

トンネルと地下 **4**

vol. 47
no. 4
2016

Tunnels and Underground

史跡保護のため火山砕屑岩地山をV字形縦断線形で掘削
大規模な破砕帯と熱水変質地山における双設道路トンネルの施工
既設水路トンネル直下に超長尺大口径鋼管先受け工を坑内から打設
泥水・泥土圧併用シールドによる無水砂礫層の長距離掘進
繊維補強吹付けコンクリートの現状と課題(2)

日本トンネル技術協会誌



FRD
FURUKAWA

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

ホイール式ドリルジャンボ

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



◆主な仕様	JTH3200R-III PLUS 3ブーム、2ケージ	JTH3200R-III 3ブーム、2ケージ	JTH2200R-III 2ブーム、2ケージ
質量	48.5 ton	44 ton	35.5 ton
全長 × 全幅 × 全高	15.6m × 3.1m × 4.2m	14.8m × 3.1m × 4.2m	14.2m × 2.7m × 4m
水平さく孔範囲(幅 × 高さ)	16m × 10.5m	13.2m × 8.8m	12.8m × 8.5m

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 × 全幅 × 全高	16 m × 3 m × 4 m
水平吹付範囲(幅 × 高さ)	13.3 m × 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

www.furukawarockdrill.co.jp

本社 〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号

特機部 ☎03(3231)6966

札幌 ☎011-786-2222 東北 ☎022-384-8991 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」は接続部拡張・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、確実な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)

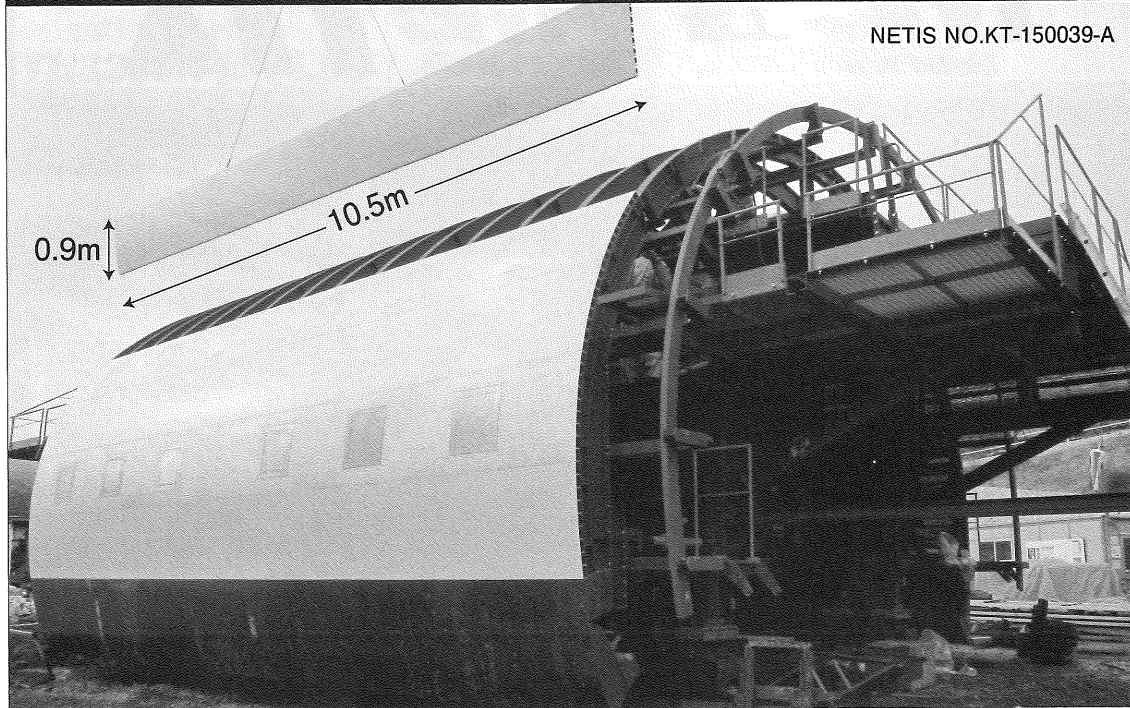
KPC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

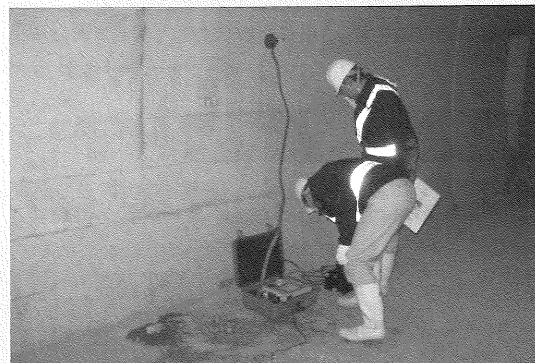
NEW

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



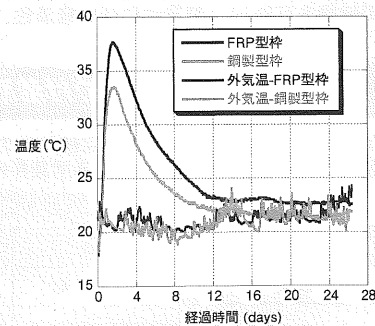
■透気試験実施



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、駒アジタ 古江トンネル南にて測定]



◎3～4℃の保温効果により、コンクリート強度が15～20%向上

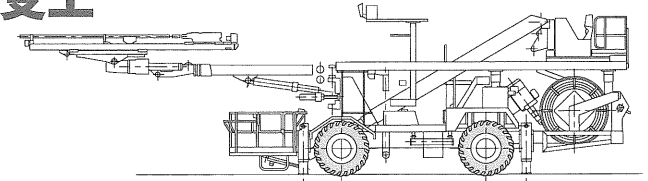
M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

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

環境対応型長尺鋼管先受工

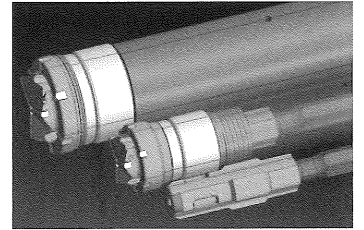
TOHO AGF System

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

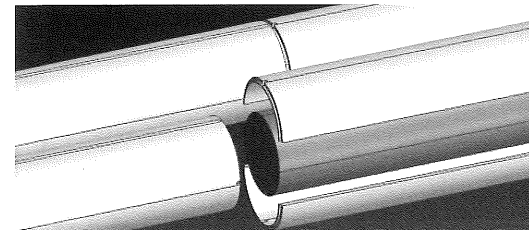


AGF-Me工法

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



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



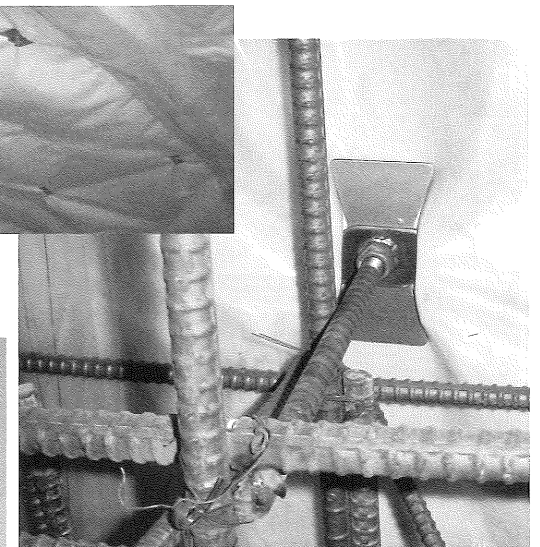
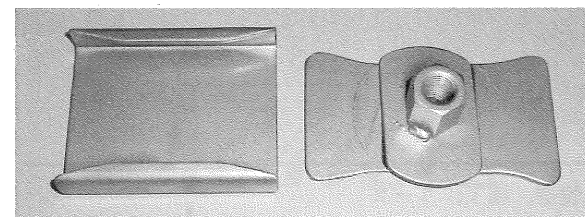
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社

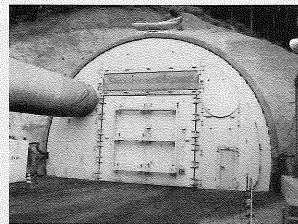
営業部

〒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 トーキソール

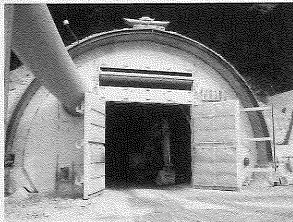
〒210-0854
神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11
Tel: 044-333-0012 Fax: 044-333-0321
(お問い合わせ先)

快適な作業環境を提供する騒音対策システム
～25年の実績が最大級の安心をご提供いたします～



【防音扉】

- HFS型 マークII
- HFS型 マークII 10s
- HFS型 マークII 10c
- HFS型 マークII 15c



防音扉には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。

『防音扉マークII』の音響性能

対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	18 dB(A)	13 dB
2基設置	28 dB(A)	19 dB

『防音扉マークII 10s』の音響性能

対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	16 dB
2基設置	29 dB(A)	25 dB

『防音扉マークII 10c』の音響性能

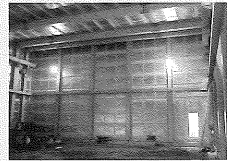
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	20 dB
2基設置	29 dB(A)	33 dB

『防音扉マークII 15c』の音響性能

対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	21 dB(A)	23 dB
2基設置	30 dB(A)	36 dB



【防音壁】
【防音ハウス】
【防音シェルター】
【防音ボックス】



- Sタイプ(スタンダードタイプ)
- Dタイプ(デラックスタイプ)
- Hタイプ(ハイデラックスタイプ)



『防音パネルSタイプ』の音響性能

項目	1/1オクターブバンド中心周波数【Hz】					
	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失【dB】	14	18	29	36	43	49
吸音率【%】	33	80	89	84	81	76

『防音パネルDタイプ』の音響性能

項目	125	250	500	1k	2k	4k
	透過損失【dB】	22	32	37	38	37
吸音率【%】	51	77	75	81	71	62

『防音パネルHタイプ』の音響性能

項目	125	250	500	1k	2k	4k
	透過損失【dB】	32	32	38	46	50
吸音率【%】	57	48	61	76	86	91

防音設備の設計、製造、施工、リース

株式会社フューズ

本社 〒132-0035 東京都江戸川区平井 6-35-5 TEL. 03-3617-8111 FAX. 03-3617-7565
大阪営業所 〒531-0072 大阪府大阪市北区豊崎 3-4-14 TEL. 06-6359-2611 FAX. 06-6359-2288

E-mail: info@fuse-ind.co.jp http://www.fuse-ind.co.jp

建設業登録：東京都知事許可(般-25)第130153号

【建設騒音対策協会】E-mail: souon@fuse-ind.co.jp

日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

当社は、注入式フォアポーリングや長尺フォアパイリング、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

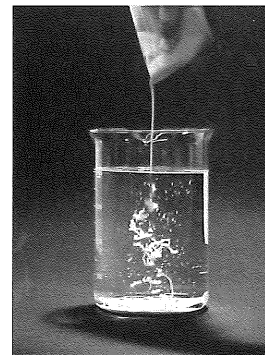
- ⇒ 注入式フォアポーリング
- ⇒ 各種長尺フォアパイリング
- ⇒ 多重式長尺フォアパイリング
- ⇒ エコリムーブ工法
- ⇒ パノラマ工法
(φ60.5MRS, φ76.3, φ89.1)

※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。

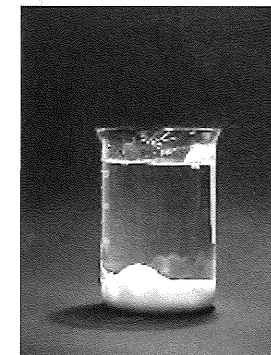
スーパーSRFの優位性

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。

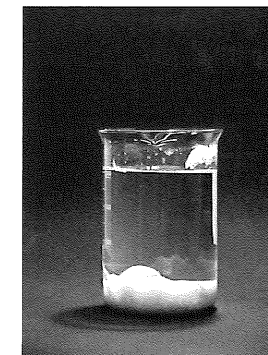
混合直後



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(樺エイチ・アール・オー)

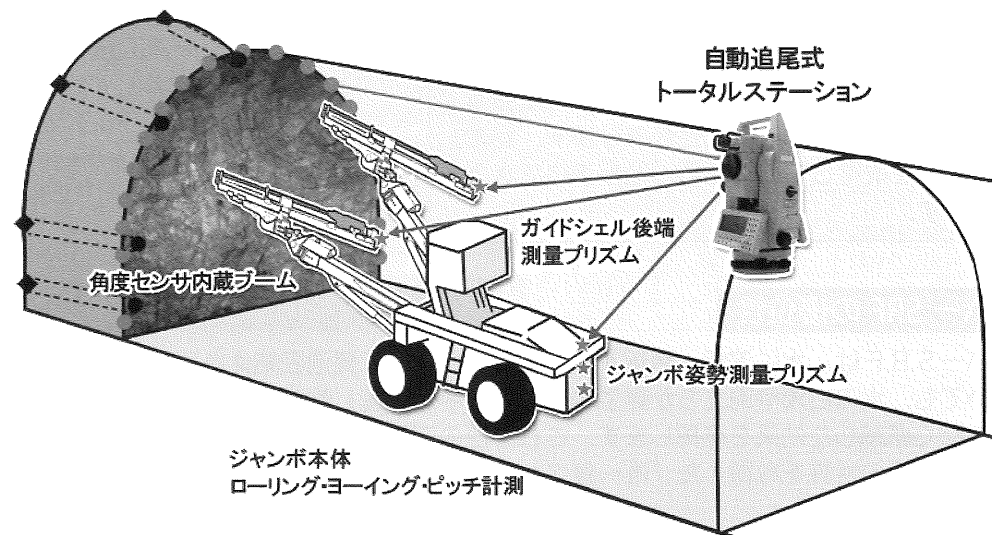
TEL) 011-821-5868 FAX) 011-821-6644

NETIS登録番号:KK-100049-A

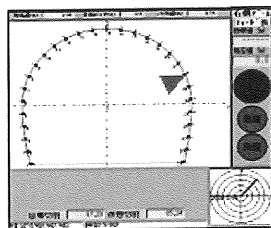
自動追尾式余掘り低減システム

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

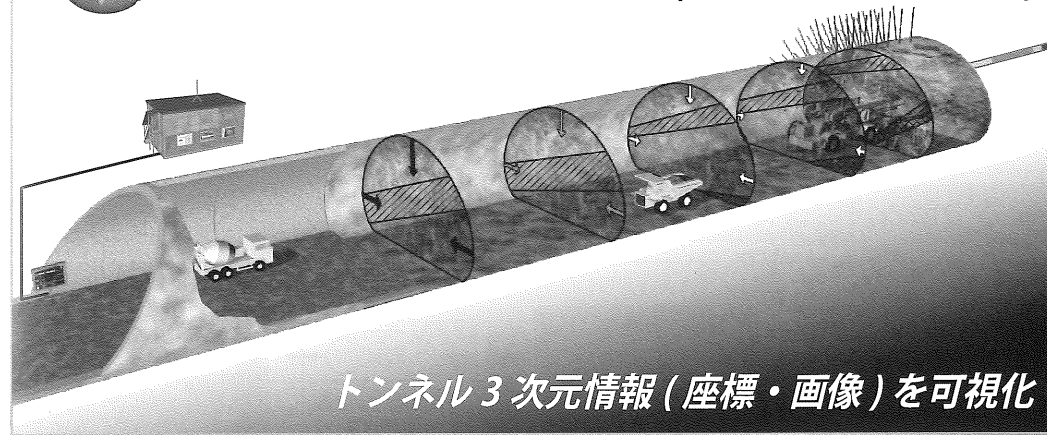
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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)



トンネル3次元情報(座標・画像)を可視化

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

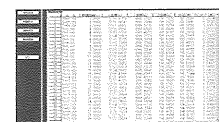
3 維持管理モデル

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。

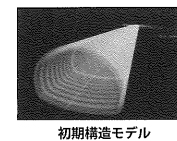
基礎資料をもとにCivil3D/GEORAMAを利用してモデル化を行います。

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)



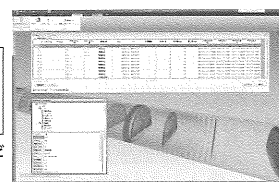
初期構造モデル



観察データ



A計測データなど



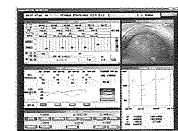
支保パターン情報(設計)



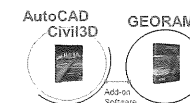
初期地盤情報モデル



CyberNATM



CyberNATM



AutoCAD Civil3D GEORAMA



Navisworks Navis+

日々更新

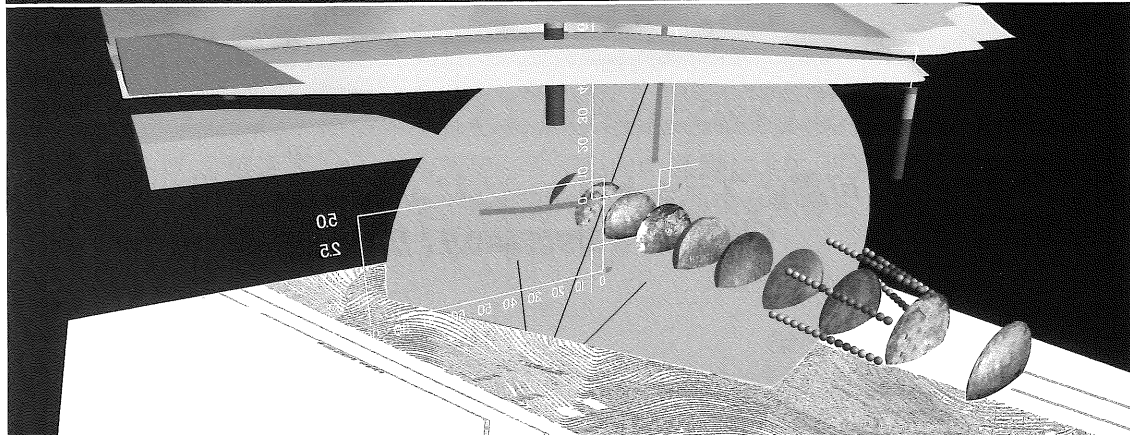
現在稼働中も含めて多数の実績があります。CIMに関する相談は、下記にお問い合わせ下さい。

enzan

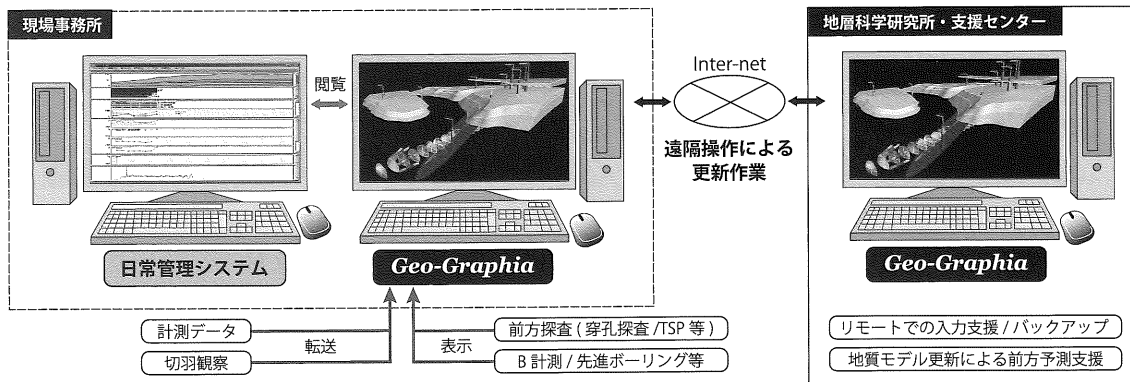
株式会社 演算工房

■ 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

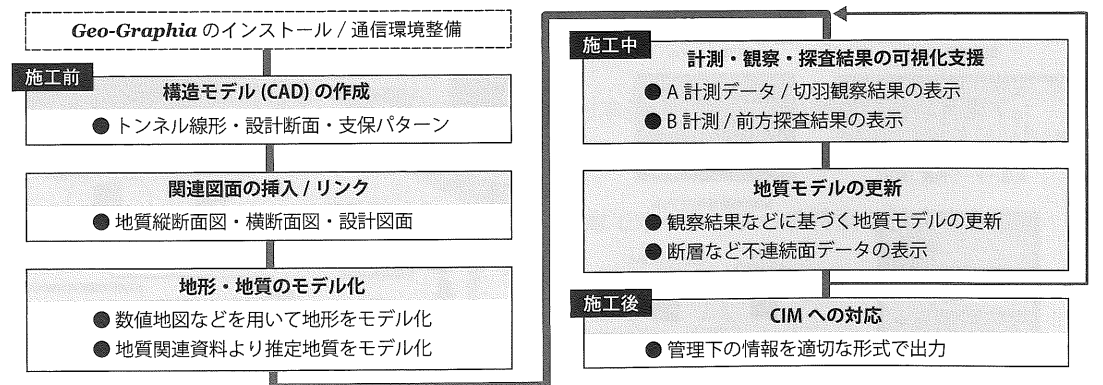
Geo-Graphia® を活用したトンネルの情報化施工支援



技術者の意思決定を支援 ▶▶▶▶ 3次元可視化により現状の迅速な把握を可能に



情報化施工支援センター ▶▶▶▶ 初期モデルの作成や施工中のモデル更新などをお手伝い



<http://www.geolab.jp/> お問い合わせは chisouken@geolab.jp



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
 東京事務所 〒112-0004 東京都文京区後楽 2-3-25
 大阪事務所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-7-9

JMビル 4F TEL.046-200-2281
 金子ビル 6F TEL.03-5842-7677
 第7新大阪ビル 301号 TEL.06-6886-7774

Geo-Graphia
 特設サイトは
 こちらから▶▶▶▶



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います。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039 加入者名：株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間定期購読料金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ます。



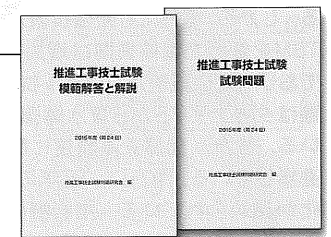
<http://www.lswb.co.jp/micro-tunnelling/> 月刊推進技術

月刊推進技術 編集室 〒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
<http://www.lswb.co.jp/micro-tunnelling/> 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)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. 内容と特長

- 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

各年度単体に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

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

これらのことをインターネットでご案内しています。

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

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

お問い合わせ先

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

コストダウンを可能にする Kリング・Kプレート

施工方法等詳細については下記までご連絡ください

製造・販売元 **静岡スチール**

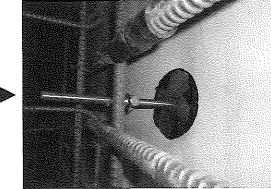
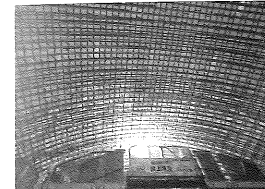
〒436-0342 静岡県掛川市上西郷 765-1
TEL: 0537-24-3886 FAX: 0537-24-3859
Mail: ktk@r5.dion.ne.jp

①アーチ鉄筋組立金物(Kリング) 特許出願中(特願 2001-309314号)

トンネル覆工工事におけるアーチ鉄筋組立金物。

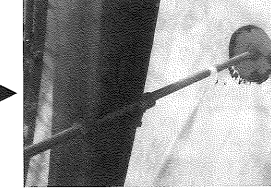
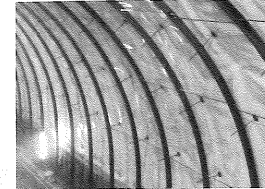
②トンネル覆工鉄筋防水シート接着ジベル筋組立(Kプレート) 特許出願中(特願 2015-037746号)

円型プレートを直接支保工下地防水シートに接着して使用します。Kリングと併用します。



ウォータータイト(全周止水)トンネルにおいて覆工コンクリートの鉄筋を自立させることによって、鉄筋受け架台の鋼製支保工コストの大幅削減を可能にすることができます。

鋼製支保工を設置した場合もKプレートをを使用することが可能です。



Kプレートで鋼製支保工を固定。架台の鋼製支保工の固定にも使用できます。

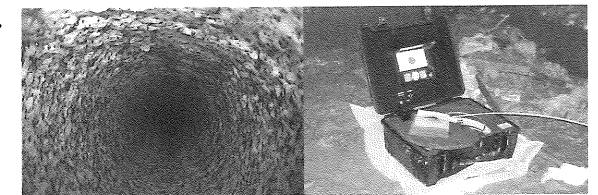
ジャンボによるRDV削孔検層 Research Drilling Visualization System

技術提案・創意工夫
採用実績 増加中！

ジャンボで検層 プラスαの提案

従来の削孔検層では、排泥水からの土質サンプリングや削孔エネルギーデータの取得情報等により地山状況を想定・判断していましたが、当システムでは削孔検層を実施した際、ポアホール内にファイバースコープカメラを挿入する事で、より確実に地山状況を可視化し判断する事が出来ます。現場・地山状況により、最適な削孔ツール・資機材を選定提案し施工しますので、幅広い状況に対応します。

- ・ジャンボでの削孔検層による前方地山の可視化。
- ・切羽安全性の事前評価材料。
- ・補助工法の採用検討材料。
- ・削孔検層データとの複合的な評価材料。
- ・湧水発生箇所の特定材料。
- ・静止画もしくは動画にて撮影、保存が可能。
- ・技術提案、創意工夫。



※地山の状況によっては、カメラ・ケーブルを挿入出来ない可能性もあります。

※ポアホールカメラではありませんので、ポアホール側面を円周状に捉える事は出来ません。

〈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
- ・長尺水抜き鋼管削孔システム
- ・LED照明
- ・ダンプ運行管理システム
- ・補助工法注入管理
- ・(吊鉄筋金具、コンクリート養生マット、安全用品、工具、他)



〈問い合わせ先〉

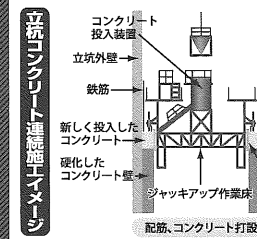
株式会社アローズ 代表取締役佐川和矢
Mobile: 080-1604-1097 (365days 24h OK)
〒168-0064 東京都杉並区永福2-36-4-107
TEL: 03-3327-7089 FAX: 03-6800-2163
E-mail: k.sagawa@arrows-sgw.com
URL: www.arrows-sgw.com

スーパージャッキシステム

トンネル・地下工事に貢献!

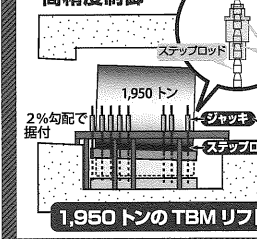
立坑スリップフォーム工法

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



シールドマシン・TBMアップダウン

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



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

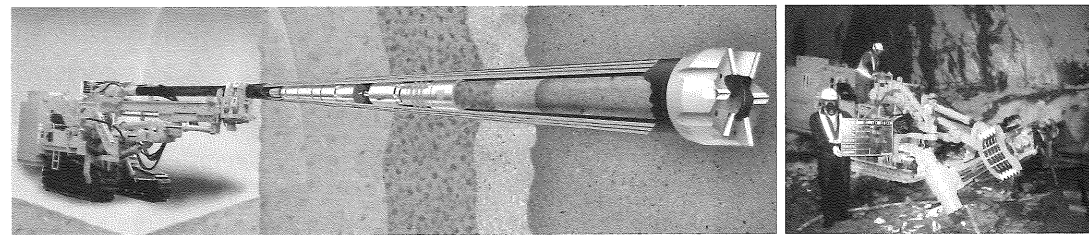
JFE シビル 株式会社
JFE 都市基盤営業部 特殊工法グループ

〒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

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行なえ、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 鉋研工業株式会社

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

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>

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

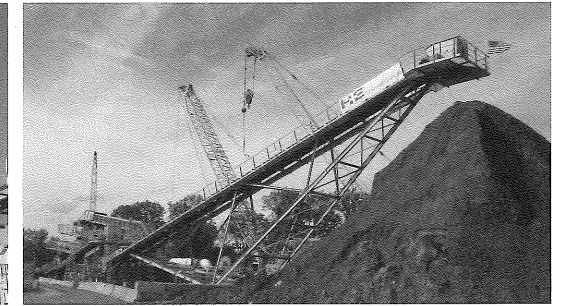
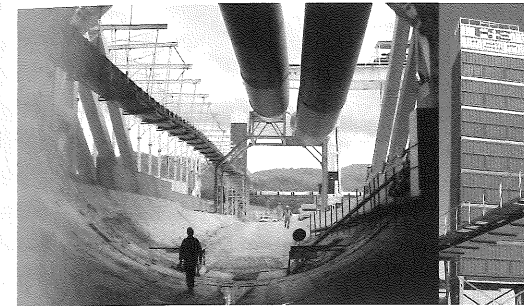
東北支店: (022) 762-6075
中国支店: (083) 972-8757

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

H+E
H+E LOGISTIK GMBH

Clever Conveying



Tunnel Diameter: 7.10 m
Min. Radius: 1,000 m
Miner: 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
Miner: 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

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

MIWA KIRUNA

K-40N トンネルズリ運搬車

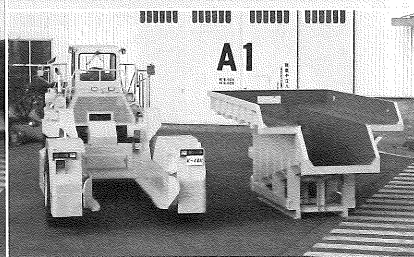
オフロード法 2014年排出ガス基準適合エンジン搭載車



最新型コンテナ式運搬車

特徴

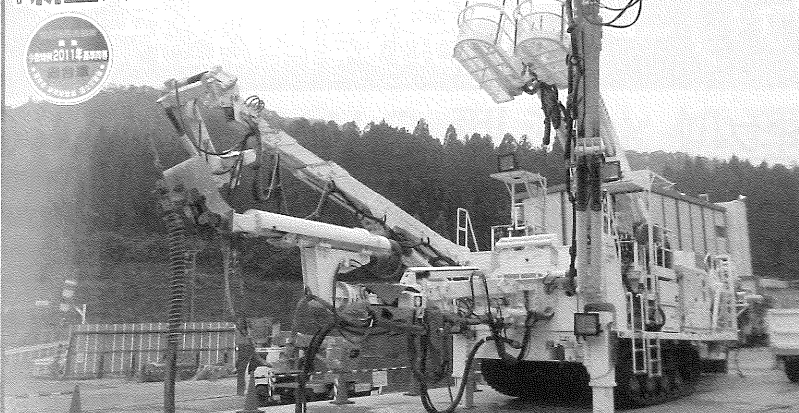
1. 工期短縮
2. 運搬車両台数の削減
3. 坑内作業環境の向上
4. ズリ搬出制約の対応
5. 多目的使用



流れすみやかに！トランスポート・イノベーション ミワ・システム車両
三輪運輸工業株式会社

本社 〒651-0072 神戸市中央区脇浜町 2-1-16
 TEL:078-251-5001 FAX:078-251-4525
 〒675-0155 兵庫県加古郡播磨町新島 39
 TEL:079-435-5115 FAX:079-435-1565
 http://www.miwa-gr.co.jp

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』

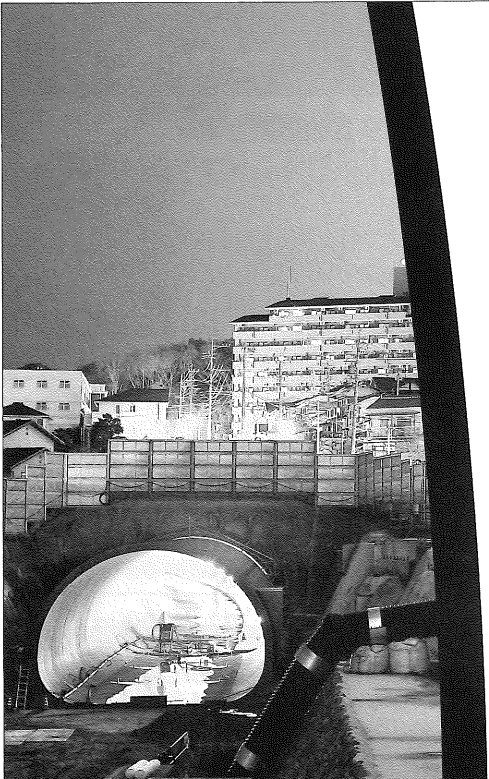
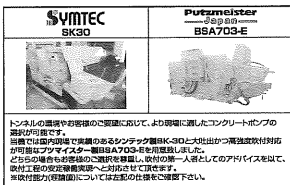


安全・操作性を徹底的に追求した次世代型吹付機！
 状況に応じキャッチャーやポンプの選択が可能！

項目	単位	仕様	項目	単位	仕様	項目	単位	仕様
1 型式		NSCP I-TN	10 鋼製重量	kg	137	11 バックネット		400
1-1 高さ	mm	1945(吊)	11 鋼製重量	kg	250	12 プーム取付高さ(上下)	mm	45-30
1-2 全長	mm	3115	12 プーム取付高さ(左右)	mm	25-25	13 プーム取付高さ(左右)	mm	25-25
1-3 全幅	mm	3200	13 プーム取付高さ(上下)	mm	45	14 作業範囲(幅)	mm	1000-600
2 質量	kg	4850(吊)	14 作業範囲(幅)	mm	1800	15 作業範囲(高さ)	mm	1500-600
3 吹付能力		SWTC 3000+4	15 作業範囲(高さ)	mm	120	16 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-1 吹付距離	m	30	16 作業範囲(長さ)	mm	1300-450	17 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-2 吹付速度	m ³ /h	30/30	17 作業範囲(長さ)	mm	45-20	18 コントラクター		対応可能
3-3 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	18 コントラクター		対応可能	19 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-4 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	19 作業範囲(長さ)	mm	55-15	20 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-5 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	20 作業範囲(長さ)	mm	20	21 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-6 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	21 作業範囲(長さ)	mm	40-50	22 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-7 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	22 作業範囲(長さ)	mm	100-40	23 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-8 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	23 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	24 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-9 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	24 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	25 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-10 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	25 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	26 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-11 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	26 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	27 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-12 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	27 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	28 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-13 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	28 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	29 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-14 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	29 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	30 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-15 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	30 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	31 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-16 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	31 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	32 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-17 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	32 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	33 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-18 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	33 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	34 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-19 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	34 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	35 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-20 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	35 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	36 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-21 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	36 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	37 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-22 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	37 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	38 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-23 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	38 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	39 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-24 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	39 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	40 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-25 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	40 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	41 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-26 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	41 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	42 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-27 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	42 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	43 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-28 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	43 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	44 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-29 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	44 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	45 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-30 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	45 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	46 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-31 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	46 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	47 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-32 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	47 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	48 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-33 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	48 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	49 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-34 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	49 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	50 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-35 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	50 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	51 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-36 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	51 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	52 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-37 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	52 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	53 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-38 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	53 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	54 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-39 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	54 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	55 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-40 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	55 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	56 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-41 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	56 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	57 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-42 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	57 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	58 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-43 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	58 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	59 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-44 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	59 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	60 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-45 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	60 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	61 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-46 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	61 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	62 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-47 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	62 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	63 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-48 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	63 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	64 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-49 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	64 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	65 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-50 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	65 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	66 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-51 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	66 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	67 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-52 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	67 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	68 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-53 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	68 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	69 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-54 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	69 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	70 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-55 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	70 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	71 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-56 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	71 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	72 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-57 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	72 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	73 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-58 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	73 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	74 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-59 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	74 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	75 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-60 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	75 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	76 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-61 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	76 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	77 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-62 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	77 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	78 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-63 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	78 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	79 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-64 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	79 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	80 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-65 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	80 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	81 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-66 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	81 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	82 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-67 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	82 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	83 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-68 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	83 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	84 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-69 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	84 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	85 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-70 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	85 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	86 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-71 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	86 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	87 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-72 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	87 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	88 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-73 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	88 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	89 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-74 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	89 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	90 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-75 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	90 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	91 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-76 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	91 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	92 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-77 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	92 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	93 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-78 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	93 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	94 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-79 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	94 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	95 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-80 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	95 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	96 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-81 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	96 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	97 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-82 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	97 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	98 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-83 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	98 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	99 作業範囲(長さ)	mm	1500-600
3-84 吹付圧力	kgf/cm ²	4.5	99 作業範囲(長さ)	mm	1500-600	100 作業範囲(長さ)	mm	1500-600

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

■北海道営業所 TEL:0133-72-3715
 ■東北営業所 TEL:0197-71-2405
 ■東日本支店 TEL:0268-62-1426
 ■浜松営業所 TEL:0538-66-0166
 ■西日本支店 TEL:072-677-2101
 ■九州支店 TEL:0982-26-2111
 ■福岡営業所 TEL:092-976-6331



振動 マネージメント ソリューション

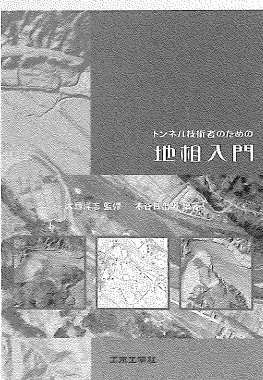
近接地に住居が存在する場合、振動の予測と管理を複雑高度な技術に頼らざるを得ません。利害関係は多岐にわたるので失敗をする余地は殆どありません。トンネル、道路、トレンチ、港湾、パイプライン等の掘削は、今後ますますコスト高となり、時間のかかる作業となってきました。

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います。

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。



好評発売中 地形にも人相がある 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

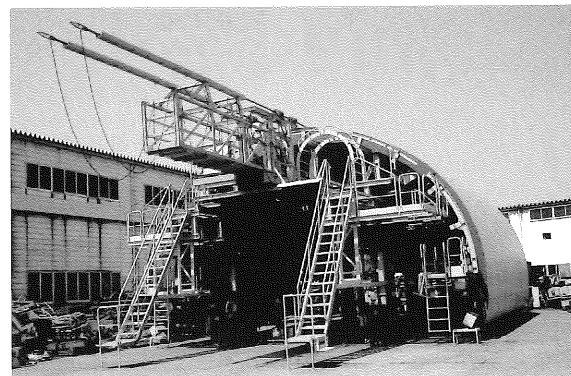
- 《主要目次》
- 序編 まえがき 地相は人相 山の性状
 - 第I編 地形から読み取れる情報
 地形から地相を読む方法 / 地形から得る具体的な情報
 - 第II編 地形種とトンネルの施工事例
 段丘・台地 / 崖錐・沖積錐・扇状地 / 傾斜層 / 地すべり / マスムーブメント・滑落崖 / 断層(断層変位地形) / 断層(断層削剥地形) / 火山地形 / カルスト地形・残丘 / 地形改変
 - 第III編 路線選定 地相をよく見て路線選定を行う
 あとがきにかえて 座談会

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



100.0m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

現場で培われる組織力と決断力

乗京 正弘 5

■報告

繊維補強吹付けコンクリートの現状と課題(2)

JTA技術委員会山岳工法小委員会支保ワーキング 53

■施工

史跡保護のため火山砕屑岩地山をV字形縦断線形で掘削

—九州新幹線西九州ルート 木場トンネル—

福山 拓郎・窪田 崇斗・藤野 晃 7

大規模な破碎帯と熱水変質地山における双設道路トンネルの施工

—新名神高速道路 野登トンネル—

伊原 泰之・谷本 泰雄・野田 正利・狭間 稔司 17

既設水路トンネル直下に超長尺大口径鋼管先受け工を坑内から打設

—大洲・八幡浜自動車道 千丈トンネル—

板橋 弘和・吉田 正樹・吉平 安生・諏訪 至 27

泥水・泥土圧併用シールドによる無水砂礫層の長距離掘進

—東京都水道局 第二朝霞東村山線—

藤川 和久・永田 亮・安部 春樹・堀 昭 35

■連載講座

トンネル新技術への挑戦(5)

—大断面省エネシールド工法—

「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 65

■現場だより

「神話とスポーツの町」宮崎市より

後藤 隆之 26

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

技術の変遷

高津 荘太 43

■資料

土木情報

編集部 34

工法・技術・製品ニュース

編集部 64

トンネルジャーナル


編集部 52

■会報

会報

日本トンネル技術協会 72

温泉とは？ 温泉の有効利用は？ この1冊であなたの疑問を解決します!!



