

トンネルと地下 8

vol. 47
no. 8
2016

Tunnels and Underground

昼夜連続通行止めによる全断面連続片押し工法でインバートを新設
覆工表層部の品質向上のために透水性シートを適用
想定外巨礫に遭遇した小断面シールドの進捗低下と対策工
ダム湖内に立坑と大断面ウォータータート圧力トンネルを構築
地中支障物対策を駆使したシールド施工

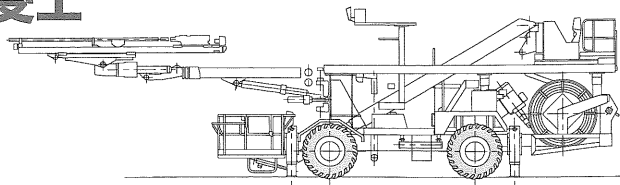
日本トンネル技術協会誌



環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

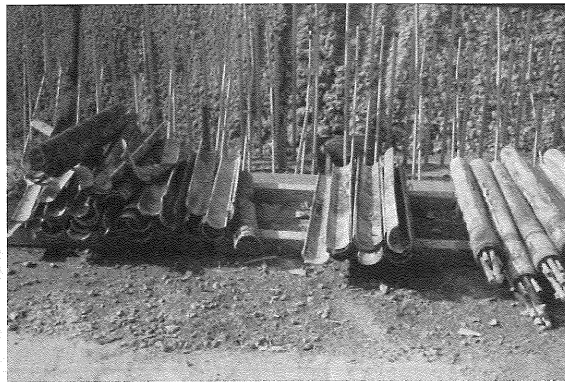
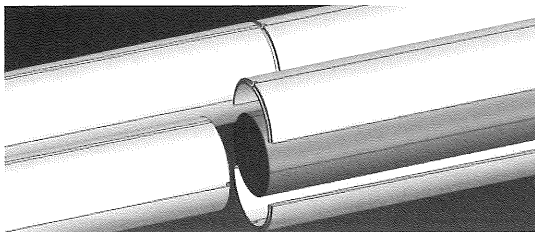
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



AGF-Me工法

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

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



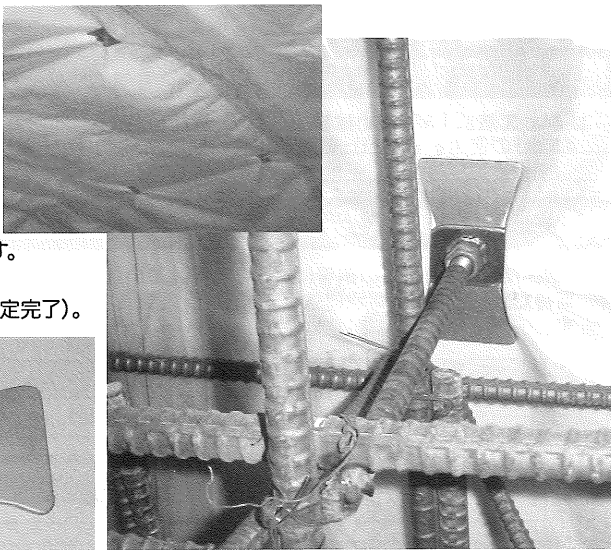
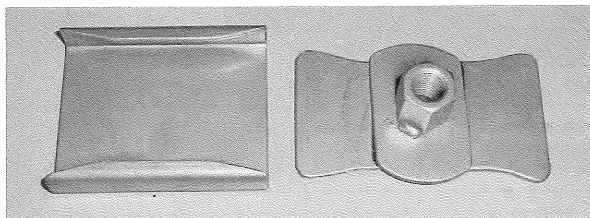
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社
TOHO KINZOKU Co., LTD

営業部

〒541-0051
大阪府大阪市中央区備後町2-4-9 日本精化ビル2階
Tel: 06-6229-9881 Fax: 06-6229-8150
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

株式会社 トーキンオール

〒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)

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

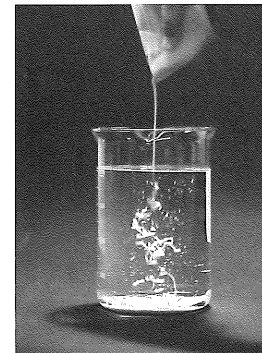
- ⇒ 注入式フォアポーリング
- ⇒ 各種長尺フォアパリング
- ⇒ 多重式長尺フォアパリング
- ⇒ エコリムーブ工法
- ⇒ パノラマ工法
(φ60.5MRS, φ76.3, φ89.1)

※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。

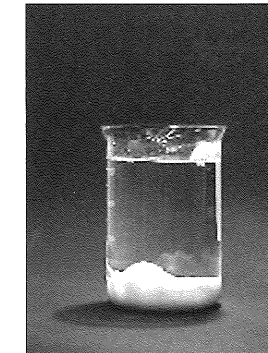
スーパーSRFの優位性

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。

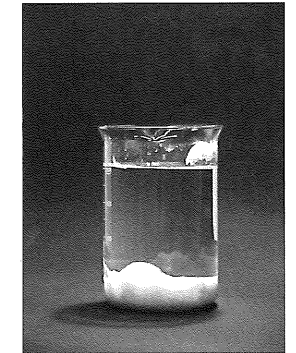
混合直後



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・中部営業部

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

東京支店

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

東京支店(仙台事務所)

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

関西営業所

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

九州営業所

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

北海道地区(株エイチ・アール・オー)

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

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

JTH3200R-III PLUS / JTH3200R-III / JTH2200R-III

国土交通省 第3次排出ガス対策型建設機械(トンネル工事に用建設機械)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。



新型油圧ドリフトHD220搭載



▼JTH3200R-III PLUS



自走式コンクリート吹付機(コンプレッサ搭載型)

CJM2200E-V

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	16 m x 3 m x 4 m
水平吹付範囲(幅 x 高さ)	13.3 m x 10 m

△古河機械金属グループ

FRD 古河ロックドリル株式会社

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 宮古 ☎0193-77-4245 関東 ☎027-326-9611
名古屋 ☎0568-77-7700 関西 ☎06-6475-8221 中四国 ☎082-832-3542 九州 ☎092-948-2010

長尺鋼管切羽補強工

高付着型長尺鋼管切羽補強工

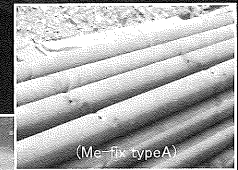
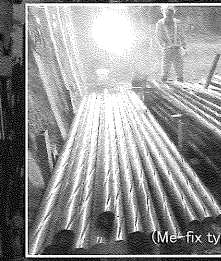
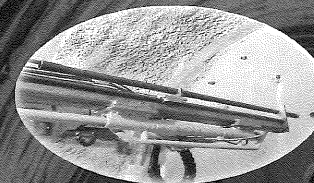
特許第 3882118 号

特許第 4942211 号

Me 工法
Metal eco

Me fix
Metal eco

エコロジー&地山拘束効果。
新しい長尺鋼管切羽補強システム。



特徴① 分別回収による鋼材のリサイクル化

※特別仕様
NETIS 番号:KT-080027

「Me 工法」、「Me-fix」の切除管は、掘削時に鋼管と注入材を分別回収できる構造で、鋼管のリサイクルが図れます。

特徴② 接続部補強により鋼管の薄肉化

「Me 工法」、「Me-fix」は接続部外径・縮径によりネジ部耐力の増強を図り、小口径薄肉鋼管(φ76.3×4.2~4.5mm)の使用を可能とし、軽量化に伴い経済性、施工性が向上します。

特徴③ 長尺鋼管切羽補強工の付着耐力の向上

「Me-fix」はこれまでの鋼管による切羽補強工の弱点であった付着耐力の向上を図り、確実に地山拘束力が期待できる長尺鋼管切羽補強工です。適用条件によって「type A」、「type B」、「type R」の選択が可能です。

	Me	Me-fix (typeA)	Me-fix (typeB)	Me-fix (typeR)
形状	φ76.3 (t=4.2)	φ76.3 (t=4.2)	φ76.3 (t=4.5)	φ76.3 (t=4.2)
概要図				
1m当り付着耐力 (kN/m)	50	150	500 以上	150

※付着耐力は室内試験結果。プレミックスモルタルは材令 24hr(qu=12N/mm²)

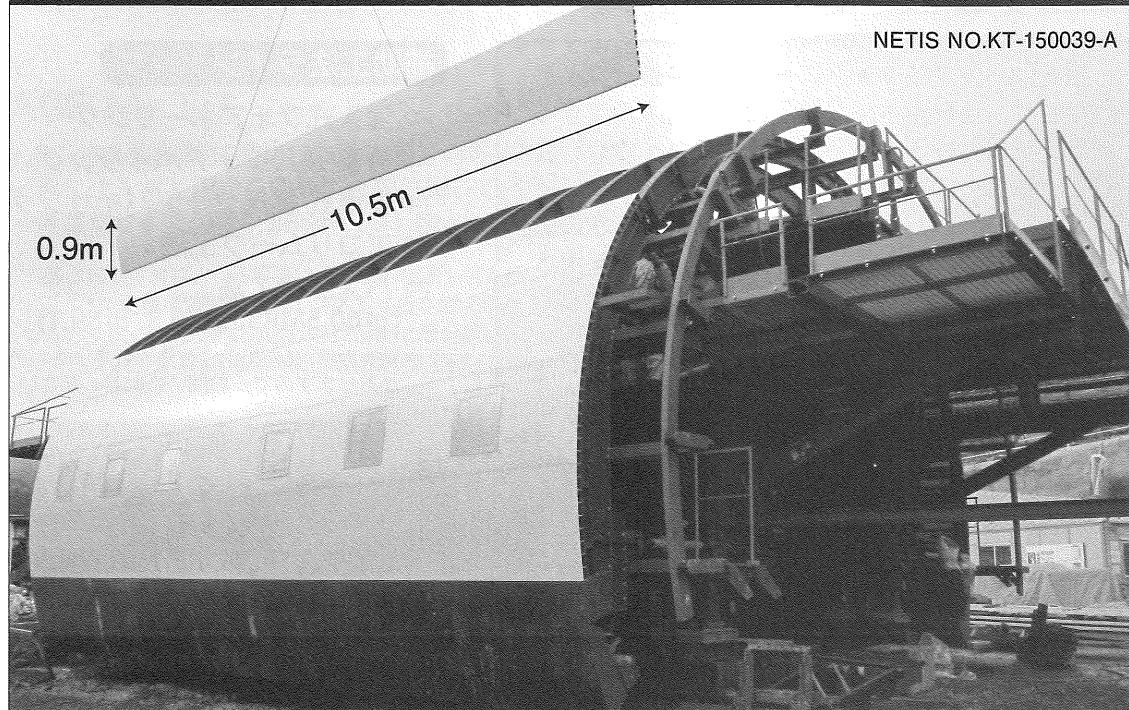
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部: 東京都港区芝公園芝パークビル B 館 TEL 03-6402-8251
大阪土木営業部: 大阪市北区西天満 3 丁目 2-17 TEL 06-6363-1884
技術部: 東京都港区芝公園芝パークビル B 館 TEL 03-6402-8257

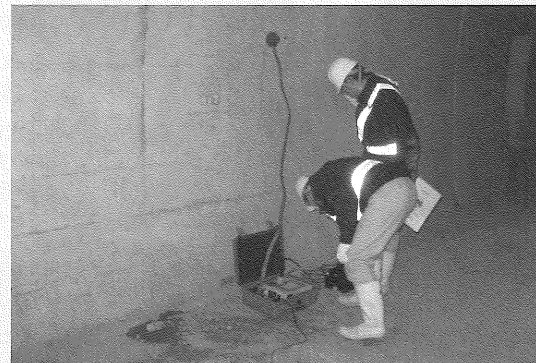
NEW

トンネル覆工初期養生FRP工法 ～ハイブリッドフォーム誕生～

NETIS NO.KT-150039-A



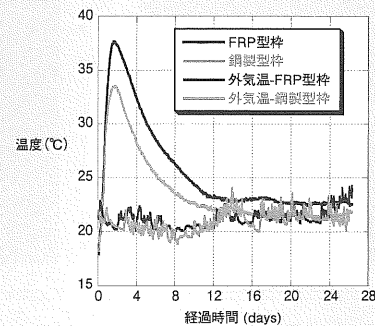
■ 透気試験実施



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、コンクリートの中性化速度係数が30%～50%程度低下し耐久性が大幅に向上

■ 覆工コンクリート温度の経時変化

【宮崎大学との共同研究により、横フジタ 古江トンネル南にて測定】



◎3～4℃の保温効果により、コンクリート強度が15～20%向上

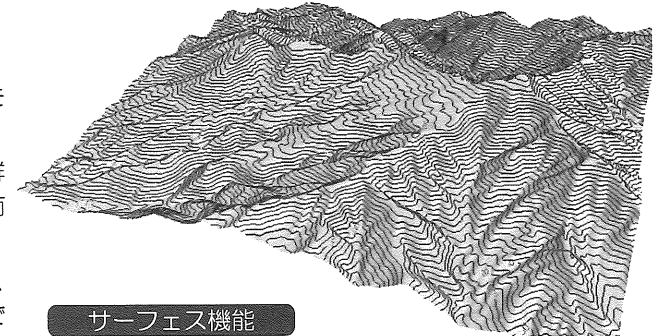
M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

■ 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

Geo-Graphia® を活用した 3次元地質モデル作成と トンネルの情報化施工支援

地表面の生成

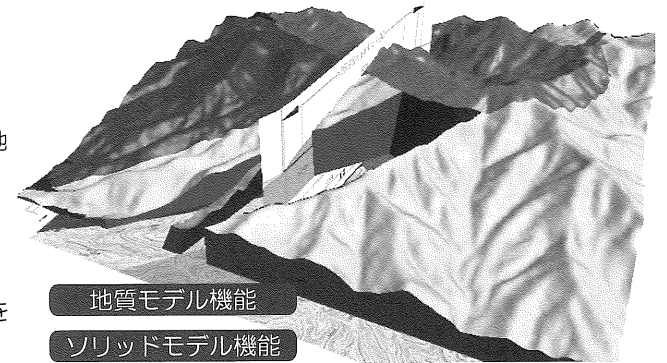
- 数値地図データなどから地表面の3次元モデルを速やかに生成します。
- レーザスキャンにより得られた点群データを処理し、植生などを除いた地表面を生成します。
- 地形解析や落石解析・流水解析を用いて、坑口斜面のリスク評価などを行うことができます。



サーフェス機能

地質モデルの作成

- 様々な資料を3次元画面に表示しながら地質モデルを作成します。
 - ・地質断面図、平面図
 - ・ボーリング結果
 - ・地質境界推定線、推定面
- 地質モデルを反映した有限要素メッシュを生成し、変形解析や浸透流解析に供します。

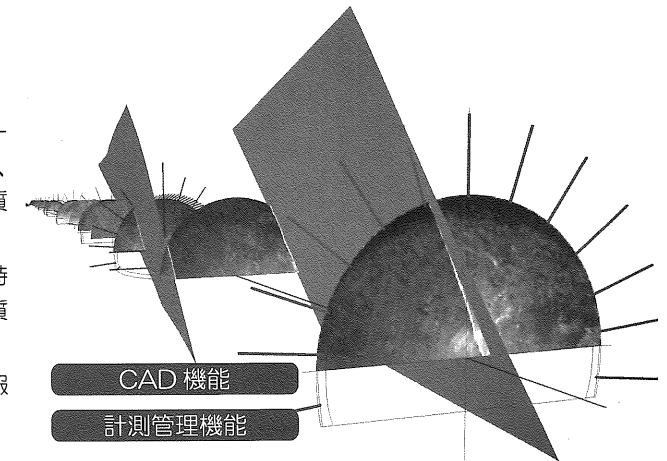


地質モデル機能

ソリッドモデル機能

地質モデルの更新

- 施工中に得られた切羽観察結果や先進ボーリング結果、前方探査結果などをもとに、地質モデルを更新し、トンネル前方の地質予測に貢献します。
- 岩級区分、支保パターン、計測結果を同時に表示し、トンネルの安定性に及ぼす地質の影響を評価します。
- 全てのデータを一元管理し、CIMへの情報提供に備えます。



CAD機能

計測管理機能



株式会社 地層科学研究所

本社	〒242-0017	神奈川県大和市大和東 3-1-6	JMビル 4F	TEL.046-200-2281
東京事務所	〒112-0004	東京都文京区後楽 2-3-25	金子ビル 6F	TEL.03-5842-7677
大阪事務所	〒532-0011	大阪市淀川区西中島 5-7-9	第7新大阪ビル 301号	TEL.06-6886-7774

Geo-Graphia 特設サイト



<http://www.geolab.jp/>

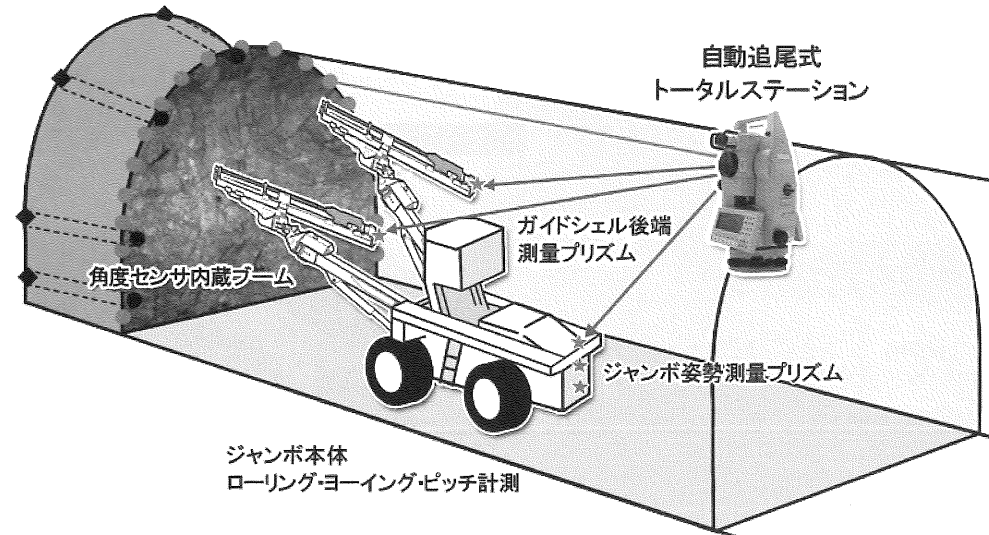
お問い合わせは chisouken@geolab.jp

NETIS登録番号:KK-100049-A

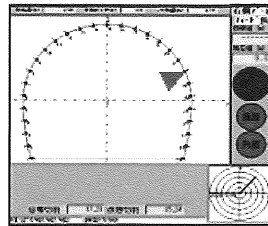
自動追尾式余掘り低減システム

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社

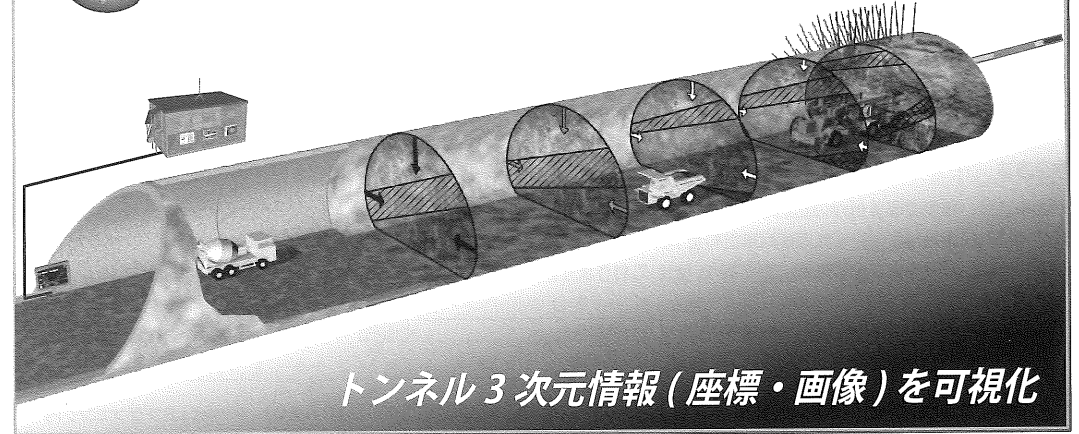
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

トンネルCIM



3D可視化プラットフォームによる CIM Communication (情報共有・一元管理)



基礎資料の収集

1 初期モデルの作成

2 施工モデルの作成

3 維持管理モデル

モデル作成に必要なデータや管理したい調査データを収集します。

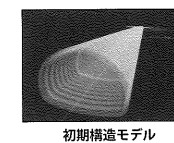
基礎資料をもとにCivil3D/GEORAMAを利用してモデル化を行います。

計測データや施工属性データをモデル化に反映し、日々の工事状況を可視化、管理していきます。

施工時に作成したモデルを利用して維持管理側でも利用します。追加の情報はエクセル等を用いて、その都度更新が可能です。



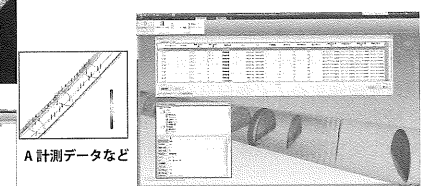
線形情報(設計)



初期構造モデル



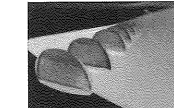
観察データ



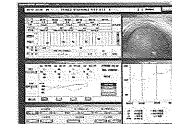
A計測データなど



支保パターン情報(設計)



初期地盤情報モデル



CyberNATM



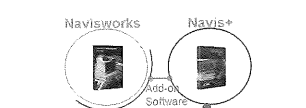
AutoCAD Civil3D GEORAMA
Add-on Software



日々更新



Navisworks Navis+
Add-on Software



Navisworks Navis+
Add-on Software

現在稼働中も含めて多数の実績があります。CIMに関する相談は、下記にお問い合わせ下さい。



株式会社 演算工房

■本社 〒602-8268 京都府京都市上京区智恵光院通中立売下ル山里町 237 番地 3
TEL: 075-417-0100 FAX: 075-417-0200

月刊推進技術

購読のご案内



年間定期購読料金 **12,337円** (1冊1,130円 (本体952円 税76円 送料102円))

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、管路敷設に限らず、地下インフラの再構築の計画・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定期購読料金12,337円をお支払いください。

詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたしております。



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

お問い合わせ先

月刊推進技術 編集室

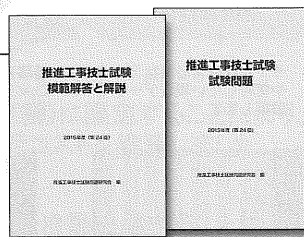
<http://www.lswb.co.jp/micro-tunnelling/>

〒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14年間(平成14~27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



2015年度版発売中!!

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(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、管路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。

1. 内容の特長

- 過去14年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は別冊になっており実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出典箇所を明記

2. 価格

各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本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。

お問い合わせ先

株式会社 LSプランニング

<http://www.lswb.co.jp/shiken/annai>

〒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

【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、コスト縮減はすべてに優先する至上命題となっており、シールド工事もその例外ではない。シールド工事の直接費に占めるセグメント費の割合は約4割程度と言われているが、シールド工事費の縮減のためにはセグメントの製造コストの縮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 **工木工学社**

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

きりーとーりー線

《ご注文票》

セグメントの新技术 _____ 冊 申込みます。

所在地 〒 ()

事業所名

部 課 名

申込者名

㊞

好評発売中

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい

トンネルの発破技術

監修 山田隆昭 B5判 76頁 定価 1,500円+税(送料別途)

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで！
振動や騒音の環境問題を詳述！！

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

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

〈主要目次〉

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

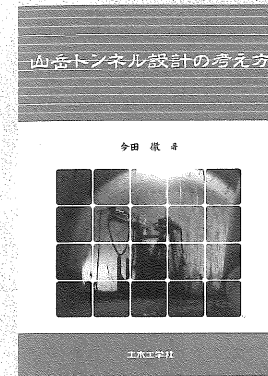
お申し込みは当社へFAX、または、お近くの書店にてお申し込みください。FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は、書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記の上、お申し込みください。

 株式会社 土木工学社

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

好評発売中

山岳トンネル設計の考え方



東京都立大学名誉教授

今田 徹 著



B5判 183頁 上製本 定価3200円+税

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

山岳トンネル工事に携わる諸兄の必携書である。

《主要目次》

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

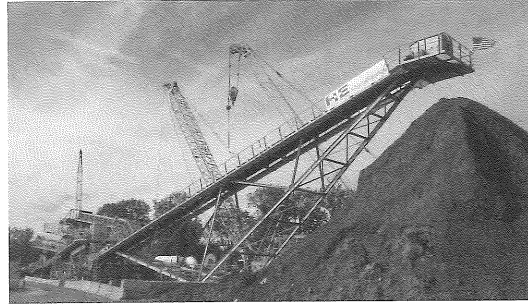
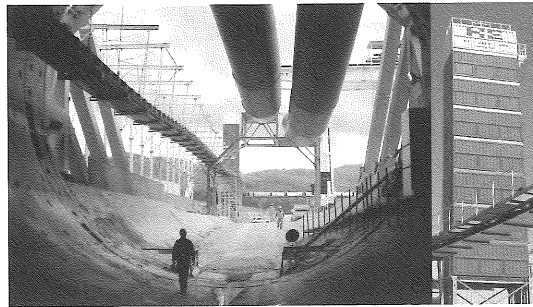
お申し込みは当社へFAX、または、お近くの書店にてお申し込みください。FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は、書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記の上、お申し込みください。

 株式会社 土木工学社

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

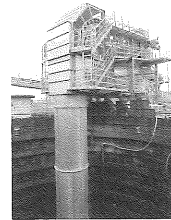
H+E
H+E LOGISTIK GMBH

Clever Conveying



Tunnel Diameter: 7.10 m
Min. Radius: 1,000 m
Minera l: EPB
TBM Supplier: Herrenknecht
Conveyor Length: 2,500 m
Belt Width: 1,200 mm
Capacity: 2,000 t/h
Installed Power: 2×355 kW
Belt Storage Capacity: 400 m / vertical

Tunnel Diameter: 11.30 m
Min. Radius: > 457 m
Minera l: EPB, Hard Rock
TBM Supplier: Herrenknecht
Conveyor Length: 5,410 m
Belt Width: 1,000 mm / 1,600 mm
Capacity: 1,200 t/h
Installed Power: 4×160 kW, 2×90 kW
Belt Storage Capacity: 2×300 m / horizontal



H+E Logistik GmbH
日本代理店



山崎マシーナリー株式会社

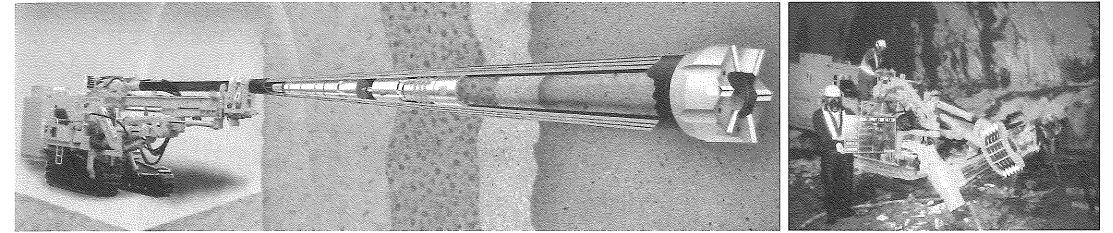
担当: 富樫

〒438-0216 静岡県磐田市飛平松 216 番地 1
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410

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

- 断層破砕帯や湧水をとまなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実にこなえ、施工時間が大幅に短縮できます。
- 2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比べて大幅に向上しました。



KOKEN 鉦研五業株式会社

お問合せ先: エンジニアリング本部 エンジニアリング部
TEL. 03-6907-7512 FAX. 03-6907-7522

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

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

北海道支店: (011)561-4961
大阪支店: (06)6385-0350

東北支店: (022)762-6075
中国支店: (083)972-8757

信越支店: (025)275-6877
九州支店: (092)924-5001

首都圏事業部: (03)-6907-7511
海外事業部: (03)-6907-7515

VOLVO 建設機械

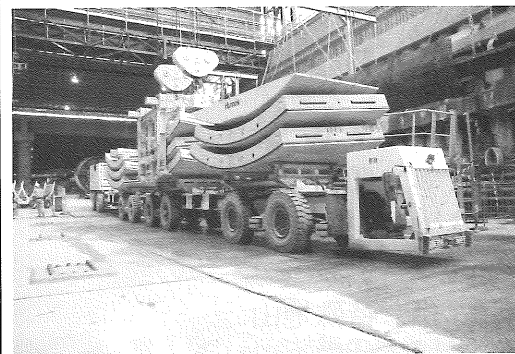
TMS Techni-Metal Systèmes

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



ボルボ建機社 日本代理店 担当: 浅野
(直通) TEL0538-66-1215 FAX0538-66-6162

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 日本代理店
担当: 富樫



山崎マシーナリー株式会社

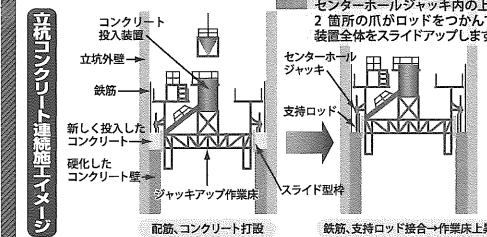
〒438-0216 静岡県磐田市飛平松 216 番地 1
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410

スーパージャッキシステム

トンネル・地下工事に貢献!

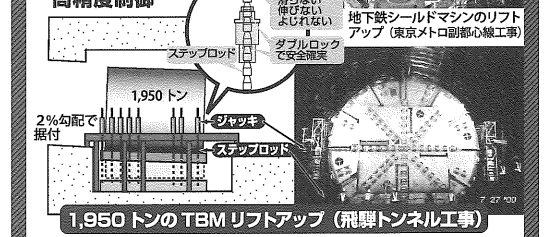
立坑スリップフォーム工法

- コンクリート連続打設で工期短縮
- 型枠・足場組ばらし不要
- 掘削・グラウトスカーフで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



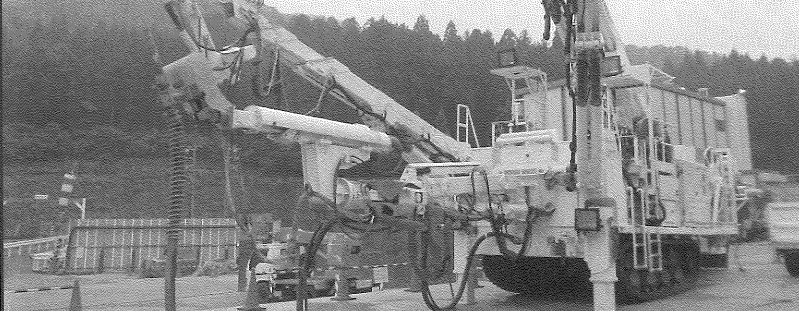
営業品目

■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
JFE 都市基盤営業部 特殊工法グループ

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

ゴムクローラ式エレクター付 コンクリート吹付システム
『**新型スコピオン NSCP I-TN**』



安全・操作性を徹底的に追求した次世代型吹付機！
状況に応じキャッチャーやポンプの選択が可能！

項目	仕様	項目	仕様
1 寸法	全長 13495 mm 全幅 2100 mm 全高 2300 mm	2 吹付能力	吹付能力 120 m ³ /h 吹付距離 0-20 m 吹付角度 0-90°
3 重量	48500 kg	4 吹付材料	吹付材料 乾式 吹付材料 湿式
5 性能	作業速度 31/37 m ³ /h 作業圧力 3.4 MPa	6 構造	エレクター付 ゴムクローラ式
7 仕様	エンジン 3127 cc 燃料タンク 700 L 最大出力 200 kW	8 付属品	吹付ホース 吹付ノズル 吹付管
9 保証	1年保証	10 価格	1100万円



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

- ◆東日本カンパニー◆
 - 北日本支店
北海道営業所
TEL:0133-72-3715
 - 東北営業所
TEL:0197-71-2405
 - 東日本支店
TEL:0268-62-1426
浜松サービスステーション
TEL:0538-66-0166
- ◆西日本カンパニー◆
 - 大阪支店
TEL:072-677-2101
 - 九州支店
TEL:0982-26-2111
福岡営業所
TEL:092-976-6331

トンネルの掘削や修繕にご要望に応じて、より現場に適したコンクリートポンプの選択が可能です。

掘削や修繕作業で発生するコンクリート粉塵を、より現場に適したコンクリートポンプの選択が可能です。

機械に頼りきらない安全管理
「デジ ー ー ー」

技術提案・創意工夫
イメージアップ

重機用パトライトシステムで接触災害防止
重機作業エリアに近づく作業員・現場職員がリモコンボタンを押すと、オペレーターにブザー音とランプ点滅で知らせます。オペレーターが確認し、操作/受信BOXのボタンを押すと重機の積層パトランプが緑色点灯に変わり「一方通行ではない意思の疎通」が迅速にとれます。



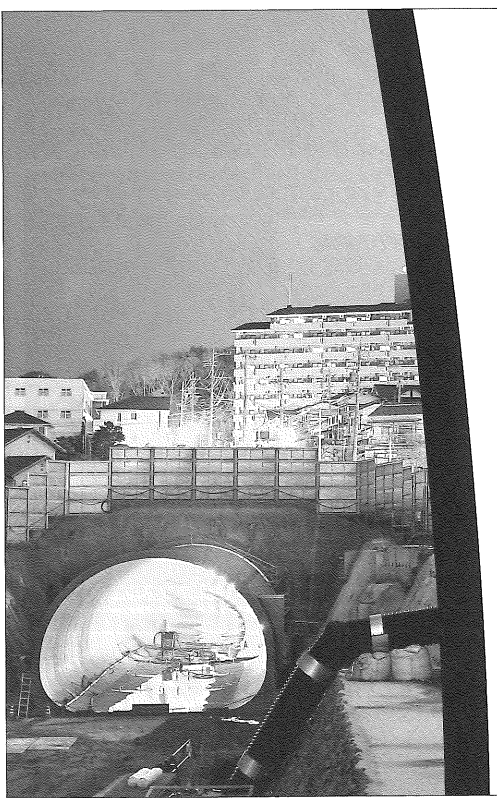
機材一式 オペレーター操作状況 重機取り付け状況

- 《取り扱い商品》

 - ・削孔ツール全般
 - ・空撮業務 (マルチコプター)
 - ・トンネル入出坑、坑内管理システム
 - ・振動・騒音自動監視警報システム
 - ・建設資材全般 (吊鉄防金具、コンクリート養生マット、安全用品、工具、他)

《問い合わせ先》

株式会社アローズ 代表取締役佐川和矢
Mobile: 080-1604-1097 (365days 24h OK)
〒168-0064 東京都杉並区永福2-36-4-107
TEL: 03-3327-7089 FAX: 03-6800-2163
E-mail: ksagawa@arrows-sgw.com
URL: www.arrows-sgw.com



振動
マネージメント
ソリューション

近接地に住居が存在する場合、振動の予測と管理を複雑高度な技術に頼らざるを得ません。利害関係は多岐にわたるので失敗をする余地は殆どありません。トンネル、道路、トレンチ、港湾、パイプライン等の掘削は、今後ますますコスト高となり、時間のかかる作業となってきました。

オリカ社は、日々直面するチャレンジに対する方策を見出す為に、全世界の技術研究所と技術力を使って前向きな考え方で取り組んでおります。その成果は電子雷管eDevilや発破デザインソフトであるShotPlus-Tまた、各種の爆薬に表れておりご理解頂けるものと思えます。

一日でも早く完工する為に、日々の発破のモデル化、計測そして効率化を図っております。オリカ社がどのような形で貴社のお手伝いを出るのかについてorica.com/edevillにアクセスしてeDevil Case Studyのビデオをご覧になって下さい。

orica.com

〔好評発売中〕
わかりやすい**土木地質学**

大島洋志 監修
B5判 209頁 本体価格2,500円 円340円

- 主要目次
- 序編 トンネルと地質の関わり
1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質
- 第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学
1. 地球の構造 2. 地層や岩石の分類 3. 地質作用 4. 地質構造 5. 地形と地質との関わり 6. 日本の地質 7. 地下水
- 第II編 トンネル工事と地質条件
1. 路線選定と地質条件 2. トンネル工法・掘削工法と地質条件 3. 掘削方式と地質条件 4. トンネル掘削に伴う地質的現象
- 第III編 地質調査法
1. 地形・地質調査一般 2. 既存資料調査 3. 空中写真判読 4. 地質踏査 5. 弾性波探査 6. 電気探査 7. その他の物理探査法 8. ボーリング調査 9. ボーリング孔を利用して行う調査 10. 室内試験 11. 調査坑調査(施工・維持管理段階の調査含む) 12. 水文調査・地下水調査 13. 立地条件調査
- 第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方
1. 調査の基本 2. 地山条件の調査の流れ 3. トンネル工事のための地山評価法 4. 調査の成果

お申し込みは、当社へFAXまたはお近くの書店にてお申し込みください。FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は、書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記のうえ、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メジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

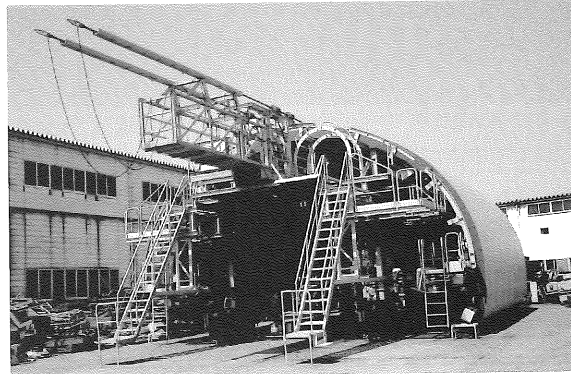


要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

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
(平成 26 年度活用促進技術)



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-VR (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

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

北野工場：〒936-0806 富山県滑川市北野新 888 番地 TEL076(476)2155 FAX076(476)2177

滑川工場：TEL076(476)0333 FAX076(475)9121 東北営業所・工場：TEL0223(32)2420 FAX0223(32)2423
東京支店：TEL03(3851)1016 FAX03(6908)6789 大阪支店：TEL06(4963)3520 FAX06(4963)3521

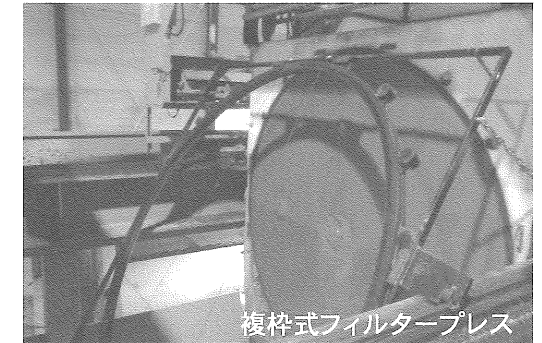
濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0 m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車輛全般》



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



10T ミキサー



4.5 m³ 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 富山県飯野 12-1 TEL (076)452-1616(代) FAX(076)452-1617

■巻頭言

地下空間およびトンネル技術に想う

秋場 俊一 5

■施工

昼夜連続通行止めによる全断面連続片押し工法でインバートを新設 —磐越自動車道 鳥屋山トンネル—

宮沢 一雄・安田 賢哉・須山 恭三・渡辺 淳 7

覆工表層部の品質向上のために透水性シートを適用

—国道45号南三陸道路4号トンネル—

小林 正和・伏見 友宏・山中 健大・小枝 保彦 19

想定外巨礫に遭遇した小断面シールドの進捗低下と対策工

—東京都水道局 第二淀橋線—

田原 功・石綿 利光・迫田 忍・榎本 文一 27

ダム湖内に立坑と大断面ウォータータイト圧力トンネルを構築

—鹿野川ダムトンネル洪水吐—

壬生 恵庫・上岡 真也・芳岡 良一・本村 浩志 37

地中支障物対策を駆使したシールド施工

—東京下水道 王子西一幹線—

岡本 順・神山 守・坂本 久之 59

■連載講座

トンネル新技術への挑戦(9)

—NEW TULIP工法—

「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 69

■現場だより

「歴史めぐりを満喫」上越妙高より

高村 忠勝 36

「トンネル技術者の注目の地」鳥取県鳥取市

富田 陽一 48

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

関係者全員の意思統一で難工事を完成

岡村 慶治 49

■資料

土木情報

編集部 58

工法・技術・製品ニュース

編集部 76

トンネルジャーナル

編集部 68

■会報

会報

日本トンネル技術協会 77

【表紙説明】

ダム湖内に立坑と大断面ウォータータイト圧力トンネルを構築
—鹿野川ダムトンネル洪水吐—



鹿野川ダムトンネル洪水吐工事は、ダム右岸側地山に内径11.5mのトンネル洪水吐を新たに建設するものである。本トンネル部は最大0.9MPaの外水圧が作用する圧力トンネルであり、延長457mのうち約320mが鉄筋コンクリート構造、残りは放流管、トランジション管などの鉄管で構成される。また、鉄筋コンクリート区間は、全周防水シートによって漏水対策を施すウォータータイトトンネルである。写真は、吐口側から呑口側を望む全景である。

〔写真提供：国土交通省〕(本文37頁参照)

II型樹脂型枠 完成キャンペーン 9月末日までのご成約案件に限り 30~40% OFF!

