

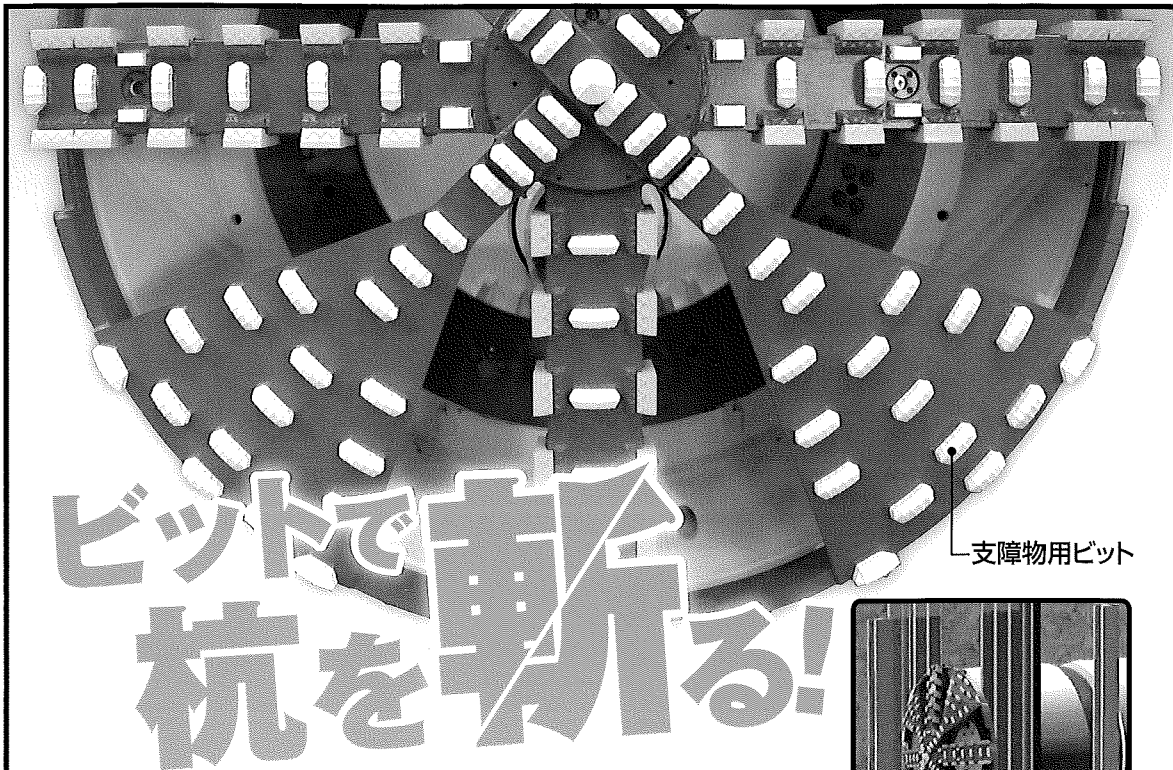
トンネルと地下 10

vol. 44
no. 10
2013

Tunnels and Underground

可燃性ガス発生地域における重要構造物直下のシールド
九州新幹線西九州ルート諫早・長崎間のトンネル群
「ITA総会および世界トンネル会議(ジュネーブ)」報告
フライアッシュを用いた覆工用高充填コンクリートの開発

日本トンネル技術協会誌



ビットで斬る! 杭を斬る!

支障物用ビット



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

特長

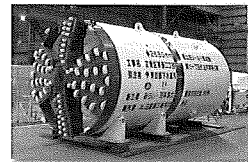
切羽に人が出る必要がなく安全性が高い。

切削片はほとんどがチップ状であり、コンベア搬出が容易。

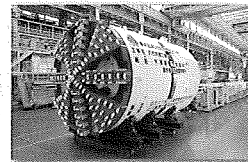
切削時の騒音、振動がほとんどなく、昼夜施工が可能。

周辺地盤の沈下などはほとんどなく、近接物への影響が小さい。

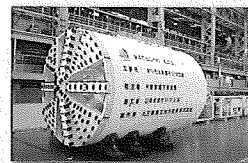
施工実績



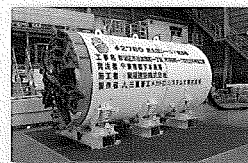
φ2680泥土圧シールド
H型鋼(300H)×8本
鋼矢板(IV型)×2面



φ4240泥土圧シールド
H型鋼(350H)×6本
鋼矢板(VI型)×2面



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



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

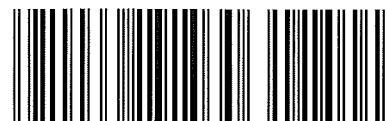
三菱重工メカトロシステムズ(株)の支障物切削技術

三菱重工メカトロシステムズ株式会社 都市開発部

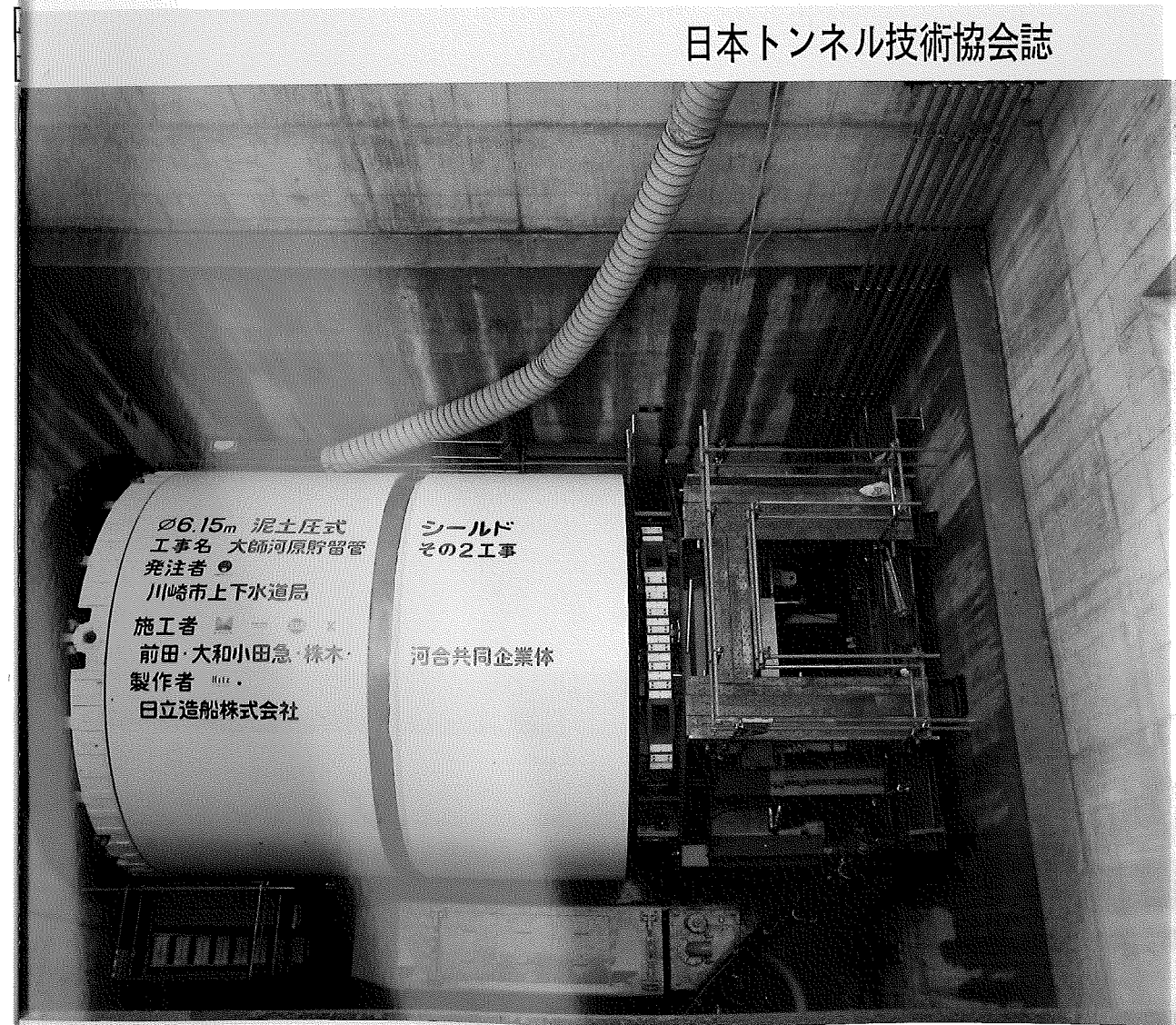
神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 TEL.078-672-2872 FAX.078-672-2869
東京都港区港南二丁目16番5号 TEL.03-6716-4092 FAX.03-6716-5833

定価 1,575円
本体価格1,500円

雑誌06619-10



4910066191030
01500



φ6.15m 泥土圧式
工事名 大師河原貯留管
発注者 川崎市上下水道局
施工者 前田・大和小田急・株木
製作者 日立造船株式会社

シールド
その2工事

河合共同企業体

FRD
FURUKAWA

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

ホイール式ドリルジャンボ

JTH2200R-III / JTH3200R-III

国土交通省 第3次排出ガス対策型建設機械(トンネル工事に用建設機械)指定機

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



新型油圧ドリフタHD210II搭載



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

自走式コンクリート吹付機(コンプレッサ搭載型)

CJM2200E-III

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

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

△古河機械金属グループ

FRD 古河ロックドリル株式会社

www.furukawarockdrill.co.jp

本社 〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号

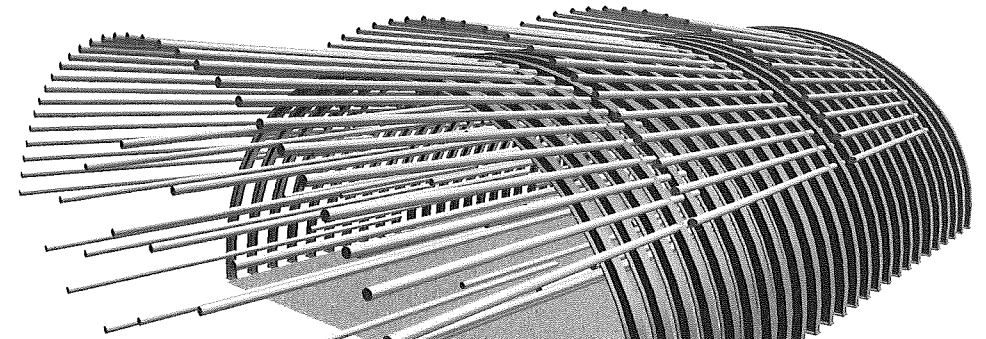
特機部 ☎03(3231)6966

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

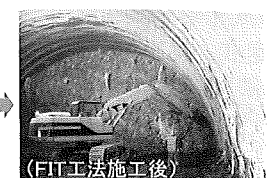
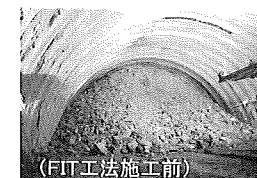
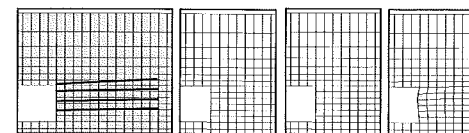
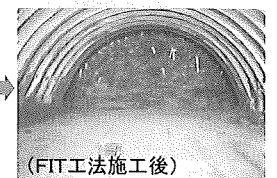
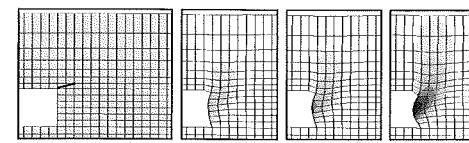
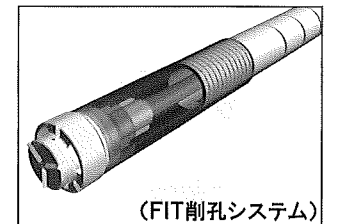
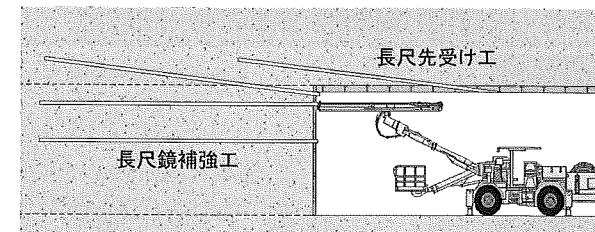
全方位 GFRP 管長尺補強システム

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

FIT 工法
FRP INJECTION TUBE



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



(数値解析による効果の検証例)

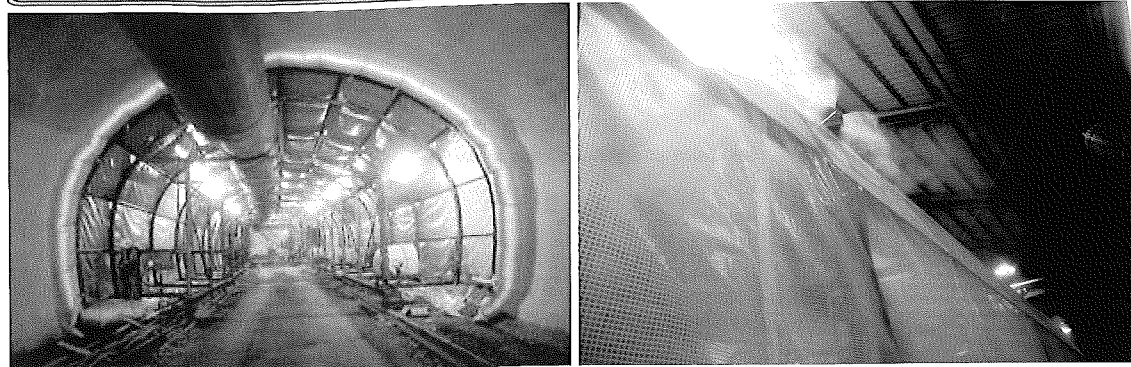
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

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。

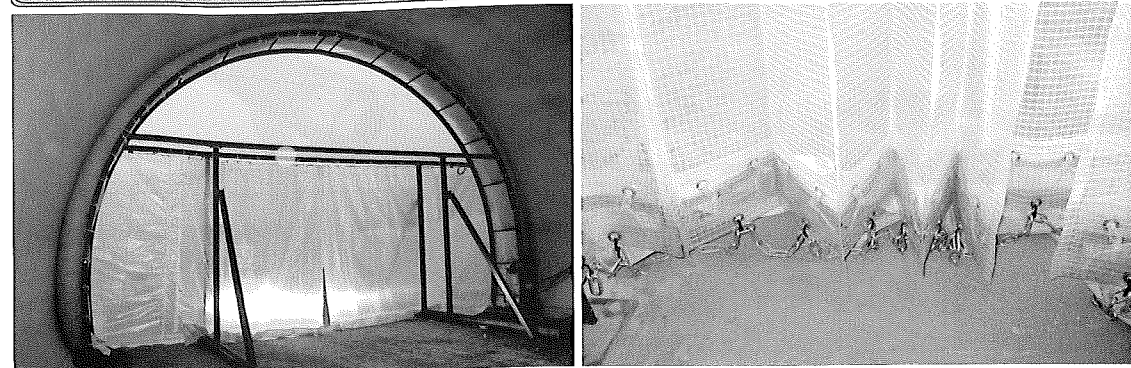
【効果】

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

実績および採用決定
(平成24年12月現在)

