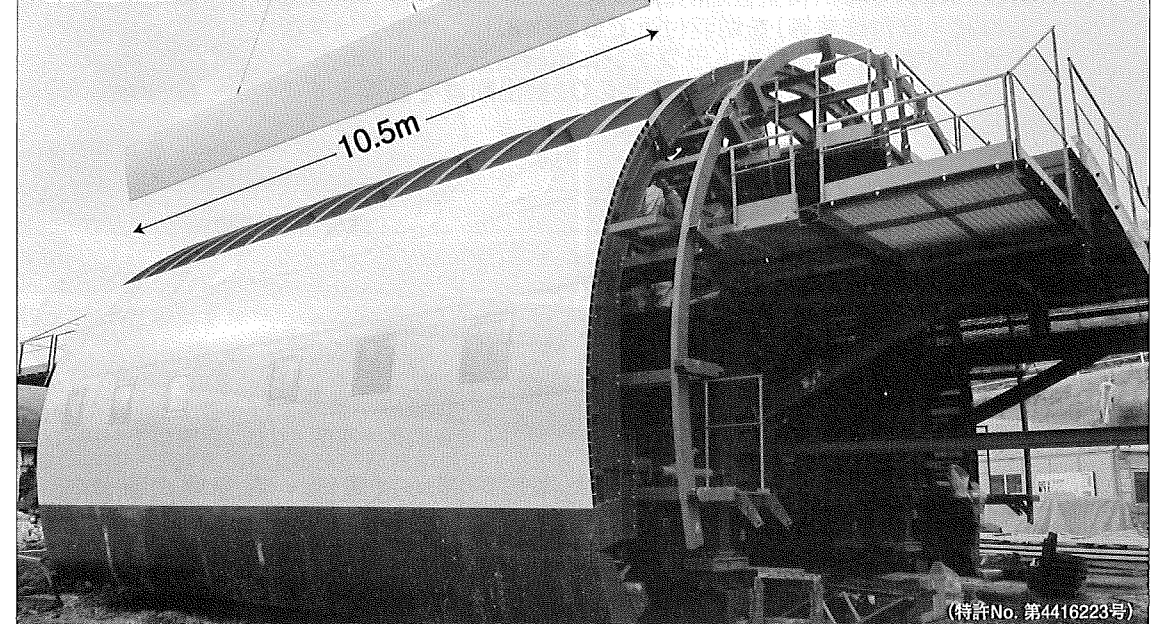
TEL) 022-344-6041 FAX) 022-344-6042

西日本統括(九州営業所)

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

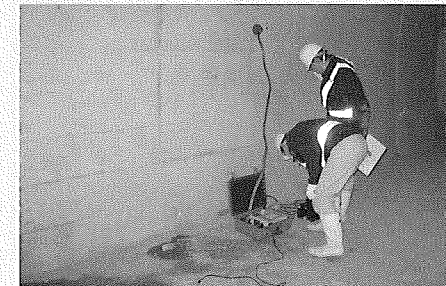
新着ニュース FRPセントルによる 覆工コンクリートの密実性を検証

初期養生FRPセントル ハイパーフォームG



(特許No. 第4416223号)

■透気試験状況



国土交通省東北地方整備局楯洞トンネル(株)アジタ施工

国土交通省東北地方整備局が発注した東北中央自動車道(相馬~福島)の楯洞トンネル工事(全長1,492.8m)において、トンネル全線(非常駐車帯部を除く)で採用したFRP製セントルと非常駐車帯部で使用した鋼製セントルで施工された覆工コンクリートの表層部分の透気係数を測定することにより、コンクリートの中酸化速度係数が30%~50%程度低下し耐久性が大幅に向上する事が実証された。

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

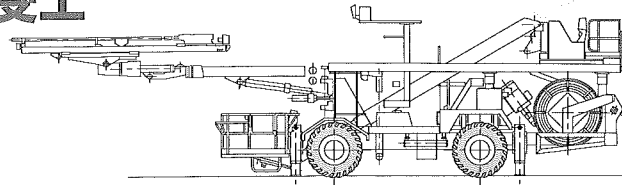
M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

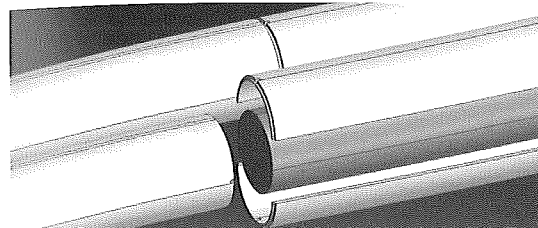
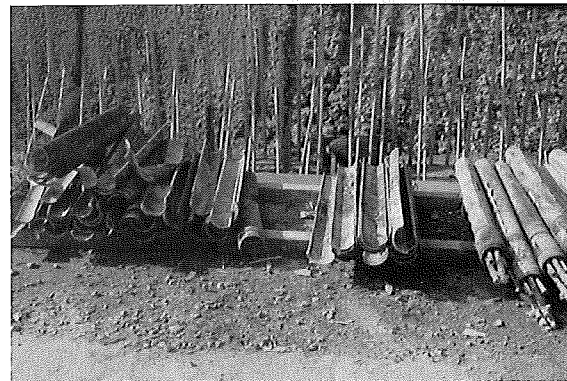
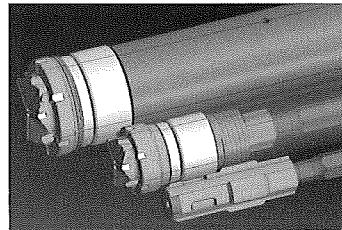
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Piling Method



AGF-Me工法

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

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



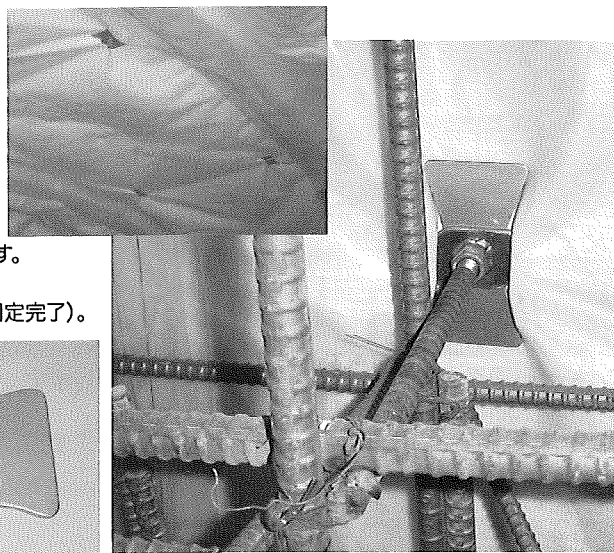
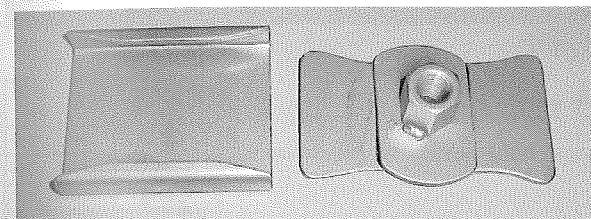
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

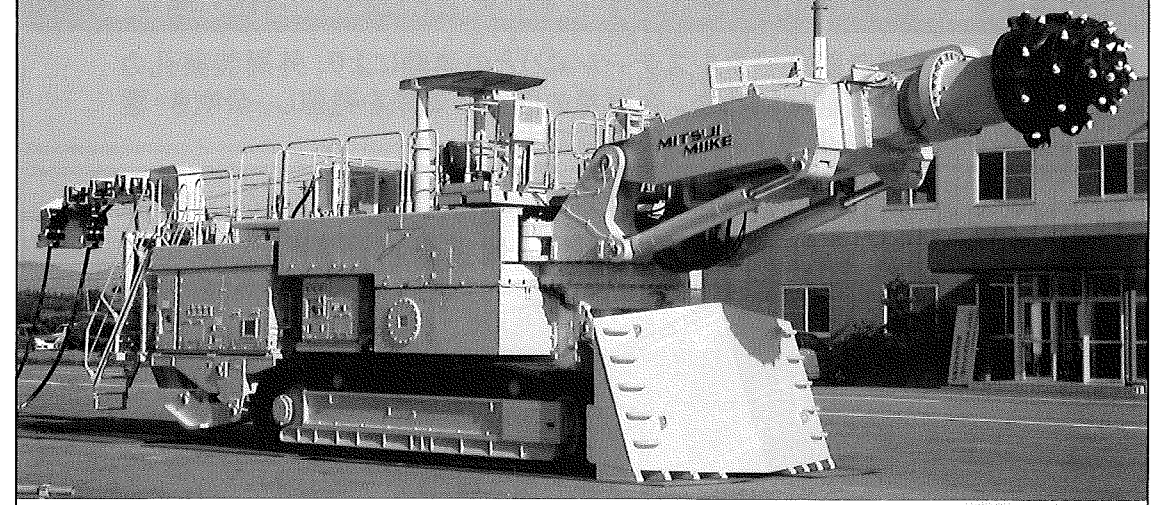
〒107-0052
東京都港区赤坂2-19-8 赤坂2丁目アネックス6F
Tel: 03-5545-7900 Fax: 03-5545-7905
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

株式会社 トーキョーオール

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

全断面对応トンネル高速施工掘進機

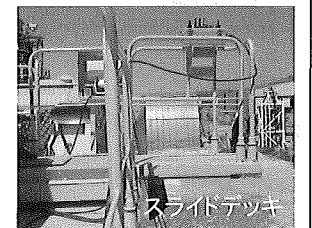
ロードヘッド SLB-350S



全断面トンネルの高速施工を目指して

特徴

- 国内最大の350kW・4/6P 定出力型2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても十分な掘削能力を発揮します。
- 切削高さは最大8.8mになり、大断面トンネルにおける全断面掘削、及び上半掘削が可能です。
又、中折れブームを使用することで、ベンチ長を最大5mまで確保できます。
- 低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。



製造、販売、レンタル及びメンテナンス **株式会社 三井三池製作所**

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
産業機械営業部 TEL. 03-3270-2005 FAX. 03-3245-0203

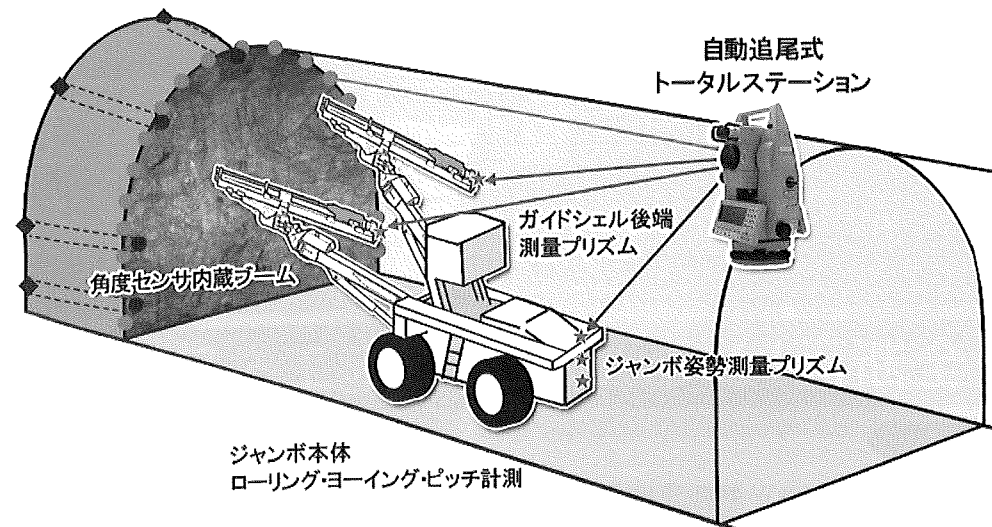
<http://www.mitsumiike.co.jp> E-mail: sanki@mitsumiike.co.jp

NETIS登録番号:KK-100049-A

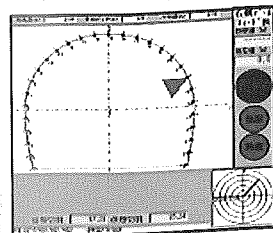
自動追尾式余掘り低減システム

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、外周装業孔の高精度さく孔を可能にしました。余掘り量の低減に効果を発揮し、余吹き・覆工コンクリート量を低減することが可能です。



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河機械金属グループ
古河ロッドドリル株式会社

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー



東和機電工業株式会社 かいた 穎田工場

〒820-1111

福岡県飯塚市勢田^{せいた}2594番地の18

電話: (09496)2-3500(代表)

FAX: (09496)2-6310

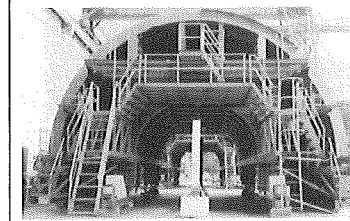
E-mail: info@towakiden.co.jp

ホームページ

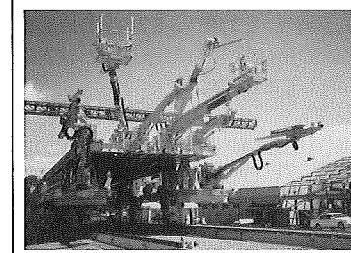
http://www.towakiden.co.jp

道路・鉄道・水路トンネル用コンクリート型枠はもとより、
各種鋼構造物の設計・製造をおこなっております。

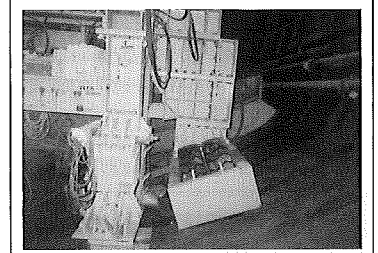
高流動コンクリート対応型
全断面ステンレスフォーム



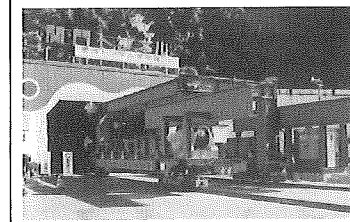
ワークステーション架台



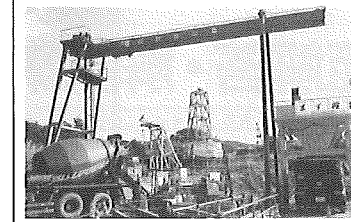
全輪タイヤ式インバート栈橋



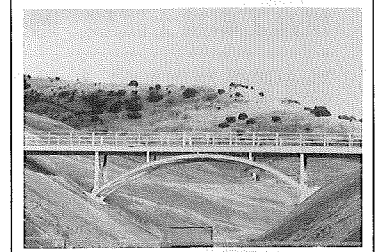
勾配対応全輪駆動式
トンネル床版撤去架台



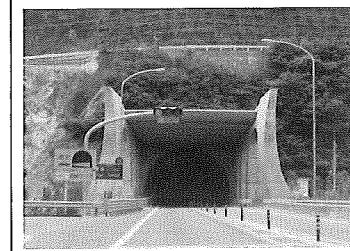
立坑ズリ出し設備
(4.5t×60m)



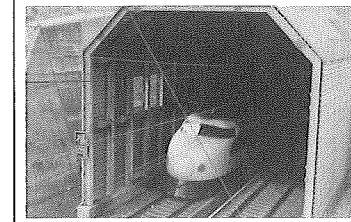
林道橋



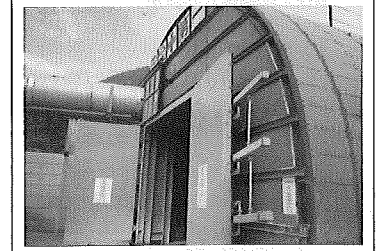
トンネル坑口修景ルーバー



新幹線微気圧伝播緩衝工
(鋼製, 総溶融亜鉛メッキ)



防音シェルター



離島を含む九州一円中国四国圏内におきましては、
地の利を生かした営業・打合せ・納品・対応を行ってまいります。

連続ベルコンを通過させるセントルにおいて、ベルコン側の懐を拡げるためにガントリーを偏芯させ高強度化することは、弊社の所有特許です。

月刊推進技術

定期購読のご案内



定期購読料金 **12,000円** (①1,000円/月×12ヶ月 税別送料込)

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ます。

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

定期購読のお申し込みは
右のQRコード
または本誌ホームページから



月刊推進技術 編集室

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

〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201 株式会社 LSプランニング内
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail akasaka@lswb.co.jp

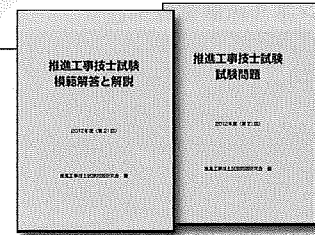
推進工事技士試験 過去11年間(平成14~24年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

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

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



2013年度版は
2月上旬発売予定

1. 内容と特長

- 過去11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)の典拠箇所を明記

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。

株式会社 LSプランニング

http://www2.ocn.ne.jp/~ls_siken/

〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail oda@lswb.co.jp

推進工法の理論と実際

推薦の言葉

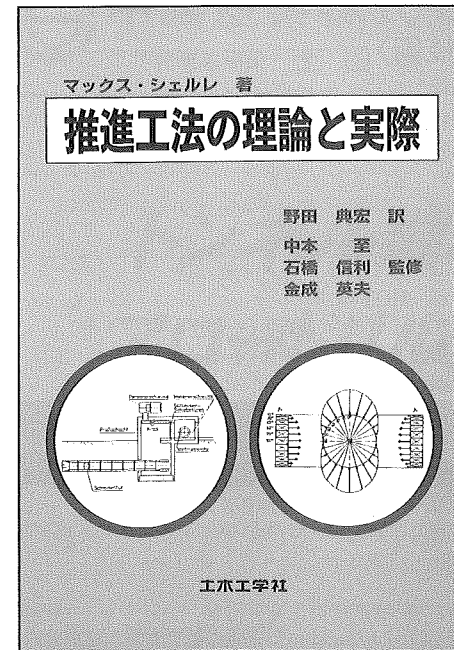
中本 至・石橋信利・金成英夫

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%近くになってきている。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

〒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. 遠心力締固めRCセグメント |
| 17. マルチブレード式継手セグメント | 34. 高流動コンクリートセグメント |

株式会社 土木工学社

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

きりーとーりー線

《ご注文票》

セグメントの新技术 _____ 冊 申込みます。

所在地 〒 ()

事業所名 _____

部 課 名 _____

申込者名 _____

⑧

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

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

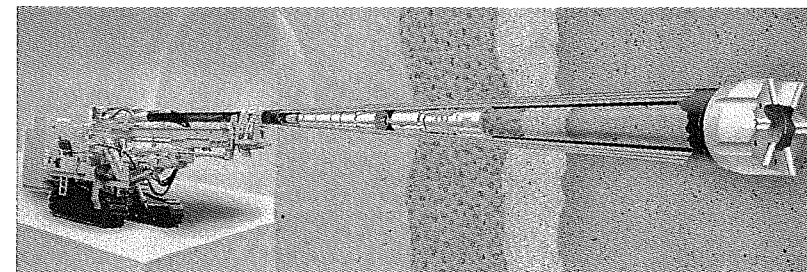
【営業品目】 複層タイヤ/油圧ホース/マテリアルホース/
各種中古車/触媒/線路 (中古)

中濃産業株式会社
代表取締役 土田 義 式

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

トンネル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。

KOKEN 鉦研五業株式会社

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

お問い合わせ先 : 工事営業本部

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

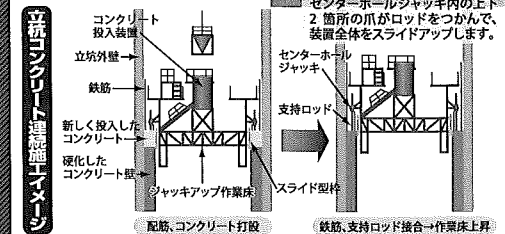
http://www.koken-boring.co.jp

スーパージャッキシステム

トンネル・地下工事に貢献!

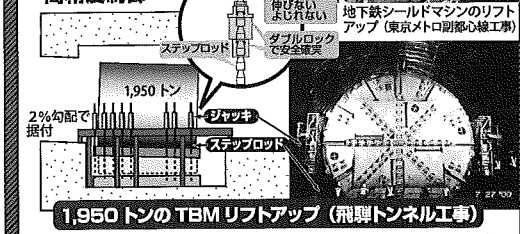
立坑スリップフォーム工法

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



シールドマシン・TBMアップダウン

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



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

TEL: 03-3864-5293 FAX: 03-3864-7319
URL: <http://www.jfe-civil.com/> E-mail: jaok@jfe-civil.com

ゴムクロ・ミキサー車

国土交通省排ガス2次トンネル工事用指定



クローラーだから小旋回
斜路、軟弱路盤等悪路に強い!!
後部運転席付。小断面でも前後進が可能!!

【仕様】	ゴムクロラ式ミキサー車 TGM-MR45T	上部ミキサー: カヤバ製 (混合容量4.5m³)	
全長	7,500mm	タンブラ中心間距離	3,870mm
全幅	2,690mm	クローラ全長	9,800mm
全高	3,620mm	クローラ幅	700mm
最低地上高	830mm		(100ピッチX38ピッチ)
空車質量	11,000kg	セメント積載時質量	22,000kg
形式	三菱6D-TLE2B	定格出力	165kw/2,700min
排気量	7,545cc	最大トルク	700N・m/1,300min
速度1段	最大 7.6km/h		
速度2段	最大 20.0km/h		
空車時接地圧	20kpa	搭載時接地圧	40kpa

- 【TGM-MR45T II 仕様】**
- ・ドラム回転電動式 (オプション)
 - ・生コン荷下時使用後部アウトリガー
 - ・ドラム回転&アイドルアップ機構
 - ・オフロード法少数特例承認機 (承認番号) NS-641

T&M
Tunnel & Mining
ニシオティアンドエム株式会社
山岳トンネル施工機械等の総合レンタル企業
<http://www.nishio-tm.co.jp>
〒569-0836
大阪府高槻市唐崎西2-26-1

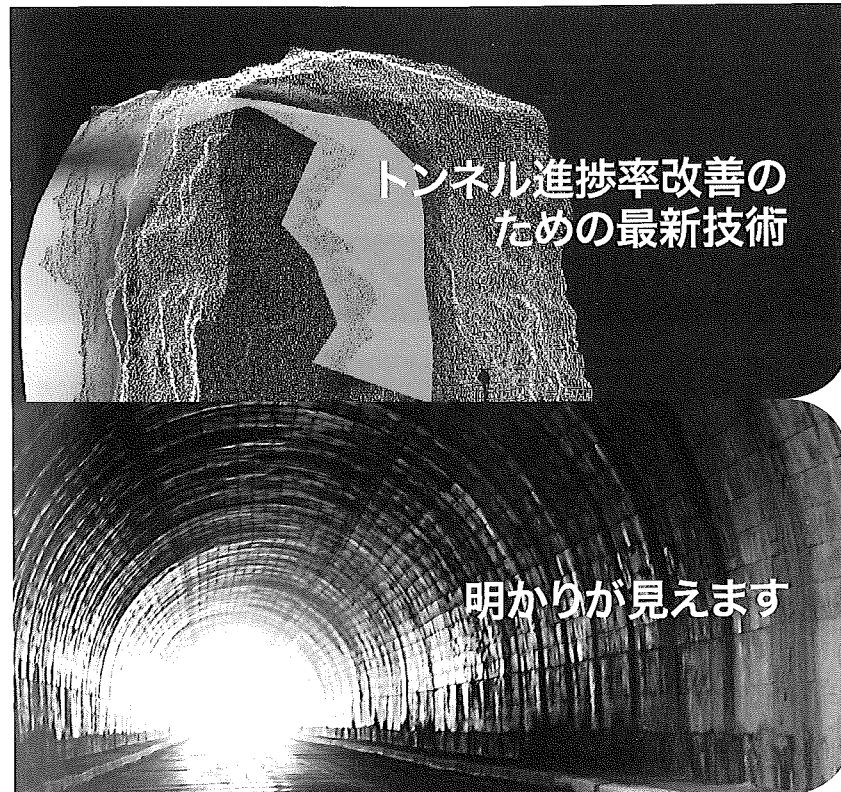
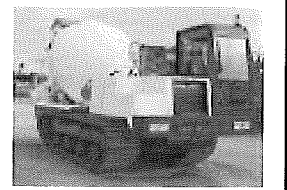
■北海道営業所
tel: 0133-72-3715
fax: 0133-72-3716

■東北営業所
tel: 0198-26-0240
fax: 0198-26-0241

■関東支店
tel: 0268-62-1426
fax: 0268-62-1999

■大阪支店
tel: 072-677-2101
fax: 072-677-2109

■九州支店
tel: 0982-26-2111
fax: 0982-26-2290



トンネル進捗率改善のための最新技術

明かりが見えます

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

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

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

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



VOLVO 建設機械

高い作業性とクールなデザインが人気
年々強化される排ガス規制にも対応

ボルボ事業部 担当: 浅野
TEL0538-66-1215 FAX0538-66-6162

TMS Techni-Métal Systèmes

多目的運搬台車
4次オフロード法取得 レールからの解放

TMS 社 日本正規代理店
担当: 渡邊

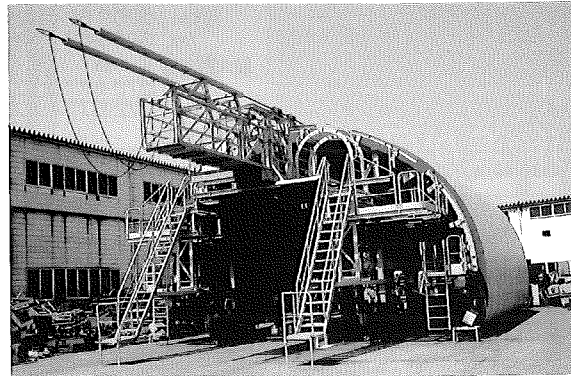
山崎マシーナリー株式会社
〒438-0216 静岡県磐田市飛平松 216 番地 1
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-V

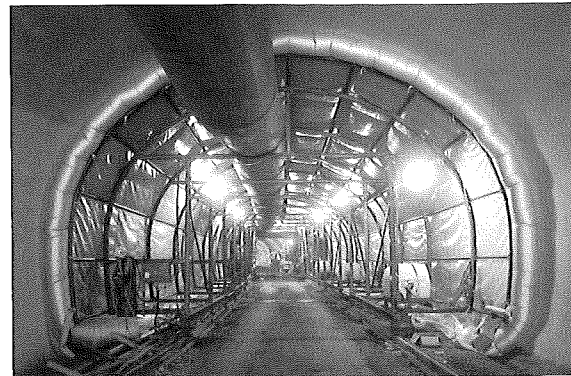


期待される効果・特徴

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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.CG-080012-A (製造:株式会社マシノ)



期待される効果・特徴

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

北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社 佐賀)

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

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

滑川工場：TEL076(476)0333 FAX076(475)9121 東北営業所・工場：TEL0223(32)2420 FAX0223(32)2423

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

濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車輛 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

安全と品質

宮本 雅文.....5

■報告

自然由来の重金属を含むずりの処理対策に関する文献調査

JTA技術委員会安全環境小委員会自然由来重金属文献調査ワーキング59

■施工

阿蘇外輪山を貫くトンネルが異常豪雨により被災

—JR豊肥本線 坂の上トンネルの復旧—

大澤 章吾・野中 信一・笠 裕一郎・田代 信一.....7

不法に盛土された沢部直下を小土かぶり7mで貫く

—さがみ縦貫道路 葉山島トンネル—

佐久間博之・高森 治・武井 桂樹・中原 史晴17

地下鉄直上3.8mをフロンテジャッキング工法で函体築造

—東京外かく環状道路 都営地下鉄新宿線交差部—

加藤 学・高野 周二・上田 勲29

内水圧がかかる2分割断面管渠を300kg/m³の高密度配筋で二次覆工

—東京都下水道 勝島ポンプ所流入管渠—

田村 正明・菅井 雅之・北村 昌文・加藤 卓男39

■連載講座

トンネルにおける地下水対策(最終回)

—地下構造物が地下水へ与える影響—

「地下水対策」連載講座小委員会.....65

■現場だより

清流「肱川」の流れる大洲市より

本村 浩志15

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

いつも元気に朗らかに 互いに仲良く協力し

小笠原光雅49

■資料

土木情報

編集部16

文献紹介

編集部58

トンネルジャーナル

編集部48

工法・技術・製品ニュース

編集部75

■会報

会報

日本トンネル技術協会76

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】 阿蘇外輪山を貫くトンネルが異常豪雨により被災
 —JR豊肥本線 坂の上トンネルの復旧—

 2012(平成24)年7月に発生した九州北部豪雨は、熊本県阿蘇乙姫地区において最大時雨量106.0mm、総雨量816.5mmを観測した。この豪雨により、JR豊肥本線では供用中のトンネルの崩落など過去に例を見ない壊滅的な被害を受けた。このうち、坂の上トンネルの被災状況に対して、被災後の現地調査および崩落区間の土砂などの撤去時の観察で得られた知見から、トンネルの崩落原因とメカニズムを推定し、同種の災害を防止するための復旧を行った。写真はプレキャスト覆工コンクリート架設状況である。

(写真提供：九州旅客鉄道(株)) (本文7頁参照)

管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.CB-120032-A

コンクリートトータル養生システム



セントル型枠

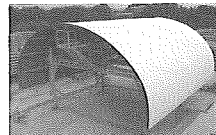
第二養生

第三養生

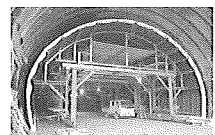
加温しながら初期強度を上げる
加温養生（型枠）



加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



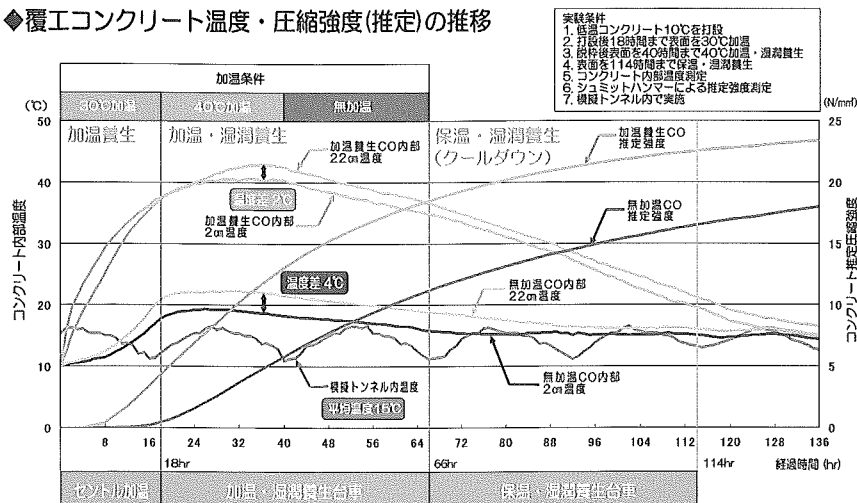
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



コンクリートの強度を予測管理
養生管理システム

コンクリート打設完了から養生完了までのコンクリート内部温度及び推定強度を表示します
必要なコンクリート強度から使用者の判断で任意に加温設定が可能です

◆覆工コンクリート温度・圧縮強度(推定)の推移



岐阜工業株式会社

本社 岐阜県本巣市十四条 144 番地
TEL 058-323-2001 FAX 058-323-1176
URL <http://www.gifukogyo.co.jp/>

東京支店 TEL 03-5836-0531
仙台営業所 TEL 022-259-2239
九州営業所 TEL 092-918-3880

【製作・販売協力】

TECHNO
テクノプロ株式会社

TOUKOU
株式会社 東 宏

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開発センター最高技術顧問
首都大学東京客員教授

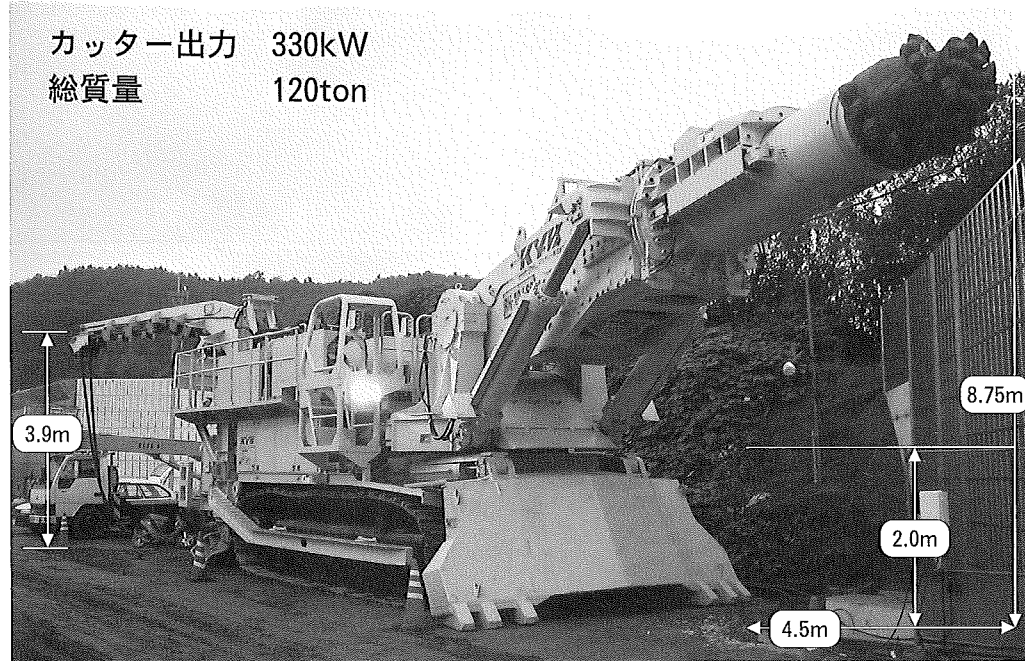
〔幹 事〕

居 相 好 信 株式会社大林組生産技術本部統括部長	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
岩 田 美 幸 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	西 岡 和 則 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 トンネルグループ長
大 津 敏 郎 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル専門主幹	長谷川 雅 彦 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
荻 野 竹 敏 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課長	藤 井 義 文 株式会社竹中土木執行役員
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	松 原 利 之 飛鳥建設株式会社建設事業本部 エンジニアリング事業推進部長
小 松 敏 彦 前田建設工業株式会社土木事業本部土木部 トンネルグループ長	吉 富 幸 雄 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室室長

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10.5m（ケーブルハンガーを除く）
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅4.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

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

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術開発センター最高技術顧問
首都大学東京客員教授

〔編集参与〕

木谷 日出男 国際航業株式会社フェロー技術開発センター
地盤研究室長
高橋 良文 東京都下水道サービス株式会社専務取締役
三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員
小山 幸則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授
今田 徹 東京都立大学名誉教授

〔委員〕

大津 敏郎 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部
トンネル専門主幹
高橋 晃 東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー
工務部流通土木グループマネージャー
亀山 勝 東京地下鉄株式会社鉄道本部鉄道統括部
移動円滑化設備整備促進担当課長
谷内 雅之 東京都交通局建設工務部計画改良課長
佐原 圭介 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐
真下 英人 独立行政法人土木研究所
道路技術研究グループ長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社建設工事部兼設備部
構造技術センター次長
焼田 真司 公益財団法人鉄道総合技術研究所
構造物技術研究部トンネル研究室主任研究員
柳 雄 東京都下水道局建設部設計調整課長
高田 武 東京都水道局建設部工務課長

トンネル二次覆工型枠総合メーカー

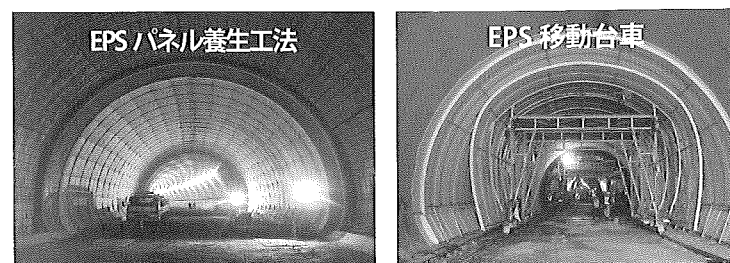
スライダ打設システム
特許 第4083308号
NETIS登録KT120099-A

トンネル天端部懸垂パイプレータ締めめ工法
NETIS登録KK-120003-A

セントル位置・変位自動測定監視システム(セントル監視くん)
特許 第5247491号
NETIS登録KT-130037-A

型枠パイプレンダ集中制御システムDKV-20
NETIS登録KK-130066-A

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム



EPSパネルの保温性、保湿性が効く

実績および計画		
施主	実績	計画中
国土交通省	27	1
NEXCO	6	1
地方自治体	14	3
鉄道・運輸機構	1	0

平成25年12月1日 現在

実施権許諾第10396号
NETIS登録(No.CB-090003-A)

一歩前進! ~限りない未来への挑戦~

 **大栄工機株式会社**

本社 〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地 TEL 0749-64-0246 FAX 0749-63-6765
URL <http://www.daieikouki.co.jp/> E-Mail: daiei-co@minos.ocn.ne.jp
営業品目 各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売 ※詳しくはホームページを御覧ください

トンネルと地下 VOL.45 No.2 掲載概要

掲載頁
7

阿蘇外輪山を貫くトンネルが異常豪雨により被災
—JR豊肥本線 坂の上トンネルの復旧—

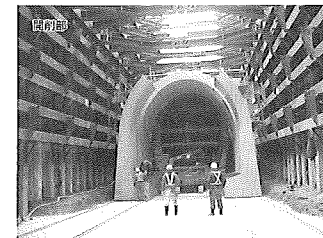
九州旅客鉄道(株) 大澤 章吾

2012(平成24)年7月に発生した九州北部豪雨は、熊本県阿蘇乙姫地区において最大時雨量106.0mm、総雨量816.5mmという気象庁発表で「これまでに経験したことがない大雨」と表現されるような降雨を観測した。この豪雨により、豊肥本線宮地・波野では供用中のトンネルの崩落など過去に例を見ない壊滅的な被害を受けた。このうち、前例のない坂の上トンネルの被災状況に対して、被災後の現地調査および崩落区間の土砂などの撤去時の観察で得られた知見から、トンネルの崩落原因とメカニズムを推定し、同種の災害を防止するための復旧を行った。本稿では、坂の上トンネルの被災原因の推定と復旧方法について紹介する。

Disaster in Tunnel under The Aso Somma by Torrential Rain—JR Ho-hi Main Line Sakanoue Tunnel Restoration—

By Shogo Osawa, Kyushu Railway Company

The torrential rain that occurred in July of 2012 in the north of Kyushu was observed as rainfall expressed as 'heavy rain, the like of which has never been experienced before' in the announcement from the Japanese



写真はプレキャスト覆工コンクリート架設状況

Meteorological Agency. It was 106.0 mm of maximum hourly precipitation and of 816.5 mm of total precipitation in the Otohime of Aso in Kumamoto Prefecture. Due to this torrential rain, there was unprecedented catastrophic damage such as the collapse of an operational tunnel on the Hohi Main Line between Miyaji Station and Namino Station. From the findings obtained from a local area survey and observation during removing fallen soil after the disaster, the cause and mechanism of the tunnel collapse were estimated for the unprecedented state of the tunnel damage and restoration to prevent the same kind of disaster in the future was conducted. This report contains techniques of estimating the cause of disaster and restoring works of the Sakanoue Tunnel.

掲載頁
17

不法に盛土された沢部直下を小土かぶり7mで貫く
—さがみ縦貫道路 葉山島トンネル—

国土交通省 佐久間博之

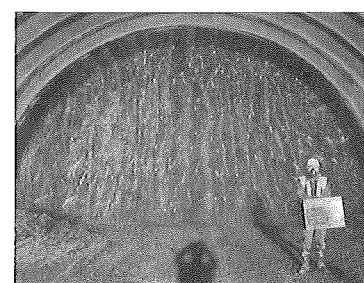
葉山島トンネルは、圏央道の未開通区間である相模原愛川IC~高尾山IC間のほぼ中央に施工される、上り線延長2,100.5m、下り線延長2,098.5mの山岳トンネルである。

トンネル中間部には谷地形を埋めた不法投棄盛土があり、その直下を最小土かぶり7mでトンネルが通過する特殊な施工条件を有している。そのため、トンネル掘削時のグラウンドアーチの確保と、盛土中の地下水の流入による切羽の不安定化が懸念された。また、トンネル完成後に不法投棄盛土が撤去された場合の覆工への影響についても対応が求められた。

本稿では、上記の条件におけるトンネル施工について、調査、対策工法の選定および設計、施工時の対応を報告する。
Tunnelling in Illegally Filled Valley 7 Metres under Surface—Sagami Jukan Expressway Hayamajima Tunnel—

By Hiroyuki Sakuma, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

Hayamajima Tunnel is a mountain tunnel of an inbound line of 2,100.5 m and an outbound line of 2,098.5 m being constructed almost midway between Sagami-hara Aikawa and Takaosan interchanges; an as yet unopened section of the Ken-O Expressway.



写真は盛土下部掘削時の切羽状況

The works have special construction conditions that there is filling unlawfully built with muck in a valley which is in the middle section of the tunnel route and the tunnel passes directly underneath this with a minimum cover of seven m. For that reason, there was concern about stabilizing ground arch effect during tunnel excavation and the destabilization of the cutting face due to an influx of underground water in filled valley. It was also necessary to deal with the impact on the lining in the case that the illegal fillings are removed after completion of the tunnel.

This report contains surveys, the selection and design of construction techniques and process of workings with the above conditions.