スマートセンサシステム (1セット=1断面5台 × 3列=15台)

- ・使用料金 140,000円 → 90,000円 / 打設回数 (基本料金含む)
- ・取付け・調整料金 400,000円・回 / 1セット (センサの穴あけ別途)
- ・取外し・校正料金 400,000円・回 / 1セット (センサ部分の穴埋め別途)

SSリーダー

- ・使用料金 2,500円 / 日 (基本料金含む)
- ・諸経費・一般管理費 (技術指導・動作確認含む)

特許取得済

児玉株式会社 ☎092-474-5360
エンジニアリング事業部 〒812-0042 福岡市博多区豊2丁目4-23

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

加温しながら初期強度を上げる
加温養生（型枠）



第二養生

加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



第三養生

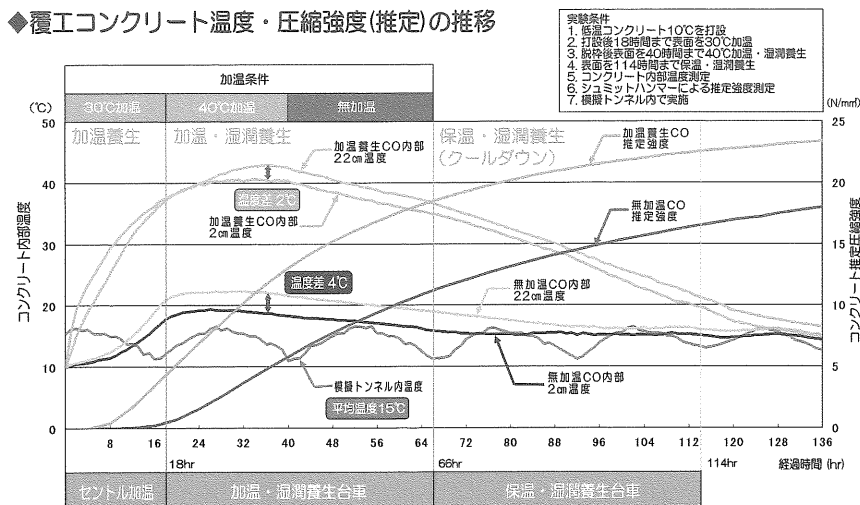
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



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 岐阜県瑞穂市田之上 811 番地 TEL 058-257-1000(代) FAX 058-257-1013
営業部本部 TEL 058-257-1001 東京支店 TEL 03-5836-0531 札幌営業所 TEL 011-374-7027
仙台営業所 TEL 022-259-2239 九州営業所 TEL 092-918-3880 宮古出張所 TEL 0193-77-5472

【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〕

小 山 幸 則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

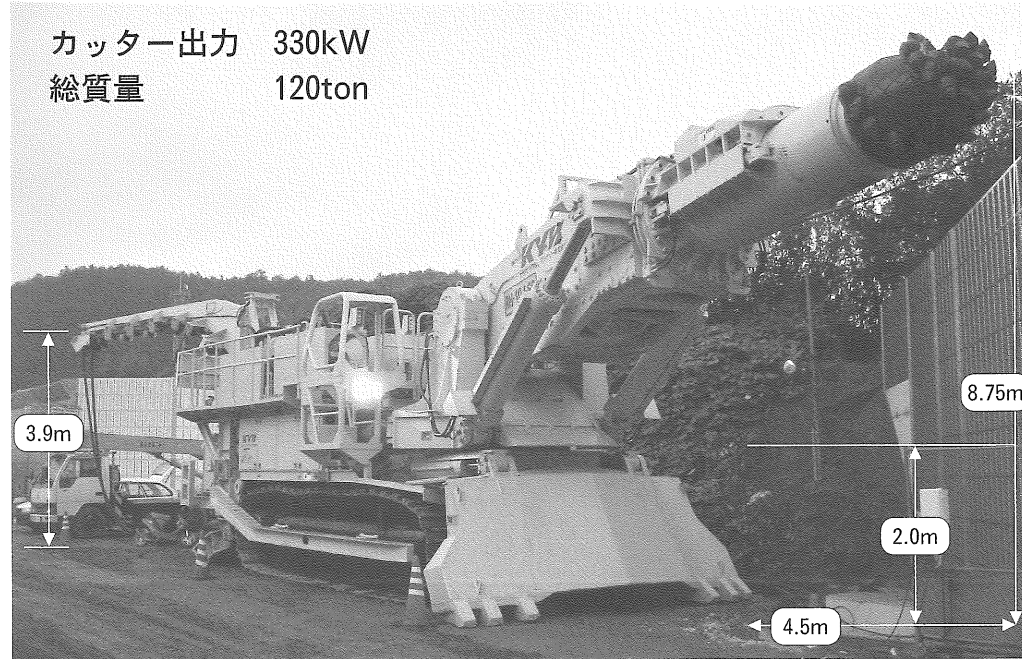
〔幹 事〕

- | | |
|--|---|
| 居 相 好 信
株式会社大林組生産技術本部統括部長 | 藤 井 義 文
株式会社竹中土木常務執行役員 |
| 伊 藤 聡
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 | 松 原 利 之
飛鳥建設株式会社技術研究所所長 |
| 江戸川 修 一
清水建設株式会社土木技術本部
地下空間統括部長 | 森 正 彦
前田建設工業株式会社土木事業本部
トンネル担当部長 |
| 久多羅木 吉治
東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長 | 八 木 弘
株式会社高速道路総合技術研究所参与(外環担当)
道路研究部トンネル研究担当部長 |
| 見 坂 茂 範
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官 | 吉 富 幸 雄
大成建設株式会社土木本土木技術部
トンネル室参与 |
| 西 岡 和 則
鹿島建設株式会社土木管理本部統括技師長
(兼)土木管理本土木工務部トンネルグループ長 | 渡 邊 修
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 |

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

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

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL 03-5733-9444
カスタマーサービス 相模事業所 〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号 TEL 042-767-2586
大阪支店 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番地20号 TEK 第二ビル TEL 06-6387-3371
福岡支店 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル TEL 092-411-4998
三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出長常町 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〕

小山 幸 則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

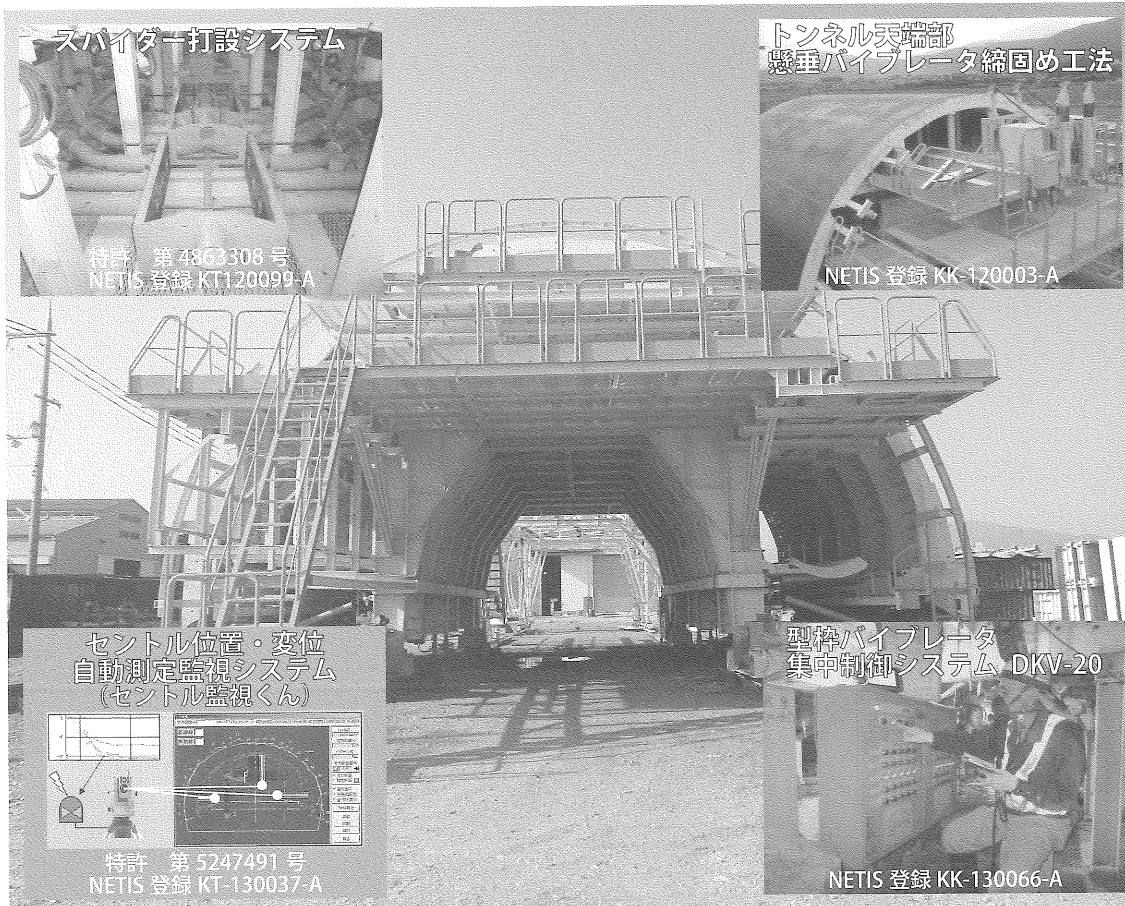
〔編集参与〕

大島 洋 志 国際航業株式会社技術本部最高技術顧問 首都大学東京客員教授	真下 英 人 一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所所長
木谷 日出男 国際航業株式会社フェロー技術本部 土地地盤研究担当	松浦 将 行 地方共同法人日本下水道事業団理事
今田 徹 東京都立大学名誉教授	山田 隆 昭 東日本高速道路株式会社参与 (シニアエキスパート)

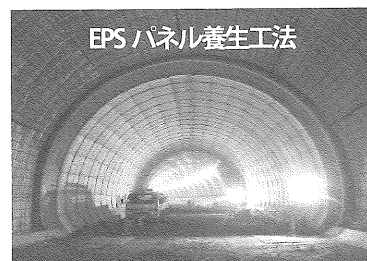
〔委員〕

砂金 伸 治 国立研究開発法人土木研究所つくば中央研究所 道路技術研究グループ(トンネル)首席研究員	平野 隆 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 技術基準担当課長
岡野 法 之 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室長	八木 弘 株式会社高速道路総合技術研究所参与(外環担当) 道路研究部トンネル研究担当部長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長	安田 智 東京都交通局建設工務部計画改良課長
中井 宏 東京都下水道局建設部設計調整課長	山本 武 史 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
中谷 誠 一 東京都水道局建設部工務課長	吉本 正 浩 東京電力パワーグリッド株式会社 工務部管路土木技術担当

トンネル二次覆工型枠総合メーカー



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
国土交通省	28	0
NEXCO	6	1
地方自治体	25	4
鉄道・運輸機構	1	0

平成28年4月1日 現在

実施権許諾第 10396 号
NETIS登録 (No.CB-090003-VE)

一歩前進! ~限らない未来への挑戦~

 **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.47 No.8 掲載概要

掲載頁
7

昼夜連続通行止めによる全断面連続片押し工法でインバートを新設
—磐越自動車道 鳥屋山トンネル—

東日本高速道路(株) 宮沢 一雄

磐越自動車道会津坂下～西会津IC間の鳥屋山トンネル(延長2.6km)は、建設時の切羽の岩判定で泥岩と凝灰岩の互層であったが、堅硬かつ良好な岩盤と判断されたため、1997年以前の旧設計要領によりインバートがない支保パターンで施工された。しかしながら、供用してから間もない1998年に路面隆起が発見され、累計最大隆起量は190mmに達した。この変状対策として昼夜連続通行止めによりインバート構築工事を実施した。路線の交通特性から通行止め回数および期間を設定し、新たに全断面連続片押しインバート施工方法により通行止め期間の短縮を行った。

本稿は、供用中トンネルの大規模更新・修繕の先駆けとして実施した盤膨れ変状対策について報告するものである。

Repairing with Invert Concrete Casted to Full Section in One Direction under Road Closure Continuous Day and Night—Ban-Etsu Expressway the Toyasan Tunnel—

By Kazuo Miyazawa, East Nippon Expressway Company Limited

The Toyasan Tunnel (2.6 km in length) between the AizuBange interchange and the Nishi-Aizu interchange on the Ban-Etsu Expressway was built in a support pattern with no invert concrete according to the old design standard before 1997 after the rock face in alternation of strata between mudstone and tuff was rated as solid and favourable at the time of construction. However, just after it went into service in 1998, road upheaval were observed, the maximum cumulative total of which reached 190mm. As a measure against this deformation, works to cast invert concrete were implemented under continuous 24-hour road closure. Road closure frequency and duration were set according to road traffic characteristics. We newly prepared the full cross-section continuous one-way casting invert concrete method in order to shorten its duration.



写真はインバート完成状況

This report contains information on measures for road upheaval implemented as a precedent project of large-scale upgrading and repairs on a tunnel in use.

掲載頁
19

覆工表層部の品質向上のために透水性シートを適用
—国道45号南三陸道路4号トンネル—

(株)不動テトラ 小林 正和

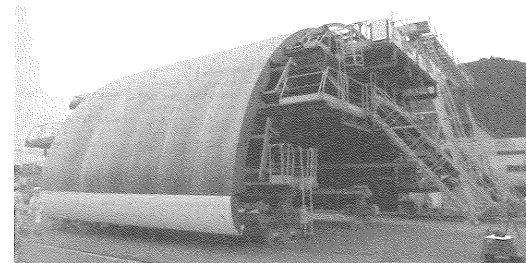
トンネルの覆工コンクリート下半部は、表面気泡や砂すじが発生しやすく、覆工コンクリートの初期欠陥となっている。その対策として、従来ある覆工コンクリート用鋼製型枠(セントル)の下半部に透水性シートを取付ける方法を改良して施工を実施した。その結果、従来見受けられた表面気泡や砂すじの発生を防止し、耐久性低下の要因となる初期欠陥を克服することができた。また、事後の品質確認では、表面吸水試験と透気試験の非破壊試験の実施により、覆工コンクリートの耐久性向上に寄与するコンクリート表層部の水密性、密実性を確認できた。

本稿は、釘などを用いることができない鋼製型枠に透水性シート材を取付け格納する方法や、透水性シートの展幕方法に苦慮しながらも、創意工夫を盛り込んで技術の改良を実施した事例の報告である。

Use Permeable Sheet to Improve Lining Surface Quality—National Route 45 the Minami-Sanriku Road No. 4 Tunnel—

By Masakazu Kobayashi, Fudo Tetra Corporation

Surface voids and sand streaks as initial flaws are often found on the lower half of the tunnel lining concrete. As its measure, we attached permeable sheet to the lower half of the steel form (tunnel lining form). As a result, it prevented the generation of surface voids and sand streaks that cause reduction of durability. In addition, in post-construction quality checks, the water-tightness and solidity of the concrete surface that contributes to the durability of lining concrete were confirmed through non-destructive tests of a surface water absorption and permeability.



写真は透水性シートを装着したセントル

This report contains information on ways to attach the permeable sheet to steel form for which nails cannot be used and to spread the sheet.

想定外巨礫に遭遇した小断面シールドの進捗低下と対策工

—東京都水道局 第二淀橋線—

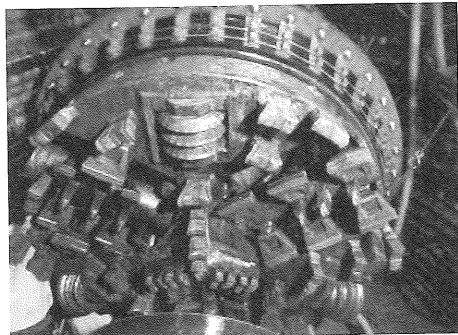
東京都水道局 田原 功

本工事は、新宿区西新宿に位置する淀橋給水所の配水区域を拡大して、新宿、渋谷、中野区の一部など、一部地域の安定給水の向上を目的に、内径1,000mmの配水本管を新設するため、最大土かぶり41m、仕上り内径1,850mm(外径2,006mm)、延長2,740mのトンネル築造を泥水式シールド工法にて施工したものである。

本稿では、トンネル築造にあたって、小断面、高水圧、長距離下で施工を行った泥水式シールド工法の選定の経緯から、想定外の巨礫遭遇による進捗低下と対策工および中間立坑築造による面板改造を含めた施工実績について報告する。

Decrease in Progress of Small-Diameter Shield TBM Encountered with Unexpected Boulders and Its Measures—Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government the No.2 Yodobashi Line—

By Isao Tahara, Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government



写真はシールド到達状況

These works aimed to expand the distribution area of the Yodobashi Water Station located in Nishi-Shinjuku in Shinjuku and to improve stable water supplies in Shinjuku, Shibuya and parts of Nakano through the new installation of main water distributing pipe with an inner diameter of 1,000mm. The pipe is held in the tunnel of 2,740m in length with a final inner diameter of 1,850mm (exterior diameter 2,006mm) and maximum cover of 41m built with a slurry shield TBM.

This report contains information on selection process of the slurry shield TBM for small cross-section, high water-pressure, long-distance tunnel, decrease in progress after encountering with unexpected boulders and its measures, as well as construction results including altering face plate with the construction of a midway shaft.

ダム湖内に立坑と大断面ウォータータイト圧力トンネルを構築

—鹿野川ダムトンネル洪水吐—

国土交通省 壬生 恵庫

愛媛県大洲市に位置する鹿野川ダムの改造事業は、洪水調節と発電を目的に50年以上前に建設された重力式コンクリートダムの機能を強化するため、ダム右岸側地山に内径11.5mのトンネル洪水吐を新たに建設するものである。

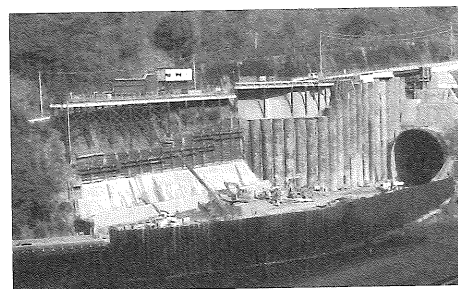
トンネル洪水吐は、上流側での流入水路部(延長47m)、呑口立坑部(内径17m、深度41m)、トンネル部(標準内径11.5m、延長457m)および下流側吐出口(延長75m)よりなる。本トンネルは最大0.9MPaの外水圧が作用する圧力トンネルであり、延長457mのうち約320mが鉄筋コンクリート構造、残りは放流管、トランジション管などの鉄管で構成される。また、鉄筋コンクリート区間は、一般的な圧力トンネルで実施されている止水グラウチングではなく、全周防水シートによって漏水対策を施すウォータータイトトンネルである。

本稿では、トンネル掘削～覆工完了まで一連の施工実績について報告する。

Construction of a Shaft and a Large Water-Tight Pressure Tunnel in Dam Reservoir—The Kanogawa Dam Spillway Tunnel—

By Keigo Mibu, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

The improvement works on Kanogawa Dam Reservoir located in Ozu City in Ehime Prefecture are to install a new spillway tunnel with an inner diameter of 11.5m constructed in the bedrock on the left shore of the dam reservoir. They are being conducted in order to reinforce the function of the concrete gravity dam which was built over 50 years ago with the aims of controlling floods and generating electricity.



写真は吐口部全景

The spillway tunnel is composed of an inflow waterway (47m in length), shaft of water gate (inner diameter: 17m, depth: 41m), waterway tunnel (standard inner diameter: 11.5m, length: 457m) and exit of waterway (75m in length). This is a pressure tunnel on which external hydraulic pressure of a maximum of 0.9MPa acts. The tunnel of approximately 320m of the total length of 457m is reinforced concrete tunnel and the rest is iron pipes for conduit pipes or transition pipes. In addition, the reinforced concrete tunnel is a watertight tunnel wrapped whole by waterproof sheet but made up of water proof grouting.

This report contains information on a circumstance of the works from tunnel excavation to lining completion.

地中支障物対策を駆使したシールド施工

—東京下水道 王子西一号幹線—

東京都下水道局 岡本 順

王子西一号幹線は、東京都北区東十条、王子地区の浸水被害軽減を目的として泥土圧シールドで施工した雨水幹線である。当シールド工事において、掘進ルート内に複数の地中支障物が見つかった。これに対して、河床下の残置鋼材は、シールド内からの支障物除去工法のひとつであるDO-Jet工法によって切断、除去を行った。また道路下の鋼矢板については、地上から深礎を築造し、鋼矢板を直接撤去した。さらに、道路下に点在する支障物に対しては、線形変更によって回避した。

また、掘削地質の急激な変化による面盤閉塞に対しては、地表面から面盤前にボーリングを行い、スポーク間に高圧水噴射を行うことで閉塞を除去した。

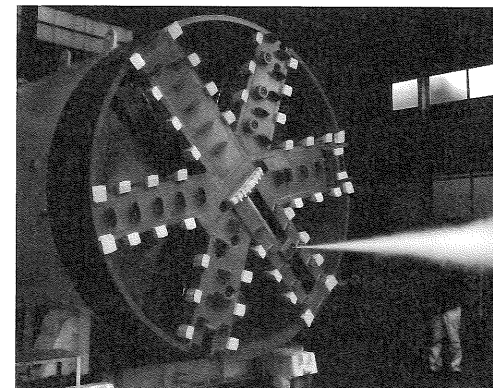
本稿は、これら地中支障物への対処事例を報告するものである。

Shield Drive with Measures against Subterranean Obstacles—Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government the Oji-Nishi No.1 Sewer Main—

By Jun Okamoto, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

The Oji-Nishi No.1 sewer main is a storm sewer which was constructed with a slurry shield TBM with the aim of reducing inundation damage in the Higashi-Jujo and Oji districts of Kita-ku in Tokyo. During shield drive, it was discovered that there were numerous subterranean obstacles along the excavation route. Steel material that had been left behind under the river bed was cut and removed with the DO-Jet method which is one of the techniques that can remove obstacles from within the shield TBM. Steel sheet pile that was under the road was directly removed through constructing a shaft on the road. Obstacles dotted around under the road were avoided with alignment changes. Clogging in the cutters that was caused by rapid changes in excavated soil were removed by high-pressure slurry jetting which was conducted from the holes bored in front of the face-plate of TBM.

This report contains examples of dealing with these types of subterranean obstacles.



写真は今回のシールドとDO-Jet工法(切削材噴射)

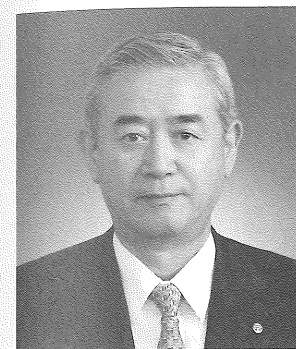
巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)

地下空間およびトンネル技術に想う

戸田建設(株)代表取締役専務執行役員(本協会理事)

秋場俊一

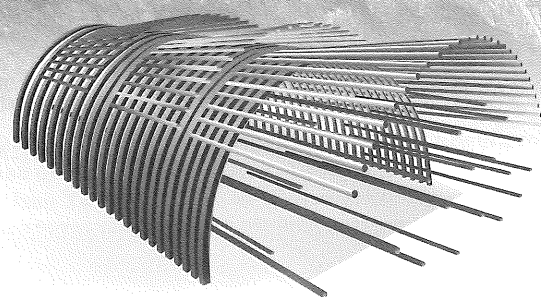


今回巻頭言の執筆依頼をいただき、これを契機に過去の諸先輩方の投稿文を読ませていただいた。その中に2004(平成16)年6月号に掲載された当社の元副社長の投稿文があり、まずは当時の顔写真と筆跡が目に入り懐かしい気持ちになり、いよいよ「維持と伝承」と題された本文に目を移した。自然から教えを乞うことの重要性を次世代の土木技術者に伝承すること、インフラの維持管理技術の重要性を謳ったものであった。精緻な文章に加え、土木技術者としての確固たる姿勢や先見性の鋭さを見るに至って、当時ただただ厳しい上司としか映らなかったが、その根底に土木技術者としての自負があったことを今更ながらに感じた。浅学な小生の文章を並列することにいささか羞恥の念を覚える。

さてこの投稿文は、青の洞門の紹介から始まっていた。大分県中津市耶馬溪にあるこの洞門は交通用トンネルとして日本最古のものとされている。1763年に諸国を廻っていた禅海和尚が資金を集め造られたもので、通行料を徴収したので日本最古の有料道路でもある。鉄道トンネルとしてもっとも古いのは、神戸市の石屋川トンネル。1871年に開削工法で造られた。その後1880年に逢坂山トンネルが造られた。これ以降日本のトンネル技術はどんどん向上し今や世界に誇る技術レベルになっている。しかし地質の変化の激しい日本においては難工事も多々あった。代表的なのは青函トンネルと鍋立山トンネルであろう。

青函トンネルは全長53.85kmの世界最長の海底トンネルである。青函連絡船「洞爺丸」が台風で沈没し1,000人超の犠牲者を出した事故で早期のトンネル開通が望まれた。当初予定されたTBMが自重で沈みこんでしまうほどの軟弱地盤と異常出水に対し、先進ボーリングと地盤注入、また岩盤吹付け工法を採用し、工事開始から20年以上経過した1987(昭和62)年11月に完成した。

ユニークな発想でVEを提案

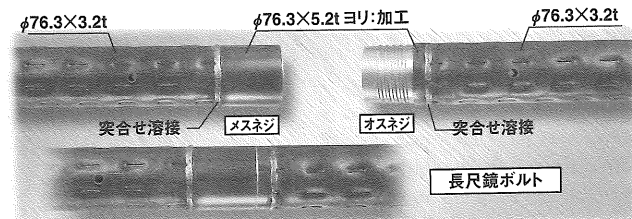


NETIS登録申請中

ストロング

FIXチューブ(S型)

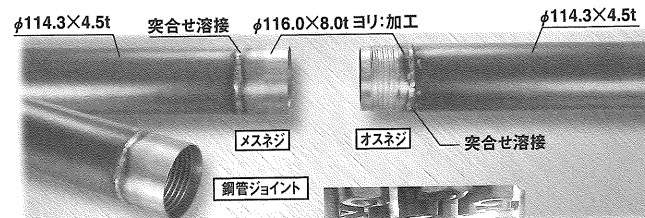
- ※長尺鏡ボルトは凹み面状の鋼管で周辺地山をしっかりとFIXします。
- ※長尺フォアパイリングのねじ強度改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



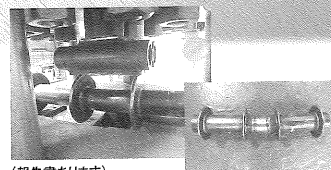
NETIS No.KK-150045-A

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!



曲げ耐力30%UP!!

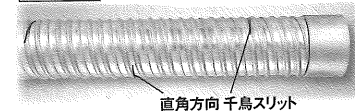


(報告書あります)

接続部の抗折力試験

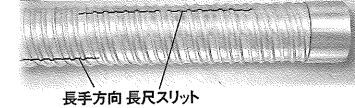
撤去管の選択

標準タイプ



直角方向千鳥スリット

解体分別タイプ



長手方向長尺スリット



STD BITS (ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングビット径
100A	φ114.3	φ124

注入材・その他工法

- ※ウレタン系注入材: NEW-TSRF、NEW-TBU
- ※ウレタン系空洞充填: NTR工法
- ※高速フォアボーリング: SP-IF工法
- ※高速ルートパイル: SPフィックスパイル工法
- ※高速マイクロパイル: SPマイクロパイル工法
- ※φ27.2注入管、自穿孔ボルト各種在庫あり



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

鍋立山トンネルは、北越急行ほくほく線の新潟県上越市大島区と十日町市松代を結ぶ全長9.12kmのトンネル。そのうち中工区の645mが日本一の難工事となった。当初NATMで掘削が行われていたが厚さ90cmのコンクリートが破壊されこの工法を断念。続いてTBM工法が採用されたが65mほど進んだ場所で進退不能となり、さらに地圧で100mも押し戻された。その後ありとあらゆる工法が採用され、工事開始から中断を含め22年が経ち1995(平成7)年3月に本坑の掘削が完成された。

日本の国土は73%が急峻な山である。また海に囲まれた島国であり、道路をはじめインフラの整備には山岳トンネルやシールド工法が必需である。数多くの実績がそれらの工法を世界レベルに押し上げていくことになったが、ここに来て新たに厳しい自然条件や設計条件に対応すべきより高度の技術を要求されてきている。われわれはそれらに対応すべく日々研鑽を積んでゆかねばならない。まだ道半ばということだろう。

また、国土の平地に目を向ければ、諸外国の可住地割合はイギリス84%、フランス72%、ドイツ66%に比し、わが国は23%であり、可住地の人口密度が際立って高いと言える。そのうえに都市部の昼間においては人口の集中が顕著であり一部の都市では非常に高密度な状態で生産活動が行われている。そのことは高効率である利点もあるが、いったん大地震などの災害に襲われたときの大きなリスクを孕んでいる。大地震などの災害が発生すれば都市機能はいっぺんにその機能を失い、政治、経済の機能の喪失は国全体の機能の喪失につながりかねない。ゆえに、わが国においては都市部の高密度な活動を緩和する別の空間がどうしても必要になってくる。解決策は当然地下空間に視点を向けることとなる。それも大深度地下空間ということになる。

大深度地下を利用する利点は数々ある。まずは水平方向においても垂直方向においても障害物が少なく自由な配置が可能になる。土地代がないのでコストもかからない。地震に強く、温度湿度の変化も少ない。そして地下空間を利用することで地上に余裕が生まれ、人にやさしく地球にやさしい地上空間の創造が可能になる。実際現在においても、東京都などの大都市では地下鉄が多く走り、地下街では商店が並び駅と直結して多くの人々が利用している。すでに地下空間の利用は身近なものとなっている。

もちろん課題は山積している。政治的な問題もある。洪水、老朽化などに対する安全性の確保をどうするか。そして何より大深度地下構造物を築造するための土木技術は十分か。トンネル技術同様われわれに与えられた課題は大きい。

施工

昼夜連続通行止めによる全断面連続片押し工法でインバートを新設

—磐越自動車道 烏屋山トンネル—

東日本高速道路(株)東北支社津若松管理事務所工務担当課長(現)山形工事事務所副所長 宮 沢 一 雄

(株)ネクスコ・エンジニアリング東北保全技術部土工・トンネル課課長代理 安 田 賢 哉

(株)大林組東北支店赤湯工事事務所副所長 須 山 恭 三

(株)大林組東北支店赤湯工事事務所主任 渡 辺 淳

1 はじめに

磐越自動車道は、福島県いわき市のいわきJCTから郡山市を經由して、新潟県新潟市の新潟中央ICに至る延長213kmの高速道路である。烏屋山トンネルは、会津坂下IC～西会津IC間にある延長2,600mのトンネルで(図-1)、I期線(上り線)での暫定2車線施工である。

最大土かぶり180m程度であり、地質は新第三紀中新世のグリーンタフ変動期に堆積した泥岩、凝灰質砂岩および凝灰岩よりなる互層構造である。また、膨張性を示すスメクタイトの含有が建設時から確認されていた。路面隆起を生じた区間の地質は、緑色凝灰岩、凝灰質砂岩、凝灰質泥岩で、施工記録によると湧水が多かったが、変位は少なく、切羽はおおむね安定しており、堅硬かつ良好

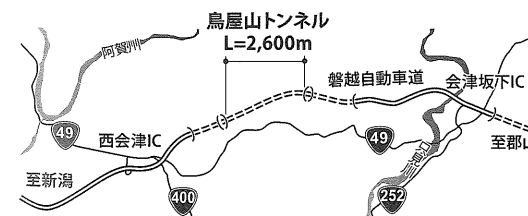


図-1 烏屋山トンネル位置図

な岩盤と判断されたため、1997年以前の旧設計要領によりインバートがない支保パターンで施工され1996年5月に完成した。

しかしながら、供用してから間もない1998年に路面隆起が発見され、累計最大隆起量は190mmに達した。この路面隆起が進行する高速道路トンネルの盤膨れ変状対策として昼夜連続通行止めによりインバート構築工事を実施した。路線の交通特性から通行止め回数および期間を設定し、新たに全断面連続片押しインバート施工方法により通行止め期間の短縮を行った。

本稿は供用中トンネルの大規模更新・修繕の先駆けとして実施した盤ぶくれ対策について報告するものである。なお、本トンネルの変状調査結果については、既報¹⁾を参照していただきたい。

2 変状状況と原因の推定

2-1 変状状況

1998(平成10)年4月に東坑口より約600～800m奥の区間でコンクリート舗装面が40～50mm隆起していることが確認された。その後、調査²⁾を実施してきたが18年後の2014(平成26)年6月には最大累計隆起量が190mmに達した。



写真-1 路面クラック

対策工事までの日常管理を目的として、隆起が顕著な3か所において、側壁上方にトータルステーションを設置して路面高さの自動測定システムを構築¹⁾し、管理基準を設け、常時監視を行った。測定開始後から顕著な隆起が認められ2014(平成26)年12月より警戒基準値の5mm/年を超える隆起変位が認められた。また、あわせて20~30mm開口した貫通路面クラック(写真-1)、コンクリート舗装鉄筋の破断や監視員通路の変状も確認された。

2-2 原因の推定

路面測量、地質調査、地中変位、覆工調査などの調査結果¹⁾から次の原因が推定される。

- ・隆起が激しいのは約130mの区間で、著しい隆起は3か所で、局部的に分布している。連続性は乏しいが凝灰質砂岩が分布し、泥岩層や粘土を挟み破砕を受けている。
- ・スメクタイトを含んでおり、陽イオン容量が大きいことから膨張性鉱物を多量に含み、吸水膨張特性がきわめて大きく、浸水崩壊度も大きい。
- ・鉛直下方に深度0~6mで隆起方向の変位が発生している。

以上のことから、凝灰質砂岩に含まれる泥岩層や小断層、粘土薄層中にスメクタイトが多量に含まれたために路面下の浅い部分から膨潤し、路面隆起が発生している隆起メカニズムが考えられ、トンネル施工上インバートがない区間で路面隆起が顕在化したと推定される。

- 補強ランク A~D**
- (1)外力の作用に関する補強ランク
 - ①塑性圧に起因する変状の補強ランク
 - ②偏圧に起因する変状の補強ランク
 - ③地山の緩みによる鉛直圧に起因する変状の補強ランク
- 補修ランク I~III**
- (2)ひび割れの密度に関する補修ランク
 - (3)漏水に関する補修ランク
 - (4)材料劣化に関する補修ランク

図-2 補修・補強ランクの分類

3 変状対策工の計画検討

3-1 変状部の判定基準

鳥屋山トンネルの変状対策を『NEXCO設計要領²⁾のトンネル変状対策により判定基準を選定した。図-2に補修・補強ランクの分類を示す。

今回の変状は、「①塑性圧に起因する変状の補強ランク」に該当している。路面隆起変位速度が5mm/年以上であるため、変状が大きくかつ進行し、通行車両に対して危険であるため、早急になんらかの補強が必要なものと考えられた。

3-2 対策範囲

累積路面隆起量の経時変化を図-3に示す。道路縦断方向239mにわたり路面隆起が確認されている。隆起量が大きな3か所のピークを含む、累計隆起量50mmを超過するSTA138.20~138.33の126m区間を対策範囲とした。

3-3 対策工の設計

建設時から湧水が多く、発生している累計隆起量が最大で190mmと、他の変状トンネルと比べても大きく、隆起が継続していることからロックボルトなどの応急対策ではなく、インバート設置の恒久対策が必要とされた。既設インバート損傷による変状ではなくインバート未設置箇所での変状であるため、インバート半径は新設半径と同じR=16,000mmとした。

インバート厚さは、C II 支保であるがインバート下面地山の劣化が想定されるためD I 支保相当の45cmとした(図-4)。ただし、早期の埋戻しと供用開始、および初期ひびわれ防止のために、設計基準強度45N/mm²の早強コンクリートを使用し繊維で補強した。

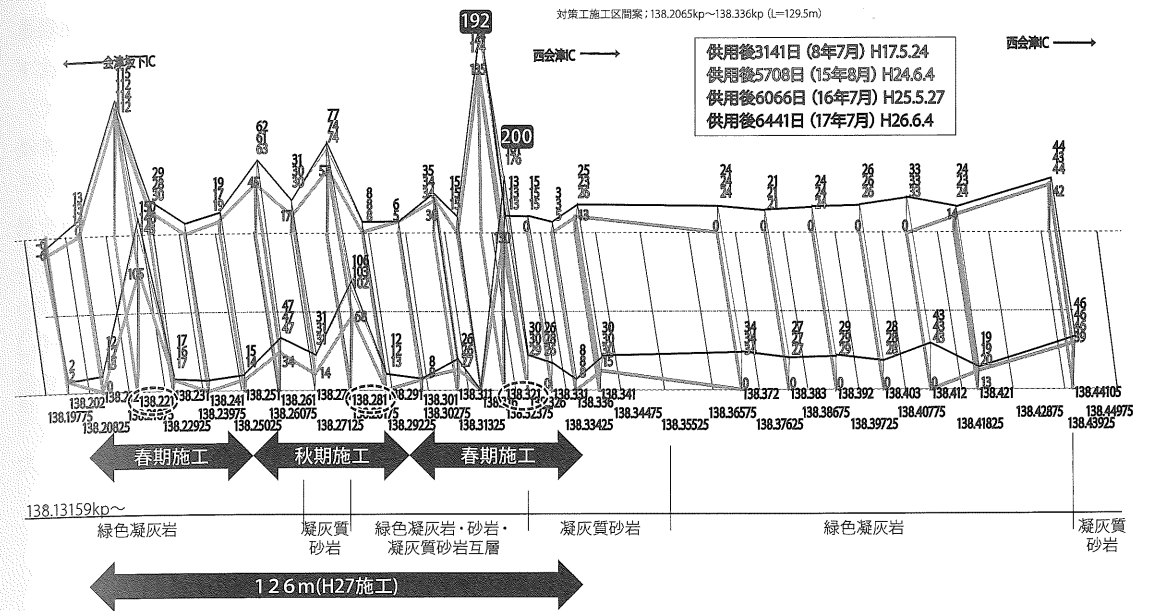


図-3 累積路面隆起経時変化

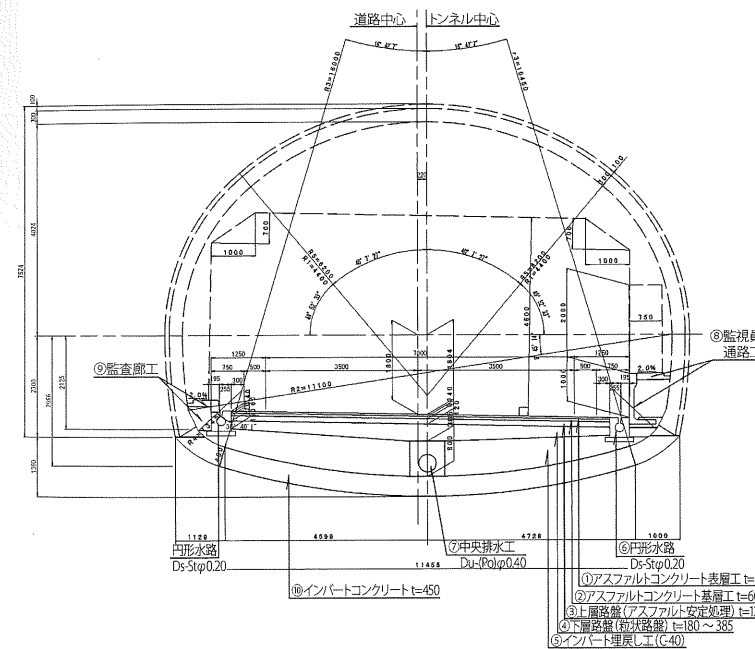


図-4 対策工標準断面図



図-5 通行止め広報バナー

重要な高速道路に位置し、並行する国道49号は急峻な線形で、ほかに代替となる道路はない。冬期は累計積雪深が10mを超える豪雪地帯であり、登坂不能車両による通行止めも発生する。当該区間は片側1車線の対面通行であり、道路メンテナンスや補修・改良工事は夜間通行止め(20時~翌5時)にて年間70日

程度実施されている。

4 施工計画検討

4-1 路線の交通特性と交通規制

対策トンネルがある磐越自動車道の会津坂下IC~西会津IC間は福島県郡山市と新潟市を結ぶ

交通量は6,000台/日程度であるが、GWや夏期繁忙期には10,000台/日を超え、変動が大きい。国道49号は14,000台/日程度の交通量であり、繁忙期以外であれば休日や朝夕の交通量を考慮して

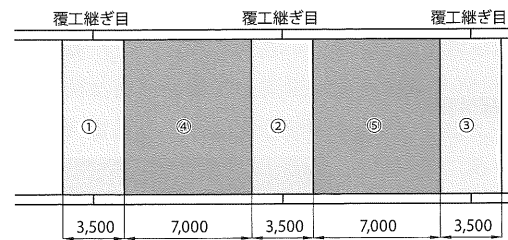
も、迂回路としての国道49号の交通容量は問題ないことがわかった。

今回、対策範囲に昼夜連続通行止めにてインバートを設置すると約30日間が必要とされた。しかしながら、高速道路において工事が原因でこれほどの長期間にわたり上下連続通行止めした事例はなく、利用されるお客様への影響を最小限とすべく、なるべく短い期間で工事を完了するために、20日間×2回(春期, 秋期)の昼夜連続通行止めでの計画とした(図-5)。

4-2 インバート施工の工期短縮検討

『NEXCO 設計要領』²⁾によるインバート施工方

『NEXCO 設計要領第3集本工保全編』の施工方法



法は、矢板工法の下半覆工コンクリートの逆巻き施工の実績から、覆工コンクリート目地部の沈下防止のため覆工継ぎ目の3.5mを先行施工して、そのあと戻って、中間部の7.0mを施工する方法を標準としている。

今回、路面隆起の著しい126mの対策範囲を最短の昼夜連続通行止めとすべく、新たな試みとして全断面連続片押しインバート施工の検討を行った(図-6)。施工延長, 期間および覆工延長から1サイクルあたりの掘削延長を5.25mとして検討を行った。

既設覆工コンクリート下を連続して掘削した

新たな施工工法(片押し順次閉合案): 1サイクル5.25m

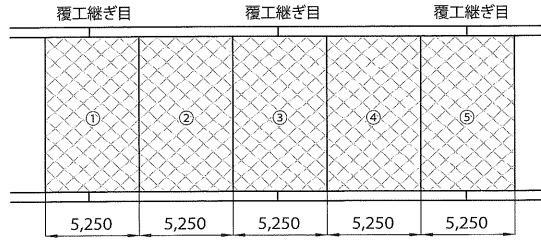
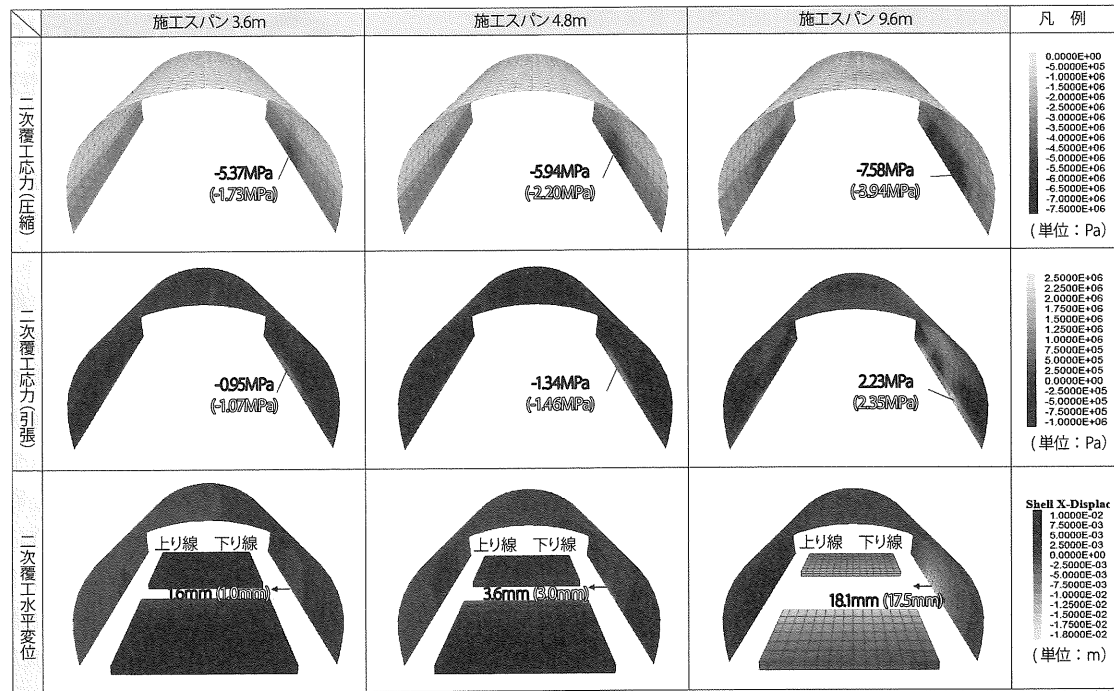


図-6 インバート施工方法



黒字: 発生応力または変位, 白抜き字: 撤去後の増分応力または変位

図-7 3次元粘弾塑性解析結果

施工例はなく、覆工応力への影響を確認するために、トンネル変状を再現するため変状地盤をクリープにより表現できる粘弾塑性モデルを用いるものとした。地山物性値は調査段階の再現解析と同様である¹⁾。インバート施工の影響の比較にお

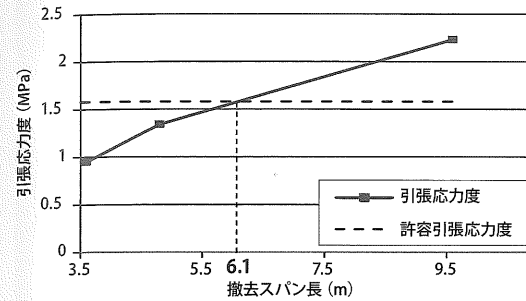
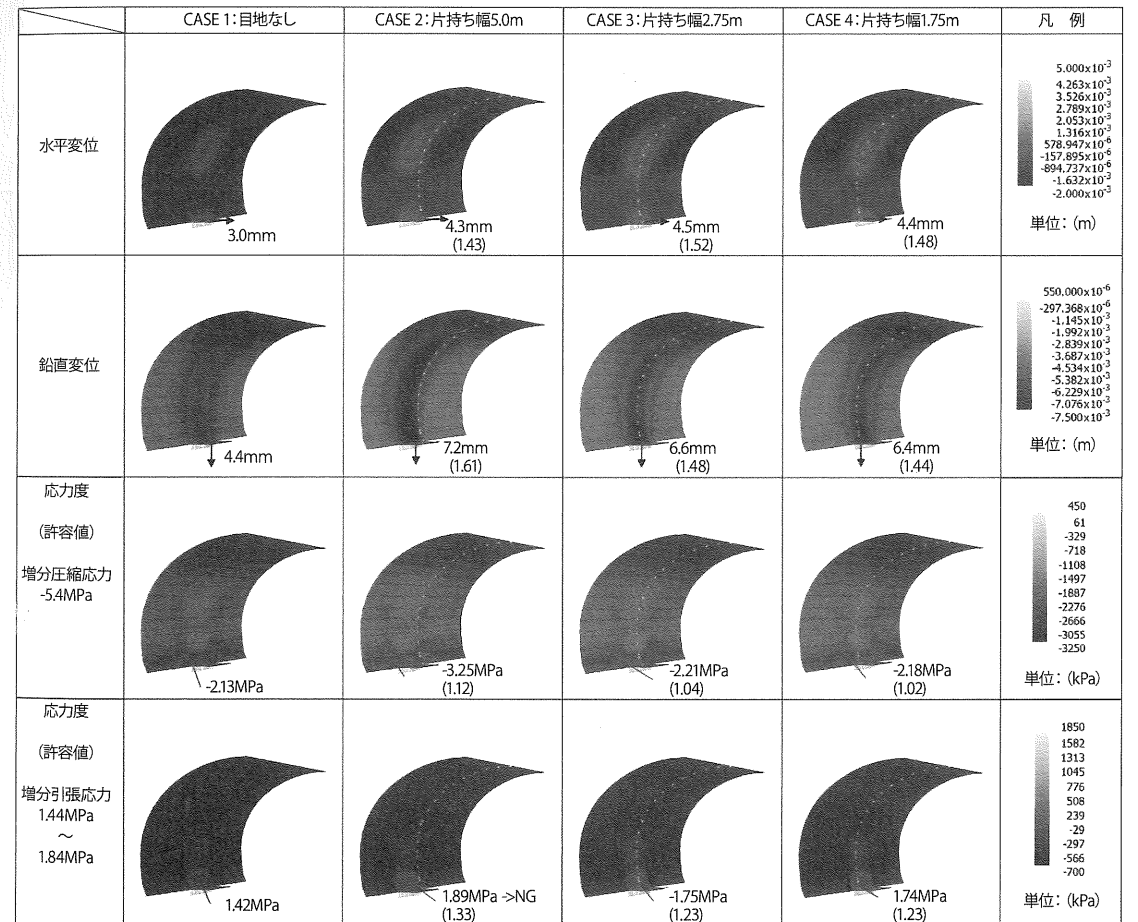


