

トンネルと地下

6

vol. 42
no. 6
2011

Tunnels and Underground

住環境や自然環境への負荷を低減しトンネルを施工
 切梁軸力を側壁に盛替え開削トンネルを構築
 小口径推進工法で都心の密集市街地の通行止めを回避
 都市部へのSENSの適用検討
 鉄道トンネルにおける覆工コンクリートの劣化と維持管理

日本トンネル技術協会誌

△表岡山

大岩トンネル東坑口

月谷橋

北條トンネル東坑口

足利市街地

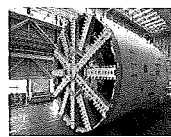
(足利市立北中学校)

(足利市立北中学校)

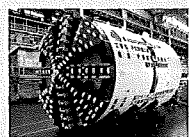
名瀬川橋

トンネル開発技術に

70年のヒストリー。



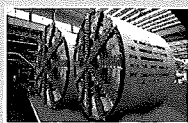
2007
(ドバイLRT用シールド)
ドバイの交通網の発展に貢献



2008
(支障物切削シールド)
土中のH杭やシートパイルを
シールドマシンで切削



2009
(中国初の大断面φ14.27m泥土圧
シールド)
上海外灘地区の交通渋滞解消に貢献
上海万博に合わせ貫通



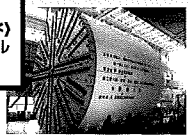
2010
(長距離・大断面φ12.6m泥土圧
シールド)
横浜市の交通ネットワークを形成する
横浜環状北線トンネル工事が着工開始



2006
(世界最大径φ15.01m泥土圧
シールド)
スペインマドリッド環状道路M30の
渋滞回避に活躍



2004
(大断面SENS工法シールド)
東北新幹線三本木原トンネル
工事の建設で活躍



2003
(超大断面・大深度・長距離
掘削用シールド)
神田川・環状七号線地下調整池
の建設で活躍



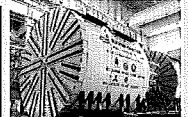
1939
(日本最初の本格的シールド)
関門トンネル工事で活躍



1989
英仏海峡トンネルT-5区貫通式
完成にわく関係者たち



1995
(90円泥水式駅シールド)
地下鉄12号線環状部飯田橋駅
工区建設工事で活躍



1993
(世界最大級の泥水式シールド)
東京湾横断道路工事で活躍

世界中で
1700台の
実績!

昭和14年(1939年)我が国初の本格的シールド式トンネル掘削機を開発して以来、三菱重工はトンネル開発技術のパイオニアとして70年にわたり国内や海外で数多くの実績を築いてきました。豊かな21世紀を育むために、三菱は最先端のジオテクノロジーでさらに前進しています。

三菱重工メカトロシステムズ(株)のシールド式トンネル掘削技術

三菱重工メカトロシステムズ株式会社 都市開発部

神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 TEL.078-672-2873 FAX.078-672-2869
 東京都港区港南二丁目16番5号 TEL.03-6716-4092 FAX.03-6716-5833

定価 1,575円
 本体価格1,500円

雑誌06619-6



4910066190613
 01500

4900号

トンネルと地下

ITA
31
KR

住環境や自然環境への負荷を低減しトンネルを施工

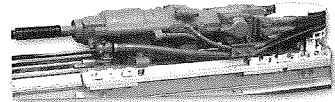
FRD
FURUKAWA

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

ホイール式ドリルジャンボ
JTH2200R/JTH3200R

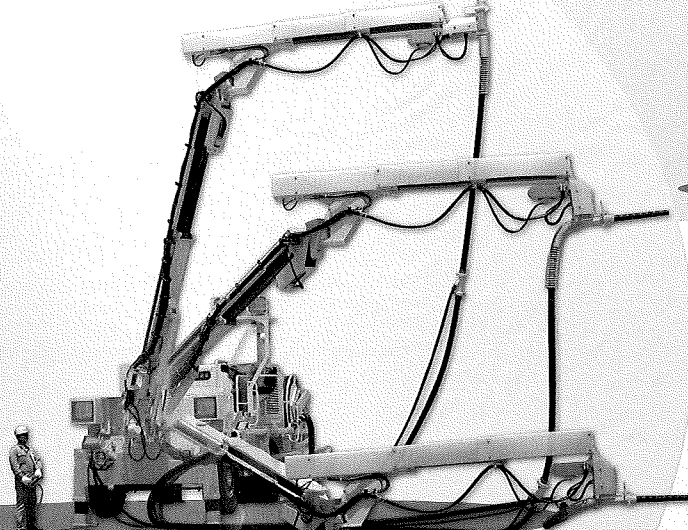
新幹線・道路・水路等の全断面および補助ベンチ工法のトンネルさく孔に威力を発揮します。

新世代型油圧ドリフタHD210 II 搭載。



◆主な仕様	JTH2200R	JTH3200R
	2ブーム、2ケージ	3ブーム、2ケージ
質量	35.5 ton	43 ton
全長	14,270 mm	14,760 mm
全幅	2,690 mm	3,140 mm
全高	4,000 mm	4,190 mm
水平さく孔範囲		
幅	12,770 mm	13,220 mm
高さ	8,490 mm	8,840 mm

自走式コンクリート吹付機(コンプレッサ搭載型)
CJM2200E-III



◆CJM2200E-III 主な仕様

質量	24 ton
全長	15,600 mm
全幅	3,000 mm
全高	4,000 mm
水平さく孔範囲	
幅 x 高さ	13.3m x 10 m

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

△ 古河機械金属グループ

FRD 古河ロックドリル株式会社

www.furukawarockdrill.co.jp

本社 〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号

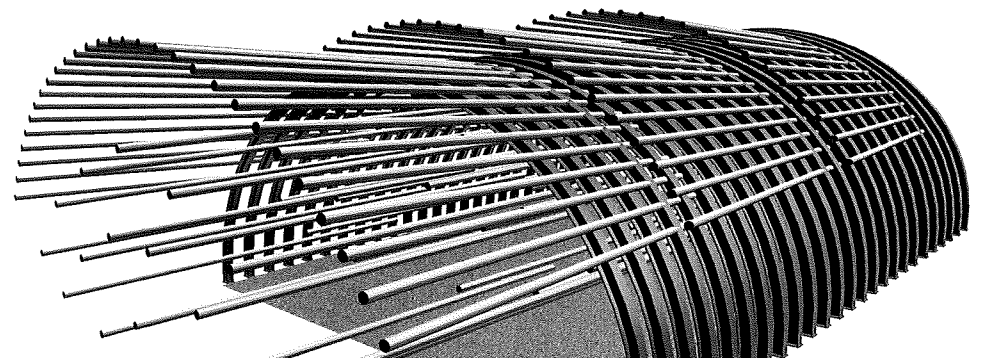
特機部 ☎03(3231)6966

札幌支店 ☎011-861-3261 東北支店 ☎022-384-8991 関東支店 ☎027-326-9611 名古屋支店 ☎0568-77-7700
関西支店 ☎06-6475-8221 広島支店 ☎082-832-3542 九州支店 ☎092-948-2010

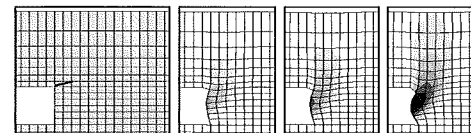
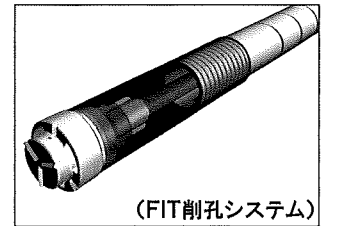
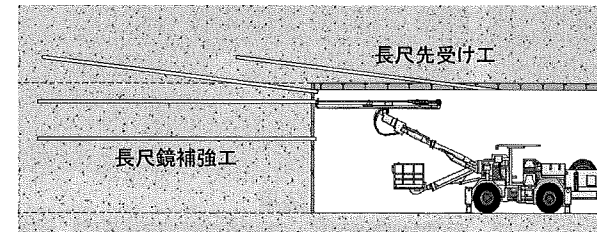
全方位 GFRP 管長尺補強システム

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

FIT 工法
FRP INJECTION TUBE



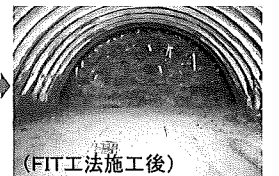
切削可能で掘削の妨げにならないGFRP管を使用し、切羽前方地山を確実にホールドできます。



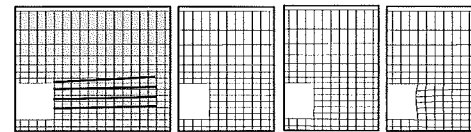
フォアポーリング



(FIT工法施工前)



(FIT工法施工後)

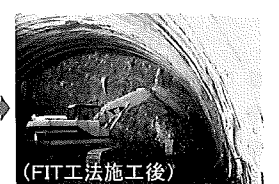


FIT工法

(数値解析による効果の検証例)



(FIT工法施工前)



(FIT工法施工後)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー

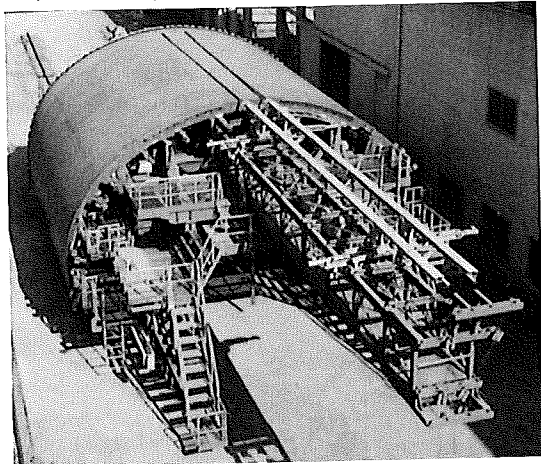


東和機電工業株式会社 かいた 穎田工場

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

創業昭和29年，設立昭和39年，昭和42年にセメント業界へ参入して，
 44年の歳月中，努力して今日まで参りました。
 九州一円離島に至るまで真心こめて納めさせて頂いた実績が，
 四国・関西・関東までの実績を伸ばしております。

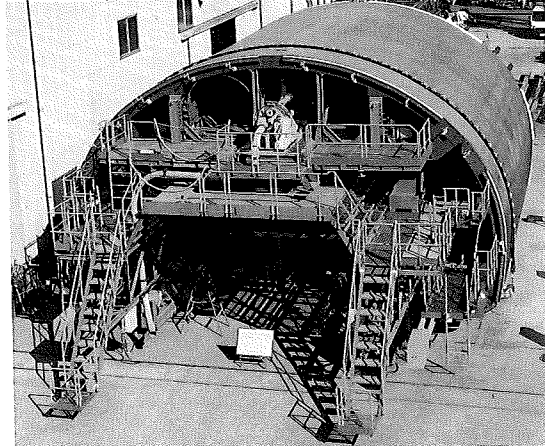
- クラウン部締め固めバイブレーター(特願)
- 中流動コンクリート用ステンレスフォーム



◎ 強靱なガイドセルに支えられたトンネルクラウン部の締め固めバイブレーターは，前進後進同一の力で抜き差し出来ます。

◎ 円周方向にスライドするガイドセルは，クラウン部の任意の位置にセットする事が出来ます。

◎ ガイドセルの上昇・下降により，任意の高さを締め固める事が出来ます。



● 自動ケレン装置



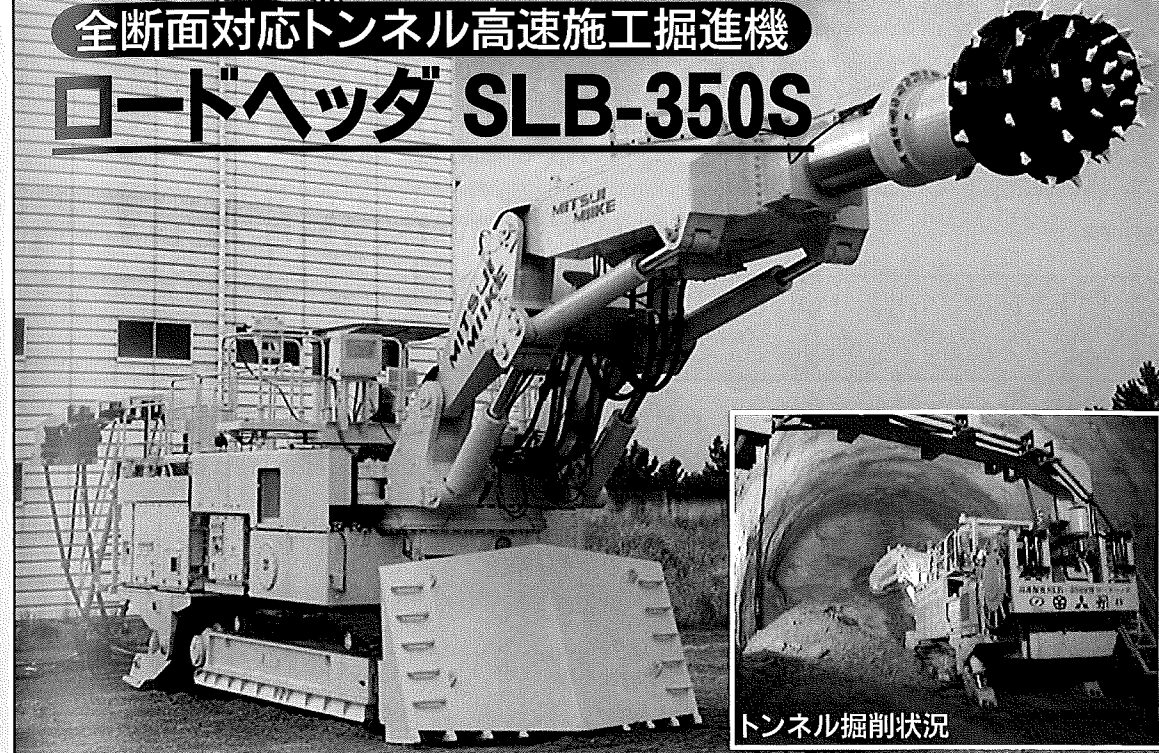
- ローター式自動配管切替装置
- 油圧式伸縮バイブレーター装置
- ラップ側押し防止センサーおよび警鳴装置
- クラック防止用弾性体式ラップアングル
- コンクリート圧力センサー
- コンクリート充填センサー

- 2段式伸縮型エア抜き
- 本坑通過型非常駐車帯セントル
- 横移動式棧橋
- 自走式シート張り作業台車
- 橋型走行クレーン
- コンクリート養生設備

常に顧客のニーズに応えるため，安全性と施工効率を追求し，
 高品質な製品を納めさせて頂きます。

全断面对应トンネル高速施工掘進機

ロードヘッド SLB-350S



トンネル掘削状況

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充分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており，ベンチ長は最大5mまで確保できます。又，中折れブームを取り外しての全断面掘削，及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し，及び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。(硬岩用ドラム使用)
- 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，下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。
- ディーゼルエンジンの搭載により，ロードヘッド単独での走行が可能です。よって，機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり，作業時間が短縮されます。

※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。
 ※2 播磨・コンベヤ仕様の場合，ディーゼルエンジンは搭載されません。



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

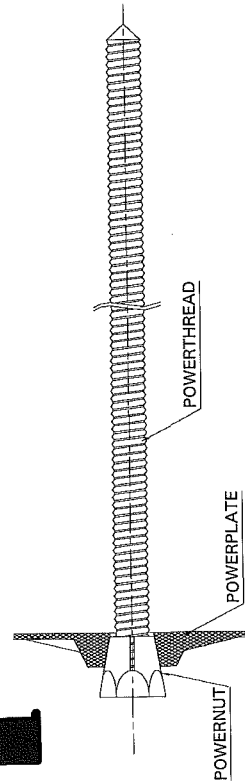
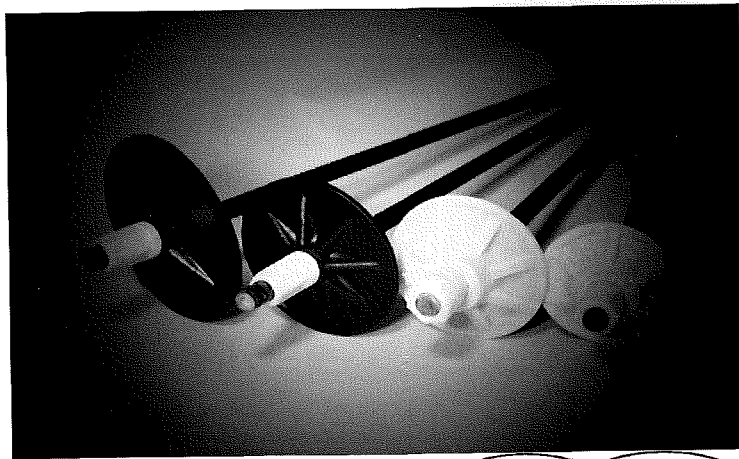
パターンボルトのGRP化

POWERTHREAD

耐食機能に優れたロックボルト

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

※ GRPとは、Glassfiber Reinforced Plastic
(ガラス繊維強化プラスチック)の略。



- ・棒鋼型ロックボルトと同等の耐力を有する。
- ・軽量である。
- ・腐食しない。錆びない。
- ・導電しない。耐電しない。
- ・製造過程でのCO₂排出量が少ない。

環境にやさしいロックボルトシステム

KATECS

株式会社 カテックス
建設資材事業部

ホームページ <http://www.katecs.co.jp/>

技術営業部

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

東京支店

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

九州営業所

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

中部営業部

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

関西営業所

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

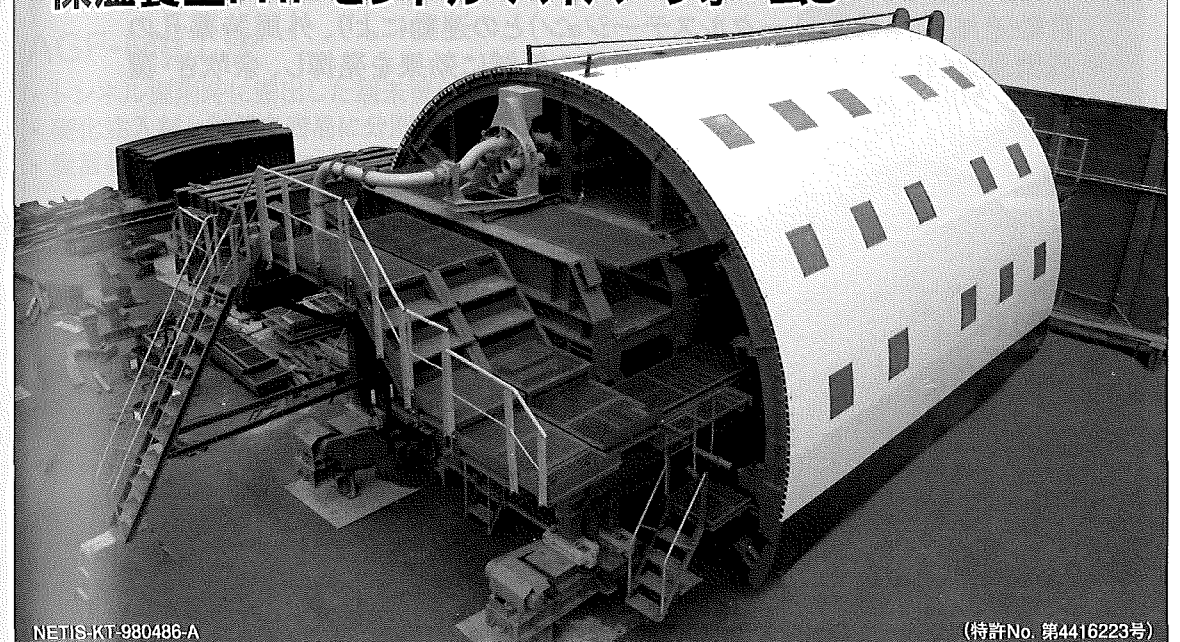
北海道地区(株)エイチ・オール・オー

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

高品質・高耐久 覆工コンクリートを目指して

保温養生FRPセントル ハイパーフォームG

[実績17件]

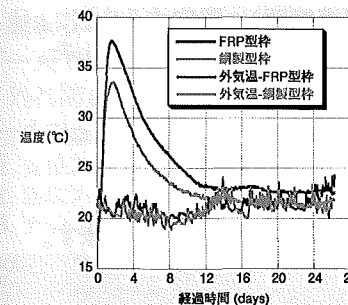


NETIS:KT-980486-A

(特許No. 第4416223号)

■覆工コンクリート温度の経時変化

[宮崎大学との共同研究により、橋アジタ 古江トンネル南にて測定]



◎3~4℃の保温効果により、コンクリート強度が15~20%向上

■鋼製型枠との比較

項目	単位	ハイパーフォームG	鋼製型枠
基準サイズ	mm	900×10500×55	300×1500×55
重量	N/m ²	145.1	405
比重		1.8	7.8
曲げ強度	MN/m ²	294.2	333.4
剛性E・I	N・m ²	3.66×10 ⁴	5.39×10 ⁴
熱伝導率	W/(m・k)	0.30	46.5
線膨張率	1/°C	1.0×10 ⁻⁵	1.1×10 ⁻⁵
光線透過率	%	2.2	0

特徴

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

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

※九州営業所は下記の住所に移転しました。

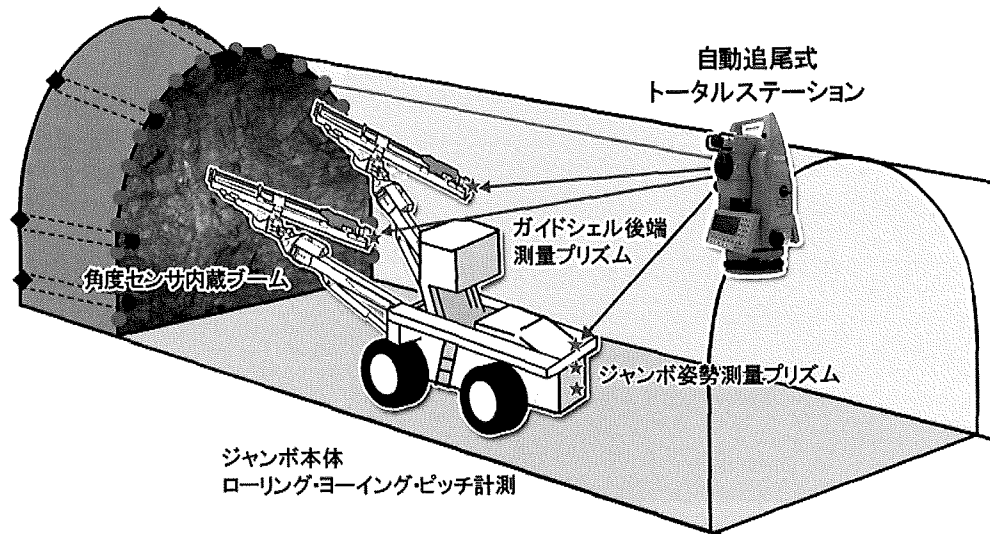
■ 本社	〒553-0006	大阪市福島区吉野1-20-30 阪神野田駅前ビル	TEL:06-6443-7060
■ 九州営業所	〒812-0011	福岡市博多区博多駅前2丁目20番1号	TEL:092-409-8008
■ 指定工場	〒919-0441	福井県坂井市春江町定重(森本工業)	TEL:0776-51-2410

NETIS登録番号:KK-100049-A

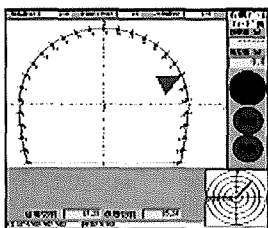
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社

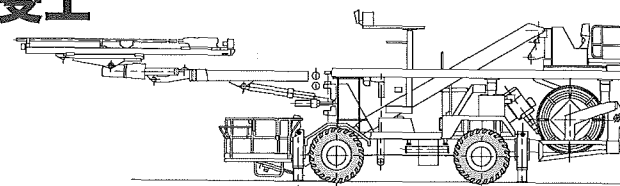
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

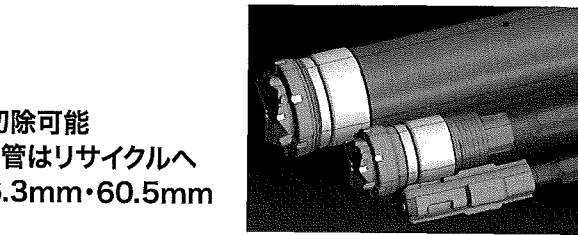
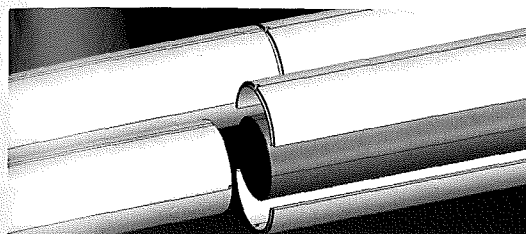
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



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。



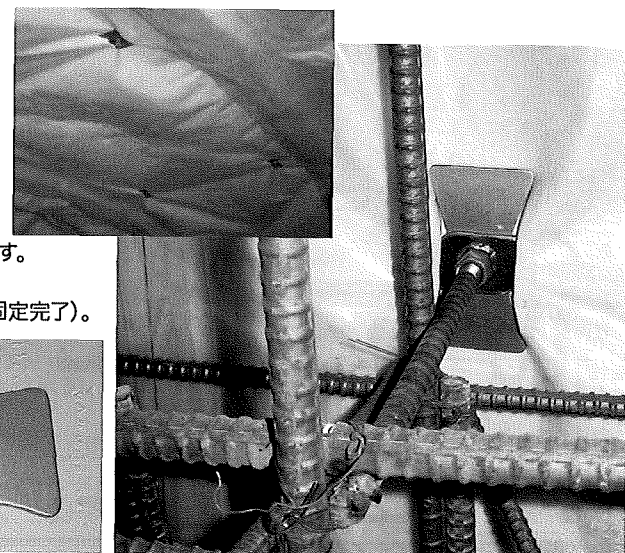
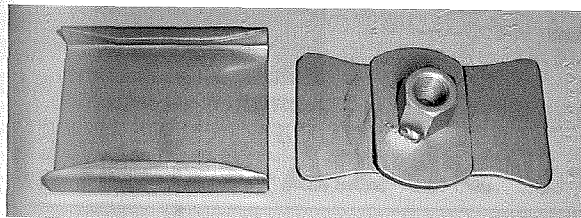
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

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. 回転プレートを押し込みます。
3. ナットを回し、止め位置まで90度右回転します(固定完了)。



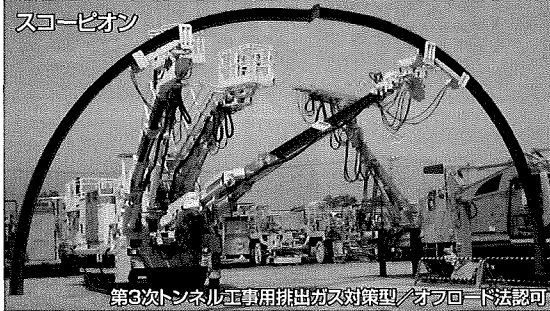
東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

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

株式会社 トーキョーオール

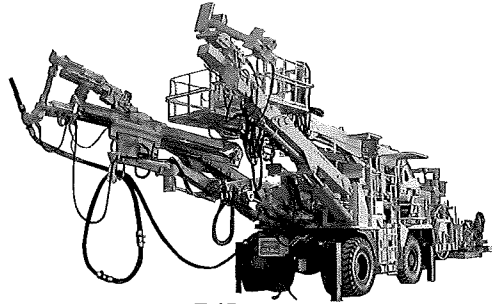
〒210-0854
神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11
Tel: **044-333-0012** Fax: **044-333-0321**
(お問い合わせ先)

山岳トンネル施工機械、鉱山・採石機械の総合レンタル企業

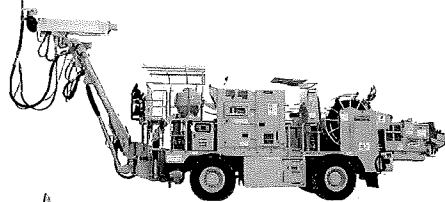


スコープオン

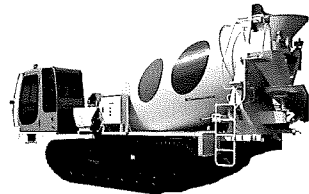
第3次トンネル工事用排出ガス対策型/オフロード法認可



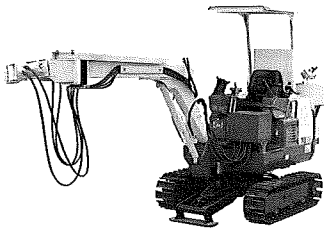
EJS
第3次トンネル工事用排出ガス対策型



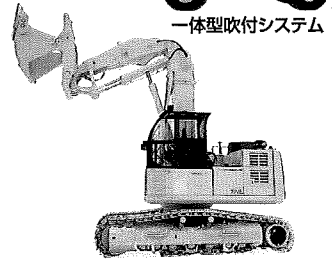
一体型吹付システム



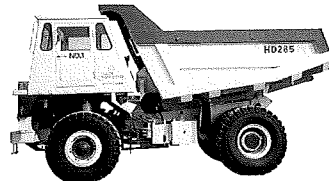
ゴムクローラ式ミキサー車



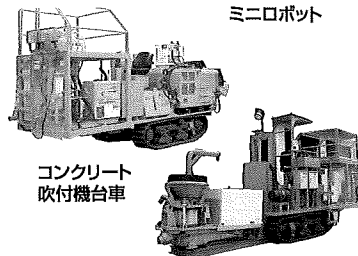
ミニロボット



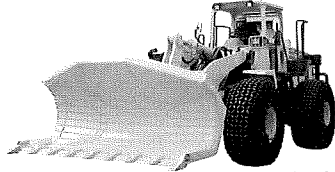
油圧ローディングショベル



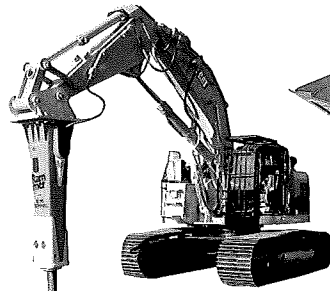
ダンプトラック



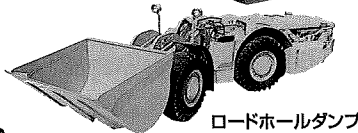
コンクリート吹付機台車



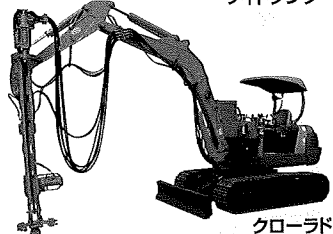
サイドダンプ



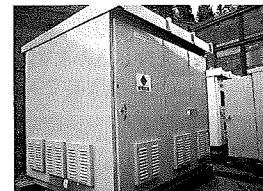
掘削機械/大型ブレーカー



ロードホールダンプ



クローラドリル



フリッカ対策機 (インバータ方式:SVG)

T&M ニシオティーアンドエム株式会社

Tunnel & Mining

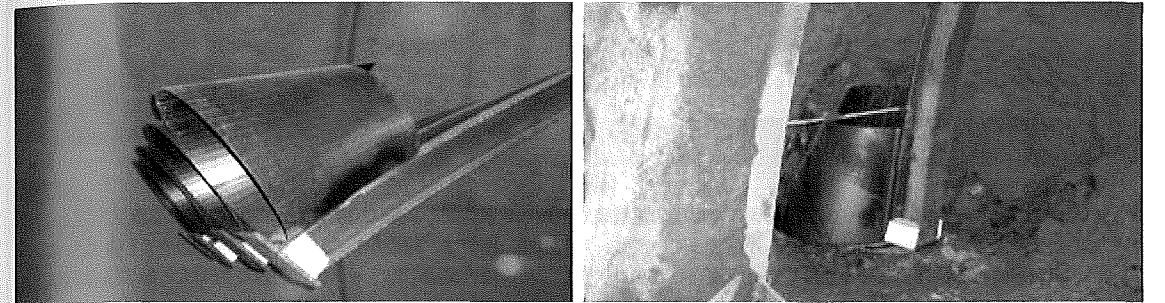
<http://www.nishio-tm.co.jp/>

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

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

軟弱地盤に効果を発揮

薄鋼板を用いたウイングリブ
 『YM ウィングコーン』 NETIS 登録 :CG-070015-A



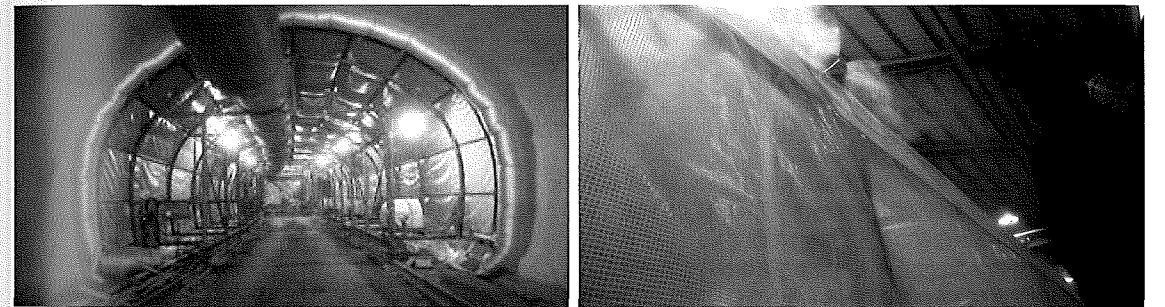
従来の H 形鋼ではなく、薄鋼板を中空の円錐台形に加工したウイングリブです。現場ストックが可能な、ボルトによる脱着式です。

【効果】

- ・直接コーン内に吹付コンクリートを吹き込み、地山と密着させ一体化させることにより、初期沈下抑制効果を発揮します。
- ・吹付コンクリートで地山密着させるため、危険な切羽近傍での接地面の地山均しが不要です。
- ・現場でのストックが可能なため、事前対策・急な地山変化に効果を発揮します。

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 :CG-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。

実績および計画物件
 (平成 21 年 12 月現在)

施主	実績	計画物件
国土交通省	11件	8件
NEXCO	4件	2件
その他	3件	2件
合計	18件	12件

【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。

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

月刊推進技術

定期購読のご案内



定期購読料金 **12,000円** (@1,000円/月×12ヶ月 税・送料込)

わが国のライフラインなどのインフラ整備またはその再構築や新たな地下空間の築造に、掘削残土量やCO2排出量を抑制し、なおかつ耐震性の高い推進工法のニーズが高まっています。月刊推進技術では、円滑かつ適正に推進工事を行っていただくため、必要とされる技術情報をわかりやすく解説しております。また、推進関連のニュースはどごよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管渠埋設の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっております。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039 加入者名：株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間購読料金12,000円(毎月1冊×12ヶ月 税・送料込)をお支払いください。

詳しくは、月刊推進技術編集室にご案内いたします。

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

検索

定期購読のお申し込み
は右のQRコード
または本誌ホームページから



月刊推進技術 編集室

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

〒135-0046 東京都江東区牡丹2-2-3-105 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

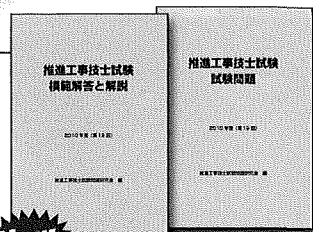
推進工事技士試験 過去9年間(平成14~22年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

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

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



New

平成22年度版発売中!!

1. 内容と特長

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

2. 価格

各年度単体に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

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

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

検索

株式会社 LSプランニング

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

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

推進工法の理論と実際

推薦の言葉

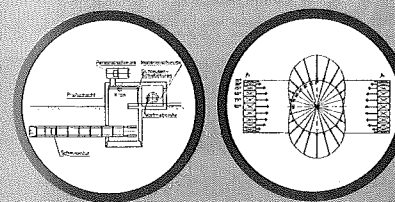
中本 至・石橋信利・金成英夫

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 監修
石橋 信利
金成 英夫



工本工学社

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説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。

私たちは、野田氏(訳者)の翻訳を監修したわけだが、推進工法の理論面と実務面を、実に詳細に解説している点に驚いた。したがって推進工法に従事し、一層活躍しようとする人たちに本書を推薦したいと思う。

〒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>

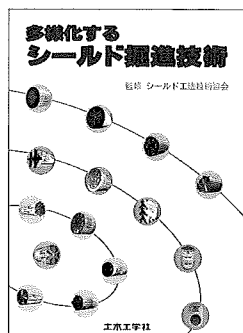
株式会社 **工本工学社**

好評発売中

多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B5判 141頁 本体価格2,500円



日本のシールド掘進技術は、国際プロジェクトに多くの日本企業が参画していることが示すように、国内はもとより海外でも高い評価を受けている。とりわけ、世界のスタンダード工法の感がある各種の泥土圧式や異形断面の掘進技術は、まさに日本が世界に発信している技術と言える。これらの掘進技術のほかにも、最近の技術開発の成果により実用化に至った掘進技術は数多く、毎年、新しい技術が更新を繰り返している。

このような背景を踏まえて、掘進技術を広くシールド技術者の参考となることを意図し、最近に開発、実用化された技術を中心に日本トンネル技術協会誌「トンネルと地下」に平成16年春より約1年にわたり『多様化するシールド掘進技術』という連載講座を設け紹介した。その結果、読者の方々より、掲載対象とした以外の技術との関係、従来工法との関わりなどの情報が欲しいとの意見が寄せられた。

このため、読者の声に応えるべく、連載講座には掲載しなかった工法、技術などを整理、体系化するとともに、各種工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点が、よりわかりやすいように手を加え再度、同名の図書「多様化するシールド掘進技術」をシールド工法技術協会が監修を行い、発刊することとなった。

〔掲載工法〕

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

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

申し込み先

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

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

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

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



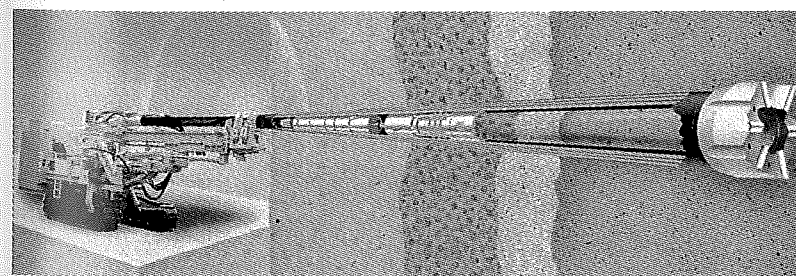
中濃産業株式会社

代表取締役 土田 義 式

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

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーラインサンプリング工法



■ 特長

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



KOKEN 鉋研工業株式会社

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

お問い合わせ先 : 工事営業本部
TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522

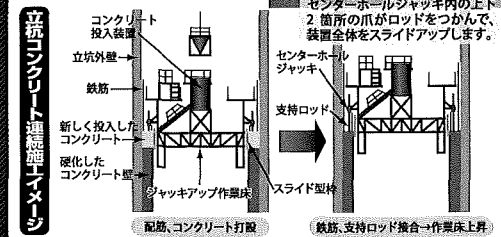
<http://www.koken-boring.co.jp>

スーパージャッキシステム

トンネル・地下工事に貢献!