施主	実績	計画物件
国土交通省	23件	11件
NEXCO	22件	7件
その他	8件	2件
合計	53件	20件

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



トンネル貫通後の坑口部に設置し、通風を防止します。
トンネル全断面を通風遮断シートで覆います。
固定式、移動式と用途に応じて仕様を選定できます。

【効果】

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

実績および採用決定
(平成24年12月現在)

施主	実績	計画物件
国土交通省	3件	4件
NEXCO	2件	3件
その他	1件	1件
合計	6件	8件

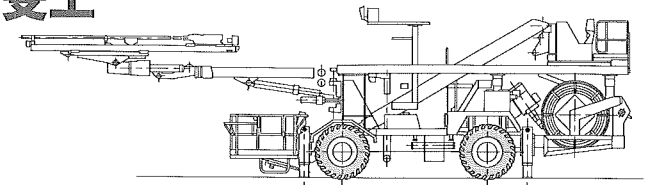
株式会社 マシノ トンネルグループ

本社 〒733-0822 広島市西区庚午中1丁目19-23
TEL (082) 507-2737 FAX (082) 507-2721
大阪支店 〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3丁目16-3
TEL (06) 6389-6400 FAX (06) 6389-6410

環境対応型長尺鋼管先受工

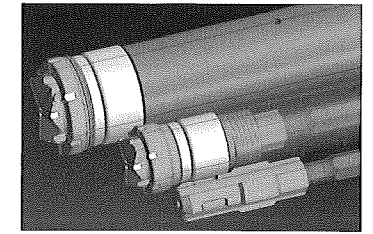
TOHO **AGF** System

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

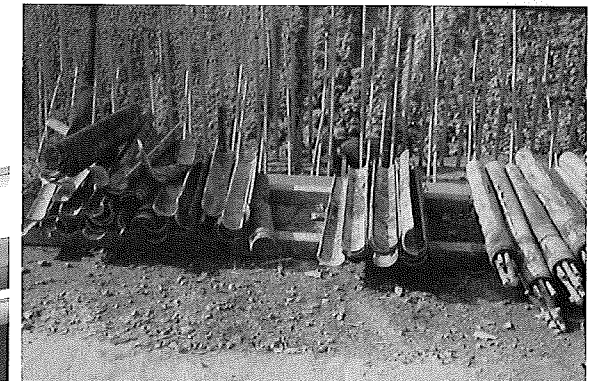
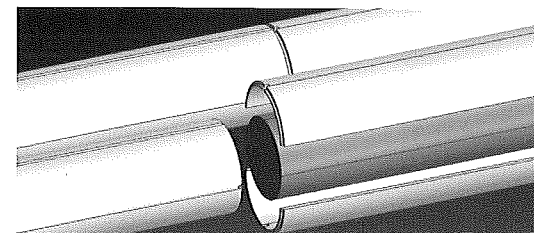


AGF-Me工法

- ・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。



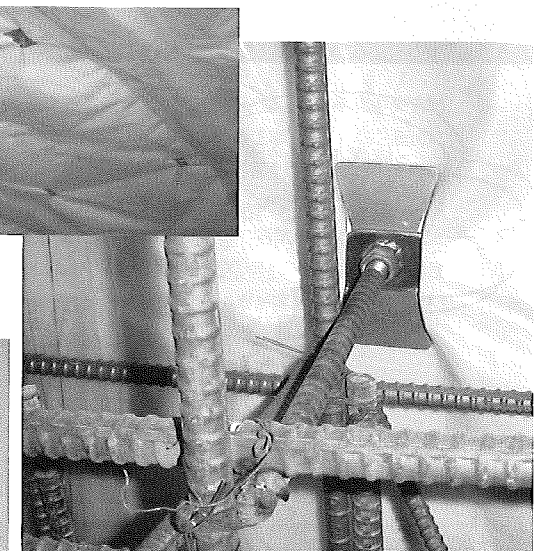
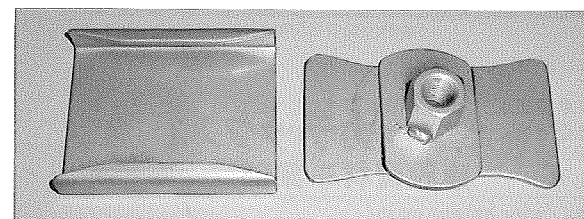
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

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)

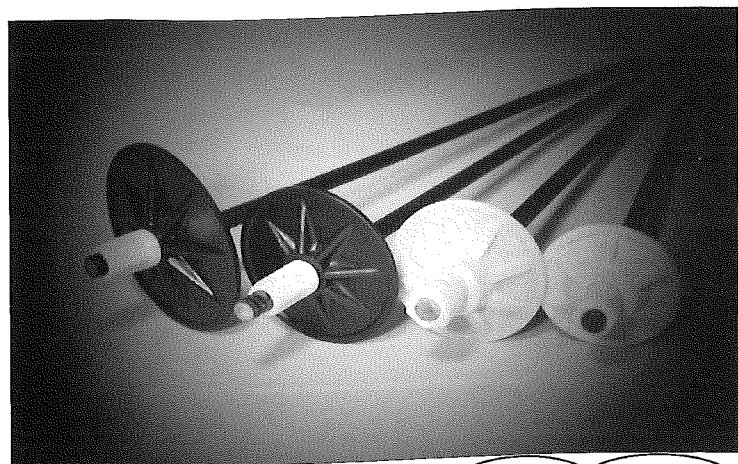
パターンボルトのGRP化

POWERTHREAD FireP[®] Fiber Reinforced Polymer

耐食機能に優れたロックボルト

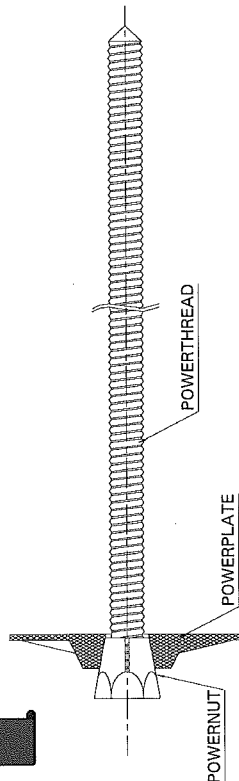
POWERTHREADは、POWERNUT/POWERPLATEを組み合わせることにより、
全てGRP製に！！

※ 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

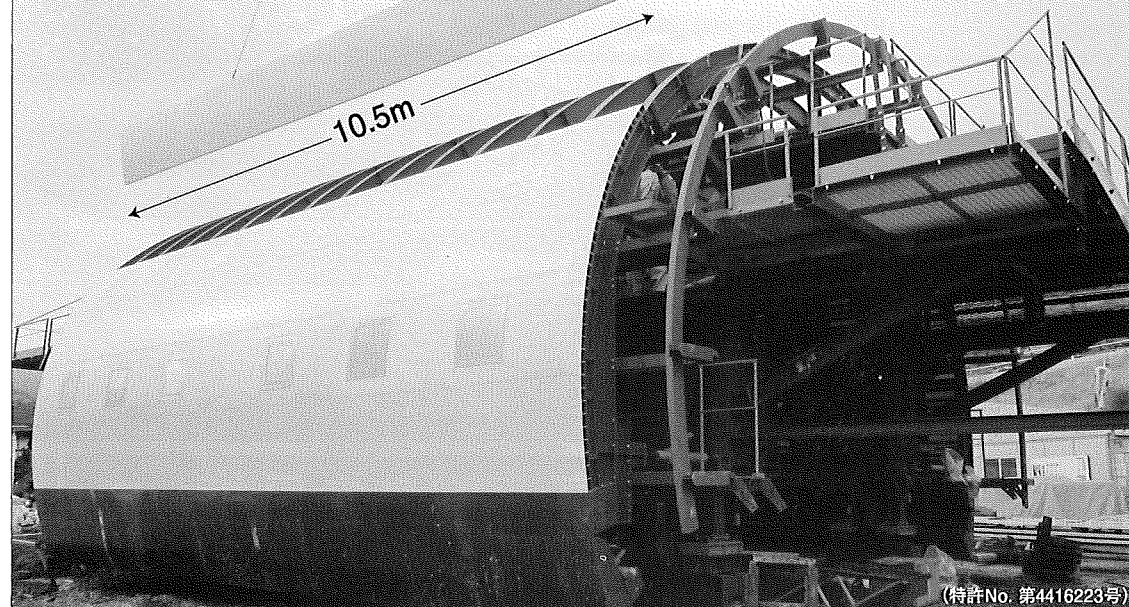
TEL)06-6578-3235 FAX)06-6578-3237

北海道地区(株)エイチ・アール・オー

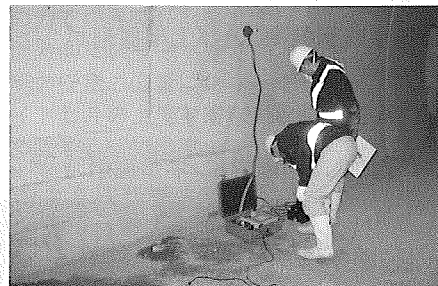
TEL)011-821-5868 FAX)011-821-6644

新着ニュース FRPセントルによる 覆工コンクリートの密実性を検証

初期養生FRPセントル ハイパーフォームG



■透気試験状況



国土交通省東北地方整備局楯通トンネル 側フジタ施工

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

特徴

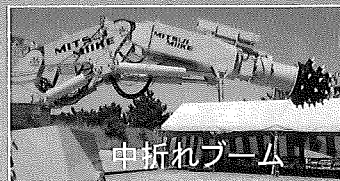
1. すぐれた断熱効果により、保温養生を実現(鋼製型枠に対し熱伝導率1/150以下)
2. 外気の温度変化に対する影響が少なく、寒冷地に最適
3. 剥離性がよく、ケレン作業が低減

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

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

全断面对应トンネル高速施工掘進機

ロードヘッド SLB-350S



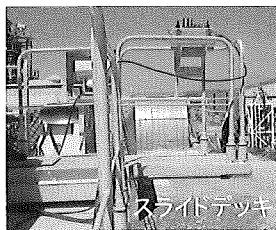
中折れブーム



全断面トンネルの高速施工を目指して

特徴

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



スライドデッキ

製造、販売、レンタル及びメンテナンス  株式会社 **三井三池製作所**

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

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

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

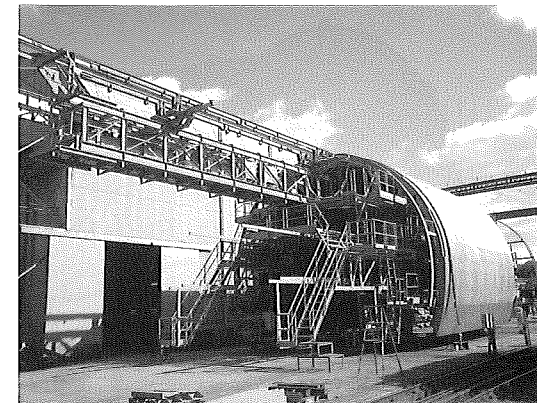
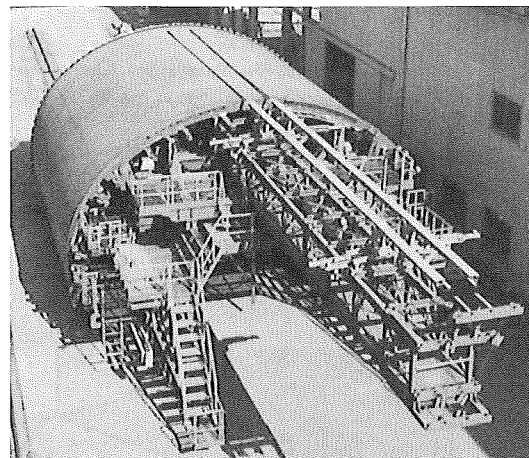
〒820-1111 福岡県飯塚市勢田2594番地の18

電話：(09496)2-3500(代表)

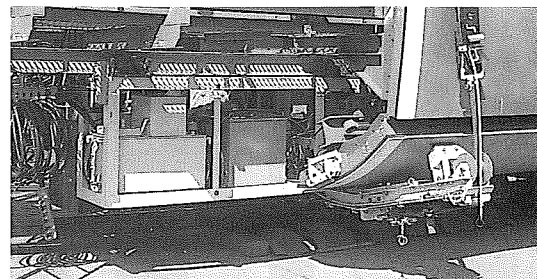
FAX：(09496)2-6310

E-mail: towakiden@yahoo.co.jp

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

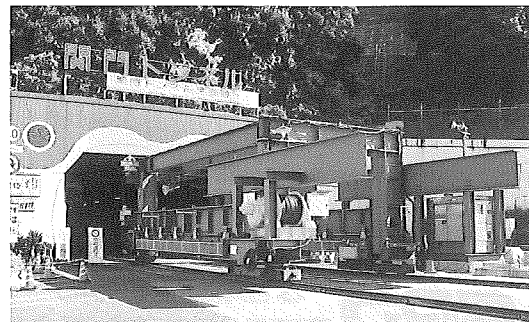


● 自動ケレン装置



- ◎ 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。

- トンネル床版撤去架台
勾配対応四駆型(関門トンネル)



- ベルコン通過型スライドフォーム(特許)
- ロータリー式自動配管切替装置
- 油圧式伸縮バイブレーター装置
- ラップ側押上防止センサー及び警鳴装置
- クラック防止用ラップウレタンゴム
- 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

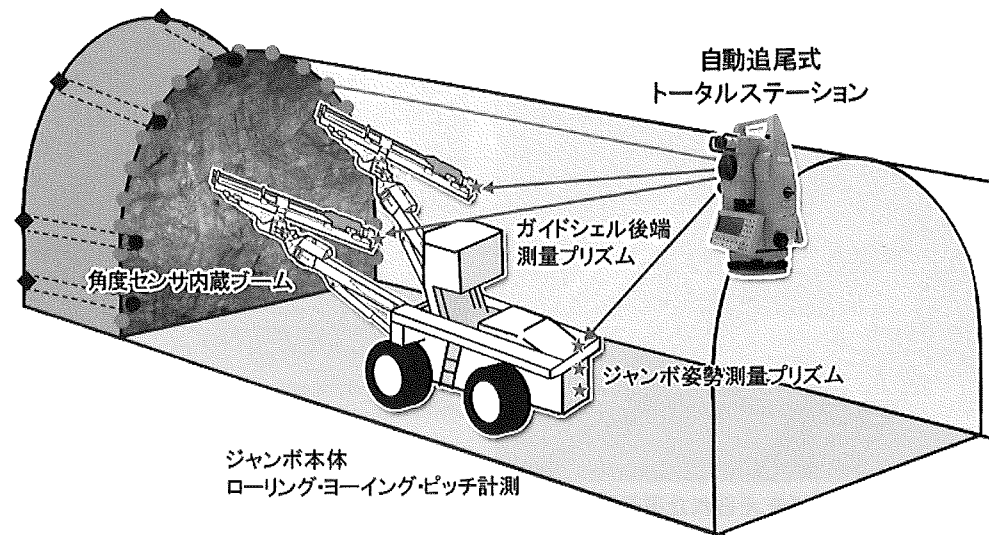
常に顧客のニーズに応えるため、安全性と施工効率を追求し、
高品質な製品を納めさせていただきます。