図-8 引張応力とスパン長の関係

いては、掘削延長がパラメータになることから3次元粘弾塑性解析を実施した。スパン長3ケースの解析結果を図-7に示す。

撤去スパン長と引張応力の関係(図-8)から6m程度まで可能であり、5.25mの掘削に対する安定性が確認された。

覆工継ぎ目部を先行施工しないため、片持ち長による覆工の安定性の確認を3次元シェルばねモデルにて解析を行った。片持ち長3ケースの解析結果を図-9に示す。引張応力から片持ち長2.75mまで可能である。覆工継ぎ目部にインバート中心を合わせたスパン割りにすることで、覆工片持ち長は2.625mとなることから、覆工の安定性が確認された。



結果コンタ図は二次覆工2スパン分を表示, 白点線およびモデル端部が目地部 ()内の数値は目地なしの結果に対する比率

図-9 片持ちシェルばね解析結果

4-3 春期・秋期の施工ステップ

インバートスパン長を5.25mとして24スパンで施工延長を126mとした。春期施工では、累計隆起量が著しい2か所のインバート施工を先行することとし、秋期施工で中間箇所での施工を行うこととした。

春期施工のスパン割りと施工方法を図-10に示す。秋期施工を中央に残し、両側に8スパン(42.0m)、計16スパン(84.0m)のインバートを施工することとした。施工方法は連続片押しインバート施工とし、中央から反対方向へ2パーティで同時に施工することとした。撤去部材や掘削土の処理およびコンクリートなどの資材供給も郡山側と新潟側から別途に行い工期短縮を図ることとした。

春期施工ステップは、対策区間全体の各種ケーブルなどを切換え、監視員通路と給水管を撤去したあと舗装を撤去し、仮設排水釜場を設置してポンプと排水管にて水替え後に、中央排水管と円形水路の取壊しを行うこととした(写真-2,3)。

1スパンのインバート掘削とコンクリート打設を一昼夜で行い、インバート完了後に中央排水管と横断排水管を設置して埋戻しを行ったあと、全体の仮設監視員通路および仮設ケーブル、給水管の復旧、アスファルトによる仮舗装、交通管理施設、秋期施工箇所常時監視計測設備を復旧して交通開放することとした(写真-4~8)。仮設監視員

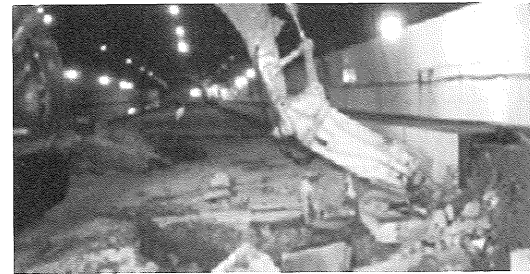


写真-2 コンクリート舗装・監視員通路撤去状況



写真-3 センタードレン切替え状況



写真-4 インバート掘削状況

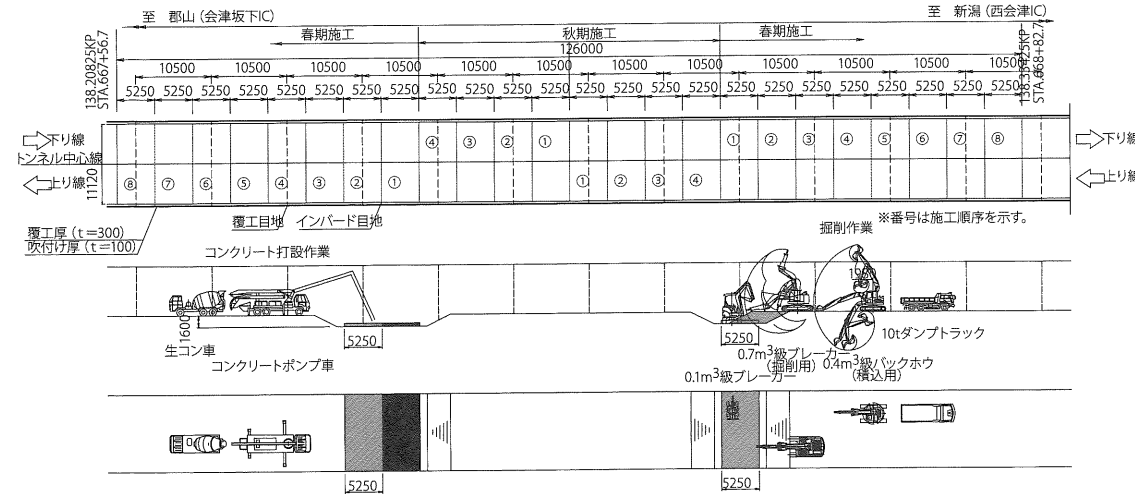


図-10 春期施工方法



写真-5 インバートコンクリート打設状況

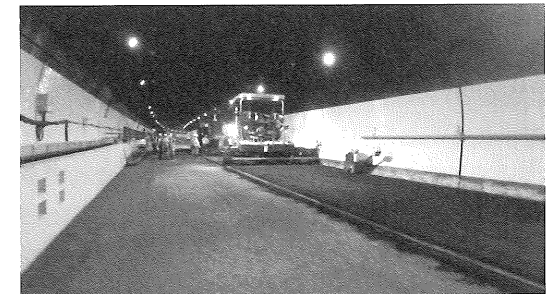


写真-7 アスファルト舗装復旧状況

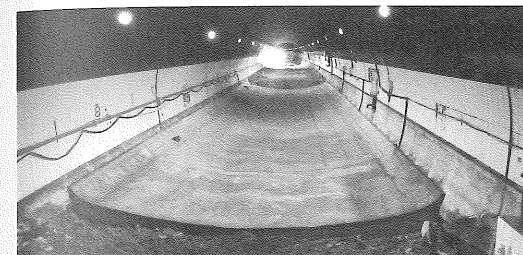


写真-6 インバート完成状況



写真-8 補修工事完了状況

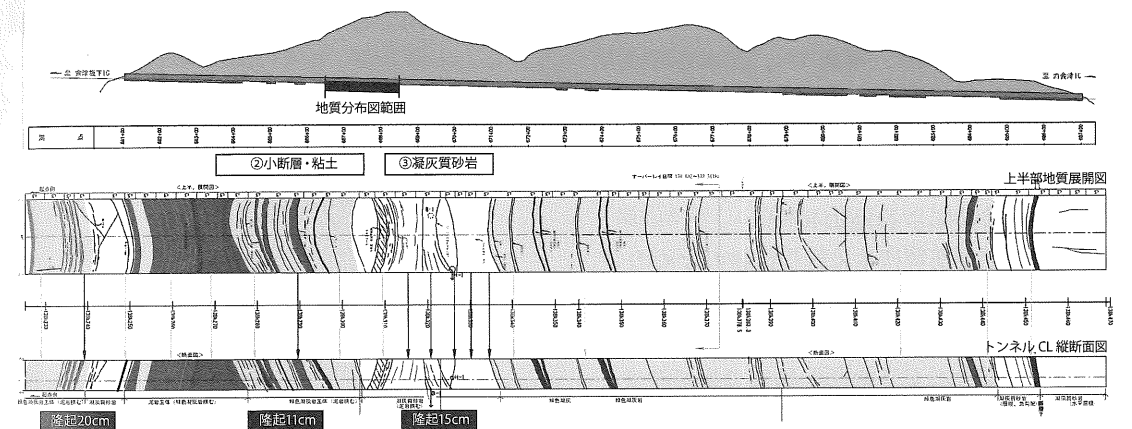


図-11 切羽スケッチにもとづく地質分布

通路にプレキャストL形擁壁、仮設ケーブル敷設には強化プラスチック製トラフを使用して工期短縮を図った。

秋期施工は春期施工と同様に、中央から両側に4スパン(21.0m)、計8スパン(42.0m)のインバートを施工することとした。施工方法は、春期施工と同様に2パーティで同時施工することとした。

秋期施工ステップは、対策区間全体の仮設の監視員通路、ケーブル、給水管、舗装を撤去し、インバートの施工を行い、中央排水管と横断排水管の設置後に水替え釜場を撤去し、既設中央排水管

への接続後に埋戻しを行い、インバート工を完了することとした。その後、監視員通路、給水管、ケーブル、円形水路、舗装、交通管理施設の本復旧を行い交通開放することとした。秋期施工は春期施工に比べインバートの施工は半分であるが、トンネル設備の本復旧に工程を要するため、工程管理と施工協議が必要となる。

5 施工結果

5-1 地山および湧水の状況

建設時の切羽スケッチにもとづく地質分布と地

質調査の結果より、変状が著しい区間では凝灰質砂岩が分布し、その中に泥岩薄層や粘土を伴う小断層あるいは変質粘土層が挟み込まれていると想定されていた(図-11)。インバート掘削後の地山状況は、隆起が小さい区間の緑色凝灰岩は亀裂が少なく1.3t級油圧ブレイカーで掘削が困難なほどであったが、隆起の著しい箇所の地山は、亀裂の多い凝灰質砂岩と亀裂が多くて脆く黒色に変色した泥岩、一部白色に変色した粘土が互層となっていた(写真-9)。凝灰質砂岩の亀裂には粘土を挟み、亀裂内には酸化した跡が見られた。また、凝灰岩と泥岩の境界では層理が縦方向に入っており、手で掘ることができる脆弱な地山も見ることができた(写真-10)。

掘削時には凝灰質砂岩部で側壁コンクリート下部より最大10L/minの湧水が見られた。心配していた中央排水管の損傷はなかったが、全体に中央排水下部のセレクト材部に湧水が流出しており切ることがなかった(写真-11)。湧水処理は、インバート下面にもやいドレーンをV字に設置し、フィルター材と有孔管にて中央排水に導水した(写真-12)。

5-2 岩石試験による地山特性

インバート掘削時に地山岩石試験のためのブロックサンプリングが困難となることが想定されたため、舗装撤去施工時にインバート施工2スパン(5.25m/スパン)に1か所の頻度で掘削深度2m程度の鉛直下方ボーリングを実施した。また、ブロックサンプリングは、おもに路面隆起が顕著な位置で15か所実施したが、データが取れたのは6か所であった。

試験に供した試料は、凝灰質砂岩、凝灰岩、泥岩などの新第三紀中新世の堆積岩類およびそれらの互層と多岐にわたった。これら試料の一軸圧縮強度はほぼ20MPa以下を示す軟岩であった。

地山の概略的な傾向を把握するため、浸水崩壊度試験結果を図-12に示す。変化が見られない健全な「区分A」と、原形をとどめない「区分D」が大半を占めており、本トンネルの地山の複雑性を示唆している。

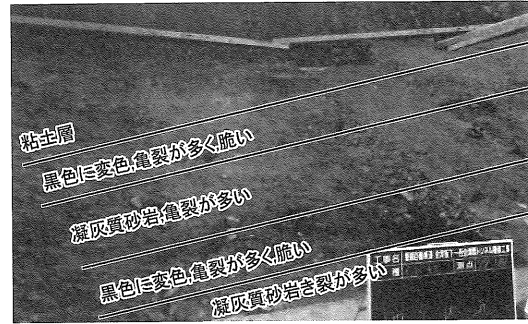


写真-9 インバート掘削地山状況



写真-10 路面下地山の層理状況



写真-11 中央排水管下部の湧水状況



写真-12 インバート下面の導水状況

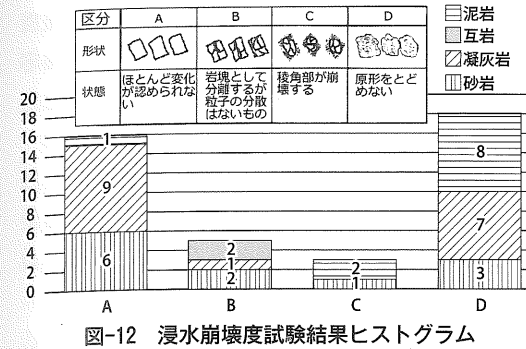


図-12 浸水崩壊度試験結果ヒストグラム

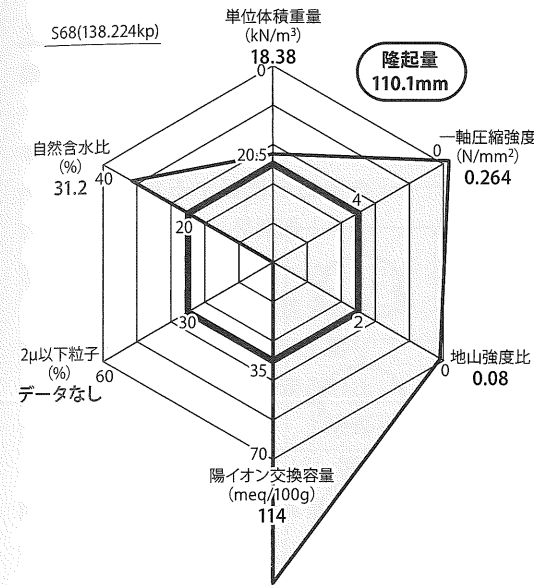


図-13 膨張性判定のヘキサダイアグラム

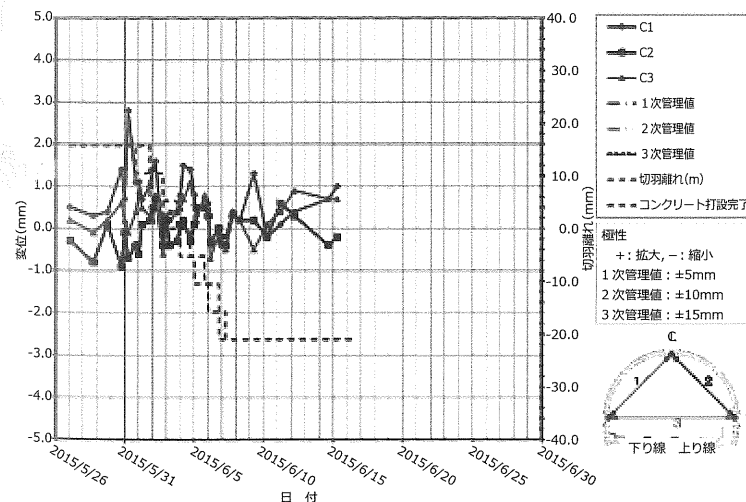


図-14 施工時中空変位経時変化

地山の膨張性判定図(ヘキサダイアグラム)を図-13に示す。ここに示す地山では、路面隆起量が累積で110mmほど生じていた。このように隆起量が大きい箇所では、膨張性判定指標のほとんどで基準を上回る結果であった。とくに、隆起量が著しい箇所での含水比、一軸圧縮強度および陽イオン交換容量が基準を大きく上回る傾向があった。一方、複数の項目で基準を上回っても隆起量が大きくない試料もあり、路面隆起には別の要因も関与している可能性を示唆する。

5-3 覆工変位

インバート施工時におけるトンネル挙動を把握するために、覆工変位の計測工を実施した。代表計測結果として、SP67断面の計測結果を述べる。

覆工の鉛直変位は、沈下あるいは隆起の累積傾向は見られず2.2mm沈下～2.6mm隆起の範囲内の値であった。各計測断面の累積性や近似関係は見られなかった。内空変位も同様に縮小や拡大の累積傾向は見られず、1.8mm縮小～2.8mm拡大の範囲内の値であり、各計測断面間で一定した変位傾向は認められなかった(図-14)。

5-4 覆工ひずみ

隆起が著しい箇所の覆工スパンの4断面において、インバート施工時に、円周方向5か所で縦断および横断方向のひずみを計測した(図-15)。コンクリート打設後の養生温度、アスファルト舗装の舗設温度などが起因し、ひずみ値に変化が見られたが、施工が完了してからは、ひずみ値に大きな変化はない。通常の覆工温度変化に伴う変動と思われ、顕著な累積性のある変化は認められなかった。

5-5 インバートコンクリート応力

インバートコンクリート応力を図-16に、コンクリート温度の経時変化を図-17に示す。インバートコンクリートの応力は、コンクリート打設直後に4

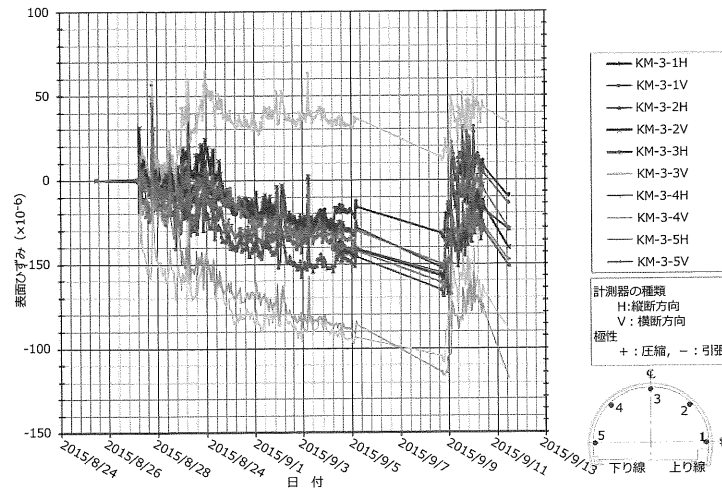


図-15 施工時覆工ひずみ経時変化

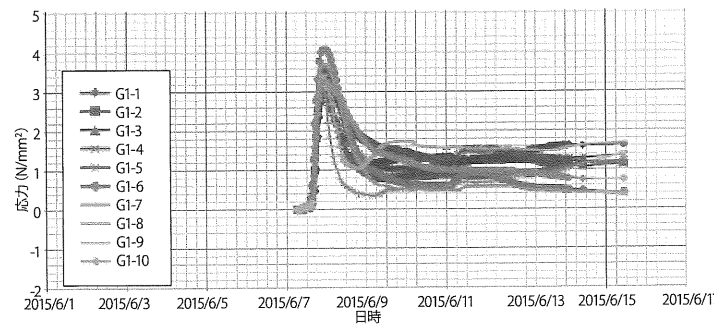


図-16 インバートコンクリート応力経時変化

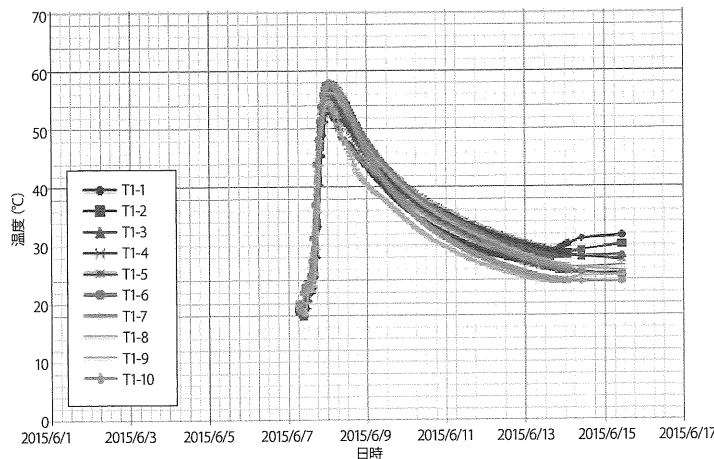


図-17 インバートコンクリート温度経時変化

N/mm²を超えた以降は2 N/mm²以内に収まり、設計強度に比べて非常に小さな値である。コンクリート応力と温度の経時変化はほぼ同じ傾向を示して

おり、コンクリート打設後の温度上昇の影響により一時的に圧縮応力が発生し、温度低下に伴い応力も安定している。

190mmに及ぶ最大累計隆起した箇所インバート設置後の応力変化傾向を把握するため、今後、長期的に計測を行う予定である。

6 対策工の解析検証と評価

6-1 覆工変位の経時変化挙動の検証

インバート施工時のスパンごとの挙動を把握するため、各インバート掘削終了後から次スパンのインバート掘削終了時までの増分変位を整理してまとめた。

覆工天端・左右SLの3測点における変位量を変位方向とともに表示し、変形モードを分類した(図-18)。覆工スパンごとにインバート施工後の変形モードに分類したが、変位の累積性や共通性は見られなかった。

なお、変位の発生範囲は±3 mmであり、対策工中の変位量としては軽微なものと考えられる。また、これらの変位には累積性も認められないことから、1つの覆工に対しインバート施工スパンを5.25mとして3回に分けた施工は、変位を抑制する点で有効であり、覆工の安全性に影響を及ぼしていないことがわかった。

6-2 施工時再現解析

施工時再現解析は、施工前調査段階の解析モデル¹⁾と同じ初期条件下で解析した。なお、舗装版直下5 m範囲でのクリープ領域の設定および地山強度定数(c, φ)の線形低下もモデル

に加味した。インバートは設計基準強度45N/mm²、厚さ45cmとしてシェル要素にてモデル化し、施工後すぐに強度発現するものとして計算した。

覆工の天端における縦断方向の変位分布を施工スパンごとにグラフ化した(図-19)。天端変位を見ると、第1スパン施工時はほとんど動きが見られないが、第2スパン施工時以降から各施工スパン位置の隆起が発生し、隆起量が最終施工スパン方向にシフトしていた。

この傾向は覆工のSLの水平内空変位でも確認され、2 mm未満の小さな変位であるが累積的に増加する。なお、覆工の最大水平変位は、各施工スパン中央部の脚部端に発生し、その変位量は約3 mm程度である。

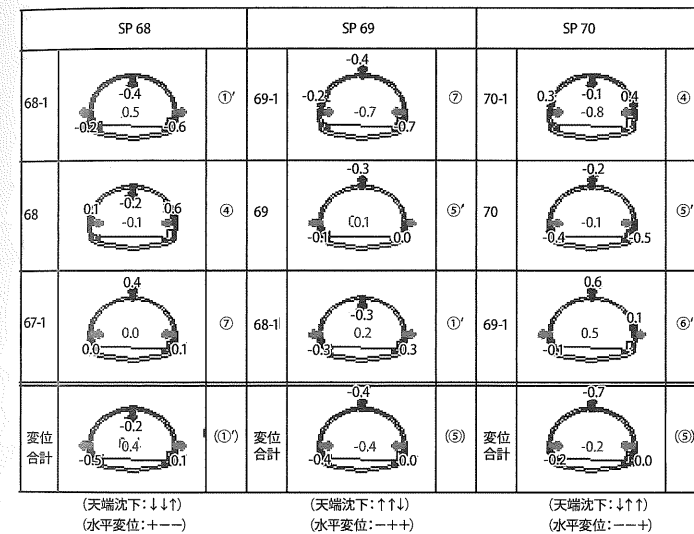


図-18 変形モード

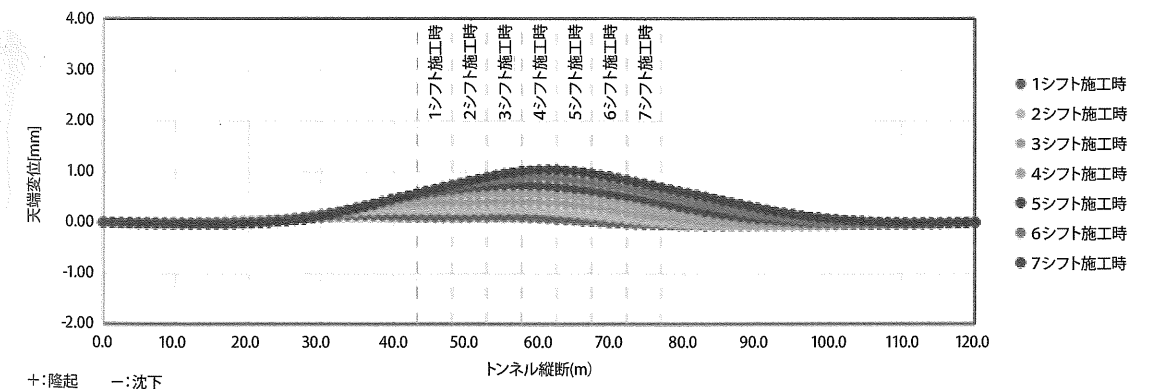


図-19 天端変位縦断方向変位分布

6-3 解析結果と評価

インバート逐次施工の3次元解析結果は、2次覆工の鉛直変位、水平内空変位が隆起や縮小の累積傾向であるのに対して、計測結果は沈下や隆起、縮小や拡大を繰り返す挙動を示し、変位傾向は異なるものであった。しかし、再現解析結果も計測結果も変位量は小さく、覆工1スパンに対してインバート施工スパンを5.25mとした施工は、変位を抑制できた点において妥当であったと判断できる。

7 盤膨れ変状対策の評価

鳥屋山トンネルにおける盤膨れ変状対策の結果から得られた知見を列挙する。

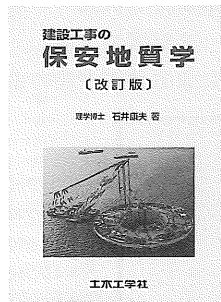
- ① 交通特性の把握、関係機関調整、広報により工事としては前例のない長期間の昼夜連続通行止めを実施することで、初めて対面2車線高速道路において盤膨れ恒久対策であるインバート施工を可能とした。
- ② 従前の標準的なインバート施工方法の覆工継ぎ目の3.5mを先行施工する方法に対し、新たな試みとして全断面連続片押しインバート施工を採用し、施工性を向上させて工程を大幅に短縮させた。変状状況をモデル化し、3次元粘弾塑性解析および3次元シェルばね解析によって影響を予測し、施工時の計測により施工方法の妥当性

を検証した。

- ③ 路面隆起が進行するトンネルの変状調査と変状再現解析を行い¹⁾、インバート施工時の地山状況確認や岩石試験結果から路面隆起状況と地山物性値の相関が認められた。これらは、路面隆起の指標となる可能性がある。路面隆起のリスクの把握や対策計画に寄与すると考えられる。
- ④ 鳥屋山トンネルにおけるインバート構築工事においては、当初計画した通行止め期間に対し、春期施工20日間に対し10時間、秋期施工20日間に対し32時間短縮した計画を行い、すべての対策工を完了して交通開放することができた。初めての試みであったが、これは調査、計測、設計、通行止め規制、施工などの計画および管理が適正であったと考えられる。

8 おわりに

道路管理者の十数年来の課題がインバート構築完了に伴う2015(平成27)年9月12日の交通開放で解消した。鳥屋山トンネルの路面隆起に対し、お客様の安全を確保するため、対面2車線の制約のなか、路面計測、路面切削、段差修正など対応に苦慮してきた。



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 本体価格6,300円 円350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メジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

災害・事故を除き工事により40日間の長期間上下連続通行止めとなったが、大きなトラブルは発生しなかった。期間中計2,600件の問合せがあったが、そのうち苦情は23件と極端に少なかった。広報の効果もあるが道路の安全確保のための理解ではないかと感じた。

今回の昼夜連続通行止めのもとでの全断面連続片押しインバート施工は、高速道路においては初めての試みである。同様な対策を行うにあたり、お客様への影響と工事の安全を最優先したうえで、現地条件や交通特性を勘案して選択することが重要と考える。本工事で採用した調査、計測、解析、施工が今後の選択肢の1つとなれば幸いである。

最後に、本トンネル工事の施工にあたり、協力いただいた関係各位および東北支社トンネル技術検討委員会でご指導いただいた東北大学京谷教授はじめ委員の方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 宮沢一雄・安田賢哉・菊池慎司・鶴原敬久, 路面隆起が徐々に進行するトンネルの変状調査と再現解析, 越後自動車道 鳥屋山トンネル, トンネルと地下, Vol.47, No.3, pp.33-43, 2016.3.
- 2) 東日本高速道路: 設計要領, 第三集トンネル(1)トンネル本体工保全編(変状対策), 2012.7.

施工

覆工表層部の品質向上のために透水性シートを適用

—国道45号南三陸道路4号トンネル—

(株)不動テトラ南三陸道路4号トンネル工事作業所所長 小林正和
国土交通省東北地方整備局仙台河川国道事務所建設監督官 伏見友宏
(株)不動テトラ南三陸道路4号トンネル工事作業所工事主任 山中健大
岐阜工業(株)技術部型枠設計グループ係長 小枝保彦

1 はじめに

従来、覆工コンクリートの下半部分には表面気泡や砂すじが発生しやすく(写真-1)、覆工コンクリートの初期欠陥として現場技術者を悩ませていた。一方、橋脚やカルバートなどの木製型枠を使用する一般構造物では、透水性シートを型枠面に固定し、透水性型枠とすることで上記のような初期欠陥を防止する対策を講じることができる。

国道45号南三陸道路4号トンネル工事では、覆工コンクリート用鋼製型枠(以下、「セントル」と呼ぶ)への適用が困難とされていた透水性シート



写真-1 覆工コンクリート下半部の初期欠陥

を下半部に取り付ける方法を改良し、初期欠陥を防止する取組みを試みた。その結果、従来発生していた表面気泡などの初期欠陥は、ほとんど見受けられない状態であったことを目視にて確認することができた。また、表面吸水試験などの非破壊試験を実施して覆工コンクリートの表層品質の向上を検証することができた。

本稿では、覆工コンクリート用鋼製型枠面への透水性シートの適用方法と覆工表面の品質向上結果を報告する。

2 工事概要

東日本大震災からの早期復興を図るリーディングプロジェクトとして位置づけられた三陸沿岸道路は、延長L=359kmの自動車専用道路であり、そのうち、南三陸道路は宮城県南三陸町の志津川IC(仮)～歌津IC(仮)の延長L=7.2kmをつなぐ区間である(図-1)。

南三陸道路には、中間に南三陸海岸IC(仮)があり、4つのトンネル(1～4号)と4つの橋梁で結ばれている。今回施工した4号トンネルは、施工延長L=406m(幅員w=13.5m)で歌津IC(仮)に近く、旧志津川町と旧歌津町を結ぶトンネルであ

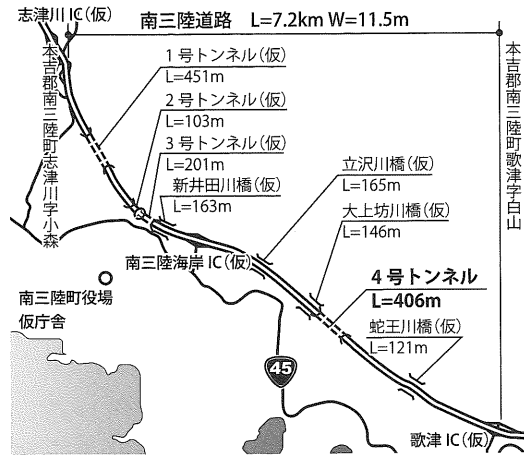


図-1 位置図

る。トンネル掘削は発破掘削であり、掘削断面積は $A = 104\text{m}^2$ である。

3 覆工型枠(セントル)の特徴と課題

3-1 形状

セントルの断面は、半円筒に近い形状をしているが、図-2に示すようにスプリングラインより下方の部分(以下、「下げネコ部」と呼ぶ)は伏せ型枠状となっている。このため、コンクリート打設の際、この下げネコ部には表面気泡や砂すじといった初期欠陥が生じやすい。

3-2 型枠の材質

セントルに使用される型枠材には、通常は普通鋼板が用いられている。その他の材質としては、表面加工された鋼板やステンレス製、FRP製といったものが採用されている。いずれの材質が使用されたセントルも、木製型枠と違って、釘やステーブル、接着剤などによる透水性シートの型枠面への直接的な取付けが難しい素材からなる構造である。

4 透水性シート

4-1 透水性シートの種類

透水性シートは、コンクリートに接する面のフィルター層と余剰水を通す不織布層の2層構造のシート材であるが、フィルター層の素材により以下の2種類に分けられ、使用されている。

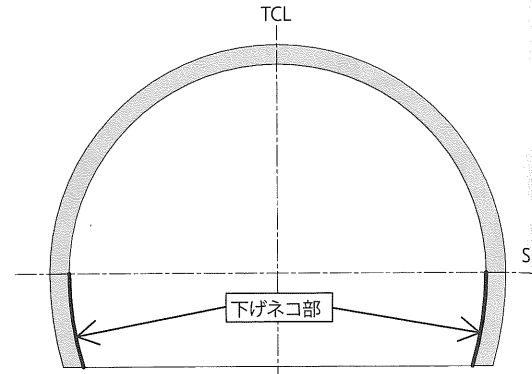


図-2 一般的なトンネル断面

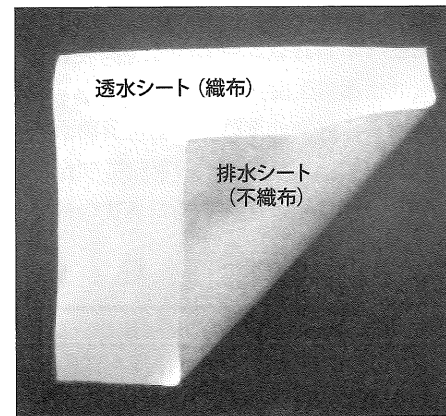


写真-2 透水性型枠用シート

表-1 透水性シートの諸元

規格など	素材	高密度繊維ポリエステル
	厚さ	0.6mm
物性値	質量	260g/m ² 以上
	引張強さ* (たて)	1,470N/3cm以上
		(よこ) 1,420N/3cm以上
	伸び率*	(たて) 11%以上
	(よこ) 11%以上	
	透水係数	2.96×10 ⁻³ cm/s(試験値)

※織布のみの値

- ① 不織布系
- ② 高密度繊維織布系

既往の文献1)では、双方とも同程度の効果と転用性や耐久性が確認されている。

4-2 適応性と諸元

今回の開発技術では、透水性シートをセントルに直接取り付けることが困難であるため、シート材に緊張力を付与して取り付ける方法を考案した。

このため、シート材自体が引張強さを有し、伸びの少ない「高密度繊維織布系」のシート材を採用した。

今回採用した透水性シートの外観を写真-2に、諸元を表-1に示す。

5 改良技術の詳細

5-1 取付けの原理

セントルの下げネコ部の型枠(フォーム)は上半円部に対し、ピンヒンジ中折れ式の独立した構造となっている(図-3)。

透水性シートは、型枠面を覆うように設置され、その両端部をフォームの内側に引張り込むことで型枠面に密着される。

5-2 シート引張の方法

セントルに透水性シートを取り付ける既往の技術(特開2015-229546)としては、透水性シートにハトメなどの取付け片を使用して引張る方法がある。この方法によると透水性シート面にシワやヨジレが生じ、その痕跡がコンクリートの仕上がり面の美観を損なうことになる(図-4)。

一方、今回改良した取付方法は、透水性シートの両端部を折返して、縫製にて環状とし、環内に芯材となる鋼管を挿入して、半割りフック、または挟み形状のクランプなどにて芯材を引張る方法である。

この方法により、透水性シートに均等な引張力を付与することが可能となり、シワやヨジレのない状態で透水性シートを型枠面に取り付けることができる(図-5)。この状態は、布製の簡易担架を展開したときのような状態に似ている。

5-3 型枠(フォーム)への取付方法

5-3-1 透水性シート上端部の取付け

下げネコ部型枠は、ピンヒンジで上半型枠に連結されているためヒンジが支障となり、透水性シート端部を直接引張り込むことが難しく、開閉する空間も狭隘である。そこで、図-6に示すように、透水性シート上端部はフォーム材の狭隘区間に引掛ける構造とし、芯材には丸鋼φ13mmを使用して、係止めフックを75cm間隔で配置した。

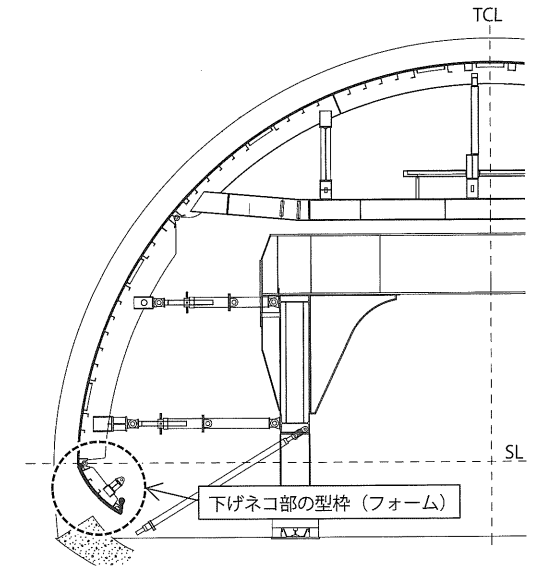


図-3 セントル断面(左右対称形状)

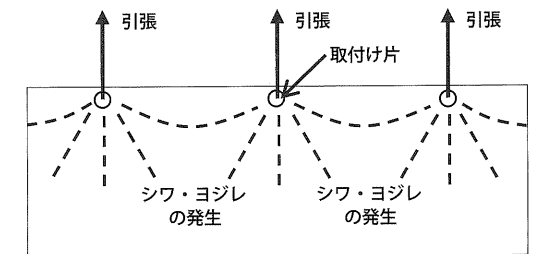


図-4 ハトメによる引張時の模式図

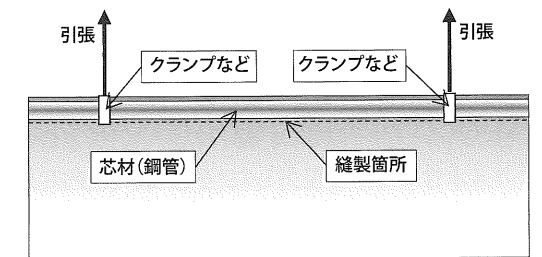


図-5 環内芯材による引張時の模式図

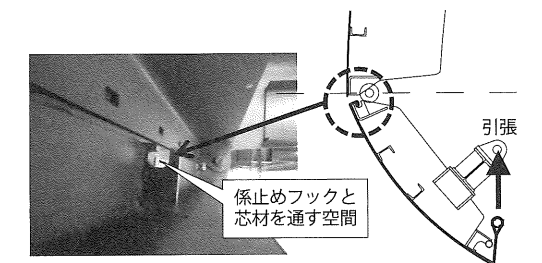


図-6 下げネコ部型枠への透水性シートの取付け模式図

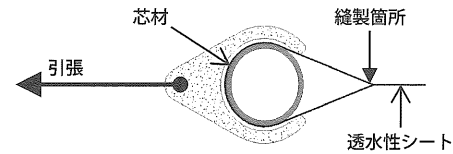


図-7 環内芯材の引張方法(模式図)

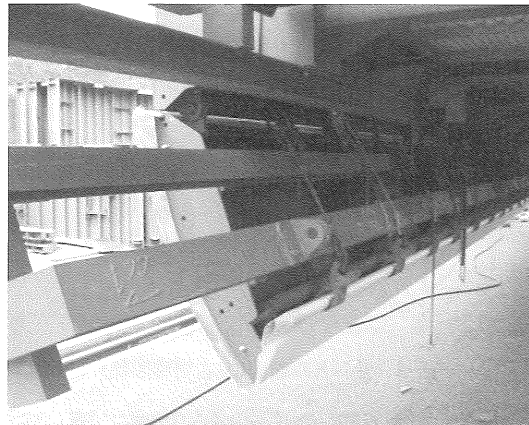


写真-3 透水性シートの引張状況



写真-4 透水性シートを装着したセントル

5-3-2 透水性シート下端部の取付け

透水性シート下端部は、図-7に示す引張方法により透水性シートを緊張した(写真-3)。環内芯材にはφ48.6mm鋼管を使用し、挟み式クランプをおおむね2m間隔に配置して透水性シートおよび芯材を一体として挟み込み、チェーンホイストにて引張った。こうして下げネコ部の鋼製型枠と一体化することで、コンクリート打設ごとの取外しや取付けが不要となり、通常のセントルと同じ扱いが可能となる(写真-4)。

6 施工報告

6-1 転用回数と付替え時間

覆工作業では、コンクリートの打設作業と型枠

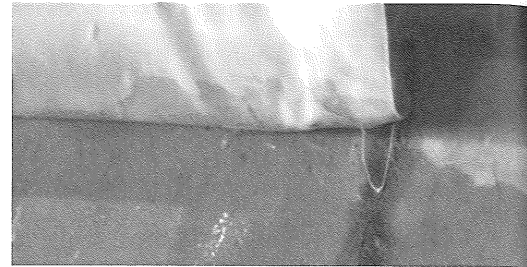


写真-5 打設時の排水状況

作業が1日ごとにくり返し行われる。とくに、型枠作業日には型枠の解体・ケレン、移動、設置を1日で行うため、転用回数と透水性シートの付替え作業に要する時間は重要な要因である。

今回の施工では、5～8回の打設を行ったあとに透水性シートの付替えを行ったが、透水性シートの目詰りや覆工コンクリートの表面気泡の増加は認められず、打設時の排水状況にも大きな変動はなかった。

写真-5に打設時の排水状況を示す。

脱型時の透水性シート面の清掃は一般的なケレンゴテやブラシで十分であった。全39ブロックの本トンネルの覆工では、覆工期間中に12回の透水性シートの付替えを行い、1回の付替え作業を、4名程度の作業員で、おおむね1時間で完了することができた。

透水性シートの付替え作業は、左右の付替えを同じ日に行わず、転用回数の中間日に片方ずつ行い、型枠作業日の作業量を平準化することが望ましい。つまり、6回転用の場合、3回の打設ごとに右側または左側の透水性シートを交互に付替えることが効率的である。

6-2 出来栄

6-2-1 表面気泡・砂すじ

透水性シートを使用した下げネコ部のコンクリート表面では、砂すじの発生は皆無であった。また、表面気泡については、φ2～3mm程度の極小さな痕跡は部分的にあるものの、従来のようなφ10mm以上の気泡が密集または広範囲に点在するケースは皆無で、コンクリート表面の出来栄向上や断面欠損防止の対策としては十分満足するものであった(写真-6)。

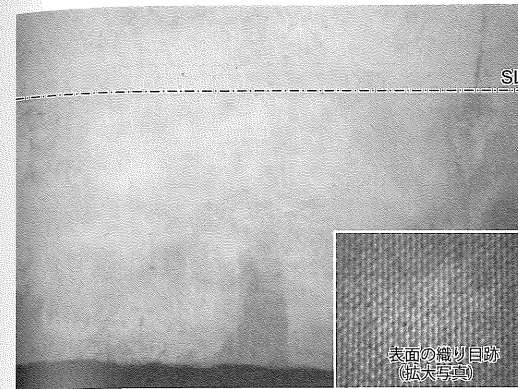


写真-6 初期欠陥のない下げネコ部

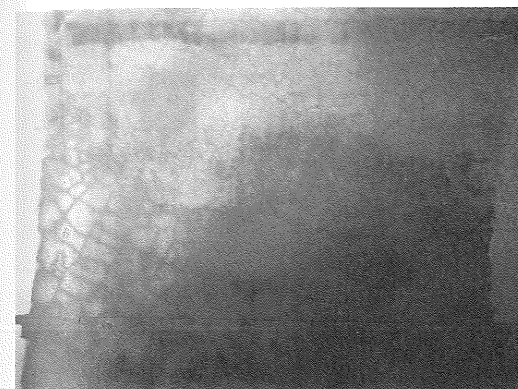


写真-7 亀甲状の微細ひび割れ(湿潤状態で撮影)

6-2-2 微細ひび割れ

透水性シートを用いた事例では、脱型後のコンクリート表面に亀甲状の微細なひび割れが発生することが知られている。本施工においても写真-7に示すように、材齢2週間程度で同様な現象が見受けられた。ひび割れ幅は0.05mm以下の極微細な幅で、2～3か月後にはほぼ密着し、目視では確認できない程度まで収束した。

亀甲状のひび割れは、急激な表面乾燥や水分の早期逸散により発生するケースが多い。このため、対策として脱型直後にビニールシートを当てて湿潤状態を2週間継続した結果、微細ひび割れの発生を克服した(写真-8)。