地下鉄直上3.8mをフロンテジャッキング工法で函体築造

—東京外かく環状道路 都営地下鉄新宿線交差部—

東京都交通局 加藤 学

本工事は、首都圏の渋滞緩和や環境改善と円滑な交通ネットワーク実現のための東京外かく環状道路事業の一環であり、千葉工事区間における市川市内の都営地下鉄新宿線直上約3.8mの離隔で交差する掘割構造物(函体)を築造するものである。

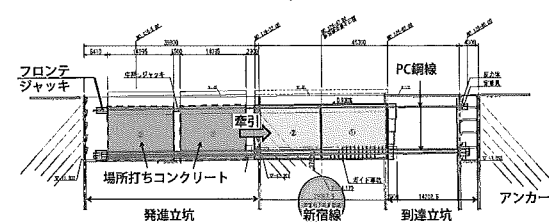
都営地下鉄新宿線は土かぶり約16.3m、外径φ10.4mのシールドトンネルで、通常の開削工法では掘削によるリバウンドで構造物に影響を与えるため、「フロンテジャッキング工法」を採用し、幅41.94m、高さ10.45mの1層3径間の掘割構造物を延長30.0mにわたり築造する。新宿線の列車走行の安全確保や鉄道構造物への影響を考慮し、東日本高速道路(株)から東京都交通局が都営新宿線交差部区間の外環道建設工事を受託して施工するものである。

Build RC Boxes 3.8 m Directly above Subway with the Fronte Jacking Method —Intersection of Tokyo Gaikan Expressway and Toei Shinjuku Line—

By Manabu Kato, Bureau of Transportation, Tokyo Metropolitan Government

These works are a part of the Tokyo Outer Ring Road Project which will alleviate traffic congestion, improve the environment in the capital and create a smooth transportation network and are to construct a RC box structure that intersects directly above the Toei Shinjuku Line at a distance of approx. 3.8 m in Ichikawa City.

As the Toei Shinjuku Line runs in a shield tunnel with an outer diameter of 10.4 m and cover of approx. 16.3 m. It was supposed that Cut-and-cover method for the box tunnel would have an impact on shield tunnel structures with rebound by excavation so the fronte jacking method was adopted. The RC box of 41.94 m in



図はフロンテジャッキング工法概念図

width and 10.45 m in height with one story and three spans will be jacked for 30 m long. Taking the safety of trains operating on the Shinjuku Line and the impact on rail structures into consideration, the East Nippon Expressway Company Limited commissioned the Bureau of Transportation of the Tokyo Metropolitan Government to construct the section of the Tokyo Outer Ring Road construction above Toei Shinjuku Line.

内水圧がかかる2分割断面管渠を300kg/m³の高密度配筋で二次覆工

—東京都下水道 勝島ポンプ所流入管渠—

東京都下水道局 田村 正明

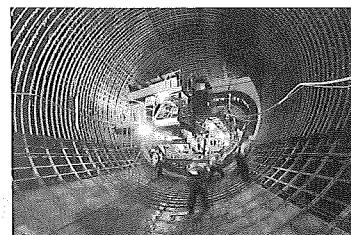
東京都勝島ポンプ所流入管渠工事は、品川区内を流れる立会川流域の浸水対策および勝島運河の水質改善を目的としたプロジェクトの一環として進められている。特徴的なことは、トンネル内部を上下に仕切り、上部をポンプ排水区の「浜川幹線」、下部を自然排水区の「第二立会川幹線」として一つのトンネルで2つの幹線を施工していることである。

路線延長は980mで、シールド外径はφ10.3mの大断面泥水式シールドである。大断面ではあるが、平面線形にR=30mの急曲線部を4か所有している。二次覆工の特徴としては、トンネル断面を上下2分割構築することである。ここで、自然排水区の第二立会川幹線は吹き上げ構造のため内圧が作用することから、コンクリート1m³中に約300kgの鉄筋を有する高密度配筋のコンクリートを施工した。

Concrete Slab of Inner Lining in Partitioned Sewer Tunnel with High Rebar Ratio of 300kg/m³ due to Internal Water Pressure—Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government, Influx Pipe Works in Katsushima Pump Station—

By Masaaki Tamura, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

Influx Pipe works at Katsushima Pump Station are progressing as part of a project with the aim of taking measures against inundation in the Tachiaigawa River basin of Shinagawa city and water quality improvement in the Katsushima Canal. Works feature is the fact that shield tunnel is divided into two sewer main tubes by bulkhead slab: the Hamakawa sewer main which is drainage by pumping in the upper tube and the second Tachiaigawa sewer main which is the natural drainage in the lower tube.



写真は二次覆工の施工状況

The route length is 980 m and the outer diameter of the large slurry shield TBM is 10.3 m. The tunnel has a large crosssection and there are four sharp curves 30 m in radius on its plan alignment. The inner lining feature is the building bulkhead slab in the tunnel crosssection that has 300 kg/m³ in reinforcement ratio required by internal pressure due to the long inverted siphon of Tachiaigawa sewer main.

自然由来の重金属を含むずりの処理対策に関する文献調査

JTA技術委員会

一般社団法人日本トンネル技術協会技術委員会安全環境小委員会では、トンネルに関する安全と環境問題について多くの問題に対応し、その成果を会員に広報している。

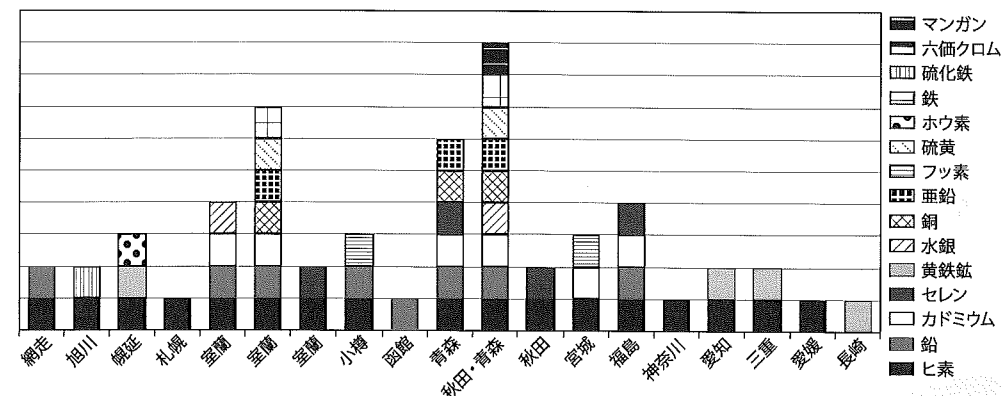
平成22年4月に改正土壌汚染対策法が施行され、「自然的原因により有害物質が含まれる土壌」が、法の規制を受けることとなり、その対応が必要となった。このような状況を鑑み、本小委員会では、近年、クローズアップされている自然由来の重金属を含むトンネルずり処理について文献などを収集・整理し、閲覧図書を作成することとした。本稿では、その成果の概要を紹介する。

Literature Research about Treatment of Muck Containing Heavy Metals of Natural Origin

By JTA Technical Committee

Safety/Environment Subcommittee on Technical Committee of JTA deals with many issues concerning the safety and environmental issues in tunnel works to publish the these results to members.

The Soil Contamination Countermeasures Reform Act came in force in April, 2010, 'soil that contains toxic substances of natural origin' has been subject to control and measurement against this was required. The subcommittee has collected and organized literature about treatment of muck from tunnels that contains heavy metals of natural origin that has been received attention in recent years to create a reference book. This report contains an outline of the results of this.



図は工事場所とずりに含まれる主な重金属

安全と品質

佐藤工業(株)代表取締役専務執行役員

宮本雅文



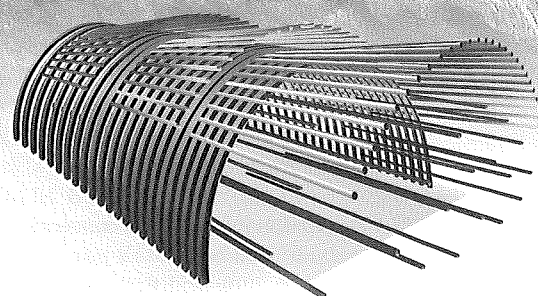
日本列島は国土の7割が山岳地帯で四方を海に囲まれた自然環境の豊かな国です。この国に1,000人以上の被害者を出す地震が、明治以降12回も発生しました。さらに東海・東南海・南海地震をはじめ、全国で大規模地震の切迫性が指摘されていることは多くの国民が知っているところです。これまで経験したことがないマグニチュード9.0の東北地方太平洋沖地震では、多くのトンネルは軽微な被害で済み、災害復旧における人員・物資の輸送が早急に実施されたのは記憶に新しいところです。

私は、入社以来トンネル工事を担当し、9本のトンネル工事で掘ったトンネルの総延長は20kmになりました。言葉の端々に現場たたき上げのトンネル屋の性分がでることをお許し下さい。トンネル工事は、切羽で地山を掘りながら後方でトンネル覆工を構築する作業を行います。毎日が同じで、そのくり返しですが、切羽は毎回違います。同じパターンで発破をしても、ヤマの起き具合や湿り具合が違うのです。日々の施工サイクルの連続性の中にも微妙なズレがあるのです。赤ん坊の表情を見飽きることがないように、トンネルの表情もまた然りです。そうやって掘削を続けることは楽しいものでした。そうはいっても、ヤマはヤマ。自然との対峙に慢心や気の緩みがあると無事貫通しないものなのです。気持ちが通じないと、事故にもつながります。

昨今、頻繁に発生している自然災害から国土を守り、安心して暮らしていくために、国土強靱化(ナショナル・レジリエンス)、防災・減災の取り組みが政府によって進められています。ナショナル・レジリエンス重点化のプログラムでは、「大規模災害発生直後であっても、経済活動(サプライチェーンを含む)を機能不全に陥らせない」ことが事前に備えるべき目標の一つにあり、その中には「太平洋ベルト地帯の幹線が分断するなど、基幹的陸上海上交通ネットワークの機能停止」を回避すべき、起こってはいけない事態とされています。

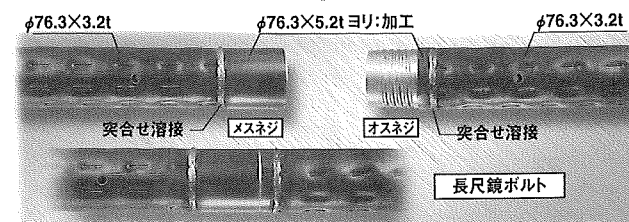
防災・減災以外のインフラ整備では、東京・名古屋・大阪を結ぶ日本の大動脈輸送に

ユニークな発想でVEを提案



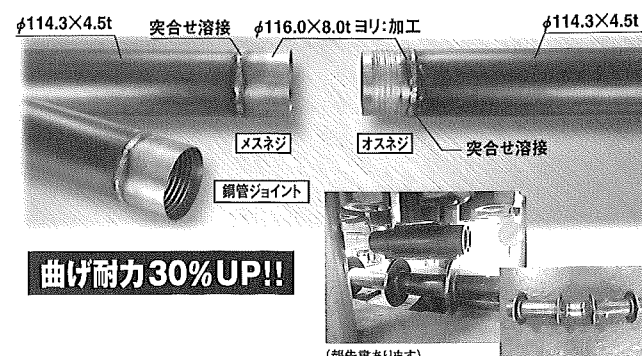
ストロング FIXチューブ(S型)

- ※長尺鏡ボルトは凹み面状の鋼管で周辺地山をしっかりとFIXします。
- ※長尺フォアパイリングのねじ強度改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



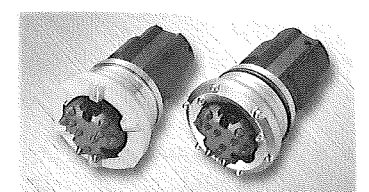
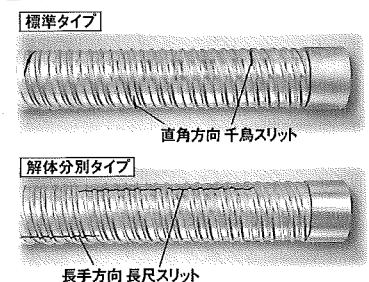
AGF-STD工法

- ※軽量化による作業性とねじ強度の改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



接続部の抗折力試験

撤去管の選択



注入材・その他工法

- ※ウレタン系注入材: NEW-TSRF、NEW-TBU
- ※セメント系注入材: コロイダルスーパー、デンカES
- ※セメント系充填材: デンカPモル
- ※高速フォアポーリング: SP-IF工法
- ※高速ルートパイル: SPフィックスパイル工法
- ※φ27.2注入管、自穿孔ボルト各種在庫あり

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

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL:072-990-0250 FAX:072-990-0251

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

ついて、抜本的なリスク対策としての二重系化を図る中央新幹線が計画されています。また、最近の明るい話題としては、2020年の東京オリンピック・パラリンピックの開催決定もあります。

一方で、人口の高齢化、生産性をあげる就労可能人口の減少など、施工経験にもとづく技術の伝承が難しくなっています。職員の技術レベルの向上を図り、かつ、技術職員のメンタルヘルスケアも先取りして対応することが、人材の育成・確保のうえで重要であり、世代を越えた社員間のコミュニケーションも大切になっています。現場で作業をして楽しいと思える職場の雰囲気醸成も、現場を運営するには欠かせないことです。土木はやはり経験工学的な要素が大きく影響していると感じます。経験豊富な職員とそれを受け継ぐ職員の継続的な技術伝承が、今まさに求められている状況にあると思います。安全に施工し、品質を確保したトンネルを構築する技術の伝承は、われわれ技術者の責務と考えています。

本誌2013年1月号の巻頭言で本協会の佐藤会長が、「事故は悪条件が重なることによって起こることではありますが、事前の調査、施工計画などを十分行い、安全性を高めることが重要」とご指摘されています。まさにトンネル工事にあたっては、不安な箇所は追加の調査を行い、対峙する相手のことを十分に理解して施工計画を立案することが重要です。

当社の安全に関しては、全社員に「安全施工に向けて」というしおりを毎年配布して、「安全の先取りで危険ゼロの職場づくり」を見落とさないよう安全意識の維持・向上を図っています。施工計画の立案時には、現場特有の継続的な安全確認事項を新たに設けて、全工期において常に確認するよう社員に指導しています。定められた工期内で安全と品質を確保することは、一朝一夕で徹底されるものではなく、継続的に言い続けることで浸透させていきます。新入社員からベテラン社員にいたるまで、全員が同じ安全意識をもち、工事の安全と品質管理を達成していく所存です。

施工

阿蘇外輪山を貫くトンネルが異常豪雨により被災

—JR豊肥本線 坂の上トンネルの復旧—

九州旅客鉄道(株)建設工事事務課主席 大澤章吾

九州旅客鉄道(株)施設部工事事務課長代理 野中信一

九州旅客鉄道(株)施設部工事事務課主席 笠裕一郎

清水建設(株)坂の上作業所工事長 田代信一

はじめに

2012(平成24)年7月11~14日にかけて発生した九州北部豪雨は、熊本県阿蘇外輪山地区において最大時雨量106.0mm、総雨量816.5mmという気象庁発表で「これまでに経験したことのない大雨」と表現されるような降雨を観測した(図-1)。この豪雨により、豊肥本線、久大本線を中心にJR九州全体で201件の災害が発生し、とくに豊肥本線宮地-豊後竹田間(図-2)においては、供用中のトンネルの崩落など過去に見ない壊滅的な被害を受け、長期の運転休止を余儀なくされた。被災箇所の多くは、阿蘇外輪山を登る急傾斜地であり、現場につながる道路がなく、冬場の気候においては零下10度を下回る厳しい気象条件である。弊社では、2012(平成24)年8月1日より、運転休止区間のうち大規模被災箇所が集中する宮地・豊後萩間の復旧を担当する「豊肥本線復旧事務所」を設置し、全力で復旧作業を行った。その結果、2013(平成25)年8月4日に豊肥本線を全線運転再開させることができた。

本稿では、とくに被災規模が大きかった坂の上トンネルの被災状況の特徴と復旧について述べる。

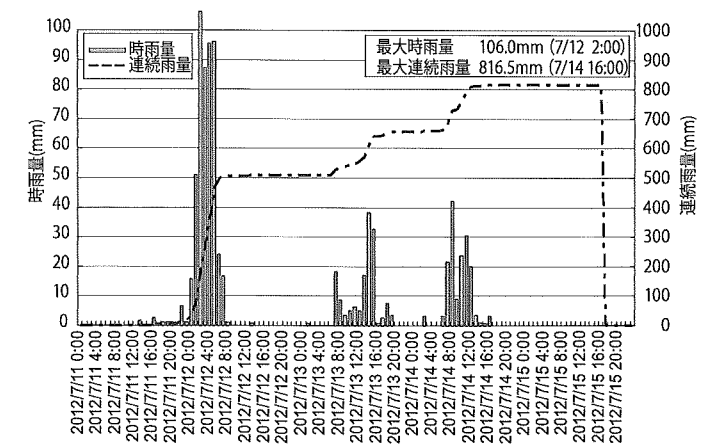


図-1 被災時の降雨状況(熊本県阿蘇乙姫)

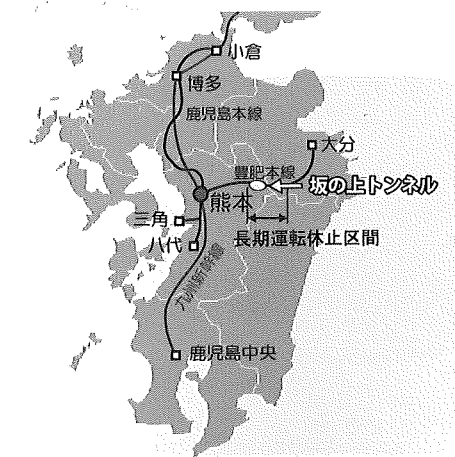


図-2 被災箇所位置図

2 トンネル被災概況

豊肥本線宮地-波野間に位置する坂の上トンネル(図-3)は、1927(昭和2)年に建設された阿蘇外輪山を貫く延長2,283m(起点キロ程:60k534m)の非電化単線トンネルで、線形は全延長25%の勾配の直線である。

崩落箇所の覆工構造はアーチ部がコンクリートブロック2層積み、側壁部が場所打ちコンクリートである。終点方坑口部は谷状低地で小河川を有

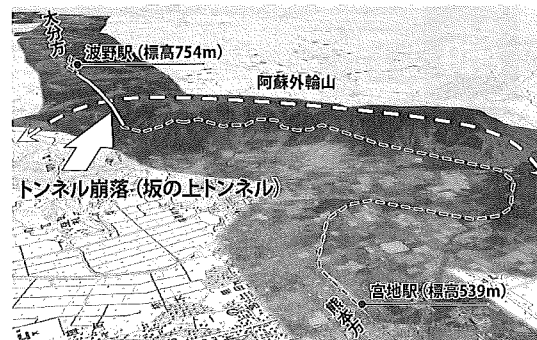


図-3 被災箇所位置詳細図

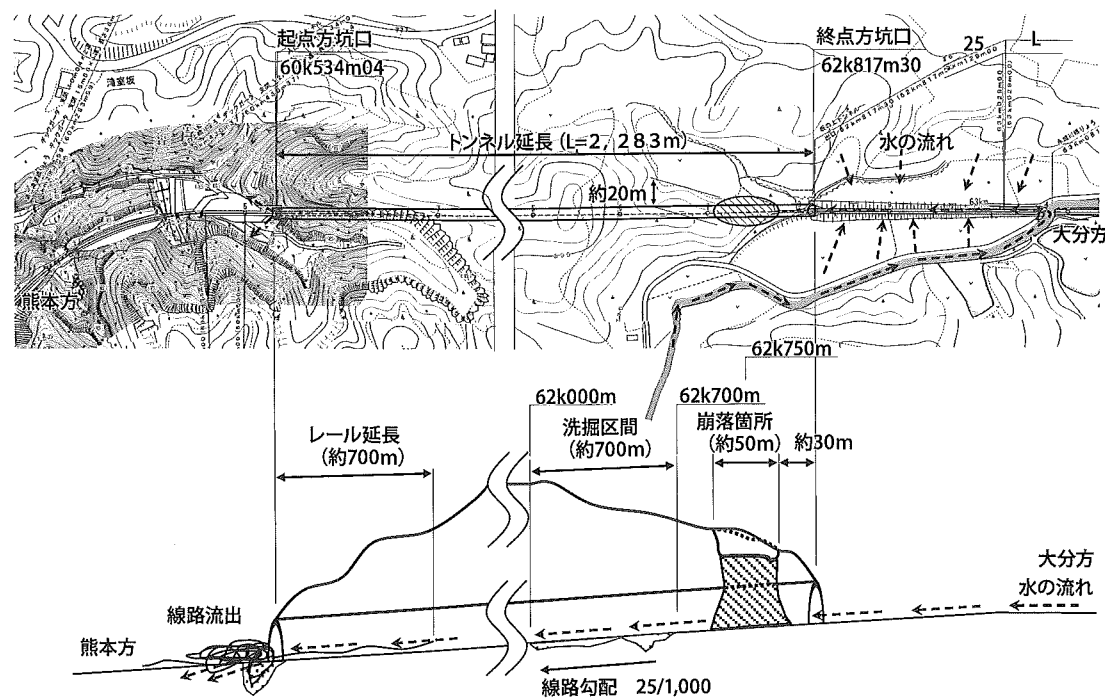


図-4 坂の上トンネル被災概況



写真-1 線路流出状況



写真-2 トンネル崩落状況(上部)

しており、雨水や河川からの氾濫水がトンネル坑口に集水される地形となっている。今回の豪雨により、62k750m付近(トンネル終点方坑口より約60m起点方)を中心にトンネル上部が延長約50m、幅約20m、深さ約5mにわたり崩落するとともに、トンネル内に敷設されていた軌道が流され、約1.5km分のレールが起点方坑口付近にとぐろ状に堆積するという前例のない被災状況が確認された(図-4、写真-1,2)。

3 現地状況の分析

3-1 被災後の本坑内観察

路盤洗掘が発生した62k000m~62k700m付近のうち、洗掘が著しかった62k600m付近において、側壁脚部から覆工背面にかけて洗掘された状態であった(図-5、写真-3)。また、同箇所では、火山灰・軽石層の上に溶結凝灰岩が分布していることが観察された。火山灰・軽石層は細粒分に

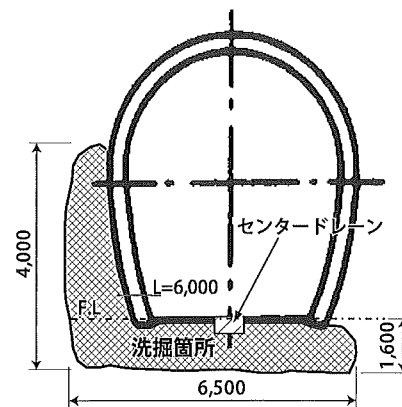


図-5 洗掘状況



写真-3 洗掘箇所状況

乏しく、径が数cm程度の軽石などと径が2~15cm程度の安山岩などからなり、降下火砕物と考えられ、岩相から透水性が非常に高いと考えられる。また、火山灰・軽石層の上位の溶結凝灰岩は、非常に堅硬な岩盤を呈しており、洗掘された側壁の背面においても確認された。

3-2 ボーリング調査

トンネル崩落箇所を中心としたボーリング調査の結果、下位より非溶結凝灰岩、同スコリア流堆積物、溶結凝灰岩、同非溶結凝灰岩および降下火山灰などが確認され、これらは全体として終点方に緩く傾斜していた。また崩落箇所の下部は、非溶結の火山灰質シルト・細砂および降下火山灰となっており、力学的に弱い層に位置していることが確認された。地下水位については、トンネルF.Lより10m以上低い位置に確認され、崩落箇所には常時高い土水圧が作用する状態ではなかったことが推定される。また、3-1、3-2節については、トンネル建設時の記録および阿蘇火山地質図ともおおむね一致している。

3-3 開削部状況観察

トンネル崩落箇所を開削することにより、崩落部の覆工の状況観察を行った。写真-4に崩落区間開削時に確認された崩落区間アーチ部の状況を示す。これにより崩落に伴いアーチ部はほぼ原形を保ったまま大きく沈みこんだことがわかる。

図-6に崩落区間開削時のトンネル露出図を示す。A-A断面においては、アーチ部は3.7m程度沈下しており、側壁部は左側壁がハの字に破壊され、



写真-4 崩落区間アーチ部状況

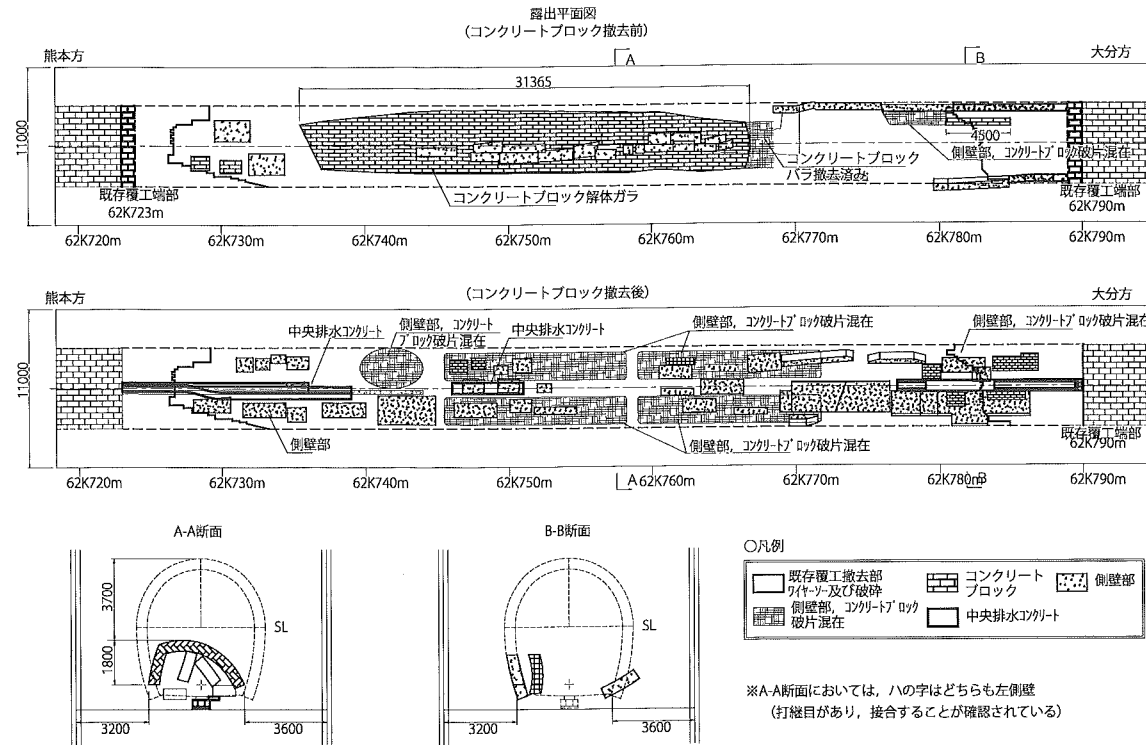


図-6 トンネル崩落箇所露出図



写真-5 B-B断面状況(起点を背に左)

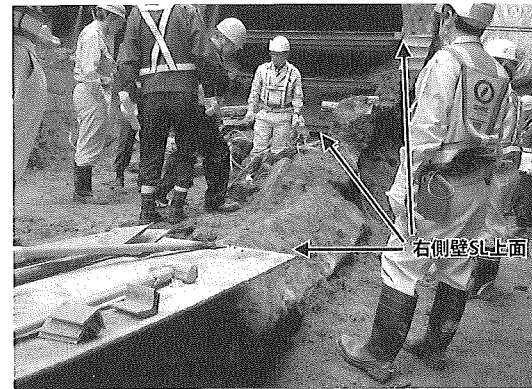


写真-6 B-B断面状況(起点を背に右)



写真-7 非崩落箇所地山状況

トンネル内空に存在していた。さらにその下には右側壁が確認された。左側壁が大きく倒れこんでいることから、崩落時はなんらかの外力が働いていたと考えられる。

B-B断面においては、左側壁は通常位置に存在したが、右側壁は内空側に向けて沈みこんでおり、左側壁には右アーチ部のコンクリートブロックが寄りかかっていた(写真-5)。撤去したアーチ部は左側の方が多く残っていた。写真-6から、右側壁の矢印箇所がSL上面と推定され、右側壁が起点方向に向かうに従って大きく沈みこんでいることがわかる。

トンネル崩落区間の起点方・終点方のトンネル非崩落箇所の側壁コンクリート背面(SLより下側)には、層構造が明瞭な地山が認められた(写真-7)。地山は主に茶褐色を呈する火山灰質粘性土からなり、黒色を呈する砂～細礫層(スコリア、火山礫など)、黄白色の軽石の薄層などを挟在する。これは、事前のボーリング調査における地層分布とおおむね同様である。地層の走向傾斜は場所によって異なり、火山灰質および火山灰質粘性土層が旧地形を覆うように堆積したためと考えられる。これらの地層には空洞など、地下水が集中して通ったと思われる痕跡は見られなかった。

目視で観察したかぎりでは、側壁コンクリートの背面および脚部付近は地山と密着していた。掘削底盤は割れ目が分布する岩盤であり、ボーリング調査の結果から、溶結凝灰岩であることが確認されている。この岩盤面には、水溜りが形成されることから、比較的透水性が小さい岩盤と考えられる。

4 トンネル崩落原因とメカニズムの推定

4-1 トンネル崩落原因

力学的に弱い降下火山灰層では建設後長年にわたり地下水位の変動により、地山流出および強度的劣化を受けていた可能性がある。現地状況からは、雨水や河川からの氾濫水の流下や地下水湧出がトンネル坑内で発生し、路床材が部分的に洗

掘されてトンネル覆工が露出し、その結果トンネル崩壊時にはトンネル外側からの圧力に対するトンネル覆工の抵抗性が健全時に比べて低下していたと考えられる。

また、掘削底版は上位の降下火山灰層と比較すると相対的に透水性が低いと考えられることから、トンネル崩落区間付近では下方への浸透量を上回る量が涵養された結果、地下水位が急激に上昇したことが考えられる。

4-2 トンネル崩落のメカニズム

トンネル崩落箇所を開削・観察することで得られた情報から、以下のような流れで崩落が発生したことが推定される。

- ① 崩落部は未固結の火山灰層中に位置しており、トンネル建設以降、覆工背面の地山の劣化が徐々に進み、周辺地山が緩んでいた。
- ② 大分方坑口から、大量の氾濫水が急激に流下したことにより、軌道が流され、路盤部および側壁脚部の未固結な地山が洗掘されて、側壁脚部の支持力が著しく低下した。
- ③ 上記②に加えて、大雨によりトンネル周辺地山の地下水位が一時的に上昇し、坑内流水が減少した後も覆工背面には地下水が残り、側壁に水圧もしくは土水圧が作用し続けた。また、これとともにアーチ部周辺地山の緩みも拡大した。
- ④ 上記②、③によって、側壁の脚部が沈下するとともに内側に滑り込み、もしくは側壁が倒れこむことで、アーチ部はある程度原形を保ったまま周辺地山とともに沈みこみながら崩落した。

なお、崩落にはトンネル背面の地質およびトンネル構造が大きく影響すると思われる。路盤は洗掘されたが、崩落はしなかった区間については、路盤付近には火山灰・軽石層(砂粘土層)が、トンネル側壁～アーチ部には硬質な溶結凝灰岩が分布している。トンネル側壁～アーチ部に硬質な岩盤が分布していたことによりトンネル覆工に直接作用する土圧が比較的小さく、崩落を免れたと考えられる。

5 復旧方法

5-1 復旧概要

供用中のトンネルが崩落するという前例のない災害であったことから、復旧工事の前作業として崩落土砂とともに崩壊した覆工材を撤去する必要があること、また、その状態を入念に観察・記録することにより設計・施工に生かすため、復旧工法は開削トンネル方式とした。崩落部を開削撤去した後は、軟弱地盤をコンクリートで置換え、プレキャスト覆工コンクリートを再構築し、一部を気泡混合軽量土にて埋戻した。また、崩落箇所の復旧作業と既設トンネル内部の片付け・補強作業などを同時に施工するため、進入路として作業用横坑を仮設した(図-7)。

開削にあたっては、掘削の影響により崩落箇所前後の既設トンネル覆工に変状が発生する恐れが

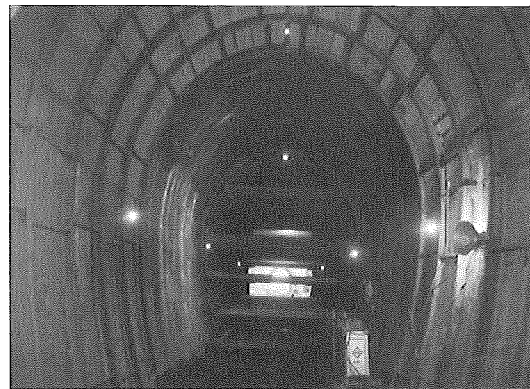


写真-8 既設トンネル補強支保工

あったため、路盤面から立ち上げた支保工により補強を実施した(写真-8)。なお、補強はトンネル上部の埋戻し完了まで続けることが望ましいと考えていたが、工程の都合上、崩落箇所のトンネル本体構築後は、トンネル上部の埋戻しと軌道復旧工事を同時に施工する必要があった。軌道復旧工

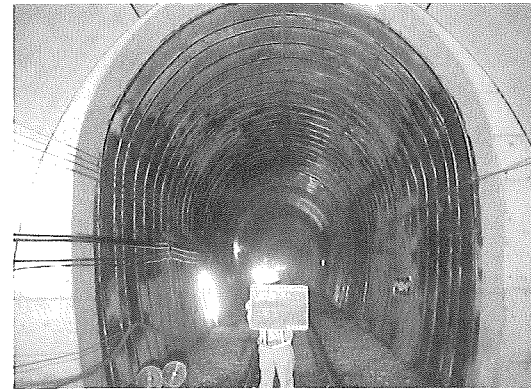


写真-9 内面補強



写真-10 路盤ストラットコンクリート

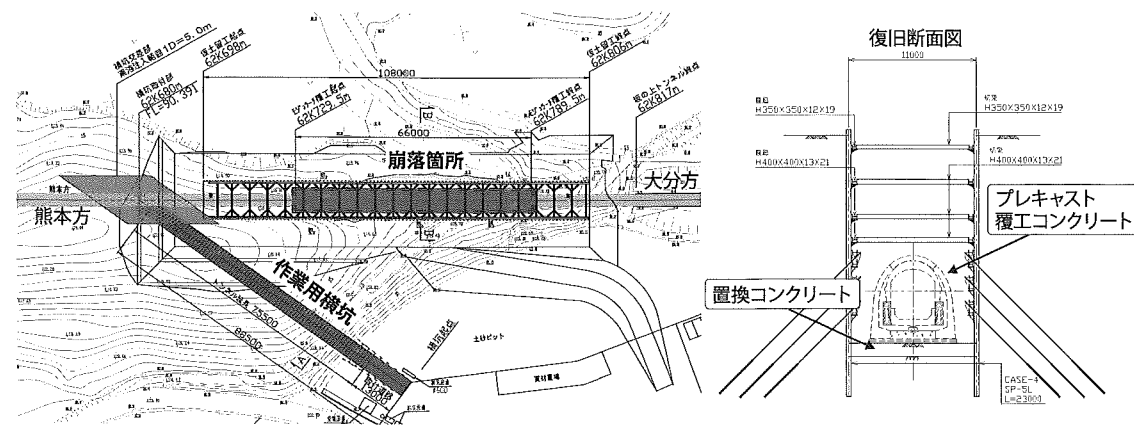


図-7 トンネル復旧概要

表-1 プレキャスト覆工コンクリート断面比較表

	プレキャスト覆工コンクリート規格断面	プレキャスト覆工コンクリート特注断面(既設トンネル断面)												
断面図														
トンネル断面	<ul style="list-style-type: none"> 前後のトンネルに対し、内空断面が大きい モジュラー部材厚は標準断面より想定 トンネル断面に比し幅に余裕があるため、改めて小型待避所の建設は不要である 接続部で段差ができる(流路形成工として、コンクリートによる整形を行う) 	<ul style="list-style-type: none"> 前後のトンネル断面と同じ内空が継続する 縦長のトンネル断面のため、応力のバランスから部材厚が大きくなる トンネル断面の連続であり、約40mごとの小型待避所の設定が必要(トンネル断面の加工) 同一断面が継続するため、多くの水量が流下した場合もトンネル構造変化部で乱流は発生しない 												
モジュラー部材製作日数	<table border="1"> <tr> <td>型枠製作</td> <td>40日</td> </tr> <tr> <td>モジュラー部材製造</td> <td>60日</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td>100日</td> </tr> </table>	型枠製作	40日	モジュラー部材製造	60日	計	100日	<table border="1"> <tr> <td>型枠製作</td> <td>45日</td> </tr> <tr> <td>モジュラー部材製造</td> <td>60日</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td>105日</td> </tr> </table>	型枠製作	45日	モジュラー部材製造	60日	計	105日
型枠製作	40日													
モジュラー部材製造	60日													
計	100日													
型枠製作	45日													
モジュラー部材製造	60日													
計	105日													
評価	○	△												

事に伴い支保工が支障するため、撤去に合わせて、既設トンネル覆工の内面補強(写真-9)、左右側壁間の路盤部にストラットの 신설(写真-10)および覆工の変状監視モニタリングを行いながら埋戻しを実施した。これにより、既設覆工に変状を発生させることなく埋戻しを完了した。

5-2 復旧構造と工法

5-2-1 崩落箇所

プレキャスト覆工コンクリートはアーチ部と側壁部に3分割された部材にて構成されており、2ヒンジアーチ構造となる。事前測量により、トンネル崩落部延長は54mと推定されたため、影響範囲を起終点ともに1D=6m(Dはトンネル径)とし、66mをプレキャスト覆工コンクリートによる復旧延長とした。

断面形状については、表-1に示す規格断面と既設トンネルに合わせた断面との2案にて比較検討を行った。製作日数に大きな差はないが、据付け後に待避坑を設置する必要がないことから、待避できるスペースを確保できる最小寸法の規格断面を採用した。

プレキャスト覆工コンクリート1リングあたり

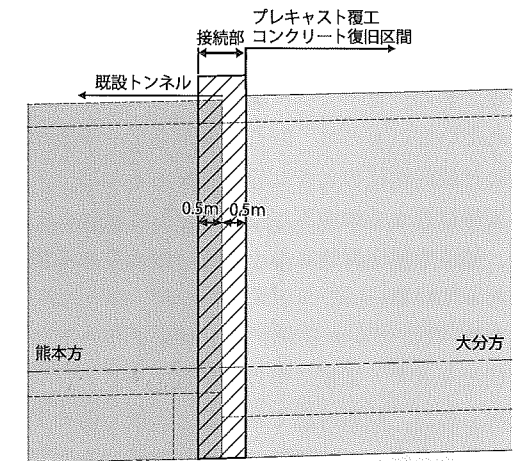


図-8 接続部構造

の延長は、製品重量による通行条件が夜間限定通行にならないように設定した。また、プレキャスト覆工コンクリートと既設トンネル間には挙動の不一致に対処するため、起終点ともに0.5mの接続部を設けた(図-8)。

接続部は、既設トンネルを一部巻立てる形状とし、接続は防水工のみとすることで、変形などの干渉を排除している。インパードについてはプレキャスト覆工コンクリート・接続部ともに設けて

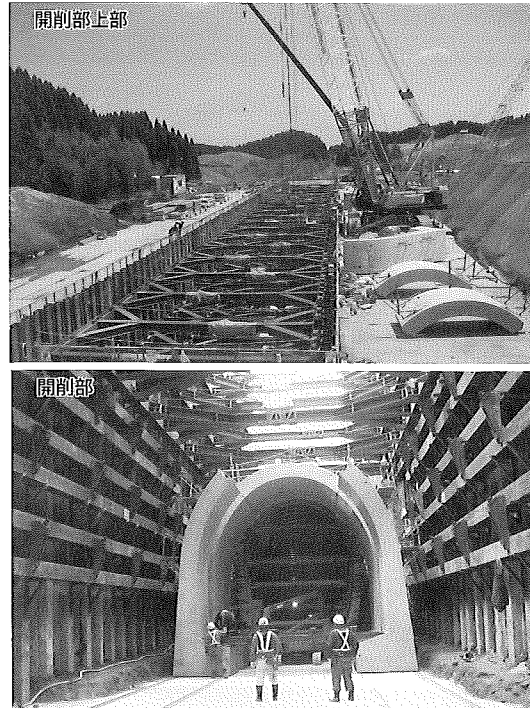


写真-11 プレキャスト覆工コンクリート架設状況

おり、大量の氾濫水が流下した場合の対策として
いる。また、ボーリング調査から地下水位は観測
されていないものの、調査結果からアーチ天端付
近に比較的粒径の大きな軽石層があるため、アー
チ天端付近までの地下水位を想定して設計して
おり、地下水位上昇時にも土水圧に耐えられる構造
となっている。

写真-11にプレキャスト覆工コンクリートの架
設状況を示す。架設には120tクローラークレーン
を使用した。軟弱地盤であることと仮土留め工へ
の土圧を考慮し、杭基礎により作業構台を仮設し
た。施工方法はベアリング横引き工法とし、3分
割されたモジュラーチを組立て後に6tウインチ
2台にて横引きし、所定の位置にセットした。

5-2-2 既設箇所

発掘された箇所については、まずサポートによ
る応急処置を行い、作業用横坑到達後に底版コン
クリートを打設した。また覆工背面には空洞が生
じている可能性があったことから、事前に空洞探
査を行い、必要により可塑性裏込め注入材にて覆
工背面の空洞充填を行った。

また、水抜き工(フィルター材付きの有孔管)を
設置することで、地下水位が上昇した際の対策と
した。水抜きボーリングの本数や長さといった仕
様については理論的に決定することが困難であっ
たため、過去の事例¹⁾を参考としてφ100の有孔
管を2m間隔で配置し、地山まで挿入することと
した。水抜き工の位置については、アーチ部では
導水工などが必要となるため側壁のみとし、設置
箇所としては、以下の2パターンとした。プレキャ
スト覆工コンクリートの前後については、プレキャ
スト覆工コンクリートに水抜きを設けなかったた
め、その分の水が回る可能性を考慮している。

- ① 覆工背面へ空洞充填かつ底版にコンクリ
ートを打設したことにより、断面として閉塞し
た箇所
- ② プレキャスト覆工コンクリートの前後

6 おわりに

今回の豪雨災害では、鉄道沿線が広範囲にわた
って被災しており、鉄道のみでの復旧では抜本的な対
策とはならず、線路沿線の山林、河川など治山、
治水の面から総合的な対策を講じる必要があると
考える。広域にわたる砂防堰堤の設備や鉄道橋前
後を含めた河川の整備などを関係自治体に継続し
てお願いしていきたい。

1990(平成2)年も含め二度にわたり大きな災害
に見舞われた豊肥本線を、関係者の迅速かつ的確
な対応により、わずか一年で復旧することができ
た。最後に、(公財)鉄道総合技術研究所の皆さま
をはじめ、多くの方々に災害発生直後から現在に
至るまで、何度も現地足を運んでいただき、貴重
なご意見とアドバイスをいただいたことにお礼
を申し上げて、本稿の結びとする。

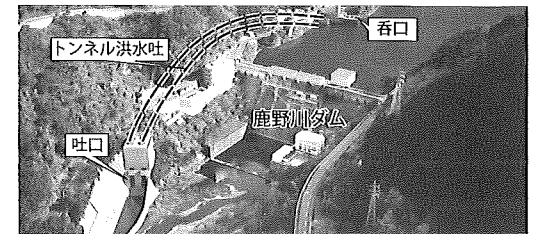
参考文献

- 1) 日本鉄道建設業協会：日本鉄道請負業史 大正・昭
和(前期)編, 1978.3.
- 2) 地質研究所：阿蘇火山地質図, 1985.
- 3) 石原勝雄・佐藤保男：鹿島線・宮中トンネルの変状
と対策工, 日本施設協会誌, Vol.31, No.8, pp.55-
57, 1993.