NETIS登録番号:KK-100049-A

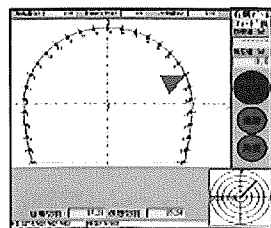
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河機械金属グループ
FURUKAWA 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

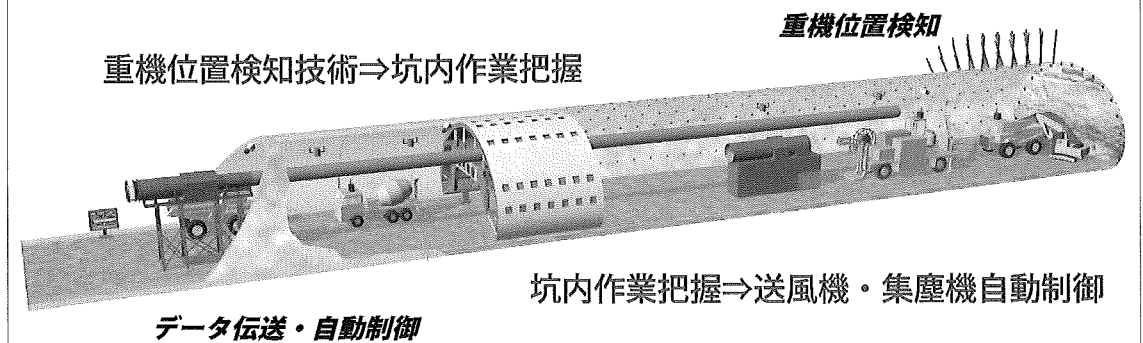
This May Debut

TAG Navi-V (換気自動制御)

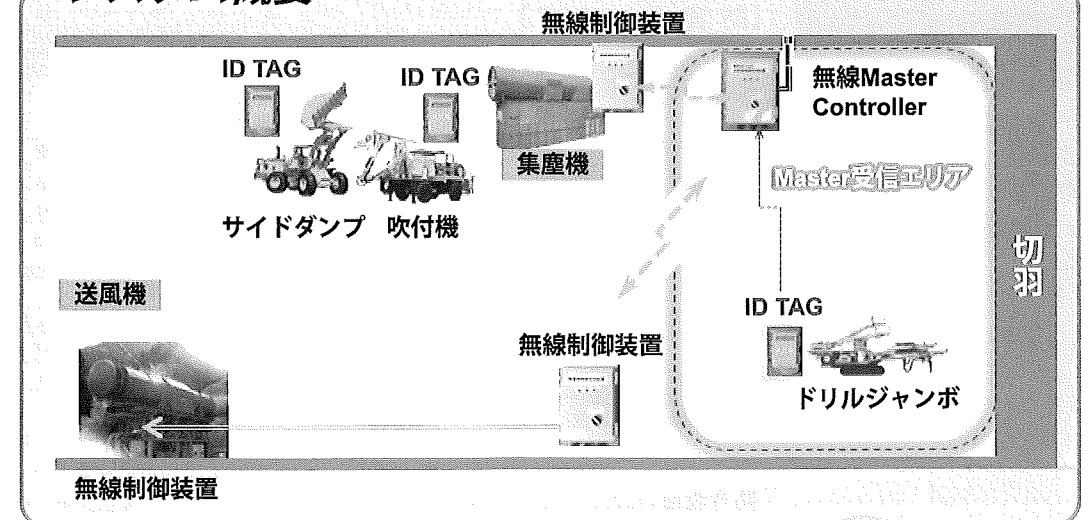
Automatic Ventilation Control System

CYBER NATM

TAG Navi - V (換気自動制御)は坑内作業(削孔作業・ずり出し作業・吹付作業等)を切羽付近で自動検知し、作業データを坑外に設置しているコントラファンに無線伝送し、自動的にインバーター制御を行い、電気量とCO2排出削減を目標とする新しい省エネルギー換気システムです



システム概要



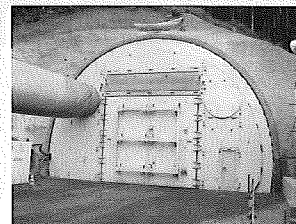
株式会社 流機 エンジニアリング

enzan koubou

株式会社 演算工房 ENZANKOUBOU CO.,LTD.

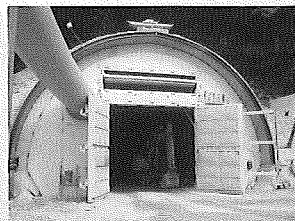
■京都本社 〒602-8268 京都府京都市上京区智恵光院通中立売下ル山里町237番地3
TEL:075-417-0100 FAX:075-417-0200

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



【防音扉】

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



防音扉には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。

『防音扉マークII』の音響性能

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

『防音扉マークII 10s』の音響性能

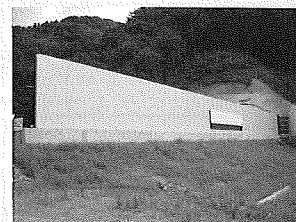
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1 基設置	19 dB(A)	16 dB
2 基設置	29 dB(A)	25 dB

『防音扉マークII 10c』の音響性能

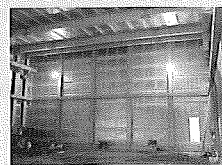
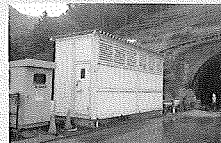
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1 基設置	19 dB(A)	20 dB
2 基設置	29 dB(A)	33 dB

『防音扉マークII 15c』の音響性能

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



【防音壁】
【防音ハウス】
【防音シェルター】
【防音ボックス】



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



『防音パネルSタイプ』の音響性能

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

『防音パネルDタイプ』の音響性能

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

『防音パネルHタイプ』の音響性能

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

防音設備の設計、製造、施工、リース

株式会社ヒューズ

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

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

建設業登録：東京都知事許可(般-25)第130153号

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

月刊推進技術

定期購読のご案内



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

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

申込方法

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

詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたします。

http://www.lsweb.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

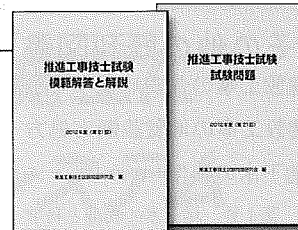
〒135-0046 東京都江東区社丹2-2-3-105 株式会社 LSプランニング内
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail akasaka@lsweb.co.jp

http://www.lsweb.co.jp/micro-tunnelling/

推進工事技士試験 過去11年間(平成14~24年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編



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

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

平成24年度版発売中!!

1. 内容の特長

- 過去11年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は別冊になっており実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出典箇所を明記

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 東京都江東区社丹2-2-3-105
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail oda@lsweb.co.jp

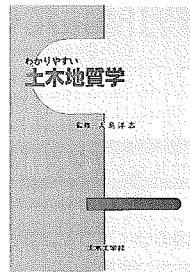
土木工学社の地質学書

[好評発売中]

わかりやすい**土木地質学**

大島洋志 監修

B5判 209頁 税込2,625円 円340円



主要目次

序 編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

1. 地球の構造 2. 地層や岩石の分類 3. 地質作用 4. 地質構造 5. 地形と地質との関わり 6. 日本の地質 7. 地下水

第II編 トンネル工事と地質条件

1. 路線選定と地質条件 2. トンネル工法・掘削工法と地質条件 3. 掘削方式と地質条件 4. トンネル掘削に伴う地質的現象

第III編 地質調査法

1. 地形・地質調査一般 2. 既存資料調査 3. 空中写真判読 4. 地質踏査 5. 弾性波探査 6. 電気探査 7. その他の物理探査法
8. ボーリング調査 9. ボーリング孔を利用して行う調査 10. 室内試験 11. 調査坑調査(施工・維持管理段階の調査含む)
12. 水文調査・地下水調査 13. 立地条件調査

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

1. 調査の基本 2. 地山条件の調査の流れ 3. トンネル工事のための地山評価法 4. 調査の成果

[その他の既刊図書]

建設工事の保安地質学〔改訂版〕 石井康夫 著 A5判 475頁 税込6,300円 送料340円

建設工事の地質診断と処方 石井康夫・矢嶋壯吉 共著 A5判 324頁 税込4,515円 送料340円

地下水の科学 P.A. ドミニコ・F.W. シュワルツ 共著 大西有三 監訳

第I巻 地下水の物理と科学 B5判 235頁 税込4,281円 送料340円

第II巻 地下水環境学 B5判 252頁 税込4,485円 送料340円

第III巻 地下水と地質 B5判 197頁 税込3,873円 送料340円

岩盤地下空洞の設計と施工 E. フック・E.T. ブラウン 共著 小野寺進・吉中龍之進・斎藤正忠・北川隆 共訳

B5判 444頁 税込10,290円 送料450円

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

A5判 360頁 税込5,097円 送料340円

岩盤の計測と解析 鈴木光 著 A5判 244頁 税込4,410円 送料340円

地質工学概論 菊地宏吉 著 B5判 276頁 税込4,994円 送料340円

続 きみの庭にも温泉が出る 石井康夫・俣野恭寛 共著 新書判 217頁 税込1,260円 送料210円

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

株式 土木工学社

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

トンネル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)



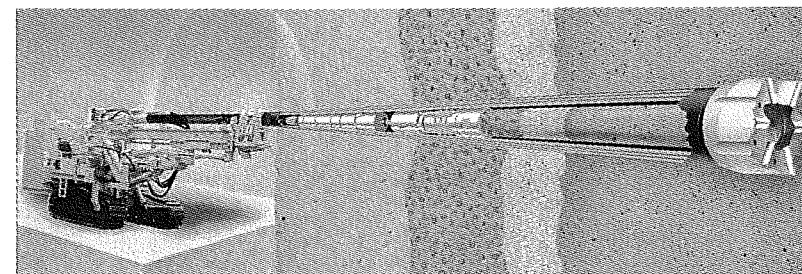
中濃産業株式会社

代表取締役 土田 義 弐

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

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

①断層破砕帯や湧水をとまなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に、施工時間が大幅に短縮できます。

②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。

KOKEN 鉦研工業株式会社

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>



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

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

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

www.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。



コストダウンを可能にする Kリング・Kプレート

施工方法等詳細については下記までご連絡ください

製造・販売元 **静岡スチール**

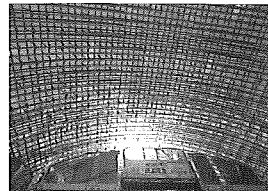
〒436-0342 静岡県掛川市上西郷 765-1
TEL : 0537-24-3886 FAX : 0537-24-3859
Mail : ktk@r5.dion.ne.jp

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

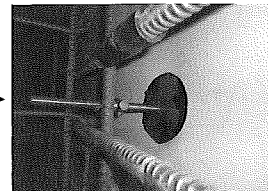
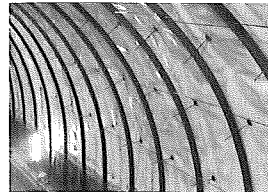
トンネル覆工工事におけるアーチ鉄筋組立金物。コストダウン、安全、工期、品質の向上を可能にします。

②トンネル覆工鉄筋防水シート接着ジベル筋組立 (Kプレート)

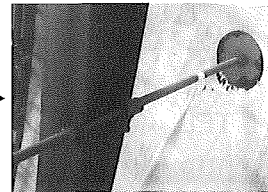
円型プレートを直接支保工下地防水シートに接着して使用します。Kリングと併用します。



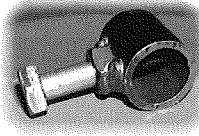
鋼製支保工を設置した場合もKプレートを使用することが可能です。



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

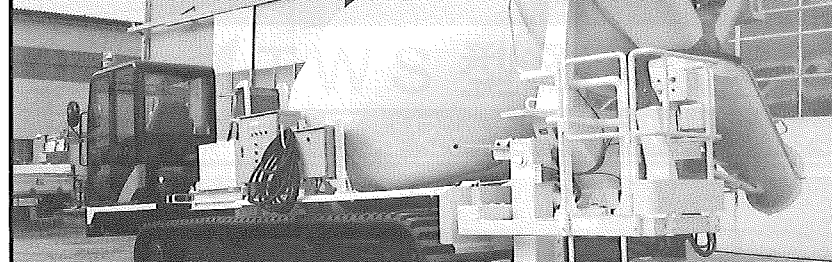


Kプレートで鋼製支保工を固定。架台の鋼製支保工の固定にも使用できます。



ゴムクロ・ミキサー車

国土交通省排ガス2次トンネル工事用指定



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

【仕様】	ゴムクロラ式ミキサー車 TGM-MR45T	上部ミキサー:カヤバ製(混合容量4.5m³)
全長	7,500mm	タンブラ中心間距離 3,870mm
全幅	2,690mm	クローラ全長 9,300mm
全高	3,620mm	クローラ幅 700mm
最低地上高	530mm	(100ピッチ×98リンク)
空車質量	11,000kg	セメント積載時質量 22,000kg
形式	三菱6D-TLE2B	定格出力 165kw/2,700min
排気量	7.545cc	最大トルク 700N・m/1,300min
速度1段	最大 7.6km/h	
速度2段	最大 20.0km/h	
空車時接地圧	20kpa	搭載時接地圧 40kpa

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

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

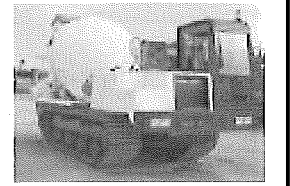
■北海道営業所
tel : 0133-72-3715
fax : 0133-72-3716

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

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

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

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



スーパージャッキシステム

トンネル・地下工事に貢献!

