

トンネルと地下

2

vol. 46
no. 2
2015

Tunnels and Underground

超長尺大口径先受け工により地すべり坑口部を掘削

H&Vスパイラル工法により狭隘な河川下にシールドを縦断掘進

送・配水ネットワークの形成に向けた大環状線の整備

西武新宿線中井～野方駅間の地下化による連続立体交差に着手

FRP製トンネル内巻き工によるRC覆工の劣化対策

日本トンネル技術協会誌



FRD
FURUKAWA

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

ホイール式ドリルジャンボ

JTH2200R-III / JTH3200R-III

国土交通省 第3次排出ガス対策型建設機械(トンネル工事用建設機械)指定機

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



新型油圧ドリフタHD210Ⅱ搭載



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

自走式コンクリート吹付機(コンプレッサ搭載型)

CJM2200E-III

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

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

△ 古河機械金属グループ

FRD 古河ロックドリル株式会社

www.furukawarockdrill.co.jp

本社 〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号

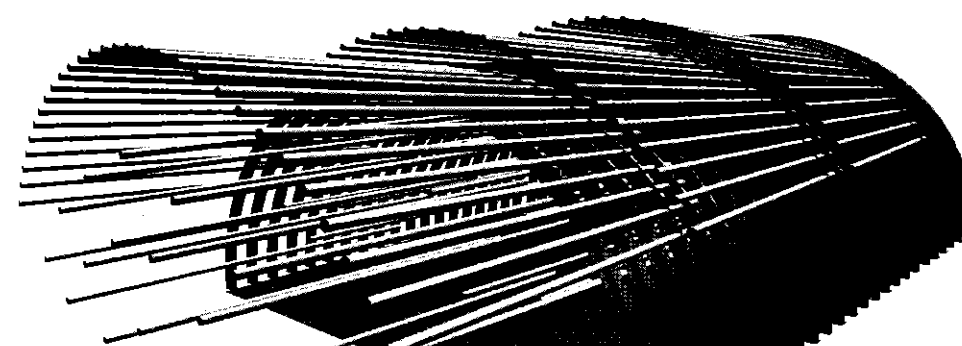
特機部 ☎03(3231)6966

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

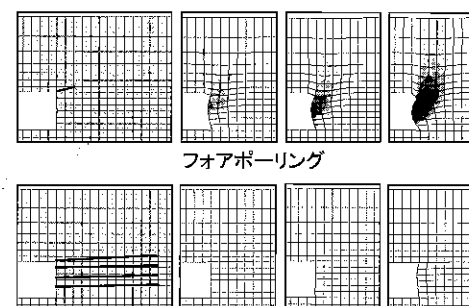
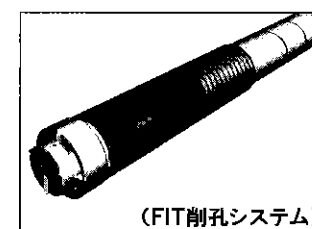
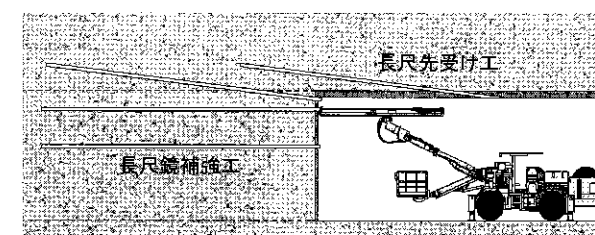
全方位 GFRP 管長尺補強システム

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

FIT 工法
FRP INJECTION TUBE

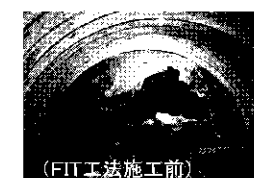


切削可能で掘削の妨げにならないGFRP管を使用し、切羽前方地山を確実にホールドできます。



FIT工法

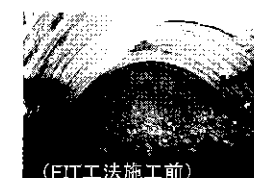
(数値解析による効果の検証例)



(FIT工法施工前)



(FIT工法施工後)



(FIT工法施工前)



(FIT工法施工後)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部 TEL(03)6402-8251 FAX(03)6402-8255
大阪土木営業部 TEL(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755
札幌支店 TEL(011)751-4681 FAX(011)751-6482

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

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

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

補助工法ラインナップ

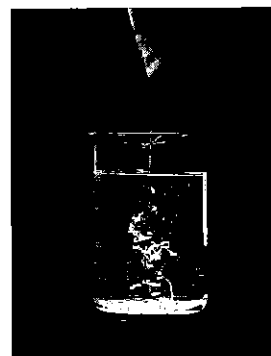
- ⇒ 注入式フォアポーリング
- ⇒ 各種長尺フォアパリング
- ⇒ 多重式長尺フォアパリング
- ⇒ エコリムーブ工法
- ⇒ パノラマ工法
(φ60.5MRS, φ76.3, φ89.1)

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

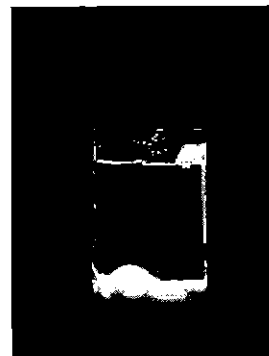
スーパーSRFの優位性

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

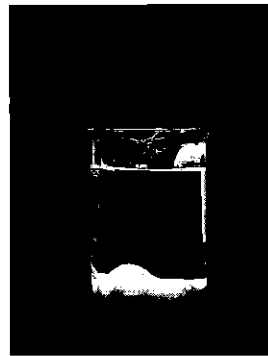
混合直後



3分後



10分後



KATECS

株式会社 カテックス
建設資材事業部

ホームページ <http://www.katecs.jp/>

技術部・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

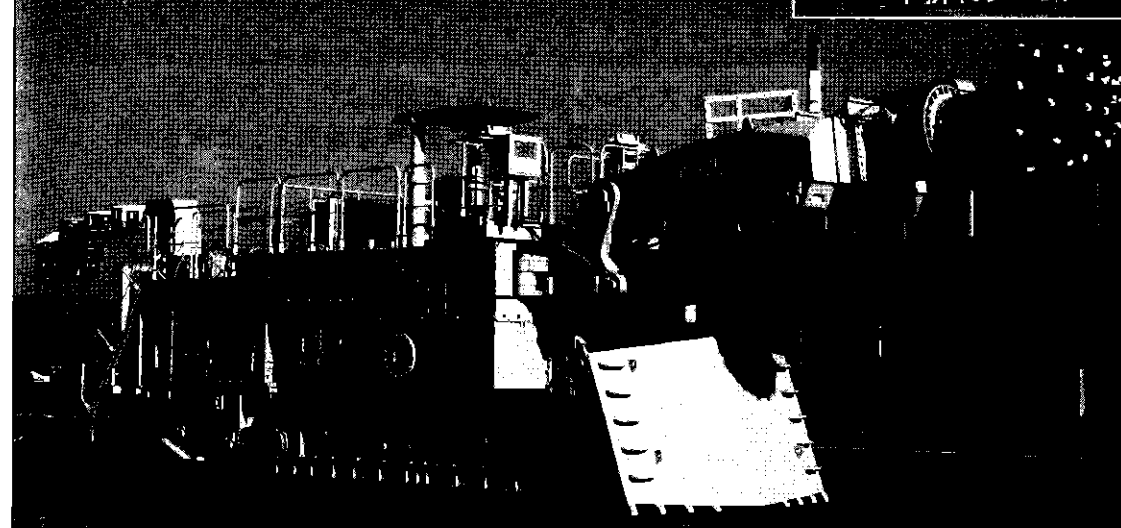
TEL) 092-574-0856 FAX) 092-574-0846

北海道地区(㈱エイチ・アール・オー)

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

全断面对応トンネル高速施工掘進機

中折れブーム



全断面トンネルの高速施工を目指して

特徴

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



スライドデッキ

製造、販売、レンタル及びメンテナンス  株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館

産業機械営業部 TEL. 03-3270-2005 FAX. 03-3245-0203

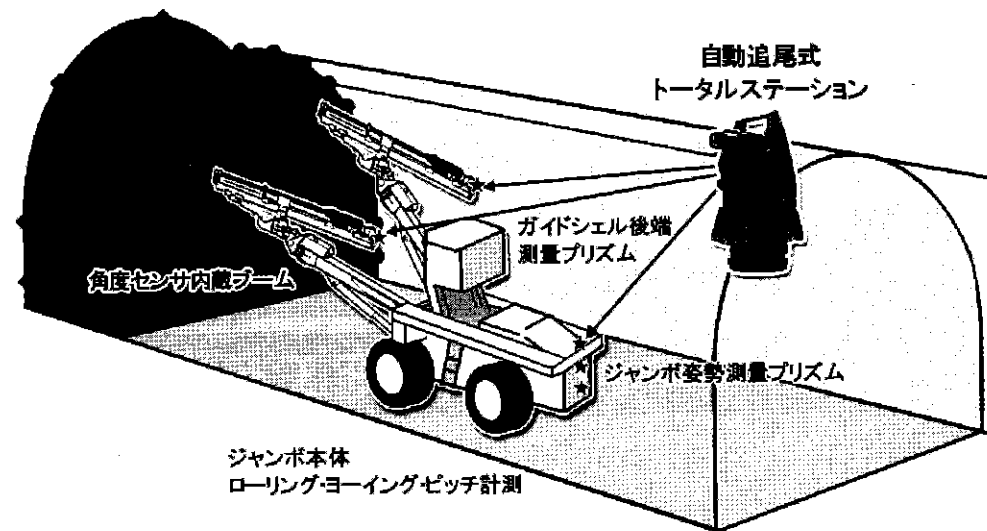
<http://www.mitsumiike.co.jp> E-mail: sanki@mitsumiike.co.jp

NETIS登録番号:KK-100049-A

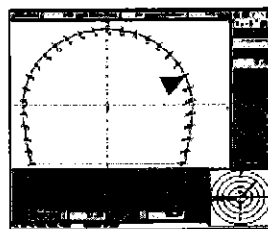
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

自動追尾式測量器(トータルステーション)との連動により、外周装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

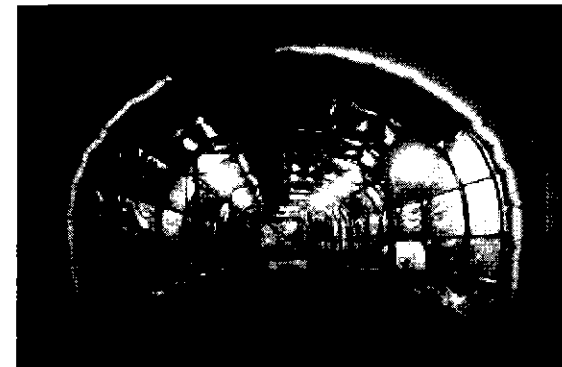
FRD 古河機械金属グループ
古河ロッドドリル株式会社

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

トンネル覆工コンクリートの品質革命

散水式による覆工コンクリート養生システム
『トンネルミスト®』 NETIS登録:GG-080012-A



散水式養生台車を使用します。

養生シートと覆工コンクリートの空間に散水を行い、湿潤養生を行います。気密性が保持され、保湿性・保温性が得られます。

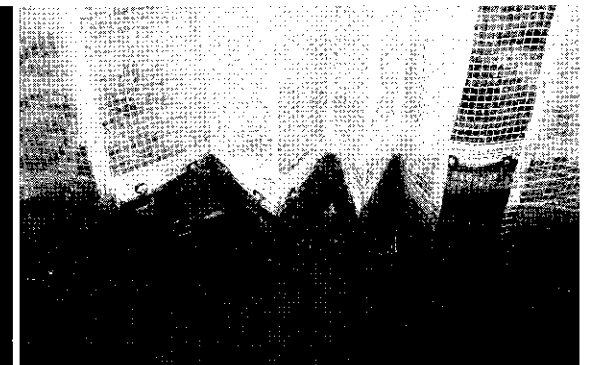
【効果】

- ・コンクリートは密実になり、初期・長期強度を確保できます。
- ・乾燥収縮・温度応力によるひび割れが低減できます。
- ・耐久性に優れたコンクリートが得られ剥離剥落を防止できます。
- ・従来のひび割れ補修に比べて工期が短縮でき、コストダウンが可能となります。

実績および採用決定
(平成27年2月現在)

施主	実績	計画物件
国土交通省	45件	11件
NEXCO	9件	6件
その他	35件	10件
合 計	89件	27件

貫通後の通風を防止し、ひび割れを抑制します
『トンネルパーテーション』 NETIS登録:CG-110032-A



トンネル貫通後の坑口部に設置し、通風を防止します。

トンネル全断面を通風遮断シートで覆います。

固定式、移動式と用途に応じて仕様を選定できます。

【効果】

- ・貫通後の通風を防止できます。
- ・坑内温度・湿度を一定にできます。
- ・覆工コンクリートのひび割れが低減できます。

実績および採用決定
(平成27年2月現在)

施主	実績	計画物件
国土交通省	6件	10件
NEXCO	4件	3件
その他	9件	8件
合 計	19件	21件

株式会社 マシノ トンネルグループ

本 社 〒733-0822 広島市西区庚午中1丁目 19-23

TEL (082) 507-2737 FAX (082) 507-2721

大阪支店 〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3丁目 16-3

TEL (06) 6389-6400 FAX (06) 6389-6410

各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー

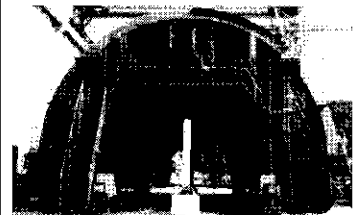


東和機電工業株式会社 かい た 瀬田工場

〒820-1111 福岡県飯塚市勢田2594番地の18
 電話：(09496)2-3500(代表)
 F A X：(09496)2-6310
 E-mail：info@towakiden.co.jp
 ホームページ <http://www.towakiden.co.jp>

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

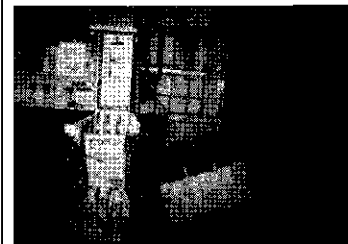
高流動コンクリート対応型
 全断面ステンレスフォーム



ワークステーション架台



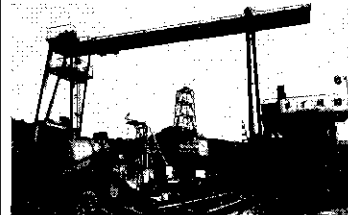
全輪タイヤ式インバート栈橋



勾配対応全輪駆動式
 トンネル床版撤去架台



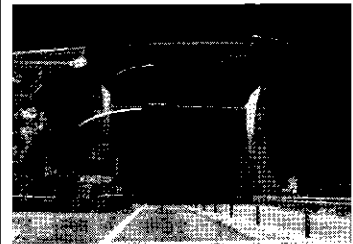
立坑ズリ出し設備
 (4.5t×60m)



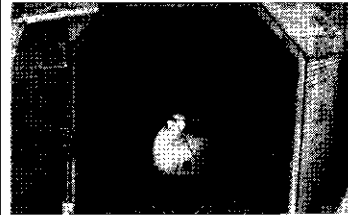
林道橋



トンネル坑口修景ルーバー



新幹線微気圧伝播緩衝工
 (鋼製、総溶融亜鉛メッキ)



防音シェルター



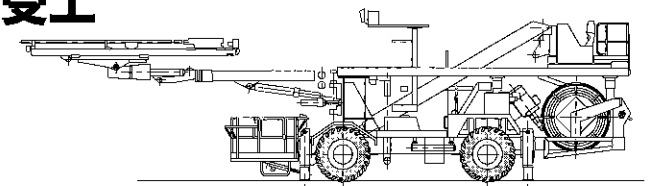
離島を含む九州一円中国四国圏内におきましては、
 地の利を生かした営業・打合せ・納品・対応を行ってまいります。

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

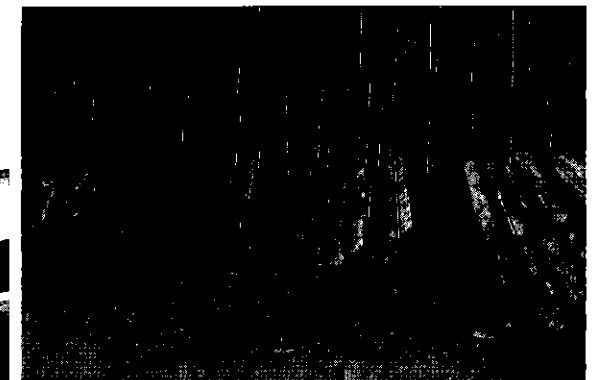
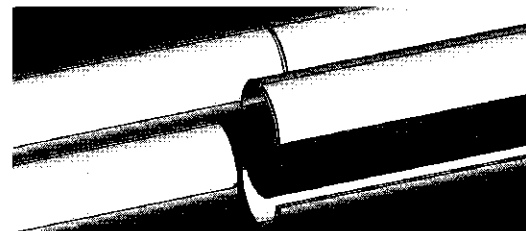
All Ground Fastening;
 Long-Distance, Fore-Pilling Method



AGF-Me工法

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

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



防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



Ⓢ 東邦金属株式会社 東京営業部
 TOHO KINZOKU Co., LTD

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

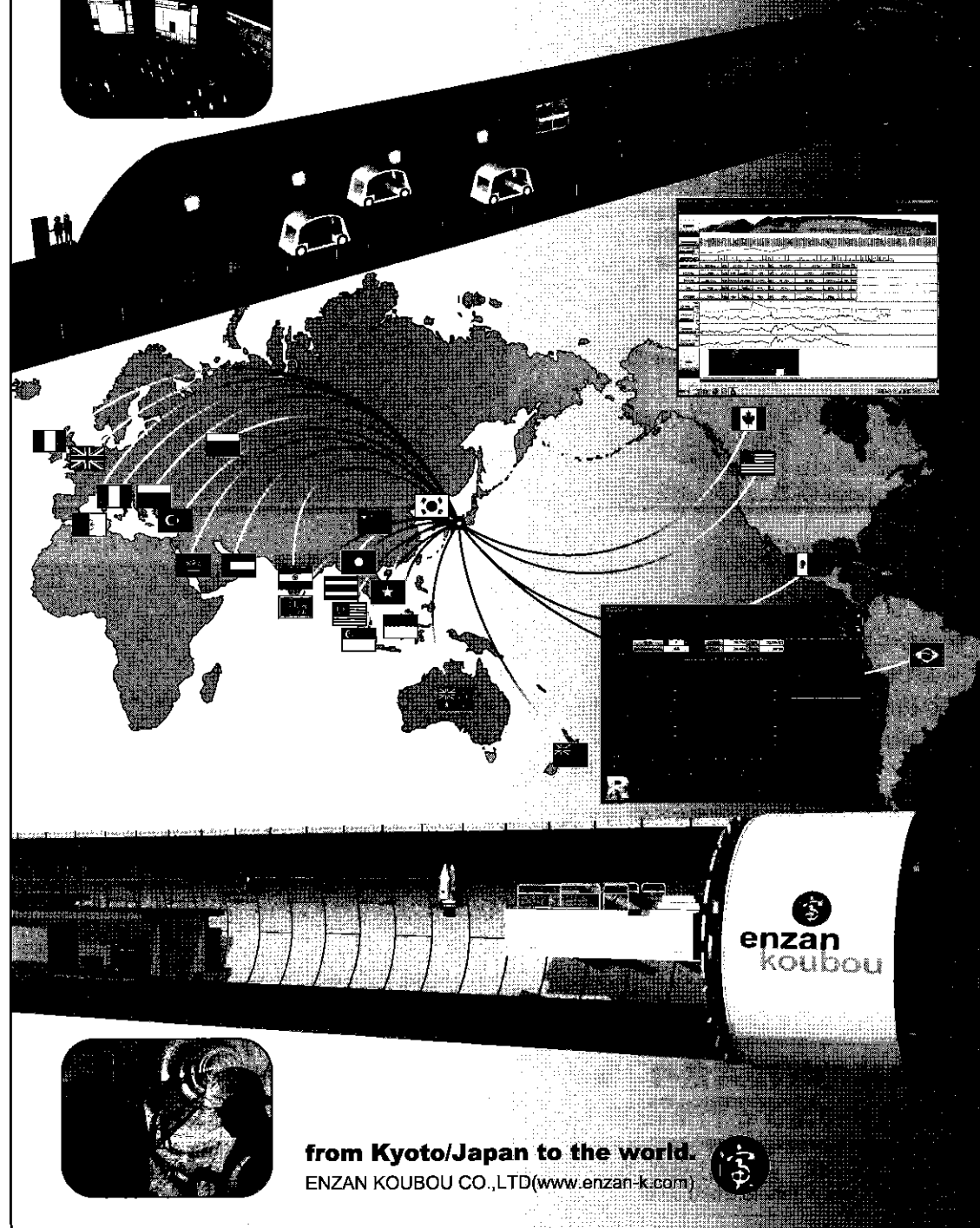
株式会社 トーキョーオール

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

Easy to handle, Difficult to imitate.

GUIDANCE & LOGGING & SURVEY system for TUNNEL

Our target will be No.1 tunneling system company in the world



from Kyoto/Japan to the world.
ENZAN KOUBOU CO.,LTD(www.enzan-k.com)

日本のインフラ維持が注目される今!!

アキレスTn-p工法

トンネル裏込補修用ウレタン注入工法 老朽化したトンネルを災害から守る新しい工法です

NETIS登録番号
KT-070035-A

1 超軽量で安全性向上

ウレタンは軽量であり、覆工コンクリートの重量を大幅に軽減できます。

2 注入設備がコンパクト

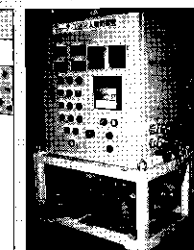
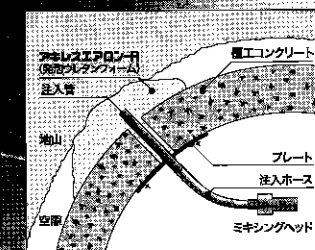
注入設備がコンパクトで、4t車1台に全ての材料を積載することが可能です。

3 急速固化でリーク減少

ウレタンは速く発泡固化するため、亀裂等からのリークの危険性を低減できます。

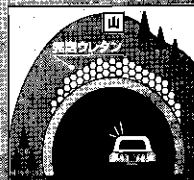
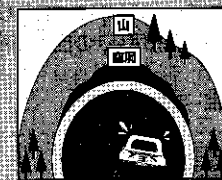
4 環境対応型ノンフロン

ノンフロン類を一切使用せず、地球環境保護に貢献します。



「アキレスTn-p工法」とは?

古いトンネル(大断面)の覆工コンクリート表面には、空気が入っていることがあり、崩落の原因になりかねません。その空気を「アキレスTn-p」で充填補修し、災害を防ぐための工法です。



あなたの身近にいつも...

Achilles
アキレス株式会社

断熱資材販売部

本 社 〒160-8885 東京都新宿区大京町22-5
西 支 社 〒630-0005 大阪府大阪市北区中之島2-27 23F
北海道営業所 〒061-3241 北海道札幌市東区南1-726-3
九州営業所 〒813-6591 福岡県福岡市東区多の津1-1-4

03-5379-4528
03-4707-2355
0133-73-9591
092-622-2871

Tn-p工法

http://www.achilles-foamssystem.com/

検索

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、管渠埋設の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっています。

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

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

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

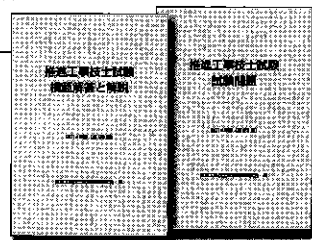
推進工事技士試験 過去13年間(平成14~26年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

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

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



2014年度版は
2月上旬発売予定

1. 内容と特長

- 過去13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)の出版箇所を明記

2. 価格

各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

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

これらのことをインターネットでご案内しています。 <http://www.lswb.co.jp/micro-tunnelling/> 推進工事技士試験

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

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

推進工法の理論と実際

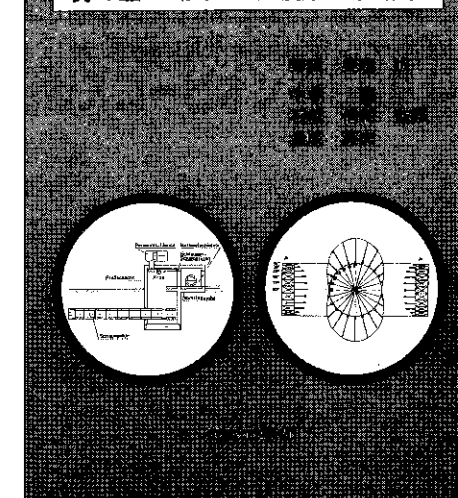
推薦の言葉

中本 至・石橋信利・金成英夫

マニュアルを超えて 推進工法の理解を さらに深める一冊

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

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
B5判 定価：8,500円+税

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

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

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

株式会社 土木工学社

新刊図書のご案内 地形にも相がある 地形の性質を知ろう！



トンネル技術者のための 地相入門

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

図・表・写真 288点収録

山にも人の人相のように山の相がある。地形の性質を知り、事前に危険な箇所を把握することはトンネルを施工する上で重要である。

本書のように地形中心にこれほどまとまったトンネル技術書は今までになかった。施工者には施工中に予測される地形上の危険把握のため、発注者にはもっとも安全に施工できる路線選定ため、本書を有効利用いただくことが執筆陣の願いである。

第Ⅰ編では地形図の読み方を平易にまとめ、第Ⅱ編ではそれぞれの地形種について施工事例を交え説明している。第Ⅲ編では監修者の経験を基に路線選定の注意点を施工事例とともに紹介している。

《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
地相をよく観て路線選定を行う
- あとがきにかえて
座談会

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

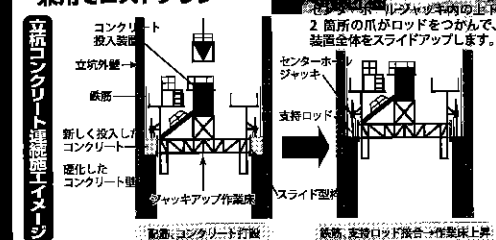
株式会社 土木工学社 TEL 03-3267-2888 FAX 03-3267-2807

スーパージャッキシステム

トンネル・地下工事に貢献！

立坑スリッパフォーム工法

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



シールドマシン・TBMリフトアップ

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



営業品目

- ジャッキリース・オペレータ
- 架台・型枠足場 設計・製作・据付工事

JFE シビル 株式会社
都市基盤営業部 特殊工法グループ

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

ゴムクローラ式エレクトラ付コンクリート吹付システム 『新型スコピオン NSCPI-TN』



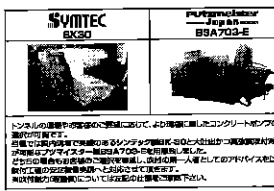
安全・操作性を徹底的に追求した次世代型吹付機！
状況に応じキャッチャーやポンプの選択が可能！

項目	仕様	単位	数値	項目	仕様	単位	数値	項目	仕様	単位	数値
1. 全長	約10m	m	10	11. コンプレッサー	1000L/min	台	1	12. 空気圧	0.7MPa	MPa	0.7
2. 全高	約2.5m	m	2.5	13. 吐出量	1000L/min	L/min	1000	14. 吐出圧	0.7MPa	MPa	0.7
3. 全幅	約1.5m	m	1.5	15. 吐出回数	1000L/min	L/min	1000	16. 吐出圧	0.7MPa	MPa	0.7
4. 重量	約1000kg	kg	1000	17. 吐出回数	1000L/min	L/min	1000	18. 吐出圧	0.7MPa	MPa	0.7
5. 全高	約2.5m	m	2.5	19. 吐出回数	1000L/min	L/min	1000	20. 吐出圧	0.7MPa	MPa	0.7
6. 全幅	約1.5m	m	1.5	21. 吐出回数	1000L/min	L/min	1000	22. 吐出圧	0.7MPa	MPa	0.7
7. 重量	約1000kg	kg	1000	23. 吐出回数	1000L/min	L/min	1000	24. 吐出圧	0.7MPa	MPa	0.7
8. 全高	約2.5m	m	2.5	25. 吐出回数	1000L/min	L/min	1000	26. 吐出圧	0.7MPa	MPa	0.7
9. 全幅	約1.5m	m	1.5	27. 吐出回数	1000L/min	L/min	1000	28. 吐出圧	0.7MPa	MPa	0.7
10. 重量	約1000kg	kg	1000	29. 吐出回数	1000L/min	L/min	1000	30. 吐出圧	0.7MPa	MPa	0.7

T&M Tunnel & Mining

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

- 北海道営業所 TEL:0133-72-3715
- 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



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もなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実にこなえ、施工時間が大幅に短縮できます。
- 2重管ワイヤーラインサンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来と比べて大幅に向上しました。



KOKEN 鉬研工業株式会社

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

トンネル進捗率改善の ための最新技術

明かりが見えます

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

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

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

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

ORICA
MINING
SERVICES

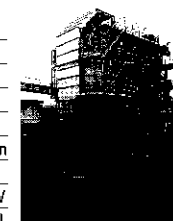
H+E
H+E LOGISTIK GMBH

Clever Conveying



Tunnel Diameter: 7.10 m
Min. Radius: 1,000 m
Minera I: EPB
TBM Supplier: Herrenknecht
Conveyor Length: 2,500 m
Belt Width: 1,200 mm
Capacity: 2,000 t/h
Installed Power: 2x355 kW
Belt Storage Capacity: 400 m / vertical

Tunnel Diameter: 11.30 m
Min. Radius: > 457 m
Minera I: 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: 4x160 kW, 2x90 kW
Belt Storage Capacity: 2x300 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: 渡邊

〒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

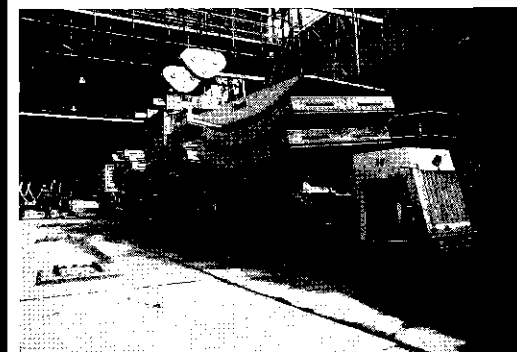
TMS Techni-Metal Systemes

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: 渡邊



山崎マシーナリー株式会社

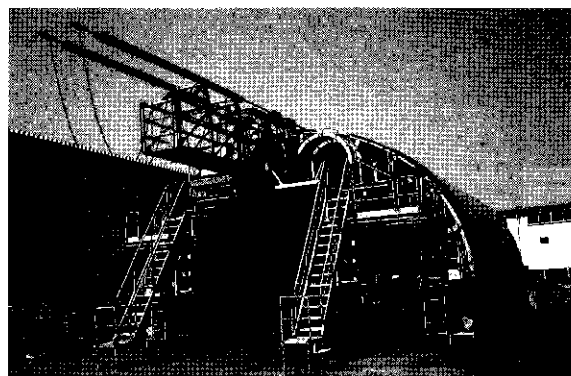
〒438-0216 静岡県磐田市飛平松 216 番地 1
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-V
(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-A (製造:株式会社マシノ)



期待される効果・特徴

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

北陸鋼産株式会社

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

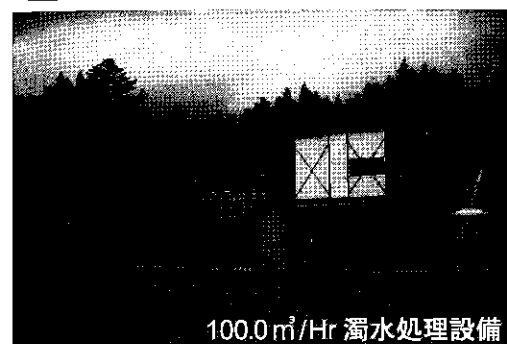
北野工場: 〒936-0806 富山県滑川市北野新 888 番地 TEL076(476)2155 FAX076(476)2177

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

濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0 m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



4.5 m³ ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

技術開発

森藤 眞治 5

■研究

FRP製トンネル内巻き工によるRC覆工の劣化対策

—実物大模擬トンネルによる開発と山陽新幹線への適用—

長山 喜則・小林 俊彦 55

■計画

西武新宿線中井～野方駅間の地下化による連続立体交差に着手

遠藤 賢一・沼澤憲二郎・吉岡 賢治 47

■施工

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—

池田 和彦・諏訪 至・柳沢 一俊・山下 雅之 7

H&Vスパイラル工法により狭隘な河川下にシールドを縦断掘進

—東京下水道 立会川幹線雨水放流管—

武藤 真・伊藤 俊彰・白井陽菜子・石堂 暁 17

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1,296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 工本工学社

〒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

送・配水ネットワークの形成に向けた大環状線の整備

—横浜市水道局 第二磯子幹線—

森 亮・庄司 聡・川崎 泰朗 25

■連載講座

山岳トンネル覆工の長寿命化技術(1)

—覆工の現状と課題—

「山岳トンネル覆工の長寿命化技術」連載講座小委員会 67

■現場だより

「伝統と自然」があふれる飛騨高山から

原田 泰夫 16

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

喜びあり, 苦あり 我がトンネル屋人生に悔いはなし

竹川 敏秋 35

■資料

土木情報

編集部 24

工法・技術・製品ニュース

編集部 79

トンネルジャーナル

編集部 46

海外文献速報

JTA国際委員会 80

文献紹介

編集部 78

■会報

会報

日本トンネル技術協会 81

【表紙説明】

H&Vスパイラル工法により狭隘な河川下にシールドを縦断掘進

—東京下水道 立会川幹線雨水放流管—



立会川幹線雨水放流管は川幅8mの狭隘な立会川に河川縦断占用し, 発進立坑付近では縦断的な要因, 中流部付近では平面的な要因により施工可能規模が制限された。そのため, 施工可能な工法検討を行ったところ, H&V工法スパイラル掘進を採用し, 横2連で発進した後に縦2連にスパイラルすることで, 管渠の布設が可能となった。写真は完成した発進立坑である。

(写真提供: 東京都) (本文17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

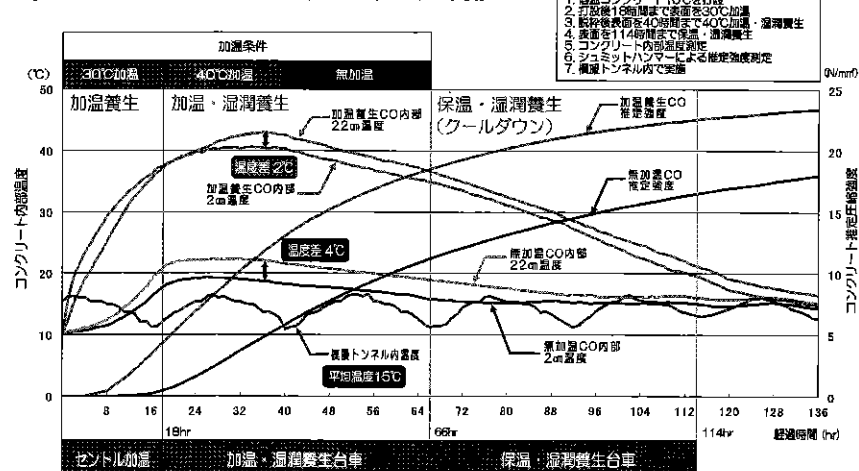
保温・湿潤養生



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

株式会社 東 宏

総務委員会広報小委員会会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

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

〔幹 事〕

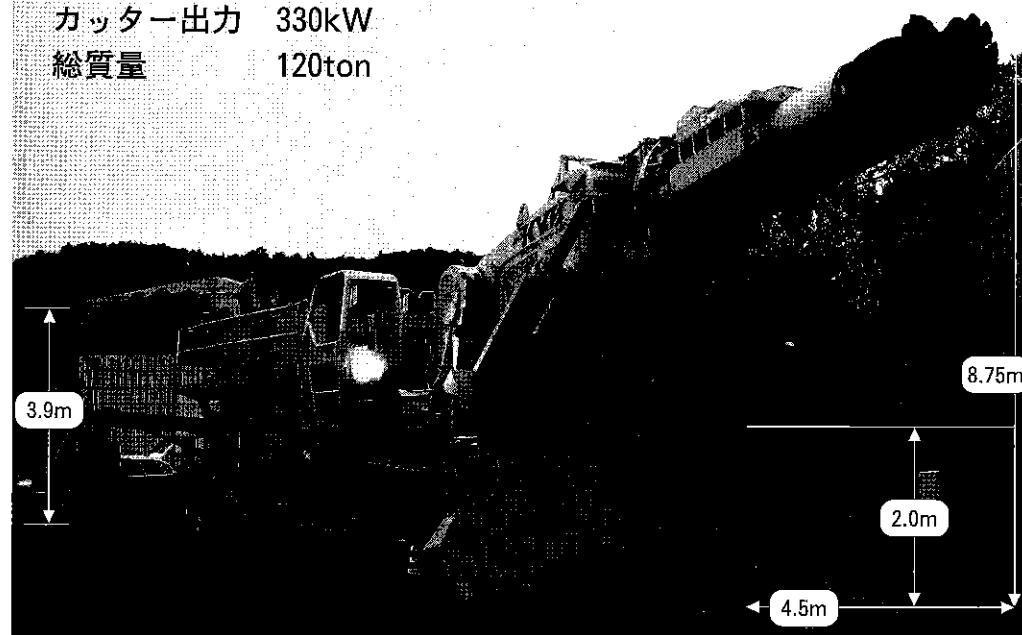
居 相 好 信 株式会社大林組生産技術本部統括部長	西 岡 和 則 鹿島建設株式会社土木管理本部統括技師長 (兼)土木管理本部土木工務部トンネルグループ長
伊 藤 聡 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課長	長谷川 雅 彦 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長
岩 田 美 幸 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	藤 井 義 文 株式会社竹中土木執行役員
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	松 原 利 之 飛島建設株式会社建設事業本部 エンジニアリング事業推進部長
小 松 敏 彦 前田建設工業株式会社土木事業本部土木部 担当部長(トンネル)	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
志 岐 寛 清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部 部長	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

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、強力な切削力を実現し、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4.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

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

編集委員会の構成（五十音順・敬称略）

〔編集委員長〕

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

〔編集参与〕

木谷 日出男	今田 徹
国際航業株式会社フェロー技術開発センター	東京都立大学名誉教授
地盤研究室長	高橋 良文
小山 幸 則	東京都下水道サービス株式会社技術顧問
立命館大学総合科学技術研究機構客員教授	松浦 将 行
	地方共同法人日本下水道事業団理事

〔委員〕

岡田 龍 二	真下 英 人
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部	国土交通省国土技術政策総合研究所
技術基準担当課長	道路構造物研究部長
佐原 圭 介	松田 信 夫
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構	東京都水道局建設部工務課長
鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐	八木 弘
清水 満	株式会社高速道路総合技術研究所参与（外環担当）
東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長	道路研究部トンネル研究担当部長
高橋 晃	焼田 真 司
東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー	公益財団法人鉄道総合技術研究所
工務部流通土木グループマネージャー	構造物技術研究部トンネル研究室長
谷内 雅 之	柳 雄
東京都交通局建設工務部計画改良課長	東京都下水道局建設部設計調整課長

トンネル二次覆工型枠総合メーカー

H&Vスパイラル打設システム

特許 第4083308号
NETIS登録 KT120099-A

トンネル天端部
懸垂パイプシートの締固め工法

NETIS登録 KK-120003-A

トンネル天端部
懸垂パイプシートの締固め工法

NETIS登録 KK-120003-A

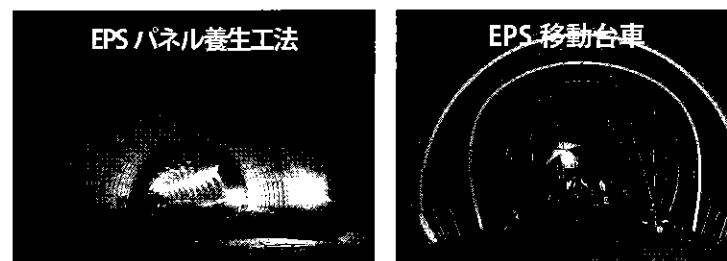
セメント位置・変位
自動測定監視システム
(セメント監視くん)

特許 第5247491号
NETIS登録 KT-130037-A

トンネル天端部
懸垂パイプシートの締固め工法

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	18	7
鉄道・運輸機構	1	0

平成27年1月31日 現在

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

一歩前進! ~ 限らない未来への挑戦 ~

大栄工機株式会社

本社 〒526-0842 滋賀県長浜市春近町 90 番地 TEL 0749-64-0246 FAX 0749-63-6765
URL <http://www.daieikouki.co.jp/> E-Mail: daiei-co@minos.ocn.ne.jp
営業品目 各種鋼製型枠(セメント)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.46 No.2 掲載概要

掲載頁
7

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—

国土交通省 池田 和彦

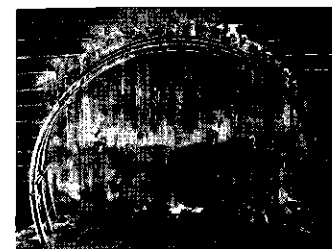
国道289号7号トンネル終点側坑口上部(掘削開始側)には、明瞭な地すべり粘土を伴う崩積地すべり土塊の存在が確認されていた。本トンネルはこの地すべり土塊の中心部を通過することになるため、地山を不安定化させることなく安全で確実に掘削するための対策が必要とされた。

一般に、このような対策工としては長尺鋼管先受け工(AGF工法)が採用されることが多い。AGF工法はトンネル汎用機(ドリルジャンボ)を用いて施工が可能であり、施工性が良好である。しかし、この場合、先受け鋼管の鋼管径や鋼管長に制限を受ける場合がある。このため、汎用機を用いた超長尺(L=40m)で大口径鋼管(φ139.8)を用いた、より先受け効果の高いLL-Fp工法を開発し、実現場への初適用を試みた。本稿はその施工報告を行うものである。

Build A Tunnel Portal and Tunnel in Landslide Mass Using Presupport Technique with Ultra-long Large-diameter Steel Pipes—National Route 289, Hachijurigoe No.7 Tunnel—

By Kazuhiko Ikeda, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

The existence of colluvial deposit slide mass with intelligible landslide clay was confirmed in the upper part of the end portal (excavation starting point) of the No.7 tunnel on National Route 289. In order to make it possible for this tunnel to pass through the centre of the mass, countermeasures for safe and reliable excavation without destabilizing the ground were required.



写真はLL-Fp工法の施工完了状況

Presupport with long steel pipes (AGF method) is mostly adopted as this type of countermeasure work. The AGF method uses general-purpose excavation machines (drill jumbo) to facilitate construction and constructability is favourable. However, in this technique, there was a limit to the length and diameter of the steel pipes. For this reason the LL-Fp method, highly effective for presupport, was developed using long (L=40m) and large-diameter (φ139.8) steel pipes installed by a general-purpose machine and its first application was tested at the site. This is a report about the construction.