清流「肱川」の流れる大洲市より

本村浩志



完成イメージ図

な形で屈曲しているからというのが一般的であるが、
そのほかにも、泥土やぬかるみのことを「ひじ」と呼
び、この「ひじ」が多い川ということでこの名がつい
たという説もある(堀内統義『愛媛の地名』より)。

肱川の全長は103kmであるが、源流部と河口との
直線距離は18kmしか離れておらず、いかに屈曲しな
がら流れているかがわかる。また肱川に流れ込む支流
は474本と全国でも5番目に多く、源流部の標高が460
mと低い中流と下流の高低差が小さいという特徴
を持つ。さらに川の両側には山脚が迫り非常に狭隘な
地形であるので、昔から何度も洪水に見舞われ、人々
を悩ませてきたという側面も持っている。

大洲市街より国道197号を20km、30分ほど車を走
らせると左手に鹿野川ダムが現れる。1959年に竣工し
たこのダムは、当社の大先輩の手で造られた重力式コ
ンクリートダムである。この地で、下流の大洲市街の
洪水被害を軽減することを目的として、鹿野川ダムの
右岸側に新たにトンネル方式の洪水吐を建設している。
トンネル洪水吐が完成すると、ダムの洪水調節容量が
1.4倍になる。トンネル延長は457mと短い、仕上り
内空は直径11.5mであり、圧力水路トンネルとしては
日本最大級の大きさを誇る。2013年11月20日現在、下
流側より433mまで掘削が進んでおり、残りわずかと
なっている。貫通は上流側のダム湖内に設ける立坑か
ら行う計画である。

まだまだ技術的な課題は多いが、「明るく、元気に」
を合言葉に作業所職員、作業員全員で力を合わせて、
この難工事を無事完成させる所存である。
(清水・安藤ハザマ特定建設工事共同企業体鹿野川ダ
ムトンネル洪水吐作業所副所長)

大洲市は愛媛県の南予地方に位置し、古くから城下
町として栄えた「伊予の小京都」と呼ばれる人口4万
7千人の街である。周りを山々に囲まれ、その中心を
ゆっくりと流れる肱川、河畔には「大洲城」や明治時
代の数寄屋造りの建造物を持つ「臥龍山荘」など自然
と歴史を堪能できる場所である。

肱川の夏の風物詩といえは鵜飼いであり、岐阜県長
良川、大分県日田市三隅川とともに日本三大鵜飼いに
数えられる。この鵜飼いは、歴史は古く『日本書紀』や
『古事記』にも記載がある。また、ヨーロッパでは、
16世紀末から17世紀初めにかけて、スポーツとしてこ
の鵜飼いが行われていたようで、鷹狩りと同じように、
鵜は目隠しをされ、革手袋をした飼い主の腕に乗せら
れて漁場まで運搬されたという記録が残っている。

夏の日夕暮れどき、まだ明るいうちに屋形船に乗
りこみ、川魚を中心とした郷土料理とうまい酒に舌鼓
をうちつつ、ゆっくりと肱川を下る。やがてあたりを
夕闇が包み、ほろ酔い気分になったころ、風折烏帽子
に腰囊をまとった鵜匠がかがり火を焚いた鵜飼船で
現れる。われわれの乗った屋形船が、この鵜飼船に
近づいていき、今にも手が届きそうほど間近で、鵜
が川に潜り、鮎を捕まえるさまを見ることができ
る。かがり火の中でくり広げられる伝統的漁法は幻想的
で臨場感にあふれ、もう一度見てみたいと思わせる。こ
のがかり火、照明の役割と同時に鮎を驚かせる役割も
担っていると、屋形船の船頭さんが教えてくれた。

そのほかにも、肱川流域で開催される「大洲川まつ
り花火大会」、秋には大洲自慢の夏芋(里芋)や鶏肉、
こんにゃく、シタケなどを煮込んだ大鍋を囲んで河
原で行われる「いもたき」など、肱川は大洲市民の憩
いの場として親しまれている。

この肱川、名前の由来は諸説ある。人のひじのよう



位置図

土木情報 No.488

今月の主な入札結果
(12月10日～1月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
北陸農政	庄川左岸農地防災事業荒又排水路(横越工区)その6	清水建設	443.8
東北地整	R45壱内地区T	三井住友・日本国土JV	5,855.4
〃	R45山田第1T	戸田建設	2,974
〃	R45小湊第2T	東亜建設工業	2,361
関東地整	矢切函渠その11	不動テトラ	1,290
〃	中部横断角打T	飛島建設	1,823
〃	〃 楮根第3T	鴻池組	684
〃	横浜湘南道路藤沢立坑	大成・五洋JV	4,600.9
北陸地整	下島樋門	大石組	231.5
近畿地整	冠山峠道路第2T	竹中土木	3,979.9
〃	八鹿日高道路門前T	安藤ハザマ	1,079.05
鉄道・運輸機構	北海道新幹線, 昆布T(桂台)他	鉄建・アイサワ・福津・西江JV	10,629
〃	相鉄・東急直通線, 新綱島駅他	安藤ハザマ・不動テトラ・日本国土・奈良JV	9,075.9
〃	北陸新幹線, 新北陸T(大桐)	熊谷・不動テトラ・梅林・轟JV	7,982
〃	九州新幹線(西九州), 武雄T外1カ所他	戸田・りんかい日産・黒木JV	4,156.8
〃	〃 久山T(東)他	東急・東鉄・大栄JV	3,958
〃	〃 久山T(西)他	西松・若築・黒瀬JV	4,455
日本下水道事業団	岩沼市矢野目排水路復興	鴻池・上のJV	1,360
中日本高速道路	中部横断自動車道森山T	奥村組	5,082
埼玉県	南部流域南部第二準幹線合流改善遮集BP管	和光建設	1,013.91
千葉県	江戸川第一終末処理場第1放流幹線	熊谷・みらい・立山JV	2,525.04
〃	江戸川左岸流域下水道管渠(松戸幹線501-2工区)	フジタ・堀JV	1,101.6
都・水道局	練馬区石神井台二丁目地先から同区石神井町五丁目地先間配水本管(800mm・700mm)	大豊建設	1,159
都・交通局	三田線志村三丁目駅・西台駅間耐震補強土木	安藤ハザマ・坂田JV	496.46
〃	〃 トンネル長寿命化試験工事	化工建設	144.4
岐阜県	公共内ヶ谷治水ダム事業内ヶ谷ダム仮排水T	大日本・市川・丸高JV	530
和歌山県	御坊湯浅線(仮称衣奈T)道路改良	森本・英進JV	777.99
〃	黒江築地線(仮称城山T)道路改良	浅川・木下JV	558
〃	紀の川中流流域下水道桃山幹線管渠(シールド)	浅川・第五JV	502
島根県	(主)益田澄川線(笹倉工区)防災安全交付金(改良)(仮称)笹波T	大畑・毛利・豊洋JV	1,557
さいたま市	谷田排水区下水道(南建-25-169)	江田組	112.71
〃	綾瀬川第2排水区下水道(南建-25-53)	シン建工業	112.93
〃	鴨川第39処理分区分下水道(南建-25-41)	中央建設協組・でんでんJV	226.73
川崎市	川崎港海底T本体改良その20	ショーボンド建設	130.5
小田原市	H25公下第1工区	大豊・司JV	620.15
岡崎市	下水道管きょ(岡崎市中島町地内)	飛島・朝日JV	685

施工

不法に盛土された沢部直下を小土かぶり7mで貫く

—さがみ縦貫道路 葉山島トンネル—

国土交通省関東地方整備局相武国道事務所副所長 **佐久間 博之**
 国土交通省関東地方整備局相武国道事務所工務課長 **高森 治**
 国土交通省関東地方整備局相武国道事務所建設監督官 **武井 桂樹**
 大成建設(株)横浜支店さがみ縦貫葉山島トンネル工事作業所長 **中原 史晴**

1 はじめに

さがみ縦貫道路は神奈川県茅ヶ崎市西久保から相模原市緑区川尻を結ぶ、首都圏中央連絡自動車道(通称：圏央道)の一部を構成する自動車専用道路である。神奈川県中央部における慢性的な交通渋滞の解消や、都市構造の再編、沿道におけるまちづくりの支援に重要な役割を果たす道路としての完成が待たれている。

葉山島トンネル(平成25(2013)年9月にトンネ



図-1 施工位置図

ル名称を小倉山トンネルに決定)は圏央道の未開通区間である相模原愛川IC～高尾山IC間のほぼ中央に位置し、NATM発破掘削により上り線L=2,100.5m、下り線L=2,098.5mを施工する山岳トンネル工事である(図-1)。工事の特徴として、トンネル中間部に谷地形を埋めた不法投棄盛土(以下、「盛土」と記す)があり、その直下を最小土かぶり7mでトンネルが通過する特殊な施工条件が挙げられる。盛土内の地下水位は高く、掘削時の切羽安定性の確保が課題であるとともに、トンネル完成後の盛土撤去の可能性を踏まえた覆工設計が必要とされた。図-2に平面図および縦断図を示す。本稿では、この特殊条件下でのトンネル施工について報告する。

2 工事概要

本トンネルの縦断勾配は両坑口よりトンネル中間部に向けて下り3%で計画され、盛土直下の最深部では陸上トンネルにはめずらしいサグ構造となっている。トンネル最深部に集水される地下水は、図-2に示すように、別途施工される排水用トンネルにより東方、相模川の支流である下倉川に放流する計画とされた。

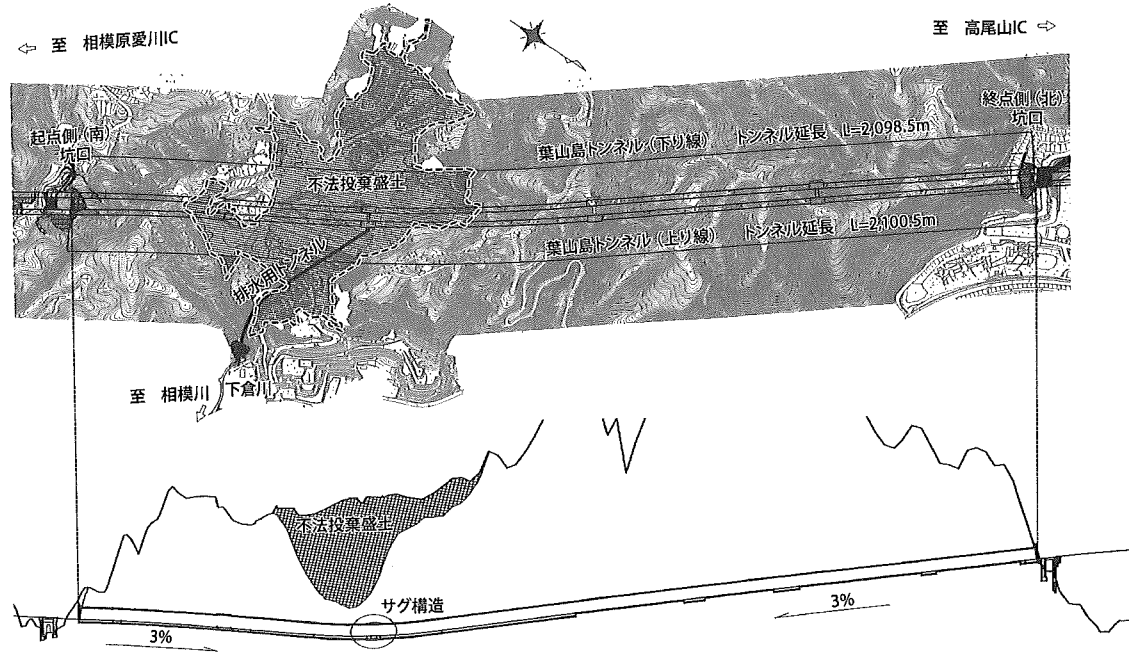


図-2 葉山島トンネル平面図および縦断面図

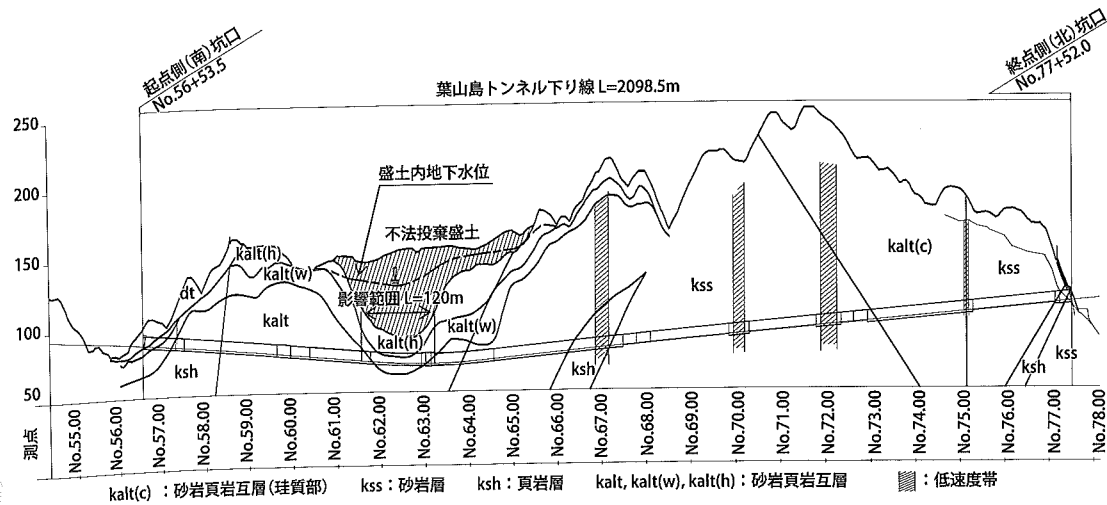


図-3 下り線地質縦断面図

本工事は、平成22(2010)年3月に工事を開始し、平成23(2011)年5月に終点側坑口、平成24(2012)年9月に起点側坑口よりトンネル掘削が開始され、平成25(2013)年6月に上下線が貫通している。

3 地質概要と施工上の問題点

3-1 地質概要

本トンネルは、神奈川県相模原市緑区に位置し、

相模川の西側に分布する丘陵性の山地部を南北方向に貫く。トンネル区間の地層は、関東山地の基盤をなす中生代の付加帯である小仏層群が分布している。

図-3に下り線の地質縦断面図を示す。トンネルの起点側坑口付近には比較的軟質で剝離性を有する頁岩層(Ksh)が分布する。中間の盛土下部にかけては硬質な砂岩に頁岩を挟在する砂岩頁岩互層

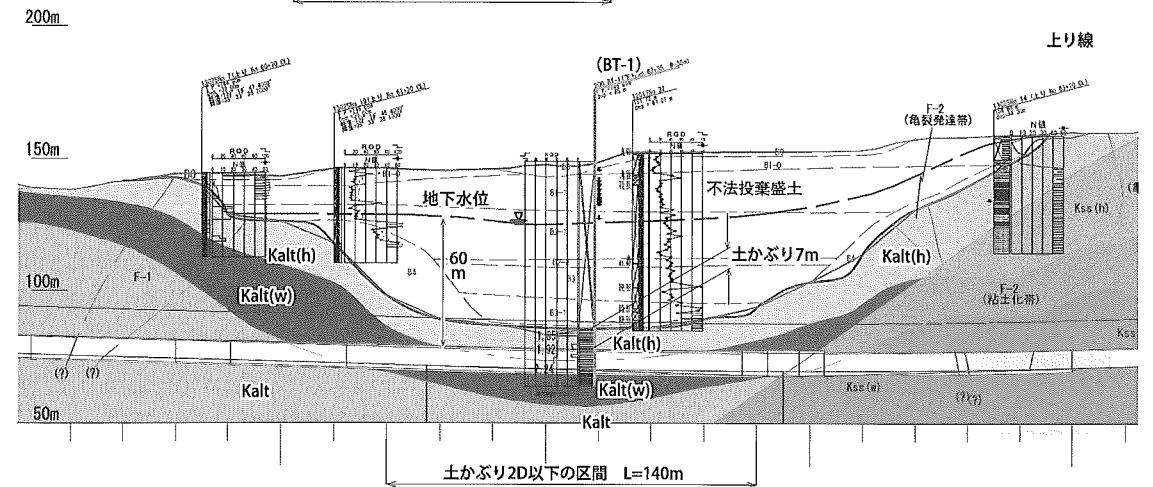
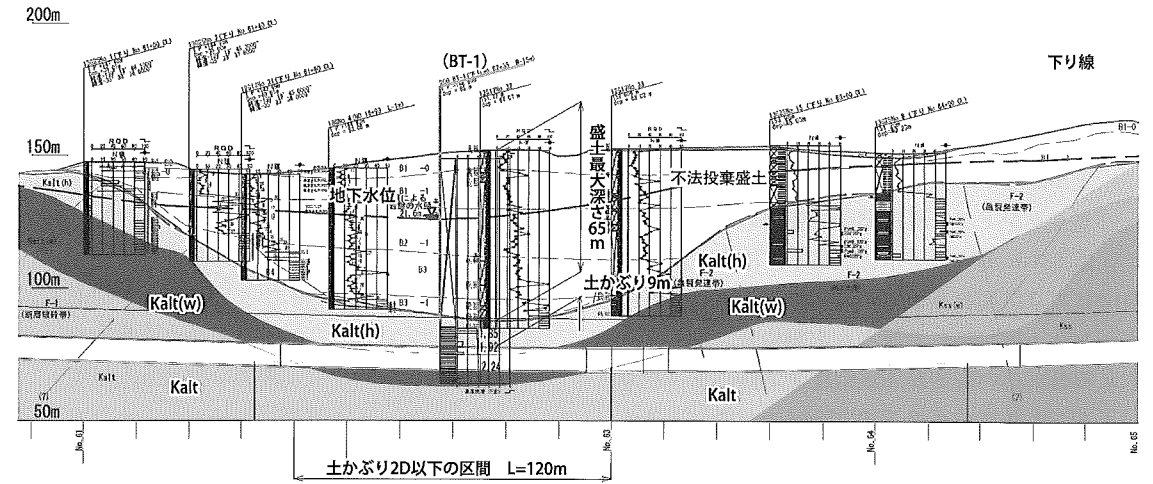


図-4 盛土部地質縦断面図

(Kalt)となり、終点側には砂岩層(Kss)が分布する。頁岩の卓越した起点側および土かぶりの小さい中間部においては、軟質な地質条件と特殊な地形条件によるトンネル掘削時のトラブルが懸念された。

図-4に盛土部付近の地質縦断面図を示す。この区間では、上下線トンネルとも広範囲にわたり盛土直下を通過する。盛土の高さは最大で65mあり、盛土がトンネル掘削に影響を及ぼすと想定される土かぶり2D(D:トンネル掘削幅、約12m)以下の区間は、上り線トンネルでL=140m、下り線トンネルでL=120mとなる。

旧地表面からの最小土かぶりは、下り線で9m、上り線で7mである。また、地質調査結果による

と、盛土内の地下水位はトンネル天端から60m上方とされた。

盛土部周辺の地質は砂岩頁岩互層(Kalt)を主体とし、風化の程度により3層に大別される。トンネル天端から上半部にかけては風化破碎による劣化の著しいKalt(h)(D級主体)、トンネル中央部より下方では局部的に破碎されたKalt(w)(CL~CM級)が分布する。トンネルの下方以深は比較的新鮮なKalt(CM~CL級)と分類された。

また、Kalt(h)層にて実施した透水試験結果より、透水係数は 3.47×10^{-4} cm/secとなり、比較的高い透水性を示した。Thiemの井戸公式により切羽での湧水量を試算した結果、2.0~2.5t/minと推定された。

3-2 施工上の問題点

盛土部のトンネル掘削では、施工に影響を及ぼす以下の問題点が挙げられた。

- ・未固結な盛土が上載された状態で小土かぶりのトンネル掘削を行うため、グラウンドアーチが期待できない。
- ・盛土中に高い地下水位があり、下層にある地山の透水性が高いため、トンネル掘削時に大量湧水が発生し、それに伴い切羽が不安定化する。
- ・トンネル完成後に不法投棄盛土が撤去された場合、地山の荷重条件が変化して覆工に影響を及ぼす。

これらの問題点は当初設計でも考慮されていたが、現地状況により十分な地質調査が実施できないもとの検討にとどまっていた。そのため、追加調査も含めた対策工法について更なる検討を行った。

4 盛土部の施工法の選定と設計

4-1 追加地質調査の実施

当初設計の地質調査は、縦横断方向に実施された弾性波探査および上下線の中央に行った1か所のボーリング(BT-1)のみであった。そこで、地質や地下水の性状をより詳細に把握するとともに旧地表面の分布形状を確認する目的で、4か所の追加ボーリングを実施した。

追加調査結果より、岩盤は全体的に破碎されており、部分的に粘土化している状況が確認された。弾性波探査より想定していた深度方向に岩盤が良くなる傾向は確認されず、劣化部が全体に分布する状況であった。変形係数はばらつきが大きく、砂岩部では高い値を示したが、総じて既往調査と同等と評価された。

透水性については追加調査結果で低い値が確認されたが、測定された透水係数が 10^{-7} cm/secオーダーから 10^{-4} cm/secオーダーと、試験位置により差があることから、岩盤内には透水性の高い部分が伏在していると考えられた。

旧地表面の分布形状は、追加調査による変更は

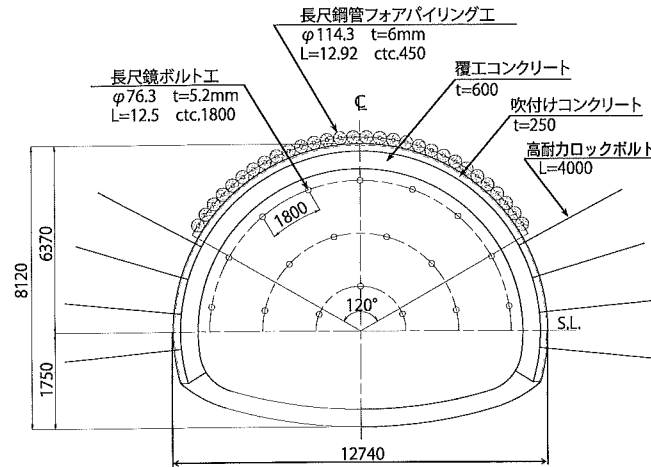


図-5 地山補強工図

なく、最小土かぶりは7mであると判断された。

4-2 対策工法の選定

盛土直下のトンネル掘削時における課題は、①小土かぶりでトンネル掘削を行う際のグラウンドアーチの確保およびトンネル周辺地山のゆるみ防止、②トンネル掘削時に予想される大量湧水やそれに伴う切羽の不安定化の防止である。対策工法の選定は、地山補強工と湧水対策工(止水工法)について行った。

4-2-1 地山補強工の選定

追加ボーリング結果より、岩盤は破碎が進み劣化した状態であるが、透水性が低く亀裂が密着していると確認された。地山補強工には、掘削時のトンネル安定化に加えて、掘削による周辺地山の応力解放が亀裂を開口させることで盛土中の地下水がトンネル内に引き込まれることの防止も求められる。これを満足する工法として、脆弱なトンネル周辺地山を効率的に補強して一体化でき、短時間で変形を抑さえ、先行地山のゆるみ防止に優れた注入式長尺鋼管フォアパイリング工(以下、「AGF工」と記す)が最適であると考えられた。

鏡面は、粘土化した頁岩の押出しが想定されるため、鏡吹付けコンクリートに加え、長尺鏡ボルトを施工して安定化を図ることとした。掘削方式は、地山のゆるみを抑制するために、大型ブレイカーによる機械掘削が採用された。図-5に地山補強工図を示す。

4-2-2 湧水対策工の選定

トンネル周辺地山の透水性は全体的には低いが、場所により透水係数が 10^{-4} cm/secオーダーの通水部(クラックや破碎帯など)が伏在していると考えられたため、AGF工の注入材を選定するにあたり、求められる性能として以下の3点が考慮された。

- ・空隙・亀裂に対して十分な浸透性を有する。
- ・動水に対しても流出することなく固結して確実な止水効果がある。
- ・硬化後の止水効果が継続する。

条件を満足する注入材として止水用ウレタン系注入材(CarboPurWF:カーボプルWF)が選定された。表-1に選定された注入材と従来の注入材との仕様比較を示す。この注入材は、水と接触することなく反応した場合には、気泡のない高強度な固結体(圧縮強度 80 ± 10 MPa)となり、水と接触し反応した場合には約3倍に発泡する特徴がある(写真-1)。発泡体は独立気泡構造となり、硬化後も止水性が保たれる。溶液の粘度は $500(\text{MPa}\cdot\text{s}/15^\circ\text{C})$ と高く、流水中でも反応硬化することが期待できる。

この止水用ウレタン系注入材を連続的に注入することで、地山内の空隙および地下水が注入材で置き換えられ、トンネル周辺に止水ゾーンが形成されることで湧水による切羽の不安定化が防止できると考えられた。

4-3 事前FEM解析の実施

選定した対策工法について、トンネル掘削時および完成時の安定性を事前FEM解析により検証した。覆工コンクリートについては、トンネル完成後に不法投棄盛土が撤去される可能性を踏まえた検討を行い、鉄筋コンクリート構造(以下、「RC構造」と記す)とした。

図-6に事前検討フローを示す。

4-3-1 トンネル掘削時の安定性検討

掘削の安定性検討における検証項目は以下に示



写真-1 注入材硬化状況

表-1 止水用ウレタン系注入材仕様(従来品との比較)

製品名	CarboPurWF(止水用ウレタン系注入材)		従来の注入材(シリカレジン系注入材)	
	A液	B液	A液	B液
成分	ポリオール添加剤	ポリイソシアネート	珪酸ソーダ水溶液	特殊プレポリマー
一般性状	外観	淡黄色液体	褐色液体	微白濁液体
	粘度(MPa・s/25°C)	250±50	200±50	150±30
	粘度(MPa・s/15°C)	550±80	500±100	310
	比重(25°C)	1.03±0.03	1.23±0.03	1.45±0.03
引火点(°C)	>200	>200	不燃性	>200
配合	A/B=1/1(体積比)		A/B=1/1(体積比)	
反応時間(秒/25°C)	約60(水なし)ー		60±15	
	約120(水あり)(発泡倍率 約3倍)		120±20(Sタイプ)	
引張強度(MPa)	45		ー	
圧縮強度(MPa)	80±10		3±0.5(ホモゲル4倍) 8±1(サンドゲル)	
粘着力(湿潤面)(MPa)	15分後に2.1		ー	
梱包(kg/缶)	20	24	20	20

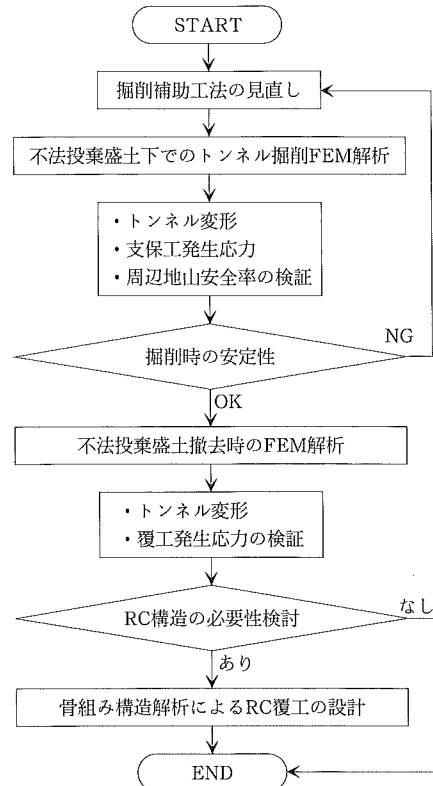


図-6 事前検討フロー図

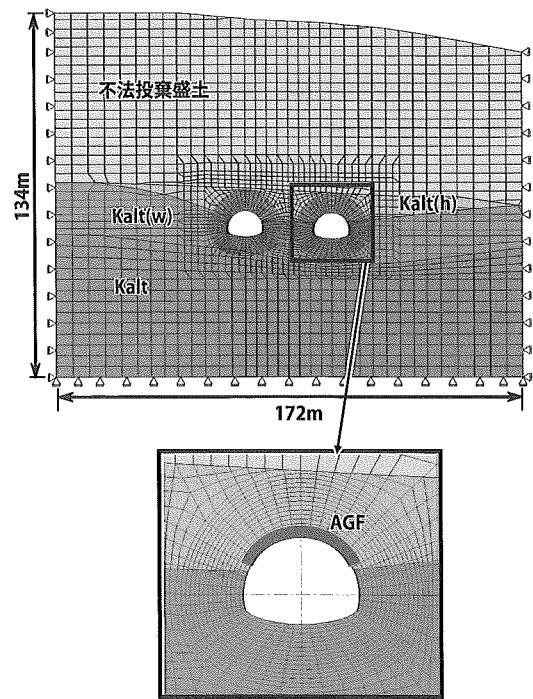


図-7 FEM解析要素分割図

表-2 解析に用いた地山物性値

地質	変形係数 E(MPa)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ(kN/m³)	粘着力 c(kN/m²)	内部摩擦角 φ(°)
不法投棄盛土	1.57	0.48	19	1	13
Kalt(h)	100	0.44	22	100	30
Kalt(w)	300	0.44	23	500	35
Kalt	500	0.44	26	750	35

表-3 掘削時FEM解析結果(変形図)

解析ステップ	変形図	
上下線掘削完了時		
天端沈下(支保後)	下り線34mm	上り線33mm
内空水平変位(支保後)	下り線13mm	上り線16mm

す3点である。

- ・トンネル内空変位が所定のレベル以下に収まっているか(地山等級DIIにおける内空変位の下限値60mmを目安に判断²⁾).
- ・支保部材は掘削による発生応力に対して適切に設定されているか(吹付けコンクリート、ロックボルトの発生応力で判断).
- ・掘削中、周辺地山が安定かどうか(安全率1.0以下の領域が連続しないことで判断).

検討は2次元FEM弾性解析で行い、施工手順を考慮したステップ解析とし、応力解放率は掘削時40%、支保工施工時60%と設定した。対策工のAGF工は、鋼管と地山の剛性を断面積比で平均化した要素として表現した。

図-7に解析モデルを示す。解析に用いた物性値は、追加ボーリング結果も考慮したうえで表-2に示した値を採用した。

解析結果として、表-3に上下線掘削完了時の変形図を示す。

これより、掘削完了時の変形は天端沈下、内空水平変位ともに60mmを下回る結果となった。支保工応力、周辺地山安全率についても、検証項目として挙げた基準を下回る結果となった。これより、

採用した支保構造、地山補強工は妥当であると判断された。

4-3-2 覆工コンクリートの検証

覆工コンクリートにおける検証項目は以下の2点である。

- ・盛土撤去時のトンネルの変形が維持管理で対処できるレベルにあるか(路面の変位量がインバートの変位量と同程度と想定し、自動車専用道路の轍などの維持修繕要否判定の目標値25mmに対して小さいことにより判定³⁾).
- ・覆工は盛土撤去による発生応力に対して耐えうる構造となっているか(覆工コンクリートに発生する圧縮、引張応力に対して判定).

解析では、掘削の安定性検討の完了ステップを覆工コンクリートの検討の開始ステップとし、盛土を10mピッチで水平に撤去する過程を想定した。解析モデルおよび物性値は掘削の安定性検討時と同じとし、覆工はビーム要素でモデル化した。覆工と地山の間はジョイント要素で結合し、覆工と地山の間で過度な引張応力やせん断応力が発生しない現実的なトンネル挙動を再現した。

解析結果より、トンネルの変形は検証基準に対して小さく、維持管理にて対応可能な範囲であったが、覆工コンクリートの発生応力については引張応力が許容値を満足できない結果となったためRC構造とする必要があると判断された。

また、表-4に示す周辺地山安全率図のように盛土をすべて撤去した状態では、トンネル上部の地山部分は地表面近くまで安全率1.0以下となった。

表-4 盛土撤去時FEM解析結果(周辺地山安全率図)

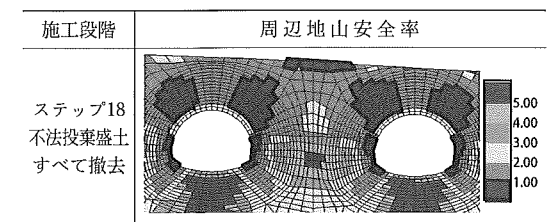


表-5 RC覆工断面仕様

覆工厚(mm)	コンクリート強度(N/mm²)	最大鉄筋仕様
600	27	D25ctc250

ンドアーチが損なわれて、ゆるみ範囲の地山が荷重として作用することを想定し、地表までの全土荷重が作用する条件で骨組み構造解析を行った。

4-3-3 骨組み構造解析によるRC覆工設計

覆工の骨組み構造解析では、アーチとインバートの接合面はピン結合とし、覆工周りの地盤を地盤ばねとしてモデル化した。解析結果より、覆工RC構造の断面仕様は、表-5となった。

5 施工状況および評価

事前検討に従い施工した結果を報告する。

5-1 切羽状況

トンネル切羽での地質は頁岩が主体であり事前の調査結果と整合していたが、風化の著しい箇所も確認された。写真-2に代表的な切羽状況を示す。切羽には、岩塊が指圧でつぶれる程度の強度の箇所が多く存在し、設計段階に想定した風化度の異なる地質の境界は確認できなかった。掘削時の切羽の安定性については、崩壊や抜け落ちは発生せず、AGF工による改良効果が有効であったと考えられた。

図-8に切羽観察評価点をグラフ化したものを示す。上下線ともに盛土部の評価点は前後の区間に対して低い値となった。新切羽評価点と支保選定の実績と目安⁴⁾によると、地山等級D(DI-a~DI-b)区間における切羽評価点の目安は評価点0~40点の範囲であり、DI-bパターンにおける実績平均点は25点である。盛土部の切羽評価点は

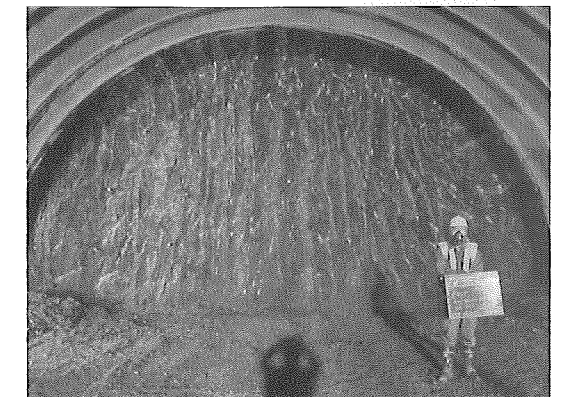


写真-2 盛土下部掘削時の切羽状況

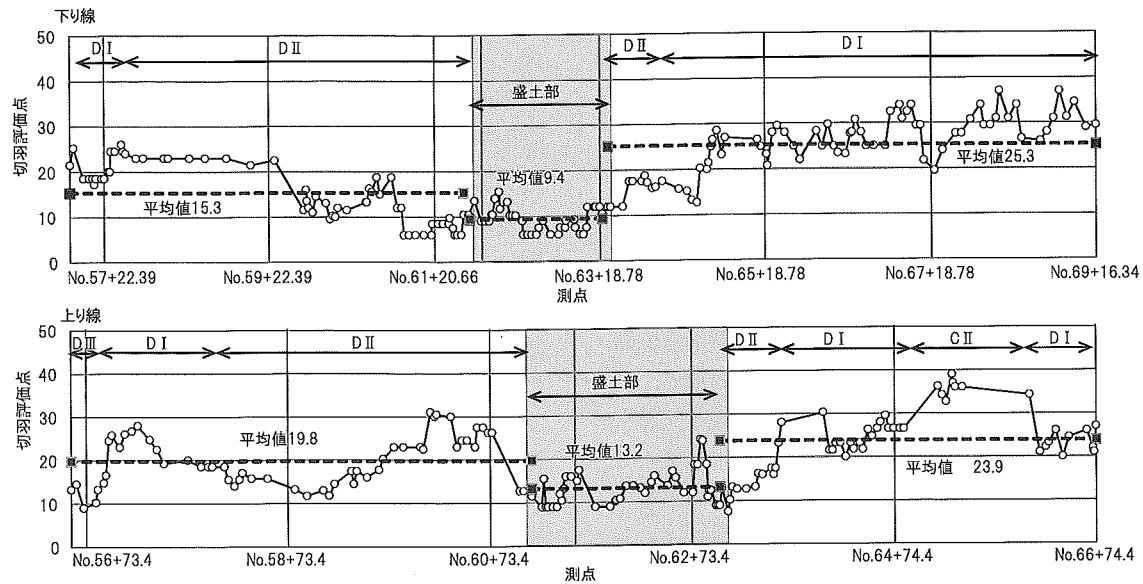


図-8 切羽評価点グラフ

これを大きく下回る値となり、地山が非常に脆弱であったと判断される。

5-2 注入状況

湧水対策工の効果を確認するために、注入後のトンネル周辺地山にてルジオン試験を実施した。試験箇所は対策工の施工範囲で上下線各々5断面を選定し、そのうち各1断面においては未注入の地山部分でも試験を実施して注入部との比較を行った。

表-6にルジオン試験結果を示す。未注入区間の結果は透水係数換算⁶⁾で 10^{-6} cm/secオーダーとなり比較的難透水状態であることが確認された。これは追加ボーリングの透水試験結果に近い値である。

注入区間の試験結果はさらに透水係数が低く、湧水対策工の効果が表れていると考えられる。

残り8か所の試験断面についても同様の結果が得られた。湧水対策工の注入改良は、透水係数の目標値を 10^{-6} cm/secオーダーと定めていたが、改良区間の試験結果はすべてそれ以下となった。トンネル掘削時には目立った湧水は確

表-6 ルジオン試験結果

試験位置・測定箇所	ルジオン値(L ₁₁)	換算透水係数(cm/sec)	備考
上り線 No.62+65.8	未注入区間	0.42	6.169×10^{-6}
	注入区間	0	0
下り線 No.62+42.6	未注入区間	0.47	6.320×10^{-6}
	注入区間	0.13	1.941×10^{-6}

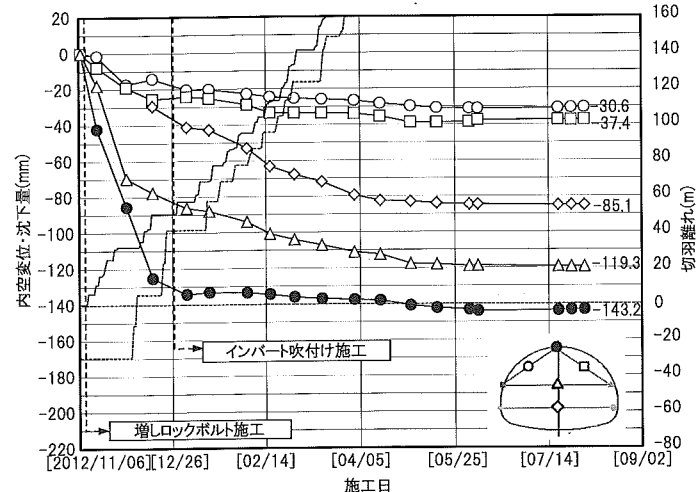


図-9 A計測結果(下り線No.62+95)

認されず、切羽の安定は確保されていた。

5-3 A計測結果

図-9に下り線のA計測結果を示す。想定より脆弱な地山が出現したことで、A計測において大き

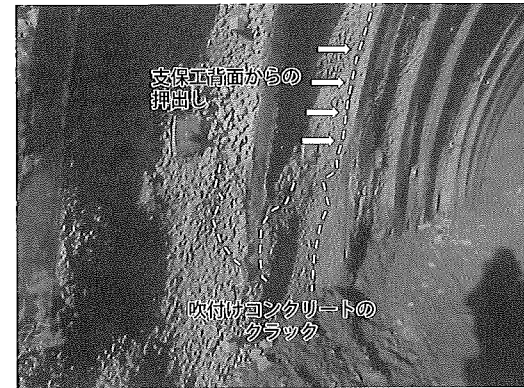


写真-3 支保工押し出し状況



写真-4 ロックボルト破断状況

坑内観察では、写真-3,4に示すような支保の変状が確認された。

図-10に上り線のA計測結果を示す。上り線は鋼製支保工をH-200からH-250へ、ロックボルトを高耐力ボルトへ変更している。支保剛性が高くなったことで吹付けコンクリートが強度を発現するまでの初期変位が抑制されたことや、ロックボルトの破断などにより支保機能が損なわれなかったことで、下り線に比べて小さな変位で収束に至っている。また、インバート吹付けを切羽近傍にて9.0mピッチ(4.5mピッチの2回施工)の施工サイクルで行い、早期にトンネルを閉じたことによる変位抑制効果も大きかったと考えられる。写真-5に吹付けインバートによる早期閉合状況を示す。