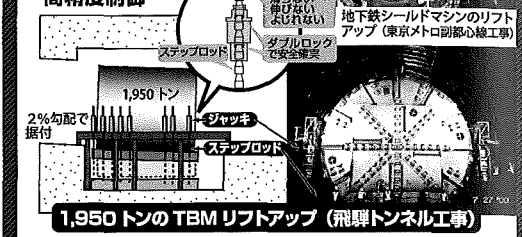
立坑スリッパフォーム工法

- 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アップダウン

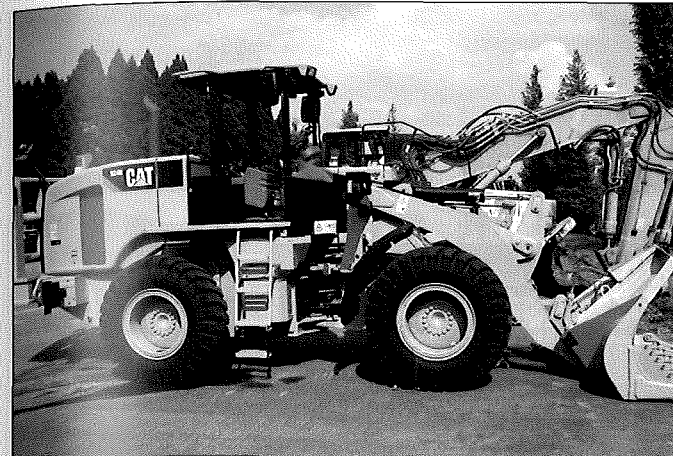
- 安全確実で経済的なステップロッド方式
- イコライザー機構で荷重・変位のバラ付きを解消
- 複数ジャッキを高精度制御



営業品目 ■ジャッキリース・オペレータ
■架台・型枠足場 設計・製作・据付工事

JFE シビル 株式会社
JFE 都市基盤営業部 特殊工法グループ

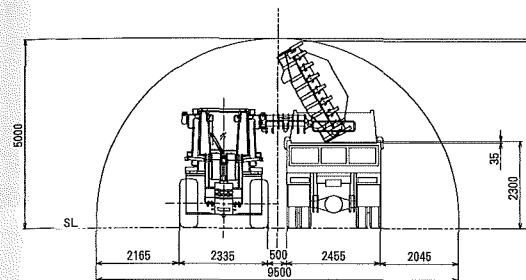
〒111-0051 東京都台東区蔵前2丁目17番4号 (JFE蔵前ビル)
TEL: 03-3864-5293 FAX: 03-3864-7319
URL <http://www.jfe-civil.com/> E-mail jack@jfe-civil.com



サイドダンプ

CAT 924H

1.5m³



klea 株式会社 ケイ・リー

仙 台: TEL.022-359-5331
東 京: TEL.03-3661-5651
大 阪: TEL.06-6838-1372
尾 道: TEL.0848-56-1124
機材センター: TEL.022-359-4951

URL <http://klea.catrent.com>

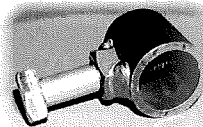
コストダウンを可能にする Kリング・Kプレート

施工方法等詳細については下記までご連絡ください

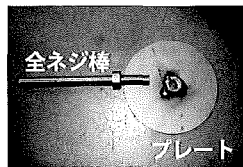
製造・販売元 **静岡スチール**

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

- ①アーチ鉄筋組立金物 (Kリング) 特許出願中 (特願 2001-309314 号)
トンネル施工時の覆工工事におけるアンカー筋に段取り筋を設置する際のコスト、安全、工期、品質の向上を可能にすることができます。



- ②防水シート接着ジベル筋 (Kプレート) 組立
ウォータータイト (全周止水) トンネルにおいて覆工コンクリートの鉄筋を自立させることによって、鉄筋受け架台の鋼製支保工コストの大幅削減を可能にすることができます。

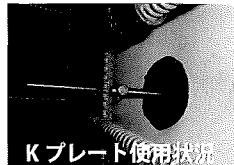


コンパクトサイズ

Kプレートは分割方式により現場での組立が可能です。ナット付きのプレートと全ネジ棒

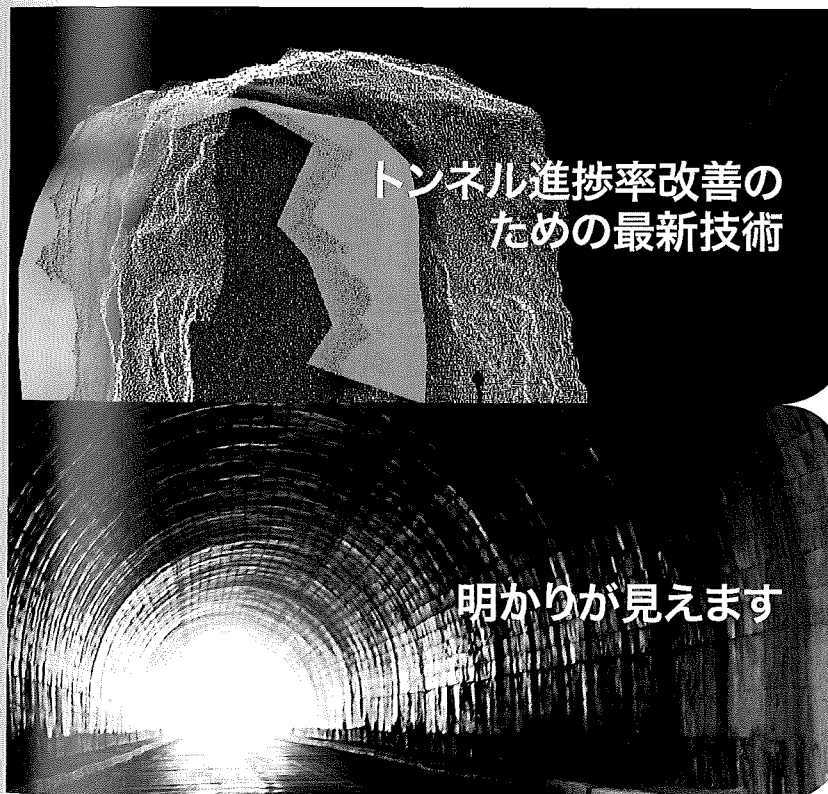


Kプレートを使用した覆工鉄筋組立架台の鋼製支保工を必要としないので組み立てが簡単です。



設置は簡単

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



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

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

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



要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-A



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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.HR-080002-A



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

北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社 佐賀)

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

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

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

東京営業所：TEL03(3851)1016 FAX03(6908)6789

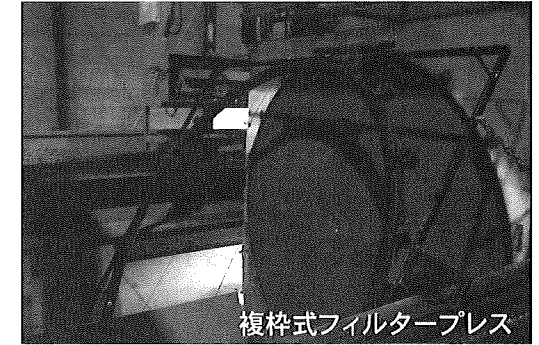
濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置~ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

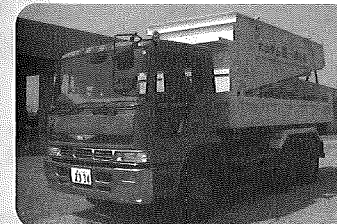
《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

巨大地震と社会基盤整備

野村 昇.....5

■研究

鉄道トンネルにおける覆工コンクリートの劣化と維持管理

上田 洋.....49

■計画

都市部へのSENSの適用検討

—相鉄・JR直通線 西谷トンネル—

伊藤 常正・木谷 純.....43

■施工

住環境や自然環境への負荷を低減しトンネルを施工

—北関東自動車道 北郷トンネル—

玉澤 隆・四方田雄一・宇田 誠・須志田藤雄.....7

切梁軸力を側壁に盛替え開削トンネルを構築

—阪神高速淀川左岸線—

石橋 照久・志村 敦・新名 勉・三村光太郎.....17

小口径推進工法で都心の密集市街地の通行止めを回避

—東京都下水道 港区麻布永坂町, 東麻布三丁目付近管渠整備—

小池 進・三村 篤広・坂部 守夫・中坪 聡.....33

■連載講座

最新推進工法技術(1)

—概説—

「最新推進工法技術」連載講座小委員会.....57

■現場だより

「ニシン漁とダイヤモンドダスト」の留萌市より

有吉彌四郎.....26

「伊達家ゆかりのまち」仙台市青葉区川内亀岡より

安井 啓祐.....39

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

悪い地山は良くして掘れ

—故 長友成樹さんの遺されたもの—

三浦 克.....27

■資料

Tunnel Wall

小野田 滋.....40

土木情報

編集部.....42

トンネルジャーナル

編集部.....65

工法・技術・製品ニュース

編集部.....66

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会.....67

海外文献速報

JTA国際委員会.....69

■会報

会報

日本トンネル技術協会.....70

【表紙説明】

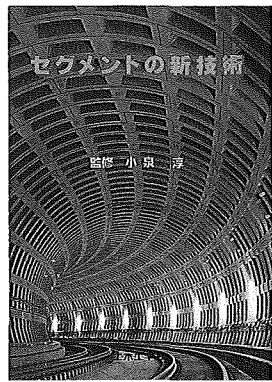
住環境や自然環境への負荷を低減しトンネルを施工

—北関東自動車道 北郷トンネル—



北郷トンネルは、下り線 685m, 上り線 678mの高速道路トンネルである。トンネル掘削開始側には民家が近接し、トンネル中間部の小土かぶり区間を開削工法で施工する場合、進入路となる工事用道路が狭く、安全と騒音・振動の問題が懸念された。また、沢部周辺は希少種鳥類の営巣地域となっており、工事による影響が懸念されたため、環境負荷低減対策として、ソイルセメント盛土併用の山岳トンネル工法を採用した。写真は、北郷トンネルを含む足利中工事の全景である。

(写真提供：東日本高速道路(株))(本文7頁参照)



セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 円290円

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

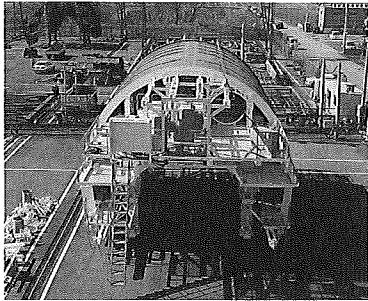
高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する 引抜パイプレータ締固システム

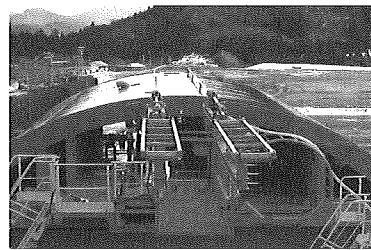
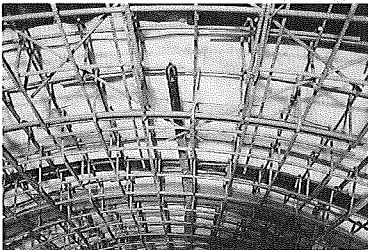
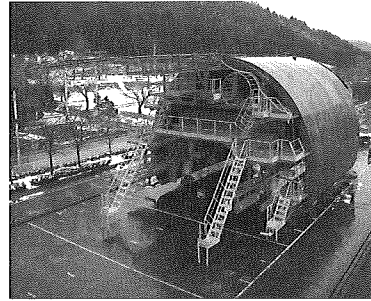
トンネルの二次覆工コンクリートには、トンネルクラウン部の締固め方法に課題があり、結果として漏水や空隙の発生など、覆工コンクリートの品質に問題が生じるケースがありました。また、覆工コンクリートの締固め作業は、狭隘部での苦渋作業という問題もあります。そこで、引抜パイプレータ締固めシステムを用いることにより、上記の課題を克服し、高品質な覆工コンクリートの構築を可能としました。

【特許出願中】

ホースパイプ巻取り式



パイプパイプ伸縮式



特願 2000-073694・2002-329301・2004-021814・2004-021817

効果・特徴

1. 覆工コンクリートの品質が向上する。
2. トンネルクラウン部の締固めが省力化できる。
3. 作業環境が改善でき、狭隘なヶ所での作業が無くなります。
4. 鉄筋、無筋区間での共用が可能で、経済性に富んでいます。

総務委員会広報小委員会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

大 島 洋 志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹 事〕

居 相 好 信 株式会社大林組東京本社生産技術本部 トンネル技術部部長	城 間 博 通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長
池 田 豊 人 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	濱 建 介 株式会社ANET取締役
大 石 敬 司 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課課長	福 家 佳 則 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 トンネルグループ長
金 山 洋 一 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長	松 原 利 之 飛鳥建設株式会社建設事業本部 エンジニアリング事業推進部長
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	三 浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員
志 岐 寛 清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部 部長	領 家 邦 泰 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室参与



岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO.,LTD

本 社 岐阜県本巣市十四条144番地 〒501-0464
本社工場 TEL (058)323-2000(代) FAX (058)323-1176

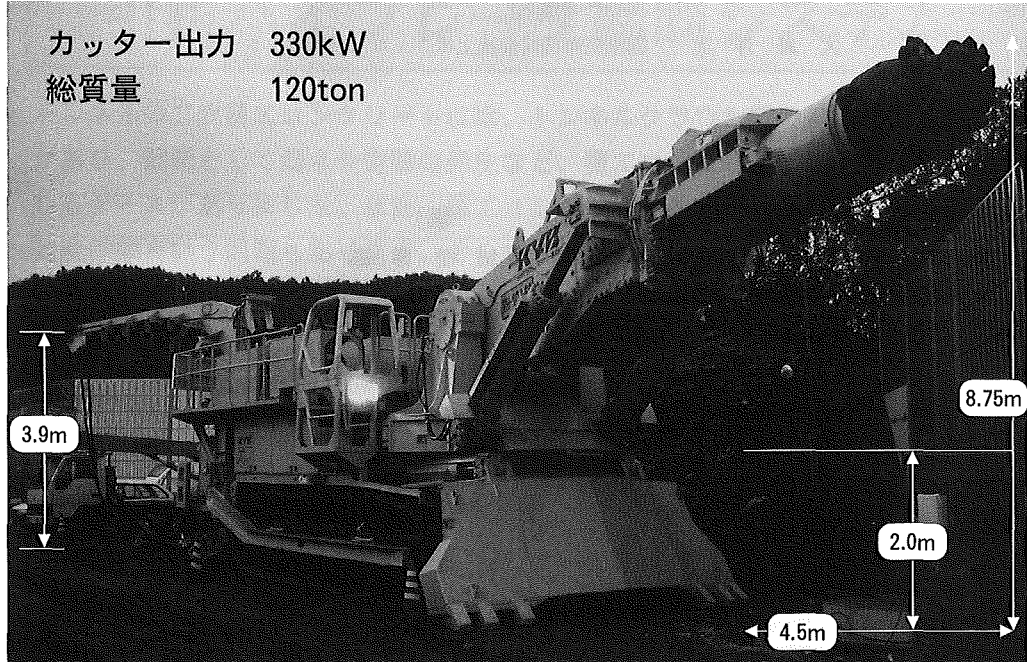
本社営業部 (058)323-2001
東京支店 (03)5836-0531
仙台営業所 (022)259-2239
九州営業所 (092)713-5265

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

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

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

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL 03-5733-9444
カスタマーサービス 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センター長

〔編集参与〕

木谷 日出男 国際航業株式会社技術センター
地盤研究室長
今田 徹 東京都立大学名誉教授
高橋 良文 東京都下水道サービス株式会社管路部長

橋本 定雄 (元)東京都公営企業管理者下水道局長
濱 建介 株式会社ANET取締役
三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員

〔委員〕

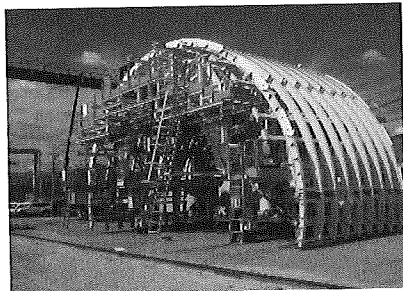
葛城 真治 東京電力株式会社電力流通本部工務部
地中送電グループ課長
亀山 勝 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
計画担当課長
坂口 淳一 東京都交通局建設工務部計画改良課長
佐原 圭介 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐
清水 満 JR東日本研究開発センター
フロンティアサービス研究所次長

城間 博通 株式会社高速道路総合技術研究所
道路研究部トンネル研究担当部長
新谷 康之 東京都下水道局建設部設計調整課長
藤村 和彦 東京都水道局建設部工務課長
真下 英人 独立行政法人土木研究所
道路技術研究グループ長
焼田 真司 公益財団法人鉄道総合技術研究所
構造物技術研究部トンネル研究室主任研究員

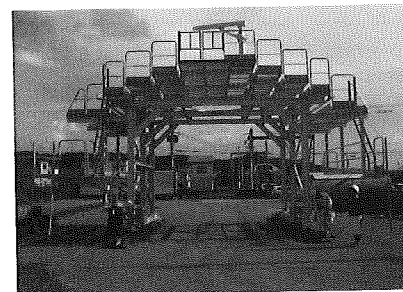
トンネル 二次覆工用型枠 総合メーカー

一歩前進！
～限りない未来への挑戦～

大栄工機株式会社



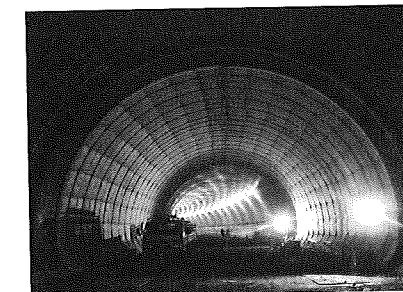
スライドセントル



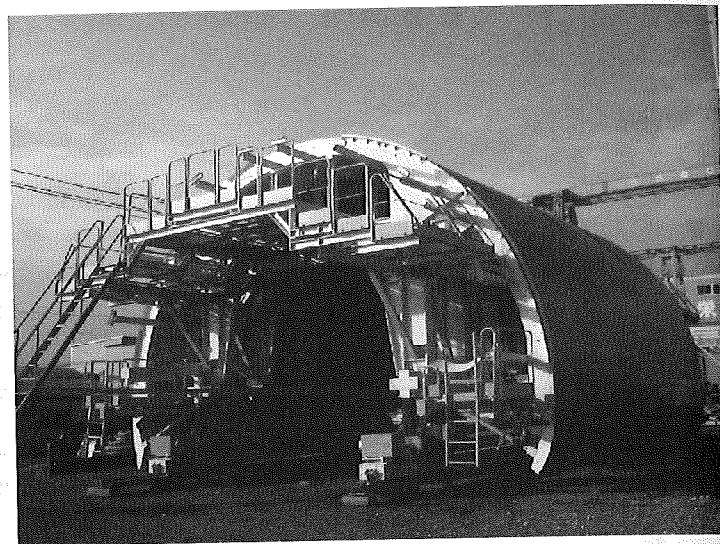
作業台車



移動栈橋



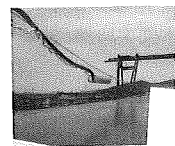
NETIS登録番号 CB-090003-A
EPSパネル養生



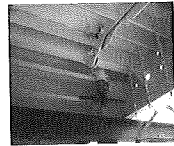
スチールフォーム(中流動コンクリート対応型)



MC矢板



天端引抜パイプレーク



エア抜き金具



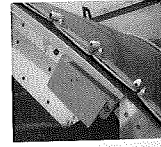
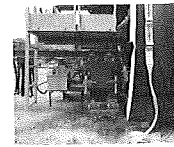
クラック防止センサー



配管切替装置



剥離材塗布装置付自動ケレン機



クラック防止センサー

ご用命は下記まで

〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地
TEL : 0749-64-0246 FAX : 0749-63-6765
URL : <http://www.daieikouki.co.jp/>
E-mail : daiei-co@minos.ocn.ne.jp
※詳しくは、弊社ホームページをご覧ください

トンネルと地下 VOL.42 No.6 掲載概要

掲載頁
7

住環境や自然環境への負荷を低減しトンネルを施工
—北関東自動車道 北郷トンネル—

東日本高速道路(株) 玉澤 隆

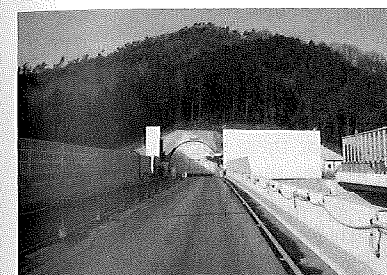
北郷トンネルは、下り線685m、上り線678mの高速道路トンネルである。北郷トンネル周囲、とくに掘削開始側には民家が近接し、トンネル施工に先立って、各種の騒音・振動対策を検討し、実施している。また、トンネル中間部の小土かぶり区間においては開削工法での施工の場合、進入路となる工事用道路が狭く、民家に非常に近接しているために、安全と騒音・振動の問題が懸念された。さらに、この沢部周辺は、希少種鳥類の営巣地域であり、工事による影響が問題であった。そこで、環境負荷低減対策として、ソイルセメント盛土併用の山岳トンネル工法で施工した。

本稿では、北郷トンネル掘削開始側および、トンネル中間部で実施した環境負荷低減対策について報告する。

Reduction of Tunnelling Impact on Residential and Natural Environments—Kita Kanto Expressway Kitago Tunnel—

By Takashi Tamasawa, East Nippon Expressway Company Limited

Kitago Tunnel is an expressway tunnel which is 685 m long outbound and 678 m long inbound. The area surrounding Kitago Tunnel, in particular a portal where excavation was to start, is near to private homes. All kinds of noise/vibration countermeasures were considered and implemented prior to tunnel construction. In



写真は防音壁

addition, if cut-and-cover method would be used in small cover section of the tunnel, there was concern about safety and noise/vibration due to the issues that the access road is narrow and extremely close to private homes. Furthermore, the vicinity of the section is a nesting site for rare bird species and there was the issue of effects from the tunneling works. Accordingly, as a measure to reduce environmental impact, mechanical excavation was conducted after constructing soil cement embankment on the small cover section.

This report gives information on countermeasures to reduce environmental impact implemented on the starting portal and in the small cover section on the Kitago Tunnel.

掲載頁
17

切梁軸力を側壁に盛替え開削トンネルを構築
—阪神高速淀川左岸線—

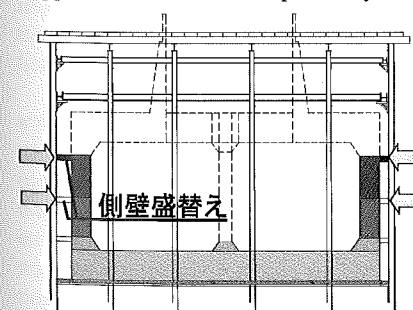
阪神高速道路(株) 石橋 照久

開削トンネルの躯体構築において、土留め支保工を安全に撤去する方法は、いくつか存在する。阪神高速では、その中の一つである側壁盛替え工法に着目し、切梁反力を施工途中の片持ち梁状態の側壁で受け替え、土留め支保工を撤去して躯体を構築する方法を検討立案し、実施工に採用した。本工法では、従来多数適用されてきた内梁盛替え工法と比較して、コスト縮減・工期短縮・安全性向上等において有利であるが、躯体応力度の評価方法についてはこれまで確立されていなかった。そこで、側壁盛替えによる施工時応力がコンクリート特有のクリープ特性により緩和されることに着目し、躯体完成後の長期間経過時における応力を合理的に評価する計算法を確立し実工事に適用した事例を報告する。

Construction of the Cut-and-Cover Tunnel, Replacing Brace Reaction by Side Wall—Hanshin Expressway Yodogawa Sagan Line—

By Teruhisa Ishibashi, Hanshin Expressway Company Limited

In the construction of a cut-and-cover tunnel, there are a number of methods to safely remove earth-retaining supports. The Hanshin Expressway focuses on one of these, the method of replacing brace reaction by side wall,



図は側壁盛替え方式概略図

building structure with removing earth-retaining supports during replacing brace reaction by side wall of structure in cantilever state and employed it in actual construction after examining. Compared to method of replacing brace reaction by bracing members installed inside of tunnel structure that has been applied countless times in the past, this method has the merits of reduction of cost and time and improving safety but, up until now an evaluation method for stress on the tunnel structure had not been established.

Accordingly, this report focuses on the relaxing of stress under construction by characteristics of creep of concrete, establishes an evaluation method for residual stress after a long period of time and reports on examples adopted in these works.

小口径推進工法で都心の密集市街地の通行止めを回避

—東京都下水道 港区麻布永坂町，東麻布三丁目付近管渠整備—

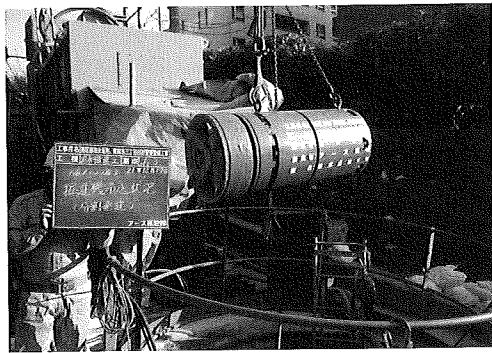
東京都下水道局 小池 進

東京都港区麻布永坂町は住宅地，狹隘な道路，植樹帯，重要施設があるなどの条件から，周辺への工事の影響を最小限にする必要がある。本工事は，私有地内に敷設された下水道管渠を撤去するため，上流域の系統見直し，小口径推進工法による下水道管新設を計画したものである。長期間の通行止め，地下埋設物の輻輳などから，当初計画していた交差点部の発進立坑設置が困難であることが判明した。そのため，発進立坑位置を見直し，交差点部を急曲線で通過させることにより施工する計画に変更した。本工事では，曲率半径と発進立坑径の条件を満たした「ジャット工法」を採用した。

Avoiding Road Closure in an Urban Area with the Microtunnelling — Sewerage in Azabu Nagasaka-cho and Higashi-Azabu 3-chome, Minato-ku, Tokyo—

By Susumu Koike, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

Due to the fact that Azabu Nagasaka-cho, Minato-ku, Tokyo is a residential area and that it has narrow roads, planting strips and key facilities, it was necessary to keep the effects of construction on the surrounding area to a minimum. These works reviewed the upstream region sewerage system and planned new installation of sewage pipes through the microtunnelling in order to remove sewage pipes that have been constructed on private property.



写真は推進機分割投入

It was found that the installation of a starting shaft in the intersection that had been originally planned was difficult due to long-term road closure and overcrowding in underground installations. For these reasons, the starting shaft site was displaced and the plan was changed to drive the tunneling machine through tight curve under the intersection. These works adopted the JyAT method that fulfilled the conditions of radius of curvature and diameter of starting shaft.

都市部へのSENSの適用検討

—相鉄・JR直通線 西谷トンネル—

鉄道・運輸機構 伊藤 常正

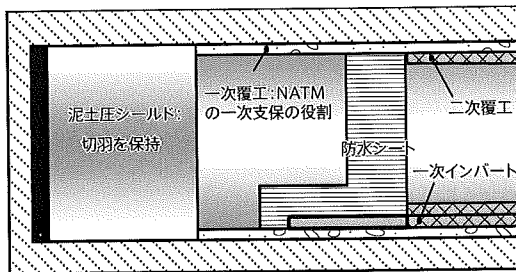
相鉄・JR直通線西谷トンネルは，「シールド機を用いた場所打ち支保システム(SENS)」を採用したわが国3例目のトンネルであり，初めて都市部に採用する計画である。トンネル掘削対象地質は，N値50以上の更新世前期上総層群砂質土(Ks)，N値35以上の上総層群粘性土(Km)が主体であり，一部区間に相模層群砂質土(Ds)および沖積粘性土層(Ac)が存在する。

SENSの事例2件(三本木原トンネル，津軽蓬田トンネル)とともに山間部での施工であったが，本トンネルは都市部に位置することから，地下埋設物や既設構造物などの影響検討が必要となり，前2例とは施工条件が異なる。このような条件のもと，より安全で確実なトンネル施工を実施するため，西谷トンネルの設計概要について報告する。

Considerations for SENS Tunnelling in Urban Areas—Sagami/JR Link Line Nishiya Tunnel—

By Tsunemasa Ito, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

The Nishiya Tunnel on the Sagami/JR Link Line is the third tunnel in Japan to adopt 'the Casting Support Tunnelling System using TBM (SENS)' and it is the first plan to adopt this system in an urban area. The geological features of the tunnel are mainly Early Pleistocene Kazusa Group sandy soil (Ks, $N > 50$) and Kazusa group cohesive soil (Km, $N > 35$) and some contain Sagami group sandy soil (Ds) and alluvial cohesive soil (Ac).



図は西谷トンネルの施工概念図

The other two examples of SENS (Sanbongihara Tunnel and Tsugaru Yomogida Tunnel) were both constructions in mountainous regions, it was necessary to consider effects on such things as underground installations and existing structures differed from the previous two examples. This report gives information on the design for the Nishiya Tunnel aimed at safer and more reliable construction.

鉄道トンネルにおける覆工コンクリートの劣化と維持管理

(公財)鉄道総合技術研究所 上田 洋

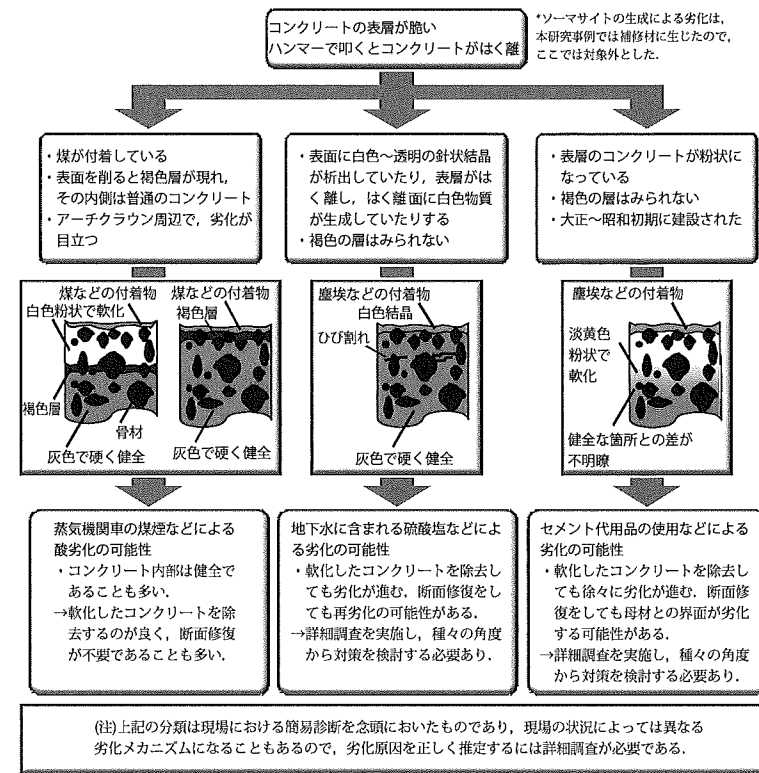
本稿は，覆工コンクリートが化学反応によって浸食された鉄道トンネルを対象として，その劣化機構を明らかにするとともに，今後の維持管理方法を提案するものである。劣化した12トンネルについて現地調査と採取試料の分析を行った結果，コンクリートの浸食は酸の作用による劣化，硫酸塩の作用による劣化，ソーサイトの生成による劣化およびセメント代替品の使用に起因した劣化の4種類に分けられることを見出し，それぞれの劣化機構を明らかにした。これらの判別方法として，現場における簡易な判定の目安についても提案した。さらに，各劣化機構に応じた維持管理の方法について提案した。

Deterioration and Maintenance of Lining Concrete in Railroad Tunnels

By Hiroshi Ueda, Railway Technical Research Institute

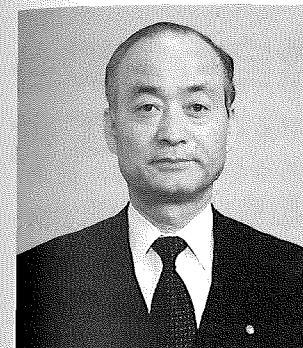
This report shows the deterioration mechanism of lining concrete in railroad tunnels that had been corroded due to chemical reactions and proposes maintenance management for the future.

The results of the field surveys and analysis of collected samples for twelve corroded tunnels showed that concrete corrosion is classified into four types: deterioration due to acid attack, deterioration due to sulfate salt attack, deterioration due to the formation of thaumasite and deterioration caused by the use of cement substitutes and their respective deterioration mechanisms were clarified. Classification methods were also proposed as on-site guides for simple decisions. Furthermore, maintenance management in response to each deterioration mechanism was also proposed.