掲載頁
17

H&Vスパイラル工法により狭隘な河川下にシールドを縦断掘進

—東京下水道 立会川幹線雨水放流管—

東京都下水道局 武藤 真

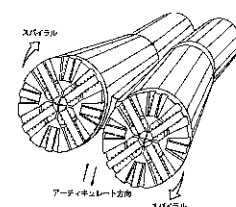
立会川幹線雨水放流管は合流幹線である立会川幹線から、立会川へ放流されている雨水を取り込み、京浜運河へ放流先を変更するための下水道管渠である。この放流管は川幅8mの狭隘な立会川に河川縦断掘進し、発達立坑付近では縦断的な要因、中流部付近では平面的な要因により施工可能規模が制限された。そのため、施工可能径は内径5,000mm(外径5,700mm)が限界となる一方、必要整備水準を満たすためには内径5,000mmの下水道管渠を2本分布設する必要があった。よって、施工可能な工法検討を行ったところ、H&V工法スパイラル掘進を採用し、横2連で発達した後に縦2連にスパイラルすることで、管渠の布設が可能となった。

本稿では、その工法選定と設計手法について報告するものである。

Drive Shield TBM Longitudinally under A Small River Using The H&V Spiral Technique—Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government Tachiai-gawa Stormwater Sewer Main Pipe—

By Makoto Muto, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

The Tachiai-gawa Stormwater Sewer Main Pipe is a drainage pipe that will change the discharge direction from the Tachiai-gawa where existing combined sewer main discharges to the Keihin Canal by taking stormwater in along Tachiai-gawa basin. This discharge pipe was planned to run vertically parallel to Tachiai-gawa which is narrow at only eight meters wide. The dimensions of pipe is limited by longitudinal conditions in the vicinity of the starting shaft and planar conditions in the vicinity of the middle. For these reasons, the possible dimensions were limited to an inner diameter of 5,000 mm (outer diameter of 5,700 mm), but it was necessary to install two drainage pipes of inner diameter of 5,000 mm in order to fulfill the required drainage flow. Therefore, after investigating the buildable design, spiral excavation by H&V shield TBM was adopted to install pipes after starting off with two in a horizontal position then spiraling with two in a vertical position.



図はH&Vシールドのクロアティキュレート機構 This report contains information on construction techniques selection and design techniques.

送・配水ネットワークの形成に向けた大環状線の整備

—横浜市水道局 第二磯子幹線—

横浜市水道局 森 亮

横浜市水道局は、現在、自然災害や水質事故などに対するバックアップ体制の強化を目指し、市内を一周する送・配水ネットワークの形成を目指している。

本稿は、その基幹幹線となる「大環状線」による神奈川県内広域水道企業団からの受水と稼働している浄水場のバックアップ体制の概要と、平成2年度より整備が続けられ最後の区間となる第二磯子幹線の新杉田共同溝立坑へのシールド直接到達などを伴う布設工事について紹介する。

横浜市水道局の計画する「大環状線」によるバックアップ機能とは、横浜市の保有する3つの浄水場がそれぞれ停止した場合を想定し、神奈川県内広域水道企業団も含めた横浜市全域で考えたバックアップ体制のことである。

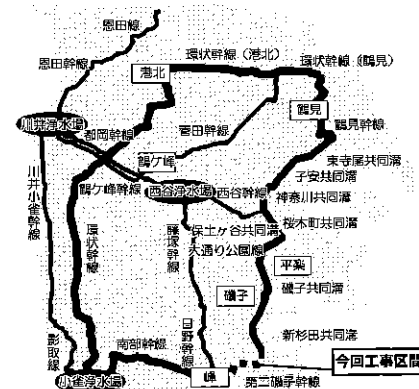
A Large Ring Pipeline for The Formation of A Water Transmission/Distribution Network—Yokohama Waterworks Bureau Daini-Isogo Main Line—

By Ryo Mori, Yokohama Waterworks Bureau

Currently, the Yokohama Waterworks Bureau is aiming to form a water transmission/distribution network which makes the circuit of the city with the purpose of reinforcing backups in case of natural disaster or water quality accidents.

This report contains an outline of the backups system with a large ring pipeline operation from Kanagawa water supply authority and installing works of the Daini-Isogo Main Line which is the last section of the large ring pipeline system which has been constructed since 1990. It also contains information about shield TBM arrival at the Shin-Sugita shaft.

Yokohama Water Works Bureau plans backup system of Water Network with a Large Ring Pipeline which is supported by pipelines in the whole Yokohama City area including the pipelines of Kanagawa water supply authority on the assumption that each of three purification plants held by Yokohama City is interrupted.



図は送・配水管の環状ネットワーク

西武新宿線中井～野方駅間の地下化による連続立体交差に着手

西武鉄道(株) 遠藤 賢一

現在、西武鉄道路線には合計345か所の踏切があり、鉄道と道路が平面交差する踏切は、踏切事故や交通渋滞の原因となるとして、大きな社会問題となっている。このような踏切問題の抜本的解消を図るため、東京都および地元自治体と協力し、連続立体交差事業を推進している。

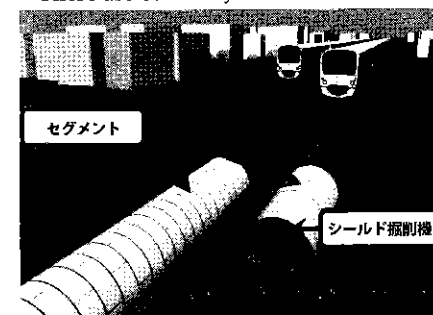
本稿では、2014年1月より工事着手した、新宿線中井～野方駅間連続立体交差事業の事業・施工などの概要について報告する。本事業は、中間駅である新井薬師前駅・沼袋駅を含めた、中井駅～野方駅間の延長2.4kmの区間を地下化するものであり、施工については、取付け部・駅部を開削工法、それ以外の一般部についてはシールド工法で計画している。

Beginning of Grade Separation Project by Burying Line between Nakai Station And Nogata Station on The Seibu Shinjuku Line

By Kenichi Endo, Seibu Railway Co., Ltd

There are currently a total of 345 railway crossings on the Seibu Lines. Level crossings on roads are the cause of both traffic jams and accidents and are a serious social problem. In order to drastically resolve these level crossing problems, we are cooperating on a grade separation project with Tokyo metropolitan government and local municipalities.

This report contains an outline of the grade separation project and construction between Nakai station and Nogata station on the Shinjuku Line which began in January 2014. This project will bury a 2.4 km section of tracks between Nakai station and Nogata station including Arai-yakushi-mae station and Numabukuro station. The construction plan is to employ the cut-and-cover for approaches and stations and the shield TBM for the other parts of the construction.



図はシールド施工イメージ

FRP製トンネル内巻き工によるRC覆工の劣化対策

—実物大模擬トンネルによる開発と山陽新幹線への適用—

西日本旅客鉄道(株) 長山 喜則

山陽新幹線における鉄筋コンクリート覆工の劣化原因を究明し、その対策工の開発、実施に適用するまでの一連の研究・開発を行った。その結果、鉄筋コンクリート覆工の劣化原因は、塩化物イオン濃度が高いことに加えて、中性化の進行と、鉄筋のかぶり不足であることがわかった。対策工として、供用中のトンネルでの工事と完成構造物に要求される事項を整理したうえで、繊維強化プラスチック製の支保工とパネルを設けて背面の覆工との隙間をグラウトする内巻き工を選択した。また、部材の載荷試験および、実物大の模擬トンネルを用いた施工試験を行って、施工性などを確認した。さらに、完成した内巻き工に載荷試験を実施してその耐力と荷重伝達機構を確認した。

Countermeasures against RC Lining Deterioration Using FRP Inner Lining—Development with Full-scale Model And Application to A Sanyo Shinkansen Tunnel—

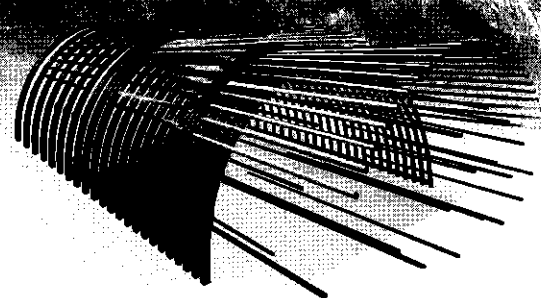
By Yoshinori Nagayama, West Japan Railway Company

We found causes of deterioration in reinforced concrete lining on the Sanyo Shinkansen tunnels and researched and developed countermeasures and method to apply for lining. As a result, we discovered that the causes of the deterioration of the reinforced concrete lining are progression of neutralization and lack of concrete cover for rebar as well as high chloride ions levels. We developed inner lining technique with installing FRP supports and panels and injecting grout between panels and existing lining. In addition, load tests for members and working tests using a full-scale model of tunnel were conducted to confirm constructability, etc. Furthermore, load tests were also implemented for the model which was installed inner lining, and strength and transmission mechanisms of loads were confirmed.



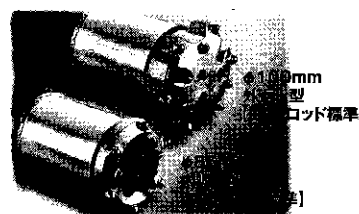
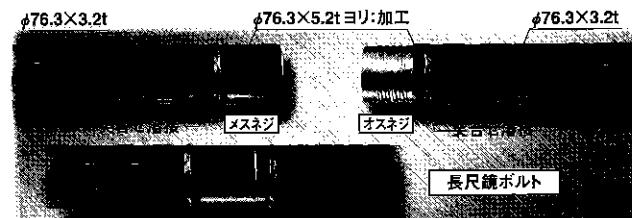
写真は完成したFRP内巻き工

ユニークな発想でVEを提案



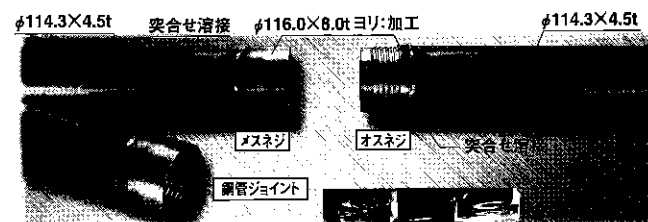
※ストロング FIXチューブ(S型)

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



AGF-STD工法

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

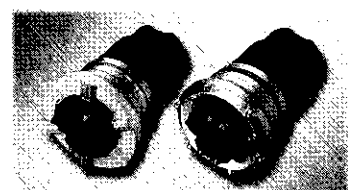


曲げ耐力30%UP!!



(報告書あります) 接続部の抗折力試験

撤去管の選択



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
- ※セメント系注入材: コロイダルスーパー、デンカES
- ※セメント系充填材: デンカPモル
- ※高速フォアボーリング: SP-IF工法
- ※高速ルートパイル: SPフィックスパイル工法
- ※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>

巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)

技術開発



東急建設(株)常務執行役員(本協会理事)

佐藤信彦

初めて手にしたパソコンは歴史的な名機と謳われているPC8001である。昭和55年ごろだったであろうか。ブラウン管型の緑色ディスプレイとキーボード付き本体に、確か16kBほどのメモリーを追加して、約20万円の大枚をはたいた。BASICという言語でプログラムを組むことができ、ガウスの掃き出し法による簡単な構造計算、経済指標の関連計算など趣味の世界で楽しむ一方、実務では当時は保線区に所属していたことから、軌道の修正計算や表計算を行った。当時としては小型といわれたパソコンではあったが、机をほとんど占有してしまうことから、省スペースのパソコンを切望していた。そのうち、液晶のディスプレイが開発されノートタイプが販売された。しかしながらモノクロであり、カラーのノートパソコンが出れば、これ以上望むものはないと思っていたものである。しかし技術の発展はとどまることを知らない。より画像のきれいな液晶、高速化、大メモリーなど新製品の出るたびに心をワクワクさせて、かれこれ10台以上パソコンを買い替えしてきたのであろう。

携帯は、2年半ほど前、娘の誘いもあり思い切ってガラケーからスマートホンに変更した。最初のスマホはアメリカ製の4インチで、会社の先駆者に教をを請い、よちよち歩きでスタートした。スマホは多機能である。画面に直接触ることで、スマホやインターネットと会話できることが大きな特徴であり、人間の感性と直結可能なところがうれしい。加齢のため4インチでは画面が小さく文字が見づらいので、1年で5インチに買い替え、現在は5.4インチを使用している。手帳、定期、覚えの類はすべてスマホに入れたため、持ち物は軽減し、ニュースや調べもの、乗り過ごし防止はお手の物、会社パソコンのメールや囲碁名人戦の実況を見ることができ、読みたい本や音楽も簡単に手に入ることができる。画面も一段と美しく、バッテリーの持ち、発熱の問題などもすばらしく改良された。そして、昨今話題はスマホからウェアラブルに変貌してきている。かつて机を占有していたPCが、性能もはるかに向上したうえ、手のひらに収まってしまった。なんとも驚くべき技術の進歩である。

トンネルの世界における技術開発はどうであろうか。山岳トンネルでもっともドラスティックに進化した工法は昭和50年代に欧州から導入されたNATMである。昭和30年ごろ木製支保工から鋼製支保工に代えたことは、木外しがなくなり安全面を中心に大いなる進展があったが、地山の荷重を人為的に内空側から支えるといった考えからは脱却できなかった。NATMは吹付けコンクリートとロックボルトの助けを得て、地山自身が荷重を支える誠に合理的な工法に変身した。当時の熟練した監督員や作業員の目からは、「このような針金と薄皮饅頭でどうして山が抑えられるのか、危険極まりない。」さらに吹付けの粉塵に悩まされ、反対運動が広がった。しかしながら本工事を欧州から導入した当時の国鉄幹部は強力なリーダーシップを発揮し、強引に工事を進めた結果、徐々にNATMの良さが理解され、現在の全盛期を迎えることとなった。かつてトンネルは「高価で危険」な工事の代表格であったが、NATMの導入により観念は一変、安全性は通常の土木工事と同等、経済性や工期などでは地上構造物よりも優れることも多く、最短距離でルートを設定できることから、幅広く交通インフラに活用され、国民の生活向上に大いに役立っている。NATMも外科手術のようなもので、腕のよい技術者・作業員による施工は速やかに掘削、支保、二次覆工まで行うが、後手を踏めば山を緩めて無駄な費用と時間を費やし、匠の世界が重要であることは言うまでもない。

NATMの良さが認められてきた時代と前述のPC8001が使用されていた時代は、ともに昭和50年代の中ごろであることを俯瞰すれば、土木の世界における技術開発速度は緩慢な感じがする。しかし最近では、NATMでは厳しいがシールドでは過大と思われる山を掘削するのにSENSが開発された。すでに青森県の新幹線で2か所、神奈川県在市街地で1か所の貫通を経た後、同じく神奈川県在市街地で2例目の適用が始まった。約3kmの工区延長のうち3分の1の区間では、シールド工法と同じくセグメントで構築するようマシンの改良が行われている。同工法は、マシンで掘削後、早強かつ流動性のよいコンクリートをセグメント代わりに押し出して充填し、これを吹付けコンクリートの位置づけとして、その後二次覆工を施すことにより、立派な品質と工期を満足するものに仕上がってきている。押し出しコンクリート方式の工法を各所で試行改良し、シールドとNATMの双方の良さを取り入れた日本独自の工法を創作したということで、今後世界に発信すべき工法であると考えている。資源の少ないわが国における最大の資源は技術開発である。これからの現役世代はどのような新技術を開発してくれるのか、楽しみである。

施工

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—

国土交通省北陸地方整備局三条国道出張所所長 池田和彦
西松建設(株)八十里トンネル出張所係長 諏訪至
西松建設(株)八十里トンネル出張所所長 柳沢一俊
西松建設(株)技術研究所上席研究員 山下雅之

1 はじめに

国道289号は、昭和45(1970)年に国道として認定され、新潟県新潟市を起点として福島県いわき市に至る総延長306.8kmの本州を横断する一般国道である。

このうち、新潟県三条市から福島県只見町に至る県境部分が「八十里越」と呼ばれており、実際の距離は八里しかないが、その険しさのため一里が十里にも感じられたことから古来「八十里越」と呼ばれている。しかし、着工から28年経過した現在でも福島県との県境部分19.1kmは一般車両が通行できない通行不能区間となっている。この区間の解消を目的に進められている事業が「国道289号 八十里越」(図-1)である。

7号トンネルは、八十里越の中で新潟県側から数えて7番目に計画された延長約950mの道路トンネルである。

本トンネルの終点側坑口上部(掘削開始側)には、

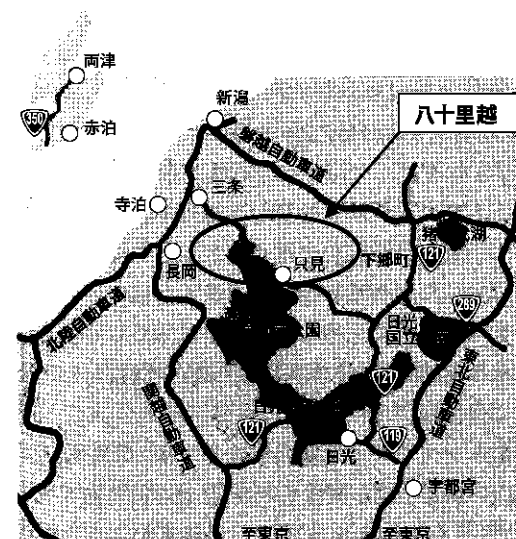


図-1 トンネル位置図



図-2 トンネル終点側坑口部の平面図

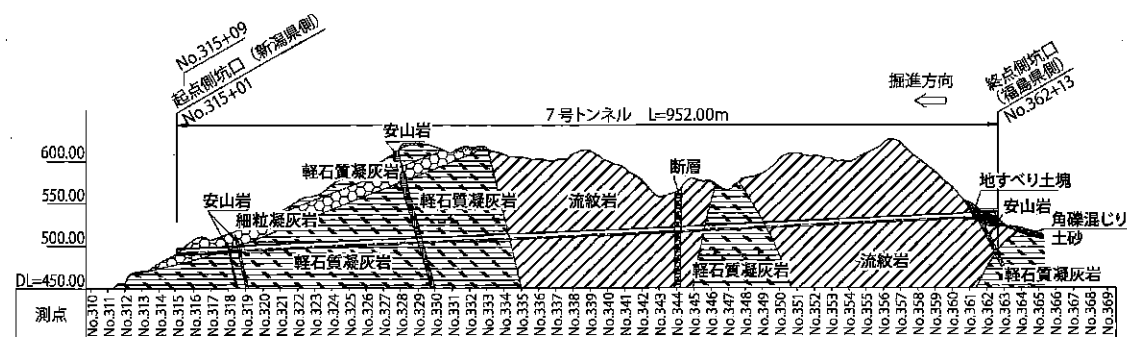


図-3 7号トンネル地質縦断面図

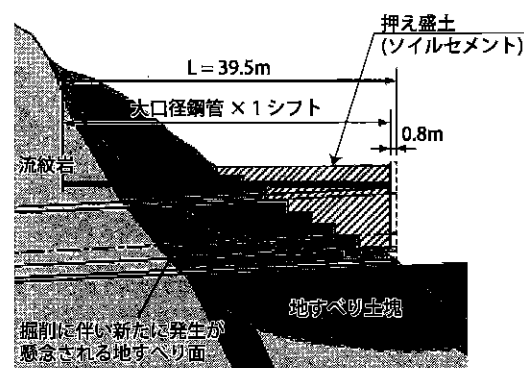


図-4 トンネル終点側坑口部の縦断面図

明瞭な地すべり粘土を伴う崩積地すべり土塊の存在が確認されていた。推定された地すべり土塊の規模は、最大長さ約50m、幅50m、最大深さ15mとされた(図-2~4)。当トンネルはこの地すべり土塊の中を通過することから、掘削に伴う周辺地山のゆるみを誘発し、地すべり土塊を不安定化させることが懸念された。このため、終点側坑口部を安全で確実に掘削するための対策が必要とされた。

本稿では、坑口における地すべり土塊の不安定化を防ぐための補助工法、削孔長 $L=40\text{m}$ の超長尺大口径鋼管先受け工法(LL-Fp工法)の適用事例について報告する。

2 工事概要

2-1 トンネル概要

工事名：国道289号 7号トンネル工事
発注者：国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所

施工者：西松建設(株)

施工場所：新潟県三条市大字塩野淵

工期：平成25年3月12日～
平成27年12月18日
(冬期休止期間：毎年12月21日～
翌年4月30日)

諸元：トンネル延長 $L=952\text{m}$
掘削断面積 $A=55\sim 74\text{m}^2$
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 タイヤ方式

2-2 地形・地質概要

本トンネルは、新潟県三条市塩野淵から三条市内を北西に流れる五十嵐川最上流部である大谷川の右岸側に位置し、一帯は守門岳・鳥帽子岳・鞍掛峠などの福島県との県境に連なる標高1,000～1,500mに囲まれた山地である。この大谷川は深いV字谷を刻んで直立に近い河岸側壁を形成するとともに、比較的急峻な山岳地形を呈している。また、近辺には大小の地すべり地形がみられる。起点側坑口は岩盤が露出した急峻な細尾根であり、大きな斜面から派生した小尾根にあたる。終点側坑口は南西に伸びた尾根の南東側斜面になり、上方には崖錐が堆積している。

本トンネルを含む新潟県東部には、新生代第三紀中新世中期の酸性～中性火山砕屑岩類(グリーンタフ)を主体とする津川層が分布する。この津川層はおもに下部の流紋岩質凝灰岩と、上部の軽

石質凝灰岩(典型的なグリーンタフ)からなり、軽石質凝灰岩の下部には泥岩や砂岩・細粒凝灰岩を挟み、上部においても成層した細粒凝灰岩が分布する。また、多量の流紋岩と少量の安山岩が貫入している。安山岩の一部は凝灰岩の堆積した時期と同時期に形成された溶岩も見られ、この古い溶岩としての安山岩は凝灰岩と同様にグリーンタフ変質を受けている。

3 LL-Fp工法の概要

3-1 LL-Fp工法の概要

超長尺大口径鋼管先受け工(LL-Fp工法：Long distance and Large caliber Forepiling Method)は、ドリルジャンボを使用した大口径鋼管($\phi 139.8\text{mm}$)の超長尺打設および鋼管からの薬液注入により、掘削時のより高い沈下抑制・切羽安定効果を期待するものである(図-5)。本工法は、通常のトンネル施工機械の使用により、専門の削孔機を使用する従来工法(トレビチューブ・パイプルーフ工法など)と比較して低コスト・工期短縮を実現した。

3-2 LL-Fp工法の要点

本工法の要点および特徴を以下に示す。

3-2-1 削孔能力の向上

大口径鋼管の長尺打設を実現するために、標準的な削岩機の回転モータを特殊な大容量回転モータに交換し、それに関連した回転系の油圧回路の改造を行った。この軽微な改造によって、標準仕様の最大回転トルク($300\sim 500\text{N}\cdot\text{m}$)を約2.8～4.7倍($1,400\text{N}\cdot\text{m}$)まで増強した。

3-2-2 二重管構造の採用

トレビチューブ工法などの専用削孔機を使用した従来工法では、鋼管径を $\phi 139.8\text{mm}$ とした場合、鋼管肉厚は最大11mm程度である。そこで、鋼管接続時の作業性を考慮してより軽量の $\phi 139.8\text{mm}$ 、肉厚6.6mmの鋼管を打設し、その内部に $\phi 114.3\text{mm}$ のAGF鋼管(肉厚6mm)を削岩機のフィード力を利用して挿入した二重管構造とした。これにより、鋼管肉厚11mm相当の曲げ剛性を確保した(写真-1、表-1)。

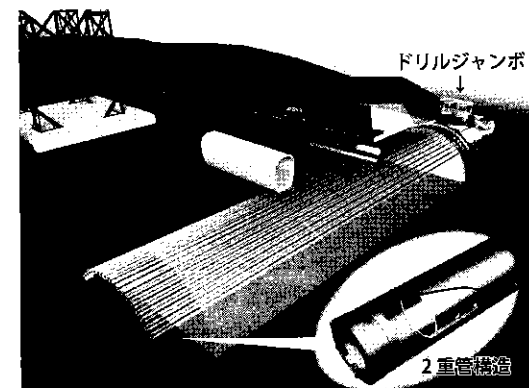


図-5 LL-Fp工法の概念図

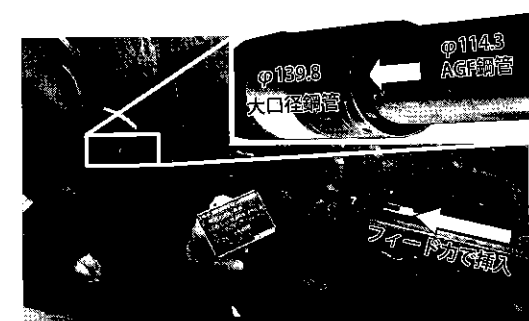


写真-1 AGF鋼管挿入による二重鋼管構造

表-1 LL-Fp工法と他工法との鋼管性能の比較

	鋼管径 $\phi(\text{mm})$	肉厚 $t(\text{mm})$	断面二次モーメント (曲げ剛性) $I(\text{cm}^4)$
AGF工法	114.3	6.0	300
従来工法例1	139.8	11.0	930
従来工法例2	165.2	5.0	808
本工法 (二重管構造)	139.8 114.3	6.6 6.0	914(=614+300)

同表より、鋼管1本あたりの比較において、この二重管構造は $\phi 165.2\text{mm}$ 、 $t=5\text{mm}$ の鋼管仕様の曲げ剛性以上となる。なお、挿入された内側の鋼管は地山注入時にインサート管を挿入するための注入鋼管としての役割も有している。

3-2-3 専用削孔ビットと鋼管内スライム除去装置の開発

ドリルジャンボによる大口径鋼管打設が可能な専用のロストリングビット($\phi 147\text{mm}$)およびインナビット($\phi 85\text{mm}$)を新たに製作した。また、大口径鋼管内のスライム除去が不十分な場合、インナー

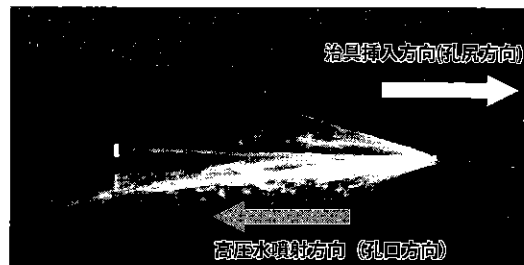


写真-2 スライム除去治具(現場改良型)

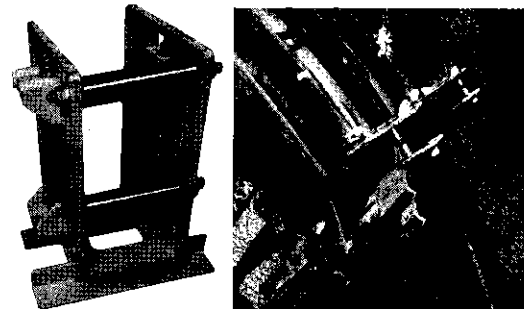


写真-3 特殊鋼管受け治具(改良型)

鋼管の挿入が著しく困難となる。それを避けるため、写真-2に示すように、孔口に向かって後ろ向きに高圧噴射し、スライムを除去する装置を開発した。

3-2-4 特殊治具による打設精度の向上

ガイド支保工に設置した特殊治具(特殊鋼管受け治具)で大口径鋼管を所定の打設方向に固定することにより、打設精度の向上を図った。写真-3に示すように、この治具は4方向から鋼管を固定する構造である。また、鋼管を固定する高さを自由に調節する機能も有しており、打設角度を容易に設定することができる。以上の特殊治具により鋼管打設精度の向上を図った。

3-2-5 特殊注入管の開発

注入工では、注入管をスポンジパッカーでトンネル縦断方向へ12部屋に分割し、各部屋をシリカレジンで同時注入する手法を用いた。その場合、部屋数分のポンプ(12台)が必要となるが、今回は写真-4のように薬液吐出部を分岐させた特殊な注入管を新たに製作し、2部屋を1つのポンプで同時注入可能な構造とした(図-6)。

また、注入管の長距離挿入を可能にするため、最深部(図-6中のポンプ①への接続管)の部屋用の

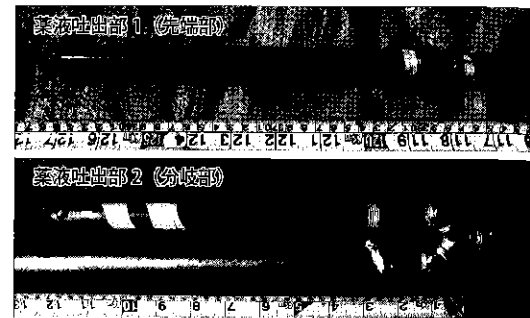


写真-4 特殊注入管(薬液吐出部)

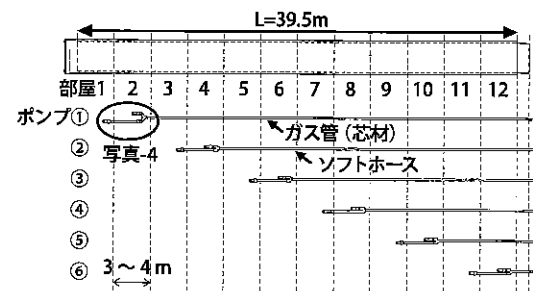


図-6 特殊注入管の構成

注入管をある程度の剛性を有するガス管で製作し、それを芯材として他部屋用の注入管(ホース)を束ねた。

一方、当該工事のような約40m区間のシリカレジンの注入実施例はなく、注入に際して長距離圧送中のホース内部での薬液反応・管閉塞が懸念された。そこで、事前に実施した室内試験の結果をもとにして、ゲルタイム180secの低粘性タイプの薬液を約7kg/minの速度で注入することとした。

3-3 LL-Fp工法の施工手順と施工状況

3-3-1 LL-Fp工法の施工手順

本トンネルにおけるLL-Fp工法では、トンネルアーチ部120°範囲内の21か所において、L=3.0~3.5mの大口径鋼管を継ぎ足しながら、所定の39.5mまで角度1.7~3.0°上向きに打設した(図-7)

また、より一層の沈下抑制効果を得るため、L=39.5mの鋼管打設後に即時注入する手法(1孔即時注入)を採用し、図-8の手順により施工を実施した。ここでの施工手順は、使用材料などが若干異なるものの、従来の長尺鋼管先受け工法(通常のAGF工法)と大きく変わらない。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

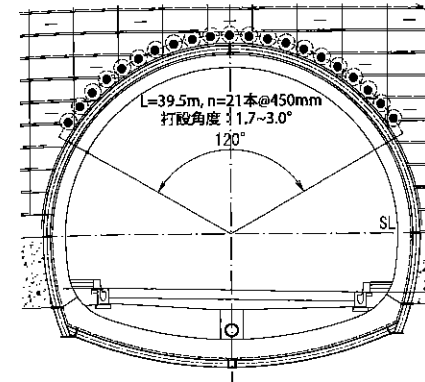


図-7 大口径鋼管打設レイアウト

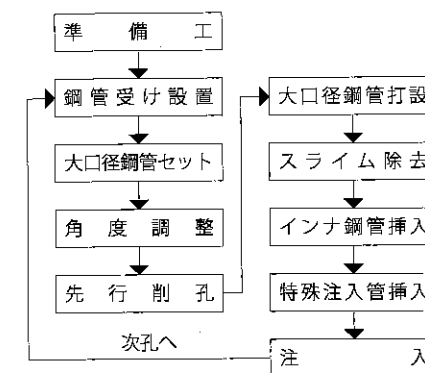


図-8 LL-Fp工法の施工フロー(即時注入の例)

が新たに追加となっている。写真-5に代表的な作業項目の施工状況を示す。

3-3-2 LL-Fp工法の施工状況と実施工程

(1) 回転トルクの挙動

大口径鋼管打設時の回転トルクの挙動(右肩孔)を図-9に示す。同図において、回転トルク:300~500N・m(同図中の網掛け範囲)は、標準仕様で対応できる最大回転トルクの範囲を示すものである。当該工事で計測された回転トルクは、この上限範囲に分布しており、深度26~30m付近ではその上限範囲を大きく超過している。このことから、当該工事の施工条件下では、標準仕様の削岩機で

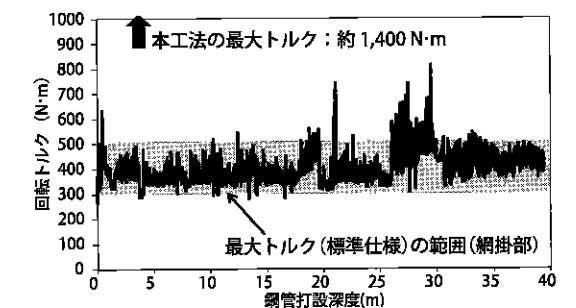


図-9 大口径鋼管打設時の回転トルクの挙動(右肩孔)

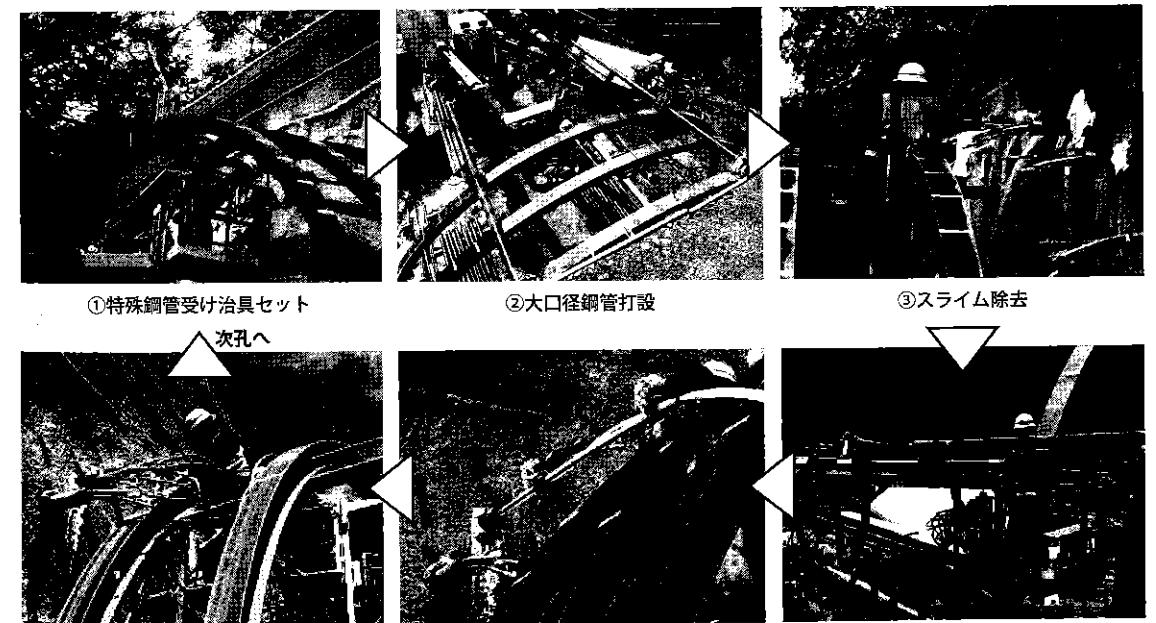


写真-5 LL-Fp工法の施工状況写真

は鋼管打設が困難であったと推察される。一方、当該工法で採用した大容量回転モータでは、計測トルクの最大値が当該機械の上限トルク(1,400N・m)の約1/2程度であったため安定して施工できたと評価できる。

(2) 鋼管打設精度

打設鋼管21本のうち、左右片部およびセンター部の3か所において鋼管の孔曲り計測を実施した。図-10にセンター孔(水平方向)の計測結果を示す。同図のように、孔尻(鋼管先端)地点での変位はわずか16cm(精度約1/240)であった。また、その他の地点についての計測結果はいずれも水平・鉛直方向変位とも5cm以下という結果が得られている。

このような鋼管の高精度の打設が可能となった要因として、ガイド支保工に設置した特殊治具(写真-3)の効果が大きかったと考えられる。しかし、鋼管の打設精度は地山性状などにも依存すると考えられることから、今後さまざまな地山条件や施工条件において、さらなる施工実績の積み重ねと計測結果の分析・検証が必要と考える。

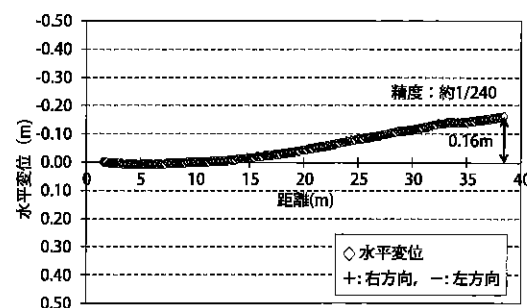


図-10 鋼管打設精度計測結果(センター孔)

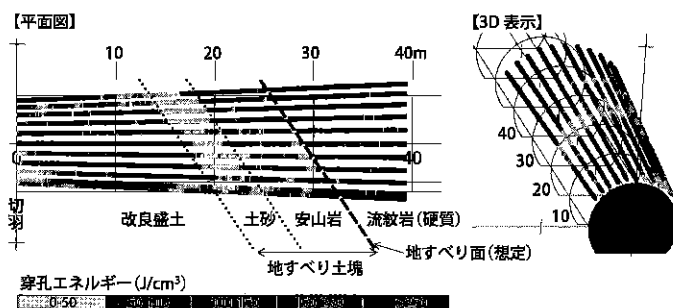


図-11 DRISSによる地山評価結果

(3) 削孔データによる地山評価

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、地すべり面の3次元分布状況や鋼管の根入れの確実性もあわせて評価した。図-11にDRISSの結果を示す。図中のグレー階調は淡色になるほど脆弱な地山を示す。本探査の結果、深度30m付近において、硬質な地山(流紋岩)と、より脆弱な地山(変質した安山岩・地すべり崩積土)の境界が、地すべり面(同図中の太破線)として明瞭に識別された。また、鋼管の流紋岩削孔区間長は10m以上に達しており、鋼管の根入れも十分であることも定量的に評価できた。

上記の傾向は、トンネル掘削時においても、切羽に出現した地山性状におおむね一致していたことから、LL-Fp工法とDRISSを組み合わせた切羽前方の地山評価手法の信頼性を確認することができたと考えられる。

(4) 薬液注入工の状況

前述した特殊注入管やゲルタイム変更などの改良により、鋼管長が約 $L=40$ mにもなる超長尺先受け工の薬液注入において、注入管の閉塞などの大きなトラブルもなく、21本すべてに所定量(403kg/本)の薬液を無事注入することができた。

(5) 実施施工サイクル

LL-Fp工法の実績を表-2に示す。施工初期段階(同表中の4日目の昼勤まで)において、作業員の慣れ、特殊鋼管受け治具の不具合、インナ鋼管挿入時のトラブルにより作業が大幅に遅延する状況も見られた。しかしながら、施工が進むにつ

れ、鋼管接続作業の熟練度の向上や、スライム除去治具の改良などにより上述の問題が解決されてからは、おおむね2本/1方以上のサイクルで施工することができた。その結果、最終的には5.8日(昼夜換算、平均サイクル:約1.9本/1方)で全工程を終わらせることができた。

表-3に、2本/1方の施工サイクルを標準とした場合の各作業時間の内訳

表-2 施工実施工程

孔番号→	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
日																					
1	D																				
	N																				
2	D																				
	N																				
3	D																				
	N																				
4	D																				
	N																				
5	D																				
	N																				
6	D																				
	N																				
7	D																				
	N																				
8	D																				
	N																				

D:昼勤, N:夜勤

準備~大口径鋼管打設

インナー鋼管挿入

特殊注入管挿入

注入

表-3 標準的な施工サイクル(2.0本/1方/2ブーム)

作業項目	時間(min)	備考
準備		
鋼管受け設置・移動		
大口径鋼管セット	30	
先行削孔		
大口径鋼管打設	300	鋼管接続含む
削孔ロッド引抜き	60	粗孔掃除含む
スライム除去	30	
インナー鋼管挿入	60	鋼管接続含む
特殊注入管挿入	30	口元コーキング含む
注入	30	
計	540	

を示す。なお、本工法はAGF鋼管($\phi 114.3$ mm)の2倍程度の曲げ剛性でよい場合には、インナ鋼管の挿入を省略することができ、その分サイクルも短くなる。今回のサイクルは1孔即時注入によるものであり、通常のAGF工法のように奇数孔・偶数孔をそれぞれまとめて注入する手法を採用した場合には、さらなるサイクル短縮が見込まれる。

上記などの作業を経て、LL-Fp工法の施工が完了した終点側坑口位置(No.362+13)の状況を



写真-6 LL-Fp工法の施工完了状況

写真-6に示す。

4 トンネル掘削時の施工状況と計測結果

4-1 トンネル掘削時の施工状況

LL-Fp工法を適用した終点側坑口部(No.362+13m)から約19mの区間は、ソイルセメント(一軸圧縮強度: $q=1$ N/mm²以上、固化材(六価クロム対策型)添加量130kg/m³以上)による押さえ盛土のトンネル掘削であった。また、その後約20m区

間は地すべり崩積土の掘削であった(図-4、写真-7)。両区間においては、LL-Fp工法に加えて長尺鏡ボルト($L=24.5\text{m}:1$ スパン, $L=18.5\text{m}:1$ スパン)を施工し、全断面掘削・早期閉合による掘削工法を採用した。

ソイルセメント盛土中のトンネル掘削においては、切羽は安定していたものの、地すべり崩積土に入ると降雨による坑内湧水の増加に伴って切羽がやや不安定化した場合もあり、天端付近で軽微な肌落ちが発生することもあった。しかし、LL-Fpを適用した区間では、後述するように計測結果による内空変位量や地表面沈下量も小さく、おおむね安定してトンネル掘削を行うことができたと評価できる。

4-2 トンネル掘削時の計測結果

LL-Fp工法を適用した区間では、トンネル直上の地表面沈下の計測結果は、ソイルセメント区間と地すべり崩積土区間とを比較しても大きな差異はなく、両区間の地表面沈下はおおむね3~5mm程度の微小なものであった。

A計測工の天端沈下に関しては、地表面沈下計測の結果と同様に、ソイルセメント区間と地すべり崩積土区間とを比較しても大きな差異はなく、LL-Fp工法を適用した両区間では最大16mm程度であった(図-12)。一方、内空変位(上半水平測線)は、ソイルセメント区間では3mm程度、地すべり崩積土区間では5~12mm程度である。後者のほうが若干大きい結果になったものの、工学的に有意な差異であるとは言いがたいものであった。また、地すべり崩積土に設置し

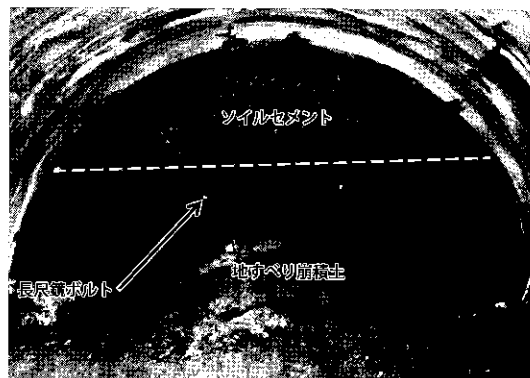


写真-7 切羽状況 (TD10m)