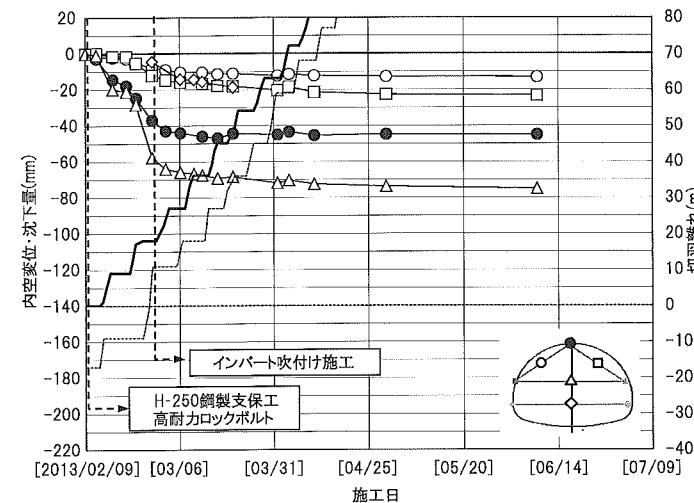


図-10 A計測結果(上り線No.62+57)



写真-5 インバート吹付けによる早期閉合状況

な変位や変状が確認された。段階的な変位対策工により変位は収束したが、収束確認に7か月を要した。

5-4 B計測結果

変位対策工の妥当性を確認するために、上下線各々1断面にB計測を設置した。図-11にB計測工図を示す。

図-12に下り線における鋼アーチ支保工応力分布を示す。計測結果には、上り線のトンネル掘削の影響と思われる応力の増大が見られ、縁応力(圧縮-)の最大値は -482N/mm^2 となった。これは降伏応力(-245N/mm^2)を越える値であり、平均的に見ても支保工全周において降伏応力に近い状態にあったことが確認された。

吹付けコンクリート応力についても同様の傾向

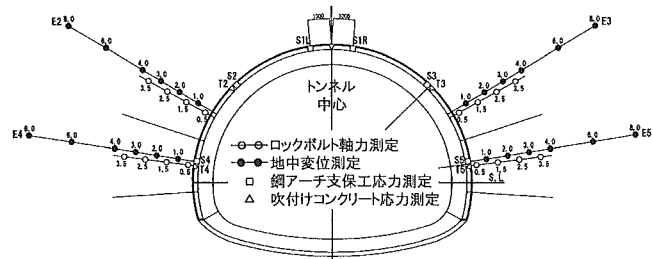


図-11 B計測設置断面図

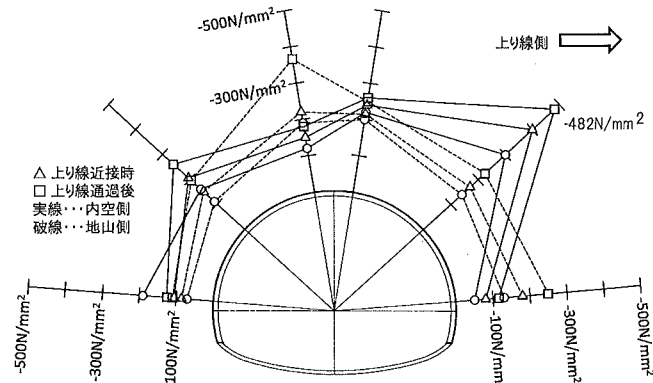


図-12 B計測結果(下り線, 鋼アーチ支保工応力分布)

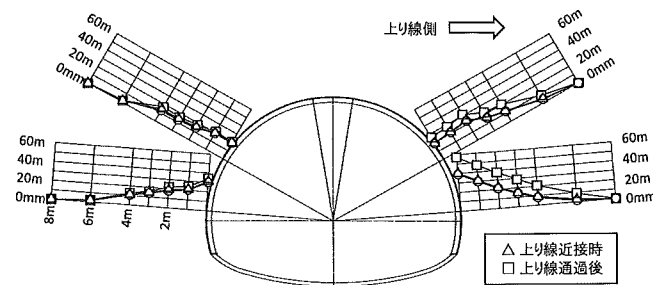


図-13 B計測結果(下り線, 地中変位計分布)

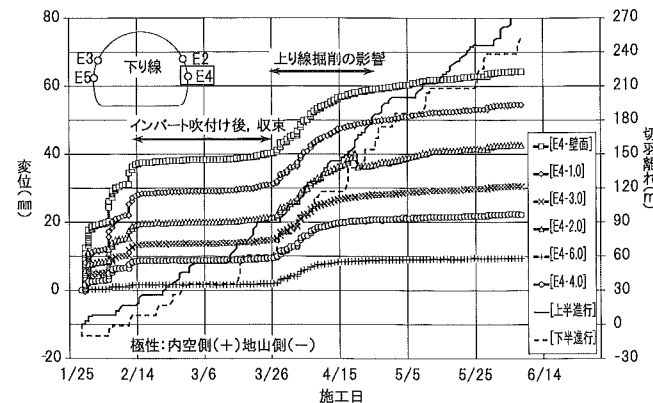


図-14 B計測結果(下り線, 地中変位計経時変化)

を示しているが、計測断面付近において鋼アーチ支保工や吹付けコンクリートの変状は確認されなかった。これは、支保部材の一部に降伏点を越えるひずみが発生していたものの、全体として支保機能が維持されていたためと考えられる。B計測結果による応力状態から見て、支保のランクアップは妥当であったと判断された。

図-13に地中変位計分布図を、図-14に地中変位計経時変化図を示す。

トンネル周辺のゆるみは壁面から6mまで達している。これより、トンネル周辺の地山が広範囲でゆるみ、支保に荷重として作用したことが鋼アーチ支保工応力や吹付けコンクリート応力の増大した要因であると想定される。経時変化図には、吹付けインバート施工後に収束傾向が顕著に表れており、早期閉合が周辺地山のゆるみ抑制に効果的であったと考えられる。

図-15に上り線のロックボルト軸力測定経時変化図を示す。計測した軸力値は深度2.5mの位置で最大185kNとなった。ここでは降伏応力297kNの高耐力ロックボルトを施工しているため部材の降伏には達していないが、通常のロックボルトでは部材が破断に至った可能性がある。

6 事後考察

事前検討に用いた地山物性値と異なる地山の出現により、掘削時に想定を超える変位が発生した。実際の地山が事前調査結果と比較して劣化した状態であった理由は、トンネル掘削による応力解放の影響が大きかったためと考えられる。事前調査では自然状態に近い変形係数を測定するが、切羽到達時点では地山がゆるみ、変形係数が大きく低下することが推定される。

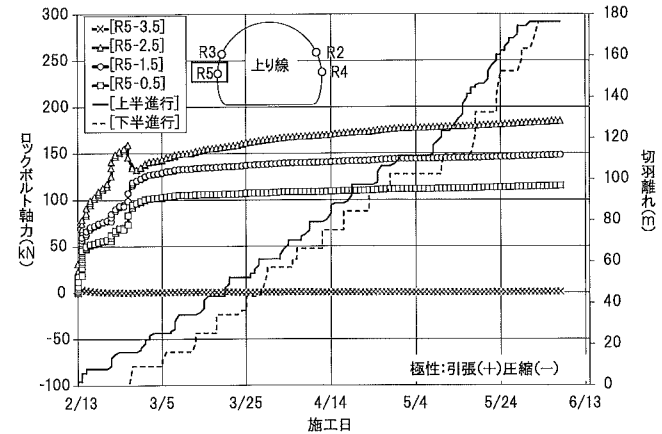


図-15 B計測結果(上り線, ロックボルト軸力測定経時変化)

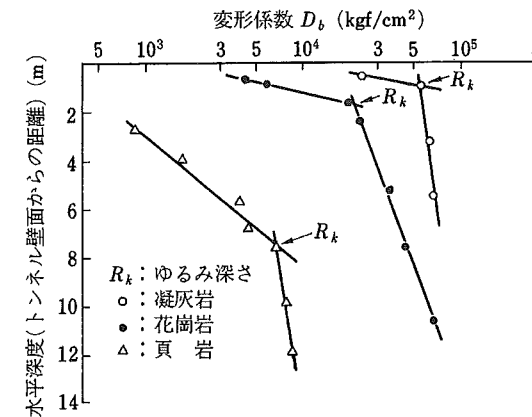


図-16 坑内荷重試験結果の水平深度分布傾向

これを確認する目的で、切羽から施工したボーリング孔で孔内水平荷重試験を行った。

ここでは、トンネル切羽の接近による変形係数の低下現象を把握するため、切羽より深度37.5mにて孔内水平荷重試験を実施したのち、掘削を進め、先の試験位置が深度3.0mとなった時点で再び試験を行った。この結果、変形係数は1,310MPaから半分程度の744MPaと大きく低下することが確認された。

頁岩のゆるみ現象について、トンネル切羽から水平ボーリングを施工し、連続的に孔内荷重試験を実施した図-16のような例がある⁹⁾。これはゆるみによる岩盤の変形特性の劣化状態を連続的に表しており、ある距離を境に変形係数が急激に低下する傾向が認められる。

掘削時の変位計測結果の検証とRC覆工の再設

計を目的として、事後解析による地山物性値の同定を行った。

その際、切羽状況から判断して、Kalt(h)とKalt(w)は区別せず同一物性とし、力学モデルとして、地山のひずみに応じて変形係数が徐々に低下するという実際の地山変形特性を表現するために非線形弾性モデルを採用した。

事後解析から得られたKalt(h)・(w)層の変形係数は100MPa程度と同定された。これは切羽観察結果による評価値がDパターンの平均値を下回っていたことと整合する。

RC覆工設計については地盤反力に同定した変形係数を反映させた再設計を行い、覆工配筋などの見直しを行った。

7 おわりに

本稿では、地下水位の高い盛土直下において土かぶり7mという特殊な条件のもとでトンネル掘削を行った事例について、調査、工法選定および設計、施工時の対応について報告した。

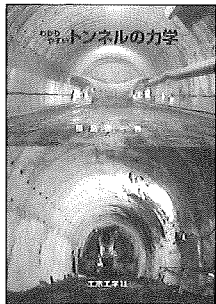
盛土内の地下水をトンネル内へ湧出させない確実な止水を目的とした止水用ウレタン系注入材(CarboPurWF)は国内での採用事例の少ないものであったが、止水注入材として確実な止水成果があった。施工時に発生した想定外の変位への変位抑制などの対応や、将来的なトンネルの安定に対する覆工設計について、本トンネルにおける実績が今後の同種トンネル工事の参考となれば幸いである。

平成25(2013)年11月現在、残工事は上下線覆工400mとなり、年内にはトンネル工事を完了する予定である。本トンネルを含む区間が開通することで、東名高速道路と中央自動車道が接続される。一刻も早い事業開通により、地域の期待する環状道路としての整備効果が発揮されることを願う。

最後に、本トンネルの計画・設計・施工にあたり、ご指導・ご協力をいただいた関係者に感謝を申し上げたい。

参考文献

- 1) 土木学会編：トンネル標準示方書 山岳工法・同解説，2006.7.
- 2) 日本道路協会編：道路トンネル技術基準(構造編)・同解説，平成15年改訂版，p.79，2003.11.
- 3) 日本道路協会編：道路維持修繕要綱，p.68，1978.
- 4) 日本道路協会編：道路トンネル観察・計測指針，平成21年改訂版，p.114，2009.2.
- 5) 国土技術研究センター：ルジオンテスト技術指針・同解説，pp.33-35，2006.7.
- 6) 土木学会編：孔内載荷試験法の現状と課題，p.89，1988.5.



わかりやすい **トンネルの力学**

B5判 286頁 本体価格 5,825円 千340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



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

施工

**地下鉄直上3.8mをフロンテジャッキング工法で
函体築造**

—東京外かく環状道路 都営地下鉄新宿線交差部—

東京都交通局工務事務所工事第二係長 加藤 学
東京都交通局工務事務所工事第二係主任 高野 周二
大成建設(株)東京支店都営新宿線大和田作業所 上田 勲

1 はじめに

東京外かく環状道路(以下、「外環道」)は都心から約15kmの圏域を環状に連絡する延長約85kmの道路であり、首都圏の渋滞緩和や環境改善、円滑な交通ネットワークを実現するうえで重要な道路である。

これまでに大泉JCTから三郷南ICまでの約34kmが供用されており、現在、千葉県区間において東日本高速道路(株)(以下、「NEXCO東日本」)

を事業者として、工事施工中である。このうち市川市の大和田地区では、都営地下鉄新宿線(以下、「都営新宿線」)の篠崎駅～本八幡駅間のトンネル上を交差するかたちで掘割りスリット構造として建設される。本工事は、都営新宿線の列車走行の安全確保や鉄道構造物への影響を考慮し、NEXCO東日本から東京都交通局が都営新宿線交差部区間の外環道建設工事を受託して施工するものである。

本稿は、本工事の概要を記すものである。

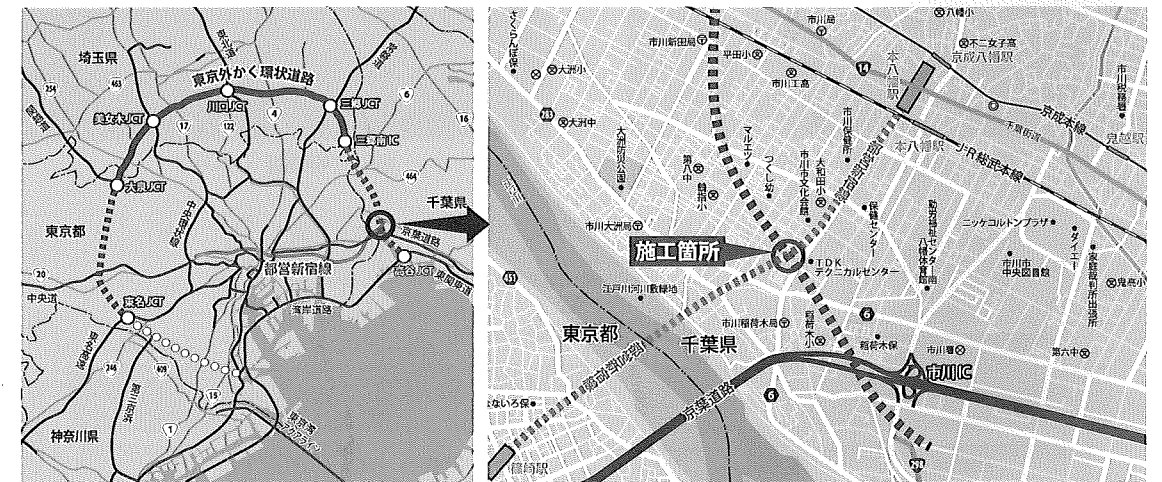


図-1 施工位置図

2 工事概要

本工事の概要を表-1に示す。

本工事は、図-1(右)、図-2に示すように都営新宿線(土かぶり約16.3m、外径φ10.4mのシールドトンネル)と交差するかたちで掘削り構造物(函体)を築造するものである。特徴として外環道構造物の底面と都営新宿線トンネル上部との離隔が約3.8mと非常に近接していることが挙げられる。このため、函体の施工においては、通常の開削工法では掘削によるリバウンドにより都営新宿線構造物に大きな影響を与える恐れがある。

この影響を軽減させることを目的として「フロンテジャッキング工法」を採用することとした。本工法は、発進側立坑内で製作したプレキャスト函体の先端に刃口を取付け、切羽の掘削を行いながら、到達側立坑部の反力抵抗体(本工事では到

表-1 工事概要一覧

工事名	東京外かく環状道路新宿線交差部建設工事		
施工場所	千葉県市川市大和田一丁目9・10番地		
工期	2011年8月8日～2014年10月31日		
発注者	東京都交通局		
受注者	大成・銭高・大豊建設共同企業体		
主要工種	工種	数量	単位
	土留め杭打ち工	11,022	m ²
	地盤改良工	4,044	m ³
	掘削工	46,576	m ³
	山留め支保工	442	t
	鉄筋コンクリート工	5,177	m ³
	防水工	3,063	m ²
函体けん引工	31	m	
計測工	1	式	

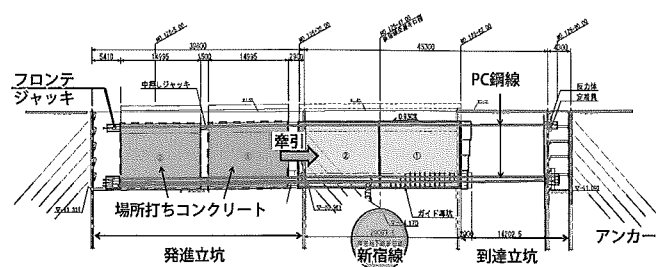


図-3 フロンテジャッキング工法概念図

達側の地山)をアンカーとして、両立坑間を先行掘削したガイド導坑に通したPC鋼線と特殊油圧ジャッキを用いて、土中で函体を所定の位置にまでけん引する工法である。

本工法の概念図を図-3に、全体施工ステップを図-4に示す。

3 準備工

3-1 土壌調査

当工事の建設発生土については、土壌汚染対策法にもとづき、特定有害物質の溶質試験で基準値

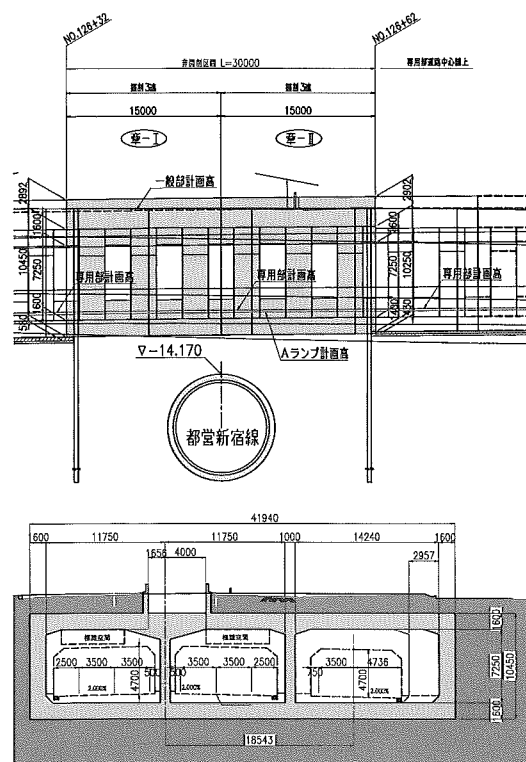


図-2 構造図

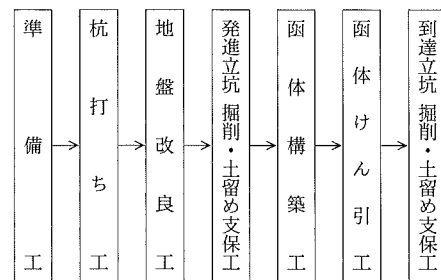


図-4 施工ステップ

を超えるものが一部確認されたことから適正な処分を行った。

3-2 支障物撤去および整地

工事用地には、生活道路として使われている市道が横断しており、電柱も残置されていた。写真-1に示すとおり、事前に建物などの基礎が土中にあることは判明していたが、それ以外にも整地作業中に水槽などのコンクリート構造物が出現した。また、工事用地を横断する市道下には下水管および水道管が残置されており、これらの撤去も行った。埋設物および電柱などの支障物処理、道路閉鎖などに期間を要したため、2012(平成24)年2月に工事用地の全面的な使用が可能となった。

3-3 表層安定処理工

工事用地の表層地盤について、スウェーデン式サウンディング試験により地質調査を行い、そのデータをもとに最大荷重の建設重機となる3点式杭打ち機に対する地耐力を照査した。その結果、現地地盤耐力 $q_a = 5.03 \text{tf/m}^2$ (必要地耐力 $q_a = 12.73 \text{tf/m}^2$ 以上)であるため地耐力不足となることが判明した。杭打ち機の移動範囲となる3,000m²以上の地盤に対して、セメント系固化材を攪拌混合して厚さ1mの地盤改良を行うことで、



写真-1 支障物状況

重機の転倒防止などの安全対策を図った。

写真-2に施工状況を示す。

3-4 計測工

本工事では、リバウンドを軽減させるためフロンテジャッキング工法を採用しているが、本工法を採用しても解析上のリバウンドは発生する。事前の都営新宿線構造物への影響検討によると、立坑掘削から函体けん引に伴い、都営新宿線シールドトンネルの縦断方向の変形量が±3.2mm/10m(許容値±7.0mm/10m)になることが推定されている。このため、図-5に示すとおり、本工事がシールドトンネルに与える影響の有無を監視することとした。以下、計測・調査項目について詳細を示すこととする。



写真-2 表層安定処理施工状況



写真-3 工事用専用跨線橋

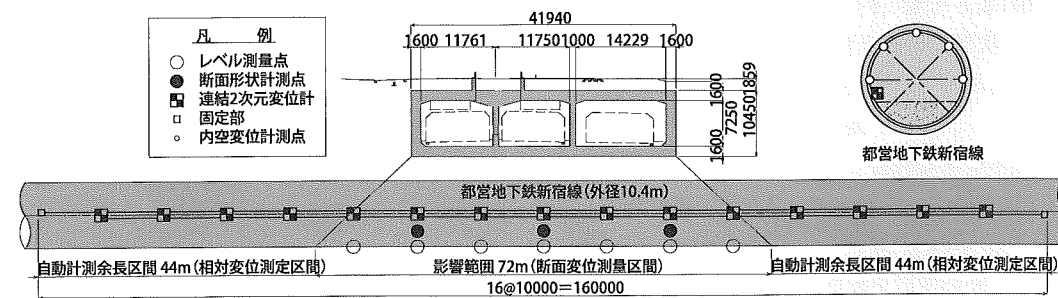


図-5 計測位置図

3-4-1 シールドトンネル縦断方向の鉛直・水平変位の計測

都営新宿線への影響範囲72mに加え、その両側の影響範囲外も含めた160mの区間に対して10m間隔で計15か所に計測機器(連結2次元変位計)を設置し、シールドトンネル縦断方向の鉛直および水平変位を計測する。計測は1時間(最短10分)ごとに継続的に行われる自動計測で、この結果は現場事務所にて常時モニタリングができ、1次管理値±3.5mm/10m(50%)、2次管理値±4.9mm/10m(75%)で携帯電話に配信して注意を喚起するシステムとしている。

3-4-2 シールドトンネル断面形状の計測

都営新宿線への影響範囲72mに対して20m間隔で3断面にそれぞれ5か所ずつの計15測点を設けて、これらを光波測量することにより断面形状の変形を監視する。施工前に計測することで断面形状の基準値を設定し、その後毎月1回の頻度で計測を行うことで、工事の進捗に伴う断面形状の変形を監視するものである。

3-4-3 シールドトンネル躯体のレベル測量

都営新宿線への影響範囲72mに対して10m間隔で7断面のトラフ基礎部のレベルを測量により監視する。施工前に測量することでトラフ基礎高さの基準値を設定し、その後毎月1回の頻度で測量を行うことで、工事の進捗に伴うトラフ基礎高さの変化を監視するものである。

なお、列車走行の安全性を直接確認するためにはレール高さを監視するのが最適であるが、これは本工事に関係なく日常的に管理、調整が行われていることから、本工事ではあくまでも躯体(トラフ基礎)高さを重点的に監視することとした。

3-4-4 二次覆工の健全性の調査

都営新宿線への影響範囲72mに対して、二次覆工部のクラックおよび漏水などの有無を目視および写真撮影により調査している。施工前および施工完了後に調査をすることで、二次覆工部のクラックおよび漏水などの異状が、工事に伴うシールドトンネルの断面変形や縦断方向の変位によるものかどうかを判断することができる。

4 杭打ち工

4-1 柱列式ソイルセメント連続壁

立坑の土留めとしては、一部の区間を除き柱列式ソイルセメント連続壁を採用した。当初、土質条件により先行削孔が必要ではあるが、5軸方式(ECW-II工法)の杭打ち機を3機投入して施工性を確保する計画としていた。しかし、工事用道路の設置や出入口箇所の制約により、杭打ち機2機分の作業スペースしか確保できないこととなり、当初計画の変更を余儀なくされた。

杭打ち機3機から2機への変更は工程の遅延となるため、工程回復を図る方策を検討した結果、3軸方式(ECO-MW工法)の杭打ち機頭部にある多軸装置に出力アップした減速機(オーガモータ)が搭載できるように改良した。これにより先行削孔なしでの施工が可能となり、先行削孔が必要な5軸方式の杭打ち機に比べて工程を短縮できることが判明した。また、ECO-MW工法では、使用する流動化剤(アロンソイル)の効果により、セメントミルクの注入量を抑制することができるため、泥土の発生量が少なくなり産業廃棄物量の低減を図ることができるメリットもあることなどから、本工法を採用することとした。

杭の施工にあたっては、削孔攪拌中に支障物(建物基礎杭など)に当たり削孔不能となる箇所が4か所発生した。この土留め欠損部に対してはソイルセメント壁を背面にずらして造壁し、その周辺に薬液注入による止水壁を設けることとした。写真-4に施工状況を示す。

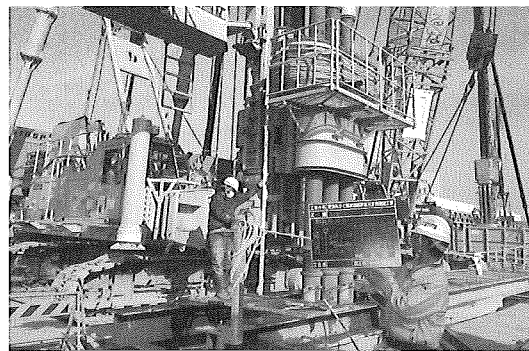


写真-4 杭打ち施工状況

4-2 場所打ち杭(BH杭)

到達立坑部の土留め位置は、一部が工事用車両専用の工事用仮橋下にかかるため、施工高さの制約から柱列式ソイルセメント連続壁の施工ができない。このため、当該箇所の土留め壁については、

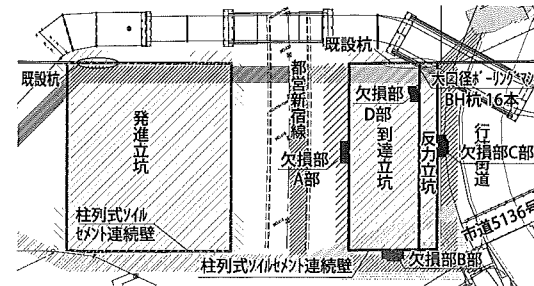


図-6 土留め平面配置図

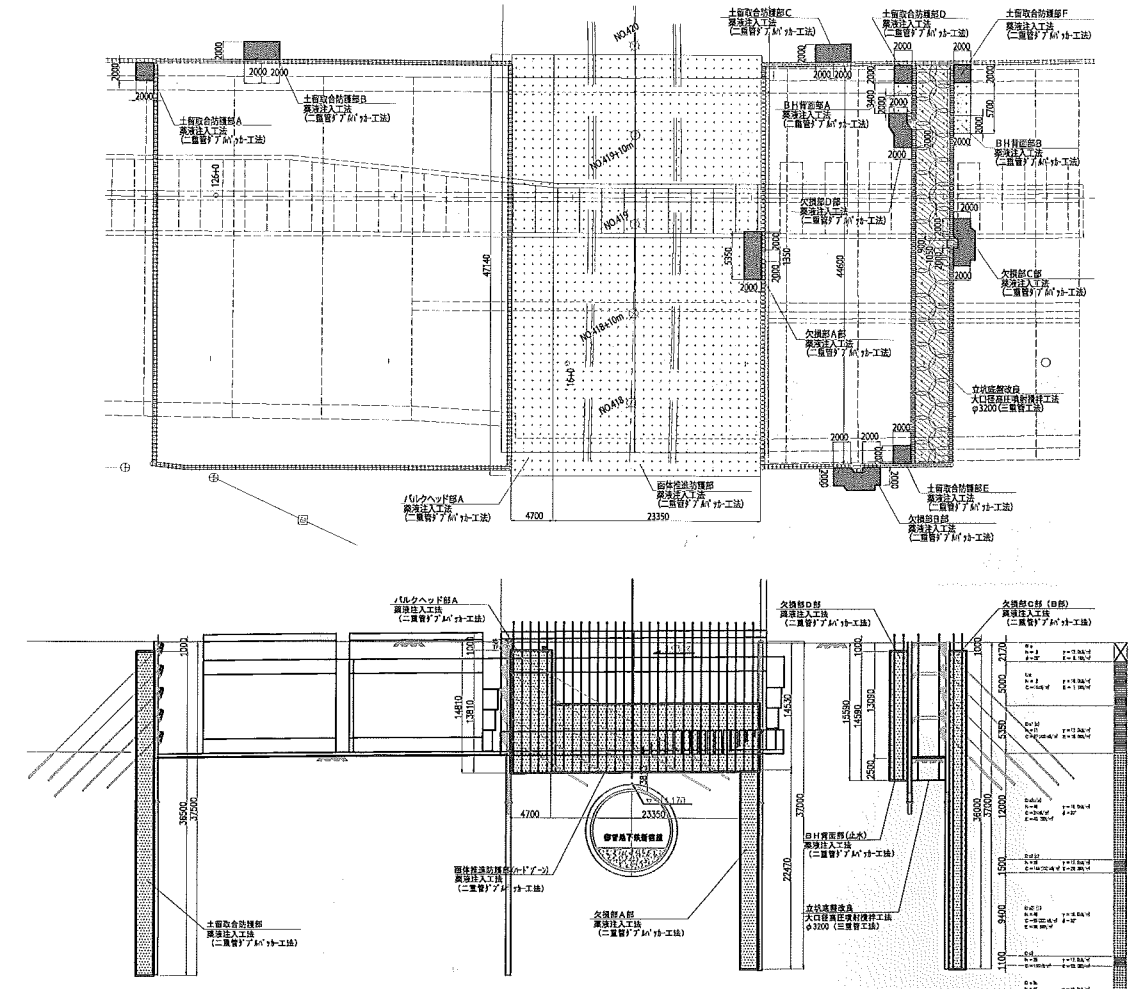


図-7 地盤改良図

BH杭を採用した。

図-6に柱列式ソイルセメント連続壁およびBH杭による土留め配置図を示す。

5 地盤改良工

当工区の地下水位はGL-1m程度から存在するため、以下の目的のため薬液注入(二重管ダブルバッカー工法)を行った。

- ① 函体けん引時の先行掘削による地盤崩壊抑止および止水(地盤強化)
- ② ガイド導坑掘削時の地盤崩壊抑止および止水(地盤強化)
- ③ BH杭背面の地盤強化および止水
- ④ ソイルセメント壁が施工できなかった土留



写真-5 地盤改良施工状況

め欠損部の地盤強化および止水

- ⑤ 既設の土留め壁と接続するソイルモルタル壁の接続部背面の地盤強化および止水

図-7に示すように地盤改良範囲は非常に広く、注入箇所は1,400本以上にも及ぶ。写真-5に施工状況を示す。

営業時間内の都営新宿線上を地盤改良する際には昼間作業のため、東京都交通局監督員および保線管理所立会者の立会いのもとで、施工した二次覆工の既存クラック部から水分がにじみ出てこないなどを目視により確認するとともに、自動計測によりトンネル変位量を監視しながら施工した。

工事中は大きな異常はなく、都営新宿線に影響を与えることなく薬液注入を完了することができた。

6 発進立坑・反力立坑、掘削・土留め支保工

発進立坑は、内部で2函体を同時に築造するため、幅約45m×延長約40mと広大で、掘削深さは約13mである。函体を築造後にけん引して移動させるため、5段の土留め支保工形式には腹起し切梁方式ではなく、除去式アンカー方式を採用している。けん引方向である東側棲面では、横断する都営新宿線トンネルと次工程で施工される5本のガイド導坑を避け、都営新宿線トンネル外径より2mの離隔を確保した位置にアンカーを配置した(図-8)。

除去式アンカーを定着させている洪積砂層

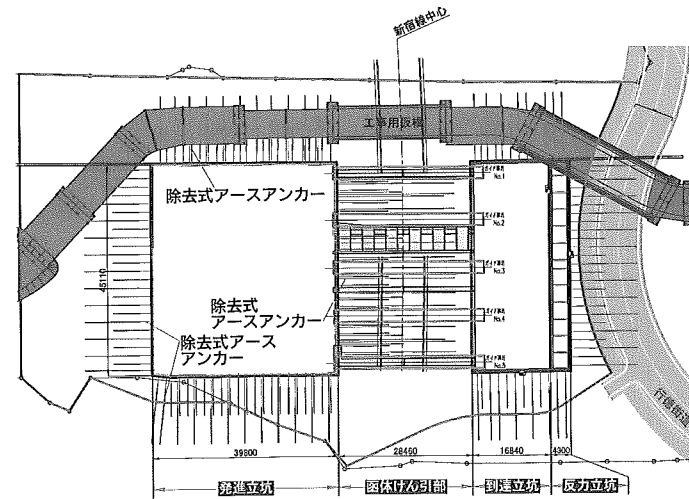


図-8 全体平面図

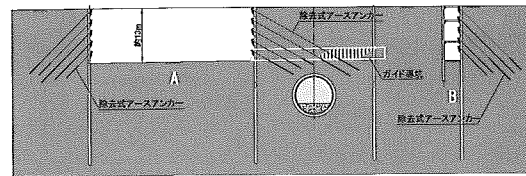


図-9 全体縦断面図(A:発進立坑, B:反力立坑)

(Ds2u層)は、GL-2m程度の水頭を持った被圧層である。このため、アンカー施工時の被圧水奮発に対し下記に示すとおり、いくつかの工夫により施工を行った(図-9, A・B)。

- ① 2段目以降の削孔口に口元パッカーを設置
 - ② 5段目の鋼線途中と口元手元にフリーパッカーを設置
 - ③ 5段目の削孔口に鋼製口元管を設置
 - ④ 5段目に耐荷体補強用リヤメタルを採用
- さらに、上記の対策に加え5段目では、試験施工を実施して対策効果の確認を行った。

反力立坑は、函体けん引時の引張り荷重を伝達する鋼線を定着させる反力壁を築造するための立坑である。幅約4.3mと狭く、切梁方式の土留め支保工を採用し、施工している。

また、発進立坑には基礎構造として、H形鋼(H-150×150×7×10)を函体けん引用のレールとして埋込んだ厚さ350mmの基礎コンクリートを基礎碎石(厚さ100mm)の上に施工することとしている。

7 函体築造工

当該付近に料金所が計画されておりランプが付帯するため、幅41.94m×高さ10.45mの1層3径間掘削り構造で、長さ15mの函体を2基築造するものである(図-10, C)。底版、壁、上床とも厚さが1.6mで、上部の掘削り部の両側には、高さ約2.9mの堅壁・高欄が立ち上がる。

函体間には、スリップバーと止水ジョイントが取り付けられ、壁・堅壁・高欄に誘発目地、壁上部と上床版下面に、剥落防止シートが計画されている。

原設計では躯体コンクリートのセメントが高炉B種となっているが、厚さ1.6mのマスコンクリートであることを踏まえ、温度応力解析によるひび割れ照査を現在実施中である。

8 函体けん引工

非開削工法であるフロンテジャッキング工法は、アンダーパス技術としてすでに40年以上に及ぶ施工実績がある。本来は鉄道・道路など重要施設の

下にパイプルーフ工法など補助工法と併用して、地下構造物を作る工法である。今回は、到達側の反力体と発進側の函体をPC鋼線で連結し、専用のセンターホールジャッキを使って所定の位置まで函体をけん引するものである(図-11)。

本工事では、通常の使用法とは逆の発想であり、掘削土の重量に替えて函体重量を即時に載荷することにより、リバウンドによる都営新宿線シールドトンネルの浮き上がりを制御する施工概念で計画されている。以下に函体けん引工の各工程について述べる。

8-1 ガイド導坑(幅2.9m×高2.9m)

幅41.94m×高さ10.45m×長さ15.00mの函体の重量は1基あたり約6,300tである。これを所定の位置まで正確にかつ円滑に移動させるため、先行して5本のガイド導坑を施工する(図-12, D)。掘削断面積6.29m²のガイド導坑の施工にあたっては、事前に緩み土圧範囲をダブルパッカー薬液注入工法で地盤補強する。

施工は鋼製支保工(馬蹄形、H-100×100×6×8、188.5kg/基)を800mm間隔で組立て、木製矢板を架

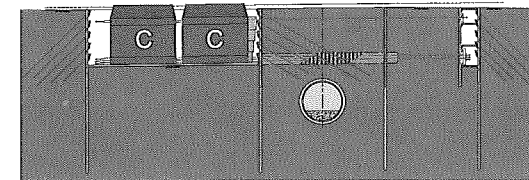


図-10 函体築造工 縦断面図

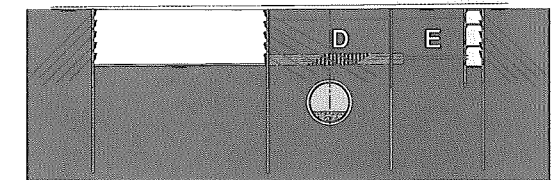


図-12 ガイド導坑工・水平ボーリング工 位置縦断面図

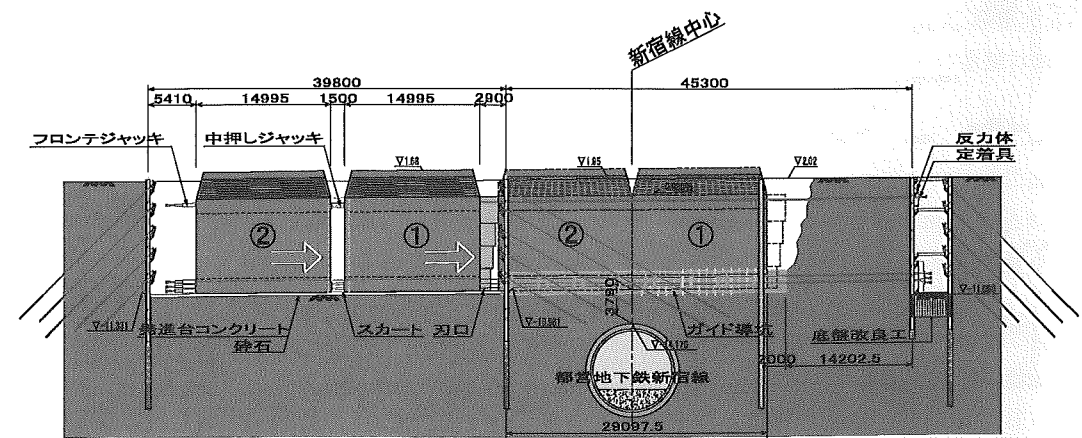


図-11 函体けん引工 イメージ図

設しながら手掘りにて掘削し、ベルトコンベヤにて坑外に排土する。導坑底面には発進立坑同様に、レール用H形鋼(H-150×150×7×10)を埋込んだ基礎コンクリートを厚さ350mmで、厚さ100mmの基礎砕石上に打設し、両端の導坑には、横方向の函体位置を制御するガイド鋼材(H-300×300×10×15)および鉄筋コンクリート製ガイドを築造する。

8-2 水平ボーリング

発進側に築造した函体と到達側の反力壁を連結する52本のPC鋼線を通す孔(φ130mm×14.2m×8本、φ165mm×14.2m×22本)を施工する工程である。施工延長(L=1,359m)はガイド導坑先端から到達側の反力立坑間である。通常は、発進立坑側から、ガイド導坑内部を空掘り区間として、到達側の反力立坑に向けて削孔するものである。しかし、工程短縮を考慮し、反力立坑から発進側に向けて施工することを現在検討中である(図-12, E)。

8-3 刃口・スカート・敷鋼板工

刃口は、先頭函体の先端に設置される切羽地盤に貫入させる目的の鋼製部材である。総重量が約

150tあり、切羽地盤の法面形に応じた段構造で、3段の作業用のステージを付帯している。

スカートは、同時に交互けん引される2基の函体間に設置される鋼製外壁部材で、地下水・土砂が流入することを防止する設備である。2基の函体間には油圧の伸縮ジャッキが据付けられ、その伸縮により函体はシャクトリムシのように進むため、底版下および側壁外をスライドできる構造の鋼板で覆う構造となっている。函体に先んじて設置されるため、その設置精度は函体の壁部出来形を左右する。