図は現場における簡易な判定の目安

巨大地震と社会基盤整備



戸田建設(株)専務執行役員(本協会理事)

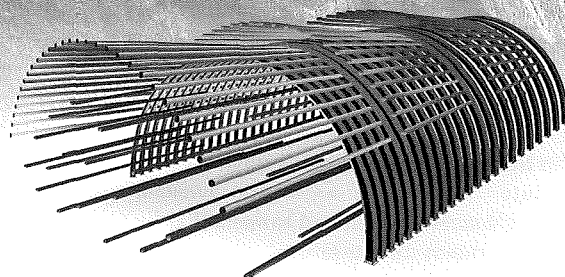
野村 昇

2011年3月11日午後2時46分ごろ、三陸沖を震源に国内観測史上最大のM9.0の巨大地震が発生した。1995年の阪神大震災以来、2007年には新潟中越沖地震など頻繁に大地震が猛威を奮ってきたが、1000年に1度と言われる規模の地震が容赦なく、東日本東岸の広域にその大きなツメあとを残した。今回の地震による被害については、現段階ではまだ具体的に明らかとなっていないが、津波による被害がとくに顕著であり、無情にも多くの方々の人命と生活基盤を奪いとった。今なお広域での余震が続き、災害復旧、福島第一原発事故の沈静化という課題山積の状況であるが、亡くなられた方々に対して心からご冥福をお祈りするとともに、避難生活をされている多くの方々を力づきたい気持ちでいっぱいである。

3月11日は東日本全域で鉄道がほぼ全線運休状態となり、首都圏では大勢の帰宅困難者がでた。それ以降の計画停電の問題も国民の生活に大きな影響をもたらし続けている。普段は空気のような存在である交通、電気、通信、水道、ガス、下水道のどれかひとつが使えないだけで従来の生活がおくれないことを実感し、そのありがたさが身にしみ、それを維持することの価値・重要性が国民の意識の中で改めて明確になったのではない。このような観点から、京都大学の藤井聡教授が著した『公共事業が日本を救う』(文春新書、2010年10月発行)では、社会基盤の整備効果について、数字を用いてより明解に表されており、読んでいて納得できるとともに励まされる内容となっている。この本の中においても「巨大地震に備える」という節があり、社会基盤整備の重要性を想定被害額から考えて、いかにコストパフォーマンスに優れたものであるかが示されている。今回の巨大地震の現段階での内閣府試算では最大25兆円の想定被害額といわれている。財源の確保という大きな問題をクリアして計画的な取り組みを継続していく契機になることを期待するとともに、真の安心・安全な国づくりを展開していきたいものである。

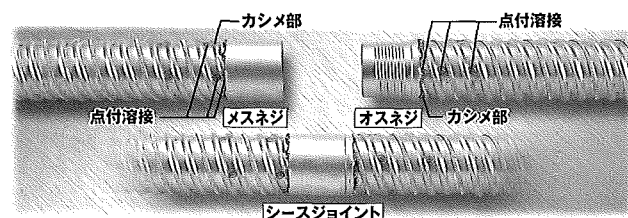
さて、今後の災害復旧のあり方についてであるが、ただもとどおりに復旧するのではなく、将来に同規模程度の地震が再来したとしても、今回の教訓が活かされた、被害のより少ない、災害に強い復興が求められる。まず第一に、従来の主なテーマであった耐

ユニークな発想と高品質・自信の価格



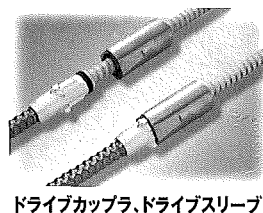
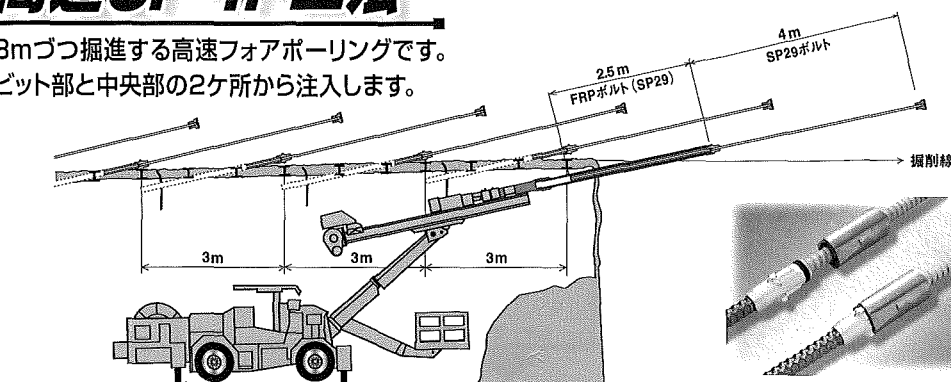
FIXチューブ工法

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

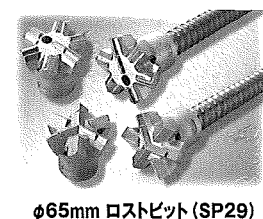
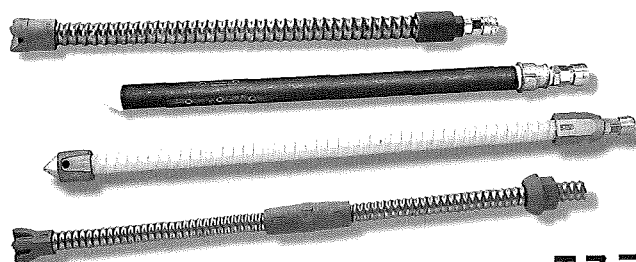


高速SP-IF工法

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



自穿孔ボルト&注入管



※他にも脚部や坑口周りに利用できる各種の補強土工法、マイクロパイル工法を準備しております。

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

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
 TEL:0729-90-0250 FAX:0729-90-0251
<http://www.st-eng.co.jp>

震化に加えて津波への対策が今回の教訓としてクローズアップされることになる。全体が壊滅的被害を受けた街の復興はどのように行えばよいのであろうか。津波は、従来比較的安全といわれた鉄筋コンクリートの建物をも倒壊させた。都市計画的な発想で復興にあたる必要性がうかがえる。第二に、防災施設の考え方が挙げられる。今回の津波は今までの想定をはるかにこえ、最大で10m以上となり、既設防波堤も軽々と越えてきたが、防波堤が津波の高さを減少させたという報告もある。被害規模が津波の高さに依存していることを考えると、その有効性は大いに評価されるかもしれない。防災施設すべてについて、このような評価をしっかりと行い、方向修正すべきものを抽出し、災害により強い整備に取り組んでいく必要がある。第三に、社会基盤整備の冗長性(リダンダンシー)の有無についてである。通常では、社会基盤は線状のネットワークが形成されて、ひとつの機能を発揮する。そのため、そこにボトルネックが発生すると途端に十分な機能が発揮できなくなる。どんな構造物でも絶対的安全性は保証されないことを考えるとフェールセーフ的な概念は今後さらに重要性を増すとともに、代替方策の必要性が大いに議論されるべきである。たとえば、今回の地震に伴う津波で沿岸部が広範囲に壊滅的被害を受けたため、被災地域は孤立化してしまい、そのため支援も思いどおりに進んでいない。沿岸地域と内陸部の連絡路がもう少し充実していたならば、被害は少なからず軽減できたのではないかと思う。

東京都では、震災後ただちに防災都市の実現に向けた施策強化が打ち出された。今回と同様な不幸をくりかえさないためにも、都市づくりにおいて防災面への配慮はハード・ソフト両面で強化する必要があるとともに、建設業に従事するわれわれの責務として自覚し、社会基盤の定期的な診断、メンテナンス、環境改善をはじめとして、真摯に取り組んでいくべき課題である。ただし、これらのことは一朝一夕で解決できるものではなく、長期的展望がなによりも重要となる。これは、政権交代や社会情勢の変化に伴い変わるものではなく、国および国民の共通認識のもと、基本的なコンセンサス事項として位置づけられるべきものである。

最後に、このようなパニック的な状況下において、日本人の冷静さとマナーのよさは、諸外国の人々から称賛を浴びているようである。多くの国民が自分にできることで、一生懸命支援していこうという機運も素晴らしいことであり、誇りに思える点である。今後とも巨大地震の再来は避けられない運命にあるとすれば、この日本人のスピリットだけでなく、災害に強い国土づくりと迅速な復興を実現する社会基盤整備の面でも高い評価が得られるようにしたいものである。

施工

住環境や自然環境への負荷を低減しトンネルを施工

—北関東自動車道 北郷トンネル—

東日本高速道路(株)関東支社宇都宮工事事務所足利工事区 玉澤 隆
 (株)アジア共同設計コンサルタント施工管理部課長 四方田 雄一
 鉄建建設(株)土木本部土木営業部部长 宇田 誠
 (元)鉄建・オリエンタル白石特定建設工事共同企業体次長 須志田 藤雄

1 はじめに

北関東自動車道は、群馬県高崎市から茨城県ひたちなか市に至る延長150kmの高速道路である。平成23年3月19日に太田桐生IC～佐野田沼ICが供用を開始し、全通したところである。このうち、足利中工事は、栃木県の南側、群馬県との県境付近の足利市に位置し、北郷トンネル区間(下り線685m、上り線678m)と明かり区間(1,079m)で構成される全長1,764mの工区である(図-1)。

地質は、頁岩・チャートからなるジュラ紀～石炭紀の堆積岩・変成岩である。

掘削断面は、約80m²のトンネルであり、掘削は補助ベンチ付き全断面掘削工法を採用し、発破

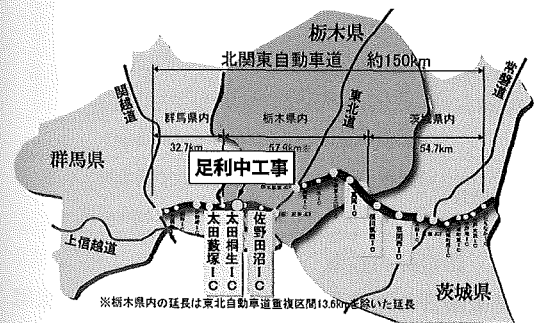


図-1 全体位置平面図

工法、タイヤ方式にて施工した。

1-1 工事の概要

工事名称：北関東自動車道足利中工事
 施工場所：栃木県足利市月谷町～田島町～菅田町
 工期：平成17年12月27日～平成22年2月3日
 発注者：東日本高速道路(株)関東支社
 施工者：鉄建・オリエンタル白石特定建設工事共同企業体
 工事内容：北郷トンネル工事 1,363m
 下り線685m、上り線678m
 明かり工事 1,079m
 切盛土工164,000m³、函渠工2基

1-2 環境負荷低減対策の概要

北郷トンネル周囲、とくに掘削開始側(終点側坑口)には民家が近接し、トンネル施工に先立って、各種の騒音・振動対策を検討し、実施した。また、北郷トンネルは、終点側坑口から約460mの中間部で土かぶりがなくなり、トンネル天端部が地表面に出るかたちで沢部を横断する(図-2)。この区間は、進入路となる工事用道路が狭く、民家に非常に近接しており、希少種鳥類(以下、「猛禽

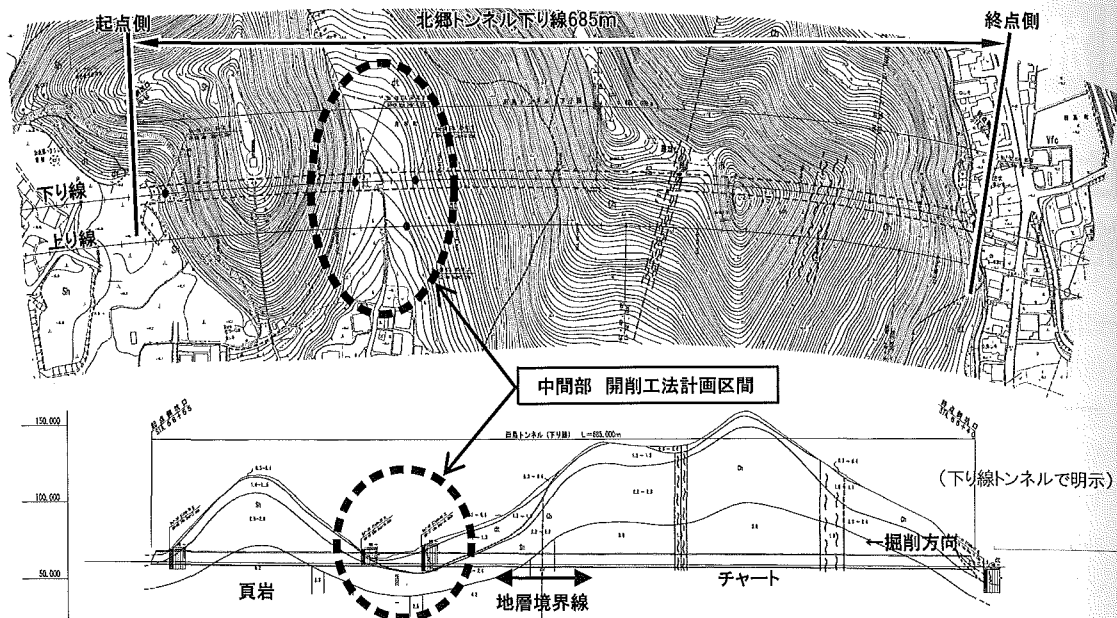


図-2 トンネル平面・縦断図(中間部の位置)

類」という)の営巣地域であることから、工事による安全と騒音・振動に対する環境対策を確保することが必要であった。

本稿は、北郷トンネルの環境負荷低減対策(トンネル掘削開始側、トンネル中間部)について報告するものである。

2 トンネル掘削開始側(終点側坑口)環境負荷対策¹⁾

2-1 計画

トンネル掘削開始側は、民家が近接するとともに、南側に第一種低層住居専用地域が広がり、騒音・振動が問題であった。騒音・振動対策は、それらが周囲の民家に影響を与えず、苦情がないことを目的としているが、騒音・振動を管理する目標とし、管理値を設定した(表-1)。

計画を表-2に示す。また、図面で示すと図-3となる。

2-2 トンネル掘削開始側の騒音・振動対策

(1) 掘削方式

坑口部DⅢ区間(L=35~40m)、CⅡ区間までのDⅠ区間(L=40m)を3.8t級の大型ブレイカーにて機械掘削した(写真-1)。

表-1 騒音・振動管理値

騒音振動管理値	騒音	振動	低周波振動
発破騒音・振動 ^{*1}	85dB(A)	75dB	100dB
車両設備騒音 ^{*2}	45dB(A)	—	—

*1：振動規制法において、特定建設業の騒音管理値85dB(A)、振動管理値75dBを採用する。苦情発生の可能性があるとされる100dBを採用する

*2：栃木県第二種区域騒音規制の特定工場における夜間規制基準値45dB(A)を採用する

表-2 トンネル掘削開始側(終点側)環境負荷低減対策

対策目的	場所	騒音・振動対策
発破騒音・振動	坑口部DⅢ区間(L=35~40m)	機械掘削方式(3.8t級大型ブレイカー)
	CⅡ区間までのDⅠ区間(L=40m)	機械掘削方式(3.8t級大型ブレイカー)
車両設備騒音	坑口部	低周波対応型防音扉を設置
	坑口部	防音壁(H=8m)
	橋梁	本線橋梁にH=3m本設防音壁設置
設備騒音	坑外ずり仮置き場	防音壁(H=8m)
	送風機	超低騒音型送風機
	プラント	防音パネル設置

(2) 防音扉の設置

発破騒音を考慮して、低周波型の防音扉を採用した。防音扉は、従来のようなウエイトで対応す

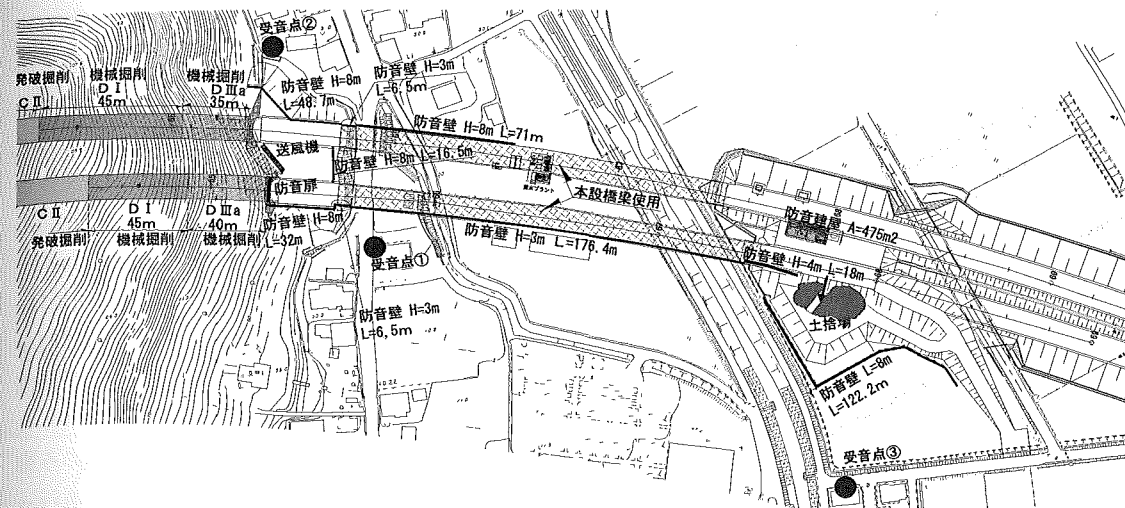


図-3 トンネル掘削開始側(終点側)計画平面図

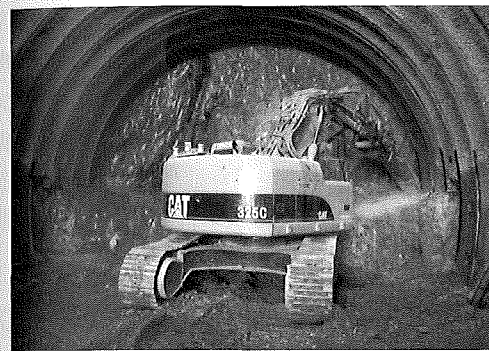


写真-1 3.8t級大型ブレイカー

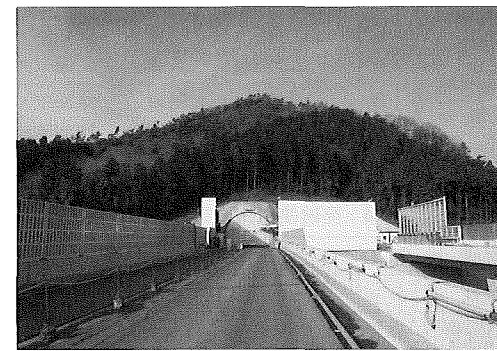


写真-3 防音壁

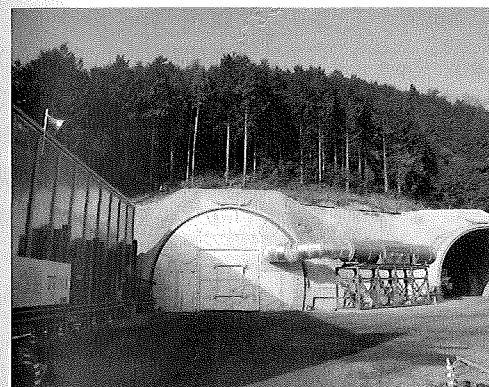


写真-2 低周波対応型防音扉

るタイプでなく、低周波を吸音するタイプを採用した(写真-2)。

(3) 坑口部防音壁の設置

坑口部は、高さ8mの防音壁で囲んだ。また、坑口部に設置する送風機を超低騒音型にした。

(4) 本線橋の活用

トンネル掘削土の運搬は一般道を経由することも考えられたが、沿線住民の環境を考慮してトンネル施工前に本線橋を完成し活用することとし、橋梁に本設の防音壁を設置した(写真-3)。

(5) 文化財への配慮

この周辺一体は、文化財が分布しており、文化財調査は高速道路用地内でのみ行っているため、別途調査が必要となる箇所に坑外ずり仮置き場、吹付けプラントを設置することを避け、坑外ずり仮置き場を調整池予定地に、プラントを本線の上下線間に設けることにした。これに伴い、防音壁を坑外ずり仮置き場にも設置し(H=8m)、プラントは壁に防音パネルを取り付けるタイプにした。

2-3 騒音・振動対策結果

これら振動・騒音対策を実施して、施工を実施

表-3 掘削初期段階における騒音結果

騒音種類	ずり落下音・機械の騒音	車両・掘削機械の騒音
昼夜区分	昼・夜	
管理値	45dB(A)等価騒音レベル	
環境基準など	昼60dB(A), 夜55dB(A)(騒音に係る環境基準「道路に面する地域」)	
効果予測値	21dB(A)(防音壁)	10dB(A)(防音壁)
受音点	民家③ (坑外ずり仮置き場付近)	民家① (坑口付近)
測定日	昼夜 H19.11.26, 12.3 H19.11.21, 22	昼夜 H20.1.19, 21 H19.12.19
防音壁設置前	昼 47.6dB (H19.8.22)	昼 57.7dB (H19.9.13)
防音壁内側	昼夜 55.9dB(A) 56.5dB(A)	昼夜 73.6dB(A) 65.9dB(A)
防音壁外側	昼夜 41.5dB(A) 39.0dB(A)	昼夜 45.3dB(A) 51.5dB(A)
受音点	昼夜 41.0dB(A) 42.5dB(A)	昼夜 44.5dB(A) 42.9dB(A)
対策効果	昼夜 14.4dB(A) 17.5dB(A)	昼夜 28.3dB(A) 14.4dB(A)
判定	OK	OK

表-4 発破使用時の騒音・振動結果と火薬類使用実績

騒音種類	発破騒音		発破低周波音	発破振動
昼夜区分	昼・夜			
管理値	85dB(A)		100dB	75dB
環境基準など	法的規制なし			
効果予測値	20dB(A)防音扉	10dB(A)防音壁 +20dB(A)防音扉	10dB防音壁 +20dB防音扉	0 dB
受音点	民家①, 民家②	民家①, 民家②	民家①, 民家②	民家①, 民家②
測定日	① H20.2.7, 8 ② H20.6.20	H20.2.7, 8, 12 H20.6.20	H20.2.21, 22, 26 H20.6.20	H20.2.7 H20.6.20
防音壁(扉)内側	① 防音扉内側 122.1dB(A)	防音壁内側 102.4dB(A)	防音扉内側 138.4dB	—
防音壁(扉)外側	① 防音扉外側 102.4dB(A)	防音壁外側 80.9dB(A)	防音扉内側 120.4dB	—
受音点	① 76.1dB(A) ② 73.4dB(A)	99.5dB 97.0dB	51.2dB 45.1dB	—
対策効果	19.7dB(A)	21.5dB(A)	18.0dB	—
判定	OK	OK	OK	OK
火薬類使用実績				
地山等級	区間長	掘削断面	孔数(孔/m ²)	爆薬量(kg/m ³)
D I 区間	383.0m	72.4m ² L=1.0m	0.48孔/m ² 設計: 1.1孔/m ²	0.32kg/m ³ 設計: 0.5kg/m ³
C II 区間	136.8m	72.1m ² L=1.2m	0.74孔/m ² 設計: 1.6孔/m ²	0.43kg/m ³ 設計: 0.7kg/m ³

したわけであるが、掘削初期段階の問題は、ブレーカーの掘削音、車両の通行音と坑外ずり仮置き場のずり落下音に焦点が絞られた。とくに夜間の騒音に関しては、施工箇所周辺が静寂な地域なので、十分な理解と協力が必要であった。地域住民の皆様へは、トンネル工事の内容、施工方法、夜間工事の必要性などの説明を行ってから開始した。

掘削初期の機械掘削における騒音測定(振動はなし)の結果は、表-3のとおりであり、管理値を満足している。地元からの苦情などもなく、機械掘削を完了できた。

なお、坑口直近のDⅢ区間の掘削は、昼のみ施工をして、D I 区間の掘削は、昼夜で施工を行った。

この機械掘削完了後の発破掘削の施工では、坑口に低周波騒音対応型の防音扉を設置した。発破使用時の騒音・振動結果は、表-4のとおりであり、発破騒音は19.7dB(A), 21.5dB(A), 発破低周波音は18.0dBの低減効果が得られた。地域住民から

は苦情もなく、問題なく発破掘削を終了した。

3 トンネル中間部の環境負荷低減対策²⁾

3-1 問題点

当初計画(開削工法(図-4, 5))は、実施工段階において以下に列記する問題が発生し、施工上、有利な工法でないと判断し、環境に配慮した施工方法の再検討に入った。

- ① 公道から中間部への進入路が狭い。工事用道路として使用するには安全上、拡張が必要となる(写真-4)。
- ② 工事用道路の迂回路(起点側から中間部への迂回路の約200m)設置も起点側の用地的な問題から設置不

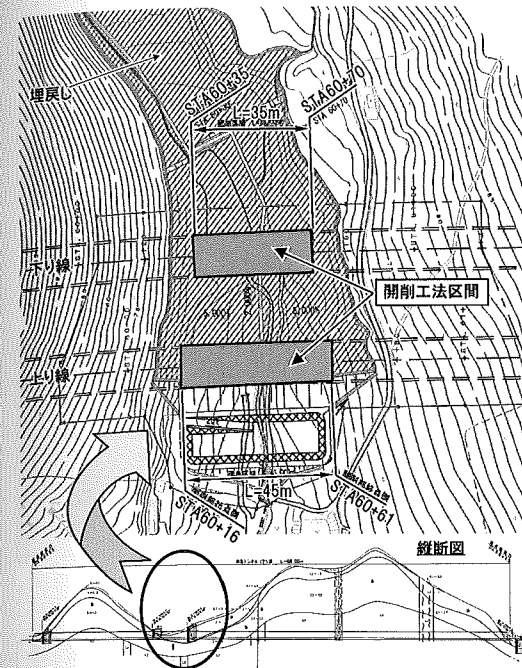


図-4 トンネル中間部 開削工法計画平面図

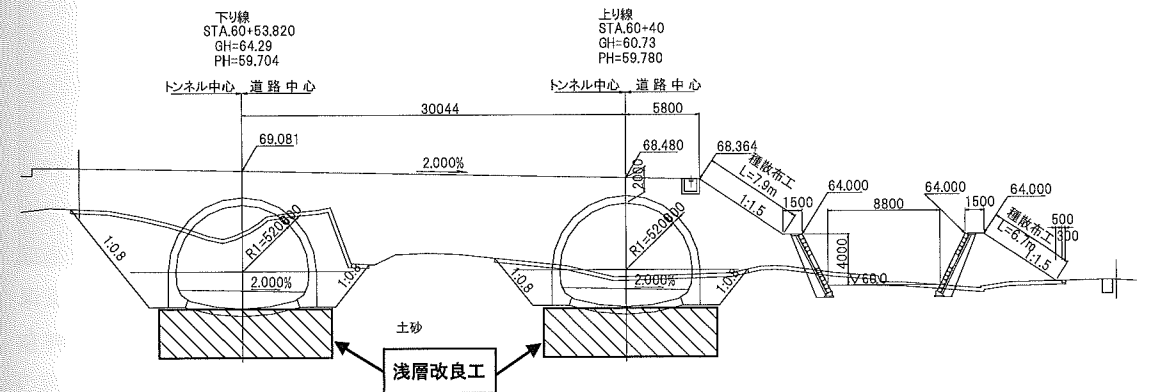


図-5 トンネル中間部 開削工法計画断面図



写真-4 中間部への進入路状況(市道)

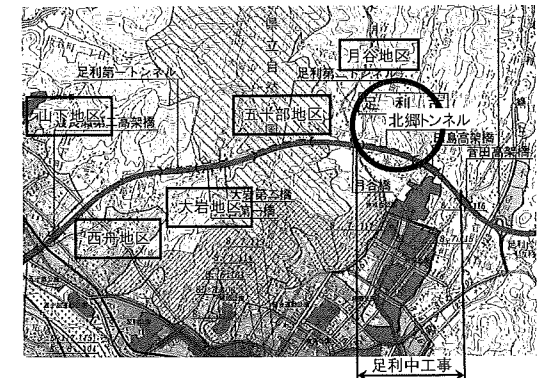


図-6 猛禽類営巣場所平面図

可である。

- ③ 猛禽類の営巣場所であることが判明したため作業期間に制約がある(図-6)。

3-2 概要

周辺環境への負荷低減が最大の課題となっているため、中間部における施工は、山岳トンネル工法の採用が最良と考えた。開削工法と山岳工法を比較すると以下の点において、山岳トンネル工法が有利になる(図-7)。

- ① 上り線トンネルを先行掘削して中間部まで到達させ、中間部施工のための工事用道路とすることにより周辺民家への騒音・振動の問題を低減することができる。
- ② 山岳トンネル工法を採用することにより、トンネル掘削前に盛土工が行え、それゆえに構造物ができてから盛土する開削工法と比較して、大規模土工が可能である。また、開削工法で行うアーチカルバートの施工も、トン

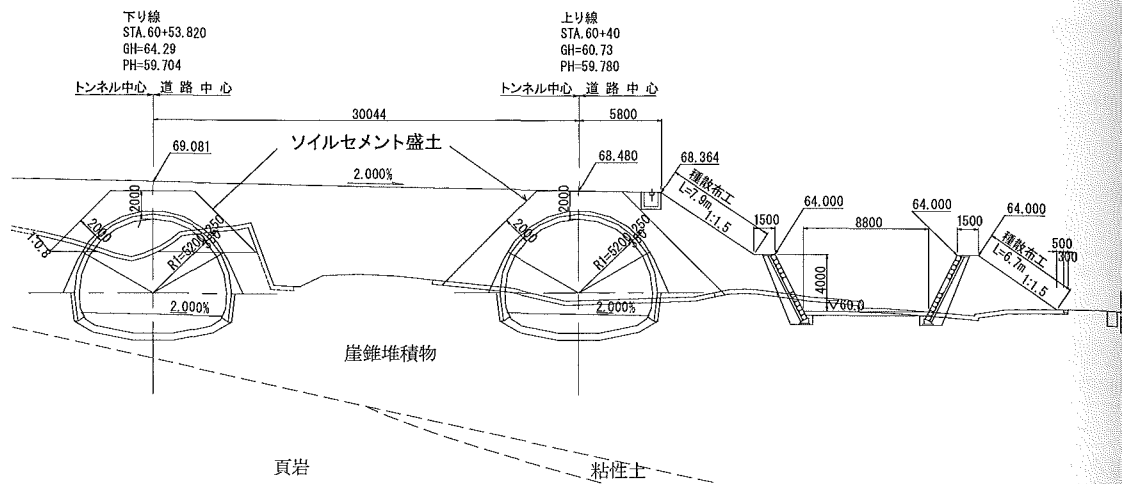


図-7 トンネル中間部 山岳トンネル工法計画断面図

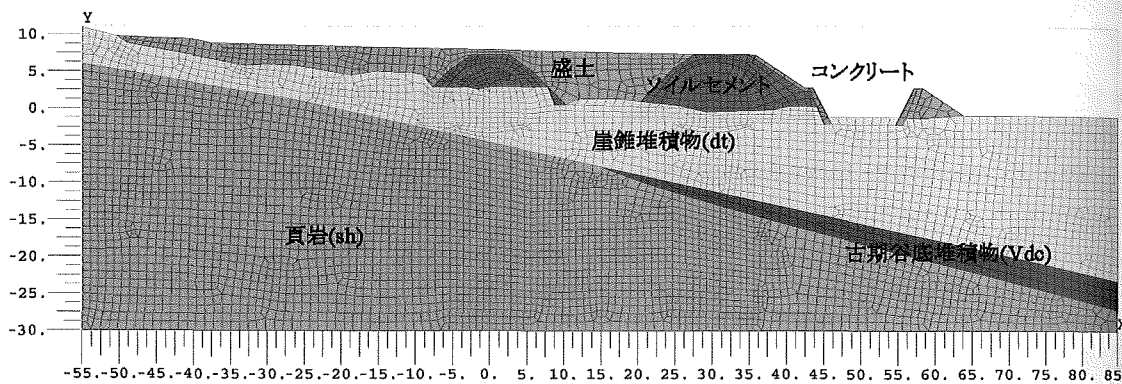


図-8 数値解析モデル

ネル坑内から覆工コンクリートとして施工できるので、明かり工事の工期を短縮し、環境負荷を低減できる。

3-3 数値解析による検討

山岳トンネル工法を採用した場合、浅層改良工が施工できなくなるため、N値20以下の地盤上にトンネルを構築するための検証が必要になった。解析は二次元平面ひずみモデルによる線形有限要素法プログラムで行った。解析断面および解析モデルは、下り線STA60+58.32, 上り線STA60+40.00の断面を対象として作成した。解析領域は、技術資料³⁾を参考に、水平方向4D, 鉛直下方3Dとした(図-8)。

地盤・改良体の入力物性値は、事前の地質調査資料やマニュアル⁴⁾を参考にして決定した。支保部材の入力物性値は、マニュアル³⁾に示されてい

る値に準拠して定めた。なお、支保部材の仕様は、吹付けコンクリート $t=250\text{mm}$, 鋼製アーチ支保工H-200, インパートコンクリート $t=500\text{mm}$ とした。

3-4 解析結果

変位分布(図-9)を見ると、トンネル全体が右側方(谷側)に変位している。地表面沈下はトンネル直上のみが沈下し、沈下領域の側方への拡がりは小さくなっている。また、上り線部分では、インパート下の隆起が大きくなっている。なお、下り線トンネルの側方変位2.3mm, 天端沈下9.5mmであった。

解析におけるトンネル周辺地山の安全率は図-10に示すように、おおむね1.0以上が確保されているが、ソイルセメント盛土下部から下半側壁部にかけて1.0以下の領域が部分的に形成され、脚

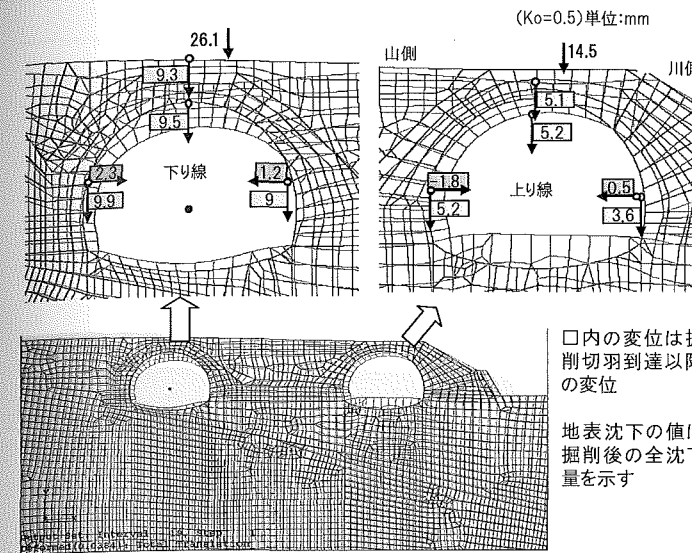


図-9 解析結果(変位)

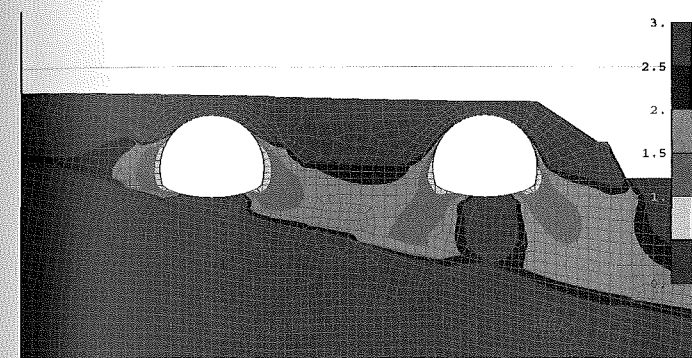


図-10 解析結果(安全コンタ)

部下方部にも広がっていたため、掘削時の側壁部の肌落ちや脚部沈下に対する注意が必要とされた。

3-5 施工

3-5-1 施工フロー

解析結果より、現状の地盤上にソイルセメント盛土を施工することで、トンネル掘削が可能であると判断した。施工にあたって、中間部への上り線到達方法、盛土工事、盛土完了後のトンネル閉塞工法および盛土施工後の上下線トンネルの掘削工法の詳細計画を作成した。計画の施工フローを図-11に示す。

3-5-2 上り線トンネルの到達方法と支保

上り線トンネルの中間部到達にあたっては、長尺鋼管フォアパイリング工法(ウレタン系シリカ

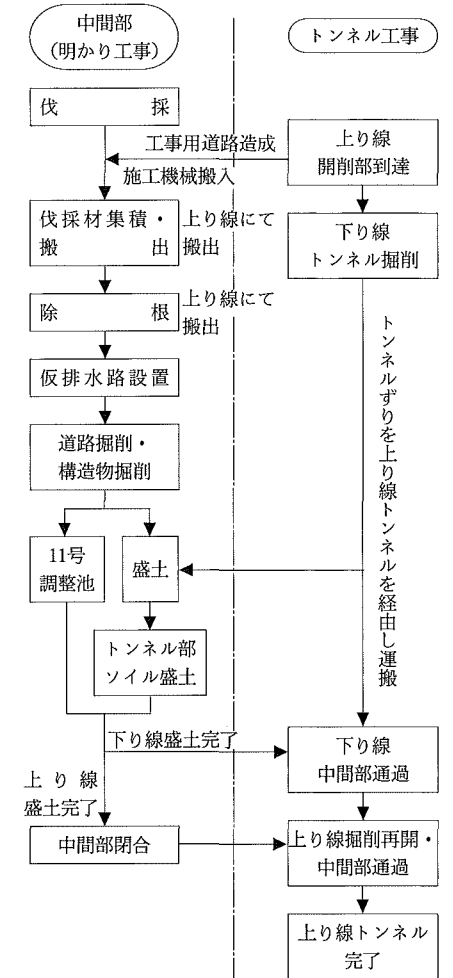


図-11 施工フロー

レジジン注入)による天端補強を行った。到達側3基については、最終的に盛土の荷重が載荷されるため、支保工脚部の崖錐層の支持力不足のため不等沈下の発生が懸念された。そのため、ストラットと吹付けコンクリートによる仮閉合を行った(図-12)。

なお、中間部に盛土するために施工するトンネル締切りは、大型土のうを積上げ、坑内から押さえ盛土をして完成させた(写真-5)。

3-5-3 盛土工とソイルセメント盛土

中間部の盛土量は約20,000m³であり、主に下り線トンネルの掘削ずりを盛土材として使用した。その際、トンネル周辺部の6,000m³については、解析結果によりソイルセメント盛土を採用した。

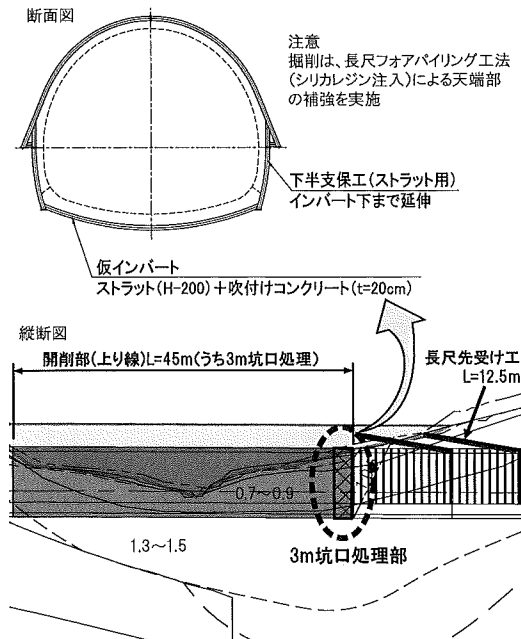


図-12 上り線トンネルの到達方法と支保

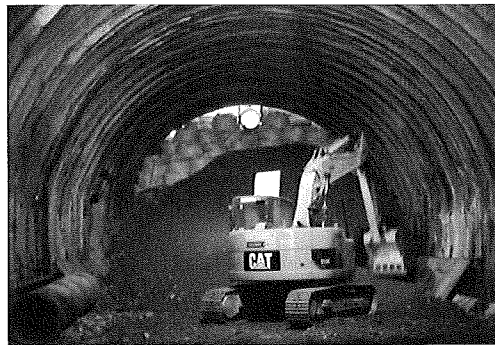


写真-5 上り線トンネル締切り状況(大型土のう、押さえ盛土)

盛土材として使用したのは土砂状のチャートで、現場強度 1.0MN/m^2 、目標強度 1.25MN/m^2 として配合を検討した結果、高炉セメントB種を使用し、セメント添加量は 182kg/m^3 とした(図-13)。盛土部のトンネル掘削を行う際、土かぶりが約2mと非常に小さいため、天端部の崩落を防ぐために盛土補強材(ジオグリッド、 17kN/m)をソイルセメント盛土天端より1m下の位置に2重に敷設した(写真-6)。

3-5-4 トンネル掘削

盛土区間の下り線トンネルは、ソイルセメント盛土が完了してから約1か月後に掘削を行った。

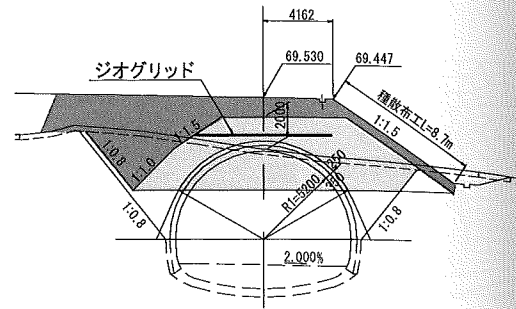


図-13 トンネル周辺盛土断面図



写真-6 盛土補強材とソイルセメント

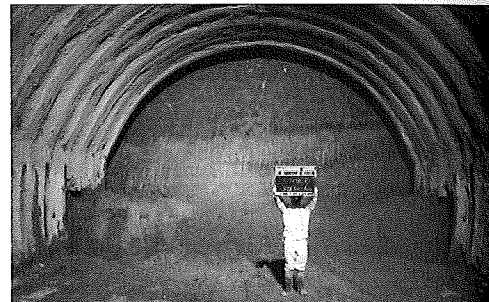


写真-7 下り線STA60+60付近切羽状況

掘削は、補助ベンチ付き全断面掘削工法で、大型ブレイカー(1.3t級)を使用した機械掘削を採用した。掘削時、ソイルセメント盛土部は安定しており、切羽の状態は良好であった。また、天端部は、ジオグリッドの効果により抜け落ちなどの変状は発生しなかった(写真-7)。

また、上り線トンネルは、下り線が起点側に貫通後、掘削を再開して中間部を突破した。こちらも下り線同様、安定した地山状況の中を掘削することができた。

3-5-5 計測結果

中間部掘削中の地山は非常に安定しており良好

表-5 トンネル中間部計測結果

計測位置	下り線 STA60+65			上り線 STA60+25		
	解析予測	計測結果	差	解析予測	計測結果	差
単位	mm	mm	mm	mm	mm	mm
天端沈下	9.5	24.7	+15.2	5.2	19.8	+14.6
脚部沈下(山側)	9.9	23.7	+13.8	5.2	20.3	+15.1
脚部沈下(川側)	9	17.5	+ 8.5	3.6	18.2	+14.6
水平(上半)	3.5	2.6	- 0.9	- 1.3	-2.7	- 1.4
水平(下半)	-	6.4	-	-	3.8	-
地表沈下(総沈下量)	26.1	36	9.9	14.6	27	12.4

表-6 高性能防水シートの仕様

種類	シート厚(mm)	備考
EVAシート	0.8	NEXCO規定
不織布	3.0	NEXCO規定
立体網状体	5.0	メーカー規定

ル全体が共下がり状態になり、沈下は地表部まで及んでいる。ただし、インバート完了後には変位は収束した。計測値は解析結果の倍程度の値になったが、トンネルの安定に問題

はなかった。

3-5-6 防水処理工

トンネルの中間部は沢地形であり、トンネル土かぶりが約2mと小さいことから降雨時の地下水の浸透が懸念された。集中的な降雨の場合、通常の防水工および排水工では排水が間に合わず、覆工コンクリート背面に湛水する可能性があり、水圧が外力として覆工に作用し、トンネルの安定を損なう恐れがある。

そのため、もっとも地下水の影響を受けやすい沢部上流側の下り線トンネル区間60mでは、高排水性能防水シート(立体網状体付き防水シート)を施工し、防水対策を行った(写真-8)。さらに、トンネル周辺に湛水しないように、トンネル両側に2m間隔で集水管(L=2m)を施工し、それを排水材(モノドレン、 $\phi 30\text{mm} \times 3$ 本)に接続することにより排水することにした(図-14)。