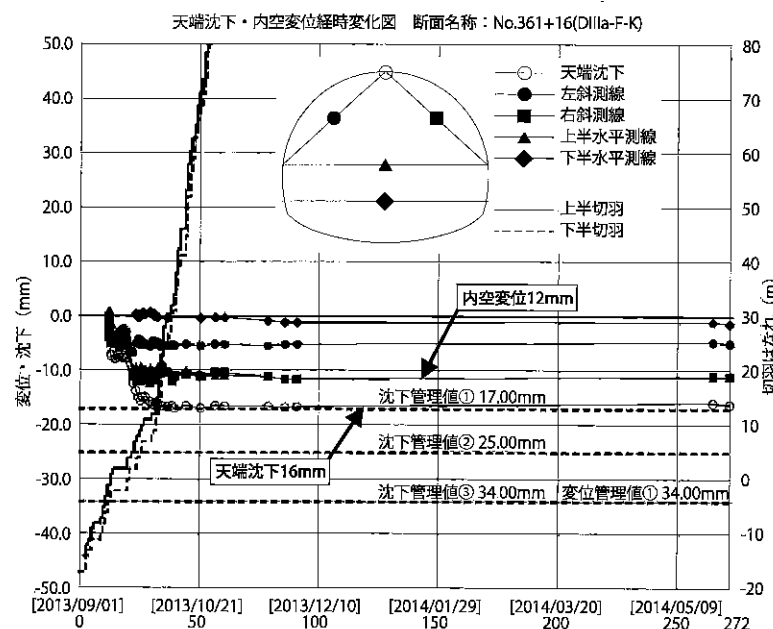


図-12 A計測工の例 (TD17m)

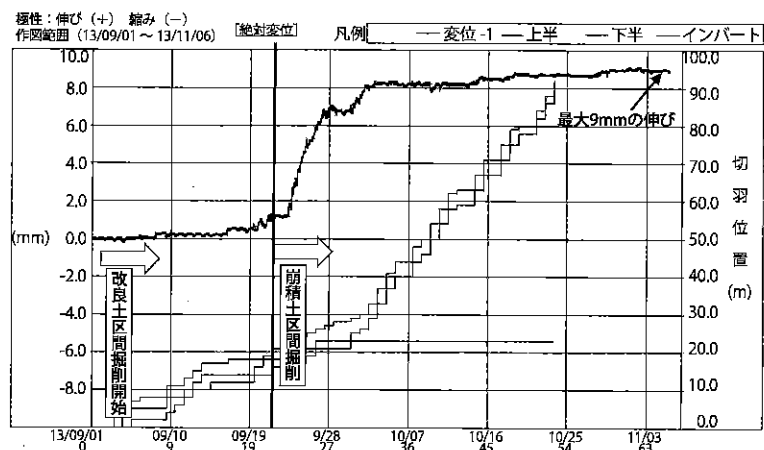


図-13 地すべり崩積土の地表面伸縮計測結果

た傾斜計・伸縮計についても軽微な変動はみられたものの、管理基準値に比較して小さいものであり、地すべり崩積土の安定性を損なう挙動は確認できなかった(図-13)。

以上から、LL-Fp工法による高剛性を有した先受け鋼管により、効果的に地山とトンネルの変形を抑制したことで、安定して地すべり土塊中のトンネル掘削を行うことができたと評価できる。

5 まとめ

超長尺大口径鋼管先受け工(LL-Fp工法)は、トンネル工事の汎用機(ドリルジャンボ)によって、 $\phi 139.8\text{mm}$ の大口径鋼管を超長尺で施工することが可能であり、二重管鋼管構造にすることによって、さらなる高剛性化を図ることができる。これにより、鋼管や地山改良の仕様が同様であれば、専用機を使用する従来工法と同等の効果が得られると同時に、工程や工費に関して大幅な改善を図ることができると考えられる。

本稿では、当該工法と地すべり跡地の坑口部に

において適用した事例を報告したが、さまざまな工夫と改良によって、LL-Fp工法の施工についてとくに問題となることはなかった。また、トンネル掘削時には当該工法が有効に機能して、地すべり土塊の不安定化やトンネルの変形を効果的に抑止することができた。

当該工法は、地すべり土塊の安定化対策以外にも、道路直下に坑口がある場合の地表面沈下対策、水路などの重要構造物との近接施工時における変形抑制対策や大口径鋼管を利用した水抜きボーリングなどへの適用が可能であると考えられる。

今後は施工実績を増やすとともに、より多様な施工条件下での検証を行い、当該工法の信頼性の向上に努めていきたい。

参考文献

- 山下雅之・亀谷英樹・石山宏二・塚田純一・小坂満宣：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。

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)
著者: 石井康夫 著
土木工学社

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 土木工学社

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



「伝統と自然」があふれる飛騨高山から

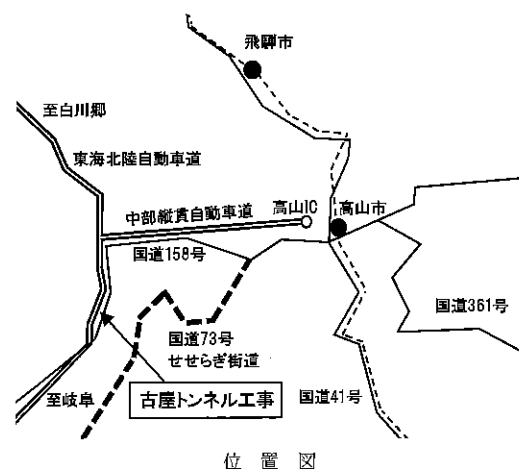
原 田 泰 夫

古屋トンネルⅡ期線の施工場所は岐阜県高山市清見町で、県北部の飛騨地方に位置する。高山市は中心地に江戸時代以来の城下町・商家町の姿が保全されており、その景観から「飛騨の小京都」と呼ばれている。

高山には祭りがたくさんあり、なかでも春・秋に開催される高山祭りが一番大きく、2日間で約10万の人々を呼び寄せると言われている。高山祭とは、春の「山王祭」と秋の「八幡祭」の総称である。発祥が16世紀後半から17世紀とされ、江戸時代の面影を残す伝統行事である。見どころは、絢爛豪華な屋台、屋台の曳き回し、宵祭などがあるが、オススメは八幡神社境内で行われ、江戸時代からの伝統技術を堪能できる「からくり奉納」である。

高山市にはこのような大きな祭り以外にも地域に根づいた祭りも多くある。本トンネルがある地区の上下小鳥八幡神社でも、今年の9月に「ひねりの舞」という祭りが9年ぶりに奉納された。この祭りは、地域の子供や若者達が武士や花笠、露払いなどの華やかな衣装をまとい、身体を左右に翻すように軽やかな踊りを舞いながら、花道から入り舞台を中心に観客の周囲360°をぐるりと回るものである。踊り子たちの熱気を間近に感じることができるこの祭りは、市の無形文化財に指定されている。

また清見町付近は、新緑の白樺林や紅葉、ラベンダー



伝統芸能「ひねりの舞」

畑など、四季折々の自然を満喫することができる。中でも清見町と郡上市を結ぶ「せせらぎ街道」は、車窓から豊かな自然を楽しむことができるため、ドライブコースとして人気も高い。街道沿線は、キャンプ場や飛騨牛を食べることができるレストランなどの施設も充実している。

さて、本工事は、東海北陸自動車道の4車線化事業の一つであり、工事延長がL=1,900m、そのうちトンネルがL=602mである。ここは標高が約1,000mの寒冷地で積雪も多い。地質は濃飛流紋岩類と花崗岩貫入岩が主体で構成され、花崗閃緑岩の貫入により変質を受けた凝灰岩もあり、変質が想定される区間では長尺鋼管先受け工が計画されている。ほかに土工約7万m³、橋梁下部工3基がおもな工種である。工期は12月中旬から3月下旬の冬期休止を含む2014年6月～2017年10月までである。

工事は始まったばかりであり、橋脚の深礎工とトンネル工事用進入路を施工中で、トンネルの掘削開始は来年の8月を予定している。また本工事は供用中のⅠ期線に近接した施工であるため、安全管理とその対策が重点課題の一つである。遮蔽板で供用線と工事区域を仕切り、見張り員を随時配置させる。安全第一で工期内に施工を遂行するため、地元・発注者・業者と協力し、無事工事を竣工させる所存である。

(五洋建設(株)古屋トンネル工事事務所工事主任)

施工

H&Vスパイラル工法により狭隘な河川下にシールドを縦断掘進

—東京下水道 立会川幹線雨水放流管—

東京都下水道局第二基幹施設再構築事務所設計課長 武 藤 真
東京都下水道局第二基幹施設再構築事務所設計課設計担当係長 伊 藤 俊 彰
東京都下水道局第二基幹施設再構築事務所設計課設計係 日 井 陽 菜 子
日本水工設計(株)東京支社下水道第二部次長 石 堂 暁

1 はじめに

東京都品川区を流れる立会川は、川幅8m、延長750mの中小河川である。流域のほとんどは市街化され、雨水の大部分は下水道を通じて短時間に河川に流出し、一度溢れると甚大な浸水被害となる。また、合流式下水道からの雨天時の放流により河川および運河に水質悪化や悪臭の影響が見られ、その改善が大きな課題となっている。

本事業はこれらの対策として、立会川へ放流されている雨水を取込み、京浜運河へ放流先を変更するための「立会川幹線雨水放流管」を布設するものである。図-1に立会川幹線雨水放流管の概要



図-1 立会川幹線雨水放流管概要図

図を示す。

立会川幹線雨水放流管は、狭隘な河川内かつ地下埋設物が輻輳している箇所へ布設する必要があるため、平面・縦断において厳しい条件下で施工することが求められている。そのため、通常のシールドを用いた設計では流下能力を満たした断面の確保ができない。そこで、限られた占用スペースの中で最大限の流下能力の確保が可能な工法としてH&V工法スパイラル掘進を選定した。

本稿では、その経緯と設計について報告する。

2 縦断・平面計画上の課題

当該幹線の上流部は立会川へ放流されている雨水を取込む必要があり、下流部は既設の立坑で第

表-1 工事概要

工事件名	立会川幹線雨水放流管工事
工事場所	品川区東大井
流域面積	838ha
工 法	特殊泥水式シールド工法 (H&V工法スパイラル掘進)
延 長	L=770m
土かぶり	11.4~23.7m(スパイラル箇所は11.5~17.4m)
内 径	5,000mm(2連)

二立会川幹線へ接続させる必要があった。

この条件で施工可能な線形を検討した結果、道路下の占有では、道路幅員の狭隘な箇所が存在し、民地を大きく占有することとなるため、立会川に河川縦断占用を行うこととした。シールド工は施工ヤードなどを考慮し、下流部の既設立坑を発進し、河川上流部の月見橋付近に到達立坑を設けることとした。図-2に平面・縦断概要図を示す。

本シールド計画路線の整備区間では、立会川を南北に横断するように京浜急行本線および国道15号(第一京浜)が通っており、さらに国道15号(第一京浜)直下には品川共同溝が通っている。本路線は、立会川河川下を縦断占用する計画であるため、これら重要構造物との横断を避けることができない状況にあった。したがって、必要な離隔を確保するとともに、これら構造物への影響解析を行い、本シールド路線整備において影響がないことを確認する必要があった。

既設の立坑から立会川幹線雨水放流管を発進する際のコントロールポイントは以下の3点である。

- ・勝島運河護岸の基礎杭(設置深さT.P.-18.13m)から、最小離隔1.5mを確保する必要がある。
- ・下流部の第二立会川幹線(管底高さ：T.P.-25.12m)よりも浅い位置へ接続する必要がある。
- ・川幅8mの狭隘な河川に縦断占用するにあたり平面的な制約が生じる。とくに、下流部から670mの桜橋付近でのS字カーブ箇所は、

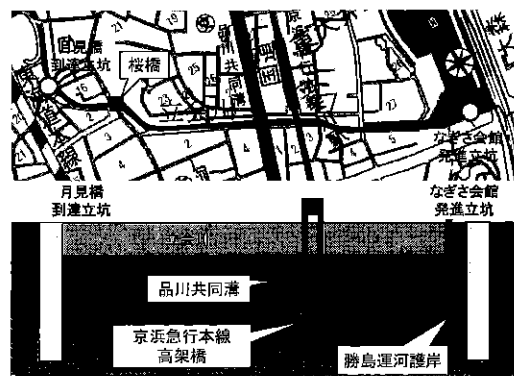


図-2 布設ルート現況平面・縦断概要図

両側が民地となり官民境界からの離隔を確保する必要がある。

このように発進立坑付近では縦断的な要因、桜橋付近では平面的な要因により立会川幹線雨水放流管の施工可能規模が制限される。

この条件で検討したところ、施工可能径は内径5,000mm(外径5,700mm)が限界となる。必要整備水準を満たすためにはシミュレーションや水理模型実験結果より、内径5,000mmの下水道管きょを2本分布設する必要があるとわかった。そこで、内径5,000mmを2本布設するための工法選定を行った。

3 工法選定

工法の選定にあたっては、コントロールポイントとなる護岸基礎杭や重要構造物への影響を考慮して、単独シールドを2台使用する工法と、連結シールドを使用する工法の比較検討を行った。

3-1 単独シールドを2台使用する工法

先行して内径5,000mmのシールドを1台発進させ、初期掘進終了後に2台目のシールドを発進させる。

護岸基礎杭により、縦断的な制約のあった発進立坑付近では、平面位置をずらすことによって対応させ、平面的な制約のあった狭隘な河川上流部の桜橋付近などについては、縦断位置をずらして同一平面で施工するような計画を立案した。この工法の課題は以下のとおりである。

- ・並列シールドの相互作用による施工時荷重の

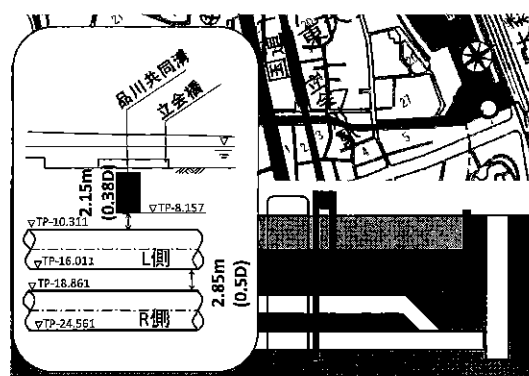


図-3 単独施工での近接状況

影響が懸念されるため、下水道管渠を0.5D(2.85m)の離隔で、時間差をつけて2本別々に掘進する必要がある。

- ・各シールド発進箇所にて発進防護工を行うため、改良範囲が大規模となり経済性に劣る。
- ・品川共同溝と下水道管渠の離隔が0.38D(2.15m)となり、構造物への影響が大きくなる(図-3)。
- ・発進時の施工ステップが複数となり、掘進工事の休止期間が生じることから工期が長くなる。

3-2 連結シールドを使用する工法

単独シールドを使用した場合の課題を解消するため、シールドを連結させ同時に発進・施工できるとともに超近接したトンネル断面を構築できる工法として、2連のシールドを組み合わせたH&Vシールド工法の検討を行った。

H&Vシールド工法スパイラル掘進は、2つの前胴を相反する方向へ中折れさせ、2つのシールドの掘進方向を異ならせることにより発生する回転力でローリング制御を行うクロスアーティキュレート機構を持つ。このクロスアーティキュレート機構により、シールドを回転させながら掘進することでスパイラル掘進が可能となる。

スパイラル掘進を行うことで2つの円形トンネルをらせん状にねじることにより、横2連型と縦2連型をそれぞれ組み合わせて施工でき、合理的に地下空間を活用することができる。図-4にスパイラル掘進の概略図を示す。

このH&Vシールド工法スパイラル掘進を活用することによって、縦断的な制約のある発進立坑付近を横2連で掘進し、川幅が狭く平面的な制約のある範囲を縦2連で掘進することができる。スパイラル掘進は、勝島運河護岸部通過後の、運河から河口部までの137mの区間を活用して施工するように計画した。

本工法を採用した場合、従来の単独シールドを2台使用する工法に対し、以下の点で有利となる。

- ・下水道管渠を超近接した状態で、2本同時に同一平面上の施工ができる。

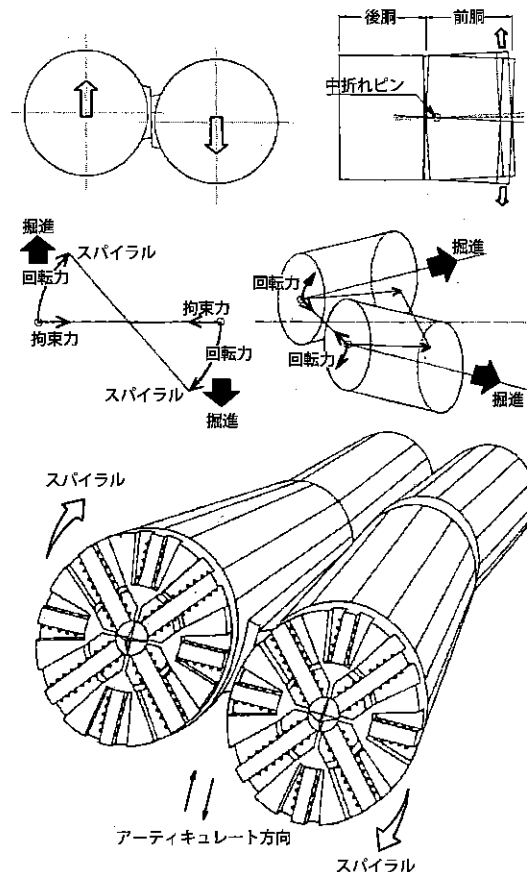


図-4 H&Vシールドの旋回図とクロスアーティキュレート機構概念図⁹⁾

- ・品川共同溝との離隔を0.90D(5.15m)確保することができる。
- ・発進ステップが1段階となり、単独発進を2回行うより工期短縮が可能となる。
- ・発進防護工を超近接した状態で2本分同時に行うため、離隔が必要となる単独シールドの改良範囲より小さくなる。

これより、今回設計では、2つの円形シールドを組合せ、シールド相互の離隔が10cm程度の超近接したトンネル断面を構築できるH&Vシールド工法スパイラル掘進を採用した。

4 H&Vシールド工法施工時のマシン選定

H&Vシールド工法の掘進地盤は、図-5、表-2の柱状図のとおりであり、礫層、細砂層が主体で

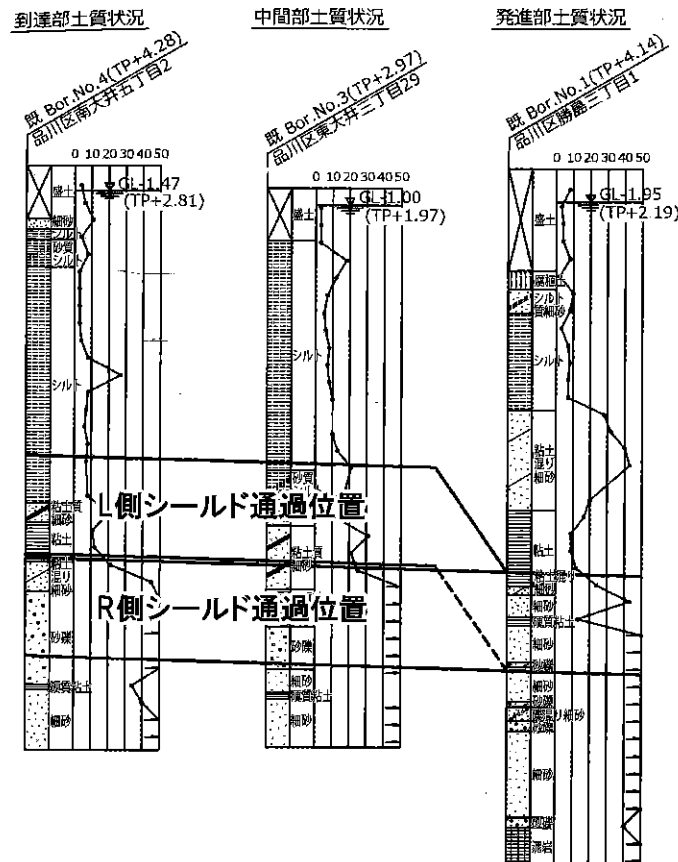


図-5 掘進路線柱状図

表-2 掘進路線概要

路線名	立会川幹線雨水放流管
仕上り内径(mm)	5,000×2連
施工スパン(m)	約750
最少曲率半径(m)	50
計画布設深度(m)	16~28m(管底)
土質	硬い粘土~洪積砂礫・砂(細砂)
N値	8~50以上
地下水	G.L.-1.0~-2.0m付近
透水係数	$10^{-3} \sim 10^{-2}$

ある。

本計画路線は、河川直下であり地下水位が高く、最大0.25MPa程度の水圧がかかるため、安全性の高い密閉式シールドを検討対象とした。地盤への対応は、泥水加圧式シールド、泥土圧式シールドでも対応可能であるが、下記の理由から泥水加圧式シールドを選定した。

- ・本工事で対象とする掘削地山は砂層が主であり、二次処理における産業廃棄物の発生が抑制されることから、経済性において泥水加圧式シールドが有利となる。
- ・河川下での掘進となるため、切羽の安定制御の難度が高い。このため、土砂の取込みが機械制御である泥水加圧式シールドが有利となる。
- ・泥土圧式シールドでは、スパイラル区間においてスクリーコンベヤの大規模な坑内盛替え作業が必要となるため、掘進休止期間が生じる。

5 スパイラル部のセグメントの選定

H&Vシールドは、シールドの回転力によりローリング制御を行うクロスアーティキュレート機構、セグメントリング円周方向へジャッキを偏心させることにより推力と回転する方向への

分力を得ることができるスパイラルジャッキ、コピーカッタの3つのローリング制御機構を有している。

当該シールドでは、スパイラル区間での方向制御に関しては、シールドを90°スパイラルする必要があることから、上記の3つのローリング制御機構を行う必要がある。その際の余掘りや、方向制御およびジャッキ推力は急曲線部と類似した機構となる。また、当該シールドは雨水放流管を対象とした工事であるため、管内の排水を考慮して自然流下機能を有した一定勾配を確保する必要がある。とくに施工難度の高いスパイラルTYPE-B(表-3)での施工となる。

TYPE-Bでは、シールドの後胴部とセグメント外縁との間隙が部分的に小さくなる箇所が生じ、ジャッキスプレッタがセグメント端部に接面される箇所が生じる。このため、RCセグメントを使

表-3 スパイラル方法¹⁾

	TYPE-A	TYPE-B	TYPE-C
概念図			
概要	2つのトンネル軸を中心としてスパイラル	片側のトンネル中心を軸にしてスパイラル	回転軸を移動させながらスパイラル
線形	AB両線とも平面、縦断曲線を持つ複合曲線	B線のみ平面および縦断曲線を持つ複合曲線	A線は平面、B線は縦断曲線のみを持つ。
特徴	もっとも短距離でスパイラルが可能	一方のトンネル線形が規定されている場合に対応	複合曲線を持たず線形規準への対応が容易

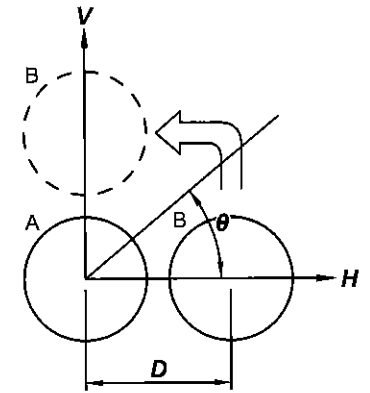


図-6 スパイラル説明図

また、スパイラル区間における、最少曲率半径および最大勾

配を超えないようにスパイラル度を設定しなければならない。

本工事では、既設立坑を横2連で発進して勝島運河の護岸との離隔を確保し、137m掘進後の立会川縦断時には縦2連となる。そのため、スパイラル区間長はその区間をもとに検討を行った。

並列配置の状態から上段側シールド(B)が下段側シールド(A)を中心として90°回転し縦2連になる場合(TYPE-B)の場合の線形を考える。図-6に示すように下段トンネル(A)の中心に座標中心をとり、鉛直方向をV、水平方向をHとし、スパイラル度を一定とする場合、トンネルの線形は次式により表される。

$$V = D \times \cos(\theta l) \quad (1)$$

$$H = D \times \sin(\theta l) \quad (2)$$

ここで、

D: トンネル中心間距離(m)

θ: スパイラル度(度/m)

l: スパイラル距離(m)

本工事ではスパイラル区間長137m、トンネル中心間距離を5.94mとすると、線形は以下の式で表される。

$$V = 5.94 \times \cos((90/137) \cdot l) \quad (1')$$

$$H = 5.94 \times \sin((90/137) \cdot l) \quad (2')$$

上記の式から、スパイラル部の変位を求めることができ、線形を決定した。また、セグメントの割付けおよびテーパ量は、H, Vを考慮して、

用することは、その特性(集中荷重による欠損)から破損する可能性がある。よって、スパイラル区間においては鋼製セグメントを採用することとした。

6 H&Vシールド工法スパイラル掘進の条件検討

H&Vシールド工法におけるスパイラルトンネルの線形は、回転中心・スパイラル度(単位掘進距離あたりのスパイラル量)の設定により変化する。そのため、本工事における線形の検討を行った。

6-1 線形

先に述べたように、本工事は雨水放流管を対象とするものであるため、道路トンネルのような単曲線・クロソイド曲線のように線形種別の制約は考慮しないものとした。一方で、曲率・勾配については、河川、道路などの公地内に管渠の布設が可能および雨水の流下が可能であるように検討を行った。

H&Vシールド工法のスパイラルトンネルの縦断線形・平面線形は、スパイラル度にもとづくcos関数またはsin関数を基本とした曲線となる。ここで、スパイラル度は単位掘進距離あたりのスパイラル量(旋回量)のことで、

[スパイラル度] = [スパイラル量] / [区間長] で表される。

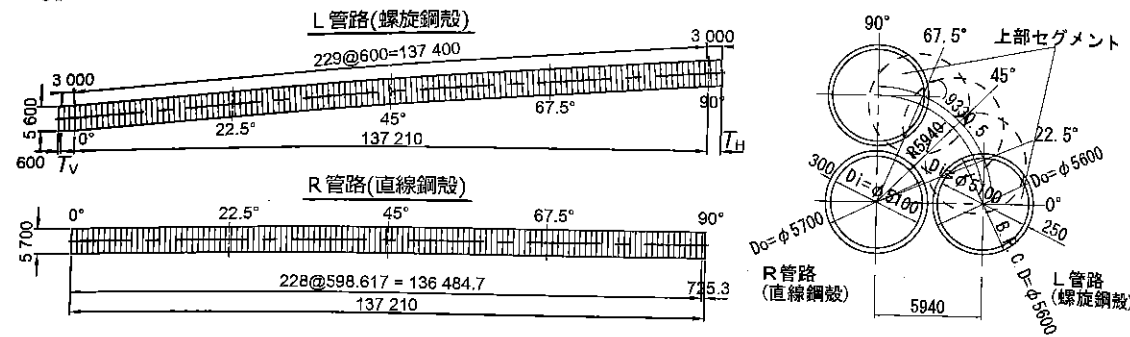


図-7 セグメント割付け図

検討を行うこととした。

6-2 中折れ角

スパイラル区間の施工は、両側シールドに中折れ角差をつけて掘進し、全体をローリングさせることにより行う。所定の区間でスパイラルを完了させるのに必要な中折れ角が、シールド製作上可能な中折れ角でなければならない。そのため、さきに検討した区間長、スパイラル度から設定した中折れ角が可能であるかどうか検討を行った。中折れ角は以下の式から求められる。

$$\theta' = \tan^{-1}(D/2 \cdot S_p) + \alpha \quad (3)$$

θ' : 中折れ角(度)

D : トンネル中心間距離(m)

S_p : スパイラル度(rad/m)

α : 施工余裕

その結果、中折れ角3.9°となり、シールド製作実績から、製作可能であると判断した。

6-3 セグメントテーパ量

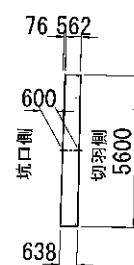
スパイラル区間のトンネル線形は、スパイラル度 θ のセグメントが連続する3次元曲線となる。所定の区間でスパイラルを完了させるときの必要テーパ角が作成可能な範囲でなければならない。同径クラスでセグメントテーパ角の実績は最大2.33°程度である。

先述した3次元曲線を考慮したセグメントの割付けは図-7のようになり、スパイラル始点(T_v)、スパイラル終点(T_h)において、平面的、縦断的に屈曲角が生じることとなり、スパイラル部セグメントテーパ量のコントロールポイントとなる。

この屈曲角を考慮したセグメントテーパ量は1.0°以下となり、セグメントの製作が可能である

TV(-5~-1リング)

片テーパ(上) 76mm



TH(230~234リング)

片テーパ(右) 76mm

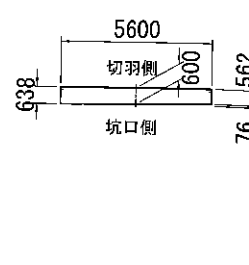


図-8 セグメントテーパ

と判断した。

6-4 施工性

曲率半径・勾配に応じ、日進量の低減を考慮する必要がある。とくに縦断勾配が5%を超える場合には軌条設備に対策を施す必要がある。

スパイラル部の一部区間で縦断勾配が5%を超えることから、ギア方式により滑りを抑制できるラック&ピニオン方式を採用した。

上記の制約条件に関して、検討を行った結果、シールドの製作、セグメントの割付け、施工性において対応可能なことが明らかとなったことから、本計画におけるH&Vシールド工法スパイラル掘進の適応は十分可能なものであると判断した。

7 周辺構造物への影響検討

図-9に本計画路線における重要構造物への近接施工概要図を示す。このうち、とくに近接度合いの大きな重要構造物は、京浜急行本線、品川共同溝、立会川護岸杭であり、いずれも近接程度の判定において制限範囲に入るものであった。京急電鉄架道橋、護岸基礎杭および国道15号直下に布設

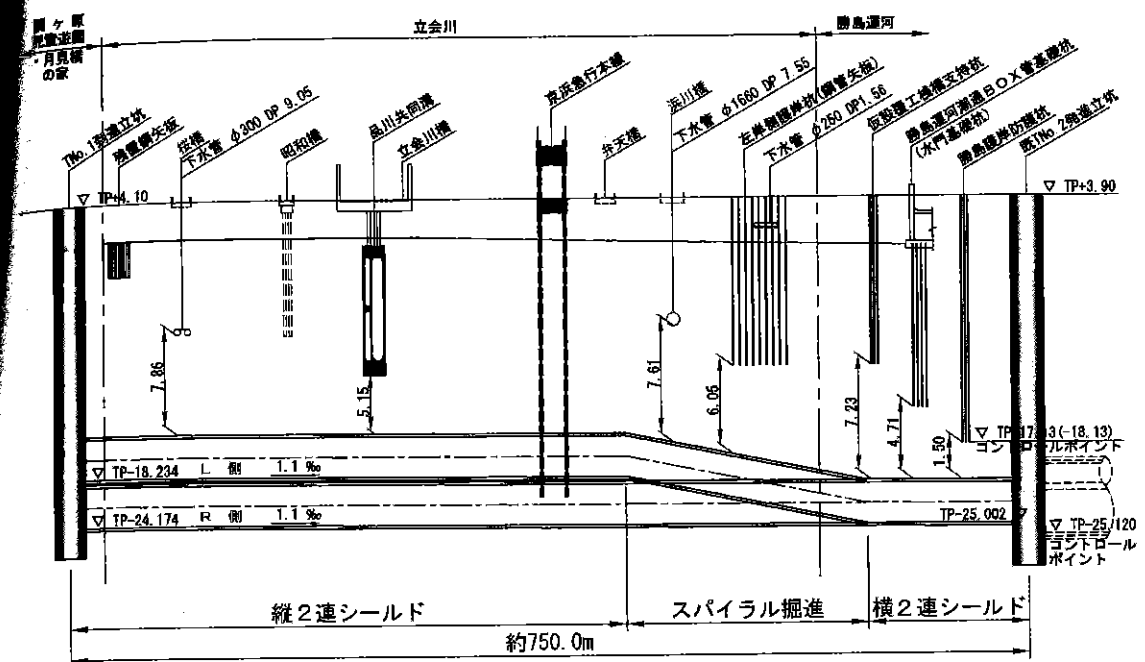


図-9 近接施工概要図

される品川共同溝に対して、FEM 2次元弾性解析を行い、安全性の確認を行った。

解析の結果、それぞれの重要構造物に対して、変位値が一般的な許容値内に収まっていることが確認できた。

8 おわりに

本設計では、地下空間において厳しい制約条件があるなかで、H&Vシールド工法スパイラル掘進(TYPE-B)を用いることで、流下能力を満足する下水道管渠を布設することが可能となった。

H&Vシールドの施工実績は、これまでに5件報告されており、4件が分離型であり、スパイラル型の施工実績は実証実験の1件のみである。実施工としてのスパイラル型の施工は今回が初めてであり、TYPE-B方式に限れば前例のない施工となる。

下水道に限らず、今後も都市部でシールドによるトンネル整備を進めるにあたり、厳しい路下条

件から掘進範囲が限られることや、地下埋設物が輻輳していることなど、大都市特有の厳しい環境での設計が求められることが増加すると思われる。与えられた条件下において、シールドトンネルを整備し、目標整備水準を満たすための創意工夫は、社会資本整備事業を執行していくうえできわめて重要な課題である。

本稿が今後の社会資本整備事業を進めるうえでの参考事例となれば幸いである。

参考文献

- 1) シールド工法技術協会：H&Vシールド工法技術資料，2011.8.
- 2) 田中秀明・久原高志・尾崎仁・野口隆・中村稔：H&Vシールド工法実証実験工事，トンネル工学研究発表会論文・報告集，Vol.1，pp.249-254，1991.12.
- 3) 青野雅士：H&V工法スパイラル掘進による下水道管の設計，立会川幹線雨水放流管工事，第50回下水道研究発表会講演集，pp.646-648，2013.

土木情報 No.500

今月の主な入札結果
(12月10日～1月9日)

事業主体	工 事 名	請 負 会 社	請負額 単 位 百万円
東北地整	R45唐桑地区T	三井住友・岩田地崎JV	3,876
"	R47猪ノ鼻T	大成建設	3,175
"	R45白井地区道路	鹿島建設	9,560.3
"	東北中央道村山T	東亜建設工業	1,276.2
"	東北横断道鍋倉T	アイサワ工業	1,456
関東地整	中部横断下八木沢第2T	日本国土開発	777.6
近畿地整	R1草津川隧道撤去他	桑原組	234.5
"	R9京都西共同溝シールド	西松建設	3,456
中国地整	長門俵山道路大寧寺第2T	東急建設	807.48
"	鳥取道下味野T	安藤ハザマ	2,001.9
"	" 佐瀨T	大本組	1,021.6
四国地整	H26-27立江T	戸田建設	931
"	H26-27恩山寺第一T	鉄建建設	1,072.81
日本下水道事業団	堺市出島BP線建設	清水・大豊・京都JV	6,561.9
都・下水道局	江東幹線その2	大豊・銭高JV	7,988
都・交通局	大江戸線牛込柳町駅出入口新設(その3)	熊谷組	172
新潟県	県営渇水防除事業(大規模・特定)新発田東部2期地区下新保導水路推進(第1次)	福田・伊藤・亨和JV	948
長野県	H26社会資本整備総合交付金(広域連携)・諏訪辰野線	吉川建設	130.86
大阪府	寝屋川流域下水道中央(一)増補幹線(第7工区)下水管渠築造	中林・タナカJV	762.8
"	" 枚岡河内南幹線(二)(第2工区)下水管渠築造	ノバック・清田JV	1,620
"	寝屋川北部地下河川守口調節池築造(本體工)	清水・大豊・久本JV	10,600
和歌山県	芳養清川線(仮称面谷T)道路改良	淺川・尾花JV	1,110
福岡県	県道飯塚福岡線見坂工区T	清水・松本・大島JV	2,440
長崎県	R382道路改良(美止々T)	今村・早田・橘JV	1,510.2
東京都都市づくり公社	石神井川排水区雨水幹線管渠築造	フジタ・武蔵野トランスポートJV	951
愛知県中部水道企業団	三ヶ峰長久手配送水管敷設替その1	銭高組	418.46
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1	前田・岩田地崎JV	4,853.26
伊勢原市	H26汚水第24-6幹線その1	坂本組	108
京都市	新川第6排水区新川6号幹線(雨水)(その1)公下	奥村・岡野・日新JV	1,632
広島市	八幡地区下水道築造26の20号	淺沼・川崎JV	1,146

『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、本誌編集委員会で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)

施工

送・配水ネットワークの形成に向けた大環状線の整備

—横浜市水道局 第二磯子幹線—

横浜市水道局施設部建設課設計係 森 亮

横浜市水道局施設部建設課設計担当係長 庄 司 聡

横浜市水道局施設部建設課工事係 川崎 泰朗

1 はじめに

横浜市は、およそ370万人の市民にいつでも安全・安心な水をお届けすることを目的として、市内を一周する送・配水ネットワークを形成するこ

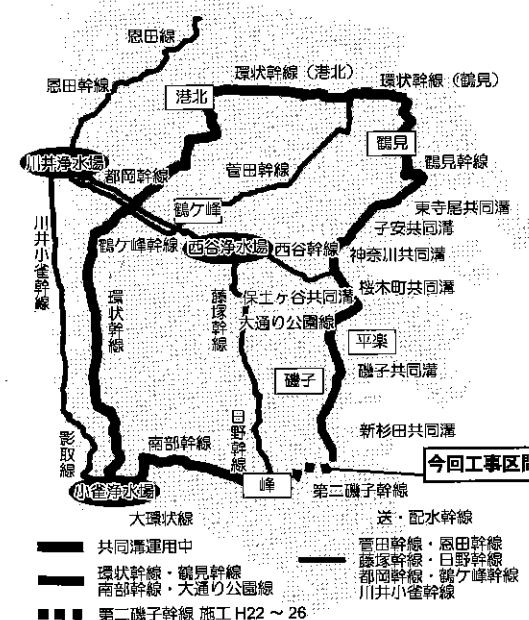


図-1 送・配水管の環状ネットワーク(太線部に大環状線を示す)

とで、自然災害や水質事故などに対するバックアップ体制の強化を目指している。

本稿は、その基幹幹線となる「大環状線」によるバックアップ機能強化の概要と、「大環状線」の最後の区間となる第二礫子幹線(峰配水池から沿岸部に位置する共同溝内の送・配水管までを連絡する管路)の布設工事について紹介する(図-1)。

2 バックアップ機能の強化

2-1 「大環状線」構想の背景

横浜市の人口は、昭和30年代から40年代の高度経済成長期に急増し、水道局では、人口増加とともに水需要の増加に対応するため、横浜市の南部に小雀浄水場を築造した。小雀浄水場からの送水ルートとしては、市域の北部・西部・南部方面へ大口径管路が布設された。

1986(昭和61)年3月、関東地方と甲信地方に大雪と強風が吹き荒れ、東京電力の送電鉄塔が倒壊し、小雀浄水場の取水施設である寒川取水ポンプ場が停電により断水した。寒川取水ポンプ場は、相模川の下流から取水した原水を小雀浄水場までポンプで導水していたため、小雀浄水場への導水が停止し、浄水処理や配水池への送水ができなくなった。このため、ほかのブロックなどからバッ

クアップを行ったが、結果として約20万戸の断水が発生した。

こうした経緯から、1998(平成2)年度「よこはま21世紀プラン：第3次実施計画」において、一つの浄水場が停止した場合でもほかの浄水場からバックアップが可能となる市内を一周する「大環状線」の構想が立てられた。

2-2 「大環状線」の機能

横浜市では、市域を26の区域に分けて給水する「配水ブロックシステム」(図-2)を採用しており、災害時における断水などの影響範囲を最小限に抑えるとともに、隣接する配水ブロックからバックアップすることを基本としている。

一方、配水池の上流にある浄水場がなんらかの原因で機能停止した場合や、神奈川県内広域水道企業団(以下「企業団」)からの受水が困難になった場合には、その浄水場や受水地点からの給水区域全体(複数の配水ブロック)に断水などの影響が及ぶが、市内の主要な送配水管と「大環状線」を組み合わせることで、異なる浄水場からのバックアップや別系統からの企業団受水が可能となり、給水の安定性が格段に向上することとなる。

ここで、全長約70kmの「大環状線」と、主要な送・配水管を組み合わせた環状ネットワークについて、整備されたあとに可能となる市内3つの浄水場と企業団のバックアップ体制および自然流下系の拡大についてその概略を説明する。

2-2-1 通常時の運用(図-3)

川井浄水場で処理した水は、鶴ヶ峰幹線を経由し、市の中央部にある鶴ヶ峰配水池などに送水される。また、南部方面へは川井小雀幹線で直接、配水しながら小雀浄水場へ送水される。

西谷浄水場で処理した水は、西谷幹線を経由し、「大環状線」の一部である沿岸部の共同溝を配水管として使用し、沿岸部の繁華街や工業地帯へ配水しながら鶴見配水池や平楽配水池などへ送水される。



図-2 横浜市における配水ブロックシステム

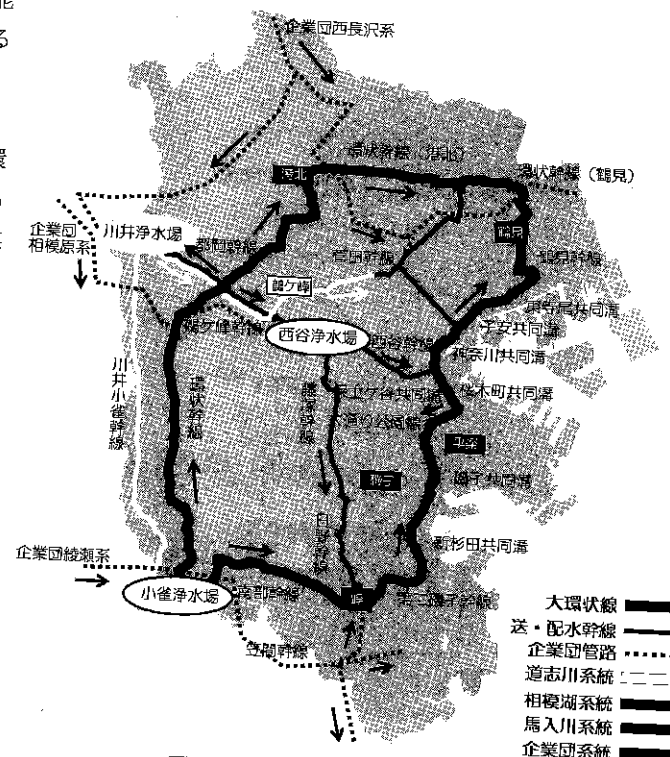


図-3 環状ネットワーク通常運用時

小雀浄水場で処理した水は、「大環状線」の一部である環状幹線を北上し、市域の西部に位置する配水池と川井・西谷の両浄水場へ送水し、港北配水池へ送水される。また、南部方面では、南部幹線から第二磯子幹線を経由し磯子配水池まで送水される。

2-2-2 川井浄水場が停止した場合(図-4)

市内の北西部に位置する川井浄水場の浄水処理が停止した場合は、「大環状線」の環状幹線を利用した小雀浄水場からのバックアップと、企業団相模原浄水場や企業団西長沢浄水場からのバックアップにより、川井浄水場内の配水池へ送水される。

また、川井浄水場から送水されていた鶴ヶ峰配水池や菅田幹線についても、小雀浄水場から「大環状線」を利用したバックアップ体制が構築される。

2-2-3 西谷浄水場が停止した場合(図-5)

市内の中央部に位置する西谷浄水場の浄水処理が停止した場合は、「大環状線」の環状幹線を利用し小雀浄水場からのバックアップと、企業団相模原浄水場からのバックアップにより、西谷浄水場内の配水池へ送水される。

また、西谷浄水場から送配水されていた沿岸部区域については、南部方面からは小雀浄水場を基点とした南部幹線、新杉田共同溝を用い、北部方面からは企業団西長沢浄水場からのバックアップ体制が構築される。

2-2-4 小雀浄水場が停止した場合(図-6)