立坑スリップフォーム工法

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

センターホールジャッキ内の上下2箇所の爪がロッドをつかんで、装置全体をスライドアップします。

コンクリート投入装置
立坑外壁
鉄筋
新しく投入したコンクリート
硬化したコンクリート壁
ジャッキアップ作業床
スライド型枠
鉄筋、支持ロッド接着→作業床上昇

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

節が決め手 腐らぬ 傷みにくい ぶじれない

地下鉄シールドマシンのリフトアップ(東京メトロ副都心線工事)

ステップロッド
ジャッキ
ダブルロックで安全確保

1,950トンのTBMリフトアップ(箱崎トンネル工事)

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

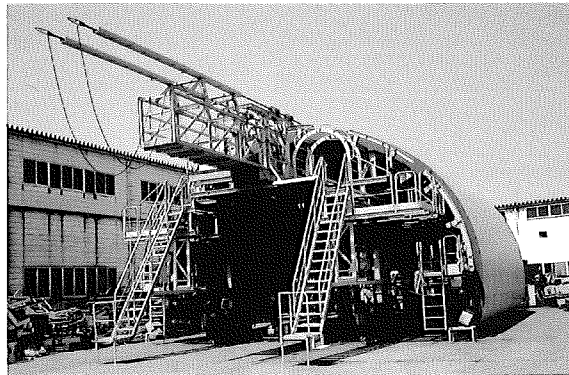
〒111-0051 東京都台東区蔵前2丁目17番4号 (JFE蔵前ビル)
TEL: 03-3864-5293 FAX: 03-3864-7319
URL <http://www.jfe-civil.com/> E-mail jack@jfe-civil.com

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-V



期待される効果・特徴

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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.CG-080012-A (製造:株式会社マシノ)



期待される効果・特徴

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

北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社 佐賀)

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

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

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

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

濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0 m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



4.5 m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

トンネル技術の発展と今後について思うこと

元木 洋5

■研究

フライアッシュを用いた覆工用高充填コンクリートの開発

佐藤 貴史・萩原 秀樹・秋田 勝次・桜井 邦昭43

■報告

「ITA総会および世界トンネル会議(ジュネーブ)」報告

日本トンネル技術協会33

■計画

九州新幹線西九州ルート諫早・長崎間のトンネル群

萩原 渉・村山 正巳15

■施工

可燃性ガス発生地域における重要構造物直下のシールド

—川崎市下水道 大師河原貯留管—

須藤 友教・羽嶋 南州・平田 和雄・松尾 琢夫7

■連載講座

トンネルにおける地下水対策(3)

—地下工事における地下水対策—

「地下水対策」連載講座小委員会53

■現場だより

「手袋の町」讃岐・東かがわより

藤原 良二14

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

語り伝えたいこと

岸 信正23

■資料

土木情報

編集部22

工法・技術・製品ニュース

編集部65

トンネルジャーナル

編集部42

海外文献速報

JTA国際委員会66

■会報

会報

日本トンネル技術協会68

温泉とは？ 温泉の有効利用は？ この1冊であなたの疑問を解決します!!

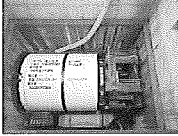
続 きみの庭にも温泉が出る
 その後の温泉開発と建設の考え方
 石井 康夫・俣野 恭寛 共著
 新書判217頁 本体価格1,200円(税込1,260円)

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

お申し込みは当社へFAX,または、お近くの書店にてお申し込みください

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

【表紙説明】 可燃性ガス発生地域における重要構造物直下のシールド
 —川崎市下水道 大師河原貯留管—

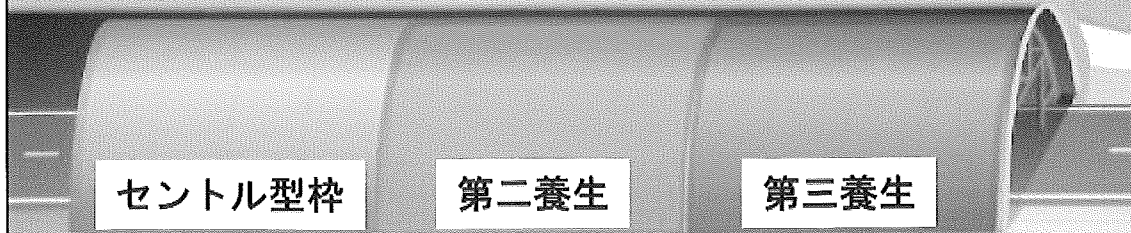


本工事は、川崎市臨海部の大師河原排水区および大師臨港排水区における合流改善および雨水整備水準の向上を目的とし、仕上がり内径5,000mm、延長2,046.0mの管きょを泥土圧式シールド工法により築造するものである。施工場所は、南関東ガス田と呼ばれる天然ガス田の想定区域内に位置し、シールド路線には京浜工業地域を支える高圧電力幹線や臨港鉄道などの重要構造物がある。そのため、水溶性メタンガス対策として止水対策および換気能力の強化を行うとともに、切羽圧可視化システムの活用、裏込め注入材の量・圧管理を慎重に行うことで、地表面変位量を小さく抑えることができた。写真はシールド発進状況である。 (写真提供：川崎市) (本文7頁参照)

管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.CB-120032-A

コンクリートトータル養生システム

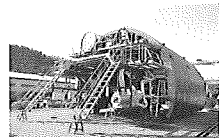


セントル型枠

第二養生

第三養生

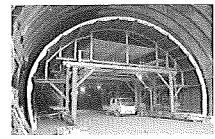
加温しながら初期強度を上げる
加温養生（型枠）



加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



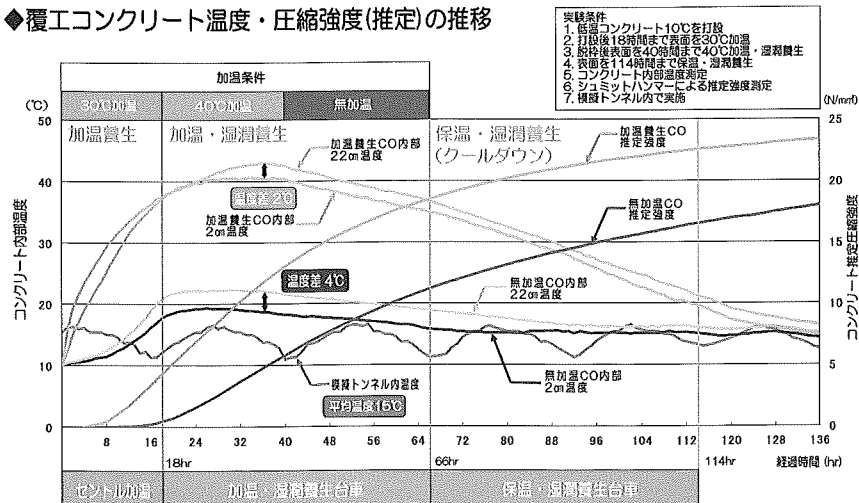
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



コンクリートの強度を予測管理
養生管理システム

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

◆覆工コンクリート温度・圧縮強度(推定)の推移



岐阜工業株式会社

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

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

【製作・販売協力】

TECHNO
テクノプロ株式会社

TOUKOU
株式会社 東 宏

総務委員会広報小委員会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

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

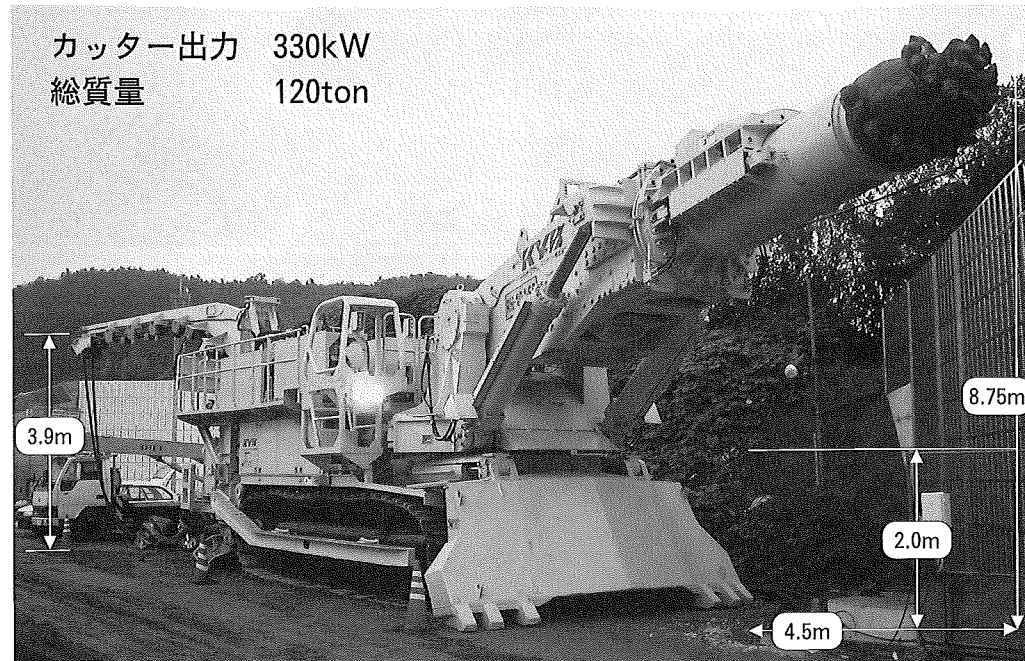
〔幹 事〕

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

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ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 技術開発センター 最高技術顧問
首都大学東京 客員教授

〔編集参与〕

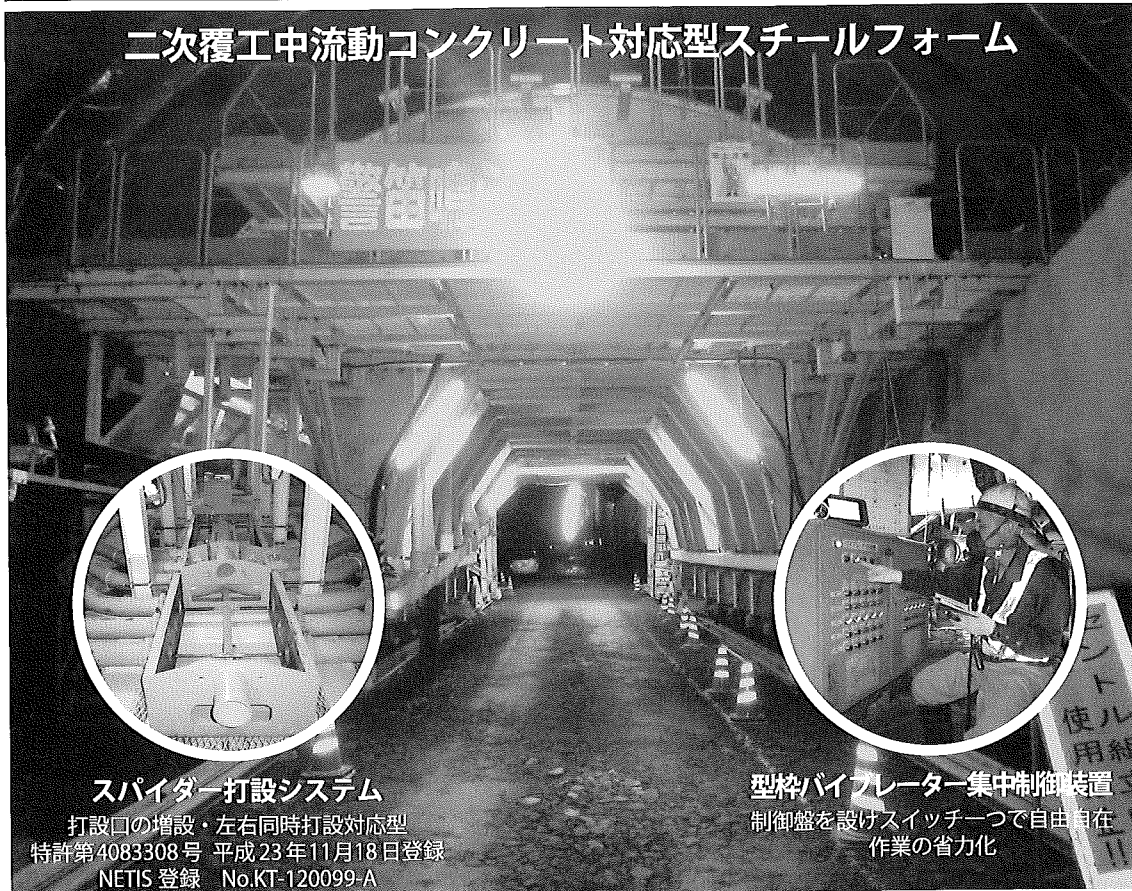
木谷 日出男 国際航業株式会社 技術開発センター 地盤研究室長	高橋 良文 東京都下水道サービス株式会社 専務取締役
小山 幸則 立命館大学 総合科学技術研究機構 客員教授	濱 建介 株式会社 ANET 取締役
今田 徹 東京都立大学 名誉教授	三浦 克 株式会社 竹中土木 常務執行役員

〔委員〕

大津 敏郎 株式会社 高速道路総合技術研究所 道路研究部 トンネル専門主幹	高田 武 東京都水道局 建設部 工務課長
亀山 勝 東京地下鉄株式会社 鉄道本部 鉄道統括部 移動円滑化設備推進担当課長	高橋 晃 東京電力株式会社 パワーグリッド・カンパニー 工務部 流通土木グループ マネージャー
坂口 淳一 東京都交通局 建設工務部 計画改良課長	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
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	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
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社 建設工事部 兼 設備部 構造技術センター 次長	柳 雄 東京都下水道局 建設部 設計調整課長

トンネル二次覆工型枠総合メーカー

二次覆工中流動コンクリート対応型スチールフォーム



スパイダー打設システム

打設口の増設・左右同時打設対応型
特許第4083308号 平成23年11月18日登録
NETIS 登録 No.KT-120099-A

型枠バイブレーター集中制御装置

制御盤を設けスイッチ一つで自由自在
作業の省力化

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム

EPSパネル養生工法



EPSパネルの保温性、保湿性が効く

実績および計画

施主	実績	計画中
国土交通省	24	1
NEXCO	6	1
地方自治体	14	0
鉄道・運輸機構	1	0

平成25年6月30日 現在

実施権許諾第 10396 号

NETIS 登録 (No.CB-090003-A)

一歩前進! ~限らない未来への挑戦~

 **大栄工機株式会社**

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

掲載頁
7

可燃性ガス発生地域における重要構造物直下のシールド
—川崎市下水道 大師河原貯留管—

川崎市 須藤 友教

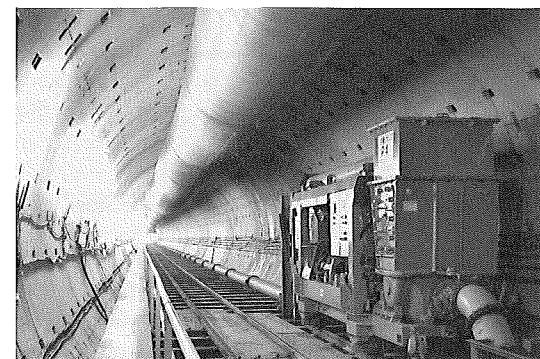
本工事は、川崎市臨海部の大師河原排水区および大師臨港排水区における合流改善および雨水整備水準の向上を目的とし、仕上がり内径5,000mm、延長2,046.0mの管きょを泥土圧式シールド工法にて施工するものである。施工場所は、南関東ガス田と呼ばれる天然ガス田の想定区域内に位置し、地下水へ溶存したメタンガスが確認された。そこで、水溶性メタンガス対策として止水対策および換気能力の強化を行った。また、シールド路線には京浜工業地帯を支える重要高圧電力幹線や臨港鉄道などの重要構造物があり、地表面変位を抑える必要があった。そこで、切羽圧可視化システムの活用、裏込め注入材の量・圧管理を慎重に行うことで、変位量を小さく抑えることができた。本稿は、本工事において実施した施工事例を紹介するものである。

Shield Tunneling Directly below Important Structure around Flammable Gas Prospects—Waterworks Bureau, Kawasaki City Daishigawara Storm Water Storage Tunnel—

By Tomonori Suto, City of Kawasaki

This Project aims to improve combined sewerage and stormwater drainage levels in the Daishigawara and Daishirinko drainage districts of the coastal area of Kawasaki City. A tunnel of 5,000 mm in finished inner diameter and 2,046 m in length is to be installed with the EPB-shield TBM. The construction site is located in the area where natural gas fields called Minami Kanto Gas Fields are estimated. Boring investigations confirmed dissolved-in-water type methane gas in underground of the site. Therefore, as a countermeasure against methane gas, waterproof and ventilation capacity was reinforced.