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

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

お申し込みは当社へFAX, または, お近くの書店にてお申し込みください

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

【表紙説明】 既設水路トンネル直下に超長尺大口径鋼管先受け工を坑内から打設



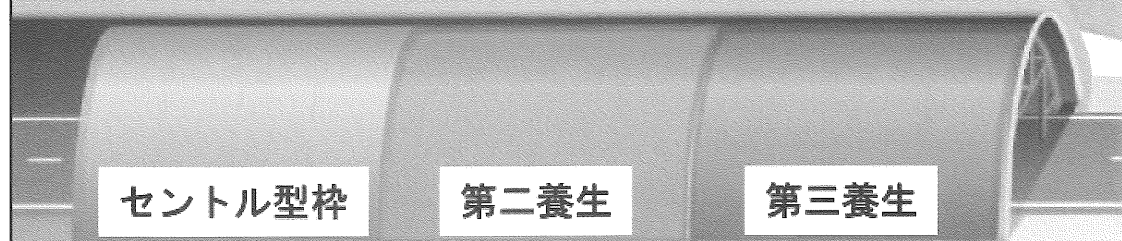
—大洲・八幡浜自動車道 千丈トンネル—
千丈トンネルは、延長1,809mの2車線の道路トンネルであり、トンネルの途中で既設水路の直下約10mを通過する計画となっていた。この区間の周辺には断層破碎帯の出現も予想されていたため、超長尺大口径鋼管(φ139.8mm)の先受け工(LL-Fp工法)を坑内から打設することで、既設水路に大きな沈下量を発生させることもなく、無事掘削を終了した。写真は、超長尺大口径鋼管打設状況である。

〔写真提供：愛媛県〕(本文27頁参照)

管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.CB-120032-A

コンクリートトータル養生システム



セントル型枠

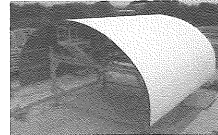
第二養生

第三養生

加温しながら初期強度を上げる
加温養生（型枠）



加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



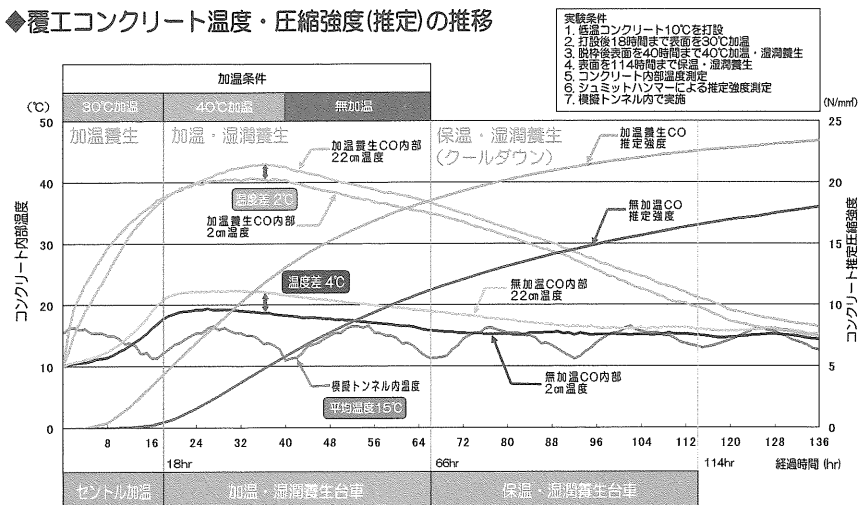
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



コンクリートの強度を予測管理
養生管理システム

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

◆覆工コンクリート温度・圧縮強度(推定)の推移



岐阜工業株式会社

本社 岐阜県瑞穂市田之上 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

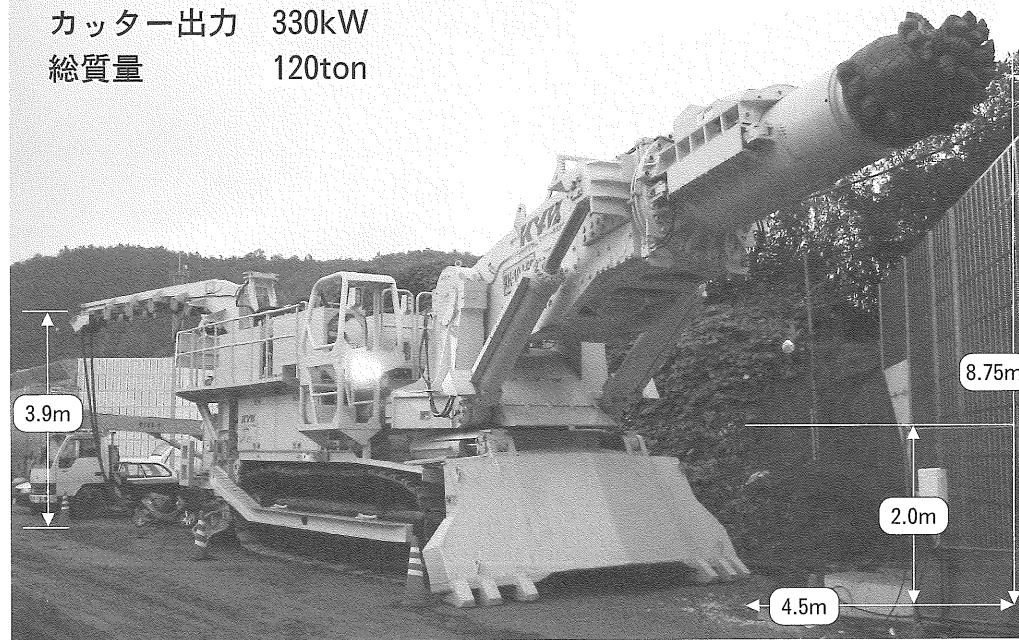
〔幹 事〕

- | | |
|---|---|
| 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
飛鳥建設株式会社土木事業本部
エンジニアリング部部长 |
| 岩 田 美 幸
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官 | 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 |
| 江戸川 修 一
清水建設株式会社土木技術本部
地下空間統括部長兼機械技術部長 | 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 |
| 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 | 吉 富 幸 雄
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル室参与 |
| 西 岡 和 則
鹿島建設株式会社土木管理本部統括技師長
(兼)土木管理本部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ビック消費量低減。
- ・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〕

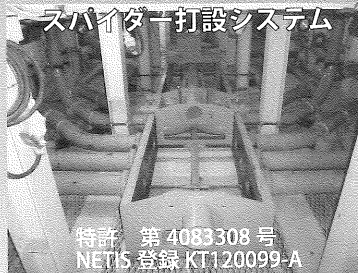
大島 洋 志 国際航業株式会社技術本部最高技術顧問 首都大学東京客員教授	松浦 将 行 地方共同法人日本下水道事業団理事
木谷 日出男 国際航業株式会社フェロー技術本部 土木地盤研究担当	山田 隆 昭 東日本高速道路(株)参与(シニアエキスパート)
今田 徹 東京都立大学名誉教授	

〔委員〕

家壽田 昌 司 東京都下水道局建設部設計調整課長	真下 英 人 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長	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
谷内 雅 之 東京都交通局建設工務部計画改良課長	焼田 真 司 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室長
中谷 誠 一 東京都水道局建設部工務課長	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
沼田 敦 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	綿引 秀 夫 東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー 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

スライダ打設システム

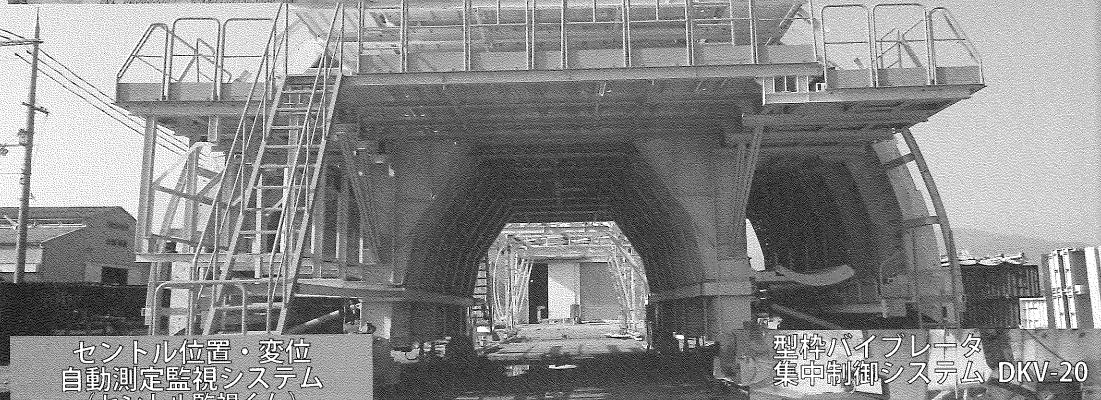


特許 第4083308号
NETIS登録KT120099-A

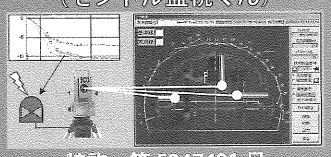
トンネル天端部懸垂パイププレート締固め工法



NETIS登録KK-120003-A

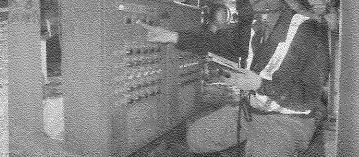


セントル位置・変位自動測定監視システム (セントル監視くん)



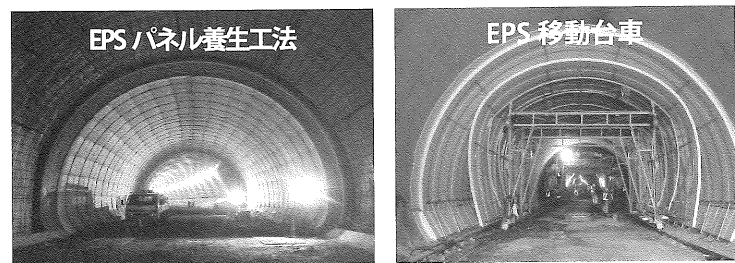
特許 第5247491号
NETIS登録KT-130037-A

型枠パイププレート集中制御システム DKV-20



NETIS登録KK-130066-A

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム



EPSパネルの保温性、保湿性が効く

実績および計画		
施主	実績	計画中
国土交通省	27	0
NEXCO	6	1
地方自治体	20	6
鉄道・運輸機構	1	0

平成27年8月31日 現在
実施権許諾第 10396号
NETIS登録 (No.CB-090003-VE)

一歩前進! ~限りない未来への挑戦~

大栄工機株式会社

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

トンネルと地下 VOL.47 No.4 掲載概要

掲載頁
7

史跡保護のため火山砕屑岩地山をV字形縦断線形で掘削
—九州新幹線西九州ルート 木場トンネル—

鉄道・運輸機構 福山 拓郎

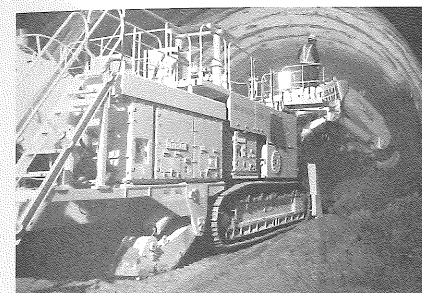
木場トンネルは、V字形の縦断線形を有し、火山砕屑岩を主体とした延長約2.9kmの山岳トンネルで、直上に住宅が密集しているほか、送電鉄塔や二級河川、長崎自動車道などの保安物件と交差している。工事は、硬質な巨礫混じりの火山砕屑岩を主体とした複雑な地質条件に対応可能な、大出力の中折れブーム付き自由断面掘削機を採用した。

本稿では、地下水位が高い地山を突込みで掘削するため、突発的なトンネル湧水に対応可能な強制排水設備の計画および路盤泥浄化対策や、保安物件直下の掘削における管理体制の構築、小土かぶり区間における止水、切羽安定対策など、施工における課題を挙げ、その対応についての検討結果および現時点までの施工実績について報告を行う。

Tunnelling along V-Shaped Longitudinal Alignment to Preserve Historic Site on Pyroclastic Rock Ground—Kyushu Shinkansen Nishi-Kyushu Route, Koba Tunnel—

By Takuro Fukuyama, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

The Koba Tunnel is a mountain tunnel of approx. 2.9km in length which has V-shaped longitudinal alignment and mainly passes through pyroclastic rock ground. In addition, it runs beneath a dense residential area and intersects with



写真は350kW級中折れブーム付き自由断面掘削機による掘削状況

some important structures such as electric transmission towers, a second-grade river and the Nagasaki Expressway. We used the high power roadheader with a folding boom which enable responses to complex geological conditions in mainly pyroclastic rock containing hard boulders.

This report provides information on construction challenges such as planning of forcible drainage facilities that can respond to unexpected welling water in the tunnel and prevention measures for muddy roadbed according to down grade excavation in the ground with high groundwater level, setting up of a management system in excavation directly underneath important structures and cutting off water and stabilizing cutting face under small overburden before showing the results of study for these responses and construction results up to present point.

掲載頁
17

大規模な破碎帯と熱水変質地山における双設道路トンネルの施工
—新名神高速道路 野登トンネル—

中日本高速道路(株) 伊原 泰之

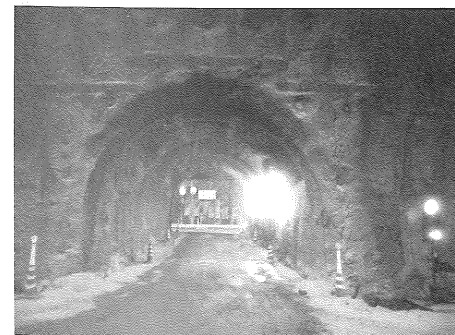
野登トンネルは、新名神高速道路の菟野IC~亀山西JCT間に位置する延長4.1kmの2車線道路トンネルである。野登トンネル東工事では、当初から、破碎帯区間と突発湧水の出現が想定されていたが、掘削の結果著しい変形を伴う大規模な破碎帯と熱水変質地山が存在することが判明した。そこで、効果的な水抜き工法の採用に加え、観察や計測データにもとづいた補助工法と地山に適合した支保パターンを選定することで掘削を無事完了させた。また、当該区間においては、双設トンネルの切羽接近に伴う相互影響をなくすためには、5D(50m程度)の離れが必要であることを検証した。

Twin Road Tunnels in Ground with Large-Scale Fractured Zone and Hydrothermal Alteration Zone

—Shin-Meishin Expressway, Nonobori Tunnel—

By Yasuyuki Ihara, Central Nippon Expressway Company Limited

The Nonobori Tunnel is a two-lane road tunnel of 4.1km in length located between Komono IC and Kameyama-Nishi



写真は段差のない避難連絡坑の活用状況

Junction on the Shin-Meishin Expressway. Emergence of fractured zone and welling water during excavation was estimated from the planning phase of the Nonobori Tunnel East works, but it was ascertained that a large-scale fractured zone with marked deformation and hydrothermal alteration zone existed by a result of excavation. Consequently, as well as adopting effective drainage, selecting auxiliary methods based on observation and measurement data and selecting suitable tunnel support for the ground brought about completion of excavation without problem. In addition, the necessity of a distance of 5D (around 50m) between the twin tunnels was verified in concerned section in order to neutralize the reciprocal effects involved in approximation of cutting faces of the twin tunnels.

現場で培われる組織力と決断力

飛鳥建設(株)専務執行役員(本協会評議員)

乗京 正弘

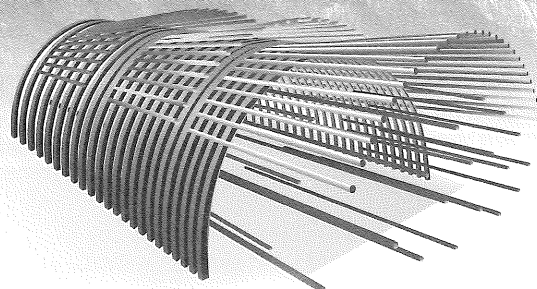


昨年のラグビーワールドカップでは日本チームの南アフリカ戦の逆転トライに思わず大きな声を上げてしまった。ノーサイドまでのラストプレイ、ペナルティゴールで同点を狙う選択もあったが、チームリーダーの選択はスクラム、そして逆転トライ。学生時代をアメリカンフットボールに明け暮れた私も、その決断には驚嘆し、共感した。日頃の練習で積み上げることしかできない自信のなせる業である。強いチームには強い組織力と決断力がある。彼らは2019年に日本で開催されるラグビーワールドカップを目指して「歴史を変える」という目標に向かって計画的に組織を作り直し、鍛え上げた。私たちも社会資本を構築するプロとして強い組織力と決断力が求められる。

トンネル工事は大地という自然を相手にしている。トンネル技術者は工事と向き合ったときに可能な限り緻密な計画を練らなければならない。本人の経験だけでなく多くの先人の経験を十分活用した計画でなければ、工事中に発生する突発的な事象には対応できない。その意味で本誌の役割りは非常に大きい。

さらに、いくら立派な計画でも施工段階において適切な運営をしていかなければ意味がない。トンネルは地中深くに構造物を構築する工事なので、事前の調査が十分できないため計画とは違った条件変更やトラブルとの遭遇は当たり前と言ってもよいくらいに頻発する。トンネル工事を運営していくには危険を危険と感じることができる力が重要である。この力は現場の所長だけが優れていてもできるわけではない。職員、作業員一人ひとりが自然(あるいは機械や材料)の声に耳を傾け、これらの声を所長に伝えていくことができる力が必要である。トンネルに配属された新入社員はどんな仕事よりも「現場に張り付くこと」を教えられ、切羽の変化や機械の異常や材料の特質などを見極める感覚を身に付ける。そして、こうした事象を適切にタイムリーに上司に伝えなければならない。すなわち、優れたトンネル技術者はこれらの声を正確に聞き分ける力を持って

ユニークな発想でVEを提案

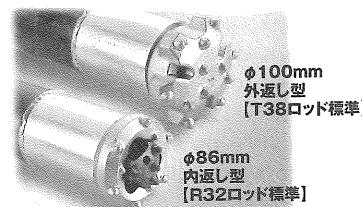
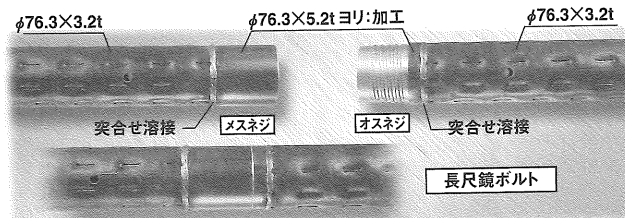


NETIS登録申請中

ストロング

FIXチューブ(S型)

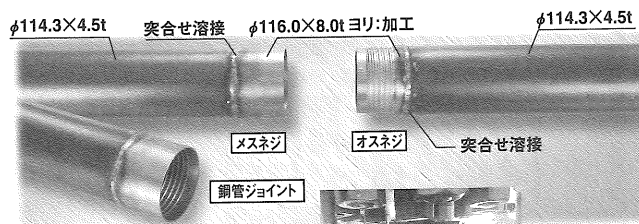
- ※長尺鏡ボルトは凹み面状の鋼管で周辺地山をしっかりとFIXします。
- ※長尺フォアパイリングのねじ強度改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



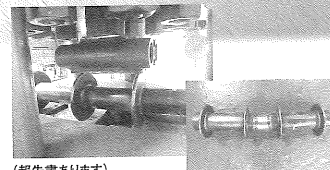
NETIS No.KK-150045-A

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!



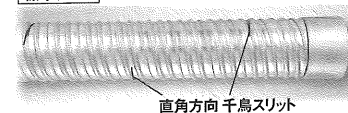
曲げ耐力30%UP!!



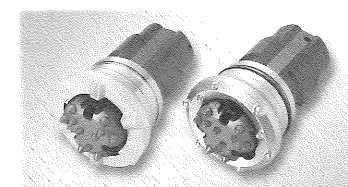
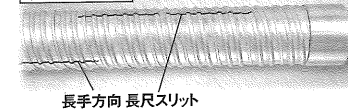
(報告書あります) 接続部の抗折力試験

撤去管の選択

標準タイプ



解体分別タイプ



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
- ※高速フォアポーリング: SP-IF工法
- ※高速ルートパイル: SPフィックスパイル工法
- ※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

STE

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

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

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

いるだけでなく、他者に伝える能力を持っていなければいけない。組織力とはこうした個々の能力の連携にもとづいている。現場では組織力を発揮することで危険を回避でき、ダメージを最小限に抑えることができる。

トンネル現場に限らず組織に求められる能力のひとつがトップの決断力である。個々の能力が優れており組織としてのポテンシャルがいくら高くても、方針を決定すべきときに決断できなければ優れた組織とは言えない。所長の責任は重大である。所長にはいろいろなタイプがあり、「所長はこうでなければならない」と一括りにはできない。ただ、概していえることは優秀な所長は経験も知識も豊富ではあるが万能とは限らないということである。『韓非子』という古典に「名君というのは、知恵のある臣下に策を練らせ、その上に立って決断を下す。だから知恵が足りなくて困ることはない。」とある。現場の所長にもあてはまる言葉である。

ゼネコンにとって現場は組織の最小単位であり、基本である。現場では組織力と決断力が求められる事象が繰り返される。職員は所長を将来の目標として(時には反面教師として)一挙手一投足に注目する。時には所長自ら手取り、足取り若手職員に教える場面もある。私も含めて多くの職員がこうした環境で鍛えられ、成長していくことができた。時には土木技術だけではなく、企業人、社会人としての基本についても指導され身に付けていくことができた。しかし、近年は現場における職員構成の高年齢化や若年層の不足により、こうした伝承が難しくなりつつある。私たちのいわゆる団塊の世代の大量退職を控えて、次の世代にいかん伝えていくか、そのために若年層にとって魅力ある環境をいかに作っていくかが喫緊の課題である。

2020年の東京オリンピック・パラリンピック、中央リニアなどの新幹線整備といったビックプロジェクトに加えて、道路、鉄道、上下水道といったインフラの老朽化に伴う維持、修繕、更新といった長寿命化の工事も今後急増していくことが予想されている。こうした工事も過去の経験にもとづいて計画されるが、ますますマニュアルどおりのマネジメントで進めることができない工事が多くなるであろう。今後、建設業界にもIoT、高性能ロボットの開発などの技術革新が進められ、職員、作業員が苦勞してきた作業の一部が軽減されることになっていくだろうが、今まで以上に強い組織力と決断力が求められる続けることは間違いない。

施工

史跡保護のため火山碎屑岩地山をV字形縦断線形で掘削

—九州新幹線西九州ルート 木場トンネル—

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局大村鉄道建設所主任 福山 拓郎

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局大村鉄道建設所所長 窪田 崇斗

清水・青木あすなろ・菱興特定建設工事共同企業体監理技術者 藤野 晃

1 はじめに

木場トンネルは、現在建設中の九州新幹線西九州ルート(武雄温泉～長崎間)のうち、新大村(仮称)駅・諫早駅間に位置する延長約2.9kmの山岳トンネルである(図-1)。

2015(平成27)年5月よりトンネル終点方に位置する斜路(延長90m)の掘削を開始、同年7月より本坑掘削に着手し、起点方に本坑掘削を進めている。現在の本坑掘削延長は、約520m(2015(平成27)年12月中旬時点、切羽位置武雄温泉起点

36km320m付近)である。

本トンネルは、直上に住宅が密集しており(写真-1)、道路や河川、送電鉄塔などの重要構造物と複数箇所で見交差している。また、ルート上に存在する国指定候補の史跡(三城城跡)を保護する観点から、新幹線本線を地下構造とするため、縦断線形を下げた線形計画とした。その結果、前後区間の地形条件などの制約により、本トンネルはV字形の縦断線形を有するトンネルとなっている(図-2)。

本稿では、住宅密集地下を貫く木場トンネルの施工における課題を挙げ、その対応についての検討結果、および現時点までの施工実績について報告を行う。

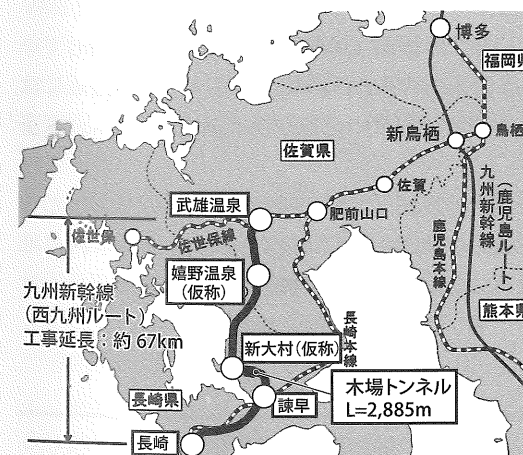


図-1 位置図



写真-1 木場トンネル直上の住宅密集地

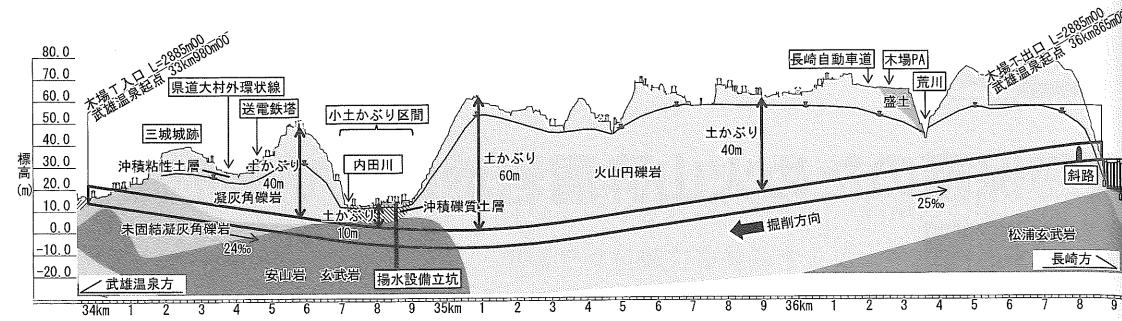


図-2 地質縦断面図



図-3 木場トンネル位置平面図(国土地理院地図に加筆)

2 地形・地質概要

本トンネルは、経ヶ岳を最高峰とする多良岳地域の西端に位置しており、大村湾にかけて扇状地性の地形となっている。複数の山頂を持つ多良岳地域は火山性の山地であり、噴出源を中心に直径約25kmにわたり放射状に山裾を広げている(図-3)。浸食などの影響により東西方向に多くの谷が形成され、河川として西流している。本トンネルが直下を通過する内田川もそのひとつである。

当該地質は、第四紀更新世の火山砕屑岩を主体とし、起点方坑口から約500m間は安山岩の上部に固結度の低い基質を含む凝灰角礫岩が、起点方坑口から500～1,000m付近の約500m区間は流紋岩の貫入変質部を含む安山岩が、そこから終点方

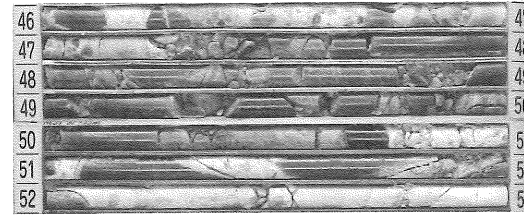


写真-2 巨礫混りの火山円礫岩(35km500m付近ボーリング結果)



写真-3 巨礫出現状況(36km833m付近)

坑口までは固結度の高い火山円礫岩が堆積している。終点方の火山円礫岩の掘削対象深度付近には、最大径2m程度の巨礫が多く含まれている(写真-2, 3)。

また、地表部は部分的に浸食を受けて谷地形を形成しており、とくに34km850m付近は河川堆積物である完新世の崩壊性が著しい砂礫層または粘土混じり砂礫層が厚く堆積している。

3 木場トンネルの特徴

本トンネルは、V字形の縦断線形となっているため、トンネル湧水については、最深部に設けた

貯留箇所から内田川付近の揚水設備立坑へ導水したのち、立坑から地上に揚水し、近傍の雨水幹線に強制排水する計画である。事前に浸透流解析を実施し、想定湧水量(3.5m³/min)に対応する揚水設備の計画をしているが、本坑掘削時の湧水状況を確認のうえ、最終的な仕様を決定する予定である。

トンネル直上は全般的に高度な土地利用がなされており、トンネル作業ヤードを終点方坑口付近にしか設けることができなかったため、終点方からの片押し掘削(単独切羽による1方向の掘削条件)となる。さらに、終点方から内田川付近までの区間は、突込み掘削となるため、掘削中はポンプによる強制排水を行っている。

また、34km700～900m付近の約200mにわたり、住宅が密集した小土かぶり区間となっており、最小土かぶりは1D(D:トンネル掘削幅、約10m)未満であるため(図-2)、騒音・振動抑制対策が必要である。

4 木場トンネルの掘削における課題

4-1 周辺環境への配慮と安定した掘削進行の確保

木場トンネルは、住宅密集地下での掘削となるため、騒音、振動などによる周辺環境への影響を低減する必要がある。また、地元協議の難航に伴う施工計画の変更によりトンネル準備工の着手が遅延したため、片押し掘削による安定した掘削進行(平均月進100m程度)の確保が不可欠であり、硬質な巨礫混じりの火山砕屑岩を主体とした複雑な地質条件に対応できる掘削方式を選定する必要がある。

4-2 突込み掘削におけるトンネル湧水の処理

終点方から内田川付近までの区間は、突込みでの片押し掘削になり、湧水量は1kmあたり1m³/min以上となることが想定されているため、ポンプ容量は、突発湧水を念頭に置いた湧水量をもとに、揚程などを考慮して決定する必要がある。また、坑内湧水が切羽付近に集中するため、施工中の路盤が泥濘化するおそれがある。濁水処理設備

に関する、突発湧水に対応可能な設備として計画しなければならない。

4-3 保安物件交差区間の掘削時管理体制の構築

本トンネルは起点側から、県道大村外環状線、送電鉄塔、二級河川内田川、長崎自動車道、木場PA、準用河川荒川など、重要物件との交差が多数あり、それぞれに対して地表面沈下対策、止水対策などが必要となり、坑内外の計測方法および管理体制の構築が重要となる。

4-4 小土かぶり区間における止水対策および切羽安定対策

34km700～900m付近の小土かぶり区間は、トンネル天端上部に固結度が低く透水性の高い強風化礫質土が堆積している。とくに、内田川の河床部分は土かぶりが約6mと小さいため、河川水のトンネル内への引込みなどを防止する必要がある。施工性と経済性を考慮した有効な補助工法の選定が必要となる。

5 課題への対応(検討結果と施工実績)

5-1 掘削方式の選定

木場トンネルの掘削を計画するにあたり、地山条件、周辺環境、施工条件などが類似している一般国道324号(長崎出島バイパス)オランダ坂トンネルの施工事例を参考とした(表-1)。

掘削方式は、周辺環境へ与える騒音および振動の影響を考慮し、自由断面掘削機による機械掘削方式を採用した。小土かぶり区間の安山岩の一軸圧縮強さの最大値が150N/mm²を超えており、硬岩の掘削に対応可能な大出力の自由断面掘削機が必須とされる。本トンネルは、350kW級の中折れブーム付き自由断面掘削機を採用することで、5m程度の十分なベンチ長を確保しつつ全断面掘削を行うことが可能となり、切羽の安定性を高めながら掘削進行の向上を図ることができている(写真-4)。

現在までの最大日進は8.4m、最大月進は134.4m(2015(平成27)年9月)を記録している。

なお、終点側の火山円礫岩層には礫径1～2m

表-1 木場トンネルとオランダ坂トンネルの比較

トンネル名		木場トンネル	オランダ坂トンネル
延長		2,885m	上り2,923m, 下り2,967m
内空断面		約70m ²	約70m ²
地質	おもな地質	未固結凝灰角礫岩, 凝灰角礫岩, 安山岩	未固結凝灰角礫岩, 凝灰角礫岩, 安山岩
	一軸圧縮強度(最大値)	約150N/mm ²	約170N/mm ²
	巨礫の有無	あり(礫径1~2m)	あり(礫径1~3m)
周辺環境	住宅	土かぶり6~20mの小土かぶり区間約200mに住宅が密集	土かぶり7~20mの小土かぶり区間約500mに住宅が密集
	井戸	約300か所	約700か所
掘削工法		割岩併用補助ベンチ付き全断面掘削工法	割岩併用補助ベンチ付き全断面掘削工法
掘削方式		機械掘削(片押し突込み施工) (350kW級中折れブーム付き自由断面掘削機)	機械掘削(片押し突込み施工) (300kW級自由断面掘削機)

※木場トンネルの地質はボーリングデータより推測

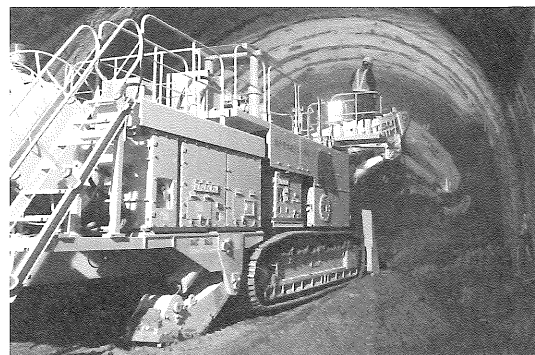


写真-4 350kW級中折れブーム付き自由断面掘削機による掘削状況

程度の巨礫が出現することが予測されるため、必要に応じて割岩工法を併用することを計画している。現時点では、2m程度の巨礫の出現頻度はまれであるため、自由断面掘削機と大型ブレイカーで切削およびコソクを行い対応している。また、ずり運搬について、サイクルタイムの短縮およびずり搬出に伴う夜間の騒音抑制を目的として、切羽でのずり処理を短時間にでき、夜間のずりを坑内に仮置きできるベッセルダンプを採用した(写真-5)。

5-2 騒音, 振動測定結果

2015(平成27)年9月末, 36km600m付近の掘削時に, 直上の家屋(土かぶり約40m)の住人から騒音, 振動の苦情があった。その苦情を受け, 36km520m付近掘削時に直上の屋外(土かぶり約

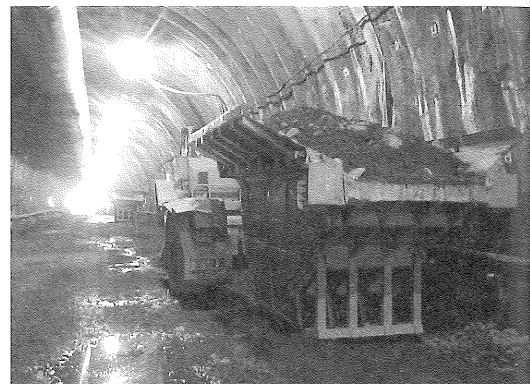


写真-5 ベッセルダンプによるずり仮置き状況

40m)にて騒音, 振動測定を実施した。

騒音の最大値は, 自由断面掘削機による切削作業時の58dBであった。振動については, ブレイカーによるコソク作業時の50dBが最大となった。自由断面掘削機による切削作業時の振動は平均40dB前後であり, 既往調査における土かぶり約40mでの振動予測値とおおむね一致の結果となっている。

騒音, 振動ともに環境基準値内の数値であったが, 感じ方は心理的, 感覚的な要素が強く, 建物による揺れの増幅も考えられることから, 騒音・振動レベルの数値だけでは判断できないところもある。今後はより住宅の密集した地区直下の掘削となることから, 騒音・振動測定を随時行い, 巨礫の除去に油圧クサビによる割岩工法¹⁾を採用す

るなど, 周辺環境に配慮した掘削を行う必要がある。

なお, オランダ坂トンネル工事における住民への聞き取り調査では, 自治会を通じてトンネル工事の予定を回覧などにより事前に伝えていたにもかかわらず, 騒音, 振動について, どのような音がするか, いつごろからするかなど情報が, 事前であれば感じ方も違っていたという話が多く聞かれたという報告がある²⁾。

本トンネルも掘削工事の前に地元説明会を行っているが, 地元に対して, 事前に十分な説明を直接行くとともに, 切羽が通過する前に住民宅へ伺い, 事前周知を今後も密に行うなどして, 理解を得られるよう配慮を行う予定である。

5-3 トンネル掘削時の湧水状況と排水処理

5-3-1 トンネル湧水状況と周辺井戸への影響

2015(平成27)年12月中旬時点でのトンネル総湧水量は約600L/minであり(図-4), おおむね想定どおりとなっている。2015(平成27)年9月上旬および下旬に切羽および前方探査孔からの湧水が急増した(最大約1,500L/min)が, いずれも一時的な湧水であった。

木場トンネルの周辺直上には約300か所の井戸が存在し, トンネル掘削に伴い, 周辺井戸への影響が発生することが予測される。2015(平成27)年は例年に比べ多雨の傾向が続いていたこともあり, 10月までは観測対象の井戸について過去の観測結果の季節変化と同程度の低下に収まっていたが, 11月から季節変化以上の低下が見られる(図-5, 6)。今後はトンネル掘削の影響範囲にある井戸について, 水位の低下が起こることが予測されるため, 引き続き注意深く観察していく。

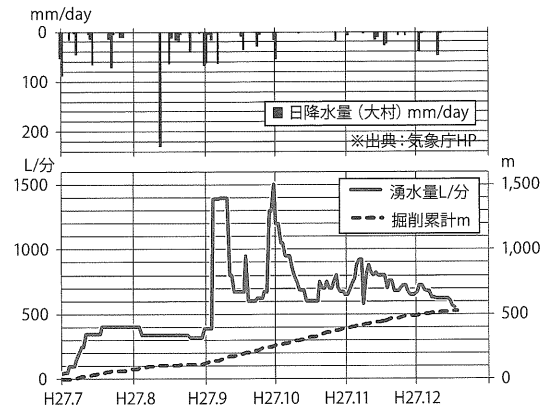


図-4 トンネル湧水量の推移



図-5 出口方井戸位置図

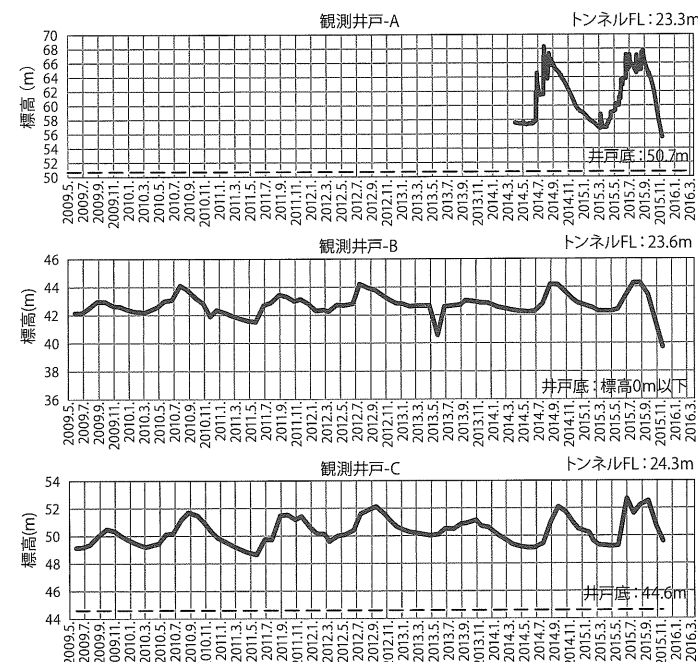


図-6 井戸水位グラフ

5-3-2 排水処理

本トンネルはV字形の縦断勾配を有しているため、強制排水を行っている。終点方から内田川付近までの約1,800m間は、縦断勾配25‰の突込み掘削となるため、施工中の排水処理に、とくに留意する必要がある。ロックボルトや前方探查孔からの湧水状況に応じて、約50～100m間隔で釜場を設け、口径3～8inのポンプにより中継排水している。