市内の南部に位置する小雀浄水場の浄水処理が停止した場合は、川井浄水場から川井小雀幹線を用い、企業団綾瀬浄水場からは小雀浄水場内の配水池

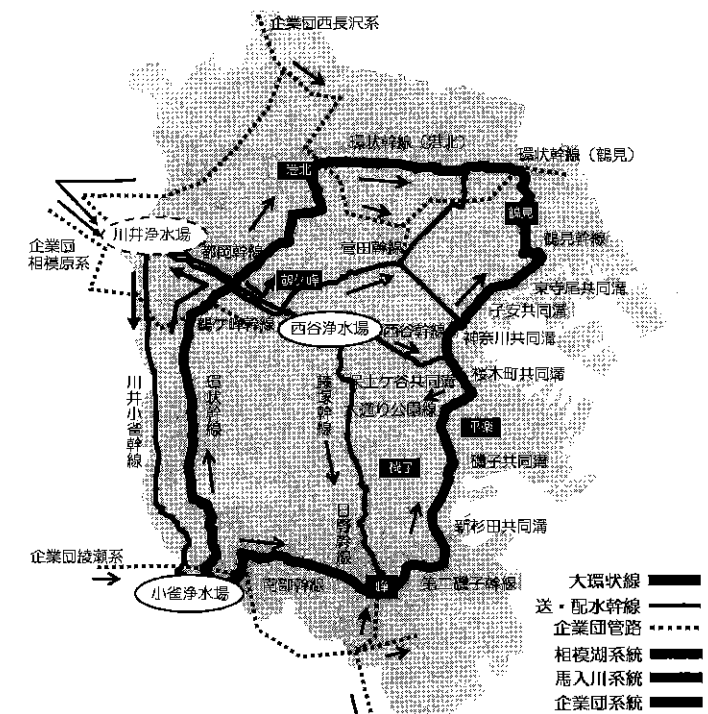


図-4 川井浄水場断水時バックアップ

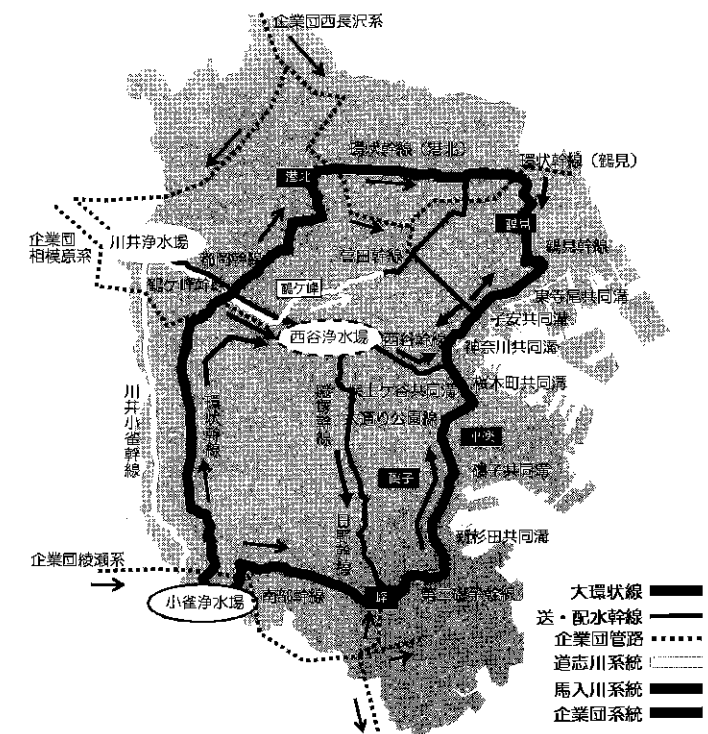


図-5 西谷浄水場断水時バックアップ

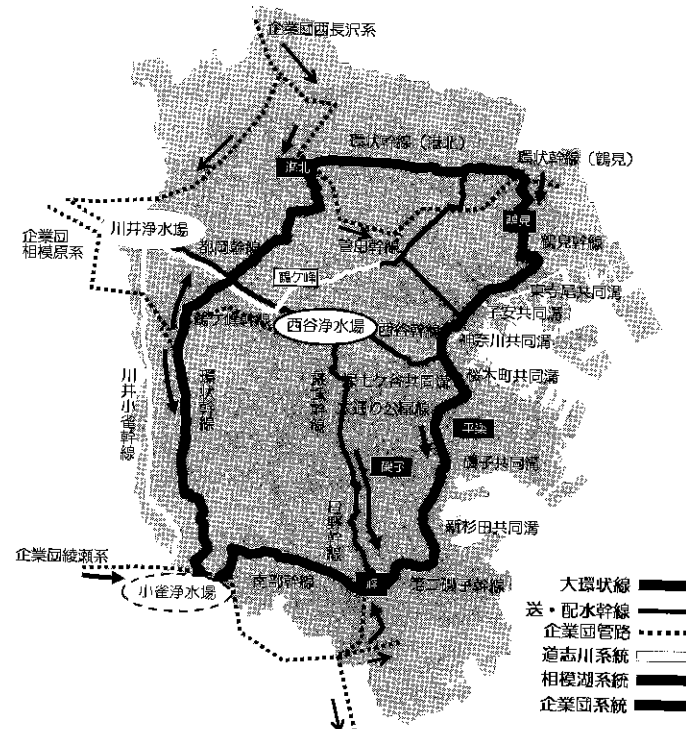


図-6 小雀浄水場断水時バックアップ

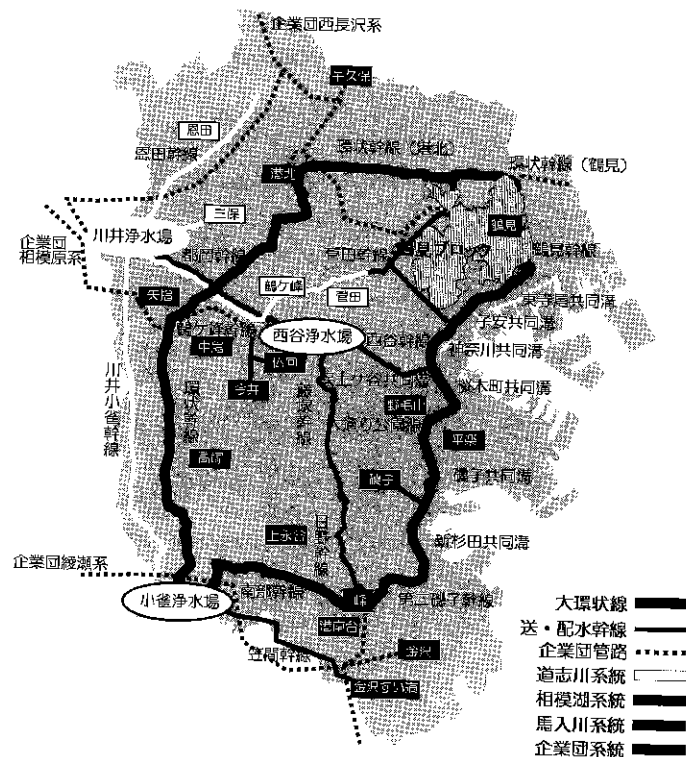


図-7 バックアップ以外の効果(自然流下系の拡大)

へバックアップされる。また、小雀浄水場から送配水されていた北部方面については、企業団相模原浄水場から環状幹線、南部方面については、西谷浄水場から礒子共同溝、新杉田共同溝を用いたバックアップ体制が構築される。

2-2-5 バックアップ以外の効果

(図-7)

市の北部方面の鶴見ブロックは、鶴見配水池から配水されるが、そこへの送水は企業団西長沢系から供給されている。「大環状線」整備後は、「大環状線」の沿岸部の配水管を利用することにより、西谷浄水場からの流入が可能となる。西谷浄水場は自然流下系の浄水場であることから、安定した給水が確保できるとともに、自然流下系の拡大が可能となり、環境にやさしい水道システムの構築に貢献することができる。

3 第二礒子幹線の整備

3-1 目的

第二礒子幹線とは、1998(平成2)年度より整備を続けてきた「大環状線」の最後の区間であり、峰配水池から新杉田共同溝までの管路を布設することで、小雀浄水場の浄水を礒子配水池まで送水することが可能となる。この管路の布設が完了することにより、「大環状線」を含めた「環状ネットワーク」が完成する。

3-2 工事概要

第二礒子幹線は口径1,200mmのダクタイル鉄管を布設することで管路を形成するが、埋設物や周辺環境への影響を考慮して、非開削工法(シールド工法)により施工する必要があった。「(仮称)新礒子幹線口径1,200mm送水管新設工事」として発注した本工事は、

泥水式シールド工法(セグメント仕上り内径1,850mm)により約3.6kmを掘進し、セグメント内に水道本管(口径1,200mm)を引込む。

表-1 工事概要

項目	名称・規格など
セグメント外径	2,05mm
シールド延長	3,596m
シールド工法	泥水式
平面線形	R=40~1,000m:10か所
縦断線形	発進~140m:LEVEL 140~1,200m:4.81%下り 1,200~2,520m:1.67%下り 2,520m~到達:LEVEL
土かぶり	10.9~48.3m
発進立坑	鋼矢板(10,400×5,600×13,850)
到達立坑	新杉田共同溝到達立坑へ直接連絡により築造せず
二次覆工(送水管)	ダクタイル鉄管(US管):φ1,200mm
空隙充填	エアミルク
その他工事概要	送水管(φ1,200mm)を既設送水管φ2,000mmに不連続連絡するため、発進立坑用地内において、泥濁式推進工および開削を実施

工事概要を表-1に、平面概要図および縦断概要図を図-8,9に示す。発進側の立坑は峰配水池敷地内に築造したが、到達側は新杉田共同溝立坑へ直接連絡することで、到達立坑を築造せずに施工することとした。新杉田共同溝への連絡概要図を図-10に示す。

本工事で製作したシールドの写真、3.6kmをビット交換なしで施工した到達時点での写真、シールド工事完了後に既設送・配水管口径1,100mmと本工事による送水管口径1,200mmの布設が完了した時点での写真を、それぞれ写真-1~3に示す。

3-3 施工現場の状況

3-3-1 周辺地域の状況

布設ルートは、峰配水池敷地内に築造した立坑より発進し、横浜市区環状3号線、国道16号、産業道路、国道357号を通り、新杉田共同溝立坑へ到達する。これらの道路は交通量も多く幅員も広い横浜市でも主要な道路である。このルートは施工性を考慮し、幅員が広い道路を選定したが、曲線部は全10か所、うち6か所はR=40~60mの急曲線が存在する。また、周辺地域への影響も考慮

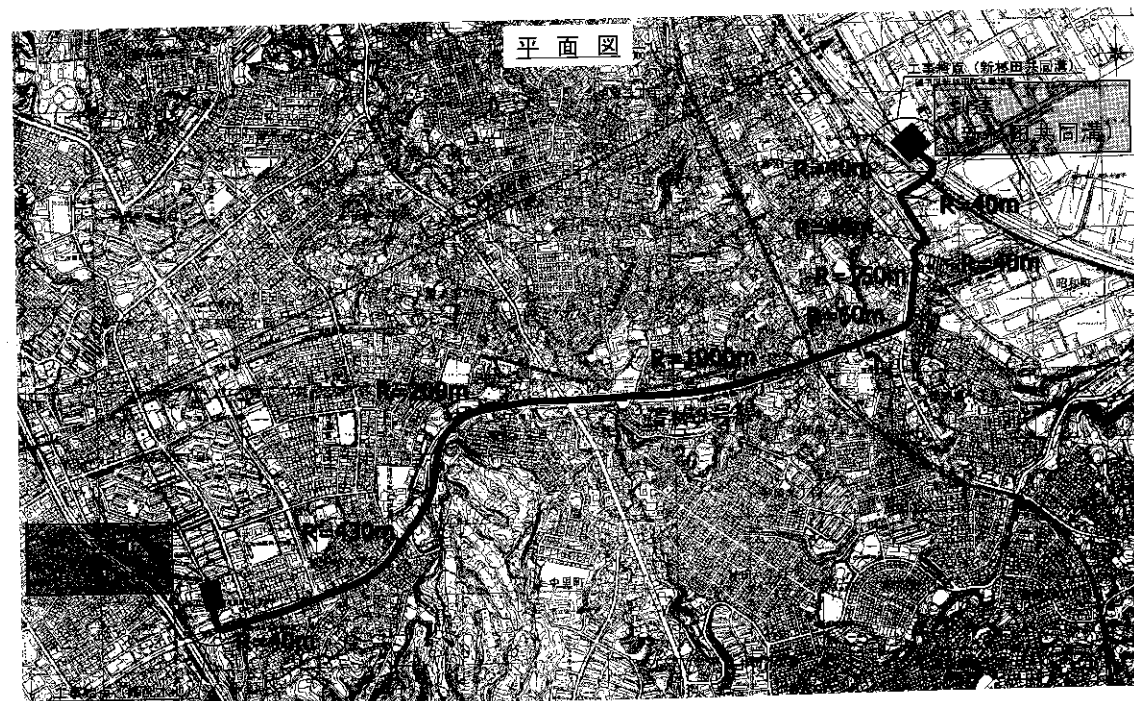


図-8 シールド区間平面図

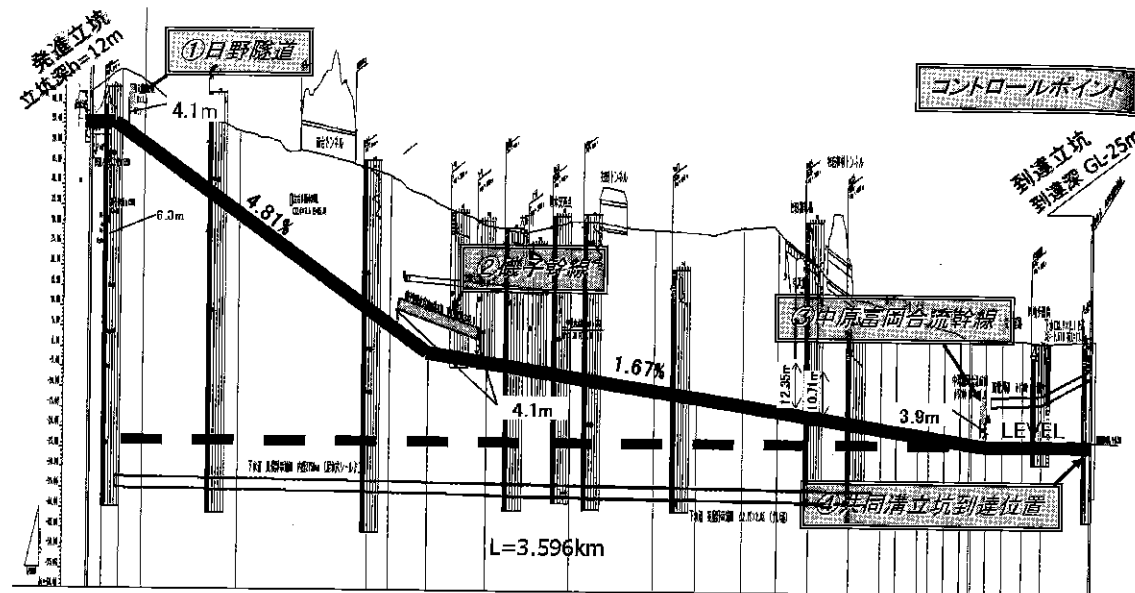


図-9 シールド区間縦断面

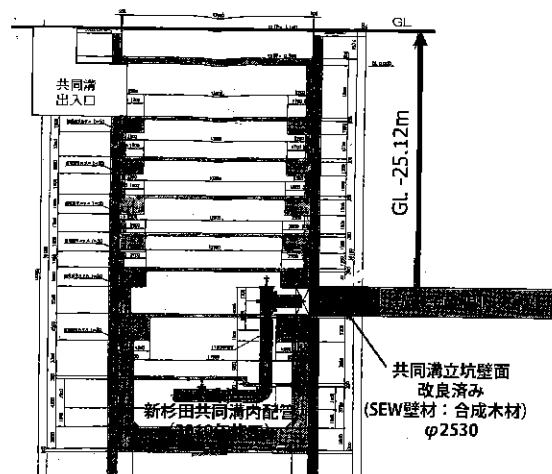


図-10 新杉田共同溝への連絡概要図(到達部)

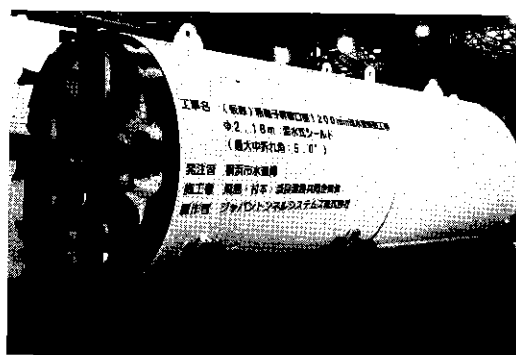


写真-1 泥水式シールド(外径φ2,180mm)



写真-2 シールド到達直後

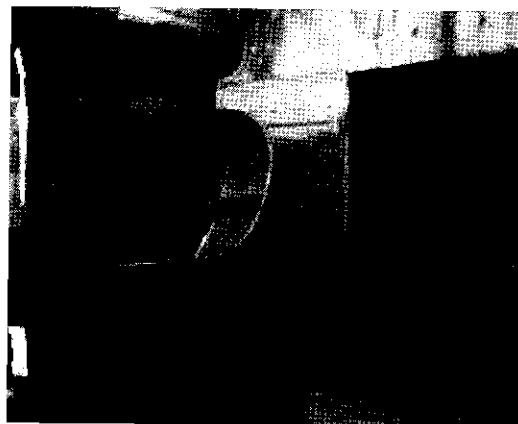


写真-3 到達部(新杉田共同溝内)配管完了

し、発進立坑は横浜市水道局所有の峰配水池敷地内としたことで、発進直後に最小曲線 $R=40\text{m}$ が設定されることとなった。

3-3-2 地下埋設物の状況

今回選定された布設ルートでは、到達立坑を削減するため、共同溝内の既設送・配水管(口径1,100mm)の直近に直接到達させることとなり、第一のコントロールポイントとなった。また、路線上のコントロールポイントとして環状3号線には上水や下水の幹線が複数埋設されていることから、縦断線形の決定要因となった。これらを上越しするとほかの埋設物に干渉することになるため、主要な埋設物は下越した。発進後140mから環状3号線の主要な埋設物までは、勾配を4.8%に設定し発進立坑を浅くすることで、コスト削減を図った。

3-3-3 地盤条件

布設ルート上の地質は、多摩丘陵から三浦半島にかけての丘陵地の東部地域に位置し、第四紀更新世上総層群中里層を基盤とする。表層は平均層厚4.1m程度で平均 N 値3.9の埋土層が存在し、以深に層厚14m程度、 N 値0~21程度の有機質土、砂質土、粘性土からなる沖積層が構成されている。基盤となる中里層は、風化泥岩、泥岩、砂岩で構成されており、風化泥岩は N 値にばらつきが見られるが、泥岩、砂岩は N 値50以上であった。

今回選定された布設ルートにおいては、通過する地盤の大半は中里層のうち泥岩層となった。また、安定した基盤層を通る布設ルートとなったことから、急曲線部における補助工法が不要となり、コスト削減に寄与した。

3-4 本工事の特徴・工夫

3-4-1 非開削工法の選定

選定された平面ルート、与えられた縦断的なコントロールポイントを考慮した非開削工法として、トンネル工法は山岳工法(NATM)とシールド工法(泥水)を比較検討した。山岳工法の場合、地盤条件を考慮し安定した地盤での施工が必須となることから、シールド工法に比べ、発進立坑が深くなる。また、山岳工法は一部区間に地盤改良も伴

表-2 トンネル工法比較表

	山岳工法 (NATM)	シールド工法 (泥水式)
発進立坑深	38m	12m
沖積層地盤改良	あり	なし
工期	88か月	60か月
工事費(百万円)	4,391	3,991
判定	×	○

うことから、シールド工法に比べ、工事費が高くなったため、シールド工法を採用することとした。トンネル工法比較表を表-2に示す。

また、施工延長をもっとも短くする工法として、布設する土かぶり深くなるが直線での施工が可能で大深度地下使用法の活用についても検討した。今回の布設ルートにおいては、施工延長の減によるシールドなど施工費の減額に比べて、立坑が深くなることによる立坑築造費の増額が上回り、大深度地下は使用しないこととした。

上記の検討により、本工事ではシールド工法を採用することで、大深度地下の使用や山岳工法に比べ、発進立坑の深さを浅くすることができた。

3-4-2 中間立坑の削減(長距離施工)

シールド工法のうち、布設ルートの中心的な地盤条件である泥岩層に適応する工法として、『トンネル標準示方書 シールド工法・同解説2006年』¹⁾を参考に、土圧式シールド工法を除いた泥土圧式シールド工法と泥水式シールド工法の比較検討を行った。比較の結果、泥土圧式シールド工法はトロバケットによる掘削土砂搬出となることで、作業効率が低下し、泥水式よりも高価となることから、泥水式シールド工法を採用した。また、これにより小口径・長距離施工の実績がある工法となったため、3.6kmの区間に中間立坑が不要となり、コスト削減に寄与した。

3-4-3 到達立坑の削減

本工事の基本設計段階より築造中であった新杉田共同溝到達立坑について、国土交通省と協議を行い、シールド到達予定地点の壁面をあらかじめビットによる貫通が可能な材質を用いて築造していただいた。さらに、本工事シールド到達の施工

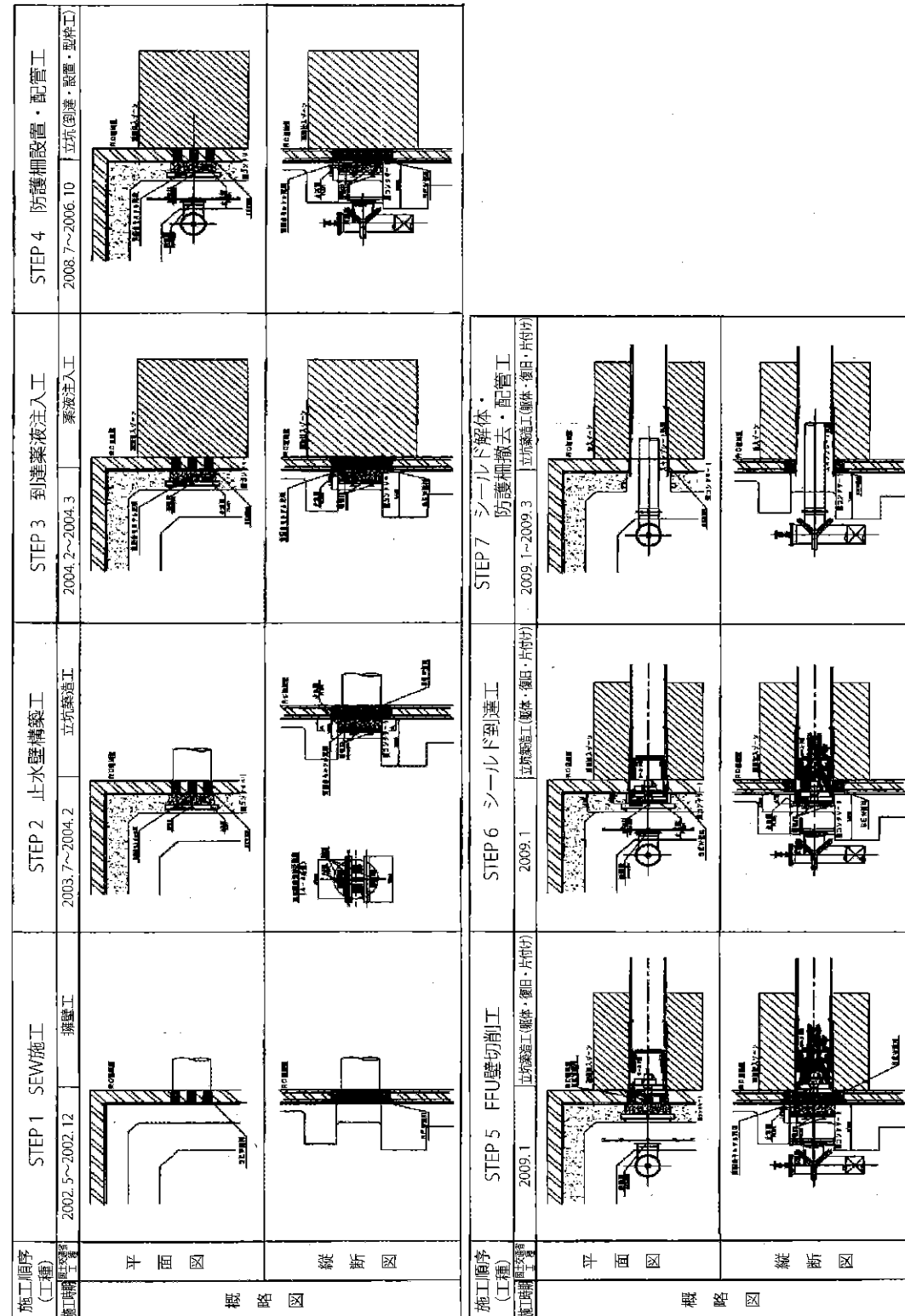


図-11 新杉田共同溝シールド到達ステップ図

ステップを詳細に調整した。調整した施工ステップを図-11に示す。これにより、新杉田共同溝への直接到達が可能となり、到達立坑を築造した場合と比べ、概算5,000万円のコスト削減に寄与した。また、本工事によるシールド到達立坑の築造が不要となったことから、交通量の多い国道357号での車線規制などがなくなり、コスト削減だけでなく周辺環境への影響も大きく減らすことができた。

3-4-4 シールド急勾配への対応

急勾配に関する法的規制としては、資機材の搬送にかかわる「労働安全衛生規則第202条」²⁾にトンネル工事で使用される軌道の勾配は、バッテリー機関車などの動力車を使用する場合、5%以下とすることが定められている。選定した布設ルートでは、最大下り4.8%の勾配となり、労働安全衛生規則に抵触はしないものの、下り急勾配区間ではバッテリー機関車などの逸走や資機材の落下に伴う労働災害、雨水進入などの危険性が高まるため、さまざまな対策により安全な施工を確保した。主な対策を下記に、逸走防止装置の詳細図を図-12に示す。

- ① 逸走防止装置の設置
- ② 連結部の離脱防止(複合連結など)
- ③ 逸走防止台車の採用
- ④ 雨水進入の防止
- ⑤ 適切な換気設備・ガス探知装置の設置

なお、急勾配線形にすることで、発進立坑深を12mまで浅くすることができ、水平線形にした場合の発進立坑深82mと比べ、概算2.1億円のコス

ト削減が可能となった。

3-4-5 土中に含まれる砒素の処分

本工事における現場での対応として、施工期間中に確認された建設発生土に含まれる砒素について紹介する。

本工事の建設発生土処分量は4,615m³であり、1,000 m³以上の処分となることから、当時の基準として公共事業で発生する建設発生土の検定基準にかかわる諸々の基準にもとづき土砂検定を行う必要があった。資料採取箇所は検定試験実施要領にもとづき2,500m²につき1か所、計4か所を実施した。その結果、発進部以外の3か所で土砂の受入れ基準値0.01mg/Lを超過する最大0.095mg/Lの砒素が検出されたため、シールド工事で発生する一次処理土と二次処理土の処分方法の変更を行うこととなった。

一次処理土は地歴から自然由来のものと判断できたため、通常の処理方法が認められたが、二次処理土については、受入れ基準値を超過した砒素が検出された時点で通常の埋立て処分は認められなかった。そこで、国土交通省の過去の実績を踏まえ、「セメント原料化」を実施することにより処分することとした。「セメント原料化」とは、発生した汚泥に対して石灰による含水率の調整や、不純物を取り除くことにより、セメントの原料となる改質粘土を採取するものである。「セメント原料化」により、工事費は約3億円の増額となったが、海洋投入を行わない処分が可能となり、大幅な遅延なく施工することができた。

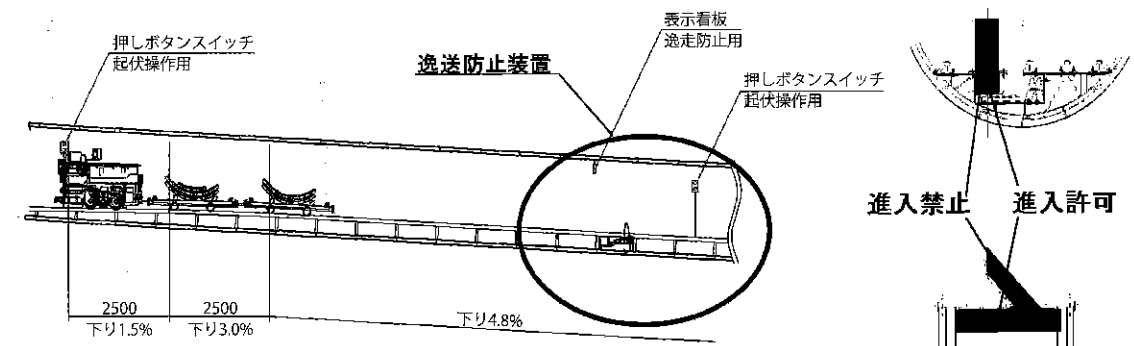


図-12 逸走防止装置詳細図

4 おわりに

本工事は横浜市水道局としては長距離施工となる3.6kmのシールド工事であったが、大きな遅延もなく、当初計画どおりピット交換をせずに無事到達することができた。これは、設計業務委託の受託者による緻密な設計や、工事の請負人による適切な施工管理により実現されたものである。

また、水道の特色ともいえるセグメント内の二次覆工(ダクトイル鉄管の引込み)においても、3.6kmに及ぶ狭隘なセグメント内で、運搬台車は急曲線部の徐行運転を徹底するなど、施工者の適切な安全管理にも敬意を表する。

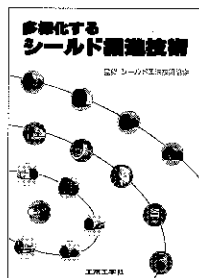
本市の最重要送・配水施設にあたる「大環状線」の整備は今回区間をもって完了することとなるが、

今後導水施設の耐震化などでより長距離・大口径の大規模なシールド・推進工事が想定されることから、新技術の開発も含めさらなる技術の発展に期待したい。

最後に、本工事は新杉田共同溝への直接到達など多くの課題を持つものであったが、国土交通省関東地方整備局をはじめ、多くの関係者様方のご協力により実現したものであることから、厚く感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 土木学会トンネル工学委員会：2006年制定 トンネル標準示方書 シールド工法・同解説、2006.7.
- 2) 労働安全衛生規則 第202条.



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・カッター・シールド工法、⑮自由断面シールド工法、⑯OHM工法、⑰H&Vシールド工法、⑱単円～三連型駅シールド工法、⑲MFシールド工法、⑳DOT工法、㉑MSD工法、㉒親子シールド工法、㉓拡張シールド工法、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



株式
会社 土木工学社

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



はじめに

1963(昭和38)年4月、鴻池組に入社以来、土木屋として50年、アツと言う間に過ぎ去りし日々、この間の大半を過ごしたトンネル屋人生として、失敗したなど印象に残っている現場の様子を思い出すまま綴ってみたいと思います。

鴻池組に入社して最初の現場配属先は、国鉄営業線・東海道本線の西端である元町駅の改良工事でした。ホームの拡張・延伸工事で、内外側複々線上の列車の姿を時刻表と視認で確認しつつ、ダイヤの合間を縫っての作業でした。電車を緊急停止させてしまう出来事もあり、1分1秒の大切さ、恐ろしさを思い知らされた現場でありました。

2年半後に配属された次の現場は神戸港摩耶埠頭連絡橋建設工事で、日本初のヤジロベ橋の両端取付け部に、桁長25m、重量50tのPC桁を50本製作し、緊張・架設する現場でした。架設には日本

ではまだ珍しかった100tトラッククレーンを検討しましたが、コスト面、回送、その他の事情により断念し、橋脚上に昔ながらの二又を建て、2基の電動ウィンチで交互に引き上げて橋脚上に載せました。50tもの重量物を引上げる眺めは壮観で、橋脚上を横移動し所定の位置に設置できたことに神技的なものを感じました。また、ウィンチマンと篤工の呼吸の合わせ方、チームワークの良さに感心したことを記憶しています。この現場ではチームワークの大切さを学びました。

トンネル屋人生最初のトンネル

入社から3年半後、いよいよ、およそ20現場に及ぶ私のトンネル屋人生の第1歩となる神戸市・六甲山隧道(裏工区)に配属されました。当社にとって2本目の2車線断面の大断面トンネルであったと記憶しています。この現場では、トンネル経験を修得させるためか、若手職員が多数配属されていまし

喜びあり
悔いはなし

竹川
(元)株 鴻池組

敏秋



工業高校の後輩となった系娘と



神戸港摩耶埠頭連絡橋建設工事

た。私もその一人ですが、のちのトンネル現場所長の大半は、この六甲山隧道の出身者でした。

配属された日に、所長から現場の説明をザッと受けたあと、すぐに切羽に着くように指示され、何もわからないまま現場へ。のちに、この所長は社内での私の親爺となられた方ですが、今から思えば人から教えるを受けより、自分の目で見て、体感して勉強しろという温かい言葉であったように思います。

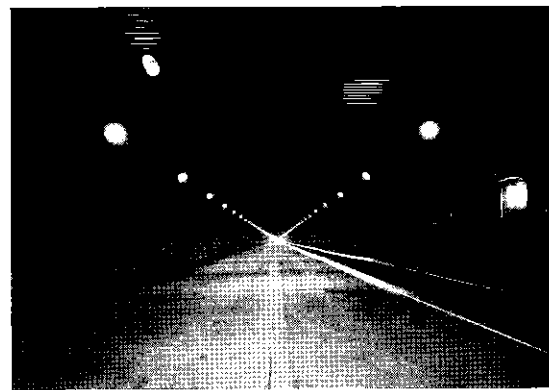
配属2日目には、坑内では

ならないしきたり・風習を知らずに破り、世話役にこっぴどく怒られるといった洗礼を受けました。この現場の所長と世話役からは、多くのトンネル現場のノウハウを学びました。この二人がおられなかったら、私のトンネル人生はなかったと思っています。

さて、現場説明に戻りますが、着任約1か月後、いつもどおり坑内を点検しながら歩いていると、切羽から200mくらい手前でターテンブルの「やっこマン」が支保工天端をじっと見ているのに出

著者略歴

1944年7月	兵庫県生まれ
1963年3月	兵庫工業高等学校卒業
1963年4月	株式会社鴻池組入社
1966年7月	六甲山隧道工事
1968年3月	山陽新幹線京見山隧道その他工事
1971年10月	山陽新幹線勝山トンネル工事
1974年1月	東北新幹線志賀湖峠トンネル工事
1984年4月	神戸市第2新神戸トンネル工事(第5工区)
1989年1月	中国横断自動車道三平山トンネル北工事
1992年10月	一般国道309号道路改良工事(水越トンネル)
1996年2月	平成7年度第5号きぬかさ山トンネル工区工事
1998年9月	北須磨工区(北)トンネル工事
2003年3月	株式会社鴻池組退職
2003年6月	株式会社金子組入社 現在に至る



神戸市・六甲山隧道(裏工区)

くわしました。「どうかしたんか？」と尋ねると、「矢板が鳴いている」と…。見ると矢板が折れ曲がり、繊維がササくれだって出ている状態で、ミシッ、ミシッと鳴いています。すぐに坑内電話で事務所へ連絡。バラセトルで二次覆工を緊急に施工することになりました。バラセトルは木製で台木は尺角、その上に角材をカスガイ、羽子板、ボルトで縫付けます。アーチ部は、コンクリートを充填しながらメタルフォームを1枚1枚積み重ねていくという方法で施工していまし

た。今から思えばなんと原始的なことをしていたのかと思います。当時、他社はすでに鋼製バラセトルを使用していたように思います。

貫通後は、二次覆工を担当。2ユニットで構成された定置式コンクリートポンプは寸法が大きく、扱いの悪い機械でした。ポンプの移動回数を少なくするため、圧送距離を相当長くしていたのですが、配管が閉塞すると大変でした。生コンも神戸市内から長時間かけて運搬してくるので、閉塞するとすぐ固まり始めました。鉄管内を清掃している間に、3m³積み型式生コン車に搭載したコンクリートも固まりだし、多いときには20台ぐらいを捨てたこともありました。閉塞した鉄管の清掃が大変で、貴重な6in鉄管を使いものにならなくなるのを防ぐため、吊下げてカケヤでたたいたり、水で洗い流したりと、苦労したものです。

六甲山隧道では換気建屋までを施工しましたが、一つ一つの工種の経験を積みあいに、いろいろな人と出会うことができ、その後のトンネル屋としての第一歩を踏み出せたように思っています。この現場を去るときに、親爺から「おまえはここで俺がやってきたことをいろいろ見てきている。しかし、それをまねするだけではだめだ。新しいことをどんどん学び、取込んでいけ」と、送り出してもらいました。

この言葉は、その後、私が現場をやっていくうえで、常に意識するテーマとなりました。

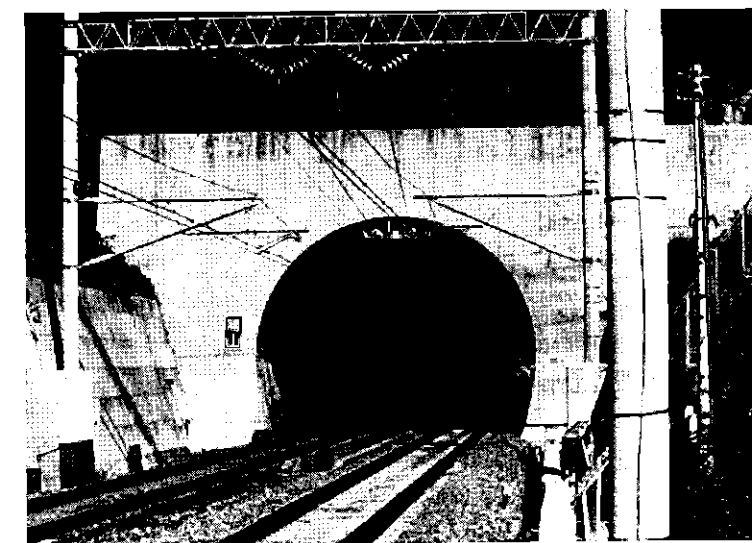
山陽新幹線のトンネルを追いかけて西へ

次に、兵庫県の山陽新幹線・京見山トンネルへ赴任。ここでも職員のトンネル経験の少なさからか、仮設計画と機械選定に大失敗をしました。まずは、ずり出しから。底設導坑は、ゲージ610mm、2.5m³積み手動転倒式ずりトコを4tバッテリーロコで牽引。上半は、ゲージ610mmの両外に1,087mのゲージでレールを布設し、その上を国鉄のワム級の貨車を改良して両開きの扉をつけた15m³積みトコを4tバッテリーロコで牽引。ずりは、坑口で極小半径で約90°転回してずりピンに投棄しました。レールの布設状態が悪く、牽引力が不足したり、坑口の回転部でずりトコが止まったりしたため、4tバッテリーロコの追加連結や、ワイヤでの牽引など大変な思いでずり出しをしたものです。ずり積み機はエア式で、底設導坑で1台、上

半部左右で2台を使用しました。コンプレッサ室を坑外に設け、6in鋼管でエアを坑内に送り込んでいましたが、断面のわりには過少な設備であったと反省しています。

京見山トンネルが終了し、広島県の山陽新幹線・第二高山トンネルへ赴任。京見山トンネルの仮設計画と機械選定で失敗したのを反省し、今回は、底設導坑はロッカーショベルRS95、6m³ずりトコ、トコ自動転倒装置、トレンローダー、等三線レール、Y型スライド、ダイヤモンドクロッシングスライドポイントで計画しました。生コン運搬と打設には6m³積みスクレークリート。機械は一新されました。

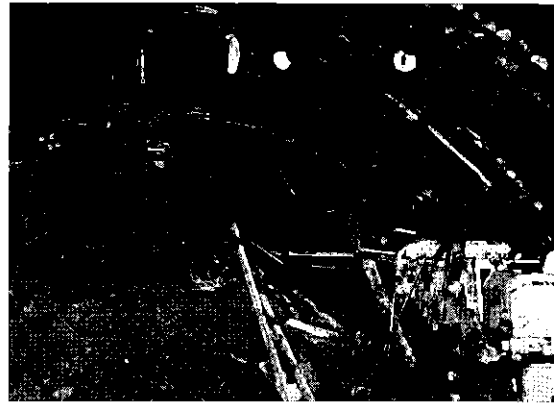
そして、次の山口県の山陽新幹線・勝山トンネルは、それまでの底設導坑先進上部半断面掘削レール工法から上部半断面掘削タイヤ工法に変化して間もないころのトンネルでした。仮設備がこれまでと全く異なる現場を経験することができました。



山陽新幹線・勝山トンネル



太子バイパス・山田トンネル



山田トンネルの変形状況

土かぶりの小さい谷部を掘る —山田トンネル—

勝山トンネルの貫通後、姫路の太子バイパス・山田トンネル取付け道路へ赴任しましたが、ここでも大変な失敗を経験しました。

山田トンネルは延長が293mで、新幹線・京見山トンネルから約200~300m離れた場所に位置しました。岩質は京見山と同じ流紋岩質凝灰岩でしたが、相当風化しており、坑口は土かぶりが小さく、最大で約30mだったと思います。坑口付けの際の上部盛土のかぶりは、すべり荷重に対抗するために普通2.5~3m程度にするものでしたが、坑口上に山道があったため1~1.5mと、かなり小さくなりました。そのことが、失敗の原因になりました。

坑口から40mほどを、切羽に「ヘソ」を残してそれを足場にしながら掘削していたところ、山道の直下で支保工が変形しはじめました。ただちに、ヘソの上に枕木と丸太でサンダルを組んで天端の沈下を防ぎ、支保工同士はH形鋼

とアングルで補強しましたが、最終的には約80cmも沈下してしまいました。支保工も逆R状態までひん曲りましたが、幸い支保工は倒れずに済みまし。

復旧するために、φ100~120の半割り丸太を用いて縫返し、支保工底盤に長さ50cmのⅢ型シートパイルを置くことで接地面積を増加させ、さらに根固めコンクリートで補強しました。この変状の原因は、在来工法の坑口付けの鉄則である上部盛土の不足でした。たまたま今回はすべり荷重ではなく、沈下に伴うクラックによってブロック化された土塊による鉛直荷重であったため、支保工の沈下だけで済みましたが、すべり荷重であればおそらく支保工は倒され、トンネルが崩壊していたことでしょう。地形や土かぶりなどに惑わされずに、坑口付けでは上部盛土のかぶりを十分に確保することが肝心と、改めて学びました。

初めての水路トンネル —磐川付け替工事—

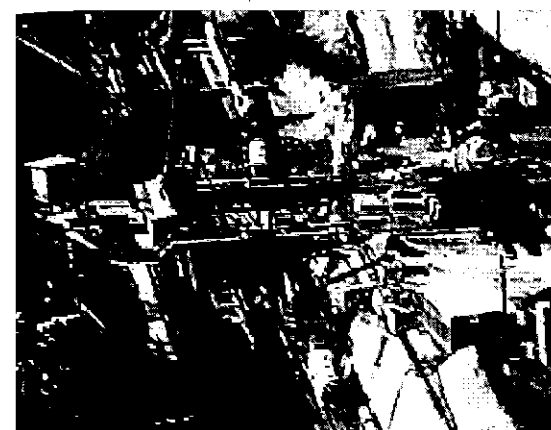
山田トンネル終了後は東北新幹

線や兵庫県のトンネルなどを経て、ついに事業場主任として現場を預かることとなりました。初めて経験する水路トンネルであり、加古川工業地帯へ工業用水を確保するための権現ダムを造るにあたり、堤体内を流れる磐川を迂回させる工事でした。地下水面より下での掘削であり、これがのちに災いするのです。