なお、透水性シートで発生する亀甲状微細ひび割れは、コンクリートの耐久性に大きな影響を与える要因とはならないことが既往の文献2)でも確認されている。



写真-8 ビニールシートによる乾燥防止対策

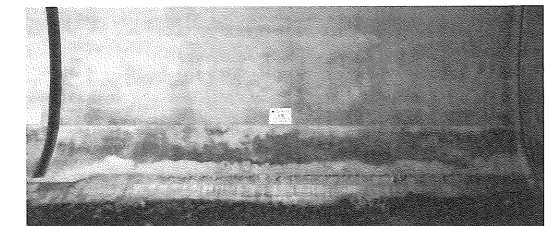


写真-9 コンクリート表面の黒色部

6-2-3 コンクリート表面色

下げネコ部のコンクリート表面では黒ずんだ表面色がまだら状に発生した(写真-9)。この部分を目視すると、白色部分のコンクリート表面がザラついているのに対し、シートの織り目が鮮明に現れているうえ、光沢はないが平滑な表面を呈していた。これは、木製化粧型枠でも見られる「黒光り」した表面の緻密さに類似しているものと推察され、後述の品質試験を実施してきわめて良好な品質であることを確認した。

7 コンクリート表層部の品質確認

7-1 水密性、密実性の確認

透水性シートを用いた下げネコ部と無垢の鋼製型枠部の境界であるスプリングライン近傍(図-8)において、水密性と密実性の品質の差異を確認するため、①表面吸水試験と②透気試験の非破壊試験を実施した(写真-10)。

表-2に非破壊試験の試験箇所数を示す。

表面吸水試験は近年実用化されつつある試験であり、詳述は省くが水頭差を利用してコンクリー

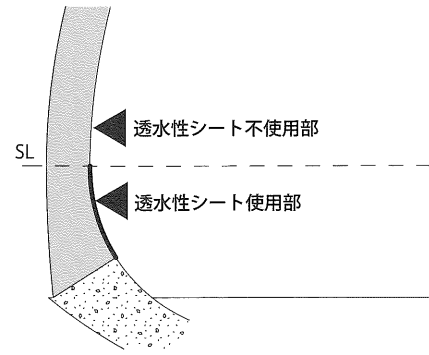
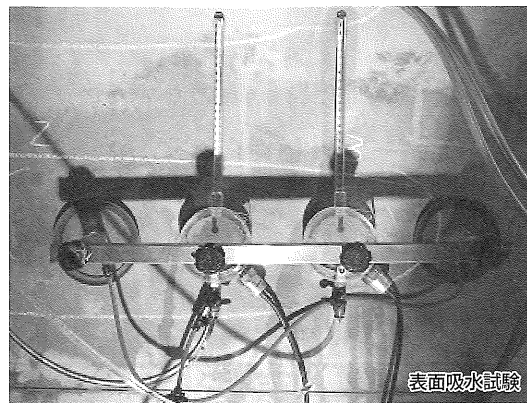
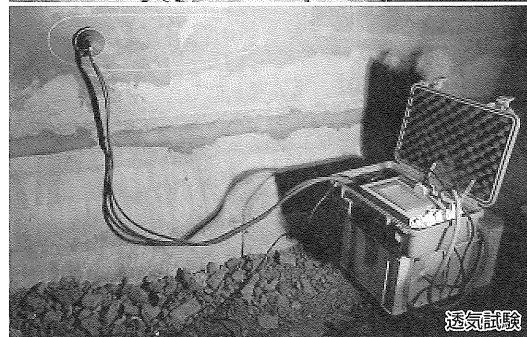


図-8 非破壊試験の位置



表面吸水試験



透気試験

写真-10 非破壊試験の状況

トの吸水抵抗性を測定し、コンクリート表層部の水密性を評価するものである。また、透気試験は表面吸水試験より実績の多い試験であり、コンクリート表面に負圧を掛けてコンクリート表層付近の通気度合いを計測することで密実性を評価する試験である。

これらの試験による評価はコンクリートの塩害や中性化に対する抵抗性評価であり、品質向上対策の効果確認に有効である。

表-2 非破壊試験の試験箇所数

(単位：箇所)

試験内容	透水性シート使用部 (下げネコ部)		透水性シート不使用部	合計
	黒色部	白色部		
①表面吸水試験	5	2	6	13
②透気試験	5	2	6	13

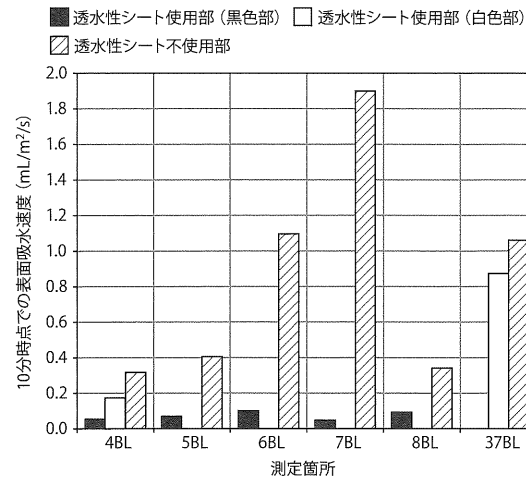


図-9 表面吸水試験結果

7-2 表面吸水試験の結果

表面吸水試験結果を図-9に示す。表面吸水試験では「10分時点での表面吸水速度」を指標としている。試験箇所の表面吸水速度 (mL/m²/s) の平均値は以下のとおりであった。

- 透水性シート使用部(黒色部) : 0.073
- 透水性シート使用部(白色部) : 0.523
- 透水性シート不使用部 : 0.853

透水性シート使用部(黒色部)の表面吸水速度(平均値)は他と比べて非常に小さく、不使用部に対して表面吸水速度が約9%に減少した。さらに透水性シート使用部のうち、黒色部と白色部を比較すると、黒色部は白色部の約14%であり、きわめて小さな値を示した。このことから、透水性シート使用部(黒色部)のコンクリート表面は非常に高い水密性を有することがわかる。

7-3 透気試験の結果

トレント法による透気試験結果を図-10に示す。透気試験から得られる透気係数は、表-3に示すコ

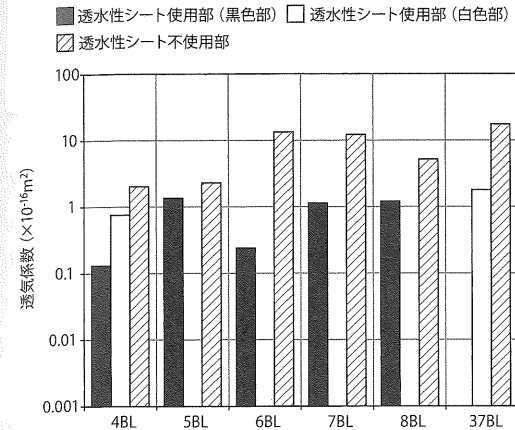


図-10 透気試験結果

表-3 透気係数にもとづくコンクリート表層部の品質評価基準(例)

コンクリート表層部のグレード	1	2	3	4	5
品質	優	良	標準	劣	劣悪
透気係数(×10 ⁻¹⁶ m ²)	<0.01	0.01~0.1	0.1~1.0	1.0~10.0	10.0<

ンクリート表層部の品質評価基準を用いて密実性を評価できる。それぞれの測定箇所の透気係数(×10⁻¹⁶m²)の平均値は以下のとおりであった。

- 透水性シート使用部(黒色部) : 0.81
- 透水性シート使用部(白色部) : 1.28
- 透水性シート不使用部 : 8.77

表-3の基準で評価すると、透水性シート使用部は「一般~劣」に、透水性シート不使用部は「劣」に分類され、密実性は透水性シート使用部の方が高く、耐久性に優れていることがわかる。なお、透気試験では軟練りコンクリートや水セメント比が大きいコンクリートほど高い数値を示す傾向にあり、スランプ15cmの覆工コンクリートは一般の土木構造物の透気係数より大きな値となったと想定される。

7-4 非破壊試験結果の評価

2種類の非破壊試験の結果から、透水性シートを使用した箇所の覆工コンクリート表面は水密性と密実性の双方が不使用部分よりも品質が優れており、覆工コンクリートの耐久性向上に貢献することが判明した。

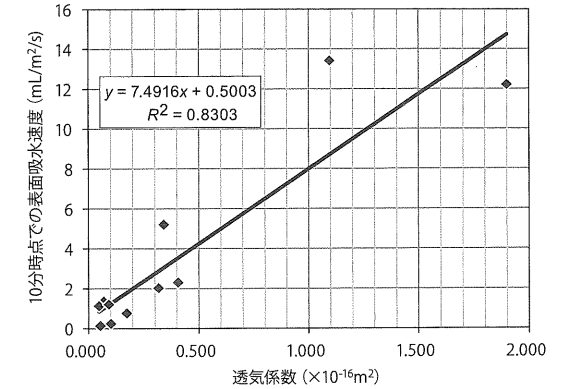


図-11 表面吸水速度と透気係数の関係

7-5 表面吸水速度と透気係数の関係

「表面吸水速度」と「透気係数」の関係を図-11に示す。

図-11によれば、透気係数の測定結果から10分時点での表面吸水速度を予測することが可能であることを示唆している。表面吸水試験は、試験時間や試験準備に手間がかかることから、今回のように15か所/日程度しか測定できない。また、表面吸水試験機器では、天端や湾曲部がきつい部位においては測定が困難であるが、透気試験であれば、図-11に示したような検量線をもとに多数の表面性状を確認することが可能であると考えられる。

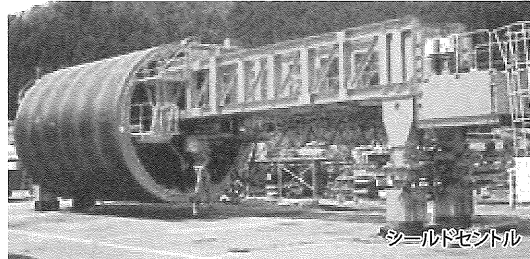
本調査結果では、両者の相関関係はr = 0.911(寄与率R² = 0.830)であり、相関性は高いと言える。

今後は、同様な調査を広範囲に行う場合などの手法として有効であると考えられる。

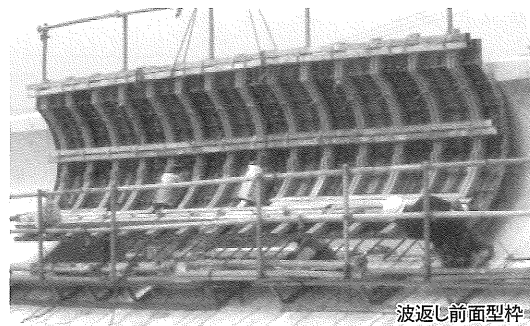
8 本技術の展望

今回の施工では下げネコ部分のみに使用したが、その使用範囲をもっと拡大することで覆工コンクリートの高品質化を図ることが期待される。今後さらなる改善や工夫を加えて、上半部への適用可能な方法を考案する価値があると考えられる。

本技術はトンネル覆工のみならず、鋼製型枠を使用する構造物工事での品質向上対策、出来栄・美観の向上として有効である。とくに伏せ枠形状や曲面形状の部分に効果が期待される。適用



シールドセントル



波返し前面型枠



大型型枠

写真-11 透水性シートの鋼製型枠への適用例

例としては、写真-11に示すシールドセントルの下半円部や波返しの前面型枠、大型型枠など、気泡が発生しやすく、取付けが難しいと考えられて

いる分野が挙げられる。

9 おわりに

昨今、国土交通省東北地方整備局の発注工事では、トンネル覆工コンクリート構造物品質確保対策の試行として、「表層目視判定」の実施が求められており、コンクリートの更なる品質確保が要求されている。本技術は、旧来の施工方法に妥協することなく、多少なりとも改善を図りたいと願う現場技術者とセントルメーカーとの創意工夫によって具現化し、合わせて品質向上を果たした施工例であると思われる。本技術が今後の施工に適用され、覆工コンクリートの更なる高品質化の一助となれば幸いである。

最後に、トンネル覆工セントルに透水性シートを取り付けた技術の現場適用にあたり、ご理解をいただいた関係機関、関係者の方々に謝意を表します。

参考文献

- 1) 石原誠一郎・立松和彦：透水性型枠の転用性能に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18，No.1，1996。
- 2) 片山功三・小林茂敏：透水性型枠使用コンクリート表面に発生する微細ひびわれの原因と影響に関する研究，土木学会論文集，No.433/V-15，1991.8。

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 本体価格 4,300円(〒300円)



株式会社 土木工学社

〒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

想定外巨礫に遭遇した小断面シールドの進捗低下と対策工

—東京都水道局 第二淀橋線—

東京都水道局西部建設事務所工事第一課長 田原 功
 東京都水道局西部建設事務所工事第一課長代理 石綿 利光
 東京都水道局西部建設事務所工事第一課主任 迫田 忍
 大成・佐藤建設共同企業体第二淀橋作業所現場代理人 榎本文一

1 はじめに

東京都では、事故時などに断水や濁水の影響が広範囲に及ぶことのないよう、給水所を拠点とする配水区域を適正な規模とするため、給水所の整備や配水区域の分割、再編を進めている。この対象のひとつが城北線配水区域である。城北線は、東村山浄水場から文京区本郷給水所を結ぶ管路で、広大な配水区域を抱えている。新宿区西新宿から中野区本町にかけての区域も城北線の配水区域に含まれている。今回の工事は、西新宿に位置する

淀橋給水所からの配水管を新設し、城北線および淀橋給水所の配水区域を再編することにより、新宿、渋谷、中野区の一部など、一部地域の給水の安定性向上を目的としている。

本工事は、新宿区西新宿2丁目～中野区南台3丁目(図-1)を、泥水式シールド工法によりトンネルを築造し、トンネル内に配水本管(1,000mm)を新設するものである。

本稿では、トンネル築造にあたって、小断面、高水圧、長距離下で施工を行った泥水式シールド工事の巨礫層掘進の施工実績について報告する。

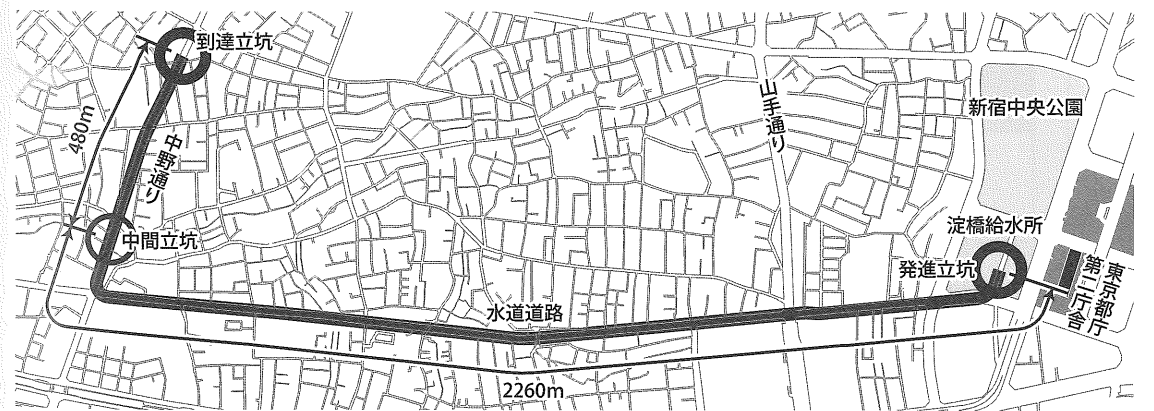


図-1 路線平面

2 工事概要

2-1 工事概要

工事場所：中野区南台三丁目～
新宿区西新宿二丁目
工法：泥水式シールド

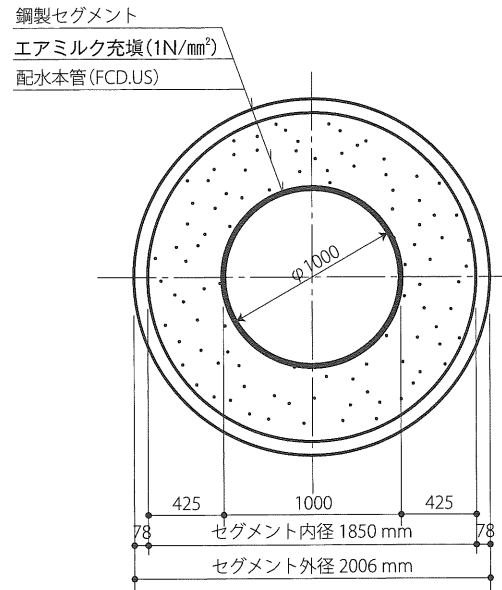


図-2 標準断面図

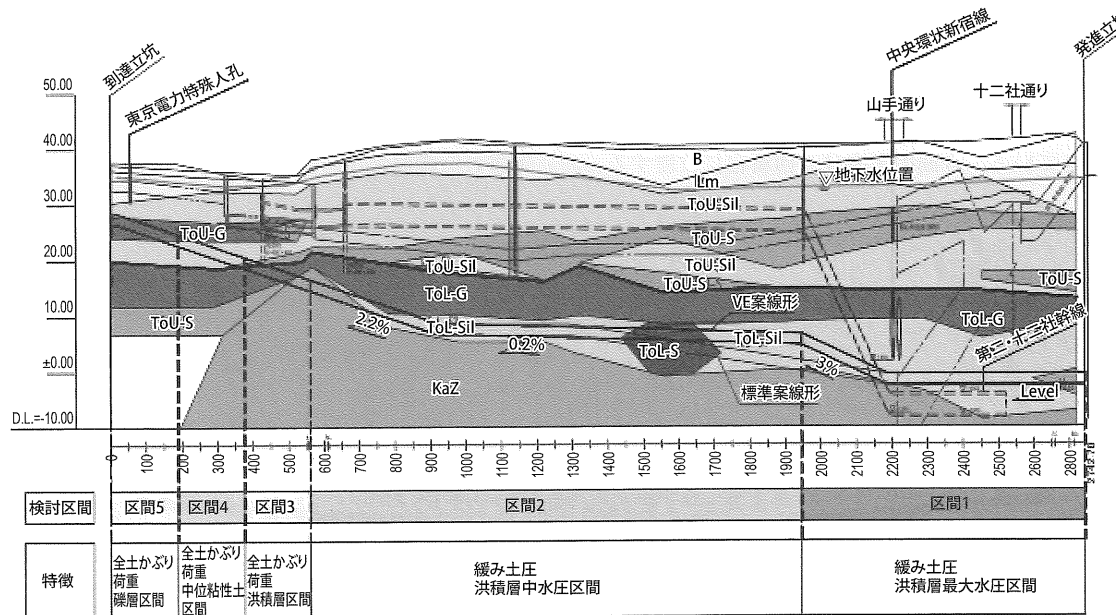


図-3 土質縦断面図

土かぶり：41.17m(発進)～9.11m(到達)
地下水位：G.L.-8.32m
掘進延長：2,740.6m
鋼製セグメント：幅1,000mm，5分割
φ2,006mm(外径)
φ1,850mm(内径)
最小曲線半径：R=30m
勾配：上り0～30%(最大)
図-2に標準断面図を示す。

2-2 地質概要

土質縦断面図を図-3に示す。シールド掘削対象地盤は、発進直後は泥岩層(KaZ)，その後、砂質シルト(ToL-Sil)，砂質層(ToL-S)，礫層(ToL-G)となっている。

VE提案によりシールド縦断線形はシールドチャンバ閉塞などのリスクが高まる礫層を避け、砂質シルト層を主体とした掘進となるように礫層との離隔(1m)を確保した。事前の土質調査における最大礫径はφ80mmであり、発進立坑掘削時の最大礫径はφ50mm程度で、追加の土質調査(事前の土質調査の中間地点付近；100mピッチ)においても最大礫径φ70～80mm程度と巨礫の存在は確認されなかった。

3 シールド工法の選定

3-1 本工事の特徴

本工事の特徴は、以下のようにまとめられる。

- ・切羽水圧が最大0.35MPaと高水圧である。
- ・おもな土質は、N値50以上の硬質粘性土、砂礫層の最大礫径は80mmである。
- ・掘削対象地盤の土質構成が礫236m，砂層312m，粘性土2,197mとさまざまな土質である。
- ・シールド路線1,000m付近より細砂層が300m介在する。急曲線部(R=30m)および到達立坑付近は砂礫層である。
- ・セグメント内径1,850mm，最小曲線半径30mであるため、坑内作業空間が狭い。
- ・延長2,740mと長距離施工のため坑内資機材運搬作業の効率化，安全性，坑内環境の維持が大切である。
- ・発進立坑基地は、歩車道を利用しての作業基地のため、ヤードの縮小化，有効利用が求められる。

本工事は、これらの特徴を踏まえた施工が求められた。

3-2 泥水式シールド工法の採用

本工事は、最大土かぶり約41mの大深度であり、高水圧下での長距離掘進となる。また、前節で述べたとおり、掘削対象地盤もさまざまな土質で構成されるが、おもな土質は砂質シルトであり、発進直後および急曲線部(R=30m)手前には泥岩層がある。また、砂礫層の最大礫径は80mmであることから、取込みを大きくすることによる掘進の効率化とビット摩耗量の軽減，および泥岩層掘削時の面板閉塞防止を目的に、開口率の大きい泥水式シールド工法を採用した。

3-3 シールドの仕様

本工事で採用する泥水式シールド(写真-1)の構造図を図-4に、仕様を表-1に示す。シールドのおもな仕様は、外径φ2,130mm，送泥管6B，排泥管8B(内径190.3mm)，スリット幅250mmである。

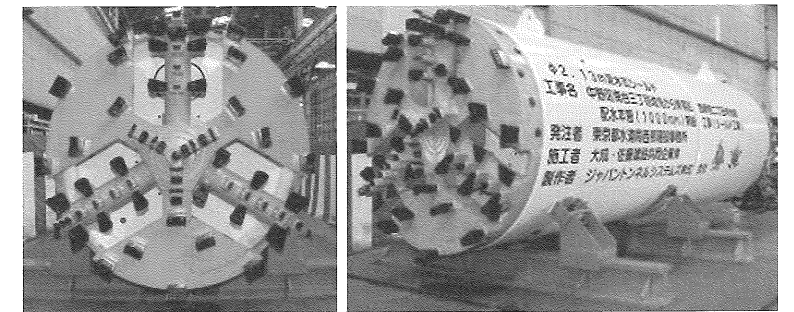


写真-1 泥水式シールド正面・シールド全体

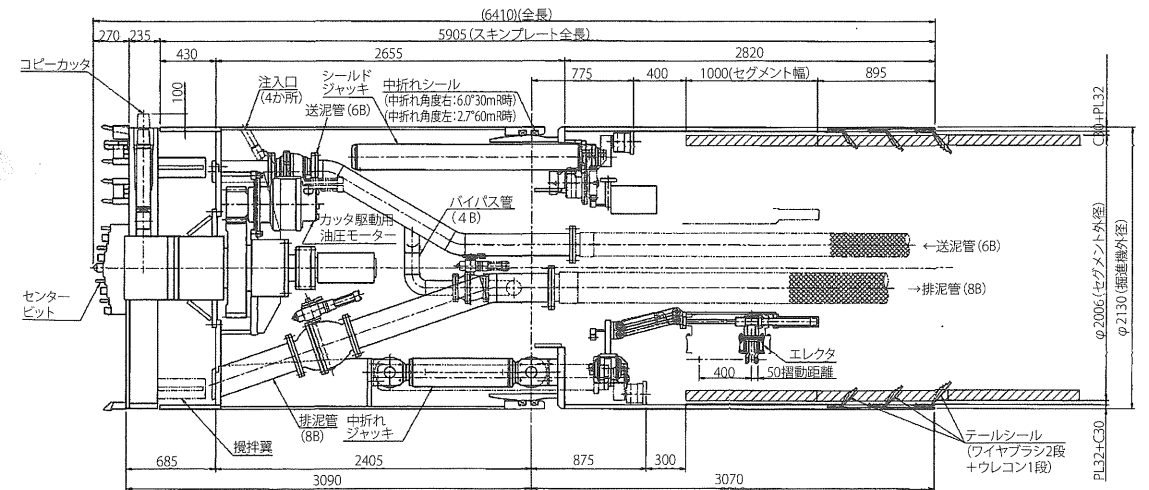


図-4 シールド構造図

表-1 シールド仕様

■シールド		
外 径	φ2,130mm	
全 長	(6,410)mm	
スキンプレート全 長	5,905mm	
シールドジャッキ	500kN×28.6MPa×1,350mm(1,450mm)×6本(4本)計10本	
中折れジャッキ	800kN×34.3MPa×400mm×6本	
シールドジャッキ伸長速度	65mm/min (全数作動時) / 1,600mm/min (3本引, 高速引用)	
ユ ニ ッ ト	油圧ポンプ	11.6L/min×34.3MPa / 16L/min×20.6MPa
	電 動 機	11kW×4P×400V / 7.5kW×4P×400V
台 数	1台 / 1台	
■カッタ		
駆 動 方 式	油圧駆動	
使 用 圧 力	20.6MPa / 34.3MPa	
装 備 ト ル ク	161.6kN-m(α=16.7) / 269.1kN-m(α=27.8)	
カ ッ タ 回 転 数	~2.6rpm / ~1.3rpm	
駆動用油圧モータ	27.3kN-m×34.3MPa×3台	
ユ ニ ッ ト	油圧ポンプ	70L/min / 36L/min
	電 動 機	45kW×4P×400V
台 数	2台	
■コピーカッタジャッキ		
コピーカッタジャッキ	79kN×20.6MPa×120mm×1本	
ユ ニ ッ ト	油圧ポンプ	16.0L/min×20.6MPa
	電 動 機	7.5kW×4P×400V
台 数	1台	
■エレクタ		
型 式	昇降リンク式	
最大取扱質量	0.2t	
回 転 数	2.0rpm	
回 転 角 度	±200°	
昇 降 ジャ ッ キ	43kN×13.7MPa×75mm×2本	
摺 動 ジャ ッ キ	17kN×13.7MPa×450mm×1本	
旋回用油圧モータ	0.82kN-m×13.7MPa×1台	
パワーユニット	シールド本体と共用	
■油圧駆動ボールバルブ		
ユ ニ ッ ト	油圧ポンプ	コピーカッタと共用
	電 動 機	
台 数		

カッタヘッドは、発進部での仮壁直接切削(NOMST)のための専用のNOMST切削用先行ビット、最大礫径80mmの礫層掘削などにおけるビット損傷や想定地盤と実際の相違などによるビットの異常摩耗に備えて自動的に鋭利なビットに交換される二重ビット、礫層区間のビット保護および摩耗対策として最外周にシェルビットを装備した。また、固結泥岩層掘削時に面板閉塞が発生しないようにスリット幅を250mmとし、取込みを良くした。

テールシールは、長距離、高水圧下の掘進において摩耗による出水などのトラブル防止が重要である。本工事では、3段あるテールシールのうち最後尾にワイヤブラシと比べて耐摩耗性が高く、締付け効果の高いウレコンシールを装備した。そのほか、最小曲線半径(R=30m)に対応するため、中折れ装置、コピーカッタ1基を装備した。

4 施工実績

4-1 シールド掘進工

4-1-1 掘進実績

シールド掘進は2011(平成23)年10月12日に初期掘進を開始し、途中、想定外の巨礫によるシールド進捗の低下と大規模な面板改造を経て、約2年6か月後の2014(平成26)年4月23日に到達を迎えた。

本掘進は、当初仕様のカッタヘッドで最大月進352m(掘進延長約400m時)掘進したが、巨礫による掘進停滞時は月進あたり5mしか掘進できなかった。また、面板改造完了後の残掘進区間480mには、同様の礫層区間が約100m存在していたが、ローラーカッタを装備したカッタヘッドで掘進延長480mを約2か月で掘進することができた。

次項にシールド掘進停滞区間について詳述する。

4-1-2 シールド掘進停滞区間

シールド掘進停滞区間については、図-5のとおりである。第1回シールド停止位置は、発進立坑より848mの地点で多数の巨礫(最大礫径250mm, 写真-2)の出現により、逸泥、閉塞が発生し、各種対策工(増粘剤・粘土の添加による泥水比重・粘性

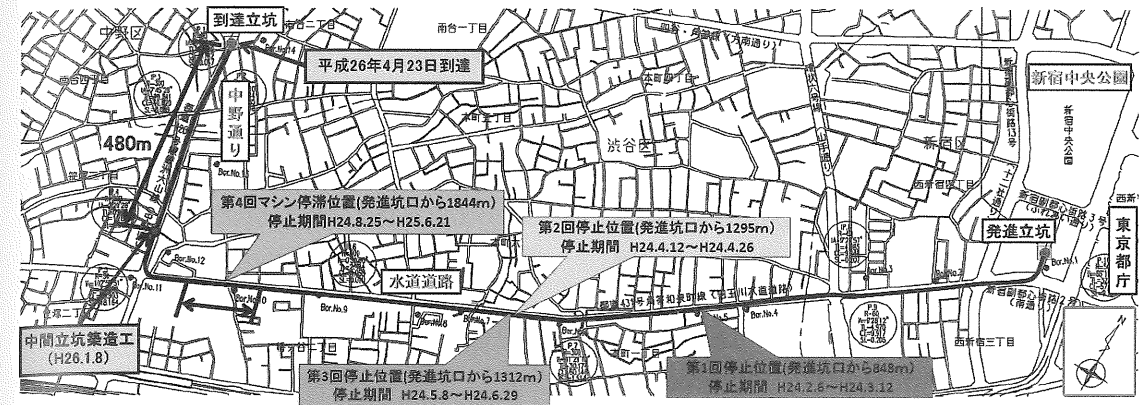


図-5 シールド掘進停滞区間



写真-2 閉塞した巨礫

の増進、目詰まり材添加、閉塞解除など)を実施しながら4mの掘進に30日間を要した。

この地点は、事前のボーリング調査よりわずか10mほどしか離れていないにもかかわらず、礫層の縦断位置が2m以上落ち込んでいるうえ、礫層内に確認されていなかった巨礫が出現した。その後も発進立坑から1,295m地点(3m, 13日間)および1,312m地点(9m, 46日間)で同様の現象が起こった。

また、第4回シールド停滞位置(発進立坑より1,844m地点)では、礫径300mm以上の巨礫の出現とこれまで以上の逸泥現象により、カッタ回転不能およびチャンバ閉塞が頻発し、シールド停滞区間122mの掘進に250日間を要した。この間、逸泥対策および閉塞解除などを実施しながら掘進を継続してきたが、外周ビット、NOMST切削用先行ビットなどの脱落が確認された。脱落したビットは摩耗が進んでおり、他のビットも欠損などの



写真-3 クラッシュャ内閉塞

可能性が高いため、残掘進距離を考慮すると、現状のままでは到達が不可能と判断した。このため、中間立坑を設置し、到達可能な仕様に面板を改造することにした。

以下に巨礫層掘進におけるシールド掘進停滞の原因とその対策工について記述する。

- ・巨礫層における逸泥現象により切羽保持が困難になり礫崩壊が起こり、カッタ回転が不能となった。
- ① 泥水性状調整(増粘剤、粘土の添加による比重、粘性の増加)
- ② 目詰まり材を泥水に添加
- ③ 機内より高粘性の可塑性充填材などの注入による切羽前方地盤の強化
- ・多数の巨礫により流体閉塞がシールドチャンバ、クラッシュャ装置(写真-3)、排泥管曲管部などで頻発した。
- ① 泥水性状調整: 比重1.25, 粘性30~40秒

の調整およびールドバリュー管理

- ② 送泥管(6B)に2Bバルブを溶接し突き口を取付け、閉塞解除のための配管撤去・復旧時間を短縮できるようにした
- ③ 送排泥管入替え(クロスルート)での掘進：シールドチャンバ内排泥管口閉塞解除などのため

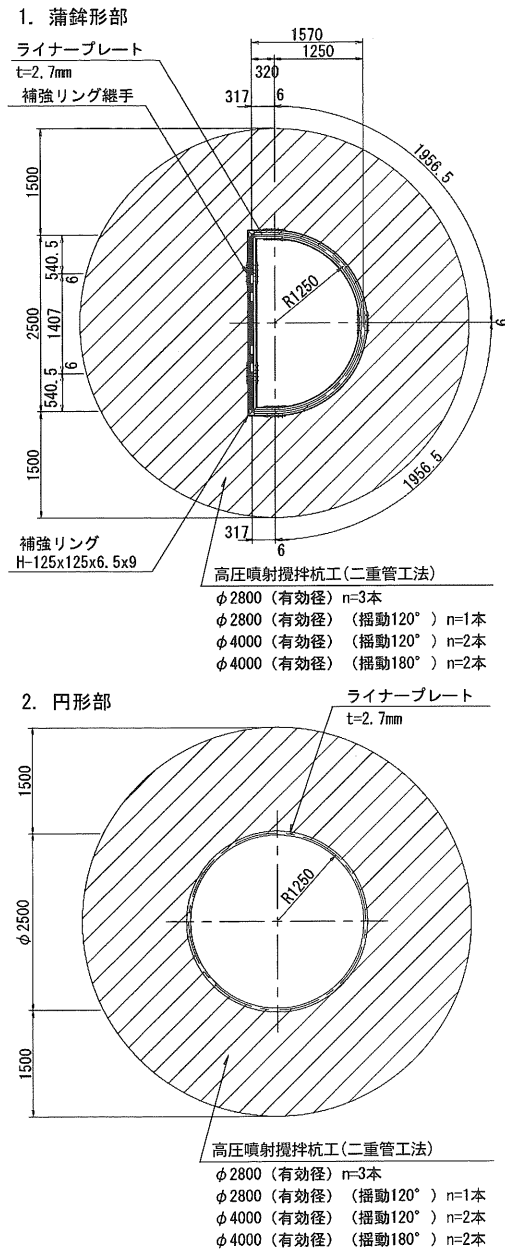


図-6 中間立坑平面図

4-2 中間立坑築造工

面板改造のための中間立坑(図-5)は、急曲線R=30mを曲がった中野通りの到達立坑から480mの位置に築造した。シールド掘進停滞区間である水道道路は、地下埋設物が輻輳し、直上にφ3,500mmの下水道管およびφ2,000mmの水道管が並走しているため、立坑築造が不可能であった。

中間立坑築造は、埋設企業者協議を含め面板改造完了まで約1年を要した。

4-2-1 中間立坑構造

中間立坑は面板改造が可能な最小径φ2,500mmのライナープレートで計画したが、GL-3.5mまでの深さは多数の地下埋設物があり、移設を行うとさらに6か月以上工期が延びることから、GL-3.5mまでは、平面形状を薄錐形にした(図-6,7)。また、シールド中間到達地点の土質は砂礫および細砂層で地下水量が中位程度であり地下水圧が100

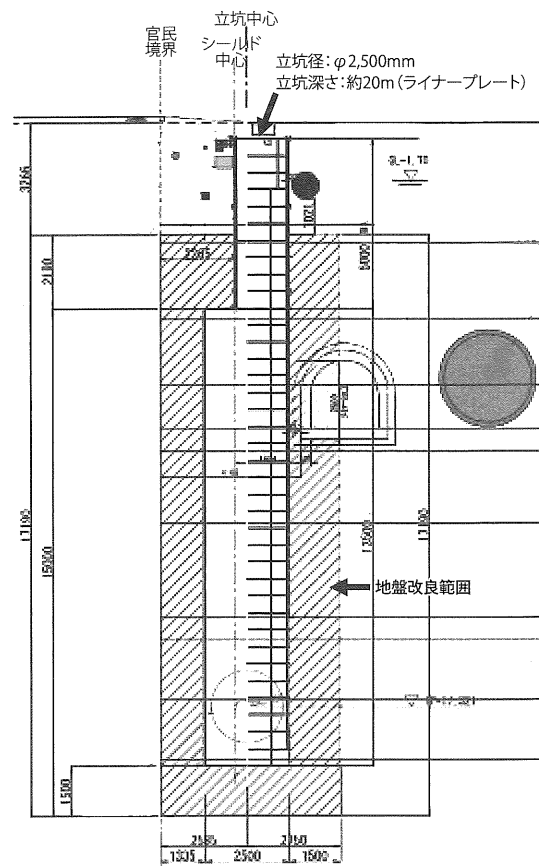


図-7 中間立坑断面図

kPa程度となることから、立坑周囲の止水および地盤強度補強の目的で地盤改良工(高圧噴射攪拌杭工(二重管工法))を行った。

4-2-2 シールド中間到達

シールドは、2013(平成25)年10月18日に面板改造工期短縮のため、中間立坑地盤改良後の立坑掘削前に所定の位置(面板改造位置)まで掘進、到達させた。その後、中間立坑内へのシールド周囲からの出水を防止するためにシールドおよびセグメントより裏込め注入を行った。

4-2-3 中間立坑床付け(シールド露出)

中間立坑は、2013(平成25)年12月16日にシールド上部まで掘削が完了し、シールド停止位置もほぼ計画どおりの位置であった(写真-4)。さらに、シールドカッターヘッド全体を露出させるためにシールド周囲からの出水に留意しながら掘削、ライナー組立てを行い、2014(平成26)年1月8日に



写真-4 シールド中間立坑到達状況

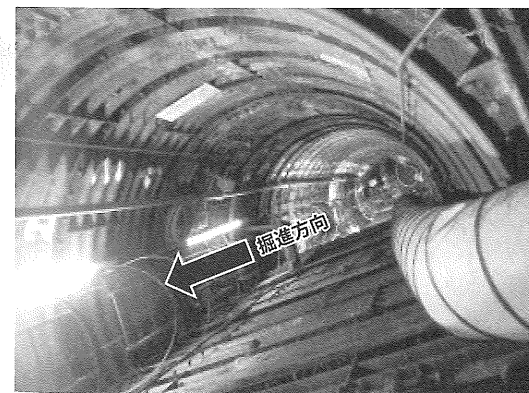


写真-5 中間立坑掘削完了全景

シールド面板改造のための中間立坑床付けが完了した(写真-5)。

なお、中間立坑掘削におけるシールド位置での最大礫径は50mm程度であった。

4-3 シールド面板改造

今回の面板改造は、当初仕様のスリット幅250mmを変えずにサイズアップしたメインビットも設置し取込める礫径を抑制した。

面板改造の詳細は以下のとおりである。

4-3-1 シールド面板改造概要

現状のシールドでφ200~φ300mmといった巨礫層掘進に対応するため、以下の4点を変更し、損傷した3本の攪拌翼は補強、修復した。

- (1) ローラーカッターを3台設置
ボーリング調査で確認できなかったφ300mm程度の巨礫に対応するため、現状の面板に取付け可能なローラーカッターを3台設置し、面板で巨礫を破碎する構造とした。
- (2) サイズアップしたメインビットに交換
巨礫によるビットの折損防止、脱落防止の観点から現状のメインビットよりもサイズの大きいビットに交換した。これは、図-8のとおりスリット幅を抑制し、巨礫を取り込みにくくした。
- (3) 強化型先行ビットの交換
ローラーカッターのパス上に設置されている強化型先行ビットについては現状の高さがローラーカッターの高さよりも低くなっている(170mm以下)可能性があるため全数交換した。この強化型先行ビットは、ローラーカッターの高さよりも10mm高くし、巨礫に遭遇した場合に先行して剥ぎ落とし、ローラーカッターで破碎する構造とした。
- (4) センタービットを巨礫対応に変更
サイズアップにより強度を増加させ、ビットの折損防止、脱落防止を図るとともにセンタービットでも巨礫を破碎できるようにした。

4-3-2 中間立坑でのカッター摩耗状況

中間立坑において、発進立坑より4回の巨礫層(濁れ谷)によるシールド停滞を経て、2,260m掘進後のカッタービットの確認を行った結果が以下のとおりである。

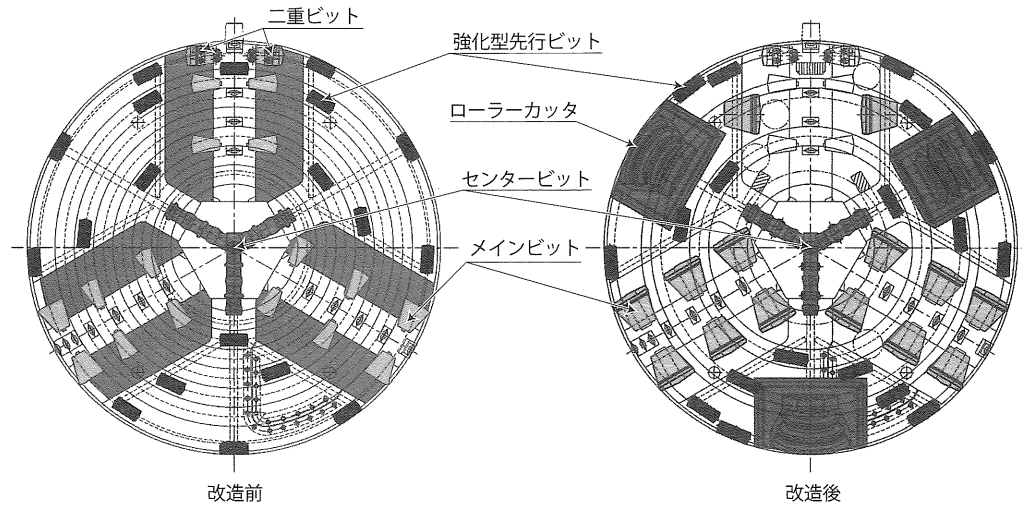


図-8 面板改造図



写真-6 二重ビット・NOMSTビット脱落

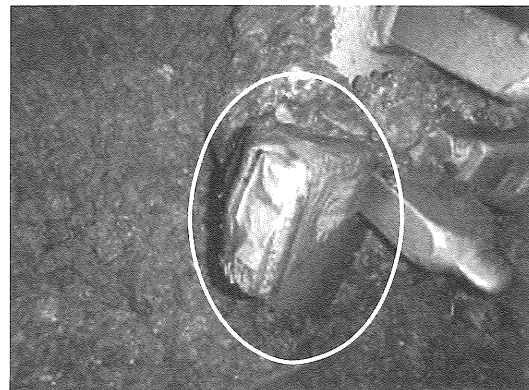


写真-7 超硬チップ欠け大

- ① 最外周部二重ビット左右およびNOMST用ビットが脱落(写真-6)
- ② メインビットは80%以上の超硬チップに欠けがあり有効使用不可(写真-7)
- ③ NOMST切削用先行ビットはすべて摩耗大
- ④ 最外周強化型先行ビットは超硬チップに多少の欠け
- ⑤ 面板付き強化型先行ビットおよびセンタービットは大きな欠けがなく、超硬チップも摩耗は微小
- ⑥ カッタスポーク背面の攪拌翼は3か所とも損傷大

以上の結果をふまえて図-8に示すように面板改造を行った。

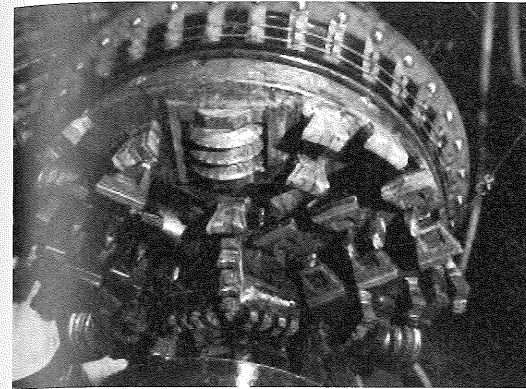


写真-8 シールド到達状況

0.2~1.2m/日)で掘進することができた。

4-4-3 シールド到達工

シールド到達立坑は直径φ3,500mm、深さ11,550mmのライナープレートで施工されており、施工にあたっては立坑周囲および到達防護工として高圧噴射攪拌杭工(CJG φ2800)を施工した。また、到達工として事前に到達エントランスを設置し、シールドをライナー外側に到達停止させ、到達坑口からの湧水量を確認後、シールド内より地盤改良体入口部および内部に向けて、止水のための裏込め注入を11か所実施した。

その後、湧水量が5L/分以下および土砂の流出がないことを確認し、鏡切り(ライナー切断、改良体のハツリ、清掃など)を行い、改良体の状況、

湧水量を監視しながら所定の停止位置までシールドを空掘進させ最終到達が完了した(写真-8)。

5 おわりに

本シールド工事は、小断面、高水圧、長距離(多様な土質あるいは互層)に加え、事前の土質調査で確認できない礫層の湧れ谷が多数存在し、当初想定できなかった巨礫(200~300mm程度)の出現および逸泥現象により、シールドの進捗が思うように上がらなかったため、さまざまな逸泥防止対策や閉塞解除作業などを、安全かつ慎重に行いながら掘進を継続した。しかし、抜本的な解決策とはならず、発注者、施工者、関係業者が一体となって議論や協議を行い、最終的には、中間立坑を設置し、到達立坑まで掘進可能な仕様にシールド面板改造を行うことを決定し、平成26(2014)年4月23日に無事に到達することができた。

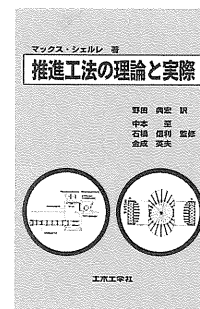
今後、小断面シールドによる礫層の掘進にあたっては、今回のような事象が発生しないよう最大礫径を適切に設定する必要がある。そのため、古地図などの確認や土質調査の位置、評価方法の検討が重要である。本稿が類似した環境における小断面シールドの設計や施工の参考となれば幸いである。