また、濁水処理設備は突発的な湧水に対応できるように、処理能力300t/hの濁水処理設備を設置している。

5-3-3 路盤泥濘化防止対策

突込み掘削のため、切羽周辺の湧水は、切羽付近に集水するのに加え、路盤から自噴している箇所が多い。さらに、ずり出しをサイドダンプとベッセルダンプで行うため、路盤は泥濘化し、作業効率が低下する原因となっている。泥濘化防止対策として、栗石による置換やロードマットの設置を行っている(写真-6)。なお、発生した巨礫を小割りし、栗石として活用している。

また、掘削したずりは切羽付近に集水した水と混ざり、含水比が高くなってしまふ。礫分が少なく、マトリクスが粘土分主体の区間では(写真-7)、ずりは泥土状になり、ずり運搬が困難となる。その際は、ずりの積込みをサイドダンプではなくバックホウで行うことで、切羽前に集水した水に触れる土を極力減らし、ずり処理を行っている。

5-4 長崎自動車道、木場PAおよび荒川直下の掘削

5-4-1 管理値の設定

土かぶり約40mで交差する長崎自動車道および木場PAと、スマートインターチェンジ設置に伴う地下化工事を行っている荒川函渠(トンネルとの離隔:約10m)(図-7)について、FEM解析による沈下予測を行い、管理基準の設定を行った。長崎自動車道本線の土かぶりが最小となる箇所(土かぶり

39m)を検討断面として、2次元線形弾性FEM解析を行った結果、掘削完了時の地表面沈下量の推定値は16.3mmとなった(図-8)。この値は、NEXCO保全点検要領で示す「わだち割れ」における管理限界値25mmを下回るが、判定の標準ではA1～A3(損傷、変状があり、機能低下が見ら



写真-6 栗石・ロードマットによる路盤泥濘化対策状況

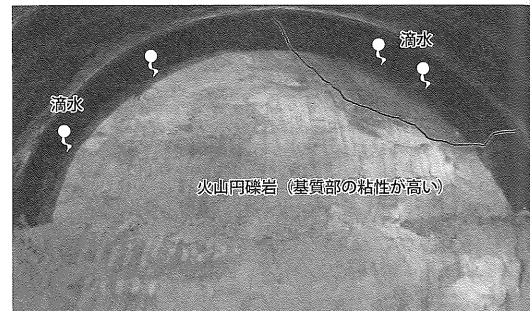


写真-7 切羽写真(36km590m付近)

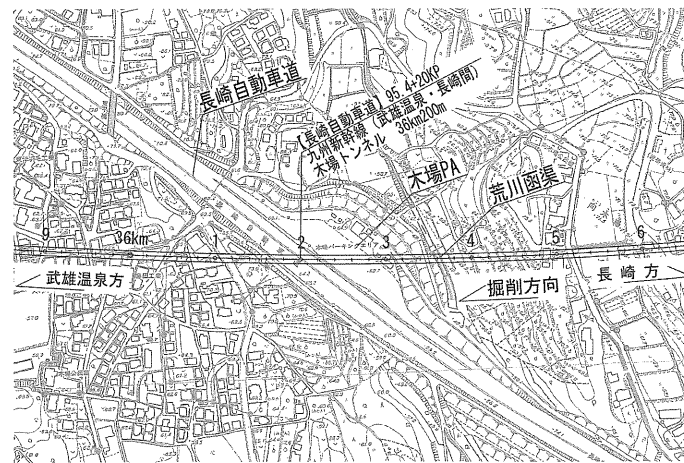


図-7 長崎自動車道交差点部平面図

れ補修が必要であるが、速やかに補修を要しない場合)に相当する。

管理者と協議の結果、木場トンネル掘削時には観測施工による影響度の把握が必要となった。このため、都市部山岳工法トンネルにおける管理レベルの実績を参考に、本トンネル掘削における各

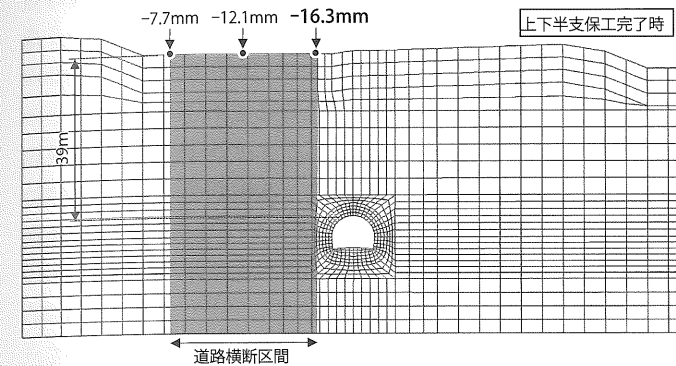


図-8 FEM解析による沈下量予測結果

表-2 長崎自動車道沈下に対する管理基準

管理レベル	変位量	計測頻度	管理体制
変位なし	0 mm	1回/2日	通常施工
I 未満	変位確認	1回/1日	通常施工 計測体制強化
I	6～12mm	2回/1日	通常施工 計測体制強化 作業員への注意喚起
	管理限界値比0.25～0.5		
II	12～21mm	2回/1日	掘削方法、対策工の検討
	管理限界値比0.5～0.85		
III	21mm以上	2回/1日	作業中止 対策工の実施
	管理限界値比0.85～		

管理レベル(管理限界値との比)を以下のように定めた。

レベル I : 0.25～0.5

レベル II : 0.5～0.85

レベル III : 0.85～

以上をもとに、管理限界値25mmに対し、長崎自動車道沈下に対する管理基準を設定した(表-2)。

なお、設計支保パターンは荒川函渠直下: I_{N-1p} [鋼製支保工H125(上下半)、吹付けコンクリート(最小厚150mm)、ロックボルト(L=3m×14本)], およびそれ以外の区間: I_{N-2p} [鋼製支保工H125(上半)、吹付けコンクリート(最小厚125mm)、ロックボルト(L=3m×10本)]である(図-9)。

5-4-2 計測管理体制

計測位置は、長崎自動車道および木場PAに隣接する側道において、本線を挟んで3断面×3か所=9か所(No.1～9)に実施することとした(図-10)。さらに、No.1～9における管理レベルがI以上となった場合(地表面沈下量が6mmを超えた場合)、追加で木場PA内の計測(No.10～12)を行うこととした。計測箇所が高速道路本線外であるため、地表面沈下計測はオートレベルとスタッフを使用した人力に

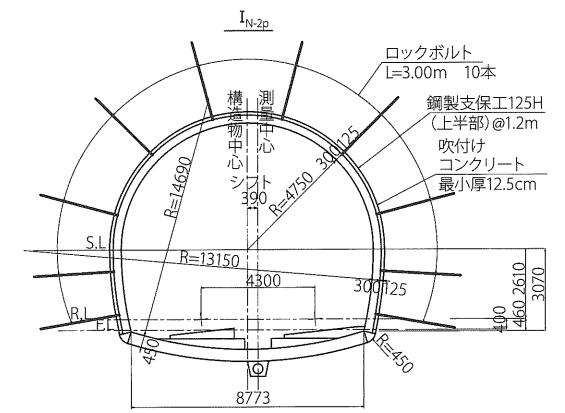
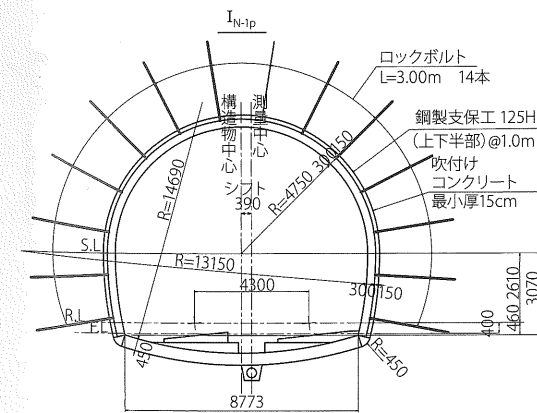


図-9 トンネル支保パターン図

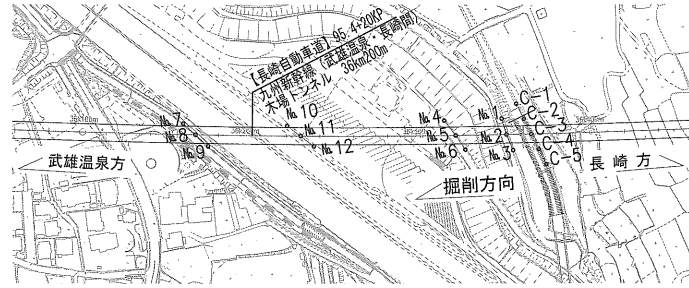


図-10 計測位置平面図

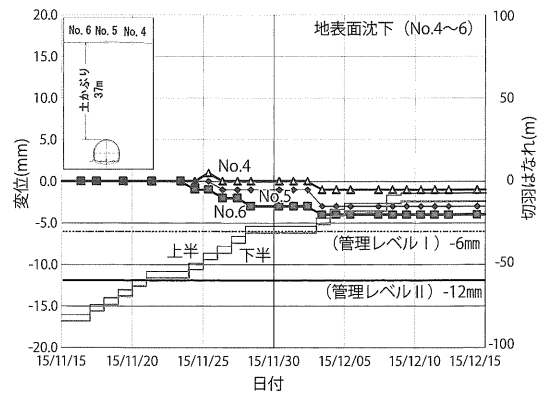
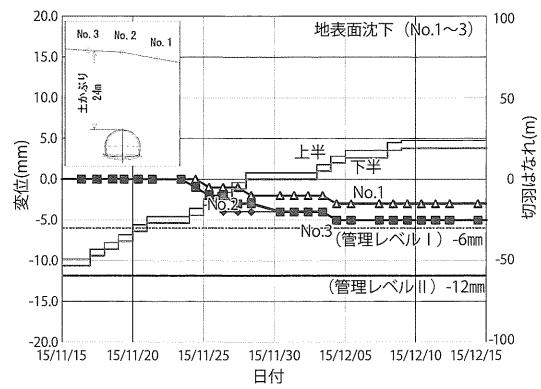
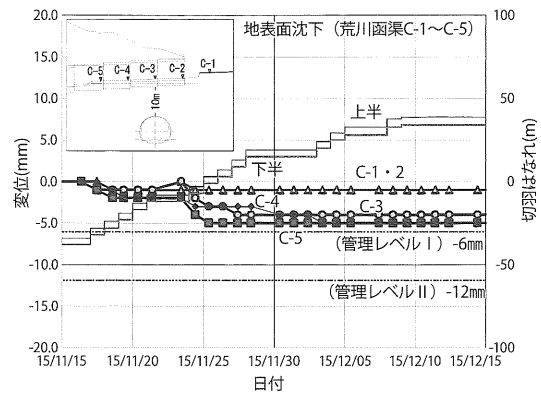


図-11 沈下計測結果

より行う。

荒川函渠については、管渠内管理用通路部5か所(C-1~5)を同様に人力で沈下計測を行うこととした。

5-4-3 計測経過報告

2015(平成27)年11月上旬より影響範囲の掘削を開始し、12月中旬時点(切羽位置:36km325m付近)で、地表面沈下はいずれの箇所も管理レベルI未満(6mm未満)となっている(図-11)。

荒川函渠(C-1~5)については、切羽が約30m手前に到達した時点より沈下が発生し、現時点で最大5mmの沈下となっている。荒川函渠の掘削影響範囲を通過しており、沈下はほぼ収束しつつあると考えられる。

長崎自動車道の隣接側道(No.1~6)について、切羽が荒川函渠を通過したところ(側道の約20m手

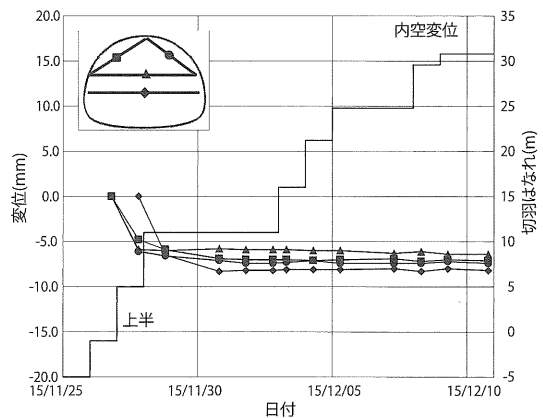
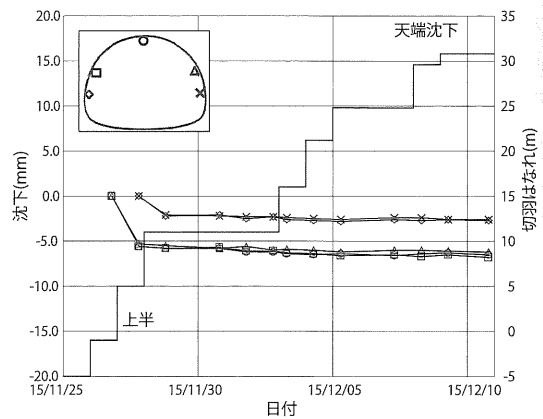


図-12 坑内計測結果(36km355m)

前)より地表面沈下の変位が発生した。現時点で最大5mmの沈下となっている。

影響範囲内における坑内A計測は5~10mピッチで計測を行っており、天端沈下で最大7mm、内空変位で最大8mmとなっている(図-12)。

2016(平成28)年1~2月ごろに木場トンネルの切羽が長崎自動車道本線直下を通過する予定である。今後も引続き、地表面沈下計測、坑内計測、切羽状況および穿孔探査結果などを確認しながら、細心の注意を払い掘削を行っていく。なお、同様の地質(火山円礫岩が主体)、同程度の土かぶり(数十m)の箇所の掘削において、内空変位、天端沈下ともに10mm以内で収束しているため、補助工法については設計段階では考えていない。今後A計測および地表面沈下計測の結果を確認しながら、補助工法の施工の必要性を検討する。

5-5 小土かぶり区間における補助工法の選定

5-5-1 対策工の目的

34km705~900m付近の小土かぶり区間に対する対策は、以下に示す2つの目的をもった区間に分けることができる。

(1) 止水対策区間(34km705~733m)

内田川からのトンネル内への河川水の浸透を防

止することが目的の区間である。

既往の地質調査より、トンネル天端付近は強風化凝灰角礫岩となっており、トンネル掘削に伴い天端のゆるみ領域から地下水が大量に流入することが懸念される。インバート付近は風化安山岩であり、局部的に亀裂が発達し地下水の移動が確認されることから、透水性の高い区間も存在すると予想されるので、インバート部からの地下水流入の可能性も無視できない。

(2) 切羽安定対策区間(34km733m~900m)

トンネル切羽上に現れる砂礫層、風化安山岩および流紋岩貫入変質部などの脆弱層に対して、切羽の安定を図ることが目的の区間である。また、終点側の赤佐古2号雨水幹線からトンネル内への河川水の浸透を防止することも必要な対策となっている。

砂礫層はシルトを不均一に混合しN値も低い。想定地下水位も高いことから透水性の高い不安定な状態になることが想定される。切羽付近の風化安山岩は風化の度合いによる岩相変化が大きく、流紋岩の貫入体が予想される区間周辺で、強風化層が分布し、その前後には風化層が分布している。貫入体は脆弱化が進んでいるため、トンネル掘削

表-3 内田川付近における対策工法の選定

	薬液注入工法(坑外からの対策)	注入式長尺受け工法(坑内からの対策)
概要図		
施工性	トンネル掘削に先駆けて地表からの施工が可能。 ○	切羽からの施工のため、掘削サイクルタイムに影響する。 △
効果の 確実性	透水性を抑え、河川水の流入を抑制することが可能。 ○	透水性を抑え、河川水の流入を抑制することが可能。 ○
経済性	同等	
総合評価	○	△

において、十分に注意する必要がある。

5-5-2 対策工の選定

当該区間の地表部は住宅密集地となっているが、トンネル直上部は鉄道事業用地として買収する計画であり、地表からの対策工の施工が可能である。そのため、トンネル坑内からの対策工(薬液注入工法)の比較検討を行った。その結果、トンネル掘削に先駆けて地表からの施工が可能であり、施工性や確実性に優れた薬液注入工法を採用することとした(表-3)。

5-5-3 薬液注入計画の概要

(1) 止水対策区間(34km705~733m)

河川管理者との交差協議の中で、施工中はもとより、将来的にも河川水をトンネル内に絶対に浸透させてはならない、との条件がある重要な区間であるため、トンネル全周にわたって改良を行う計画である。

改良厚さについては、沢部では一般に地下水の供給は豊富であるが、水圧はさほど高くないことから、他の施工事例を参考にトンネル全周に3mとして計画した。

(2) 切羽安定対策区間(34km733~900m)

地層、岩相に応じて、トンネル円周方向の施工範囲をパターン分けし、改良を行う予定である。

5-5-4 注入試験計画

当該区間は、特殊な地盤条件、施工環境であるため、設計上の不確定な要素を確認することを目的に、注入試験を行う予定である。

注入試験より、注入工法の妥当性および適切な注入材、注入率などの検討を行う。以下に試験で検討を行うおもな内容について、概要を記載する。

(1) 注入工法

注入工法は対象地盤の地層、岩相に応じて、適切な工法を選定する。砂礫層や強風化安山岩、凝灰角礫岩などの脆弱層に関しては、孔壁の自立が

困難なため、事前に注入外管を設置し、管周囲のシーリングを行うことが可能な二重管ダブルパッカー工法を採用することを考えている。風化の度合いが小さい安山岩に関しては、岩盤を対象とし、亀裂への充填により止水性を高める工法であるステージ注入工法を採用することを考えている。

(2) 注入材

注入材料は各対象区間に求められる目的および対象地盤の地質、岩相に応じて選定し、注入試験により効果を確認したうえで最終決定を行う。

止水対策区間では、恒久的な止水注入効果と均質な改良効果が得られる材料が好ましい。また、河川直下の改良となるため、環境面に配慮した材料であることも重要である。

切羽安定対策区間では、耐久性の高い注入効果を発揮できる材料を選定する必要がある。

6 おわりに

2015(平成27)年12月中旬時点で、約520mの本坑掘削が完了したところであり、平均月進100m程度の安定的な進行の確保ができていく状況である。今後、周辺環境へのさらなる配慮、小土かぶり区間における事前対策工、突込み掘削におけるトンネル湧水の処理など、さまざまな問題を解決する必要がある。今後とも九州新幹線(西九州)、トンネルの設計、施工に関する検討委員会(委員長:江崎哲郎・九州大学名誉教授)の委員各位にご指導、ご鞭撻のほどお願い申し上げます次第である。

参考文献

- 1) 佐々木郁夫・村里静則・梅野純一:都市部住宅密集地に構築する道路トンネルの環境対策とその実効果,土と基礎,Vol.50, No.7, pp.4-7, 2002.
- 2) 村里静則・村嶋光明・伊東博司・蔣宇静・棚橋由彦:オランダ坂トンネル工事による地表部の振動騒音に関する住民アンケートの調査と解析,長崎大学工学部研究報告,Vol.31, No.56, pp.81-86, 2001.

施工

大規模な破碎帯と熱水変質地山における双設道路トンネルの施工

—新名神高速道路 野登トンネル—

中日本高速道路(株)名古屋支社四日市工事事務所鈴鹿亀山工事区工事長 伊原 泰之
 中日本高速道路(株)名古屋支社四日市工事事務所鈴鹿亀山工事区係長 谷本 泰雄
 (株)大林組新名神野登東工事事務所所長 野田 正利
 (株)大林組新名神野登東工事事務所工事長 狭間 稔司

伴う相互影響、および工程短縮策などについて述べる。

2 工事概要

野登トンネル東工事は、図-1のように三重県鈴鹿山脈の南端近くにある野登山(標高851.6m)を北東-南西方向に貫く長さ約4.1kmのトンネルの東側(名古屋側)と、鈴鹿PA(仮称)を含む、総延長約4.8kmの大規模工事である。野登トンネルは、掘削延長が上り線1,763m、下り線1,746mの2車線トンネルであり、名古屋から大阪方面に向けて

1 はじめに

新名神高速道路(以下、「新名神」)は、新東名高速道路とともに首都圏、中京圏、近畿圏を結ぶ日本の新たな大動脈として整備が進められている。新名神の整備により、名神高速道路(以下、「現名神」)や東名阪自動車道(以下、「東名阪道」)などの適切な交通分担が図られ、

- ① 日常的に発生している東名阪道の渋滞解消
- ② 現名神、東名阪道の大规模改築時の迂回路としての機能
- ③ 大規模災害(東海、東南海、南海地震など)の際の緊急輸送路としての機能

などが期待されている。

野登トンネルは新名神の孤野IC(仮称)~亀山西JCT(仮称)間に位置する、延長約4.1kmの双設トンネルであり、完成すれば、三重県で最長の道路トンネルとなる。

本稿では、野登トンネル東工事における大規模な破碎帯区間における切羽安定化対策と支保構造、切羽の接近に

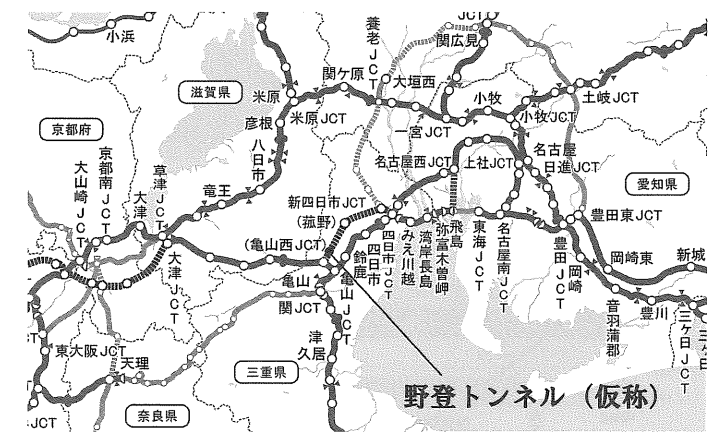


図-1 現場位置図

掘削を行うものである。
工事内容は以下のとおりである。
トンネル工(NATM)：

- 上り線1,763m, 下り線：1,746m
- 掘削断面積：90.2m²(図-2)
- 盛土工：1,600千m³(土工延長L=2,921m)
- 橋梁下部工：8基
- 堰堤工：2基
- 函渠工：7基

3 地形・地質概要

野登トンネルは、一級河川鈴鹿川水系安楽川と安楽川の支流の御幣川に挟まれた山地～丘陵地を

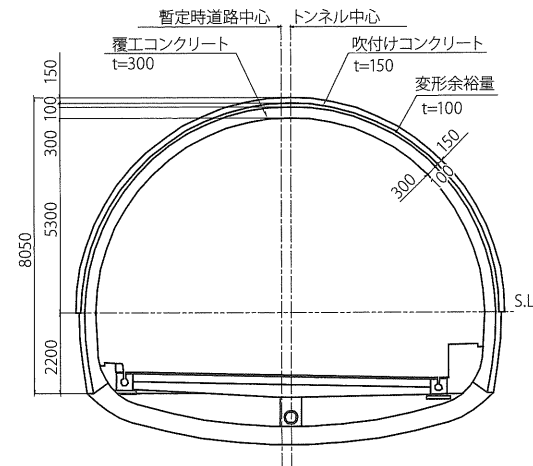


図-2 標準断面図

貫く。計画高は標高約165～200mである。野登山を構成する地質は、中世白亜紀の領家花崗岩類に属する野登山花崗閃緑岩であり、本路線沿いに広く分布する。坑口側には野登山花崗閃緑岩に接し、粘板岩に閃緑岩が一部貫入し、坑口付近には、新第三紀の堆積層である奄芸層群が分布する。坑口部は、段丘堆積物からなる礫混じりの土砂状地山が約300m連続した。図-3に示すようにトンネル天端付近に段丘堆積物の基底面が連続しているため、礫の抜落ちや切羽の崩壊が懸念された。作業の安全性確保の観点から切羽および天端の安定化対策が重要であった。

その後、出現する断層破碎帯は、設計延長210mと脆弱な花崗閃緑岩と粘板岩の互層と想定されていた。実際の施工では破碎帯は900mと、さらに大規模となり、かつ地山強度比が2以下であった。このため、トンネル掘削に伴う内空変位の増



図-5 切羽状況STA.425+21.0

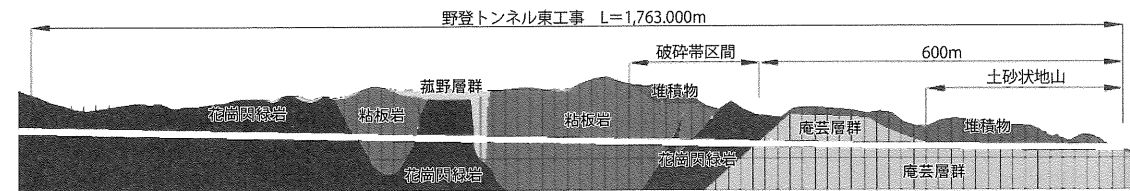


図-3 トンネル地質縦断面図

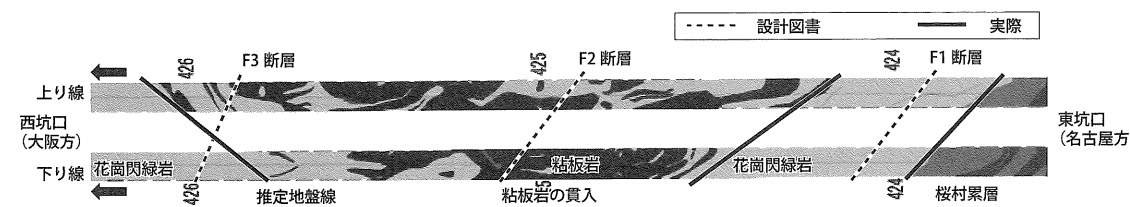


図-4 切羽観察展開平面図

大と支保部材の変状が発生し、加えて上下線が近接する影響も確認された。

今回対象となる花崗閃緑岩と粘板岩からなる破碎帯について、図-4に切羽ごとの観察記録にもとづいて作成した地質展開図を示す。設計図書に記された断層の位置はF1, F2, F3であるが、実際には花崗閃緑岩と粘板岩の明瞭な層境はなく、粘板岩に花崗閃緑岩が貫入しているものと考えられる。この区間は図-5に示すように花崗閃緑岩と粘板岩が複雑に混在しており、花崗閃緑岩は、著しく熱水変質を受け粘土状にまで粉碎されている。

4 破碎帯区間における施工上の問題点

4-1 地質調査による懸案事項

本トンネルはボーリングなどの地質調査の結果、以下の懸案事項があった。

- ① 地山強度比2以下で切羽自立性が低い
- ② 破碎帯の存在による突発湧水
- ③ 上下線の併設による相互影響

4-2 破碎帯区間における施工状況

4-2-1 内空変位の増大

想定されていた破碎帯は延長210mの規模であり、その区間は長尺鋼管フォアバイリング工法(以下「AGF」)を主体とした補助工法により地山を補強することで突破することができた。一方、当初の破碎帯を通過した区間でも破碎帯が続き、土かぶりも大きくなるにつれ、著しい変形が発生した。

現場では、前日に設置した支保工がミシミシと音を立て、吹付け面に圧迫感を感じるほどの張りがあった。以下に現場で発生した事象を列挙する。

- ① 断層破碎帯では掘削直後から1D時点の内空変位量70mmを超える変位が発生し、切羽の停止中や下半掘削後も変形が増大する傾向にあった。

② 熱水変質した花崗閃緑岩は、岩塊相互の固結が弱いため、切羽の崩落が著しく自立性が低い。

③ 湧水により地山の細粒分が洗い流され、地山強度が低下した。

④ 箱抜き箇所では隅角部に応力集中が発生し、吹付けコンクリートが剝離した。

これらの事象が、最終的に図-6に示す延長L=900mにわたって発生し、破碎帯が当初より大規模であることが判明した。

4-2-2 上下線切羽の接近による相互影響

本工事では上り線を100～200m程度先行したあとに、下り線の掘削を開始した。しかしながら、新たに出現した大規模な破碎帯は当初予想した以上に広範囲に及んでいた。そのため、周辺地山の軟弱性が明らかとなり、上下線間で切羽の接近による影響が発生する結果となった。

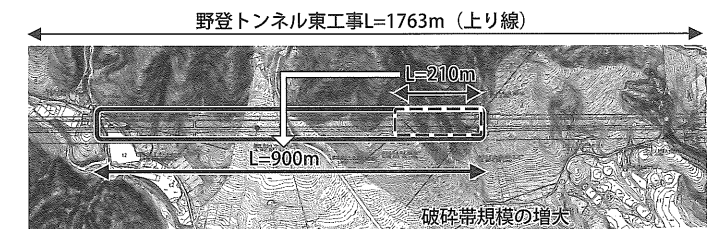


図-6 地質平面図

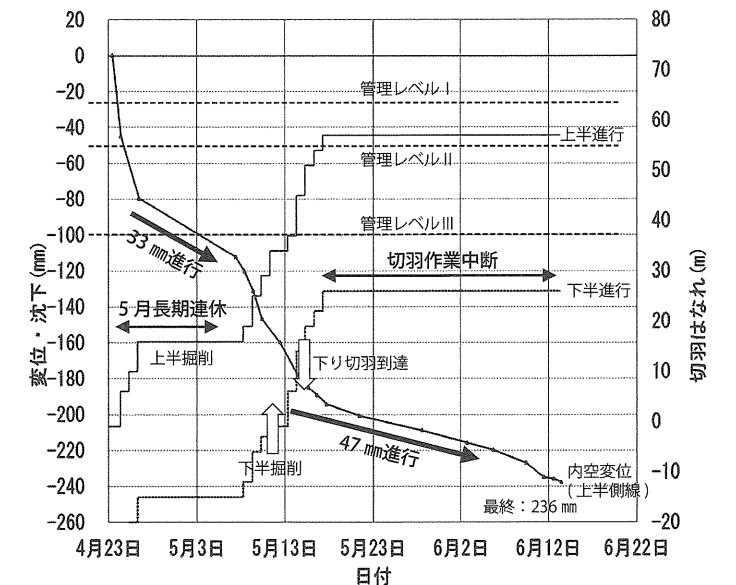


図-7 内空変位(STA.425+21.0)

図-7は、とくに変位の大きかったSTA.425 + 21.0(TD: 725m)における上り線の内空変位のグラフである。破碎帯区間は、当初設計では変形余裕量100mmを想定した支保パターン(D II)となっていた。しかし実際には、変位が急激に増加し、掘削から3日間で管理基準値II (50mm)を超え、最終的に236mmとなった。当初のD II区間の管理基準値IIIは、直接ひずみ法により求めた値から、先行変位を40%と仮定し、それを差し引いて39mmとしていたが、管理基準値を1日で超える場合があり、基準値の見直しを行った(レベルI: 25mm, レベルII: 50mm, レベルIII: 100mm)。5月の連休中は、掘削作業を行っていないが、図中に示すとおり変位の速度は緩くなるものの、その10日間に33mmの変位が進行した。下半掘削や下り線の切羽到達の影響を受け変位が進行したことから、その後、変位の抑制対策工のため掘削作業を中断したが、この期間も47mmの変位が進行した。そのため、変形余裕量100mmを超える変位量となったことから、最終的には209m区間にわたって縫返しを行った。

4-2-3 変位の卓越箇所の状況

変位が卓越する区間でトータルステーションを用いて断面計測を行った。図-8にその結果の変位カウンター図を示す。濃淡で変形を表現しているが、濃くなるにつれ変位が大きいことを示している。ここで、トンネル外側の濃淡に関しては箱抜きに

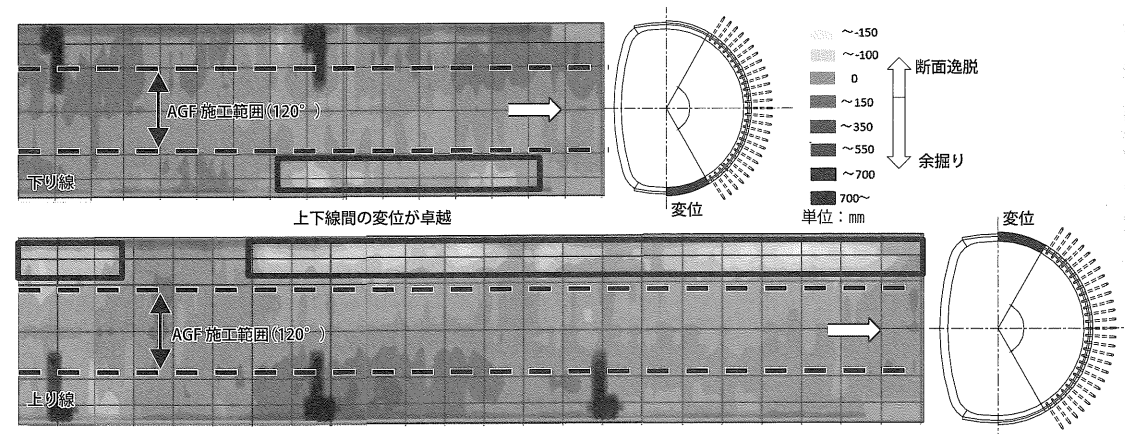


図-8 上下線の変位カウンター図

よる余掘りを示している。図から、上下線間の変位が卓越しており、とくにAGFの打設範囲外の部分においてそれが顕著である。AGFによる周辺地山の改良は変位抑制にも有効であることが示されている。

本トンネルは、軟弱な地山で上下線を同時に掘削しているため、その影響を相互に受ける。周辺地山の応力状態は、単独のトンネルの場合と異なり、図-9のように上下線間それぞれの掘削によるゆるみ領域が干渉し、ゆるみ土圧が発生する。併設トンネルでは、相互にほとんど影響がなくなる間隔は、軟弱な地山の場合、トンネル中心間隔で掘削幅の5倍程度といわれている¹⁾が、当現場の上下線トンネルの離隔は、3倍程度しかない。そのため、上下線の掘削により応力解放の影響を相互に受けており、変位が卓越したと想定される。

一方、AGFの打設範囲は、鋼管の剛性と形成された改良体が、派生するゆるみ土圧に抵抗したため、AGFの打設範囲外に集中して大きな変位が発生したと考えられる。

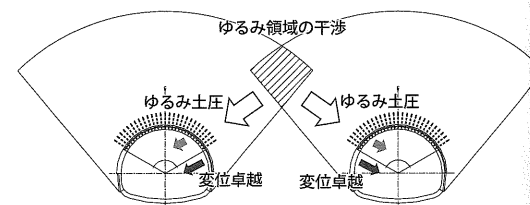


図-9 近接トンネルの近接影響

5 破碎帯区間における対策工の検討

5-1 変形に対する対策

5-1-1 掘削工法の検討

変状発生箇所には、写真-1のように第1段階として、増しロックボルトの打設と鋼製支保工の連結により、支保剛性の向上を図った。しかしながら、対策を施したにもかかわらず変位は増加し続けたため、さらに吹付けコンクリートの厚さを150mmから200mmに変更して施工を進めた。加えて、地質の地山強度比が低く、変位が進行を続けているため、長期的な安定対策が不可欠であった。

長期的な対策工を決定するにあたり、表-1のように工法の比較を行った。1つは変位に対する変形余裕量を増加させること。もう1つは、補助工法による対策を行うことである。以下に工法の比較を示す。

変形余裕量の増加については、すでに変位が最大で200mmを超える箇所があり、仮にそれ以上の

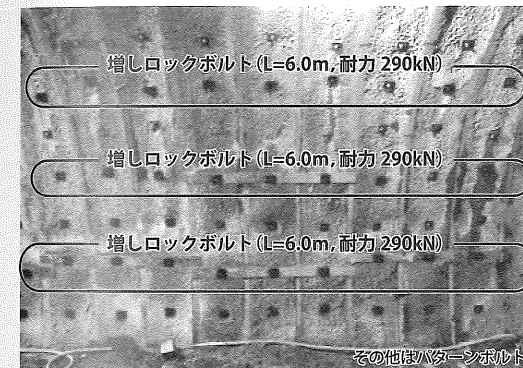


写真-1 増しロックボルトと支保工連結

変形余裕量を持たせると支保部材が破壊される懸念があることや、後述する上下線相互の切羽の接近による影響を考慮して、今回は不採用とした。インバートによる断面の閉合は、上・下半掘削の作業を中断しなくてはならないという短所があるが、変位抑制に対しては非常に高い効果が期待できるため採用することとした。AGF工法は、上記で示したとおり、当現場では、変位抑制に対する効果が期待できることに加え、破碎帯の軟弱な地山の切羽の安定性も向上できることから採用することとした。

5-1-2 インバート構造の検討

変位抑制をするためには、インバートの設置による断面閉合がもっとも効果的である。AGFによる対策後も変位が進行していることから、1次インバート(HH108×104+吹付け100mm)の施工が妥当と判断した。本設のインバートは、施工に時間を要することや、変位に伴ってクラックなどが発生した場合には、本設のインバートの打替えが発生し、掘削内空に与える影響が多くなることから、1次インバートを施工し、その効果について計測を行いながら確認することで段階的な構造物とした。

今回採用した1次インバートは、本設インバートの設計断面外に設置することで、1次支保工によってトンネルの全周を閉合することになる。インバート耐力が本設とは別途確保できるため、より長期的なトンネルの安定効果が期待できる。

表-2に変位の大きかった断面の内空変位量(δ₁)と天端沈下量(δ₂)の関係を示す。

表-1 対策工比較表

	変形余裕量の増加	インバート	AGF工法
特徴	・変形余裕量を100mm→200mmとし変形を許容する ・覆工巻厚を確保する	・断面閉合にて変位を抑制する	・荷重を分散し周辺の地山剛性を高めることで変形を抑制する
長所	・工事費が安価 ・段取りが容易	・変位抑制に対して高い効果 ・長期的安定が確保できる	・切羽の安定性向上 ・地山周辺の剛性アップで変位抑制に高い効果
短所	・変形が収束しない場合、縫返しまたは新たな補強が必要 ・切羽の安定に寄与しない	・掘削速度の低下 ・上下半掘削作業の中断	・工事費がかかる
判定	不採用	採用	採用

表-2 破碎帯区間の内空変位と天端沈下の関係

測点	内空変位 δ_1 (mm)	天端沈下 δ_2 (mm)	δ_1/δ_2
STA.424+77.0	-130.9	-77.4	1.7
STA.424+90.0	-177.5	-81.2	2.2
STA.425+1.0	-167.7	-98.0	1.7
STA.425+10.0	-188.6	-93.3	2.0
STA.425+21.0	-237.7	-95.5	2.5
STA.425+34.0	-216.3	-101.6	2.1
STA.425+51.0	-252.4	-92.2	2.7

当該区間においては、大きな内空変位が発生したことや地質的にも脆弱な地山であり、長期的な変位抑制と安定性の確保が求められていることから、図-10のように1次インバートは吹付けコンクリートのみではなく、H形鋼のストラット付きの構造とした。ストラット構造とすることで、吹付けコンクリートの強度発現までの施工初期における支保効果が期待できる。