岩質は凝灰岩で、当初、トンネル掘削は比較的順調に進捗しました。

坑口から約300m掘進した時点で、急に火薬の使用量が少なくなったので、発破終了後、すり出し前に送り矢板で先受けを実施しました。ロッカーショベルRS95ですりをすくうと、その矢先が折れて突然崩落……。とっさの判断で、ジャンボ台をRS95で押付け、RS95自体を突支いとするこで、H-125支保工がカニの足のよう折れながら坑口側へズレてくるような状況下にもかかわらず、切羽の崩壊を止めることができました。

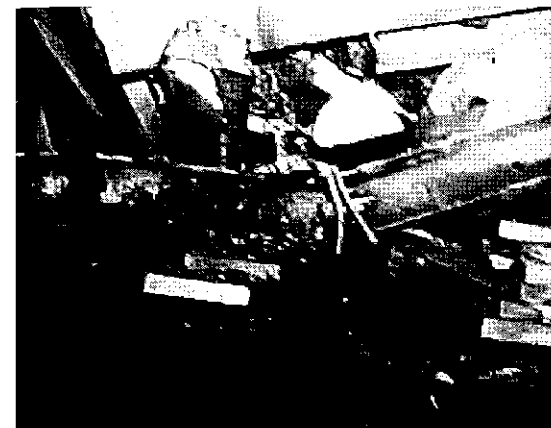
復旧は、まず、影響のなかった手前の支保工をコンクリートで仮



磐川付け替工事施工ヤード



発破状況



鋼製支保工変形状況



対策会議(若かりし日の筆者)

巻きました。その後、新しく製作したH-150支保工とⅢ型シートパイルの両側耳部を切断した鉄矢木を使って、掘削しては掘削分にヒッパラーで鉄矢木を押込むという手順で、縫直ししました。約50mの復旧に1か月を要しました。

この経験では、H-125支保工の頼りなさ、在来の矢板工法の怖さを学びました。このトンネルでは、掘削終了後、雨による出水によりトンネルが水没し、坑内から堤体に向けて行っていたボーリングと注入の作業員が、命からがら脱出するという危険な場面もありました。

黒ぼく、大山火山灰、 大山火山碎屑岩類との闘い —三平山トンネル—

米子横断道・三平山トンネルは鳥取県と岡山県に跨り、大山山麓に位置します。当社が施工した北側1,231mのうち、サイロット工法で施工した坑口から106m間では思うように掘削ができず、いろいろな補助工法を駆使して火山灰土を突破するこを経験しました。

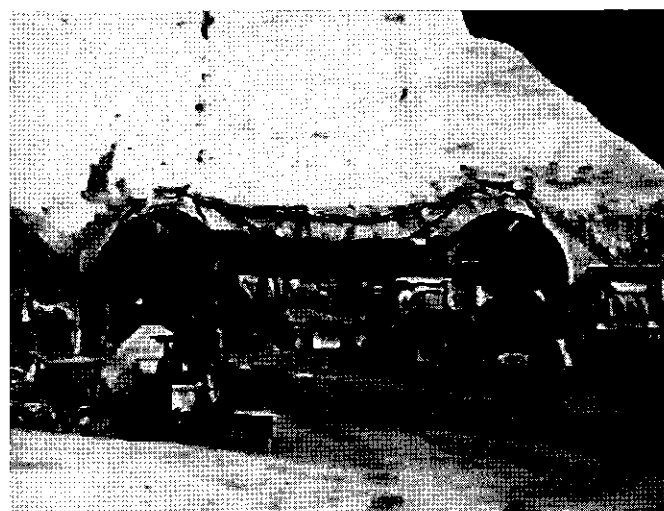
大山山麓特有の火山灰である黒ぼくは、湿潤すると泥土化し、乾燥すると表層剝離を起こす最悪な土壌です。坑口からサイロットを、

ロードヘッダC45級で掘削しましたが、滲水程度の湧水により切羽がドロドロと薄く剝離をしながら崩落し、作業をたびたび中断させるを得ませんでした。のちにわかったことですが、含水比30%の砂質凝灰岩でした。

切羽は、ロードヘッダでの掘削終了後の、支保工建込みまでの少しの時間にも毛細管現象で肌落ちを起こす状態で、いろいろな補助工法を試す必要がありました。当初、肌落ち程度であった切羽に対しては、天端への鉄矢木、鏡吹付け、鏡ボルト、水抜きパイプで対処していましたが、だんだんとこ



米子横断道・三平山トンネル



導坑坑口

れらでは対処しきれなくなりました。左右に約30mの水抜きパイプを施工したものの十分な効果が表れず、崩落時の湧水量も増えてきました。

そこで、切羽固結用にウレタン注入を天端に施工しましたが、注入時に切羽の土砂が圧密され鏡吹きで亀裂部から湧水が大量に流出するような状態でした。ウレタン注入後に掘削を再開しても、再度、切羽が崩落。切羽の状態を観察すると、ウレタンが3cmほどの厚みで垂れ下がった屏風状に割裂注入されており、切羽掘削で開放さ

れたときに未改良部分が崩落していました。

また、ウレタン注入用に穿孔したとき、穿孔穴より1~2t/分の泥水が約20分間噴出し、その流出が収まったあとウレタン注入を開始すると、今度は坑口法面、地質調査用のボーリング穴、水抜きパイプから、約30分間水が噴出しました。

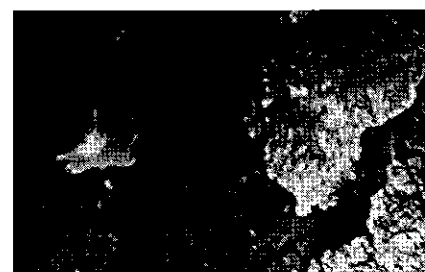
手当てをしたあと、掘削を再開すると、切羽にφ500くらいの穴が出現しましたが、支保工の建込み中にゴッゴッという音とともに30m³程度のヘドロや泥水が吹出



ウレタン注入用ボルトからの泥水噴出



導坑上部からの水噴出



坑内に出現した空洞(手に持っているのはウレタン)

しました。

鏡吹付けと鏡留めにより切羽閉塞したあと、空洞充填のためにクレサンドエアモルタル注入孔を穿孔すると、今度は600L/分の水が約30分噴出。噴出が収まったあと、ようやくクレサンドエアモルタルで空洞を充填することができました。地山には、無数の巨大な穴があり帯水していたのでしょう。

最終的に薬液注入工に踏み切り、LWで奥行き10mの切羽前方地山を改良したものの、改良帯の終端に近づくに崩落しました。そこで、切羽をLWで、その外周2mを半

懸濁型エヌタイトで改良することになりました。10mの改良に約1週間かかるので、左右のサイロットを交互に1週間サイクルで改良と掘削を行い、ようやく未固結部の掘削を終えることができました。結局、サイロットの掘削は、当初の予定1.5か月に対して8か月を要しました。

続く上部半断面は、切羽をLWで、外周2mを半懸濁型エヌタイトで、それぞれサイロットから改良しました。

補助工法として、薬液注入工法を選定することを思いつかず、薬液注入工の採用に至るまでに日数がかかったことが工程遅れの最大の原因でした。それを挽回するため、当時ではまだあまり実績のなかったコンテナ方式でずり出しを行いました。20tのミワ・キルナを使用することで、掘削サイクルをずいぶん短縮することができ、掘進速度を上げることができました。



破碎帯における坑内湧水状況

傘が必要なトンネルを掘る —水越トンネル—

水越トンネルは奈良県と大阪府に跨り、葛城山系の谷あいを通る狭小幅員と曲がりくねった国道309号水越峠直下を貫くトンネルで、当社は奈良側の1,108m区間、最大土かぶり210mを掘削しました。坑口前の仮設ヤードが狭かったため、坑口直前に新設された橋梁の横に、落差を利用したH形鋼親杭とシートパイル(横矢板)によるずり仮置場を設置しました。また、坑口上には国道309号が土かぶり約16mで交差しているため、坑口部の掘削には細心の注意を払いました。

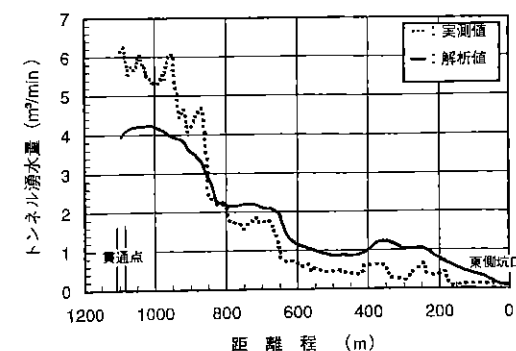
水越トンネルは、その名の通り、湧水で苦労したトンネルでした。水越峠を東に少し下がった所に「祈りの滝」と呼ばれる瀑布があります。国道を下れば葛城の地で、葛城王朝の神「いっこんじんさん」として親しまれる一言主神

社の森の脇に出ます。「祈りの滝」のある水越川流域は、その伏流水も含め葛城の土地を育んだ水なのです。滝の入口には、500mのボーリングで汲み上げた、日本の名水にも紹介されている地下水を飲むことができます。

地質は領家花崗岩類に属する石英閃緑岩であり、多くの断層破碎帯が予想されていました。地下水が豊富であるため、当時最新の技術であった比抵抗高密度探査により事前の地質調査が行われ、湧水が少なくなるようにトンネルのルートが設計されていました。

大量の湧水が予想される区間では先進ボーリングを行いながら切羽を進めた結果、切羽全面に大量の湧水が流れることはなかったものの、切羽の亀裂から最大300L/分の水が噴出しました。ボルト孔を穿孔していると、ある深度から湧水が噴き出すなど、遮水ゾーンとなっていた断層とほぼ平行にトンネルが位置していることを実感できました。

このような湧水区間では、ボルトを通常のモルタル充填式からスウェレックス・ボルトに変更していましたが、そのボルト孔から約



坑内湧水量の推移(解析値と実測値)

50L/分の湧水が噴き出すようなゾーンが数十mの幅で存在し、それが右から左へとトンネルを斜めに横断していくのが何度か経験されました。このような区間では、傘があってもびしょ濡れになるような状態でした。

比較的岩盤が良いため、湧水が多くてもトンネルが不安定になることは比較的少なかったのですが、切羽は容易に剥落しますし、一部の区間では吹付けコンクリートの剥落やひび割れ、ボルト座金の変形などの変状も発生し、補強を余儀なくされました。湧水による吹付け直後の吹付けコンクリートの剥落対策としては、高性能減水剤NT1000を使用して粘性を上げることが有効でした。また、路盤の泥濘化に起因する重機の事故や、あるいは濡れることに対する作業員の健康管理など、苦労が絶えませんでした。

設計段階における解析結果によると、むしろ大阪側の方が湧水量が多い結果になっていたのですが、大阪側の進行が遅れたことが原因で、こちら側のトンネルが先に水抜きを行う結果となり、事前の予測の約1.5倍の坑内湧水量となりました。このような亀裂に富む地山の場合には、事前に水みちを探り当てて地下水位を低下させるのは困難で、結局、切羽が到達しないと水を抜くことができませんでした。

震災復旧一有馬トンネル

兵庫県南部地震が発生した1995(平成7)年1月17日、私は腹部の

手術から退院した直後でした。このゼネコンもそうだったように、当社も翌日から現地の調査と復旧に着手しました。私は、当時住んでいた家から近かった、兵庫県の六甲山の北側に位置する神戸電鉄有馬トンネルの復旧を担当することとなりました。

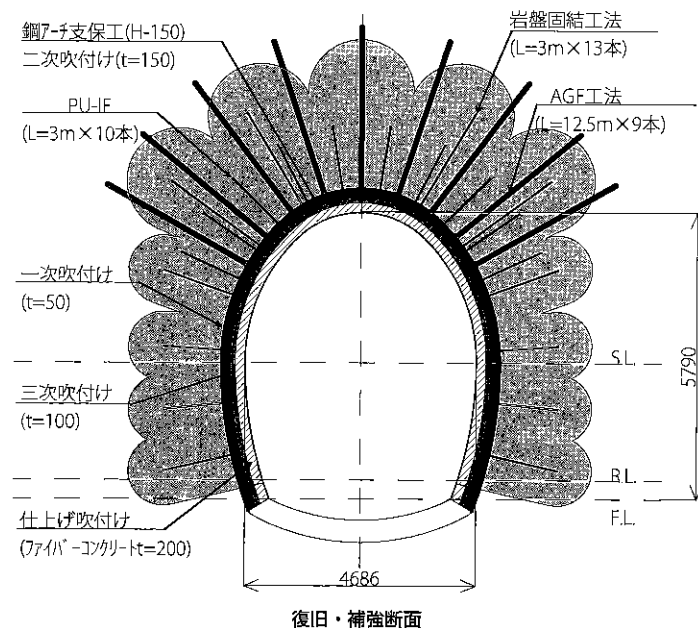
このトンネルは延長451mの単線鉄道トンネルであり、下半が現場打ちコンクリート、上半が2段積みのコンクリートブロックで構成された区間の一部に、地震の影響で、ひび割れ、目地の開き、ブロック間目地材の抜落ち、側壁・ブロックの押出しなどの損傷が生じていました。そこで、延長451mのうち3か所、計117mを昼夜の突貫工事で修復することとなりました。

近くの造成現場の事務所の一室を間借りし、トンネル屋、機電屋、技術部が一致団結して、怒濤のような約3か月間を過ごしました。

この地震を契機に携帯電話が普及したことは記憶に新しいですが、東北での震災と同様に、資機材と作業員の確保が最初の問題で、真新しい携帯電話でほうほうに電話を掛けまくりました。

復旧方法を施主と協議しながら図面化し、それと並行して、設計を具体化するための資機材を調達しました。作業員は、水越トンネルからの付合いとなった業者が、職員総出で駆けつけてくれました。人との付合いは、本当に大事にしなければならぬと、しみじみと思ったものです。

復旧方法には、半径の小さい単線断面曲線区間でのAGFの施工、長期耐久性を考慮して溶接金網の代わりに樹脂製メッシュを使用し、樹脂繊維補強高強度吹付けコンクリートで支保と仕上げを行うシングル・シェル構造の採用など、最新の技術を盛り込みました。しかし、これらを進めていくためには、ト



ンネル直上約7mに位置するホテルにご理解いただくことが不可欠であり、その挙動計測や騒音などの環境対策が復旧を進めるうえで重要なポイントとなりました。当初は、鉄道レールを利用したレール工法で計画しましたが、ずり搬出や資機材の搬入に支障が生じたため、レールの上に敷鉄板を布設してタイヤ工法に変更する必要がありました。これにより、工程も計画どおりに進捗するようになりました。

工事が進むにつれて、目標とする運行再開日が前倒しされ、最後は相当な突貫状態に陥りましたが、

無事に一番列車がトンネルを通り抜けたときには、どっと肩の力が抜ける思いでした。

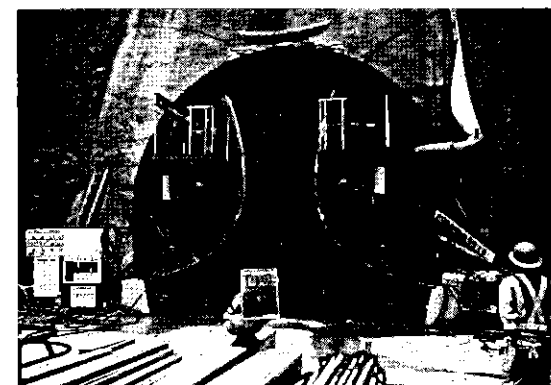
担当の工事部長が、まだ震災の影響で食料の調達が困難な状況のなかで、寝る間を惜しんで働く職員たちのために、どこからか食材を段取りしてくれ、食べることには不自由を感じないように配慮して下さったことには感謝しています。

狭小ヤードでトンネルを掘る 一北須磨トンネル

その後いくつかのトンネルを経て、現役最後のトンネルとなった

阪神高速山手線・北須磨トンネルは、当時日本で一番長いセンターピラー型メガトンネルであったと、記憶しています。私の現役としてトンネル屋人生は、神戸市内の六甲山隧道で始まり、同じく神戸市内の北須磨トンネルで終わるという、なにかの縁があるように思われ、一番印象に残った現場であります。

延長約1,100mのうち、北工区としてトンネル部380m、カルバートボックス部110m、明かり部65mの約500mの区間を約4年半かけて施工した現場です。市街地のど真ん中に位置し、一部は団地の



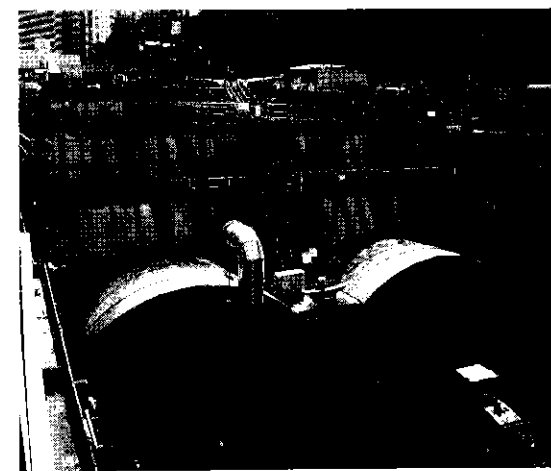
センターピラー用セントル



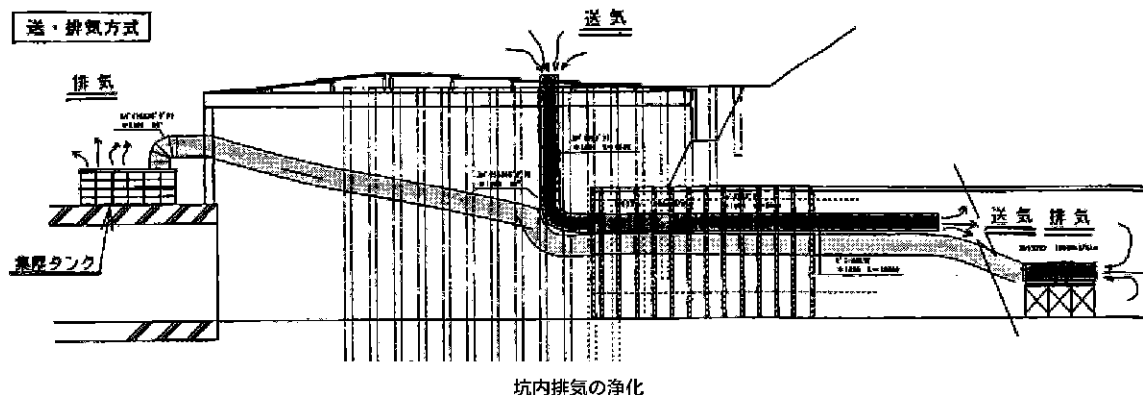
割岩工法



現場俯瞰写真



坑口部(立坑)



直下を10~30mのかぶりでも通過する機械掘削のトンネルで、施工や環境面で非常に苦労しました。

とくに大きな制約となったのが、カルバートの底盤コンクリートの4週強度が出てからでないとトンネル掘削機械を搬入できないこと、南工区が打設完了後に貫通点から北坑口までを当社が施工するセンターピラーで使用するスライドフォームが南北両工区で1基しかなかったこと、用地内に営業中の飲食店があること、でした。できるだけトンネル掘削の工程を縮めるようにとの指示があったため、試行錯誤が必要でした。

まず、センターピラー用スライドフォームをもう1基製作し、坑口から貫通点へセンターピラーを打設しました。ピラーコンクリートの強度発現後に、上り線上半の掘削を開始し、さらにセンターピラーの完成後には、下り線の掘削も並行して開始しました。

開削トンネル区間を通行できない条件下で、このような並行作業を実現するためには、開削トンネルの掘削終了後に片側のトンネルで使用する重機を立坑内に仮置きし、狭小な立坑からのずりや資機

材の搬入搬出を行う必要がありました。幸い、トンネル上にヤードを確保できたので、160tクローラークレーンを設置し、資機材の揚重のみならず、キブルによるずり搬出、吹付け機など施工機械のサイクルごとの出し入れを行いました。また、資材の搬入が輻輳しないように、センターピラーの鉄筋は全数量を事前に坑内へ搬入しておくなどの工夫をしました。

掘削にはC-200級ロードヘッダを使用しました。市街地であるため、環境対策にはとくに気を使い、立坑全体を防音ハウスで囲い、その換気用に防音型吸入口を2基取り付けました。一方、排気は20m³水槽内に設けた除塵用のシャワーを通し、さらに排気口でフィルタを通過させ放出しました。騒音対策には防音扉を2基追加しました。

貫通点の70m手前から一軸圧縮強度2,300~2,700kgf/cm²程度の花崗岩の硬岩が出現し、ロードヘッダでは歯がたたなくなりました。環境面から発破は使えないので、割岩工法の採用を決めました。φ114mm、L=1.5mの穿孔穴を1断面250~300個程度を二方で穿孔したあと、1次掘削は油圧クサビ型

割岩機ピッカを用いて割岩、2次掘削はロードヘッダで掘削することとしました。

当現場にはセンターピラー坑という自由面が足元にあり、割岩は比較的安易でしたが、それでも掘進は平均50~60cm/日でした。余談ですが、割岩工法は長時間にわたり同じ作業を続けるため、精神的疲労が大きかったように思われます。私もよく作業員と一緒にいて、精神的疲労をとともに味わったものです。

割岩区間の直上には団地があったため、穿孔時や割岩時の騒音と振動を軽減するために、外周部にDPS工法でスリット孔を穿孔するなどいろいろな補助工法を併用することとなりました。これらの補助工法の効果もあり、工期も短縮でき、無事に当工事を終了することができました。

独り言

今までのトンネル屋人生において体験したことを私なりに解釈して、独り言で述べてみたいと思います。

■切羽の把握

昨今、現場配属される職員数が

少なくなり、さらに内業の増加により、切羽を見ている時間が減少しているように思われます。異常時の判断・決断するためには、切羽を熟知することが一番の近道です。時間があれば切羽、とくに切羽手前から50mくらいまでは入念に目視しましょう。

■坑内は極力歩く

時代錯誤ではないですが、坑内は車ではなく徒歩で自分で決めた通行路を自分なりの尺度を設けて、目視しながら歩行しましょう。矢板工法に比べ、NATMは異常の発生が少ないですが、異常は早期発見・対策が大切です。

■場内の整備を常にしておく

きれいに整備されている現場では事故は起こりにくいものです。きれいであれば、異常も早期に発見できるから……。

■仮設計画・機械選定は入念に

仕事は「段取り七分」と申しますが、私は完全な仮設計画と機械選定ができていればトンネルは、掘削開始前から80%はできあがったと思っています。とくに機械はいったん搬入してしまえば入換え

の決断をするのが非常に難しく、掘削作業に影響を与えます。作業開始前に仮設計画と機械選定に最大限時間を費やして、考え得る最高のものを作成しましょう。

■崩落の復旧は時間を置き、対策を練ってから

崩落箇所の山はまだ動いている可能性があります。復旧時の二次災害などを防ぐためにも、山が落ち着くのを待ち、対策をよく練ってから、あと処理を行いましょう。

■地形状況をよく把握する

現在は、衛星写真や航空写真が発達して、これらの写真から地形の詳細が判断できるようになっています。しかし、トンネルセンター上を地表踏査できる状況であれば、自分の目で地形や地表の状態を確認するのも大切。昔、当社におられた怪物重役は、現場が始まると所長以下若手職員をも引き連れてセンターを歩かれたものです。地表状態をよく把握しておくようにとの、怪物重役の教えです。

■同じような山でも少し離れば同じ切羽はない

岩質や地形が似通った場所でも、

切羽に同じものはありません。毎日が切羽へ対しての見極めの連続。挑戦は続く……。

■同じことのくり返しをしていれば進歩はない

何か一つでも新しいこと、新しいものに挑戦せよ！

■失敗することを恐れずに

失敗は良き経験。二度と同じ失敗をしないように原因を突き止め、今後へ生かそう。

おわりに

今まで約50年間、トンネル屋人生を続けてこられたのも、今は亡き大先輩、世話役、同僚、協力業者の方々が居られたからこそ、感謝しております。

今まで、喜びあり、苦もあり。苦の方が多かったように思われますが、貫通式の祝い酒は、日ごろお酒を飲まない私でも最高に美酒！！

さあ！ 次のトンネルへ

行こか~~~~~！！

今後も体の続く限り切羽と対話していきたいと思います。

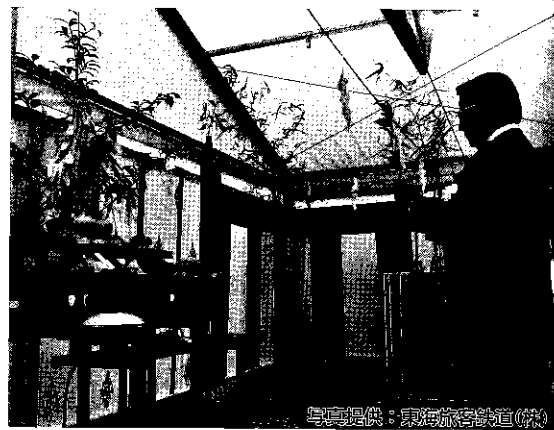
「感謝」

トンネルジャーナル

リニア中央新幹線が着工 品川・名古屋駅で工事安全祈願

JR東海は、昨年12月17日、超伝導リニアによる中央新幹線の準備工事に、品川駅、名古屋駅の両駅において着手した。これにあたり両駅では式典が催され、事業関係者らが全線での工事の安全を祈願した。式典でJR東海の柘植康英社長は「今後10年以上にわたる工事で、幾多の困難もあるだろうが、工事を安全に進め、環境保全を大事にし、地域との連携を十分にとって進めていきたい」とあいさつした。昨年10月17日に国土交通大臣から工事実施計画の認可下りたことで今回の着工に至った。約5.5兆円の総工事費を見込み、2027年の完成をめざす。(本誌Vol.45, No.7, pp.51-59参照)

同社では、東京・大阪間を結ぶ超伝導リニアによる中央新幹線計画を全国新幹線鉄道整備法にもとづいて進めている。現在この役割を担っている東海道新幹線が、昨年10月に開業50年を迎えたことから、将来の経年劣化や大規模災害に対する抜本的な備える必要がある。そこで、その代替となるリニア中央新幹線について、まず東京・名古屋市間において自己負担を前提に早期に実現し、東海道新幹線と一体的に経営していくこととしている。

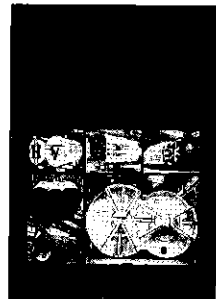


計画路線延長約286kmのうち、トンネル部が約246kmと約86%を占める。このうち、都市トンネルは、品川駅を始点とする約37kmと、名古屋駅を終点とする約34kmの区間などが計画されている。山岳トンネルは総延長が約175kmにのぼる。南アルプスを貫通する延長約25km、最大土かぶり約1,400mのトンネルや、中央アルプスを貫く延長約23km、最大土かぶり約600mのトンネルなどが計画されている。

シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会編 代表 鈴木 章

B5判 285頁 本体価格4,660円 円350円



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

株式会社 **土木工学社**

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

計画

西武新宿線中井～野方駅間の地下化による連続立体交差に着手

西武鉄道(株)鉄道本部工務部連続立体交差化事務所所長 遠藤 賢一

西武鉄道(株)鉄道本部工務部連続立体交差化事務所副所長 沼澤 憲二郎

西武鉄道(株)鉄道本部工務部連続立体交差化事務所所員 吉岡 賢治

1 はじめに

西武鉄道は、東京都・埼玉県の北西部を中心に全長176.6kmの営業運転を行っており、池袋線と新宿線を主とする全13路線、全92駅を有する。おもに池袋・新宿の副都心と所沢・川越などの埼玉県南西部をつなぐ通勤路線として、また、秩父方面への観光手段として、年間約6.3億人のお客さまにご利用をいただいている。

西武鉄道線では、2013年3月から池袋線・西武有楽町線が東京メトロ副都心線を経由して東急東横線、横浜高速鉄道みなとみらい線との相互直通運転を開始した。これにより、埼玉県南西部の飯能方面から東京都心部を通り、横浜方面に至る広域鉄道ネットワークが形成され、お客さまの利便性が向上した。

西武鉄道は「でかける人を、ほほえむ人へ」のスローガンのもと、「安心・安全」を最優先に、より快適なサービスを提供し、人にやさしい鉄道を目指し事業展開を行っている。

現在、路線内には合計345か所の踏切があり、安全運行・定時運行の妨げとなる大きな要因となっている。とくに朝間ラッシュの1時間あたり最大で40分以上閉まっている、いわゆる「開

かずの踏切」が都心部に集中しており、運転保安上の問題のほかに、踏切による交通渋滞が大きな社会問題となっている。

このような踏切問題の抜本的解消を図るため、池袋線では、東京都および地元自治体と協力しながら、鉄道を高架化して踏切を一挙に解消する連続立体交差事業を、1984年より順次進めてきており、現在、石神井公園駅付近の連続立体交差事業を実施している。また、新宿線においては2013年に新宿線中井～野方駅間連続立体交差事業と東村山駅付近連続立体交差事業がそれぞれ事業化となり、新宿線の連続立体交差事業も進めている(図-1)。

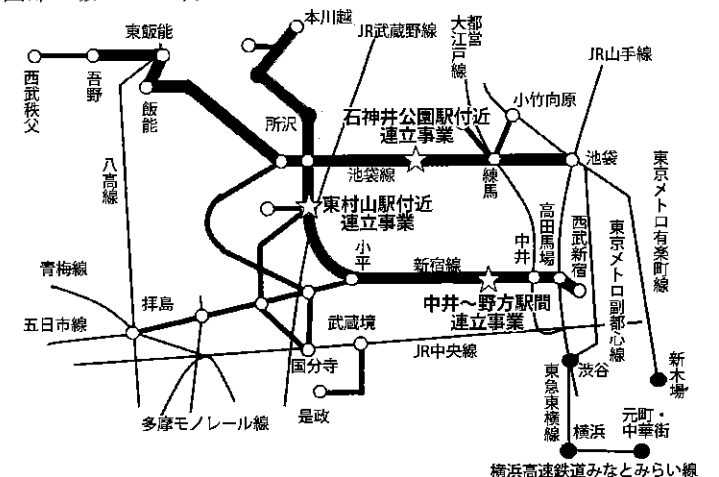


図-1 連立事業実施箇所

本稿では、西武鉄道が進めている連続立体交差事業のうち、2014年1月より工事着手した新宿線中井～野方駅間連続立体交差事業の概要について報告する。

2 事業概要

新宿線中井～野方駅間連続立体交差事業は、2008年に国土交通省の新規着工準備箇所として採択をうけ、その後、都市計画素案説明会(2009年)、都市計画案および環境影響評価書案説明会(2010年)を実施し、2011年に都市計画決定された。2013年に都市計画事業認可を取得し、同年に工事説明会を開催したのち、本年1月より工事着手し

ている。

2-1 地下化事業概要(図-2, 3)

- ① 事業区間：中井駅付近～野方駅付近，延長約2.4km
- ② 駅施設
新井薬師前駅：1面2線ホーム，延長170m(8両対応)
沼袋駅：2面4線ホーム，延長170m(8両対応)
各駅：エレベータ・エスカレータ設置
- ③ 踏切立体化：7か所
- ④ 交差する都市計画道路：3か所(補助220号線，補助26号線，中野区画街路第4号線)

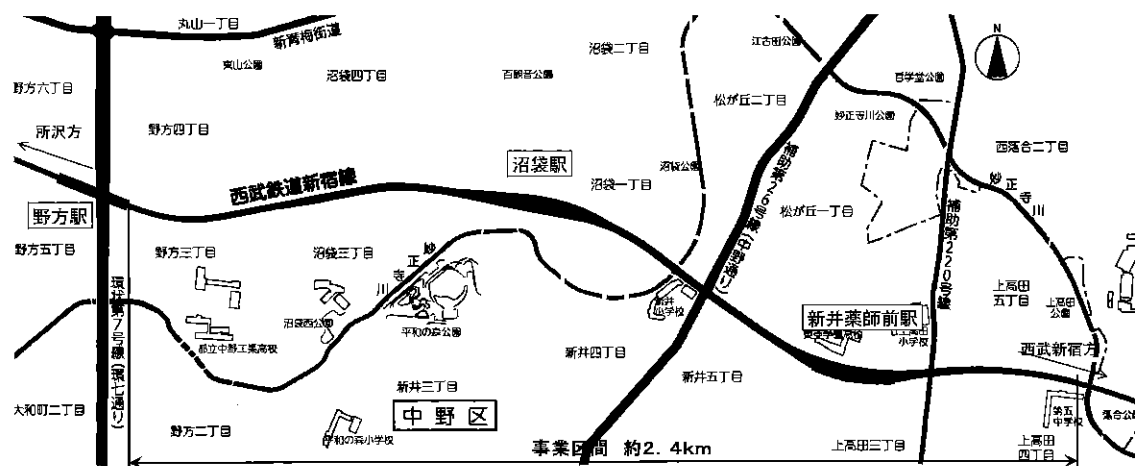


図-2 中井～野方連立平面略図

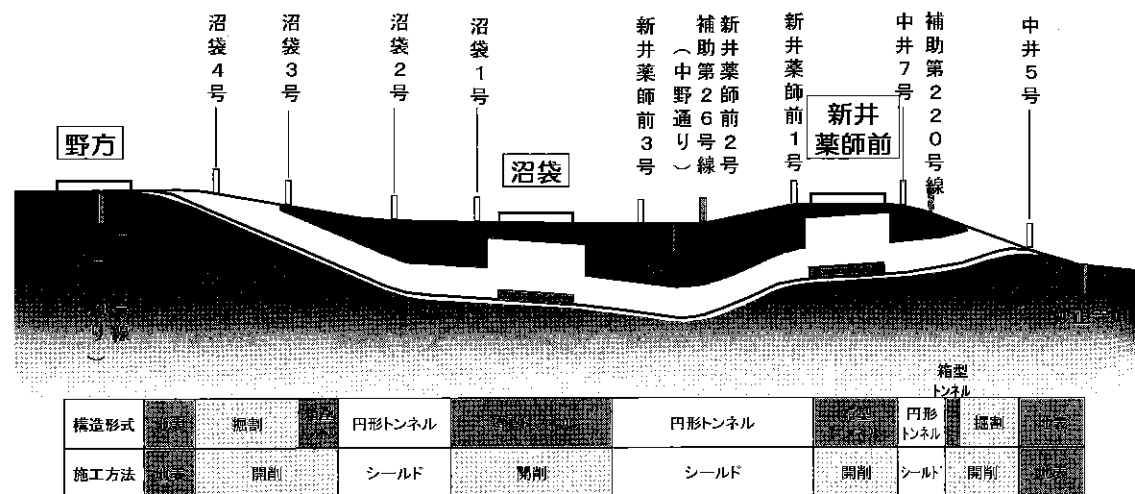


図-3 中井～野方連立縦断略図

2-2 事業効果

(1) 交通の円滑化

補助第26号線(新井薬師前第2号踏切)をはじめとする幹線道路や通学路などの7か所の踏切がなくなり、踏切での交通渋滞が解消される。

(2) 安全性の向上

踏切事故がなくなり、道路と鉄道それぞれの安全性が向上する。

(3) 地域の発展

これまで鉄道により分断されていた沿線地域の一体化が図られ、新たな魅力あるまちづくりが推進される。

(4) 利便性の向上

エレベータやエスカレータを設置することで、駅がバリアフリー化され、だれもが快適に利用できるようになる。

3 周辺状況

3-1 概要

新宿線は西武新宿と本川越を結ぶ主要な鉄道であり、中野区を東西に横断している。本事業で地下駅になる新井薬師前駅、沼袋駅は、中野区の東側、新宿より約6kmに位置し、それぞれ1日約22,600人、約19,700人の乗降客がある。

また、中井～野方駅間には、狭隘道路の存在や建物の密集などがあり、工事に伴う施工ヤードの確保が難しい状況にある。周辺の主要な道路としては、南北方向に環状第6号線(山手通り)と環状

第7号線(環七通り)、東西方向に補助第76号線(新青梅街道)と補助第74号線(早稲田通り)があるが、全体的に南北方向の道路が少ない。

3-2 地形について

中井駅～野方駅間は起伏があり、中井駅から新井薬師前駅へ向けてはかなりの上り勾配(13.7%)となっている。新井薬師前駅～沼袋駅間はおおむね平坦であるが、沼袋駅～野方駅間は上り勾配(平均勾配6.6%程度)となっている。

この区間には妙正寺川が流れており、沼袋駅～新井薬師前駅間と新井薬師前駅～中井駅間の西武新宿方も含めて2か所で鉄道と交差している。

3-3 地質について(図-4)

本事業区間は、武蔵野段丘にあり洪積台地を開析した妙正寺川に沿って沖積低地となる。台地は表層部に関東ローム(Lm)が覆い、下位には旧多摩川により堆積した洪積粘性土(Dc)と段丘砂礫層(Dg)があり、全体に締まりの良い地層で構成されている。沖積低地となる沼袋駅周辺は、台地を浸食した「オボレ谷地形」となっている。地表部に、粘性土(Ac)と砂質(As)が互層となった軟弱な地盤で、地下水の集中しやすい範囲となっている。

4 線形について

事業範囲のうち、中井方の妙正寺川から野方方の環状7号線間で最適な線形を決定するにあたっては、多くの条件が存在した。中井駅～野方駅間

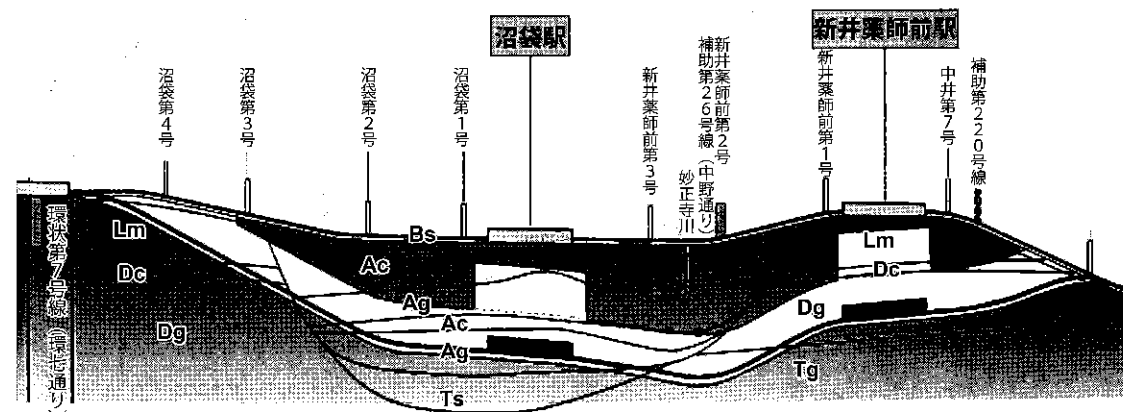


図-4 地質縦断図



図5 平面線形

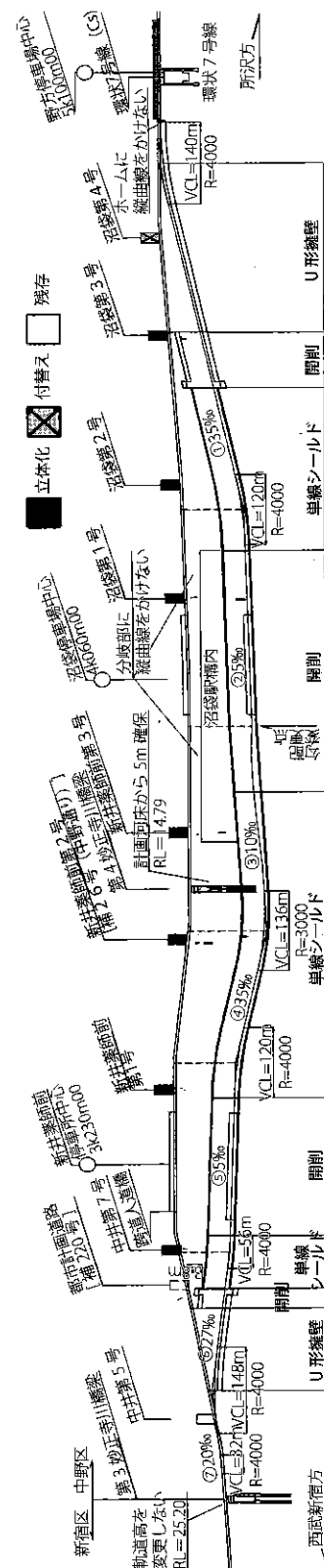


図6 縦断線形

における狭隘道路の存在や建物の密集などにより民地が鉄道用地と非常に近接しているほか、新井薬師前駅での線形改良、中間部における妙正寺川との交差など、といった条件のなかで、どのように線形を決定したかを、次項で簡単に示す。

4-1 平面線形について(図-5)

平面線形については、下記のような条件を基本として線形を決定した。

- ① 地下化による用地買収が最小限になるよう現鉄道敷地内で計画。
- ② 新井薬師駅の現状線形は $R=300\text{m}$ と急曲線ホームとなっており、安全性向上のため $R=500\text{m}$ に改良。
- ③ 沼袋駅は、現状、2面4線の相対式ホームで、優等列車が中線2線の追越し駅であるが、緊急時に臨時停車できるようにするために、2面4線の島式ホームとする。
- ④ 駅間のランニングトンネルとなる単線シールドの離隔は実績を踏まえた最小限とする。
- ⑤ 妙正寺川に架かる道路橋に支障しない。

4-2 縦断線形について(図-6)

縦断線形については、下記のようなコントロールポイントを考慮して線形を決定した。

- ① 中井方および野方方の地下へのアプローチ部は、既設縦断線との取付け位置を考慮し最急勾配(35%)以内とする。
- ② 沼袋駅は現位置とし、両

駅は土かぶりを最小限に確保して駅部における最急勾配の5%とする。

③ 第四妙正寺川橋梁の計画河床からシールド上端の離隔を5m確保する。

④ 駅間と取付け部までのランニングトンネルをシールドで施工し、再深部となる箇所では中間ポンプ室を計画する。

以上のポイントを考慮して、最適な設計とした。

5 施工概要

本事業では、中井駅～野方駅間の約2.4kmを、5つの工区に分けて工事を進めている。各工区の施工範囲・構造形式・施工方法を表-1に示す。シールド工区となる5工区は上下線2本の単線トンネルを施工する。

5-1 開削区間

取付け部および駅部は、一般的な開削工法で施工する。土留め壁柱列式地下連続壁(SMW)を上下線側に打設していく。本体構造物の構築が、営業線直下での作業となるため、工事桁で列車を仮受けする。その後、掘削、躯体構築の順番で施工を行う。

表-1 施工範囲・構造形式・施工方法

工区	施工範囲	延長	施工方法	構造	形式
1工区	西武新宿方取付け部	332m	開削工法	U形・箱形	(箱)1層2径間
	新井薬師前駅部	224m	開削工法	箱形トンネル	2層3径間
2工区	沼袋駅部起点側	166m	開削工法	箱形トンネル	2層6径間
3工区	沼袋駅部終点側	243m	開削工法	箱形トンネル	2層6径間
4工区	所沢方取付け部	487m	開削工法	U形・箱形	(箱)1層2径間
5工区	取付け部・駅間	902m	シールド工法	単線円形トンネル2本	