In addition, there were important structures such as high voltage power main lines and the harbour railway that supports the Kei-Hin industrial zone above the new tunnel. It was necessary to control ground surface displacement during driving shield. Therefore, by making use of an earth pressure visualization system and carefully controlling volume and pressure of back-fill grouting, it was possible to keep displacement low. This report presents construction results in these works.



写真は排土圧送ポンプ(中継ポンプ)

九州新幹線(西九州ルート)武雄温泉・長崎間は平成24年6月12日に建設主体である鉄道・運輸機構が工事実施計画の申請を行い、同月29日に国土交通大臣の認可を受け、着工している。

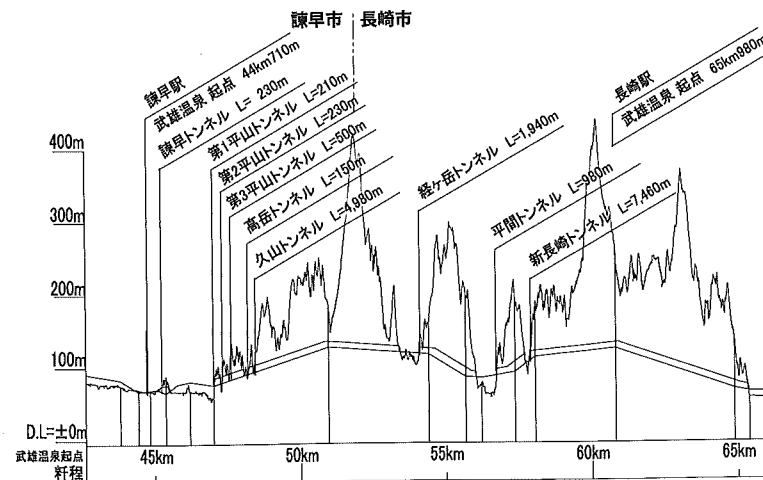
本稿では西九州ルート of 事業経緯や武雄温泉・長崎間の認可内容、平成24年より新たに着工した諫早・長崎間のルートや地形および地質概要、主要なトンネルである諫早トンネルL=230m、久山トンネルL=4,980m、新長崎トンネルL=7,460mの概要や地質状況、施工計画および施工上課題について紹介するものである。

Kyushu Shinkansen Nishi-kyushu Route Extension Section (Isahaya-Nagasaki) Tunnel

By Wataru Hagiwara, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

JRTT broke ground for as Kyushu Shinkansen (Nishi-kyushu route) on 29th June, 2012, after an application for a construction execution plan on 12th June, 2012 and its approbation from the Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism on the 29th of the same month.

This report gives information on project background of the Nishi-kyushu route, approved items between the Takeo-Onsen and Nagasaki, the alignment and topographic and geological conditions of the section between Isahaya and Nagasaki that was newly started to construct in 2012, and the outlines, geographical conditions, construction plans and problems at works of representative tunnels of Isahaya Tunnel (L=230 m), Kuyama Tunnel (L=4,980 m) and Shin-nagasaki Tunnel (L=7,460 m).



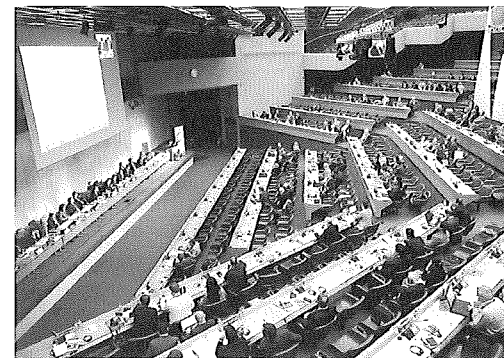
図は諫早・長崎間 線路縦断面図

第39回国際トンネル地下空間協会(ITA)総会は、2013年5月31日～6月7日にスイスのジュネーブで開催し、加盟71か国中、58か国が参加した。また、総会に併せて開催された2013年世界トンネル会議(WTC)は、ITA、スイストンネル協会(STS)の共催により「地下—未来への道筋」のテーマのもとで、1,800名を超える参加者があった。

総会では、事業報告などが行われた。2016年の開催地をサンフランシスコ(米国)に決定した。世界トンネル会議は、記念講演、基調講演、テクニカルセッション、スイスセッション、WTC展示会で構成された。

ITA Annual Meeting and World Tunnel Congress (Geneva) Report

By Japan Tunnelling Association



写真は第39回ITA総会会場

The International Tunnelling and Underground Space Association (ITA-AITES) held its 39th meeting in Geneva, Swiss Confederation from 18th May to 7th June, 2013 with participants from 58 of the 71 member nations. The World Tunnel Congress (WTC) 2013 which was held in conjunction with the meeting had approx. 1,800 participants and jointly held by the ITA, the Swiss Tunnelling Society (STS) with the theme of "Underground—the way to the future".

Business reports, etc. were given at the meeting. It was decided that the 2016 meeting will be held in San Francisco, USA.

The World Tunnel Congress Program was composed of a commemorative lecture, keynote lectures, technical sessions, Swiss sessions and WTC exhibitions.

高品質で経済的なトンネル覆工を構築するため、従来と同じ最大寸法40mmの粗骨材を用いることで単位水量を同等以下としつつ、高い減水性を有する混和剤と、セメントの一部および粉体増量材としてフライアッシュを用いることで流動性のレベルをスランプ21cmにまで高めたコンクリート「高充填コンクリート」を開発した。

室内試験により、従来の覆工コンクリートに比べ充填性が大幅に改善し、ブリーディングを半減できるなどフレッシュコンクリート品質が向上するとともに、従来の覆工コンクリートと同等以上の強度発現性や耐久性を有することを確認した。

その後、新幹線トンネルの覆工で試験施工を行い、側壁および天端部においてセントル全体に流動し、補助的に締め固めることで充填できること、従来と同じ覆工設備で施工できることなどを確認した。

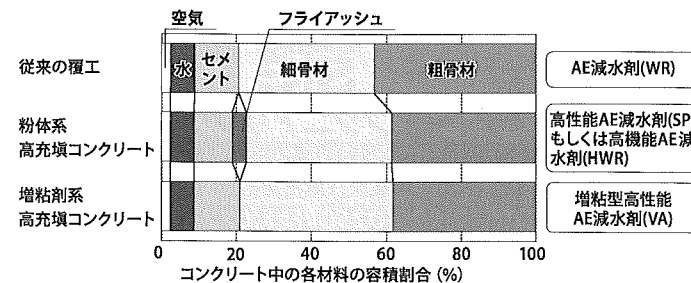
Development of Concrete with High Compactability for Tunnel Lining using Fly Ash

By Takashi Sato, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

"High-Compactability Concrete" with high flow ability is important to construct high quality and economic tunnel lining. We developed that which was stretched flow ability to slump of 21 cm through use of coarse aggregate with maximum size of 40 mm as usual in order to be basic water content equal to usual one or less, high-performing water-reducing admixture and fly ash as part of cement and powder filler.

Laboratory tests showed the following: substantial improvements in compactability of lining concrete in comparison to conventional one, improvement in fresh concrete quality by reduction by half of bleeding and the like, equivalent or superior strength development and durability to conventional lining concrete.

Test construction was conducted in new Shinkansen tunnel lining after this. It was confirmed that the concrete was filled whole travelling form at respective part of side wall and arch ceiling with subsidiarily compacting the one using vibrator and that it was possible to cast with the usual lining concrete equipment.



図は高充填コンクリートの材料の構成割合の概念図

トンネル技術の発展と今後について思うこと



青木あすなろ建設(株)常務執行役員

元木 洋

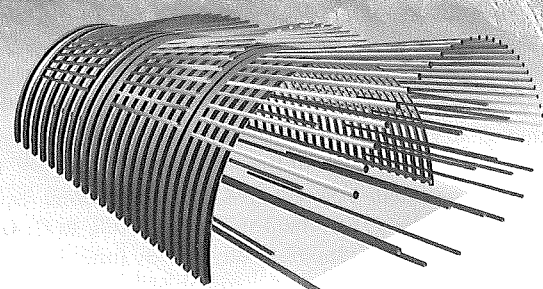
私がトンネル技術に初めて接したのは社会人2年目の鉄道新線の建設現場でした。当時は、まだ鋼製支保工による掘削がほとんどでしたが、NATMが試験的に導入され始めた時期でもあり、いわゆる在来工法とNATMの両方の工事現場に触れることができました。ただ入社2年目の「ヒョッコ」に何が出来るわけもなく、先輩から現場を良く見て勉強しろと言われ、ついて行くのが精一杯だったと記憶しています。

その数年後にNATMが本格的に採用され始めたころ、NATM FEM解析プログラムの改良、数値解析業務を担当することになりました。今から約30年前の電電公社のデモスをつかっての作業です。今ではパソコンで簡単にできるものを、当時は汗水垂らしながら(?)解析データなどはパンチカードを使っての入力作業で、1ケースの変位・応力図を出力するのに徹夜の作業になることも珍しいことではありませんでした。地山強度比や地盤の変形係数などをパラメータとして、仮定した掘削パターンごとの逐次解析、計測された内空変位や地表面沈下データにもとづく逆解析によるプログラム改良、さらには、新幹線断面の全断面掘削から、それまで経験したことがないような土かぶりの比較的小さい土砂地山のトンネル掘削のための解析など、今にして思うに、「こわごわ、おそろおそろ」かつ一方ではかなり大胆にやっていたように思います。

その後、パソコンをはじめとする電子技術の目覚ましい発展・普及にも助けられましたが、解析精度も向上し、この三十数年で大変な進歩を遂げ、NATMは鋼製支保工による工法にとってかわり山岳トンネルの標準工法となりました。

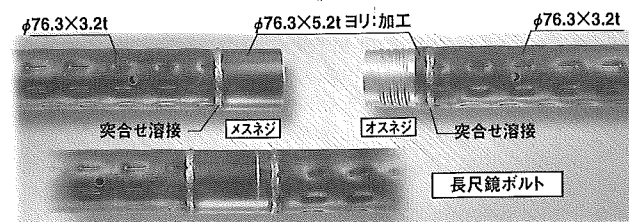
新幹線土砂地山の掘削を「おそろおそろ」掘っていたころから、掘削技術の蓄積、信頼性と精度が向上した解析技術と計測技術管理にささえられ、土かぶりの小さい大断面掘削もごく普通に掘り進められるようになりました。さらに徹底した機械化施工の採用により月進行も200~300mに達する例も普通になり、コストも大きく低減しています(少し古い数字ですが、約15年前の試算結果でも、当時の掘削コストは東海道新幹線時

ユニークな発想でVEを提案



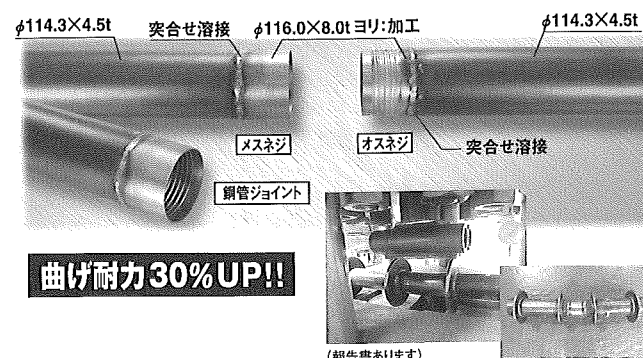
ストロング FIXチューブ(S型)

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



AGF-STD工法

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



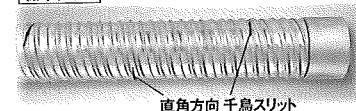
曲げ耐力30%UP!!

(報告書あります)

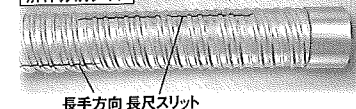
接続部の抗折力試験

撤去管の選択

標準タイプ



解体分別タイプ



STD BITS (ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングピット径
100A	φ114.3	φ124

注入材・その他工法

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

STE

エステーエンジニアリング株式会社

ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

TEL:072-990-0250 FAX:072-990-0251

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

代の掘削コストの半分以下となっていたと記憶しています)。

一方、都市トンネル、とりわけシールドトンネルにおいてもこの間、山岳トンネルと同様、大きな進歩がありました。5kmを超える長距離掘進や地中接合、親子シールドやマルチフェイスシールド、矩形シールドなど、その適用範囲は飛躍的に拡大しました。さらには最近ではNATMとシールドトンネルの境界領域に適用されるSENSの開発が進められており、トンネル技術はさらなる発展をとげようとしています。

トンネル掘削技術は、現場で目で見て、肌を感じ経験したことの積み重ねに裏づけられたいわば経験工学の典型的なものです。多くの先人の貴重な経験の積み重ねがその基礎となり現在の技術があります。先人の知恵のとしてトンネル十訓がありました。NATM十訓がその心を受け継いでいます。解析の技術が進歩し、短時間にさまざまな予測値が得られるようにはなっていますが、相手は大自然です。トンネルはやはり何と云っても現場第一です。数値解析のみを偏重することなく、現場に赴き切羽と対峙し、計測データを過去のデータと照合するなど、フィールドワークを基本として進めることが肝要です。

最近読んだ本の中で印象に残る言葉がありました。それは「人は努力をすれば必ず報われるというが、必ず100パーセント成功することはない。ただし努力をすることで確実に成功に近づくことは間違いのないこと、努力を惜しまないことが一番大切なこと。」というものです。着実な、不断の努力の大切さを改めて感じたところです。

人間は当面の行動にあたっておおむね4つ程度の事柄を記憶するのが限度だそうです。そのためについさっきまで思っていたことを忘れ、そのことが原因でミスをするようになります。それを防止するには常日頃からの習慣づけをしておくことだそうです。たとえば雨の日に往々にして傘を忘れますが、傘を手にした日は屋外に出る前に、ごく自然に傘をさす動作をするなどの習慣づけをしておく、傘の忘れものをかなりな程度まで防止できるといいます。こうした常日頃からの意識づけ、行動が着実な、不断の努力につながるのではないかと考えています。

昨年新たに着工した北海道(新函館・札幌)、北陸(金沢・敦賀)、九州(諫早・長崎)の各新幹線やさらには近い将来着工が見込まれる中央リニア新幹線(東京・名古屋)などでは、これまで以上に厳しい条件下でのトンネル工事が数多く待ち構えていると聞いています。これまでに培った技術・知見をもとに現場を見て得られる事象データを基本として、着実に、そして努力を惜しまず技術のさらなる発展に取り組むことが大切なのではないかと改めて思うこのごろです。