上り線トンネルでは施工時の湧水が多かった区間(L=17m)で高排水性能防水シートを使用した。シートの仕様を表-6に示す。

3-5-7 周辺環境への影響

民家に近接した中間部への進入路を使用せず、上り線トンネルを工専用道路としたことにより、安全、騒音、振動に関してほとんど影響を与えず、周辺住民への環境負荷低減を達成できたと言える。

また、猛禽類への影響については定量的な評価は難しいが、少なくとも明かり工事における大幅な施工期間の短縮(大規模盛土への変更による盛土工期短縮、アーチカルバートを施工する期間の削減など)により、一定の効果があったと考えら

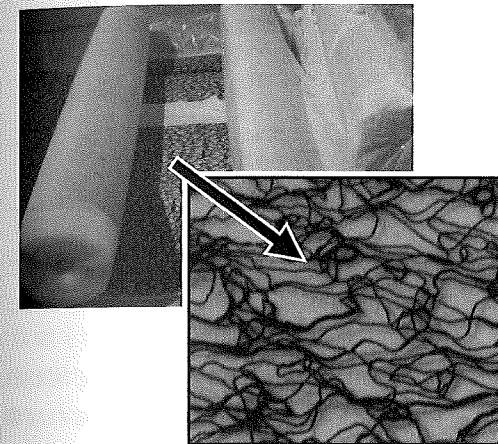


写真-8 高排水性能防水シート

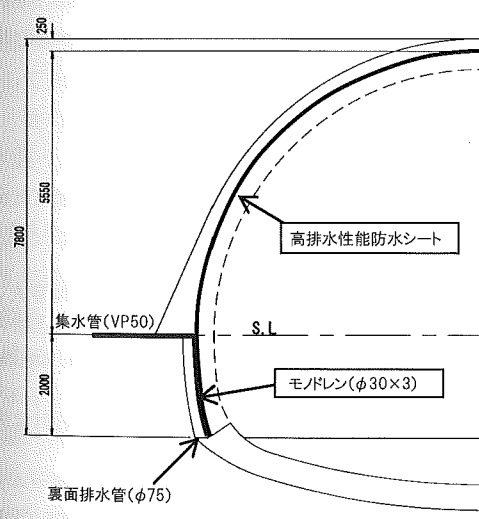


図-14 防水処理工横断面図

であった。最大変位が発生した断面の変位量を表-5に示す。この表からわかるように、内空変位は少ないものの沈下量は比較的大きく、またトンネ

表-7 平成22年度繁殖モニタリング調査結果

調査回数	調査日	調査内容	確認状況	繁殖ステージ
第1回	4月6日	営巣木確認	平成21年ノスリ繁殖巣に青葉の積み増しと、ノスリ成鳥の巣入り、ノスリ警戒声を確認。	造巣期～抱卵期
第2回	4月14日	繁殖状況(補完)	巣付近からノスリの鳴き声を確認。巣付近を通過したサンバに対するノスリ警戒声を確認。	
第3回	4月20日	定点	巣内よりノスリの鳴き声を確認。営巣木北西の山頂上空においてノスリの波状飛行と林入りを確認。	抱卵期
第4回	4月29日	繁殖状況	巣内にアカマツ青葉積み増しと警戒声を確認。	
第5回	5月7日	定点	ノスリは確認されず。	—
第6回	5月15日	繁殖状況	巣内に親鳥は確認されず。尾根向こうに餌を運ぶノスリ成鳥を確認。	—
第7回	5月28日	定点	ノスリ成鳥が一度巣入りし、空の巣に座り抱卵の仕草をするのを確認。その後巣から立ち去る。オオタカ成鳥オス、メスの飛行、鳴き声(警戒声)、林入りを確認。	—
第8回	6月9日	繁殖状況	巣内に雛は確認されず。巣や周辺部に使用痕跡は確認されなかった。	ノスリの繁殖は失敗したと判断
第9回	6月10日	定点	サンバの飛行、探餌、成鳥単独個体による羽ばたきディスプレイを確認。オオタカ成鳥オスの飛行を確認。	—
第10回	6月28日	繁殖状況	巣や周辺部に使用痕跡は確認されず。周辺でノスリは確認されず。	月谷地区でのノスリ繁殖の可能性は低いと判断
第11回	6月29日	定点	ノスリ、サンバ、オオタカは確認されず。	—

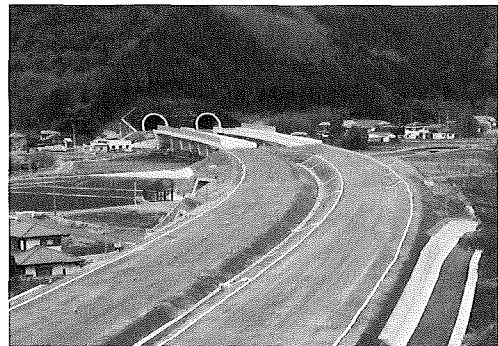


写真-9 トンネル掘削開始側(終点側)完了写真

れる。表-7に示す工事完了後のモニタリング調査では、サンバ以外のオオタカなどの生息も確認され、工事完了後も、施工前と同等の環境を残したといえる。

4 おわりに

トンネル坑口付近とトンネル中間部における厳しい環境対策を取り入れたことにより、トンネル工事を無事完了することができた。今後も、施工

と環境の両立を迫られる工事が多くなると思われるが、本報告がトンネル関係者の参考になれば幸いである(写真-9)。

最後に、工事を施工するにあたり、ご協力をいただきました関係機関、地元の皆様に改めてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 宇田誠・須志田藤雄・高橋幹夫：民家に近接した山岳トンネルの施工，第62回施工体験発表会テキスト，pp.89-96，2008。
- 2) 丸山大三・玉澤隆・四方田雄一・宇田誠・笹尾春夫：環境に配慮して開削工法区間を山岳トンネル工法に変更した事例，トンネル工学報告集，Vol.20，pp.163-168，2010。
- 3) 日本道路公団試験研究所：トンネルの標準設計に関する研究報告書，1986。
- 4) 沿岸技術研究センター：事前混合処理工法技術マニュアル(改訂版)，沿岸技術ライブラリー，No.34，2008。
- 5) 日本道路公団試験研究所：トンネル数値解析マニュアル，1998。

施工

切梁軸力を側壁に盛替え開削トンネルを構築

—阪神高速淀川左岸線—

阪神高速道路(株)建設事業本部建設技術課(大阪設計担当) 石橋 照久
 阪神高速道路(株)建設事業本部建設技術課(堺設計担当) 志村 敦
 阪神高速道路(株)技術部技術開発課 新名 勉
 三井住友建設(株)国際支店土木部 三村 光太郎

1 はじめに

大阪の高速道路網は、阪神高速1号環状線を中心として整備されているため、交通が大阪中心部に集中しており、慢性的な渋滞を引き起こしている。これを解決するため、平成13年8月に「大阪都市部における新たな環状道路=大阪都市再生環状道路」が都市再生プロジェクトとして決定されている。

淀川左岸線はこの「都市再生環状道路」(図-1)の一部を形成する路線である。このうち、淀川左岸線(1期)は図-2に示すように阪神高速5号湾岸線(北港JCT)と3号神戸線(海老江JCT(仮称))を結ぶ、延長5.7kmの自動車専用道路である。北港JCTから島屋東までの1.3kmは平成6年4月に開通しており、残る4.4km(島屋～海老江JCT(仮称))の建設を現在進めているところである。

本路線はその多くが開削トンネルによる地下構造を主体としている。このうちの島屋第2工区において、開削トンネル構築時の切梁支保工の盛替えについて、種々検討の結果、「側壁盛替え工法」を



図-1 都市再生環状道路

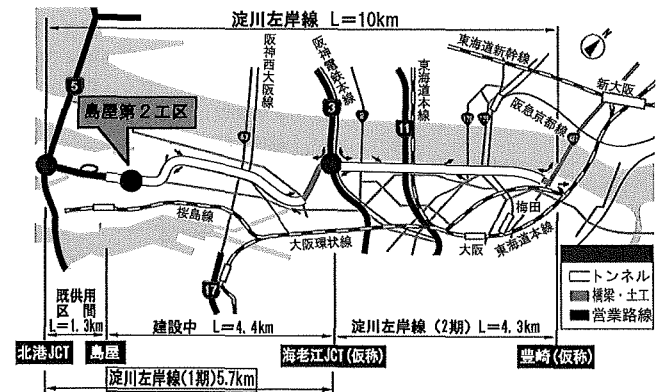


図-2 淀川左岸線平面図

採用した。

本稿では、本工法を適用する場合の問題点を解決するための設計手法および躯体を構築した事例について報告するものである。

2 土留め支保工撤去方法の種類と特徴

これまでに実績のある開削トンネル躯体構築時の主な土留め支保工撤去方法を表-1に示す。

表に示すとおり、本工区の条件下では、従来から多く採用されている切梁残置切断方式や内梁盛替え方式などと比較して、総合的に側壁盛替え工法が有利と判断できる。しかしながら、施工時に本体構築物へ外力を作用させることから、本体完成後の施工時残留応力に対して適切な評価が必要となる。

よって、以下のとおり検討を実施した。

3 躯体に残留する応力とその評価手法

3-1 躯体に残留する応力の概念

側壁盛替え工法の躯体構築過程において外力が作用した場合に躯体へ発生する応力と、将来的に残留する応力の概念を示す。工事ステップとの関係は以下のとおりである。

- ① 床付けまで掘削が完了し、土留め壁が切梁で支保されている状態(図-3a)。
- ② 切梁撤去時に、片持ち梁状態の側壁に盛替え反力が作用するため、躯体に応力が発生(図-3b)。
- ③ 側部盛替え梁の撤去は行わず、躯体に応力が発生した状態のまま、頂版を構築し、閉合。→構造系完成後も施工時に発生した応力が残留(図-3c)。

表-1 土留め支保工撤去方法比較

支保工撤去工法	切梁残置切断方式	内梁盛替え方式	複数段同時撤去方式	側壁盛替え方式
概要図				
特徴	掘削時に架設した切梁を残置した状態で構築物本体を構築し、本体が完成した後に撤去可能な切梁を切断・撤去	既設切梁下まで側壁を構築し、切梁撤去前に躯体内空側に内盛替え梁を架設して盛替え	底板打設後、本体構築物の構築に支障となる切梁を複数段同時に撤去する方式	既設切梁下まで側壁を構築し、片持ち梁状態の側壁で盛替えを行い、切梁を撤去
長所	本体構築物を構築する際に土留め架構の構造を変化させない方式であるため、土留め壁の応力および変形に与える影響は小	鉛直方向の切梁間隔をほとんど変化させない撤去方式であることから土留め壁に与える影響は少なく、側壁に貫通材が存在しない分、品質上の弱点は小	作業スペースが十分に確保でき、施工性に優れる 本体構築時に躯体に外力が作用しない 打継ぎ目が少なく止水性に優れた構築物が構築可能	鉛直方向の盛替え間隔が狭いため土留め壁に与える影響が小 内梁を設置する必要がないため経済的作業スペースが大
短所	切梁切断時の急激な応力解放により躯体側壁にクラックが生じやすい 切梁残置部の側壁鉄筋切断箇所が応力上の弱点となる 防水上の不連続面を作るため止水性に劣る	内梁の設置撤去工は狭所・高所作業となり施工上の安全性が劣る 費用が高むうえ、工期も長くなり経済的に不利	複数段の切梁を同時に撤去するため鉛直方向の切梁間隔が長くなり、土留め壁の応力や変位が大 土留め壁の変位に伴う背面地盤の沈下量が他の方式と比較して大	施工時に本体構築物に外力を作用させることとなり、本体完成後も残留応力として影響(適用にあたり適切な評価が必要)
本工区での適用性	△	△	×(近接構築物が存在)	○

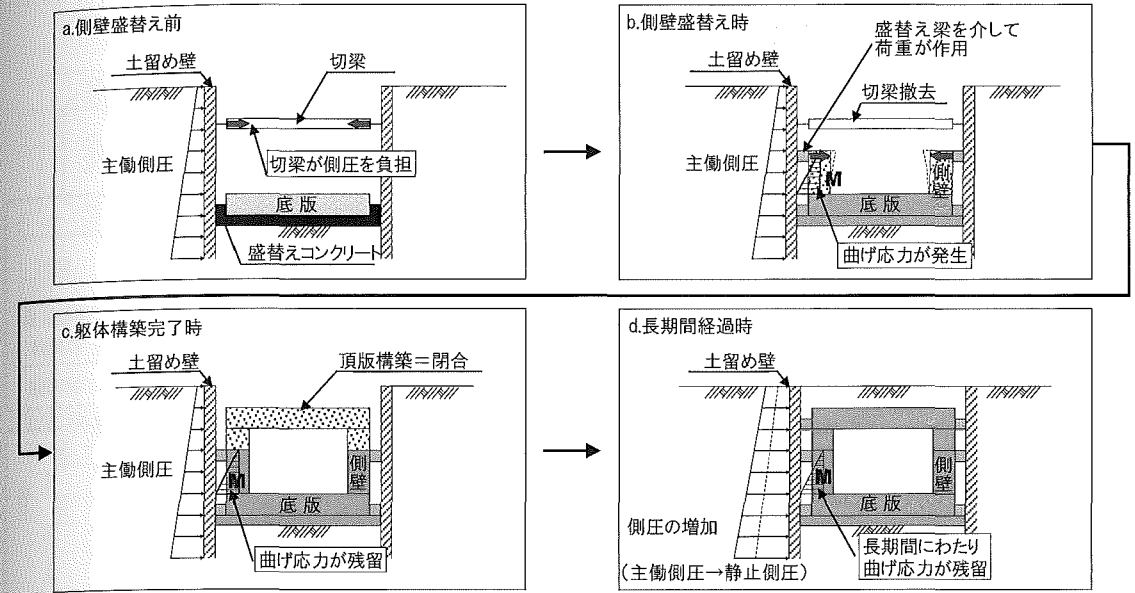


図-3 側壁盛替えにより躯体に残留する応力の概念図

- ④ 施工時に発生した盛替え反力による応力は、本体側部および頂版上部の埋戻しを経て、施工中に土留め壁を介して作用した主働側圧が静止側圧に移行する長期間にわたって残留(図-3d)。

以上のように、側壁盛替えにより切梁を撤去する場合には、構築過程から長期間にわたって躯体に応力を発生させるため、各段階における応力の評価が必要となる。

3-2 残留応力の評価手法

残留応力の評価手法には、一般に次の3種類がある。

(1) 完全分離計算法

施工時、完成後をそれぞれ単独に計算する手法であり、もっとも簡易な計算方法である。完成後の応力として施工時の残留応力を考慮しないため、施工時の応力が大きく、これに伴う残留応力も大きくなる場合は、完成後の応力を過小評価することとなる。

(2) 逐次的分離計算法

施工時応力が躯体完成後の長期間にわたって全く低減しないと仮定し、完成後の応力を施工時応力と完成後の増加応力の重ね合わせにより評価する手法である。施工時に発生する応力が将来的に

も低減しないと仮定しているため、完成後の応力が過大評価となることがある。

(3) 逐次計算法

構造系・荷重条件・支持条件の変化を一連の流れで追う計算手法である。施工時から完成後までの応力履歴を考慮したもっとも厳密な計算方法であるが、地中構築物の場合には計算が煩雑となるため実用的でなく、実績も少ない。

3-3 逐次的分離—クリープ応力緩和法

3-2節で述べた一般的な残留応力評価手法は一長一短を有している。よって、本工法を実施する場合の新たな残留応力評価手法として、計算が比較的簡便であり、コンクリート特有のクリープ特性を取り入れることにより各施工段階における応力変化を忠実に捉えることができる「逐次的分離—クリープ応力緩和法」を考案し、その設計を試みることにした。

今回考案した評価法の概要を図-4に示す。本手法は、構造系完成後の部材のクリープ変形に伴い施工時に発生した応力が変化することを考慮した躯体の応力評価手法²⁾である。

構造系完成前の片持ち梁状態の側壁に発生した応力(図-4a)は、構造系完成後、クリープ変形に伴い両端固定梁状態の応力分布に近づくように変

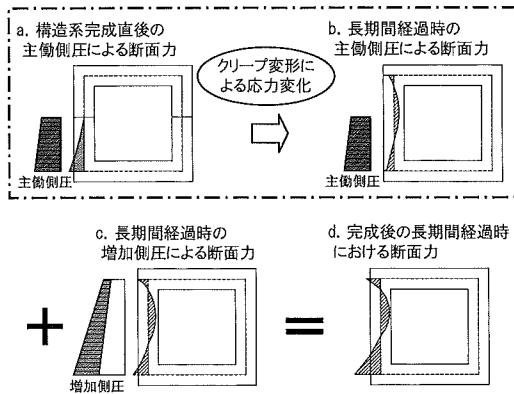


図-4 逐次的分離-クリープ応力緩和法による断面力の評価

化する(図-4b)。本手法では、完成後の長期間経過時の応力(図-4d)は、上記のクリープ変形に伴い変化した施工時の残留応力(図-4b)と完成後の増加側圧による応力(図-4c)の重ね合わせにより評価する。ここで、完成後の増加側圧とは、施工時に土留め壁を介して作用する主動側圧と、将来的に本体構造物に作用する静止側圧との差分の側圧を指す。

以上のように本手法は、完成後のクリープによる変化を考慮した施工時残留応力と完成後の増加応力をそれぞれ別に計算し、これらを重ね合わせて長期間経過時の応力状態を評価する逐次的分離計算法の一手法である。

4 逐次的分離-クリープ応力緩和法による躯体の設計手法

側壁盛替え工法適用時の常時の躯体検討フローを図-5に示す。構造物の照査は、「盛替え時」(側壁盛替えを行う時点)と「長期間経過時」(構造系が完成し、主動側圧が静止側圧に変化する時点)の2つの時点で行う。

長期間経過時の検討では、「主動側圧による残留応力」と「増加側圧(=静止側圧-主動側圧)による応力」との和として応力を評価する。応力度照査は、盛替え時の検討で決定した部材に対して行うものとし、応力度が許容値を満足しない場合には補強鉄筋の検討を行う。

一方、地震時についても常時の検討と同様に、側

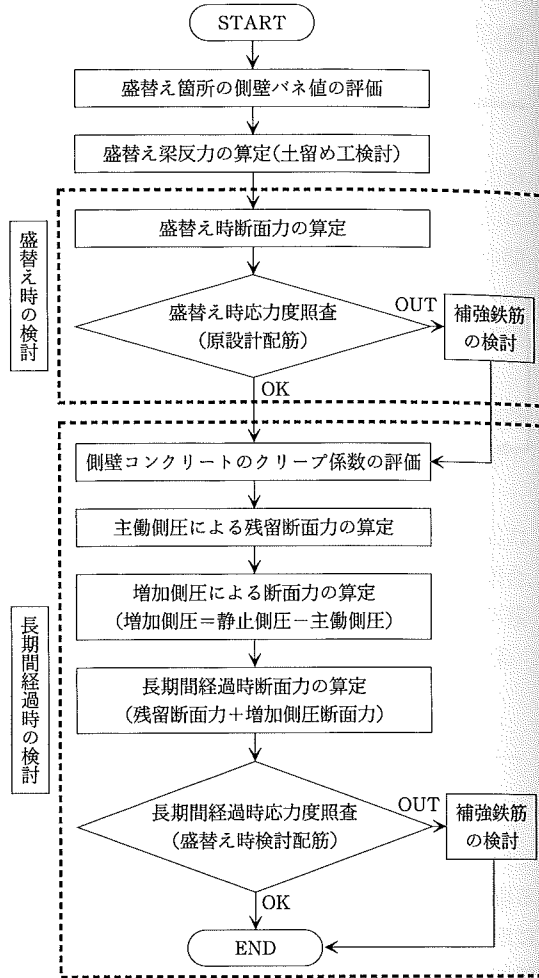


図-5 検討フロー(常時)

壁盛替えによる残留応力の影響を考慮する。次章に、本設計手法を適用して開削トンネル設計を行った結果を述べる。なお、本構造物では部材が地震時の検討で決定されていないことから、部材の決定ケースである常時の検討結果について記述する。

5 実構造物への適用

5-1 検討対象構造物の概要

本工法の適用を検討した工区の構造一般図を図-6に示す。本工事では、図-7に示すように、切梁を撤去し、側壁部で盛替えながら躯体を構築する。

5-2 躯体応力度照査

(1) 盛替え時

盛替え時における応力は、底版を固定端とする

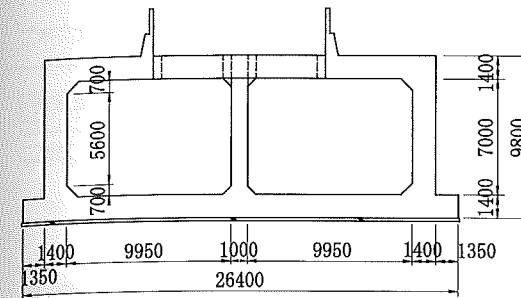


図-6 構造一般図

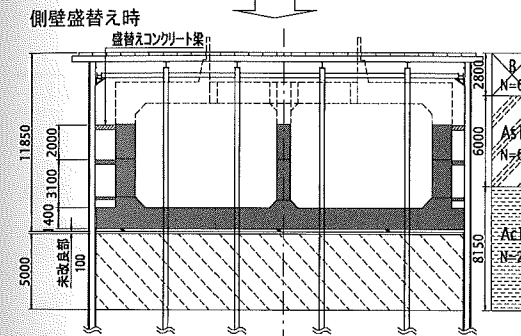
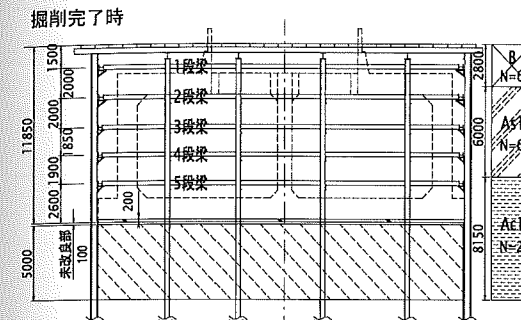


図-7 対象構造物の側壁盛替え位置

片持ち梁モデルに、土留め弾塑性計算法により算出した盛替え梁反力を作用させて計算した。

照査の結果、側壁盛替えにより発生する側壁および底版の曲げ・せん断応力度は、両者とも原設計の配筋仕様で許容応力度を満足することが確認された(表-2)。

(2) 長期間経過時

躯体完成後の応力度照査時期は、側圧が主動側圧から静止側圧に変化する時期とした。ここで、主動側圧が静止側圧に変化する期間は躯体構築完了後4~5.5年³⁾という報告にもとづき、応力度照査時期を躯体構築完了後5.5年(2,000日)とした。

表-2 盛替え時の応力度照査結果

モデル		【原設計配筋】側壁：D29@125 [外側鉄筋] 底版：D25@125 [外側鉄筋]	
側壁	曲げモーメント	$M = -1,031 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $\sigma_c = 4.8 < 10.0 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$ $\sigma_s = 159 < 180 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$	せん断照査点
	せん断力	$S = 322 \text{ kN}$ $\tau_m = 0.25 < 0.45 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$	曲げ照査点
底版	曲げモーメント	$M = -1,001 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $\sigma_c = 4.3 < 8.0 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$ $\sigma_s = 134 < 180 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$	
	せん断力	$S = 166 \text{ kN}$ $\tau_m = 0.13 < 0.39 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$	

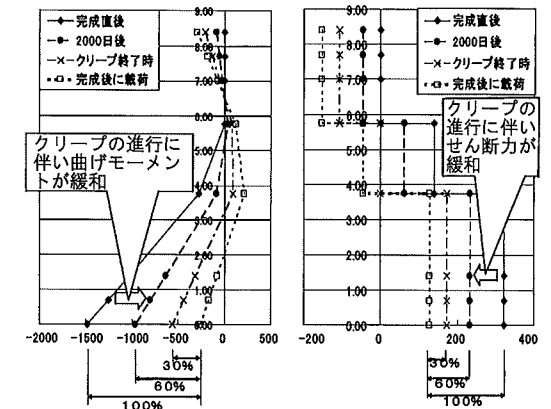


図-8 主動側圧による側壁部断面力のクリープ緩和

すなわち、盛替え時応力が2,000日後にクリープによって緩和される量を算出し、長期間経過時の残留応力を評価した。

クリープによる応力緩和を考慮した主動側圧による側壁の残留応力算出結果を図-8に示す。この結果、躯体完成直後に発生した応力は、曲げモーメント・せん断力ともに側壁部材のクリープの進行に伴って減少し、側壁盛替えを行わない場合の

表-3 長期間経過時の応力度照査結果

原設計配筋での応力度照査		鉄筋を補強した場合の応力度照査	
配筋図		配筋図	
側壁	曲げモーメント $M = -1,700 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $\sigma_c = 7.2 < 10.0 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$ $\sigma_s = 237 > 180 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OUT}$ せん断力 $S = 580 \text{ kN}$ $\tau_m = 0.44 < 0.45 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$	側壁	曲げモーメント $M = -1,700 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $\sigma_c = 6.6 < 10.0 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$ $\sigma_s = 178 < 180 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$ せん断力 $S = 580 \text{ kN}$ $\tau_m = 0.44 < 0.45 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$
底板	曲げモーメント $M = -1,360 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $\sigma_c = 6.4 < 8.0 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$ $\sigma_s = 202 > 180 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OUT}$ せん断力 $S = 610 \text{ kN}$ $A_{\text{web}} = 1.4 < 4.0 \text{ cm}^2 \dots \text{OK}$ (D16ctc250 1組)	底板	曲げモーメント $M = -1,360 \text{ kN} \cdot \text{m}$ $\sigma_c = 6.1 < 8.0 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$ $\sigma_s = 168 < 180 \text{ N/mm}^2 \dots \text{OK}$ せん断力 $S = 610 \text{ kN}$ $A_{\text{web}} = 1.4 < 4.0 \text{ cm}^2 \dots \text{OK}$ (D16ctc250 1組)

応力分布に近づいていくことがわかる。これにより側壁下端の応力は、曲げモーメント、せん断力ともに躯体完成2,000日後に約60%まで減少する。

長期間経過時(躯体完成2,000日後)の応力度照査結果を表-3に示す。本表の左に示すように、長期間経過時の側壁および底板の鉄筋応力度は、原設計配筋ではそれぞれ許容値を満足しない結果となった。このため、これらの応力度への対処として表-3の右に示すように側壁と底板の鉄筋を補強(側壁：D19@125を2段目に追加、底板：D25@125からD29@125へサイズアップ)することとした。

以上の検討を踏まえて、当初計画されていた内梁盛替え工法と側壁盛替え工法の支保工撤去時における工費比較を表-4に示す。この結果、側壁盛替え工法では、盛替えの影響による応力の増加分をわずかな補強鉄筋で対処することができたため、内梁設置・撤去費用、躯体構築費用(補強鉄筋)を

表-4 工費比較

	内梁盛替え方式	側壁盛替え方式
概要図		
工費	1段目支保工賃料=0.19 2段目支保工賃料=0.17 支保工設置・撤去=0.64 合計 1.00	側壁部補強鉄筋費=0.47 底板部補強鉄筋費=0.13 合計 0.60
評価	△	○

含めて経済性に優れることが確認できた。

5-3 側壁盛替え時の躯体応力度計測

側壁盛替え工法を適用した躯体の健全性確認および長期間経過時における躯体応力状態の変化の確認を目的として、計測工を実施した。

ここでは、既設切梁支保工を撤去した段階の計測結果について述べる。

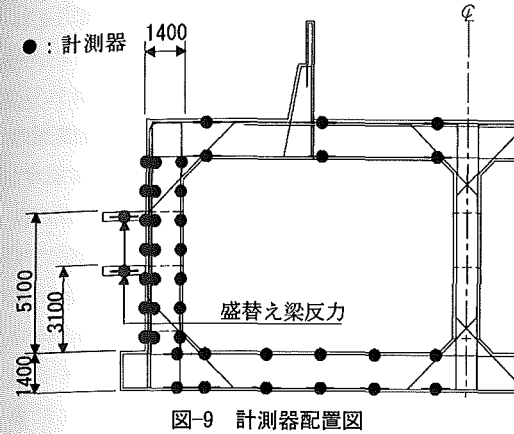


図-9 計測器配置図

表-5 計測期間および計測項目

計測期間	開始：各部材構築直後 終了：工事竣工まで
計測項目	盛替え梁反力計測 2か所
	鉄筋応力度計測 頂版：6か所 側壁：21か所 底板：12か所
	計測器種類 差動トランス型鉄筋計

(1) 計測方法

計測器配置図を図-9に示す。計測は、盛替え梁反力の評価および各部材の応力度の評価を目的として、側部盛替え梁ならびに躯体の鉄筋に計測器を配置して行った。

計測期間および計測項目を表-5に示す。計測は各部材構築直後から開始し、本工事竣工まで実施した。また、計測器は長期間にわたる計測が可能な差動トランス型鉄筋計とし、側壁盛替えの影響を大きく受ける側壁部および底板部に計測器を密に配置することとした。

(2) 計測結果の検証

得られた計測値の妥当性の確認を目的として、図-10に示す3ステップで計測結果の検証を行った。この検証の方法を以下に示す。

- ① 盛替え梁反力の計測値と設計値との比較(図-10(a))。
- ② 計測値をもとに躯体各部に発生する曲げモーメントを評価(図-10(b))。
→部材に発生する曲げモーメントを下記2つ

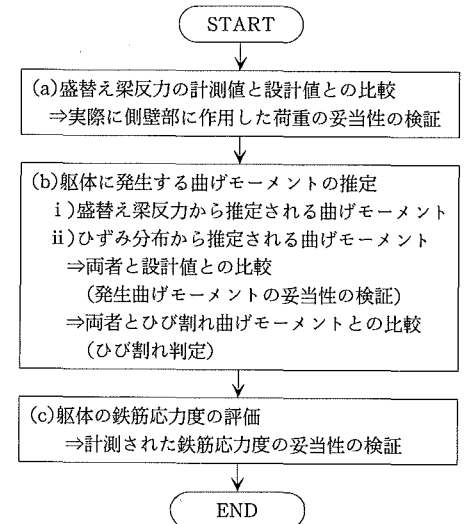


図-10 計測結果の検証方法

表-6 盛替え梁反力の計測値と設計値

	計測値		設計値	
	A側面	B側面	A側面	B側面
側壁上段	84kN/m(85%)	99kN/m	137kN/m	
側壁下段	167kN/m(95%)	175kN/m	185kN/m	

()はA側面の設計値に対する比率

- の方法により推定し、設計値と比較
- 方法1：盛替え梁反力計測値にもとづく曲げモーメントの推定
- 方法2：部材各断面のひずみ分布計測値にもとづく曲げモーメントの推定

(3) 計測結果

表-6に盛替え時における盛替え梁反力の計測値と設計値の比較を行った結果を示す。本工区では、土留め壁構築箇所の相対する面(以下、「A側面」および「B側面」とする)の土層構成が異なることからそれぞれの面で土留め工の検討を行っており、盛替え時の検討では安全のために盛替え梁反力の大きいB側面の反力を採用し計算を行っている。しかしながら、本計測工は土留め壁変位量の制限が厳しいA側面で実施していることから、ここではA側面の設計値に着目し、計測値と設計値の比較を行った。この結果、躯体側壁部に作用する盛替え梁反力は、A側面の設計値に対して上下段平均で約90%であり、ほぼ当初想定した荷重が

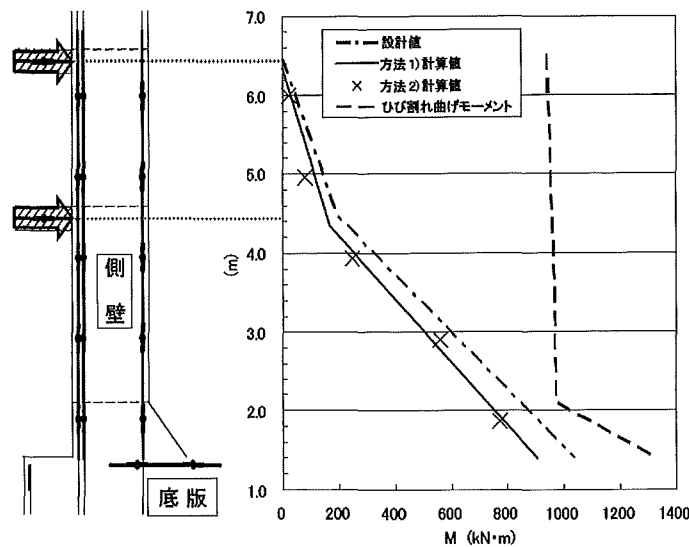


図-11 側壁部の曲げモーメント(盛替え時)

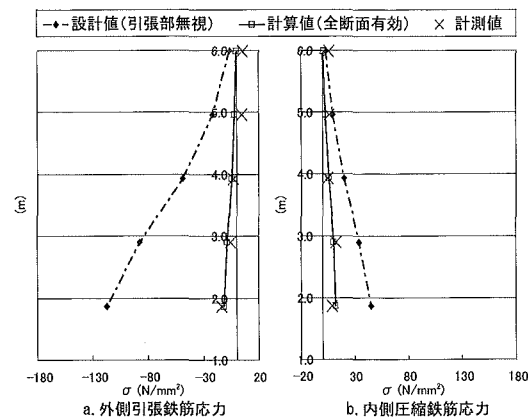


図-12 側壁部の鉄筋応力度(施工時)

側壁に作用していることが確認された。

次に、躯体の各部位に発生する曲げモーメントに着目する。代表として図-11に側壁部の曲げモーメントの推定値を示す。本図より、方法1)および2)により推定される両者の曲げモーメントがほぼ一致していることが確認される。これらの推定値と設計値を比較すると、推定値は設計値の約90%であり、上述の盛替え梁反力の計測値と設計値の関係と一致する。また、推定された曲げモーメントとひび割れ曲げモーメント(M_c)との関係に着目すると、推定された曲げモーメントはいずれの箇所においてもひび割れ曲げモーメントに達しておらず、盛替えを行った段階では側壁にひび

割れは発生していないものと想定される。

最後に、躯体の鉄筋応力度について述べる。これも代表として、側壁部の鉄筋応力度の評価結果を図-12に示す。曲げモーメント推定値にもとづいた鉄筋応力度の算出は、この推定値がいずれの箇所でもひび割れ曲げモーメント未満であることから、曲げ引張力をコンクリートと鉄筋の両者で負担する場合の計算方法(全断面有効とした計算方法)にて行うこととした。なお、ここでは計測工で得られた鉄筋応力度の計測値と設計値および上記方法により算出した計算値の3つを比較している。

この結果、本図に示すように鉄筋応力度の計測値は、コンクリートの引張応力を無視した設計値と比較して小さく(10~25%程度)、全断面有効として算出した計算値とほぼ一致することが確認される。

これらの確認された事項のうち、盛替え時における発生応力度が非常に小さいことは、将来にわたって残留する応力も非常に小さいことを意味する。この確認された事項を反映し、今後、側壁盛替え方式の採用に伴う本体構造物の検討を行うさいには、発生曲げモーメントとひび割れ曲げモーメントの関係に応じて鉄筋の応力度を求め、将来的に残留する応力の評価を行うことが望ましいと考える。

これにより、各部材の応力状態を実際に近い状態として再現できるほか、側壁盛替え時に必要な補強鉄筋量を少なくできるなど、より経済的な構造物の構築が可能となると言える。

6 おわりに

本稿では、側壁盛替え工法により構築する開削トンネルの躯体設計手法として「逐次的分離クリープ応力緩和法」を紹介するとともに、淀川左岸線(1期)の開削トンネル工事に適用した事例について記述した。

当工事では、側壁盛替えを行ったさいの躯体の健全性と長期間経過時における躯体の応力状態の変化を確認することを目的として計測工を竣工まで実施した。本工事での竣工時点でも鉄筋の応力度は設計値と比較して小さいことを確認している。

今後、開削トンネルをはじめとする各種地下構造物の建設工事において、コスト縮減・工期短縮などを図る手段として、この適用事例がその一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 土木学会：トンネル標準示方書 [開削工法編]・同解説, pp.76-79, 1996.
- 2) 佐藤素啓・渡辺実・佐藤昇：変位法によるコンクリート構造物のクリープ・乾燥収縮解析の基礎理論, プレストレストコンクリート, Vol.22, No.2, pp.59-66, 1980.
- 3) 福岡正巳：新しい土圧入門—土圧の考え方と実際—, 近代図書, pp.5/2-5/4, 1982.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編, pp.30-38, 2002.