5-1-3 1次インバートによる閉合効果

図-11に縫返しを行ったあとの対策工として1次インバートの施工後の内空変位の結果を示す。この図から、閉合前まで、著しい変位速度であったが、閉合後は変位速度が大幅に減少し、3~4か月を要したものの、最終的に収束に至った。ここで注目すべき点は、縫返し前後の変位速度(傾き)である。縫返し後においても1次インバートの施工を行うまでは、縫返し前と同様の変位速度で変位が進行している。このため、仮に変形余裕量を増やす対策を取っていても支保の剛性が不足しており、変位を抑制することは不可能で、その許容値を超えるのは時間の問題であったといえる。

以上の結果、1次インバート閉合は、これによる変位抑制効果を定量的に確認でき、不良地山における変位抑制対策として非常に有効であることがわかった。

5-2 上下線の切羽接近による相互影響対策
5-2-1 AGF打設範囲の拡大

4-2-3項で示したとおり、想定よりも地山が不良であり、上下線間のトンネル中心離隔が不十分

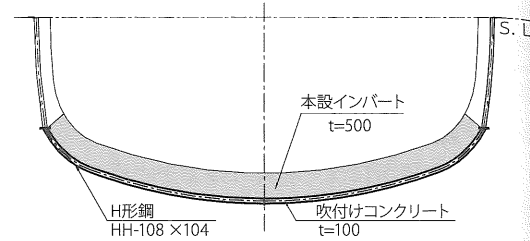


図-10 1次インバート断面図

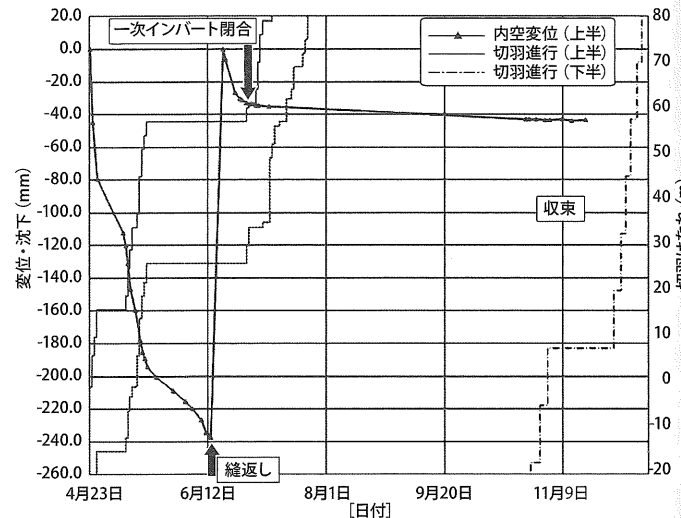


図-11 1次インバート後の内空変位(STA.425+21.0)

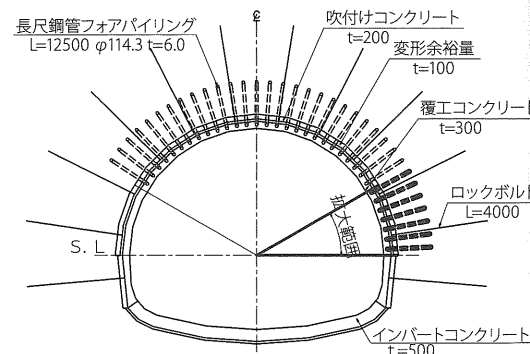


図-12 AGF打設範囲拡大図

であるため、上下線のトンネルにおいて、互いに隣接する側の壁面の変位が卓越している。とくに、AGFの打設範囲の外側が顕著であった。そこで、図-12のように、近接の影響を受ける側の側壁部へ、AGFを追加で施工して、変位の抑制を行うこととした。設計では120°の範囲に27本打設する構造であるが、図-12に示すとおり鋼管を7本追加して合計34本とし、150°に打設範囲を拡げ

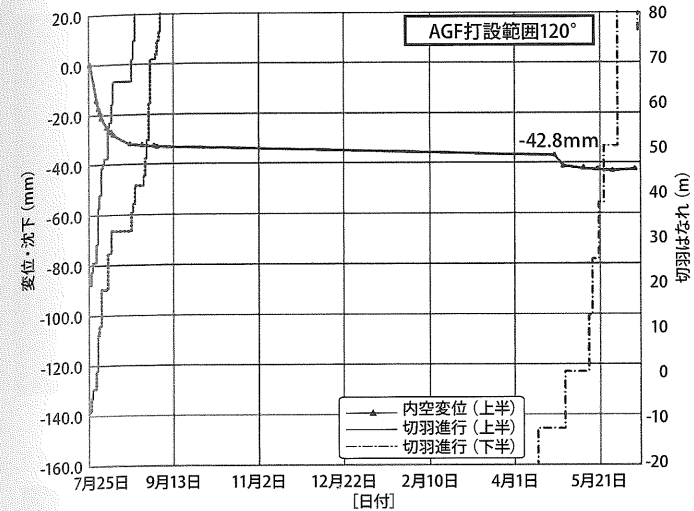


図-13 内空変位(STA.426+55.0)

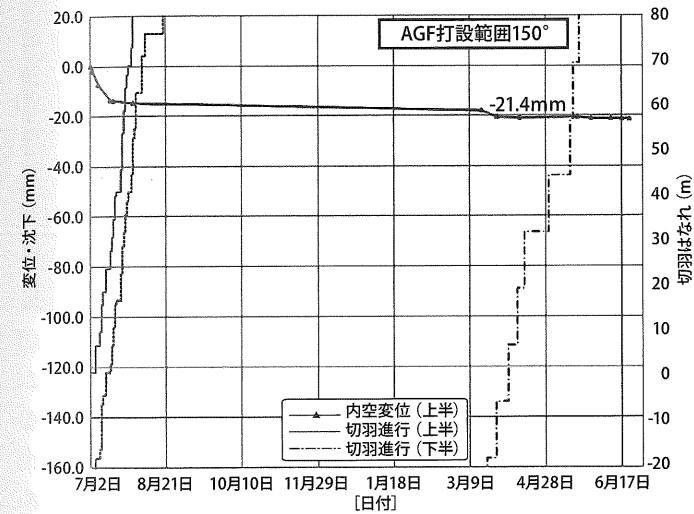


図-14 内空変位(STA.426+11.0)

ている。

5-2-2 打設範囲拡大の検証

図-13にAGFの打設範囲を通常の120°で実施した場合と、図-14にAGFの打設範囲を150°に拡大した場合の内空変位計測結果を示す。打設範囲の拡大により、内空変位は-42.8mmから-21.4mmと、約50%低減し、支保剛性の増強効果を定量的に把握できた。

5-2-3 上下線同時施工による相互影響の検証

双設トンネルにおける上下線切羽の接近による変位の影響を内空変位の初期値と最終値の相関から検証を行った。

図-15は上下線の切羽位置が50m(5D)以内に接近して施工した場合、図-16は50m以上の離隔を確保して施工した場合のそれぞれの相関図である。

両者を比較すると、切羽の離れが50m以上か、以下かで、初期変位速度と最終内空変位量との相関が異なることがわかる。これは、トンネル掘削による影響が切羽前方2Dから掘削後2Dまでと仮定すると、相互の切羽が5D以内に接近することで、周辺地山の応力が再配分され、相互影響により収束までの時間を要するものと考えられる。

ここでさらに、相互影響ありの上下線それぞれの相関図を図-17, 18に示す。前述したように、STA.425付近は、当初上り線を先行し掘削を行っていたが、途中で下り線が追越す状態となった区間である。この相関図から、以下のことが推察できる。

- ① 上り線と下り線の最終内空変位量の相違については、先行坑(上り線)の変位収束の状況が後行坑(下り線)の最終内空変位量に影響を及ぼしている。
- ② 初期変位と最終変位の傾きが、上り線より下り線において大きくなったことから、補助工法と1次インバート閉合による地山のゆるみ範囲の縮小が後行坑への内空変位の抑制対策として効果を発揮していると考えられる。

この2点から、当該地山において相互の切羽の接近が上下線の最終内空変位量に及ぼしたものの、計測データと切羽観察を照合し、切羽安定化対策を実施した結果、もっとも脆弱な破碎帯を突破できたといえる。この結果から、双設トンネルでの切羽の接近した掘削にあたっては、内空変位量などトンネルの安定に影響を及ぼすことが地山の応力再配分が行われることがわかった。

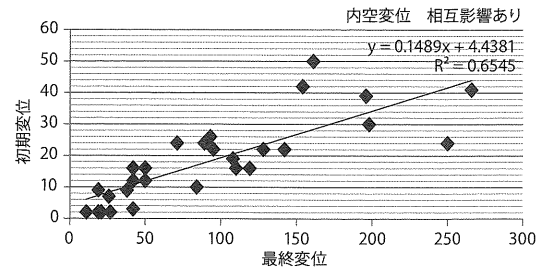


図-15 上り線初期変位と最終内空変位の相関(切羽の離れ50m以内)

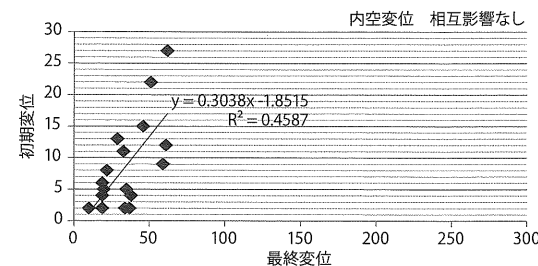


図-16 下り線初期変位と最終内空変位の相関(切羽の離れ50m以上)

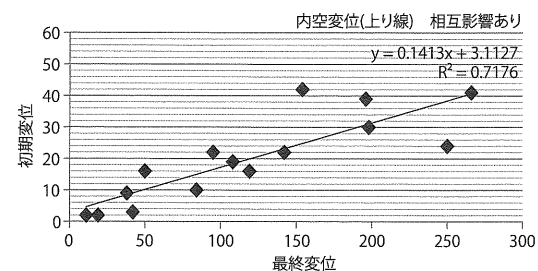


図-17 初期変位と最終内空変位の相関(上り線)

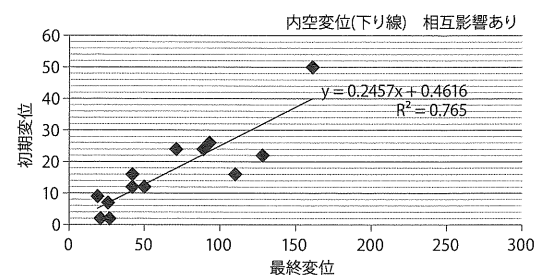


図-18 初期変位と最終内空変位の相関(下り線)

6 その他の対策について

6-1 注入式ロックボルトの採用

地山判定により、長い距離にわたる破碎帯区間の中で比較的地山が堅硬と思われる箇所では、補助工法(AGF)を省略した区間において、地山が

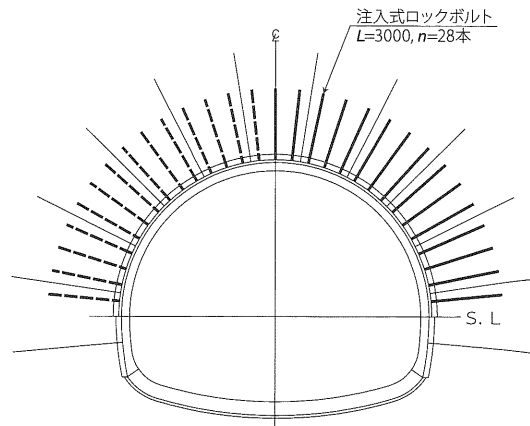


図-19 注入式ロックボルトによる変状対策



写真-2 注入式ロックボルト

急変したため変位が増大した区間が発生した。この区間では、切羽作業をいったん停止し、掘削完了地山を対象に、図-19のように上半外周方向へ注入式ロックボルトを施し(写真-2)、先行地山改良と1次インバートにより突破した。

6-2 効果的な水抜き工法の実施

水抜きボーリングはD II区間の発生後、貫通点まで、ボーリング削孔後に塩ビ管を挿入する構造であったが、破碎帯の特徴である軟弱地山や、亀裂帯の存在のため孔壁が保持できずに、十分な水抜き効果が期待できなかった。

さらに、湧水は濁り、地山の細粒分が流出していたことから、対策として、AGF鋼管を用いたケーシング削孔により、孔壁を保護しながら施工した。

削孔長はL = 40m程度とし、標準施工機械のホイールジャンボでの施工能力を適切に活用した



写真-3 段差のない避難連絡坑の活用

工法とした。

その結果、削孔機械の入替えを排除し、掘削工程への負荷を軽減することができた。また、この水抜き対策により早期に湧水の濁りを除去し、切羽の安定対策が実現した。

6-3 避難連絡坑を活用した工程短縮

破碎帯が長区間にわたり存在したことにより、補助工法など、諸対策の実施に伴う工程の遅延が懸念されたことから、工程を短縮する工法を確立することが必要であると考えられた。

本トンネルには上下線をつなぐ避難連絡坑が約700m間隔で2か所設けられている。この連絡坑は当初設計では上下線で段差があったが、幅員W=6.0mの空間を有効活用できるように路面の段差を解消し、ずり出しに用いる25t重ダンプおよび生コン車の走行を可能にした(写真-3)。一般的なトンネルでは上下線それぞれでインバート栈橋を使用してインバートの施工を行う。そこで、本トンネルでは図-20に示すように避難連絡坑をずり出し用重ダンプや生コン車が通行することで、インバート栈橋を使用せずに下り線インバートを、施工できた。

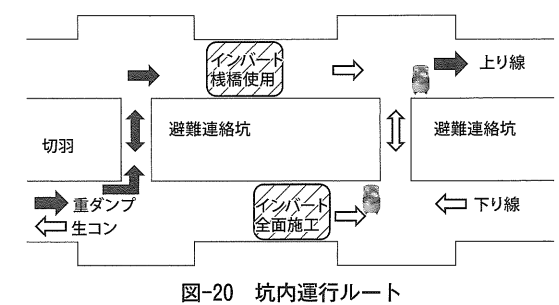


図-20 坑内運行ルート

7 おわりに

本トンネルでは、大規模な破碎帯におけるトンネルの内空変位の増大に対して、観察や計測データにもとづいた補強ロックボルト、吹付けコンクリート厚などの増加による支保剛性の向上や、1次インバートの採用により、地山の変形を抑制し無事突破することができた。また、双設トンネルの切羽の接近による影響に対してはAGF打設範囲の拡大を行い、影響を最小限として施工ができた。さらに、内空変位量の初期変位と最終変位による貴重な相関を得ることができた。

本件では、大規模な破碎帯の存在はトンネル支保変形の増大により判明した。今後の新技術として軟弱地山において前方の未知なる破碎帯の存在を現場で予知できる調査技術をさらに向上させることが肝要である。また、類似案件では、地山性状も同時に調査を実施し、軟弱地山のクリープ変形を予測する解析手法を併用することが望ましい。本件の貴重な結果を有効に活用し、今後の破碎帯突破の基幹となるよう邁進することが、携わった技術者としての責務と考えます。

参考文献

- 1) 土木学会：2006年制定トンネル標準示方書 [山岳工法]・同解説，p.118，2006。



「神話とスポーツの町」宮崎市より

後藤 隆之

神話の世界においては、伊弉那岐命と伊弉那美命が日本国土を生み、そして天照大御神をはじめ、35柱もの神々を生んだといわれている。複雑で変化に富む地形、地層に、多くの土木技術者が日々苦勞しているのは、この2神の仕業か、などと思った私は、ばちあたりだろうか(笑)。そんな神話の言い伝えが数多くある宮崎市は「神話のふるさと」といわれ、パワースポットの宝庫ともいえる。

観光名所の多い宮崎市だが、ドライブの目的地はいつも違う。宮崎空港から車で30分、そこはフェニックスカントリークラブ。毎年11月に行われる男子プロゴルフツアー、ダンロップオープンの開催地である。ゴルフをやる者であれば、一度はプレーしたいコースのひとつであろう。また3月に女子プロのアクサレディスが開催されるUMKゴルフクラブ、11月に女子最終戦リコーカップが開催される宮崎カントリークラブと、宮崎市内でプロトーナメントが3戦も開催される。まさにゴルフ天国である。

しかし宮崎市はゴルフだけではない。プロ野球キャンプ地としても有名である。読売ジャイアンツ、ソフトバンクホークス、オリックスバファローズと3球団が市内で春季キャンプを張る。またプロ野球だけでなく、プロゴルファーはもちろんのこと、横浜Fマリノスなど数々のサッカーJリーグチーム、その他さま



位置図



青島より宮崎市を望む

ざまなスポーツのプロ、全日本クラスの社会人や学生などトップアスリートたちが合宿に訪れている。五郎丸選手らラグビー日本代表もワールドカップの直前合宿を宮崎市で行ったのは記憶に新しい。冬でも比較的温暖な気候、各種スポーツ施設などの受入れ体制、そして忘れてはならないのが、2年連続日本一を獲得した宮崎牛をはじめとした豊富な食と環境の充実がパワーアップを可能としているのであろう。そして宮崎という地に降り立つことで、きっとなにかしらのパワーを神から授かることができ、その後の好成績につながっているに違いない。

そんな宮崎市から日南市にかけて、現在、東九州自動車道の延伸工事が行われている(清武南IC~日南IC、L=28km)。この区間には12本ものトンネルがある。椿山トンネルは宮崎市の南端に位置する延長1,100mのトンネルであり、2015(平成27)年12月末時点で掘削は1,000mまで進んでいる。地質は四万十帯宮崎層群、日南層群のおもに砂岩、頁岩の互層で構成される。いわゆる付加体に属すこの地質体は、まさに「複雑で変化に富んだ」という表現がぴったりであり、いずれのトンネルも予測を超えた変状の発生など、非常に苦勞している。しかしこれも神がわれわれ人間に与えた試練と受止め、山=神と格闘ではなく、敬意を払い、日々事故もなく順調に掘削させていただいていることに感謝して工事を進めている。ついでにゴルフのスコアも上昇することを切に願っているが、なかなかこれだけは叶えてくれそうもない。

((株)大林組椿山トンネル工事事務局長)

施工

既設水路トンネル直下に超長尺大口径鋼管先受け工を坑内から打設

一大洲・八幡浜自動車道 千丈トンネル

愛媛県八幡浜土木事務所専門員 板橋 弘和
西松建設(株)西日本支社千丈トンネル出張所所長 吉田 正樹
西松建設(株)西日本支社千丈トンネル出張所副所長 吉平安 生
西松建設(株)土木事業本部土木設計部設計二課副課長 諏訪 至

はじめに

大洲・八幡浜自動車道(全体計画延長約13km)は、九州からの四国の玄関口である八幡浜市と、四国縦貫・横断自動車道を自動車専用道路でつなぐ「地域高規格道路」である(図-1)。

この道路の整備目的は、高速交通ネットワークによる渋滞緩和、地域産業の発展、救急医療体制の充実化である。さらには、今後想定される東南海・南海地震の発生への備えや、四国で唯一の原

子力発電所である伊方発電所が立地していることから、有事の際の広域避難道路や緊急輸送道路として、「地域住民の命を守る道路」に位置づけられ、愛媛県では最重要施策のひとつとしている。

この大洲・八幡浜自動車道のうち、大洲市北只~八幡浜市保内町喜木間が1994(平成6)年に「計画路線」に指定された。1996(平成8)年度には八幡浜市大平~同市内保内町喜木間の2.3kmが「整備区間」に指定され、1997(平成9)年度から国道197号名坂道路として事業化された。



図-1 トンネル位置図

また、2005(平成17)年3月には八幡浜市郷から同市大平間の3.8kmが「整備区間」に指定され、2005(平成17)年度から国道197号八幡浜道路として事業化されている。

千丈トンネル(1,809m)は、「八幡浜道路」のなかでも主要構造物であり、2012年11月に掘削を開始し、2015年3月に貫通した。当トンネルは、既設水路の約10m直下を近接施工する区間があり、この周辺には事前調査で断層破碎帯の出現も予測されていたため、当該区間ではトンネル掘削に伴う周辺地山の变形、沈下が既設水路へ影響を及ぼすことが懸念されていた。そこで、当該区間のトンネルの不安定化を防ぐために補助工法として採用した、超長尺大口径鋼管先受け工法(LL-Fp工法)の坑内からの初適用の事例について報告する。

2 工事概要

工 事 名：国道197号千丈トンネル建設工事
 発 注 者：愛媛県
 施 工 者：西松・東急・四国通建共同企業体
 施 工 場 所：愛媛県八幡浜市郷～松柏
 工 期：2011(平成23)年12月15日～
 2015(平成27)年 9月30日

トンネル延長：L=1,809m
 掘 削 断 面 積：A=71～84m²
 掘 削 工 法：補助ベンチ付き全断面掘削工法
 上半先進ベンチカット工法
 掘 削 方 式：発破および機械掘削方式
 ずり運搬方式：ベルトコンベヤ方式

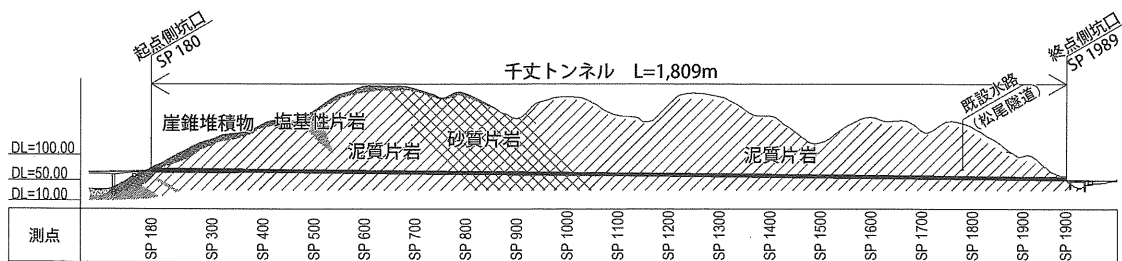


図-2 千丈トンネル地質縦断面

3 地形・地質概要

本トンネルは、千丈川右岸側の急峻な山地地形に位置する。千丈川右岸にはトンネルの線形とほぼ直交するように千丈川の支流が南流しており、坑口には千丈川(掘削開始側坑口)と入寺川(貫通側坑口)がある。トンネルと交差する流水が認められる支川は3条あり、とくに鳴滝川の西側の支川は、尾根と河床の高低差が約50mの深い谷地形を呈しており、直線状の線形であることや流下方向と同方向に尾根の遷緩線、鞍部が連続することから、断層を示唆するリニアメントとして抽出される。

四国地方の基盤岩は、中央構造線、清水構造線などの大断層によって、北から領家帯、三波川帯、秩父帯および四万十帯に区分され、本トンネルは三波川帯と秩父帯の境界付近の三波川帯側に位置している。

地質はおもに三波川結晶片岩類からなる。三波川結晶片岩類は泥質片岩を主体とし、砂質片岩、緑色片岩および石灰質片岩が泥質片岩の片理面にレンズ状に挟在される。これらの基盤岩を覆って崖錐堆積物が分布し、谷沿いに土石流堆積物が分布している(図-2)。

4 LL-Fp工法の概要

開発した工法(LL-Fp工法：Long distance and Large caliber Forepiling method)は、トンネルの汎用機械であるドリルジャンボを使用した大口径鋼管(φ139.8mm)の超長尺打設、およびインナー管を挿入した2重構造の鋼管からの注入により、掘削時のより高い沈下抑制・切羽安定効果を期待

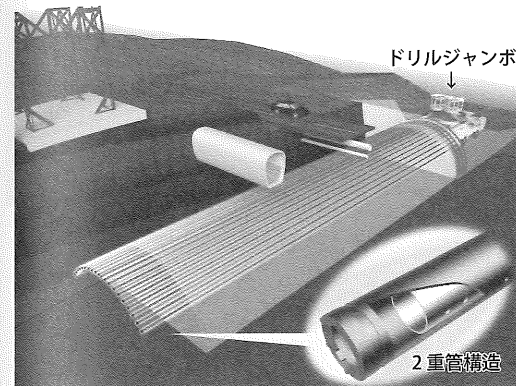


図-3 LL-Fp工法の概念図



写真-1 2重管構造

するものである(図-3、写真-1)。本工法は、これまでトンネルの坑外から坑口部へ適用した実績²⁾のみであり、今回のトンネル坑内からの初適用にあたり狭隘な作業空間における施工性、安全性を確保するために治具などの改良を実施した。

5 LL-Fp工法の坑内適用

5-1 適用経緯

本トンネルでは、図-2に示したような地山条件において既設水路の直下約10mを近接施工する区間があった。また、この区間の周辺には事前調査で断層破碎帯の出現も予測されていたため、当該区間ではトンネル掘削に伴う周辺地山の变形、沈下により既設水路へ影響を及ぼすことが懸念されていた。そこで、当該区間への「LL-Fp工法」を提案し、トンネル掘削に伴う地山の变形抑制を図った。

5-2 坑内実験

既設水路直下におけるLL-Fp工法の適用に先立ち、坑内の非常駐車帯妻部の面壁から斜め前方に向けてL=45mの大口径鋼管の打設、およびシリカレジンの注入試験を行った(写真-2)。実験

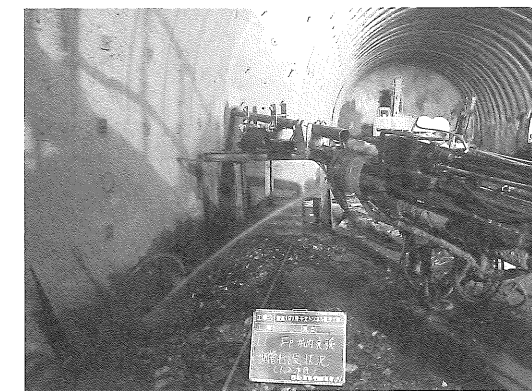


写真-2 実験実施状況

の結果、本工法の坑内での適用のためには、鋼管の打設精度を確保するために使用する特殊鋼管受け治具の改良や、本坑坑内での狭隘な作業スペースにおける鋼管接続作業を、安全かつ効率よく実施するための新たな治具の開発が必要であると考えられた。なお、坑内適用のための工法改良については次章で詳述する。

5-3 適用概要

本適用では、トンネル掘削による既設水路への影響が懸念された水路直下を中心とする45mの施工区間に対し、切羽前方のトンネルアーチ部に向けて大口径鋼管を27本/断面×2シフト(拡幅断面からの延長約30m、無拡幅断面からの延長約27m)で打設し、打設鋼管からのシリカレジンの注入と併せて地山改良を行った(図-4)。

5-3-1 1シフト目

無拡幅方式では、打設角度が8～10°程度となる。この方式は打設角度が非常に大きいことから、鋼管の先端に近づくにつれ、鋼製支保工と鋼管の離隔が大きくなってしまふ。確実に地山の注入が実施されていれば大きな問題とはならないが、切羽天端の剝落防止を目的とした補助工法を採用しているような地山状況にあっては、鋼管と鋼製支保工間の地山の崩落につながるおそれがあり、既設水路への影響が懸念された。

そこで拡幅方式の採用を検討した。この場合、打設角度を3°(スライム除去を考慮した限界角度)に抑えることが可能であり、鋼管と鋼製支保工間の離隔が無拡幅方式に比較して小さくなる。

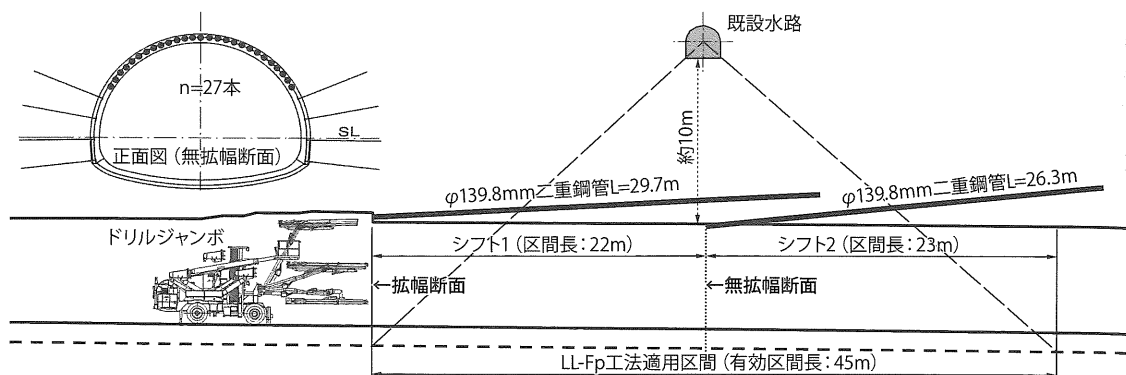


図-4 水路近接区間のLL-Fp工法適用位置

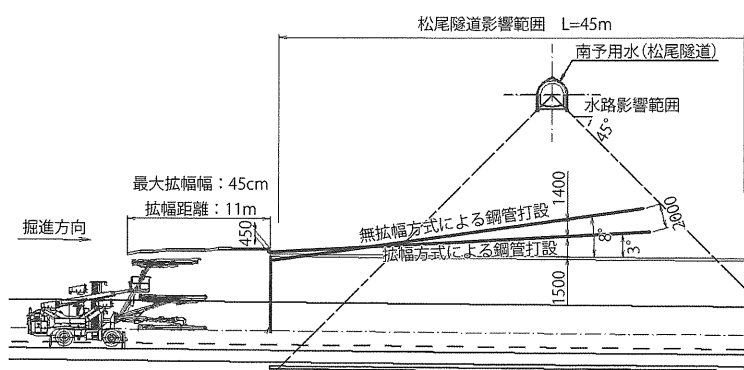


図-5 1シフト目打設角度比較図

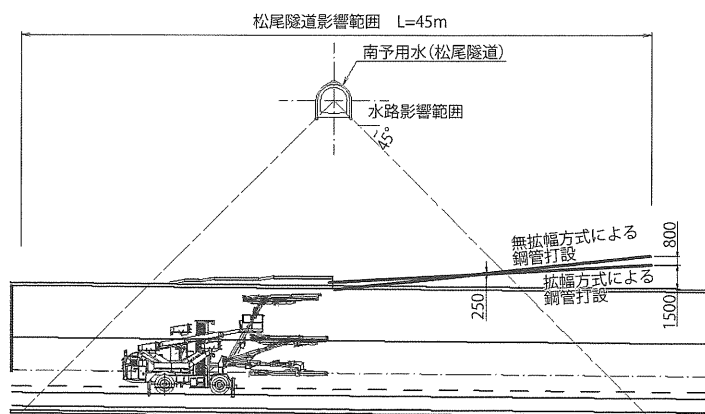


図-6 2シフト目打設角度比較図

これにより肌落ち防止効果や鋼管の支持機能の向上ができればと考え1シフト目は拡幅方式で施工を行った(図-5)。

5-3-2 2シフト目

施工開始位置が既設水路の直下であるため、ここで拡幅方式を採用した場合、断層破砕帯の出現

の離隔の差を800mmとすることができることから、無拡幅方式で施工を行った(図-6)。

5-3-3 施工状況

図-7に示すように、本工法において使用する部材などは通常のAGF工法とは若干異なるものの、施工手順は従来のAGF工法と大きく変わらない。

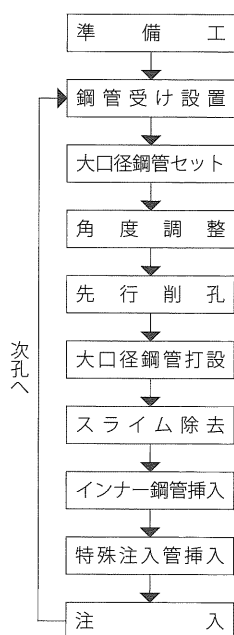


図-7 LL-Fp工法の施工フロー

が予測されている脆弱な地山において不利な形状(断面の拡幅)で掘削しなければならない。無拡幅方式を採用した場合には鋼管と鋼製支保工間の離隔の問題があったが、打設角度を6°とすることにより拡幅方式と

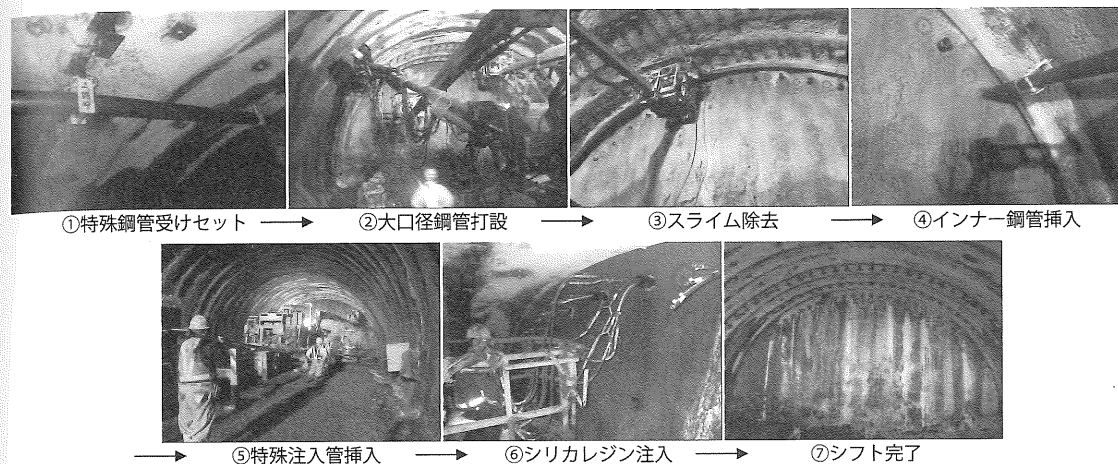


写真-3 代表的な作業項目の施工状況

ただし、スライム除去やインナー鋼管挿入など、若干作業工程が新たに加わっている。写真-3に代表的な作業項目の施工状況を示す。

6 坑内適用のための改良

既設水路直下区間への本工法の適用に先立って実施した坑内実験の結果をふまえ、鋼管の打設精度を確保するために使用する特殊鋼管受け治具を坑内仕様で改良するとともに、狭隘な作業スペースにおける鋼管接続作業を安全かつ効率よく行うための鋼管継ぎ装置を新たに開発した。

6-1 坑内用特殊鋼管受け治具

本工法では鋼管打設時の孔曲がり(鋼管曲がり)を抑制させるために、4面ローラーで鋼管の上下左右を固定させる機構を有する特殊鋼管受け治具を使用している。

従来の坑外からの適用では写真-4のようにガイド支保工上(外)面に特殊鋼管受け治具を設置しているが、トンネル坑内でこのスペースを確保する

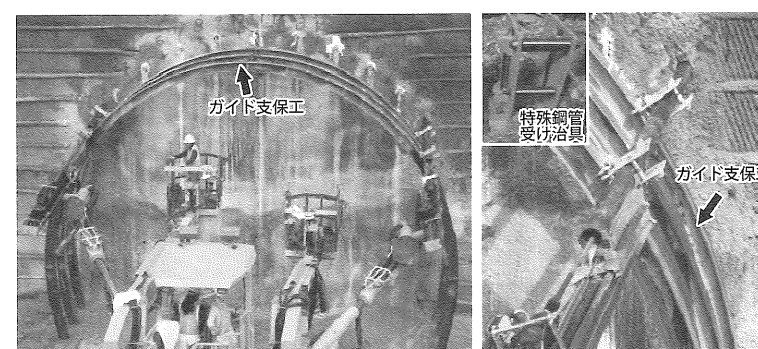


写真-4 特殊鋼管受け治具(従来型)

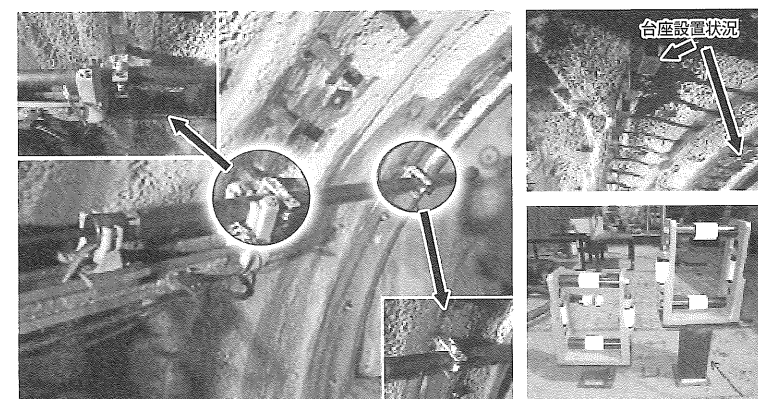


写真-5 坑内用特殊鋼管受け治具

のは非常に困難であった。そこでトンネル支保として施工された鋼製支保工の下面側(トンネル内空側)に台座を取付け、その台座に特殊鋼管受け治具を設置する手法を採用した(写真-5)。ただし、この方法では特殊鋼管受け治具を台座の下側と

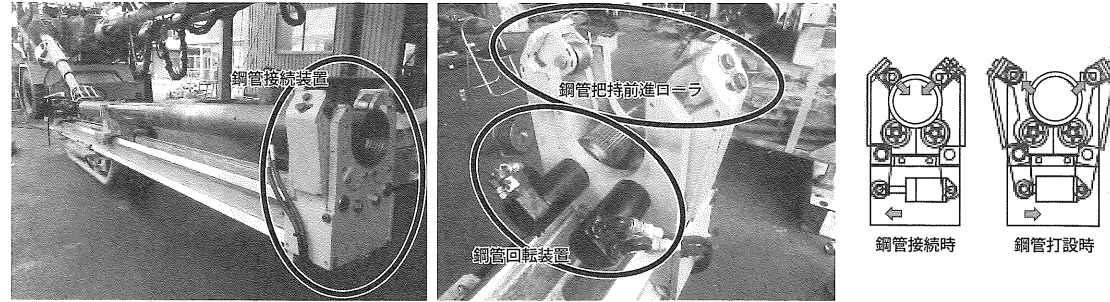


写真-6 鋼管継装置

表-1 施工実施工程

1シフト目		2シフト目														
日付	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
工種	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N
準備工	■								■							
鋼管打設工		■	■			■	■			■	■			■	■	
注入工				■				■				■				■
片付け工																

いった不安定な向きに設置しなければならないため、設置時の安全性、作業性を考慮して坑内用の特殊鋼管受け治具は従来型から大幅な軽量化を図った。

6-2 大口径鋼管接続装置

大口径鋼管の打設は、長さ約3m(約70kg)の鋼管を順次接続しながら行うが、通常はジャンボのマンゲージの上で作業員による手作業で接続する。坑内での適用にあたっては、トンネル壁面近傍で十分な作業スペースが確保できないなかで、不安定な体勢で大口径鋼管を取扱わなければならない、安全性や作業効率の低下が懸念された。

そこで、写真-6に示すような人力に極力頼らない鋼管継ぎ装置を開発した。この装置は鋼管回転装置、および鋼管把持・前進ローラーから構成されている。本装置を使用して、先に打設した鋼管の後端のネジ部に取付けて新たに継ぎ鋼管を回転・前進させることにより、大口径鋼管接続の半自動化が可能となった。

7 適用結果

LL-Fp工法に改良を加え、作業スペースの限ら

れるトンネル坑内において適用した結果、施工実績では準備工も含めても2.0本/1方(対象地山：泥質片岩)の鋼管を打設することができた(インナー鋼管の挿入、および地山注入も含む)。その結果、施工効率を低下させることなく従来工法(トレビチューブ工法)のおおむね1/2程度の期間(2週間)で所定区間の鋼管打設および地山注入を実施することができた(表-1)。また、適用区間の掘削時においてもトンネル変形の増大もなく、懸念された既設水路への影響も管理基準値の約1/2程度(水路沈下量)に抑制させることができた(図-8)。