施工

可燃性ガス発生地域における重要構造物直下のシールド

—川崎市下水道 大師河原貯留管—

川崎市上下水道局下水道部管路課 須藤 友教
川崎市上下水道局下水道部管路課係長 羽嶋 南州
川崎市上下水道局下水道部管路課長 平田 和雄
前田建設工業(株)東京土木支店大師河原シールド作業所所長 松尾 琢夫

1 はじめに

川崎市の下水道は、昭和6年に浸水対策事業として建設に着手し、昭和38年からは人口普及率100%を重点課題に整備を進めてきた。その結果、平成24年度末で普及率99.4%を達成しており、ほとんどの市民が下水道を利用できるようになっている。

一方、下水道の役割は時代の変化とともに多様化してきており、高度処理の導入や合流式下水道の改善による公共用水域の水質保全、老朽化した施設の再整備・再構築、地震対策、都市化の進展に伴う浸水対策、資源・エネルギーの有効利用などへの積極的な取組みが求められている。

このような状況のなかで、大師河原排水区および大師河原臨港排水区の合流改善および雨水整備水準の向上(浸水対策)を目的として、大師河原貯留管が計画された。

大師河原貯留管の主な機能と役割を以下に記す。

- ① 10年確率降雨および既往最大降雨対策のための雨水排除施設の能力向上(量対策)
- ② 初期雨水の一時貯留による汚濁負荷軽減(質対策)

- ③ ポンプ場と連携し遮集能力を3Qまで増強することで未処理下水の放流回数を削減
- ④ 老朽化したポンプ場の汚水系統ポンプを廃止し、改築用地を確保

大師河原貯留管本体を築造するシールド工事は、図-1に示す南関東ガス田内での施工であるとともに、シールド掘進付近には鉄塔や鉄道などの重要構造物が近接する施工であった。そのような状況

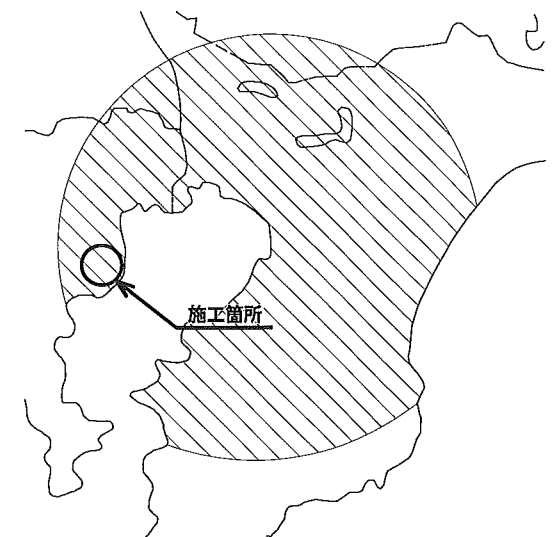


図-1 メタンガスが予想される地域

のなか可燃性ガス対策および地表面沈下対策を行い、安全に工事を終了させることができた。

本稿では、可燃性ガス対策および地表面沈下対策についての概要および実績を報告する。

2 工事概要

2-1 工事概要

工事名：大師河原貯留管その2工事
 工事場所：川崎市川崎区小島町10-1～塩浜3-2
 工期：平成22年2月25日～平成24年12月14日
 工事内容：管きょ工(泥土圧式シールド工法)
 シールド外径 6,150mm
 仕上がり内径 5,000mm



図-2 路線平面図

路線延長 $L=2,046.0\text{m}$
 最小曲率半径 $R=50\text{m}$
 発進立坑工(圧入式オープンケーソン)
 外寸 $17.1\text{m}\times 16.4\text{m}$
 深度 26.57m

2-2 地形・地質概要

本工事場所は、多摩川河口に近い臨海部の埋立地にあたり、地形は平坦で標高は約1mである。地層構成は、地表より深さ30m付近まで緩い砂質土および軟弱な粘性土からなる沖積層が堆積し、それ以深に相模層群層、上総層群層などの堆積時代の古い比較的硬く締まった地層が堆積する。

図-3に本工事の掘削対象土質を示す。

シールドの土かぶり厚は約14～19mであり、地下水位はGL-2.5mである。掘削対象土質は、主にN値2～4程度のシルト層である。

路線区間は南関東ガス田に位置し、可燃性ガス発生の有無を確認するために、発進立坑築造位置、シールド路線1,000m付近およびシールド到達付近の3か所においてシールド掘削深度で事前に探査ボーリングを実施した。その結果、地下水に溶存した状態で、メタンガスの爆発限界(5.0～15.0%)を上回る16.8～38.9%のメタンガス濃度が測定された。

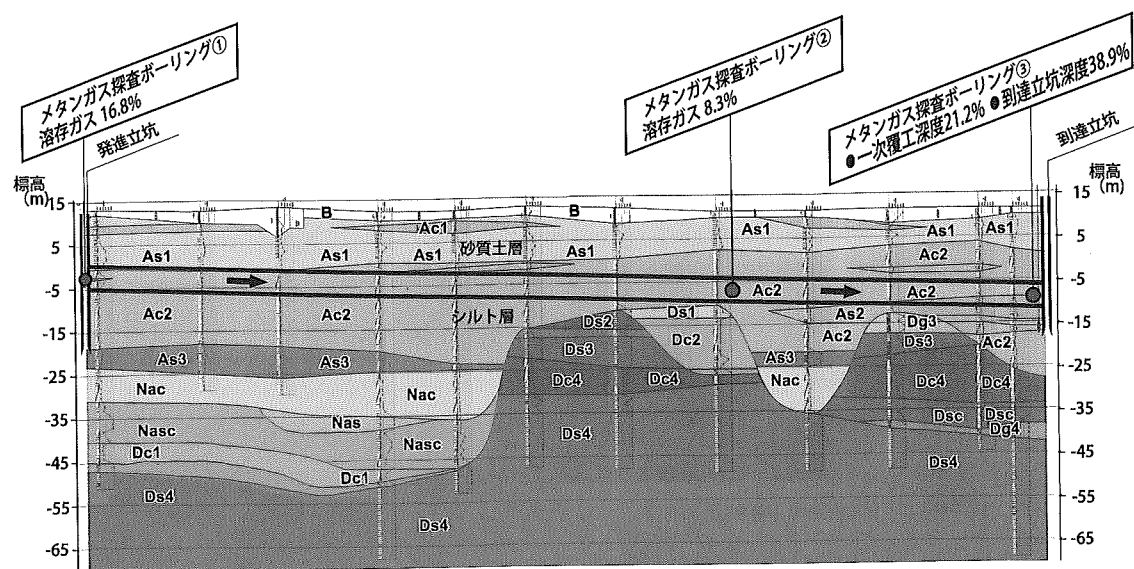


図-3 土質縦断面図

3 メタンガス対策

シールド工事により築造された坑内に地下水が浸入すると、そこからメタンガスが遊離することで爆発限界濃度になり、爆発の危険が生じる。土砂の排出方法を圧送方式にしても、テール部、セグメント継手などから浸入してくる可能性があるため、坑内でのメタンガス発生を完全に防ぐことはできない。そのため、地下水の浸入経路を断つとともに、換気についても検討し対策を実施した。

3-1 掘削土砂搬出方式の検討

掘削土砂搬出方式によりメタンガスが坑内に浸入するリスクに違いがあるため、以下の3案を比較することで、より安全な方式を検討した。

- ① 泥土圧式シールドでの鋼車による土砂搬出方式
- ② 泥土圧式シールドでの土砂圧送方式
- ③ 泥水式シールド



写真-1 排土圧送ポンプ(中継ポンプ)

③案は、工事コストが増大するとともに泥水処理設備の用地面積が不足するため適用が難しい。そのため、①、②案で比較検討した。①案は、排土装置からメタンガスが坑内に流入するため、シールドおよび関連設備を防爆型に改造する必要性があり工事コストが増大する。

また、坑内にメタンガスを残留させないための換気設備が非常に大きくなり、トンネル断面に換気設備を配置することが困難であった。以上のことから、②案の土砂圧送方式での泥土圧式シールド工法を採用した。

3-2 土砂圧送方式

掘削土砂がスクリーコンベヤゲートから地上土砂ピットまで坑内に露出しないように排土管を設置し、泥土圧送可能距離に応じて圧送ポンプを設置した(写真-1、図-4)。

3-3 セグメントシール

セグメントジョイント部からの漏水によりメタ

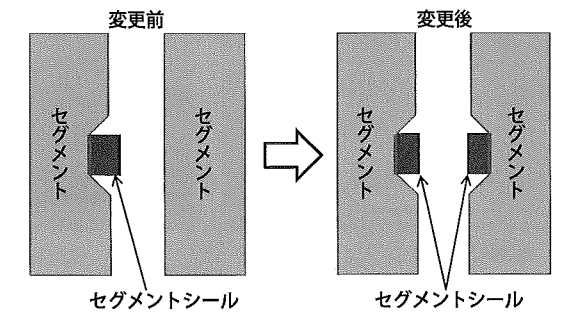


図-5 セグメントシール材の変更

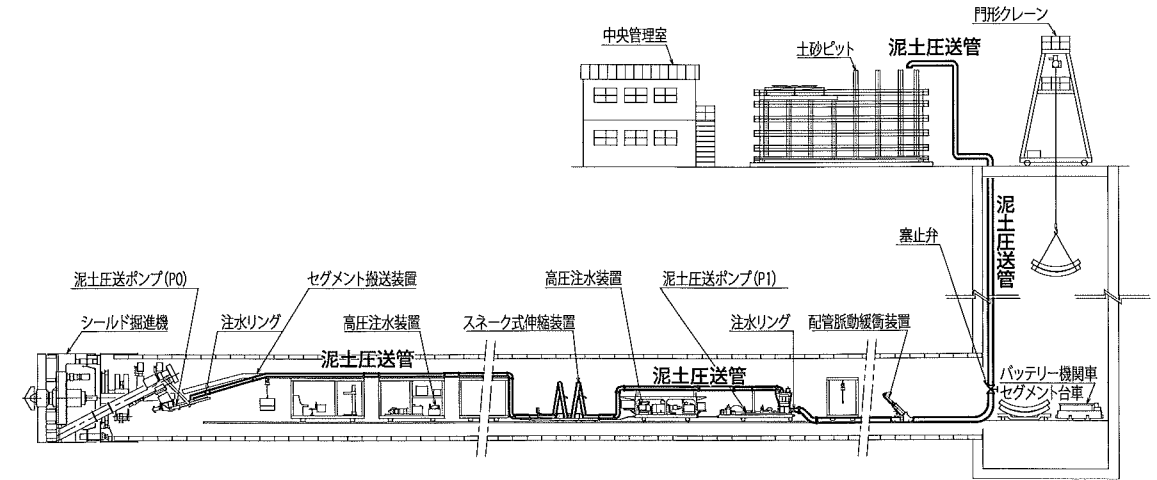


図-4 土砂圧送方式概略図

ンガスが溶存した地下水が坑内へ流入するのを抑制するために、水膨張性セグメントシールをすべてのセグメントで全周貼りに変更し、水密性を向上させた(図-5)。

3-4 シールドテール

通常のテールブラシおよびパテグリースの充填に加え、テールブラシ内にシリコンゴムを塗布することでセグメント外面に対する追従性および耐久性を向上し、水密性を増加させた。これにより、シールド路線内の最小曲線半径50mの急曲線施工でもシールドテールがセグメント外面に追従しや



写真-2 シリコンゴム塗布状況

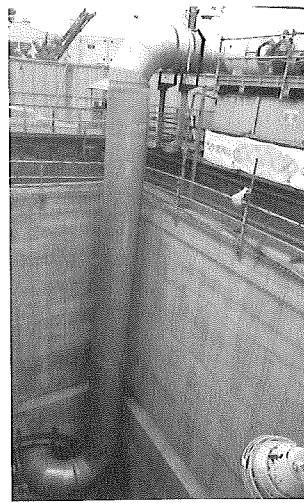


写真-3 換気設備配管状況

すく、地下水の流入を抑制できた(写真-2)。

3-5 換気設備

3-1~3-4 節に示す対策を実施してもメタンガスが発生する確率は0%ではなく、発生時には重大災害を引き起こす可能性がある。通常ではシールド工事の換気設備は、設備の温度上昇および作業員の呼気による酸素の減少など、作業環境の改善に必要な換気量から換気設備の性能を選定する。本工事では、それらに加えメタンガスを希釈・拡散することを考慮して換気設備の選定を行った。

坑内のメタンガス濃度を管理目標濃度である0.25~1.0%以下に拡散・希釈でき、さらにメタンガス停滞を防止できる換気量である0.5m/sを確保するために必要な風量は、713m³/minとなった。そのため送風機の能力を増大させるとともに、風管径をφ900mmからφ1,200mmにサイズアップした(写真-3)。

3-6 ガス検知システム

ガス検知器および警報装置を図-6に示すトンネル坑内の以下の①~③の場所に設置した。本工事では、可燃性ガスが確認された際の退避基準を労働安全衛生規則で規定された爆発下限界濃度の30%(メタンガス濃度1.5%)以上から20%(メ

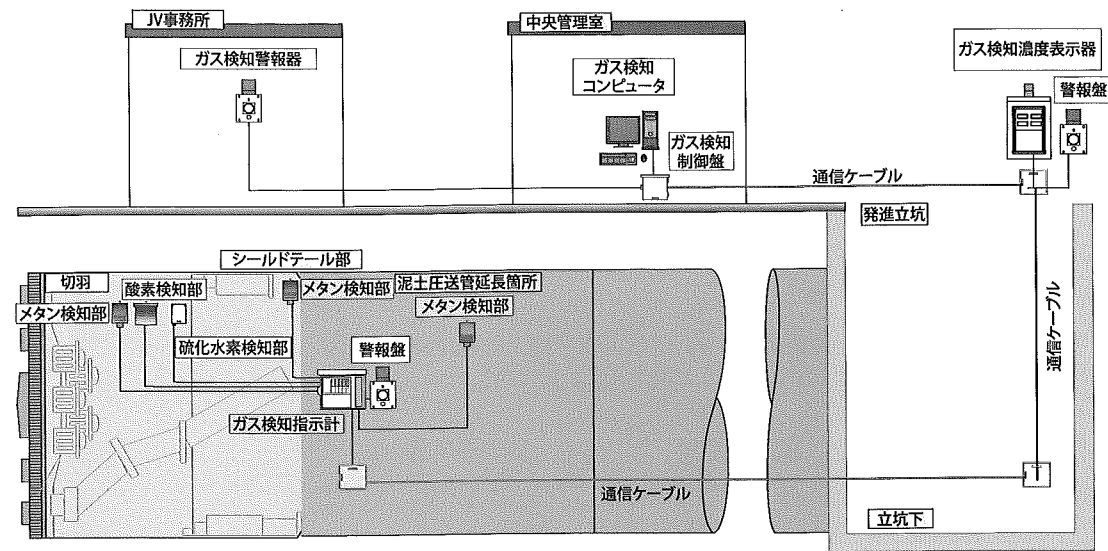


図-6 ガス検知システム模式図

タンガス濃度1.0%)以上に設定した。

- ① シールド上部2か所(前胴, 後胴)
- ② 後続設備(排土管延長台車付近)
- ③ 命令連絡箇所(現場事務所, 中央監視室)