敷鋼板は、函体底版下の全面を厚さ6mmの鋼板で覆うものである。フロンテジャッキング工法は、函体をレール用H形鋼を埋込んだ基礎コンクリ

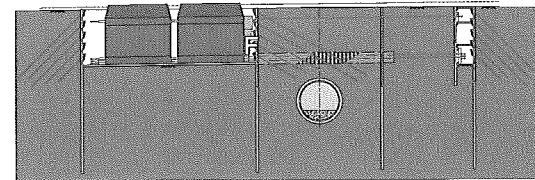


図-13 刃口 位置縦断面

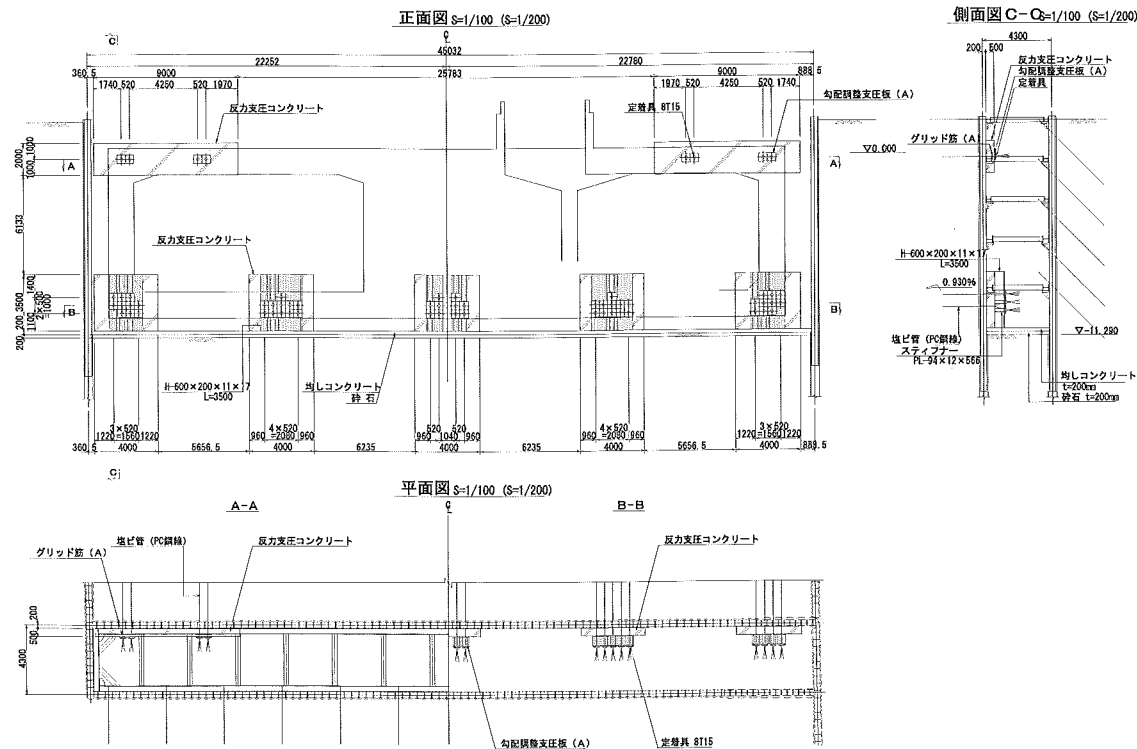


図-14 反力壁 平面図・断面図・正面図

ト上を滑らせていくため、函体底版の保護と摩擦係数軽減の目的がある。敷鋼板には2,400か所以上のφ9mm丸鋼ジベル筋が溶接されており、函体底版との固定を強固なものにしている。刃口・スカート・敷鋼板については、7章で述べた函体築造工の直前に実施され、鉄筋ジョイント・ジベル筋などを介して函体に埋込み固定する(図-13, F)。

8-4 反力壁工

反力壁は、上載荷重を含め1基あたり約8,400tもの重量を擁する函体をけん引するためのPC鋼線を到達側の反力立坑に固定し、けん引力を反力地山の受働土圧に預ける設備である。

反力立坑の発進側土留め壁芯材面に接するかたちでひび割れ防止のグリッド筋を埋込んだ反力支柱コンクリート(下部:幅4.0m×高さ3.5m×厚さ0.5m×5か所, 上部:幅9.0m×高さ2.0m×厚さ0.5m×2か所)を打設する。勾配調整支柱板を挟んでけん引用PC鋼線を定着具を介して固定する。下部反力壁には、1か所あたり3段×4~5列の定着があるため、支柱コンクリートと支柱板の間に縦使いのH-600×200×11×17を8~10本程度介在させ、けん引力を分散させる構造とした(図-14)。

8-5 函体けん引工

けん引工法は小断面から大断面の函体まで幅広い汎用性がある。反対側の地山を反力体として一方から函体をけん引する片引きけん引工法と、両側に築造した函体を相互に反力体としてけん引する相互けん引工法がある。本工事は、2函体を約30mけん引するのに敷地が狭いため、片引きけん引工法と中押しジャッキ工法を併用して施工するようにしている。

施工フローを以下に示す。

- ① 第2函体を反力として中押しジャッキを伸ばして第1函体を進め、刃口を切羽地山に貫入(同時にフェースジャッキを同速度で引く)
- ② フロンテジャッキを伸ばし第2函体を進める(同時に中押しジャッキを同速度で引く)
- ③ フェースジャッキを引いて切羽土留め板を一時的に撤去して掘削

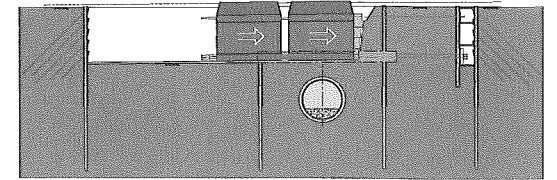


図-15 函体けん引状況 縦断面

④ 掘削土はベルトコンベヤにて函体後方に搬送

⑤ 切羽土留め板を架設しフェースジャッキで押さえる

上記①~⑤のステップをくり返すことで、昆虫のシャクトリムシが進むがごとく1日あたり数十cmずつけん引を進める。

1函体あたり、函体自重6,300tにカウンターウェイトとして上載荷重1,920tを加えた8,400tが総重量となる。

けん引ジャッキは、刃口の先端抵抗力4,300kN、函体周辺摩擦抵抗力70,400kN(第2函体)~87,800kN(第1函体)、刃口フェースジャッキ作動荷重9,800kNを同時に満足する必要がある。このため、第2函体後方のフロンテジャッキには1,500kNの油圧センターホールジャッキを60基、函体間の中押しジャッキには1,500kNの油圧ジャッキを80基配置することとした。ジャッキ能力の安全率は1.23を確保している。

フェースジャッキは、300kN油圧ジャッキを160台配置し、刃口から切羽地山を押さえる計画としている。

PC鋼線は、けん引力に耐えるよう8T15.2(SWPR7BL)を60本使用し、その重量は余裕長5mを含め約22tである(図-15)。

8-6 裏込め注入工

2基の函体をけん引して所定の位置に据付けたのち、地山と函体外壁との隙間を裏込め注入材(グラウト)により充填し、けん引時の緩みによる周辺地盤の沈下などを防止する。

φ60.5mm鋼管をグラウト注入孔として各函体の底版に70か所、側壁に10か所×2壁、計90か所について事前に埋込む計画としている。注入孔には逆止弁を配置しておき、地下水の逆流を防止を図

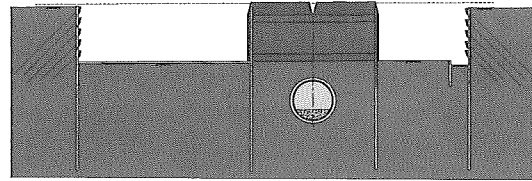


図-16 函体けん引完了 縦断面図

ている。

8-7 けん引時上床版カウンター工

通常の開削工法を採用した際の上載土荷重の解放に起因するリバウンドは都営新宿線シールドトンネルの変位が許容値を超えるため、函体けん引工法を採用した。しかし、FEM解析手法にて検討した結果、函体みの重量だけではリバウンドによる変位が許容値(±7.0mm/10m)を超えることが判明した。再検討の結果、函体上床版の上に高さ2mの盛土と敷鉄板(t=22mm)を8枚重ねてカウンターウェイトとすることで、地下鉄トンネル変位を許容値内(±3.2mm/10m)で施工することが可能となった。

9 到達立坑 掘削・土留め支保工

到達側の立坑は2つの箇所に分かれており、反力立坑は反力壁を設置すべく函体けん引工程に先行して施工している。反力立坑手前の到達立坑は、土荷重を反力体として、その受働土圧を函体けん引の際の反力として使用する計画としている。函体が所定の位置に設置された後は、隣接躯体を築

造するため、到達立坑を腹起し・グラウンドアンカー方式にて、掘削して当工事は完了となる(図-16)。

10 おわりに

2012(平成24)年2月から着手した本工事は、2013(平成25)年10月現在、発進立坑掘削終盤となり、ガイド導坑の施工前である。工事着手前の安全施工検討会に加え、主要工種ごとにリスクマネジメントによる安全検討会を実施している。発注者、受注者が協力して安全管理体制の強化を図り、施工を進めており、これまでのところ無事故・無災害を継続中である。今後、本工事の最大の特徴である都営新宿線直上を幅41.94mで長さL=30.0mけん引にて横断する函体けん引工の施工を迎える。12,000t以上の構造物をジャッキにて都営新宿線上をけん引する当工程は、外環道工事および都営新宿線運行の両面に対して、これまで以上に最大限の安全管理が求められる。本工事が無事故で竣工できるよう、引き続き、詳細な安全施工計画の立案、確実な施工手順の実施、計測・監視の強化などの安全管理に努めてゆく所存である。

参考文献

- 1) 国土交通省関東地方整備局首都国道事務所：外環(千葉県区間)について、<http://www.ktr.mlit.go.jp/syuto/index.htm>。

施工

内水圧がかかる2分割断面管渠を300kg/m³の高密度配筋で二次覆工

—東京都下水道 勝島ポンプ所流入管渠—

東京都下水道局第二基幹施設再構築事務所工事第一課長 田村 正明
 日本下水道事業団関東・北陸総合事務所施工管理課主幹 菅井 雅之
 前田・鴻池・大日本特定建設共同企業体立会川作業所所長 北村 昌文
 前田・鴻池・大日本特定建設共同企業体立会川作業所監理技術者 加藤 卓男

1 はじめに

本件「東京都勝島ポンプ所流入管渠工事」は、自然排水区の吹かし上げ管の雨水と、ポンプ排水区の流入管の雨水を1本のシールドに収容して放

流先の勝島ポンプ所につながるための管渠工事である。路線延長は980mで、シールド外径がφ10.3mの大断面泥水式シールドである。特徴的なことは、平面線形にR=30mの急曲線部を4か所有しているとともに、コンクリート1m³に対して鉄

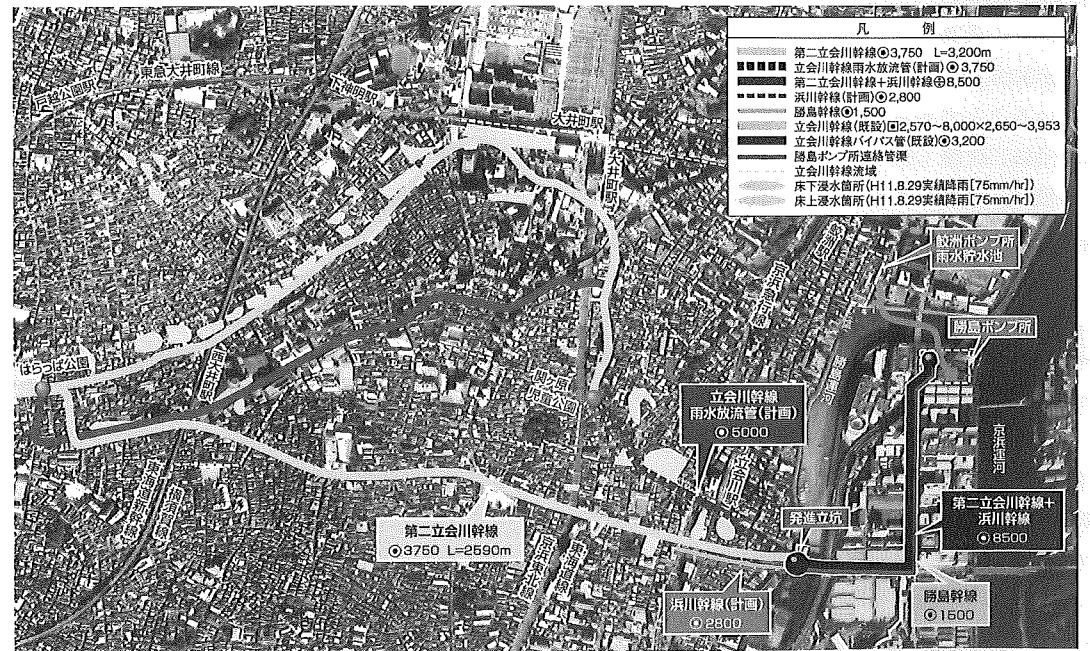


図-1 路線平面

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

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



図-2 路線概要



写真-1 二次覆工の施工状況

筋量が300kgという高密度配筋の二次覆工を施工していることである。図-1, 2に路線平面と概要を、写真-1に二次覆工施工中のシールド坑内を示す。

本稿は、本誌Vol.42, No.12(2012.12)に報告した一次覆工に引き続き、二次覆工の施工実績を記したものである。

2 事業概要

2-1 事業の全体計画

東京都品川区を流れる立会川幹線は、昭和36(1961)年の「東京都市計画河川下水道調査特別委員会」の答申にもとづき二級河川立会川の上流部を暗渠化して下水道施設としたものがあるが、都市化の進展による能力不足から、下流部の立会川では過去に大雨による浸水被害をくり返してきた。東京都下水道局は、その対策として立会川幹線の

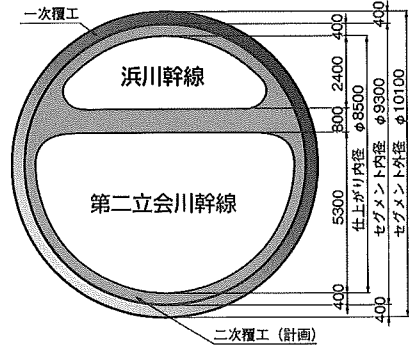


図-3 仕上がり断面

流量の一部を補完する第二立会川幹線を計画し、施工している。この第二立会川幹線のプロジェクトは、立会川流域の浸水対策のほかに、立会川河口部の勝島運河の水質改善も目的としており、放流先の変更および降雨初期の汚濁の大きい雨水の貯留を計画している。

本件は、この第二立会川幹線最下流部、および低地の雨を收容してポンプ排水するための浜川幹線を1本のシールドで勝島ポンプ所につながるための工事である。トンネル構造としては、図-3に示すとおり、内部を上下に仕切り、上部を浜川幹線、下部を第二立会川幹線とする横背割り複断面構造となっている。これは、両幹線各々の流域の標高が異なるため、低地の浜川幹線はポンプ排水方式、比較的標高の高い第二立会川幹線は自然排水方式として別々で排水する計画となっているためである。図-4に流域の概念を示す。

断面下部の第二立会川幹線は、下流部で長大伏越しになっており、管渠内に貯留しきれなくなった雨水は吹かし上げて京浜運河に放流される。降雨終了後に伏越し内に残った雨は森ヶ崎水再生センターで高級処理して放流されることから合流改善機能も備えている。第二立会川幹線上流部は平成20(2008)年度に既に完成しており、暫定的な貯留(約35,000m³)を開始している。

一方、上部の浜川幹線はポンプ排水区域からの雨水を取り込み、勝島ポンプ所で第二鮫洲幹線と合流する。その後、鮫洲雨水貯留池で初期の汚れた雨水を貯留したのち、計画貯留量を超える雨水を京浜運河へポンプで放流するものである。

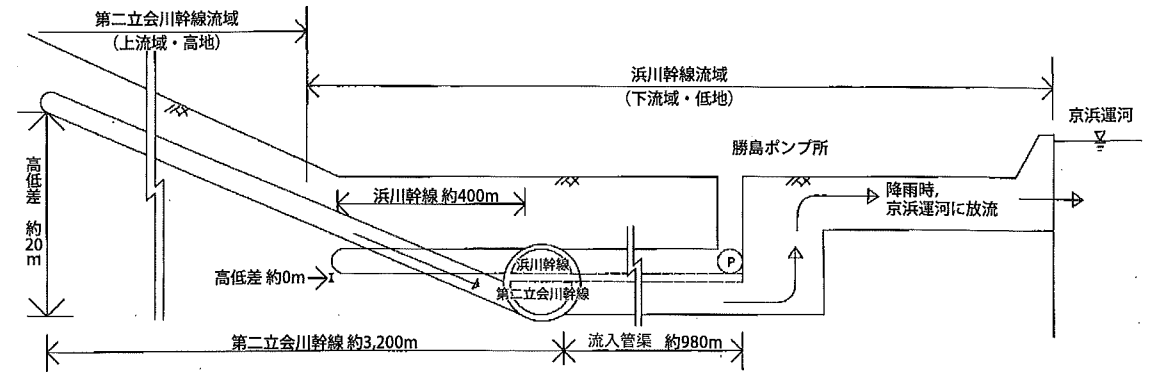


図-4 流域の概念

2-2 流入管渠工事の事業計画

当初計画段階では、第二立会川幹線と浜川幹線は別々の管渠であったが、流下方向が同じであるとともに、平面線形もほとんど同じであるため、布設方法として以下の2案を検討した。

- I案：2本のシールドで別々に布設
- II案：1本のシールドで布設(集合管)

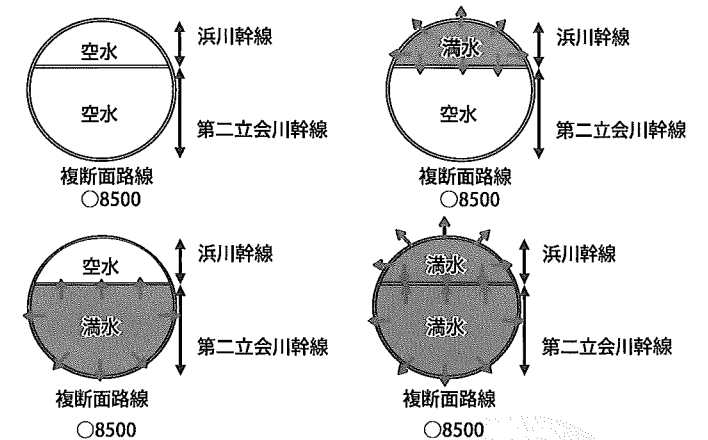
検討の結果、工事費については両者に大きな差はないが、首都高速道路などの近接構造物からの離隔確保や工事中の周辺環境への影響、さらには工期が短いことを考慮してII案を選定した。なお、II案の場合の分割する断面は、構造的には左右背割りの方が有利であるが、流量の差が大きい水理的に有利である上下背割り構造を採用した。

シールド工事の計画にあたっては、本件工事に先立って施工された既設の鮫洲ポンプ所と新設の勝島ポンプ所を結ぶ連絡管渠工事で使用したシールド(φ8,950mm)の転用の可能性について検討した。この結果、前工事における引出し工事と本工事における改造費用とともに、待機期間の工事保管費用も含めて算出しても、新規で製作するよりも経済的であったため転用案を採用した。

3 工事概要

3-1 工事諸元

工事件名：以下の3件



←：管渠内面、背割りスラブに作用する内圧
図-5 二次覆工の検討ケース

- ①東京都勝島ポンプ所流入管渠工事(一次覆工L=308m)
- ②同その2(一次覆工L=547m)
- ③同その3及び二次覆工工事(一次覆工L=127m, 二次覆工L=980m)

工事場所：東京都勝島1～3丁目
工期：平成20年3月～26年3月(現在契約分)

事業者：東京都下水道局
発注者：日本下水道事業団
施工者：前田・鴻池・大日本特定建設共同企業体

3-2 二次覆工の設計条件

二次覆工は通水時における内水圧に対応できる設計を行っており、その条件として、①両方空水

時, ②, ③片方満水他方空水時, ④両方満水時の4ケースを想定している. 図-5に検討ケースを示す.

これらの条件により構造計算を行った結果, 鉄筋量が約300kg/m³と高密度配筋となっている. 図-6に二次覆工の配筋を示す.

4 二次覆工の施工計画と実績

4-1 コンクリート打設の工程管理

4-1-1 施工順序

コンクリートの打設は, スラブまでを下半コンクリート, 残りを上半コンクリートと2回に分割して施工する. なお, 打設スパンは9.0mを基本とし, 曲線部においてはBC, EC点が打継ぎ目となるようブロック割りを計画した. 図-7に施工ステップを示す.

4-1-2 打設サイクルの計画

標準1スパン(長さ9.0m)を1週間サイクルとし, 木曜日を下半部, 金曜日を上半部の打設日として, 週末が養生となるよう計画した. その結果, 直線部ではサイクルが4回/月となり月進36mとなるが, 急曲線部ではセトル移動・脱型ならびにカーブライナーの

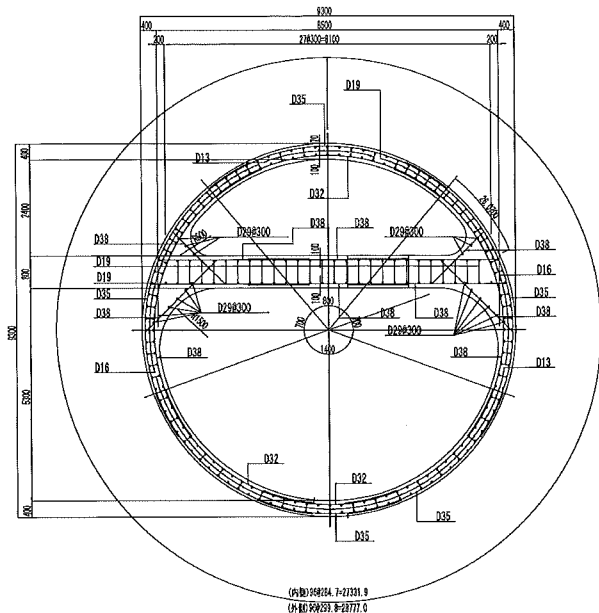


図-6 二次覆工の配筋

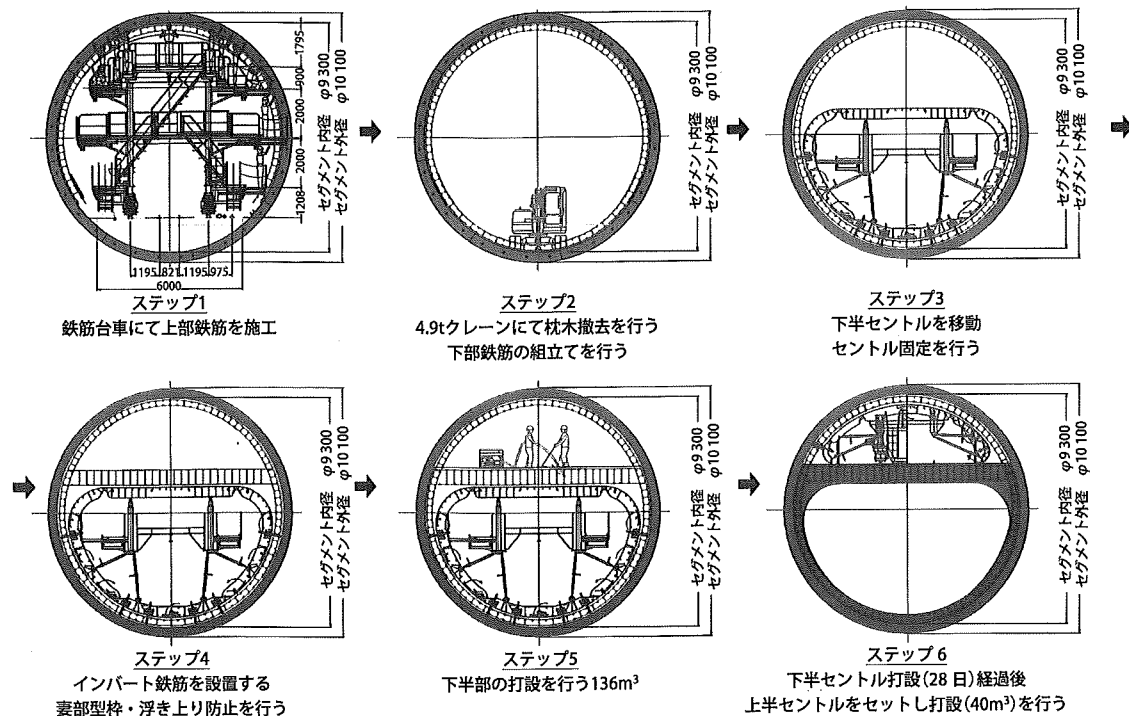


図-7 二次覆工の施工ステップ

設置などにより3回/月の打設サイクルとなった. 最終的には, 打設設備などの段取り替えなどが含まれて全長980mに約3年を要する計画となり, 同じ距離のシールド一次覆工の約3倍の日数を必要としている. 図-8に標準的な打設サイクルを示す.

上半部分では, 下部より打設開始後, 中段まで圧入し, その後天端のラップ側から吹上げて打設する. 妻側で目視にてコンクリートが充填されていくのを確認するとともに, セントルに圧力計を設置して過度な応力を発生させないように留意しながら施工した.

4-1-3 各部打設の詳細計画

下半部分の打設は, インバート投入口から打設を開始し中段部分まで圧入する. 次に中段の投入口からハンチ部まで圧入したあと, スラブから打設する. この際, インバートから中段までの打設中にセントルに浮力が作用することから, 浮き上がり量を常時測定しながら打設速度を制御するとともに, スラブ上でセグメントから浮力防止のサポートを施した. 図-9に下半部分の打設計画を示す.

4-1-4 打設工程の実績

2011年4月末より到達側下半部から打設を開始し, 4週間程度(3~4スパン)遅れて上半の打設を開始した.

これは, 上半セントルの施工時荷重がスラブに作用することから, 所定の強度が発現するまで養生したためであり, つねに上半と下半とは, 所定の間隔を保ちながら施工した.

工事は計画工程と相違なく進捗しており, 2014年3月完成(約35か月)の予定である.

	月曜日		火曜日		水曜日		木曜日		金曜日		土曜日	日曜日
	昼勤	夜勤	昼勤	夜勤	昼勤	夜勤	昼勤	夜勤	昼勤	夜勤	休日	休日
下半	セントル脱型・設置		スラブ部鉄筋組立て		打設準備		コンクリート打設		養生期間			
上半	インバート鉄筋組立て		セントル設置		アーチ鉄筋組立て		コンクリート配管		コンクリート打設		養生期間	

太線はクリティカルパスを示す

図-8 二次覆工の標準的な打設サイクル

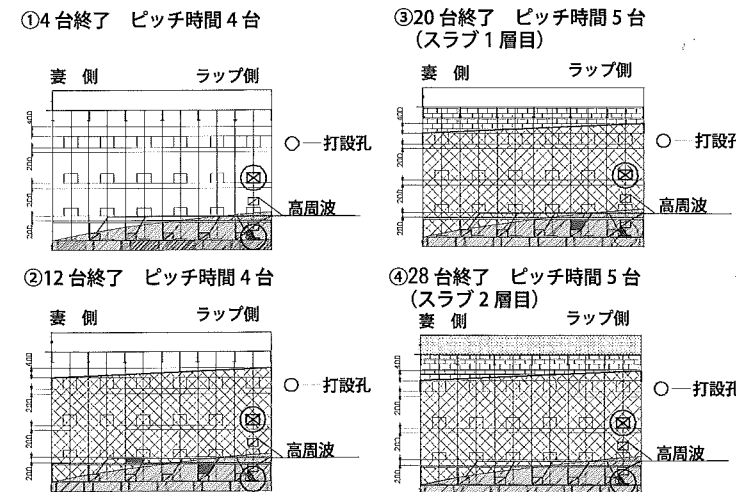
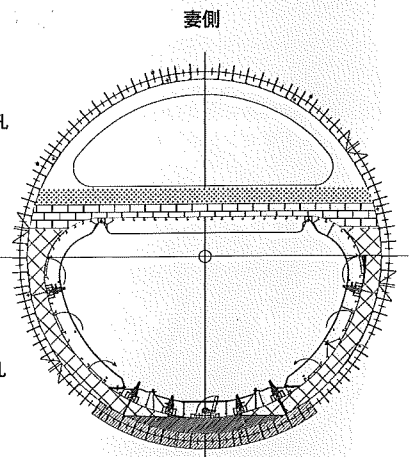


図-9 下半部分の標準的な打設計画



4-2 打設設備

4-2-1 コンクリート投入および運搬

シールド発進立坑からアジテーターカーにより坑内を運搬し、所定の位置からポンプ圧送する計画とした。図-10にコンクリート打設設備の概念を示す。

4-2-2 鋼製スライドセントル

上半、下半とも1.5mのフォームを8連(ラップ2連を含む)として、基本セントル長を12.0m、有効打設長9.0mで計画した。急曲線部では、分割

されたフォーム間にカーブライナーを設置して、設計曲率となるようにしてある。

下半セントルの特徴は、移動時にフォームごとの伸縮が可能なテレスコピック構造としていることである。これは、後方のフォームが一時的に縮み、セントル内を通過して前方の次の打設箇所に移したあとに、所定の寸法になるように再度伸びる構造である。このように、1.5mごとのフォームを後方から順次移動した。写真-2にセントルの構造を示す。

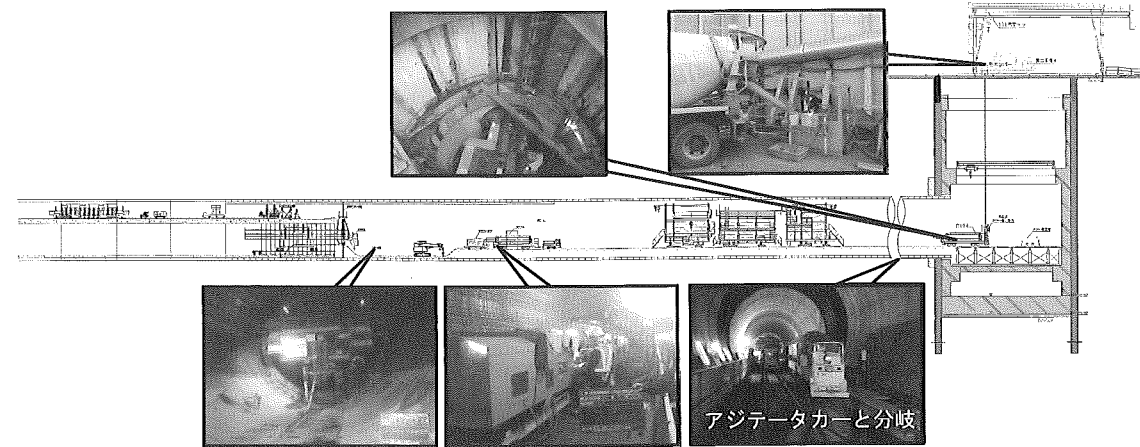
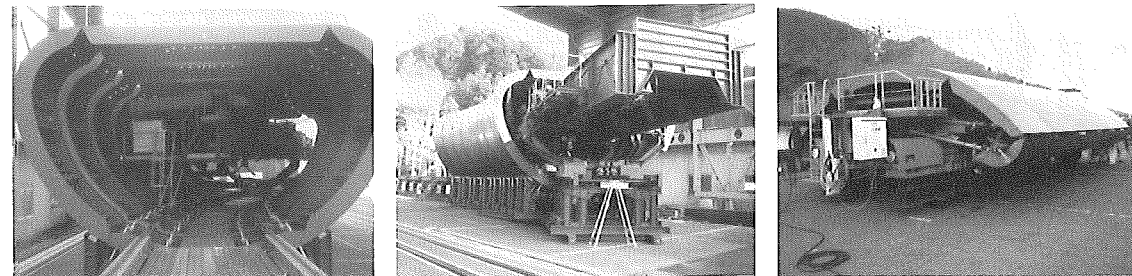


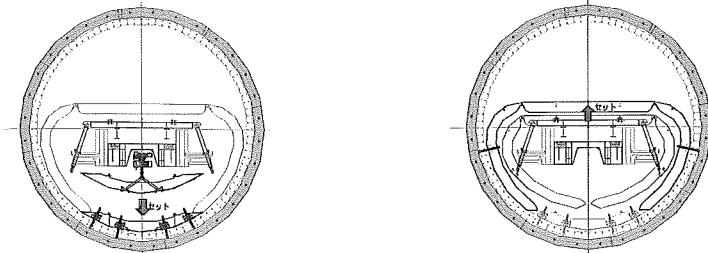
図-10 コンクリート打設設備の概念



(a)下半セントル (内面)

(b)下半セントル (外面)

(c)上半セントル (外面)



①インパートフォーム移動時

①側部フォーム移動時

(d)下半セントルのテレスコピック構造

写真-2 スライドセントルの構造

4-2-3 鉄筋組立て架台

鉄筋組立てではアーチ鉄筋は高所での作業となるため、専用の鉄筋組立て台車を製作した。この台車は、①主筋台車、②鉄筋組立て台車、③配力筋台車の3連構造とした。

大断面での高所作業となることから断面方向に3段の作業床を設け、つねに最適な状態で鉄筋組立て作業ができるようスライド構造とした。さらに、作業床はトンネル方向に3分割として、それぞれ独立してスライド量が設定できるものとした。このことで、急曲線部の施工中も作業の進捗に合わせてスライドさせ、どの位置でも安全に作業できるように配慮した。写真-3に鉄筋台車の構造を示す。

4-3 コンクリートの品質管理

4-3-1 コンクリートの配合

ひび割れ対策として事前に温度応力解析を実施した。解析結果にもとづき「普通セメント+鉄筋量増加」案を選定した。さらに、スパン継目における目開き対策として、打継目ごとに水膨潤止水材を設置する方法を採用した。図-11に解析モデルの概念を示す。

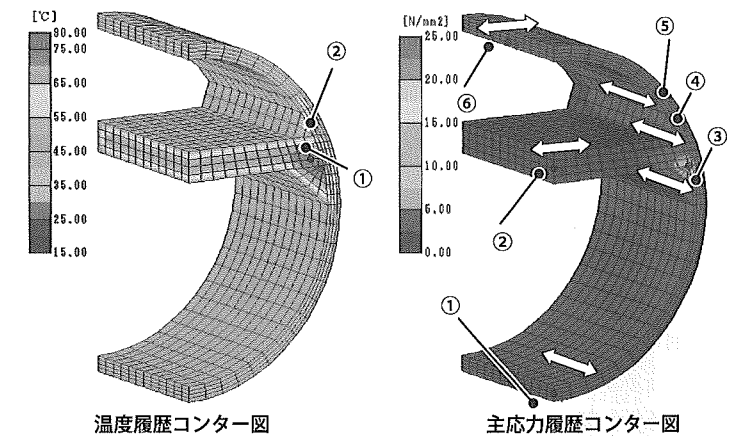
コンクリートの配合は、設計基準強度24N/mm²、スランプ12cm(コンクリートプレーサの場合)が特記仕

様書で明記されていたが、高密度配筋であることからコンクリートの充填性を考慮して、高性能AE減水剤を使用したスランプ21cmの配合を別途計画した。表-1に本施工で使用した代表的な配合を示す。

4-3-2 充填性の確認

高密度配筋下におけるコンクリートの品質で問題となるもののひとつに、コンクリートの充填性が挙げられる。そこで、打設の初期段階で主要な箇所に充填センサーを取付けてこれを確認した。この結果、配合計画に従ったコンクリートの充填性がセンサーにより確認されたことを確認している。

日常的には、コンクリート打設量を計画量と実績で照合することにより管理した。



温度履歴コンター図

主応力履歴コンター図

図-11 温度応力解析モデル

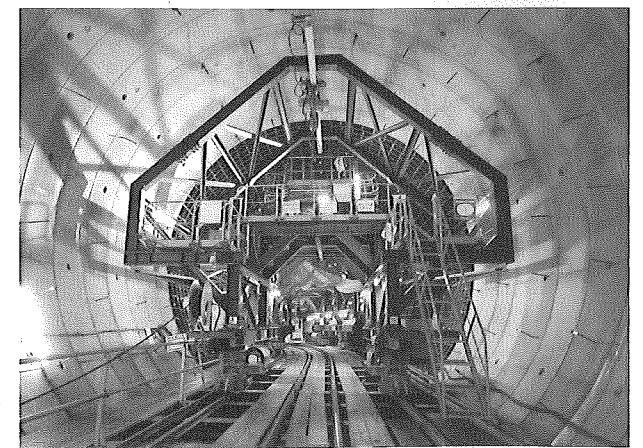
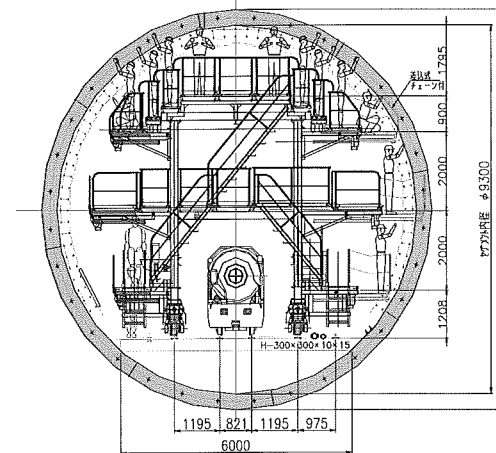


写真-3 鉄筋台車の構造

表-1 二次覆工コンクリートの標準的な示方配合

単位: kg/m³

種別	セメント	混和剤		水	細骨材			粗骨材				混和剤			水セメント比 W/C(%)	細骨材率 s/a(%)
		①	②		①	②	③	①	②	③	④	①	②	③		
春期・秋期仕様	343	—	—	175	864	—	—	932	—	—	—	3.43	—	—	51.0	48.6
夏期仕様	343	—	—	175	864	—	—	932	—	—	—	4.12	—	—	51.0	48.6
冬期仕様	343	—	—	175	864	—	—	932	—	—	—	3.09	—	—	51.0	48.6

表-2 中流動コンクリートの標準的な配合

呼び方	コンクリートの種類 による記号			呼び強度	スランプまたは スランプフロー				粗骨材の 最大寸法	セメントの種類 による記号						
	普通				27					50cm				20mm		
配合表 kg/m ³	セメント	混和剤	水	細骨材			粗骨材				混和剤					
	①	①		①	②	③	①	②	③	④	①	②	③			
	343	—	175	864	—	—	932	—	—	—	4.8	—	—			
水セメント比	51%	水結合剤比	—%	細骨材率	48.60%				スラッジ固形分率			—%				

備考 配合の種類: □標準配合 SDC(中流動コンクリート)

4-3-3 管渠地中接続予定部分の対応

トンネル全線の2か所において、勝島地区の雨水を浜川幹線に取込むための取込み人孔が計画されている。この人孔は、本トンネルに隣接して立坑を構築し、推進工法で横坑にて本トンネルに地中接続する構造である。接続部は一部開放となることから、鋼製セグメントで組立て、リング鋼材で事前に補強した。加えて、この箇所での二次覆工では主鉄筋のほかに補強鉄筋を配置することから、鉄筋がかなり密な状態となっている。したがって、さらなるコンクリートの充填性が要求された。

その対策として、中流動コンクリートの適用を計画した。一般に、コンクリートの材料分離抵抗性と流動性を上げる方法として、①増粘剤を使用する、②粉体量を増加させる、③両者を併用するの3案が考えられるが、②、③の方法はプラントの制約を受けたり、温度ひび割れの発生が懸念される。そのため、増粘効果を付与した流動化剤を使用して、中流動コンクリートを製造することとした。この流動化剤はJIS規格のレディーミクストコンクリートを高流動化することが可能で、その利点として、①プラントの制約を受けない、②配合を変更しないの2点がある。

配合選定方法は、NEXCOのNATMの覆工に

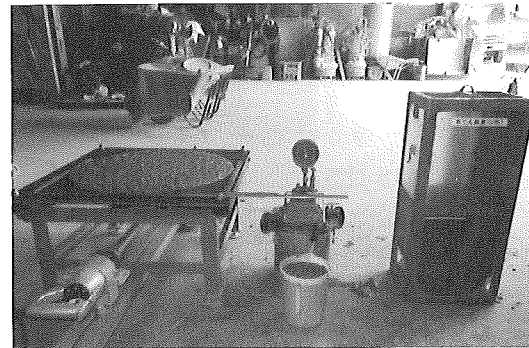


写真-4 中流動コンクリート試験状況

て採用している指針を参考に決定し、スランプフロー試験、U形充填試験、加振変形試験を行い、配合を選定した。U形充填試験においては、本工事の覆工は高密度配筋であることから、鉄筋を想定した障害を設けた方法とした。表-2に配合を、写真-4に中流動コンクリートの品質試験(U形充填試験など)の状況を示す。

5 おわりに

本トンネルは、2010年11月に一次覆工が完了したのち、シールドを解体するとともに二次覆工の打設設備を設置し、2011年4月末より打設を開始した。

二次覆工の施工にあたっては、品質面では高密

度配筋へのコンクリートの充填を確実に行うことが課題であった。このため、コンクリートの配合や打設手順を綿密に計画し、所定の品質を得ることができた。一方、施工管理面では、大断面であることから急曲線部のセントル構造や高所での鉄筋組立ての作業架台確保などの課題に創意工夫を持って対応してきた。2014年2月末には二次覆工

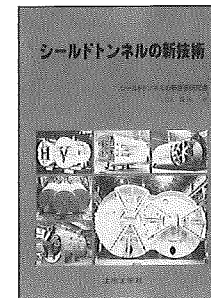
工事が完成する予定であり、一次覆工工事を含めると約6年にわたり施工してきた工事が終わりを迎えることとなる。

最後に、工事にご理解をいただき、暖かい応援をしていただいた周辺住民の皆様、ならびにご指導をいただきました関係者の皆様に誌面を借りてお礼申し上げます。

シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会編 代表 鈴木 章

B5判 285頁 本体価格4,660円 円340円



本書は、最近のシールドトンネルの新技术を実務経験者を中心にまとめたものである。本書の特色は、シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性の現況をまとめたうえで、新技术について調査・計画編、設計・施工編とに分けて、その理論と実際についてソフト、ハードにわたり記載している。また、これらのことを実務にすぐさま活用できるように、付録としてセグメントの設計、地盤変位予測解析、施工計画についての計画・設計例も紹介し、実務者をはじめトンネル技術者のニーズに応えた内容となっている。

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

株式会社 土木工学社

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

トンネルジャーナル

土木学会デザイン賞2013発表

土木学会は2013年度デザイン賞受賞作を公表した。最優秀賞には、「丸の内仲通り(東京都千代田区)」 「ハルニレ テラス(長野県北佐久郡軽井沢町)」の2件、優秀賞には、「札幌都心における個性的なストリート文化の創造～創成川通・札幌駅前通～(札幌市中央区)」 「川内川激甚災害対策特別緊急事業(虎居地区および推込分水路・曾木の滝分水路)(鹿児島県さつま町および伊佐市)」 「長崎港松が枝国際観光船埠頭(長崎県長崎市)」の3件、奨励賞には「旧佐渡鉱山・北沢地区工作工場跡地広場および大間地区大間港広場(新潟県佐渡市)」 「羽田空港国際線ビル駅(東京都大田区)」 「恵那駅前広場・バスシェルター(岐阜県恵那市)」の3件が選ばれた。

トンネル/地下空間では、札幌駅前通の地下歩行空間の整備が、創成川通のアンダーパス連続化に伴う地上空間整備とあわせて、優秀賞を受賞した。上質にデザインされた空間の創出、地上との光や空気感のつながりを感じさせる仕掛け、沿道との境界のイベントスペースやギャラリー空間などがよく活用されている点などが、高く評価された。



札幌駅前通地下歩行空間(写真提供:永田泰浩氏)

同賞は、優れた公共的空間を創出した作品をとおり、土木デザインの重要性を社会に問うとともに、才能ある設計者やデザイナーに光を当て、これらの努力が社会の広汎な支持を得ることに寄与することを目的に2001年度に創設された。土木のデザインによって公共空間の質が向上した作品を選定し、その実現に貢献した関係者を顕彰し、広く一般に公開している。



ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!