既設水路直下では、開口亀裂および薄層状の破碎帯を含む岩盤が連続すると推定されており、断層破碎帯付近における突発・大量湧水が切羽の不安定化を促進させるおそれがあった。そのため、施工時において地下水状況を含めた切羽前方の地山性状を迅速かつ正確に把握する必要がある。

そこで今回の施工では、鋼管打設時の削孔データを穿孔探査装置(DRISS)で計測、解析し、切羽前方の地山状況の3次元的な評価もあわせて実施した。図-9にDRISSの結果を示す。探査の結果、当初懸念されていた区間の地山評価について、事

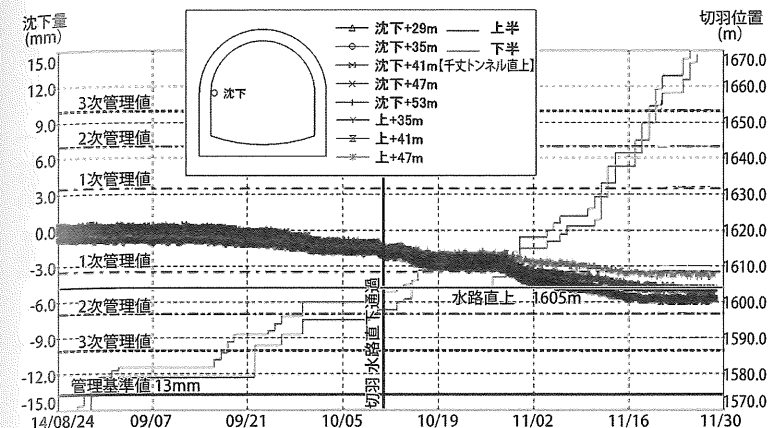


図-8 既設水路の沈下量

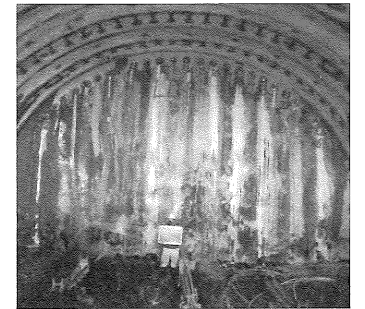


写真-7 LL-Fp工法完了状況

以上のように、超長尺大口径鋼管先受け工法(LL-Fp工法)が、今回のトンネル坑内からの初適用により、トンネル坑口のみならず、坑内においても問題なく適用可能であることを確認できた(写真-7)。

また、その後の掘削ではおおむね安定してトンネル掘削を行うことができた。

今回の実績をもとに今後は、

- ・道路直下に坑口がある場合の地表面沈下抑制対策
- ・大口径鋼管を利用した水抜きボーリング
- ・既設トンネルなどの重要構造物との交差区間における天端沈下抑制対策
- ・小土かぶり区間掘削時における天端沈下抑制対策

など、掘削時の変形抑制が必要なトンネルにおいて、本工法の積極的な活用が期待できる(2016年1月現在、合計3トンネルで本工法が採用)。

参考文献

- 1) 山下ほか：ドリルジャンボを使用した超長尺大口径鋼管先受け工法の開発，第68回土木学会年次学術講演会，VI-408，pp.815-816，2013。
- 2) 池田和彦・諏訪至・柳沢一俊・山下雅之：超長尺大口径先受け工により地すべり坑口部を掘削，国道289号 八十里越7号トンネル，トンネルと地下，Vol.46，No.2，pp.7-15，2015.2。

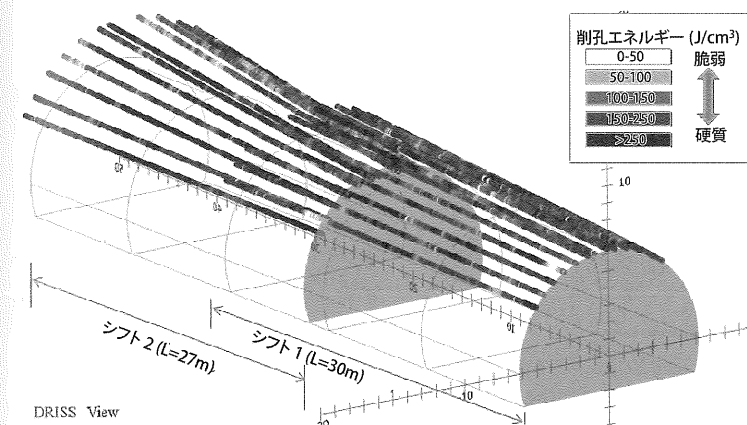


図-9 DRISSによる地山評価結果

前調査で予測されていた断層破碎帯や大量の湧水は確認されず、亀裂質ではあるものの比較的堅硬なC II地山であることが掘削前に確認できた。

8 まとめ

LL-Fp工法の坑内への初適用で得られた成果を以下にまとめる。

- ① L=29m, 27m, n=54本の超長尺大口径鋼管をトンネル汎用機のジャンボを使用して精度よく打設できた。
- ② 施工効率を低下させることなく約2週間で所定区間の鋼管打設および地山注入ができた。
- ③ 懸念された既設水路への影響(沈下量)も管理基準値の1/2程度に抑制させることができた。

土木情報 No. 514

今月の主な入札結果
(2月10日～3月9日)

事業主体	工 事 名	請 負 会 社	請負額 単 位 百万円
関東地整	八王子南BP館第一T	大林・西武JV	11,510
〃	日本橋室町3丁目地下歩道その1	佐藤工業	870
〃	横浜湘南道路藤沢地区改良	熊谷組	2,740
〃	20号調布(2)共同溝ほか	安藤ハザマ・若築JV	6,688
〃	東京外環中央JCT北側ランプ函渠	戸田・浅沼JV	13,930
〃	奈川渡2号T(その1)	銭高組	2,848.8
中部地整	H27東海環状岐阜山県T	前田建設工業	4,240
〃	H27 23号蒲郡BP国坂T	大日本土木	1,341
〃	中部縦貫上野T	前田建設工業	2,277
近畿地整	大和御所道路水泥T北工区	竹中土木	496
中国地整	長門俵山道路大寧寺第3T南	飛鳥建設	2,137.52
九州地整	東九州道(清武～北郷)芳ノ元T北新設(三期)	五洋建設	2,263
鉄道・運輸機構	北海道新幹線, 立岩T(山崎)	大林・青木あすなろ・松本・阿部JV	9,529.5
首都高速道路	(負)環状第2号線T(その2)	清水・鉄建JV	3,050
阪神高速道路	T覆工コンクリート補強(27-1-北・新)	スバル興業	340
〃	〃 (27-2-北)	関西化工建設	347
岩手県	R340(仮称)押角T築造	奥村・アイサワ・高徳JV	6,482.49
埼玉県	南部流域南部中継BP水路築造	ユーディケー	876
都・交通局	三田線板橋本町駅～志村三丁目駅間T止水(単価契約)	化工建設	162.6
〃	浅草線北十間川河川交差部構造物補強他(単価契約)	京成建設	182.5
都・水道局	朝霞市膝折地内から練馬区大泉学園町四丁目地内間送水管(2600mm)用立坑築造	飛鳥・大日本土木JV	1,633.51
都・下水道局	真島町幹線再構築その8	奥井建設	416.7
〃	渋谷駅西口地下歩道整備事業に伴う渋谷区桜丘町, 道玄坂一丁目付近管渠改良	協和エクシオ	458.33
〃	北区十条台二丁目, 十条仲原二丁目付近再構築	銭高組	1,474.47
〃	江東区北砂五丁目, 南砂一丁目付近再構築その2	前田・東洋・りんかい日産JV	416
〃	千代田区紀尾井町, 麴町五丁目付近再構築	大豊建設	711.26
〃	新番町幹線	松鶴建設	251.6
〃	中央区銀座八丁目, 港区東新橋一丁目付近整備その2	安藤ハザマ・大豊JV	379.9
新潟県	一級幹線柿川放水水路本体(その8)	加賀田・中越JV	361.5
〃	県下受託5-1-1-1号堀之内1号幹線管渠移設(推進)	中元組	115.3
大阪府	箕面北部丘陵地区雨水函渠築造	サワヤマ建設	231.78
東京メトロ	外苑前駅出入口2改良その他に伴う建築・土木	安藤ハザマ	3,201
札幌市	施設整備事業の内導水施設国庫補助事業豊平川水道水源水質保全導水路新設その3	熊谷・田中・石山JV	1,507.56
新潟市	東下25号松浜第2排水区幹線228-7下水道	加賀田組	397.9
塩尻市	H27広丘野村地区水路付替2工区	竹入興業	100.34
名古屋市	第3次八幡雨水調整池流入管下水道築造	大日本土木	269
〃	ほのか雨水幹線下水道	不動テトラ・徳倉・東海JV	1,090

施工

泥水・泥土圧併用シールドによる無水砂礫層の長距離掘進

— 東京都水道局 第二朝霞東村山線 —

東京都水道局西部建設事務所工事第二課長 藤川和久
 東京都水道局西部建設事務所工事第二課課長代理 永田亮
 東京都水道局西部建設事務所工事第二課工事第二係主事 安部春樹
 戸田建設(株)朝霞シールド作業所長 堀 昭

1 はじめに

東京都水道局では、水資源の有効活用を目的に利根川水系の朝霞浄水場と多摩川水系の東村山浄水場の間に朝霞東村山線(通称：原水連絡管)を設置しており、原水の相互融通を図っている。本事業は、原水連絡管の二重化により、将来にわたり相互融通機能を強化し、給水の安定性を向上させるため、第二朝霞東村山線(仮称)(通称：第二原水連絡管)を整備するものである。

第二原水連絡管は、総延長約16kmを5工区に分割して整備を進めており、本工事は図-1に示す第5工区(施工延長2,760.5m)にシールドトンネルを築造するものである。

本工事における掘進対象土層は玉石混じり砂礫層と砂層であり、路線全体の地下水位が低く、当初計画されていた泥水式シールド工法では、泥水の逸泥や噴発の可能性が考えられた。また、本工事のシールド発進基地用地は、800m²程度ときわめて狭く、かつ住宅に近接していることから、通常の防音ハウスによる騒音低減対策に加え、振動低減対策が課題となった。

本稿では、泥水式と泥土圧シールド工法を併用

した無水砂礫層の掘進実績と、発進基地用地で実施した振動低減対策の効果について報告する。

2 工事概要および地質概要

2-1 工事概要

(1) シールド工

- ① 泥水式, 泥土圧併用シールド工法
- ② 地中接合(MSD工法)
- ③ シールド外径3,080mm
- ④ 施工延長2,760.5m
- ⑤ 土かぶり9.5～16.7m, 被圧水圧0～5.2m

(2) 発進立坑工

- ① 寸法：幅9.0m×長さ13.8m×高さ14.5m
- ② 土留め形式：鋼矢板Ⅲ型

2-2 地質概要

当該路線の地質想定縦断面図を図-2に示す。本路線は関東ローム層、武蔵野礫層の下位に東京層、江戸川層の古期地層が分布し、掘進対象となった礫質層(Mg, Tog, Tog-cb, Tog-w)と砂質土層(Tos)の想定最大礫径はφ280mmであった。また、地下水位は、当初調査ではトンネル断面以下、今回調査ではトンネル天端付近もしくは断面内にある状況であった。

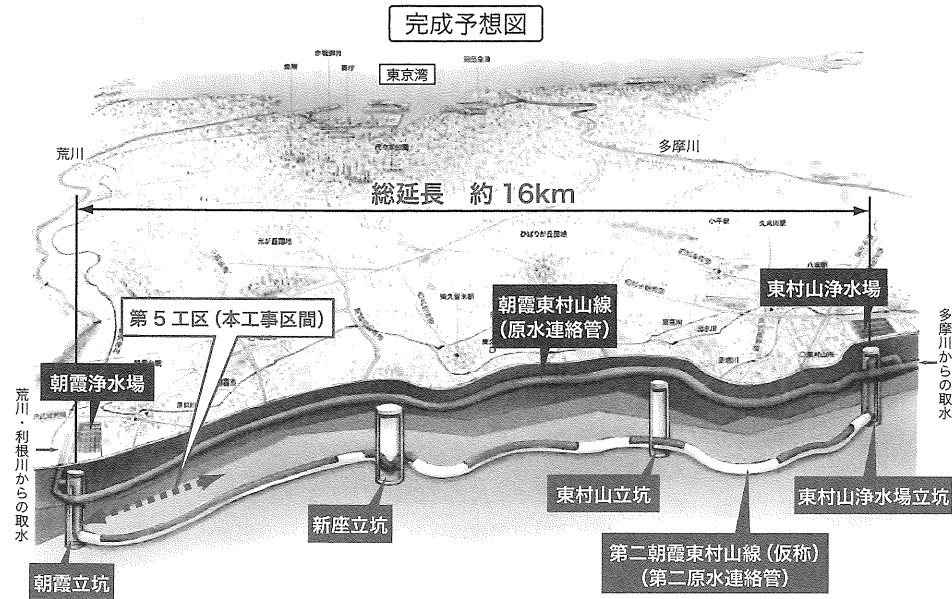


図-1 第二朝霞東村山線(仮称)整備事業概略

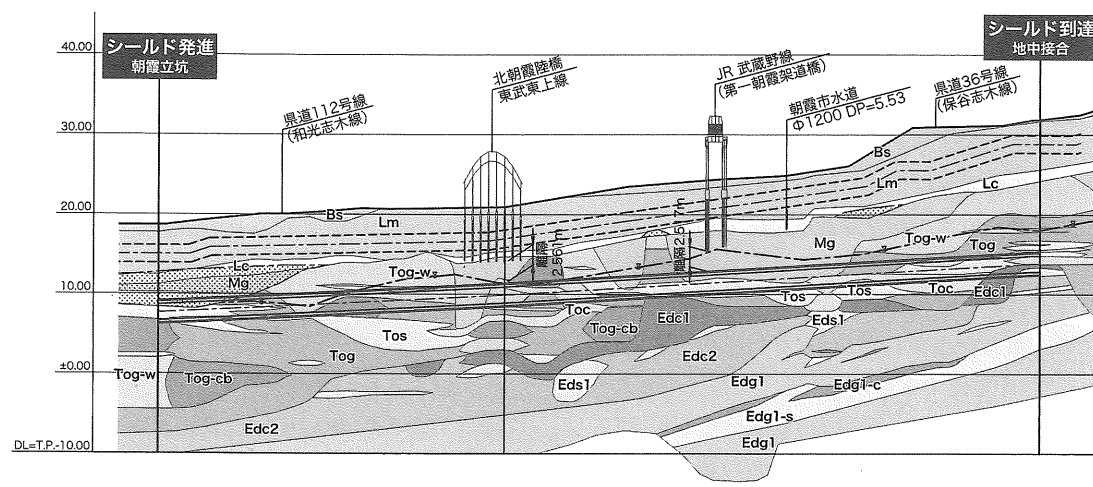


図-2 地質想定縦断面

地質年代	地質区分	記号	N値 (代表値)	土質	
新世代第四紀	完新統	盛土	Bs 0.9~6 (3)	ローム, 黒ボク土	
	後期更新統	立川・武蔵野ローム層	Lm	0.7~12 (3)	粘土質ローム
		下末吉ローム層相当層 (凝灰質粘土)	Lc	0.8~24 (2)	凝灰質(軽石質)粘土
		武蔵野礫層	Mg	11~115 (50)	砂礫, シルト混じり砂礫, 玉石混じり砂礫
	中期更新統	風化帯	Tog-w	18~187 (50)	強風化砂礫(クサリ礫), 粘土混じり砂礫
		礫質土層	Tog	22~300 (50)	砂礫, シルト混じり砂礫
			Tog-cb	15~300 (50)	玉石混じり砂礫
		砂質土層	Tos	7~68 (11)	細砂, シルト・礫混じり細砂
		粘性土層	Toc	5~39 (17)	シルト, 凝灰質粘土

地質年代	地質区分	記号	N値 (代表値)	土質
新世代第四紀	中期更新統	第一粘性土層	Edc1 3~40 (11)	有機質シルト, 砂・炭質物 貝殻片混じりシルト
		第二粘性土層	Edc2 4~55 (18)	固結シルト, 砂質シルト
	江戸川層	第一砂質土層	Eds1 16~83 (39)	細砂, シルト混じり細砂
		第一礫質土層	Edg1 6~300 (50)	シルト混じり砂礫, 砂礫
		狭在砂質土層	Edg1-s 18~36 (25)	シルト混じり細砂, 礫混じり細中砂
		狭在粘性土層	Edg1-c 17~22 (19)	シルト, 砂質シルト

3 無水砂礫層における掘進について

3-1 シールド型式の選定

当初計画では、長距離施工および経済性などに優れた泥水式シールド工法を選定していたが、前述したとおり、状況によっては無水の砂層、礫層の掘進による泥水の逸泥や噴発の可能性が考えられた。よって、泥水式シールド工法における砂層、礫層の切羽安定チェック図¹⁾(図-3)を参考に、今回の掘進対象土層の評価を行った。

図-4, 5に掘削対象土層である砂層、礫層の切羽安定チェック図を示す。砂層では、細粒分については、十分、安全側となるが、均等係数については $U_c < 9.1$ の地層も分布している可能性があり、遷移域として対応することが必要と考えられた。礫

層の全地層について細粒分含有率は危険～遷移域にあり、透水係数も遷移域に近接していることから不安定要素をもった礫層と判断された。

以上により、本工事におけるシールド型式は泥水式を基本とし、逸泥や噴発の可能性が低い泥土圧でも掘進可能な仕様とした。

3-2 シールドの特徴

3-2-1 シールド

本工事において採用したシールドの組立て完了後の全景を写真-1, 2, 構造図を図-6に示す。

シールドには、巨礫対応としてスクリーコンベヤおよびクラッシャーを装備した。クラッシャーを写真-3に示す。

3-2-2 掘進効率向上策

掘進効率を向上させるため、以下の工夫を実施した。

- ① シールドジャッキ引き速度を通常の1.9倍の1,308mm/minとし、セグメント組立て時間の短縮を図った。
- ② シールド～後続台車間にセグメントを2リング分ストックできるようにし、セグメント搬送待ちをなくした。
- ③ カッタ面板に開口部を設置し(開口率41%)、土砂の取込み効率を向上させた。
- ④ クラッシャーを極力スクリーコンベヤに近い位置に設置し、礫破碎の効率を向上させた。
- ⑤ 予備部品を十分に確保し、トラブル時には即座に復旧できる体制を確保した。
- ⑥ 砂礫層の長距離掘進であることから、坑内配管の摩耗が懸念された。そこで、耐摩耗性に優れた配管材料を使用して、直管は工事期

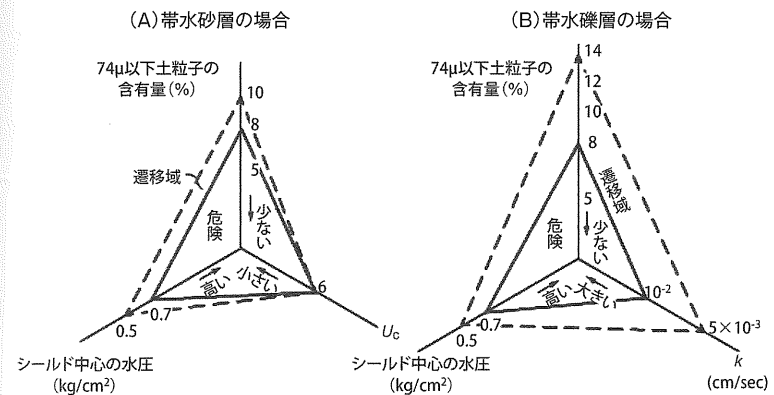


図-3 砂層・礫層の切羽安定チェック図¹⁾

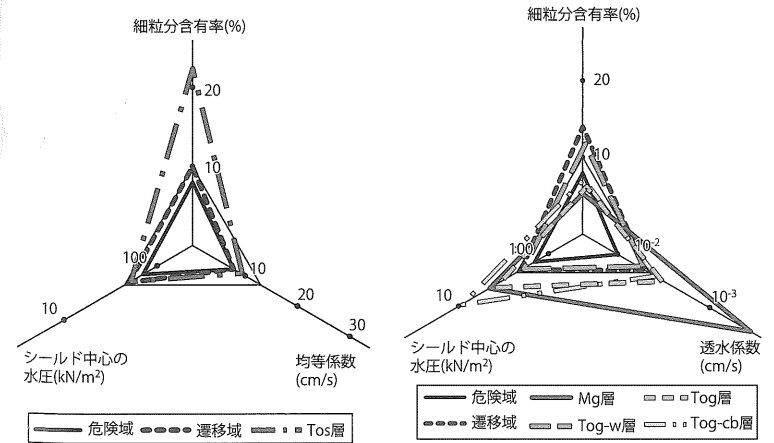


図-4 掘削対象土層(砂層)切羽安定チェック図

図-5 掘削対象土層(礫層)切羽安定チェック図

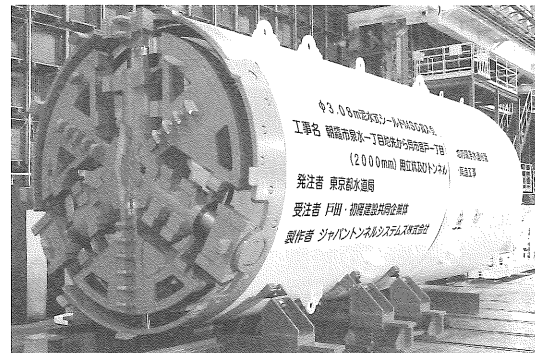


写真-1 シールド(掘進時)

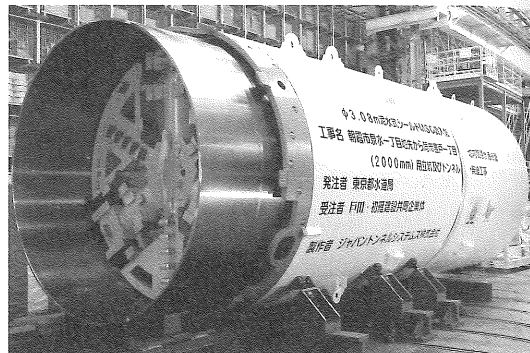


写真-2 シールド(貫入リング押し出し時)

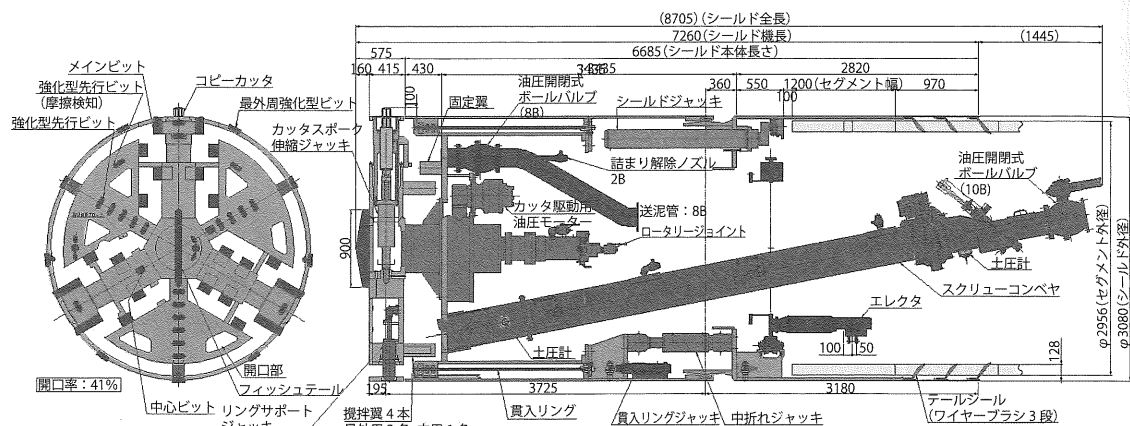


図-6 シールド構造図

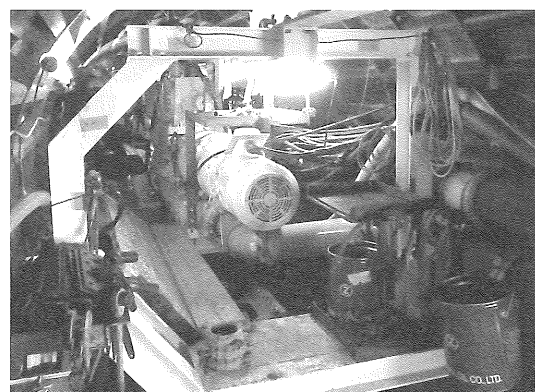


写真-3 クラッシャー

間中交換なし、曲管は適宜交換することで、配管破損によるトラブルを防止した。

3-3 掘進実績

泥土圧にて初期掘進を行ったのち、泥水式による本掘進を開始した。送泥比重1.2~1.3、ファンネル粘性25秒以上を管理値として掘進したところ、

偏差流量比は19%程度であり、多少の逸泥は認められるものの泥水式による掘進が十分可能であると判断した。

ただし、東武東上線およびJR武蔵野線横断部については、泥水式に比べ不測の事態(スクリーコンベヤ閉塞や逸泥など)が発生した場合にリスクの少ない泥土圧にて掘進することとした。掘進用添加材はベントナイトと高分子をショットさせた。注入率実績は平均22.7%であった。

図-7に泥土圧掘進時の流体輸送経路図を示す。掘進モードの切替は、シールド内の流体送泥配管をチャンバからスクリーコンベヤ後部へ切替えて行う。

表-1、図-8に泥水式から泥土圧に切替えた前後の掘進データを示す。スクリーコンベヤ回転数は泥水式、泥土圧ともに約15rpm、掘進速度は泥水式で40mm/min、泥土圧で30mm/minとしたが、

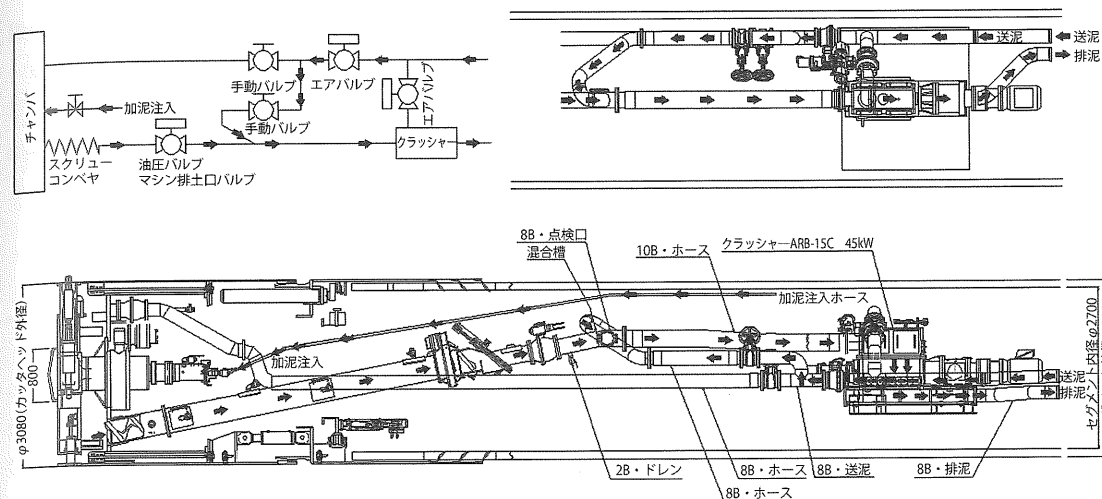


図-7 流体輸送経路図(泥土圧掘進時)

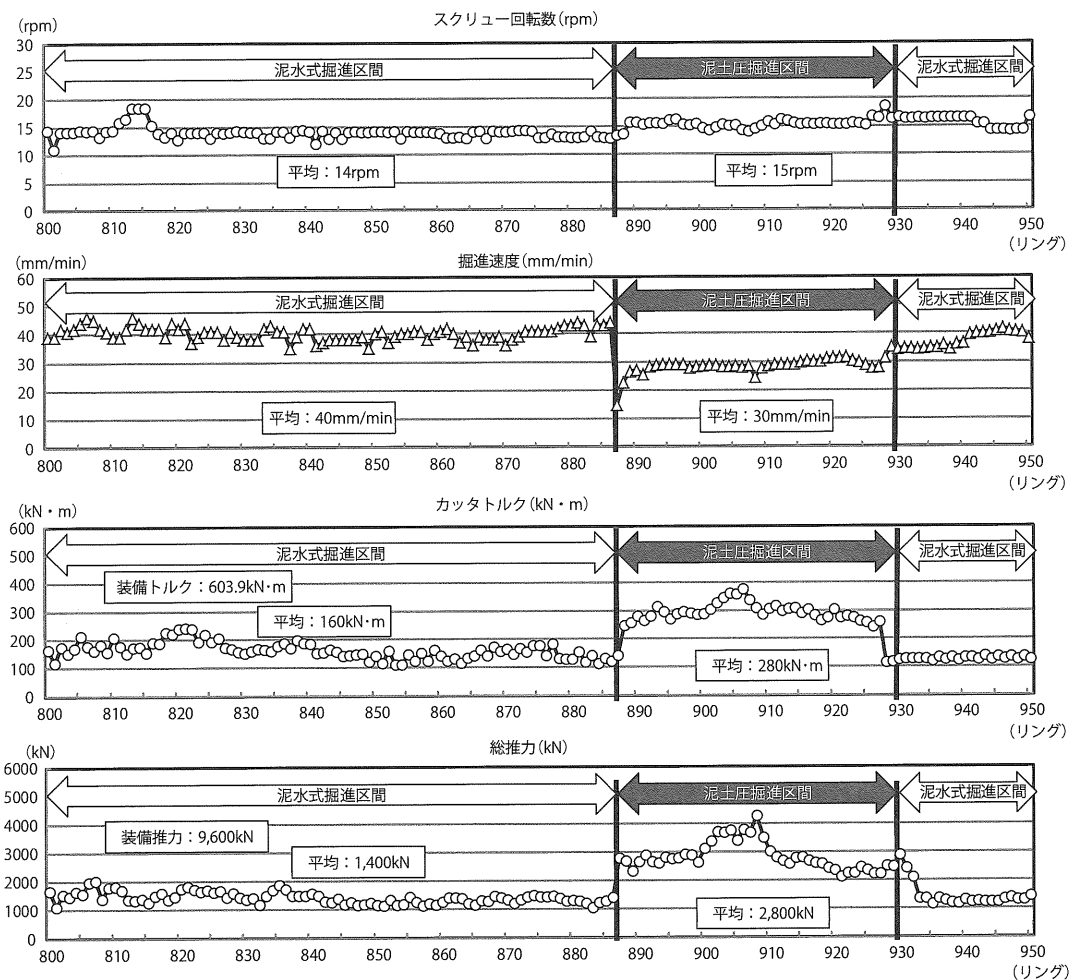


図-8 掘進データ

表-1 泥水式および泥土圧での掘進実績

		泥水式	泥土圧
スクリー回転数	rpm	14	15
掘進速度	mm/min	40	30
カットトルク	kN・m	160	280
総推力	kN	1,400	2,800
日進量	R/方	10	8

カットトルクは、泥水式の160kN・mに対して泥土圧は280kN・m(泥水式の1.75倍)になった。また、総推力は、泥水式の1,400kNに対して泥土圧は2倍の2,800kNになった。

一般的に、泥土圧の装備トルクは泥水式の1.25倍、装備推力は同程度で設計することが多いが、今回の場合はそれよりも大きな差があることがわかった。

ただし、本シールドの装備能力と比較すると、泥土圧の場合でもカットトルクは46%、推力は29%であり十分な能力を有していた。

本工事では、同一土層において泥水式、泥土圧の2つの方式で掘進を行った結果、掘進データの違いが認められた。これは、切羽の安定機構の違いに起因するものである。

泥水式においては、切羽面に泥膜を作り、土圧および水圧に抵抗する泥水圧を有効に作用させながら、すべて流体輸送により掘削を行う。対して、今回の泥土圧では、塑性流動化された泥土をチャンバ内に充満させ、土圧および水圧に抵抗する泥土圧を作用させながら、掘進速度に応じた排土量を調節し、スクリーコンベヤ以降を流体輸送により掘削する。

図-8より泥水式、泥土圧ともにスクリーコンベヤ回転数は、ほぼ同一である。スクリーコンベヤはリボン式を採用したため、中心に約130mmの空間がある。したがって、泥水式ではリボンスクリーが大きな排泥管として機能するとともに大きな礫はスクリーコンベヤによって搬送され、クラッシャーに取り込まれる。

これに対し、泥土圧では礫を含む掘削土すべてがスクリーコンベヤ内に充満された状態でスクリーコンベヤの回転数に合わせて搬送される。

この土砂搬送効率の違いが、各種掘進データの違いとなって現れ、泥水式の方が掘進効率面において優れる結果となったと考えられる。

これまで述べてきた各種対策が功を奏し、本掘進時において片番10リング(12m)、最大月進量489.6mを確保できた。

4 近接住宅への振動低減対策

4-1 施工条件と課題

シールド発進基地用地は、境界から1.8~2.0mに建並ぶ住宅と幹線道路で囲まれた狭隘な立地条件であることから、一次振動ふるいから住宅までの距離が5mしか確保できないレイアウトとせざるを得なかった。

各種設備のうち、振動のパワーレベルがもっとも大きい「一次振動ふるい」の影響解析を行ったところ、一次振動ふるいの空気バネ(バネ定数150kgf/cm、8基)の振動抑制効果を見込んでも、ふるい機の基礎部で約6.2gal(75dB程度)の振動が発生することが明らかとなり、昼夜稼働による住民への影響が懸念された。

そこで振動低減を目的に、下記の対策を実施した。

- ① 振動対策用土のうの設置：一次振動ふるいの基礎部および残土積み用バックホウ移動範囲
- ② 防振マットの設置：残土積み用バックホウ移動範囲

4-2 振動対策用土のうの設置

今回採用した振動対策用土のうは、土の区画拘束原理を最大限に生かすよう工夫された箱状の袋で、現地にて中詰め材(RM-40)を詰めて並べていくだけの施工性に優れた製品である。

図-9に示すように、発進基地の一次振動ふるいとバックホウ移動範囲に振動対策用土のうを設置した。施工に関しては、学識経験者などに相談してスペックを決定し、表-2に示す振動低減量を期待してType①とType②の2種類を使用した。

4-2-1 残土積み用バックホウ移動範囲への設置

図-10に示すように、3.0m×10.0mの区画範囲

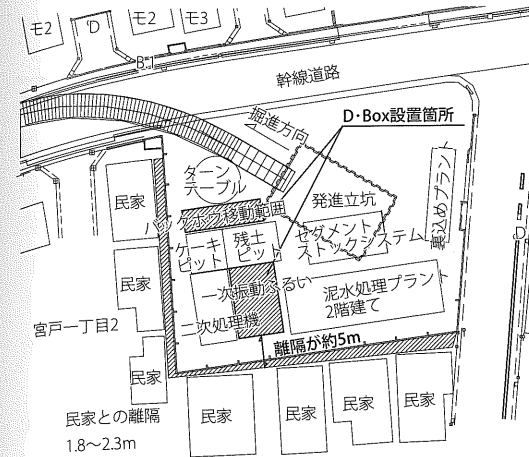


図-9 振動対策用土のう設置位置図

表-2 事前振動実験結果 (単位: dB)

	事前振動実験結果 (単位: dB)			
	地盤上直	土のう	振動対策用 Type①	振動対策用 Type②
計測平均値	72.0	69.8	59.8	60.7
振動低減量	—	2.2	12.2	11.3

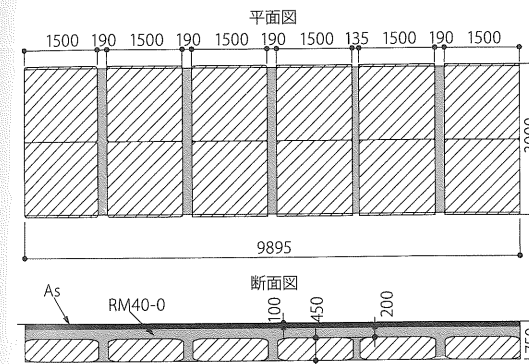


図-10 バックホウ移動範囲へのType②の設置

に12袋(6条×2列×1段)の振動対策用土のうType②を設置した。なお敷設後、ランマー転圧する際は、全体を馴染ませるために190mm程度間隔を設けた。

4-2-2 一次振動ふるい基礎部への設置

図-11に示すように、3.0m×6.4mの区画範囲に2段(上層Type①:6条×2列, 下層Type②:4列×2列)の振動対策用土のうを設置した。

4-2-3 振動対策用土のうの設置による効果

振動の影響解析による75dB程度の予測に対し、

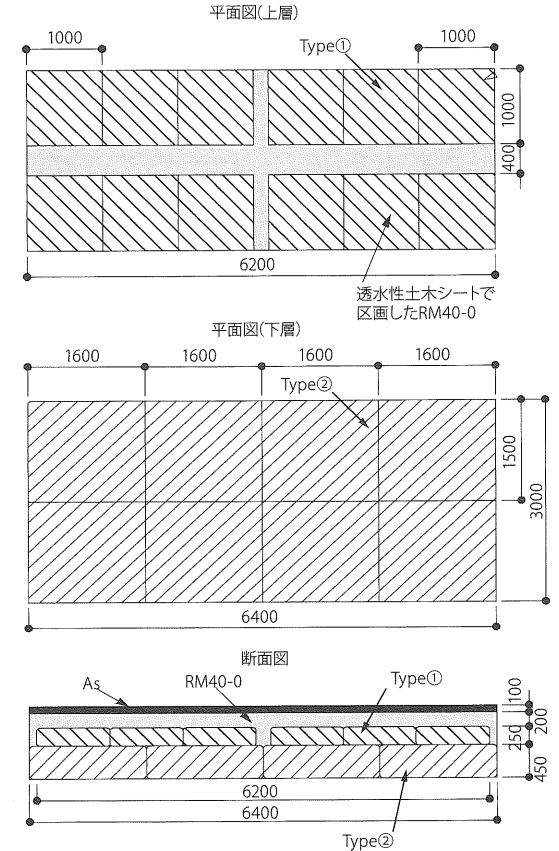


図-11 一次振動ふるい基礎部へType①, ②の設置

振動対策用土のうを設置したことで、図-12に示すように、一次振動ふるい稼働時間帯の振動レベルを60dB以下に抑制することができた(平均振動レベル値56.5dB)。

この結果から振動対策用土のうは、振動エネルギーの消散メカニズムを内蔵する効果的な減衰装置であることが現場確認できた。

4-3 防振マットの設置

今回採用した防振マットは、厚みが50mmの軟質ウレタンフォームで、5dB程度の低減効果が期待できる。

図-10に示した残土積み用バックホウ移動範囲について、振動対策用土のうに加えて防振マットをアスファルトの上に敷設した。図-13に防振マット敷設前後の振動測定結果を示す。

敷地境界において、敷設前はバックホウ稼働時間帯で60dBを超える振動が多々検出されていた

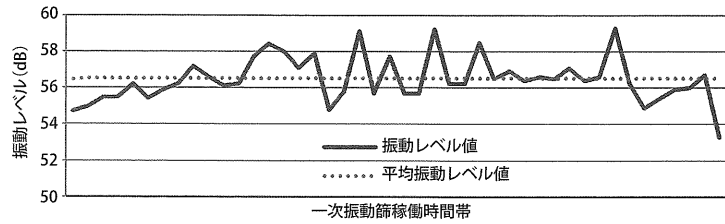


図-12 一次振動ふるい稼働時の振動測定結果(基礎脇にて測定)