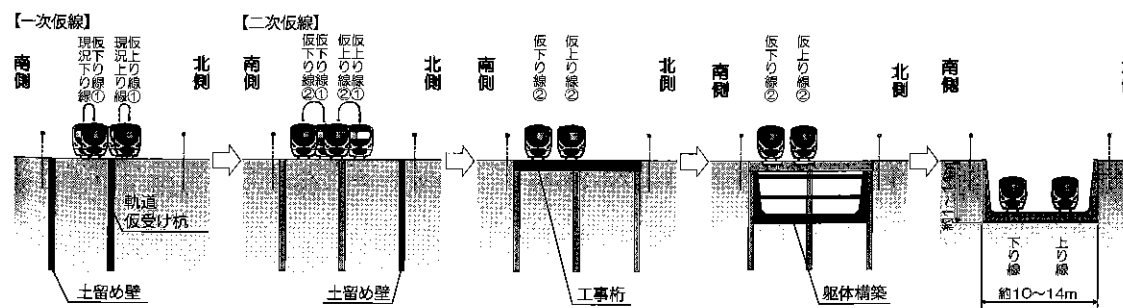


図7 施工順序(取付け部)

開削区間における工事桁の連数は、約360連($L=6\sim15m$)、掘削土量は約380,000 m^3 で計画している。

5-1-1 取付け部(図-7)

西武新宿方と所沢方の取付け部区間は約1.0kmである。地下本体構造物の構造形式は、自立式擁壁・U形擁壁・箱形ボックスカルバートで形成される。営業線に近接しており、施工スペースが限られているため、夜間での作業が基本となるため、作業効率が悪くなってしまう。そのため、夜間作業の軽減を図るために、現況線を移設して仮線化することで、昼間作業が可能な施工スペースを確保する計画である。

施工順序は、まず、線路を北側に移設する(一次仮線)。そして、仮線により空いた南側のスペースで土留め壁を打設する。あわせて、工事桁の支持杭を打設する。

南側の土留め壁が打設完了後、線路を南側に移設し、北側に施工スペースを確保する(二次仮線)。二次仮線後、一次仮線時と同様に、空いた北側のスペースで土留め壁を打設する。あわせて、工事

桁の支持杭を打設する。

その後、軌道内に工事桁を架設し、工事桁下で掘削を行い、躯体の構築を行う。工事桁の架設は、西武新宿方と所沢方の取付け部とともに、クレーンによる架設を計画している。

最終段階の地下化切替えについては、西武新宿方取付け部は、油圧ジャッキを使用して、地下部分の建築限界に支障になる箇所の工事桁を、ジャッキのアップ・ダウンにより撤去し、一晩で地下に切替える計画である。

なお、所沢方の地下化切替えについては、並行道路を利用して、側道部からクレーンによる工事桁の撤去を行い、地下に切替える計画である。

5-1-2 新井薬師前駅部(図-8)

前述したように、線形を改良するため多くの用地を確保する必要がある。現在、地権者との交渉を進めている。用地買収が完了後、工事に支障する北側駅舎・跨線橋・跨線人道橋・上りホーム(一部)の仮移設を行う。

仮移設したのち、北側の用地買収が完了した土地に土留め壁の打設を行う。土留め壁の打設後、

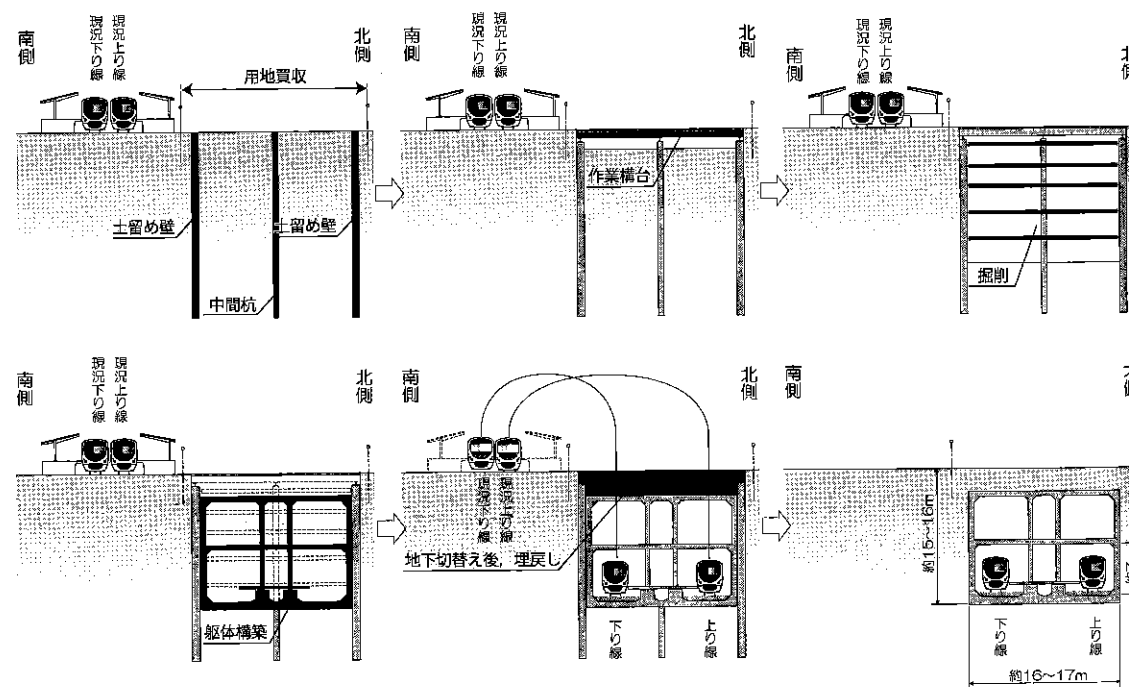


図-8 施工順序(新井薬師前駅部)

地上部のお客さまの動線を確保するために作業構台を設置し、地下構造物構築のために掘削を行う。

新井薬師前駅は、後述するシールド工の立坑としても利用するため、その工程に合わせて掘削を進める必要がある。掘削後は、シールドを通過させてから躯体構築を行う。地下駅完成時は、地下1階を改札・コンコース・機械室など、地下2階をホーム階とする計画である。

5-1-3 沼袋駅部(図-9)

沼袋駅部は、取付け部と同様に施工スペースが限られているため、昼間作業だけでなく、夜間作業も必要となる。夜間作業の軽減を図るために、工事中は現在の2面4線から2面3線に配線変更する計画である。2面3線化することで、確保できた1線分のスペースに仮設ホームを設置し、さらに南側の空いたスペースに、昼間施工で土留め壁の打設を行い、掘削を行う。

北側については、用地買収完了後、土留め壁を打設し、地上部に作業構台を架け掘削を進めていく。線路内は、取付け部同様、工事桁を架設し掘削をしていく。

また、掘削を進めるうえで、地上にある現在の駅施設が支障してくる。そのため、仮駅舎化し、工事用車両の搬入路や、工事中の旅客動線の確保を行ったうえで工事を進める計画である。

地下駅完成時は、地下1階を改札・コンコース・機械室など、地下2階をホーム階として供用開始する計画である。

5-2 シールド区間

シールド区間は西武新宿方取付け部～新井薬師前駅間、新井薬師前駅～沼袋駅間、沼袋駅～所沢方取付け部間の約900mで、単線シールド(ϕ 約7.0m)により掘進する。

シールドは、泥土圧式とし上下線別に2台使用し、それぞれ西武新宿方より発進させ、床付け掘削が完了した新井薬師前駅部と沼袋駅部を通過させて、所沢方の到達立坑に向けて掘進する計画である。

まず、西武新宿側立坑より上り線(1号機)を先行して発進させる。1号機が新井薬師前駅へ到達後、下り線(2号機)を西武新宿側立坑より発進させる。なお、2号機分の掘進に伴う排土や、掘進

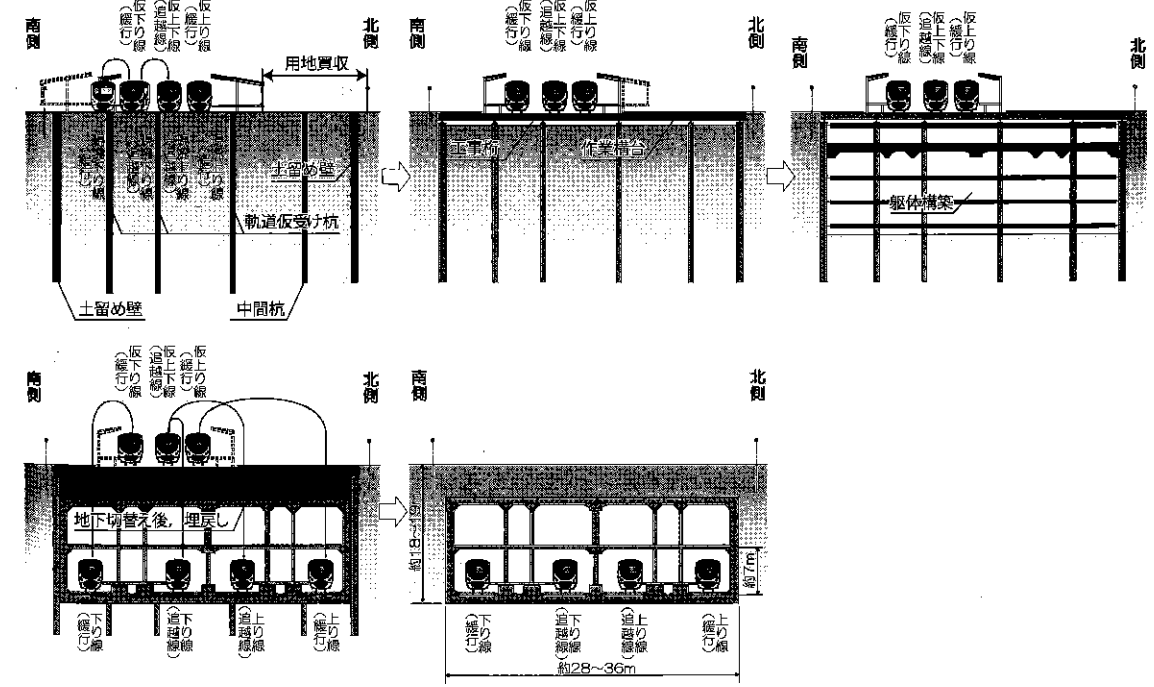


図-9 施工順序(沼袋駅部)

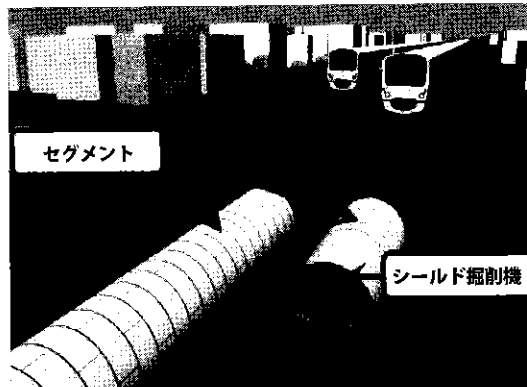


図-10 シールド施工イメージ

に用いる資材投入(セグメントなど)が、1か所の立坑ではまかないきれないため、1号機の排土および資材投入は、新井薬師前駅部から再発進する時点で、新井薬師前駅に1号機分の立坑を1か所設置する。

また、新井薬師前駅部と沼袋駅部の開削区間については、シールドを通過させるため、シールドが到達するまえに掘削を終えておく必要がある。さらに、シールド区間は、最小土かぶり約3m(0.4D)までを施工することで計画している。シールドの掘進は、昼夜施工で計画している。

新井薬師前駅と沼袋駅の間部には、妙正寺川が位置している。妙正寺川と在来線の交差部である第四妙正寺川橋梁は、橋台が杭基礎で鉄道荷重を支持している。この基礎杭が、シールドの掘進に支障する。

前述したが、妙正寺川の計画河床から離隔5mを確保したところにシールドトンネルを通すことが、本事業の縦断線形を決定するうえでのコントロールポイントとなっている。そのため、支障する基礎杭を撤去する方法として、シールドで切削して掘進をする計画を協議していく予定である。

第四妙正寺川橋梁の基礎杭は、現況線の列車荷

重を支持しているため、切削する前に工事桁へ受替える。工事桁に受替えたのち、基礎杭の切削を行う計画である。切削に関する施工は現在計画中であり、今後、河川管理者との協議を進めていく。シールドトンネルの工事概要を下記に示す。

- ・一般部は内面平滑ボルトレス平板型RCセグメント。外径6,900mm、幅1,500mm、高さ300mm、不等6分割、最小半径400mm。
- ・妙正寺川下区間および中間ポンプ室は鋼製セグメント。幅1,200mm、高さ300mm。
- ・発進方法は直接切削壁工法。
- ・到達方法は、土留め壁撤去後隔壁内を埋戻すことによる置替え工法。
- ・1D以下の土かぶり区間は軌道防護のため簡易な桁などを計画している。
- ・妙正寺川基礎杭の撤去は実績のある特殊ビットを装着したシールドで直接掘進する。

6 おわりに

西武鉄道では、1984年に着工した池袋線を始め、これまで連続立体交差化事業に取り組んできた。大きな事故なく事業を進めてこられたのも、多くの方々のご理解、ご協力によるものである。

連続立体交差事業の完成した区間を見ると、その効果が実感でき、社会的意義を果たしていることが認識できる。ただ、事業完遂までには多くの時間を費やし、その間に地元住民の皆さま、鉄道をご利用になるお客さまには多大なご迷惑をお掛けすることとなる。

そのためにもこれまでの経験を踏まえ、今後も、「安全・安心・安定輸送」を最優先に工事を進め、地域・社会の発展に貢献するためにも早期に事業を完成させられるよう、尽力していきたい。

研究

FRP製トンネル内巻き工によるRC覆工の劣化対策

—実物大模擬トンネルによる開発と山陽新幹線への適用—

西日本旅客鉄道(株)構造技術室担当室長 長瀬 山一

西日本旅客鉄道(株)福知山支社施設部長代理 小川 正一

1 はじめに

2015(平成27)年3月に山陽新幹線の博多開業40周年を迎えるにあたって、これまでの取組みの振り返りを行っている。本稿はこの中から、鉄筋コンクリート覆工の劣化対策を取りまとめたものである。

山陽新幹線のトンネルの総延長は約280.5km(142トンネル)であり、トンネルの大部分は無筋コンクリート覆工(以下「無筋覆工」という)である。土かぶりの小さい区間や開削区間、あるいは地質不良区間には鉄筋コンクリート覆工(以下「RC覆工」という)が用いられており、この総延長は約16.8km(125トンネル)である。

山陽新幹線では、1999(平成11)年の福岡トンネルにおけるコンクリート剥落事故後のトンネル安全総点検において、徹底的な点検と対策を実施し、その後も継続的に剥落対策を行ってきた。剥落原因については、運輸省(当時)に設置された「トンネル安全問題検討会(委員長：足立紀尚・京都大学教授)」において、コールドジョイント下部に形成された初成的なひび割れが経年とともに進展し、最終的に列車振動などがトリガーとなって剥落に至ったことが明らかにされるとともに、健全な覆工コンクリートにおいては列車振動や空気圧変動は新たなひび割れを発生させる大きさではないことが示された。したがって、覆工コンクリート

からのコンクリート片の剥落は、無筋覆工においてはジャンカやコールドジョイントなど大部分を占めている施工時の初期欠陥による浮き部分を叩き落すことによって、剥落のリスクの大部分を抑止できる。しかし、RC覆工における浮きの発生は、コンクリートの中酸化などによる鉄筋の腐食が主な原因であるため、将来にわたり進行が続くと想定され、剥落のリスクも無筋覆工に比較して高い。

RC覆工については、浮き箇所のコンクリートを叩き落した周辺部に、その後、劣化が広がって、新たな変状につながる懸念されるため、部分的なシート工や樹脂塗布を実施してきた。繊維シートは、施工後の覆工表面の観察が困難になることから、現在は、施工後も覆工表面が観察できる繊維入りの樹脂を塗布しているが、これらの材料にも経年劣化のおそれがある。

このため、抜本対策として、繊維強化プラスチック製の内巻き工(以下「FRP内巻き工」という)を開発することとした。おおむね3年間の調査、解析、試験などにより、新たに開発したFRP内巻き工について一定の成果を得て実施に至ったので、この開発概要について述べる。

2 RC覆工の変状原因と維持管理

2-1 RC覆工の管理方法

検査の強化や対策工事を行う管理基準を2007

(平成19)年度に設けた。叩き落し箇所および異音箇所の合計面積をRC覆工区間の延長で除したものを「変状率」と定義し、トンネル単位で変状率を算定した。表-1に示すように変状率の値によって3つのレベルに区分し、これに応じた管理を行っている。

2-2 変状原因の調査

トンネル安全総点検により、覆工面積に対する叩き落した面積の比率は、無筋覆工の0.03%に対してRC覆工では0.13%と高いことがわかっていく。トンネル安全総点検よりおおむね10年を経過し、抜本対策の開発にあたって、改めて、鉄筋のかぶりと中性化深さなどの測定を行った。また、変状率の大きな樋口山トンネルに対しては開削区間の埋戻し時の数値解析、変状部位の分析などを行った。ここでは鉄筋のかぶりと中性化深さなどの調査結果について述べる。

2-2-1 調査箇所

変状率の大きなRC覆工区間を含む13トンネルにおいて、覆工のスプリングラインより上方のアーチ部でコアを採取し、中性化深さと、中性化した部分を除くその奥30mm間の塩化物イオン量を測定した。うち6トンネルに対しては表面から85～115mm間の深部の塩化物イオン量の測定も行った。また、コア採取した近傍において叩き落し部のかぶりコンクリートの厚さを測定した。

2-2-2 調査結果

図-1に示すように深部を調査した6トンネルにおいて、塩化物イオン濃度は『2001年制定 コンクリート標準示方書(維持管理編)』(土木学会)の腐食発生限界である $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 以上となっている。図-2に示す中性化深さと設計かぶりは位置が対応していない箇所もあるが、中性化深さが設計かぶりを上回っているのは13トンネルの一部である。

図-3に示すように変状率の大きい樋口山トンネルにおいては中性化深さが平均値23mmとなっており、設計かぶり60mmに対し、劣化部のかぶりが平均26mmとなっている。このことから、樋口山トンネルのRC覆工の劣化原因は、中性化およびコンクリート中の塩化物イオンの影響に加えて、かぶ

り不足が最大の要因と考えられる。

以上の結果より、今後の中性化の進行とともにかぶりコンクリートの浮きが進行するおそれがあると言える。

表-1 RC覆工の管理区分

変状率(m^2/m)	0.1未満	0.1～0.5	0.5以上
延長(m)	15,271	790	726
方針	通常の管理	検査を強化	対策を順次実施
具体策	通常の検査	随時検査・個別検査	剝落対策工事

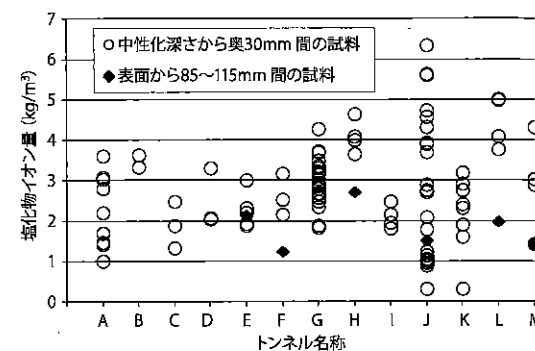


図-1 塩化物イオン量

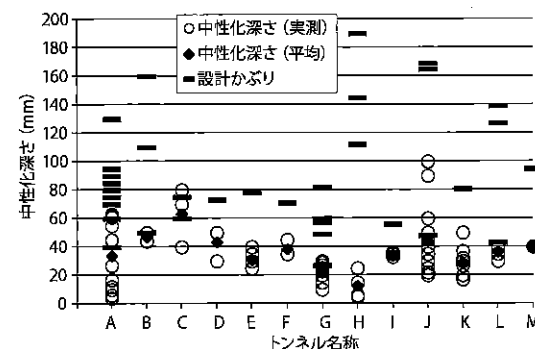


図-2 中性化深さ

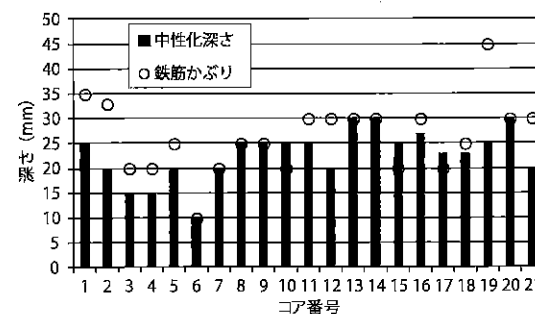


図-3 中性化深さとかぶり(樋口山T)

3 抜本的な対策

3-1 抜本対策の考え方

RC覆工区間のかぶりコンクリートの浮きは今後も進行するおそれがあり、随時点検時の叩き落しを続けるには限界がある。そこで、抜本的な対策として内巻き工を検討した。本工法はコンクリート剝落を防止するために既設覆工の内面にもう一つの覆工を構築するものである。覆工内巻き工を検討するうえで、維持管理を極力少なくすること

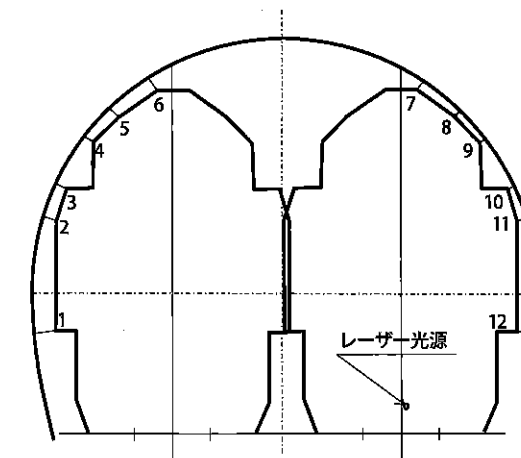


図-4 建築限界外の余裕量の算出点(測点1～12)

や長期耐久性を技術開発における要件とした。

3-2 建築限界外の余裕量の調査

内巻き工を設置する場合、トンネル内の建築限界を確保する必要があることから、もっとも対策が急がれており、対策が必要な延長も長い樋口山トンネルを対象に、トンネル延長方向10m間隔でトンネルの内空断面を計測した。図-4に示す測点2～11においてプロファイラを用いて測定した建築限界外余裕量を、図-5に示す。

おおむね150mm以上は確保できているものの、緩和曲線区間でカントが大きいところでは設計値の150mmより小さな値となっている箇所もある。そこで、開発を行う内巻き工の厚さを100mmと設定した。

3-3 内巻き工に求められる要件

山陽新幹線トンネルの現状を踏まえて、内巻き工に求められる要件を表-2に示すように設定し、その対応を検討した。

3-4 内巻き工の工法比較

内巻き工の候補として、パネルの材質では、コンクリート板や鋼板あるいはFRP板などがある。これらのパネルと既存覆工の間を充填する方法などから、いくつかの方法を挙げて、構造体として

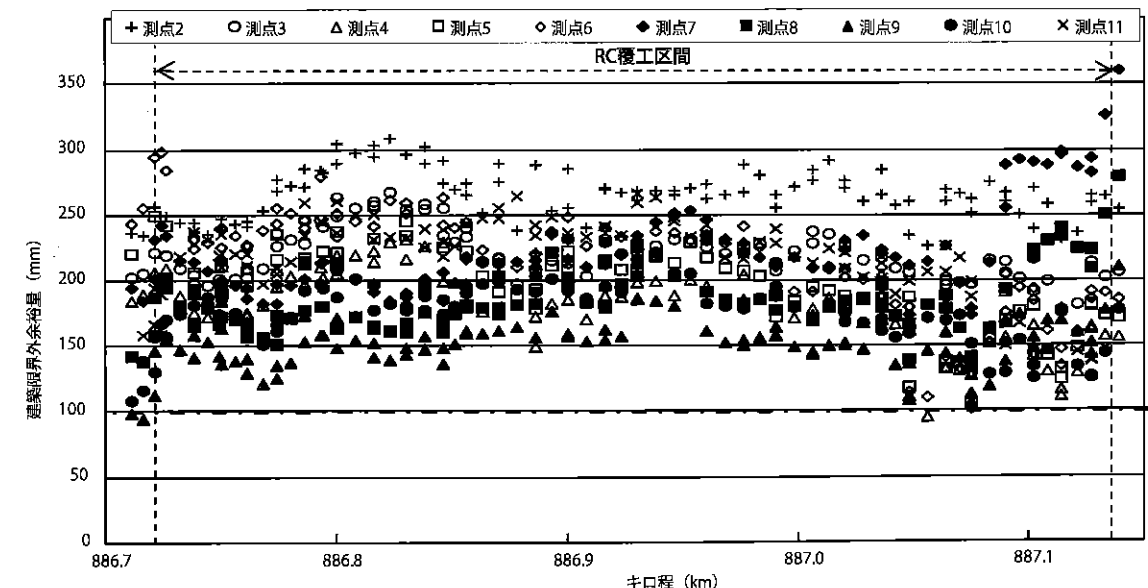


図-5 建築限界外の余裕量の調査結果(樋口山トンネル)

表-2 内巻き工の要件と対応方針

内巻き工の要件	対応方針
力学的に冗長性のある構造とする。	内巻き工自体でシェルを構成し、自立させる。
トンネル長手方向に分割して施工し、作業間合いで周方向の構造体が完成する。	支保工とパネルを組み合わせる。
施工期間中においても列車走行時には建築限界を確保できる。	支保工100Hを用いて施工中も含めてすべての部材をこの厚さの中に収める。
コンクリートの叩き落とし部の凹凸とよくなじみ既存覆工と一体化する。	接着工法ではなく充填工法とする。
ボルト類が覆工表面やパネルの仕上げ棲部にできる限り現れない。	支保工の継手をソケット式とする。また支保工を覆工に固定するアンカーボルトはグラウトによって覆う。パネル間をつなぐ場合も表面にボルト類を出さない。
漏水対策を施したあとに施工でき、漏水が生じない。	パネルの施工前の覆工に導水工を設ける。
列車による空気圧変動に対して十分な強度を有する。	空気圧変動に耐える構造とする。
列車風圧に耐える堅固なものとする。	パネル設置とグラウト充填は同一作業間合いとし、グラウトが早期強度を発現する。
耐震補強や地圧対策にも有効な曲げ強度を有する工法と、覆工剥落防止目的の工法とに目的を分ける。	両者の施工性を確認したうえで、まず剥落防止工として上半内巻き工を開発する。
維持管理の手間が少ない。	耐久性のある材料を用いる。

の強度、施工性、既設覆工との付着性などの項目で比較した。

その結果、短い夜間作業間合いでトンネル周方向の構造体を完成させる施工性と、将来にわたる維持管理の観点から、支保工とパネルにFRP材料を用いたFRP内巻き工を選定した。FRPパネルは、可撓性を有していることからトンネル周方向に連続して設置できる(図-6)。

この過程では次のような工法や材料は採用しなかった。

- ・表面にボルト、ナットなどが多く現れるもの
- ・自立せずに既存の覆工に吊り下がるもの
- ・施工時に架線などに支障するもの
- ・グラウト時の反力となる仮設支持材が建築限界を支障するもの

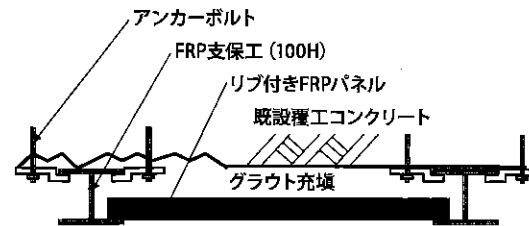


図-6 FRP支保工とFRPパネルによる内巻き工

表-3 FRP部材の材料特性(設計)

項目 種別	弾性係数 (kN/mm ²)	曲げ引張強度 (N/mm ²)	単位質量
FRP支保工	17.0	145	20kg/m
FRPパネル	6.7	134	11kg/m ²

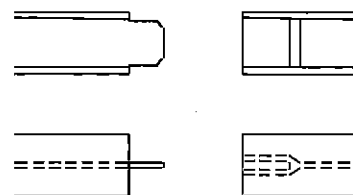


図-7 FRP支保工のソケット式継手

FRP部材の材料特性を表-3に示す。上半巻きの場合のFRPパネルとFRP支保工は、ともに4分割した。FRPパネルの継手は重ね構造とし、リブ間を長ボルトでつなぎ、パネル相互が動きやすくなるようにした。FRP支保工の継手は、ウェブをソケットとしてせん断力を伝達する構造とし、フランジは突き合わせとして軸方向圧縮力のみを伝達する構造とした(図-7)。

このためアーチ支保工は多ヒンジアーチ構造となるので、耐荷力を発揮するためにはアーチ支保工で堅固に支持されるとともに、既設覆工と接して、既設覆工側への変形時には覆工からの反力(直応力のみでよい)が必要である。

3-5 FRP内巻き工の構造の比較

FRP内巻き工について2つの構造形式を設定した(図-8、表-4)。構造形式の選択にあたっては、覆工の耐力補強が必要でない場合は、施工性および経済性を考慮して上半内巻き工を選択することとした。なお、スプリングライン(SL)付近では建築限界外の余裕量が大きいため、パネル挿入口のフランジと、上半内巻き工の受け桁、受け台は

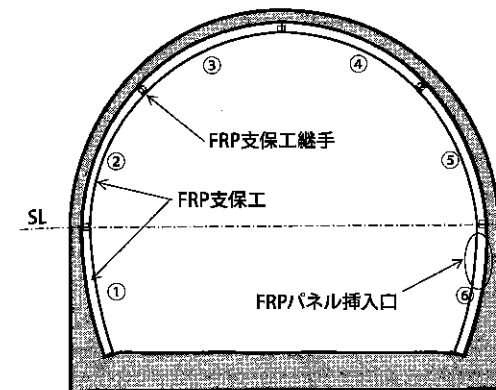


図-8 全周内巻き工(左)と上半内巻き工(右)

表-4 FRP内巻き工の構造の比較

全周内巻き工	上半内巻き工
・補強効果を期待できる ・覆工に添架されている電気設備の移設(撤去復旧)が大規模になる ・路盤をアーチの支点とすることができる	・補強効果を期待しない ・覆工に添架されている電気設備の移設が少ない ・全周内巻き工よりも工事費が安い ・アーチの支点が既設覆工に埋込み式となる ・受け台や受け桁が別途必要となる

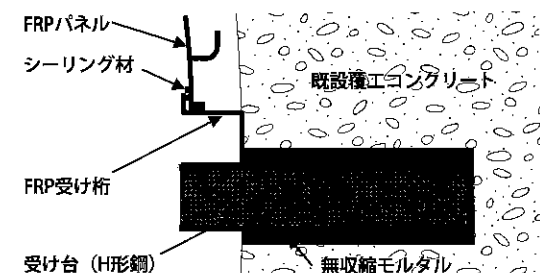


図-9 上半内巻き工の支保工詳細

覆工表面から110mm突出している(図-9)。

受け台の施工は比較的容易なことから、受け台には溶融亜鉛めっきしたH形鋼を用いた。

3-6 FRP内巻き工の施工方法

上半内巻き工の施工は次の3段階になる。

(1) STEP 1: FRP支保工の設置

- ・覆工のスプリングライン付近を水平に削孔してH形鋼を埋めて受け台を作り、その上にコの字形断面の受け桁をトンネル方向に設ける。
- ・受け桁の上からFRP支保工をトンネル周方向にソケット式継手により順次組立て、アンカーボルトにより覆工面に固定する(受け台

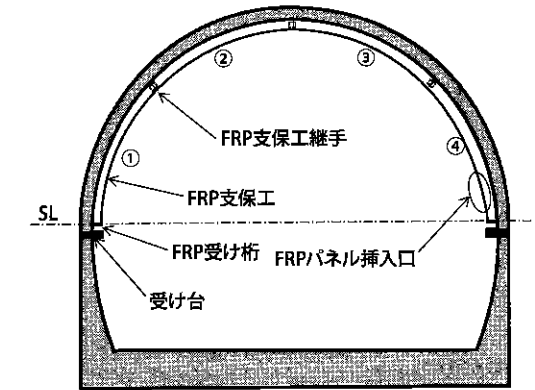


図-10 FRPパネルの挿入

⇒受け桁⇒FRP支保工の順)。

- ・FRP支保工の終端部に受け桁を密着させて受け台を施工する(FRP支保工⇒受け桁⇒受け台の順)。

(2) STEP 2: FRPパネルの設置

- ・FRP支保工フランジの切欠き部より、フランジをガイドとして覆工面に沿ってFRPパネルを連続的に挿入する(図-10)。挿入口もFRPパネルで塞ぐ。
- ・パネル挿入口のFRP支保工切欠き部をL形のFRP部材で補強する。

(3) STEP 3: グラウト充填

- ・FRP支保工フランジとFRPパネルとの隙間にグラウト漏れ防止のシーリングを行う。
- ・FRP支保工ウェブに2m間隔で設けた注入口より、下から順にアーチの左右2系統でグラウトを注入する。

表-5 FRP内巻き工の検証方法

項目	対策	検証方法	検証時期
支保工が液圧に耐える	アンカーによる支持	部材載荷試験	平成22年(2010)
パネルが液圧に耐える	リブによる補強	部材載荷試験	
パネルの挿入と固定	フランジ裏にガイドを設置	模擬トンネルで確認	
液圧を低く抑える	グラウトのゲルタイム調整	模擬トンネルで確認	平成23～24年(2011～2012)
材料の飛散防止	間隔調整材を用いない	模擬トンネルで確認	
グラウト時の止水性	丸ゴムなどによるシーリング	模擬トンネルで確認	
施工時間	練習により手順に習熟する	模擬トンネルで確認	
内巻き工の耐荷性能	冗長性のある構造とする	内巻き工への載荷試験	平成24年(2012)
耐火性能	添加物により難燃性とする	車両火災時の検討	平成23年(2011)
紫外線劣化	コーティング	紫外線量の検討	

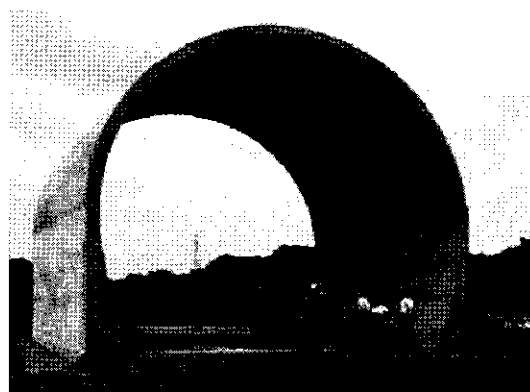


写真-1 実物大模擬トンネル

3-7 FRP内巻き工の検証方法

選択したFRP内巻き工について、表-5に示す各項目を検証した。

この検証にあたっては、写真-1に示す延長9mの新幹線実大断面の模擬トンネルを製作して各種試験を行った。

4 FRP部材耐力の確認試験

FRP部材はガラスクロスやガラスマットを樹脂で固めて積層構造とするもので、樹脂とガラス

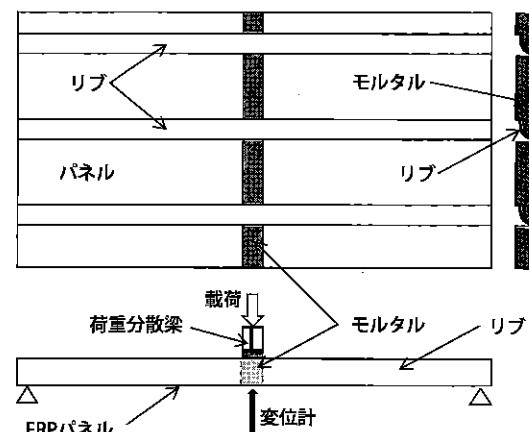


図-11 FRPパネルへの載荷

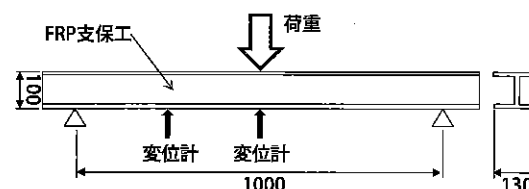


図-12 FRP支保工への載荷

繊維の組合せによってさまざまな仕様となる。そのため、今回計画した内巻き工のFRPパネルとFRP支保工の仕様で供試体を製作し、載荷試験を行った。

覆工コンクリートの剥落を想定した荷重よりもグラウト時の液圧が大きいため、グラウト液圧に耐える部材であることの確認を目的とした。試験の概要と結果を示す。

4-1 試験方法

FRPパネルは、スパン中央位置の補強リブとパネルの間にモルタルを詰め、モルタルの高さをリブより少し高くしてリブの拘束を避けて、その上に平板、H形鋼(荷重分散梁)を設置しパネル幅全体に荷重が分散するようにして、油圧式載荷装置で集中荷重を載荷した(図-11)。また、FRP支保工はスパン中央に集中荷重を載荷した(図-12)。

載荷方法は変位制御とし、載荷速度は、一般的な静的載荷試験を参考にして0.5mm/minで変位を増加させ、変状がみられた段階ごとに、載荷を中断して記録した。荷重増加がなくなる状態(部材の破壊)まで載荷した。

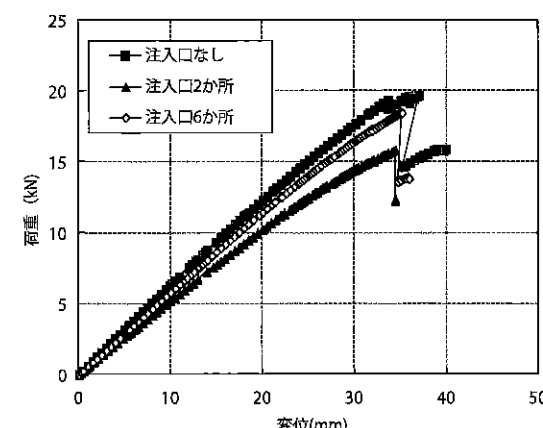


図-13 FRPパネルの荷重変位関係

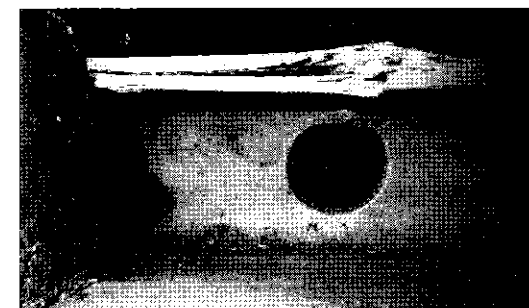


写真-2 FRPパネルのリブの圧縮破壊

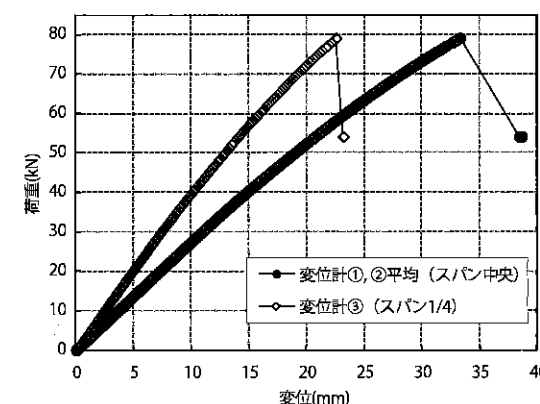


図-14 FRP支保工の荷重変位関係

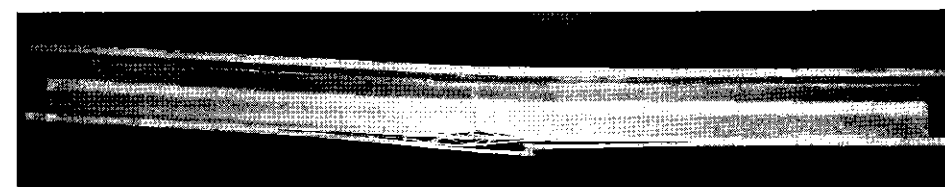


写真-3 FRP支保工の引張側フランジの破壊

4-2 試験結果

FRPパネルの荷重変位関係を図-13に示す。最大荷重は、大きい順に、グラウト空気抜き口なし(19.7kN)、グラウト空気抜き口6か所(18.5kN)、グラウト空気抜き口2か所(15.8kN)であり、いずれも液圧50kN/m²によるスパン中央曲げモーメントと等価となる集中荷重15kN以上であった。破壊時にはリブの圧縮側において層の剥離が生じたために耐荷力を失っていた(写真-2)。

FRP支保工の荷重変位関係を図-14に示す。最大荷重は79.0kNであり液圧50kN/m²によるスパン中央曲げモーメントと等価となる集中荷重25kNを上回った。また、設計上の寸法と、降伏応力145N/mm²を用いて計算した降伏荷重66kNを上回った。破壊は引張側フランジにおいてガラス繊維が破断し、層の剥離も生じていた(写真-3)。

いずれの部材も脆性的な破壊性状を示したので、とくにグラウトの液圧の想定とFRP支保工やFRPパネルの断面諸元の決定には留意する必要がある。

5 模擬トンネルにおける確認試験

5-1 目的

模擬トンネルにおいて、主として次の事項の改良、確認を目的に試験を実施した。

(1) 部材間の密着性の確認

間隔調整材が不要となるようにパネルの挿入口、支保工の脚部、受け桁の構造、およびパネルの接合方法を工夫し、施工性を確認する。

(2) グラウトの漏出対策の確認

パネル挿入口、支保工の脚部、および受け桁部の止水性を改良、確認し、グラウトが漏出した場合の対処方法を確立する。また、コンクリートの叩き落とし部と支保工との隙間の漏水対策を確立する。

(3) 施工時間の確認

FRPパネル設置とグラウト注入とを同一作業間合いで完結させることが条件となるため、一連の作業が所定の時間に収まることを確認する。

5-2 グラウト材の選定

FRP内巻き工のグラウト材選定時に求めた要件を表-6に示す。試験に採用したグラウトAとグラウトBについて、材料の物性値、注入速度を表-7に示す。

両者とも2液型のグラウトで、セメントミルクと急硬材をスクイズポンプで圧送し、注入ホース先端の混合管での混合比により固化時間を調整して注入する1.5ショット方式である。

表-6 グラウトの要件

項目	要件
①施工時間 (注入速度)	約70分以内で、厚さ87mm、トンネル延長1m、上半周方向すべて(約13m ²)に充填できるもの。
②固化時間と強度	注入後60～90秒程度でグラウトの固化が始まり、28日強度で約10N/mm ² 程度を確保する。グラウトの固化時間とは、グラウト充填作業時において、打設開始深さにおける液圧の上昇量が0となるまでの経過時間とする。
③流動性	リップ付きパネルと覆工との隙間(約40mm)に充填できる。
④最大液圧	FRPパネルは50kN/m ² の荷重に耐える設計としたが、不均一な荷重となることも想定して、グラウト充填時の最大液圧を20kN/m ² 程度に抑えることを目標に、固化時間を調整できる。

表-7 グラウト充填試験とグラウトの物性

試 験	試 験 1	試 験 2
グラウトの種類	グラウトA	グラウトB
施 工 箇 所	延長1m，全周部の 右側の半周(天端部 を除く)	延長1m，上半部の 左側の半周(天端部 を含む)
注 入 方 法	2液混合タイプ	2液混合タイプ
使 用 材 料	高炉セメントB種・ 急硬材・遅延剤・水	普通セメント・急硬 材・遅延剤・水
固 化 時 間(秒)	64	90
注入速度(L/分)	27.5	30(天端部15)
圧 縮 強 度 (N/㎠)	2時間	1.53≧1
	7日	8.64
	28日	16.1≧10