推進工法の理論と実際

B5判 437頁 本体価格8,500円 送料460円

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



本書はドイツ人工学博士マックス・シェルレの著「Scherle Rohrvorrieb」の翻訳本である。挿図を多く用い推進工法の理論をわかりやすく解説している。研究・開発、計画・設計、あるいは、施工に携わる多くの実務者に最適。

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



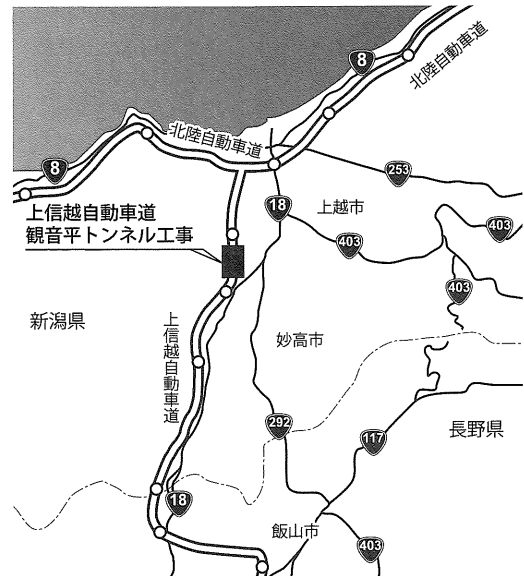
「歴史めぐりを満喫」上越妙高より

高村 忠勝

上越市および妙高市北部は、2016年のNHK大河ドラマ『真田丸』の主人公・真田信繁(幸村)ともかかわりのある春日山城や上杉謙信没後の家督権争いで上杉景虎が自害した鮫ヶ尾城などの史跡も多く、昨年3月の北陸新幹線上越妙高駅の開業も重なり、観光客が増えている。

大河ドラマでは、信州の小国だった真田家が戦国の世を生き抜くために後ろ盾が必要であり、信繁が若き日に上杉景勝の人質となった時代が描かれている。関が原の戦いでは、西軍につき、敗戦後は高野山に幽閉された。大坂の陣では、真田丸と呼ばれる砦をつくり、徳川軍を相手に勇敢に戦ったと伝えられている。また、当地にかかわる同じ大河ドラマでは2009年の直江兼統を描いた『天地人』を思い出す。今回の『真田丸』は稀代のヒットメーカーのオリジナル脚本により、史実を描きながらも、今までの大河ドラマとは異なり、ナレーションが少なく、会話劇で物語がすすんでいる。中でも、現代風なコミカルな会話が少なく、活気あるドラマ運びとなっており、楽しみながら見ている。

当地は戦国時代の歴史巡りだけではなく、4月の上



位置図



高田城(上越市)

越市の高田公園では、百万人観桜会が催され、約4,000本の桜が約3,000個のボンボりに照らされて、高田城三重櫓とともにライトアップされ、お堀の水面に映し出されるさまは、日本三大夜桜のひとつと称されている。桜並木をライトアップした「さくらロード」や、しだれ桜の巨木も見ごたえがある。期間中は多くの露店が立ち並び、越後の春の一大イベントとなっている。

本工事は、長野県上水内郡信濃町と新潟県上越を結ぶ上信越自動車道の信濃町ICから上越JCT間の4車線化工事のうち、上越高田ICから中郷IC間の延長2,125mの工事区間に、宮内トンネル(L=371m)と観音平トンネル(L=533m)の2本のトンネルを施工するものである。宮内トンネルを先に掘削し、その後、観音平トンネルを掘削する計画であり、2016(平成28)年6月末時点で、宮内トンネルの掘削は280mまで進んでいる。

地質は砂岩・泥岩の互層が主体であり、2D程度の土かぶりの中、数箇所の地すべりブロックが確認されている。施工にあたっては、I期線トンネルのモニタリングや地すべり計測、II期線トンネルの計測を確認しながら掘削している。

宮内トンネル貫通地点には、前述の国指定史跡・鮫ヶ尾城跡、斐太歴史の里、また観音平トンネル付近では、県内最古にして最大の観音平古墳群が存在し、この地で時代の異なる史跡を訪ねながら、安全にトンネル掘削を進めたいと思う。

((株)熊谷組観音平トンネル作業所所長)

施工

ダム湖内に立坑と大断面ウォータータイト圧力トンネルを構築

—鹿野川ダムトンネル洪水吐—

国土交通省四国地方整備局山鳥坂ダム工事事務所工務課長 壬 生 恵 庫
清水建設(株)関西支店土木部工務課長 上 岡 真 也
清水・安藤ハザマ特定建設工事共同企業体所長 芳 岡 良 一
清水建設(株)九州支店土木生産計画部長 本 村 浩 志

1 はじめに

鹿野川ダム改造事業は、洪水調節と発電を目的に50年以上前に建設された重力式コンクリートダムの機能を強化するものである。ダム右岸側地に内径11.5mのトンネル洪水吐を新たに建設することにより、洪水調節容量を従来の約1.4倍の2,390万m³に増強させ洪水被害の軽減を図るものである(図-1)。

鹿野川ダムは愛媛県大洲市に位置し、トンネル洪水吐は、上流側での流入水路部(延長47m)、呑口立坑部(内径17m、深度41m)、トンネル部(標準

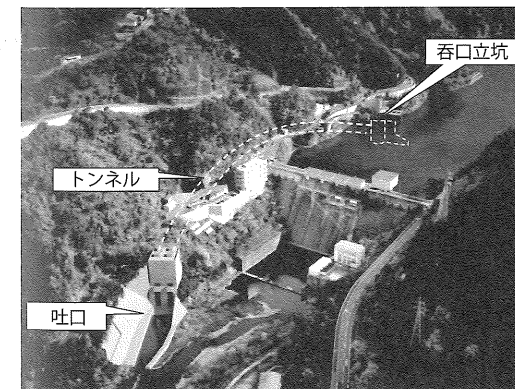


図-1 完成予想図

内径11.5m、延長457m)および下流側吐口工(延長75m)よりなる。本稿では、トンネル掘削～覆工完了まで一連の施工実績について報告する。

2 トンネル工事概要

本トンネルは最大0.9MPaの外水圧と0.4MPaの内水圧が作用する圧力トンネルであり、全長約457mのうち約320mが鉄筋コンクリート構造、残りは放流管、トランジション管などの鉄管で構成される(図-2)。最大掘削断面は吐口側のトランジション部で約320m²の大断面トンネルとなる。鉄筋コンクリート構造部の覆工厚は800mmおよび600mm、鉄筋はすべて複鉄筋で最大D29@150である。

また、鉄筋コンクリート区間は、一般的な圧力トンネルで実施されている止水グラウチングではなく、全周防水シートによって漏水対策を施すウォータータイトトンネルである。

施工は下流吐口側より掘削を行い、貫通の約14m手前で切羽をいったん停止し、立坑の構築完了後に立坑側より迎掘り掘削を行い貫通させた。インバート、覆工は切羽が300mに達した段階で順次開始し、立坑の構築期間中に完了した。

3 地形・地質概要

ひしかわ
 鹿野川は、愛媛県南西部を流下する一級河川で、鹿野川ダムは、左岸は御在所山(標高669m)、右岸は岳山(標高608m)より続く斜面の間に位置している。トンネルの地質は、三疊紀〜ジュラ紀に形成された秩父帯に属する付加体からなり、砂岩、緑色岩のブロックを含む泥質混在岩で構成される。トンネルの下流側では、砂質混在岩がやや優勢と

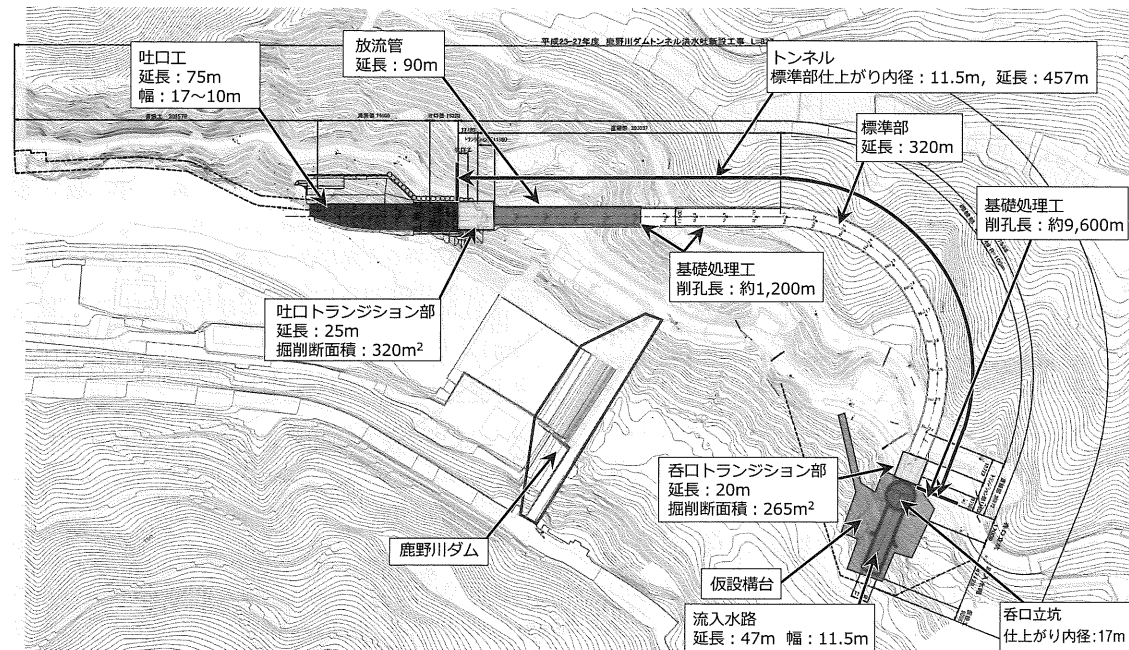


図-2 全体平面図

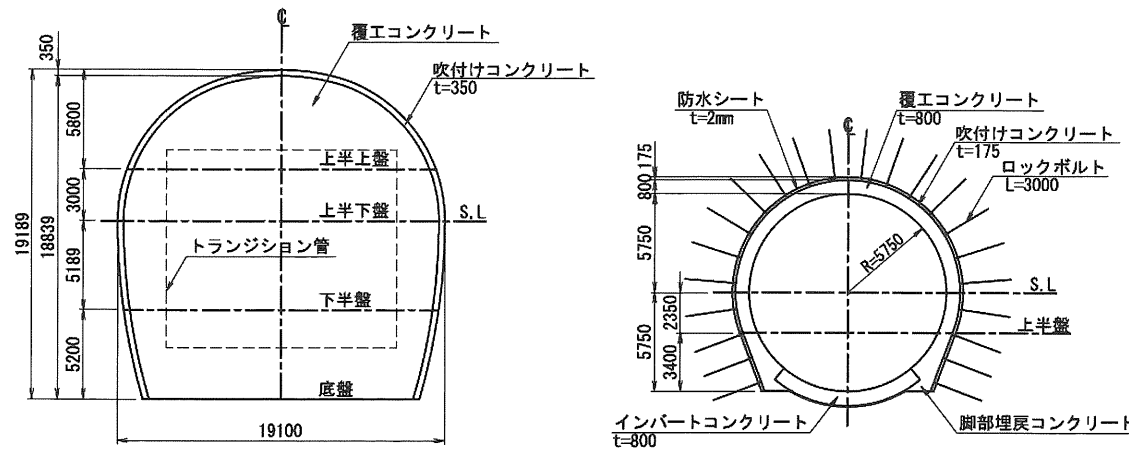


図-3 最大断面および標準部支保パターン

なる。大局的な地質構造は、走向傾斜がN60〜70°W/40〜60°Nで、トンネルの平面線形が90°屈曲するため、地層は下流側でトンネル線形にほぼ平行、上流側でトンネル線形に直交し、山側に40〜60°傾斜している。

4 トンネル掘削

トンネル断面は下流の吐口側より吐口トランジション部、放流管部、標準部、呑口トランジシ

ン部の4パターンに大別される(図-2)。

掘削は下流の吐口側から実施した。最大断面および標準部の代表支保パターンを図-3に示す。

4-1 吐口側からの大断面掘削

吐口トランジション部(L=25m)は幅、高さともに約19mで320m²の大断面を4段ベンチで施工した(図-3)。掘削は4tブレーカと1.3tブレーカによる機械方式とし、坑口近傍100mには集落があるため昼間のみの方施工とした。

坑口左側には深礎杭(直径3.5m)が施工済みであり、正面の地形も傾斜が大きく偏圧を受けやすく、かつ約20m直上に市道が横断していたため、坑口付けに先立ち、長尺先受け工および長尺鏡ボルト工を施工した。ベンチ掘削に伴う沈下が懸念されたが、掘削完了時の天端沈下量は最大10mmに

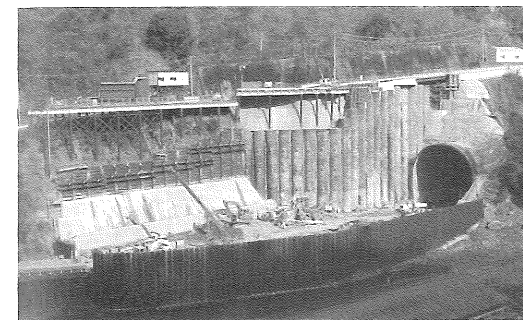


写真-1 吐口部全景

抑えることができた。写真-1に吐口部全景を示す。

機械掘削完了後、坑口部に防音扉と夜間ずり仮置き用の防音ハウスを設置したのち、発破掘削により放流管部および標準部の施工を実施した。発破掘削に際しては周辺民家や施設に対し、騒音・振動測定を実施し、周辺影響を確認しながら実施した。図-4に測定結果を示すが、いずれの地点においても管理目標値(騒音60dB, 低周波95dB)を満足した。

また、呑口トランジション部は立坑近傍であり、ダム湖の水を引込むおそれがあったため、掘削時の緩みを極力抑えることを目的に、割岩掘削を採用した。

4-2 呑口立坑掘削

4-2-1 立坑の構造と立坑内掘削時の計測計画の概要

呑口立坑は、φ1,500mmの鋼管矢板(L=44.0m)34本で直径17mの円形に仮締切りを行い、次に内部を鋼管矢板の天端から深さ41mまで支保工(H-300×2段, H-400×4段, H-800×4段)を設置しながら掘削(掘削深さは32m)したうえで、底版コンクリート打設、その後いったん仮埋戻しをしたのち鋼管矢板を切断し、トンネルに貫通させる計画となっている。

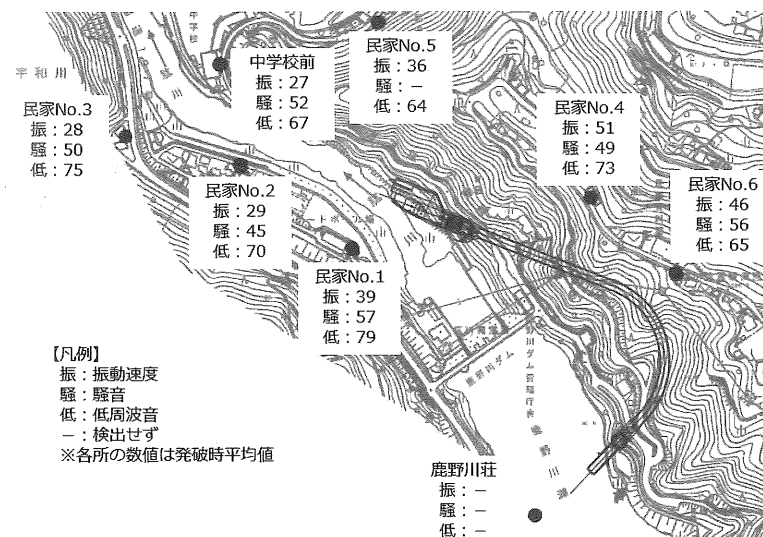
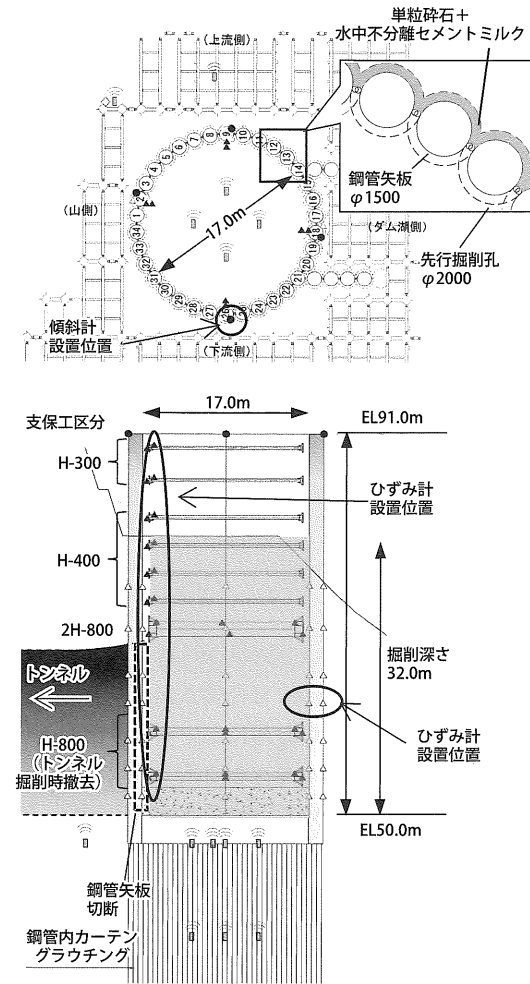


図-4 振動騒音測定結果(平均値)

鋼管矢板の外周は、単粒碎石(5mm)で充填された先行掘削孔との隙間に水中不分離性セメントミルクを注入した状態となっている。立坑内掘削に伴い、立坑内外の水頭差により水圧が作用することで、鋼管矢板が立坑内側に変形し、外周部との隙間が水みちとなって、大規模な出水が発生する危険性があった。そこで、鋼管矢板および支保工に計測器を設置し、24時間立坑の状況を監視しながら掘削を進める計画とした。計測機器の配置図を図-5に示す。

鋼管矢板には、挿入式自動傾斜計とひずみ計、支保工にはひずみ計を設置した。また、立坑底板部からの浸水を防止するため鋼管矢板下端から深度方向に15.0mカーテングラウチングを実施しており、その効果を確認するため、グラウチング内外に間隙水圧計を設置した。

上記の配置計画を策定したうえで、施工計画にもとづいた事前解析を実施し、施工ステップごとに管理値を設けた。



記号	観測計器	数量
●	傾斜計	4本
△	ひずみ計 (鋼管矢板)	56個
▲	ひずみ計 (リング支保工)	24本
⊞	間隙水圧計 (立坑内のみワイヤレス)	10基

図-5 立坑概要図と計測機器配置計画図

4-2-2 施工ステップと計測結果

立坑内掘削は、2015(平成27)年4～9月にかけて実施した。各計測機の計測結果は以下のとおりである。

水位の計測結果を図-6に示す。カーテングラウチングの効果により、立坑内掘削が進むにつれて立坑下部地山内に設置した間隙水圧計の値が低くなっていき、立坑外の水位(ダム湖水位)との差が大きくなっていく。それに伴い、鋼管矢板応力(図-7)、リング支保工軸力(図-8)が大きくなっていく。しかし、鋼管矢板応力は、床付け面まで掘削した段階でも許容応力(280N/mm²)に対して、3割程度にとどまった。リング支保工に作用する軸力についても、事前解析の結果(最大約28,000kN)

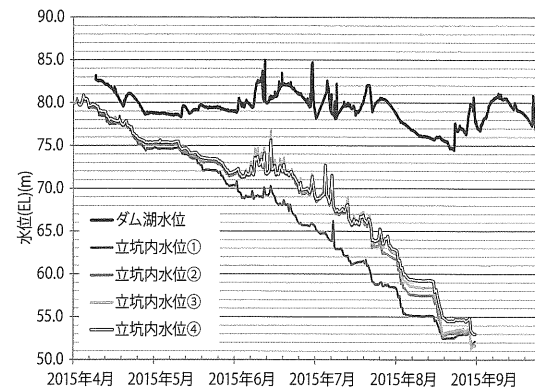


図-6 ダム湖・立坑内の水位変化

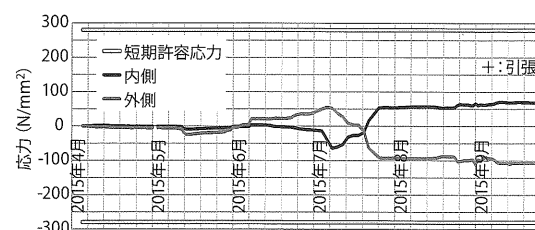


図-7 鋼管矢板ひずみ計計測結果(応力)

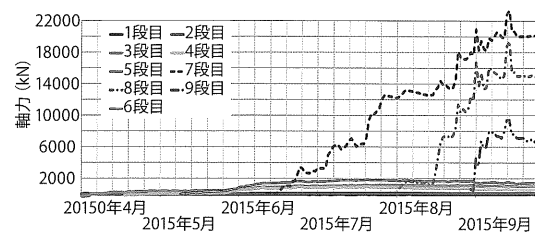


図-8 リング支保工軸力

と比較して、8割程度で収まった。

4-2-3 掘削に伴う鋼管矢板の変形と止水注入

図-9に鋼管矢板の変形形状を示す。

当初計画では、立坑内を掘削することにより鋼管矢板が変形するため、床付け完了後に鋼管矢板の背面側にセメントミルクを注入する計画となっていた。しかし、床付け完了後もトンネル接続掘削に伴い2か所の支保工撤去、底板部の鋼管矢板撤去があり、図-9に示したように、それぞれ2～10mm程度、累計で17mm程度の立坑内側へ変形が見られ、鋼管矢板背面側に水みちが形成されている可能性があった。そのため、鋼管矢板の変形が大きく発生した施工ステップごとに鋼管矢板背面側へのセメントミルク注入を追加で施工し、立坑内・トンネル内への浸水を防止した。

施工位置は立坑とトンネル、ダム湖との位置関係をもとに、立坑とトンネルが接続する2か所か

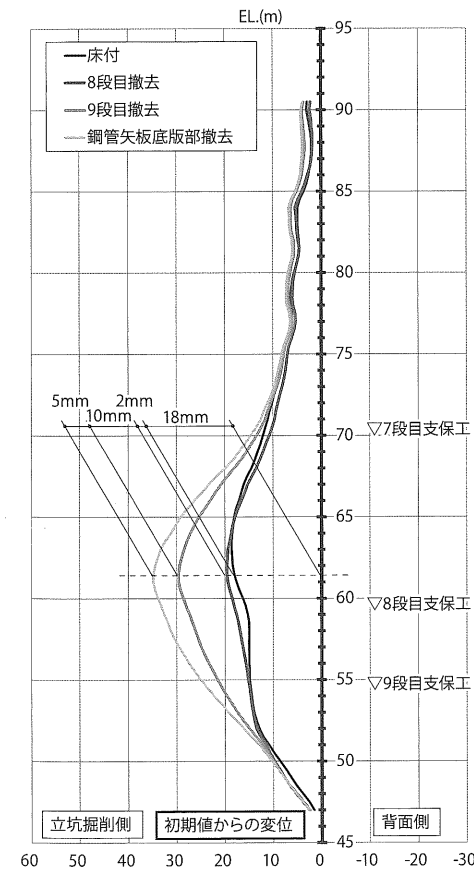


図-9 鋼管矢板変形

ら防止することがもっとも効果的と考え、図-10の位置を選定した。

4-3 迎掘り掘削

迎掘り掘削の特徴は、下記のようなものがある。

- ① トンネルを貫通させるために、呑口立坑の鋼管矢板のうち14本を切断する
- ② 鋼管矢板外周は5mm単粒砕石で埋戻しを行っている
- ③ 呑口立坑の内径φ17mに対し、接続するトンネルは幅17m×高さ17.9m、掘削断面積約265m²の大断面である

迎掘り掘削範囲を図-11に、施工ステップを図-12に示す。

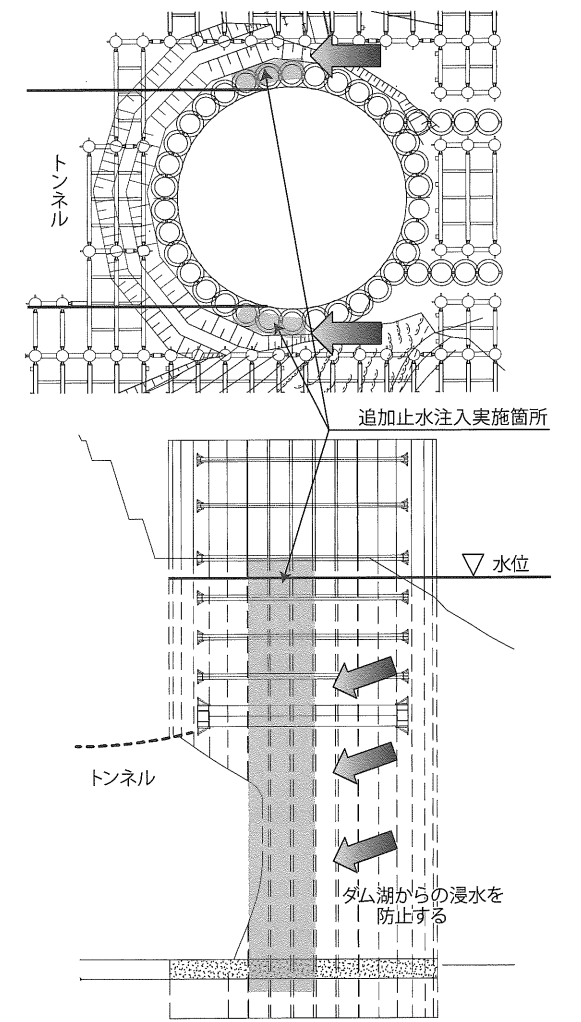


図-10 追加注入位置

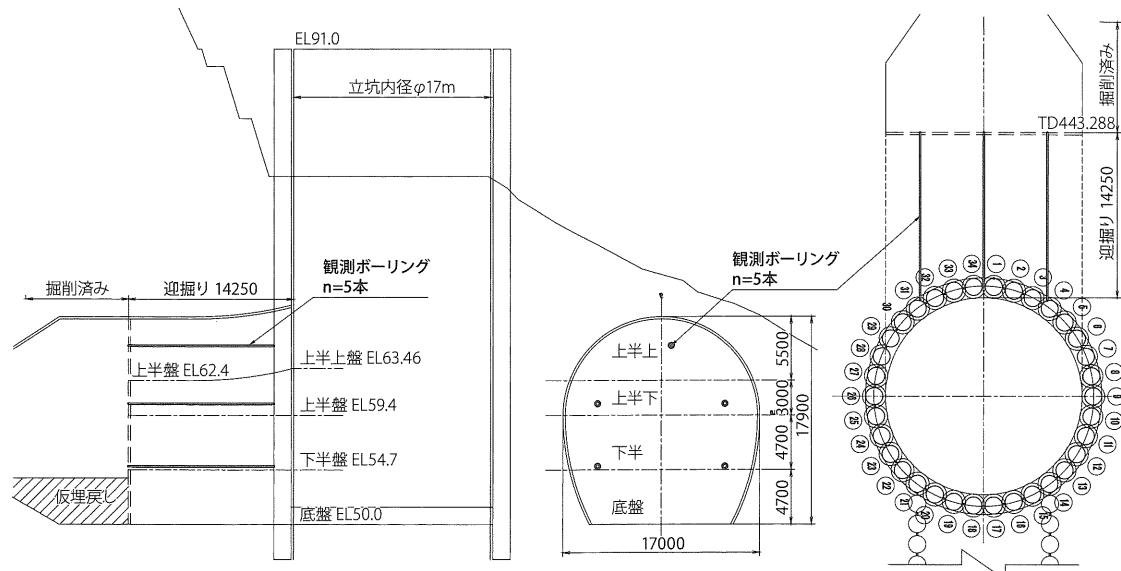


図-11 迎掘り掘削範囲

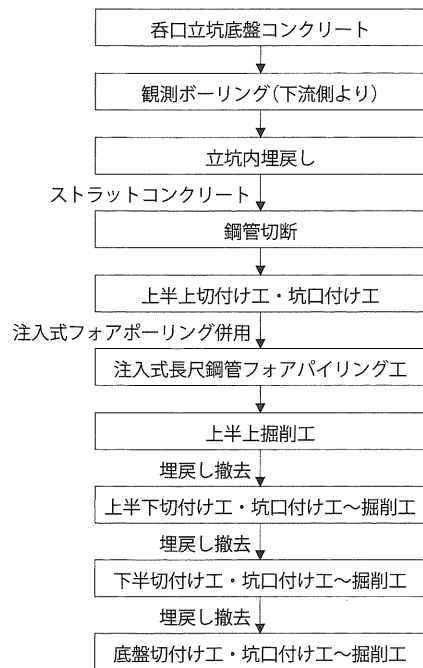


図-12 迎掘り掘削施工ステップ

4-3-1 鋼管矢板切断部の施工

(1) 観測ボーリングによる安全性確認

鋼管矢板外周の碎石は事前にセメントミルクなどによる改良を実施していたが、部分的に水みちとなる箇所が存在する可能性が懸念されたため、

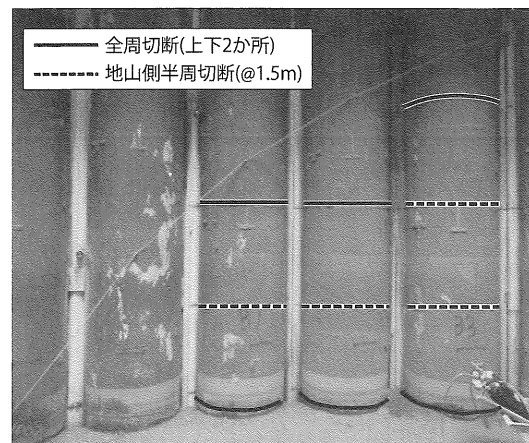


写真-2 鋼管矢板水平切断

切断前に吐口側から図-11に示す5本の観測ボーリングを実施し、鋼管矢板背面からの湧水が最大でも毎分1L未満であることを確認した。

(2) 鋼管ジョイント部における安全性確認

立坑内部掘削時に、トンネルの外周となる箇所鋼管ジョイント部でコア抜き(φ=52mm, L=400mm)を行い、背面の碎石部の通水状況を直接確認した。コア抜き箇所は、口元にボールバルブを取り付けた突発湧水時の出水防止可能なものとし、鋼管矢板を切断する直前に滴水程度の湧水量であることを最終確認した。



写真-3 鋼管矢板シャープランス切断

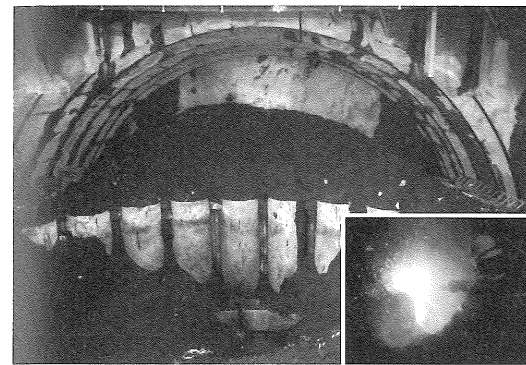


写真-4 リング支保工切断

(3) 砥石カッタによる鋼管の切断

上半上断面図の施工にあたり、トンネル掘削部の鋼管矢板の切断は、安全確保のために砥石カッタを使用して鋼管内からの水平切断を行った(写真-2)。

切断前に立坑内に水張りを行い、内圧を確保するとともに、砥石カッタの摩耗および騒音抑制を図った。

4-3-2 トンネルの施工

迎掘り区間は図-11に示す加背割りとし、4段ベンチで掘削を行った(図-12)。

坑口付けでは、鋼管背面の碎石および地山の崩落防止を目的として、トンネル外周の鋼管矢板を1掘進長ごとにシャープランスによりトンネル形状に合わせて切断し、トンネル断面より外側になる背面側の鋼管をできるだけ残した(写真-3)。また、掘削に伴って背面の鋼管を撤去する前に天端部近傍に注入式フォアボーリング(L=3m)を鋼

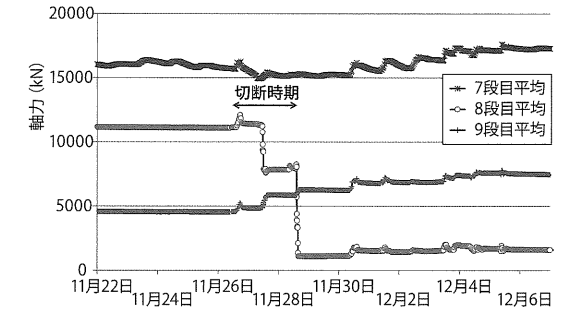


図-13 リング支保工軸力

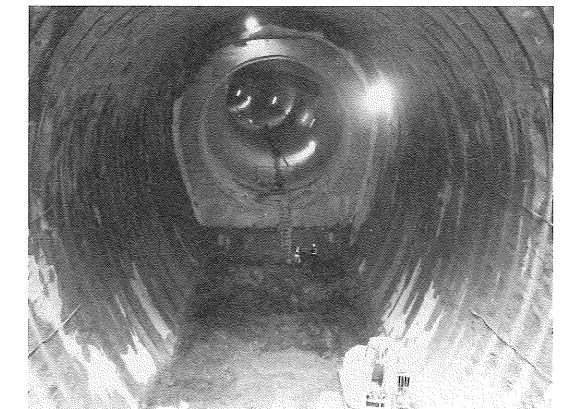


写真-5 掘削完了全景

管あたり2本打設した。さらに、鋼管切断後の本掘削前に注入式長尺先受け工(L=12.5m, φ114.3mm, 43本)を先行施工した。

迎掘り掘削途中で、呑口立坑掘削時の安定対策として設置していた仮設のリング支保工(8段目, H-800)の切断を行った(写真-4)。切断前の支保工には約12,000kNの軸力が発生していたが、切断によって上下のリング支保工などに荷重が分散された(図-13)。貫通までに立坑およびトンネルの変状や接続部からの異常出水などの問題は発生せず、施工を無事完了した(写真-5)。

5 インバート

下半切羽がTD300mに達した時点で標準部インバートの施工に着手した。本トンネルの標準部は全周防水シート敷設であり、切羽と併行して施工する必要があるため、坑内にL=57mのインバート栈橋を設置し(図-14)、その下部で床付け、シート敷設、鉄筋、型枠、コンクリートの施工を

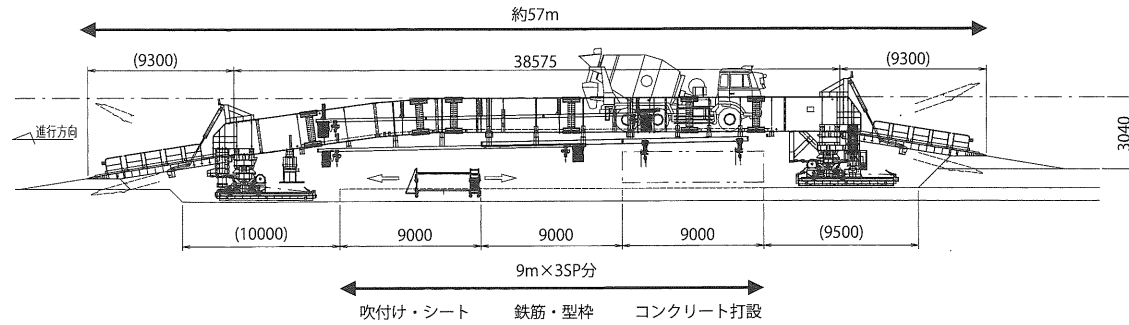


図-14 インバート橋

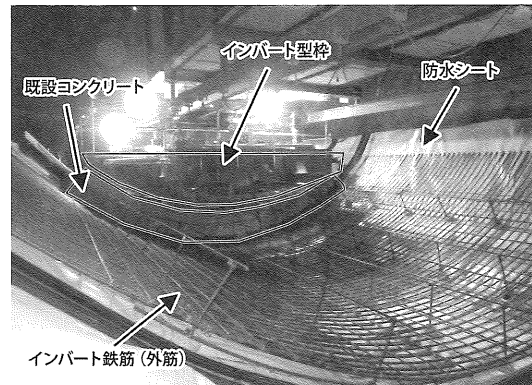


写真-6 インバート施工状況

実施した(写真-6).

インバート中央部の幅約4mの区間は手仕上げとし、勾配のきつくなる肩部については型枠を使用した。型枠表面には透水シートを貼付し、空気あばたの低減および表面の平滑化を図った。

6 覆工

本トンネルの標準部320mは覆工コンクリート区間であり、覆工厚も大きく、鉄筋も通常に比べ非常に過密なウォータータイト圧力トンネルである。そのため、いかにシートを損傷させることなく精度良く鉄筋を組立て、コンクリートを打設するかが課題であった。

6-1 防水シート

シートの敷設は専用の台車を用いて行った。通常吹付け面にはロックボルト頭部が突出するが、凹凸に伴うシート損傷を防止するため、ロックボルト打設後に仕上げ吹付けを行い、壁面を平滑にした(写真-7)。また、溶着回数を減らすことで溶



写真-7 吹付け仕上げ面

着不良による漏水不具合のリスクを低減させることを目的に、幅W=3mの幅広シートを採用し、展張機を用いて敷設を実施した。シート取付けにあたっては磁気誘導加熱溶着機を用いてシート表面から背面に設置したカーボディスクへの溶着を行った。

6-2 アーチ鉄筋

本工事では、①漏水リスクを減じるために、防水シートを傷つけないよう、近傍での作業回数を少なくすること、②通常のトンネルに比べ鉄筋量が多いため、施工の省力化を図ることを考慮して、工場製作によりユニット化したメッシュ鉄筋(以下、「バーメッシュ」という)を、非貫通式吊り治具を使用して組立てた(写真-8)。

バーメッシュの施工は、覆工厚を考慮し、下記を基本手順とした。

- ① 非貫通式吊り治具を使用して外筋を自立させること
- ② 内筋を組立てるために鉄筋吊り支保工(H-



写真-8 バーメッシュ

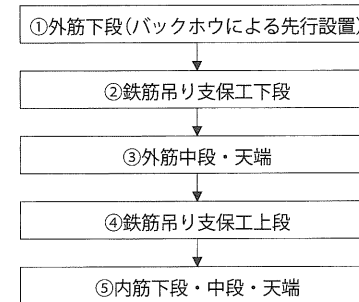


図-15 バーメッシュ施工手順

125@2m)を建込むこと

- ③ 建込んだ鉄筋吊り支保工に内筋を固定すること

図-15に施工手順を示す。なお、外筋下段はバックホウを用いて先行設置し効率化を図った。バーメッシュの施工にあたって留意した事項を以下に示す。

(1) 精度の確保

外筋の固定検討を骨組構造解析で行ったところ、インバート端部の継手位置(左右2点)のみを支点とした条件では、自重によるたわみが大きく、天端部で370mm沈下する結果となった。一方、支点を2点から6点に増やすことにより、天端部の外筋の沈下量は7mmと大幅に低減できることがわかった。そこで、下記の2点を施工の基本方針とした。

- ・外筋バーメッシュが外側に拡がろうとする力を、プレート付きボルトを介して地山に伝え、その反力により外筋バーメッシュの拡がりを押さえ、自立性を確保する(図-16、写真-9)。
- ・バーメッシュのたわみを抑制し、所定のかぶり確保するよう、支点の数を決定する。

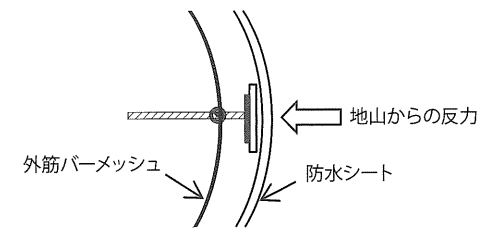


図-16 外筋の自立性確保模式図

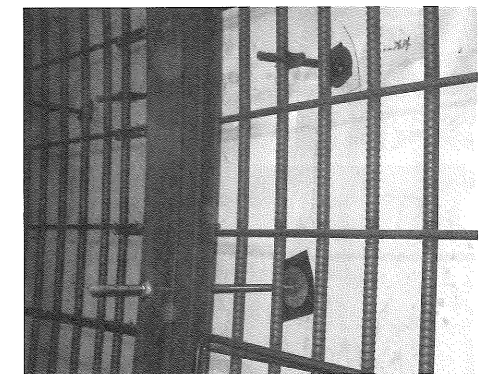


写真-9 支保工固定

実施工においては、延長約2mのバーメッシュを周方向に5分割し、緊結治具を用いてプレート付きボルトに固定した。プレート付きボルトは全ネジ仕様とし、バーメッシュの継手部およびその中間部の計20か所に設置した。また、ワイヤクリップを用いてバーメッシュ筋同士が緩まないように固定した。プレート付きボルトを設置した全箇所において測量を行い、鉄筋の据付け精度を確保した。

(2) 専用鉄筋台車を用いた設置

バーメッシュの設置は、ウィンチを配した専用鉄筋台車(写真-10)を用いて次の手順で行った。

- ① 電動チェーンブロックを用いて、いったん、台車上へ仮受け
- ② 台車頂部の組立て足場にバーメッシュをセット
- ③ 天端までリフトアップ
- ④ 左右にあるシルバーウィンチにより所定の高さへ引込み
- ⑤ 油圧シリンダー付き側部セット装置によるバーメッシュの押さえ
- ⑥ かぶり調整、プレート付きボルトへの固定

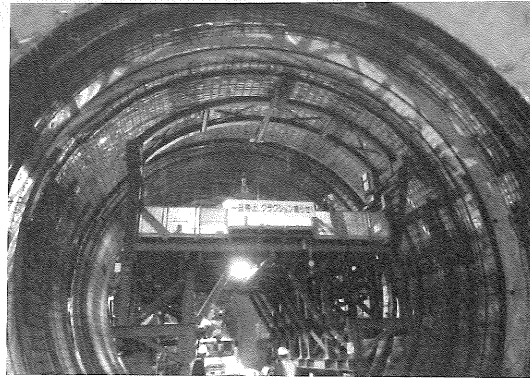


写真-10 鉄筋台車

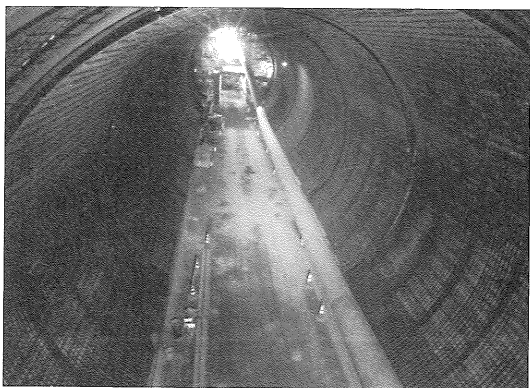


写真-11 鉄筋設置完了

鉄筋吊り支保工についても、同様の手順による組立てを実施した。写真-11に設置完了状況を示す。

6-3 覆工コンクリート

本トンネルの覆工厚は800mmおよび600mm、鉄筋はすべて複鉄筋で最大D29@150の過密配筋である。さらに上述のとおり内外鉄筋間に鉄筋吊り支保工が介在していたため、コンクリートの充填性確保が課題であった。

そこで、覆工厚800mm区間ではスランプ21cmのコンクリートを採用し、覆工厚600mm区間では増粘剤一液タイプ高性能AE減水剤を用いた中流動コンクリートを採用した。

また、7～9月の夏季の打設においては、コンクリートの練上り温度の抑制を目的に、生コン工場内にチラー(30冷凍トン)を設置し、夏場の練上り温度30℃以下を確保した(図-17)。

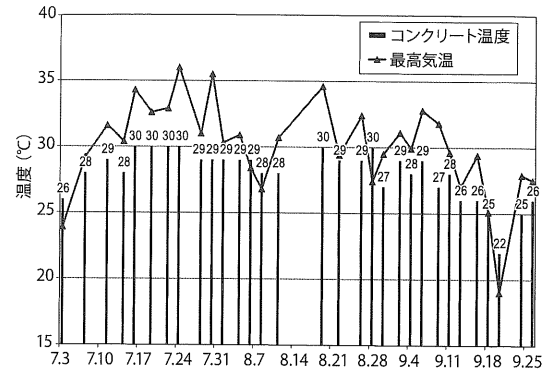


図-17 外気温とコンクリート温度

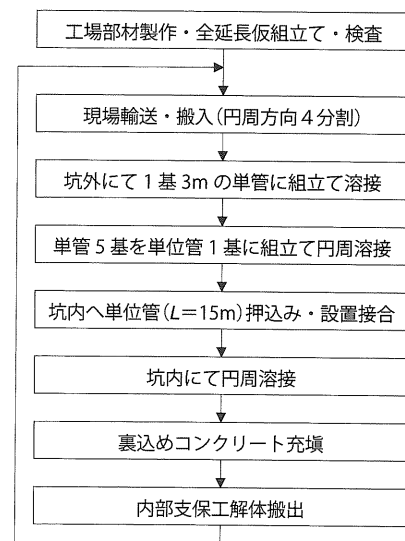


図-18 放流管施工フロー

6-4 放流管(水圧鉄管)