建設工事の 保安地質学

〔改訂版〕

理学博士 石井康夫 著

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

第五十回
語り継ぎ
言ひ継ぎ行かむ

いつも元気に朗らかに
互いに仲良く協力し

(元)株大林組
小笠原光雅

はじめに

1971年に大林組に入社したころ、東海道新幹線(東京～新大阪1964年開業)、東京オリンピック(1964年開催)、名神高速道路(小牧～西宮1965年開業)、大阪万博(1970年開催)などが成功裏に終わり、1972年には日本列島を高速道路と高速鉄道で結び、地方の工業化を促進し、過密と過疎、公害問題を一挙に解決するとして日本列島改造論が打ち出された。まさに、建設事業が国を造っていくという風潮にあり、大学を卒業したら建設会社に入って、現場に出て国を造りたいという思いが強かった。

大学出たての若造が 初めてトンネル工事現場へ

入社もそこそこに、ただちに山口県の山陽新幹線の現場に配属になった。学生時代には考えてもみなかった24時間動いている現場の中で、休日もなく自分の時間を持てない世界に当惑した。命がけ

で働いている坑夫さんたちからは、何もわかっていない大卒として「大学さん」と呼ばれ、親しみを込めて馬鹿にされていた。現場の休みは10日に1回だったが、その日は測量のチェックがあり、普通の日に代休なんてとても取れなかった。

しかし、仕事に慣れてくると測量が面白くなり、短期間の工事なら工程表も書けるようになった。自分で資材を発注して現場が自分のイメージどおり動いていくのを見ると、汗と泥にまみれて朝早くから夜遅くまで働いていても全然辛いとは感じなくなった。

坑夫さんたちと坑内で昼飯を食い、一日中一緒に仕事をしていくうちに、彼らからずいぶんたくさん教えてもらった。だんだんと「大学さん」から「小笠原さん」に変わっていき、時には飲みに関連していった。そのころの彼らの収入は私のその10倍くらいはあったのではないかな。

そして何年か経って、自分で担



2013年6月銀座にて大学時代の親友と、向って右から2番目が著者

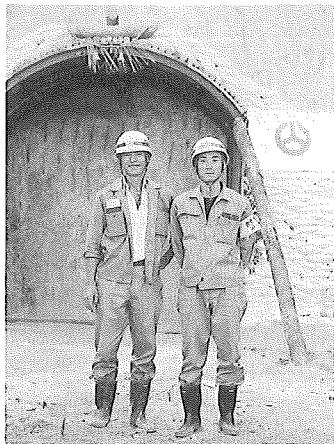
当している範囲内は自分の指示で動かせるようになると、何かを成し遂げたときの達成感こそが生きがいになっていった。

いわゆる3K(危険・汚い・きつい)は感じてはいたが、それが自分にとって、どうってことはなかった。

トンネルと明かり工事の勉強 (国鉄下関工事局発注、 山陽新幹線周東トンネル工事 (1971~1974))

山陽新幹線周東トンネル工事は工区長4km強の中に、岩国側から徳山側に向かって、約1kmの切盛土、約350mの第1米川トンネル、約150mの切盛土、約450mの第二米川トンネル、約300mの高架橋、約2kmの周東トンネルからなっていた。新入社員として始めから終わりまでいたので勉強の場としては何から何までそろっていた。

トンネル工事は、第一米川がタイヤ方式による上半先進工法、第二米川がレール方式による底設導坑先進工法、周東トンネルがレール方式による側壁導坑先進工法であった。それぞれがトンネルの地



周東トンネル坑口で先輩と、向って左側が著者

質や延長によって選定された特徴ある工法ばかりであった。地質は花崗岩と風化花崗岩で、二号榎ダイナマイトと電気雷管の組合せによる発破で掘削した。

私のもっとも大切な仕事は測量であった。来る日も来る日もレベルとトランシットとスチールテープを抱え、腰には釘袋を締めて坑内に入り、切羽の作業の空きを見計らってダボを打った。

周東トンネルの貫通が間近に迫ったある日、左側壁導坑の切羽から急に土砂と水が流れ込んできた。事務所に連絡し、皆で出口に急行した。貫通点は土かぶりの小さい田んぼにあり、先日測量した導坑

著者略歴

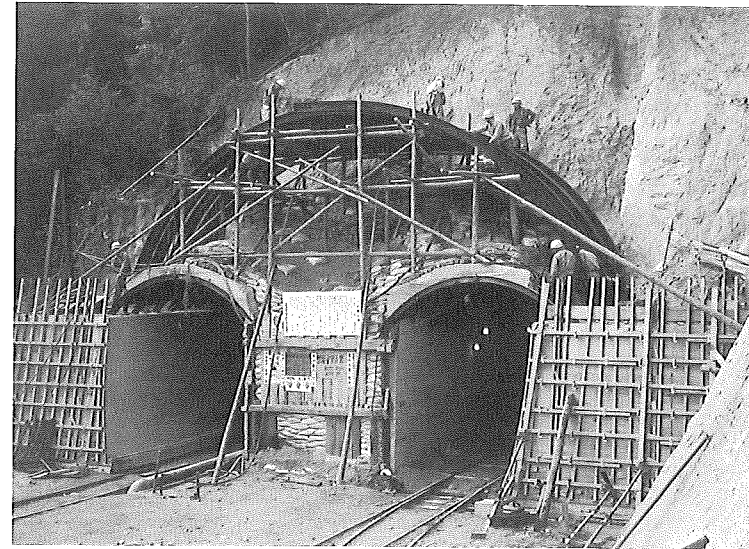
- 1947年 奈良県法隆寺の近くで誕生
東大阪市石切町で育つ
- 1965年 大阪府立夕陽丘高校卒業
- 1971年 武蔵工業大学卒業
(株)大林組入社
- 1971年 山陽新幹線周東トンネル
- 1974年 津軽海峡線青函ずい道(三岳)
- 1975年 都営地下鉄新宿線小川町工区
- 1978年 電源開発下郷発電所新設第6工区
- 1981年 成幹取香トンネル他
- 1983年 営団地下鉄8号線豊洲3工区
- 1984年 北総開発鉄道栗山T(矢切)
- 1986年 多賀農業用道路若栗トンネル
- 1987年 国道290号石峠トンネル
- 1987年 飯能市下水道トンネル
- 1988年 三遠南信高規格道路矢筈トンネル
- 1989年 中部電力奥美濃水力発電所新設第4工区
- 1996年 東京本社土木技術本部
- 2003年 波方基地プタン貯槽
(株)大林組退職
- 2013年 (株)基土木設計事務所技師長
岐阜工業(株)相談役

センター杭が陥没した穴に落ち込み、近くの小川の水がそこに流れ込んでいたのではないかと。

所長以下対応に大わらわであったが、私だけは全く落ち着いたもので、測量に間違いがなかったことにほっと胸をなでおろしていた。実は、貫通を間近にして眠れない夜が続いていたのだ。

また、明かり工事の測量は大好きな仕事だった。自分の掛けた丁張のとおりには法面が切られて下がってきたり、盛土が上がってきたりと、自分の打った墨のとおりには構造物ができあがっていった。

トンネルのコンクリート打設でよく覚えている出来事がある。



周東トンネル上半坑口付け

そのころのコンクリートは主にプレスクリートやエアクリートと呼ばれる機械で、高圧のエアの力でコンクリートを打設していた。今でこそ高性能なポンプで打設するためコンクリートの分離もなく、型枠に与える衝撃も少ないが、当時の方法では少なからず品質に与える影響は免れなかった。

ある夜、突然起こされて現場に行ってみたら、その夜に打設中の側壁コンクリートが型枠ごと吹っ飛んでパンクしていた。私は眠い目をこすりながら、こぼれた100㎡余りのコンクリートを掃除していたら、先輩から怒鳴られた。「お前はそんなことしないでいい。次回からこういうことが起きないようにするためにはどうすればいいのかを考えろ。もしこんなことが再発したら、切羽の掘削も止めてしまっても安全も品質も利益も工程もパーになってしまう。そのまま見過ごしてはだめだ。改善していくのがお前の仕事だ。」

若い新入社員にとって、ゼネコン社員の仕事の一部がはっきりとわかった一瞬だった。

山岳トンネルから 都市土木の現場へ (東京都発注、都営新宿線小川町工区建設工事(1975~1978))

周東トンネルのあと、この山岳トンネルとわずかな明かり工事しか経験していない若造が東京の都心で地下鉄工事現場に配属された。

靖国通りの小川町交差点と須田町交差点の間に開削で小川町駅を新設する工事で、ビルすれすれの所で打設するPIP杭や、交通量の多い大きな交差点での路面覆工、地下鉄丸ノ内線のアンダーパニングなど、若造には、なんのこともやわからないことだらけだった。

私はまず都電の軌道撤去工事を担当することになった。靖国通りに作業帯を張り出して、その中で作業することは初めての経験であった。周りの商店からは「ほこりが

飛ぶぞ。うるさいぞ。」と苦情を受けるのも初めての経験であった。

その次の担当は、幅、高さとも3m程度の幹線下水の切回し工事だった。布掘り? 探針? なんのこっちゃ、と思い、主任に教えてもらいながら、夜勤で幹線下水の位置や周辺の埋設管路などを確認しながら計画を立てた。この馬蹄形の下水は鉄筋コンクリート造りであるが老朽化しており、これを受け防護する前にいったん鉄桶に替えてから仮切回しをし、地下鉄構築完成後その上に新たに幹線下水カルバートを造るという工事であった。

毎日汚物の流れる中、特ナガをはいて馬蹄形下水の中に入って測量をくり返していた。ある夏の暑い日、上流で相当の雷雨があり、急激に水量が増えた。主任とずぶぬれになりながらマンホールから地上に生還したのを覚えている。確かに今のように情報網や情報機器が発達すると安全面でも大きく寄与してくれると感じる。

また、下水担当は周辺ビルでトイレが詰まったりするとすぐ呼び出された。当時高層ビルの排水は老朽化した幹線下水に陶管で接続されていた。この接続部分で色々な異物が詰まっており、被圧水とともに異物が飛び散らないように用心して陶管をおそろおそろ割ったことが何回かある。今ではそんなことはないだろうが。

この都市土木の現場は若造にとって相当ハードルの高い現場であったが、なによりも、その日に予定した仕事は雨が降ろうとやりが降

ろうとその日の内にやり遂げなければならぬということを教えてくれた。

靖国通りを交通渋滞に巻き込んだり、丸ノ内線を遅れさせたりなんてことは絶対にできないことなのだ。

初めての断面、斜坑、立坑、初めてのNATM (電源開発発注、下郷発電所新設第6工区工事(1978~1981))

NATMと出会ったのはこの現場だった。高さ45mで掘削断面積が

1,000m²に近い大空洞の1次支保が吹付けコンクリートとロックボルトだなんて、いつも頭上を気にしながら現場を見て回った。

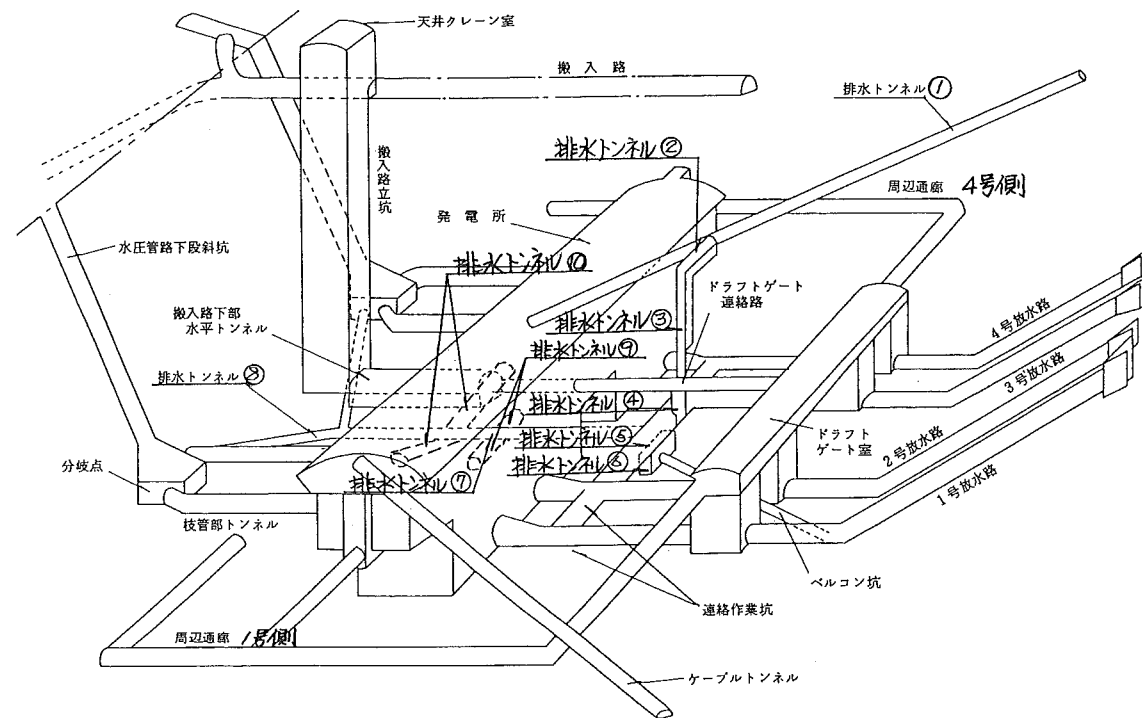
この新しい考え方であるNATMについては事務所ですら勉強会をやったが、理論的には理解できても、現地では本当に大丈夫かなあという気が混じった。

鳥瞰図に示すとおり、この現場は縦横無尽に入り組んだ複雑な地下構造物である。図面を何回見てもよく理解できず、最初に見せられた工程表もなぜこういう順番でないか進められないかわからない状態だった。今までのトンネル現場とは全く異なっていた。

下郷地下発電所地点の地質は、大半が閃緑岩であり、塊状堅固であったが、かなりの亀裂に風化変色、粘土層の挟在があり、掘削時



小川町工区



下郷発電所鳥瞰図(下郷発電所新設工事(第6工区)工事誌より、鹿島・大林JV)

にアーチや側壁の一部で亀裂に沿って楔状に抜け落ちた部分がある。ちなみにアーチコンクリートの余巻き率は62%に達した。

この地点の特徴は、地形的な制約から発電機室アーチへのアクセスは、勾配が1/3のケーブルトンネルを使わざるを得なかった点である。ケーブルトンネルおよび発電機室アーチ部の一部は、ケーブルトンネル内をロードホールダンプ(LDH915H)ですり出しを行い、その後はケーブルトンネル坑底にすり出し設備を設けてインライン設備を使用した。

この現場で学んだ施工法に立坑の人力切り上がりがある。今では、安全上見られることが少ないが、狭隘な現場や小規模な立坑、そこから上部への切掘り、仮設としての掘削などの場合には安全を担保したうえで、今でも知っておくべき工法として紹介する。

下の図は天井クレーン室の掘削施工図である。立坑を人道、すり道に区分して上向きに発破を打ちながら導坑を掘削し、導坑が所定の位置まで到達したら一部を切掘りたあと、天井にアンカーを設置し、それを利用して重機をウインチで巻き揚げ、巻き下げて天井クレーン室アーチ部を掘削した。

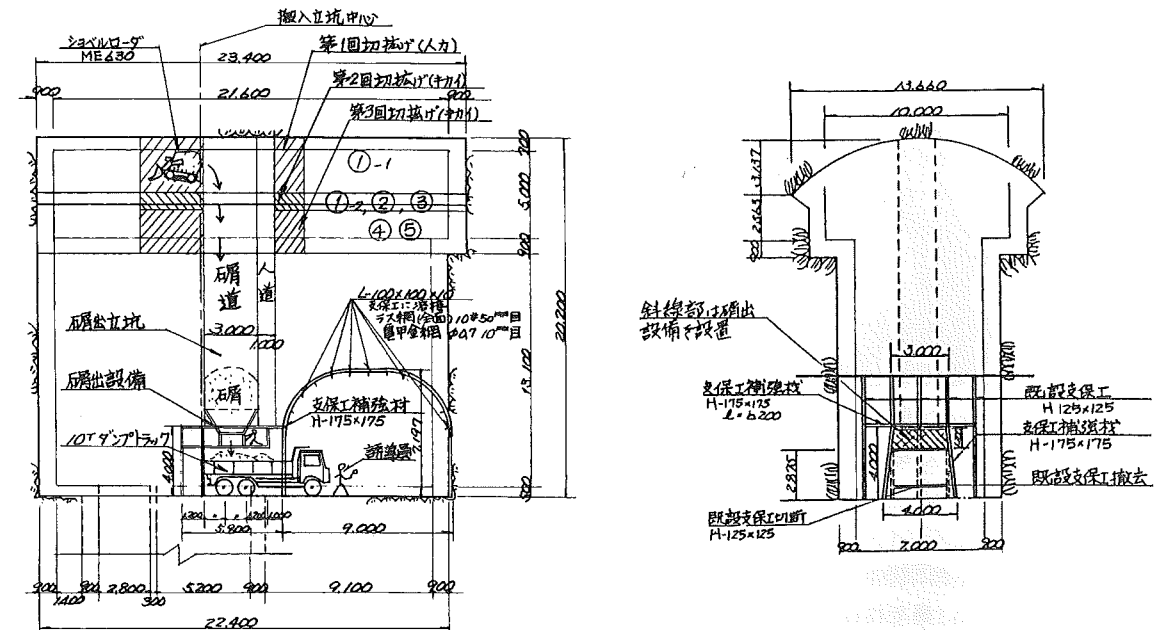
土かぶりの小さい土砂山、砂山でのNATM (鉄道建設公団発注、成田新幹線取香トンネル工事(1981~1983)、北総開発鉄道栗山トンネル(矢切)工事(1984~1986))

それまでは発破主体の山岳トンネル工事に従事してきたが、初めて土砂山でNATMによる工事を経験した。取香トンネルは成田国際空港へアクセスする鉄道トンネルで、空港反対派のデモや過激な活動がくり返された時期に施工した

ので、その苦労も相当なものであった。取香トンネルはレール方式によるベンチ長30m程度のごく標準的なショートベンチ工法で掘削した。吹付けコンクリートはまだ乾式で、ノズルマンの微妙な水加減が要求された時代の終わりごろであった。地質は成田砂層とはいうものの、シルト分が多く、切羽は「へそ」を残した状態で自立した。

北総開発鉄道栗山トンネルは、松戸市と市川市の境界に位置しており、土かぶりが3~10mと極端に小さく、均等係数が2程度のバサバサの砂山であった。地下水位が低い所では切羽の砂が乾きすぎて崩壊し、地下水位が高い所では含水比が一定以上になると崩壊した。まるで浜辺で砂山にトンネルを掘るようなものだった。

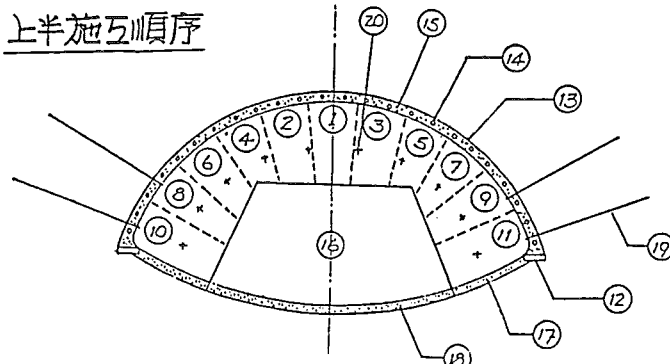
掘削断面積は74~90m²と大きく、74~84m²のトンネルは、ショートベンチで次頁の上図のように上



天井クレーン室掘削図(下郷発電所新設工事(第6工区)工事誌より、鹿島・大林JV)

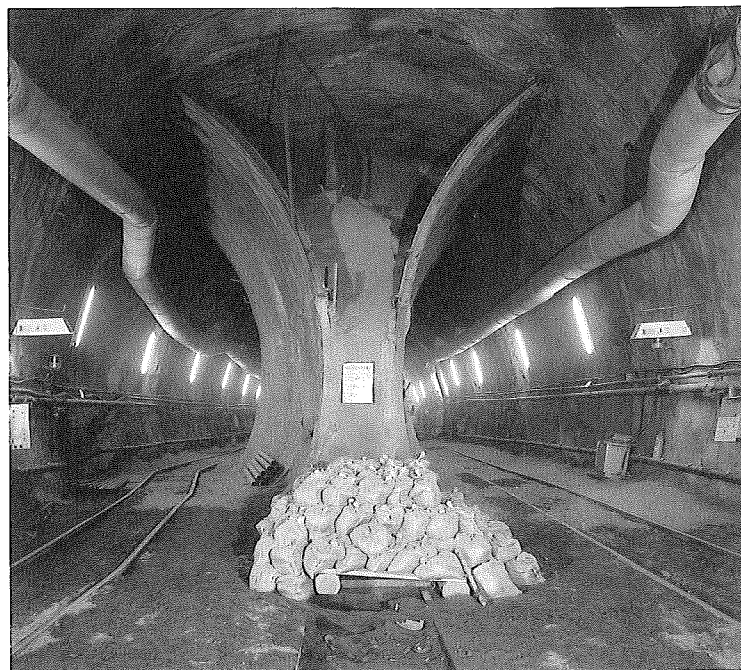
改善後施工法

上半施工順序



- ①～⑪ リンボルト、層間板、O-H工等、(仮)切羽コナート (既設、新設) (既設、新設)
- ⑫ 仮保工用切羽コナート、シートバール設置
- ⑬ 仮保工壁
- ⑭ 先行ハイウエッジ
- ⑮ 2次切羽コナート
- ⑯ 掘削
- ⑰ 掘削上半切羽用仮付コナート
- ⑱ 上半盤内用切羽コナート
- ⑲ ロボット打設
- ⑳ 切羽ボルト打設

上半11分割図(北緯、栗山トンネル(矢切)工事記録より、大林組)



栗山トンネルサイロット掘削(パンフレット「大林組とトンネル」(2001年版)より)

半を11分割して人力で掘削し、84~90m²のトンネルはサイロットで掘削した。

このショートベンチ区間の上半と下半の境界付近で、鼻だれしてトンネルが折れてしまうという事

故が発生した。坑内の計測に加えて地表には水盛式沈下計を設置して計測を続けていたが、ある日突然その値が大きくなり、切羽の天端沈下が15cm、地表面沈下が10cmに達し、持ちこたえられな

くなったトンネル構造物は上下半の接点でクラックが入ってしまった。対策工として長尺の鏡ボルトや垂直縫地ボルト、仮インバート閉合などを実施し、変位の収束を待って加背割りもサイロットに切替え、上半・インバート同時施工、支保工脚部沈下防止、サイロットからのインバート先行閉合など、現在実施されている切羽安定対策のあらゆるものを実施した。現在多用されているAGFや鏡ボルト、脚部沈下対策などは、この時代に各所で実施された砂山でのNATMの経験が基本となっている。

高被圧水下的斜坑掘削 (中部電力発注、奥美濃水力発電所新設工事第4工区工事 (1989~1996))

この工事は当初100万kW発電所として発注されたが、電力事情を鑑みて途中から50万kW発電所が追加された。そのため発電所2基に対して水圧管路や放水路が2条設置された。

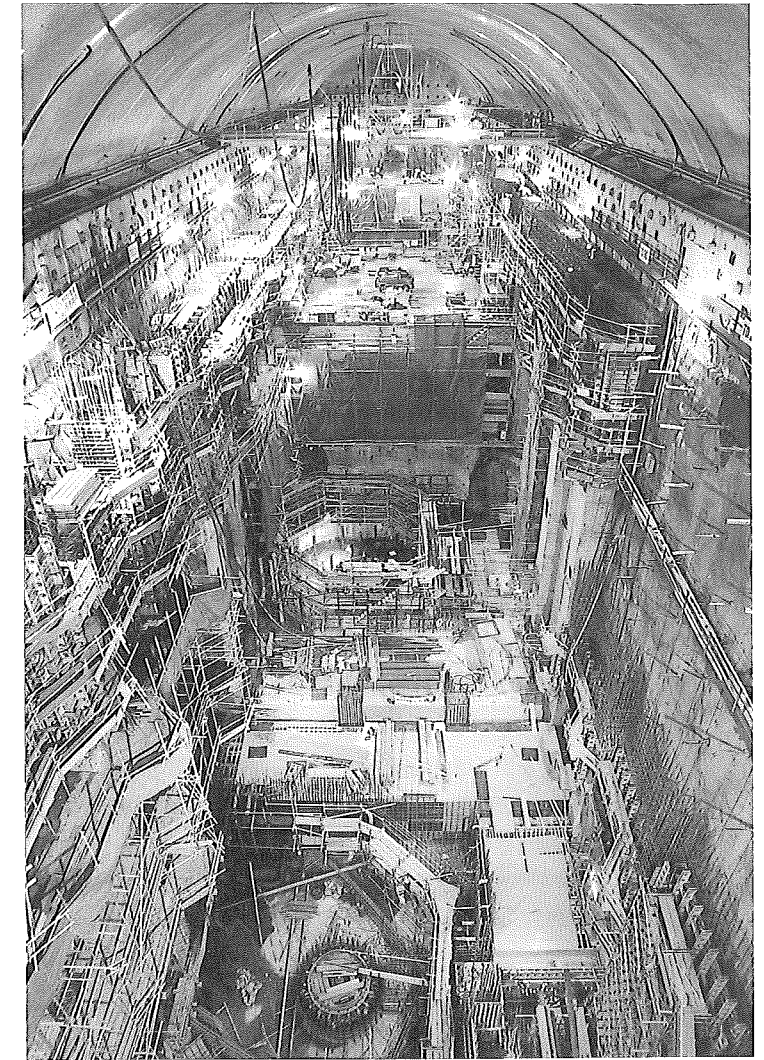
私はこの現場の始めから終わりまでのあいだ、7年間お世話になったが、自分の担当した工事でもっとも印象深いのは水圧管路監査坑である。水圧管路は直径約6.7mで勾配が46°の斜坑が約230mと、延長約350mの立坑からなっている。この斜坑部分がわれわれの担当部分で、斜坑と立坑の交点であるバンド部にアクセスする監査坑を設け、水圧管路切掘りやコンクリートの基地とした。監査坑断面は幅2.65m、高さ2.3m、延長230mで勾配は47°である。発電機

室近傍の上部排水トンネルから立坑を切上がり、既設の調査坑に貫通させ、この調査坑から斜め上方47°にアリマック・クライマーを用いて発破で切上がった。

斜坑底から120m切上がったある日、切羽の発破の直後に濁水が約500L/min流れ落ちてきて収まることがなかった。幸い発破直後だったため坑夫さんたちは斜坑底にいて無事だったが、切羽の様子は何一つわからない。担当していた私は意を決して、仲間と二人でクライマーに乗り切羽の確認に行った。マンケージからステージに降りて照明をつけた。ライトアップされた切羽は今まで毎日見てきた切羽と全く違っていった。

固い流紋岩の亀裂のいたる所から被圧水が飛び散っていた。目を開けているのも困難な状況で地質スケッチを描き、写真を撮っているうちに身の危険を感じた。おい、もう降りようと思を掛けてクライマーに飛び乗り斜坑を降りて行ったとたん、上でバリバリッと音がしてクライマーの周りを岩塊が勢いよく落ちて行った。運よく無事に斜坑底に降り立つことができたが、それからこの監査坑の再掘削開始までには2か月を要した。

その後種々の調査を実施し、NS系に卓越節理方向を見つけ、この亀裂に沿った水みちを想定した。これにもとづき当工区のもっとも低位置でアクセスしやすい場所に水抜きトンネル(幅3.5m、高さ3.8m)を掘削した。底部排水トンネルに設けた坑口から130m入った所で2.2MPa程度の被圧水が16t



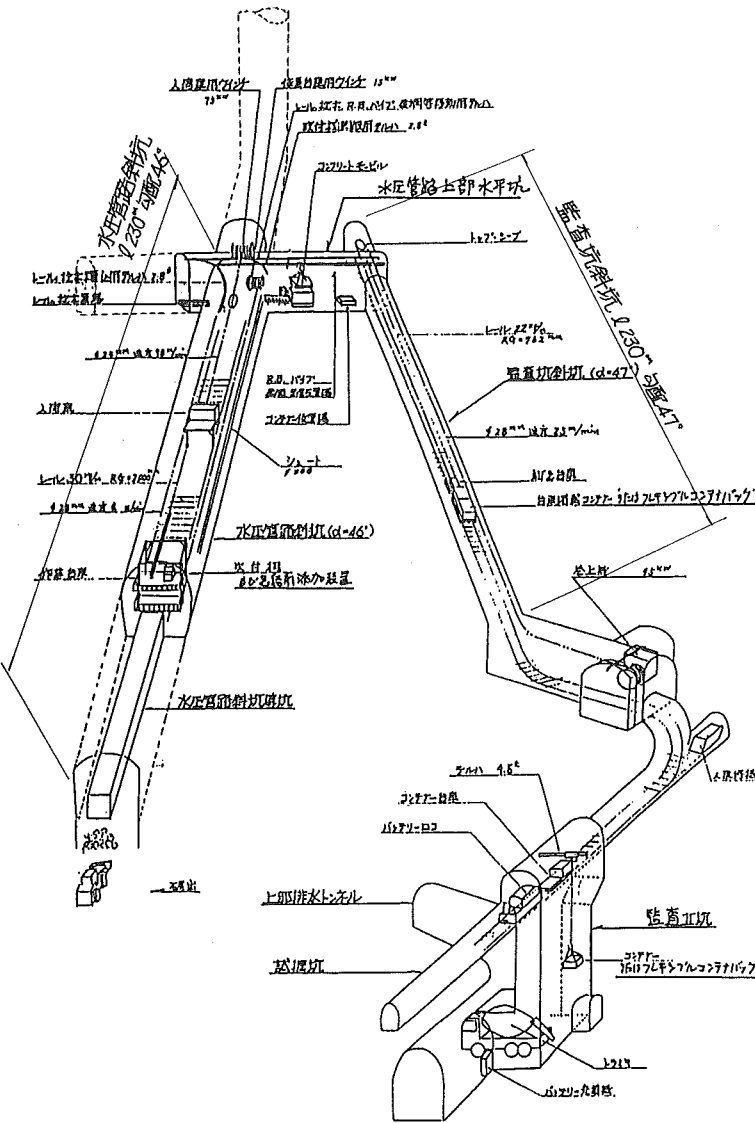
奥美濃発電所構築工事

/min突出し、その瞬間、監査坑斜坑からの出水はゼロとなった。次頁の写真にあるとおり、まるで消防ホースの筒先から放水したような感じだった。

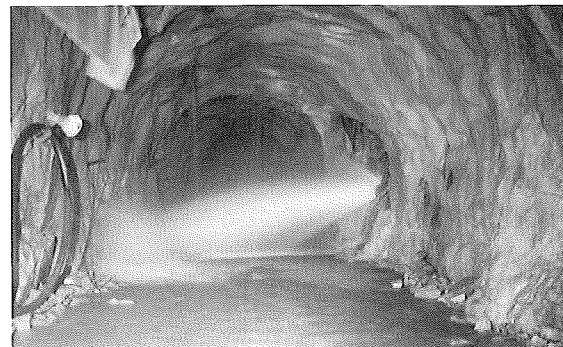
もう一つ、この水圧管路の鉄管充填コンクリートの施工も思い出深い。勾配46°の斜坑、高低差約150mのあいだ、1リフト12mごとにコンクリートポンプ(IPF110B-8E21)で打ち上げた。コンクリート輸送管はφ125mm(SCH-40)を3

条埋設管とし、万が一の閉塞に備えた。

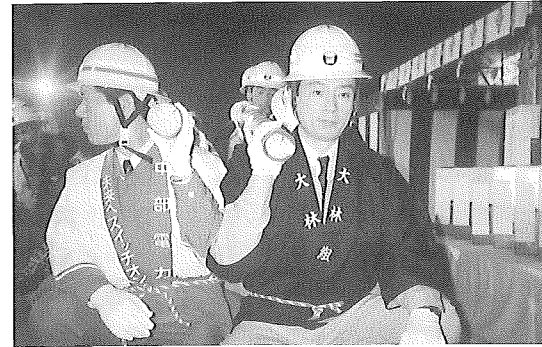
最終管の打設時には配管の水平換算距離が800mとなったが、無事に打設完了した。このときのポンプ運転は、メーターの監視によるちょっとした操作ミスが命とりになることから、オペレーターさんのストレスは相当なものがあって、毎回打設が終わるとがっくりと疲れきっていた。それを見ながらわれわれも疲れきってしまった。



水圧管路および水圧管路監査坑施工図(奥美濃水力発電所新設工事(第4工区)工事誌より、鹿島・大林・鉄建・西濃JV)



水抜きトンネル出水



奥美濃発電所定礎式

日本初、世界最大規模のLPG
国家備蓄基地の建設
(独)石油天然ガス・金属鉱物
資源機構発注、波方基地ブタン
貯槽工事(2003~2013)

LPGの需要量が年々増加しているなかで1981年に備蓄制度が創設された。LPGはその3/4を海外からの輸入に依存しており、さらにその8割を中東地域からの輸入に頼っている。このような状況下で、安定した供給を維持するために40日分の備蓄として150万tの国家備蓄が備蓄法で定められた。

波方基地はこのうち45万tを備蓄するもので、その規模は世界一である。

LPGはその特性から常温では高圧の状態、常圧では低温の状態でなければ液体として貯蔵することができないことから、地上低温タンク方式と水封式地下岩盤貯槽方式が採用された。水封式地下岩盤貯槽方式は経済性の面でスケールメリットが大きく、天災や有事の際の安全性に優れているが、高圧ガス貯蔵への適用は日本で初めてのことであった。

愛媛県今治市波方町に赴任した

のは2003年4月のことで、それから10年、今思えばアツと言う間の出来事であったが、その時点では課題解決のための悩み多い、長くて先の見えない道のりであった。日々、観察や計測にもとづく設計と施工に関する分析・評価のくり返してあり、常に地質と地下水理を読み、最終的に10気圧に近い高圧のLPGを漏らすことなく安全に貯蔵するための基準や仕様を創っていかねばならなかった。

乗り込んだ当初は、私の大林組での土木屋人生の集大成だとおおいに意気込み、今までに経験したことをもとにして、自分の思いどおりに工事を成功裏に導いてやると考えていた。

しかし、工事が進むにつれて自分の経験が通用しない部分が多く、頭を抱え込む日が増えていった。貯槽の上部から水封水圧をかけた状態で、貯槽大空洞の安定性を確保し、作業の安全を確保するにはどうするのか、掘削中といえどもつねに水封機能を確認し、間隙水



波方ブタン/プロパン貯槽にて

圧を維持していくとはどういうことなのか、コンクリートプラグの気密性を確保するにはどうすれば良いのか。そしてそれらの課題をクリアしたうえで、時としてはトレードオフの関係にあるQCDS(品質/コスト/工期/安全/環境)を満足させる必要がある。最初から最後まで自問自答の日々であった。

悩み多き65歳にもようやく春が来た。2012年9月に実施した気密試験の結果、完璧な気密性を保証することができた。施工監理JVの力、そして大林組本社、支店の力を結集した大林組・飛鳥建設・鴻池組共同企業体の人間力が、日本で初めてのプロジェクトをやり遂げたのだ。

これをやってのけた誇り高さ仲間達の顔が浮かぶ。

おわりに

トンネルや地下構造物は、見えない地中や岩盤の中の地質情報や計測データからの情報を頼りに、

施工中に見える情報を組合せて、そのつど、そのつど、飽きることなく分析・評価していくことが大切である。そこには自分の経験だけでは不足することが多いので、できるだけ多くの人の意見を聞くことも大切である。

迷いながら、悩みながらも「いつも元気に朗らかに、互いに仲良く協力し」、人の和を大切に、前進し続けられればきっと解決できることばかりである。

42年間に及ぶ大林組人生において12都道府県、14現場と1本所で働かせていただいた。

岩盤、土砂、砂山、矢板、NATM、開削、レール、タイヤ、人力、機械、発破、大断面、小断面、斜坑、立坑……とあらゆることを経験してきたが、常に支えてくれたのは仲間たちとその道のプロである坑夫さんたちであった。

最前線で危険と隣り合わせ、朝早くから夜遅くまでがんばっていた、肝の太い誇り高さ仲間たちと坑夫さんたちに乾杯！

解説

文献紹介

特集/環境保全のための遮水工法, 基礎工, Vol.41, No.7, 2013.7.

特集/ここまで進化した推進技術, 月刊推進技術, Vol.27, No.7, 2013.7.

特集/下水道トンネル工事のPR, 月刊下水道, Vol.36, No.9, 2013.8.

中神陽一: 中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故に関する調査・検討委員会報告書の概要, 天井板落下原因の把握と再発防止策について, 道路, No.869, 2013.8.

永井隆吉: 住宅公団が山岳トンネルで土木学会賞受賞, 多摩ニュータウン<三沢川分水路事業>, あの日, あの時, あの仕事, 土木施工, Vol.68, No.8, 2013.8.

特集/最近の地盤探査とその応用, 基礎工, Vol.41, No.9, 2013.9.

大島洋志: 歴史と経験の両方に学ぶことの必要性, あの日, あの時, あの仕事, 土木技術, Vol.68, No.9, 2013.9.

大津敏郎: 高速道路トンネル技術の変遷, 特集/高速道路開通50年一名神から新名神へー, 基礎工, Vol.41, No.10, 2013.10.

前島俊雄: 地下構造物・大規模地下空間のモニタリング, 土木学会誌, Vol.98, No.11, 2013.11.

特集/推進工事における安全確保のための施策, 月刊推進技術, Vol.27, No.12, 2013.12.

特集/泥土低減型ソイルセメント柱列壁工法, 建設機械, Vol.49, No.12, 2013.12.

研究・開発

石井敏之・森本克秀・川西健之: コンクリート表面処理

技術の開発, 壁・柱部を対象としたウォータージェット表面処理機, 建設機械, Vol.49, No.7, 2013.7.

森康雄・山田一宏・安藤重裕・赤坂哲司・齋藤孝志・高嶋展浩: 効率的な目地注入システム「目地じょうず」, 建設機械, Vol.49, No.7, 2013.7.

本田泰大・渡辺充敏: トンネル発破低周波音消音器, プラストサイレンサー®, 建設機械施工, Vol.65, No.7, 2013.7.

佐伯徹: 新名神大阪西管内における水環境保全対策検討, 箕面トンネル(仮称)での検討事例, 特集/高速道路開通50年一名神から新名神へー, 基礎工, Vol.41, No.10, 2013.10.

石井武司・齋藤邦夫: 連続地中壁の施工時における隅角部溝壁の安定評価法, 建設機械, Vol.49, No.11, 2013.11.

施工

飯田徳章: 相模川右岸幹線水路の戸室隧道における改修工事事例, 水土の知, Vol.81, No.7, 2013.7.

特集/管路再構築時代に求められている「改築更新技術」とは, 月刊推進技術, Vol.27, No.8, 2013.8.

大塚勇: トルコ150年の夢 今叶う, 土木技術, Vol.68, No.9, 2013.9.

特集/基盤整備事業の管路築造における推進工法の動向, 月刊推進技術, Vol.27, No.9, 2013.9.

特集/排土排泥処理の現状, 減量化と再利用, 月刊推進技術, Vol.27, No.10, 2013.10.

特集/特殊条件下での発進と到達, 月刊推進技術, Vol.27, No.11, 2013.11.

河野賢: NATM工法による水路トンネル工事における支保タイプ判定事例, 農村振興, No.768, 2013.12.

特集/掘る(都市編), 土木技術, Vol.69, No.1, 2014.1.

特集/トルコ150年の夢, アジアとヨーロッパを結ぶ海峡横断鉄道トンネル, 基礎工, Vol.42, No.1, 2014.1.