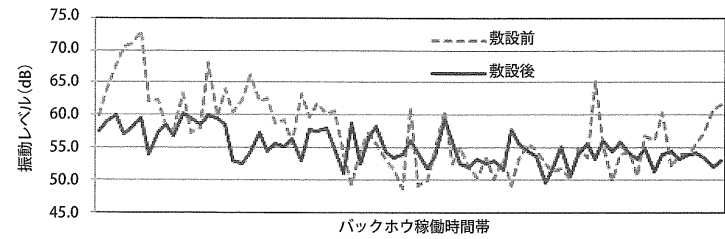


図-13 防振マット敷設の効果

が、敷設後は振動レベルが60dB以下となり昼夜に静音な住宅環境を維持することができた。今回は、平均で約2.1dBの振動を抑制することができ、防振マットの性能と効果を確認することができた。シールド掘進期間の約12か月間(2014年5月～2015年4月)、周辺住民から夜間でも、全く振動を感じていないとのヒヤリング結果を受けている。

5 おわりに

本工事は、泥水式シールド工法にて巨礫を有する無水砂礫層を長距離掘進したため、スクリーコンベヤ閉塞や逸泥などの対策が求められる現場であったが、泥土圧との併用など複数の工夫によりトラブルなく順調に全延長の掘進を完了した。

また発進基地用地は、周辺住宅に近接しており、かつ、きわめて狭い環境下であるため、騒音低減対策に加え、振動低減対策が求められる現場であったが、工事期間

中に周辺住民から苦情ひとつなかったことは、大きな成果である。

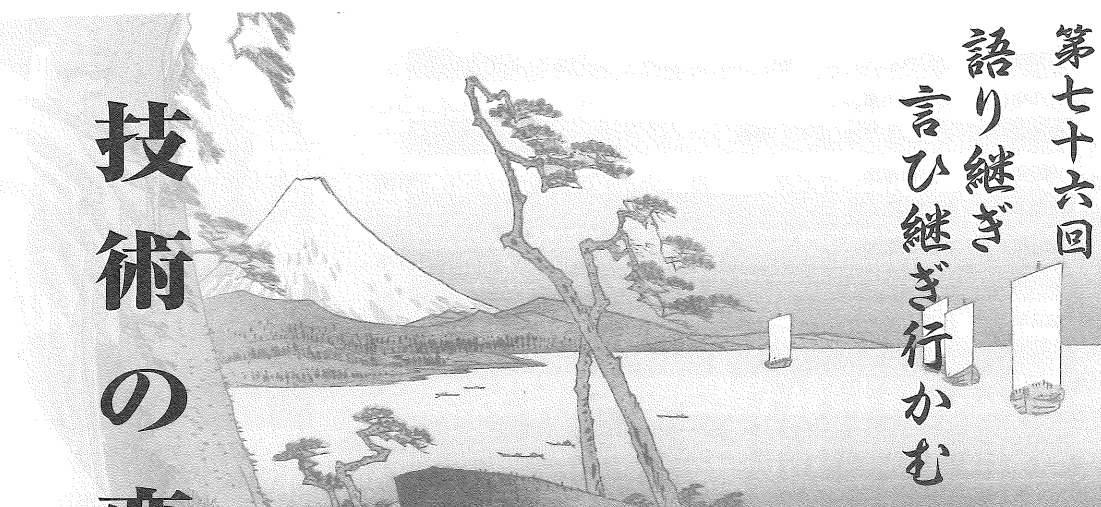
本稿が類似した環境下での現場の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) シールドトンネルの新技术研究会編：シールドトンネルの新技术，土木工学社，1995。

第七十六回 語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

技術の変遷



はじめに

私が、ハザマに入社した1974(昭和49)年当時は、土木業界全体が機械化施工に移行しようと試行錯誤している時代でした。トンネル分野で空圧機械から油圧機械へ大きく舵を切り始めたころでした。

私が、トンネル工事にかかわるようになったきっかけは、1977(昭和52)年に長孔発破に関与したところからです。当時、本店の機電部に所属しており、機械屋が発破に関与して良いものか疑問に思うこともありましたが、初めて、油圧削岩機を使用するという理由もあり、挑戦することにした次第です。

当時、だれもバーンホールをやったこともなく、暗中模索の中、試験が始まりました。現場の皆のご協力もあり、並行芯抜きを工夫することで、次頁左下の写真に示す2.8mの長孔発破を達成することができました。そのかいあって、いまだに発破パターンを描くことができます。

それに加え、当時では考えられなかったことですが、1979(昭和54)年にはスイスへトンネルの技術研修に行くことになり、日本では見たことのない最新技術を学ぶことができ、山岳トンネルに深くかかわることになった次第です。

いま振り返って見ると、昭和50年代から60年代はトンネル技術者にとって幸運な時代であったと思います。矢板工法からNATMへの過渡期であり、ゼネコン各社が競って新機種の導入にしのぎを削り、自社開発も盛んに行われました。私自身、その時代に技術者として新しい技術にかかわることができたことは幸運であったと思います。成功、不成功にかかわらず、その時代に各社が行った開発は、現在の山岳トンネル技術の礎になったと言っても過言ではありません。

昭和50～60年代は、NATMが発展した時代でありましたが、また、同時にTBM技術の発展した時代でもありました。1970～1980

高津 莊太

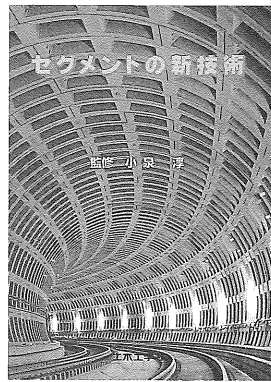
(元)株間組

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 円300円

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



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

著者略歴

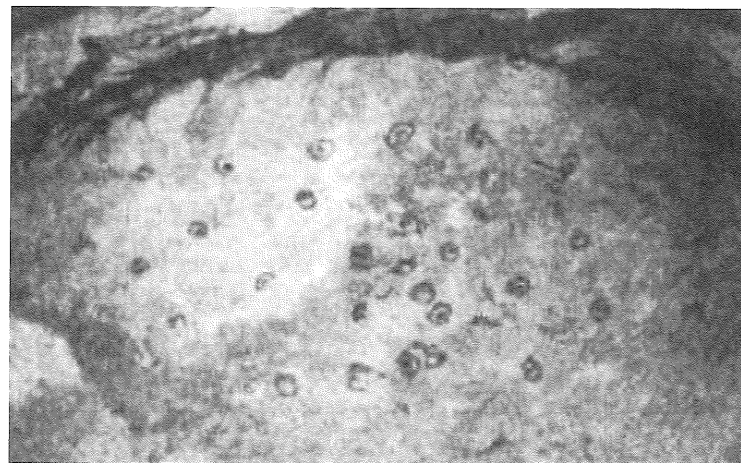
- 1974年4月 (株)間組入社 本店機材部機電課配属
- 1975年11月 本店機電部
- 1979年9月 アンベルグ社(スイス)研修
- 1980年1月 本店機電部
- 1983年6月 新愛本発電所
- 1984年6月 本店機電部
- 2003年3月 退社
- 2003年5月 日本工営海外カンパニー入社
- 2003年9月 Renun水力発電所(インドネシア)
- 2006年9月 退社
- 2007年4月 パシフィックコンサルタンツインターナショナル入社
バハム導水路、ホーチミン市下水処理工事
- 2010年9月 退社
- 2010年12月 JEM(株)入社
- 2011年5月 Peusangan発電所工事(インドネシア)
- 2014年9月 退社
- 2014年11月 FTS(株)顧問
- 2015年12月 退社、現在に至る

おもな活動

- 1992年4月~2006年9月 日本トンネル技術協会TBM小委員会幹事長
- 2000年4月~2001年3月 高速道路技術センター飛騨トンネル検討委員会委員
- 1998年4月~2001年3月 日本電力建設協会TBM工法調査委員会

執筆活動

- 2000年2月 TBMハンドブック(日本トンネル技術協会)
- 2006年9月 最新のTBMの実績及び急速施工技術(日本トンネル技術協会)
- 2001年3月 TBM工法による施工事例調査(日本電力建設協会)



2.8m長孔発破結果



著者近影

(昭和45~55)年の10年間は、TBMにとって氷河期の時代と言われていましたが、1979(昭和54)年に日本で初めて、電源開発発注、下郷発電所の斜坑鉄管路にTBMが採用されたことを契機に、導水路トンネルの施工にTBMの採用が徐々に増えるようになりました。それに合わせて、新エネルギー財団の支援で、TBMによる小水力発電開発も始まり、徐々にTBMが注目を浴びるようになっていきました。

私が、TBMにかかわるようになったのは、1982(昭和57)年の関西電力発注、親愛本発電所導水路工事に採用が決まっていたリーミング機の工場検査で、ドイツのビルト社に行ったことが契機でした。その後、1989(平成元年)年に、日本トンネル技術協会にTBM小委員会(旧全断面掘削小委員会)が発足し、同委員および幹事長として18年間、務めることになりました。親愛本でリーミング機の組立てを行っていたころは、まさか、25年もの長きにわたりTBMにかかわるとは思いもしませんでした。

以下、TBMを中心に私の経験談をお伝えしたいと思います。

リーミング機に課せられた難題

関西電力発注、親愛本導水路工事は、パイロット・リーミング方式のTBMが採用され、1982(昭和57)年にパイロット(φ3.6m)の掘削が始まりました。掘削開始から間もなくT.D.650mで破碎帯に遭遇しました。その延長は600mにも及び、その突破に6か月を費やしました。

当初より、発電所の工期は、導水路工事がクリティカルパスと言われており、パイロット工事の遅れの4か月をどのように取り戻すかが大きな課題となりました。破碎帯を突破した時点で、延長3,380mのうちの2,100mの掘削を残していました。もともとパイロット掘削は約290m/月の掘進速度で計画されていたため、未知の岩盤をそれ以上の掘進速度で計画することは難しいと判断されました。

そこで、覆工に目が向けられ、覆工の工期短縮として考えられたのが、リーミングの掘削と同時にインバートを打設するという案とアーチの巻立てで速度を上げるためにスライドセントルを2台投入し、覆工の打設もTBM掘削と併進させるという案でした。

このトンネルは、高圧(サージ圧8.5kgf/cm²(0.85MPa))の圧力トンネルであったため、φ32mmの鉄筋がダブルで設計されておりました。つまり、掘削、鉄筋組立て、インバート打設、アーチコンク

リート打設の4つの工種を同時に施工するきわめて複雑な工事を行うことになったわけです。

当時のずり出し方式の主流は、鋼車によるレール方式でした。現在のように連続ベルトコンベヤがあれば違った方法も考えられたと思いますが、掘削をしながらその他の作業を行う方法を考え出す必要に迫られました。

Wirth社製のTBMは、後続台車に車輪がなく、スキッドで走行するタイプであったため、最後尾で軌道を敷設しておりました。当初より、リーミングでもずり出しのためのトレンコンベヤが設計されていましたが、前述の要件を満たすために、新たに次頁の図に示す全長150mにも及ぶ巨大なトレンコンベヤが考案されました。

このコンベヤは以下の機能を有するように設計されていました。

- ・けん引台車
- ・インバート清掃、鉄筋組立て
- ・インバートコンクリート打設、養生
- ・ずり鋼車用複線区間

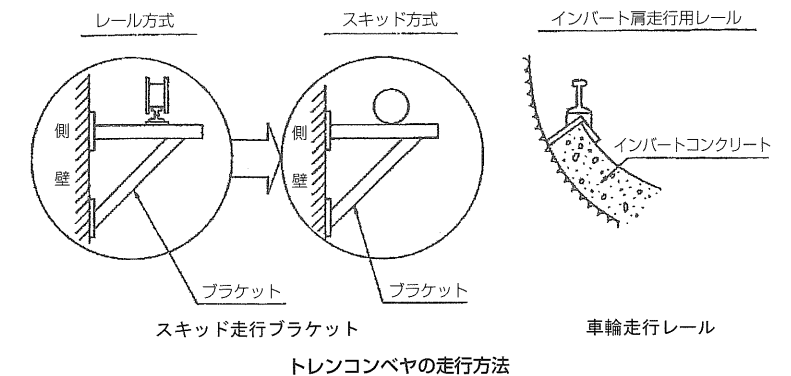
このコンベヤの最大の課題は、トレンコンベヤの走行方法で、下図に示すように、スキッド走行、

レール走行、の2種類の走行方式を採用しました。

ずり鋼車用複線区間は、同図のようにインバートコンクリートの肩部をレール走行する方法であり、それ以外の部分は、次々頁の写真のようにベルトコンベヤの下方に作業空間を確保するために、けん引台車区間で走行ブラケットをロックボルトで側壁に固定しました。ブラケットの製作には、軽量でかつ容易な固定方法が求められたため掘削しながら改良し、やっとの思いで完成させた記憶があります。

上記の対策は工期短縮の一手段であり、これらの対策に加え、以下の対策を併せて実施しました。

- ・リーミング時の崩落を防止するための予備支保工として4m FRP製ロックボルトの事前打設(次々頁図)。
 - ・リーミング機の組立て時間を短縮するために、パイロット機引出し用の450mのバイパストンネルを掘削。
 - ・2台のスライドセントルによる200mピッチの併進打設。
- 多くの困難な条件があったにもかかわらず、アイデアを集結する



ものや、スライムが貯まり、ベルトがスタックするリスクがあるといったもので、従来どおりの案が採用されることになりました。

その3年後、1990(平成2)年に

同一の機械が、中部電力発注、赤石沢発電所導水路工事に転用されることとなり、同一メンバーによる仕様検討が再度行われました。

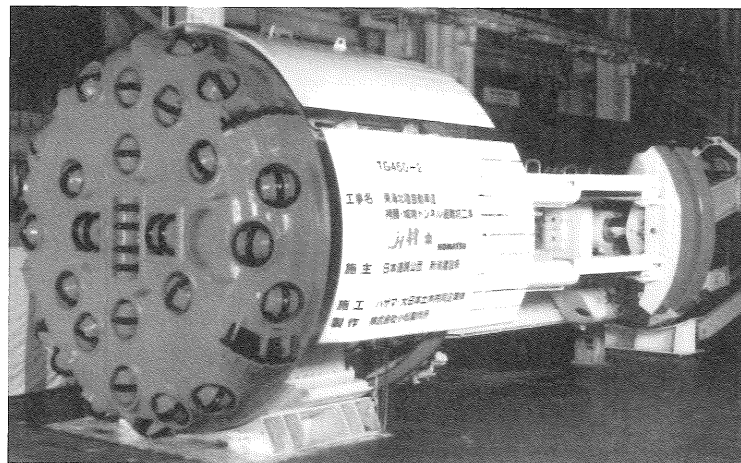
そのおりに、メインビームの上

下を逆にすることで上部空間を確保する案や清掃用の空間をメインビーム内に設ける案が出され、図に示すようにメインビーム内にコンベヤを収納する案がようやく採用される運びとなりました。このことで新しいことへの挑戦には、時間を要するものであると改めてその難しさを認識させられました。

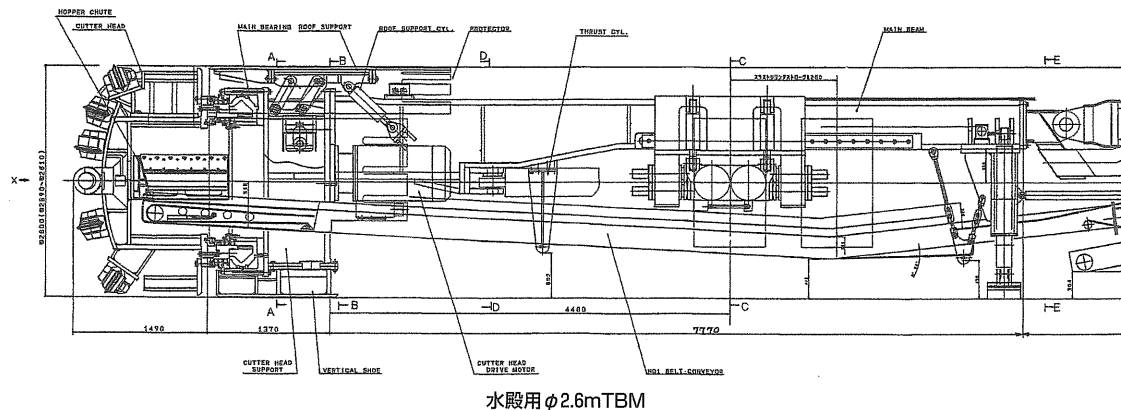
■吹付け材料

近年のTBMの吹付けには、跳ね返りがなく、片手でもハンドリングができる次頁左下の写真に示す繊維入りモルタル吹付けが採用されていますが、この薄肉吹付けに至るまでにも長い歴史がありました。

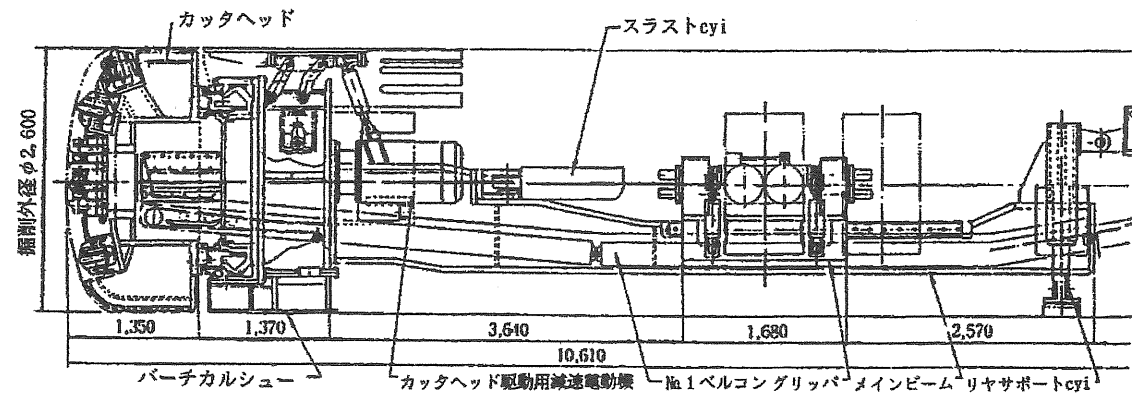
ことの始まりは、1979(昭和54)



オープン型TBM



水殿用φ2.6mTBM



赤石沢用φ2.6mTBM

年の下郷発電所鉄管路の斜坑掘削まで遡ります。斜坑にTBMの採用が決まり、1978(昭和53)年に多くの技術者がヨーロッパのTBM現場に研修に行きました。そのなか、あるイタリアの現場で右下の写真のショットレジンの薄肉吹付けを見つけたことで、わが国に導入する運びになりました。

ショットレジンは、石膏とレジンを主材料とし、補強材としてガラス繊維をノズル先端で混入するもので、片手で作業できるため、狭隘なTBM内で円形断面を保持する簡易吹付けとしては十分な機能でした。しかし、石膏ベースのため耐水性に課題があり、さらに3~5mmと薄肉であったため支保能力にも課題がありました。

1982(昭和57)年に、ショットレジンの課題を解消するために開発した材料が、セメントミルクをベースにした繊維入り吹付け材で、初期強度発現が15secと速く、しかも耐水性が大幅に改善され、吹付け厚さも2~4cmが可能となり、支保能力も大幅に向上しました。しかし、この吹付け材料は自己収縮率が高く、岩盤との付着力

の点に課題が残りました。次にその欠点を解決するため、下の表に示す特徴を持つ繊維入りモルタル吹付け材料を1987(昭和62)年に開発し、水殿川導水路に適用しました。

以上のような経緯でTBM用の簡易吹付け材料を開発することで、薄肉吹付けが可能となりました。現在ではミキシングが容易になり、ノズル先端で急結剤を加えるだけで前述の特色が発揮できるまで改良が進みました。

■今は汎用機?

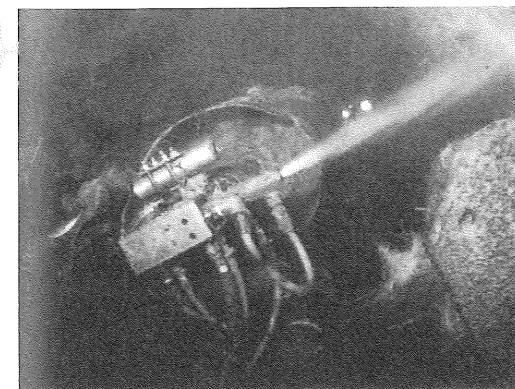
連続ベルトコンベヤの導入を試みたのは、今から約20年前になりました。当時の米国では、すでに汎用的に連続ベルトコンベヤがTBMに採用されていました。しかし、日本では相変わらず、ずり出しは鋼車

やシャトルレインが主体で行われていました。そんな時代でしたので、見たことも聞いたこともない連続ベルトコンベヤなど容易に受け入れられるわけありません。

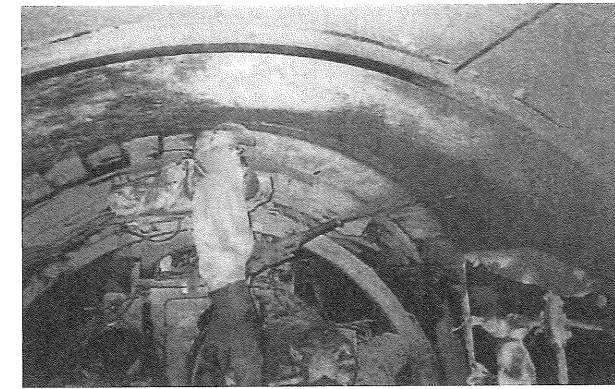
そのころ、私は日本道路公団発注の袴腰・城端トンネル(延長L=9km)の避難坑の施工計画を立案しており、最短でも6km、最長では9kmのずり出しをどのように効率的に行うかが課題になりました。結局、ベルトの切断やベルト延伸のリスクはあるものの、効率的なずり出しを重視し、連続ベルトコンベヤを採用する方向で計画をまとめました。しかし、本社で行われた施工検討会議では、案の定、紛糾し、ある重役から「6km以上のトンネルのずり出しを1本のベルトで本当にできるのか?」とい

薄肉吹付けの比較

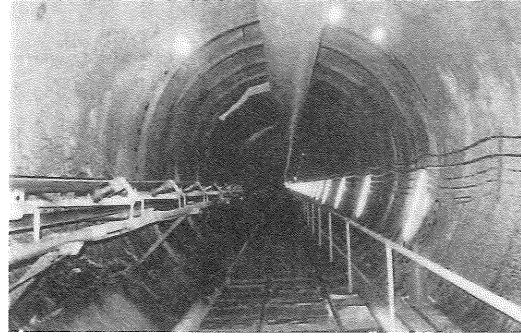
項目	ショットレジ	セメントミルク系 繊維吹付け	モルタル系 繊維吹付け
初期強度発現	40min	15~45sec	15~30sec
厚さ	3~5mm	2~4cm	2~4cm
跳ね返り	極小	極小	極小
作業性	簡易	簡易	簡易
補強繊維	ガラス繊維	ガラス繊維	ビニロン
耐湧水性	不可	10L/min・mまで可	20L/min・mまで可



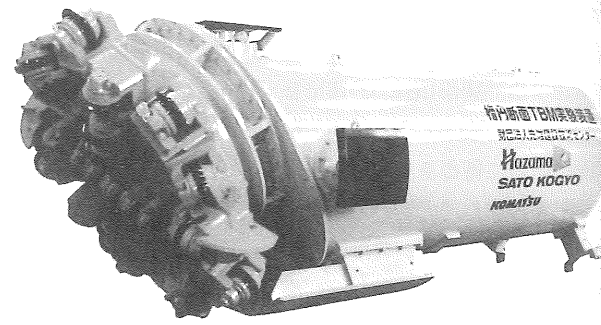
繊維入りモルタル吹付け



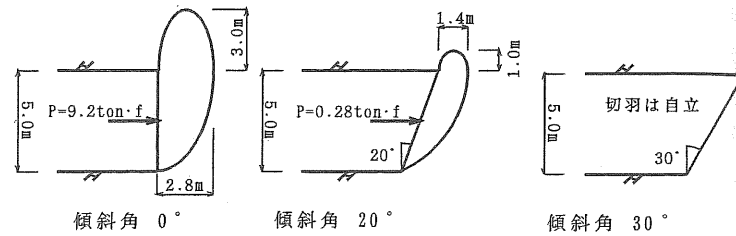
レジン吹付け



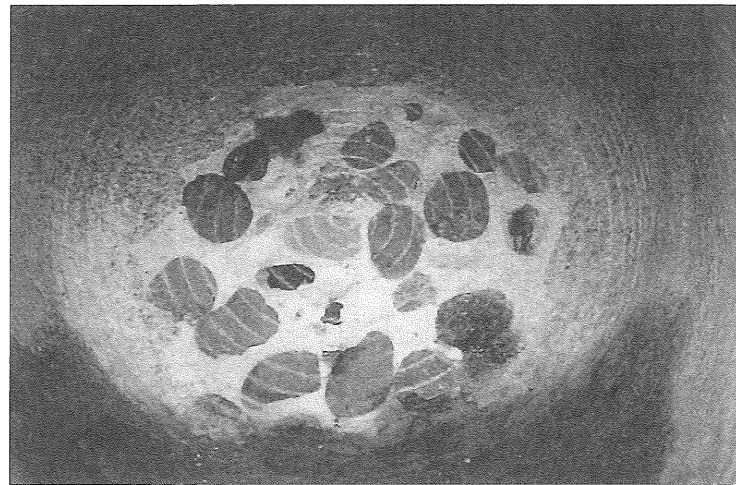
連続ベルトコンベヤ



楕円断面TBM



従来のTBMと楕円断面TBMの緩み領域の差



楕円断面TBMの切羽切削写真

う質問に対し、自信も確証もありませんでしたが、「現在、米国では70%以上のTBM工事に採用されており、米国でできて、日本でできないことはないと思います。」と答えて、ようやく了解を得たことを今でも鮮明に覚えています。

現在、左上の写真のような連続ベルトコンは、TBMばかりでなく、NATMやシールド工事などのトンネル工事に幅広く普及しており、採用に際しての説明も必要ないほど汎用化した現状には驚くばかりです。しかし、わが国で初期に連続ベルトコンを採用した担当者としては、連続ベルトコンが普及したことは、喜ばしいことですが、最近の採用傾向を見るとトンネル施工延長にかかわらず採用されており、このような採用方法で良いものが危惧している次第です。

未来に向かって

近年、TBMの採用が激減しておりますが、シールド工事と比較して山岳トンネルの機械化は、遅れた感が否めません。

水路以外の用途では、ほとんどの場合、必要内空断面形状が矩形

であり、通常のTBMでは余掘りが多くなりますが、右上の写真の楕円断面TBMを用いれば、余掘りを少なくすることは可能です。このTBMは、通常のTBMの機構を変更せず、単にカッタヘッドを傾斜させることで、楕円断面を掘削できるTBMです。また、ヘッドを傾斜させることで、上図

に示したように、切羽前方の緩み領域も小さくでき、切羽の崩壊も少なくできる可能性があります。掘削は、上の写真の切羽写真に見られるように、隣接破碎しながら進むところが見て取れ、通常のTBMと同様の効率で掘削することが可能です。カッタヘッドの傾斜により、TBMに浮力が発生し

ますが、ルーフサポートジャッキで方向制御が容易にできることも実験で確認されています。

日本の地質は、欧米と比較して予想できない互層地山に遭遇することが多いのは事実ですが、将来のトンネル工事を考えると、日本の地層に対応できるTBMの開発の必要性は十分あり、周辺技術の開発が急務と考えます。さらに、最近では、前方探査技術も進歩しており、TSPのような3次元解析も可能になってきています。

TBM掘削に先立って地質の弱層部の検知が可能になれば、NATMで用いられている鋼管フォアパイリングの打設の併用などにより、切羽崩落量を減することも可能であると思われます。

トンネルの世界は、未だに人力に頼るところが多く、理想的な機械化を進めるためには、漫画の世界に登場するようなものができればよいと思う次第です。

新しい技術は一朝一夕で進むものではありません。前述したよう

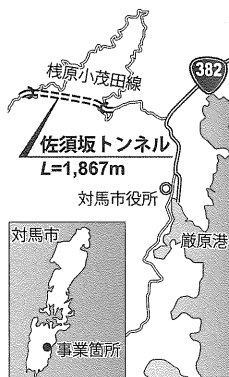
に長きにわたり完成させていくものであり、最初からすべての課題を解決することは難しいものです。何か変えたいと思いつき、各自が実行すれば、次世代の人々が必ず徐々に解決してくれます。気軽にしかも勇気を持って新たな課題に挑戦されることを若きエンジニアへ強く望みます。

以上、とりとめのない経験談を述べましたが、多少なりとも読者の将来に役に立つことを希望する次第です。

トンネルジャーナル

対馬市佐須坂トンネルが開通

長崎県が整備する、主要地方道棧原小茂田線、延長2.6 kmが、2月14日、開通した。これに先立ち、同路線の主要な構造物である佐須坂トンネルの坑口近くで開通式が行われ、長崎県知事、対馬市長をはじめ工事関係者ほか約80名が列席した。式典では、太鼓や踊りが披露され、鍬入れののち、参加者らが通り初めを行い開通を祝った。



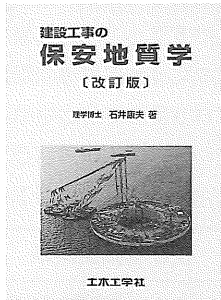
(左)佐須坂トンネル厳原側坑口にて鍬入れ(写真提供：長崎県)、(右)位置図

同トンネルは、対馬市厳原町北里と同町下原を結ぶ、延長1,867mの2車線道路トンネル。2008～2015年度に事業が行われ、事業費は約31億円。長崎県管理のトンネルでは4番目の長さで、対馬でもっとも長いトンネルとなる。

同路線は、対馬の中心地である下対馬東岸の棧原地区から、下対馬西岸の小茂田地区に至る延長約18kmの幹線道路。小茂田・下原地区からの通勤、通学など生活道路として用いられるほか、緊急搬送路や小茂田港から厳原港への鮮魚の運搬など、地域にとって重要な役割を果たしている。小茂田地区に

は、元寇襲来(文永の役)の戦場跡や椎根地区の石屋根など観光資源が数多く点在する。

現道は険しい山間部の道路で、急カーブ、急勾配の坂が続き、道路の幅も狭い。落石の危険や冬場の路面の凍結による車両通行の安全性も危惧されることから、早急な整備が求められてきた。今回の開通により、厳しい峠越えの通行が緩和され、延長7.4 km、時間にして約17分が短縮されることから、安全で快適な通行人のほか、住民生活や観光客の利便性や、救急医療の質の向上などに寄与するものと期待されている。



ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!

建設工事の 保安地質学

(改訂版)

理学博士 石井康夫 著

A 5判 上製本 475頁 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マイジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

報告

繊維補強吹付けコンクリートの 現状と課題(2)

JTA技術委員会山岳工法小委員会支保ワーキング

4 繊維補強吹付けコンクリートの 要求性能と評価方法

4-1 日本における要求性能

土木学会、日本コンクリート工学会などの学協会および鉄道、道路、電力の各事業者がトンネルや吹付けコンクリートに関する仕様および指針をとりまとめ、設計要領や施工マニュアルなどを発行しているが、現時点で繊維補強吹付けコンクリート(以下「FRSC」と記す)の要求性能を明確に規定したものはない。

一方、すでに廃版となっているが、NEXCOの『設計要領第三集 トンネル本体工建設編(第二東名・名神高速道路)』に示されている大断面トン

ネルの標準支保パターンに適用する「高強度繊維補強吹付けコンクリート」では、室内試験による評価方法(評価の閾値)が示されている。

これは、比較的良好な地山において、ロックボルト間の岩塊の抜落ち程度の荷重に対して曲げタフネスを規定するものであり、一般的に変状対策を目的としたものではない(図-13)。

4-2 日本における試験・評価方法

FRSCにかかわる試験方法は土木学会および日本コンクリート工学会が「吹付け鋼繊維補強コンクリートの強度およびタフネス試験用供試体の作り方(JSCE-F 553-1999)」「吹付け繊維補強コンクリートの強度及びタフネス試験用供試体の作り方(JCI-SF3)」を規定している。

そのほか、曲げ強度およびタフネス試験方法、鋼繊維混入率試験方法などは通常の繊維補強コンクリートと同じ扱いで、土木学会と日本コンクリート工学会が規定している。

4-3 海外における要求性能

欧州では欧州標準化委員会(CEN: European Committee for Standardization)が欧州規格(EN: European Norm)を各

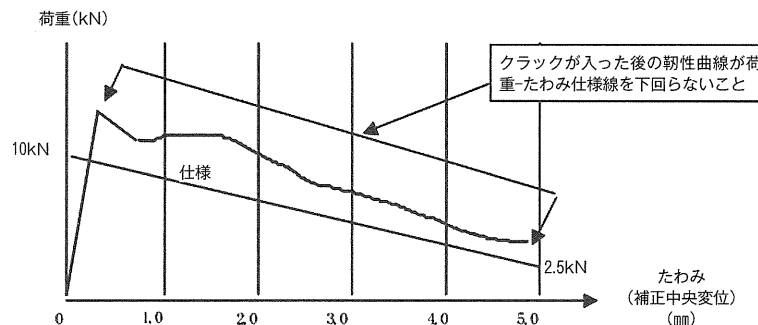


図-13 第二東名・名神高速道路に適用する高強度繊維補強吹付けコンクリートの性能確認方法¹⁰⁾

種制定している。FRSCの要求性能については、応力負荷に伴う変位と残留強度にもとづく性能とエネルギー吸収量にもとづく性能の2種類があり、それぞれ、地山条件に応じた物性値を定めている。そのほか、曲げ強度の物性値を定めている例もある。

(1) 変位と残留強度による分類

この分類は図-14のとおり、Class 0からClass 4の5つに分類され、それぞれの用途に応じて使い分けている。はり試験体3本のうち、少なくとも2本が図に示す残留強度要求クラスの境界以上にあり、クラスに応じたたわみ限界に至るまで曲げ応力が残らなければならない。また、いずれのはり試験体も次に小さいクラスの応力変形曲線まで落ちてはいけないと定めている。

(2) エネルギー吸収量による分類

この分類は表-4のとおり、500J(ジュール)、700J、1,000Jの3段階で、それぞれ良好な岩盤(堅岩)および小断面トンネル向け、標準(上記堅岩より低質)、そして悪い土質向けに規定しており、

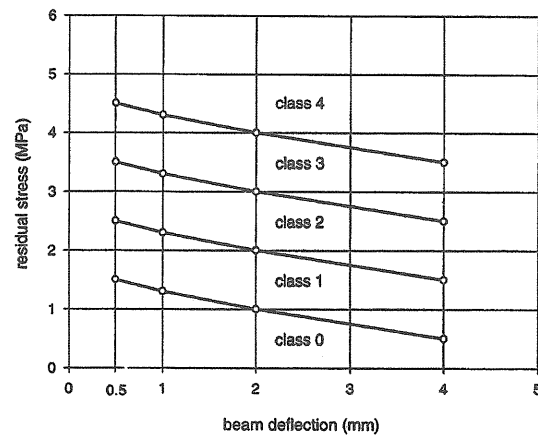


図-14 繊維補強吹付けコンクリートの応力負荷に伴う変位と残留強度による物性値の分類¹⁴⁾

表-4 繊維補強吹付けコンクリートの応力負荷に伴うエネルギー吸収量による分類¹⁵⁾

Toughness classification	Energy absorption in joule for deflection up to 25mm
A	500
B	700
C	1,000

ノルウェーで開発規定されたQ-systemと呼ばれる岩盤評価システムのデータベースをもとに分類している。

一方、ノルウェーでは1993年にはり試験体を用いたタフネス試験で要求性能を規定してきたが、試験体の作製に費用と時間がかかるため、1999年に、円盤試験体を用いたエネルギー吸収量を要求性能とする規定を新たに導入している。要求性能は試験体の変位量25mmまでのエネルギー吸収量で評価し、後述する表-7のうちE500規格を外して、E700、E1000で規定している。

4-4 海外における試験・評価方法

海外では日本の学協会が定める評価および試験方法と異なる方法が検討され、実際のトンネル建設現場で適用されている。日本でははり試験体による曲げタフネスを評価に用いることが多いのに対し、海外でははり試験体による残留強度とプレート試験体によるエネルギー吸収量を規定している場合が多い。

4-4-1 欧州

欧州ではFRSCの試験評価方法として、CENがはり状の試験体を用いた曲げ強度試験による応力極大値と、残留強度の試験評価方法(EN 14488-3 Testing sprayed concrete-Part 3)とプレート状試験体を用いたエネルギー吸収量の試験評価方法(EN 14488-5 同 Part 5)の2種類を制定している。鋼繊維はASTM A820あるいはそれに類似した各国の規定による(ASTM:米国試験材料協会)。

(1) EN 14488-3 Testing sprayed concrete-Part 3
本手法は75×125×600mmのはり試験体を用い、スパン450mmを3等分した4点載荷で試験する。

試験体は吹付けコンクリートパネルから切り出し、3日間現場に保管する。その後、試験室に移し、ビニールで覆い保管する。測定の前日に水中に移し、測定直前に水中から取り出し、試験体のはり中央における曲げたわみを測定する。はり中央の変位速度は、変位量0.5mmまでは0.25~0.05mm/分とし、0.5mmを越えたあとは1mm/分に上げ、変位量が4mmになるまで測定する。

(2) EN 14488-5 同Part 5

試験体は吹付けで600×600×100mmの寸法の試験体を作製し、さらに表面を研削して平坦にし、厚みは100±10mmの範囲に収まるように加工する。試験体の保管と養生は前述のEN 14488-3と同じである。測定では試験体の4辺を支持し、中心部に100×100mmのブロックを介して1.5mm/分の条件で荷重を加えて中央部の変形が25mmになるまで載荷する。試験体の荒い面を下側にするため、荷重は吹付け方向に対して反対向きに作用する。

ノルウェーは欧州規格と異なる円盤試験体を用いた試験評価を提示している。試験体の寸法は直径600mm、厚み100mmで、試験体を直径500mmの金属の支持リングに乗せ、中心部に直径100mmで下方向に荷重をかけて荷重と変位を測定する(図-15)。

4-4-2 アメリカ

アメリカではアメリカコンクリート協会(ACI)がFRSCの指針を2008年に出版している。使用する繊維は鋼繊維をASTM C1116 Type IとASTM A820で、有機繊維をASTM C1116 Type IIIで規定している。北米では現在2種類の試験方法をASTMで標準化している。

(1) ASTM C1609

はり試験体を用い、3点曲げ荷重で曲げ挙動を評価する方法で、2005年に制定されている。ひび

割れ発生後の挙動はばらつくため、通常は多くの試験体を測定する必要がある。

(2) ASTM C1550

円盤試験体を用い、周囲を3点で支持し、中心部に荷重をかけて曲げタフネスを評価する方法である。試験体の寸法は直径800mm、厚み75mmであり、試験体を支持する3点は、各点が40×50mmの金属平板で試験体に接しており、平板の下は球を介して支持台に接している。試験体が荷重を受けて変形しても試験体面は平板と面で支持するかたちになる。試験体の上面中心部に荷重をかけるピストンは直径50mmで、その先端は球面体になっており、点荷重になる。変位は試験体の下面中央にセットして測定するため、変位が大きくなるとひび割れが大きくなり、測定できなくなる場合がある。

本試験方法では、ひび割れ発生後の残留強度、耐久性および耐水性に影響するひび割れの最大許容量の評価方法を規定している。中心部の変位、3か所に発生するひび割れの幅や角度などを測定して評価する。

また、変位量40mmまでのエネルギー吸収量を評価する。荷重をかけて発生するひび割れは常に試験体のほぼ同じ箇所に3本発生するため、はり試験体に比べてばらつきが少なく、信頼性が高い試験方法である。