わかりやすい トンネルの力学

B5判 286頁 本体価格 5,825円 円340円

福島啓一著

NATMの導入以来、トンネル工事の現場に計測が大幅に取り入れられるようになって、トンネルの力学がますます重要視されるようになった。

本書はトンネル力学の基礎的な事項に基づく問題点を経験則と理論則から説明し、設計・施工に携わる実務者がトンネルを掘るとき、また、計画・設計するときに考慮しなければならないトンネルの力学を主眼にした入門書である。

【目次】 ○従来のトンネル力学の考え方/トンネル力学の発展, NATM以前の考え方/ゆるみ高さの推定, ゆるんだ地山の釣り合い, 沈下量の差により変わる土圧, 切羽の安定, 地山の分類による支保の設計, NATMの考え方/せん断破壊説, 変形による圧力の低減, 地山のゆるみ防止, アンカーボルトによる地山の補強, 地山挙動の時間依存, せん断破壊説による設計法, 経験的設計法, 地山分類と地山等級に対応した支保工の標準設計, NATM力学についての問題点, ○弾性論による解析/弾性学の基礎, 軸対称円形トンネル, 線対称円形トンネルの弾性解, 円形トンネルの弾性解析, 地表面に近いトンネル, だ円形のトンネル, 球形空洞周りの応力と変位 ○弾塑性論による解析/塑性力学の基礎, 軸対称円形トンネル, 線対称円形トンネルの弾塑性解, 円形トンネルで地山の自重を考えた弾塑性解析 ○弾塑性解以外の検討/トンネルの大きさの影響, 時間の影響, 表面の影響, 山はね, ゆるみと締めり, 地山のゆるみ, 再圧密を考えた考察 ○その他の検討/二次覆工の役割とひび割れ, 安全率, 支保工の設計・観察・計測の解釈と逆解析, 力学的に好ましい, または好ましくないトンネルの設計および施工法, 有限要素法, トンネルと地下水

株式会社 土木工学社

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



「ニシン漁とダイヤモンドダスト」の留萌市より

有吉 彌四郎

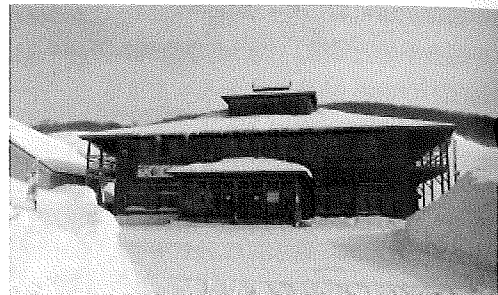
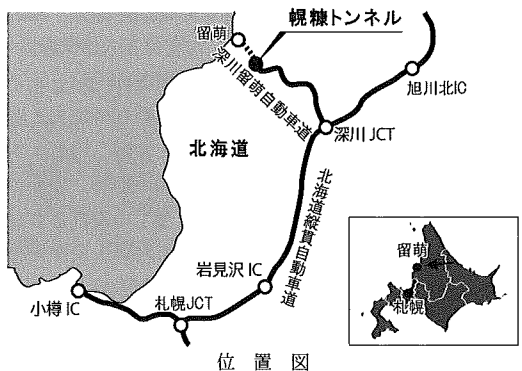
留萌市は、北海道の日本海側に位置する中核都市で、江戸時代後期より昭和30年代までニシン漁業で栄えた街だが、当時の栄華を偲ばせる建造物はほとんど消滅しており、諸所にニシン番屋がわずかに残されているだけである。

また、留萌沖の海域はイギリス・スコットランド北岸、インド・マドラス沿岸と並ぶ世界三大波濤海域として世界的にも波が荒いことで知られている。10月から3月までは1か月のうち約半分が暴風日となり、当時のニシン漁の厳しさは想像を絶するものである。

話は変わるが、私は生まれも育ちも福岡県で、留萌市の寒さには慣れるのにかなりの時間を要した。今冬の最低温度は-23度で、露出している顔や耳は寒いというより痛く、我慢して1時間も外にしていると感覚がなくなりました。しかし、晴天の朝礼時には空気にキラキラ光るものが降っており、それが噂では聞いていたダイヤモンドダストだと知ると、深呼吸するたびに悪習が浸み込んでいる私の体の中が清められてゆくような気がした。

当工事の幌糠トンネル(仮称)は北海道縦貫自動車道の深川ジャンクションから留萌市を結ぶ深川留萌自動車道(延長約50km)の高規格幹線道路の一工区である。

この深川留萌自動車道は、留萌圏の拠点都市である留萌市と道央圏・道北圏の拠点都市である札幌市・旭川市を結ぶ高速ネットワークを形成する。これにより、留萌管内の鮮度が強く要求される主要水産物や、重要港湾「留萌港」に陸揚げされる石油製品などを道北各



ニシン番屋跡



起点側坑口

地に輸送し、これらの地域の産業・生活基盤を支えるとともに、留萌圏から高次医療施設がある札幌市や旭川市などへの救急搬送・医薬品などの緊急輸送、さらには事故発生率の低減に寄与し、地元の方々からも早期開通が望まれている。

当工事現場は、前述したように極寒地のため、覆工に吹付け断熱工が採用されているのが特徴で、これは、通常の防水工ではなく、吹付けコンクリートに不織布を取り付け、その上に表面がザラザラに加工されている防水シートを張り、さらにその上にウレタンを厚さ5cmで吹付ける工法である。これにより、覆工背面の凍結・融解が覆工本体に与える悪影響を防止する。

現在(2011年3月初旬)、受注より2か月半が経過したところで、これから掘削を開始し、地元の方々との交流を深めながら、安全でより良いもの作り上げるよう、職員・協力会社一丸となって来年3月の完成を目指している。

((株)竹中土木幌糠トンネル作業所所長)

第十八回 語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

悪い地山は良くして掘れ — 故長友成樹さんの遺されたもの —

三浦克

(元)日本道路公団

はじめに

このたび「語り継ぎ 言い継ぎ 行かむ」の執筆依頼を受けましたが、私は他の執筆者に比べて若輩ゆえ、大先輩である故 長友成樹さんの思い出を語るよう指示を受けました。ここでは私の記憶に強く残っている、長友さんのトンネルに対する考え方や、その取り組みを記録に残すことによって、山岳トンネル技術が大きく変革を遂げた時代の一端を伝えたいと思います。

長友さんとの出会いは、1978年、長友さんが日本道路公団技術部の調査役をされている時期である。長友さんは、防衛大学校、建設省土木研究所を経て公団に入社、恵那山トンネル西工事事務所長として、当時最長の道路トンネルであり、難工事で知られた恵那山トンネル一期線を完成させ、天皇杯を授与されるという輝かしい経歴を持ち、『新体系土木工学 山岳トンネル』を天野礼二氏と共著で出

されているトンネルの大家で、東京都立大学でトンネル工学の教鞭をとり、後進の育成にも当たっておられた。

恵那山トンネルでは、日常カッパを着て坑内を歩いていたから、体調が良かったが、都会のオフィスでは汗をかかないから健康に良くない。君も気をつけるようにとアドバイスをいただいた。長友さんはサウナが大好きで、風呂上りの黒々とした髪をオールバックにして颯爽と登場されることもあった。

つねに最新情報をチェック

長友さんは日常、トンネル関係の外国雑誌や文献に目を通し、重要な記事は抄録を作成するなど、常に世界の技術の動向を注視されていた。この抄録集がその後、長友さんが設立し、会長を務められたジェオフロンテ研究会の「海外トンネル事情」につながるわけである。

ジェオフロンテ研究会がこの活



恵那山トンネル貫通式にて(左が長友さん, 1974.3)

動をするようになってしまわなければならない日、今でもご自分で翻訳されておられるのかとたずねると、「これができるなくなったら、俺もおしまいだよ」とのこと、相変わらず意欲が衰えていないことに感心した覚えがある。

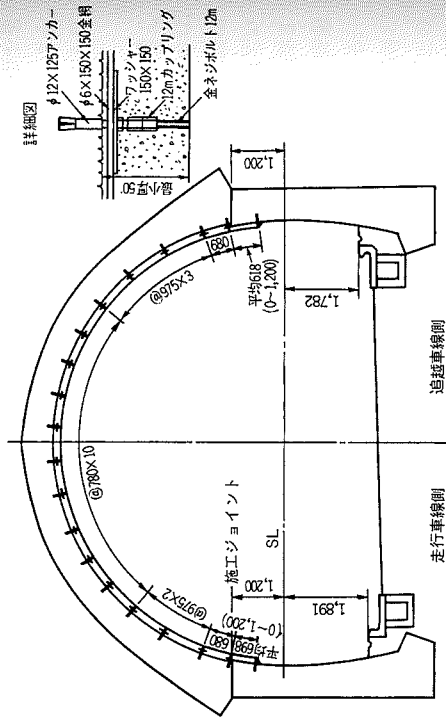
火災を受けたトンネルの復旧に吹付けコンクリート

1979年7月、東名高速道路の日本坂トンネルで交通事故に端を発する火災が発生し、176台の車両を巻き込む大火災に発展した。大動脈の途絶に経済も大混乱に陥り、早期に復旧するように要請があった。長友さんは発生当日に現地に乗り込み、復旧工事の設計と工事準備の体制を整え、リーダーとして指揮に当たられた。

火災を受け強度を失った覆工コンクリートをはつり、スチールファイバで補強した吹付けコンクリートで、断面を修復する設計が採用された。当時はまだNATMは普及期に入っておらず、吹付け機も各地からかき集めたものが活用された。この吹付けコンクリートは30年経過した現在でも覆工として機



日本坂トンネル火災事故(1979.7)



日本坂トンネルSFRCC吹付け内巻き

能しており、果敢な行動と、判断の正しさに感心させられたものである。その後も二次覆工を施工しないワンパラスライニングに意欲を示しておられたが、この工法は、最近

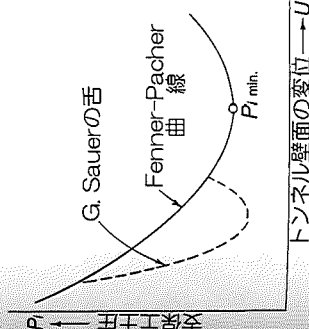
飛騨トンネルなどで、部分的に採用される例が出てきている。

「絵のない議論は空疎である」 想像的パツハー曲線

当時、日本道路公団では恵那山トンネル二期線の断層区間や海南湯浅道路の藤白トンネルにNATMを導入していた。その後、従来の矢板工法で施工したトンネルが経年とともに変状などの問題を起こすものがあり、建設路線が山岳部に展開しトンネルが大量に建設される時期にあたって懸念が高まったことを背景に、試験施工の結果などを踏まえて、日本道路公団は昭和58年度以降発注のトンネルはNATMを標準とする決定をした。

その間、長友さんの推薦により、道路公団はオーストリアのF. Paacher 博士を招き、現地の指導や指針作りのアドバイザーを受けた。長友さんはフェナー・パツハー曲線に関心が深く、過去のトンネルのデータから、このパツハー曲線はこうだ、これはこうだろうと絵を描いて説明していただいた。本人曰く「想像的パツハー曲線」である。

— 閑話休題、長友さんの口癖のひとつに「絵のない議論は空疎



Sauerの舌

また、計測結果は工事竣工後すべて試験所に集め、保存することにした。これにより、解析と計測のデータを分析し、困難な条件のトンネルの設計ができるようになったこと、標準設計の見直し、現場での対応の仕方など多くの成果が得られた。

「悪い地山は良くして掘れ」

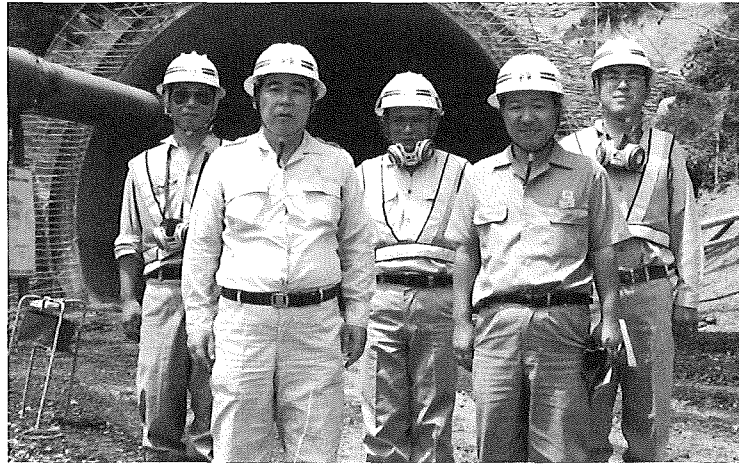
長友さんは「山岳トンネルは切羽が自立しないと掘れないのだから、自立するようにしてから掘ればよい、トンネルはやさしくしてから掘れ」。あるいは、「悪い地山は良くして掘れ」とよく話されていた。「昔のように小断面加背割りに分割するような受け身ではだめだ」とも主張された。

切羽の自立を助ける工法を調査検討して、可能性のありそうなものを紹介していただいたが、これが、その後「補助工法」として花開くことになる。

北陸自動車道一期線青海トンネルでは、掘削と同時に切羽が抜ける上る砕石状の地山に遭遇し、突発湧水とともに、何度も崩壊した。

崩落の危険性と作業効率の悪化に悩まされていたが、事前に勉強していたウレタンを注入するフォアポーリング(PUIF)を試験的に採用してみると、劇的に安定性が高まり、作業効率が向上することも、地山の緩みを抑制し、支保工を軽減することができた。補助工法の効果をまざまざと実感した。

その後、シリカレジンも注入するものや、長尺のフォアパイリングなど多くの工法や材料が提案さ



北陸自動車道建設現場にて(前列左が長友さん、右筆者、1986)

れ、実地の施工例が現れるようになった。これらの施工例や研究成果は長友さんの企画編集により、「トンネルと地下」に1987年3月号から1990年5月号まで3年余にわたって連載講座「山岳トンネルの新技术」として掲載された。また、これをジェオフロンテ研究会が再編集し「山岳トンネルの新技术」(土木工学社、1991.11)が出版されて、NATMに関連する各種新技术、新工法の啓蒙が図られた。平行してジェオフロンテ研究会で、AGFをはじめとする各種新工法の設計や積算に用いる指針類が整備され発刊されたことにより、多くの新工法、新材料が採用されやすくなり、速やかに普及することとなった。

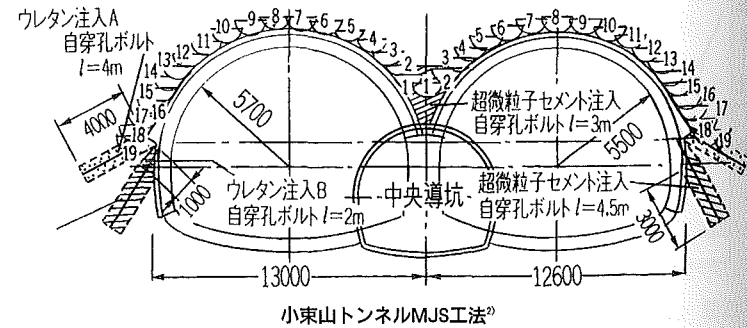
こうした技術開発を背景に、2車線の道路トンネルや新幹線トンネルでは、全断面工法や補助ベンチ付き全断面工法が採用されるようになった。施工機械の大型化が進み、効率よく施工できるようになっていく。これらは、不良地山に遭遇した場合には、切羽の自立

を確保する補助工法で対処可能であるため、切羽分割を考慮する必要がなくなったことが寄与している。

長友さんが主張された「悪い地山は良くして掘れ」が、大きな成果をもたらしたものと考えている。

「新技术・新材料の採用には積極的であるべきである」

日本道路公団退職後も長友さんには多数のトンネルにおいて検討委員会に加わっていただき、設計、施工などのアドバイスを受けた。そのなかで印象深いのは、当時都市周辺で道路整備のプロジェクトがあり、土かぶり小さく、土砂地山で、地表に道路や建物がある



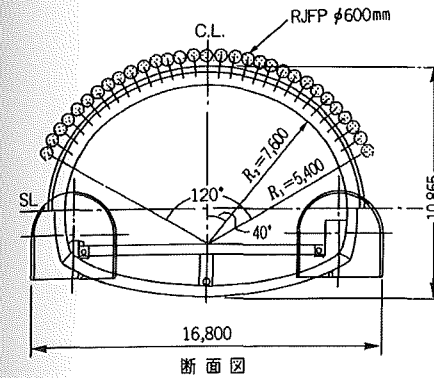
小東山トンネルMJS工法⁹⁾

という、いわゆる「都市型トンネル」への対応である。

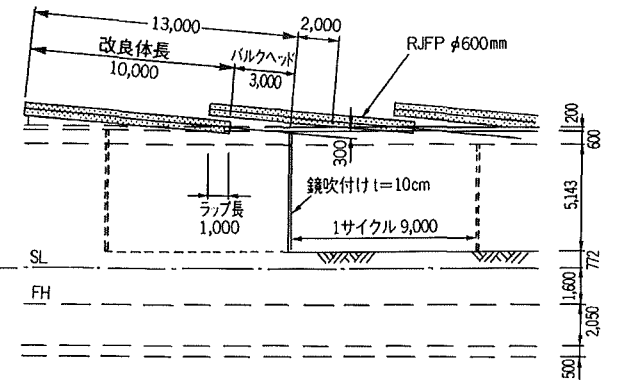
第二神明道路の小東山トンネルは、住宅地の地下に2車線トンネル2本の「めがね型」近接トンネルであった。ここでは地表への影響を軽減するために水平ジェットグラウトの一種であるMJS工法(メトロジェット)を採用した。

横浜新道の保土ヶ谷トンネルは供用中の2車線トンネルを3車線トンネルに改築するもので、地表とともに、供用トンネルへの影響をコントロールする必要があった。一期線はロジンジェット工法を採用し、既設のトンネルの外側を拡張する二期線には、掘削する前に地山にコンクリートのシェルを造成するNew-PLS工法を採用している。

首都圏中央連絡道路の青梅トンネルは、市街地の2車線街路の下に4車線の高速道路トンネルを建設するもので、2階建て構造の大断面トンネルになっている。長友さんは設計段階から完成まで、委員長として指導に当たられた。大塊を含んだ礫層でシールド工法が採用できず、切羽の安定には長尺の先受け工を採用し、多段ベンチによって切り下がる工法を取って



断面図



縦断面図

保土ヶ谷トンネルRJFP工法⁹⁾

いる。このトンネルも計画どおり無事完成したが、施工中に集中豪雨があり、礫層のために急激に地下水位が上がって、大量湧水とともに、吹付けコンクリートに亀裂が入り、切羽の安定が厳しい状況に見舞われている。その様子がビデオに記録されており、長友さんは「礫層だからこういう事態は想定していたが、ちょっとぎりぎりだったかなー。このビデオは多くの技術者に見て欲しい。」と語られていた。このトンネルが委員長としては最後になったが、長友さんの思い出は深かったようだ。ジェオフロンテ研究会の会議室には今でもこのトンネルの写真が飾られている。

この時期、ほかの道路や鉄道のトンネルでも「都市型トンネル」が施工されており、山岳トンネルの適用範囲が大きく広がった時期となった。同時にシールド工法の改良により、経済性や長距離施工性が大幅に向上し、都市部のトンネルへの非開削工法の適用が大きく進展している。

長友さんの「将来性のあると思



ジェオフロンテ研究会会議室に飾られている青梅トンネルの写真

われる新工法や新材料の採用には積極的であるべきである。」との言葉が鮮明に記憶に残っている。

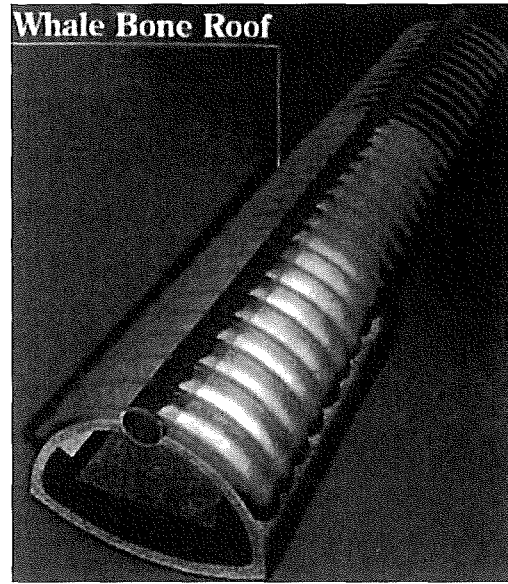
付 加 体

長友さんは不良地山トンネルの特性曲線について考察しておられたことは前に述べた。想像的パターン曲線で、日本の不良地山では P_{min} が掘削後短時間に現れることが多いことを指摘されていた。また、潜在地山応力が通常の土かぶ

り荷重から計算されるものと、相当異なる様子が見られることがあ

ることも指摘されていた。最近、地質学で「付加体」理論が定着し、日本のほとんどの地質が「付加体」であるという認識がもたれるようになった。長友さんはジェオフロンテ研究会のセミナーなどに地質学の研究者を招き、「付加体」に関する講演をたびたび依頼されている。

ご本人から直接伺ったことはな

ホエールボーン工法概念図⁹⁾

ジェオフロンテ研究会における長友さん(2003.3)

いが、長年にわたるわが国の不良地山トンネルの事例研究のなか、理論的に説明することが困難なことがあったと思われる。「付加体」の理論によってようやくご自身のなかで、納得できる説明ができるようになったのではないだろうか。晩年、山岳トンネルの研究者、技術者が「付加体」について認識を深めておくべきだと主張されていた。

究極のトンネル工法

あるトンネルの現場検討会の宿泊所だったと思うが、長友さんの部屋をたずねると、例によってパンチ絵を見せ、どう思うかとたずねられた。曲がりボーリングによってトンネル外周に沿って鋼管を設置し、その周辺を地山注入によって改良体を作り、その下を掘削してトンネルを完成させるというもので、「ホエールボーン(鯨骨)工

法」と名前も付いていた。注入地山の評価次第ですねと答えたが、その後、当時検討していた第二東名高速道路の大断面トンネルで試験施工できないかとの話があった。小さい断面で実績をつまないと、無理でしょうと答えたが、曲がりボーリングの曲率の限界から、小さい断面は難しいんだよとのことであった。本人曰く「究極のトンネル工法」であり、晩年まで新しい工法にチャレンジする意欲に圧倒される思いであった。

最近、地中でのトンネル幅幅に曲がりボーリングを使った工法が提案されており、長友さんが「究極のトンネル工法」として夢見た工法が、形を変えて花開くのではないかと期待している。

おわりに

酒、とくに焼酎をこよなく愛し、豪放磊落な長友さんであったが、

トンネル技術に関しては、常に真剣で研究を怠らなかつた人であった。2004年10月20日永眠されたが、次世代の人がトンネル技術を引継ぎ、さらに発展させることを希望し、「元気をさせ」と檄を飛ばしているように感じる。

参考文献

- 1) ジェオフロンテ研究会編：山岳トンネルの新技術，土木工学社，p.235，1991。
- 2) 原節男・山口学・五十嵐瑞穂・岡田憲明：MJSによる坑口長尺先受けの施工，第二神明道路(改築)小東山トンネル，トンネルと地下，Vol.26，No.7，p.24，1995，7。
- 3) 財津勝・渡辺敏則・土屋良之：慢性的な交通渋滞箇所の解消を目指す，横浜新道(拡幅)保土ヶ谷トンネル，トンネルと地下，Vol.25，No.5，p.10，1994.5。
- 4) ジェオフロンテ研究会：WBR工法支保設計と積算資料，2003.12.4。

施工

小口径推進工法で都心の密集市街地の通行止めを回避

—東京都下水道 港区麻布永坂町，東麻布三丁目付近管渠整備—

東京都下水道局中部下水道事務所建設課長 小池 進
 東京都下水道局中部下水道事務所建設課設計第一係 三村 篤 広
 アース建設(株)東京支店工事課長 坂部 守 夫
 アース建設(株)東京支店工事主任 中坪 聡

1 はじめに

東京の街はかつて、地形に沿ってできた自然の川に加え、江戸時代の水道として利用された上水や灌漑用水、さらには水運路など、川が網の目のように流れていた。昭和30年代の高度経済成長で都市化、宅地化が進み、下水道の整備が行われたなかで、川が暗渠化され公共下水道となったものも多い。このようにしてできた下水道管は私有地を占有している、公民境界が曖昧といった問題を抱えていることが多い。

東京都下水道局では、私有地占有などの事例を発見し対応を求められた場合には、流域の見直し、移設などを行うことで解消を図っている。本稿で紹介する工事は、私有地内の下水道管渠を撤去するため、上流域の系統を見直したものである。

港区麻布永坂町には、参議員副議長官邸や美術館など重要施設の多い地域であるため、周辺環境に配慮した施工方法が求められる。

2 計画

2-1 工事目的

既設下水道管が占有している私有地でビル建設

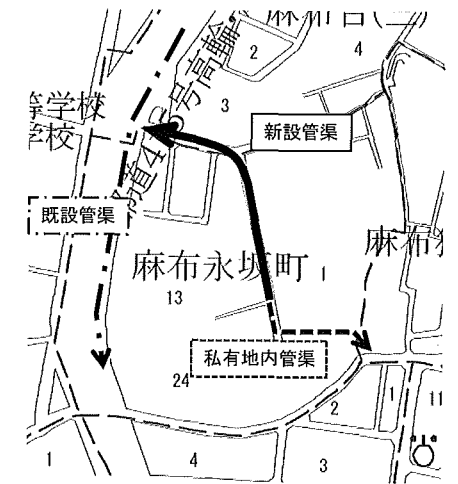


図-1 案内図

が計画され、撤去を依頼された。既設下水道管は麻布永坂町の下水を流下させていたため、流下先を切り替える下水道管を別ルートに新設することにした(図-1)。私有地内の既設下水道管はビル建設時に撤去することとなる。

2-2 当初計画

当初は両発進立坑を交差点部に設け、直線推進で施工する計画であった(図-2)。しかし、試験掘りの結果、立坑設置位置に移設困難な水道管があ

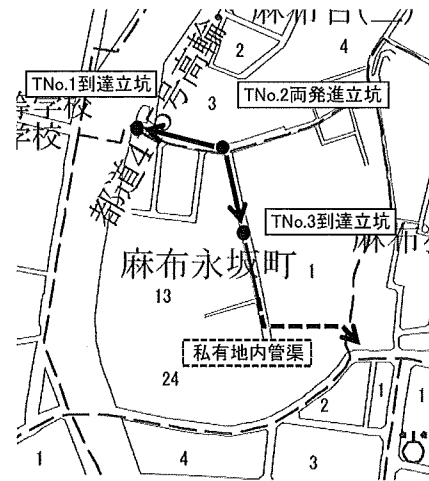


図-2 平面図(当初計画)



図-4 平面図(変更計画)

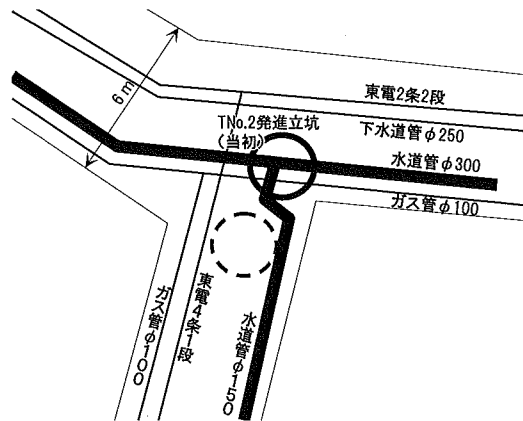


図-3 TNo.2立坑平面図



写真-1 TNo.1立坑周辺

表-1 小口径推進工法比較表

方式分類	泥水方式		泥土圧方式		泥濃方式	
	一工程式	一・二工程式	一工程式	一工程式	一工程式	一工程式
工法名	ジャット工法	マイクロ工法	エースモール DL工法	エースモール DL工法	ラムサスS工法	ラムサスS工法
管種	鉄筋コンクリート管 レジンコンクリート管	鉄筋コンクリート管	鉄筋コンクリート管	鉄筋コンクリート管	鉄筋コンクリート管	鉄筋コンクリート管
曲線測量技術	水平：管内測量(CCDカメラ) 鉛直：液圧差レベル方式	水平：走行計測ロボット 鉛直：液圧差レベル方式	水平：磁力線検出方式 鉛直：液圧差レベル方式またはレーザー中継	水平：磁力線検出方式 鉛直：液圧差レベル方式またはレーザー中継	水平：磁力線検出方式 鉛直：液圧差レベル方式	水平：磁力線検出方式 鉛直：液圧差レベル方式
曲線用推進管	汎用推進管	曲線用推進管	汎用推進管 曲線用推進管	汎用推進管 曲線用推進管	汎用推進管	汎用推進管
呼び径	400~700	250~600	250~700	250~700	250~600	250~600
曲率半径	30m以上	30m以上	50m以上	50m以上	80m以下	80m以下
発進立坑	2,500mm	3,000mm	2,500mm	2,500mm	2,500mm	2,500mm
推進距離	~300m	~260m	200~250m	200~250m	250~300m	250~300m
評価	○	△	△	△	△	△

ることが判明した(図-3). この水道管を避けて立坑を設置する(図-3点線)と、麻布永坂町南側からの唯一の出入口となっている交差点部(道路幅員6m)で車両の通行ができなくなる. このため、住民と協議を行ったが、約30台分の代替駐車場が近辺で確保できないことから、理解が得られなかった.

2-3 変更計画

そこで、TNo.2 両発進立坑のある交差点部を急曲線推進工法により施工するか検討を行った(図-4).

TNo.3 は施工中の車両通過ができないため到達立坑とし、TNo.1を発進立坑とした. TNo.1立坑の施工箇所は植樹帯、階段、ガス管φ150mm、既設下水管φ250mmがあり、円形φ2,500mmの設置スペースしか確保できない(写真-1).

2-4 工法選定

以上より、今回工事の施工には次の条件を満たす必要があった.

- ① 小口径φ400mmの推進工法
- ② R=30mの急曲線施工が可能
- ③ 180mの推進が可能
- ④ 発進立坑がφ2,500mm以下

表-1に示すように、小口径推進でR=30m急曲線の施工が可能な工法はジャット工法とマイクロ工法に限られた. マイクロ工法はφ2,500mmの発進立坑では施工ができないため、ジャット工法を採用した.

3 工事概要

3-1 工事概要

工事件名：港区麻布永坂町、東麻布三丁目付近
管渠整備工事

工事場所：東京都港区麻布永坂町

工期：平成21年3月31日～
平成22年3月10日

発注者：東京都下水道局

施工者：アース建設(株)

3-2 工事内容

工事内容は表-2に示す.

表-2 工事内容

推進延長	182.36m
工法	泥水式推進工法(ジャット工法)
土かぶり	2.2~8.7m
線形	直線：128.41m
	R=30m：34.67m
	R=100m：19.28m
縦断勾配	12.0‰
推進機外径	φ526mm
仕上がり内径	φ400mm
推進管	推進用鉄筋コンクリート管(1種, 2種) 半管(L=1.20m)

4 施工

4-1 土質

施工地域付近の土質は、地表より関東ローム層、砂質粘土、シルト質砂などで構成されている. 推進する位置の地質は関東ローム層内であり、N値は2~4である. 麻布永坂町は高台となっており、地下水位はGL-10.0m程度と低い.

4-2 発進基地用地

通常、400mmの推進を施工するためには、100㎡ほどの発進基地用地が必要である. 本工事では、撤去が困難な植樹帯があり、また道路部において夜間の車両通行が必要であったため、常設作業帯は非常に狭いものとなった(図-5). 階段部分に土台を組み、一次処理機(写真-2)、発電機、コンプレッサー、操作盤、油圧ユニット、昇圧トランス、送泥ポンプを設置した. そのほかに推進管、滑材注入装置(写真-3)、発電機、溶接機は4tユニット車を施工時に横付けして設置した. また、

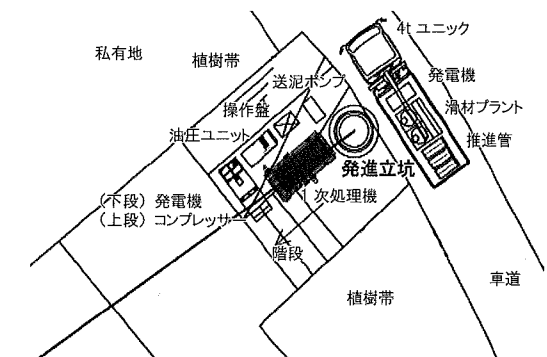


図-5 発進立坑配置図

現場近くに車両および資材置き場が確保できなかったため、推進管については埼玉県から毎日推進する本数だけ搬入した。

4-3 推進機

推進機は、 $R=30m$ の曲線施工に対応するための屈曲部が2か所設けてある(写真-4)。

推進機内には測量用のLEDターゲットを2か所設置してあり、後方からCCDカメラで測量を行う。

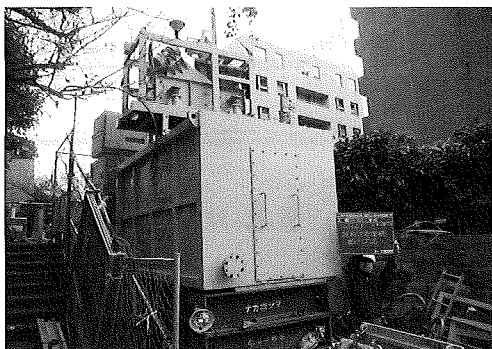


写真-2 一次処理機

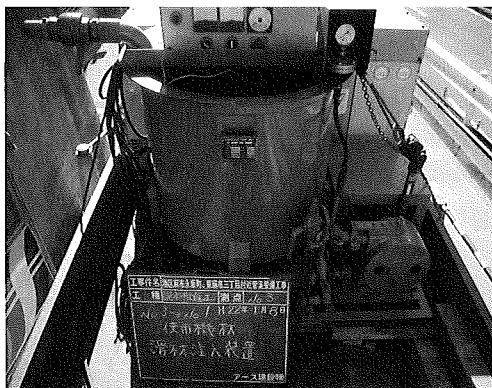


写真-3 滑材注入装置(車上)

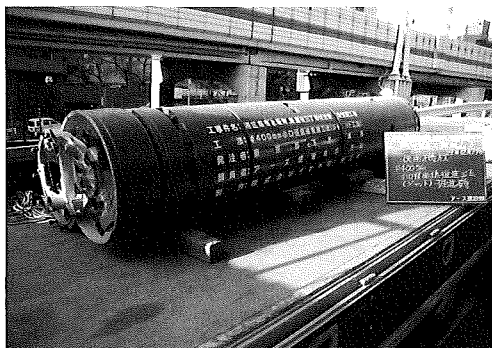


写真-4 推進機

4-4 発進立坑

前述のとおり、400mmの推進が可能な最小寸法 $\phi 2,500mm$ の円形ライナープレート式立坑(写真-5)とした。推進機は2分割で投入した(写真-6)。

4-5 推進管

立坑寸法が $\phi 2,500mm$ であるため、推進管はすべて半管($L=1.20m$)とした。管種は $R=30m$ 曲線部は2種管 $70N/m^2$ 管、 $R=100m$ 曲線部は1種管 $70N/m^2$ 管、直線部は1種管 $50N/m^2$ 管とした。継



写真-5 発進立坑

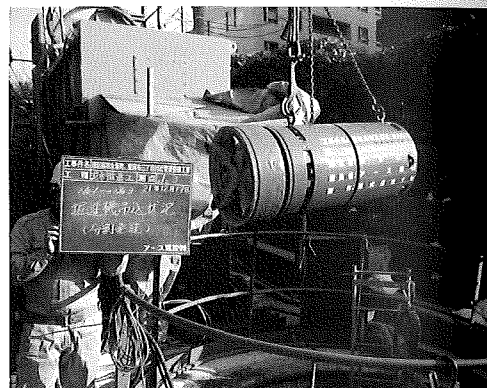


写真-6 推進機分割投入



写真-7 滑材注入管

手については曲線部での抜出し長からSJBとした。クッション材はFJリング発泡倍率2.0倍および3.0倍を使用した。また、滑材注入を確実なものとするために、滑材注入管を施工スパン中央に配置した(写真-7)。

推進管内には、排泥送管、CCDカメラセンサー、電気ケーブル用管に加え、CCDカメラセンサーを移動させるためのロールコンベヤレールが設置されている(図-6)。

4-6 送排泥・作泥

現場は長距離施工のうえに、推進部で地下水がないことから、泥水の流体輸送を確保するため、推進機後方にポンプ筒および中継ポンプが必要となった。発進用地が狭く一次処理プラントが通常より小さい容量($5m^3$)となったため泥処分の回数が多くなり、1日3回行うこともあった。

作泥材はホリダスAを使用した。通常配合のものより濾水量が小さく、粘性度が高いことから、掘削地山は崩壊しにくく安定した状態を保持することができる。また比重が低いため、より送排泥に適した泥水となる。さらにチキソトロピー性を

持ったため、泥水の循環を停止した際にずりの沈降が発生しても圧密はされず、再循環時にも速やかに泥水中に分散される。

4-7 測量

推力ジャッキの前にトランシットを設置し、管内のCCDカメラの位置の計測を行うが、発進立坑が軽量のライナープレートであることから、トランシットが動くおそれがあった。そのため、底版コンクリートで固定したH形鋼上に設置し、周囲のライナープレートが動いてもトランシットは動かないようにした。

また、日々の計測の基準線ポイントをライナープレート上に取ったため、ポイントが動いていないかどうかの基準線チェックを3日に一度行い、確実な測量の実施に努めた。

推進機内のLEDターゲットの測量では、中継ポンプがCCDカメラとターゲットの間に設置され支障となった。本工事中では中継ポンプ両端にミラーを設置し対応した(図-7)。

4-8 推進

現場でもっとも懸念されたのは、曲線部の施工中に、地盤反力が不足して管が外側にふくれ出すことであった。

推力、土質、土かぶりなどの条件を検証して発生しないことを確認したが、予期せぬ影響により推力が上昇するおそれがあった。ジャット工法では後続のユニット位置の計測を行うことで、推進後の管の位置の把握することが可能である。曲線

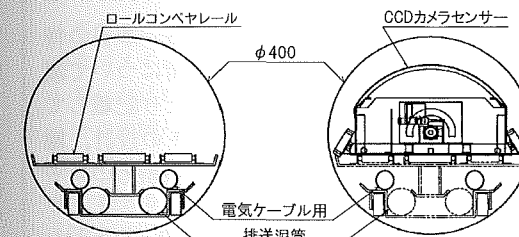


図-6 推進管断面図

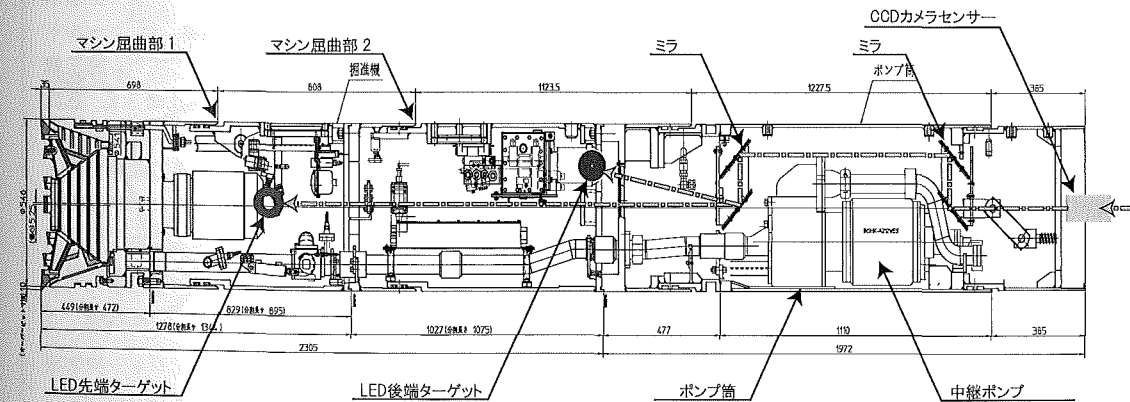


図-7 推進機およびポンプ筒

表-3 サイクルタイム

作業内容	直線部	曲線部R=30m
管掘付け工	58分	58分
掘進準備工	20分	20分
計測工	22分	35分
掘進工	12分	12分
合計	112分	125分

部の管の変位を逐次チェックできることから、ふくれ出し現象を初期の段階で発見し対応できる。実際には推力が非常に小さく推移し(計画推力1,064kN, 実施推力220kN), 問題なく施工を完了した。

表-3に直線部とR=30m曲線部での管1本施工時のサイクルタイムを示す。直線部と曲線部で測量システム計測時間に差が出るのみで、推進管1本あたりのサイクルタイムでは大きな差にはなら

なかった。現場作業に慣れてくるにつれ日進量が2本分ほど伸びるなど、全体をとおしてスムーズに施工することができた。

施工精度は縦断方向、水平方向ともに設計値から30mmを超える誤差が測定されることはなく、終始高い精度を保っていた。

5 おわりに

都心部の下水道管新設工事は、地下埋設物や交通状況、狭隘な道路などの理由により、立坑設置スペースの確保が困難であるケースが多い。ジャット工法のように長距離、急曲線施工により立坑設置数を少なくすることは、周辺環境への影響を最小限とするためにも有効な手段である。