建設工事の地質診断と処方

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



〒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

報告

自然由来の重金属を含むずりの処理対策に関する文献調査

JTA技術委員会安全環境小委員会自然由来重金属文献調査ワーキング

表-1 委員名簿

区分	氏名	所属
主査	津金 昭一	(独)鉄道・運輸機構
委員	北村 元	(株)高速道路総合技術研究所
委員	角川 順洋	東京電力(株)
委員	岡野 法之	(公財)鉄道総合技術研究所
委員	小泉 直人	佐藤工業(株)
委員	佐溝 時彦	大日本土木(株)
委員*	長崎昭一郎	鉄建建設(株)
委員	太田原利信	鉄建建設(株)
委員	加藤 彰	戸田建設(株)
委員*	廣田 修	(株)フジタ
委員	浅田 浩章	(株)フジタ

9月現在, *: 途中交代委員を示す

1 はじめに

(一社)日本トンネル技術協会技術委員会安全環境小委員会では, トンネルに関する安全と環境問題について多くの問題に対応し, その成果を会員に広報している。

平成22(2014)年4月に改正土壌汚染対策法(以下, 「改正土対法」と略す)が施工され, 「自然的原因により有害物質が含まれる土壌」が, 法の規制を受けることとなり, その対応が必要となった。

このような状況を鑑み, 本小委員会では, 近年, クローズアップされている自然由来の重金属を含むトンネルずり処理について文献などを収集・整理することとした。本成果品が工事や自身の技術の習得に役立てていただければ幸いです。

本稿は, その成果の概要を紹介するものである。なお, 報告書は本協会で, 会員を対象として全文を閲覧できるようにしているのので, 活用していただきたい。閲覧希望者はJTA事務局にご連絡願います。

2 調査目的

自然由来の重金属を含むトンネルずり処理は, トンネルの置かれている条件, 重金属の種類により, その具体的な処理方法や対策は多様である。そこで, これまでの自然由来の重金属を含むト

3 調査方法

調査は, 日本トンネル技術協会の主な発注機関と団体会員を中心にアンケート調査方式で文献収集を実施した。また, 並行してWEBサイトなどを利用してデータの収集に努めた。なお, 調査対象期間を2001(平成13)~2012(平成24)年までとした。

4 調査結果

文献収集結果は, マニュアル関係8件, 調査研究関係15件, 工事報告関係38件, 合計61件を収集した。自然由来の重金属の処理方法について当初

は数多くの現場で、施工前調査、施工中の調査や判定方法、処理方法ならびにモニタリングを実施し、公表していることを期待していたが、公表し

ている資料が想定より少ない状況であった。人の健康にもかかわる重金属の対応であるがゆえに、多くの情報を共有することが大切であると考え

表-2 文献リスト(マニュアル関係)

整理No.	論文タイトル	出典(文献名)/発行所	発行年	備考・URL
A-001	建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(暫定版)	建設工事における自然由来重金属等含有土砂への対応マニュアル検討委員会/国土交通省	2010 平成22年3月	HP掲載あり
A-002	建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(資料編)	建設工事における自然由来重金属等含有土砂への対応マニュアル検討委員会/国土交通省	2010 平成22年3月	HP掲載あり
A-003	廃棄物混じり土への対応方策検討業務報告書	(財)土木研究センター	2008 平成20年3月	HP掲載あり
A-004	自然由来汚染土壌に係る取扱い	北海道/北海道	2007 平成19年12月	—
A-005	道道西野真駒内清田線(こばやし峠) トンネル掘削ずり適正処理指針(案)	札幌市建設局土木部/札幌市	2010 平成22年3月	HP掲載あり
A-006	札幌市における自然由来重金属を含む建設発生土の取扱いのあり方について(答申)	札幌市自然由来重金属検討委員会/札幌市	2010 平成22年3月	HP掲載あり
A-007	日本海沿岸東北自動車道 大館～小坂間トンネル掘削土判定・処理・管理マニュアル	国土交通省能代河川国道事務所	2009 平成21年3月	—
A-008	新東名高速道路 豊田工事事務所管内 土工設計・施工マニュアル 黄鉄鉱対策編	中日本高速道路(株)豊田工事事務所	2011 平成23年9月	—

表-3 文献リスト(調査研究関係)

整理No.	論文タイトル	出典(文献名)/発行所	発行年月	掲載ページ	備考・URL
B-001	ずり処理入門(10) 掘削ずりの活用と処理・重金属(1)	トンネルと地下/土木工学社	2010 平成22年10月	pp.63-73	—
B-002	ずり処理入門(11) 掘削ずりの活用と処理・重金属(2)	トンネルと地下/土木工学社	2010 平成22年11月	pp.67-74	—
B-003	ずり処理入門(12) 掘削ずりの活用と処理・重金属(3)	トンネルと地下/土木工学社	2010 平成22年12月	pp.63-73	—
B-004	トンネル技術者のための応用地質学入門(15)第III編 地質調査法(7)	トンネルと地下/土木工学社	2000 平成12年5月	pp.77-84	—
B-005	重金属汚染土壌の簡易法分析に関する検討	土木学会年講・講演要集/土木学会	2009 平成21年	VI-36864-VI	HP掲載あり
B-006	黄鉄鉱含有土壌の簡易分析・判定方法	第62回年次学術講演会, 講演要集/土木学会	2007 平成19年	pp.663-664	—
B-007	酸性水発生の前予測手法—簡易pH試験—	第65回年次学術講演会, 講演要集/土木学会	2010 平成22年9月	pp.529-530	HP掲載あり
B-008	有害重金属類を含むトンネル掘削土砂の有害性判別を目的とした迅速法現場試験の考案と適用事例	地盤工学研究発表会・講演集/地盤工学会	2006 平成18年7月	pp.2363-2364	—
B-009	自然由来の重金属高含有岩盤掘削ずり埋立に対する周辺粘性土の含水材としての利用可能性	土と基礎/地盤工学会	2004 平成16年9月	pp.22-24	—
B-010	自然由来の重金属を含むずりの処理技術に関する研究	技術研究年報/奥村組	2009 平成21年7月	pp.77-82	—
B-011	石膏粉を用いた自然的原因による水路トンネルずりに含有する重金属(ヒ素)の不溶化実験とその処理法に関する一事例	平成22年度全国優秀技術発表会/農業農村工学会	2011 平成23年	—	HP掲載あり
B-012	自然由来の重金属等に係る調査及び対策について	地球環境/国際環境研究協会	2010 平成22年1月	pp.23-30	HP掲載あり
B-013	トンネル工事で発生する重金属等含有掘削土砂対策について	平成19年度国土交通省/国土技術研究会:自由課題(一般部門)/国土交通省	2007 平成19年10月	—	HP掲載あり
B-014	自然地盤中の重金属による環境への影響を評価する	RRR/鉄道総合技術研究所	2012 平成24年7月	pp.20-23	HP掲載あり
B-015	改訂 現場技術者のための重金属を含むずり処理に関するQ&A	ジェオフロンテ研究会	2013 平成25年3月	—	—

表-4 文献リスト(工事報告関係, その1)

整理No.	トンネル名	地域	論文タイトル	出典(文献名)	発行年	掲載ページ	備考・URL
C-001	下白滝	北海道	重金属を含んだ掘削土の処理方法について	第56回施工体験発表会(山岳)テキスト/日本トンネル技術協会	2005 平成17年12月	pp.89-96	—
C-002	中越	北海道(旭川)	旭川紋別自動車道 中越トンネル工事現場報告	トンネル研究委員会会報/北海道土木技術会	2004 平成16年	pp.13-16	—
C-003	中越	北海道(旭川)	中越トンネル工事におけるヒ素含有地盤対策事例	資源・素材2005(室蘭)/資源・素材学会	2005 平成17年9月	C2-3-18 16:08	—
C-004	中越	北海道(旭川)	自然的原因による有害物質を含むトンネル掘削土の土捨場管理について	ジオンセティック技術情報/国際ジオンセティックス学会日本支部	2005 平成17年11月	pp.12-17	HP掲載あり
C-005	中越	北海道(旭川)	自然由来のヒ素を含むトンネル掘削土の環境対策事例	地盤工学研究発表会・講演集/地盤工学会	2005 平成17年	pp.2609-2610	—
C-006	中越他	北海道(旭川)	トンネル掘削土の汚染評価と対策技術	トンネル研究委員会2007年トンネル技術研究発表会報文集/北海道土木技術会	2007 平成17年	pp.15-22	—
C-007	幌延立坑	北海道(幌延)	管理型掘削土(ズリ)の酸性・中和現象と今後の課題	第65回年次学術講演会, 講演要集/土木学会	2009 平成22年9月	pp.1079-1080	HP掲載あり
C-008	幌延立坑	北海道(幌延)	管理型掘削土(ズリ)のズリ置場における性状変化の現状 幌延立坑	第65回年次学術講演会, 講演要集/土木学会	2009 平成22年9月	pp.1081-1082	—
C-009	馬追	北海道(札幌)	自然的原因による重金属含有ズリに対する不溶化剤配合試験計画と試験結果	第66回年次学術講演会/土木学会	2011 平成23年	pp.187-188	—
C-010	青葉	北海道(室蘭)	一般国道230号蛇田町青葉トンネル(仮称)の施工について	トンネル研究委員会2004年トンネル技術研究発表会報文集/北海道土木技術会	2004 平成16年	pp.83-92	—
C-011	青葉	北海道(室蘭)	火山地帯における重金属含有ずりの処理実績	第56回施工体験発表会(山岳)テキスト/日本トンネル技術協会	2005 平成17年12月	pp.57-64	—
C-012	オロフレ	北海道(室蘭)	オロフレトンネルの設計施工—鉦化変質帯のトンネル施工例	土と基礎/地盤工学会	1989 平成元年9月	pp.101-104	HP掲載あり
C-013	三豊	北海道(室蘭)	トンネル掘削に伴う重金属含有土の処理	第56回施工体験発表会(山岳)テキスト/日本トンネル技術協会	2005 平成17年12月	pp.97-104	—
C-014	兜	北海道(小樽)	自然由来重金属含有土砂に対する汚染対策について—近年の動向と旧トンネルを利用した遮水シートの施工事例—	北海道開発技術研究発表会	2006 平成18年	—	—
C-015	新川波	北海道(函館)	道々函館南茅部線道路改良(新川波トンネル)工事	トンネル研究委員会会報/北海道土木技術会	2004 平成16年	pp.17-20	—
C-016	八甲田	青森県	八甲田トンネルの掘削近況と鉦化ずりの管理手法	トンネルと地下/土木工学社	2003 平成15年11月	pp.7-14	—
C-017	八甲田	青森県	東北新幹線八甲田トンネルが全貫通	トンネルと地下/土木工学社	2005 平成17年6月	pp.7-15	—
C-018	八甲田(折紙工区)	青森県	多量湧水を伴う鉦化帯の施工	第56回施工体験発表会(山岳)テキスト/日本トンネル技術協会	2005 平成17年12月	pp.33-40	—
C-019	八甲田	青森県	八甲田トンネルで発生する鉦化変質帯の環境対策	第56回施工体験発表会(山岳)テキスト/日本トンネル技術協会	2005 平成17年12月	pp.41-48	—
C-020	八甲田	青森県	八甲田トンネルにおける掘削土の酸性水溶出に関する判定手法の評価	応用地質	2007 平成19年6月	pp.323-336	—
C-021	八甲田	青森県	重金属などを含む掘削土の分別処理方法	トンネルと地下/土木工学社	2008 平成20年10月	pp.51-61	—
C-022	亀田山	秋田・青森	旧鉱山地域におけるトンネル工事について—東北自動車道亀田山トンネル—	日本道路公団技術情報/日本道路公団	1985 昭和60年4月	pp.80-85	—
C-023	亀田山	秋田・青森	東北自動車道・亀田山トンネルの鉦山廃坑・重金属対策	日本道路公団技術情報/日本道路公団	1986 昭和61年2月	pp.101-105	—
C-024	雪沢第2	秋田県	自然的原因により重金属等が溶出する堆積岩のトンネル掘削土処理	第61回年次学術講演会, 講演要集/土木学会	2006 平成18年9月	pp.569-570	—

表-4 文献リスト(工事報告関係, その2)

整理No.	トンネル名	地域	論文タイトル	出典(文献名)	発行年	掲載ページ	備考・URL
C-025	雪沢第2	秋田県	自然的原因により重金属等を溶出するトンネル掘削土判定と処理—日本海沿岸東北自動車道 大館～小坂 雪沢第二トンネル—	応用地質	2007 平成19年6月	pp.346-353	—
C-026	仙台地下鉄	宮城県	地下鉄建設工事における重金属を含む海成泥岩の対策について	環境地盤工学シンポジウム/地盤工学会	2009 平成21年7月	pp.197-202	—
C-027	仙台地下鉄	宮城県	自然由来の重金属を含む建設発生土の処理と対策—仙台市地下鉄東西線—	トンネルと地下/土木工学社	2010 平成22年1月	pp.29-39	—
C-028	甲子	福島県	トンネル掘削に伴う重金属を含んだ変質岩および地下水の処理計画とこれまでの実績について	第59回年次学術講演会, 講演概要集/土木学会	2004 平成16年9月	pp.787-789	HP掲載あり
C-029	甲子(下郷)	福島県	甲子トンネル下郷工区工事(福島県)有害な掘削岩を道路に封じ込める	日経コンストラクション	2005 平成17年2月	pp.62-67	—
C-030	甲子	福島県	重金属と突発湧水への対応—国道289号甲子トンネル—	トンネルと地下/土木工学社	2006 平成18年11月	pp.15-23	—
C-031	横浜横須賀道路	神奈川県	自然由来による汚染土壌の道路盛土への適用	土木学会年講・講演概要集/土木学会	2010 平成22年9月	III-268	HP掲載あり
C-032	額田	愛知県	新東名高速道路建設における重金属及び黄鉄鉱を含む片麻岩の対策盛土と施工	土と基礎	2012 平成24年7月	pp.10-13	—
C-033	額田	愛知県	新東名高速道路建設における重金属含有土対策	第24回中部地盤工学シンポジウム	2012 平成24年8月	pp.139-146	—
C-034	堅神工区	三重県	掘削ずりにヒ素と黄鉄鉱を含むトンネルの施工	第70回施工体験発表会(山岳)テクニスト/日本トンネル技術協会	2012 平成24年6月	pp.55-62	—
C-035	河内工区	三重県	トンネル工事における自然由来重金属含有掘削ずりの管理—第二伊勢道路2号トンネル河内工区—	建設の施工企画/日本建設機械施工協会	平成24年12月	pp.51-58	—
C-036	川登	愛媛県	トンネル工事における有害物質を含む建設副産物の適切な処理—(国)379号川登トンネル建設工事(H17-H19)における自然由来の重金属対策について—	月刊建設/全日本建設技術協会	2007 平成19年10月	pp.15-17	—
C-037	川登	愛媛県	重金属類の土壌汚染に配慮した道路トンネルの調査・施工例	四国の地盤災害・地盤環境に関するシンポジウム	2007 平成19年	不明	—
C-038	唐八景	長崎県	熱水変質によるトンネル地山の酸性化と対策	トンネル工学報告集第19巻/土木学会	2009 平成21年11月	pp.73-80	—

以下に、今回収集した文献などについて、4-1節ではマニュアル関係、調査研究関係、工事報告関係の3つの区分ごとに文献リストを示す。また、工事報告関連の調査から得られた結果から、4-2節では、重金属の分布、4-3節では、ずり処理の最終処分場所を紹介する。

4-1 文献リスト

今回収集した文献のリストを表-2~4に示す。

4-2 調査から得られた重金属の分布

日本列島は火山や温泉が広く分布していることから、重金属が生成される環境にある。ここでは、収集された文献が少なく全国の分布を明確に示すことはできないが、本調査における自然由来の重

金属のずり処理を実施したトンネルがどの地域にあるかを以下に示す。

収集された文献のうちトンネル名が明記され、さらに重複を避けた19トンネルを対象に、記載されている主な重金属をトンネルごと、地域ごと、重金属ごとの分布で整理した。

表-5にトンネルとずりに含まれる主な重金属、図-1に工事場所とずりに含まれる主な重金属の種類と累積数、図-2にずりに含まれる主な重金属の比率を示す。

収集された文献では、ずりに含まれている重金属の全国的な分布は、北海道と日本海側の地域に多いことがわかる。また、ずりに含まれている重

表-5 ずりに含まれる主な重金属

トンネル名	場所	ヒ素	鉛	カドミウム	セレン	黄鉄鉱	水銀	銅	亜鉛	フッ素	硫黄	ホウ素	鉄	硫化鉄	六価クロム	マンガン	計
下白滝 T	網走	1	1														2
中越 T	旭川	1												1			2
幌延	幌延	1				1						1					3
馬追 T	札幌	1															1
青葉 T	室蘭	1	1	1			1										4
オロフレ T	室蘭	1	1	1				1	1		1		1				7
三豊 T	室蘭	1			1												2
兜 T	小樽	1	1							1							3
新川波 T	函館		1														1
八甲田 T	青森	1	1	1	1			1	1								6
亀田山 T	秋田・青森	1	1	1			1	1	1		1		1			1	9
雪沢第2 T	秋田	1			1												2
仙台地下鉄	宮城	1		1						1							3
甲子 T	福島	1	1	1	1												4
横須賀道路 T	神奈川	1															1
額田 T	愛知	1				1											2
第二伊勢2号	三重	1				1											2
川登 T	愛媛	1															1
唐八景 T	長崎					1											1
計(19)		17	8	6	4	4	2	3	3	2	2	1	2	1	0	1	56

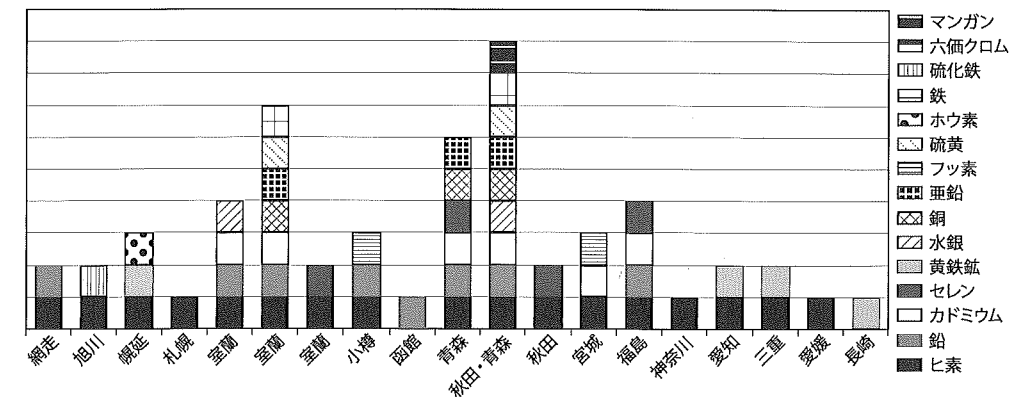


図-1 工事場所とずりに含まれる主な重金属

金属は多岐にわたるが、ヒ素、鉛、カドミウム、セレン、黄鉄鉱の順となっている。このうちヒ素が、もっとも多く、19トンネル中17トンネルで対策が行われている。

4-3 ずり処理の最終処分場所

ここでは、工事報告の文献から得られた処理方法について集計整理したので、紹介する。

収集された文献から19トンネルを対象に、記載

されている15トンネルのずり処理の最終処分場所を抽出し、表-6にずりの最終処分方法と場所を表-6を比率で示したものを図-3に示す。

15トンネルのうち、道路に供されているトンネルが13件(87%)であり、道路盛土や盛土に活用されていると想定したが、現場の条件により、管理型の処分場を利用しているケースも多い状況である。

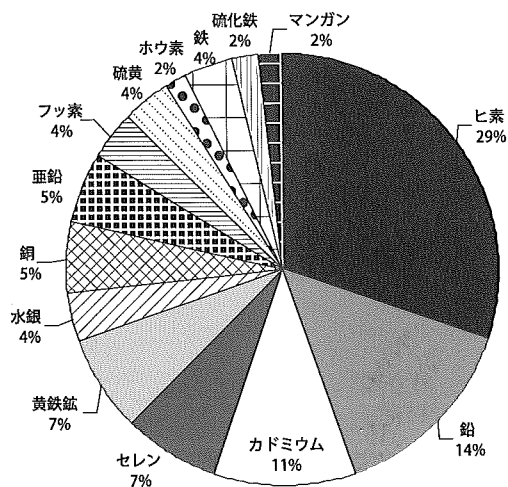


図-2 ずりに含まれる主な重金属

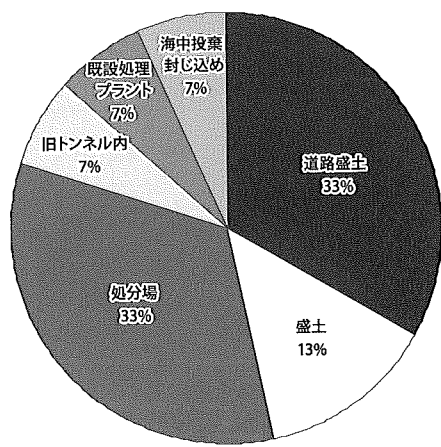


図-3 ずりの最終処分場所

表-6 ずりの最終処分方法と場所

トンネル名	用途	場所	道路盛土	盛土	処分場	旧トンネル内	既設処理プラント	海中投棄封じ込め	備考
下白滝 T	高速道路	網走	1						管理型・道路盛土, 遮水シート
中越 T	高速道路	旭川	1						管理型・道路盛土, 遮水シート
兜 T	国道	小樽				1			管理型・旧トンネル内, 遮水シート
青葉 T	国道	室蘭			1				管理型・処分場, 遮水シート(二重)
オロフレ T	地方道	室蘭	1						管理型・道路盛土, 遮水シート
三豊 T	国道	室蘭			1				管理型・処分場, 遮水シート(二重)
八甲田 T	新幹線	青森			1				管理型・処分場, 遮水シート, 仮設クローズド型
亀田山 T	高速道路	秋田・青森					1		既設処理プラント・一般残土処分, 土壌浄化
雪沢第2 T	高速道路	秋田		1					管理型・盛土, 遮水シート
仙台地下鉄	地下鉄	宮城		1					管理型・盛土, 遮水シート, 森林復旧盛土
甲子 T	国道	福島	1						管理型・道路盛土, 遮水シート(二重)
額田 T	高速道路	愛知	1						管理型・道路盛土, 遮水シート(?二重)
第二伊勢2号	国道	三重			1				管理型・処分場
川登 T	国道	愛媛			1				管理型・処分場
唐八景 T	地方道	長崎						1	海中投棄封じ込め, 一般土で封じ込め, 干潮時投棄・一般土被覆
計(15)			5	2	5	1	1	1	

5 おわりに

最後に、文献調査にご協力いただいた会員各位ならびに整理、分析していただいた委員各位に感

謝するとともに、本事例調査報告書が、今後の類似の工事をするうえで、参考になればと考えている。

(文責：津金昭一)

連載講座

トンネルにおける地下水対策(最終回)

—地下構造物が地下水へ与える影響—

「地下水対策」連載講座小委員会

① はじめに

地下高速道路、地下鉄道など延長の長い地下構造物が地下水の流れのある場所に建設されると、施工時に設置される土留め壁や構造物本体により地下水の流れが遮断され地下水水位が変動する。地下水水位の変動がさまざまな地下水・地盤環境への影響を誘起する可能性があり、実際の現場においてこのような現象が顕在化し、マスコミなどに取り上げられるケースが増加している。これを地下構造物による地下水流動阻害と呼ぶ。

この影響は地下構造物の建設時のみならず構造物完成後も半永久的に継続するもので、トンネルなどの地下構造物が地下水へ与える影響として設計・施工時に留意すべき事象である。

本稿では地下水流動阻害により発生する環境影響としてどのようなものがあるか、どのような条件で大きな地下水水位変動が発生するかなどを概説する。また、この対策としてどのような方法がとられているかを論じたのち、実際の現場での事例を紹介する。

② 地下水流動阻害による環境影響

2-1 水位変動により発生する環境影響

トンネルなど地下構造物の建設とこれによる地下水流動阻害発生状況をイメージ図として図-1に示す。地下水の流れのある場所に地下水の流れを遮断するようなかたちで地下構造物が建設され

ると、地下構造物が地下ダムのような機能を果たし、上流側で地下水水位が上昇、下流側で地下水水位が低下する。地下水水位の変化は上流側(上昇)、下流側(低下)でそれぞれ図-1や表-1に示すような環境影響として顕在化することが考えられる。

2-1-1 上流側での環境影響

上流側では地下水水位が上昇し、地下水は量的に増加する方向であるため地下水利用面での影響は小さい。しかし、流れていた地下水が滞留することによる地下水質の低下、地下水流動経路や流動方向の変化による汚染物質の拡散などといった影響が発生する可能性がある。

地下水水位上昇による懸念事象として、液状化危険度の増大、地盤の湿潤化、既存の地下構造物への漏水量の増加や地下構造物の浮き上がりなどといった地盤・構造物への影響が考えられる。また、自然環境や動植物への影響としては地下水水位の上昇による樹木の根腐れの事例が報告されている。

2-1-2 下流側での環境影響

下流側では地下水水位が低下するため、地下水の量的減少が想定される。地下水利用面では井戸枯れ、水田の減水深増加、海岸近傍での地下水塩水化などが想定される。地盤環境への影響としては圧密沈下により建物が傾くなどの被害が表れる。井戸枯れや圧密沈下の発生により地下水流動阻害の問題が顕在化することが多い。

自然環境や動植物への影響としては樹木の枯死、湧水の枯渇などといった現象として表れやすい。

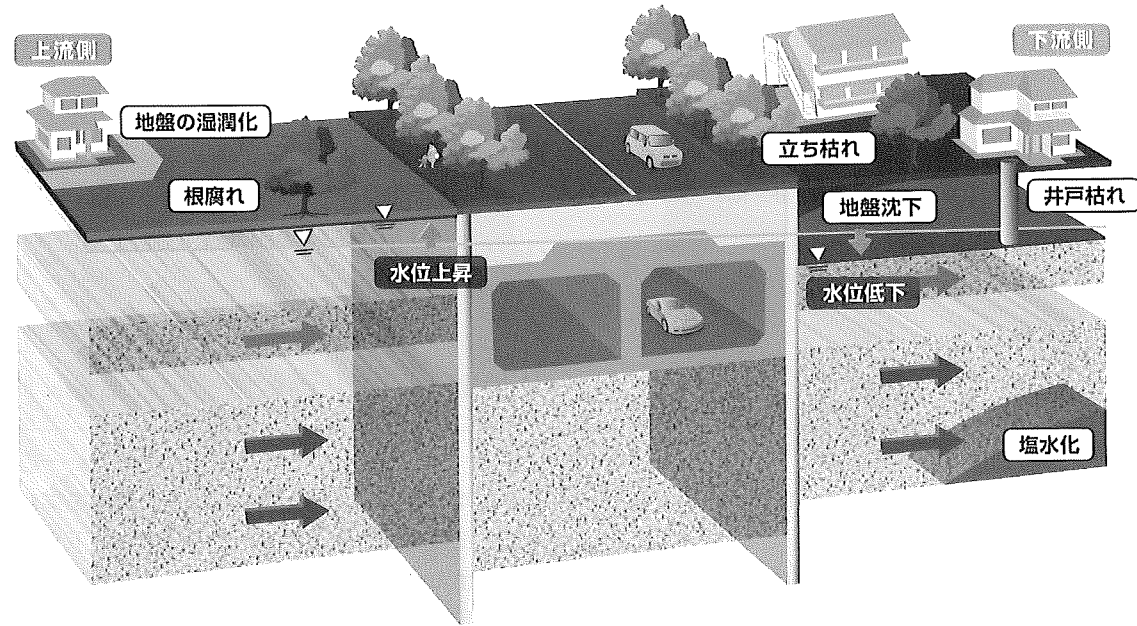


図-1 地下水流動阻害現象のイメージ図¹⁾

表-1 地下水流動阻害による環境影響²⁾を修正

	上流側(水位上昇)	下流側(水位低下)	
地下水利用面への影響	水量変化	・増加	・井戸枯れ ・水田減水深増加
	水質変化	・滞留 ・汚染物質拡散	・塩水化 ・酸化
地盤・構造物への影響	地盤	・液状化危険度増大 ・地盤の湿潤化 ・凍上と融解時の沈下 ・水浸沈下(コラップス)	・圧密沈下 ・地表の乾燥化
	構造物	・構造物浮上り ・構造物への漏水増大	・ネガティブフリクション ・杭の腐食 ・地中埋蔵文化財への影響
自然環境・動植物生態系への影響	自然環境	・湖沼、池の氾濫 ・地表の気象変化	・湧水枯渇 ・河川、湖沼の減水 ・地表の気象変化
	動植物生態系	・根腐れ	・植物の枯死 ・水生生物、水生植物への影響

これらの現象は広く一般の人々に目につきやすいため、大きな社会問題となるケースが多い。

2-2 トンネル建設による水位変動量予測

地下構造物を建設したとき、どの程度の地下水位変動が発生するかを予測することは、路線計画や地下化の可否など概略設計の段階から把握しておきたい。精度の高い設計においては有限要素法などによる浸透流解析を実施して流動阻害の影響

を評価すべきであるが、概略検討の段階では簡便な方法により水位変動量を概算できることが望まれる。

図-2のような条件で地下構造物を建設したときの地下水位変動量算定式として式(1)が提案されている²⁾。

$$s_c = I \frac{L}{2} \sin \theta \quad (1)$$

ここに、 s_c ：構造物建設時の地下水位変動量(上流側地下水位上昇量=下流側地下水位低下量)、 I ：自然状態での地下水動水勾配、 L ：建設する地下構造物の長さ、 θ ：地下水流動方向と構造物縦断方向のなす角。

式(1)は構造物が帯水層を深さ方向に完全に遮断する場合に適用できる。ここに示すように非常に簡単な式により地下構造物の建設による地下水位変動量を概算することができる。

式(1)から明らかなように地下水動水勾配が大きいほど、構造物延長が長いほど、地下水流動方

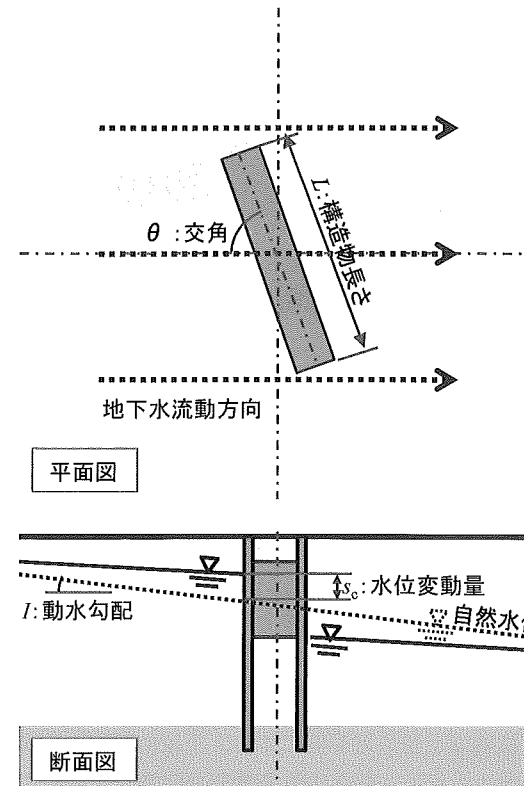


図-2 地下水位変動量の計算モデル²⁾に追加

向と地下構造物の方向が直交に近いほど大きな地下水位変動量となる。

また、地盤の透水性に関するパラメータ(透水係数など)は水位変動量に直接的には影響していない。

例えば、自然動水勾配 $I = 1\% (0.01)$ 、地下構造物延長 $L = 1,000\text{m}$ 、地下水流動方向と構造物は直交 $\theta = 90^\circ$ の場合、地下水位変動量 s_c は、

$$s_c = I \frac{L}{2} \sin \theta = 0.01 \times \frac{1,000}{2} \times \sin 90^\circ = 5\text{m}$$

となる。

2-3 許容地下水位変動量の設定

2-2節に示した方法により地下水位変動量が概算できたとき、この水位変動が許容できるものかどうかを現場ごとに判断し、計画変更や対策の要否を決定しなければならない。つまり、現場条件に応じて許容される地下水位変動量 s_{allow} を設定する必要がある。式(2)の結果になれば計画変更や対策の検討が必要になる。

$$s_c \geq s_{allow} \quad (2)$$

許容地下水位変動量 s_{allow} の設定にあたっては、現場周辺の状況を勘察してどのような環境影響が想定されるかを調査し、地下水位変動量と発生する環境影響との関係性を評価する。

例えば、現場周辺に軟弱な粘性土層が分布し、地下水位低下による圧密沈下が懸念される場合は、軟弱粘性土層の沈下特性を圧密試験などにより求めたうえで地下水位低下量と圧密沈下量の関係性を評価し、沈下量の許容値(許容沈下量)に対応する地下水位低下量を許容地下水位低下量として設定する。

また、複数の環境影響が懸念される場合(例えば、圧密沈下と井戸枯れ)は、両者に対する許容地下水位変動量を求めたうえで、厳しい方の値を許容水位変動量として設定する。

③ 地下水流動保全対策

これまでの検討により許容地下水位変動量より大きな地下水位変動量の発生が想定された場合、以下のような対応が考えられる。

- ① 路線変更や構造物の地上化など大幅な計画の見直しを行い、地下水流動阻害の影響を回避する。
- ② 地下構造物に地下水の流れを維持できる仕組みを装備し、地下水位変動の影響を許容値以下に抑制する。
- ③ 許容値以上の地下水位変動の発生を許容し、発生する環境影響を補償する。

ここでは、大幅な計画の変更をすることなく、地下水環境を維持する②の対応について概説する。構造物建設後も地下水の流れを維持するための対策という意味で地下水流動保全対策と呼ぶ。

3-1 基本的な考え方

地下水流動保全対策の概要を図-3に示す。構造物の上流側に地下水を集める集水設備、構造物の下流側に地下水を地盤に戻す復水設備を設置する。集水設備と復水設備の間の構造物部にはパイプなどの通水設備を設置し、両者を連結することにより地下水の流れを確保する。

3-2 地下水流動保全対策の種類と特徴

前述のように地下水流動保全対策は、①集水・復水部、②通水部によって構成される。さまざまなタイプの対策が考えられている。現場の状況に応じて適切な対策を選定、組合せて適用する。

3-2-1 集水・復水部

地盤から地下水を取り入れ(集水)、再度、地盤に地下水を戻す(復水)役目を果たす部分である。地下水流動保全対策の機能を確実に発揮するためには、この部分の水頭損失を小さくする必要がある。

このために集水・復水部が地盤と接する面積を可能な限り大きくとることが有効である。集水・復水部の構造としてこれまでに実績があるものを図-4および以下に示す。

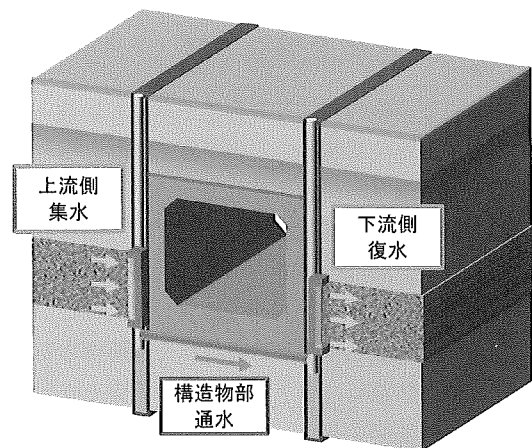


図-3 地下水流動保全対策の概要³⁾

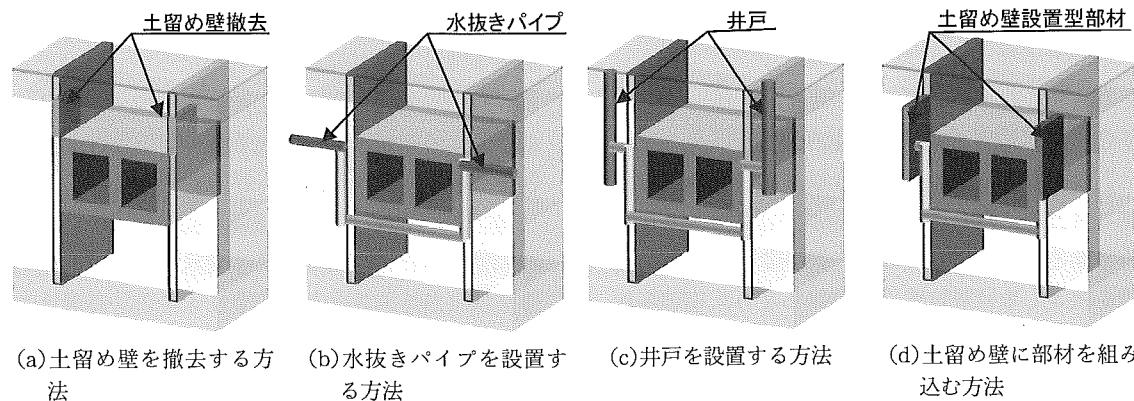


図-4 流動保全対策における集水・復水部の種類²⁾に加筆

(a) 土留め壁を撤去する方法

土留め壁が地下水の流れを遮断する場合、止水壁としての土留め壁の機能が不要になった段階(基本的には躯体構築・埋戻し完了後)で土留め壁を撤去し、地下水の流れを回復する方法。

(b) 水抜きパイプを設置する方法

対象帯水層付近まで掘削が進んだ時点で土留め壁を削孔し、水平方向(あるいは斜め方向)に水抜きパイプを設置し、これを集水・復水設備とする。土留め壁外に水抜きパイプを設置するための用地(地下部分のみ)が必要である。

(c) 井戸を設置する方法

土留め壁の外側に井戸を設置し、これを集水・復水設備とする。井戸は施工期間中、任意の時期に設置することができる。土留め壁外に井戸を設置するための用地が必要である。

(d) 土留め壁に部材を組み込む方法

集水・復水が可能な部材を土留め壁に組み込んだ状態で土留め壁を施工する。土留め壁施工時に設置するため、施工中も流動保全対策として利用することができる反面、事後の追加・変更はできない。土留め壁外に用地が不要というメリットがある。

3-2-2 通水部

集水部と復水部を連結し、上流側から下流側へ地下水を通過させる部分である。元の帯水層に代わる役目を果たす部分である。十分な通水性能を有し、水頭損失が小さいことが望ましい。通水部

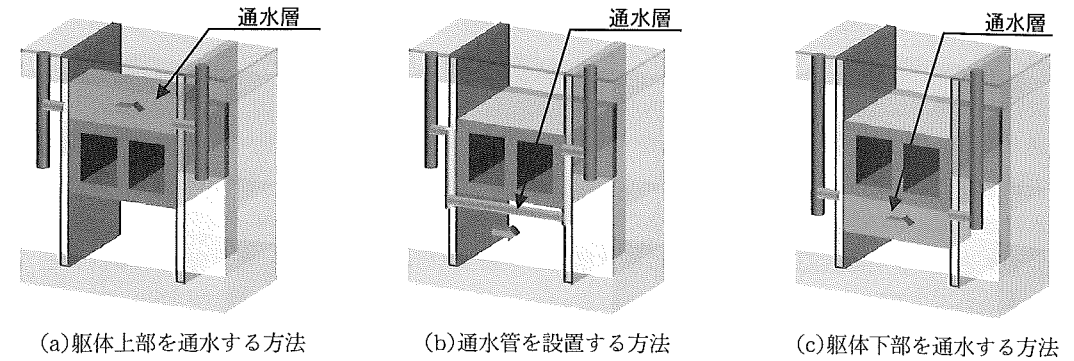


図-5 流動保全対策における通水部の種類²⁾に加筆

としては図-5および以下に示す方法がとられている。

(a) 躯体上部を通水する方法

躯体構築が完了した後、埋戻しを行う躯体上部を通水層とする方法である。一般的に透水性の高い粗粒材料で埋め戻して通水層とする。ただし、全線にわたって透水性の高い材料を埋戻すと、この部分が水みちとなって構造物縦断方向の流れが発生し、本来の地下水流動と異なる状況になる場合があるので注意が必要である。

(b) 通水管を設置する方法

上流側と下流側を連結する通水管により地下水を通水する。パイプの水頭損失はその径を大きくすることにより小さくできる。通水性能を容易に調整することが可能な方法である。

(c) 躯体下部を通水する方法

躯体下部を通水層とする方法である。一般的には通水層を形成するために深掘りすることはないため、自然地盤として堆積する帯水層をそのまま通水層として利用する。通水性能を調整することは困難であり、水頭損失は他の方法に比べて大きくなる。

3-2-3 集水・復水部と通水部の組合せ

集水・復水部と通水部の組合せの適合性および工法の特徴を表-2にまとめる。

土留め壁の撤去により集水・復水部を構成する場合、躯体下部の帯水層あるいは躯体上部の埋戻

表-2 集水・復水部と通水部の組合せと工法の特徴²⁾に加筆

集水・復水部 通水部	(a)土留め壁 撤去	(b)水抜き パイプ	(c)井戸	(d)土留め壁内 部材
(a)躯体上部通水	◎	△	△	△
(b)通水管	○	◎	◎	◎
(c)躯体下部通水	◎	△	△	△
対策工の施工時期	地下工事 完了後	地下工事 期間中	随時	土留め壁 施工時
土留め壁外の用地	不要	要	要	不要
施工時の対策	別途必要	別途必要	仮設通水管にて 兼用可	仮設通水管にて 兼用可

◎：適合性が高く施工事例がある ○：施工事例がある
△：適用可能であるが施工事例はない

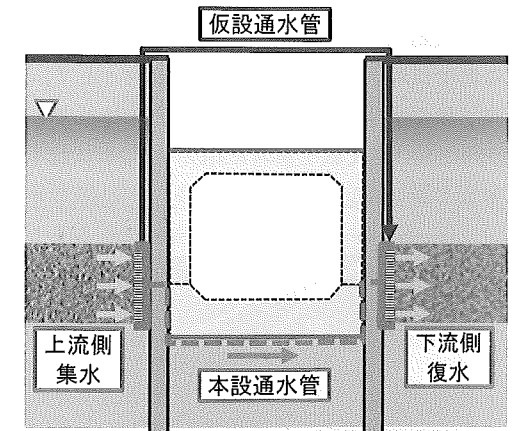


図-6 施工期間中の仮設通水

し層を通水部として利用することが一般的である。これは土留め壁の撤去が躯体構築および埋戻し完了後になるため、通水管との接続が容易でないためである。

一方、水抜きパイプ、井戸、土留め壁内設置部材などを集水・復水部とする場合は、上流側と下

流側を通水管により接続する方法が一般的である。通水管を用いることにより、水抜きパイプや井戸との接続を容易かつ確実に行うことができる。また、通水管は躯体上部・下部の通水層に比べて水頭損失が小さいため効率的な通水が行える。本設の通水管は躯体の下部あるいは上部を通すことが一般的であるため、掘削完了まであるいは躯体構築完了までの工事期間中は図-6に示すように仮設の通水管を用いて通水を行うことがある。仮設通水管を地下水面より高い地表付近に設置する場合は、仮設ポンプを用いた動力通水を行う。

④ 地下水流動保全対策の事例

近年、大都市部においては環状道路をはじめとする種々の長大地下トンネル工事が進められている。

これらの多くは、地下水の流れを遮断する方向に建設されることが多いため、地下水流動阻害の影響が発生しやすい。

このような観点から、地下水流動保全対策の採用事例は増加している。外環自動車道千葉県区間、首都圏中央連絡自動車道埼玉区間などにおいても地下水流動保全対策が計画・施工されている。