5-3 グラウト充填試験

模擬トンネルを利用して、2種類のグラウト材により試験を実施した。図-15にグラウトの注入孔およびFRPパネルに作用する液圧を確認する圧力計の位置を示す。

試験は、右半断面の注入孔G1～G4の試験1と、左半断面の注入孔G5～G7の試験2に分けて実施した。各半断面における注入孔の切替は順調であった。

グラウト充填試験における確認項目を表-8に示す。

5-4 最大液圧

試験1と試験2では、ほぼ同等な結果を得た。試験2については、最大液圧値は、P6の圧力計において圧力上昇時間150秒で18.0kPaとなった(図-16)。

ただし、ゲルタイムが短いために正常に作動しなかった液圧計もあるので、実際の液圧は慎重に評価する必要がある。

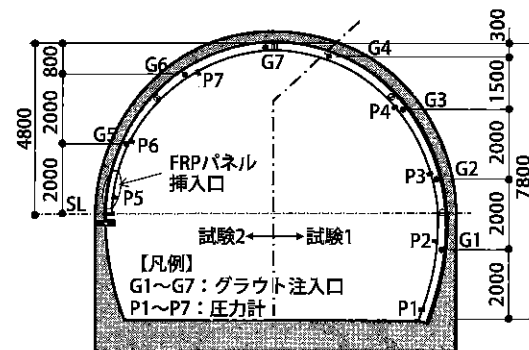


図-15 グラウト注入孔と圧力計の位置

表-8 グラウト充填試験確認項目

確認項目	測定項目	目標
①施工時間	注入口ごとの注入時間、量	注入時間を70分以下とする
②充填性	打音とコア削孔	大きな空洞、空隙を作らない
③最大液圧	圧力計による圧力	20kN/m ² 程度以下とする
④最大変位	パネル中央の膨らみ	フランジ厚さ10mm以下とする
⑤その他	施工中断の影響	トラブル発生に伴う施工中断後も注入が容易に再開できる

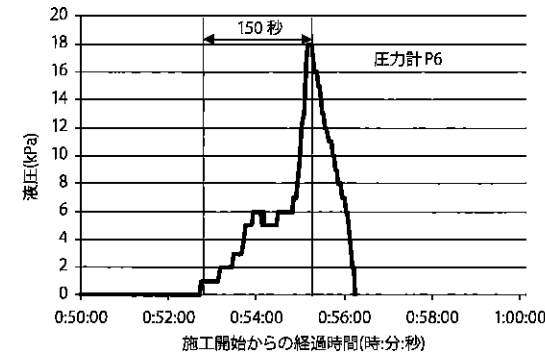


図-16 経過時間と液圧の関係(試験2)

5-5 施工時間

表-9に2種類のグラウト材の注入延長と注入時間を示す。試験2の天端を除くアーチ部の施工時間(107.5分)は、旧タイプの挿入口部からの漏出による待機時間を含んだものであった。これは、以後の注入作業では想定する必要のない原因であることから、試験1と試験2の結果を合わせることで、上半内巻き工の注入時間を83.5分(63.0+20.5)と想定し、これを70分に短縮することに取り組んだ。

5-6 グラウト材の充填状況

グラウト注入後の打音検査における軽音箇所の充填性を確認するためにFRPパネルを切開した。その結果、アーチクラウン部に厚さ20mm程度の空隙が確認できたが、この部分以外の軽音箇所には空隙はなかった。この空隙は、グラウト時の空気抜き管が早い段階で閉塞したことにより生じたことから、空気抜き管の位置を変更した。その他の軽音箇所は硬化したグラウトとFRPパネルとが密着していないことが想定されたが、構造上の問題とはならないと判断した。

5-7 その他の改善点

組立て試験などの結果を踏まえて、FRP支保工とFRPパネルの仕様を図-17に示すように一部変更した。主な改良点を以下に示す。

- ① FRPパネルの挿入時にアンカーボルトとの接触を避けるため、また、FRPパネルとFRP支保工フランジとの間の止水性を改善するために、パネルガイドを設けた。ガイド

表-9 注入延長と注入時間の結果

試 験		試 験 1	試 験 2
グ ラ ウ ト の 種 類		グラウトA	グラウトB
周 方 向 の 施 工 延 長(m)		9	8
施 工 時 間 (分)	準備	12.5	8.0
	充填	31.5	36.0
	注入口盛替え	9.0	5.0
	漏出の待機	11.5	64.0
	片付け	10.0	15.0
	計	74.5	128.0
箇 所 別 施 工 時 間 (分)	側壁	11.5	—
	天端を除くアーチ	63.0	107.5
	天端	—	20.5

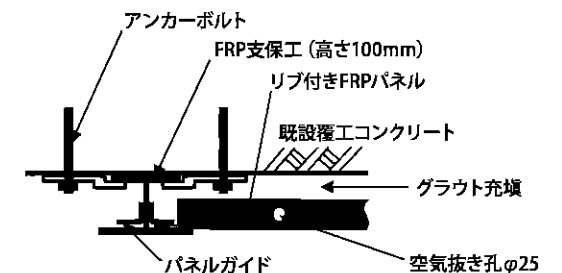


図-17 FRP内巻き工のFRPパネルとFRP支保工

- ② グラウト充填時にFRPパネルのたわみが大きくなったことから、液圧に対するFRPパネルの曲げ耐力を大きくするために、リップに設けた空気抜き孔の配置を、φ30を6か所から、φ25を2か所に変更した。
- ③ アンカーボルトは覆工の鉄筋位置を避けて削孔するため、ベアリングプレートを長孔とし、ナット頭部を低くするために座ぐりした。その他、次のような点にも配慮した。
 - ・施工区間端部において露出するFRP支保工のアンカーボルトは、グラウトの硬化後に撤去した。
 - ・受け台は、アンカーボルトに引抜き力の作用するブラケット構造を避け、曲げ部材として覆工に定着した。

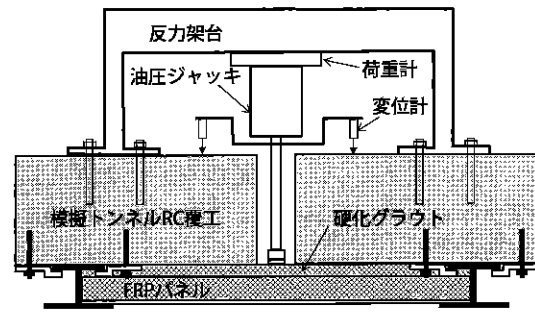


図-18 荷重装置

- ・既設覆工に削孔した受け台の孔内は、左右側面をチップングして抜出しに抵抗できる構造とした。

5-8 FRP内巻き工への荷重試験

模擬トンネルに施工したFRP内巻き工に対して、材齢56日において2か所で荷重試験を行った。

模擬トンネルにあらかじめ設けた直径100mmの開孔部から、ジャッキにより、FRP内巻き工のリブ直上部とリブ中間部に荷重した。荷重装置を図-18に示す。荷重方法は以下のとおりとした。

- ① 荷重開始からFRPパネルの変位が確認されるまでは、1kN間隔、1kN/min程度の荷重制御で荷重した。
- ② FRPパネルの変位が確認されたあとは荷重制御から1mm間隔、1mm/minの変位制御に変更し荷重を継続した。
- ③ 荷重は油圧ジャッキのストローク限界(50mm程度)まで実施した。

リブの位置に荷重したケースの変位とひずみの測定箇所を図-19に示す。変位は、荷重点と、そこから100mm離れた上下左右4か所の位置で、変位計により測定した。ひずみは、荷重点から100mmと200mm離れた位置で、ひずみゲージにより測定した。

測定したFRPパネルとFRP支保工

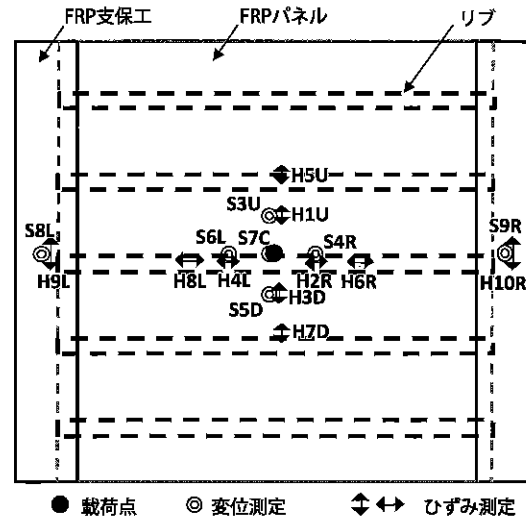


図-19 変位とひずみの測定位置

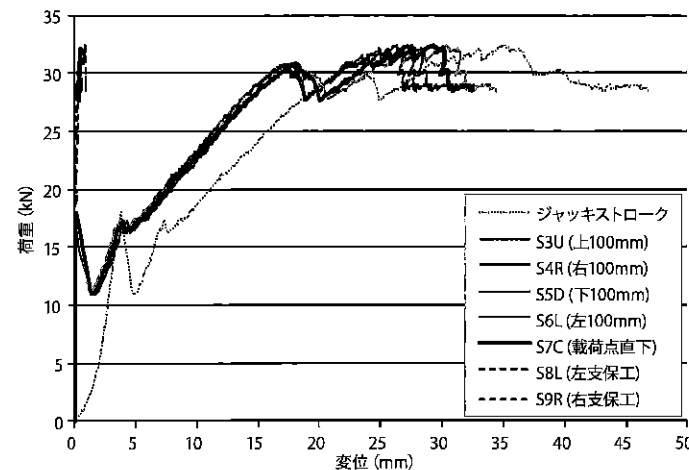


図-20 FRPパネルおよびFRP支保工の変位

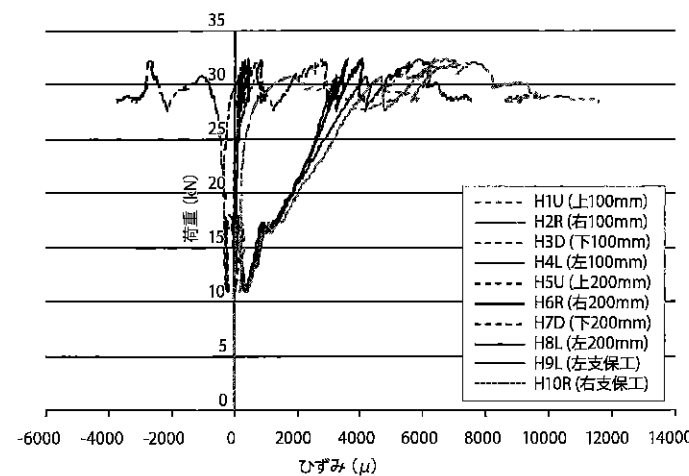


図-21 FRPパネルのひずみ

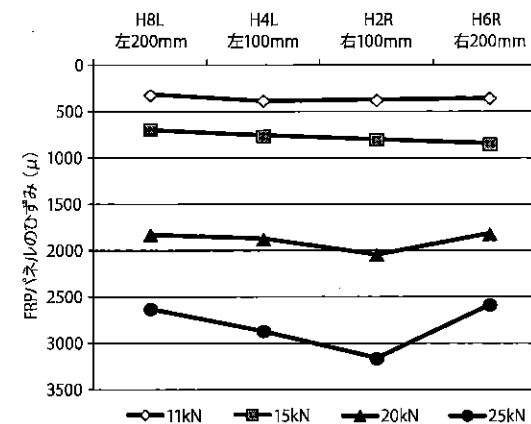


図-22 FRPパネルのひずみ分布(左右方向)

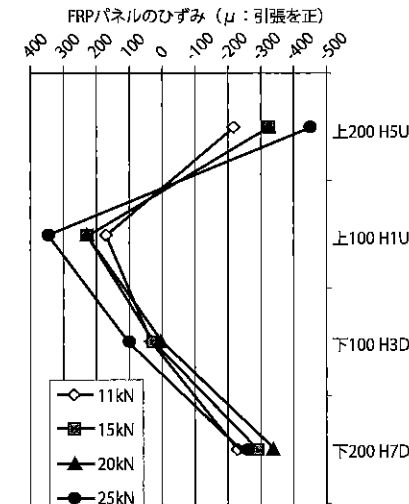


図-23 FRPパネルのひずみ分布(上下方向)

の荷重変位関係を図-20に示す。ジャッキのストロークは両側に設けた変位計の平均値とした。この図より、FRPパネルの変位計はほぼ同じ動きをしており、FRP支保工はほとんど動いていないことがわかる。試験後の破壊形態の観察から、FRPパネル部の硬化したグラウトの押抜きせん断破壊と考えられるが、脆性的な破壊が起こることなく、ジャッキストロークの限界まで荷重してもFRPパネルの破壊に至らなかった。

図-21に示したFRPパネルのひずみから、荷重は、まずFRPパネルと覆工との付着力で支えられ、これが切れ始めると左右方向に荷重が伝達され、その後トンネル周方向にも荷重が伝わって

表-10 FRPパネルの設置とグラウト工のタイムスケジュール

順序	作業項目	目標	実績
①	資材搬入	20	14
②	足場組立て	40	44
③	パネルの挿入	20	22
④	パネルの止水処理	20	16
⑤	グラウト注入		
⑥	注入位置の盛替え	70	68
⑦	⑤, ⑥をくり返す		
⑧	足場解体, 片付け	30	32
⑨	資材の搬出, 跡確認	20	13
⑩	器具員数確認	20	27
	計	240	236



写真-4 完成したFRP内巻き工

いる。図-22, 23から、トンネル周方向のひずみが荷重点から離れると圧縮を示すことから、アーチとしても挙動していると思われる。

FRP内巻き工と覆工との付着力が大きかったために、FRP内巻き工の全体系への荷重とならずに局所的な押抜きとなったが、その後もFRPパネルの耐荷力は維持され、FRP内巻き工はアーチシェルとしてトンネル方向と周方向の2方向の構造体として挙動することが確認できた。

6 施工タイムスケジュールと実トンネルへの適用

模擬トンネルを用いた組立ておよびグラウト充填の試験施工の結果にもとづいて作成した施工タイムスケジュールと、実トンネルでの施工実績を

表-10に示す。施工箇所が坑口部付近であり、グラウト用プラントを坑外(新幹線の柵内)に設けることのできる大平山トンネルを最初の施工箇所とした。

この施工に先立ち、模擬トンネルにおいて、立入り、器具員数確認、足場組立て、パネル挿入、グラウト注入、足場解体、器具員数確認、退出までの一連の作業を通した組立て試験により作業時間の最終確認試験を行った。なお、具体的な目標は、大平山トンネルでの補修作業間合いから240分以下とした。完成した延長3mのFRP内巻き工を写真-4に示す。

7 まとめと今後の課題

FRP内巻き工により、RC覆工区間における半永久的な剥落防止策ができた。

施工中は、FRP支保工が多ヒンジアーチとして挙動するとともに、覆工に固定されたアンカーボルトによって支持され、これがFRPパネルからのグラウト液圧を支える二重系である。グラウトの硬化後は、FRP支保工に用いたアンカーボ

ルトを無視しても、パネルとグラウトとが一体となったシェルが、多ヒンジアーチ支保工とパネルリブで2方向に補強された構造となっている。また、本内巻き工には内空側にボルト類を用いていないため、点検作業を必要とせず、維持管理も容易である。

今後、施工の効率化のためには、現地での組立て足場と、専用の作業架台を適切に使い分けることが必要である。さらに、必要な機能はそのまま工事費を低減できる改良を、検討することが必要であると考えている。

最後に、FRP内巻き工の開発にあたり、FRP部材の製作は(株)日本コンポジット工業に、模擬トンネルと現地での施工は広成建設(株)に実施していただき、この過程で多くのアイデアをいただいた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 近藤政弘・濱裕駿・藤井哲也：FRP内巻き工の開発と施工、鉄道施設協会誌、pp.50-52、2014.8。

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

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メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072

連載講座

山岳トンネル覆工の長寿命化技術(1)

—覆工の現状と課題—

「山岳トンネル覆工の長寿命化技術」連載講座小委員会

表-1 「山岳トンネル覆工の長寿命化技術」連載講座小委員会
(五十音順)

	氏名	所 属
委員長	焼田真司	(公財)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
副委員長	岩尾哲也	(株)高速道路総合技術研究所道路研究部トンネル研究室長
委員	砂金伸治	(独)土木研究所道路技術研究グループ(トンネル)上席研究員
"	太田裕之	応用地質(株)エンジニアリング本部ジオマネジメントセンターセンター長
"	桜井邦昭	(株)大林組技術本部技術研究所生産技術研究部副主任研究員
"	手塚康成	鹿島建設(株)土木管理本部土木工務部トンネルグループ次長
"	水野希典	(株)高速道路総合技術研究所道路研究部トンネル研究室主任研究員
"	武藤直樹	国際航業(株)技術開発センター道路研究室主任研究員
"	村上真一	(株)安藤・間土木事業本部技術第三部トンネルグループ主任
"	森 正彦	前田建設工業(株)土木事業本部営業推進部営業推進第1グループ長
"	渡辺和之	(独)鉄道・運輸機構鉄道建設本部設計技術部設計技術第二課

① 連載をはじめるにあたって

2012(平成24)年12月の笹子トンネル天井板落下事故を契機に、トンネルの老朽化対策や覆工を中心とした補修・補強などの維持管理の重要性が改めてクローズアップされている。また、それとは別に1999(平成11)年の新幹線福岡トンネルでの覆工コンクリート片落下事故以降、コンクリートの品質向上対策や剥落対策、点検手法など官民一体と

なり取り組んでおり、多くの技術開発がなされ、10年余りの間にトンネル覆工の施工技術や維持管理技術は大幅に進歩してきた。一方、矢板工法を知らない世代が増える中、矢板工法を含むトンネルの維持管理への比重が急激に増えつつあり、矢板工法も含めた覆工技術に関する技術の伝承は急務と考える。

このような状況において、トンネル覆工に対する技術者の関心事はこれまで以上に高まっているといえるが、覆工に特化して体系的にまとまった読本はこれまでなく、建設から維持管理までの覆工技術をひとつのシリーズとして体系的にまとめることは、トンネル技術者の技術力向上はもちろん、ひいてはトンネルの耐久性や安全性の向上に

役立つものと考えられる。

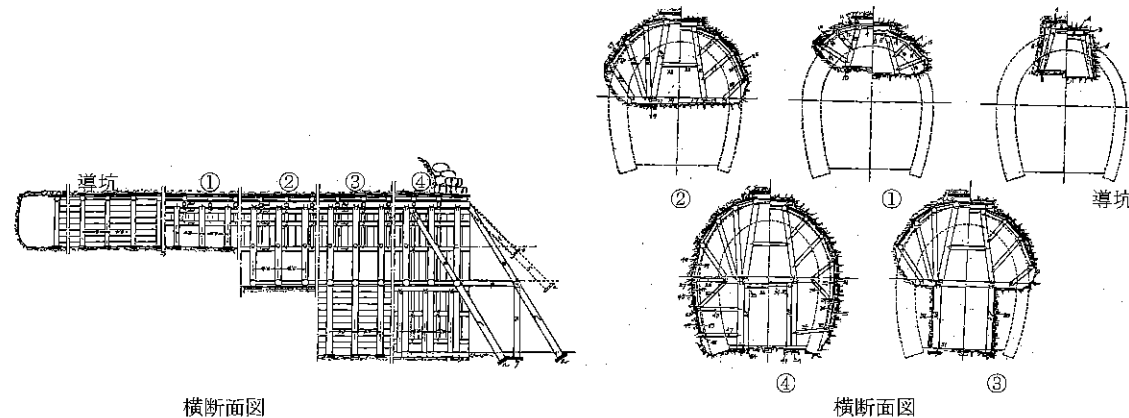
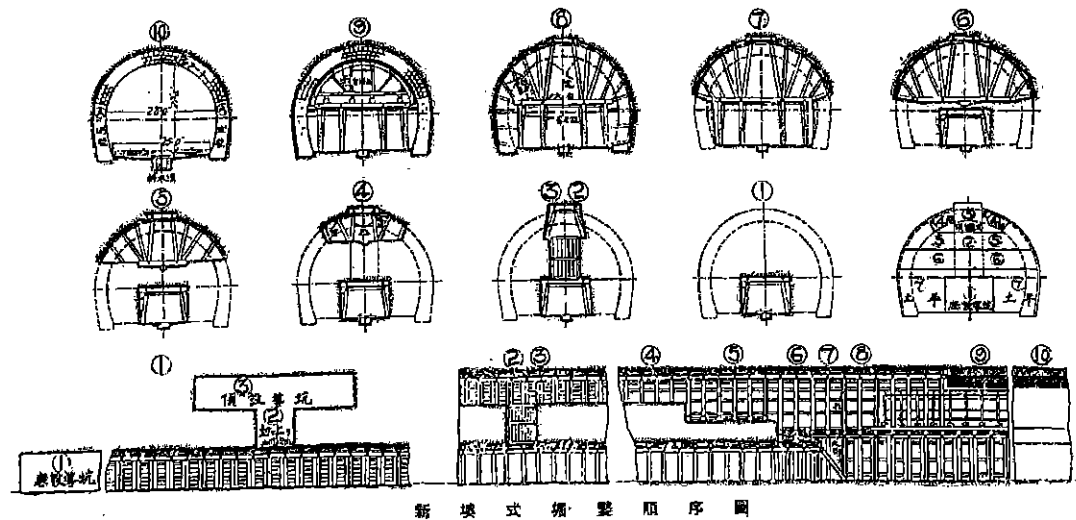
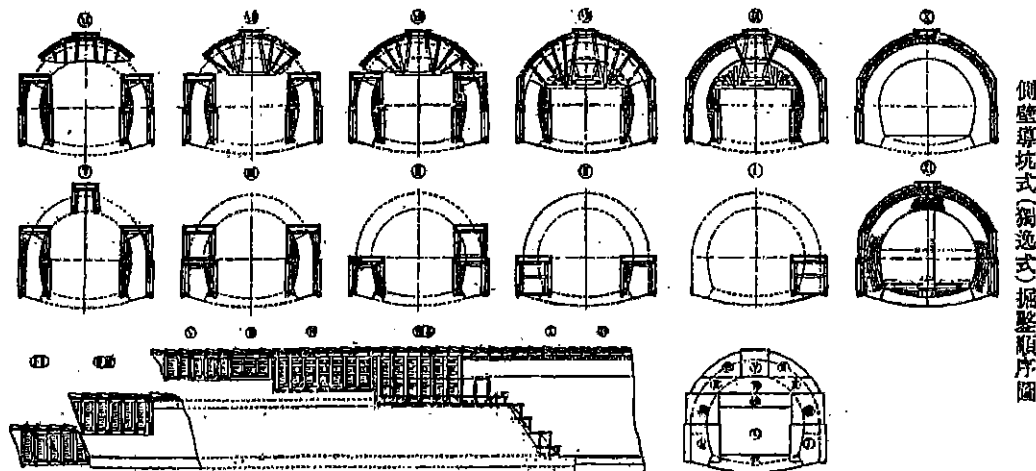
このため、連載講座「山岳トンネル覆工の長寿命化技術」をはじめることとした。

② トンネル技術の変遷

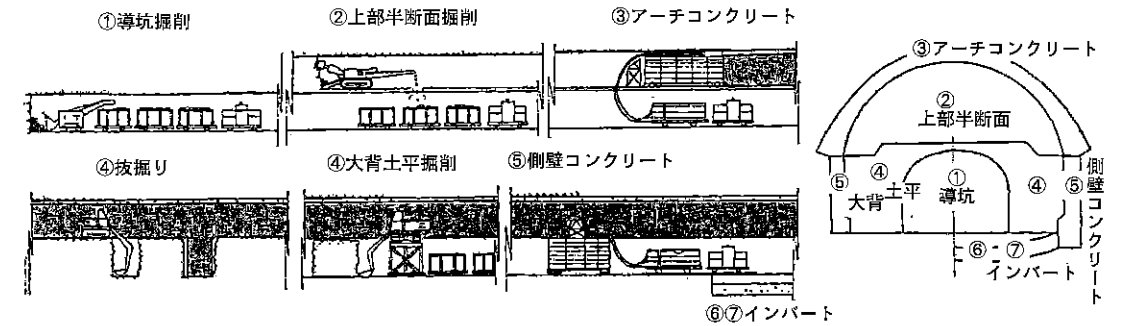
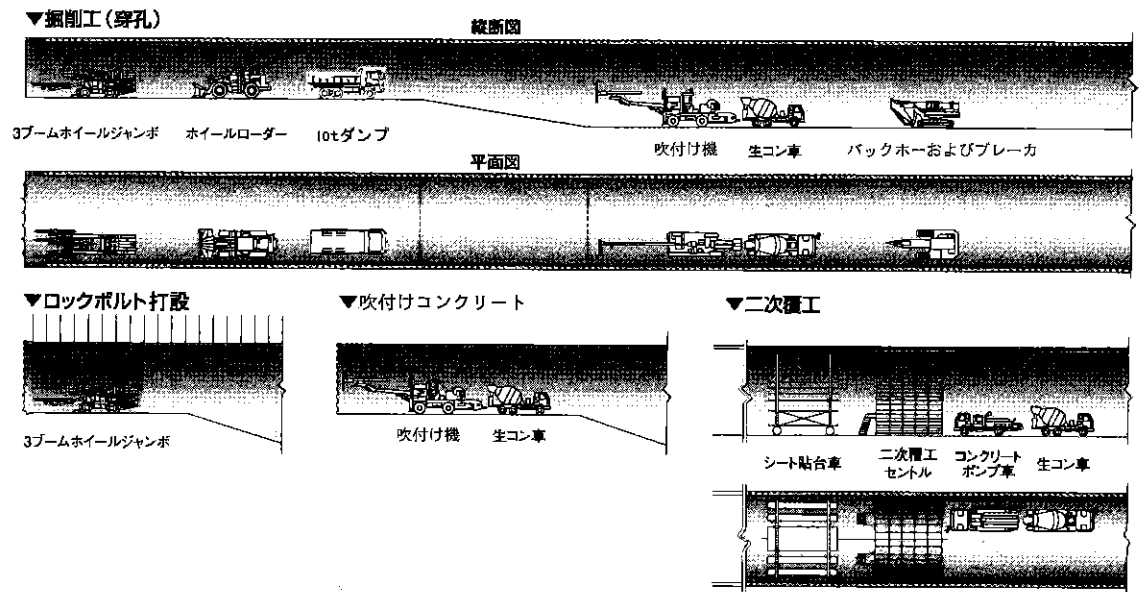
2-1 掘削工法

明治初期を草創期とする戦前のトンネルの掘削工法は、日本式頂設導坑先進工法が主体であり木製支柱式支保工によるものであった(図-1)。

1914(大正3)年には、新オーストリア式と呼ばれる底設導坑先進工法などが導入され、昭和に入ると、底設導坑先進工法が各分野のトンネル工事で普及した。その後、新たにドイツ式の側壁導坑先進工法が導入された。支保工については、昭和20

図-1 日本式掘削方式(頂設導坑先進工法)の例¹⁾図-2 底設導坑先進掘削順序図・側壁導坑先進掘削順序図²⁾

側壁導坑式(側逸式)掘削順序図

図-3 上部半断面先進掘削手順の例³⁾図-4 NATM施工手順図(ベンチカット工法)の例³⁾

年代前半まで木製支保工が主に使用された(図-2)。

昭和30年代になると、鋼アーチ支保工が開発され、上部半断面先進工法による工事が主流となり、掘削断面が大きく確保できることとなった(図-3)。

昭和50年代に入って吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼アーチ支保工の組合せにより地山の支保機能を活用したいわゆる「NATM」の導入により全断面の掘削が可能となり、昭和60年代に入って、土木学会の『トンネル標準示方書』(以下「示方書」という)でNATMが標準工法となった(図-4)。

2-2 覆工

覆工の材料として、明治時代にはレンガと石が使用され、大正時代に入りコンクリートブロック

と場所打ちコンクリートが使用されるようになった。昭和20年代ごろからは場所打ちコンクリートが主流となり、30年代の初めには現場練りコンクリートに代わりレディーミクストコンクリートが用いられるようになった。

覆工コンクリートの打設方法としては、昭和20年代ごろまでは、木製のセメントルを用い、コンクリート運搬も人力で行っていたが、昭和30年ごろから機械化され、スチールフォームとコンクリート打込み機械を用いた打設へと移行した。コンクリート打込み機械には、ピストンなどによりコンクリートを圧送するポンプ式と圧縮空気により圧送するプレーサー式があり、前者は機構が複雑であるが、コンクリートが分離しにくく、後者は機

構が簡単で扱いやすいが、コンクリートが分離しやすいという特徴を有していた。

昭和40年代に運搬機と圧縮空気による打込み機を組み合わせたアジテータ付きプレーサーが開発された。しかし、その方式では、アーチ部において型枠内の天端部に配管してコンクリートを打込みながら配管を引抜く「引抜き方式」(図-5)が用いられていたため、施工に困難さがあり、とくに最後にコンクリートを打込む天端部に未充填の空洞が発生しやすかった。

また、型枠内奥部まで配管しない場合の圧縮空気による打込みでは、材料分離などが発生しやすく、品質の良いコンクリートを打込むことが困難な場合もあった。

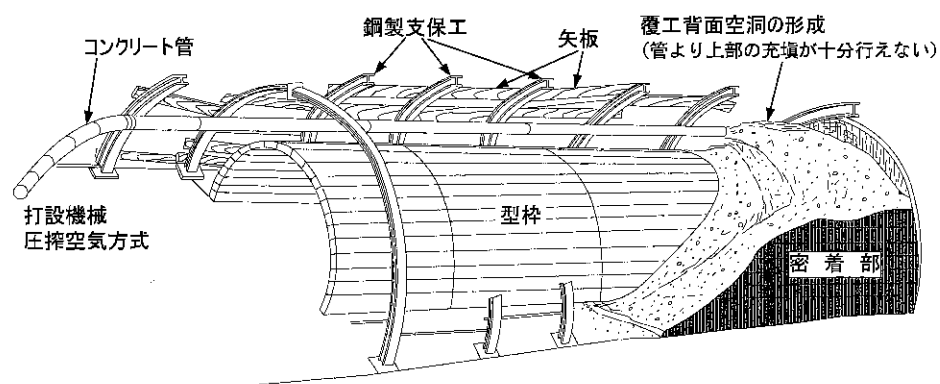
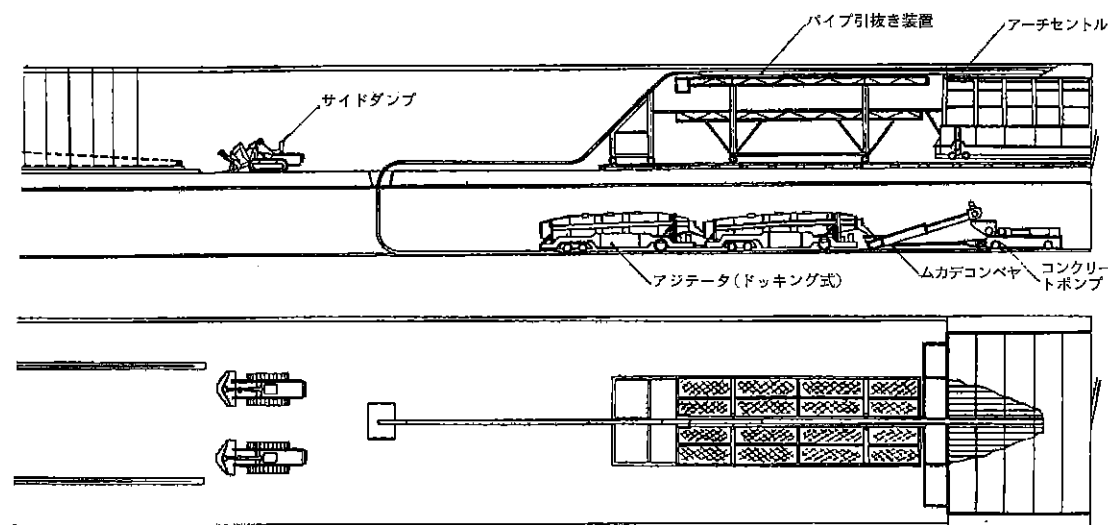


図-5 覆工コンクリートの引抜き方式打設の例²⁾

昭和50年代になると、NATMが導入され、打込み機械は油圧ポンプを使用して、全断面の覆工コンクリート打設が可能となり、打込み方法も引抜き方式から吹上げ方式(図-6)となり、現在に至っている。

打設時の湧水対策に着目すると、矢板工法の時代には、覆工コンクリート打設時に、地山からの湧水を覆工コンクリート内に浸入させないよう湧水処理(図-7)を行い、覆工コンクリートの品質向上に努めていた。一方、NATMについては、吹付けコンクリートと覆工コンクリートとの間に防水シートが用いられるようになり、覆工コンクリートの品質向上が可能となり、覆工のひび割れ発生も格段に減少した。

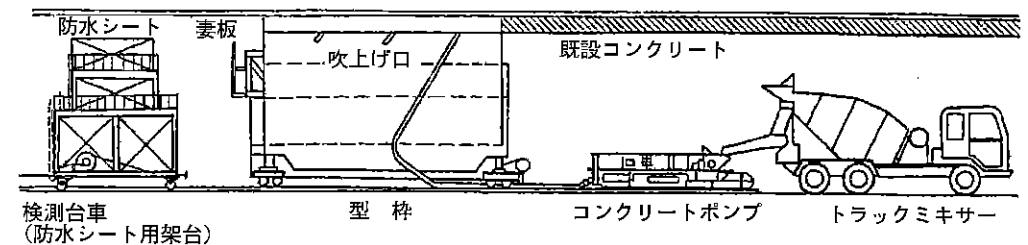


図-6 覆工コンクリートの吹上げ方式打設の例²⁾

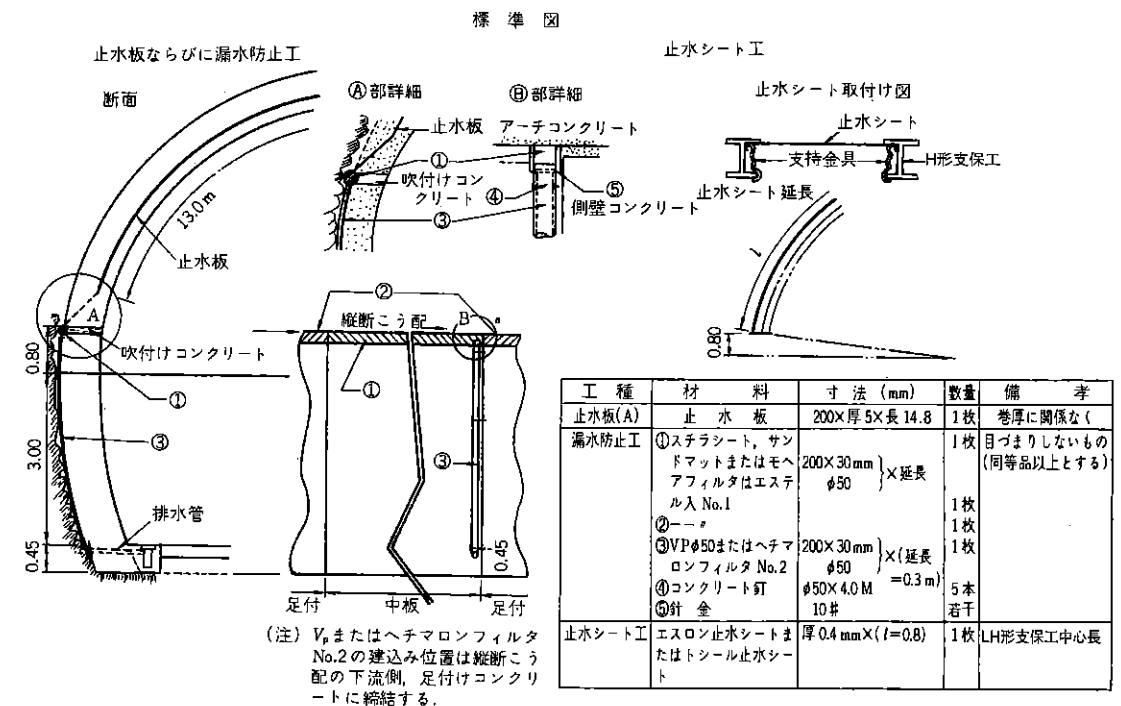


図-7 矢板工法の湧水処理の例⁴⁾

⑧ トンネルの現状

3-1 鉄道トンネル

鉄道トンネルの供用延長は、全体で約3,700km、約4,800本で、そのうちJRは2,300km、3,600本である(平成21(2009)年度末時点、『鉄道統計年報』による)。図-8は、JRのトンネルの経年分布(平成24(2012)年末、(公財)鉄道総合研究所調べ)を示したものである。図からわかるように、鉄道のネットワークが急速に広がった明治～昭和初期(昭和15(1940)年ごろまで)のものが約1/3、高度経済成長期(1960～1970年代)のものが約1/2を占めており、すでに建設中心の時代から維持管理中

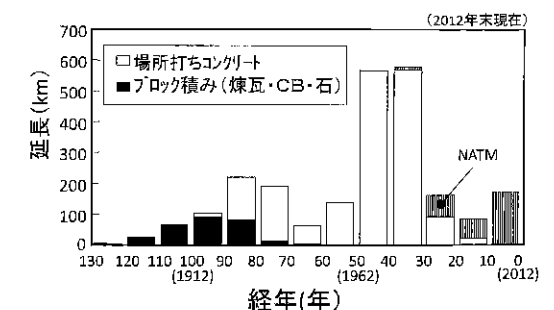


図-8 供用中の鉄道トンネル(JR)の経年分布(2012年(公財)鉄道総合技術研究所調べ)

心の時代へと移行している。一方で、これから建設される高速鉄道(整備新幹線、中央新幹線)は路線の大半をトンネルが占める計画であり、今後も

トンネルの供用延長は少しずつ増え続けることになる。

鉄道トンネルの維持管理作業は、一般に列車運行がなくなる夜間などの限られた時間内で実施しなければならない。また、軌道や架線、信号通信設備などの線路設備が坑内に設けられていることなど、維持管理作業において制約となる条件が多い。

3-2 道路トンネル

道路トンネルの供用延長は、道路網の広がりとともに増加してきており、一般国道、都道府県道、市町村道、高速道路のトンネル本数は、平成24(2012)年で約10,000本、総延長で約3,800kmを超えるようになっている((公財)高速道路調査会：高速道路のトンネル技術史に関する調査研究委員会報告書、2014.3.による)。

そのうち、供用から50年以上経過しているトンネルが約3,000本(全体本数の約30%)、延長でいうと約500kmとなっており、今後老朽化が加速することが想定され、点検や補修・補強箇所の増加に伴い、交通規制の実施日数が増大していくものと思われる(図-9)。

道路トンネルは、一般的に地形の急峻なところにある場合が多く、通行が困難となった場合に適切な迂回路が少なく、交通に与える影響が非常に大きい。よって、点検や補修・補強を行う場合は、通行規制により実施する必要がある、常に利用者に対する交通の確保が必要不可欠である。

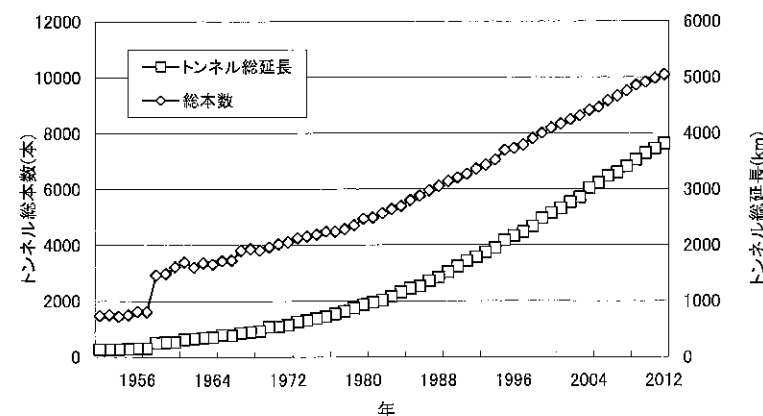


図-9 高速自動車国道・一般国道・都道府県道・市町村道トンネルの累計供用延長と累計トンネル本数³⁾

また、道路トンネル内には、安全な走行環境を確保するための内装工、照明、換気および非常用施設などが存在し、それらは覆工コンクリートに設置されていることから、補修・補強にあたってはこれらの施設の機能を確保しながらの修繕となる。

④ 覆工に関する課題

示方書によると鉄道トンネルや道路トンネルの覆工コンクリートには、次のような機能を有する必要があると記載されている。

供用性については、

- ① 水密性のよい構造物にする
- ② 供用中の点検、保守などの作業性を高める
- ③ トンネル内の架線、照明、換気などの施設保持

力学特性については、

- ① 地質の不均質性、支保工の品質ばらつきなどを考慮し、構造物全体としての安全率の増加
- ② 地山変形が収束しない場合のトンネルの拘束力を地山に与える
- ③ 覆工施工後の水圧、上載荷重などの外力の支保
- ④ 使用開始後の外力変化や地山や支保工材料の劣化に対する耐久性向上

よって、上記機能を把握したうえで覆工における課題について、建設段階と維持管理段階に大別し以下に述べる。

4-1 建設段階における覆工に関する課題

4-1-1 材料・配合

覆工コンクリートに使用するセメントは、普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種、フライアッシュセメントB種などが用いられており、強度については、設計基準強度16~20N/mm²と幅を持っていた時代があっ

たが、現在は設計基準強度18N/mm²が一般的である。単位セメント量、スランプなどは、所要強度のほかに使用材料や施工条件を考慮して決める必要があり、水セメント比は、耐久性を考慮し60%程度の上限值が設定されることが多い。

4-1-2 施工

覆工コンクリートの施工条件として、狭小なスペースへの打設となり、とくに天端部においての吹上げ・横流し施工は、材料分離および妻部や地山側への充填不足が懸念される。また、有筋区間においては、狭小なスペースにさらに鉄筋が配置されることから充填性が課題となる。

覆工コンクリート打設を行うための型枠については、各トンネル断面の形状、覆工厚および打設時の荷重に対して十分な強度と安全性を有し、覆工の位置および形状、寸法が正確に確保されるとともに、作業性に優れた構造とする必要がある。また、移動式型枠に設けられる作業窓は、覆工コンクリートの側壁および肩部までの締固めや充填性を確保するために必要であり、適切な設置間隔

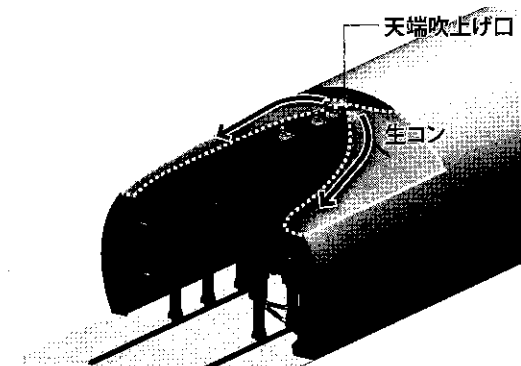


図-10 覆工コンクリート吹上げ施工の例³⁾

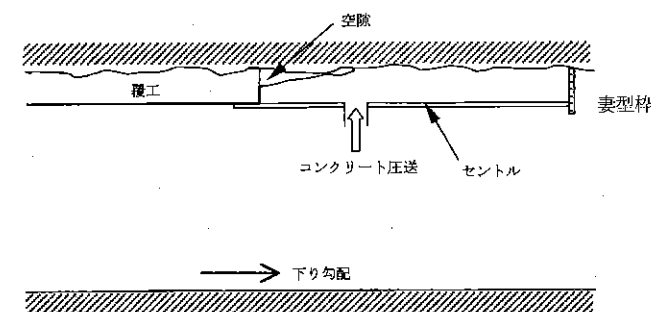


図-11 覆工妻部空洞状況の例

などが必要とされる。

天端部分においては、複数の打設口を設けることにより妻部までの充填性の確保に努めている。しかし、地山側や妻部における充填性の確保は、専門的技能を要す難しい作業であり、妻部や地山側における充填方法や充填確認方法が課題となる(図-10, 11, 写真-1)。