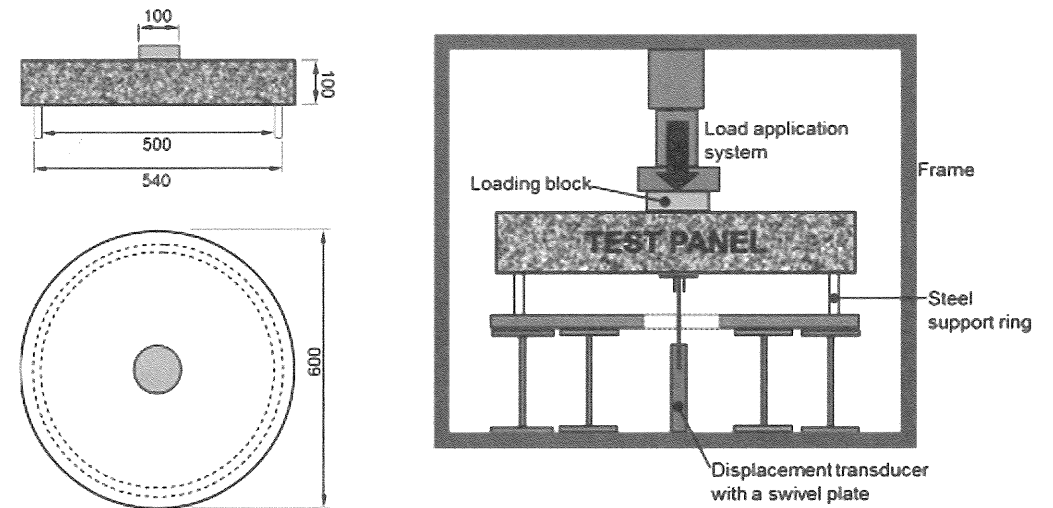


図-15 ノルウェーの円盤試験体を用いたエネルギー吸収量の評価試験方法¹⁶⁾

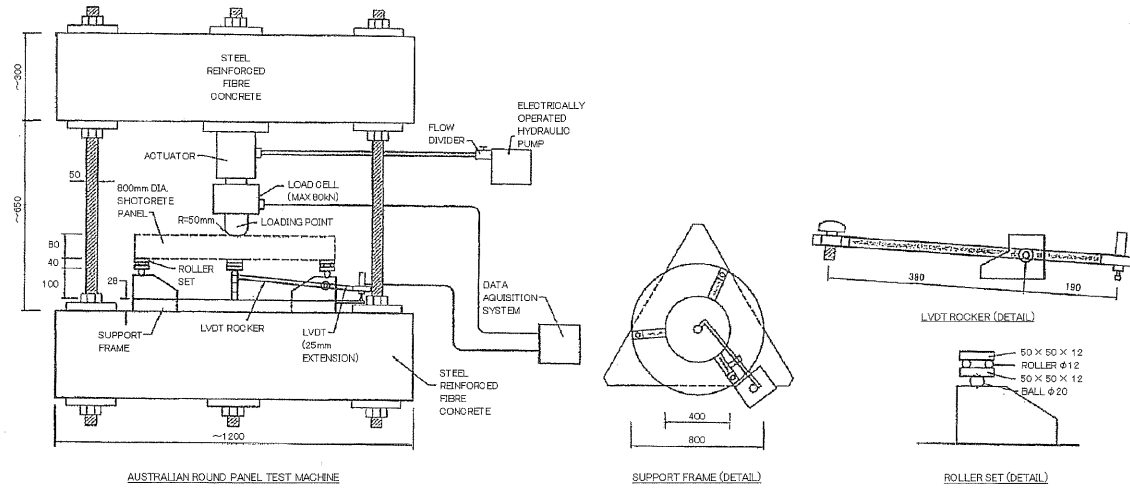


図-16 円盤試験体を用いた累積エネルギー測定の実験体と測定機器¹⁷⁾

4-4-3 オーストラリア

円盤試験体(直径800mm, 厚み80mm)を用いて周囲3点を支持し, 試験体中心に一点荷重をかけて荷重と変位を測定評価する方法が提案されている。図-16に試験体と測定機器を示す。なお, 試験方法はASTM C1550の原型であり, ほぼ同じである。この試験方法で荷重変位曲線を導き出し, 累積エネルギーを算定している。

4-5 要求性能と評価方法に関する課題

本章で海外事例も含めてFRSCの要求性能を検証するための試験方法および評価方法を整理した結果, 明らかになった課題を以下に示す。

- ① 日本ではFRSCの効果が体系的かつ定量的に整理されておらず, 数値で示される要求性能が明確でない。
- ② NEXCOの『設計要領第三集 トンネル本体工建設編(第二東名・名神高速道路)』(すでに廃版)に示されている荷重-たわみ曲線は, そのときに適用可能な材料が持つ特性に応じて設定したもので, しかも適用する地盤やトンネル断面形状も限定されており, 一般的な変状対策に使用できる要求性能とは言えない。
- ③ 評価方法の技術的な課題として試験体の作製に手間がかかり, 現場施工管理への適用が難しい。試験方法によっては大掛かりで建設現場で実施できない。

5 繊維補強吹付けコンクリートの設計

本章では, FRSCの設計手法および事例を調査し, その結果を踏まえてFRSCの設計に関する課題を挙げる。

5-1 設計の現状

5-1-1 国内における設計手法・事例

(1) 各設計基準での取扱い

各設計基準類に示されたFRSCに期待する機能, 対象地山(適用地山)および繊維混入率を抽出してまとめたものを表-5に示す。

(2) 設計手法例

鋼繊維補強吹付けコンクリートの設計手法例は、『鋼繊維補強コンクリート設計施工マニュアルトンネル編 [第2版]』(日本鉄鋼連盟)に示されている。

この中で, 鋼繊維補強吹付けコンクリートをNATMの支保部材として用いる場合には, 限界状態Ⅲ(覆工体が地山の大変形に追従できる鋼繊維補強吹付けコンクリート部材の変形特性を評価する観点から定めた限界状態)を適用し, 変形性能を重視して設計を行い, 施工時の計測などにより支保部材としての性能を確認することとしている。

また, 鋼繊維補強吹付けコンクリートを

表-5 各基準における繊維補強吹付けコンクリートの取扱い

基準名	期待する機能	対象地山(適用地山)	繊維混入率
道路トンネル技術基準(構造編)・同解説 平成15年11月 [日本道路協会]	・じん性の向上	・剝離のおそれがある場合 ・大きな変形による破壊のおそれがある場合	鋼繊維0.5~1.0%(容積百分率)
設計要領第三集トンネル編(1)トンネル本体工建設編 平成27年7月 [NEXCO]	鋼繊維補強 ・曲げじん性およびせん断強度の向上 非鋼繊維補強 ・曲げじん性の向上	・変形が大きい場合	0.5~1.0%が一般的(容積比率)必要に応じた曲げじん性およびせん断強度の値が得られるよう決定
設計要領第三集トンネル(1)トンネル本体工建設編(第二東名・名神高速道路) 平成18年4月【廃版】 [NEXCO]	・曲げ耐力の向上 ・せん断耐力の向上	・亀裂性岩盤や節理の発達した地山 ・膨張性地山などのように曲げやせん断が発生する場合	与えられた仕様線を下回らないこと(じん性に関する性能の良い鋼繊維0.75%を混入したじん性特性を基本)
山岳トンネル設計施工標準・同解説 平成20年4月 [JRTT]	・引張強度の向上 ・曲げじん性の向上	・地山条件が悪く, 大きな土圧が作用し, 大きな変形が発生する箇所(トンネル坑口部, 断層破砕帯, 膨張性地山など) ・構造上複雑で, 支保工の応力分布が複雑な箇所(トンネルの交差部, 拡幅部など)	0.5~1.0%程度が多い

NATMの支保に用いた場合の限界ひび割れ幅に対する安全性の照査例を示している。

(3) 事例調査結果

今回実施したFRSCを使用したトンネルの国内文献調査範囲では, 調査した46文献中, 15文献でFRSCの「力学性能の向上」に期待していることが記述されている。また, 期待する効果は表-6に示す結果となっている。

表-6より, 期待する効果を示した文献数は7件と少ないものの, 変形抑制やひび割れ抑制, 剝離・剝落防止の「力学効果」に期待してFRSCを採用した事例が多い。このことから, 期待する効果が示されていない文献についても, 曲げタフネスの向上など, 力学特性に関する性能向上を重視して採用された可能性が高く, 力学特性を評価できる設計が必要であると考えられる。

5-1-2 海外における設計手法・事例

今回の調査で得られた海外におけるトンネルの設計手法の事例は, Q-Systemを利用して支保を決定する方法と, 小土かぶり部や軟弱地山など特殊地山や周辺への影響が懸念される場合などで解

表-6 繊維補強吹付けコンクリートに期待する効果

繊維補強吹付けコンクリートの効果		期待する効果(件数)
①力学効果(変形抑制, ひび割れ抑制, 剝離・剝落防止)		5
構造上の改善効果	②支保低減効果 (鋼製支保工の省略)	1
	(吹付け厚の低減)	0
	③金網省略効果(リバウンド抑制, 安全性向上)	1
④長期耐久性向上効果(水密性向上, 凍結融解抵抗性向上)		0

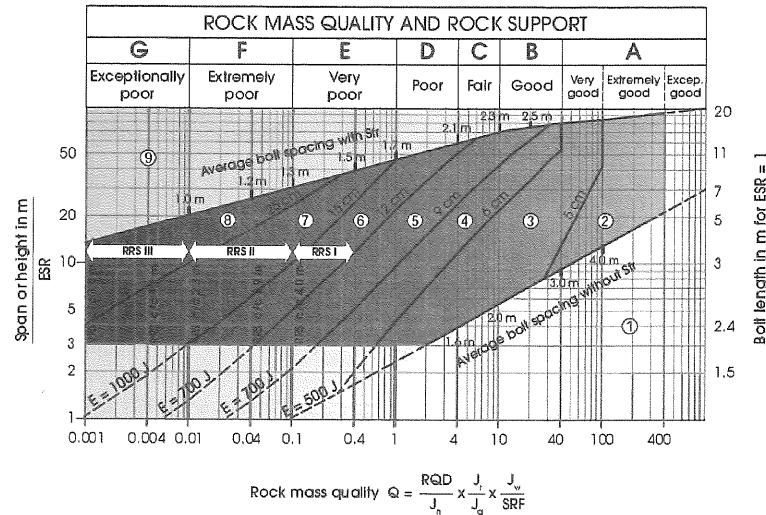
注)表中, 効果の分類は3-3項で整理された項目である。期待する効果の件数は, 国内文献調査46文献から読み取れる件数である。

析的手法により支保を決定している方法である。ただし, 解析的手法によるものは, 各海外コンサルタントのノウハウであり, 公表されたものはない。

ここでは, Q-Systemの概要と調査文献に示された吹付けコンクリートの設計に関する内容について紹介する。

(1) Q-System

Q-SystemはノルウェーのBartonにより開発された岩盤分類とその岩盤分類に対応した支保パターンを選定法である。図-17に最新のQ-チャートを示す。本チャートより, Q値が求められれば, 鋼繊維補強吹付けコンクリートのエネルギー吸収量(E), 吹付け厚, ロックボルト長さ, ロックボ



$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_o} \times \frac{J_b}{SRF}$$

支保パターン	
①	無支保またはスポットボルト
②	スポットボルト SB
③	システムボルト、厚さ 5-6cm の鋼繊維補強吹付けコンクリート B+Sfr
④	厚さ 6-9cm の鋼繊維補強吹付けコンクリートとロックボルト Sfr (E500)+B
⑤	厚さ 9-12cm の鋼繊維補強吹付けコンクリートとロックボルト Sfr (E700)+B
⑥	厚さ 12-15cm の鋼繊維補強吹付けコンクリート、RRS I、ロックボルト Sfr (E700)+RRS I+B
⑦	厚さ >15cm の鋼繊維補強吹付けコンクリート、RRS II、ロックボルト Sfr (E1000)+RRS II+B
⑧	現場打ちコンクリート CCA または Sfr (E1000)+RRS III+B
⑨	特別仕様
・破線の領域はこれまで経験したことがないトンネル形状	
RRS の仕様	
I	トンネル幅 10m : 6本の鉄筋 (φ16-20mm) を単層、吹付け厚 30cm トンネル幅 20m : 6+2本の鉄筋 (φ16-20mm) を二層、吹付け厚 40cm
II	トンネル幅 5m : 6本の鉄筋 (φ16-20mm) を単層、吹付け厚 35cm トンネル幅 10m : 6+2本の鉄筋 (φ16-20mm) を二層、吹付け厚 45cm トンネル幅 20m : 6+4本の鉄筋 (φ20mm) を二層、吹付け厚 55cm
III	トンネル幅 5m : 6+4本の鉄筋 (φ16-20mm) を二層、吹付け厚 40cm トンネル幅 10m : 6+4本の鉄筋 (φ20mm) を二層、吹付け厚 55cm トンネル幅 20m : 6+6本の鉄筋 (φ20mm) を二層、吹付け厚 70cm
c/c: 支保間隔	

図-17 最新のQ-チャート(2013)

表-7 鋼繊維補強吹付けコンクリートのエネルギー吸収量と使用する地山条件

エネルギー吸収区分	最小エネルギー吸収量	地山条件
E500	500 Joules	良好 (for sound ground condition)
E700	700 Joules	中間 (for medium ground condition)
E1000	1000 Joules	不良 (for difficult ground condition)

ルト間隔、支保(RRS)間隔が求められる。

鋼繊維補強吹付けコンクリートは、Q値で評価された支保パターン③から支保部材に採用されており、各分類でその厚さとエネルギー吸収量が示されている。

このエネルギー吸収量にもとづいて、鋼繊維補強吹付けコンクリートは、表-7に示す3つのクラスに分類され、ユーロコードC30/37のコンクリートに適用されている。

(2) 海外文献に示された吹付けコンクリートの設計に関する内容

『EUROPEAN SPECIFICATION for SPRAYED CONCRETE』では、FRSCに要求される曲げ強度はコンクリートの圧縮強度によって決められている。

表-8に曲げ強度が要求される場合の強度区分ごとの必要曲げ強度を示す。

曲げタフネスは、残留強度の区分またはエネルギー吸収区分で決められている。表-9に変位に応じた各区分に要求される残留強度を示す。これは、はり試験によるものである。

また、部材に要求される曲げタフネスの区分によって要求されるエネルギー吸収量は前出の表-4に示した値である。このエネルギー吸収量はプレート試験での変位量25mmまでのエネルギーをジュールで示したものである。

海外の文献にも、FRSCの性能や材齢の依存性について実験が行われた結果に関する文献が多い。つまり、FRSCの性状は、それぞれの工事におい

表-8 曲げ強度

強度区分	最小曲げ強度(MPa)		
	C24/30	C36/45	C44/55
はり曲げ強度	3.4	4.2	4.6

表-9 変形区分に対する残留強度

変形区分	はり変形(mm)	強度分類に対応する残留強度(MPa)			
		Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5
低(Low)	1	1.3	2.3	3.3	4.3
中(Normal)	2	1.3	2.0	3.0	4.0
高(High)	4	0.5	1.5	2.5	3.5

※ Class は図-14参照

て、その配合、繊維の種類などによって試験を実施し、その性能を確認しているのが実態であることがわかる。

したがって、その使用にあたっては、その特徴、性能を試験によって確認することが必要であり重要であると言える。

5-2 設計に関する課題

国内でのFRSCの設計にあたって、課題と考えられる事項として以下のものが挙げられる。

5-2-1 性能規定に関する課題

(1) 要求される性能が数値的に不明確

国内では、過去に唯一、新東名・名神高速道路の3車線断面で使用された(高強度)FRSCのみ要求性能が示されたものがある。その他の基準については、要求される曲げ強度とせん断強度に必要な強度を有する配合とするとの記述のみであり、Q-Systemのように地山に対応した統一された基準が示されていない。適用する地山に対する要求性能が数値として示されないと「適切な配合」であるか判定が困難である。

(2) 期待する機能により仕様が異なるのが不明確

各基準に示される適用地山に対する記述を比較すると、期待する機能が異なっていると思われる。つまり、『NEXCO設計要領(第二東名・名神高速道路)』では曲げタフネス改善を目的として使用しているが、その他の基準では大きな変形に追随

できる支保としての機能を期待している。期待する機能によって繊維混入率などの仕様が異なるのが不明確であり、適用する際に根拠とするものが少ないため、結局、実績重視の配合になっているものと思われる。

5-2-2 配合に関する課題

(1) 混入する繊維の形状、寸法の違いにより性能が異なる

FRSCでは、混入する繊維の形状や寸法の違いにより性能が異なる。また、強度は、配合、施工条件および材料の品質によって大きく影響を受ける。したがって、使用時に必ず試験を行い、性能を確認する必要がある。

(2) 圧縮強度だけでその品質を規定することができない

FRSCは、圧縮強度のみでなく、曲げ強度やタフネスも基準として配合を定める必要がある。しかし、(1)に示した課題があるため、同一強度、同一繊維混入量であっても規定を満足するかどうかは、必ず試験によって確認する必要がある。

5-2-3 吐出配合と付着配合に関する課題

(1) 吐出配合と実際に付着した配合で繊維混入率が異なる

繊維混入率を規定しても、繊維のリバウンドにより実際の付着配合の繊維混入率は吐出配合より小さくなる。この差の程度は、混入する繊維の形状や寸法、混入率およびその他の条件(配合、吹付け時の空気圧やエア量、吹付け面からの離れなど)により異なると考えられる。

したがって、FRSCの性能を確認するためには、必ず実機によって作成した吹付け供試体によって確認する必要がある。急な配合変更には対応が困難である。

(2) 吹付けられたコンクリートの品質は、配合が異なると同一の繊維混入率でも異なる

吹付けられたコンクリートの品質は、同一の繊維混入量であっても配合、繊維の形状や寸法などによって異なる。したがって、使用する配合は、付着したコンクリートが所要の性能を示すように繊維の形状、寸法、混入率などを定める必要がある。

6

繊維補強吹付けコンクリートの施工

FRSCは、繊維を混入することが施工性に大きく影響する側面がある。本章では、FRSCの施工にかかわる国内外の現状について、文献調査の結果から施工に関する基本的事項を整理するとともに、施工上の特徴や課題を抽出した。

6-1 国内における施工の現状

6-1-1 施工に関する国内の現状のまとめ

(1) 吹付け方式

吹付け方式には湿式および乾式があるが、各種基準において湿式が標準となっているため、生コンクリートの搬入が困難などの特殊な場合を除いて、湿式が用いられることが多い。湿式では、ポンプ圧送を伴うため、ファイバーボールなど施工上のトラブルが生じやすい。

(2) 繊維の混入品質

繊維の混入の際、繊維が十分に分散され、均一に混ざらないとファイバーボールを生じ、マテリアルホースの閉塞を生じるなどのトラブルが発生する。

最近では繊維が分散しやすい形状に工夫され、繊維の梱包方法についても、投入時の分散が容易な整列梱包が採用されつつあることから、トラブルは少なくなっている。

(3) 練混ぜミキサ

従来のパン型強制ミキサに代わって、最近では繊維の分散に適した水平二軸式強制ミキサが使われることが多い。二軸式強制ミキサや可傾式ミキサは材料の攪拌能力が大きく、コンクリート体積の2%までは混入可能である。

(4) 混入、練混ぜ順序

本来、湿式の場合、分散機を用いて繊維と骨材を、セメントや水よりも先にミキサに供給する方法が望ましい。しかし、最近では繊維材料の梱包やミキサの型式の改良によって、投入順序にはとくにこだわらずに、繊維補強吹付けコンクリートを製造することが可能となっている。最近ではアジ

表-10 繊維製品例

	鋼繊維	ポリプロピレン繊維	ビニロン繊維
長さ(mm)	30	30	30
太さ(mm)	0.62, 0.7	0.7	0.66
アスペクト比	48, 40	43	45
製品	ドラミックス, 神鋼建材工業	バルチップMK, 萩原工業	クラテックRF4000, クラレ

テータ車中のベースコンクリートに繊維を直接投入される例が多い。

(5) 繊維の形状・寸法規格

表-10に繊維製品例を示す。繊維の規格は、ミキサやアジテータに投入したときの分散性や練混ぜ、圧送や吹付け時に鋼繊維の曲がりや少く、ホースの中での閉塞などの支障を生じにくい形状にすることが考慮されている。湿式および乾式の場合ともに、繊維のアスペクト比40~50、繊維長30mmのものが多く用いられている。

(6) 配合

湿式では、繊維を混入するとフレッシュコンクリートのスランプが低下することから、プレーンの吹付けコンクリートに比べて単位セメント量が多く、細骨材率 s/a も高めに設定されることが多い。

(7) 吹付け機

吹付け機はプレーンの吹付けコンクリートの場合とほぼ同等のものが使用されている。ただし、繊維の混入により、圧送の負荷が大きくなることを考慮して、コンプレッサは大きめの容量のものが使用されることがある。また、鋼繊維の場合は吹付け機の部品や配管、ホースなどの摩耗が大きくなる傾向があるため、通常の吹付けコンクリートに比べて綿密な管理が必要となる。

さらに、湿式で施工する高強度の吹付けコンクリートの場合にはモルタル分の粘性が大きいため、吹付け機にかかる負担が通常の吹付けコンクリートの場合より大きく、マテリアルホース内のコンクリートの脈動や急結剤の不均一な混合などが生じる。そのため、コンプレッサ能力の増加、急結剤添加装置の適切な設定、空気圧送長さの減少など、吹付け機の取扱いに注意を要する。

(8) リバウンド

リバウンドに関しては、材料全体のリバウンドに対して繊維のリバウンドが多い特徴がある。繊維のリバウンド率はコンクリートの配合や繊維の形状によって異なるが、材料リバウンド率の2倍程度になるとの報告例がある¹⁸⁾。また、鋼繊維補強吹付けコンクリートの場合には約20~40%のリバウンドによる繊維混入量の減少の問題があるとされている¹⁹⁾。

リバウンド対策としてはシリカフェームなどの粘性を上げるための混和材が検討されることがある。リバウンドする繊維が多いことは坑内環境や安全に多少影響する面もあり、鋼繊維では突起繊維や落下繊維による踏抜きや擦傷、軽車両のタイヤのパンクなどの問題がある。

(9) 防水シートの破損

鋼繊維補強吹付けコンクリートに防水シートを張り付ける際、鋼繊維によってシートが破損するおそれがあるため、必要に応じてモルタルを吹き付けて下地処理をしたり、シートの裏面緩衝材を厚くしたりするなどの対策が行われる。裏面緩衝材の量はプレーンの吹付けコンクリートの場合には $300\text{g}/\text{m}^2$ が一般的であるのに対して、鋼繊維補強吹付けコンクリートの場合には不織布 $500\text{g}/\text{m}^2$ 以上が仕様として定められている例²⁰⁾がある。

(10) 再利用

一般にコンクリートの多くは再生砕石として再利用されるが、FRSCの場合は、一部の製品を除き十分な破砕ができないため、再利用が難しい。混合廃棄物として埋立て処分となる。

6-1-2 国内の基準など

繊維の材料規格については、繊維による補強効果や材料品質に加え、吹付け作業時のトラブルやリバウンドに伴う繊維混入量の変化など、施工性を考慮した規格が決められている。

6-2 施工方法に関する海外の事情

今回調査した文献の範囲では、海外でもFRSCの施工はプレーンの吹付けコンクリートの場合と同様に湿式で施工されることが多くなっているようである。

FRSCの施工に関して、当初問題となっていた、繊維混入、練混ぜにおける製造品質の問題や吹付け作業における機械トラブルなどの問題は国内外ともに改善されており、それらは施工機械の能力が向上したことや、繊維材料の規格の改善によるところが大きいようである。

6-3 施工に関する課題

国内におけるFRSCの施工に関して、課題と考えられる事項として以下のものが挙げられる。

(1) 防水シートへの配慮

鋼繊維補強吹付けコンクリートを施工した区間では、鋼繊維による防水シートの破損を防止するための下地処理や厚手の裏面緩衝材が必要となる。

(2) 施工機械の能力、耐久性

繊維の混入によりコンクリートの圧送負荷が大きくなるため、通常よりも吐出能力が大きい吹付け機が必要であることやマテリアルホースの摩耗が大きいなど、FRSCに対応した機械設備を採用する必要がある。

(3) 繊維のリバウンド

FRSCは繊維のリバウンドが多く、繊維混入率の低下によって期待する効果が得られないことが考えられる。一方、リバウンドに対しては安全や環境に対しても注意が必要である。鋼繊維補強吹付けコンクリートでは、リバウンドした鋼繊維による刺傷やタイヤのパンク、吹付け仕上り面の突起繊維による擦傷などに注意を要する。

また、リバウンド材に含まれる繊維は、鋼/非鋼に限らず掘削ずりとの分別が難しい。過去には、掘削ずりの盛土の中から繊維が見つかり、不法投棄で送検された事例もある。

(4) 品質管理

FRSCの施工ではプレーンの吹付けコンクリートの施工に比べて、品質管理の項目が増える。なかでも、曲げタフネス試験に関しては、海外で新しい試験方法が提案されているものの、供試体の作成に時間と労力がかかる。

(5) 施工中の変更手続き

国内では鋼製支保工や補助工法の代替として、迅速に施工できるFRSCが有効になる場合がある。

しかし、吹付けコンクリートの材料変更は試験練りや変更手続きに時間がかかるため、FRSCを臨機応変に手軽に適用しづらいという事情がある。

7 課題解決に向けた今後の展開

前章までで要求性能とその評価方法にかかわる課題、設計にかかわる課題、そして施工にかかわる課題を整理した。本章ではこれらの課題の解決に向けた今後の展開として考えられる点を整理した。

(1) 要求性能の明確化と評価・試験項目ならびに方法の確立

海外の事例では、Q-Systemのような地山に対応した基準を示してエネルギー吸収量で規定する要求性能を明確にし、シングルシェルの設計で繊維補強吹付けコンクリートを標準化している。日本においても地山に応じて設計に取り込める要求性能の明確化と、そのための繊維補強の特性を設計に反映できる試験・評価の項目・方法の確立を検討する余地があると考えられる。

(2) FRSCの効果の定量化と設計手法の確立

FRSCのさまざまな効果を定量的に評価し、その効果を設計に反映させて適用の可能性を広げる。たとえば「引張強度」を定量的に評価できれば、トンネルの交差部など局所的に引張応力が発生する地山の補強、大空洞で鋼製支保工を設置しない場合の支保構造の補強などへの適用が考えられる。あるいは、繊維補強吹付けコンクリートの効果についてひずみを指標として評価し、ひずみで設計することができれば、適用の可能性を広げやすいと考えられる。

(3) FRSCの特性を活かせる適用範囲の明確化

FRSCの主たる特性である「曲げタフネス」を活かせる適用条件や適用箇所を明確にすることが重要である。具体例としては、「トンネルがある程度変状しても吹付けコンクリートが剥落しない」効果を期待できる場合があり、多重支保工の一次支保工の吹付け、シングルシェルなど吹付けコンクリートを恒久的に使用するトンネル、あるいはある程度の地山変状を許容する場合などが挙

げられる。

(4) 施工時の品質確保と環境対策

施工で認められる技術的な課題への取り組みとして、FRSCの均質性と安定性の向上を目指すことが挙げられる。繊維のリバウンドによるコンクリート性能の変化、落下した繊維の廃棄処理、鋼繊維と非鋼繊維の利点・欠点を踏まえた適用など、多くの課題への取り組みを進める必要があると考えられる。

8 おわりに

今回、本ワーキングでは国内外の文献調査を通じてFRSCの要求性能を確認するための試験、評価、設計および施工に関する技術的な課題を抽出した。これらの課題は個々に独立したものではなく、互いに影響し合っていると考えられる。

たとえば、「要求性能が明確でない」ということは、設計において「曲げタフネスなどの特性を設計の根拠として示しにくい」ということとリンクしている。また、「曲げタフネスなどの特性を設計の根拠として示しにくい」ということは、「使用する繊維の種類や配合といった材料仕様」とも関係してくる。

このようなことから、FRSCをより合理的に使用していくためには、

- ① 吹付け後の繊維補強コンクリートの要求性能と性能を評価する項目・方法の確立
- ② 繊維補強の特性を考慮した設計手法の確立
- ③ 繊維補強の特性を活かせる適用範囲の明確化
- ④ 吹付け後の繊維補強コンクリートの品質確保と環境対策に向けた総合的な取り組み

が必要であると考えられる。

一方で、今回は詳細に扱わなかったが、日本と海外では、トンネル構造の基本的な考え方や標準の吹付けコンクリートの仕様が異なるといった背景も、FRSCの使用状況に大きな影響を及ぼしていると考えられる。

本報告が、FRSCの発展ならびに支保構造のさらなる合理化に寄与することができれば幸いである。

参考文献

- 13) 東・中・西高速道路：設計要領第三集 (1)トンネル本体工建設編(第二東名・名神高速道路), p.50, 2006.4.
- 14) European Specification for Sprayed Concrete, EFNARC, p.9, 1999.
- 15) European Specification for Sprayed Concrete, EFNARC, p.9, 1999.
- 16) Round Robin Test program in Energy Absorption Capacity of Round Panels according to Norwegian Concrete Associations Publication no 7:2011, COIN Project report 48-2013, SINTEF Building and

Infrastructure, p.11, 2013.

- 17) D. R. Morgan, R. Heere, N. McAskill, C. Chan : Comparative Evaluation of System Ductility of Mesh and Fibre Reinforced Shotcrete, Proceeding of the 8th international conference; Shotcrete for Underground support VIII, pp.216-239, 1999.
- 18) 三谷ら：はね返り低減を志向した繊維補強吹付けコンクリートの模索と合理的配合, 土木学会論文集 No.707, p.41, 2002.6.
- 19) 東・中・西高速道路：設計要領第三集 (1)トンネル本体工建設編, p.107, 2015.7.
- 20) 東・中・西高速道路：設計要領第三集 (1)トンネル本体工建設編, p.191, 2015.7.

山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著

B5判 183頁 上製本 本体価格3,200円 円350円



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読書である。

主要目次

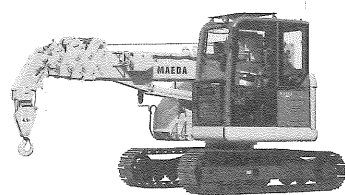
山岳トンネル技術の要素と変遷/トンネル掘削による周辺地山の挙動/岩石の特性/トンネルと地質/トンネルの線形/断面の設計/支保構造物/吹付けコンクリート/ロックボルト/鋼アーチ支保工/覆工/切羽の安定/掘削工法・掘削方式の選定/併設トンネルの設計/特殊地山/坑口の設計/環境対策

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

工法・技術・製品ニュース

製品 新シリーズのクローラクレーンを発売



(株)前田製作所産業機械本部産機事業部
営業部販売促進課
TEL. 026-292-2228
E-mail.
tomoko_oota@dbmed.komatsu.co.jp

前田製作所は、クローラクレーンの新シリーズとしてCC985S-1国内仕様を発売した。

同機は、クレーン容量4.9t×2.1mの新型機で、従来機であるLC785M-8からの変更点として次の点があげられる。

車体情報、ML情報、後方カメラ画像を一元化して表示できる新モニタを採用(特許申請中)、クレーン作業記録装置の機能アップでNETIS

登録の申請を予定。天窓ワイパ、後方カメラ、ML解除記録装置を標準装備。砂、埃などが詰まりにくいリンクスライドドアを採用。ブームヘッド形状変更により作業範囲が拡大し、従来機より最大作業半径が150mm、最大地上揚程が150mm拡大。従来機より車体重量を320kg低減。4次排ガス新型エンジン搭載(2014年基準対応)、低騒音型建設機械指定など。

製品 オフロード法2014年基準に適合のホイールローダー2機種



日立建機(株)ブランド・コミュニケーション本部広報戦略室広報グループ
TEL. 03-5826-8152
URL. <https://www.hitachicm.com/>

日立建機は、ハイブリッド機構を搭載した新型ホイールローダZW220HYB-5B(標準バケット容量3.4m³、運転質量18.18t)を4月1日から受注生産で発売する。

同社では、2003年に業界初となるハイブリッドホイールローダを開発し、その後も、実用化に向けた研究を続けてきた。2008年には、当時同社の連結子会社であったTCMが、超大型のハイブリッドホイールローダL130(標準バケット容量13m³)を限定発売している。同機は、それに続くもので、2014年から市場導入

に向けたユーザーテストをくり返し行うことで、今回の製品化に至った。中型ホイールローダにおけるハイブリッド機の市場投入は国内初。

ハイブリッドシステムは、減速時に発生するエネルギーを電気エネルギーとしてキャパシタに蓄電し、加速時に走行モータへ給電することで燃料消費量を削減するもので、同システムとエンジン回転数制御機構により、標準機と比べて、最大20%の燃費を低減する。周囲への騒音にも配慮し、クラス初の国交省超低温型建設機械に指定されている。

『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)

連載講座

トンネル新技術への挑戦(5)

—大断面省エネシールド工法—

「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、地下構造物が輻輳する大都市圏では、高速道路(高規格道路)や鉄道の地下化による交通網の整備が計画されている。地下化のためのトンネル構築では、開削工法に比べ、工事に伴う渋滞、工期、安全性において有利であるシールド工法を採用する事業が増えてきた。それに伴い、シールド工法のさらなる大断面化や高速掘進のニーズが高まっている。

その一方で、2011年に発生した東日本大震災以降、原子力発電所の停止などにより、電力の供給不足が問題となった。シールド工事においても、大断面シールドの稼働に膨大な電力を消費することから、電力の削減が求められた。

これらの相反する課題を解決するため、シールドのカッタ駆動方式を、従来の単一駆動方式に代えて、二重カッタ方式にすることにより、消費電力低減と高速施工の両立を可能にした「大断面省エネシールド工法」を開発した。

② 開発の背景

2-1 従来のカッタ駆動方式

2-1-1 単一駆動方式

シールドは、掘削断面の大小にかかわらず、シールド前面のカッタヘッドをシールド本体からシャフトなどで支持し、単一面でカッタヘッドを回転させる単一駆動方式により掘削している。近

年、シールド工事の大断面化により、次のような課題が顕著になった。

2-1-2 単一駆動方式の課題

大断面シールドにおいて、従来の単一駆動方式では、以下に示す(1)~(4)が顕著となるため、カッタトルクや推力の増加など、掘削抵抗が大きくなり、掘削速度低下の要因となる。これらは、カッタ回転数を増やし、カッタの周速度を上げることで回避できるが、その場合、シールドの必要装備電力が増加し、膨大な電力を消費することになる。

(1) 内外のカッタ周速度の差

カッタヘッドが1回転したときのカッタの移動距離は、内周側に比べ外周側が長くなるため、外周側と内周側ではカッタの周速度に差が生じる(図-1)。

外周側を従来と同程度の周速度で掘削した場合、内周側の周速度は遅くなり、カッタヘッド中央付

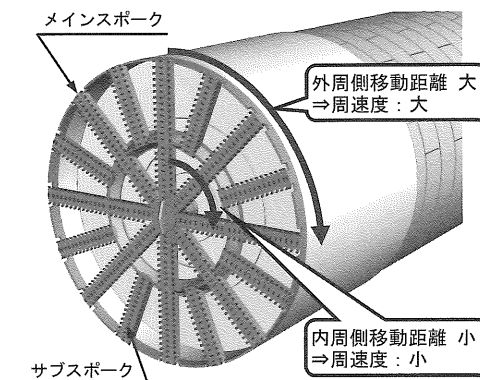


図-1 従来のカッタ駆動方式

近では、土砂の切削性、流動性が低下する。反対に、内周側を従来と同程度の周速度で掘削した場合、内周側の切削性は向上するが、外周側の周速度が必要以上に速くなる。

(2) 内外のカッタビット切込み量の差

内周側と外周側では、カッタビットが土砂を切削する際の地山への切込み量にも大きな差が生じる。カッタビットの切込み量は、シールドが掘進してカッタヘッドが1回転したときの1個のカッタビットが地山に切り込む量であり、次式で示される。

$$\text{切込み量(mm)} = \frac{\text{掘進速度(mm/分)}}{\text{カッタ回転数(回/分)} \times \text{Pass数}} \quad (1)$$

ただし、Pass数は、カッタヘッドの同一回転半径上に配置するカッタビットの数を表す。

外周側は、メインスポーク間に設置するサブスポークにもカッタビットを配置できるため、Pass数は多くなる。一方、内周側は外周側に比べ、スペースの制約からスポークの本数が少なく、カッタビットを配置できる箇所が少ないため、Pass数は少なくなる。

カッタビットを外周側に8Pass、内周側に2Pass配置した場合、外周側ではカッタ1回転あたりの土砂切削を8個のカッタビットで行うため、1個あたりのカッタビットの切込み量は小さくなる。反対に、内周側では土砂切削を2個のカッタビットで行うため、1個あたりのカッタビットの切込み量は大きくなり、ビットにかかる負荷が増加し、カッタトルクが上昇する(図-2)。

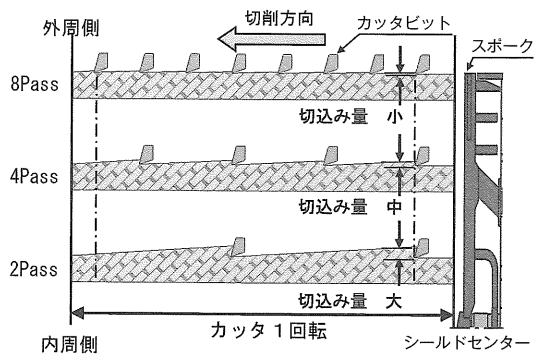


図-2 カッタビットのPass数と切込み量

(3) カッタヘッド内周部の開口率の減少

カッタヘッドのスポークは、カッタヘッド中心から放射状に配置されるため、内周側ではカッタスポークの間隔が密となる。これより、内周側の開口率が低下し、掘削土砂の取込み効率が低下する。そのため、単一駆動方式では、掘削土砂の流動性を向上させるため、添加材注入率の増加や掘進速度を低下させるなどの対策を必要とする。

(4) カッタ中心部の土砂流動性低下

大断面シールドのカッタ中心部には、掘削土砂の流動性確保のため、スポーク背面に攪拌翼が取り付けられている。しかし、単一駆動方式では開口率が小さく、中心部の周速度が遅いため、掘削土砂の流動性が改善されていないのが現状である。

2-1-3 必要装備電力

掘削外径φ16mのシールドを想定し、カッタ周速度の違いを考慮した必要装備電力(カッタ系のみ)について試算した結果を表-1に示す。なお、最適なカッタ周速度は、掘進速度、土質などにより異なるが、一般に15~25m/分の範囲にあることから、25m/分とした。また、比較したカッタ位置(半径)は外周側8.0m、内周側2.0mとした。

掘進速度を30mm/分に設定し、外周側のカッタ周速度を25m/分にした場合、カッタビットの地山への切込み量は7.6mm(8Pass)となる。そのとき、内周側のカッタ周速度は6.3m/分、切込み量は30.3mm(2Pass)となり、内周側は切込み量の限界値(実績より25mm程度)を超える。そのため、ビットにかかる負荷が増加し、カッタトルクの上昇により、掘削速度が低下する。

同様に、内周側のカッタ周速度を25m/分に

表-1 カッタ回転の最適周速度と必要装備電力

項目		外周側カッタを最適速度	内周側カッタを最適速度
外周側カッタ(8Pass)	カッタ周速度(回転数)	25m/分(0.495回/分)	100m/分(2.0回/分)
	切込み量	7.6mm	1.9mm
内周側カッタ(2Pass)	カッタ周速度(回転数)	6.3m/分(0.495回/分)	25m/分(2.0回/分)
	切込み量	30.3mm	7.6mm
必要装備電力		4,070kW	15,370kW