トンネル下流側90m区間は、地山の土かぶり小さく、地下水位が低い。そのため、トンネル内圧(ダム貯水位)が外圧(地下水位)より高くなっていることから、内圧に対抗するため放流管構造となっている。放流管工事は、工場製作したステンレスクラッド製(SUS304:2mm,SM490A:19～15mm)の鉄管を掘削したトンネル内に設置し、トンネルとの隙間をコンクリートで充填するものである。

放流管部の施工フローを図-18に示す。写真-12に3mの単管組立て状況を、写真-13に単位管(3m単管を5基分溶接したもの)のトンネル内への送出し状況を示す。最後に放流管工事の課題と対応を表-1に示す。

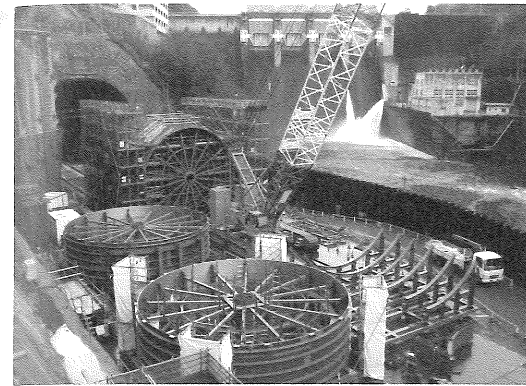


写真-12 単管組立て状況

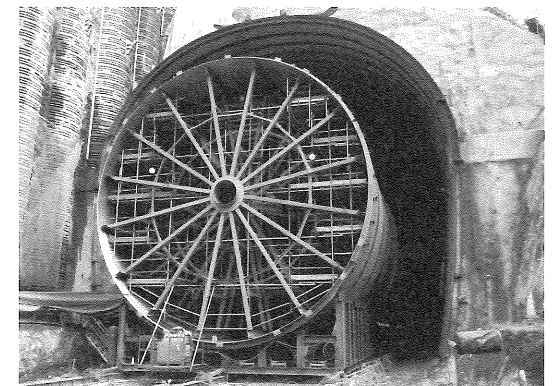


写真-13 単位管送り出し状況

表-1 放流管工事の課題とその対応

課題	作業特性	対応	効果
①直径11.5mと国内最大規模で延長90mの水圧鉄管設置精度確保	幅3mの単管を円周方向に4分割して現場へ搬入し、それらの部材120個を突合せ溶接する。4分割材の円形組立て・溶接と延長方向の接合を実施しなければならない。	工場で、実際の現場と同様の方法で全延長仮組立し検査する。重力による悪影響がないよう4分割材の円形組立て作業を水平で実施し(写真-10)、内部支保工を設置したのちに起こして、延長方向の突合せ部を溶接接合する。	管路内面継手部の段違いは許容差2mmを満足した(±1mm確保)。
②工程短縮および溶接時の作業環境改善	円形組立て作業と単管延長方向の接合作業とを並行して作業できるヤードを配置する(写真-10)。延長方向長さ15mの単位管までの組立て・溶接作業を坑外で行い、これを一度に押込み(写真-11)、坑内溶接作業を減らす。		当初工程より30日短縮した。坑内での円周溶接量が大幅に減となった。
③狭隘な裏込めコンクリート打込み作業で未充填部をつくらない。	裏込めスペースは幅60cm程度しかない箇所がある。鉄管底部の振動締めが困難である。	高流動コンクリートを採用し、締め作業を不要とする。鉄管底部に確認孔を設け、コンクリート充填確認後に閉じる(フロー値65cmの高流動コンクリート使用)。管頂部上方の隙間には、モルタル注入を行った。	コンクリートおよびモルタルで確実な充填ができた。

7 おわりに

2012(平成24)年10月初旬のトンネル坑口付け着手から2016(平成28)年2月末の掘削完了まで約3年5か月を経て、延長457mのトンネル部の施工がほぼ完了した。仕上がり内径11.5mの大断面ウォータータイト水路トンネルは世界的にも例がなく、ダム湖からの湧水リスクを抱えた工事で

あったが、大きなトラブルもなく無事進めることができた。

今後、トランジション部のコンクリート施工や立坑内躯体構築などが残っており、まだまだ工事が続くので、無事故で完成させるよう鋭意努力していく所存である。

最後に、本報告にあたってご協力いただいた関係者の皆様に深くお礼を申し上げます。

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・齊藤正忠・北川隆 共訳

B5判・442頁・上製本 本体価格9,800円(¥450円)

株式会社 土木工学社

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

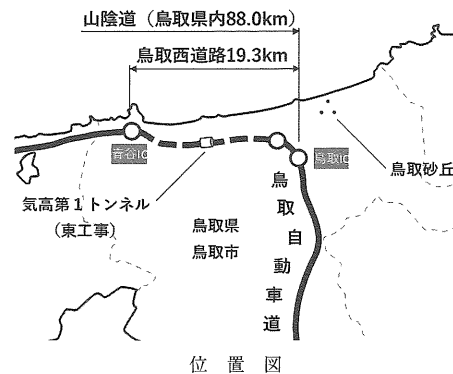


「トンネル技術者の注目の地」鳥取県鳥取市

富田 陽一

鳥取市は、日本海に面した鳥取県東部(因幡地方)の特例市で、同県の県庁所在地である。全国の県庁所在地の中でもっとも人口が少なく(20万人弱)、人口密度も2番目に低い(約250人/km²)。京阪神地方との結び付きが強いが、鳥取(砂丘コナン)空港からは首都圏とも結ばれ、山陰地方の東の玄関口である。気候は、日本海側気候で西日本有数の豪雪地帯でもあり、50~70cm程度の積雪となることが多いようである。ご当地グルメは、「らっきょうのキムチ漬け」「豆腐ちくわ」「あごちくわ」「ばばちゃん(深海魚)」「牛骨ラーメン」「ホルソバ」「もさえび(バーガー)」なるものがあり、鳥取初上陸の私は順にいただく予定としている。鳥取といえば砂場。東西16km、南北2km、最高起伏47mに及ぶ広大な鳥取砂丘が有名で「日本の地質百選」「日本三大砂丘」のひとつに数えられ、与謝野晶子や高浜虚子をはじめとする数々の文人墨客に愛された地である。

紹介した鳥取は、今、トンネル技術者にとっても「注目の地」となっている。なぜなら、国が進める鳥取西道路事業において、約10か所でトンネル工事が同時に施工されており、著名な臨床工学の先生のご指導もあり、従来のトンネル施工のスタイルを変えていく試みがなされている。そのため、全国より集まったトンネル技術者たちにとって、高品質なトンネルを実現すべく技術研鑽の場となっている。トンネル工事は、ある程度の工期を要することもあり、技術者が腰を据えて業務に従事できる場として最良な工事のひとつである。



JR鳥取駅で迎えてくれるコナン君の砂像

る。また、作業所の人員構成もトンネルルーキーからベテランまで比較的年齢構成が整いやすく、技術伝承の場として最適である。気は早い鳥取のトンネル工事が無事竣工した暁には、鳥取のルーキーたちもトンネル経験者になっていくことになる。

気高第1トンネルは、延長1,935mの山岳トンネルで、当工事はそのうち東側の777mの掘削を行うものである。地山は、新第三紀中新世の鳥取層群河原火山層が分布し、いわゆる「グリーンタフ」と呼ばれる地質である。「第三紀の凝灰岩」はCパターンでもインバートを設置する必要があるため、TDに近い延長をインバート施工することも予想される。貫通点付近のゴルフ場直下の盛土部では、切羽面に人工造成盤や旧河谷地形の崖錐層が大きく出現するため、掘削に伴う周辺地山の不安定化、支保耐力の超過、二次覆工への土圧作用などが懸念されている。

当工事の施工状況は、6月末現在、坑口DⅢc区間を順調に施工しているが、先行している近隣工区の湧水などによる工事難渋との情報もあり、切羽で起きうる現象に対しあれこれ想像しているところである。中堅層の年齢となった私も知らないことが山ほどあるが、かつてのトンネル現場での経験やそこで教わったことなどを思い出しながら、所員、協力業者とともに切羽に向かうつもりである。

(日本国土開発(株)気高第1トンネル現場代理人)

業界案内 2016

目次

協	会	I
コンサル	タ	ン
ン	サ	ル
タ	ン	ト
業	ほ	か
II		
建	設	業
II		
建	設	機
械	業	IV
IV		
建	設	資
材	業	V
V		

掲載順不同

凡例

会社名

代表者名 および 役職

業務内容、取扱商品名 など

問い合わせ先

所在地

TEL: XXX-XXX-XXXX FAX: YYY-YYY-YYY

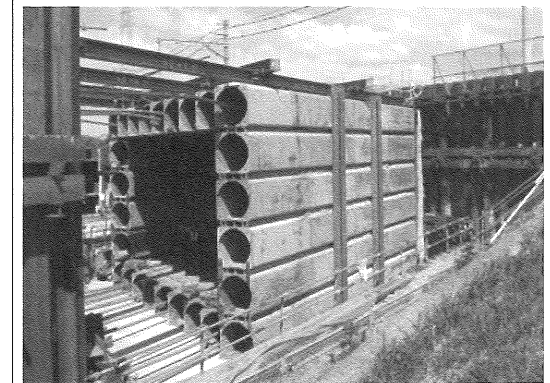
E-mail: XYZ@ZZZ.jp

URL http://www.ZZZ.jp

アンダーパス技術協会

会長 植村 誠

非開削施工により既存の鉄道・道路下へ地下構造物を構築し、立体交差の施設を造ります。R&C工法、SFT工法、FJ工法、ESA工法など実績の豊富な施工法で、社会貢献していきます。



問い合わせ先：事務局

〒185-0032 東京都国分寺市日吉町2-30-7

TEL: 042-574-1180 FAX: 042-572-5456

E-mail: info@underpass.info

URL http://underpass.info/

コンサルタント業ほか

Japan Asia Group 国際航業株式会社

代表取締役社長 土方 聡

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

問い合わせ先：技術本部
〒102-0076 東京都千代田区五番町12
TEL：03-3288-5700(代) FAX：03-3288-5757
E-mail：naoki_muto@kk-grp.jp
URL <http://www.kk-grp.jp>

Metro Kaitaku メトロ開発株式会社

代表取締役社長 矢萩 秀一

- 都市トンネルの調査・設計・施工管理●トンネル近接施工の渉外業務・影響検討・計測管理●建築・電気設備設計・施工管理●M&H(内圧充填接合補強)の施工●海外都市鉄道建設の支援業務

問い合わせ先：技術部 技術管理課
〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11-9
TEL：03-5847-7807 FAX：03-5847-7825
E-mail：y-yamakoshi@metro-dev.co.jp
URL <http://www.metro-dev.co.jp>

株式会社 ロード・エンジニアリング

代表取締役 清水 洋

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

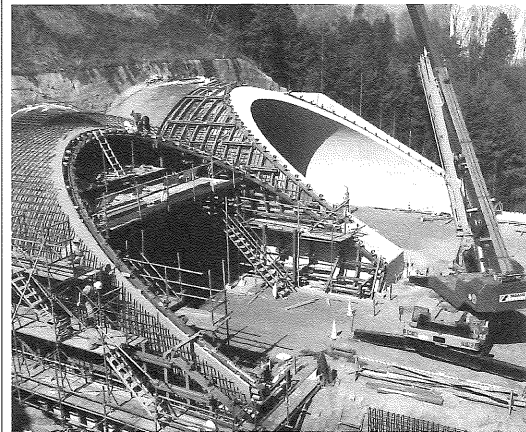
問い合わせ先：本社
〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-24-7 冠ビル
TEL：03-3891-0711 FAX：03-3891-0701
E-mail：info@road-eng.co.jp

建設業

木部建設株式会社

代表取締役社長 木部 哲実

トンネル・ダム工事および首都高速・地下鉄工事の専門工事業者として、安全な良質施工に心掛けています。



問い合わせ先：本社 営業部 もしくはホームページより
〒180-0005 東京都武蔵野市御殿山1-6-10
TEL：0422-48-7221 FAX：0422-47-6967
E-mail：t.takahashi@kibekensetsu.co.jp
URL <http://www.kibekensetsu.com>

NJD 新日本開発株式会社

グループ代表取締役 箕井 伸

トンネル補助工法(AGF、切羽補強ボルト、脚部補強工)、先進ボーリング及び前方探査、コア採取、各種パイプルーフ工事、マイクロパイル、気泡削孔、斜面安定工、重金属環境汚染対策、地盤改良工他

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

鴻池組

代表取締役社長 葛田 守弘

Our Best Solution for Your Best Smile

レストランの「ソムリエ」はオーダーや好み、予算などを考えて、最適なワインを選んでくれます。私たちが知識、技術の全てを使い、まごころをこめてお客様に満足いただける製品を提供したい。カッコよくいえば「ものづくりのソムリエ」でありたいと思っています。



KONOIKE
KONOIKE CONSTRUCTION CO., LTD.

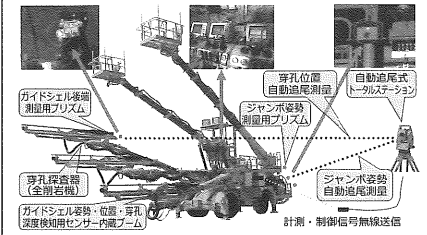
問い合わせ先：土木事業本部 技術部
〒541-0057 大阪府大阪市中央区北久宝寺町3-6-1 TEL：06-6245-6580 FAX：06-6245-6596
URL <http://www.konoike.co.jp/>

統合せん孔支援システム『ドリル NAVI®』

NETIS 登録番号：KK-160012-A

～余掘りゼロを目指して～

ジャンボの削岩機に、穿孔位置を正確に検知できるセンサーと削岩中の穿孔データを取得できる穿孔探査機を搭載。地山状況を確認しながら、長孔発破などの穿孔を高精度で行い、余掘りを最小限に抑えた発破掘削を可能としました。



※「ドリル NAVI®」は、鴻池組、古河ロックドリル、マック、カヤク・ジャパン 4社の共同開発です。

DIA 第ダイヤモンド工事株式会社

代表取締役 川嶋 常男

- ・コンクリート切断穿孔
- ・コアドリリング
- ・ワイヤーソーイング工事
- ・ケミカルアンカー工事

問い合わせ先：本社(世田谷)、営業所(仙台・埼玉・千葉・静岡・九州)
〒157-0067 東京都世田谷区喜多見3-14-27
TEL：03-3417-1911 FAX：03-3417-3777
E-mail：eigyo@daiichi-diamond.co.jp
URL <http://www.daiichi-diamond.co.jp/>

日本基礎技術株式会社

代表取締役社長 中原 巖

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

問い合わせ先：東京本社 技術本部 技術部
〒151-0072 東京都渋谷区幡ヶ谷1-1-12
TEL：03-5365-2500 FAX：03-5365-2522
E-mail：gijutsu-as@jafec.co.jp
URL <http://www.jafec.co.jp>



建設機械業

Atlas Copco アトラスコプコ株式会社

代表取締役社長 トーマス オスタグレン

トンネルジャンボ、ファン、ヘグローダー、吹付機、坑内用トラック、ロードホールダンブ、クロラドリル、ロッドビット、ロックボルト、油圧ブレーカ

問い合わせ先：本社 土木鉱山機械事業部
〒105-0014 東京都港区芝2-13-4住友不動産芝ビル4号館11F
TEL：03-5765-7890 FAX：03-5765-3199
E-mail：sales.cmt@jp.atlascopco.com
URL <http://www.atlascopco.co.jp>

KYB カヤバシステムマシナリー株式会社

代表取締役社長 廣門 茂喜

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

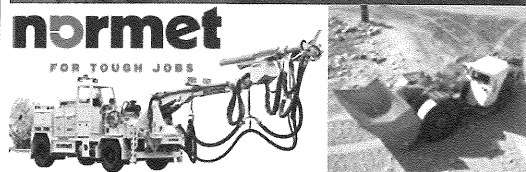
問い合わせ先：本社 営業統轄部 営業4部
〒105-0012 東京都港区芝大門2-5-5住友不動産芝大門ビル
TEL：03-5733-9444 FAX：03-5733-9506

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

SANDVIK サンドビック株式会社SMCカンパニー

カンパニープレゼンター 松本 啓志

油圧ジャンボ、ロードホールダンブ、トラック、油圧ブレーカ、コンクリート吹付機、自走式クラッシャー、油圧クロラドリル、DTHハンマー、ウォーターハンマー、ロッドビット、自由断面掘削機他



問い合わせ先：営業部
〒222-0033 横浜市港北区新横浜2-15-16 NOF新横浜ビル5F
TEL：045-478-0662 FAX：045-478-0661
E-mail：mayuko.yoshida@sandvik.com
URL <http://sandvik-jp.com/>

東和機電工業株式会社 頼田工場

代表取締役 福田 雄介

各種覆工型枠、鋼構造物施工設備の設計・製造
全断面ステンレスフォーム・円形スチールフォーム・組立用セントル・移動式栈橋・換気設備台車・ワークステーション架台・トンネル床版撤去架台など

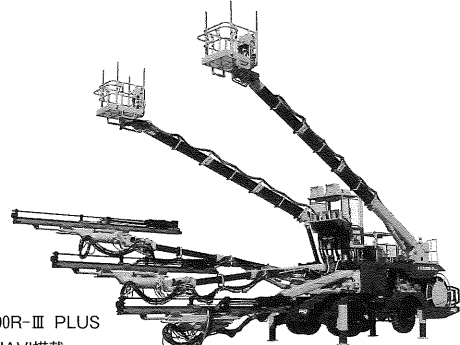
問い合わせ先：本社
〒820-1111 福岡県飯塚市勢田2594-18
TEL：0949-62-3500 FAX：0949-62-6310
E-mail：info@towakiden.co.jp
URL <http://www.towakiden.co.jp>

FRD 古河ロックドリル株式会社

代表取締役社長 三村 清仁

ドリルNAVI(統合せん孔支援システム)
せん孔ナビゲーション・岩質判定を無線LANでネットワーク構築した「ドリルNAVI」.大断面での急速施工を「安心して、速くて確実、安全に」実践する統合せん孔システム.

NETIS登録番号：KK-160012-A



JTH3200R-III PLUS
ドリルNAVI搭載

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

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

株式会社 三井三池製作所

代表取締役社長 平川 幸知

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

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

建設資材業

カヤク・ジャパン株式会社

代表取締役社長 川崎 勝樹

産業用火薬類の製造・販売：含水爆薬(アルテックス、ランデックス)、アンホ爆薬、電気雷管、電子雷管(EDD)、導火管付雷管(アイデット)
危険性評価試験：消防法試験、国連試験、その他

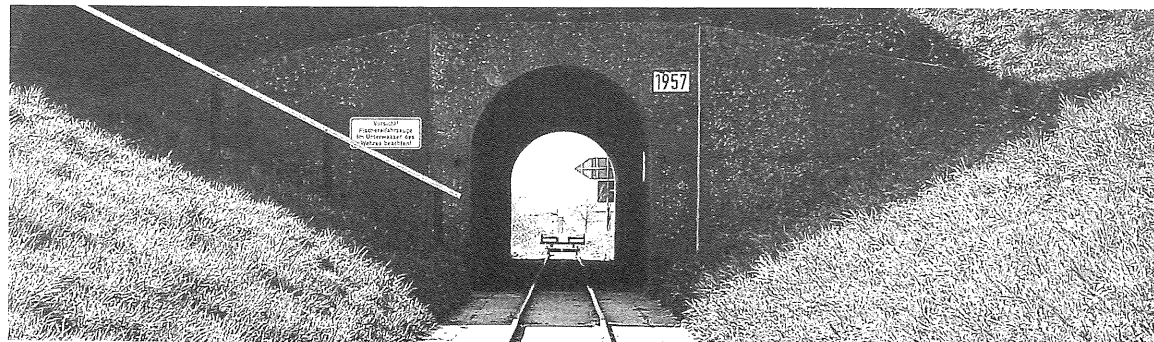
問い合わせ先：営業本部
〒130-0015 東京都墨田区横網1-6-1(国際ファッションセンタービル9F)
TEL：03-5637-0901 FAX：03-5637-0939
E-mail：info.901@kayaku-japan.co.jp
URL <http://www.kayaku-japan.co.jp>

JAPEX 株式会社ジャペックス

代表取締役社長 角谷 文彦

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

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



関係者全員の意思統一で 難工事を完成

(元)株
フジタ
岡村

慶治

はじめに

私は在職期間中の大半をシールド工事に携わってきましたが、現役を引退している今、今回の原稿執筆は自分が施工した工事を振り返る良い機会となりました。苦楽をともに過ごした仕事仲間やお世話になった人のこと、いろいろなことが重なるように思い出されますが、やはり思いが深いのは、息詰まりそうに苦しかったときの経験が大半で、最後は工事内容よりも人間関係で多くを助けられたことが印象に残っています。

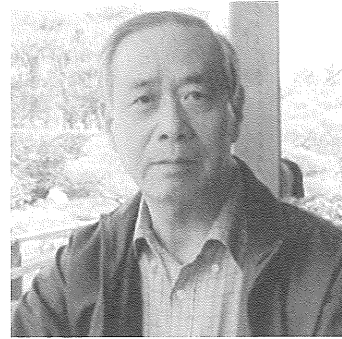
仕事の重圧に押しつぶされそうになったとき、多くの仲間の励ましと全員の努力で乗り切ったこと、そして発注者の皆様と一体になり工事が完成したときの喜びは、今でも私の大きな宝であり、いつまでも忘れられないものになっています。今回紹介する工事は、規模としては大きくありませんが、距離のないシールド工事で発注者と地元住民の泥まみれの闘争に始ま

り、最後まで完全和解のないままで完成を迎えた工事で、長期間にわたり全員の努力と意思の統一を図りながら進められた結果、各種のシールド3機を使用することになってしまったものです。おもにこのようになった経緯を説明したいと思います。

最初の手掘りシールドの 巨大玉石

私のシールド経験は、昭和の手掘り式シールドに始まり、最後は平成の手掘り式シールドで終わりを迎え、「何々に始まり、何々に終わる」との言葉のようで自分でも不思議な縁であったと思います。入社以来約10年間明り工事に携わってきましたが、1974(昭和49)年末、突然に初めてのシールド工事への配属辞令を受けました。当時はシールド工事もまだ初期の段階で、各社も研究を進めながら施工方法を模索している時代でした。

配属現場は手掘り式シールド工法で、神戸市街地から六甲山系に



著者近影(公園散歩)

向かっての、路上は勾配のある幹線道路で、旧湊川河川の埋立場所でありました。シールド掘進は、地下水も豊富でしたがそれ以上に玉石が大きく、途中で数回巨大玉石に遭遇し、撤去に日にちと時間を要した結果、セグメントが一度に2〜3リング組めるような状況となりました。

そんなある日、抗内から緊急の呼出しで中に入ると、山岳トンネルの経験豊富な職長から、「切羽が崩壊しそうで前に進めない」と言われました。あまり本気にせず、その言われている天端にある30cm程度の玉石を落とすと、一瞬に崩壊した土砂で機内が埋め尽くされ、何とか土留めを行い地上に走りました。地上に戻ると見慣れた風景が何か違うと気づきました。それは歩道の植樹帯のカエデの半分近くが陥没していたのでした。こんなに早く地上に影響がでるとは、と、すぐに企業者に連絡をして対策を行った結果、大きな災害には至らずに済みましたが、肝を冷やし切羽の恐さを知った日でありました。

後日、職長に尋ねるとトンネルの破碎帯の臭いがしたと説明され、

経験の大事さも改めて知ることになりました。土質調査の古地図を見ると、はっきり沼地の位置が明記されていて、巨大玉石にばかりに気を取られ、大切なことを見逃していたと、大いに反省しました。調査資料、先輩の助言・提言、実際に目で確認した切羽の状況などで、各種のタイプの施工においても、切羽状況を想定しながら進めることの大切さを学んだ貴重な経験でありました。

全員の意思統一で無事完成

■工事の概要

2000(平成12)年11月、京都市左京区松ヶ崎の非常に閑静な地域に、住宅浸水対策用工事が発注され、私が担当することになりました。工事内容は、路線延長595m、セグメント外径φ4,500mmの泥土圧シールド工法で、発進はSMW土留め立坑からの両発進で、まず東に102mを掘進したのち、到達立

著者略歴

- 昭和39年4月 (株)藤田組(現(株)フジタ入社)
昭和49年12月 神戸市塚本汚水幹線布設工事(監理)
昭和54年7月 大阪府寝屋川枚方幹線下水工事(所長)
昭和57年7月 大阪府大阪府営水道及び工営水道工事(監理)
昭和60年5月 大阪府高槻・茨木雨水汚水幹線工事(所長)
昭和61年9月 京都市西ノ京排水区吉祥院管線(所長)
昭和63年9月 京都府木津川流域宇治管線管渠工事(所長)
平成2年6月 枚方市利根川雨水支線築造工事(所長)
平成4年4月 大阪市高速電気軌道第7号線地下工事(所長)
平成4年7月 大阪府今井戸東除川管線下水工事(所長)
平成5年6月 京都市平成5年度下水道管渠築造工事(所長)
平成6年11月 京都市東大路管線下水工事(所長)
平成10年4月 神戸市新兵庫高区汚水幹線布設工事(所長)
平成12年11月 京都市泉川排水区泉川分水路(雨水)工事(所長)
平成19年2月 (株)フジタ退職、大起工業(株)入社、現在に至る

坑にてシールドを引上げ、次は西に472mの泉川氾濫水路の到達立坑まで掘進したあとに解体。下流部は鋼矢板土留めのボックスカルバートで、高野川に放流するものでした。仕上がりは内径φ3,750mmの二次覆工を含み、地形は路線の多くを疎水が占め、両河川の高低差が少ないため、サイホン形式のシールド工法で設計されていました。工期は2000(平成12)年11月〜2002(平成14)年3月までの17か月での予定でした。

■工事反対の現地へ

最初に発注者から言われたことは、地元との交渉が前進するまで現地への乗込みはできないとのこと、電車で40分程度離れた場所に仮事務所を設け、地元との協議方法についての打合せを始めました。シールド発進基地の予定場所は浄水場の玄関前で、反対側には家屋が密集しており、路線の中で地盤が一番高い所で豪雨時被害が

発生している場所からも離れていて、豪雨被害の可能性は少ないと思われる場所でした。また、立坑予定地から到達付近まで、疎水が流れ、両側に並行して桜並木が続く、隠れた桜の名所となっていました。

そのように非常に閑静な場所での工事で、事前の調整は行われていたものの、施工場所や桜への影響の問題で工事反対者が大半を占め、地元調整がある程度、前進するまで業者の立入りはできない状態でした。

■地元住民への説明開始

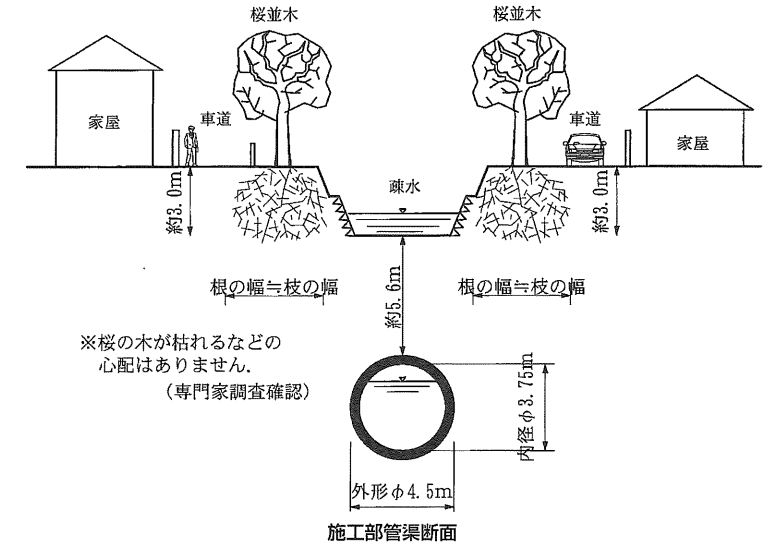
2001(平成13)年3月になり、地元の7町内会長らとの話が進み、最初の全体地元説明会を開催することになりました。説明会には50名程度の参加者がありましたが、工事説明が始まる前から工事の中止やルート変更を求める罵声とヤジが飛び交い、最後まで工事説明ができないまま、時間が経過し、

説明会は終了してしまいました。次回からは町内を分けながら2002(平成14)年9月まで順次説明会を行いました。そんな中でも、工事を完成させるという発注者の当初からの方針は変わらず、粘り強く協議を進める方針で、2001(平成13)年11月に下流側到達立坑予定地に建っている

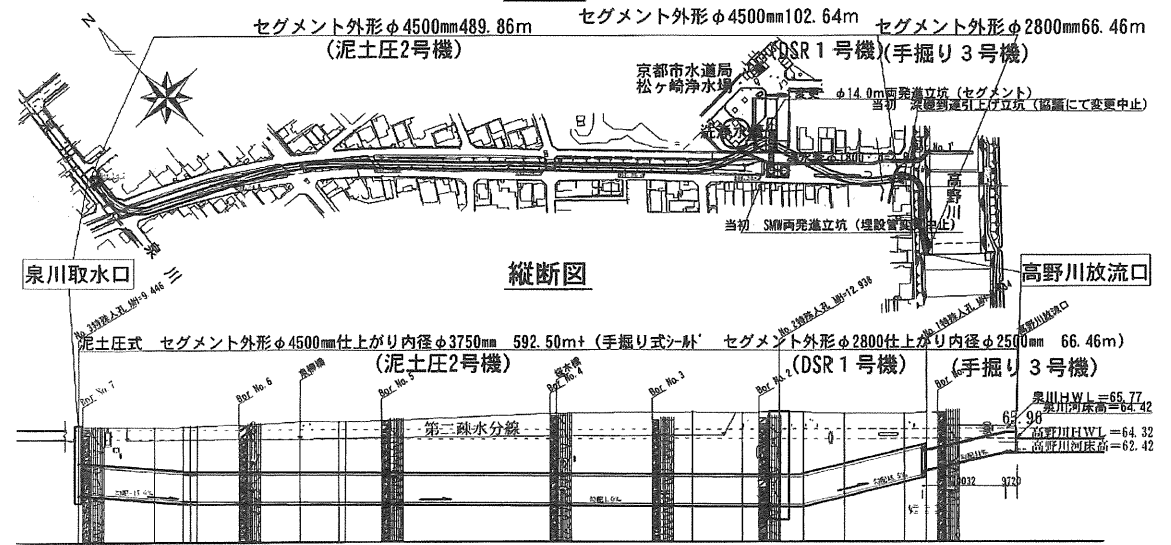
る水道施設建物の撤去に着手する決定がなされ、建物解体工事の旨を広く地元住民に広報し、実行に移すことになりました。

■現地乗込みと本格協議の開始

建物解体当日は、十数名の反対住民の座り込みや一部の報道機関などが集まっていましたが、安全に十分配慮しながら約1週間程度をかけて解体を行い、工事を進め



平面図



工事完成後の全体平面・縦断面図(サイホン式放流)

するという発注者の強い意向を住民に示すものになりました。その後、反対住民の家屋に隣接した解体建物の跡地に仮設ハウスを設置し、その場所を地元代表者との協議の場所とすることにしました。

2002(平成14)年3月から地元総代表、各町内会代表7名、地域代表顧問3名の計11名が選出され、発注者および業者との本格協議が開始されました。当初は、説明会と同様にルート変更を求める意見が多数を占めていましたが、毎月行われた協議の中で、ようやく、サイホン方式の施工法がわからないとの話があり、その説明用にサイホン全体の模型を作成し、実際に水の流れを理解してもらうことで、初めて工事の説明に進むことができました。

その後、発進立坑部の試掘の協議がまとまり、7月に付近の試験掘りを実施しました。協議としては前向きに思いましたが、まだ下流側の到達立坑、河川放流までのボックスカルバート布設工事に関

しては、近隣の住民にまったく受入れてもらえず、全線の調整はつかないままの見切り発車でのスタートとなったのでした。

■シールドを(DSR工法に)変更

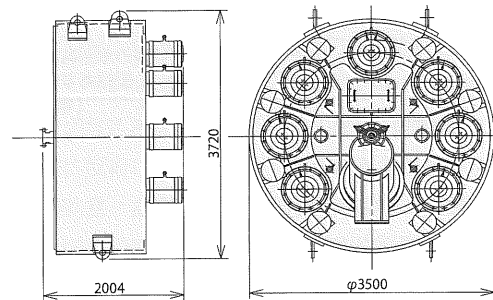
シールドの製作決定のタイムリミットが迫ってきました。万一、下流側到達立坑の話がつかない場合でも対処可能な工法を選定する必要があり、発注者と協議を行いました。到達立坑から河川までの区間は土かぶりも小さく、ボックスカルバートでの施工となっていました。ほかへの変更場所も見当たらない状況でもあり、発注者も、到達立坑の施工を取り止めることになって、その場所に行く

ことに意義があり、その後の新たな変更で工事を完成させるとの決意で、シールド鋼殻を到達地中に残置して駆動部を発進立坑に引き出すことのできるDSR工法の採用を決定しました。

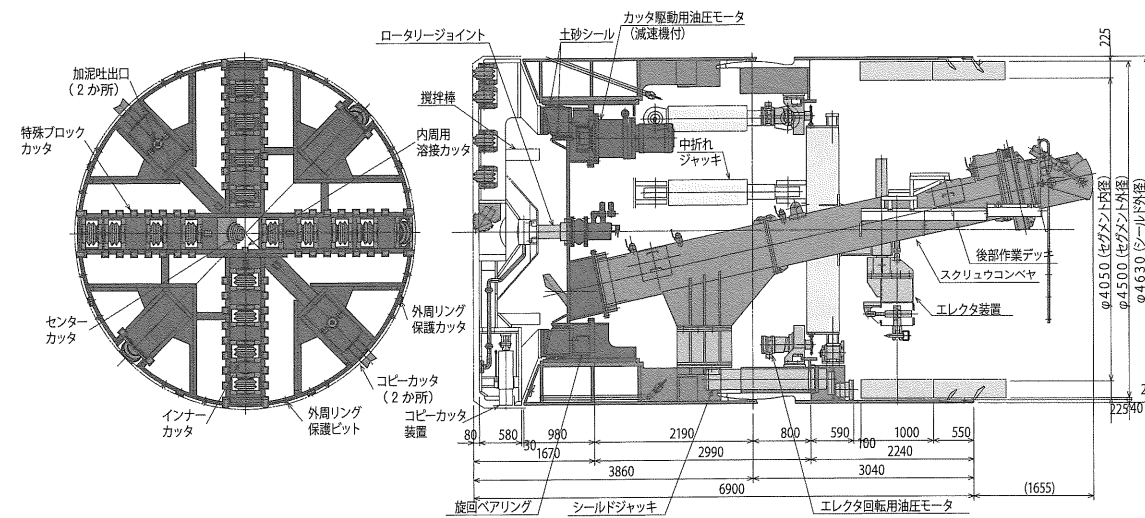
DSR工法とは、シールドが内筒と外筒の二重構造になっているため、掘進到達後に外筒を残置したまま駆動部を一体で発進立坑まで引出し、新たなシールド外筒に駆動部を組立て、再発進させることが可能な工法です。

■DSR工法を行ううえでの問題点

掘進に使用するシールドは本体重量が約160tあり、内筒機材も一度で引出しできる重量ではなく、



DSRシールド前胴内筒図



DSRシールド図

一部を分割して搬出することになりましたが、油圧駆動モーター、ベアリング駆動部は分割不可能なため、一体で搬出することにしました。しかし、円筒型φ3,500mmの不安定な形状の駆動部は総重量が34tもあり、延長は100m不足でも、下り5.0%の勾配が大きな障害となり、いかに安全、確実に運搬できるかが問題でありました。

■問題点の解決策

既設セグメントの中での内筒移動は、クリアランスが少なく使用できる空間が限定されていて、検討の結果、特殊移動台車と鋼製枕木を製作して抗口まで運搬する方法を採用しました。いかに安全に

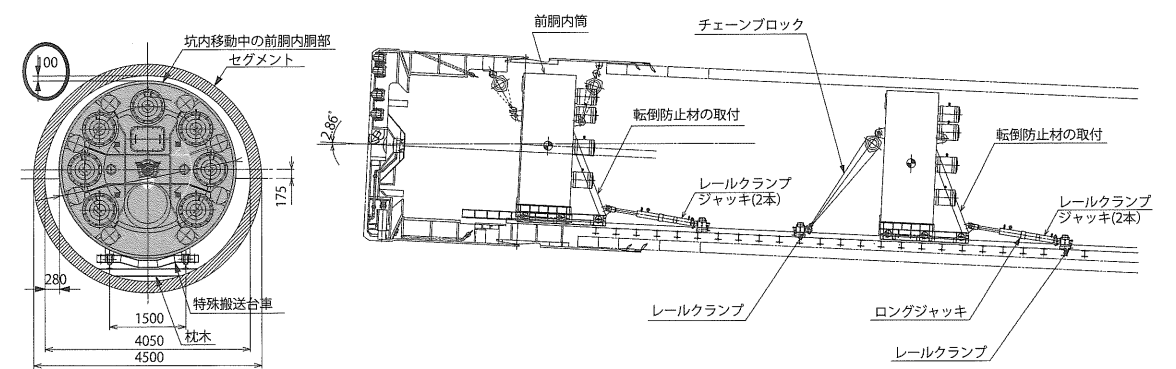
目的場所まで運搬するかが重要であり、運搬途中での台車暴走などのトラブルの防止や、移動に用いるワイヤー、ラックアンドピニオンの安全性の確認が必要でした。

検討の結果、この設備で十分な強度確保ができることがわかり、移動方法は油圧ジャッキを併用したレールクランプ装置を採用しました。この装置は一般的に橋梁工事などで使用されているもので実績もありました。特殊枕木はRC、スチールセグメント用を各15m分作成し、37kgレールをくり返し使用しながら、レールをクランプ装置で挟み固定させたのち、ロングストロークジャッキを縮めな

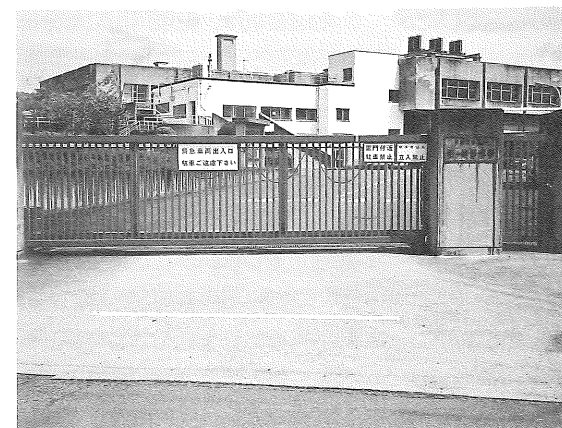
ら台車の移動をくり返す方法で、立坑までの運搬を計画しました。

■発進立坑位置が浄水場内に変更

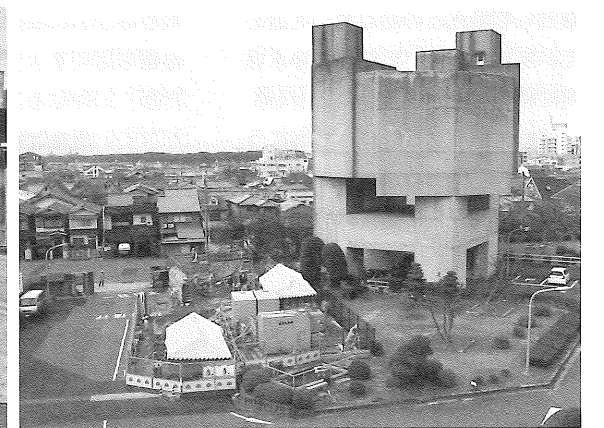
当初予定の場所で試掘を行った結果、浄水場玄関付近には複数の埋設管があり、その中の浄水場内に引き込まれている導水管φ1,800mmがSMW予定位置の北側に近接していることが確認されました。これを避けるには立坑位置を南側(民家側)へ2m程度移動する必要があり、その場合、重機が民家の軒先に当たるほど近接するため、この場所での施工は不可能だと判断しました。そこで路上での立坑施工を中止し、施工可能な場所を浄水場内に求めて浄水場



DSR工法 抗内移動断面・移動状況図



浄水場正面玄関(着工前)



発進立坑施工状況

と協議を行いました。

場内は特別重要な公共施設であり、長期工事を行うことから、施設管理、安全、交通すべてにおいて、想定以上の対策をとる必要がありました。度重なる協議の結果、施工場所を玄関に入ってすぐの位置に決定し、立坑施工時は大型機械での作業は禁止、できるだけ簡素な作業で安全を確認しながら、しかも浄水場への迷惑を最小限に抑えることのできる、φ14.0mのセグメント深礎立坑を採用することに決定しました。

しかし、φ14.0mの立坑施工についても課題がありました。近接位置にベタ基礎で施工した重量6,000tを超える洗浄水槽があり、毎日稼働している状況のため、細心の注意を払う必要がありました。影響防止対策として立坑と洗浄水槽間にダブルパッカーによる注入を行い、構造物は傾斜計2台、沈下計1台を設置して掘進終了まで変位を自動計測することで、浄水場の了解を得ることができました。

■工事の開始の決断

当局との施工協議を続けながら、継続して地元との話し合いを進めていきましたが、立坑位置が浄水場内に移動すると決定したあとも、一部の工事反対の意見はいつこうに止む気配はありませんでした。そうした地元との施工協議や変更協議の中、話し合いの長期化を予想して、発注者の最終判断でシールド工事に着手することが決定されました。それまで若干の準備工事は進めていたが、浄水場内にφ14.0mの深礎立坑を着手す

る2003(平成15)年1月まで、実に26か月を要し、まだ解決していない放流先の施工方法を含めたままでの、大幅遅れでのスタートとなりました。

■発進立坑の施工と協定書

前述のとおり、立坑位置は浄水場玄関に位置し、常に注意を払いながらの施工であり、とくに地盤改良工においては、埋設管の確認と改良による施設への影響に注意を払わなければならなりません。幸いに立坑施工は順調に進みましたが、地元との協議は続いていて、立坑施工終盤の2003(平成15)年8月になり、長く掛かった地元との工事協定書を結ぶことができました。

しかし実際には、この協定書は地元代表者と交わしたもので、強固に反対している住民にとっては、あまり意味のないものとも言えるものでありました。反対者に対しては、対応策を考慮しながら協力を求める手紙や訪問を再三繰り返しましたが、逆に市長宛に工事中止などの手紙を送られたことも何度もあり、発注者とともに知恵を絞りながらの根競べの状況でした。最善を尽くすよう努力を続けましたが、いかなる方法も通じるものがなく、最後は個々のつながりでの会話で工事を進めるしか方法が見つかりませんでした。

■シールドの搬入から一次覆工の開始(1号・2号機)

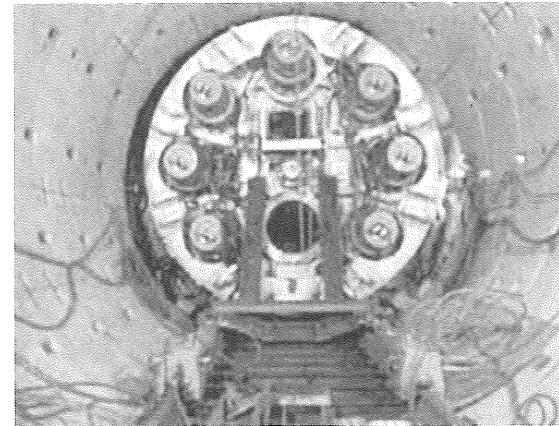
ある時期を境に、非常に強固に反対をしていた住民と、工事は認めないと言われながらも、一般的な会話を交わすことができるよう

になってきました。その中で、日ごとのわれわれの行動をあれこれ批判し、実によく観察されていることに驚き、改めて注意を払うようにもなりました。社員との間に会話をする姿も見えるようになり、一歩前進かなと思う時期もありました。