3-7 緊急避難体制の整備と注意喚起

災害を防止するためには、環境整備に加え、作業者の緊張感が重要である。作業に慣れると緊張感が薄れる傾向にあるため、メタンガスの危険性を喚起する以下の取組みを行い、災害防止への認識向上に努めた。

- ① 場内のメタンガス対策書の掲示
- ② 現場内の火気厳禁強調看板の設置
- ③ 管轄消防署立会いの下での避難訓練の実施

さらに、入坑前にライターなどを預ける棚を設け、坑内への火気持込み厳禁を徹底した。

4 近接施工

本工事におけるシールド掘削地山は、全線をとおしてN値2~4の軟弱シルトである。さらに、交通量の多い市道殿町夜光線直下でのシールド掘進であり、路線上には図-7に示す重要構造物が近接している。このため、地山の乱れを最小限に抑えながらシールド掘進を行い、地表面およびこれらの構造物への影響を許容値以内に収める必要があった。

シールド掘進に伴い周辺地山へ影響を与える要因として、切羽土圧、裏込め材の配合および注入圧・注入量に着目し、地表面沈下量との相関関係を把握することとした。そのため、地表面沈下量の測点は計画路線上に25mピッチで設置した。

4-1 排土時の閉塞回避措置

シールド掘進時に切羽土圧を安定させるには、掘削土砂を円滑に取込む必要がある。長距離施工では不測の礫などにより、排土時に閉塞が生じる事態が考えられる。そのため、土砂搬出断面形状が大きく変化するスクリーコンベヤ取込み口において以下の①~③の対策を講じた(図-8)。

- ① 閉塞物除去用回転翼設置
- ② スクリーコンベヤ軸の突出

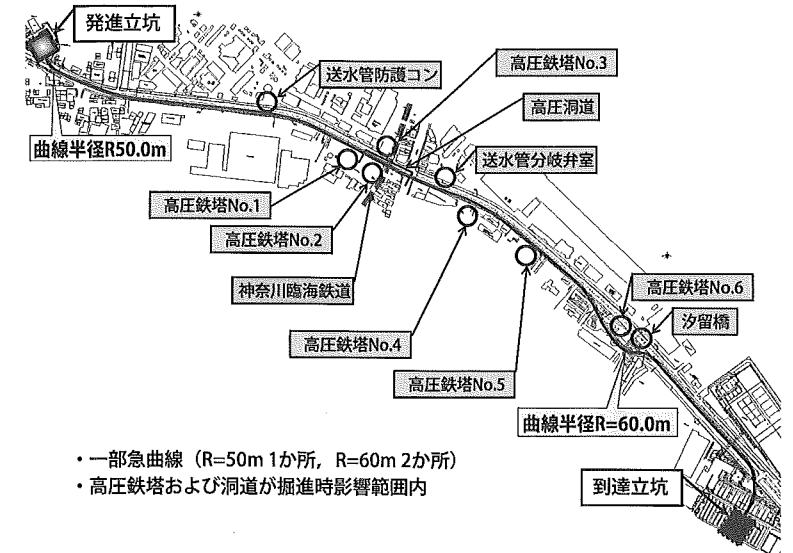


図-7 シールド路線上の重要構造物

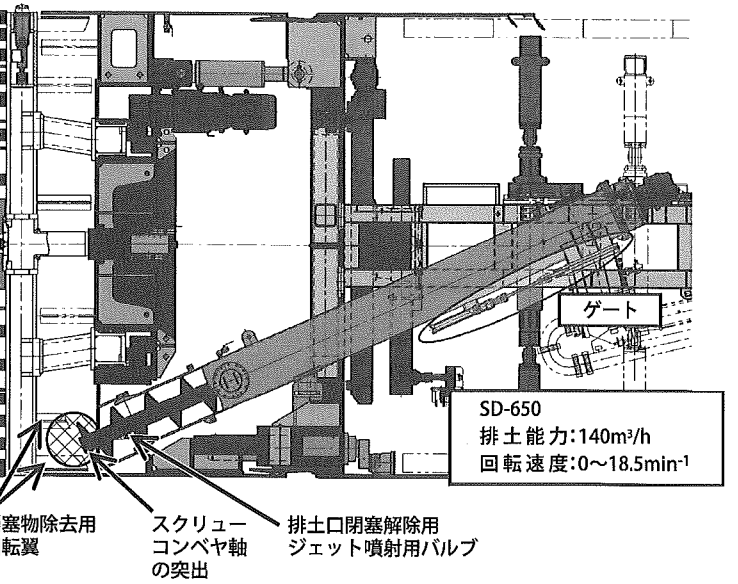
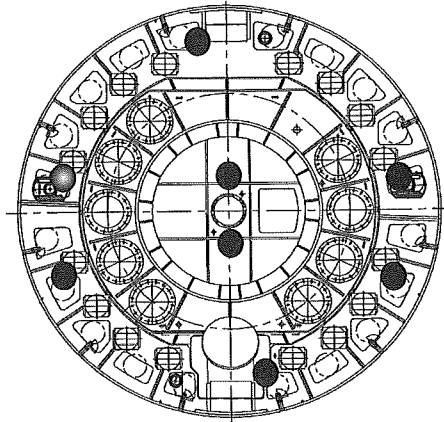


図-8 閉塞回避措置設置図



● : 土圧計設置位置
図-9 土圧計設置位置図

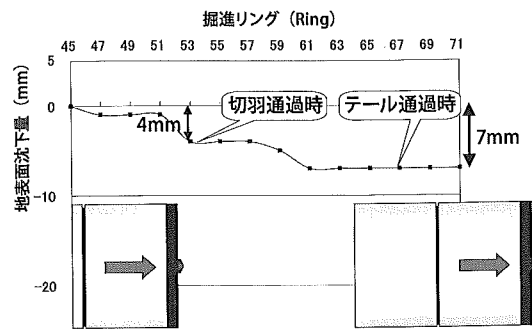


図-10 地表面沈下量(40m地点)

③ 排土口閉塞解除用ジェット噴射用バルブ設置

4-2 チャンバ内可視化システム

掘削地山の安定を図るためには、シールドチャンバ内の泥土を均一に塑性流動化させる必要がある。シールド工事は、一般的に、チャンバ内のスプリングライン付近の左右2か所に土圧計を装備して、その値をもとに土圧管理を行うことが多いが、本工事では、土圧計をチャンバ内に合計8か所設置した(図-9)。

4-3 切羽土圧の設定

掘進を始めてしばらくは、シールドスプリングライン付近の左右の土圧計において、停止土圧に余裕圧30kPaを加えた180~200kPaで切羽土圧の管理を行った。また、シールド掘削地山は鋭敏なシルト層であり、過剰な裏込め注入圧および注入量は残留沈下を引起す要因となるため、当初の

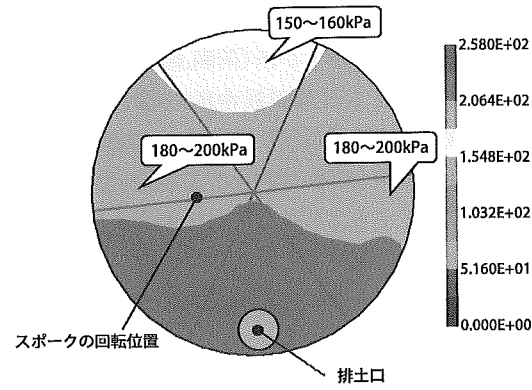


図-11 シールド発進直後の土圧分布図

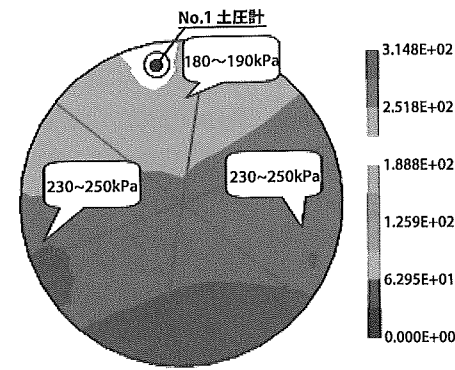


図-12 変更後の土圧分布図

裏込め注入圧は200kPa以下、注入量はテールボイドの100~116%(1,720~2,000L/Ring)とした。

しかし、シールド発進から40m地点での地表面沈下量を測定した結果、図-10に示すように、切羽通過時において4mm、テール通過時で7mmの地表面沈下が生じる結果となった。その際の土圧分布図は図-11に示すとおりであり、最上部で土圧の顕著な減少が見られた。

このことから沈下の要因は、シールドのフード部においてチャンバ隔壁上部が泥土で充填されにくく、上部の土圧が管理値より低かったためと考えられた。そこで、切羽土圧の管理をシールドスプリングライン付近の土圧計ではなく、図-12に示すNo.1のシールド上部の土圧計で切羽土圧が180~200kPaになるように管理方法を変更した。

土圧計の管理方法の変更を行った後、発進から60m地点での地表面沈下量は図-13に示すとおりである。切羽通過時の沈下は大幅に改善されたも

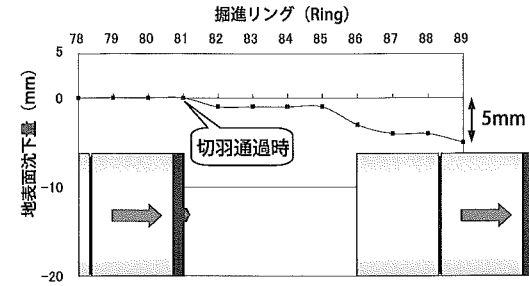


図-13 地表面沈下量(60m地点)

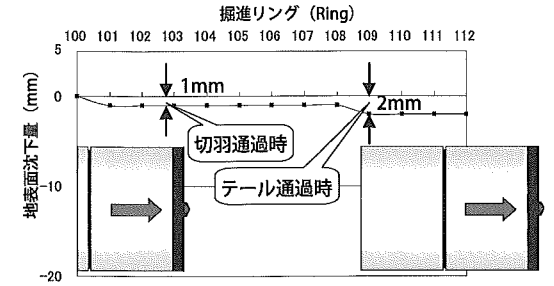


図-14 地表面沈下量(75m地点)

表-1 裏込め材の配合

	裏込め注入配合					ゲルタイム
	A 液			B 液		
	クリーンパック固化材 (特殊固化材)	クリーンパック助材 (助材)	クリーンパック安定剤 (硬化遅延剤)	水	クリーンパック急硬化剤 (可塑性)	
当初	230kg	30kg	2 L	845L	65L	11~13秒
修正後	233kg	30kg	2 L	845L	65L	6~7秒

の、テール通過時に5mmの地表面沈下が生じる結果となった。そのため、裏込め注入配合を表-1のように、固化材の量を増やすとともにゲルタイム11~13秒を6~7秒に変更した。また、裏込め注入圧は280kPa以下、注入量はテールボイドの116%(2,000L/Ring)に変更した。

以上のような土圧管理方法や裏込め材の変更を行った後、発進から約75m地点での地表面沈下量測定結果を図-14に示す。地表面沈下量は、切羽通過時においてシールド直上で1mm、テール通過時で2mmであり、残留沈下も見られず良好な結果が得られた。したがって、見直した設定条件でその後の掘進を行い、随時切羽土圧および裏込め材の配合・注入量・注入圧を調整することで掘進完了まで地表面沈下を抑制することができた。

本工事のようなφ6,000mm級のシールドでは、スプリングライン付近の土圧計だけでなく、チャンバ内全体に土圧計を配置し、周辺地山にもっとも影響を与えやすいチャンバ上部で、切羽土圧を管理することが有効であるという結果が得られた。

5 おわりに

地下水に16.8~38.9%のメタンが溶存する地層内での泥土圧式シールド工事において、メタンガス対策として土砂圧送方式の導入、セグメントシー

ルおよびテールシールド材の強化などを実施した結果、トンネル坑内へのメタンガスの浸入を防ぐことができた。

なお、掘進完了後に土砂圧送ポンプのボックス内を調査した結果、高濃度のメタンガスが存在していたことが判明しており、トンネル坑内に地下水を浸入させないための対策が非常に有効であったことが確認できた。さらに、高圧鉄塔や洞道などの重要近接構造物への影響を最小限にするために、シールドチャンバ内の可視化システムを用い詳細な掘進管理を行うことで地盤沈下を抑制することができ、各重要構造物の変位量を管理値内に収めることができた。

都市化が進捗し、さまざまなライフラインが整備された地域のシールド工事においては、小さなミスが重大事故につながる可能性がある。このような事態を防ぐためには、工事の各ステップにおいて、現場条件に適した安全管理対策を実施することが重要だと痛切に感じた。本報告が今後のシールド工事や推進工事において、メタンガス対策および重要構造物との近接施工を必要とする工事の参考となれば幸いである。

最後に、本工事において多大なご指導や貴重な意見をいただいた関係各位の皆様へ深く感謝の意を表す次第である。



「手袋の町」讃岐・東かがわより

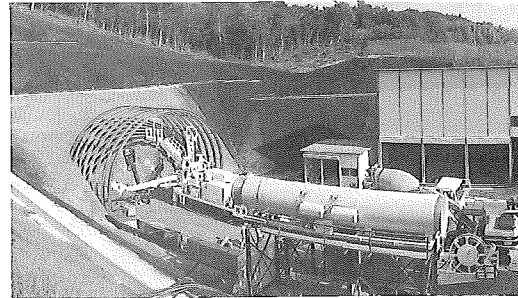
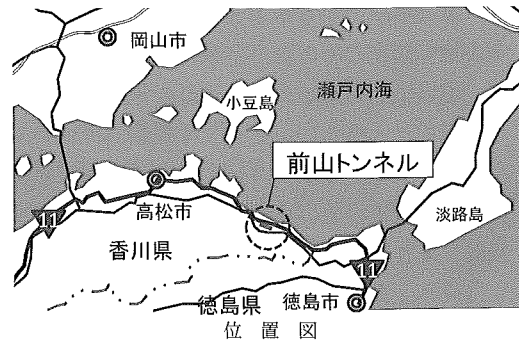
藤原良二

当地は、香川県の東端に位置し、南側には徳島県との県境に沿う阿讃山地の山々が連なり、北側には瀬戸内海に面した田園風景が広がっている。自然に恵まれた気候の穏やかな地域である。明治の頃から「手袋の町」として栄え、今では全国生産量の90%以上を誇り、日本のみならず世界的な手袋の生産地として知られている。最近では、手袋技術を応用したバッグやニットウェアなどの生産も急増している。