移動式型枠は、覆工コンクリートの通りを確保し、妻部におけるモルタル分の流出防止のために、すでに施工を行った隣設覆工コンクリートに型枠材を押しあてる必要がある、既設覆工(若材齢脱型状態)への密着精度が要求される。そのため型枠材の押しあてにあたっては、目地部付近のひび割れ発生に影響を及ぼすことが懸念されることから、慎重な施工が求められる(図-12, 写真-2, 3)。

また、防水シートの施工箇所では、ある程度吹付けコンクリート面に防水シートを追従させ引張りによる破損を防ぐため、適度なたるみを設ける必要がある。また、天端部において防水シートの過度なたるみは、覆工の巻厚不足となる事例があることから、防水シートの展張にあたっては注意が必要である(図-13, 写真-4)。

4-1-3 脱型

現在のNATMにおいては、力学的には地山からの土圧の作用に対して支保工で対応しており、変位が収束し地山が安定した状況で覆工コンクリートの施工となることから、覆工コンクリートは、将来支保工の劣化や地山の変位に対する余力保持機能としての役割が大きい。そのため、脱型については、示方書に示す12~20時間程度で2~3N/mm²の圧縮強度が確認された時点で脱型している

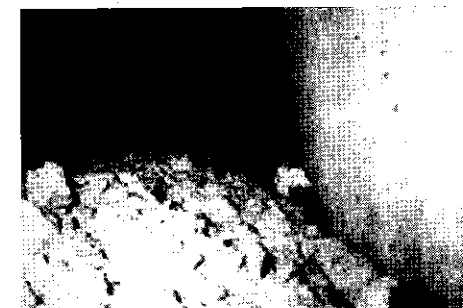


写真-1 覆工妻部空洞状況

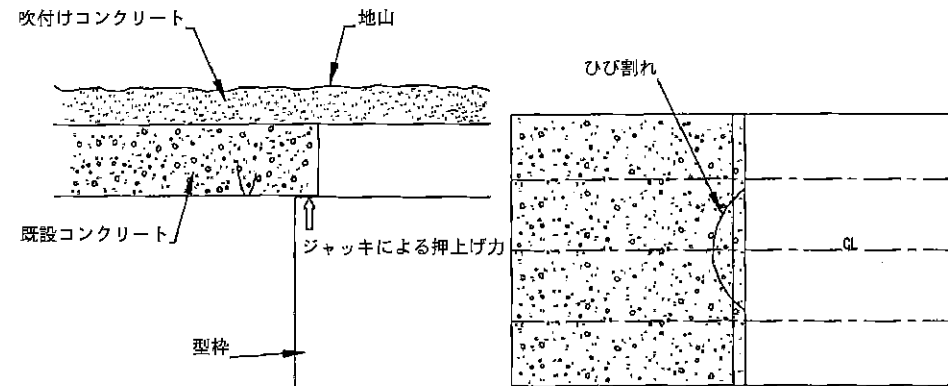
図-12 型枠据付け時のひび割れ発生例²⁾

写真-2 型枠据付け時の損傷状況(型枠の過度な押下げによる損傷)



写真-3 型枠据付け時の損傷状況(型枠の密着不足による損傷)

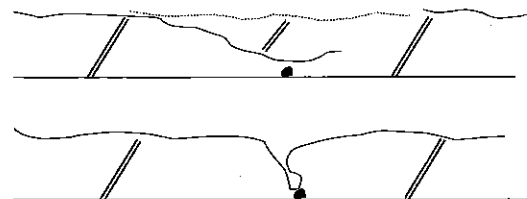


図-13 防水シートによる巻厚不足状況の例

のが現状である。しかし、若材齢時における圧縮強度の発現性は、セメントの種類、配合条件および使用する混和材料によって異なるとともに、養生条件によっても大きく相違する。そのため、同じトンネル内でも外気の影響が大きい坑口付近などでは、打設時期によっては、型枠存置時間を長くとり、十分な強度発現のための対策が必要となる。

4-1-4 養生

従来、坑内環境は、高湿度で気温が一定ということもあり、覆工コンクリートの養生について十分に配慮されていなかった。さらに、2000(平成

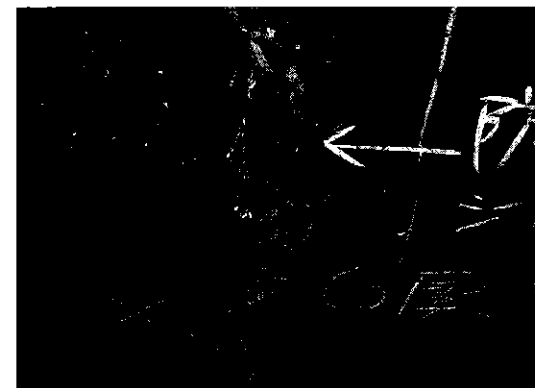


写真-4 防水シートによる巻厚不足状況

12)年に当時の厚生労働省が示した「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」によって、坑内の作業環境改善のため換気設備を充実させたことで、坑内が乾燥状態となり、覆工コンクリートの乾燥収縮ひび割れの発生が懸念されている。

このため、より良い覆工コンクリートの品質確

保に向けた養生に関する技術開発がなされ、種々の養生工法が現場で採用されてきている。

4-2 維持管理段階における覆工に関する課題

4-2-1 点検・調査

覆工の不具合事象は、利用者被害に直結することから、点検が担う役割は、非常に大きい。

(1) 鉄道トンネルの点検(検査)の体系

鉄道トンネルは、『鉄道構造物等維持管理標準』(2007年)⁹⁾に沿って検査が実施されており、その概要は次のとおりである。

- ・初回検査：初期状態を把握するために、目視、打音調査などにより新設時の供用開始前に実施。
- ・全般検査：健全度の全体把握とともに個別検査や措置の要否判定のために、全トンネルを対象として目視と打音により定期的に実施。「通常全般検査」(2年ごと)と「特別全般検査」(新幹線10年、在来線20年ごと)がある。
- ・個別検査：全般検査などで「健全度A」と判定された場合に実施。詳細な調査を行い、変状の原因推定、将来予測、措置の要否・時期などを判断。
- ・随時検査：地震や大雨などで変状が発生した場合など必要な場合に実施。

(2) 道路トンネルの点検の体系

道路トンネルにおける点検としては、『道路トンネル定期点検要領』(2014年)⁷⁾、『道路トンネル維持管理便覧』(1993年)⁸⁾、および『保全点検要領 構造物編』(2012年)⁹⁾など、それぞれの管理者によって点検手法や頻度などが定められており、その概要は次のとおりである。

- ・初回の定期点検(初期点検)：構造物の完成後の初期状況を把握することを目的として実施。
- ・日常点検：原則として道路の通常巡回を行う際に併せて実施する目視点検をいい、道路上を走行しながら車中から視認できる範囲のトンネル状況などを目視または車上感覚によって把握。
- ・定期点検：トンネルの最新の状態を把握するとともに、次回の定期点検までに必要な措置

等の判断を行ううえで必要な情報を得るために実施。

- ・異常時点検(特別点検)：日常点検により異常が発見された場合に実施。
- ・臨時点検：地震、集中豪雨およびトンネル内の事故災害などが発生した場合、主にトンネルの安全性を確認するために実施。

(3) 点検・調査における課題

上述した全般検査や定期点検については、目視および必要に応じて打音や触診により変状の評価、把握を行っているが、覆工すべてにおいて確認することは、労力と時間を要し、それに伴う線路閉鎖や交通規制なども長期間となっている。また、目視などによる定期的な点検では、変状の進行把握が困難であり、変状の評価に対して個人差によるばらつきが生じる可能性がある。そのため近年では、変状展開図などの記録の作成、覆工表面の自動撮影技術の開発・活用、DB化などにより、客観化、システム化が図られつつあるが、すべての事業体で活用できる段階には至っていないのが現状である。

4-2-2 剥落(閉合ひび割れ、浮き・剥離)

覆工の剥落事象は、覆工に発生するひび割れが要因として考えられるが、ひび割れの発生・進展のメカニズムは多様であり十分に解明されておらず、また、覆工内部のひび割れ状態を覆工表面から正確に把握することは困難である。そのため、近接目視や打音点検にて、ひび割れやコールドジョイントなどの分布や形態、打音、漏水の有無などによって浮き・剥離箇所の定性的な把握を行わざるを得ないのが現状である(写真-5)。

4-2-3 漏水・つらら

覆工からの漏水やつららは、主として矢板工法の覆工の目地部、打ち継ぎ目およびひび割れ箇所からの発生が多く見受けられる。しかし、建設時にNATMによる施工で防水工を実施している箇所においても一部で漏水が発生するなど、維持管理段階における漏水対策が課題となっている。とくに寒冷地においては、つららの発生の原因となり、巡回時につららの成長を把握し、定期的

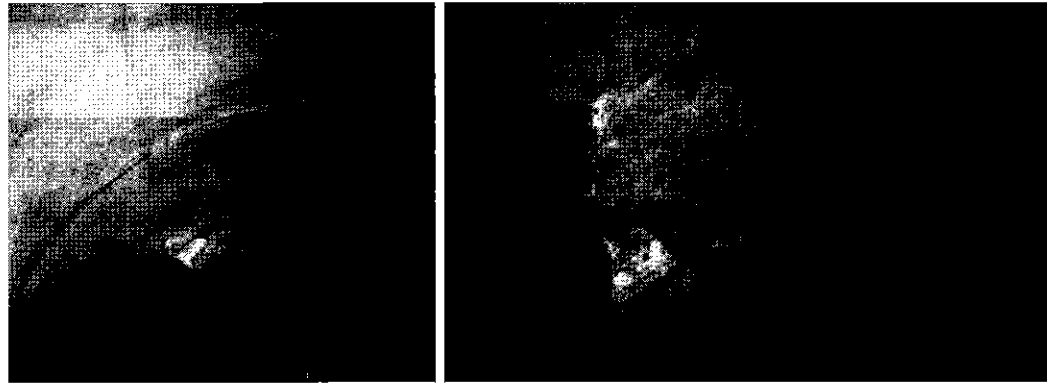
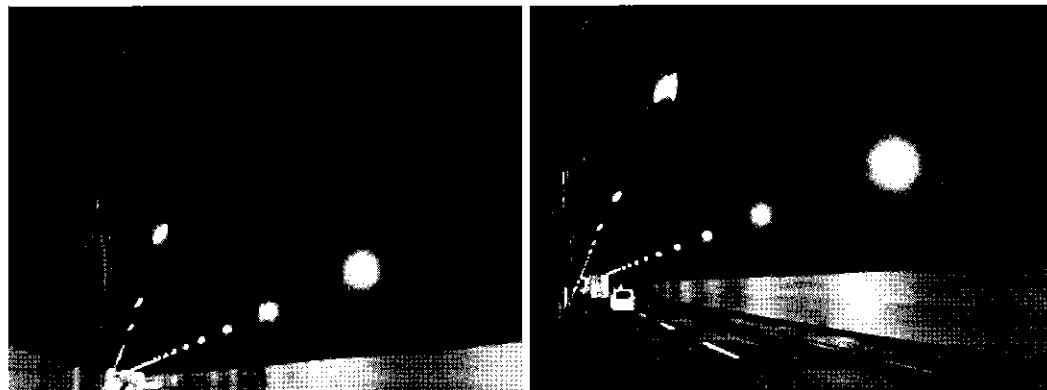
写真-5 覆工コンクリートの剥落状況¹⁰⁾

写真-6 つらら状況

つららを落としたり、表面断熱工による対策を講じているのが現状である(写真-6)。

4-2-4 補修・補強

トンネルは、多種多様な地質条件や施工条件のもとで建設され、一部のトンネルでは供用後の周辺環境の変化や老朽化の進行に伴い変状が確認され、補修・補強のための対策工を実施してきている状況である。

とくに、矢板工法で施工されたトンネルにおいては、老朽化が顕著である。また、矢板工法は、2-2節で述べたように建設時に覆工天端部背面に未充填の空洞がある場合が多い。アーチ構造であるトンネル覆工は、覆工と背面の地山を密着させて地盤反力が均等に作用するようにし、覆工全体に軸力がかかるようにすることとともに、空洞による周辺の地山の過度な緩みを防止することが重要であることから、とくに矢板工法のトンネルに

おいては、背面空洞状況を点検結果から適切に判断し、計画的に着実な背面空洞充填を実施することが重要である(写真-7)。

鉄道トンネルの場合、前述した夜間などの短い列車間合と軌道や架線などの諸設備の存在のほかに、長く単調で狭小な坑内、少ない建築限界外余裕、多様な覆工材料(れんが、石、コンクリートブロック、場所打ちコンクリートなど)、列車風圧や振動の作用など、補修・補強などの措置を行う際に対応しなければならないさまざまな制約条件がある。

一方、道路トンネルの場合、一般走行車に対する安全と交通の確保が第一優先であり、補修、補強の検討にあたっては、車線規制を行いながらの施工が可能となる工法が求められている。いずれも、変状の発生要因に応じた効率的かつ安全な対策が必要である。



写真-7 背面空洞状況

4-2-5 記 録

点検結果や補修、補強履歴を記録として残し、データを蓄積していくことは、供用期間中にわたりの確な維持管理を行うために重要なことである。記録は、過去の状況把握や発生要因を解明するのにも活用できる。また、建設時の地質や変位量などの施工記録も含めて、データを一元管理していくことが望ましい。

⑤ 今後の進め方

本連載は、現計画では計9回を予定しており、今後は覆工の設計・施工概論に始まり、本編で記述した課題に対する覆工コンクリートの品質向上技術や維持管理における点検、補修および補強技術について紹介していくこととする。

本講座が、今後、トンネル技術者の技術力向上やトンネルの高品質な建設および効率的な維持管理の一助になれば幸いである。

(文責：水野希典・(株)高速道路総合技術研究所/小島芳之・(公財)鉄道総合技術研究所)

表-2 今後の連載リスト(予定)

回数	項 目
第1回	覆工の現状と課題
第2回	覆工の設計・施工概論
第3回	覆工コンクリートの品質向上技術(材料)
第4回	覆工コンクリートの品質向上技術(施工法)
第5回	覆工コンクリートの品質向上技術(養生)
第6回	覆工の点検技術
第7回	覆工の点検法
第8回	覆工の補修・補強(概論)
第9回	覆工の補修・補強(技術)

参 考 文 献

- 1) 平山復二郎：山岳トンネル，日本工人倶楽部出版部，1929.
- 2) 土木学会：山岳トンネル覆工の現状と対策，トンネル・ライブラリー第12号，2002.9.
- 3) 高速道路のトンネル技術史に関する調査研究委員会：トンネル技術の歴史，トンネルの建設と管理，高速道路調査会，2014.3.
- 4) 齊藤徹・吉村恒・野沢太三・藤井浩：トンネル工事ポケットブック，p.244，山海堂，1983.
- 5) 水野希典・大津敏郎・岩尾哲也・増田弘明：覆工コンクリートの長期耐久性に関する検討，トンネル工学報告集，Vol.24，No.12，2014.12.
- 6) 国土交通省鉄道局監修・鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)トンネル，2007.1.
- 7) 国土交通省道路局：道路トンネル定期点検要領，2014.6.
- 8) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧，1993.11.
- 9) 東・中・西日本高速道路：保全点検要領 構造物編，2012.4.
- 10) 運輸省：トンネル安全問題検討会報告書，2000.2.

建設工事の地質診断と処方

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



株式会社 土木工学社

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



解説

文献紹介



- 杉山和久・白田利之・木村亮：地下建設工事においてトラブルが発生しやすい地盤の特性と対応技術，地盤工学会誌，Vol.62，No.9，2014.9.
- 菊池雄輝：蒸気圧破砕薬ガンサイザーによる破砕事例，特集/壊す，土木技術，Vol.69，No.10，2014.10.
- 特集/東海道新幹線開業50年，維持管理と大規模改修，基礎工，Vol.42，No.10，2014.10.
- 特集/安全・良質な推進工事を堅持する，月刊推進技術，Vol.28，No.10，2014.10.
- 片山博之・濱田良幸・松岡馨：アーバンリング工法，都市型圧入ケーソン工法，特集/支える，土木技術，Vol.69，No.11，2014.11.
- 畠田篤志：トンネルを支える計測技術「3Dマッチ」，特集/支える，土木技術，Vol.69，No.11，2014.11.
- 曾我典仁：未曾有の大規模アンダーパニング，京葉線東京地下駅，特集/支える，土木技術，Vol.69，No.11，2014.11.
- 特集/隧道沸騰，日経コンストラクション，No.603，2014.11.10.
- 特集/ケーシング立坑実用化30年，月刊推進技術，Vol.28，No.11，2014.11.
- 米沢実：東京湾アクアラインシールドトンネル，特集/まわす，土木技術，Vol.69，No.12，2014.12.
- 特集/次なる発想の源となる新技術，月刊推進技術，Vol.28，No.12，2014.12.

研究・開発

- 浅沼廉樹：テールクリアと真円度の連続計測システムの開発，建設機械，Vol.50，No.8，2014.8.
- 田中弘栄：インフラの維持管理に貢献する異業種の取組，プラスチック加工メーカー，発泡ウレタン使用するトンネル補修工法開発，道路，No.881，2014.8.
- 真下義章・鈴木正憲・藤井攻：3Dスキャナによる山岳トンネルの情報化施工適合性調査，中部横断自動車道八之尻トンネル工事，建設機械，Vol.50，No.9，2014.9.
- 木下茂樹：カッターの回転を利用したシールド切羽地盤の可視化，特集/まわす，土木技術，Vol.69，No.12，2014.12.
- 有野治・上島菜美子・安藤昌文・橋口隆志：山岳水路トンネルの耐震調査手法の検討，水土の知，Vol.82，No.12，2014.12.

計画

長谷川収良：東京メトロのハノイ市都市鉄道整備事業支援，土木技術，Vol.69，No.8，2014.8.

施工

- 特集/下水道トンネル技術が実現する安心安全，月刊下水道，Vol.37，No.8，2014.8.
- 辻知英：LNG地下式貯槽における鋼製屋根のエアレイジング，特集/持ち上げる，土木技術，Vol.69，No.8，2014.8.
- 蓼沼慶正：小土被り山岳トンネルへの適用，特集/浅層・中層混合処理工法，基礎工，Vol.42，No.8，2014.8.
- 特集/下水道施設の長寿命化，防水ジャーナル，No.513，2014.8.
- 特集/世界が認めた最高水準の推進技術，月刊推進技術，Vol.28，No.8，2014.8.
- 渡辺修・立澤延康・土橋功：水害のない安心して住める街づくりをめざして，白子川地下調節池工事，特集/守る，土木技術，Vol.69，No.9，2014.9.
- 特集/障害物を坑内から撤去，難工事を克服，月刊推進技術，Vol.28，No.9，2014.9.
- 浅野浩史：トルコ・アジアヨーロッパ大陸の風を通す，ボスボラス海峡横断鉄道トンネル建設工事，土木技術，Vol.69，No.10，2014.10.
- 石川県基之助谷地すべり対策，標高2,000mでの山ごもり工事，日経コンストラクション，特集/自然に挑む，No.601，2014.10.13.
- 愛媛県鹿野川ダム改造事業，国内初のトンネル洪水吐き増設，特集/自然に挑む，日経コンストラクション，No.601，2014.10.13.
- 既存の地下鉄に沿ってトンネル増設，東京メトロ有楽町線平面交差解消工事（東京都），ズームアップトンネル，日経コンストラクション，No.602，2014.10.27.
- 相澤享：京王電鉄調布駅付近連続立体交差工事，線路を支える，特集/支える，土木技術，Vol.69，No.11，2014.11.
- 田中啓之：世界最長級パイプルーフで道路立体交差化，特集/支える，土木技術，Vol.69，No.11，2014.11.
- 特集/道路トンネルの保全技術，防水ジャーナル，No.516，2014.11.
- 谷岡敏幸：鹿野川ダム改造事業の工事進捗状況（中間報告），ダム技術，No.338，2014.11.
- 特集/トンネル，建設機械施工，Vol.66，No.11，2014.11.

工法・技術・製品ニュース

住宅地に近接した現場で振動・騒音をコントロール



(上)発破の瞬間，(下)eDev™ II

鹿島建設は、秒時現場設定型高精度電子雷管「eDev™ II」を住宅地に近接するトンネル2現場での発破作業に適用し、さまざまなデータを蓄積しながら、高度な制御発破方法を確立したと発表した。

「eDev™ II」はオリカジャパンが販売する電子雷管で、現場で秒時を自由に設定することで、現場の地質や周辺環境に応じて、現場で発破の仕様を最適化できる。秒時を細かく設定しても干渉しないため、増幅することなく発破時の振動を確実に抑制できる。

一級河川安永川トンネル新設工事（平和・秋葉工区）（愛知県豊田市）は、地上の住宅地から十数m下を掘削する近接施工となるため、振動低減が大きな課題となった。「eDev II」を適用した一連の発破試験を通じ、振動値や周波数特性などのデータ、ノウハウを蓄積した結果、先行起爆孔と後続起爆孔の振動波形が重なり合うことによる振動の増幅を回避しつつ、

それぞれの起爆秒時間隔を可能な限り小さくすることで発破継続時間を短縮し、振動値と振動体感とともに抑える発破方法を確立した。あわせて、起爆秒時間隔を高精度に制御することで振動の卓越周波数をコントロールできることも確認しており、卓越周波数を高周波帯に移行させて距離減衰の効果を高めるほか、地上構造物の共振周波数を回避することも可能としている。

新名神高速道路箕面トンネル西工事（大阪府箕面市）では、坑口部付近に民家が点在しているため、騒音・低周波音対策が大きな課題となった。ここでは「eDev™ II」による制御発破を行うことで、起爆秒時間隔を短く、切れ目なく連続的に設定し、発破の継続時間を1秒程度に抑えるとともに、発生する発破騒音を高周波数帯にシフトさせた。この結果、工事ヤード外の住宅地における低周波音圧レベルが、従来の雷管と比較して4～5 dB低減された。

鹿島建設(株)広報室
Tel 03-6438-2557
URL <http://www.kajima.co.jp>

製品 アキレスTn-p工法の冬季施工対応の注入材を新開発



Tn-p工法施工状況

アキレスは、トンネル補修技術「アキレスTn-p工法」において、冬季施工時の課題点を改善するための新ウレタン注入材「SK-02W」を開発し、「アキレスTn-p工法（冬仕様）」の受注を開始した。

同工法は、既設トンネルの覆工コンクリート背面の空洞に発泡ウレタンを注入充填して補修する裏込め注入工法。多くの実績があるが、寒冷時は、注入する発泡ウレタンの液温が下がることで粘度が上がり、施工性が悪くなることに加え、反応が遅くなって固化時間が長くなり、亀裂などからの材料流出の危険性が高まるといったデメリットがあった。

そこで同社では、冬季施工時の課題点を改善するため、40倍発泡タイプの発泡ウレタン「SK-02」の冬仕様として、新たに「SK-02W」を開発。新注入材の液温が10℃でも現行品の25℃と同等の固化時間を実現し、材料流出の危険性を低減させた。粘度も約500mPa/20℃と、現行品に比べて34%低減でき、施工性が改善される。

材料開発と合わせ、寒冷地域での施工対応として、温調設備を追加した新しい注入機も開発しており、温調設備付き注入機を導入したのは、トンネル裏込め注入工法では業界初となる。

アキレス(株)開発営業部
Tel 03-3225-2261
アキレス(株)マテリアル販売宣伝課
Tel 03-3225-2133
URL <http://www.achilles.com>



(一社)日本トンネル技術協会 国際委員会

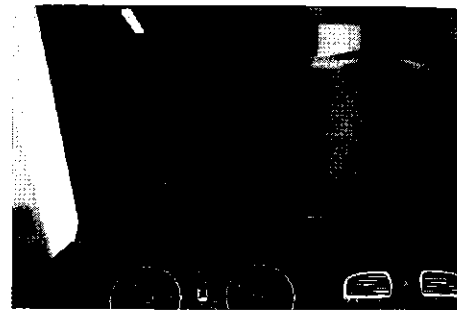
安全にトンネルを通過?トンネル火災で人はどのような行動を取るか/Safely through the Tunnel?—How People behave in Tunnel Fires

TUNNEL, August, 2012

道路トンネルで万一火災が発生したら、迅速に正しく行動することが大切である。危険を早期に発見し、火災発生を知らせる音を鳴らし、トンネルから避難することで人命を救うことができる。運転者の多くが危険に正しく反応せず、間違った行動で危険に身をさらすのは依然重要な問題点として残っている。トンネル火災では、例えば緊急電話で援助を要請し、安全確保のために避難出口を用いる目的で、車をできるだけ早く離れることがとくに重要だとされている。

ここでは、45人の被験者を無作為に3グループに分け(Gr. 1:安全行動に関する事前情報なし, Gr. 2:安全パンフレットを予習, Gr. 3:パンフレット予習とバーチャル運転シミュレータを用いた火災時の正しい行動訓練), トンネル内で火災を伴う事故の現場シミュレーションを行い、観察要項(observation protocol)とビデオ収録にもとづく行動観察結果を報告している。

情報, 訓練なしのGr. 1では、不適切で自ら危険を招く行動が真っ先に生じた。場合によっては20%以上の人が、すっかり煙に包まれるまで車の中にとどまった。事故現場近くの緊急避難口や緊急電話を見つけようとしたのは、このグループの半数以下であり、被験者の中には火災に近づきすぎた、車の中に留まった、または戻ろうとした者がおり、かなりの危険を意味する。



バーチャルドライビングトレーニングのスクリーンショット

これに対し、予備知識を与えられたGr. 2の75%と訓練を受けたGr. 3すべての被験者は正しい対応をし、非常出口やSOS電話の方向に向かって事故現場の車から離れた。

Gr. 1では、男性と女性が異なる行動を取ったという結果も得られている。SOS電話や非常出口を真っ先に目指したのはすべて女性であった。男性の被験者は、車に留まる傾向があった。パンフレット情報(Gr. 2)は、男女間の差を減らすのに十分であった、またバーチャル空間での訓練は、調査にかかわった男性の好ましくない行動をすべて消し去っている。その他、行動形態とは別に、自己救済までに経過する時間も大切なファクタである。訓練を受けたGr. 3はほかのグループより平均で20秒も早く避難した。行動に関する訓練が手順の記憶の中に取り込まれているという理由によるとしている。

安全基準の考え方は、事故などの重要なイベントが起きる確率を減らすこと(一次防止策, 例: 眠気の兆候を運転者に告げる居眠り警報システム)であり、危険なことが万一起きたとき、使用者のために被害の程度(二次防止策)を減らす必要があることである。上記のシミュレータ訓練は一次、二次防止策の両方に分類されている。

人的なミスはトンネル火災の場合致命的である。万が一使用者が予想どおり「合理的に」行動をしない場合、最新の安全基準であっても絶対的な安全を提供することができない。使用者の行動を改善するためのアプローチとしてバーチャルリアリティによる行動訓練の適用が強調される。

(文責: 小川豊和・大成建設(株))

一般社団法人

日本トンネル技術協会

会 報

1. 会員の現状

	12月31日現在
個人会員	851名
団体会員	202名
推薦会員	202名
特別会員	12名
名誉会員	0名
賛助会員	167名
合 計	1,444名

2. 委員会の開催状況(12月1日~31日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

・広報小委員会

ホームページWG(12/8)

須藤敏明主査ほか6名、40周年広報対策を検討
会誌WG(12/3)

大島洋志主査ほか12名、1月号の会誌と3か月計画を検討

◎設立40周年記念事業実行委員会

作品展示等WG(12/9)

吉富幸雄主査ほか11名、作業状況の確認と展示品の検討

作品展示等WG作品サブWG(12/18)

江戸川修一主査ほか5名、応募作品を整理

映像記念誌WG記念誌サブWG(12/19)

安井啓祐主査ほか9名、あゆみ原稿を検討

◎国際委員会

・海外文献小委員会

海外文献WG(12/18)

福井勝則主査ほか12名、海外文献を査読

海外ニュースWG(12/24)

清水健志主査ほか9名、海外文献を査読

計 7回開催 71名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

・都市部近接施工ガイドライン編集小委員会(12/12)
小山幸則委員長ほか18名、編集状況を確認

文献調査WG(12/15)

滝本邦彦主査ほか9名、委員会指摘事項を検討
参考資料WG(12/19)

山元寛哲主査ほか9名、委員会指摘事項を検討
・山岳工法小委員会

支保WG(12/10)

丸山修主査ほか19名、報告書原稿の検討および
シンポジウム実施案を検討

・都市トンネル小委員会

シールド変遷史編集WG第1サブWG(12/16)

河越勝主査ほか7名、原稿を検討

◎受託研究特別委員会

・長期耐久性特別委員会(12/1)

西村和夫委員長ほか22名、経過報告および作業方針を検討

・九州新幹線(西九州)トンネル委員会幹事会

(12/9, 10)

大島洋志幹事長ほか27名、各トンネルの設計・施工法の検討および現地視察

・中央新幹線大深度地下シールドトンネル技術検討委員会(12/11)

今田徹委員長ほか60名、報告書(案)を検討

・シールドトンネル補修補強対策検討委員会(12/26)

小泉淳委員長ほか28名、補強範囲および構造などを検討

計 9回開催 208名出席

合計 16回開催 279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41回ITA総会およびコンgres 「Promoting Tunnelling in See Region」	2015. 5. 22~28	ドヴロヴニク (クロアチア)	Croatian Tunnelling Association ITA(国際トンネル協会) http://wtc15.com/
第42回ITA総会およびコンgres 「Uniting the 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://www.wtc.2016.us
第43回ITA総会およびコンgres 「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)

*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26年度催物開催現況

(平成26年12月現在)

催 物 名	開 催 日	人数	場 所	CPD取得単位
(現場研修会)				
東北地区道路トンネル工事現場研修会	2014. 6.27	18	宮 城	2.0
—国道108号花刈山2号トンネル—				
中部横断自動車道トンネル工事現場研修会	2014. 7.24	32	山 梨	2.8
—八之尻トンネル、宮狩トンネル—				
北海道道路トンネル工事現場研修会	2014. 8.28	23	北海道	3.8
—北海道横断自動車道第二天神トンネル・天狗山トンネル、国道 5号忍路トンネル—				
近畿地区道路トンネル工事現場研修会	2014. 9.12	20	兵 庫	2.0
—名塩道路・八幡トンネル—				
有楽町線小竹向原・千川間連絡線工事現場研修会	2014. 9.29	21	東 京	2.0
九州新幹線(西九州)トンネル現場研修会	2014.11.28	16	長 崎	3.5
—第一本明トンネル、新長崎トンネル(東)—				
東北地区道路トンネル見学会	2014.12.17	10	福 島	2.0
—名八木沢トンネル—				
(施工体験発表会)				
第74回(山岳)「課題克服に取り組んだトンネル工事—新技術、創 意工夫、周辺環境への配慮—	2014. 6.24	172	東 京	6.3
第75回(都市)「創意工夫・新技術によるトンネル・地下構造物工 事—新設および改良・再構築の施工事例—	2014. 6.25	114	東 京	5.5
(講演・講習会)				
第16回ステップアップ研修会(シールド)	2014.10. 1~2	34	東 京	15.5
第17回ステップアップ研修会(山岳)	2014.11. 6~7	19	東 京	9.8
「トンネル技術者のための地相入門」講習会	2015. 3. 6	40	東 京	
(記念事業)				
トンネル保守管理特別講演会	2014.10.29	143	東 京	3.7

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

2015トンネル技術研究発表会(北海道)のご案内

主催 北海道土木技術会トンネル研究委員会
後援 一般社団法人日本トンネル技術協会

日 時：平成27年2月27日(金) 10:00~17:00
場 所：北海道大学学術交流会館(大学正門内左側)
(札幌市北区北8条西5丁目 TEL:011-706-2141)

参 加 費：研究発表会6,000円(論文集を含む)、意見交換会4,000円

申し込み方法：FAXで申し込みください(メールでも結構です)。

申し込 先：トンネル研究委員会講習講演小委員会事務局 (株)エーティック 熊本
TEL:011-644-2803 FAX:011-644-2890

申し込み締切り：平成27年2月20日(金)

定 員：300名

詳細は、トンネル研究委員会のホームページ(<http://www.ejsd.net/tunnel/>)をご参照ください。

「トンネル技術者のための地相入門」講習会の開催

主催 一般社団法人日本トンネル技術協会

土木工学社発刊の「トンネル技術者のための地相入門」を参考図書とする若手技術者を対象とした講習会を開催いたします。地形判読技術の習得に役立つものと考えています。詳細は、本会のホームページなどに掲載しますので、多数ご参加くださいますようお願いいたします。

開 催 日：平成27年3月6日(金)

場 所：中央大学駿河台記念館330号室

千代田区神田駿河台3-11-5 TEL:03-3292-3111(事務室)

講習内容：主に図書執筆からなる講師陣による以下の講習を予定しています。

- (1)地形・地質情報の基礎的判読技術の修得
- (2)主な地形種ごとの特徴と事例解説による地形・地質情報の利用技術の修得
- (3)計画路線周辺の地形・地質情報の利用技術の修得(地形図判読実習を含む)

定 員：40名

そ の 他：プログラム(1日コース)、会場(都内)、参加費については検討中

日本のトンネル技術の紹介にご活用を

協会では、日本のトンネル技術を海外に広報するためにTUNNELLING ACTIVITIES IN JAPANを作成していますので、海外からの来客者や海外でのプレゼンテーションなどに役立つアイテムとして活用お勧め致します。最新版は2014年5月に発刊のものです。

内容の詳細はweb(http://www.japan-tunnel.org/book_annai#_t)を参照してください

頒布価格：会員3,000円、一般3,600円 (価格協議に応じます)



3月号予告[3月1日発売予定]

特集：復興に貢献するトンネル技術

—三陸沿岸道路を柱とする復興支援道路網—

【連載講座】

●山岳トンネル覆工の長寿命化技術(2)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆昨年末ごろ、何気につけたTVで東京駅の復原工事の特番をやっておりました。東京駅は2012年10月に復原工事を終え昨年開業100周年を迎えました。番組では、屋根材の天然スレートや銅版、意匠の擬石、化粧レンガとその目地など取り上げていました。

◆屋根材に使用された天然スレートは宮城県石巻市雄勝町で作成されました。このスレートは出荷前に東日本大震災で被災しましたが奇跡的に流されずに済んだものです。ただし、水をかぶって泥だらけになってしまいました。そのスレートを職人さんやボランティアの方々が1枚ずつきれいに洗い流しそして出荷を迎えたときの映像はとても感動的でした。東京駅の丸の内北口の地下コンコースにはこの屋根材に使用したスレートと同じ素材をキャンバスにして描かれた富士山の絵が展示されています。この絵は被災地の子供たちが描いたものです。ちょうど1月初旬に東京駅を利用する機会がありましたので拝見してきましたがみごとな作品でした。なお、復原された東京駅のディテールについては、こちらのサイト(http://www.jreast.co.jp/Tokyostation/pdf/tokyostation_map.pdf)で少し紹介されておりますので興味のある方はご覧下さい。

◆余談ですが、今回の東京駅の工事では「ふくげん」の漢字が「復元」ではなく「復原」が用いられております。すべて新材を用いて修復するのが「復元」に対して、「復原」は一部旧材を用いて修復するときに用いるそうです。「復原」は文化財の修理などでよく用いられる用語のようですが、どちらも「元の状態に戻す」という意味で一般的には同義とされております。

◆私事ですが、年末は風邪をひいて床に伏せておりました。折角の休暇が台なしになってしまいました。まだまだ寒い季節が続きますので、読者の皆様にはご自愛ほどお祈り申し上げます。

(I.Y)

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

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

トンネルと地下

第46巻 第2号 [通巻534号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成27年1月20日 印刷

平成27年2月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL: 03-3524-1755

FAX: 03-5148-3655

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

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

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

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

本誌掲載記事を無断で複写(コピー)

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

お待たせしました!

吸引捕集方式対応

ファン動力30kW

換気電力を格段に低減

48m²の設置例

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO
イダスコ・ニーヨナル

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

クラス最高の集じん効率95%

従来の電気式では達成できなかった95%以上の高集じん率を確保。

微細粉じんも逃さない電気式

電気式だから人体に有害な微細粉じん(0.2~7μm)も捕集できます。

現場メンテナンスは手間いらず

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

大風量と省エネを同時に実現

安定した処理風量で電力負荷低減とCO₂削減を実現するエコ製品です。

仕様	
品名	e-DUSCO240
型式	FTE2400-E
集じん装置の容量	1800・2100・2400m ³ /min 任意設定の4モード
全長※1	7411mm (サイレンサ含む)
全幅	2350mm
全高※2	3700mm
本体重量	10t
電源仕様	3相3線400V58kVA
ファン動力	30kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意 (伸縮風管接続時同)
洗浄水	2.4m ³ /回※3
捕集ダスト処理	湿式
集じん効率※4	95%以上

※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。
注) 伸縮風管システムは本体には含まれません。

△ 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 ☎03-3212-6575

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

図書案内

トンネル技術者のための地相入門

大島洋志 監修, 木谷日出男 編著
3,200 円＋税 B5 判

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



山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著
3,200 円＋税 B5 判

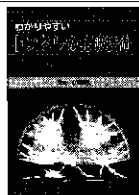
地山の力学状態を表す理論式から導かれる地山挙動の特徴を図表などを用いて手際よく説明した。トンネル掘削における工学的な理解を深化させる一冊。



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500 円＋税 B5 判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500 円＋税 B5 判

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



推進工法の理論と実際

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

推進工法の理論を、多くの挿図を用い解説した。日本の現在の推進工法の基本となった原著を邦訳の権威が翻訳・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、著者の経験も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・R.W. シュワルツ 共著, 地下水の科学研究会・大西有三 監訳

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



第 I 巻 地下水の物理と化学

4,078 円＋税 B5 判

第 II 巻 地下水環境学

4,272 円＋税 B5 判

第 III 巻 地下水と地質

3,689 円＋税 B5 判

シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660 円＋税 B5 判

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



わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825 円＋税 B5 判

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



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

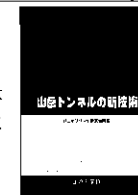
岩盤内に分布する不連続面と、掘削面など自由面の間の三次元的幾何学的関係から安定に影響する岩塊を見出す新手法を解説。



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573 円＋税 B5 判

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



ジオテキスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

E. フック・E.T. ブラウン 共著, 小野寺透・吉中龍之進・齊藤正忠・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

臼谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200 円＋税 A5 判

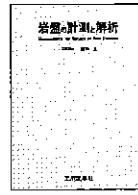
トンネル工事の際の労働衛生と環境保全の検討に有用な項目について、医学分野の知見から職業性疾患や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



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

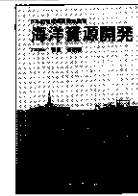
都市の代表的な地下施設である地下鉄、上水道、下水道の各トンネルについて、それぞれの主だった工法ごとに計画から施工まで実例をまじえてわかりやすく解説した。



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 は、書名、部数、送り先、氏名、電話番号を明記のうえ右記までお送りください。

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

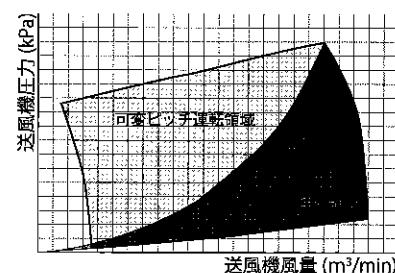
株式会社 土木工学社

トンネル工事の必需品 可変ピッチ軸流送風機 BIG-LOG



BIG-LOG は当社の開発商品です

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



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

※2 段で記載の機種はどちらか選択ができます

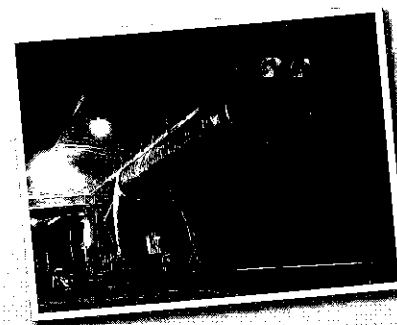


菅機械工業株式会社

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



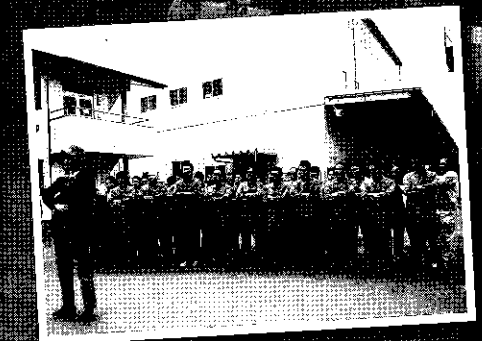
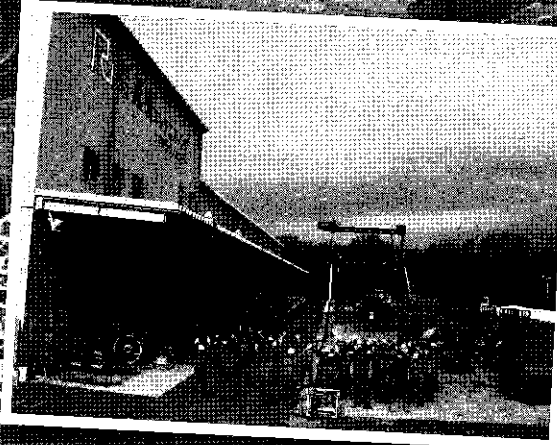
本 社 ・ 大 阪 支 店	〒550-0015	大阪府大阪市西区南堀江3-9-27	TEL 06(6541)7931
東 京 支 店	〒101-0042	東京都千代田区神田東松下町12番地	TEL 03(5296)0551
福 岡 支 店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東1-16-8	TEL 092(431)7181
名 古 屋 営 業 所	〒455-0008	愛知県名古屋市港区九番町3-37	TEL 052(653)2491
京 都 営 業 所	〒615-0022	京都府京都市右京区西院平町25	TEL 075(314)4460



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！



「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。
昨年 10 月、39 期より西村氏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

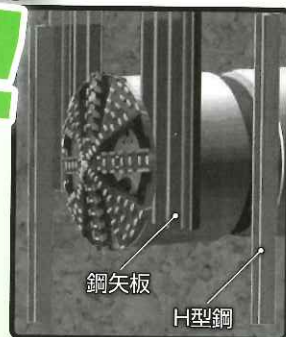
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2
TEL: 03-3452-7400
URL: <http://www.ryuki.com/>
E-mail: eigyobu@ryuki.com



ビットで斬る！

支障物用ビット

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



特長

切羽に人が出る必要がなく安全性が高い。

泥土圧・泥水式どちらでも適用可能。

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

雑誌06619-2

本体価格1,500円



4910066190255
01500