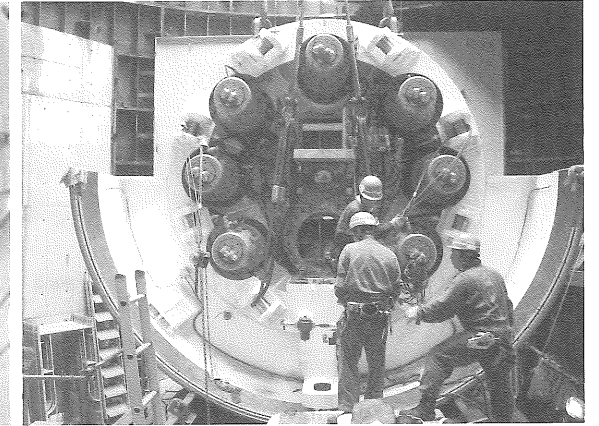
一次覆工に向けての防音ハウス仮設、シールド設備はとくに問題もなく、シールド投入設置後に到達立坑を打診するも絶対反対。結果的に東に向かっての掘進を順調に行ったのち、1号機の外筒を到達地中に残置し、内筒を引抜く(DSR工法)施工を行い、立坑下で西行き2号機の組立てを進めました。

西行き472mのほとんどは疎水で、土かぶりも小さく、両サイドは掘進の影響範囲に入る民家を抱え、さらに土手に地元住民が影響枯れを心配している桜並木の古木が続く路線の掘進でした。順調に進めましたが、一部で夜間にシールドの騒音があるとのことで、施工時間帯を変更することもありました。

到達立坑は、氾濫河川に半分掛かる矩形ライナー立坑で、河川を絞っての施工となり、シールド坑内流入や陥没事故を防ぐため、湯水期中での完了を急ぎましたが、結果は到達先行の作業となり苦労が増えてしまいました。立坑施工中に3回の集中豪雨があり、工事には影響ありませんでしたが、下流域氾濫で家屋の一部が浸水する被害が発生し、工事の完了が急がれました。



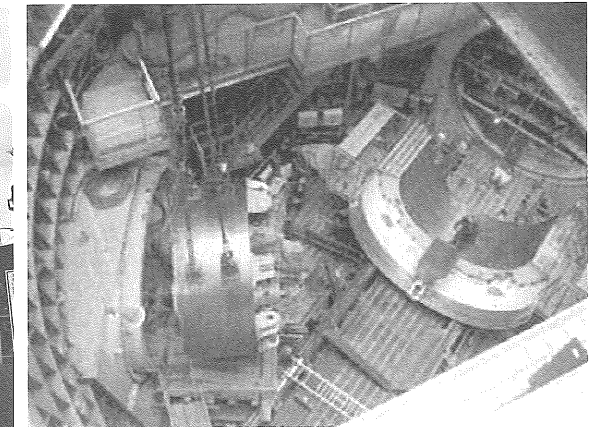
1号機解体・内筒移動



発進立坑内筒引出し



2号機外筒搬入



2号機組立て

(参考) 後日施工実績(1号機解体(25日)、枕木設置撤去(5日)、坑内移動(8日)、2号機組立て(33日)、全体施工期間(71日))

■最下流部の手掘り式シールド決定(3号機)

西行き掘進中から、未解決部分の最下流の放流までの施工方法の検討を行いました。条件としては、到達部に1号機の外筒は残置していますが、その位置に立坑を施工したり河川敷での土留め壁を施工することは、今なお解決の見えない近隣の強固な反対で困難であり、河川放流口からの反対側に向けての施工も河川の中での工事となり施工できません。そこで、到達して残置されたままの機内から、推

進またはシールドを掘進させて管路を布設することにしました。推進工法とシールド工法との比較検討を行ったところ、推進工法では最初の急曲線施工が無理と判断され、手掘り式シールドが採用されました。

実際の施工になると、河川敷での工事でしたので、地上から地盤改良の施工法と材料の問題はありましたが、掘進を進めながら並行して行う改良方法を採用して施工を進めました。到達付近の土かぶりは70cm程度であり、一部で天

井が見える状況になったこともありましたが、無事に貫通を迎え、河川からの逆流防止の閉塞蓋を完了して安堵することができました。

■長期にわたった工事の完成経緯と反省

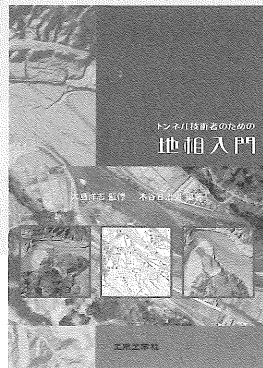
この工事は、17か月間としていた当初の工期が、終わってみれば実に70か月に及ぶという非常に長期にわたったの施工となりました。地元の反対が非常に強かったことが最大の原因ではありませんでしたが、一部の人が待ち望んでいた工事を無事に完成した経緯は、

土木情報 No. 518

今月の主な入札結果
(6月10日～7月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
中部地整	H28天城北道路湯ヶ島第三T	熊谷組	963.7
近畿地整	下東地区一ノ木樋門築造他	大日本土木	420
鉄道・運輸機構	北陸新幹線、加賀T(南)外3箇所他	清水・加賀田・大鉄・高野JV	5,337
東日本高速道路	首都圏中央連絡自動車道桶川北本～白岡菖蒲間はく落対策	リバーランズエンジニアリング	332.98
中日本高速道路	東京外かく環状道路東名JCT Aランプ	前田・奥村JV	8,350
埼玉県	27杉戸-39号下水道施設整備	島田建設工業	240
都・建設局	室沢T長寿命化	佐久間建設	160
都・交通局	新宿線一之江駅エレベーター設置及び耐震補強土木・建築その他	京成建設	1,005.7
都・下水道局	東大島幹線	熊谷組	2,713.7
〃	杉並区上荻四丁目付近善福寺川流域貯留管	フジタ	1,893.08
札幌市	豊平川処理区I-05000及びI-05008(中の島2条8丁目ほか)下水道新設	杉原建設	254.3
下野市	仁良川地区雨水管渠整備(補27-3工区)	斉藤・吉栄JV	193.4
柏市	配水管布設(28-110-3)	丸昭開発工事	385

地形にも相がある 地形の性質を知ろう！



トンネル技術者のための地相入門

大島洋志 監修 木谷日出男 編著
B5判 203頁 定価3,200円+税 送料別

《主要目次》

- 序編 まえがき 地相は人相 山の性状
- 第I編 地形から読み取れる情報
地形から地相を読む方法/地形から得る具体的な情報
- 第II編 地形種とトンネルの施工事例
段丘・台地/崖錐・沖積錐・扇状地/傾斜層/地すべり/
マスマーブメント・滑落崖/断層(断層変位地形)/
断層(断層削剥地形)/火山地形/カルスト地形・残丘/地形改変
- 第III編 路線選定 地相をよく観て路線選定を行う
あとがきにかえて 座談会

図・表・写真
288点収録

株式会社 土木工学社

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

施工

地中支障物対策を駆使したシールド施工

—東京下水道 王子西一号幹線—

東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第二課長 岡本 順
東京都下水道局計画調整部長 神山 守
(株)フジタ東京支店王子幹線作業所現場代理人 坂本 久之

1 はじめに

東京都下水道局は、おおむね30年後の浸水被害解消を目標に、1時間に50ミリの降雨に対応する施設整備を進めている。これに加え、浸水被害の影響が大きい大規模地下街や甚大な浸水被害が発生した市街地などでは1時間に75ミリ降雨の対策を推進している。さらに、計画規模を超える降

雨に対しては、ハード・ソフト両面からの対策を検討・実施し、都民の安全を確保することとしている。

北区東十条、王子地区は、図-1に示すように既に王子西幹線などの下水道幹線と王子ポンプ所が整備されているものの、都市化の進展に伴う雨水流出量の増加によって、雨水排除能力が不足し、度重なる浸水被害が発生している。このため、王



図-1 王子西一号幹線概要図

子西一号幹線，王子第二ポンプ所などを新設し，雨水排除能力を増強して浸水被害の軽減を図っていくこととした。併せて，合流式下水道の改善対策として，降雨初期のとくに汚れた雨水を貯留する施設をポンプ所内に整備するとともに，水の流れが滞りやすい石神井川から，水の流れのある隅田川へ放流先を変更することによって，石神井川をはじめとする水域の環境改善を図っていく計画である。

今回報告する王子西一号幹線は，王子西幹線流域と堀船幹線流域の雨水の一部を収容し，王子第二ポンプ所を経由して隅田川に排水する雨水幹線である。

当幹線施工にあたっては，シールド路線内の複数箇所地中支障物が確認された。これら地中支障物に対し，地中および地上からの支障物除去を実施するなどの困難を克服して工事を無事に施工することができた。本稿は，その内容を報告するものである。

2 王子西一号幹線工事の概要

2-1 工事概要

工 事 件 名：王子西一号幹線工事
 仕上がり内径：2,600mm(二次覆工一体型)
 施 工 延 長：2,380m(管渠延長)
 工 法：泥土圧シールド工法
 土 か ぶり：10.3～15.9m
 最大地下水圧：133kPa

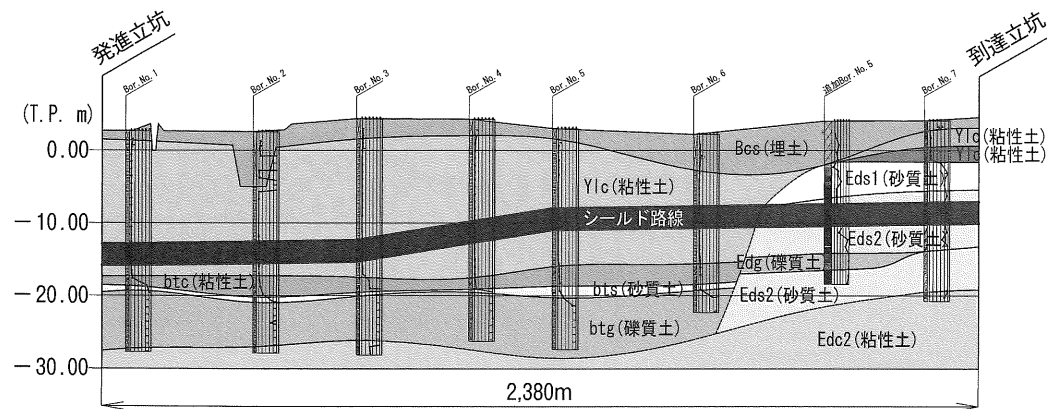


図-2 王子西一号幹線想定地質断面図

2-2 地質概要

本工事地域は，JR京浜東北線「東十条駅」の東方向約400mから東南東方向約1,900mの区間に位置し，これより西側には武蔵野台地の本郷台が分布する。

当幹線施工路線の想定地質断面図を図-2に示す。当区間は下町低地の海岸平野・氾濫平野・自然堤防が分布する標高2～5mの沖積低地にあたる。本工事区域周辺の地質は，表層から盛土・埋土，第四期完新世に相当する有楽町層(Ylg)，更新世に相当する砂礫層主体の埋没段丘層(btc, bts, btg)，上総層群中の江戸川層(Eds1, Edc1, Eds2, Edc2)の層序構成と推察される。シールド通過地層は，発進部から約1,800mはN=1～4のきわめて軟弱なシルトを主体とした有楽町層粘性土層(Ylg)であり，北区王子4丁目付近でN=30～40程度の江戸川層の砂質土層(Eds2)に大きく変化して約580m掘進後到達立坑に至る。

3 地中支障物への対応

3-1 河床下の鋼材

3-1-1 支障物の状況

図-1に示したように，当シールド(シールド外径3,090mm)の掘進路線には，石神井川の横断箇所があった。当該箇所の川幅は約26mであり，横断部の計画路線上部には堀船幹線(外径4,600mm)が既に石神井川を横断している。この堀船幹線の工事記録が残っていないものの，現場踏査などを通

じて石神井川を鋼矢板により締め切って施工したとの情報があり，鋼矢板引抜きの影響を回避するために一部鋼矢板が存置していると想定した(図-3)。このように支障物が河床の下で，かつ既設幹線直下に想定されるため，シールド掘進中に支障物に遭遇した場合は，地上から除去を行うことが不可能である。このため，設計段階から，シールドよりセメント系の地盤改良が可能で，地中支

障物を非接触で除去できるDO-Jet工法を採用した。

3-1-2 護岸，既設堀船幹線への影響評価

シールドが横断する石神井川の護岸基礎構造は，当時の図面から，左岸側は支持杭，右岸側は摩擦杭(松杭末口18cm)であることを確認していた。また，王子西一号幹線と直上の既設堀船幹線の離隔は，1.56mと近接していた。さらに，掘進地盤

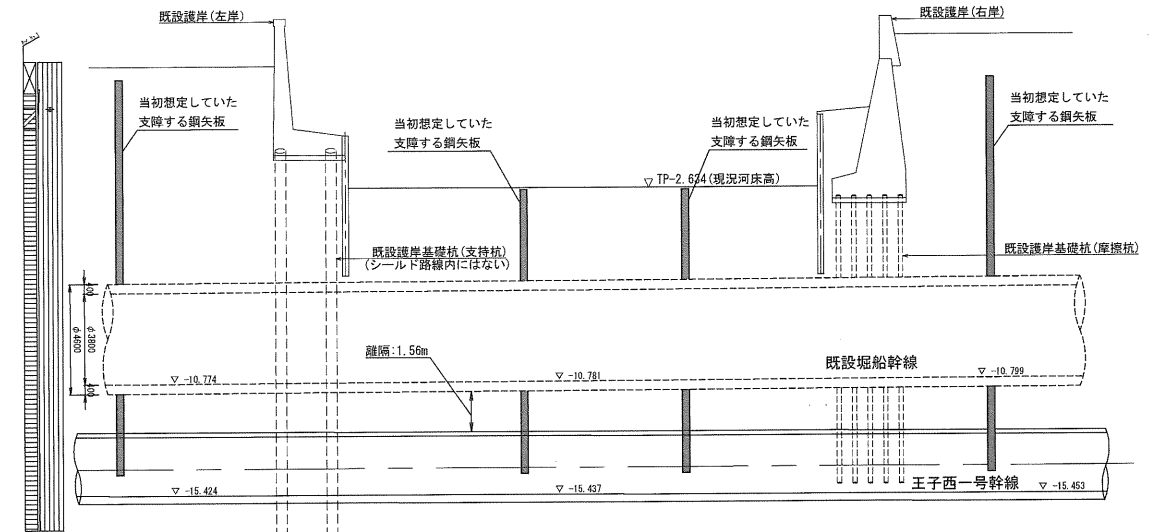


図-3 当初想定していた支障する鋼矢板

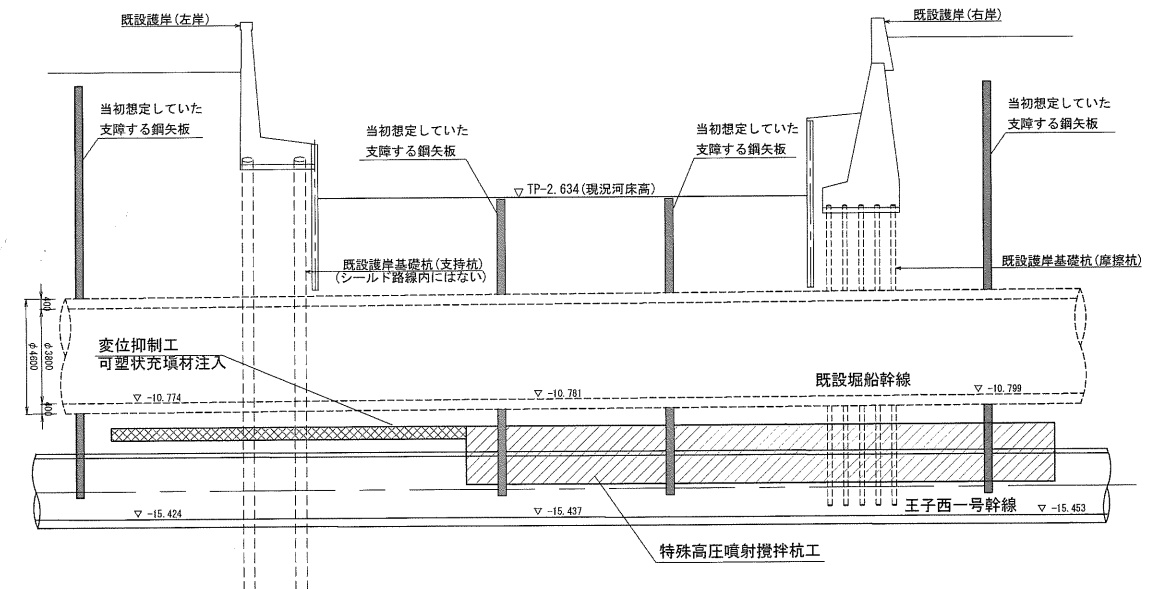


図-4 護岸および既設幹線への影響を抑制する地盤改良範囲

は軟弱な有楽町層粘性土(N=1~4)であるため、シールド掘進に伴うこれら既設構造物への影響が懸念された。このため3次元FEM解析によって影響評価を行い、想定される護岸の変位量が許容変位量(5mm)以下となるよう、地盤改良範囲と改良工法を決定した。なお、許容変位量は他工事の事例⁹⁾を参考に、河川管理者との協議によって設定した。

その結果、護岸基礎が摩擦杭である右岸区域はDO-Jet工法による超高圧地盤改良工とした。一方、護岸基礎が支持杭である左岸区域は地盤改良が必要ないため、河床変位抑制を目的としてシールド天端より可塑状粘土充填材(高濃度泥水+塑強調整材)を注入することとした(図-4)。

3-1-3 DO-Jet工法による支障物切断・除去

(1) DO-Jet工法の概要

当工事ではシールド掘進に伴う鋼矢板などの地中支障物除去の方法としてDO-Jet工法を採用した(写真-1)。DO-Jet工法は次の三つのシステムで構成されており、それぞれを単体で使用したり、複合して使用することにより安全、確実な支障物の切断除去や超高圧地盤改良が可能である。

1) 前方探査システム

シールド前面に装備した噴射ノズルから超高圧ジェット(噴射圧力100MPa)を支障物に向かって噴射し、その反射音を音響センサで捕捉したデータを平均振幅値などの7項目により解析して支障物の位置、材質、形状、範囲などを判定する。

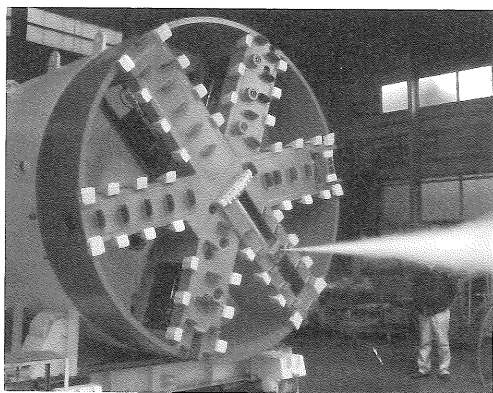


写真-1 今回のシールドとDO-Jet工法(切削材噴射)

2) 超高圧地盤改良システム

噴射ノズルから地盤改良材(セメントミルクと珪酸ナトリウム溶液の混合材)を噴射圧力245MPaで噴射し、ジェットグラウト工法と同程度の強度のある改良体を造成する。

3) 切断・除去システム

噴射ノズルから切断材(研磨材、ポリマー溶液と溶液型注入材の混合材)を噴射圧力245MPaで噴射して、支障物に非接触の状態での切断する。

また、カッタスポークに装備しているノズル移動システムをスライド(シールド中心⇄外周)することと面盤の回転により支障物を任意の大きさに切断することが可能である。

切断できる支障物は、鋼材(鋼矢板、H形鋼)、コンクリート、木杭などである。

(2) 本工事における鋼矢板およびH形鋼の切断・除去

3-1-2項で示した影響評価により、右岸区域に地盤改良が必要となることから、本工事では図-4に示した範囲でDO-Jet工法による超高圧地盤改良を行いながら掘進した。

掘進中に、当初想定していた箇所では支障物に遭遇せずに、想定していなかった箇所(図-5「鋼材A」)においてシールド面盤が接触し、カッタトルクが上昇したため、前方探査を行った。

1) 前方探査

本シールドは前胴部分が最大100mm後退できる構造であるため、シールド前胴部をカッタヘッド

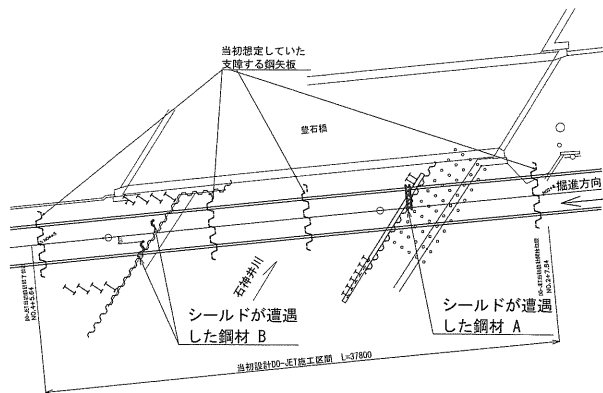


図-5 支障となり撤去した鋼材位置

の回転が可能な位置まで後退させてから前方探査を行った。図-6に前方探査解析結果を示す。解析結果より355°と120°の反応変化点間にはH形鋼があると判定した。また、355°から270°方向の波

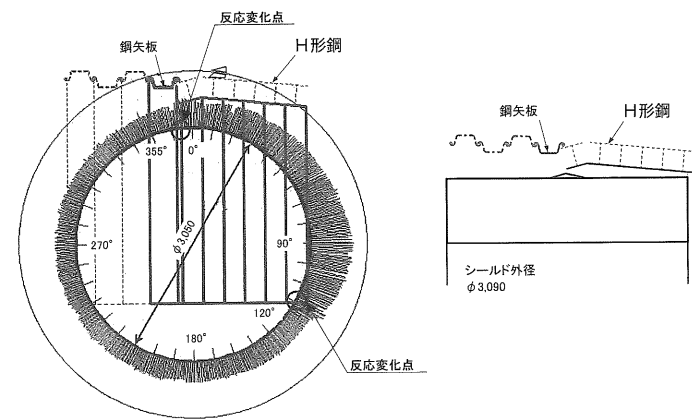


図-6 前方探査の結果

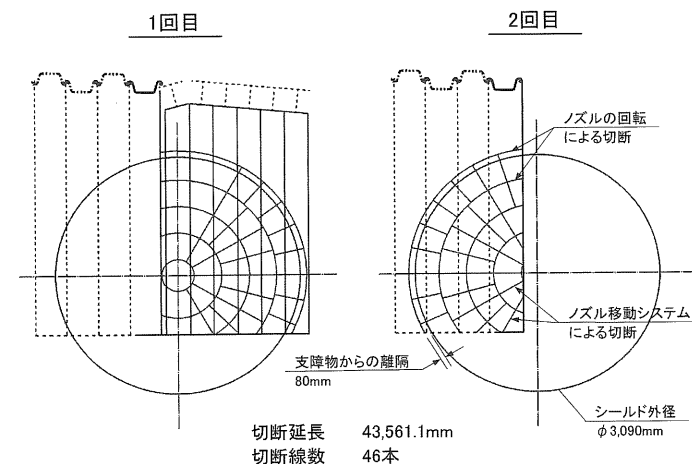


図-7 鋼材切断位置

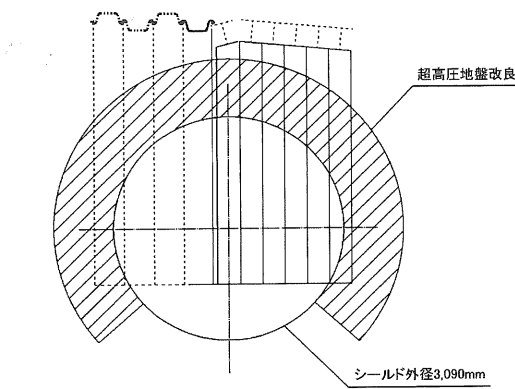


図-8 地山防護を目的とした地盤改良

形がやや大きな値を示していることから、シールド内より探針棒による探査を行った。その結果、H形鋼の奥方向に鋼矢板が存在することを確認した。

これらの結果をもとに、切断片をスクリーコンベヤから搬出可能な大きさ(300×300mm)となる切断計画図(図-7)を作成した。なお、切断位置は、施工後の下水道管本体と支障物とが接して地震時や地盤沈下などによる影響が生じないように80mmの離隔を確保するように計画した。

2) 超高圧地盤改良

支障物切断時の地山防護の目的から、補足の超高圧地盤改良(図-8)を行った。

3) 切断・除去

切断計画図にもとづき、ノズル移動システムとシールド面盤の回転により切断ノズルを所定の位置に移動しながら支障物を切断した(図-7)。

石神井川河床下部では、このほかに2か所でH形鋼が確認され(図-5「鋼材B」)、上記と同様の方法で前方探査、超高圧地盤改良、切断・除去を行いながら掘進した。なお、当初想定していた箇所には残置鋼矢板は確認されなかった。

本工法は、支障物切断前の超高圧地盤改良により周辺地盤を安定させ、支

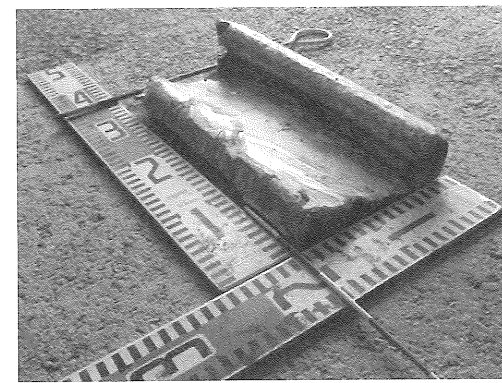


写真-2 DO-Jet工法による切断片

障物に非接触の状態ではシールド外径より離隔をとり大きく切断できることが特徴である。以上のような手当をすることで、堀船幹線と王子西一号幹線との間(離隔1.56m)に残った鋼矢板、H形鋼を引きずり込むこともなく切断・除去できた。また、シールド通過に伴う護岸、堀船幹線への影響は許容値以内であった。

写真-2は、切断・除去し回収した鋼矢板の切断片である。

3-2 道路下の残置鋼矢板

3-2-1 支障物の状況

発進立坑から223m掘進した北区堀船一丁目地内の路下で、シールドが支障物に接触し掘進不能となった。当箇所は堀船幹線人孔に近接していたことから、人孔築造時の仮設山留め材の可能性が考えられた。このため、まず路上から行う表面波探査によって残置物の有無を調査した。探査の結果残置鋼矢板についての明確な反応はなかった。しかし、表面波探査は面的に広がる構造物などを調査するのに有効な調査方法である一方、鋼矢板などの断面が薄いものに反応が出にくい性質がある。このためGL-2mまで試掘を行ったところ鋼矢板が残置されていることが目視確認できた。これを受け、ボアホールレーダ探査によって矢板長の把握を行った。ボアホールレーダ探査とは、送信アンテナと受信アンテナとが並んで設置されたロッドをボーリング孔に挿入し、孔外に向けて発射した電磁波が土とは電気的性質の異なる物質にあたって反射した波を受信し、その往復時間から反射物質までの距離をもとめるものである。ロッドをボーリング孔内で移動させることにより矢板の深度方向の位置を二次元断面図で表すことができる(図-9)。

探査の結果、明らかになった残置鋼矢板の状況の平面図を図-10に示す。なお、これらの鋼矢板は腹起し材で連結されている可能性が高いことも探査結果から明らかになった。

3-2-2 深礎工法を用いた直接除去

(1) DO-Jet工法との比較

支障となる鋼矢板の状況が把握されたため、こ

れを撤去する方法について、DO-Jet工法を用いてシールド内から切断・除去する方法と深礎工法によって地上から直接撤去する方法との比較を行った。

検討の結果、支障物出現箇所が緑地公園に隣接し迂回路を常設でき、地上からの対応が可能なことから深礎工法による撤去を行うこととした。

一般に、現場条件から地上からの掘削が可能な場合は深礎工法などによる支障物撤去を行う。一方、埋設物の状況や河床下、道路占用上の制約などにより地上からの掘削が困難な場合にはDO-Jet工法などのシールド内からの除去工法が用いられている。

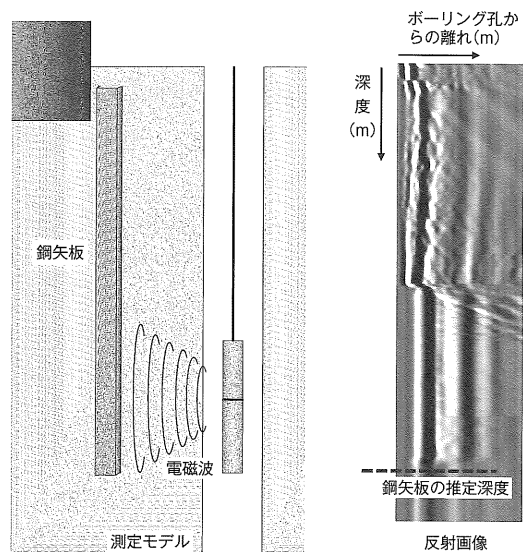


図-9 ボアホールレーダ探査概念

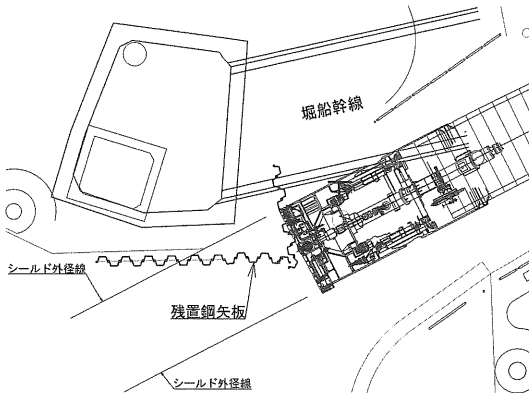


図-10 残置鋼矢板位置

(2) 鋼矢板の除去

撤去時の地盤改良およびライナープレートの設置位置を図-11に示す。

地上からの地盤改良に先立ち、改良材がシールドチャンバやシールド周辺に回り込むことを防止する目的で、地上およびセグメントグラウトホールから止水用薬液注入を行った。

鋼矢板は、腹起し材で連結されている可能性が高い。また、引抜きを行った場合、地盤が緩み地表面や埋設物に影響を及ぼす可能性がある。このため、掘削およびライナープレート設置と並行して残置鋼矢板を切断し、除去を行った。

撤去時の状況を写真-3に示す。

3-3 道路下に点在する残置鋼矢板

3-3-1 支障物の状況

発進立坑から1,200~1,400mの区間は既設堀船幹線と並行したルートとなっていた。また一部で

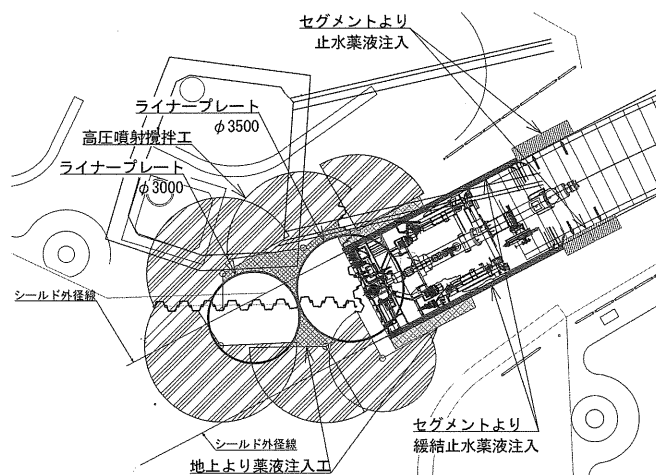


図-11 地盤改良位置とライナープレート

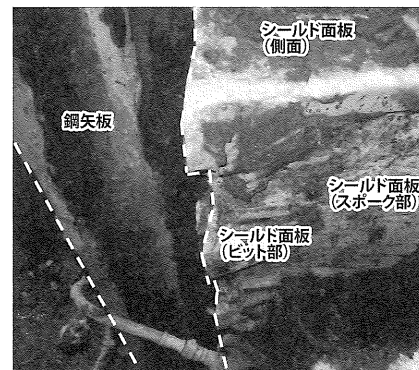


写真-3 ライナープレート内の状況

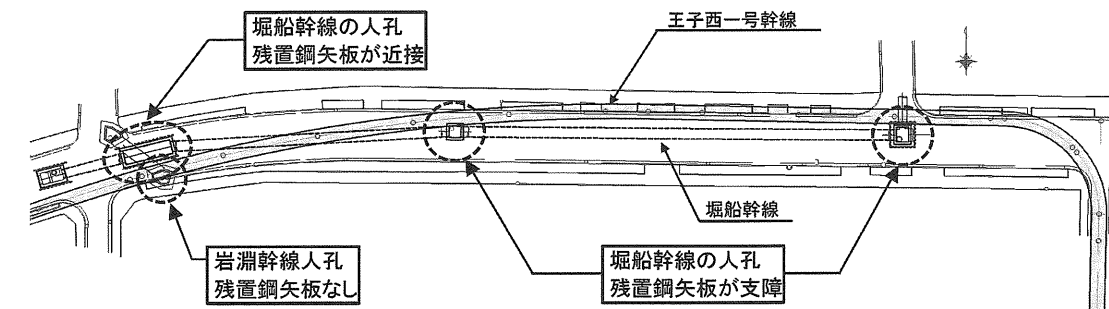


図-12 点在する支障物の位置

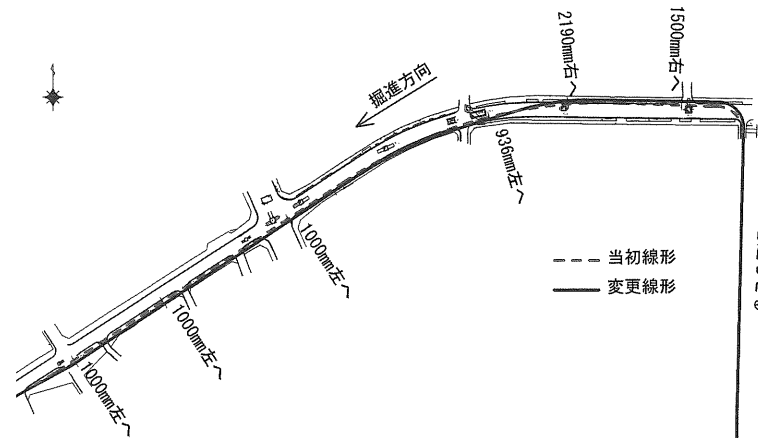


図-13 当初線形と変更後の線形

割するなど検討を行った。その結果、管渠延長は若干増加したが、セグメント形状には変更は生じなかった(図-13)。

4 面盤閉塞対策

4-1 面盤閉塞に至る経緯

発進立坑から約1,800m付近において、急激な土質変化に伴う面盤閉塞が発生した。

当区域では、図-2に示したとおりシールド掘進地質が軟弱な有楽町層粘性土層(Ylc)から硬質な江戸川層の砂層(Eds2)に変化する地域と想定していた。

掘進に伴いカットトルクが上昇し、排泥に礫が混じるようになり、地山が礫混じり固結シルト、礫混じり砂質土と目まぐるしく変化した。これに伴い加泥材の粘性を変えて対応したがトルクの低下が見られなかったためチャンバ内を機内から探針棒で調査した。その結果、スポーク間に閉塞が発生していた。

面盤閉塞後にシールド前面でボーリング調査を行った結果、 $\phi 20 \sim 30$ mm程度の円礫が少量混入する礫混じりの固結シルトが局所的に介在していた。このような土質変化に伴いスポーク部の土砂の付着が顕著になるとともに、チャンバ内土砂が圧密されて固着したことで面盤閉塞が生じたものと結論づけた。また、当シールド(写真-1)は地中支障物撤去装置をスポーク内に装備している関係

上、同程度の径のシールドと比較してスポークが6本と多く箱形であり、面盤が厚い。また、支障物に接近して切断する必要があるためフィッシュテールが小さいという特徴を有しており、これらが、土質性状が急激に変化する地盤の掘進において、掘削土砂の流動性を高められなかった一因となったことが推察される。

なお、停止したシールドの前面2か所(面盤前、面盤から1.8m前)でボーリング調査を行った結果、停止位置前面の礫混じり固結シルトは、面盤から1.8m前では掘進路線よりも上部に堆積していた。このため、閉塞要因となった礫混じり固結シルトは局所的に掘進位置に出現したものであった。

4-2 シールド内からの対策

限られた工期内で面盤の閉塞を解消するために、シールド前面隔壁に設置済みのバルブを利用して、面盤を回転させながら各スポーク間の土砂に解こう剤(溶解タイプ、剥離タイプ)を注入した。しかし効果確認のため探針調査を行ったところ閉塞物は解消されなかった。このため同じバルブを使って機内からチャンバ内の削孔を行った後に、面盤を回転させながら各スポーク間に高圧水噴射(機器最大能力4.9MPa、面盤部の土圧を監視し実施)を行い閉塞物の解消を試みた。

その後、試運転を行ったがカットトルクの低下は見られず閉塞は解消できなかった。

4-3 地上からの対策

地上からの対策として、ボーリングを行い、高圧噴射ロッドを挿入し、面盤に向かって高圧水の噴射を行い閉塞土砂の除去を行うこととした。

面盤洗浄に先立ち、高圧噴射による地山崩壊防止を目的として、シールド面盤の上部に厚さ1.5mの薬液注入による地盤改良を路上から行った。改良後、地上から3本のボーリングを面盤前面0.5mの位置まで行い、高圧噴射用ロッドを挿入し、面

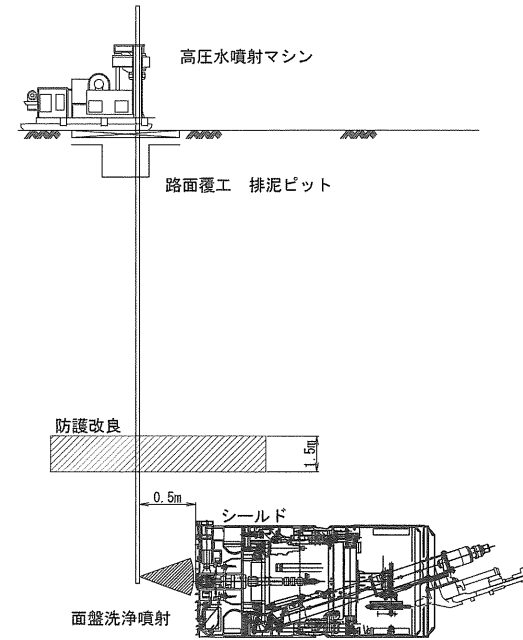


図-14 面盤洗浄概念

盤に向かって前後左右に揺動させながらベントナイト泥水を噴射(機器最大能力40MPa、面盤部の土圧を監視し実施)し、スポーク間の固結土砂の洗浄を行った。その結果、面盤閉塞は解消された(図-14)。

5 おわりに

王子西一号幹線は、度重なる地中支障物への対応、地層の急激な変化による面盤閉塞への対応を行うことで、2,380mの掘進の末、2016(平成28)年1月20日に立坑に到達することができた。

地中の支障物に関しては、河床下かつ既設下水道幹線直下という条件によって、地表面からのアプローチが困難であった支障物は、事前にシールドに装備したDO-Jet工法の機器を用いてシールド内から地中での切断・除去を行った。

一方、路下における地中支障物に対しては路上からの対応が可能であったため、深礎立坑を用いた対応を行った。さらに、連続した支障物に対しては、シールド掘進線形の見直しによって、撤去作業に伴うシールド停止による工期遅延や撤去費用を生じさせることなく対応した。

市街地におけるトンネル工事においては地中支障物との遭遇機会がきわめて高く、その対策が全体工程および工費に大きく影響を与えかねない。

このため、事前の既設構造物の情報分析や物理探査を駆使した精緻な支障物の状況把握を行い、工程、工費、除去の確実性を十分に検討したうえで対応方法を決定していくことが重要である。

また、地層の急激な変化に起因した面盤閉塞に対しては、日々の掘進管理における地山の状況把握と、加泥材によるきめ細やかな対応によって閉塞を未然に防止することが重要である。

本稿が今後のシールド工事における地中支障物対策の参考事例になれば幸いである。

参考文献

- 1) 日本トンネル技術協会：地中構造物の建設に伴う近接施工指針，p.109，1999.2.