ここでは地下水流動保全対策の効果として、施工完了後の水位計測データなどが報告されている2事例について文献を参考に紹介する。

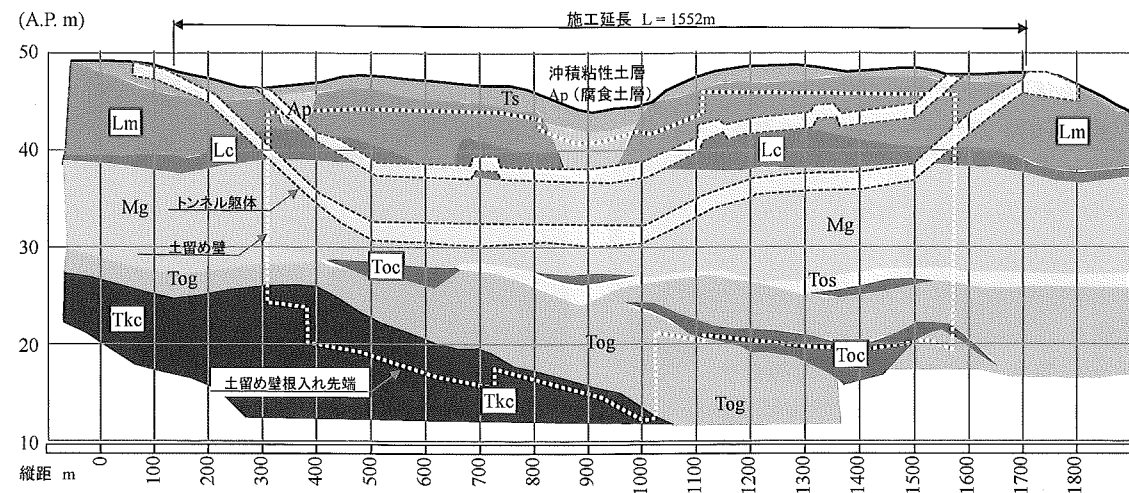


図-7 環八井荻・開削トンネル工事の地盤と工事の概要⁴⁾

4-1 環八井荻・開削トンネル工事⁴⁾

4-1-1 地盤と工事の概要

環状第8号線井荻トンネルは施工延長1,552mの4車線ボックスカルバートを開削工法で構築する工事である。図-7に地盤と工事の概要を示す。

地盤は表層より、ローム層(Lm, Lc)、武蔵野礫層(Mg)、東京層・東京礫層(Tos, Toc, Tog)などから構成されておりMg, Tos, Togなどは透水性の高い帯水層となっている。これらの帯水層の地下水位はA.P.+40m(GL-8m)程度に位置し、西側から東側に向かって流れている。構造物は南北方向に建設されるため、地下水流動方向と構造物はほぼ直交する。

最深部の掘削深さはA.P.+30m(GL-18m)程度であり、施工時の地下水対策として止水性の高い土留め壁(ソイルセメント壁および地中連続壁)がMg, Tos, Togを遮断するかたちで施工された。

4-1-2 地下水流動保全対策の概要

第一期止水性土留め壁の施工が完了した1992年2月末ごろから沖積粘性土(Ap)が堆積する低地部において地盤沈下や区道縁石部の亀裂などが報告され始めた。

設置した観測井の水位から、上流側での地下水位上昇、下流側での地下水位低下が確認され、止水性土留め壁の施工により地下水の流れが遮断されていることが判明した。

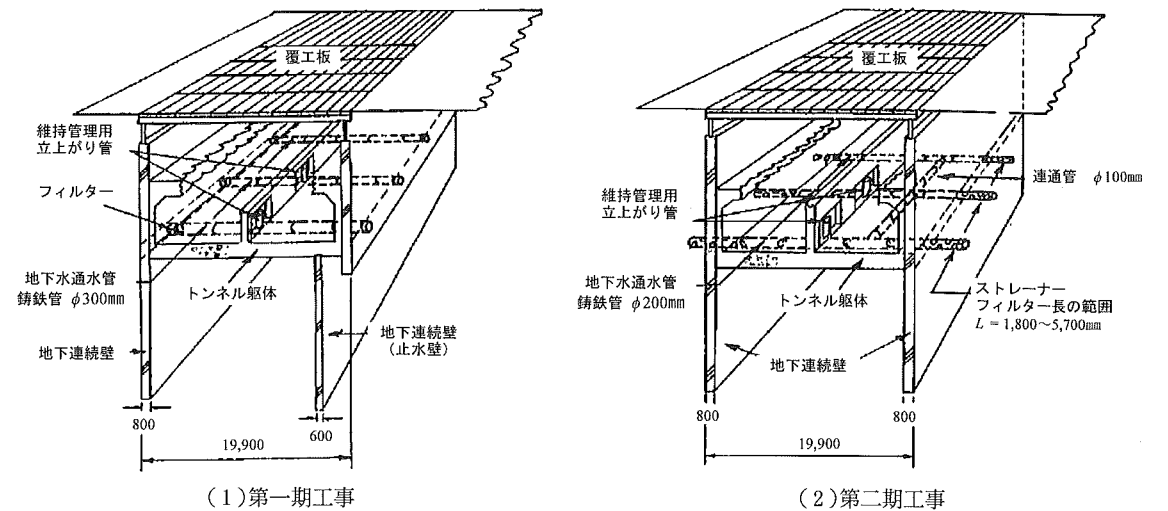


図-8 第一期工事、第二期工事の通水対策の概要⁴⁾

地下水位の変動、地盤沈下の影響を抑制するために地下水流動保全対策が採用されることになった。

(1) 第一期工事での地下水流動保全対策

第一期工事での事象発生後の対策として、トンネル底板コンクリート内に通水管を設置する対策をとった。上流側、下流側の土留め壁をくり抜いて止水弁を取り付けた後、15~30m間隔で設置したφ300mmの通水管に接続した(図-8(1))。設置本数は14本である。

この区間は道路幅が25mと狭く、土留め壁と民有地との離隔に余裕がないため、土留め壁背面側にストレーナ管を設置できず、集水および復水は土留め壁に開けたφ300mmの孔からのみ行われた。

(2) 第二期工事での地下水流動保全対策

第二期工事区間は道路幅が33mあり、民有地との間に余裕があった。そこで、背面地盤にストレーナ管(長さ1.8~5.7m)を水平に設置し、効果的な集水・復水ができる構造とした。また、通水管としてφ200mmの铸铁管を5~12m間隔で設置するとともに、3~4本の通水管を連通管(φ100mm)で相互に連結した(図-8(2))。第二期工事で設置した通水管の本数は52本である。

(3) 斜め通水管による地下水流動保全対策

上記、第一期工事、第二期工事の通水管の効果

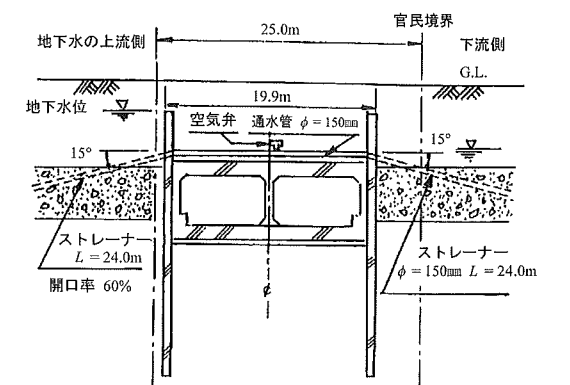


図-9 斜め通水管の設置概要⁴⁾

は十分ではなかった。そこで、地下水の流れがもっとも卓越していると考えられる位置に通水管を増設することにした。

この時点で躯体の構築は完了してしたため、図-9に示すように躯体上床版の上にボーリング機械を設置し、斜め15度下方に長さ24m、内径φ150mmの集水・復水管を設置した。民地下には施工できないため河川沿いに1本、区道沿いに2本の合計3本を設置した。

4-1-3 地下水流動保全対策の効果

工事の経過に伴う上流側および下流側の地下水位変動を図-10に示す。

工事前にはほとんどなかった上下流の水位差が1990年1月より開始された土留め壁の施工にとともに徐々に大きくなった。土留め壁の施工が完了

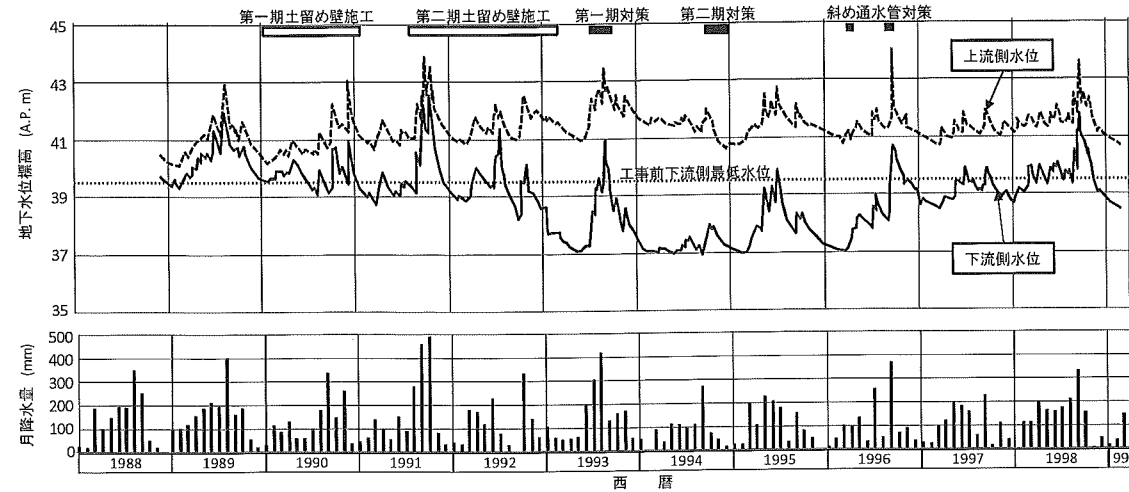


図-10 環八井荻トンネル工事 地下水位経時変化図⁴⁾を参考に作成

した1993年2月の段階では上下流の水位差が4.5m程度になっている。とくに、下流側の地下水位低下が顕著に表れている。

この地下水位の変動をうけ、先に示した流動保全対策を順次実施した。1993年7～9月に実施した第一期対策では十分な効果が認められず、水位差が若干増加する傾向がみられた。1994年9～12月に実施した第二期対策では効果が認められた。上流側の地下水位低下、下流側の地下水位上昇により上下流の水位差は3.4m程度まで減少した。

さらに1996年4～9月に実施した斜め通水管による対策はさらに顕著な効果を示した。斜め通水管の設置により、下流側の地下水位が1.5m程度上昇し、上下流の水位差は2m程度まで減少した。

上記のように土留め壁に孔をあけるだけの第一期対策では十分な効果が得られず、長いストレーナー管を設置した第二期対策、斜め通水管対策では効果がみられた。とくに、水みちを狙って設置した斜め通水管の効果は大きかった。

4-2 JR仙石線仙台地区地下化工事⁵⁾

4-2-1 地盤と工事の概要

JR仙石線仙台地区地下化工事は約3.9km区間を開削工法により施工した。地盤と工事の概要を図-11に示す。

地表付近は表土とローム、その下位に第四紀の河岸段丘(砂礫層)、さらにその下位に凝灰岩層が

分布している。河岸段丘はこの地区の主たる帯水層で透水係数が 10^{-2} cm/sオーダーである。地下水位は地形に沿うかたちで地表面下数mに位置する。地下水は地下化ルートを横断するかたちで北西から南東に向かって流れている。

開削工法の土留め壁として地下水位の比較的低い始点側は親杭横矢板、地下水位の高い区間は止水性のソイルセメント柱列壁を用いた。止水性の土留め壁を採用する区間について地下水流動阻害の影響を浸透流解析により評価した結果、最大8m程度の水位変動が発生することが予測されたため、地下水流動保全対策をとることとした。

4-2-2 地下水流動保全対策の概要

本現場における地下水流動保全対策は、構造物と遮断される帯水層との深さ関係から2通りの工法とした。

(1) 函体上部の土かぶり大きい断面

土かぶり大きい区間においては、確実性・経済性・施工性などの観点から図-12に示す土留め壁の撤去と、高透水性材料を埋戻した通水層による対策とした。浸透流解析の結果より、埋戻しに透水係数 1.7×10^{-1} cm/s以上の材料を用いること、土留め壁の撤去率として10%程度を確保することなどを決定した。

埋戻し材としてはクラッシュランC-40を採用した。

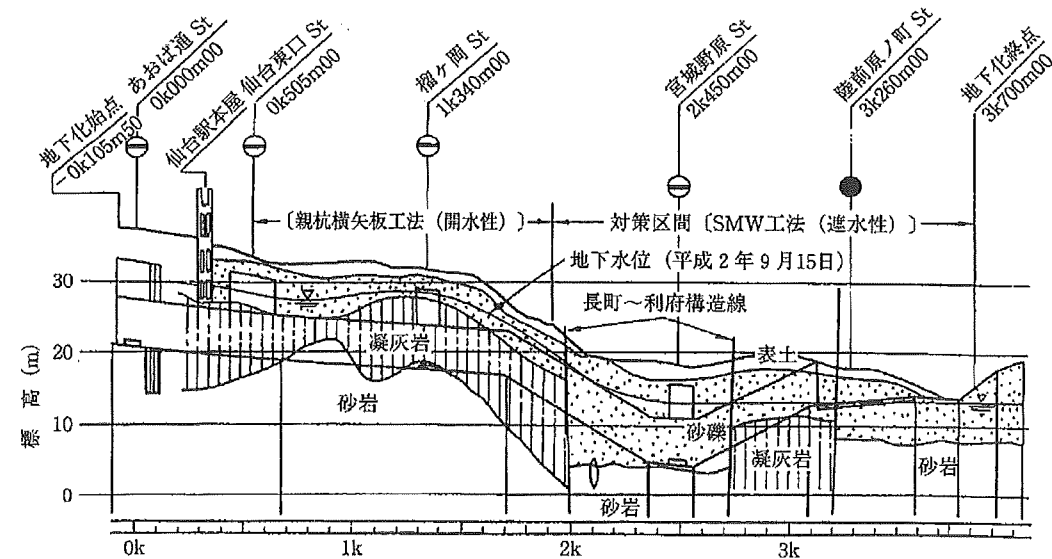


図-11 JR仙石線仙台地区地下化工事 地盤と工事の概要⁵⁾

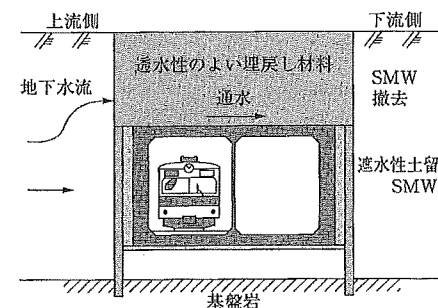


図-12 土かぶり大きい断面での対策⁵⁾

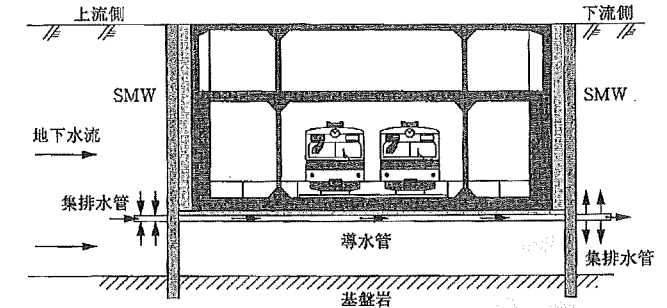


図-13 土かぶりがない断面での対策⁵⁾

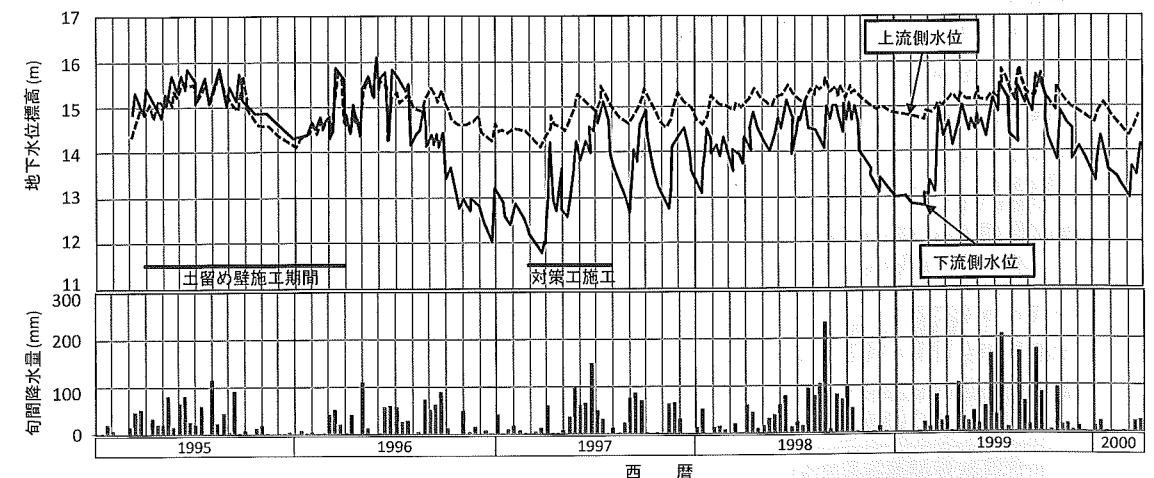


図-14 JR仙石線仙台地区地下化工事 工事に伴う地下水位変動⁵⁾を参考に作成

(2) 函体上部の土かぶりがない断面

陸前原ノ町駅(3k260m)付近約200m区間は函体上部に土かぶりがない断面である。函体上部を通水させることは不可能であるため、図-13のように函体の下部に通水管を設置する対策とした。通水管の径はφ100mm、ピッチは20mとした。集水・復水の機能を高めるために地盤内に集排水管としてのフィルター付き穴あき管を1.5m貫入設置した。

4-2-3 地下水流動保全対策の効果

通水管による対策を実施した3k400m断面付近に設置した観測井での地下水位の変動を経時変化図として図-14に示した。工事着手前は上流側・下流側の水位はほぼ同じであった。1996年3月に土留め壁の施工が完了したのち、下流側の地下水位に低下傾向が認められ、上流側・下流側に水位差が発生した。1997年3～7月に対策工を実施したのち、下流側水位の回復傾向が認められる。

1998年末～1999年3月にかけて下流側の地下水位が再度低下したが、これはかつてないほどの少雨の影響と考えられる。この後、降雨により再度地下水位の回復が認められた。ただし、工事前と比較して少雨の影響を受けやすく、下流側の地下水位の変動幅が大きくなった。

⑤ おわりに

本稿では、地下構造物が地下水へ与える影響として地下構造物による地下水流動阻害の問題を取り上げた。大規模、大深度化する地下インフラストラクチャーの整備が推進される今後、地下水流動保全対策が必要とされるプロジェクトはますます増加すると考えられる。

ただ、残念なことに、事例、とくに対策工の効果について長期間にわたり計測した報文はあまりみられない。ここに紹介させていただいた2事例もかなり古いものである。

地下水流動保全対策に関しては、目詰りの進行に伴う対策効果の低減という課題が残されている。長期間にわたるデータが少なく、いまだどの程度のスピードで目詰りが進行していくのかといった

情報が十分でない。今後、現在進行中のプロジェクトも含め、多くの有益なデータが取得・公開されていくことを期待する。

⑥ 講座を終えるにあたって

本講座は、「トンネルにおける地下水対策」と題して7回(Vol.44, No.8～Vol.45, No.2)にわたり掲載してきた。トンネルの種類として開削トンネル、シールドトンネル、山岳トンネルの各工法を取り上げた。

トンネルなどの地下工事においては、地下水とのかかわりが非常に重要な要素になる。地下水の有無や水圧の大小により施工の難易度は大きく変わる。また、地盤条件、地下水流動条件、施工方法によっては広範囲、かつ大きな環境影響を与える可能性がある。さらに、地下水とのかかわりについては、施工中だけでなく施工後の事象についても配慮すべきであることを述べてきた。

今後、地下水対策が重要となるトンネル工事の計画・設計・施工にかかわる諸氏において、本連載講座の内容が多少なりとも参考になれば幸いである。

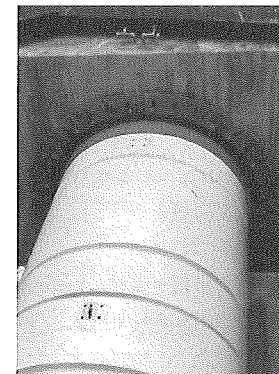
(文責：高坂信章・清水建設(株))

参考文献

- 1) 高坂信章・西村晋一・江頭正州・小出太朗・東海林達弘・平林岳樹・山野泰弘・新坂隆志：地下水流動保全対策技術，土木建設技術発表会2011概要集，土木学会，pp.60-67，2011。
- 2) 地下水流動保全のための環境影響評価と対策編集委員会：地下水流動保全のための環境影響評価と対策，地盤工学会，p.375，2004。
- 3) 西垣誠・高坂信章：地下水流動阻害対策と土留め・山留め壁本体利用，基礎工，Vol.41, No.6, pp.79-82, 2013。
- 4) 杉本隆男：地下水流動保全対策事例1 環八井萩・開削トンネル工事における地下水復水対策，構造物と地下水に関する事例講習会，地盤工学会，pp.25-40, 1999。
- 5) 古山章一・高木芳光・渡邊誠司：広域地下水流動阻害対策事例① JR仙石線仙台地区地下化工事，基礎工，Vol.29, No.11, pp.37-40, 2001。

工法・技術・製品ニュース

工法 FRP矢板を組み込んだ鋼矢板立坑から推進機が直接発進



直接発進状況

(株) 銭高組
http://www.zenitaka.co.jp/

銭高組は、広島市内の下水道推進工事において、鋼矢板立坑から直接発進到達が可能なFRP矢板工法を初めて適用し、φ1,500の泥濃式推進機(掘削外径φ1,830)が鋼矢板の一部に組み込んだFRP矢板を直接切削して無事に発進が完了したと発表した。

同工法は、鋼矢板立坑から安全に直接発進・到達し、工期短縮を図る工法として、銭高組とDICが共同で開発したもの。鋼矢板立坑の掘進機(シールド/推進機)が通過する部分にFRPで製作した矢板を設置し、掘進機が直接土留め壁を切削して発進

または到達する。

発進では、坑口部の鋼矢板に止水ボックスを取付けて充填材を密閉し、掘進機で直接FRP矢板を切削するため、出水や切羽崩壊がなく安全で、かつ土質によって鋼矢板打設後の地盤改良を省略することができるため工期の短縮が可能となっている。

また、鋼矢板と同様に一般的なサイレントパイラーを使用した矢板圧入が可能で、坑口下の鋼矢板を切削可能なFRP矢板に変更することで、残置しても将来の切削の障害とならないなどの特徴がある。

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

一般社団法人

日本トンネル技術協会



1. 会員の現状

	12月31日現在
個人会員	841名
団体会員	203名
推薦会員	212名
特別会員	14名
名誉会員	0名
賛助会員	128名
合計	1,398名

2. 委員会の開催状況(12月1日～31日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会

会誌WG(12/4)

大島洋志主査ほか7名, 1月号の会誌と3か月計画を検討

◎設立40周年記念事業実行委員会

作品・展示WG(12/12)

吉富幸雄主査ほか9名, 実施項目および方針を検討

催物企画等WG(12/11)

中間祥二主査ほか4名, 実施項目を検討

実行委員会打合せ(12/13)

木村宏委員長ほか5名, 実施内容を検討

映像・記念誌WG(12/17)

西岡和則主査ほか13名, 実施内容および方針を検討

◎事業委員会

事業委員会(12/18)

桑原彌介委員長ほか16名, 催物開催結果報告と今後の催物事業計画

◎国際委員会

海外文献小委員会

海外ニュースWG(12/26)

清水健志主査ほか9名, 英文原稿を査読

対外広報WG(12/3)

清水健志主査ほか10名, 和文原稿を査読

海外文献小委員会海外文献WG(12/10)

福井勝則主査ほか15名, 英文原稿を査読

計 9回開催 97名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

都市部近接施工ガイドライン小委員会

参考資料WG(12/2)

山元寛哲主査ほか10名, 編集項目を検討

文献調査WG(12/2)

滝本邦彦主査ほか9名, 文献調査方針を検討

本文編集WG(12/5)

西田与志雄主査ほか9名, 作成方針を検討

安全環境小委員会(12/13)

豊澤康男委員長ほか17名, 報告書(案)の確認および新規活動テーマを検討

◎受託研究特別委員会

長期耐久性特別委員会(12/16)

西村和夫委員長ほか25名, 実施計画内容を検討

長期耐久性特別委員会打合せ会(12/25)

松岡茂幹事長ほか10名, 実験項目を検討

シールドトンネル補修補強対策検討委員会(12/19)

小泉淳委員長ほか22名, 現場測定結果を検討

計 7回開催 109名出席

合計 16回開催 206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40回ITA総会およびコンgres「Tunnels for a better living」	2014. 5. 9～15	イグアス(ブラジル)	COMITE BRASILEIRO DE TUNEIS ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc2014.com.br/
第41回ITA総会およびコンgres「Promoting Tunnelling in South East European (SEE) Region」	2015. 5. 22～28	ドヴロヴニク(クロアチア)	Croatian Tunnelling Association ITA(国際トンネル協会) http://wtc15.com/
第42回ITA総会およびコンgres「Uniting Our Industry」	2016. 6. 12～15	サンフランシスコ(アメリカ)	Underground Construction Association of SME ITA(国際トンネル協会)

*会議に関する詳細は事務局(担当: 関)までお問い合わせください。 TEL: 03-3524-1755 FAX: 03-5148-3655

4. 平成25年度催物開催現況

(平成26年1月現在)

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(現場研修会)				
横浜市下水道トンネル工事現場研修会	2013. 5.16	20	神奈川県	2.5
—中部処理区本牧第二幹線—				
東北道路トンネル現場研修会	2013. 5.27	25	青森県	2.0
—国道106号新川目トンネル—				
中部地区道路トンネル現場研修会	2013. 6. 7	27	愛知県	3.5
—県道牛川トンネル(仮称), 新東名乗本トンネル—				
中国地区道路トンネル現場研修会	2013. 7.18	16	広島県	1.8
—東広島・呉道路金剛山トンネル—				
北海道道路トンネル現場研修会	2013. 8. 1	14	北海道	1.8
—道道西野真駒内清田線(こばやし峠)トンネル—				
相鉄・JR直通線西谷トンネル現場研修会	2013. 9. 3	30	神奈川県	2.5
—西谷トンネル—				
五反田川放水路トンネル現場研修会	2013.10.11	28	神奈川県	2.0
中央環状品川線大橋連絡路工事現場研修会	2013.11.14	25	東京都	1.4
—EF連絡路トンネル工事トンネル—				
関東地区道路トンネル現場研修会	2013.11.28	14	栃木県	2.0
—下塩原第二トンネル—				
相直・JR直通線西谷トンネル現場研修会(その2)	2014. 1.24	30	神奈川県	2.0
—西谷トンネル—				
(施工体験発表会)				
第72回(山岳)「課題克服に取り組んだ工事—周辺環境への配慮, 創意工夫, 効率化—」	2013. 6.25	155	東京都	4.6
第73回(都市)「都市における創意工夫・新技術による地下構造物の施工事例」	2013. 6.26	93	東京都	5.3
(講演・講習会)				
第15回ステップアップ研修会(シールド部門)	2013.10. 2, 3	26	東京都	13.0
第16回ステップアップ研修会(山岳部門)	2013.12. 5, 6	24	東京都	9.9

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

2015年世界トンネル会議・論文概要募集に関してのお知らせ

国際委員会

2015年5月22～28日クロアチアのドヴロブニクで開催予定の世界トンネル会議の論文概要募集要項が事務局のウェブサイトに掲載されましたのでご案内いたします。詳細については、事務局からの案内があり次第、協会ウェブサイトや協会誌「トンネルと地下」などのご案内いたします。なお、詳細は<http://wtc15.com> または <http://wtc15.com/call-for-paper> を参照願います。

会議テーマ：「南東欧州地域におけるトンネル建設の促進」

論文概要受付開始日：2014年3月1日 論文概要提出締切日：2014年7月31日

論文概要採否決定日：2014年9月30日

本論文提出締切日：2014年12月31日 本論文種別通知日：2015年2月15日

施工体験発表会のお知らせ

事業委員会

平成26年の施工体験発表会を下記のとおり開催しますのでお知らせします。「発表者募集」「開催案内」「発表内容紹介」などの詳細については、別途案内いたします。技術の習得の場としてご活用くださいますようお願いいたします。

【発表課題】

第74回(山岳)：「課題克服に取り組んだトンネル工事—新技術、創意工夫、周辺環境への配慮—」

第75回(都市)：「創意工夫・新技術によるトンネル・地下構造物工事—新設および改良・再構築の施工事例—」

【スケジュール】

発表論文応募期限：2月14日(金)

概要を1,200字程度に取りまとめ(様式自由)、題名、所属・役職、氏名、連絡先、電話番号、メールアドレスを記載のうえ事務局へ提出。詳細はウェブ参照願います。

発表論文決定：2月下旬

発表本論文提出期限：5月2日(金)

開催日：第74回(山岳)：平成26年6月24日(火)

第75回(都市)：平成26年6月25日(水)

開催場所：発明会館 地下ホール

その他：発表にあたっての優秀者を表彰します。また、聴講者にはベストオーディエンス賞があります。

新刊図書のご案内

広報小委員会

技術委員会安全環境小委員会で災害防止の一助となることを目的として『安全・環境に関わるシールド工事トラブル事例集』を取りまとめ、実費頒布しております。ゼロ災害を目指した安全衛生教育にご活用くださいますようお願いいたします。詳細は、協会ホームページの「新刊・近刊図書案内」をご参照願います。

図書名：(図書番号201304)安全・環境に関わるシールド工事トラブル事例集

頒布価格：個人会員2,700円、団体会員3,000円、一般3,600円(消費税込み、送料実費負担となります。)

申し込み先：一般社団法人日本トンネル技術協会図書係り

〒104-0045中央区築地2丁目11番26号築地MKビル6階

TEL：03-3524-1755 FAX：03-5148-3655, E-mail：book@japan-tunnel.org

目次構成：はじめに

委員会の構成

1. 近年のシールド工事における災害の傾向

2. トラブル事例調査

2.1 目的 2.2 調査方法 2.3 調査内容(調査対象と調査項目、事例調査対象期間)

2.4 調査結果(トラブル事例調査結果の概要、工種・項目毎の主なトラブル事例)

3. 安全・環境に関わるシールド工事トラブル事例集

3.1 掲載事例リスト(2001年以降のシールド工事におけるトラブル事例、施工会社21社から回答57件と想定事例2件)

3.2 トラブル事例

おわりに

2014トンネル技術研究発表会の案内

主催 北海道土木技術会トンネル研究委員会

後援 一般社団法人日本トンネル技術協会

恒例の「トンネル技術研究発表会」を下記のとおり開催しますのでご案内いたします。ふるってご参加くださいますようお願い申し上げます。

日時：平成26年2月28日(金) 10:00～17:00

場所：北海道大学学術交流会館(大学正門内左側)

(札幌市北区北8条西5丁目)

参加費：研究発表会：6,000円(論文集を含む)、意見交換会：4,000円

申し込み方法：FAXで申し込みください(メールでも結構です)。

申し込み先：トンネル研究委員会講習講演小委員会事務局 (株)開発工営社内 熊本

TEL：011-207-3666 FAX：011-200-1377 E-mail：kumaki@kai-koei.co.jp

*申し込み、プログラムの詳細は、トンネル研究委員会のホームページ<http://www.ejsd.net/tunnel/>をご参照ください。

3月号予告[3月1日発売予定]

- 九州新幹線 俵坂トンネル
- 名古屋市上水道 犬山系導水路
- 四日市市下水道 吉崎南雨水幹線
- 東北電力 豊実発電所
- シールド工事における安全・環境にかかわるトラブル調査

【連載講座】

- トンネル維持管理におけるさまざまな取組み(1)
*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆旧暦の二十四節気では、2月4日が「立春」となっており、春のはじまりとなっております。しかしながら、まだまだ寒さが厳しい季節が続きますので、風邪などひかぬようにご自愛ください。2月には「立春」のほかにもうひとつ二十四節気の暦があります。2月19日がそれにあたりに「雨水(うすい)」となります。何やら下水道関連の記念日に設定されるような暦名ですが、「下水道の日」は9月10日となっております。「下水道の日」も二十四節気に関連して立春から数えて220日目となっております。台風シーズンが過ぎた日ということで設定されているようですが、なぜ220日目なのかはよくわかりません。「雨水」は空から降るものが雪から雨に変わり、雪が融け始めるころということだそうです。

◆旧暦やら、二十四節気など偉そうに書きましたが、実際のところわれわれ四十歳台ではもうあまりピンとこない年代であります。しかしながら、カレンダーに旧暦が載っているものは少なくありません。その意味を後世に伝えることを主として、いっそのこと二十四節気をすべて祝日としてしまえばと思っております。そうすれば12か月くまなく祝日が配置できます。ちなみに二十四節気で祝日となっているのは「春分の日」と「秋分の日」の2つです。

(I.Y)

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

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

トンネルと地下

第45巻 第2号 [通巻522号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成26年1月20日 印刷

平成26年2月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL: 03-3524-1755

FAX: 03-5148-3655

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

本誌掲載記事を無断で複写(コピー)

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

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO
イーダスコ・ニーヨンマル

究極の省エネ

70%も節電

NETIS
公共工事等における新技術活用システム
登録番号: TH-100024-A

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

クラス最高の集じん効率95%

従来の電気式では達成できなかった95%以上の高集じん率を確保。

微細粉じんも逃さない電気式

電気式だから人体に有害な微細粉じん(0.2~5μm)も捕集できます。

現場メンテナンスは手間いらず

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

大風量と省エネを同時に実現

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

仕様	
品名	e-DUSCO240
型式	FTE2400
処理風量	1800・2100・2400m ³ /min、任意設定の4モード
全長	7411mm(サイレンサ含む)
全幅	2350mm
全高 ^{※1}	3700mm
本体重量	10 t
電源仕様	3相3線400V58kVA
ファン動力	30kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意
洗浄水	2.4m ³ /回
捕集ダストの処理	湿式
集じん効率 ^{※2}	95%以上

古河機械金属グループ

古河産機システムズ株式会社

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

本社

〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
第二営業部 ☎03-3212-7804大阪支店 ☎06-6344-2532 名古屋支店 ☎052-561-4580 札幌支店 ☎011-784-1179
東北支店 ☎022-221-3532 九州支店 ☎092-741-5193 小山工場 ☎0285-23-8662

図書案内

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・F.W. シュワルツ 共著、地下水の科学研究会・大西有三 監訳

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



第 I 巻 地下水の物理と化学
4,078 円+税 B5 判

第 II 巻 地下水環境学
4,272 円+税 B5 判

第 III 巻 地下水と地質
3,689 円+税 B5 判

セグメントの新技术

小泉 淳 監修
2,000 円+税 B5 判

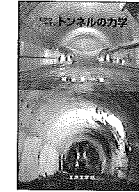
1990 年代から急速に機能が拡大したシールド用セグメント 34 種を掲載、セグメントの設計・施工の際に利用しやすいよう各々の特徴を整理して掲載した。



わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825 円+税 B5 判

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



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573 円+税 B5 判

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



ジオテクスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300 円+税 A5 判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200 円+税 A5 判

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



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200 円+税 A5 判

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



わかりやすいトンネル技術入門 (都市トンネル編)

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800 円+税 A5 判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400 円+税 A5 判

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



トンネルと地下

1,500 円+税 B5 判 月刊(毎月 1 日発売)

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



書籍のお申し込み

ご注文は当社へ FAX または、書店にてお申し込みください。FAX でご注文の際は、書名、部数、送り先、氏名、電話番号を明記のうえ下記までお送りください。

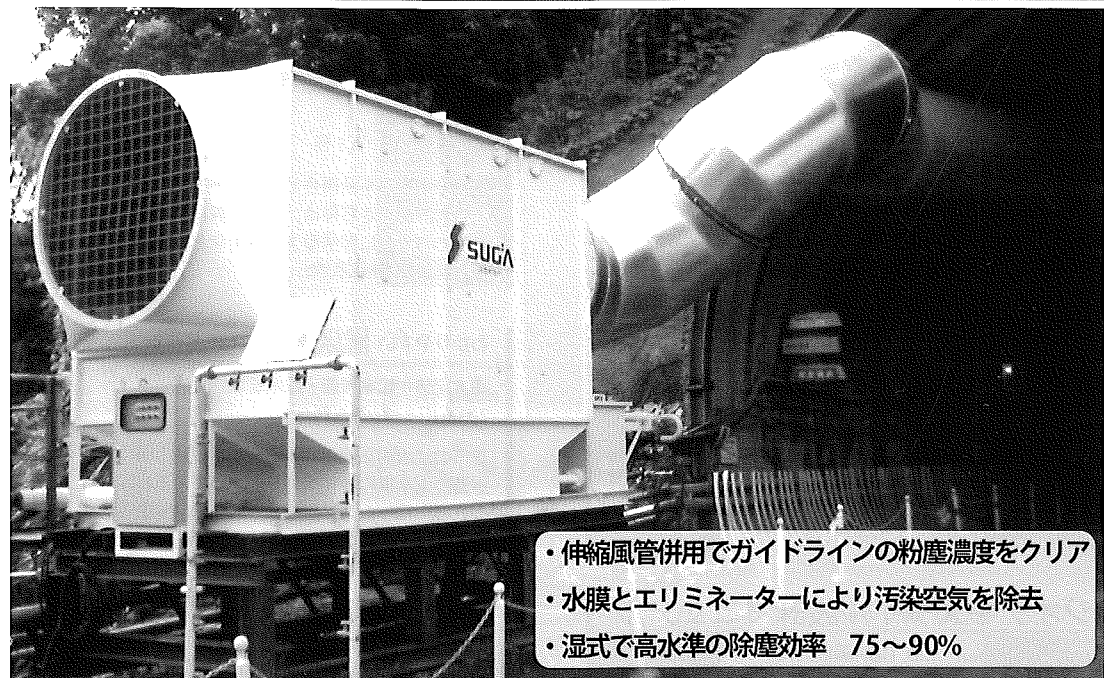
(株)土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町 16 メイジャー神楽坂

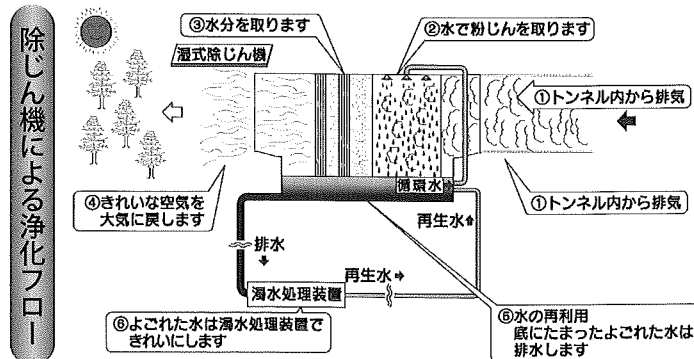
TEL: 03 3267 2888 Fax: 03 3267 2807

新指针对応の排気式換気システムに新戦力現る！ 湿式除塵機 シャワーエリミネーター

集塵機を使用しないで大幅なイニシャル&ランニングコスト低減
2000m³/min集塵機との比較で電力90%削減 110kW(55kW×2)⇒11kW



- ・伸縮風管併用でガイドラインの粉塵濃度をクリア
- ・水膜とエリミネーターにより汚染空気を除去
- ・湿式で高水準の除塵効率 75~90%



機種

- ①1500m³/min 動力：7.5kW
 - ②2000m³/min 動力：11.0kW
- *動力は循環ポンプのみ
*使用水は再生水循環式



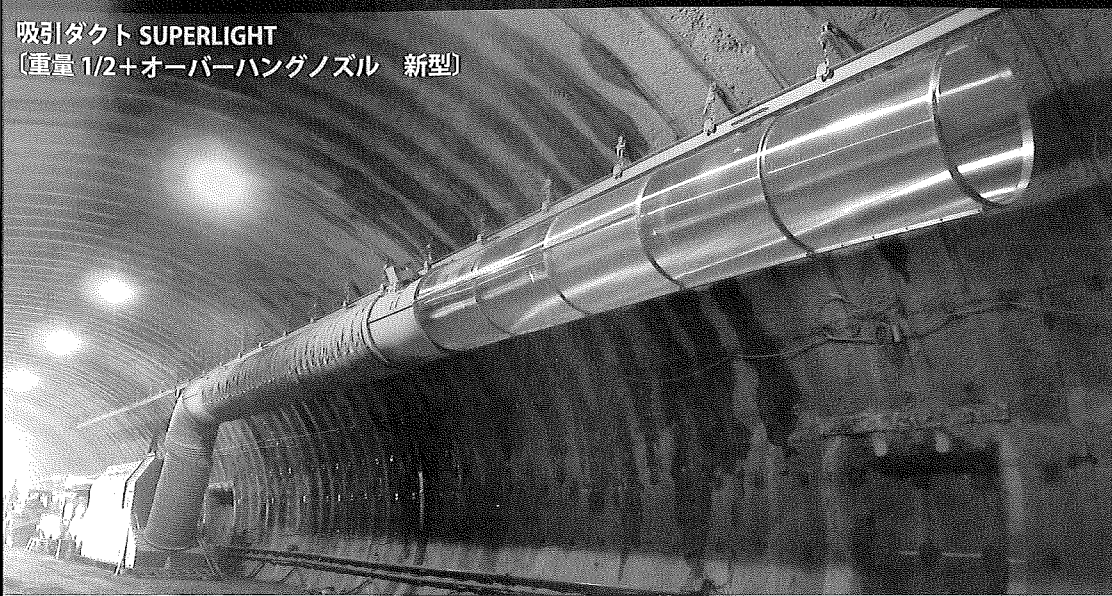
菅機械工業株式会社

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

本社・大阪支店	〒550-0015	大阪府大阪市西區南堀江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

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

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



正圧用(ビニール)
ノンリークダクト

除染事業対応装置のご提案 『除染作業を大幅に省力化できます』



集塵・換気設備 (10 m³/min ~ 3000 m³/min)
バキュームシステム
エジェクターユニット (コンプレッサーエアによる移送装置)

最適環境を創造する
株式会社 流機 エンジニアリング

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