最後に、本工事の施工にあたりご指導、ご協力いただいた関係者の皆様に感謝申し上げます。

シールドトンネルの新技術

シールドトンネルの新技術研究会編 代表 鈴木 章

B5判 285頁 本体価格4,660円 円340円

本書は、最近のシールドトンネルの新技術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、新技術について調査・計画編、設計・施工編とに分けて、その理論と実際についてソフト、ハードにわたり記載している。また、これらのことを実務にすぐさま活用できるように、付録としてセグメントの設計、地盤変位予測解析、施工計画についての計画・設計例も紹介し、実務者をはじめトンネル技術者のニーズに応えた内容となっている。

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

株式会社 **土木工学社**

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

「伊達家ゆかりのまち」仙台市青葉区川内亀岡より

安井 啓 祐



仙台市青葉区の広瀬川西岸に位置する川内地区は、旧仙台城跡内にあり、当工事のある川内亀岡町のほか、川内三十人町、川内山屋敷、川内大工町といった町名は、伊達家の繁栄期を思い起こさせる。

川内亀岡町の北側には、伊達家の氏神である亀岡八幡宮がある。創建は1190(文治5)年、伊達氏始祖の朝宗公が福島県伊達郡梁川に鶴岡八幡宮を建立し、その後、1683年に仙台伊達藩の第4代藩主綱村公によって現在の地に遷宮された。また、本宮に程近い東北大学川内キャンパス(旧仙台城二の丸)は、1888年に設立された大日本帝国陸軍第二師団の司令部や第27部隊、予備士官学校が配備された場所である。第二次世界大戦中の仙台大空襲(1945年7月10日、死者2,755名)では、この第二師団司令部のほか、亀岡八幡宮も空襲を受けた。地元の方の話によれば、上空のB-29から見て亀岡八幡宮が「軍の砲台」に見え、社殿は爆撃を受けたが、亀岡八幡宮周辺の川内亀岡地区は空襲を受けなかったとのこと。現在も「伊達家の氏神様がまちを守ってくれた」と言い伝えられている。戦後まもなく植えられたソメイヨシノには、まちの復興を願った地元の熱い思いが込められている。

その亀岡八幡宮では、毎年5月、例大祭が開催され、本殿祭の前には演芸大会、翌日には神輿渡御が催される。過去3年間、当JVも開催準備のお手伝いさせていただき、昨年は、神輿の担ぎ手としても参加した。

「仙台東西線、亀岡トンネル他」工事は、建設中の



位置図



川内山屋敷のソメイヨシノ(樹齢約60年)



亀岡八幡宮の例大祭(毎年5月)

仙台地下鉄東西線のうち、東北大学川内キャンパス付近から八木山動物公園方面に向かう延長1,275.8m、全線ウォータータイト形式(インバートを含む全周に防水シートを敷設)の山岳トンネル工事である。地質は、約500~260万年前の新第三紀鮮新世の軟岩層(向山層、竜の口層)が主体で、川内亀岡地区では、戦前から戦後にかけて、この年代の地層を構成する亜炭が多く採掘された。地元の年配者の中には、当時の様子をよく知る方もいるが、今では数人になってしまったそうだ。

工事の進捗は、平成23年2月末現在、約1,200mのトンネル掘削を終え、3月末には貫通予定で、本稿が読まれるころは、2次覆工、インバートコンクリートを急ピッチで進めているところである。川内亀岡という歴史あるまちの方々に支えられ、最後まで無事故で工事を竣工させることが、われわれの使命と考えている。

(奥村・不動テトラ・熱海JV工事所所長)

Tunnel Wall

北川修三『上越新幹線物語1979』(交通新聞社, 2010)の
交通図書賞受賞によせて

小野田 滋

このたび、北川修三さんの著書、『上越新幹線物語1979』(交通新聞社, 2010)が、めでたく2010年度の交通図書賞(第36回)を受賞された。交通図書賞は、交通協力会と交通新聞社が共催する交通関係の図書賞で、すでに1975年の第1回以来、35年を超える実績がある。

交通関係の賞なので、鉄道だけではなく自動車や船舶、航空機などの交通機関も含まれ、また経済・経営部門、技術部門、歴史部門、一般部門と分けられており、年間数百冊は出版されると思われる交通関係のすべての出版物が選考対象となっている。したがって、その中の1冊として選ばれることは、交通関係者にとって名誉なことでもある。

「交通業界の直木賞」と表現すると、よりわかりやすいかもしれないが、トンネル関係では、2002年度に、吉村恒監修、横山章、下河内稔、須賀武の共著による、『トンネルものがたり』(山海堂, 2001)が一般部門で受賞しており、今回はこれに続くもので、およそ10年ぶりにトンネルをテーマとした著作が評価されたことは大変喜ばしい。

著者の北川修三さんについては、鉄道・運輸機構が日本鉄道建設公団と呼ばれていた時代から活躍されていたトンネル技術者として有名なので、読者の中にも旧知の方が多いことと思う。この本はタイトルや、『中山トンネルスピードダウンの謎』という副題からも察せられるように、上越新幹線中山トンネルの工事を主題としたもので、自身の経験にもとづいたノンフィクションとなっている。

内容については、これから読んでみようという方の楽しみを奪いかねないので、詳しくはそちらに譲るが、1979年に発生した上越新幹線中山トン

ネルの水没事故や、工事による濁水対策をめぐる地元との交渉などをテーマとしたものである。

中山トンネルの水没事故については、本誌で好評連載中の「語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ」の中でも、何人かの方が当時の体験談を語られていたが、当時、北川さんは、その中山トンネルの建設所長として、現場の第一線に立っていた。そして本書の中では、現場責任者として、何を考え、何を最優先とし、何を判断したか、時々刻々と情勢が変わる中での苦悩がリアルに描かれている。

昨年のチリの鉱山事故や、先日の東日本大震災などの事故や災害を取り上げるまでもなく、さまざまな分野で危機管理の重要性が叫ばれる昨今であるが、本書にはそうした意味でも教訓的であり、多くの示唆に富んでいる。

この本は、単に思い出話や、苦勞話を書き綴っただけの本ではない。当事者が自ら著した異色のノンフィクションであり、「今だから話せる」ホンの部分を正直にさらけ出している。本書の「あとがき」に、「自分以外の個人名は基本的に書かないようにした。」とあるように、ほとんどが「私」を主人公として話が展開するが、これが却って本書を臨場感あふれるものとしており、読者は自分があたかも工事現場の所長になったかのような感覚で読み進むことができる。そして、当時の判断や行動がはたして正しかったのかどうか、技術者としての自らを自問自答しながら、1979年の中山トンネルのできごとを追体験できるのである。

トンネルをテーマとした小説がいくつかあることについては、かつて『日本鉄道施設協会誌』(2003年12月号)という雑誌に「鉄道トンネルと小

説」と題して書いたことがあるが、トンネルをテーマとしたノンフィクションも名作が多い。以前に本誌で連載した「トンネル千夜一夜」(本誌2009年2月号)の中でも、丹那トンネルを手がけた有馬宏による『トンネルを掘る話』(岩波書店, 1931)という本を紹介したが、これは当時の小中学生向けに書かれたトンネル工事のノンフィクションで、戦前戦後を通じて多くの青少年に愛読された。また、2005年に、武内秀木さんの現代語訳でジェオフロント研究会より再発行された平山復二郎による『トンネル』(岩波書店, 1943)も、この時代に一般向けに書かれたトンネルの名著である。このほかに、自費出版によるトンネルの本も何点かあるが、関係者の間で流通するのみで、専門図書館などでもすべてを所蔵しているわけではない。たまたま筆者の手元にも、かつて国鉄の直轄トンネル工事部隊で活躍された方の回顧録などが何点かあるが、トンネルに対するそれぞれの熱き想いが伝わってくる力作ばかりである。

また、青函トンネルを手がけた持田豊による『青函トンネルから英仏海峡トンネルへ』(中央公論社, 1994)は、今も中公新書のロングセラーとして読み継がれており、先に紹介した『トンネルものがたり』とともに、関係者の筆による貴重な記録となっている。一方、道路トンネルでも、『秘境を貫く・飛騨トンネル物語』(中日本高速, 2008)が最近まとめられ、高速道路のサービスエリアなどで一般向けにも売られている。

以前、何かの折に、トンネルは実施工が優先し、工学としての体系化が遅れたため、教科書に乏しいといった趣旨のことを書いたが、そうしたギャップを埋めていたのが、工事記録や物語の類だったと思う。こうした記録を通じて、教科書では書ききれない現場の具体的な作業手順や心構えなどを学び、次の経験へと継承し続けてきたのがトンネル技術であった。今さら言うまでもないが、数式や図面で表される技術は、年月を経ても普遍性を



維持することができるが、経験が重視されるトンネル工学では、先輩の体験談が技術継承の重要な鍵を握っている。

本誌の読者の中には、さまざまな武勇伝をお持ちの経験豊富な方が多いと聞かすが、ぜひ機会があれば、後進のためにも、ご自身の記録を残していただきたいと願う。また、現在トンネル技術に携わっている方々も、いずれ集大成の機会が訪れることを期待したい。

『上越新幹線物語1979』は、交通新聞社新書の1冊として新書版で発行されたが、一般向けに書かれたコンパクトで読みやすい本なので、まだ読んでいない方はぜひこの機会にご一読いただきたいと思う。

新コーナー「Tunnel Wall」は読者の方からの投稿を受付けます。「本の書評」、「雑談」などトンネルにかかわるものでしたら内容は問いません。ただし、宣伝色の強いものや人を誹謗中傷するのは掲載できません。掲載につきましては編集委員会で審査し、掲載をお断りすることもありますので予めご了承ください。ボリュームは3,000字程度で作成してください。図や写真を挿入する場合はそれらを掲載する大きさと文字数を換算して全体のボリュームを調整してください。
(原稿送付先)
〒162-0832
東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
(株)土木工学社 編集部
(提出書類)
データ (Word, 22字詰め, CD保存) および原稿

土木情報 No.456

今月の主な入札結果
(4月10日～5月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
関東地整	H22神崎成田地区改良その他	阿部建設	182.5
〃	H22小倉樋管新設	鈴縫工業	115.9
〃	圏央道坂東つくば地区改良その他	秋山工務店	253
中国地整	尾道・松江自動車道大万木T第2	飛島建設	1,650
首都高速道路	新横浜換気所	大林組	1,700
中日本高速道路	中部横断自動車道前沢T	鴻池・東鉄JV	1,398
西日本高速道路	新名神高速道路切畑T	前田・東洋・西武JV	10,310
都・水道局	葛飾区青戸五丁目地先から同区高砂六丁目地先間配水本管(1350mm)新設	清水・不動テトラJV	1,305.26
和歌山県	秋葉山公園県民水泳場地下駐車場建築	浅川組	1,160
鳩ヶ谷市	桜町排水区浸水対策貯留管	鴻池組	688.5

計画

都市部へのSENSの適用検討

—相鉄・JR直通線 西谷トンネル—

鉄道・運輸機構東京支社新横浜鉄道建設所所長 伊藤 常正

鉄道・運輸機構東京支社新横浜鉄道建設所所員 木谷 純

1 はじめに

相鉄・JR直通線西谷トンネルは、相模鉄道本線西谷駅とJR東海道貨物線横浜羽沢駅付近に新設する羽沢駅(仮称)との間に位置する延長約1,442mの複線鉄道トンネルである。現在シールド製作中であり発進立坑となる羽沢駅(仮称)の工事を開始したところである。本トンネルは平成24年10月ごろの掘削の開始を予定している。

近年、都市部でもコスト低減を目指して山岳工法(以下、「NATM」)を採用、あるいは検討する事例が増えてきている。NATMは、周辺環境への影響が許容されれば、地下水位低下工法、先受け工法などの対策工を併用して未固結地山においても適用される。このためNATMとシールド工法との境界領域では両工法の選定や覆工体の設計法、作用荷重の評価方法などが大きな課題となっている。シールドを用いた場所打ち支保システム(以下、「SENS」)は、この境界領域に適合する工法として開発された。

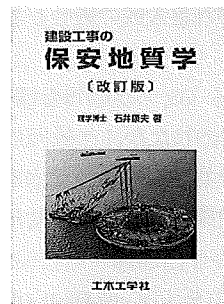
SENSはNATMの切羽施工をシールド掘削機に置き換えた工法として東北新幹線三本木原トンネルで、未固結地山における安全かつ合理的なトンネル建設を目的として開発施工された。現在は、北海道新幹線津軽蓬田トンネルがSENSの2例目として掘進中である。この2トンネルは、いずれも山間部の新幹線トンネルである。

本トンネルは3例目として、はじめて都市部にSENSを採用した事例となる。また、本トンネルのあとには4例目として、相鉄・東急直通線の羽沢トンネルでもSENSの採用を現在計画している。以下に、西谷トンネルの設計概要について報告する。

2 相鉄・JR直通線、相鉄・東急直通線の事業概要

相鉄・JR直通線は相模鉄道本線西谷駅とJR東海道貨物線横浜羽沢駅付近間に連絡線を整備して相鉄線とJR線との相互直通運転を行う路線で、平成18年11月に都市鉄道等利便増進法の速達性向上計画による第1号案件として国土交通大臣から認定を受け、平成22年3月に所定の行政手続きを終えている。また、現在行政手続き中である相鉄・東急直通線は、先行して事業を進める相鉄・JR直通線羽沢駅から新横浜を経由し東急東横線・目黒線日吉駅までの区間に連絡線を整備して相鉄線と東急線の相互直通運転を可能にするという路線である。これらの路線の整備により神奈川県東部や横浜市西部と東京都心部を直接結ぶこととなり、横浜駅での乗換え解消による時間短縮効果(例：相鉄・JR直通線開業時に二俣川～新宿間、59分が44分になり15分の短縮)、新幹線駅へのアクセスの向上、JR東海道線などの周辺路線の混雑緩和、沿線地域の活性化などに寄与することとなる。

ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!



建設工事の 保安地質学

[改訂版]

理学博士 石井康夫 著

A5判 上製本 475頁 価格6,300円 円340円

本書は、多くの人が『地質の知識を通して、安全を守る』という点の理解を深めることを目的とし、安全教育の資料、あるいは災害時に直接役立つように各種のエピソードや適用法規まで加えた他の技術専門書とは異なったタイプのユニークな地質専門書である。

《主要目次》

一般地質編

- 第1章 宇宙とわれらの地球
- 第2章 地球の構造
- 第3章 地殻の変遷
- 第4章 日本列島の地質
- 第5章 岩石
- 第6章 鉱床
- 第7章 地震
- 第8章 地下室と温泉
- 第9章 重要な地形と地質構造
- 第10章 地質調査法

保安地質編

- 第11章 酸素欠乏症等
- 第12章 有害ガス
- 第13章 ガス爆発
- 第14章 落盤と肌落ち
- 第15章 トンネル湧水
- 第16章 地盤沈下と地盤陥没
- 第17章 斜面とりのり面の崩壊
- 第18章 発破

株式会社 **土木工学社**

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



図-1 路線図

表-1 相鉄・JR直通線事業概要

路線延長	約2.7km
事業費	約683億円
事業予定期間	平成18年11月～平成27年3月
整備主体	鉄道・運輸機構
営業主体	相模鉄道(株)
運行区間	海老名駅・湘南台駅～西谷駅～羽沢駅(仮称)～新宿方面
運行頻度	朝ラッシュ時 4本/h程度 その他時間帯 2～3本/h程度
新 駅	羽沢駅(仮称)

図-1に路線図、表-1に相鉄・JR直通線の事業概要、図-2に相鉄・JR直通線の平面および縦断面図を示す。

3 西谷トンネルの地質概要

西谷トンネル区間の地質構成は、上総層群の上に相模層群や段丘堆積物が重なり、表層が関東ローム層で覆われている。トンネル通過部の地質は、断面上部に軟弱な沖積層粘性土および相模層群砂質土の出現するごく一部の区間以外は、上総層群の砂質土(Ks, $N > 50$)と粘性土(Km, N 値35以上)であり、全体に比較的硬質な地盤である。地下水位は、全線の大半でトンネル天端より上方にあり、上総層群と相模層群の境界付近や、上総層群の泥岩層下部の互層付近では、被圧地下水が確認されている。トンネルの最大土かぶりは46.1m、地下水位がトンネル天端から最大になるのは、シールド天端+18.7mとなっている。西谷トンネルの地質概要図を図-3に示す。

4 西谷トンネルの計画

4-1 SENSの概要

SENSは、図-4, 5に示すようにECL工法と同様

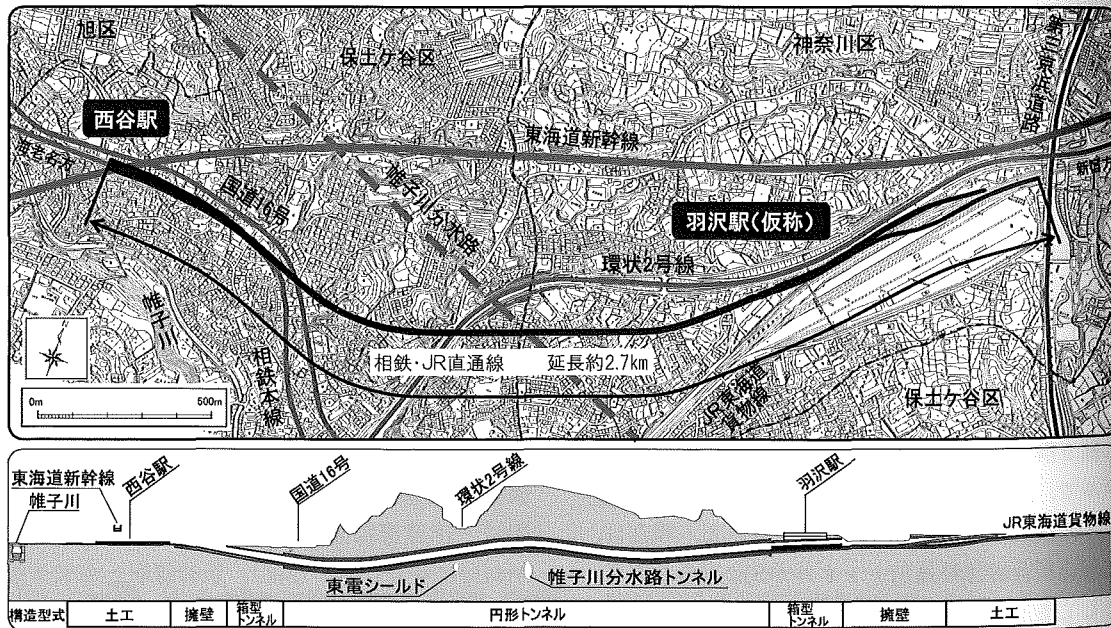
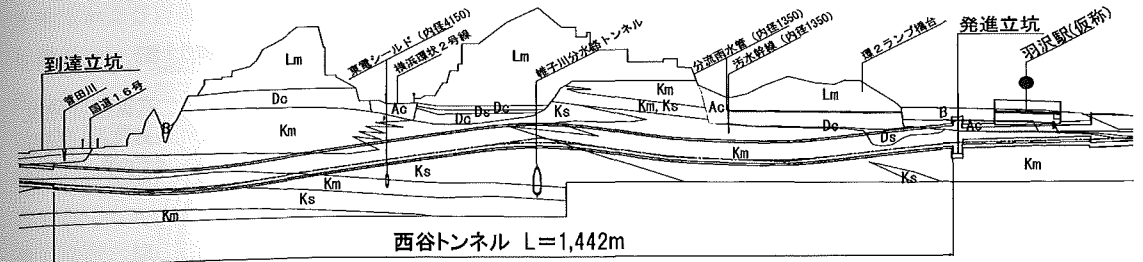


図-2 相鉄・JR直通線の平面および縦断面図



凡例

時代	地層名	土質名	記号
現世	盛土層	混合土	B
完新世	沖積層	粘性土	Ac
更新世	関東ローム層	粘性土	Lm
更新世	相模層群	砂質土	Ds
		粘性土	Dc
	上総層群	砂質土	Ks
		粘性土	Km

図-3 西谷トンネルの地質概要図

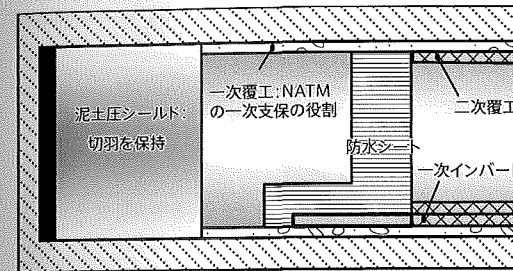


図-4 西谷トンネルの施工概念図

に密閉型シールドにより切羽の安定を図りながらトンネル掘進を行うと同時に、併行してシールドテール部でコンクリートの打設を行うことで覆工を構築する工法である。ECL工法との違いは、ECL工法が場所打ち覆工に対してシールドセグメントと同等な性能を要求するのに対し、SENSでは場所打ち覆工をNATMの一次支保工と同様に位置づけていることである。したがって、SENSの覆工体は地山を保持(設計は土水圧を考慮して行う)することを第一義とするが、支保構造として問題が生じないようなクラックなどは許容し、計測や観察によって一次覆工の安定性や健全性を確認したのちに、二次覆工を施工してトンネルを完成させる。この意味で、SENSはシールド工法よりも、NATMに近い考え方でトンネルを構築する工法である。

4-2 西谷トンネルの工法選定

西谷トンネルの施工条件としては、地表部に民家が密集するとともに土かぶりの小さい箇所にも

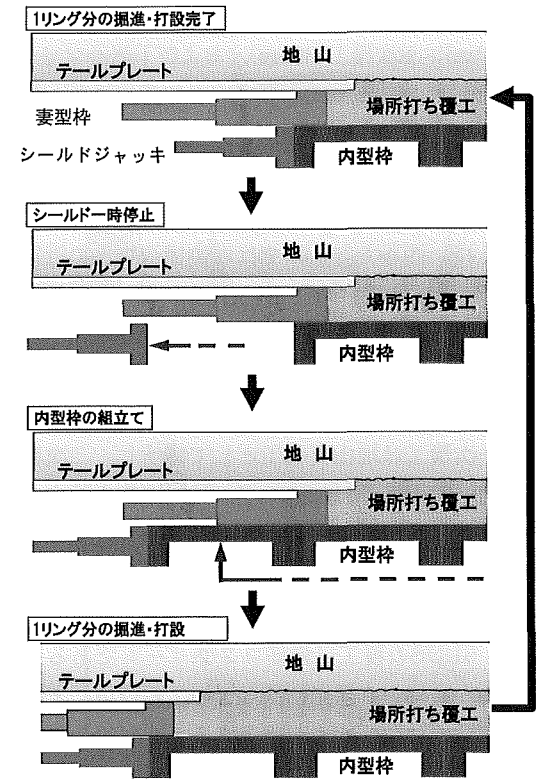


図-5 一次覆工打設概念図

重要構造物が多数存在する。したがって、工法選定にあたっては、切羽の自立性および地表面変位や近接構造物への影響をふまえた検討が重要である。

ここで、西谷トンネル付近の水路トンネルは、切羽の自立性が高いため、NATMで施工を行っ

ている。一方で、既成市街地直下の都市部における施工であることから、止水性を考慮し、補助工法を併用して施工している。このことから、西谷トンネルの施工方法はシールド工法、SENS、NATMの3工法で比較検討を行った。西谷トンネルの工法選定にあたっては、地下水、周辺地盤および近接構造物への影響、施工性、経済性、工期などの検討の結果、総合的に判断してSENSを採用することとした。

5 西谷トンネルの設計

5-1 西谷トンネルの設計条件

西谷トンネルは延長1,442mで内空径9,200mm、トンネル外径は10,400mmでトンネル構造は一次覆工(300mm)、二次覆工(300mm)、および下部インバート、上部インバートにより構成される。また、最小曲線半径は550mで最急勾配は35%である。西谷トンネル標準断面図を図-6に、設計条件を表-2に示す。

とくに、西谷トンネルでは地中構造物との近接が多くこれらに対してSENSが与える影響の検討が必要であった。

5-2 西谷トンネルの基本方針

これまでSENSでは、場所打ちコンクリートによる一次覆工は地山支保工として機能し、二次覆工は力学的機能を付加させず、蛇行調整や防水、内装および防振などのためのものとして位置づけていた。しかし、都市部にSENSを適用するにあたっては、以下に留意する必要がある。

- ① SENSの覆工は無筋コンクリートであるため、近接する構造物部などの上載荷重によって極端な曲げ応力が発生するような場合や地震時の相対変形によって大きな断面応力が発生する場合には耐力不足となるおそれがある。
- ② 西谷トンネルでは、地下水環境保全の観点からトンネルに高い止水性が要求される。
- ③ ①について、西谷トンネルでは、土水圧に加えて上載荷重を考慮した耐力設計やコンクリート打設圧を考慮した影響解析などを行い対応した。詳細は5-3節に後述する。また、②について、一次

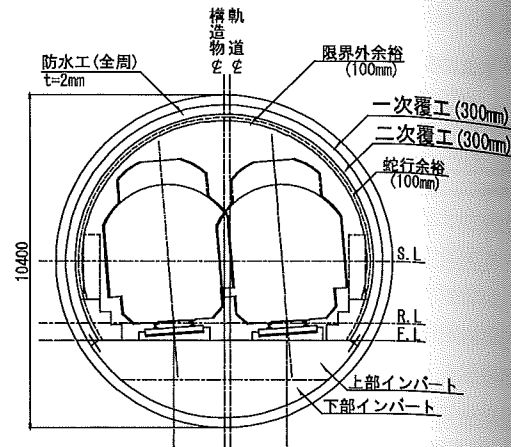


図-6 西谷トンネルの標準断面図

表-2 設計条件

項目	内容および仕様
シールド形式	土圧式(泥土圧)
断面形状, 寸法	円形, トンネル外径φ10.40m 掘削外径φ10.46m
掘削延長	1,442m
地質	沖積層粘性土: Ac 相模層群砂質土: Ds 上総層群砂質土: Ks 上総層群粘性土: Km
土かぶり	最大土かぶり46.1m(西谷起点: 0 km910m)
地下水位	シールド天端+18.7m(西谷起点: 0 km857m)
線路線形	最小曲線半径: 550m
線路縦断勾配	最急勾配: 35%
一次覆工型枠	外径9.8m, 1リング長1.2m
近接構造物	環2 ランプ橋台, 分水路トンネル, 電力洞道, 下水道トンネル

覆工と二次覆工との間に全周防水シートを施工することで止水性をより向上することとし、二次覆工に水圧を負担させる設計とした。

5-3 SENSの設計方法

5-3-1 一次覆工の設計

SENSの設計では、①『併進工法設計施工指針(案)都市トンネル編』¹⁾(以下、「併進指針」)にもとづく方法、②SENS機構独自の耐荷機構モデルにもとづく方法の2つの設計手法が提案されている。西谷トンネルでは、①の併進指針を基本として設計を行い、同時に②の耐荷機構モデルによる方法でも照査を行って安全性を確認した。

(1) 併進指針にもとづく設計

併進指針は、シールドトンネルの設計と同様に

土水圧および自重などを考慮した荷重モデルにより構造設計を行うものであり、二次覆工を主体構造とし、一次覆工は型枠脱型時の安全性と浮力に対する安定性の検討のみを行う。しかし、SENSは二次覆工に力学特性を付加させないことを基本とすることから、一次覆工を主体構造とする『併進工法設計施工指針(案)山岳トンネル編』²⁾も参照して、完成時における断面破壊についても照査を実施した。

(2) 耐荷機構モデルにもとづく設計

この手法は、三本木原トンネルの施工結果をふまえて提案された設計手法³⁾である。耐荷機構モデルは、地山安定の観点で設定したコンクリート打設圧が一次覆工の構造安定性に与える影響を評

価した設計モデルであり、硬化時の一次覆工の収縮と地盤変位の相互作用から、状況に応じて覆工下半部における有効土圧の減少を考慮する点に特徴がある。荷重モデルを図-7に示す。西谷トンネルでは、覆工の収縮量と数値解析で算出された地盤の変位量の比較から有効土圧の減少の有無をもとに荷重モデル(モデル1, 2)を選定し、一次覆工の照査を行った。

(3) 設計結果

設計箇所は水圧がもっとも大きい大土かぶり部と、地盤剛性が低く水圧に加え比較的大きな土圧の作用が想定される小土かぶり部の2断面で検討した。

一次覆工厚が300mmの場合、脱型時強度は15N/

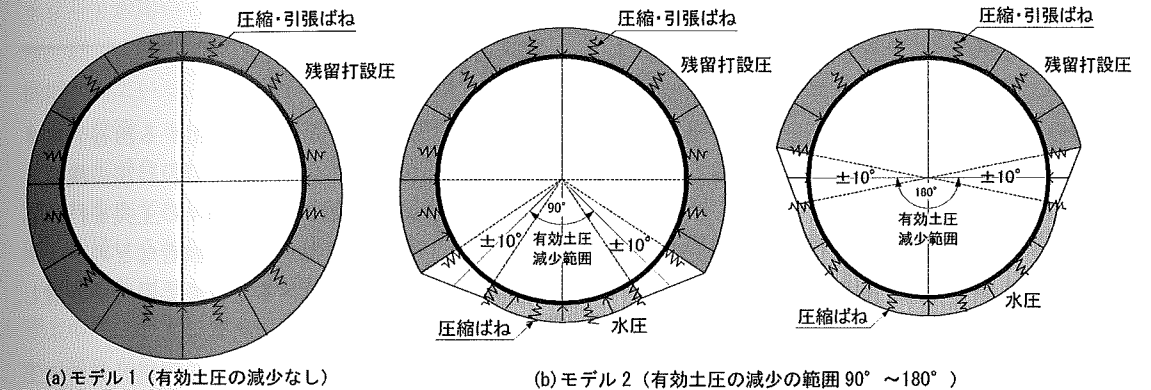


図-7 荷重モデル

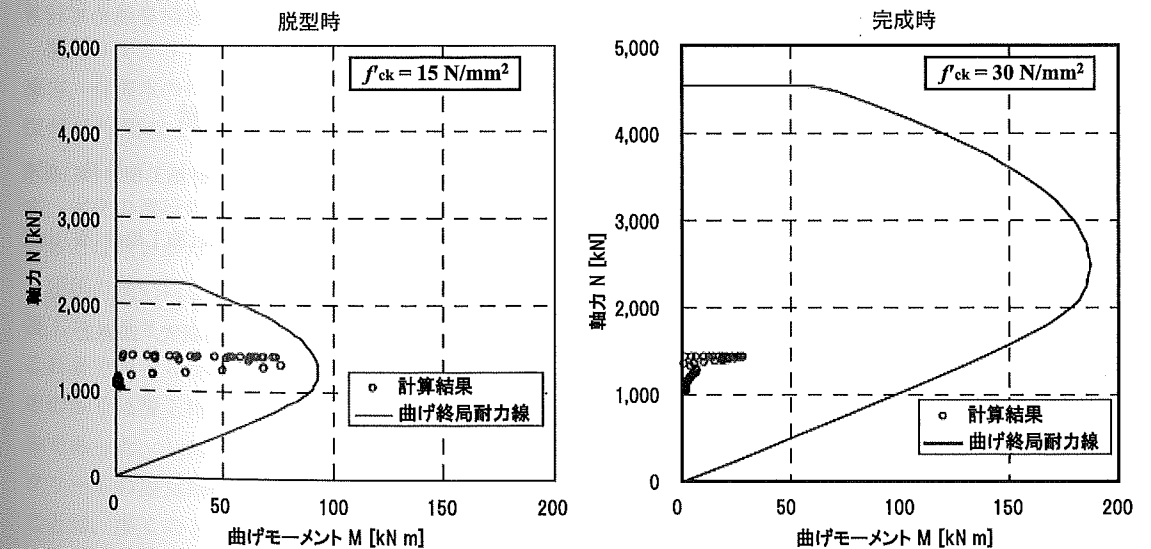


図-8 一次覆工体の耐力照査結果①(0 km857m大土かぶり(高水圧)箇所)

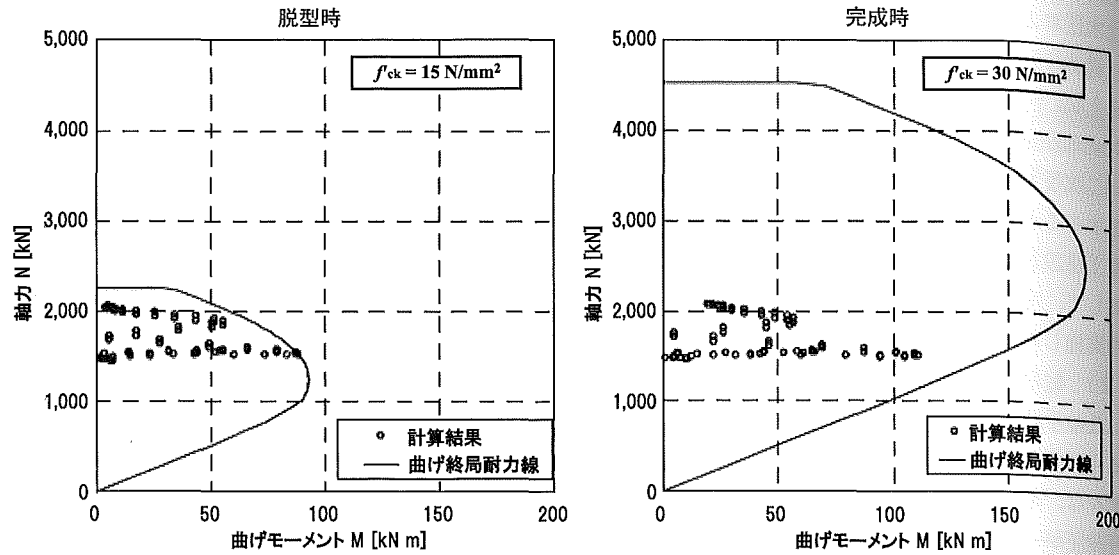


図-9 一次覆工体の耐力照査結果②(1km076m小土かぶり箇所)

mm², 完成時強度は30N/mm²の場所打ちの無筋コンクリートの条件で照査した結果, 図-8, 9のとおり, どちらの断面も軸力卓越な傾向を示し, 発生応力は許容値内であることが確認された。

5-3-2 耐震設計

西谷トンネルは路線の大半が耐震設計上の基盤とみなすことができる上総層群中に位置しており, 基本的に耐震設計は不要と考えることができる。しかし, 発進立坑付近の地層変化部について, レベル1, レベル2地震動に対しての耐震検討を実施した結果, 当該区間においては, レベル2地震時にトンネル断面に大きな相対変位の発生が予測されたことから, RCなど二次覆工による対策が必要となった。

5-3-3 近接構造物の影響検討

地盤解析により, 表-2に示した各近接構造物に対する影響検討を実施した。その結果, SENSの施工により近接構造物に与える影響はないと予測された。

6 おわりに

はじめてSENSを都市部で採用する西谷トンネルにおいては, 前述のようにその設計法の検討, 都市環境に適合させるための種々の工夫を行う必要があり, 学識経験者や施工経験者などのトンネル専門家による都市トンネル技術委員会を設置し, 技術的検討を行いながら進めている。

今後は, 西谷トンネルにおける現場計測や施工をとおして, SENSがさらに合理性の高いトンネル工法として定着してゆくよう検討を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 日本鉄道建設公団: 併進工法設計施工指針(案)都市トンネル編, 1992.4.
- 2) 日本鉄道建設公団: 併進工法設計施工指針(案)山岳トンネル編, 1994.5.
- 3) 飯田廣臣: 含水未固結地山におけるシールドを用いた場所打ち支保システムに関する研究, 2008.2.