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(〒210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

トンネルジャーナル

平成27年度「土木学会賞」を授与

土木学会は6月10日、ホテルメトロポリタンエドモンド(東京・飯田橋)で、平成28年度定時総会を開催し、平成27年度土木学会賞を授与した。

推薦または応募のあった237件のうち、受賞した個人や業績は94件で、おもな業績は以下のとおり。

■技術賞

御堂筋共同溝事業(上向きシールド工法とRSFセグメント等を採用した設計施工事業)、近畿地整大阪国道事務所ほか。(写真左上)

圏央道桶川北本地区函渠その1工事(ハーモニカ工法マルチタイプを採用したアンダーパスの築造)、関東地整大宮国道事務所ほか。(写真上中)

列車運行時間帯における地盤変状リスクを低減した新しい非開削線路下横断工法(圏央道・JR高崎線交差部二ツ家こ道橋新設工事 地盤切削JES工法)、関東地整大宮国道事務所ほか。(写真上右)

荷重増による鉄道シールドトンネルの変状に対する恒久的な対策工事(高島トンネル補強工事)、横浜高速鉄道ほか。(写真下左)

■論文奨励賞

幌延深地層研究所の250m調査坑道における掘削損傷領域の経時変化に関する検討、青柳和平(原子力機構)。

煙流動CFDを用いた避難行動シミュレーションによる道路トンネル火災安全性の評価方法、清家美帆(金沢大学)。

■技術開発賞

弾性波による下水道用鉄筋コンクリート管の劣化診断技術(衝撃弾性波検査法)の開発、鎌田敏郎(大阪大学)ほか。(写真下中)

先端駆動型水圧ハンマを用いたトンネル切羽前方探査技術の開発、磐田吾郎(大林組)ほか。(写真下右)



アンダーパス技術協会 第11回定時総会開催



アンダーパス技術協会は、7月1日にステーションコンファレンス東京で定時総会を開催した。冒頭、植村会長より毎年恒例の「元気で長生きの秘訣」が披露された。総会に先立ち、事務局より、同協会の会員構成が正会員45社、賛助会員9社、合計54社である旨の報告があった。その後、平成27年度事業報告・決算報告、平成28年度事業計画・予算を審議し、満場一致で承認された。最後に事務局よりSFT工法の事例紹介が行われ、閉会となった。

連載講座

トンネル新技術への挑戦(9)

—NEW TULIP 工法—

「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会

① はじめに

近年、都市部を中心に環状道路や放射道路あるいは鉄道施設などを地下に構築する計画が各所で進められている。これらの建設に際しては、地上の構造物あるいは地上交通、地下埋設物への影響

の少ないシールド工法を用いてトンネルを構築することが多くなっている。

このうち、道路の分岐・合流部あるいは地下鉄道駅の特設部などの施設は、これまで主として開削工法により構築されてきた。しかしながら、開削工法は地上交通に及ぼす影響が大きいことから、地下空間を開削によらず、効率よく建設できる工法が望まれてきた。

NEW TULIP工法は、このような状況を背景に開発された工法であり、シールドトンネルなどの限られたスペースから、非開削工法により地下空間の構築を可能としたものである。

② 開発の経緯

本工法のうち、鋼管径φ500mm未満の曲線ボーリング工法を「細径曲線ボーリング工法」と称す。本工法は円弧状の削孔と鋼管敷設を行うものであり、従来工法では達成できなかった曲線施工や被圧地下水下での施工を可能とするものである。従来工法と細径曲線ボーリング工法との比較を表-1

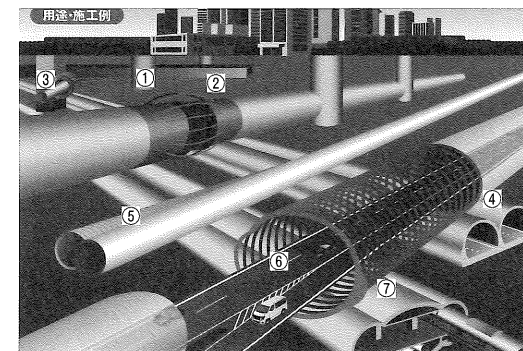


図-1 NEW TULIP工法の用途・施工例

①障害物の回避、②シールドトンネルの地中接合、③立坑の拡幅、④トンネルの構築、⑤、⑥シールドトンネルの分岐・合流・拡幅、⑦シールドトンネル間駅部拡幅

表-1 従来工法との比較

項 目	工 法		
	従来のボーリング工法		細径曲線ボーリング工法
	一重ケーシング方式	二重ケーシング方式	
工 法 概 要	鋼管を回転させながら地山を掘進する	鋼管内に挿入されたスクリー状の内管を回転し地山を掘進する	鋼管内に挿入された先端装置(先端部が回転)により地山を掘進する
被圧地下水下の施工	×	○	○
曲 線 施 工	×	×	○

に示す。

細径曲線ボーリング工法は、1991(平成3)年から開発を開始し、1993(平成5)年以降は(社)日本建設機械化協会(現(一社)日本建設機械施工協会)施工技術総合研究所の指導のもとに「TULIP工法」として開発を継続し、同年には実施工に適用した。

一方、鋼管径φ500mm以上の大規模な曲線パイプルーフ工法は「太径曲線パイプルーフ工法」と称している。本工法は、作用水圧が大きな大深度地下空間や大規模な切り開き(スパン)となる道路トンネルの地下分合流部などに適用するために新たに開発された。これにより、細径曲線ボーリング工法では対応が困難であった大規模な地中拡幅ニーズに対して、高剛性・高強度の曲線支保工を構築することが可能となった。

太径曲線パイプルーフ工法は、2002(平成14)年から開発を開始し、2005(平成17)年に細径曲線ボーリング工法と併せて「NEW TULIP工法」とし、以降、両工法の改良・展開を図っている。

③ 工法の概要

細径曲線ボーリング工法、太径曲線パイプルーフ工法は両工法とも砂質土、粘性土、砂礫土に適用でき、最大30m程度の単曲線の施工が可能である。

3-1 細径曲線ボーリング工法

基本的な諸元は以下のとおりである。

- ・鋼管外径：φ500mm未満
- ・最小曲率半径：3m
- ・施工角度範囲：360°以下

施工設備は先端装置(写真-1)、推進装置(写真-2)、排泥処理設備などにより構成される。

先端装置は所定の曲率を有しており、先導外管(曲線鋼管)に挿入されている。先端ビットは拡縮型で、拡縮量と余掘量は調整可能であり、回転は左右方向可能である。掘削時には、先端部より水などを噴射することができ、掘削土砂は先端装置と外管のクリアランスを通過し、後方設備のバキューマなどによって排出する。

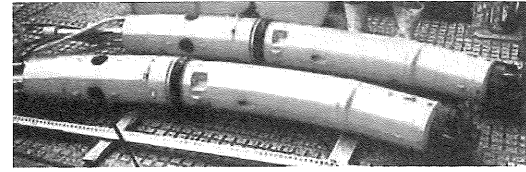


写真-1 先端装置

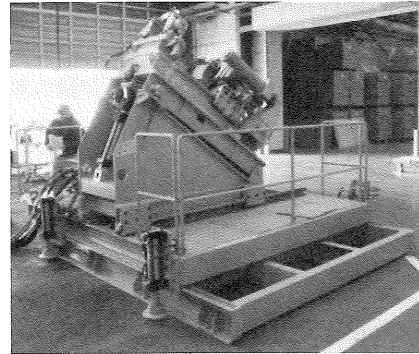


写真-2 推進装置

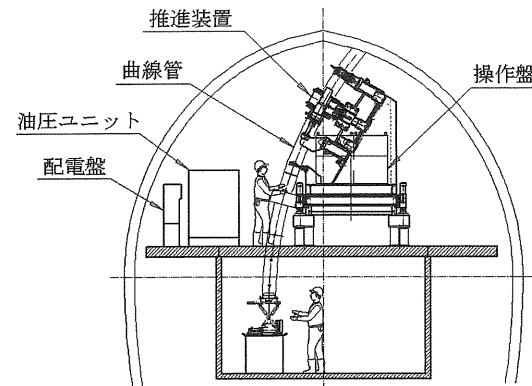


図-2 細径曲線ボーリング工法の施工設備

推進装置は曲線鋼管を把持し、円弧状にスライドできる構造で、コンパクトで小さな空間(内空3m程度)でも作業が可能である(図-2)。曲線鋼管の継手は溶接が主である。

なお、施工実績中の最大の地下水圧は0.35MPaである。

3-2 太径曲線パイプルーフ工法

基本的な諸元は以下のとおりである。

- ・鋼管外径：φ500mm以上
- ・最小曲率半径：8m
- ・施工角度範囲：180°以下

施工設備は掘進機、推進装置、残土処理設備な

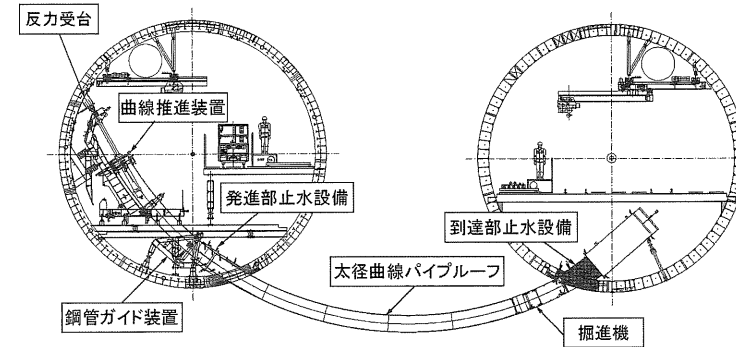


図-3 太径曲線パイプルーフ工法の施工設備

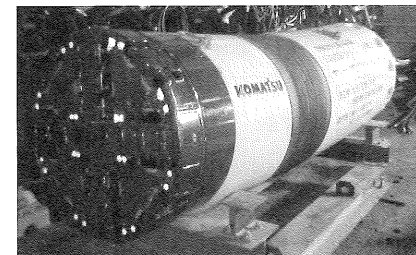


写真-3 掘進機

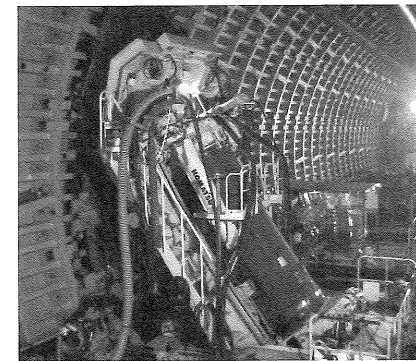


写真-4 推進装置

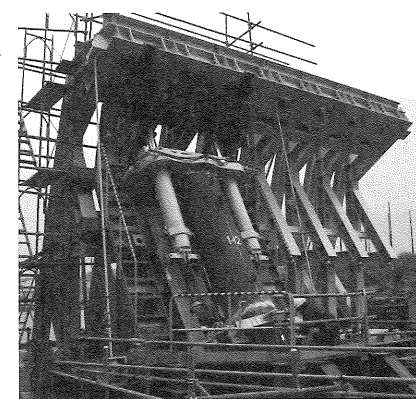


写真-5 実大規模実験

どにより構成される(図-3)。

掘進機は泥水式または泥土圧の推進機が基本であり、所定の曲率を有している(写真-3)。

掘進機の位置計測は、自動追尾トータルステーションによるATS(Auto Target System)、あるいはワイヤーと変位センサーを組み合わせたワイヤーリンクと称する方法による。

推進装置は曲線鋼管を押し出せるように形状を工夫してあるが、基本的には通常の推進工法と同様に、元押しジャッキにより押し板を介して曲線鋼管を推進する(写真-4)。

推進装置の横移動は、装置下部に敷かれたレールを使用する。坑内の作業面積は、幅5m×延長17m(85m²)程度であり、このほかに鋼管のストックヤードが必要となる。曲線鋼管の接続方法は溶接が主である。

なお、本工法の適用に先立ち、実大規模の実験を行い、施工実現性を検証した(写真-5)。

④ 適用事例

4-1 細径曲線ボーリング工法

本工法の適用事例は、1993(平成5)年の中部電力(株)の管路新設工事に始まり、2012(平成24)年の首都高速道路(株)中央環状品川線Uターン路工事までの10件である(表-2)。以下、このうち2件の施工事例を紹介する。

[事例1](表-2中の2)

工事名：神戸市営地下鉄建設に伴うNTTと
う道支障移転工事

場所：兵庫県神戸市中央区(交差点直下)

地質：砂と粘土の互層(洪積層)

土かぶり：22m(ボーリング坑口部)

新設シールドトンネルに既設とう道が支障することから、とう道の一部を撤去し新設した事例である。工事場所が交差点の直下であること、既設とう道の上部に地下水路があることから、開削工法の適用が困難であり、本工法が採用された。

表-2 細径曲線ボーリングの適用事例

工事名	工事期間	事業者	管径(mm)	曲率(m)	施工本数と総延長
1 知多火力知多LNG線管路新設工事に伴う曲線ボーリング工事	1993(平成5)年4~7月	中部電力(株)	φ216.3	R=30.0	12本 237.6m×3か所
2 神戸市営地下鉄建設に伴うNTT既設とう道支障移転工事	1997(平成9)年3~1999(平成11)年1月	NTT関西設備建設総合センター	φ267.4	R=4.0	106本, 1,171.3m
3 新大久保駅付近管路新設工事	1997(平成9)年8月	東京電力(株) 東京西支店	φ216.3	R=12.5	4本, 46.94m
4 中部電力電線管路支障移転工事	1998(平成10)年3~4月	中部電力(株) 名古屋支店	φ216.3	R=12.5	12本, 92.4m
5 シールドトンネルの地中接続工事	1999(平成11)年9~10月	NTT	φ267.4	R=4.0	11本, 45.4m
6 南部処理区岡村支線下水道整備工事(その2)に伴うチューリップ工法	2000(平成12)年2月	横浜市下水道局	φ267.4	R=4.0	10本, 86.3m
7 東北本線王子駅構内首都高速道路新設工事(飛鳥山トンネル)に伴う支保工敷設工事	2000(平成12)年8~10月	JR東日本旅客鉄道(株)	φ267.4	R=8.0	16本, 284.6m
8 なにわ共同溝・関西電力トンネル上下接合工	2003(平成15)年11~2004(平成16)年5月	NTTインフラネット(株)	φ267.4	R=4.0	10本, 56.2m
9 中央環状品川線シールドトンネル-2	2011(平成23)年2~7月	東京都建設局 第二建設事務所	φ267.4	R=8.0	48本, 440m (Uターン路3か所)
10 中央環状品川線シールドトンネル(北行)	2012(平成24)年5~6月	首都高速道路(株)	φ267.4	R=8.0	26本, 260m (Uターン路2か所)

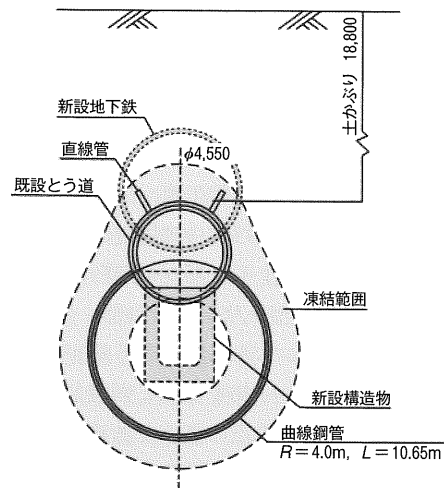
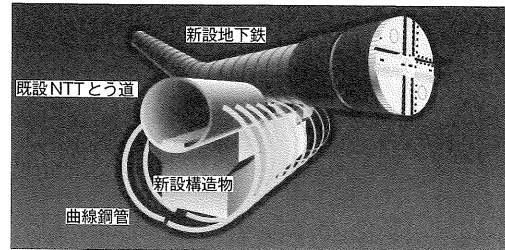


図-4 とう道新設(既設切抜け)への適用事例

施工は、既設とう道から下方に細径曲線ボーリングによりR=4mの鋼管を設置し、これを利用して地盤を凍結した。その後、切り抜けた空間にとう道を新設し、既設とう道を撤去した(図-4)。

[事例2](表-2中の9,10)

工事名: 中央環状品川線シールドトンネル-2
中央環状品川線シールドトンネル(北行)

場所: 東京都品川区, 目黒区

地質: 上総層(砂層が介在する泥岩)

土かぶり: 最大47m(ボーリング坑口部)

首都高速中央環状品川線は、約8.4kmがトンネル区間であり、防災計画、緊急車両などが現場に素早く到着できるように、双設シールドトンネルを接続するUターン路が6か所計画されており、そのうち5か所に細径曲線ボーリング工法を採用した。Uターン路は、高さ約5.5m、幅約7.6mという内径φ11.5mのトンネルに対して大規模な開口となるため、開口前に予め内部支保工を設置した。

Uターン路はシールドトンネル内からの切抜け

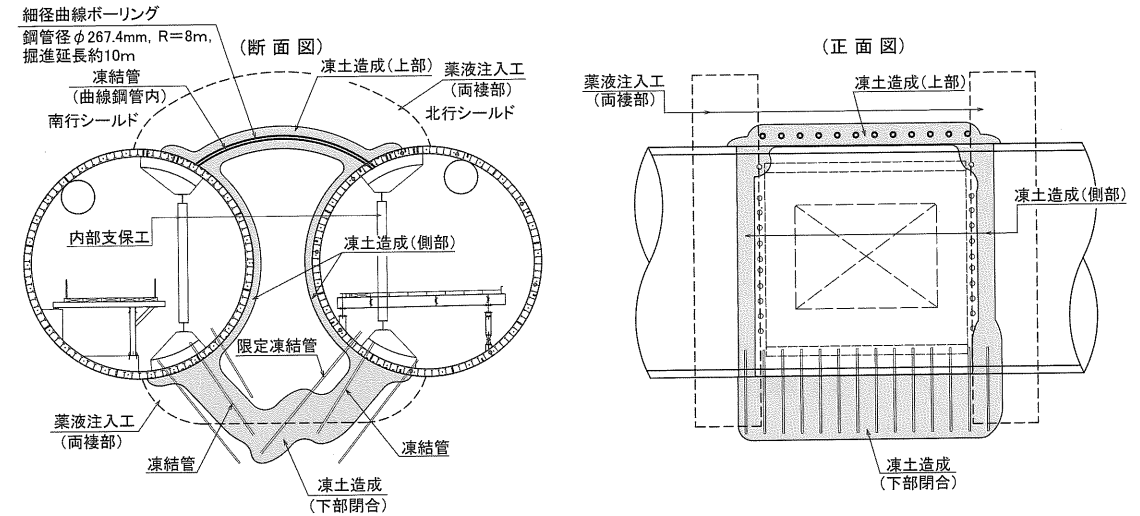


図-5 高速道路Uターン路への適用事例

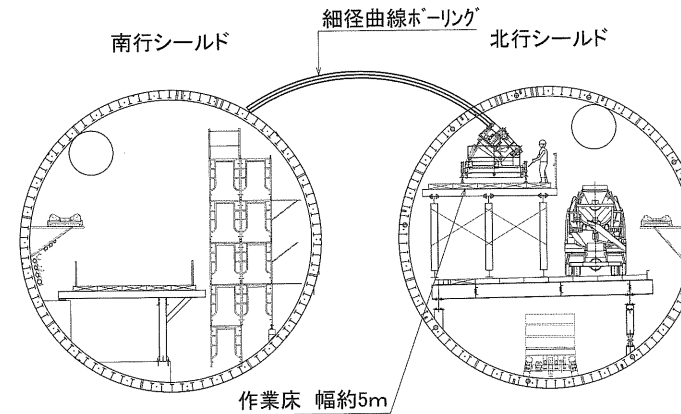


図-6 細径曲線ボーリング施工状況

により施工し、細径曲線ボーリングは上部の支保工として適用した。最大0.35MPaの高水圧下であり、土質も各所で変化したことから、場所により補助工法として薬液注入工法、地盤凍結工法併用、両者の併用を使い分けた(図-5)。

細径曲線ボーリングの施工時、トンネル内の別の場所ではシールド掘進工事、床版工事、内装工事、換気所工事などが同時に施工中であった。これらの他工事に支障しないよう、施工設備を可能な限りコンパクトにし、配置を工夫することで、車両走行スペース(トンネル半断面)を確保した(図-6, 写真-6)。

発進・到達部の処理として、発進側はセグメントに坑口金物を設置し、セグメント背面を薬液注



写真-6 細径曲線ボーリング施工状況

入により改良し、出水などのトラブルを防いだ。ボーリング終了後、曲線鋼管の端部を口元と一体化した。一方、到達側は、セグメントの外面に固定する方法とした。

細径曲線ボーリングの施工サイクルは、施工設備の移動を含め1本/日(昼夜施工)であった。

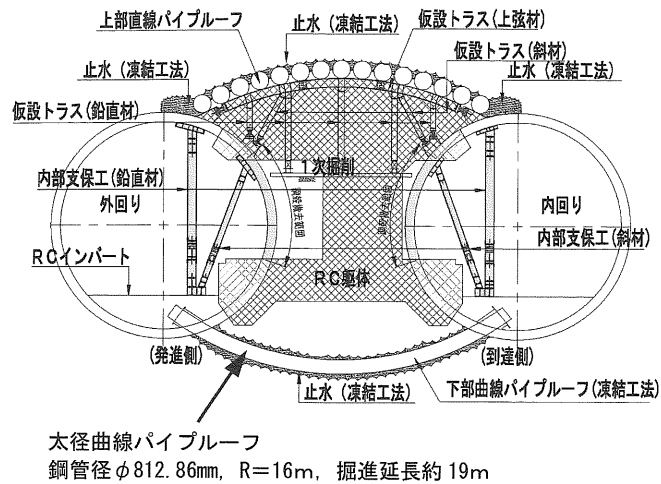
4-2 太径曲線パイプルーフ工法

現在のところ、本工法の適用事例は2003~2009(平成15~21)年にかけて施工された首都高速中央環状新宿線の出入口工事の1件である。

工事名: 首都高速中央環状新宿線SJ22工区
(2-1) 富ヶ谷出入口トンネル工事

場所: 東京都渋谷区

地質: 上総層(砂層と粘性土層の互層)



太径曲線パイプルーフ
鋼管径φ812.86mm, R=16m, 掘進延長約19m

図-7 高速道路出入口への適用事例

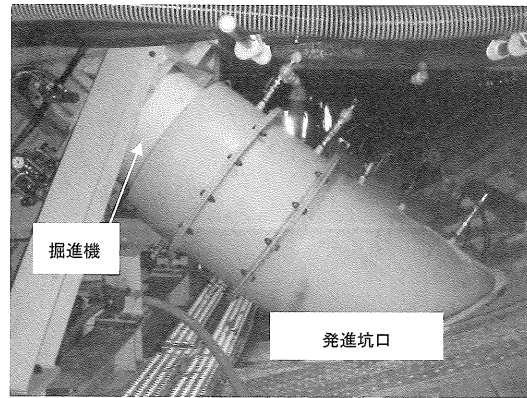
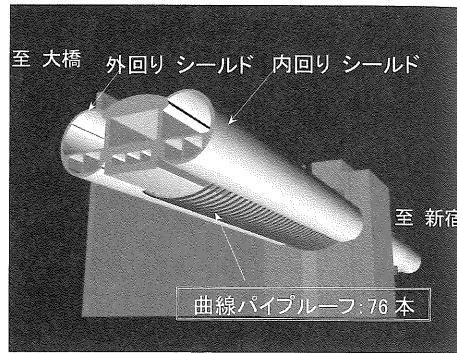


写真-7 発進状況



写真-8 到達状況

土かぶり：最大27m(パイプルーフ坑口部)

本工事は、双設シールドトンネルの間に出入口(ランプ)を設置するものであり、工事区間の延長は160mであった。工事場所は主要幹線道路の直下であり、移設困難な大型ライフラインが多数埋設されていたことなどにより、一部区間を除き開削工事がきわめて困難であったことから、非開削による切掘り工法が採用された。

切掘り範囲の支保として、上部にはトンネルと平行の直線パイプルーフ(φ1,016mm)を、下部にはトンネル直角方向の曲線パイプルーフ(φ812.8mm, 76本)を設けるものであり、後者に太径曲線パイプルーフ工法を適用した。曲率半径R=16mで、推進距離は約19mである。補助工法として、上下部ともパイプルーフ間は凍結工法による止水を

行った。

掘進機は掘削外径φ845mmの泥水式推進であり、上下左右±3.0°の中折れ機構を装備した。また、掘進機および鋼管のローリング防止制御装置、引き戻し機構も組入れ、掘進時の方向制御の精度向上を図った。

発進・到達部には切削可能部材(ガラス繊維強化プラスチック)をシールドの鋼製セグメント内に組込み、発進・到達防護の地盤改良を省略した。坑口の止水構造は、発進部がワイヤブラシを3段、到達側はチューブシールを用い、0.6MPaまでの水圧に耐える構造とした(写真-7, 8)。

なお、太径曲線パイプルーフの施工時、両トンネルの別の場所ではシールド掘進工事などが同時に進んでいたが、図-3に示すとおり、両トンネル

とも他工事で使用するバッテリーロコなどの走行路を確保し、他工事への影響を回避した。

上記のさまざまな工夫の結果、施工は順調に推移し、太径曲線パイプルーフの施工サイクルは、施工設備の移動を含め1本あたり7日程度(昼夜施工)であった。施工精度は構造上の許容値上下±100mm, 左右±80mmに対し、平均±20mm以下の高精度で完了した。

⑤ 残された問題点

細径曲線ボーリング工法では、掘削位置の計測方法が現段階では確立されていない。これまでは、緻密な施工精度が要求されない注入管、凍結管、埋設管、支保工などへの適用、展開を図っているのが現状である。現状技術では支障物や極端な地層の変化などにより計画に対してずれが生じることがあるため、本工法の広範な展開に向けて、掘削位置精度の確保が課題である。

⑥ おわりに

輻射した都市部の地下空間において、トンネルの部分的な拡張・切掘りやトンネル間の連結、トンネルどうしの分岐・合流部や地下駅舎部の構築などのニーズに対し、地上交通や地中インフラへの影響がほとんどない非開削工法による施工ニーズはますます大きくなっている。

NEW TULIP工法は、直線ボーリングや直線パイプルーフにて対応が困難な箇所でのトンネルの拡張、連結、分岐・合流部などを構築する際の合理的な補助工法の一つと位置づけられ、今後は実績に裏付けられた細径曲線ボーリング工法および太径曲線パイプルーフ工法の広範な適用・展開が期待される。

なお、本工法の問い合わせ窓口として「NEW TULIP工法連絡会」を設置しており、鹿島建設(株)、大成建設(株)、鉄建建設(株)の3社で運営している。

(文責：中川雅由・齋藤茂/鹿島建設(株))

参考文献

- 1) NEW TULIP工法研究会：2007年度版 NEW TULIP工法技術資料。
- 2) 深山大介・山内貴宏・林昇・澤木康守・河本武士：道路トンネル拡張区間における曲線パイプルーフ工事の施工実績，地下空間シンポジウム論文・報告集，土木学会地下空間研究委員会，pp.229-236，2007.1.
- 3) 千々岩三夫：特集多様な地下構造物を建設する推進工法，曲線鋼管を推進して曲線管路敷設と地下空間を拡張，NEW TULIP工法による施工，月刊推進技術，Vol.29, No.6, pp.18-24, 2015.6.
- 4) 梶川初太郎・米沢実・石田高啓：本線トンネルUターン路の計画と施工実績，第50回地盤工学研究発表会，pp.1557-1558, 2015.9.

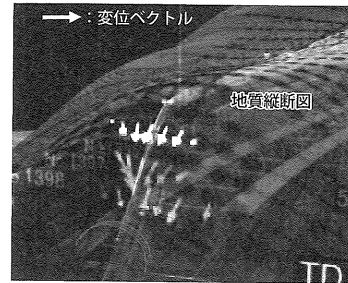
『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

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

工法・技術・製品ニュース

工法 斜面計測が2次元から3次元に 斜面計測監視 3D-ICTシステム



変位計測結果の3次元表示例

安藤ハザマ CSR推進部

TEL. 03-6234-3606

http://www.ad-hzm.co.jp/

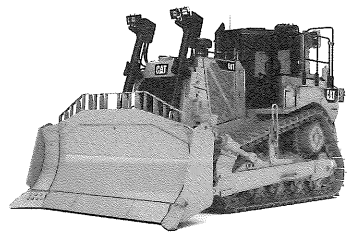
安藤ハザマは、施工現場における斜面計測監視の高度化を可能とする、CIMやドローンを活用した「斜面計測監視 3D-ICTシステム」を開発し、トンネル・明かり造成現場での運用を開始した。

同システムは、同社とジーエスアイが共同で開発した「地質情報CIM管理システム」を活用し、計測データを3次元かつリアルタイムに表示することで、斜面の3次元的な変位状況を瞬時に評価することを可能

にした。オンラインでの計測状況の情報共有もでき、遠隔地からの斜面の評価も可能となる。

さらに、本システムへ「UAV(ドローン)を活用した3次元斜面動態観測技術」を組み込むことにより、変位直後の斜面のように計器の設置が困難な箇所や、計測範囲が広範囲で設置する計器の数が膨大となるような箇所において、経時的な変位状況を的確に把握できるようになったとしている。

製品 オフロード法2014基準の中型ブルドーザー2機種発売



CAT® D8T

キャタピラー(株)

GCI Marketing Innovation

TEL. 03-5717-1292

http://www.caterpillar.com/

キャタピラー(株)は、土木工事などで高い能力を発揮し、オフロード法2014年基準をクリアする環境性能を備えた中型ブルドーザー Cat® D6N LGP(湿地車)およびXL(乾地車)と、Cat® D8Tを発売した。

両機はそれぞれ、D6N(オフロード法2011年基準)、D8T(オフロード法2011年基準)の後継機。窒素酸化物を提言するNOxリダクションシステムと尿素SCRシステムなどの先

進の排出ガススクリーン化技術により、最新の排出ガス規制であるオフロード法2014年基準をクリアする排出基準を備えた。シートベルトを未装着の場合にディスプレイに警告ランプが点灯するほか、Catプロダクトリンクを標準装備し、警告情報や部品交換時期の確認ができるようになり、安全性やオペレータ環境、またサービス性についても向上を図っている。

平成28年度 先端建設技術研究開発助成募集のご案内

対象：先端建設技術を活用し、建設事業の効率的な推進に資する土木技術分野の調査研究および開発

対象者：①大学、高等専門学校およびこれらの附属研究機関に属する研究者および研究グループ

②法人格を有する民間企業など

③その他の研究者および研究グループ

助成規模：原則として、1件につき年間200万円を上限とし、2件程度

申請期間：平成28年7月1日(金)～9月30日(金)

問い合わせ先：一般財団法人先端建設技術センター企画部「研究開発助成事務局」

〒112-0012 東京都文京区大塚2-15-6 ニッセイ音羽ビル4階

TEL: 03-3942-3991 FAX: 03-3942-0424

※詳細は、当財団のホームページ(URL: http://www.actec.or.jp/)参照

一般社団法人 日本トンネル技術協会

会報

1. 会員の現状

	6月30日現在
個人会員	917名
団体会員	204名
推薦会員	205名
特別会員	8名
名誉会員	4名
賛助会員	211名
合計	1,549名

2. 平成28年度第2回理事会

日時：平成28年6月14日(火) 15:30～16:00

場所：弘済会館4階 蘭(東)

出席者：理事13名、監事3名、計16名

議事：

①入退会について

個人会員15名、推薦会員1名、賛助会員14名の計32名の入会と個人会員8名、賛助会員37名の合計45名の退会を承認した。

②定時総会進行次第について

平成28年度定時総会議案の進行次第を了承した。

3. 平成28年度定時総会

日時：平成28年6月14日(火) 16:00～17:00

場所：弘済会館4階 萩

出席者：出席199名、委任状797名、計996名

議案：

第1号議案 平成27年度事業報告について(内容省略)

第2号議案 平成27年度事業収支決算について(別表1参照)

第3号議案 平成28年度事業計画について

トンネルや地下空間の建設および維持管理に関する当面の課題や会員からのニーズに積極的に対応できるようにいくつかの新規テーマを含め種々の事業を展開すること、ITA加盟国代表機関として技術交流に努める。

第4号議案 平成28年度事業収支予算について(別表2参照)

第5号議案 名誉会員の推薦について

名誉会員として今田徹氏の推薦があり決定した。

第6号議案 役員の選任について(別表3参照)

任期途中の辞任の申し出と任期満了に伴う理事について候補者の提示があり、承認された。

①常設委員会の委員長は次表のとおり報告された。

委員会名	委員長名	所属
総務委員会	服部 修一	(独)鉄道・運輸機構
国際委員会	中村 武夫	中日本高速道路(株)
事業委員会	入江 健二	メトロ開発(株)
技術委員会	西村 和夫	首都大学東京

②施工体験発表会における最優秀発表の表彰式

事業委員会の入江健二委員長立会いのもと施工体験発表会における2名の最優秀発表者を表彰した。

最優秀賞：第76回(山岳)平成27年6月24日(水)開催

北澤 剛 前田建設工業(株)

(演題)性状変化が激しい泥岩を前方探査にて事前に評価し掘削

—九州新幹線(西九州)俵坂トンネル(西)他工事—
最優秀賞：第77回(都市)平成27年6月25日(木)開催

山中耕太郎 東京地下鉄(株)

(演題)気泡シールド工事の環境負荷を従来の25分の1に低減—狭小施工スペースでの土かぶりの浅い

密閉型泥土圧式ボックス推進工法の施工

—東西線門前仲町駅改良土木工事—

4. 平成28年度第3回理事会

日時：平成28年6月14日(火) 16:40～16:50

場所：弘済会館4階 蘭(東)

出席者：理事17名、監事3名、計20名

議事：

①役員(専務理事)の互選について

専務理事として時政宏理事の指名があり承認した。(別表3参照)

5. 委員会の開催状況(6月1日～30日)

①運営広報委員会関係

◎総務委員会

・広報小委員会

会誌WG(6/1)

小山幸則主査ほか11名、7月号の会誌と3か月計画を検討

トンネル関係技術者資格制度準備会(6/29)

砂金伸治座長ほか11名、資格制度のイメージを検討

◎国際委員会

・海外文献小委員会

海外ニュースWG(6/28)

佐々木養一主査ほか8名、海外文献の査読

計 3回開催 33名出席

②調査研究委員会関係

◎技術委員会

・安全環境小委員会(6/2)

豊澤康男委員長ほか13名, 現場周辺住民からの要望事項およびアセスメント指針の作業方針を検討

・都市トンネル小委員会(6/29)

田村正明委員長ほか17名, 新規テーマ案ほかを検討

◎受託研究特別委員会

・長期耐久性特別委員会

幹事会(6/30)

松岡茂幹事長ほか21名, 報告書原稿を検討
計 3回開催 54名出席

合計 6回開催 87名出席

6. 国際会議の開催予定

Table with 4 columns: 会議名, 開催日, 場所, 主催者等. Includes events like 第43回 ITA 総会およびコンgres, 第44回 ITA 総会およびコンgres, 第45回 ITA 総会およびコンgres.

* 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

7. 平成28年度催物開催現況

(平成28年6月現在)

Table with 5 columns: 催物名, 開催日, 人数, 場所, CPD取得単位. Lists various events like 現場見学会, 第78回(山岳)「課題克服に取り組んだトンネル工事一新技術」.

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

(別表1)

平成27年度事業収支決算書(損益ベース)

平成27年4月1日~平成28年3月31日

(単位:円)

Large financial statement table with multiple columns: 科目, 国際関係事業, 催物事業, 調査研究事業, 小計, 受託研究事業, 図書販売事業, 広報事業(会誌), 小計, 法人会計, 合計. Includes sections for 1. 経常増減の部 and 2. 経常外増減の部.

(別表2)

平成28年度事業収支予算書(損益ベース)

平成28年4月1日~平成29年3月31日

(単位:円)

Table with columns for '科目' (Item), '実施事業等会計' (Implementation Business Accounting), 'その他会計' (Other Accounting), '法人会計' (Corporate Accounting), and '合計' (Total). It details various financial items like '経常増減の部' and '経常費用'.

(別表3)

役員・顧問・評議員名簿

平成28年6月14日現在

Table listing members with columns for '区分' (Category), '氏名' (Name), '所属' (Affiliation), '区分' (Category), '氏名' (Name), and '所属' (Affiliation). It lists roles like '会長', '副会長', '専務理事', '理事', '監事', '顧問', and '評議員'.

会長1, 副会長2, 専務理事1, 理事15, 監事3, 役員計22名 顧問4名, 評議員29名

「シールド技術変遷史」正誤表について

本協会40周年記念事業で作成しました「シールド技術変遷史」の正誤表をホームページに掲載しておりますので、ご確認ください。

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

9月号予告[9月1日発売予定]

- 新名神高速道路 箕面トンネル
- 国道178号浜坂道路 余部トンネル
- 名古屋市上水道 犬山系導水路
- 山岳トンネルの設計と現場との乖離(1)
- ITA総会報告
【連載講座】
- トンネル新技術への挑戦(10)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

暑中お見舞い申し上げます

編集部一同

◆読者の皆様もFacebookなどのSNSを利用されている方は多いかと思えます。Facebookの観光サイトに「いいね」をつけますとその土地の観光PRが次々とアップされてきます。その中で真夏にひんやりでき、しかも歴史を学べる地下構造物のPRがありましたので紹介します。

◆まず、秋田県の「史跡尾去沢鉱山」です。記録によりますと約1,300年前に発見された鉱山で、もっぱら金や銅を採掘していたようです。昭和53年に銅の価格低迷と採掘量の枯渇で閉山となり、現在では坑道の見学や砂金採取などの体験ができるそうです。近隣には十和田湖もあり夏休みの家族旅行にも最適ではないでしょうか。

◆次は沖縄県の「旧海軍司令部壕」です。那覇空港や国際通りから約5km程度の距離に位置します。昭和19年に旧日本海軍によって掘られた壕で当時は450m程度あったそうです。現在では司令官室を中心に300m復元されています。壕の周辺は「海軍壕公園」として整備され、高台に位置しているため那覇市内や首里城を見渡せます。夕日の時刻には多くの人で賑わうそうです。

◆このように夏の暑さをしのげ、歴史を学べる地下構造物は日本のいたるところにあります。例えば島根県にある世界遺産の「石見银山」などはその最たるものです。夏休みの旅行先にこうした歴史的な地下構造物の観光を加えるのも旅行の楽しみが増えることでしょう。

(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)土木工学会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47巻 第8号(通巻552号)

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成28年7月20日 印刷

平成28年8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 株式会社土木工学会社

〒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会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 1,620円(送料110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。

吸引ダクトが無くても全ての断面、全ての延長に対応

たった37kWで2,750m³/min イーダスコ270使用時

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO

イーダスコ240/イーダスコ270

ファン動力30kW ファン動力37kW

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-VE

経済産業省後援

第39回優秀環境装置

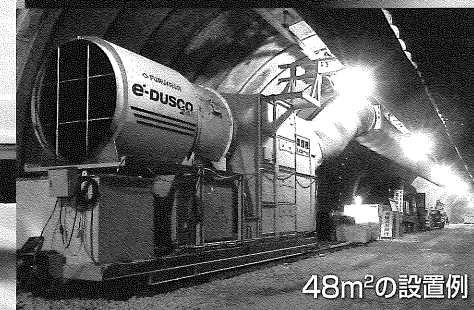
日本産業機械工業会 会長賞

全てのトンネルに適用可能!



- クラス最高の集じん効率95%^{※4}
- 有害な微細粉じんも逃さない電気式
- 現場メンテナンスは手間いらず
- 大風量と省エネを同時に実現

吸引捕集方式にも対応



48m²の設置例

希釈封じ込め方式での計算例

① 粉じん発生量

$$Fo = 360 \times 22\text{m}^3/\text{h} \times 0.75 = 5,940 (\text{mg}/\text{min})$$

② 所要換気量

$$Q4a = \frac{5,940}{3.0 - 0.07} = 2,027 (\text{m}^3/\text{min})$$

$$Qa = 54.0 + 2,027 = 2,081 (\text{m}^3/\text{min})$$

③ 集じん機の選定

$$Qs = 1.2 \times \frac{2,081}{0.93} = 2,686 (\text{m}^3/\text{min}) \leq 2,750 (\text{m}^3/\text{min})$$

品名	e-DUSCO240	e-DUSCO270
型式	FTE2400/FTE2400-E	FTE2700-E
集じん装置の容量	1800・2100・2400m ³ /min 任意設定の4モード	1800・2100・2700m ³ /min 任意設定の4モード ^{※5}
全長 ^{※1}	7411mm(サイレンサー含む)	
全幅	2350mm	
全高 ^{※2}	3700mm	
本体重量	10t	11t
電源仕様	3相3線400V58kVA	3相3線400V107kVA
ファン動力	30kW	37kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意 (伸縮風管接続時と同じ)	23kW・28kW・40kW・任意 (伸縮風管接続時と同じ)
洗浄水 ^{※3}	2.4~3.2m ³ /回	
捕集ダスト処理	湿式	
集じん効率 ^{※4}	95%以上	93%以上
吸引捕集方式	対応可	

注) 伸縮風管システムは本体には含まれません。

※1 入口ダクト及び絞リダクトは含まれません。※2 台車および揚重用治具の高さは含まれません。※3 機種により多少異なります。※4 JIS Z 8808 並びに換気技術指針(H24.3)に定める試験方法に基づき第三者計量機関により測定した値です。※5 任意設定にて最大2,750m³/minまで可能です。

古河機械金属グループ
古河産機システムズ株式会社

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

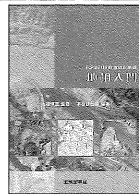
本社
〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
第二営業部 ☎03-3212-6575

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

図書案内

トンネル技術者のための地相入門

大島洋志 監修, 木谷日出男 編著
3,200円+税 B5判



トンネルの計画・設計・施工にあたって留意すべき“地相”について、施工事例をもとに、豊富な図版と地形図を用いて、ていねいに解説した、画期的な入門書。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・侯野恭寛 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。

建設工事の保安地質学〔改訂版〕

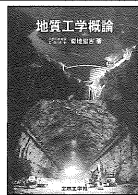
石井康夫 著
6,000円+税 A5判



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。

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。

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

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囲にわたり掲載した。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。

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事項について詳述した。

建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300円+税 A5判



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

トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200円+税 A5判



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

岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200円+税 A5判



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

わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800円+税 A5判



都市の代表的な地下施設である地下鉄、上水道、下水道の各トンネルについて、それぞれの主だった工法ごとに計画から施工まで事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。

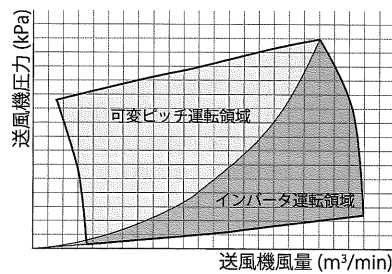
(株)土木工学社
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
TEL: 03 3267 2888 FAX: 03 3267 2807

トンネル工事の必需品 可変ピッチ軸流送風機 BIG-LOG



BIG-LOG は当社の開発商品です

- 可変ピッチとは……必要に応じ羽根の角度を変えて風量調整をおこなう方式 (右上図)
- 風量を減らした場合でも圧力変動が少なくインバーター制御には無い幅広い運転領域を確保できます (右図)
- 風管抵抗に合わせて自動可変をおこない圧損調整をするため無駄な電力を消費しません
- 風量設定が数値で出来るため一定風量で運転が可能 (風量の見える化)



型 式	能 力	電 動 機	騒 音 値 機側 5m
CDH1120-30-60(4)W	1000m³/min × 3.92/4.9kPa 1500m³/min × 3.5/2.6kPa	60kW × 4P × 2 台 50/60Hz 400/440V	74 dB
CDH1250-26-80(4)W	1500m³/min × 3.92/4.9kPa 2000m³/min × 1.76/1.76kPa	80kW × 4P × 2 台 50/60Hz 400/440V	74 dB
CDH1250-26-110(4)W	2000m³/min × 4.11/4.9kPa 3000m³/min × 1.8/2.45kPa	110kW × 4P × 2 台 50/60Hz 400/440V	74 dB
CDH1400-30-175(4)W	3000m³/min × 4.6/4.9kPa	175kW × 4P × 2 台 50/60Hz 400/440V	77 dB

※2段で記載の機種はどちらか選択ができます

長距離でも無駄な風量を自動制御できるという可変式の特徴を活かした
省電力システム「i-Res」を開発しました

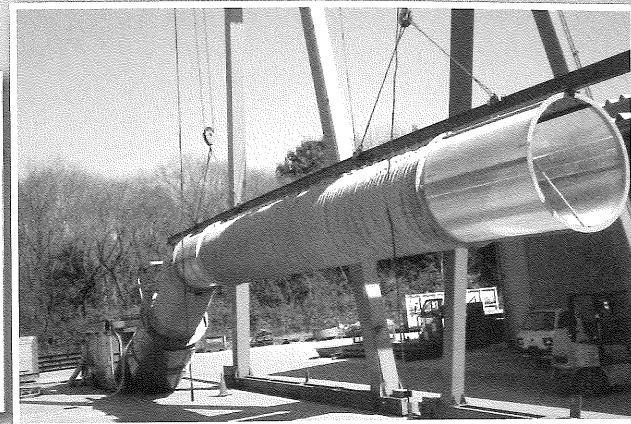
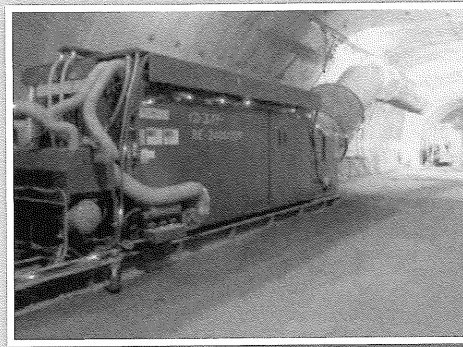


菅機械工業株式会社

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



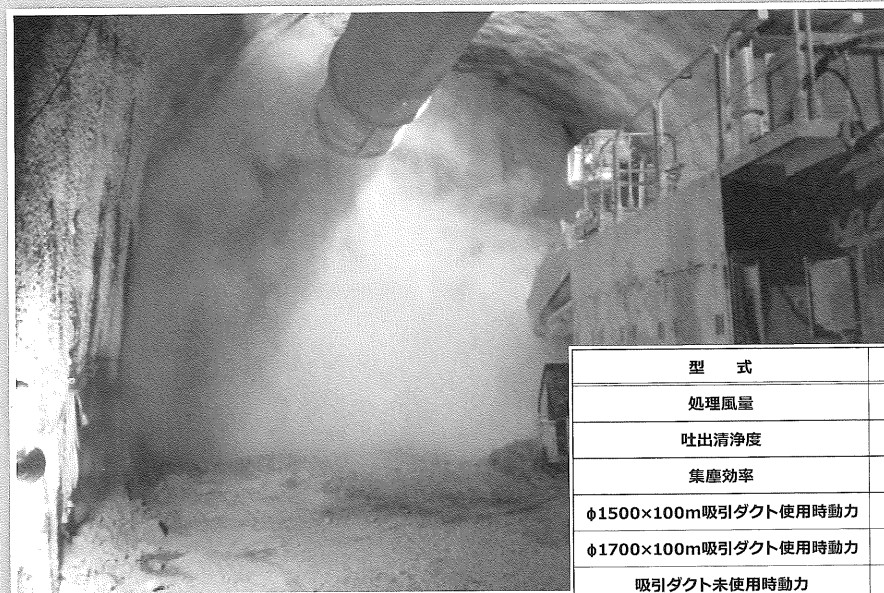
本社・大阪支店	〒550-0015	大阪府大阪市西区南堀江3-9-27	TEL 06(6541)7931
東京支店	〒101-0042	東京都千代田区神田東松下町13番地	TEL 03(5296)0551
福岡支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東1-16-8	TEL 092(431)7181
名古屋営業所	〒455-0008	愛知県名古屋市中区九番町3-37	TEL 052(653)2491
京都営業所	〒615-0022	京都府京都市右京区西院平町25	TEL 075(314)4460



動力60%低減実現! (当社従来比)

吸引捕集換気システム 新登場 RE-2400QDP

「コンパクト&低動力&高浄度」を一度に実現した孤高のスペック



型 式	RE-2400QDP
処理風量	2,400m³/min
吐出浄度	0.1mg/m³以下
集塵効率	99%以上
φ1500×100m吸引ダクト使用時動力	440V・83kW
φ1700×100m吸引ダクト使用時動力	440V・64kW
吸引ダクト未使用時動力	440V・58kW
寸法 (L×W×H)	2,869×12,963×3,387(mm)
重量	12,600kg

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
TEL: 03-3452-7400
URL: <http://www.ryuki.com/>
E-mail: eigyobu@ryuki.com

(PC・スマホ専用)



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型鋼、鋼矢板、RC杭、PHC杭、松杭の切削が可能です。



特長

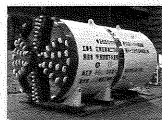
切羽に人が出る必要がなく安全性が高い。

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型鋼(300H)×8本
鋼矢板(Ⅳ型)×2面



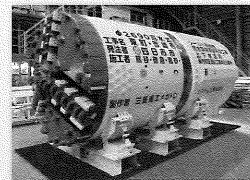
φ4240泥土圧シールド
H型鋼(350H)×6本
鋼矢板(Ⅵ型)×2面



φ4680泥土圧シールド
H型鋼(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



φ2690泥水式シールド
鋼矢板(Ⅱ、Ⅲ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 1,620円

本体価格1,500円

雑誌06619-8



4910066190866

01500