た場合、内周側の切込み量は7.6mm(2Pass)、外周側の切込み量は1.9mm(8Pass)となるため、ビットにかかる負荷は減少するが、外周側のカッタ周速度が100m/分と必要以上に大きくなるため、必要装備電力も約4倍と大容量になる。

2-2 開発への取組み

大断面シールドにおける従来のカッタ駆動方式の課題を解決するため、カッタ駆動方式を二重カッタ方式とする省エネシールドを開発した。

二重カッタ方式は、シールド前面のカッタヘッドを内周部と外周部に分割し、それぞれを独立してカッタヘッドを回転させ掘削する方式であり、既知の技術であった。しかし、カッタ駆動部の機構が複雑になることや、周速度が異なる2つのカッタにより切削され、チャンバ内に取り込まれる掘削土砂の流れや塑性流動状態(以下「流動性」と呼ぶ)を解明できなかったことから、日本ではこれまで実現されていなかった。

③ 開発の経緯

省エネシールドの開発は、2011年3月に発生した東日本大震災後、膨大な電力を消費する大断面シールドの電力削減についてのブレンストーミングから始まった。

既知技術であった二重カッタ方式に着目し、カッタ周速度の最適化による電力削減というアイデアをもとに、本格的に開発に着手した。開発においては、駆動部の構造をコンパクト化するとともに、内周部の掘削を効率化する内周部カッタスライド機構を考案し、2012年6月、省エネシールドの基本特許を出願した。さらに検討を進め、異なる回転速度で切削・取り込まれる掘削土砂の流動性を、「土砂流動解析技術」により解明することで、2012年8月、実用化の目処を立てた。

2013年6月の新聞発表以降、実工事への適用に向けた取組みを開始した。2014年4月、日本最大のシールド径となる東京外かく環状道路本線トンネル(北行)東名北工事において適用されることになり、現在、実施工に向けた更なる検討を進めているところである。

④ 大断面省エネシールド

省エネシールドは、カッタ駆動を二重カッタ方式にするとともに、内周部カッタが前後に移動するスライド機構を採用した。

4-1 二重カッタ方式

4-1-1 構造

二重カッタ方式は、シールド前面のカッタヘッドを内周部と外周部に分割し、それぞれが独立して駆動することにより、カッタヘッドを回転させ掘削する方式である(図-3)。

内周部カッタは、構造が単純であり、土砂の付着が少ないセンターシャフト支持方式とし、外周部カッタは、偏心荷重に対する構造的安定性が高い中間支持方式とした。

4-1-2 特長

(1) 最適なカッタ周速度での掘削

内周部と外周部のカッタヘッドを、それぞれ独立して駆動させることができる。そのため、それぞれのカッタの周速度を、カッタの負荷が少なく、掘削土砂の流動性を確保できる最適な周速度に設定し掘削することができる。

(2) ビット切込み量の低減

内周部を最適な周速度で回転できるため、ビットの切込み量を負荷が小さい10mm以下に抑制し、内周部のビットにかかる負荷を低減できる。

(3) 必要装備電力の低減

独立したカッタ駆動方式により、これまで内周部の周速度から設定していた外周部の周速度を抑えられるため、駆動に必要な装備電力を大幅に低

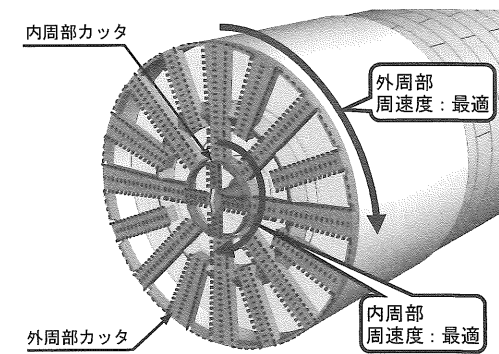


図-3 省エネシールド(二重カッタ方式)

減することができる。

(4) 内周部カッタの開口率向上

内周部カッタピットの負荷が低減されることにより、先端カッタ(フィッシュテール)を小型化できるとともに、カッタスポーク径を縮小し、本数を削減できる。そのため、カッタヘッド中心部の開口率を70%程度まで向上できる(図-4)。

これにより、チャンバ内への掘削土砂の取込み効率が向上し、カッタヘッドへの土砂付着を防止できる。

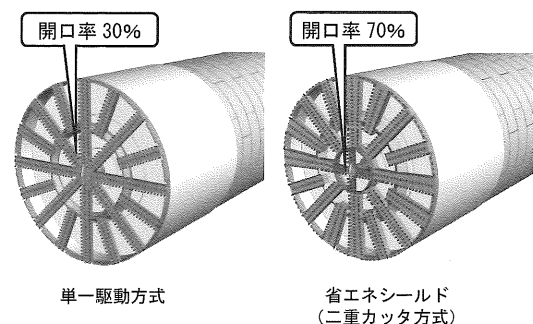


図-4 内周部カッタヘッド開口率

表-2 解析条件

項目	単一駆動方式	省エネシールド (二重カッタ方式)
外周部カッタ周速度	23.1m/分	23.1m/分
内周部カッタ周速度	5.8m/分	21.4m/分

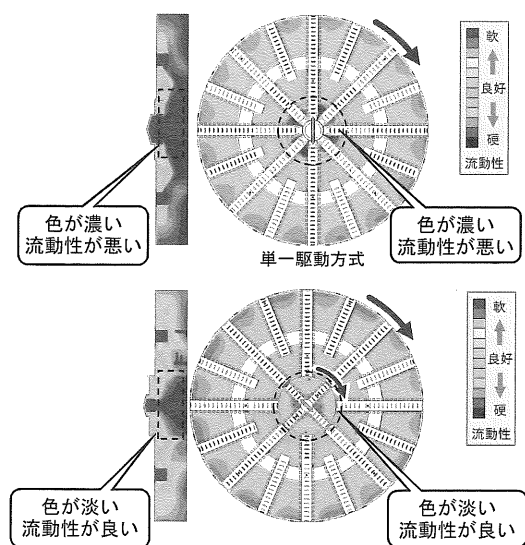


図-5 チャンバ内土砂流動解析(コンター図)

(5) カッタ中心部の流動性向上

二重カッタ方式の採用により、カッタヘッドの周速度を最適化し、大きな開口率を確保するとともに、カッタヘッド中心部の最適な箇所に攪拌翼を設置することで、攪拌能力がより向上し、掘削土砂の流動性を高めることができる。

カッタ中心部の流動性向上効果を「土砂流動解析技術」を用いて検証した。

土砂流動解析技術は、チャンバ内土砂のずり速度(ひずみを与える時間的変化の大小を示す数値)を算出することで、チャンバ内土砂の塑性流動性を判断する技術である。

表-2に解析条件、図-5に単一駆動方式と二重カッタ方式の解析結果を示す。コンター図は、おおむね、コンターの色が淡いほど掘削土砂の流動性が良好であることを示す。

外周部は、スポークの本数や周速度も同じであるため、単一駆動方式と二重カッタ方式では、コンターに大きな違いは見られない。一方、図-5の点線で示す内周部に着目すると、単一駆動方式では中心部のコンターが濃く、掘削土砂は硬い状態であるが、二重カッタ方式ではコンターが淡く、流動性は良好であり、流動性が向上することを確認できた。

4-2 内周部カッタのスライド

4-2-1 構造

省エネシールドでは、内周部カッタヘッドを油圧ジャッキにて前後に可動できる構造とした(図-6)。

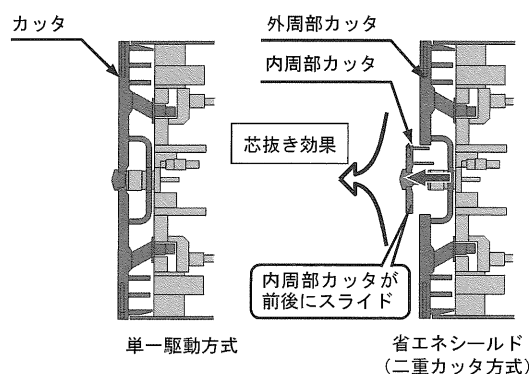


図-6 内周部カッタスライド機構

4-2-2 特長

(1) 先行掘削による芯抜き効果

単一駆動方式では、シールドのカッタヘッド前面が掘削面に対し同一面となる平面的な掘削であった。省エネシールドでは、内周部カッタヘッドを前後にスライドできることにより、内周部カッタの先行掘削による芯抜き効果を期待できる立体的な掘削が可能となった。掘削面の中心部を内周部カッタにより先行掘削することにより、外周部カッタにかかる負荷を低減し、消費電力の低減および高速掘進することができる。

(2) コピーカッタによる内周部・外周部境界部の土砂攪拌

外周部カッタ内側の周速度は最適周速度に対し遅くなるため、内周部カッタにコピーカッタを装備することにより、外周部カッタ内側の掘削土砂の攪拌が可能となり、流動性が向上する(図-7)。

(3) 油圧制御による駆動部のトラブル防止

これまでの大断面シールドは、カッタヘッド中心部の開口率が小さく、攪拌能力が小さいため、先端カッタ付近に、掘削土砂が固着する傾向があった。そこに大きな外力が加わり、先端カッタ部を破損するトラブルが発生している。

省エネシールドでは、開口率を大きくするとともに、内周部カッタスライド機構を油圧式とし、外力に対し、リリース圧を設定して制御することにより、土砂固着と破損リスクを低減できる。

(4) 内周部カッタの格納によるシールド機長の縮小

シールド組立て時は内周部カッタを外周部カッタと同一面にスライドし格納できるため、発進立坑の必要長さは従来の単一駆動方式と同等である。

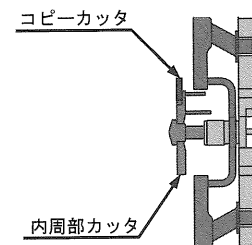


図-7 内周部コピーカッタ

⑤ ケーススタディ

実施工を想定し、単一駆動方式と省エネシールドの掘進性能と消費電力の比較を行った。検討条件を表-3に示す。

5-1 掘進性能

5-1-1 ビット切込み量

単一駆動方式の掘削速度を30mm/分とし、単一駆動方式と省エネシールドのカッタビットの切込み量の比較を行った(表-4)。なお、同一半径上のカッタビットは、高さを変えた段差配置とし、Pass数は、高さをもっとも高い配置となるカッタビットの個数とする。

単一駆動方式における内周部のカッタ周速度は7.5m/分であり、これから算出される切込み量は25.2mmとなり、ビット切込み量の限界値を超える。

省エネシールドでは、各カッタの切込み量が最適な10mm以下とするため、内周部カッタビットにかかる負荷を低減することができる。

5-1-2 掘進速度と掘進期間

省エネシールドによる最適な周速度での掘削により、各カッタの切込み量は負荷が小さい10mm以下となり、切込み量算定式(1)により算出される掘進速度は37.5mm/分となり、単一駆動方式に

表-3 検討条件

項目	単一駆動方式	省エネシールド (二重カッタ方式)	
掘削外径	φ 16.0m		
掘削延長	8.0km		
カッタ種別	なし(同一)	内周部	外周部
カッタ外径	φ 16.0m	φ 4.0m	φ 16.0m
カッタ回転数	0.6rpm	2.0rpm	0.5rpm
Pass数	内周: 2 Pass 外周: 8 Pass	2 Pass	8 Pass

表-4 単一駆動方式と省エネシールドの比較

項目	単一駆動方式	省エネシールド (二重カッタ方式)
外周部カッタ周速度 (切込み量)	30m/分 (6.3mm)	25m/分 (9.5mm)
内周部カッタ周速度 (切込み量)	7.5m/分 (25.2mm)	25m/分 (9.4mm)

対し、1.25倍の掘進速度となる。

また、掘進速度の向上にともない、月進が約420mから480mとなり、掘進期間を2か月短縮できる(表-5)。

5-2 消費電力量

単一駆動方式で掘削した場合と、省エネシールドで掘削した場合との消費電力量の試算例を表-6に示す。単一駆動方式を1.00としたときの省エネシールドの比率を括弧内に示す。

省エネシールドによる最適な周速度での掘削、内周部カッタスライド機構による掘削時の芯抜き効果、および掘進期間の短縮により、消費電力量は単一駆動方式の68%となり、約30%の大幅な消費電力量の低減ができる。

表-5 掘進速度と掘進期間

項目	単一駆動方式	省エネシールド (二重カッタ方式)
掘進速度(比率)	30mm/分(1.00)	37.5mm/分(1.25)
掘進期間	19か月	17か月

表-6 消費電力量の比較

項目	単一駆動方式	省エネシールド (二重カッタ方式)	
装 備	カッタ系 (比率)	4,850kW (1.00)	3,870kW (0.80)
電 力	シールド全体 (比率)	6,460kW (1.00)	5,480kW (0.85)
消 費 電 力 量	21,169(千)kWh (比率)	14,466(千)kWh (0.68)	
消 費 電 力 削 減 量	-	6,703(千)kWh	

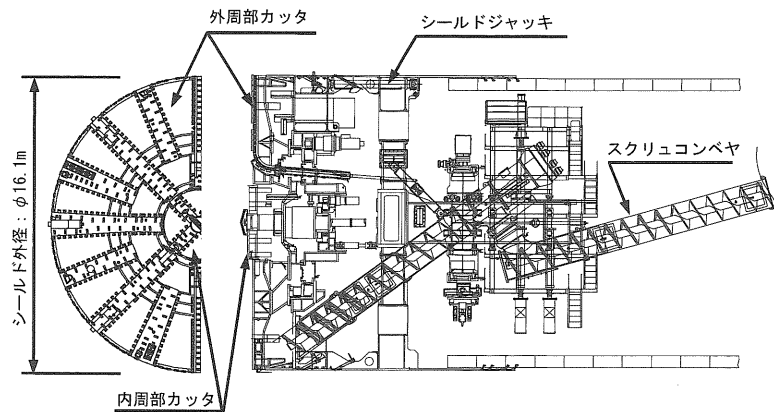


図-8 外環本線トンネル北行シールドの仕様

⑥ 実工事への適用

東京外かく環状道路本線トンネル(北行)東名北工事において、省エネシールドをはじめて適用する。

本工事は、東京外かく環状道路の関越自動車道大泉JCTから東名高速道路までの延長約16.2kmを4つの工区に分割して発注された工事の1つであり、東名側の本線北行トンネル、9.1kmを構築する。片側3車線の道路トンネルであり、直径約16mの日本最大のシールドとなる。工事の最盛期には、当工事だけでなく、4基の超大断面シールドが同時に稼働することになる。

シールドの内周部、外周部のカッタ回転数は、外周部カッタ内側の周速度を考慮し、それぞれ同径シールドの実績を参考に設定した(図-8)。

掘進中は、内外周のカッタトルク、推力などのシールドの負荷や、チャンバ内掘削土砂性状を計測し、二重カッタ方式、内周カッタスライド機構による中心部の掘削土砂の攪拌性や流動性向上効果を確認するとともに、高速施工と消費電力量の削減を実現する合理的な内周部、外周部のカッタ周速度の関係を検証する予定である。

⑦ おわりに

高層ビルや住宅がひしめき合っている都市部において、地下トンネルを構築し、交通網の整備を行うためにはシールド工法が不可欠である。

掘削形式	泥土圧(省エネシールド)	
外周部カッタ	支持方式	中間支持方式
	回転数	0.68~1.36回/分
	周速度	34.3~68.7m/分
	回転トルク	84,631kN・m(定格)
内周部カッタ	支持方式	センターシャフト方式
	回転数	1.7~2.6回/分
	周速度	21.4~32.7m/分
	回転トルク	1,246kN・m(定格)
スライド量	300mm	

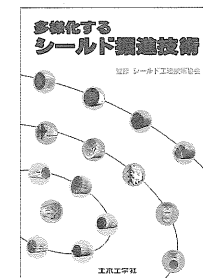
しかし、施工にあたり膨大な電力が必要なため、消費電力量削減が必須の課題である。

試算した省エネシールドの消費電力削減量は、約670万kWhであり、一般家庭の約22,000世帯、1か月分の消費電力に相当する。今後は、省エネシールドが低炭素社会へ向けた取組みの一環につながれば幸いである。

また、シールド掘進の高速施工による工期短縮が期待され、工事箇所周辺の近隣住民の環境負荷低減、道路・鉄道などの交通網整備の早期実現に向け、省エネシールドが役立つことを期待する。(文責:上田潤/(株)大林組, 杉山雅彦/三菱重工メカトロシステムズ(株))

参考文献

- 1) トンネル標準示方書 [シールド工法・同解説], 土木学会, 2006.7.
- 2) 土橋浩・松田満・松原健太・山本彰・近藤由也・日野義嗣・今田徹: 泥土圧シールドにおけるチャンバ内の土砂流動管理技術の開発, 土木学会論文集, Vol.66, No.2, pp.289-300, 2010.6.
- 3) 中村哲: 省エネシールド, 大断面シールドの消費電力低減と高速施工, 土木施工, Vol.55, No.1, pp.126-129, 2014.1.
- 4) 足立邦靖・阪本公明・山本裕三・杉山雅彦: 電力低減と高速施工を両立した省エネシールドの開発, 土木学会第69回年次学術講演会, pp.1245-1246, 2014.9.



多様化する
シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会
B5判 141頁 本体価格2,500円

本書は、「トンネルと地下」に約1年間にわたり連載した『多様化するシールド掘進技術』をベースとして、掲載しなかった工法、技術などを整理、体系化するとともに、各種工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点が、よりわかりやすいように手を加え再度同名の図書としてシールド工法技術協会が監修を行ったものである。

【掲載工法】

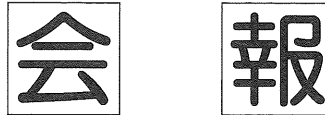
- ①ラチス式同時施工シールド工法, ②F-NAVIシールド工法, ③ハニカムセグメントを用いた同時施工法, ④ロングジャッキ式同時施工シールド工法, ⑤ダブルジャッキ式同時掘進シールド工法, ⑥充填式シールド急曲線工法, ⑦地下茎シールド工法, ⑧T-BOSS工法, ⑨球体シールド工法, ⑩上向きシールド工法, ⑪MMST工法, ⑫拡大シールド工法, ⑬偏心多軸(DPLEX)シールド工法, ⑭ワギング・カッタ・シールド工法, ⑮自由断面シールド工法, ⑯OHM工法, ⑰H&Vシールド工法, ⑱単円~三連型駅シールド工法, ⑲MFシールド工法, ⑳DOT工法, ㉑MSD工法, ㉒親子シールド工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



〒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

一般社団法人

日本トンネル技術協会



1. 会員の現状

	2月29日現在
個人会員	907名
団体会員	205名
推薦会員	207名
特別会員	8名
名誉会員	4名
賛助会員	221名
合計	1,552名

2. 委員会の開催状況(2月1日~29日)

①運営広報委員会関係

◎総務委員会

・総務委員会(2/24)

服部修一委員長ほか10名, 理事会資料を検討

会誌WG(2/3)

小山幸則主査ほか11名, 3月号の会誌と3か月計画を検討

◎事業委員会

・事業委員会(2/25)

桑原彌介委員長ほか16名, 27年度催物開催計画結果報告と28年度催物開催計画の検討

◎国際委員会

・国際委員会(2/5)

中村武夫委員長ほか10名, ITA 総会対応の検討

海外ニュースWG(2/22)

清水健志主査ほか9名, 海外文献の査読

対外広報WG(2/29)

清水健志主査ほか8名, 作業状況の確認

ITA統括WG(2/18)

砂金伸治主査ほか18名, ITA 総会2016年対応を検討

計 7回開催 89名出席

②調査研究委員会関係

◎技術委員会

・技術委員会(2/23)

西村和夫委員長ほか15名, 27年度活動報告および28年度活動計画を検討

安全環境小委員会(2/24)

豊澤康男委員長ほか12名, 27年度活動報告および28年度活動計画を検討

山岳工法小委員会

支保WG(2/18)

丸山修主査ほか18名, 新規テーマを検討

都市トンネル小委員会(2/29)

田村正明主査ほか16名, 27年度活動報告および28年度活動計画を検討

シールド変遷史WG第1グループサブWG(2/1)

川越勝主査ほか4名, 原稿を検討

◎受託研究特別委員会

・新幹線新駅技術検討委員会(2/2)

今田徹委員長ほか16名, 影響解析結果を検討

・九州新幹線(西九州)トンネル検討委員会(2/23, 24)

江崎哲郎委員長ほか31名, 現地視察および各トンネルの施工方法の検討

・青函トンネル検討委員会(2/7-9)

小島芳之座長ほか30名, 計測結果および点検調査, 補修方法を検討

計 8回開催 150名出席

合計 15回開催 239名出席

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第42回ITA総会およびコンGRESS「Uniting Our Industry」	2016. 4.22~28	サンフランシスコ(アメリカ)	Underground Construction Association of SME, ITA(国際トンネル協会) http://wtc.2016.us
第43回ITA総会およびコンGRESS「Surface problems -Underground solutions」	2017. 6. 9~16	ベルゲン(ノルウェー)	Norwegian Tunnelling Society, ITA(国際トンネル協会) www.wtc.2017.no (論文募集中)
第44回ITA総会およびコンGRESS「Smart Cities : Managing the Use of Underground Space to Enhance the Quality of Life」	2018. 4.20~26	ドバイ(UAE)	Society of Engineers-UAE, ITA(国際トンネル協会) www.uaesocietyofengineers.com

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

4. 平成27年度催物開催現況

(平成28年2月現在)

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(現場見学会)				
東村山水路トンネル現場研修会	2015. 7.23	16	東京	2.5
九州新幹線現場研修会	2015. 8.27	16	佐賀,長崎	3.2
(武雄トンネル, 大草野トンネル, 久山トンネル)				
新名神高速道路箕面トンネル現場研修会	2015. 9.18	24	大阪	3.0
東京外かく環状道路新宿線交差部建設工事現場研修会	2015.10.14	25	千葉	2.0
東北地区道路トンネル現場研修会	2015.12. 9	14	岩手	4.3
(手代森トンネル, 山口第2トンネル, 津軽石トンネル)				
中部横断自動車道トンネル建設工事現場研修会	2015.12.16	16	静岡,山梨	3.3
(樽峠トンネル南, 森山トンネル)				
横浜環状北線工事現場研修会(馬場出入口部)	2016. 1.26	19	神奈川	2.0
新名神高速道路トンネル建設工事現場研修会	2016. 3.14	25	兵庫	4.5
(川西トンネル, 切畑トンネル)				
(施工体験発表会)				
第76回(山岳)「課題克服に取り組んだトンネル工事—新技術, 創意工夫, 周辺環境への配慮—」	2015. 6.24	168	東京	5.5
第77回(都市)「市街地におけるトンネル・地下構造物の築造技術」	2015. 6.25	109	東京	4.7
(講習会・シンポジウム)				
トンネル技術者のための地相入門講習会	2015. 9.30	39	東京	6.2
第17回トンネル技術ステップアップ研修会「シールド部門」	2015.10.19, 20	40	東京	11.5
(設立40周年記念事業)				
設立40周年記念展	2015. 8. 2~ 8	841	東京	—
親子見学会	2015. 8. 4	45	神奈川	—
山岳トンネルの設計と現場との乖離シンポジウム	2015.11.18	120	東京	3.7
トンネル維持管理業務講習会(基礎編)	2015.12. 4	43	東京	6.3

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

設立40周年記念事業シンポジウム 開催報告

テーマ：山岳トンネルの設計と現場との乖離

山岳工法小委員会支保ワーキング

本会の設立40周年記念事業の一環として山岳工法小委員会企画していたシンポジウム(テーマ：山岳トンネルの設計と現場との乖離)を平成27年11月18日(水)13:00~17:00、虎ノ門明会館「地下ホール」で開催したので報告する。

会の冒頭、事業委員長の桑原彌介氏より開会のあいさつを行い、基調講演として首都大学東京の西村和夫教授より「山岳トンネルの現場における設計と施工上の課題」と題した講演をしていただいた。その後、話題提供として、鉄道・運輸機構の丸山修氏より「新幹線トンネルでの盤膨れへの取組み」、また、中日本高速道路の中田雅博氏より「早期閉合に関して『トンネルと地下』からわかること」と題した発表があった。

パネルディスカッションは、コーディネーターを西村和夫先生、パネラーを土木研究所の砂金伸治氏、鉄道・運輸機構の服部修一氏、中日本高速道路の中田雅博氏、清水建設の石井三郎氏、西松建設の岡井崇彦氏とし、鴻池組の富澤直樹氏の司会により進められた(写真-1)。パネルディスカッションで取り上げたテーマは、支保ワーキングで実施した「トンネル現場における課題・疑問点に関するアンケート調査」結果から表-1に示す7テーマを選定実施した。

図-1に当日の参加者120名の業種別内訳、図-2にアンケート調査結果を示す。

参加者の半数は建設業であったが、現場における課題認識のため、発注者やコンサルタントの方にも多く参加していただけるよう積極的に広報すべきであったと反省している。

当日のプログラムについては、おおむね好評を得た。ただし、パネルディスカッションが大変よかったという声があった反面、場内からの意見も聞いて欲しかったという意見があった。

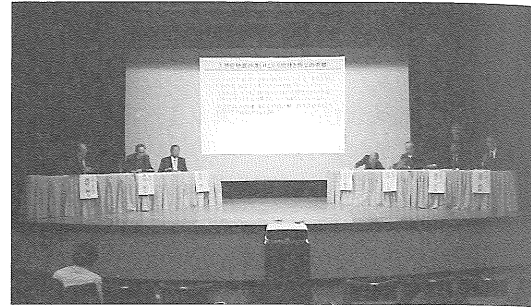


写真-1 パネルディスカッションの様相

表-1 パネルディスカッションのテーマ

テーマ1：支保工仕上がり面の段差、上半のみの鋼製支保工
テーマ2：ウイングリブ施工に伴う余掘り
テーマ3：AGF区間における天端部のロックボルト
テーマ4：核残しを実施する際のロックボルト
テーマ5：鏡補強を伴う切羽直近での早期閉合
テーマ6：無筋区間でのインバート拘束ひび割れ
テーマ7：地質調査の乖離

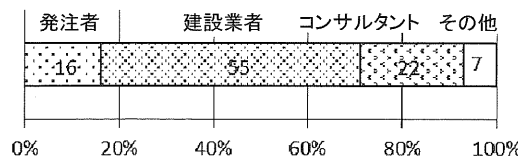


図-1 参加者の業種別内訳(割合)

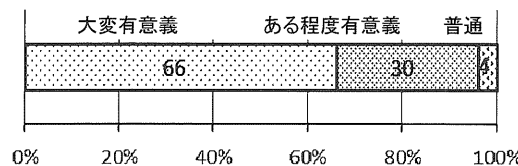


図-2 プログラムの内容の評価

また、当日の配布資料については、後日活用するために、パネルディスカッションの資料も配布して欲しかった、モノクロよりもわかりやすいカラーの資料を事前にメールで配布し、各自で印刷できればよかった、などの意見をいただいた。

今回のシンポジウムでは、トンネル工事における設計と施工の課題の実態を学官民の各業種の方が相互に認識し、今後改善すべき事項について、多くの技術者で考える大変よい機会であり、設立40周年記念を迎えた協会会員のステップアップに役立ったものと考えている。なお、今回のパネルディスカッションの内容については、別途報告す

る予定である。

最後に、今後とも協会の各種イベントを積極的に活用し、会員各位の会社や自身の技術の研鑽に役立てていただきたい。

「支保ワーキングの主な活動成果の紹介」

- ・繊維補強吹付けコンクリートの現状と課題
【Vol.47, No.3,4(2016.3,4)】
- ・事例調査にもとづく鋼製支保工の機能と効果に関する考察
【Vol.47, No.1,2(2016.1,2)】
- ・アンケート結果にもとづくトンネル支保工に関する定説と実際の乖離
【Vol.44, No.6,7(2013.6,7)】
- ・海外におけるトンネル支保工の事例調査
【Vol.44, No.5(2013.5)】
- ・山岳トンネルのインバート
【Vol.22, No.3~5(2011.3~5)】
- ・山岳トンネルのインバートに関する講習会
【2011年6月15日に企画実施】
- ・インバート設置に関する検討報告書
【会員閲覧資料2009.6. 図書番号200207】
- ・山岳トンネルの大規模変状事例調査
【会員閲覧資料2008.3. 図書番号200705】

- ・現場技術者のための吹付けコンクリート・ロックボルト
【2005.3. 図書番号200501】
- ・地山応答の制御—1960年代までの発展の軌跡—K.Kovari スイス連邦チューリッヒ技術協会、(抄訳) 【Vol.34, No.6, pp.55-64, 2003.】
- ・現場技術者のための吹付けコンクリート・ロックボルトQ & A
【2003.3. 図書番号200208】
- ・SUS 9 国際会議論文集(英語)
【2002.11. 図書番号200207】
- ・吹付けコンクリート・ロックボルトに関するQ & A
【Vol.31, No.8~Vol.33, No.6(2000.8~2002.6.)】
- ・ノルウェーにおける吹付けコンクリートに関するQ & A
【Vol.29, No.1, pp.71-75, 1998.】
- ・トンネルの吹付けコンクリート
【1996.2. 図書番号96002】
- ・第3回国際吹付けコンクリート技術会議抄訳
【Vol.23, No.2, pp.49-55, 1992.】
- ・吹付けコンクリートに関するフォーラム—日本と欧州の現状—
【1991.5. 図書番号91002】
- ・吹付けコンクリートに関するフォーラム報告
【Vol.22, No.12, pp.47-52, 1991.】

新刊図書案内

図書名：都市部近接施工ガイドライン<図書番号 201504>

体裁：A4判, 370頁

頒布価格：個人会員4,500円, 団体会員5,000円, 一般6,000円

(消費税込み, 送料実費負担となります。)

申し込み：TEL：03-3524-1755, FAX：03-5148-3655または, E-mail：book@japan-tunnel.orgにてお申し込みください。担当：米田

本書は、平成11年度発刊の『地中構造物の建設に伴う近接施工指針』の改訂版として、最新の事例・技術を反映したものです。発注参考図書として提示している機関に対しては、本書を紹介していただくようお願いします。

※成果品の内容については、本協会ホームページ「新刊・近刊図書案内」を参照ください。

5月号予告[5月1日発売予定]

- 北海道新幹線(青森・函館間)
 - 阪神高速道路2号淀川左岸線 正連寺川トンネル
 - 東京下水道 千代田区永田町一丁目、霞が関二丁目付近再構築
 - 中部電力 西名古屋火力発電所ガス導管トンネル
- 【連載講座】
- トンネル新技術への挑戦(6)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆最寄りの鉄道駅の前後区間で、連続立体交差事業が進められています。複々線区間のうちの1線がちかちか完成することによって、開通前の高架橋の上を歩くレールウォークなるものを開催するそうです。歩ける区間はわずか80m。北陸や北海道の新幹線が約1kmで同様のイベントをやっていたの比べると、やはり規模が小さいです。この事業により2つの踏切が除去されます。これに関連して、知人のNPOも、連立事業に関連した周辺地域のまちづくりに向けた活動を続けています。先日、そのNPOがまちづくりのワークショップ(WS)を開催することによって、無理を言って見学させていただきました。このWSは、将来の公開WSに向けた準備段階として招待者のみで開催されたものでしたが、今後、まちづくりを担う人材の育成も目的とするとのこと、各方面から50名ほどが参加しており、多様な意見を聴くことができました。まちづくりというと、昨今は、公共施設を建ててそれを軸に、というよりも、ひとづくりを軸にして展開されていくことが多いようですが、きっかけとしてのインフラ整備が、地域に与える影響はひじょうに大きいと、改めて感じました。少なくとも投資が行われる事業なので、地域にとっては、より大きな投資効果を引き出すことが望ましいでしょう。それをどれだけ、引き出すのかは、周辺地域や利用者の主体性なのだと感じさせられた機会でした。

(K.K)

★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(株)土木工社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4号 (通巻548号)

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成28年3月20日 印刷

平成28年4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 株式会社土木工社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,620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。

トンネル工事に用 電気集じん器

e-DUSCO 240

イーダスコ・ニーヨナル

e-DUSCO 270

イーダスコ・ニーナナル

たった37kWで
2750m³/min

NETIS
国土交通省 新技術活用システム
登録番号: TH-100024-A

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

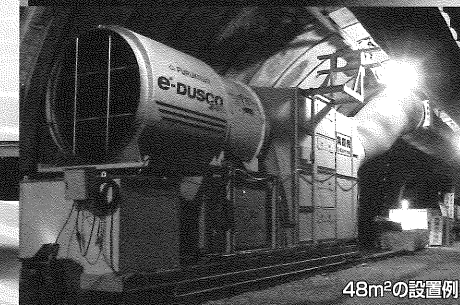
新版・換気技術指針でも**全ての断面、全ての延長**に対応。

全てのトンネルに適用可能!



- クラス最高の集じん効率95%*
- 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



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-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 (伸縮風管接続時同)	23kW・28kW・40kW・任意 (伸縮風管接続時同)
洗浄水※3	2.4m ³ /回	
捕集ダスト処理	溜式	
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 入口ダクト及び絞りダクトは含まれません。 ※2 台車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測定した値です。 ※5 任意設定にて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
第三営業部 ☎03-3212-6576

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

小川橋工場 ☎0285-23-8662

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

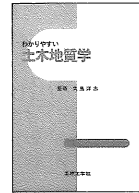
推進工法の理論を、多くの挿図を用い解説した。日本の現在の推進工法の基本となった原著を斯界の権威が翻訳・監修。



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500円+税 B5判

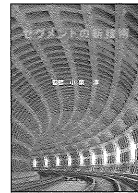
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた。



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・俣野恭寛 共著
1,200円+税 新書判

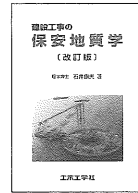
温泉開発における一般論から探査技術についてまとめ、今後の温泉開発の考え方を、外国の事例も交えながらわかりやすくまとめた。



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000円+税 A5判

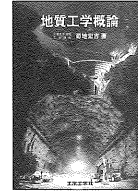
建設技術者に必要な地質・岩石・岩盤などの基礎知識と酸欠・有害ガス・ガス爆発・湧水などの建設災害について、著者の経験を交えながらまとめた。



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

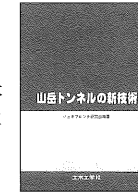
岩盤内に分布する不連続面と、掘削面など自由面の間の三次元的幾何学的関係から安定に影響する岩塊を見出す新手法を解説。



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的事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300円+税 A5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200円+税 A5判

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



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200円+税 A5判

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



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800円+税 A5判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400円+税 A5判

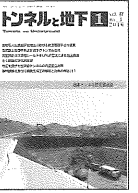
海洋の石油・天然ガス・石炭などのエネルギー資源と、マンガン・ジュールの鉱物資源、また、海洋エネルギーなどの開発と利用についてまとめた。



トンネルと地下

1,500円+税 B5判 月刊(毎月1日発売)

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



書籍のお申し込み

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

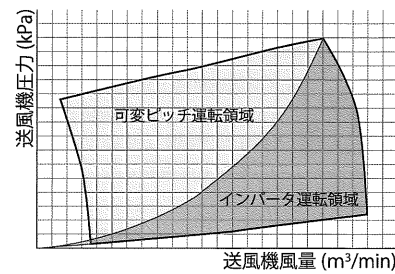
(株)土木工学社
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
TEL: 03 3267 2888 FAX: 03 3267 2807

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	60kW×4P×2台 50/60Hz 400/440V	74 dB
	1500m³/min × 3.5/2.6kPa		
CDH1250-26-80(4)W	1500m³/min × 3.92/4.9kPa	80kW×4P×2台 50/60Hz 400/440V	74 dB
	2000m³/min × 1.76/1.76kPa		
CDH1250-26-110(4)W	2000m³/min × 4.11/4.9kPa	110kW×4P×2台 50/60Hz 400/440V	74 dB
	3000m³/min × 1.8/2.45kPa		
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性を活かした
省電力システム「i-Res」を開発しました

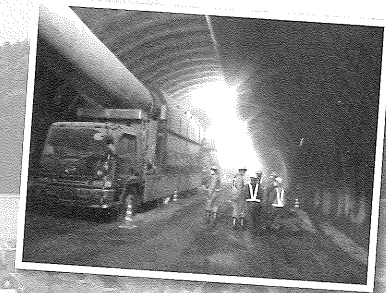
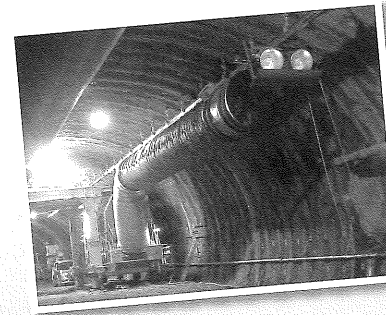


菅機械工業株式会社

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	愛知県名古屋市港区九番町3-37	TEL 052(653)2491
京都営業所	〒615-0022	京都府京都市右京区西院平町25	TEL 075(314)4460

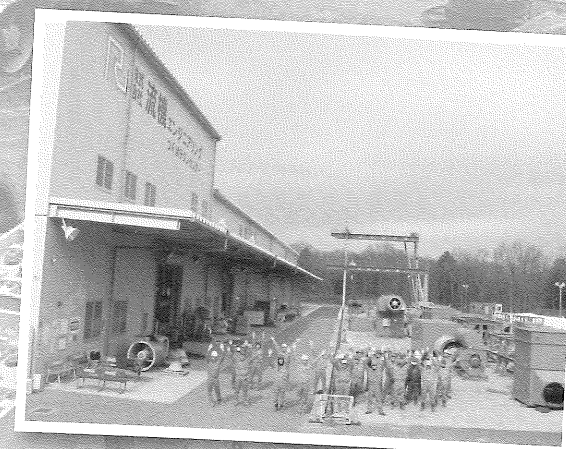


大型集じん機 300 台！
送風機 650 台！
世界最大の換気設備保有メーカー！

いままでにない技術、いままでにない挑戦。

なんとかする力

「トンネル環境」のトータルソリューションは当社へお任せください。



1977年創業から、平素よりお世話になっております。
2014年10月、39期より西村司が代表取締役社長に就任し、新しい「風」とともに全社員一丸で邁進しています。
手に握めない「流」体を「機」械で「エンジニアリング」する会社として、様々な分野の「最適環境の創造」をして参ります。

最適環境を創造する
株式会社 流機 エンジニアリング

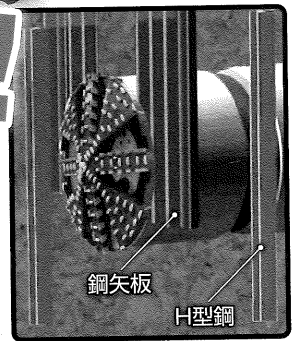
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2
TEL: 03-3452-7400
URL: <http://www.ryuki.com/>
E-mail: eigyobu@ryuki.com



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。



鋼矢板

H型鋼

特長

切羽に人が出る必要がなく安全性が高い。

泥土圧・泥水式どちらでも適用可能。

切削時の騒音、振動がほとんどなく、
昼夜施工が可能。

周辺地盤の沈下などはほとんどなく、
近接物への影響が小さい。

施工実績



φ2680泥土圧シールド
H型鋼(300H)×8本
鋼矢板(Ⅳ型)×2面



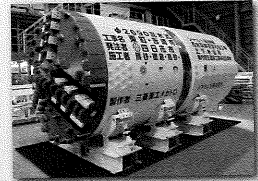
φ4240泥土圧シールド
H型鋼(350H)×6本
鋼矢板(Ⅵ型)×2面



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06619-4



4910066190460
01500