研究

鉄道トンネルにおける覆工コンクリートの劣化と維持管理

(公財)鉄道総合技術研究所コンクリート材料研究室長 上田 洋

1 はじめに

日本の鉄道トンネルにおいて, 覆工材料にコンクリートが用いられたのは主に1910年代以降であり, 経年が100年近いトンネルは現在でも数多く供用されている。これらのトンネルでは, 現在でも健全な覆工コンクリートがある一方で, コンクリートが浸食されて粉状に軟化したり, 浮きやひび割れを生じたりするなどの変状が発生している例も見受けられる。

健全に使用できないトンネルは, 安全および保守上の理由から必要により取り替えるべきであるが, 経年が長くても供用可能なトンネルについては, 適切な維持管理のもとで供用を続けることが社会資本の有効活用につながる。

覆工コンクリートの劣化原因は, 凍害, 有害水の作用, 蒸気機関車の煤煙の作用などが挙げられているが¹⁾, 体系的にはまとめられておらず, 劣化の進行性も明らかになっていないとは言いがたい。

経年の長い鉄道トンネルにおける覆工コンクリートの劣化について, これまで筆者らが調査を行った結果, その多くは覆工材料の浸食によるものであった。したがって, 覆工コンクリートの浸食機構を明らかにすることは, 多くのトンネルの維持管理にとって有益であるといえる。

本研究は, 主に経年が50~100年で覆工材料が化学反応によって浸食された鉄道トンネルを対象として, 現地調査と採取したコンクリートコアの分析を行うことにより, その劣化機構を明らかにし, 今後の維持管理に活用することを目的とする。

2 覆工コンクリートの劣化原因

調査対象としたトンネルの概要と覆工材料の代表的な劣化状況は, 表-1および写真-1に示すとおりである。劣化状況はトンネルによりさまざまであるが, いずれも覆工コンクリートもしくは覆工表面に施工された補修材が浸食を生じている。

各トンネルについて調べた結果, 覆工の劣化機構は図-1に示すように, 「酸の作用による劣化」

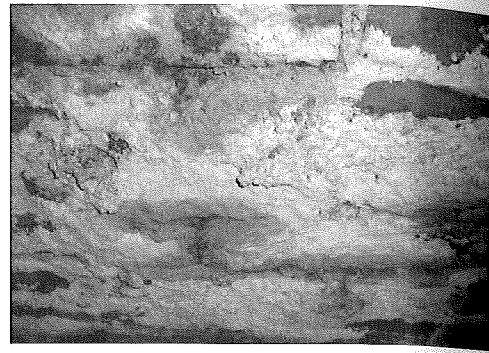
表-1 調査対象トンネルと覆工表層の状況

トンネル	開業年	覆工材料	コンクリート表層の状況
A	1923	CB	表層が浸食され, 白色物質と褐色の層が生成
B	1927	CB, C	表層が浸食され, 白色物質と褐色の層が生成
C	1950	C	表層が浸食され, 白色物質と褐色の層が生成
D	1924	CB	表層が浸食され, 褐色の層が生成
E	1939	C	コンクリート表面が洗浄され, 表面は褐色
F	1924	CB	コンクリート表面がはく離し, 白色物質が生成
G	1937	C	コンクリートに浮きを生じる, 白色物質も生成
H	1937	CB, C	一部の箇所でコンクリート表面が浸食
I	1931	CB, C	一部の箇所でコンクリート表面が浸食
J	1890	B	レンガ表面に施工されたセメント系補修材が浸食
K	1928	C	コンクリート表面が軟化
L	1928	C	コンクリート表面が軟化

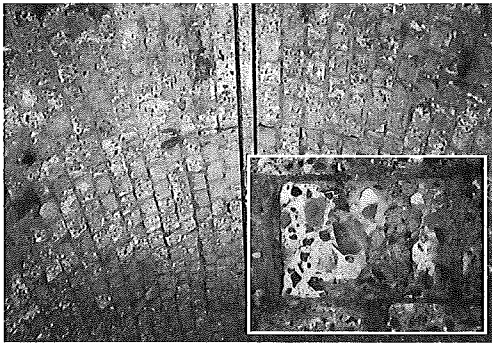
[覆工材料の凡例] C: コンクリート, CB: コンクリートブロック, B: レンガ



(a) Cトンネル



(c) Jトンネル



(b) Fトンネル



(d) Kトンネル

写真-1 トンネル覆工コンクリートの劣化状況

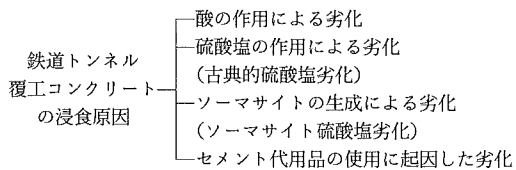


図-1 覆工コンクリートの浸食原因

「硫酸塩の作用による劣化(古典的硫酸塩劣化)」「ソーマサイトの生成による劣化(ソーマサイト硫酸塩劣化)」「セメント代用品の使用に起因した劣化」の4種類に大きく分けられることを明らかにした。次章以降で、それぞれの劣化と維持管理について述べる。なお、各トンネルでは対策が必要な箇所において、軟化した物質の除去や補修、はく落対策などが順次施され、列車運行の安全が図られている。

3 酸の作用による劣化

酸の作用による劣化を生じていたのは、A~Eの各トンネルであった²⁾。

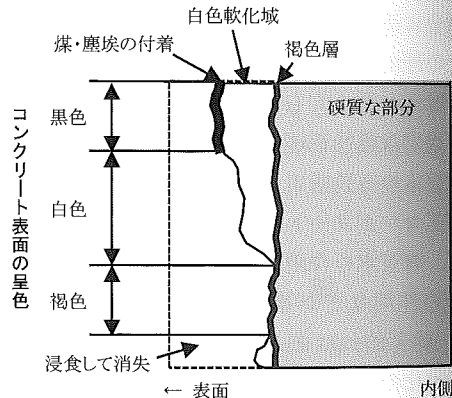


図-2 コンクリート表層の状況(Aトンネル)

3-1 覆工の状況

A~Dトンネルでは、以前に運行されていた蒸気機関車の煤などにより、その表面は黒色である。漏水などにより付着物が除去された箇所では白色や褐色を呈しており(写真-1(a)参照)、これらの変色箇所ではコンクリートが軟化している。コンクリートの表層は、図-2に示すように黒色部分の内側に白色の軟化域と褐色層があり、褐色層の内

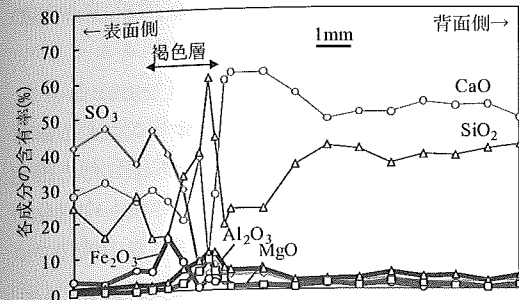


図-3 褐色層付近の成分分布(Aトンネル)

側ではコンクリートの軟化はみられない。Eトンネルでは、覆工表面が洗浄されたため白色の軟化域が除去され、表面が褐色になったと考えられる。浸食を受けた鉄道トンネルの覆工コンクリートでは、この種の劣化がもっとも多い。

3-2 試料の分析

図-3に、Aトンネルから採取したコアの褐色層周辺をエネルギー分散型X線分光法(EDS)で分析した結果を示す。褐色層周辺では鉄(Fe)が濃縮しており、その内側にはアルミニウム(Al)およびマグネシウム(Mg)がそれぞれ濃縮している。筆者らは、以前にこれらの濃縮層が酸の作用によって生成することを明らかにしており²⁾、これらの濃縮層は、このコンクリートの表面側が酸の作用を受けたことを示している。

分析の結果、Aトンネルの覆工では背面側も酸の作用を受けており、B~Eトンネルの覆工では表面側のみ酸の作用を受けていることがわかった。

3-3 劣化機構の推定

A~Eトンネルの覆工における劣化機構を図-4に示す。覆工コンクリートに作用する酸として、蒸気機関車の煤煙による影響が古くから指摘されており、煤煙に含まれる酸が覆工コンクリートに作用したと推定した。各トンネルでは、アーチクラウン周辺の劣化が目立つが、これは蒸気機関車の煤煙が煙突からトンネル頂部に向けて排出されたためである。なお、Aトンネルでは、覆工の背面側も酸劣化を生じていたこと、建設時に酸性地下水の湧出がみられたことなどから、蒸気機関車の煤煙による影響に加えて酸性地下水の影響も受けていると推定した。

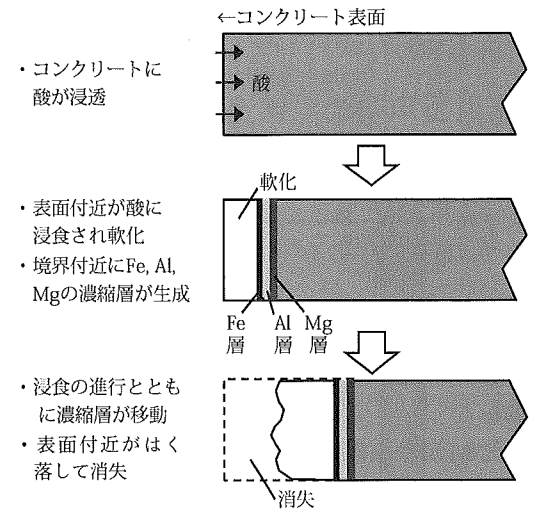


図-4 酸の作用による劣化機構の模式図

4 硫酸塩の作用による劣化

硫酸塩の作用による劣化(硫酸イオン(SO₄²⁻)の影響によりひび割れや軟化を生じる劣化)を生じていたのは、F~Iの各トンネルであった²⁾。

4-1 覆工の状況

Fトンネルでは、覆工コンクリートの一部で浮きやはく離を生じている(写真-1(b)参照)ほか、はく離面には白色生成物が認められる。Gトンネルも、覆工コンクリートの一部に浮きや白色生成物の析出がみられる。コンクリートは、深さ30~70mm付近に複数の微細なひび割れが認められる。なお、F~Iトンネルの覆工では、A~Eトンネルでみられた褐色層はいずれも存在しない。

4-2 試料の分析

FおよびGトンネルに析出していた白色生成物を採取して粉末X線回折分析を行ったところ、この生成物は硫酸ナトリウムであった。Gトンネルの覆工では、中性化域と未中性化域との境界付近(以下、「中性化フロント」と呼ぶ)のやや内側にあたる深さ50~70mmでエトリンガイト(3CaO・Al₂O₃・3CaSO₄・32H₂O)が生成し、硫酸塩物質が劣化に影響を及ぼしていることが示唆された。Gトンネル内の2か所から採取した漏水をイオンクロマトグラフ法によって測定した結果は表-2に示すとおりで、SO₄²⁻が多く含まれていた。

表-2 Gトンネルにおける漏水の成分

	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	NO ₂ ⁻ (ppm)	CO ₃ ²⁻ (ppm)	pH
試料A	8,940	573	83	25	—	6.6
試料B	2,290	116	—	—	—	6.0

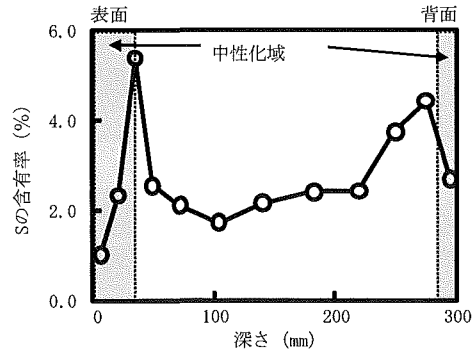


図-5 Fトンネルにおけるイオウの分布

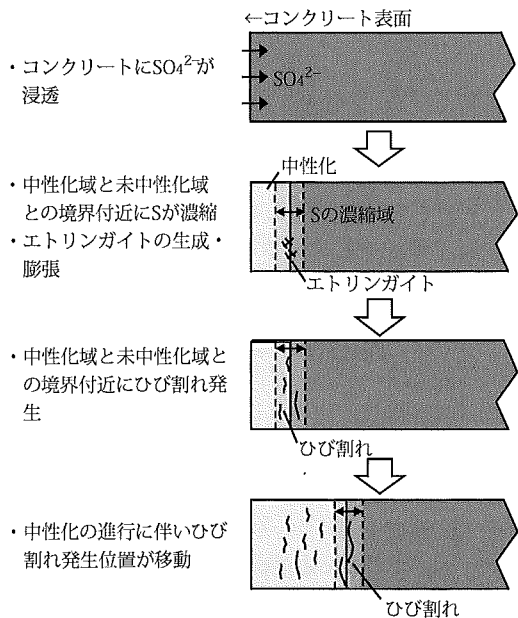


図-6 硫酸塩の作用による劣化機構の模式図

図-5は、Fトンネルの覆工におけるイオウ(S)の分布を蛍光X線分析法で測定した結果を示したもので、中性化フロント付近においてSが濃縮していることがわかる。これは、中性化の影響によりエトリンガイトが分解してSが移動し、中性化フロント付近に濃縮したためである。HおよびIトンネルの覆工でも、Sの影響を受けていた。

したがって、F~Iトンネルに生じた劣化は、

その性状に違いはあるものの、いずれも硫酸塩の作用による劣化であることがわかる。

4-3 劣化機構の推定

F~Iトンネルの劣化機構は図-6に示すとおりで、SO₄²⁻を多く含む漏水により劣化したと推定した。これらのコンクリートは、今後も中性化の進行に伴って徐々にではあるが新たな中性化フロント付近でひび割れを生じる可能性がある。

5 ソーマサイトの生成による劣化

ソーマサイト(CaSiO₃・CaCO₃・CaSO₄・15H₂O)の生成による劣化を生じていたのは、Jトンネルであった⁴⁾。

5-1 覆工の状況

Jトンネルの覆工はレンガ造であるが、1990年代に一部の覆工表面にセメント系材料による補修が行われた。この補修材の一部において、レンガとの界面で浮きやはく離が認められ、はく離箇所の補修材はレンガとの界面付近が軟化して白色を呈している(写真-1(c)参照)。白色生成物は、厚い箇所では約15mmに達していた。

5-2 試料の分析

この補修材にみられた白色生成物を採取して分析したところ、ソーマサイト(写真-2参照)が検出され、本補修材はソーマサイトの生成による劣化(TSA: Thaumassite Sulfate Attack)を生じていることがわかった。なお、この劣化は硫酸塩劣化の一種であるが、前章で述べた硫酸塩劣化(古典的硫酸塩劣化)とは区別されることも多いため、本研究においても区別して用いる。

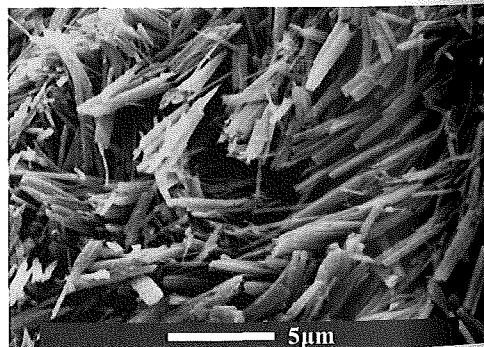


写真-2 補修材に生成したソーマサイト

5-3 劣化機構の推定

トンネルにおけるTSAの事例として、スイスにあるBauenトンネルのショットクリートやSan Bernardinoトンネルのコンクリートなどがマッシュ状に変質したこと⁶⁾や、Koblenz鉄道トンネルにおいて吹付けコンクリートが劣化したこと⁶⁾、ドイツにある鉄道トンネルのコンクリートがSO₄²⁻を含んだ水の作用により、施工から6年後に表面から深さ50mmまでの部分が崩壊したこと⁷⁾などが報告されている。なお、ソーマサイトの生成による劣化は、これまで日本国内の構造物では報告されておらず、本研究によって日本におけるTSAの存在が明らかになった。

セメントペーストからソーマサイトが生成するためには、SO₄²⁻および炭酸イオン(CO₃²⁻)の供給、水が必要とされるほか、低温環境であることが必要である。

SO₄²⁻の供給源として、一般に漏水が考えられるが、トンネルから滴下していた漏水2試料を採取して分析した結果、SO₄²⁻濃度は5.4ppmおよび8.7ppmと低かった。その一方で、この補修材は吹付け施工されており、急結剤として硫酸アルミニウム(Al₂(SO₄)₃)を主成分とした材料が使用されていた。これは、作業性を考慮してアルカリフリー型としたものであるが、硫酸塩による劣化が進行しやすいとも言われる⁸⁾。したがって、SO₄²⁻の主たる供給源は補修材中の急結剤であるといえる。

CO₃²⁻の供給源は、補修材にフィラーなどとして含まれている石灰石であると推定される。

現地にて補修材の撤去後に調べたところ、覆工背面からの漏水がレンガと目地材との境界などを浸透して覆工表面に滲出していた。ちなみに、漏水の滲出がみられない箇所では、補修材の浸食もわずかであった。

したがって、このセメント系補修材がTSAを生じたのは、補修材からSO₄²⁻とCO₃²⁻が供給されたこと、レンガ覆工の背面から水が容易に供給されたこと、トンネル内で低温環境が保持されやすかったことにより、発生のための条件が整ったことが原因であると結論づけられる。今後、水の供

給と低温環境が継続すれば、TSAはさらに進行すると推定される。

6 セメント代用品の使用による劣化

セメント代用品(セメントの一部を火山灰や珪藻土などで置換した材料)の使用に起因した劣化を生じていたのは、K, Lの各トンネルであった。

6-1 覆工の状況

KおよびLトンネルでは、覆工コンクリート表層が変質して粉状になっており、コンクリートが容易に削り取れる状態である(写真-1(d)参照)。

6-2 試料の分析⁹⁾

KおよびLトンネルから採取したコアを分析したところ、酸や硫酸塩の作用、ソーマサイトの生成による劣化のいずれも確認されず、これらのコンクリートに生じた表層の軟化は、A~Jトンネルとは異なる原因によることがわかった。しかしながら、このような劣化の原因を明らかにした例はみられないので種々の測定を試みた。

図-7は各コアの細孔容積を示したもので、Kお

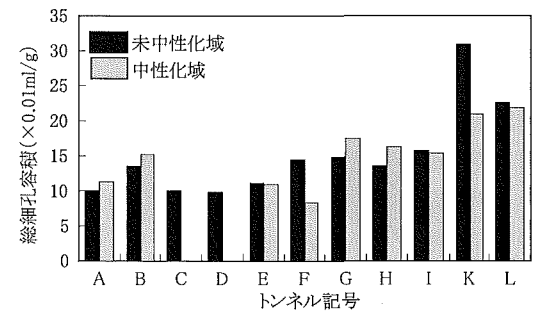


図-7 各トンネルから採取したコアの細孔容積

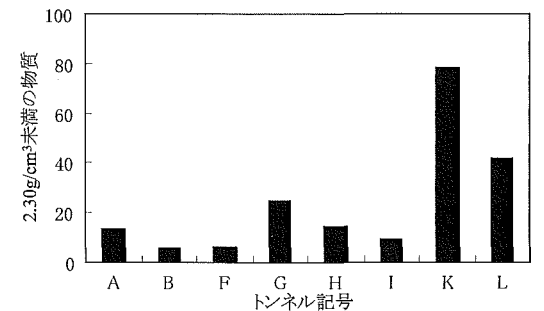


図-8 密度が2.30g/cm³未満の物質の比率

よびLトンネルから採取したコアでは、細孔容積が非常に多く、微細な空隙を多く形成する物質が含まれていることが示唆される。また、試料の重液分離をしたところ、密度が2.30g/cm³未満の物質がK、Lトンネルから採取した試料に多く含まれていた(図-8参照)。さらに、これらのコンクリートでは、シリカ質で結晶性に乏しく、酸に難溶な物質の混和が推定された。

これらのトンネルが建設された当時は、セメントが高価であったためその一部を安い材料で置換して用いることがしばしば行われていたらしい。これらの代表的な材料として火山灰、珪藻土および珪酸白土があり、「セメント代用品」とも呼ば

れていた¹⁰⁾。セメント代用品に用いられる材料は、シリカ質で結晶性に乏しく、酸に難溶で密度の小さい物質も多い。これらの特徴は、KおよびLトンネルから採取したコンクリートの分析結果と合致することから、K、Lトンネルが建設されたこの時代背景も踏まえ、これらのトンネルの覆工コンクリートにはセメント代用品が使用されていると推定した。

6-3 劣化機構の推定

セメント代用品が混和されたコンクリートの性状を明らかにするために、珪藻土を混和したコンクリートを作製して実験したところ、珪藻土をセメントの50%程度置換した試験体では、コンクリ

トの中性化によって圧縮強度が未中性化時の50%未満にまで低下した⁹⁾。

これらの結果から、KおよびLトンネルの覆工コンクリートに生じた劣化は、コンクリートにセメント代用品が混和され、これが中性化によって軟化したことが原因であると推定した。これらのトンネルでは、今後とも中性化の進行に伴って、徐々にではあるが劣化が進行すると考えられる。

7 現場における劣化原因の簡易推定

覆工コンクリートに生じた劣化原因を正しく推定して対策を選定するには、コンクリート試料を採取して分析するなどの詳細調査が欠かせない。しかしながら、維持管理の実務を考えると、現場において劣化原因の一次推定を行うことが非常に有用である。

現場において主に目視で簡易に判定をするための目安を、本研究の結果をもとにまとめたものが図-9である。

8 維持管理の方法

覆工材料の劣化が問題になるのは、多くの場合覆工のはく落であることから、ここでは覆工コンクリートや補修材のはく落防止に着目する。維持管理の方法は、劣化原因により異なる。

8-1 酸の作用を受けた覆工コンクリートの対策

蒸気機関車の煤煙に起因した酸による劣化は、覆工コンクリート表面の軟化が目立つのに対し褐色層の内側は一般に健全なので、褐色層付近までを除去できれば健全に供用できる。覆工厚が著しく小さい、あるいは今後も酸の影響を大きく受ける場合を除き、一般に修復によって原状回復をする必要はない。なお、断面修復材を施工する際は、修復材のはく落を防ぐことが必要である。

8-2 硫酸塩の作用を受けた覆工コンクリートの対策

コンクリートに浸透したSO₄²⁻は、中性化フロント付近に濃縮しているので、この濃縮域の

SO₄²⁻を除去しないと再劣化につながる。抜本的な対策を行うのであれば、SO₄²⁻を含む部分のコンクリートをすべて除去することになるが、コンクリートが軟化していない部分まで除去することになるので、はつり作業に大きな手間を要する。表層の劣化域を除去するだけでは対処できない点、酸による劣化とは異なる。今後作用するSO₄²⁻への対策としては、止水・導水や表面処理などがある。

8-3 ソーマサイトの生成により劣化した覆工コンクリート用補修材の対策

劣化した補修材に対しては、はく落のおそれがある箇所から順次撤去し、撤去が困難な場合には当面の対策としてネットや当て板などを施工してはく落を抑制することになる。

これから補修材を施工する箇所での劣化を防ぐためには、水が供給されかつ低温環境が保持されやすい箇所においては、Al₂(SO₄)₃を主成分としたアルカリフリー型急結剤と、粉体にフィラーなどとしてCaCO₃を含む材料を同時に使用しないようにする必要がある。

8-4 セメント代用品の使用に起因して劣化した覆工コンクリートの対策

セメント代用品による劣化は、これまでその存在が全く知られていないこともあって、対策方法は検討されていない。コンクリート表層の軟化によりはく落が問題となる箇所では軟化域の除去が必要であるが、その後も劣化が徐々に進行していくと考えられる。軟化の影響が小さいときには観察を続ける方法もあるが、劣化の規模が大きい場合にはコンクリートの打ち替えも含めて十分に検討する必要があると考えられる。

9 まとめ

本研究で得られた結果をまとめて以下に示す。
① 鉄道トンネルにおける覆工コンクリートの化学的浸食は、酸の作用による劣化、硫酸塩の作用による劣化、ソーマサイトの生成による劣化およびセメント代用品の使用に起因した劣化に分けられる。



図-9 現場における簡易な判定の目安

- ② 酸の作用による劣化は、主として蒸気機関車の煤煙に起因する酸が覆工コンクリートの表面に作用したためであり、一部のトンネルでは酸性地下水の作用などが複合して覆工表面の軟化に至る。
- ③ 硫酸塩の作用による劣化は、硫酸イオンを含む漏水が覆工コンクリートに作用し、中性化域と未中性化域との境界付近に濃縮して膨張性物質を生成することにより、ひび割れや浸食に至る。
- ④ 硫酸塩による劣化には、上記のほかにソーマサイトの生成によるものがある。これは、覆工の補修に用いられたセメント系材料に発生したもので、急結剤として SO_4^{2-} が含まれており、Sを内在していたことに特徴がある。
- ⑤ 一部のトンネルでは、セメントの一部を珪藻土や火山灰などで置換したいわゆるセメント代用品が使用されたことに起因する劣化があった。
- ⑥ 劣化原因により適した対策方法が異なることから、浸食を生じた覆工コンクリートの対策にあたってはその劣化原因を明らかにすることが重要である。

最後に、本研究の実施にあたり、松田芳範氏(東日本旅客鉄道(株))ならびに荒巻智氏(西日本旅客鉄道(株))の多大な協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 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)、丸善、2007。
- 2) 上田洋・松田芳範・西尾壮平・佐々木孝彦：トンネル覆工コンクリートの劣化について、コンクリート工学年次論文集、Vol.26, No.1, pp.759-764, 2004。
- 3) 上田洋・高田潤・立松英信：セメントペーストと酸との反応特性、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.17, No.1, pp.991-996, 1995。
- 4) 上田洋・西尾壮平・渡邊崇崇・一條健吾：Thaumasiteの生成によるセメント系補修材の劣化、コンクリート工学年次論文集、Vol.30, No.1, pp.687-692, 2008。
- 5) M. Romer et al.: Swiss tunnel structures: concrete damage by formation of thaumasite, *Cem. Concr. Composites*, Vol.25, pp.1111-1117, 2003。
- 6) M. Romer: Steam locomotive soot and the formation in Southern California concrete, *Cem. Concr. Composites*, Vol.24, pp.379-384, 2002。
- 7) E. Freyburg and A. M. Berninger: Field experiences in concrete deterioration by thaumasite formation: possibilities and problems in thaumasite analysis, *Cem. Concr. Composites*, Vol.25, pp.1105-1110, 2003。
- 8) 渡邊宗幸・佐藤正徳・佐藤雅男・松田芳範：急結剤の種類が吹付けポリマーセメントモルタルの硫酸塩腐食に及ぼす影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.26, No.1, pp.993-998, 2004。
- 9) 上田洋・西尾壮平・松田芳範：セメント代用品を使用した覆工コンクリートの劣化に関する研究、トンネル工学論文集、Vol.15, pp.99-105, 2005。
- 10) 長屋修吉：セメントの代用品に就て、鉄道院総裁官房研究所業務研究資料、鉄道院総裁官房研究所、Vol.5, No.6, pp.1235-1248, 1917。

わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 B5判 209頁 本体価格 2,500円 円340円

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



株式会社 **土木工学社**

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

連載講座

最新推進工法技術(1)

— 概 説 —

「最新推進工法技術」連載講座小委員会

連載をはじめるとあって

わが国で初の推進工事(当初「推進式管理設工法」と呼ばれた)は、昭和23(1948)年、兵庫県尼崎市で旧国鉄尼崎港臨港線を跨ぐ道路跨線橋の脇に、内径600mmの鑄鉄管をガス管のさや管として、軌道下を横断して延長6mにわたり敷設したものであった。この新工法により、鉄道の運行を妨げることなく管路を埋設できた。当時、画期的な管路埋設工法として、関西地区を中心に注目を集めた。以来60年余り、わが国での推進工法は、下水道事業を中心に広く用いられ、要求された厳しい施工条件を逐一克服する過程を経て、その施工技術は飛躍的に向上した。そして今日、その高い水準と信頼性が世界から認められ、台湾をはじめシンガポール、ベトナムなどの東南アジア、サウジアラビア、カタールなどの中東域に広く活躍の場を広げている。

わが国における推進工法の施工現況を下水道事業でみれば、平成20(2008)年度において、全国の下水道事業総投資予算額約2兆680億円をもって、埋設築造された下水道管渠の総延長は約8,120km、うち推進工法によるものは延長約609km、比率で約7.5%であった。この施工実績をどう見るか。

この10年来、下水道整備状況の進展や公共事業投資の縮減を背景に、全国の下水道管渠の年間整備量もかなり抑えられてきた。かつて自民党政権下、小淵内閣時、公共事業投資を中心に景気対策

「最新推進工法技術」連載講座小委員会

委員長	石川 和秀	(公社)日本推進技術協会専務理事
副委員長	新谷 康之	東京都下水道局建設部設計調整課長
委員	望月 崇	飛島建設(株)土木事業本部 シールド技術グループ部長
〃	千田 尚	大林道路(株)管路部管路課長
〃	伊藤 啓	アイレック技建(株)技術本部 担当部長
〃	伏屋 行雄	日特建設(株)名古屋支店 事業部技術部部長
〃	市川 正美	戸田建設(株)土木工事業部機電課課長
〃	林 進造	りんかい日産建設(株) 安全環境品質室長
〃	和田 浩治	機動建設工業(株)関東支店長
〃	川相 章	(公社)日本推進技術協会技術部長

※(公社)：公益社団法人

として3次の補正予算が組まれた平成10(1998)年度、下水道事業への総投資予算額は約4兆8,800億円にのぼり、全国の下水道管渠整備発注量も約1万8,200kmとなった。このときの推進工法発注延長は約1,271km、その比率は約7.0%であった。往時と今日を比較すれば、投資予算額も整備発注量もほぼ6割減、かなり縮減された状況であることは否めない。

しかし、平成20年度の推進工法施工延長は約609kmとは言え、決して些細なものとは言えない。この距離は、東京駅を新幹線で西に向えば、大阪、神戸を越え、西明石にまで到達する。また、施工スパン数は15,300か所に上り、全国の多くの都市での下水道事業において、推進工法が多用されていることが窺える。ちなみに、平成20年度の下水道事業におけるシールド工法の発注延長は約

67km, スパン数は84か所であった。

わが国での推進工法技術の歩みは高々60年余りではあるが、全国各都市での下水道整備事業の趨勢に歩調が合ったことから、逐次、多くの施工上の課題が与えられ、その一つひとつの壁を地道な努力により越え、今日の高水準の推進工法技術が築き上げられた。まさに、推進工法技術の歩みは下水道事業とともにあったと言って過言ではない。

本講座では、今日、わが国の最新推進工法技術の実態、全体像について、施工事例を合わせわかりやすく解説する。

本講座は、次の11回を予定する。

- ① 最新推進技術概説：推進工法の特徴、概要を開削工法やシールド工法との比較を含め解説する。
- ② 大口径管推進工法(1)：開放型推進工法、密閉型推進工法の適用条件を説明し、刃口式、泥水式、土圧式、泥濃式推進工法の各掘進方式についてその施工原理を解説する。
- ③ 大口径管推進工法(2)：各掘進方式の特長、適用状況、施工実績を説明し、あわせて長距離推進、曲線推進の施工実績と設計、施工管理上の留意点について解説する。
- ④ 小口径管推進工法(1)：小口径管推進工法の開発経緯を説明し、大口径管推進工法との基本的な相違点について解説する。高耐荷力方式について、その施工原理と施工実績を解説する。
- ⑤ 小口径管推進工法(2)：現在、適用事例がもっとも多い低耐荷力方式について、その施工原理と施工実績を解説し、あわせて適用上の留意点について解説する。
- ⑥ 小口径管推進工法(3)：鋼製さや管方式ならびに取付管推進工法について、適用条件と施工原理を解説し、あわせて施工管理上の留意点を解説する。
- ⑦ 改築推進工法：改築推進工法について、適用条件と施工原理を解説し、これまでの施工実績を紹介する。さらに、今後の事業需要と技術開発動向、目標について解説する。

- ⑧ 超大口径管推進工法：超大口径(二分割)管推進工法の開発経緯、施工原理を解説し、あわせて施工実績を解説する。
- ⑨ 推進工法の計画・設計(1)：推進工法の計画・設計上のポイントとその留意点について解説する。
- ⑩ 推進工法の計画・設計(2)：同上
- ⑪ 推進工法の施工管理：推進工事の施工管理上のポイントとその留意点を解説し、あわせて各種施工トラブルにおける原因と未然対策、さらにトラブル後の対処、処置方策について解説する。

① 開削手法と非開削手法

都市における衛生的かつ快適な生活環境を創造、保持するためには、上水道、下水道をはじめガス供給、電力、通信などさまざまなライフラインの整備、維持が必要となる。これらのインフラサービスの多くは、道路の下に埋設された管路(管渠)を通じ供給されている。

管路を地中に埋設する手法は、開削工法と非開削工法に大きく区分される。開削工法は、管路を埋設する位置に沿って、適切な土留めを施して道路上から管路の埋設深まで溝状に掘削し、必要な基礎工を施して管路を敷設した後、掘削溝を良質土または掘削改良土で埋め戻し、道路舗装を復旧する。

一方、非開削工法は、管路を敷設する線上の両端に立坑(竖穴)を設け、そこに地上から掘削機を投入し、管路を敷設する位置とごく近傍の範囲の地山を掘削、排土してできた空間に管路を構築、ないしは押し込んで管路を敷設する。この非開削手法の代表として、「シールド工法」と今回の連載講座で対象とする「推進工法」がある。両者は、地中を非開削で掘削する施工原理や地山切羽の安定手法などにおいて多くの類似性を有するが、根本的な相違点が2つある。まずその1は、管路の構築過程である。前者は、掘削機が地中を掘り進む(掘進)にあわせ、掘削機内でセグメントを環状に組立てつつ前進するのに対し、後者は、発進側

の立坑から既製の管材(推進管)を継ぎ足し、後続させつつ前進する。その2は、掘削機を前進させる際のジャッキ反力の取り方である。前者は、後方に組み立てたセグメント環と周囲の地山との摩擦力であるのに対し、後者は、基本的に発進側立坑の背面地山の支持力である。この2点の相違が、両者の計画・設計や施工管理面における特徴や長所、短所を根本的に分けることになる。

次に、開削手法と非開削手法の得失をみる。

開削手法の最大利点は、常に目視下で施工管理できることである。掘削に伴う障害物の出現や不測の事態に対し、対応措置が採りやすい。

非開削手法の利点は、工事で使用する路上の範囲が立坑に限定されることで、工事期間中、路上交通への障害が軽減される。管路敷設範囲の地中掘削のみで、掘削土量が縮減される。大型建設重機の稼働に伴う二次被害が軽減される。埋設位置が深い場合、建設コストが経済的となる。さらに、近年注目される利点として、大地震発生時の埋設管路の被災軽減が挙げられる。平成16年の中越地震において、開削手法で施工された埋設管に被害

が集中した。これは、開削部の埋め戻しに良質の砂を使用されたが、地下水位が高い場合、大地震での強い振動で埋め戻し部が液状化現象を起こし、埋設管路を浮上、その直後沈下させ、急激な上下動により埋設管を破損した現象である。非開削手法の場合、管路敷設周辺地山には一切手を加えず、地盤が乱されていないため、その危惧はないとされる。

② 推進工法の基本事項

推進工法の基本的な施工手順は次のとおりである。

- ① 管路を敷設する計画線上に、掘進の出発基地となる発進立坑を敷設する深さ(土かぶり)に合わせ掘削、設置する。
- ② 発進立坑内に掘進機を投入し、管路の敷設計画線の高さと同方向が一致するよう、立坑底部に据え付ける。
- ③ 掘進機が通過する範囲の立坑土留め材を切断し(鏡切り)、掘進機を敷設計画線に沿って地山地中に導入する。

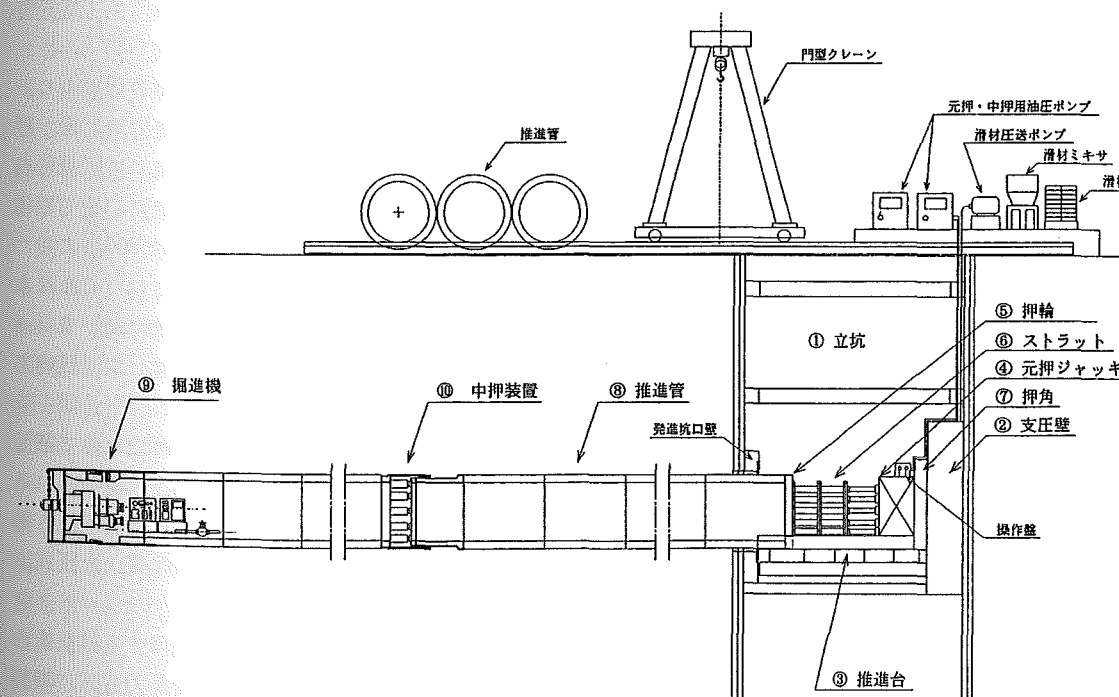


図-1 推進機構

- ④ 掘進機前面のカッタフェイスを回転させ地山を切削するとともに、掘進機を発進立坑内ジャッキにより前方に押し出すことにより、地山切羽を安定させ、かつ、掘削土砂を発進立坑側に排出する。
- ⑤ 掘進機を押し込むと同時に、順次、推進管を設置、後続させて押し込み、管路を形成する。
- ⑥ 掘進の到達地点に到達立坑を設け、掘進機を回収する。
- ⑦ 発進立坑から到達立坑まで、計画敷設位置に推進管列による管路が形成される。

推進工法の基本的な機械構成は、①立坑、②支圧壁、③推進台、④元押ジャッキ、⑤押輪、⑥ストラット、⑦押角、⑧推進管、⑨掘進機(または刃口)からなる。また、推進距離に伴い元押しジャッキの推進力が増大し、推進管の破損が懸念される場合、⑩中押装置が設置される。

近年、大口径管推進工法では、元押ジャッキとしてロングストローク・ジャッキ(多段ジャッキ)が多く使用される。これは、ジャッキと押輪、押角が一体型となっており、ストローク長も推進管1本の管長分あるので、ストラットは不要となり、後続推進管据付け(段取り替え)作業を短縮できる。また、小口径管推進工法では、押輪、押角(反力板)、ジャッキおよび発進架台が一体型となっているのが標準である(図-1)。

⑧ 推進工法の特徴

3-1 推進工法と開削工法の比較

推進工法を開削工法と比較すれば、一般的に次のとおりである。

【長所】

- ① 工事期間中、道路上を使用する範囲が立坑部分のみであるため、道路上の交通障害は少ない。
- ② 掘削する範囲が限定されるため、掘削土量、残土処分量が少ない。
- ③ 土留め材の設置、撤去、土砂の掘削量が少ないため、建設重機の稼働による騒音、振動

など建設公害が軽減される。

- ④ 管路の埋設位置がある程度深い(2.5m以上が目安)場合、工事費が経済的となる。

【短所】

- ① 管路を埋設する位置の地中に障害物がある場合、その処置に困難を伴う。

3-2 推進工法とシールド工法の比較

推進工法をシールド工法と比較すれば、一般的に次のとおりである。

【長所】

- ① 立坑寸法が小さく、立坑設備が簡素なため、立坑設置に必要な用地面積が小さい。
- ② 管路の仕上がり内径が同一な場合、掘削断面積が小さく、掘削土量が少ない。
- ③ 既製管を使用するため、施工期間が短い。
- ④ 建設経費は比較的安い。

【短所】

- ① 工場製作した推進管を路上運搬するため、道路交通上の規制から、適用できる最大口径に制約がある。
- ② 長距離の掘進や急曲線施工に限界がある。

④ 推進工法の分類

推進工法は、使用する推進管の呼び径により、呼び径800以上の「大口径管推進工法」と、呼び径700以下の「小口径管推進工法」に区分される。この区分は、昭和50(1975)年4月、旧労働省労働基準局長通達により、管内径が800mmに満たない管内での有人作業が一切禁止されたことによる。したがって、小口径管推進工法においては、掘進作業に必要な監視、操作などすべて立坑内あるいは坑外からの遠隔管理になる。

大口径管推進工法は、切羽が開放状態で掘進する開放型と密閉状態となる密閉型に区分される。開放型は刃口式、密閉型は、切羽の安定手法と掘削土砂の搬送方法などにより、泥水式、土圧式、泥濃式に区分される。

また、小口径管推進工法は、使用する推進管の種類により、高耐荷力方式、低耐荷力方式、鋼製さや管方式に区分される。

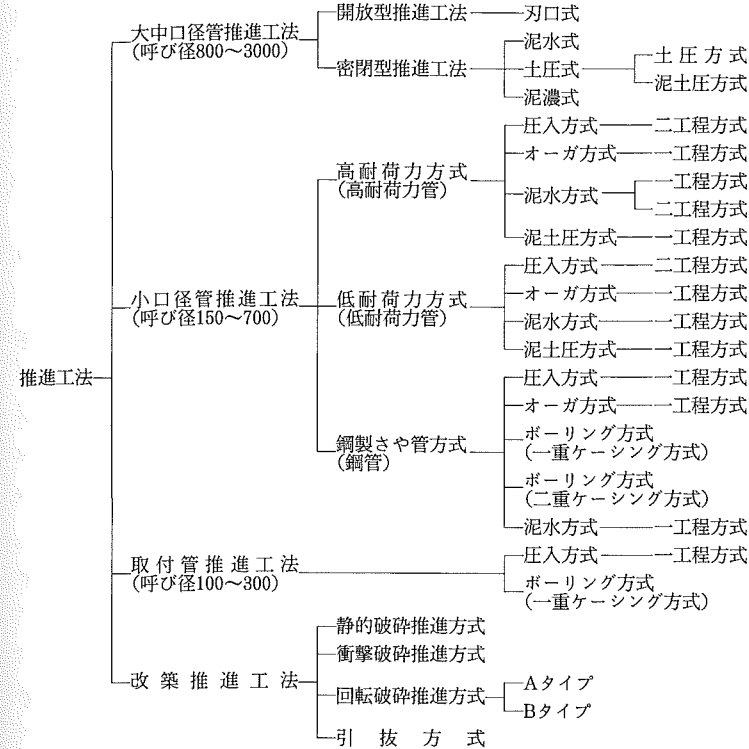


図-2 推進工法の種類

さらに、集水ますと下水道本管を接続する取付管推進工法、老朽化した既設管路を破碎、除去しながら、同位置に新管を推進敷設する改築推進工法、内径が3mを超える推進管を軸方向に二分して施工現場まで搬送し、組立て結合する超大口径管推進工法がある(図-2)。

4-1 大口径管推進工法

大口径管推進工法は、開放型と密閉型に区分される。

4-1-1 開放型

開放型は、推進管列の先端に刃口を装着し、切羽を開放状態のまま、一般的に人力で掘削しつつ、管列を押し進める。この際、切羽は地下水の湧出がなく、かつ自立状態であることが必要である。切羽からの地下水湧出や地山の崩壊が想定される場合には、薬液注入工法の採用など適切な地盤改良を行い、切羽の止水性と安定を確保しなければならない。

開放型は、密閉型に比べ設備対応が簡素であるため、推進距離が短い場合、工事費が経済的とな

る。また、切羽が開放状態であるため、掘進途中で障害物に遭遇した場合でもその対応は比較的容易である。

4-1-2 密閉型

密閉型は、切羽地山の崩壊を防ぐ安定手法、手段と掘削土砂の管内搬送手法により、泥水式、土圧式、泥濃式に区分される。

泥水式は、カッタチャンバ内に送泥管より泥水を圧入、充満させ、その圧力により切羽に生じる地山の崩壊を防ぐ。カッタで切削された土砂は、カッタチャンバ内で泥水と混合され、後続の推進管内に設置された排泥管を通じ流体搬送され、坑外に搬出される。

泥水式を他の密閉型と比較した特徴は、長所として、①高水圧や

地下水圧の変化が激しい場合でも、泥水圧により切羽の確実な安定制御が可能で、地盤条件に関する適応性が高い。②掘削と排土が液状搬送の循環回路としてシステム化されており、集中管理(中央監視設備)を導入することで、施工の信頼性が向上する。一方、短所として、①排泥処理のための泥水処理プラントの設置が必要となり、そのための用地が必要とされる。②泥水処理プラントの稼働に伴う騒音、振動対策が必要となる(写真-1)。



写真-1 呼び径3500超大口径管推進工事

土圧式は、カッタチャンバ内で切削された土砂を泥土状に攪拌し、その泥土の圧力と難透水性により、切羽に作用する地山の土圧と地下水圧に対抗させ、切羽の安定を図る。この際、切削された地山の土砂のみでは泥土を形成するための微細粒子分が不足する場合、粘土、ベントナイトなどを主材とする添加材を注入し、カッタチャンバ内泥土の塑性流動性を確保する。この方式を泥土圧方式と呼ぶ。切削された土砂は、泥土の状態、スクリュコンベヤを介しカッタチャンバから放出され、後続の推進管内をトロバケットによる搬送、ないしは排土管内の圧送により坑外に搬出される。

土圧式を他の密閉型と比較した特徴は、長所として、①泥水式に比べ、大規模な排泥処理設備を必要とせず、比較的狭い作業基地で施工が可能である。②泥濃式に比べ、地下水圧の比較的高い地盤にも適用できる。一方、短所として、泥水式に比べ、掘削土砂の管内搬送にトロバケットを用いる場合、その施工性が劣る。

泥濃式は、カッタチャンバ内に注入する高濃度泥水の圧力により、切羽に作用する地山の土圧と地下水圧に対抗させ、切羽の安定を図る。切削された土砂は、カッタチャンバ内で高濃度泥水と混合し、排土バルブの開閉、開度調整によりカッタチャンバより間欠的に排出され、後続する推進管内を管路により吸引排土される。また、管路での吸引排土ができない大きな径の礫分は、排土バルブを出た段階で分離され、別途、管内をトロバケットにより搬送される。

泥濃式を他の密閉型と比較した特徴は、長所として、①基本的に、推進管の外側を25mm程度オーバーカットし、そこに高濃度泥水と滑材が充填することで、推進管列と周囲の地山との摩擦抵抗を低減することができ、長距離推進、曲線推進に対応しやすい。②掘進機の構造がシンプルである。一方、短所として、泥水式に比べ、①径70mm以上の礫の搬出は、トロバケット搬送となり、人力を要する。②吸引排土の効率は、掘進機操作員の技量に負うところが大きい。また、長距離推進の場合、円滑な吸引排土には高濃度泥水を多量に注入する

必要があり、その分、排土の処理、処分(通常の場合、産業廃棄物扱い)量が多くなる。また、泥水式、土圧式に比べ、③吸引排土の設備能力に制約があり、現状での適用可能最大口径は呼び径2200程度までである。④推進管周辺のオーバーカット量を大きくした場合、地表面の変動を引き起こす恐れがある。

4-2 小口径管推進工法

小口径管推進工法は、呼び径700以下の小口径推進管(または誘導管)の先頭に小口径管先導体(掘進装置)を装着し、地上からの遠隔操作により地中を掘進し、推進管を後続させて管路を敷設する。

小口径管推進工法は、使用する推進管の種類により、高耐荷力方式、低耐荷力方式、鋼製さや管方式の3つに区分される。

4-2-1 高耐荷力方式

高耐荷力方式では、管軸方向強度の高い高耐荷力管(鉄筋コンクリート管、ダクタイル鋳鉄管、強化プラスチック複合管など)を使用する。掘進に伴う抵抗力は、切羽から受ける先導体先頭部への抵抗力と推進管列外周面が周辺地山から受ける

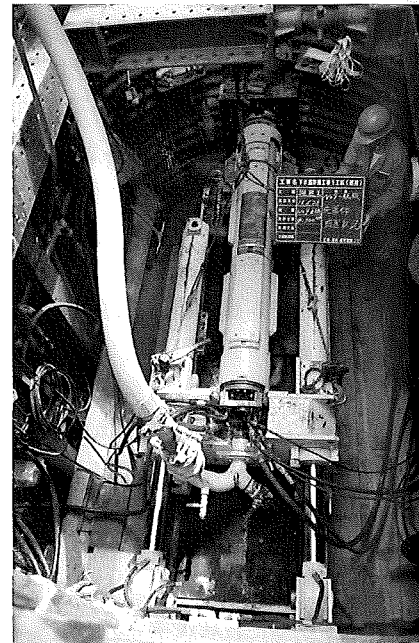


写真-2 呼び径300泥土圧方式推進工事

周面摩擦抵抗力があるが、これに対抗する推進力は、すべて発進側の元押ジャッキより推進管端部に荷重され、推進管を介し伝達される。

先導体の掘進方式により、圧入方式、オーガ方式、泥水方式および泥土圧方式に区分される。

この方式は、適用土質の範囲が広く、長距離推進や曲線推進に対応できる。近年の施工実績では、下水道などの幹線管路となる小口径管でも比較的大きな径への採用が多く、長距離・曲線推進への適用、大土かぶりからの厳しい地下水条件への対応などの需要から、泥水方式、泥土圧方式の採用が主流となっている(写真-2)。

4-2-2 低耐荷力方式

低耐荷力方式では、管軸方向強度が比較的小さい低耐荷力管(硬質塩化ビニル管など)を使用する。そのため、掘進に伴う推進抵抗力のうち、先導体受ける先端抵抗力に対しては、元押ジャッキから推進力伝達ロッド(排土のためのケーシングロッドなど)を介し、直接、先導体に推進力を伝達し対抗させ、推進管列が地山から受ける周面摩擦抵抗力に対してのみ、推進管を介して推進力を伝達させる。推進抵抗力を先端抵抗と周面摩擦抵抗に分割することで、管軸耐荷力の比較的小さい硬質塩化ビニル管を推進敷設できる。

先導体の掘進方式により、圧入方式、オーガ方式、泥水方式および泥土圧方式に区分される。

この方式は、硬質地盤や礫地盤などへの適用は難しく、推進距離も比較的短くかつ直線推進に適用される。近年の施工実績では、下水道などの枝線管路(面整備管)となる比較的小口径(口径200、250mmなど)への採用が多く、推進距離も30m程度であり、圧入方式の採用が過半を占めている。

4-2-3 鋼製さや管方式

鋼製さや管方式では、推進に使用する管は鋼管で、先導体に鋼管を接続し、鋼管を溶接接合して全推進力を鋼管に作用させて推進敷設した後、この鋼管をさや管として内部に硬質塩化ビニル管など下水道本管となるものを別途敷設する。

先導体の掘進方式により、圧入方式、オーガ方式、ボーリング方式(一重ケーシング式、二重ケー

シング式)および泥水方式がある。

この方式は、砂礫、転石、岩盤層など厳しい地盤条件にも適用できるが、施工精度の確保の観点から、20m程度までの推進距離が短い工事に採用される。近年の施工実績では、ボーリング方式の採用が過半を占めている。

4-3 取付管推進工法

取付管推進工法は、推進工法の手法を用い、家庭や事業場からの下水を下水道本管に排除するための取付管を敷設するものである。地表から直接あるいは比較的浅い立坑から、鋼管を下水道本管上部まで推進し、本管接合部管体のコアを抜き、接合箇所止水措置を施した後、鋼管内の土砂を排除し、これをさや管として硬質塩化ビニル管などを挿入、鋼管との隙間をエアモルタルなどで中詰めして取付管を構築する。鋼管の掘進方式に、圧入方式とボーリング方式がある。

取付管は、下水道本管の上半分の位置で接続させることが基本で、本管の呼び径よりも小さく、一般に、呼び径100~250の硬質塩化ビニル管などが使用される。

4-4 改築推進工法

改築推進工法は、構造的または機能的に低下した老朽下水道管渠などを、推進工法用掘進機などを使用し、破碎、除去ないしは排除しつつ、ほぼ同位置に新設管を推進敷設するものである。

既設管を破碎、除去する手法として、①既設管内から外向きに静的な拡張圧力を加える「静的破碎方式」、②既設管の管端部に打撃力を加える「動的破碎方式」、③既設管を周辺地山とともに掘進機カッタで切削する「回転破碎方式」および④既設管を抱えるように鋼管を推進した後、内部の既設管を引き抜き、除去する「引抜方式」がある。

改築推進工法の対象となる既設管の管種は、各方式により、鉄筋コンクリート管、陶管、塩化ビニル管、ダクタイル鋳鉄管など広範囲であるが、使用する推進管(新管)は、一般に鉄筋コンクリート管または鋼管(さや管)である。

この方式で既設管を新管に入れ替える場合、既設管の埋設位置のずれを完全に是正でき、必要に

応じて口径の大きな新管に替えることができる。

4-5 超大口径管推進工法

通常、推進工法が適用できる推進管の最大径は呼び径3000である。この推進管は、標準的な管厚が250mmあり、管外径は3.5mとなる。一方、道路法や道路交通法で規制される車輛の高さ制限は通則3.8m(特例で4.1m)で、工場製作された推進管をトラックや(低床)トレーラで路上搬送する場合、この大きさが現実的な上限とされる。

この路上搬送上の制約を回避する手法が超大口径管推進工法である。推進管を半円筒形の軸方向

に2分割することで、トレーラ積載時の車輛高さ制限をクリアし、推進施工現場ヤード内で結合して推進管を組み立てる。この際、結合手法として、鉄筋コンクリート部材をシールド工法用コックで締結するRC工法と、鉄筋コンクリート部材をPC鋼より線で緊張するPC工法がある。

現在、超大口径管推進工法の適用範囲は、呼び径5000までである。また、基本的な適用条件として、曲線施工部を含まないこと、推進距離が200m程度とされる。

(文責：石川和秀/(公社)日本推進技術協会)

トンネルジャーナル

高島山トンネルが緑道としてオープン

横浜市が整備する「東横フラワー緑道」の高島山トンネルが完成し、4月16日に開通した。これにより同緑道は全区間が供用された。

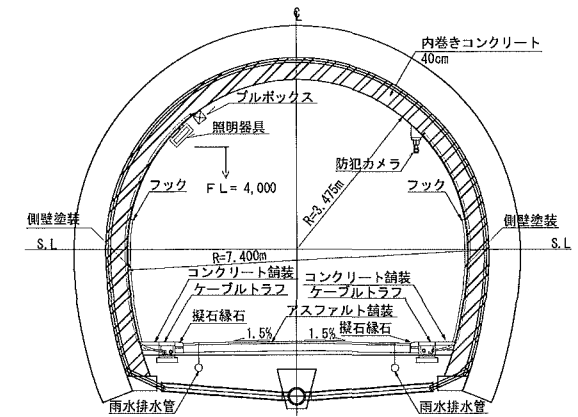
緑道は、2004年2月に地下化された東急東横線の跡地を全長約1.4kmにわたり再整備したもので、横浜市神奈川区に位置する東急東横線東白楽駅前と横浜駅を結ぶ。

2002年に東横線地下化跡地整備検討会を立ち上げ、沿道の自治会・町内会、公募による参加者などの市民と協働するかたちで計画を進めながら、2003年に「世界に誇る『まちの』シンボルプロムナード」を整備テーマとした基本設計案をまとめた。また、愛称である「東横フラワー緑道」も区民からの公募による。

その後、基本設計案をもとに全体を7つのエリアに分けて詳細設計をすすめ、2005年から一部区間で整備工事に着手、2006年から順次供用されていた。

同トンネルは1926年に完成した延長173.5mの複線断面トンネルで、整備工事は2009年に着手、既存覆工の背面に可塑性の注入材を充填し、内側にはスライドセントルによりコンクリートを巻立てるなどの補強を施すとともに、照明やフックを設置し公共利用に供するための整備を行った。また、補強の必要があった北側坑口のパラペットについては、前面にコンクリート擁壁を設置し安全を確保した。

トンネル区間の利用については、路線内で唯一の大規模な屋内空間となるため、計画段階ではコンサートやギャラリーにするといったイベント空間としての活用などへの期待も大きかった反面、防犯上の懸



(上)高島山トンネル北川坑口、(下)トンネル標準断面図。写真、図ともに横浜市提供

念もあった。開通にあたっては内部に防犯カメラを設置したうえで、通行可能時間を06:00~21:30とし、緑道の愛護会が中心となって、今後の利活用に向けて検討を行っている。

推進工法の理論と実際

B5判 437頁 価格8,925円 送料450円

マックス・シェルレ 著

野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金成英夫 監修

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



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

建設工事の地質診断と処方

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

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

工法・技術・製品ニュース

製品 3～5トンクラスのミニ油圧ショベル3機種を新発売



030 SR

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

キャタピラー・ジャパンは、優れた狭所作業性および後方安全性を活かし、道路工事や配管工事において高い能力を発揮するミニ油圧ショベル超小旋回機3機種を発売した。

これらは、FIGA 030 SR(バケット容量0.09m³、機械質量2.99t)、FIGA 040 SR(バケット容量0.11m³、機械質量3.60t)およびFIGA 050 SR(バケット容量0.22m³、機械質量5.10t)。

いずれも従来機に比べ汎用性を向

上させたほか、車両盗難の防止、メンテナンス性の向上など、全般にわたり顧客価値を高めた製品とした。

また、燃料消費量や騒音、排出ガスを低減させるため、4秒以上操作レバーが中立の場合、自動でエンジン回転数を低下させる機能を標準装備するとともに、オフロード法の基準値をクリアしたエンジンを搭載して国土交通省超低騒音型建設機械の基準値をクリアすることで現場周辺の環境に配慮している。

製品 オフロード法に対応したクローラキャリア



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

キャタピラー・ジャパンは、LD700 Fクローラキャリアを新発売した。

クローラキャリアは、ダンプトラックでは稼働が困難な軟弱地、不整地、急勾配の現場などで土砂や資材の運搬機として使用される機械。同機は、オフロード法の基準値に適合したエンジンを搭載し、その出力は従来機比26%アップの208kWと、生産性の向上を図っている。

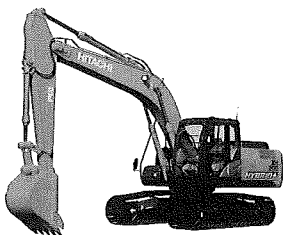
さらに、新たに転倒時保護構造を備えたキャブを採用して安全性を向

上したほか、エンジン回転数の調整が容易なダイヤル式エンジンストップルの採用により操作性を向上させている。

■主な仕様

最大積載量	6,500kg
機械質量	10,300kg
ベッセル容量(山積/平積)	4.4/2.5m ³
全長	5,420mm
全幅	2,585mm
全高	2,855mm

製品 ハイブリッドに実用価値をプラスした新世代ショベル



ZH200

日立建機(株)経営管理本部広報戦略室
TEL : 03-3830-8065
http://www.hitachi-kenki.co.jp

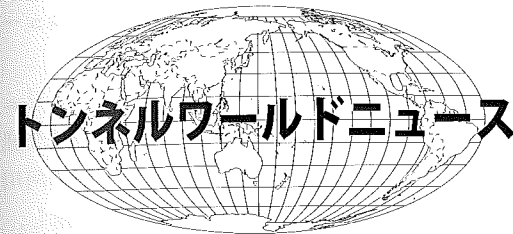
日立建機は、ZH200ハイブリッド油圧ショベルを発売した。

同機は、「ハイブリッド+」を基本コンセプトとし、ハイブリッドショベルの低燃費性能だけでなく、さまざまな現場に柔軟に対応できる実用性を兼ね備えた新世代ハイブリッドショベルで、優れたコストパフォーマンスを実現している。

ハイブリッドシステムは、旋回減速時に発生するエネルギーを電気エネルギーとしてキャパシタに蓄電し、

旋回駆動時に旋回電動モータを有効活用することで燃料消費量を減らすもので、新規に日立グループと共同開発した新システムを用い、従来機比20%低燃費性能を実現した。

また、カラー液晶を使用したマルチモニタ画面を大型化、燃料残量、水温計の表示に加えて、後方監視モニタ画面も同時表示可能としたほか、エコ運転をアシストする機能として画面に、エネルギーモニタ燃料使用量の管理を可能とした。



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

Blankaトンネル事故原因 ハッキリしないうちに再開

T&TI、8月号のワールドニュースに記載されていたチェコ共和国首都プラハの環状道路のBlanka 双設トンネルで発生した崩落事故は未だハッキリした原因説明がないまま掘削工事が再開された。

元請建設会社のMetrostav社(MTS社)が鉱山保安規則に2件の違反を犯し、国家鉱山保安監督局は52,000USドルの罰金を課したということで一応の決着がついている。

この2件の違反は、正規の施工計画書どおりの施工をしなかったこと、さらに接合部分のコンクリート吹付け方法に問題があったこと、ということだ。

MST社はSEM/NATMにおける中壁施工で、側壁導坑と上半アーチとの接合部分の吹付けが不十分であったこと、中壁の仮設中柱を取り外す手順に問題があったという指摘を真摯に受け止めた。

MTS社側は、トンネルの設計に多少無理があったことにも起因していることを確信してはいたが、違反による罰金支払い命令には敢えて反論しなかった。それはこの工事の残された工期から可能な限り早く再開したかったからである。

工事は南側トンネルが10月27日に再開され、北側トンネル(崩落が発生したトンネル)を崩落した坑口と反対側から迎え掘りで11月15日に再開した。Kladno市の鉱山保安当局は完全な掘削工事の安全対策ができるまで全工事を停止させていた。

T&TIがその8月号の3ページのコメント欄に記載されている崩落原因に第三者のコメントがあっ

たが、MTS社はこの違反についてもうこれ以上の罰金を支払う意志はなかった。

現況ではプラハ市政の判事はトンネル設計者と市当局の事故調査結果を重視している。

またMTS社は崩落原因の一つに、発注者側へ他の専門家から指摘された地質の変化が関係していること、また中壁と接合部の全面コンクリート吹付け設計方法にも問題があった可能性があるとも考えており、発注者とその部分の検査を十分にできないという不具合もあったとしている。この工事の専門コンサルタントのAmberg社とBung社もそのように思っている。

皮肉にも崩落が発生する1週間前に鉱山当局が現場を査察しており、このときの施工では構造物の設計監理に違反することなく確実に施工が行われており、当局の指摘事項もなかった。

この工事の施工基準は鉱山基準にもとづいて作成されており、どちらかと言うと近年のNATMやTBM掘削工法に適用するかどうか難しい。

崩落事故が発生するまでは計画工程より2～3か月進んでいた。

この事故で工事が停止し、工程の長所がなくなったが、現在は徐々に最終工期の見通しをつけてると、MTS社は言った。

(T&TI '10.12 担当:篠原慶二・前田建設工業(株))

WT、2010年の代表プロジェクトを選出

【代表プロジェクト:アルプスゴットハルト鉄道トンネル(スイス)】

スイスのゴットハルト・トンネルが、2010年の世界を代表するトンネルプロジェクトに選ばれた。

この賞を選定するにあたって、香港の貯水空洞、中国の海底トンネル、ケベックの発電用水路トンネル、ニューヨークの地下鉄トンネルといった優秀な候補から、一つを選ぶことは困難なことであったが、WT編集チームが12か月にわたって厳密に審査した結果、WTのオンラインニュースレターで最近発表された近々完成する長さ57kmのスイスのゴットハルト・トンネルに決まった。このト

ンネルは、2002年に着工し、8年がかりで完成したものである。

・プロジェクトの詳細

WTチームは、そのプロジェクトがもっとも優れたトンネルであると考えた。

高名なゴットハルトプロジェクトは、さまざまな掘削とグラウト技術を駆使して難しい地質条件を克服し、驚異的な精度で世界最長の鉄道トンネルを完成させた。

2010年10月ようやく完了した長さ57kmの双設トンネルは、巨大プロジェクトの一部である。

総延長152kmのトンネルは立坑と本坑からなっており、その約65%はTBMで施工され、残りの35%は大部分が本坑をつなぐアクセストンネルで、発破方式で掘削されている。

2010年12月現在、約150kmの掘削が完了している。

最大の難関は、アルプス山脈のさまざまな地質であった。とくに、Piora断層はそれを回避することが困難なもので、後に、鉾山技術がSedrun北部の不良岩盤領域を克服するのに活用された。

アンカー、金網と吹付けコンクリートから構成される支保のもとで、施工中、土かぶり1,000mと2,500mの間で地圧が変化した。必要な所では、部分的に鋼製支保工と吹付けコンクリートが付加されている。

地質的に難しい区域では、可縮性の二重リング支保工と吹付けコンクリートが使用された。二重支保工はトンネルの至る所で使用され、膨張性地山の区間では、二次支保工の厚さは1.1mであった。

すばらしい精度が、このプロジェクトの特質のうちの1つである。それは、水平および垂直でちょうど2,3mmというものであった。トンネルは、2017年までには供用される予定である。

【次点：East Side Accessプロジェクト、ニューヨーク(米国)】

完成間近のEast Side Access(ESA)プロジェクトは、1969年の着工以来、いくつかの段階を経てきた。プロジェクトが完了すると、東部の河川下でLong Island市をマンハッタンと連結し、Long Island 鉄道 Grand 中央駅の下に建設されている新しい駅に導くことになる。

計画は、Metropolitan transport Authority (MTA)によって進められている。

ESAは、実務的に、そして構造的に、少なからず非常に過密なアクセス・サイトと都心部での深い基礎が存在するなどの多くの要因のために複雑なプロジェクトとなっている。

プロジェクトは、マンハッタンの街路下、37mの深度で8本のトンネルを掘削するために、現在2台のTBMを使用している。また当プロジェクトには、初期段階で完成して利用した、発破工法による坑道、ローダヘッド掘削による導坑、レイズボールと斜坑が含まれている。

当プロジェクトの特徴的な事項として、

- ・既設地下鉄直上3mでの発破によるチャンバ掘削
 - ・新しいコンコースを地下に建設するための Helmsley ビルのアンダーピニング
 - ・2012年完成予定の2つの大規模な地下駅空間の建設を始めとした、旧 PanAm ビルの6m範囲内における制御発破の実施
- などが上げられる。

Queensにおけるトンネルと構造物の掘削は、泥水式シールドを用いて2012年から始まる。すべてにおいて、WTの貢献者 Jack Burkeが言う「もっとも挑戦的で、英仏海峡トンネルに匹敵する」、多面的で大変なプロジェクトである。(WT '11.1,2 担当：岡村光政・戸田建設(株))



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

吹付け防水/Spray-applied membranes
World Tunnelling, November, 2009,
pp.16-19

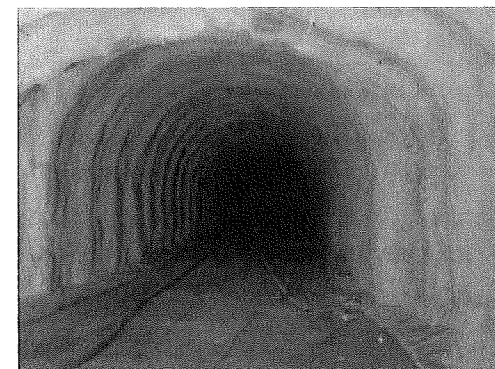
通常防水工として使用する防水シートはコンクリートライニングとの付着性はよくない。吹付け防水は付着性と防水性に優れており、その材料はビニルエステルとエチレンを合成したものである。

Hirtenbergでは20年経過した火薬類貯蔵用の地下施設のインバート部と壁面の吹付けコンクリートに損傷があり補修工事を実施した。断面全周に防水工を実施後、ファイバー入りの吹付けコンクリートで補強した。インバート部の防水はシートを使用しインバート両端部で排水するようにし、インバート以外は吹付け防水とした。壁面の湧水は幅300~400mmの排水用ドレーン材を壁面のくぼみを利用して設置し、クギで固定した後、防水材を吹付けた。

2008年真夏に吹付け防水を施工したときは、送風される外気の温度と湿度が高く、坑内壁面が結露した。その結果、吹付け防水材の硬化が遅れ、除湿機で対処しなければならなかった。



施工状況



防水工全景

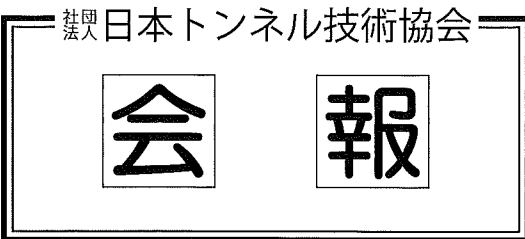
このプロジェクトでは内壁表面の状態や地下施設の交差部の形状が複雑であるので吹付け防水は適しており、吹付けコンクリートとの付着性も良好であった。

吹付け防水は技術面での限界があり、計画する際あるいは実際に施工する際には十分検討しなければならないが、防水工の選択肢の中のひとつである。

(文責：関本 昇・佐藤工業(株))

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

1. 原稿は弊社ホームページ(<http://www.tunnel.ne.jp>)に掲載されている投稿規定により執筆して頂きます。
 2. 原稿のボリュームは、原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む)。
 3. 原稿掲載の採否は、本誌編集委員会が審査のうえ決定します。
 4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお支払いいたします。
 5. 原稿は、原則として返却いたしません。
(注：「現場だより」の投稿は受付けておりません)
- 送付先 株式会社土木工学社 編集部 投稿係
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888(代)



東日本大震災で被災された本会会員ならびに関係各位に心からお見舞い申し上げます。皆様の一日も早い復興を心よりお祈り申し上げます。

1. 会員の現状

	4月30日現在
正会員	1,649名
団体会員	370名
個人会員	1,279名

2. 第203回理事会, 第71回顧問・評議員会

日時：平成23年4月22日(金) 12:00~13:00

場所：東京商工会議所8F「東商スカイルーム」

出席者：理事25名, 監事3名, 顧問3名, 評議員19名, 計50名

議事：

①入退会

個人会員3名の入会と4名の退会を承認

②理事, 評議員の交替

<理事>

旧	新	所属役職
金井 誠	土屋幸三郎	(株)大林組常務執行役員土木本部副本部長

<評議員>

旧	新	所属役職
山口 温朗	進藤 裕之	(独)水資源機構ダム事業部長
樫尾 恒次	川合 康文	東京都交通局技術管理担当部長

③第37回通常総会の議案を検討

3. 委員会の開催状況(4月1日~30日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会(4/15)

日月俊昭委員長ほか6名, 理事会資料を検討
広報小委員会誌WG(4/6)

大島洋志主査ほか14名, 5月号の会誌と3か月計画を検討

事業委員会(4/26)

桑原彌介委員長ほか16名, 催物計画を検討

◎国際委員会

ITA統括WG(4/8)

石田積主査ほか9名, ITAヘルシンキ総会の対応を検討

海外文献小委員会海外文献WG(4/21)

大久保誠主査ほか17名, 海外文献を翻訳

海外文献小委員会海外ニュースWG(4/28)

早坂治敏主査ほか7名, 海外ニュースを翻訳
計 6回開催 75名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

支保WG(4/20)

深沢成年主査ほか19名, 海外文献調査および国内アンケート調査結果を検討

◎受託研究特別委員会

効率的掘削工法特別委員会中流動WG(4/11)

松岡茂主査ほか5名, 原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会補助ベンチWG(4/19)

鈴木雅行主査ほか9名, 掘削機能力を検討

効率的掘削工法特別委員会高速施工WG(4/20)

領家邦泰主査ほか7名, 原稿を検討

計 4回開催 44名出席

合計 10回開催 119名出席

4. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第37回ITA総会およびコンGRESS* 「Underground spaces in the Service of a Sustainable Society」	2011. 5. 21~25	ヘルシンキ (フィンランド)	International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) Finish Association of Civil Engineers RIL (フィンランド土木学会) http://www.wtc11.org/
第38回ITA総会およびコンGRESS 「Tunnelling and Underground Space for a Global Society」	2012. 5. 18~24	バンコク(タイ)	International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) Thailand Underground & Tunnelling Group http://www.wtc2012.com/
第39回ITA総会およびコンGRESS 「Underground - the way to future -」	2013. 5. 10~17	ジュネーブ (スイス)	International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) Swiss Tunnelling Society

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

5. 国内催物の予定

協会の事業活動に対して会員をはじめ広く一般の理解と関心を高め, その参加協力を求めるとともに, 当面する技術課題をふまえた各種催物を企画し, トンネル関係者の実務上有益な知識の向上に努めます。

(1) 現場研修会

国内の鉄道, 道路, 電力, 地下鉄, 下水道など各種トンネル工事現場の研修会(見学会)を随時開催します。

(2) 施工体験発表会

恒例の施工体験発表会を下記のとおり開催します。トンネルは経験工学といわれています。多くの方々の経験から得られた技術を自らのものとする大変良い機会と考えます。山岳トンネル(第68回)は「様々な課題克服に取り組んだ山岳トンネル工事」と題して, また, 都市トンネル(第69回)は「都市トンネル工事におけるコスト縮減または工期短縮の施工事例」と題してそれぞれ実施します。

- ・発表会論文募集: 2011年5月10日(火)~6月17日(金)
- ・発表者決定: 2011年7月上旬
- ・発表論文提出: 2011年7月上旬~8月19日(金)
- ・開催日: (山岳)2011年10月13日(木), (都市)10月14日(金)
- ・表彰者発表: 2011年11月上旬
- ・最優秀賞表彰式: 2012年5月中下旬(総会終了時)

(3) トンネル技術ステップアップ研修会

トンネル実務経験5~10年程度の中堅技術者を対象としたトンネル技術ステップアップ研修会「第13回山岳部門—2011年秋—」と「第14回シールド部門—2011年9月29, 30日(東京)—」をそれぞれ開催します。

※催物の案内は逐次協会のホームページに掲載いたしますので閲覧くださいますようお願いいたします。

一般検索サイトで「トンネル技術協会 国内催物」あるいは下記URL入力でも受けつけます。

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

◆トンネル年報2011頒布開始◆

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

7月号予告[7月1日発売予定]

- トンネル覆工コンクリートに生じる初期ひび割れの発生メカニズムとその抑制対策
 - 十津川道路 今戸トンネル
 - 島原中央道路 眉山トンネル
 - 東京メトロ日比谷線 入谷駅
 - 九州電力 小丸川発電所
- 【連載講座】
- 最新推進工法技術(2)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆東日本大震災から間もなく3か月をむかえようとしています。これから梅雨入りし、避難されている方にとっては、まだまだご不自由な生活が続きます。一日も早い復興を心よりお祈り申し上げます。

◆これから蒸し暑い時期に入り懸念されている電力の消費が増えてくることと思います。さらに、この夏の気温は高めとの予想が発表されており、エアコンの代替需要が高まることは必至です。家電量販店では、扇風機が例年の約10倍の売れ行きとなっているようです。さらに、涼感効果のある下着や寝具、クールビズアイテムをはじめ、すだれやうちわなど暑さ対策商品の需要が拡大しています。

◆今後のエネルギー政策がどのような方向に進むかはまだ見えてきませんが、太陽光や風力さらには地熱発電などのクリーンエネルギーが注目を集めてきています。なかでも安定的に供給できるとされる地熱発電は、火山が多いわが国にとって非常に魅力的ですが、立地場所が国立公園や温泉街のそばになり、景観が損なわれる恐れがあるため、過去においてもなかなか実現できなかった経緯があります。そこで、地下工事のスペシャリストの本誌読者のみなさんの英知を結集し、地下を利用した新たな施設の提案などを「トンネルと地下」から発信できれば、この国難に少しでもお役に立てられると思います。

(K.Y)

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

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

トンネルと地下

第42巻 第6号 [通巻490号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成23年5月20日 印刷

平成23年6月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)
(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

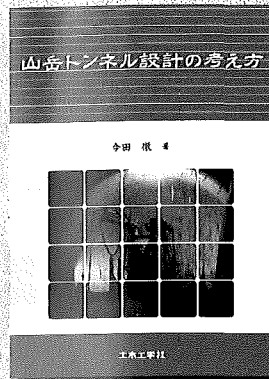
TEL: 03-3267-2888

本誌掲載記事が無断で複写(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。

新刊案内

山岳トンネル設計の考え方



東京都立大学名誉教授

今田 徹 著



B5判 183頁 上製本 定価3200円+税

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

山岳トンネル工事に携わる諸兄の必携書である。

《主要目次》

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

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

株式会社 土木工学社

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

山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著
3,200 円+税 B5判

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



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500 円+税 B5判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500 円+税 B5判

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



推進工法の理論と実際

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

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



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500 円+税 B5判

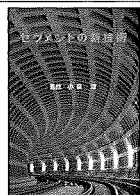
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた。



セグメントの新技术

小泉 淳 監修
2,000 円+税 B5判

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



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・保野恭寛 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。



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

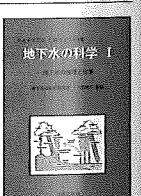
シールド工法について変遷から将来の開発の動向にいたるまで広範にわたり掲載した。シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた。



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

わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825 円+税 B5判

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



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573 円+税 B5判

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



ジオテキスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300 円+税 A5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200 円+税 A5判

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



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200 円+税 A5判

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



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800 円+税 A5判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400 円+税 A5判

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



トンネルと地下

1,500 円+税 B5判 月刊(毎月 1 日発売)

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



書籍のお申し込み

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

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

覆エコンクリート湿潤養生システム パラソル30ミスト工法

1. 一週間湿潤状態を保ち乾燥収縮によるひび割れを抑制
2. パラソル内でミストを噴出するため坑内の視界が良い
3. 天井部から吊っているためレール敷設が無く移動が簡単
4. 超細霧のため効率的な養生が出来て路盤の泥濘化を防止

NETIS登録：KT-100038-A



NATMトンネル二次覆エコンクリートを最適に仕上げます

特許出願中



菅機械工業株式会社

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

本社・大阪支店	〒550-0015	大阪府大阪市西区南堀江3-9-27	TEL 06(6541)7931
東京支店	〒101-0042	東京都千代田区神田東松下町12番地	TEL 03(5296)0551
福岡支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東1-16-8	TEL 092(431)7181
名古屋営業所	〒455-0008	愛知県名古屋市港区九番町3-37	TEL 052(653)2491
京都営業所	〒615-0022	京都府京都市右京区西院平町25	TEL 075(314)4460

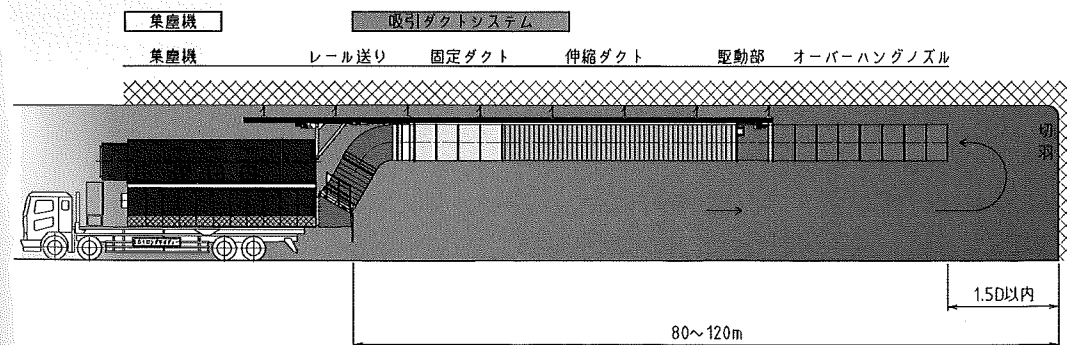
本製品は特許出願中の技術であり、弊社はその特許出願について製品の実施権許諾を受けております

時代は吸引捕集方式へ 換気・環境技術は進化しています



軽量吸引ダクトシステム
SUPER LIGHT
オーバーハング

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



最適環境を創造する

株式会社 流機 エンジニアリング

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