東かがわ市は、平成15年に大内町・白鳥町・引田町の3町が合併して誕生した。白鳥町にはその名の由来となる「白鳥神社」があり、日本武尊の霊が白鳥となって三重県亀山市から飛来したとされる場所に神陵が築かれたことを起源とする。その後、高松藩初代藩主・松平頼重が再興し、天領となり現在に至っている。境内には代々の藩主が寄贈した灯笼が所狭しと並ぶほか、「日本一低い山」と謳われる標高3.6mの御山があり、国土地理院発行2万5千分の1地図への記載を目指して登山証明書も発行されている。

引田町では、サトウキビを原料とする高級砂糖「和三盆」が特産物として知られている。八代將軍・徳川吉宗が全国にサトウキビの栽培を奨励したことを受け、藩命により特産物の創生と財源の確保を図るためにこの地で砂糖作りを始めたことがその由来である。当地の和三盆は現在も伝統的な製法で作られ、ほかと区分して讃岐和三盆糖と呼ばれている。

また、沿岸には、昭和3年に日本で初めてハマチの養殖に成功した周囲3kmの海水池「安戸池」があり、今では自然豊かな海に触れられる絶好の釣り場にもなっ



坑口付近の状況

ている。この地を通る一般国道11号は、徳島市から高松市を経て松山市に至る四国3県を連絡する延長230kmの主要幹線道路であり、生活道路として重要な役割を担っている。この幹線道路における慢性的な交通渋滞の解消を目的として、延長9.2kmのバイパス道路「大内白鳥バイパス」の建設が進められている。

当社が施工する前山トンネルは、大内白鳥バイパスのほぼ中間に位置し、標高100m以下の低山・丘陵部を東西に貫く延長595mのトンネルである。土かぶりは全般的に小さく、2D(D=13.2m)以下の区間が全体の80%を占めており、全体の87%がインバート区間、54%が小土かぶり補強区間となっている。

地質は中生代白亜紀の新期領家花崗岩類と貫入岩類であるヒン岩からなり、小土かぶり区間は自立性の低い軟岩が主体となる。土かぶりのある中央部付近には中硬岩地山が存在すると予想される。

小土かぶり区間には、長尺鋼管による先受け、高強度吹付けコンクリートによる鏡吹付け、上・下半部の仮インバートによる早期断面閉合など、地山の安定化に向けてさまざまな補助工法の採用を計画している。また、ハイータス工法やFRP覆工型枠の採用など、覆工コンクリートの長寿命化に向けた取り組みも、あわせて計画している。

工事にあたり、地元のご理解とご協力を得ながら、平成26年6月の完成を目指し、職員・協力会社全員が一丸となって施工に取り組んでいる。
(株)奥村組前山トンネル工事所長

計画

九州新幹線西九州ルート諫早・長崎間のトンネル群

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局長崎鉄道建設所主任 萩原 渉
鉄道・運輸機構九州新幹線建設局工事第四課長 村山 正巳

1 はじめに

九州新幹線西九州ルート(以下、「西九州ルート」という)は、福岡市から佐賀市を経由して長崎市に至る整備計画路線である。このうち、武雄温泉・長崎間について、平成24年6月12日に建設主体である鉄道・運輸機構が工事实施計画の申請を行い、同月29日に国土交通大臣の認可を受け、着工している。本稿では、西九州ルートの全体概要、平成24年より新たに着工した諫早・長崎間の概要および主要なトンネルの概略施工計画について紹介する。

2 西九州ルートの概要

西九州ルート全体の平面図を図-1に、事業の経緯を表-1に示す。西九州ルートの整備事業は、昭和47年に福岡市から佐賀市を経由して長崎市までの基本計画が決定され、このうち武雄市・長崎市間について、平成13年12月に暫定整備計画が決定されている。武雄温泉・諫早駅間については、平成20年3月に工事实施計画が新幹線鉄道規格新線(スーパー特急方式)として認可されていたが、今回この区間も含め、武雄温泉・長崎間が全線フル規格新線として認可を受けた。

なお、今認可では軌間可変電車の導入を前提としており、博多～新鳥栖間は既に整備されている九州新幹線(鹿児島ルート)を標準軌で走行し、新鳥栖～武雄温泉間については、在来線の長崎本線および佐世保線を狭軌で走行する計画である。

武雄温泉・長崎間の線路平面図を図-2に示す。

工事延長は67.0kmで、この間には、武雄温泉駅(併設)、嬉野温泉(仮称)駅(新設)、新大村(仮称)駅(新設)、諫早駅(併設)、長崎駅(併設)の5駅と大村車両基地が設けられる。線路規格は、表-2に示すとおりである。

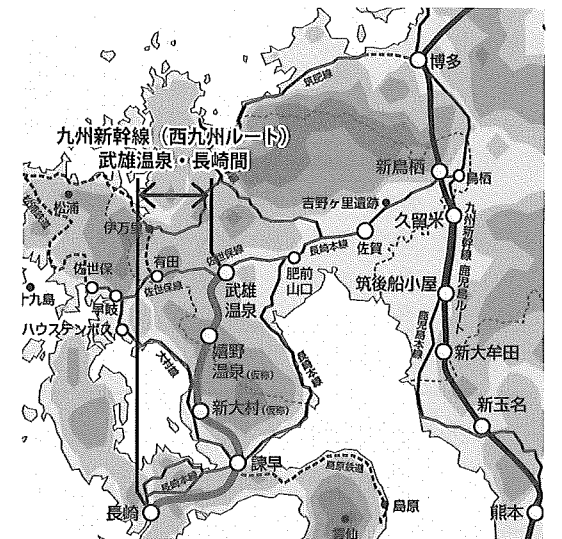


図-1 西九州ルート全体平面図

表-1 西九州ルート事業経緯

昭和47年12月	基本計画の決定(福岡市・長崎市間)
昭和48年11月	整備計画の決定および建設の指示(福岡市・長崎市間)
平成13年12月	暫定整備計画の決定および建設の指示(武雄市・長崎市間)
平成20年3月	工事实施計画の認可・着工【スーパー特急方式】(武雄温泉・諫早間)
平成24年6月	工事实施計画の認可・着工【フル規格】(武雄温泉・長崎間)

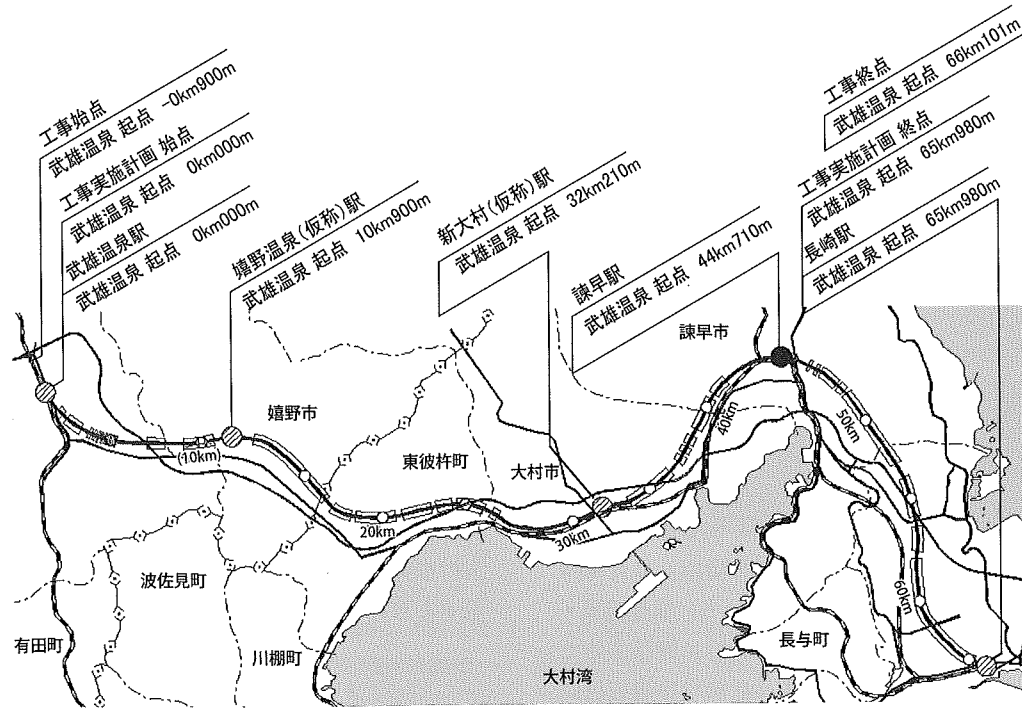


図-2 武雄温泉・長崎間平面図

表-2 線路規格

設計最高速度	260km/h
最小曲線半径	基本4,000m*
最急勾配	30‰
軌間	1,435mm
電車線電圧	交流25,000V

*ただし地形上など、やむを得ない場合700m

3 諫早・長崎間の概要

諫早・長崎間の線路平面図を図-3に、線路縦断面図を図-4に示す。諫早・長崎間の工事延長は21.4kmで、全体の約8割がトンネル、約2割が明かりである。

ルートは、諫早駅を出て市街地を曲線半径700mで諫早トンネル(L=230m)を通過し、出口部において、長崎本線上り線のトンネルとの平面離隔が約15mとなる。その後、事前に支障移設を行う予定の長崎本線と約400m並走したのち斜角で交差し、国道207号、長崎本線下り線、国道57号および市道と次々に交差しながらほぼ南西方向に進む線形となっている。

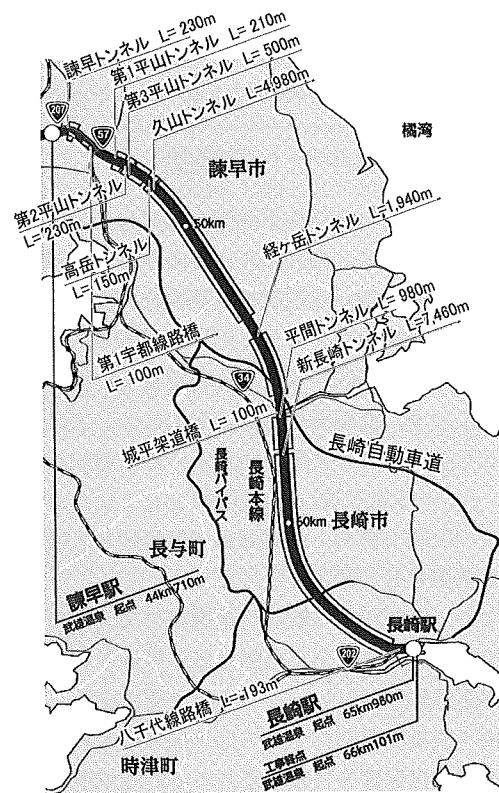


図-3 諫早・長崎間線路平面図

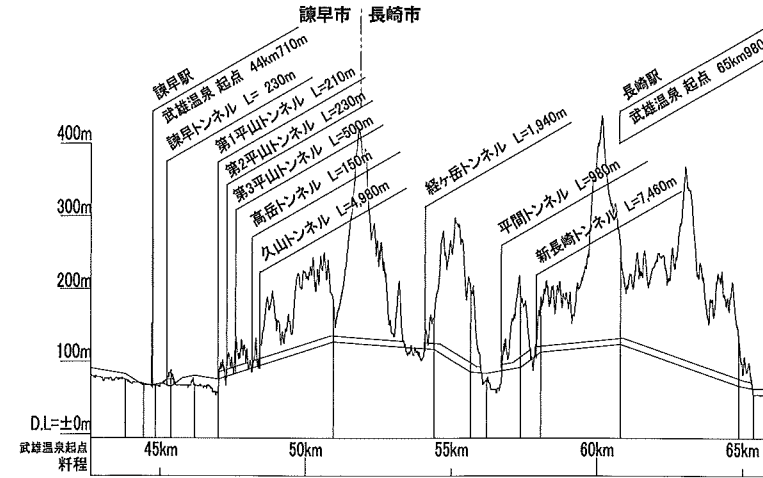


図-4 諫早・長崎間線路縦断面図

さらに、延長の短い4つのトンネル群(第1～3平山トンネルと高岳トンネル)を通過し、久山トンネル(L=4,980m)へと至り、久山トンネルの途中で長崎市に入る。その後、経ヶ岳トンネル(L=1,980m)に入り、経ヶ岳トンネル入口から約1,700mの地点で、長崎自動車道の中里トンネル(上下2線)の下部を離隔約15mで交差する。

経ヶ岳トンネルを出たのち、二級河川・八朗川、国道34号および県道と交差し、平間トンネル(延長L=980m)へと至る。平間トンネルを出たのち、市道と二級河川・現川を越えた直後に、西九州ルート武雄温泉・長崎間で最長の新長崎トンネル(L=7,460m)に入り、長崎市街地へと顔を出す。そして、最後に国道202号と長崎電気軌道(国国内)を跨ぎ、高架橋で長崎駅へと至る路線となっている。

縦断面線形は全体として、久山トンネルにおける諫早市と長崎市の境界付近、ならびに新長崎トンネルのおおむね中間地点の2か所をサミットとする線形になっている。

武雄温泉・長崎間の工事延長の内訳は、路盤約5.7km(約9%)、橋りょう約5.8km(約9%)、高架橋約14.8km(約22%)、トンネル約40.7km(約61%)である。

このうち、諫早・長崎間は、路盤約1.2km(約6%)、橋りょう約1.1km(約5%)、高架橋約2.3km

(約11%)、トンネル約16.7km(約78%)となっている。

主な橋りょうとしては、JR長崎本線と交差する第1宇都線路橋(L=100m)ならびに八千代線路橋(L=193m)がある。

4 地形・地質の概要

西九州ルートの地形の特徴は、古第三紀諫早・矢上層群の地層が分布する第1平山トンネルから久山トンネル中間点付近においては小丘陵地形である。山陰系の新期安山岩よりなる久山トンネル中間点付近から経ヶ岳トンネルまでは溶岩円頂丘であり、久山トンネル出口においては崩壊斜面に位置している。長崎火山岩類の分布する平間トンネルから新長崎トンネルまでは火山山地地形に代表される。これらの起伏地形を埋めて沖積低地が、諫早駅付近、東大川、八郎川および長崎駅付近に発達し、平野部を中心に諸交通機関、市街地が発達している。

次に地質について、諫早・長崎間の地質縦断面図を図-5に示す。諫早・矢上層群は、諫早トンネル、平山トンネルおよび経ヶ岳トンネルに分布する古第三紀の堆積岩類で、砂岩と頁岩で構成されるが石灰岩の分布も確認できる層である。同層群のうち、砂岩層は比較的硬質であるが、砂岩と頁岩の互層および頁岩は層理による剝離性が著しく、北西方向に延びる断層が多く発達している。また、経ヶ岳付近の層理面は、地殻変動により大きく傾斜しているが、ほかは比較的緩傾斜(5～15°)で、北に傾斜する構造を示す。

長崎火山岩類は、平間トンネルおよび新長崎トンネルに分布する火山岩類で、岩相は変朽安山岩化が著しい輝石安山岩および同質凝灰角礫岩と、比較的新鮮な角閃石安山岩および同質火山角礫岩からなる。長崎火山岩類の新鮮岩は硬質堅岩であるが、角閃石安山岩質火山角礫岩中の凝灰角礫岩箇所は、比較的深部まで風化変質が進んでおり褐

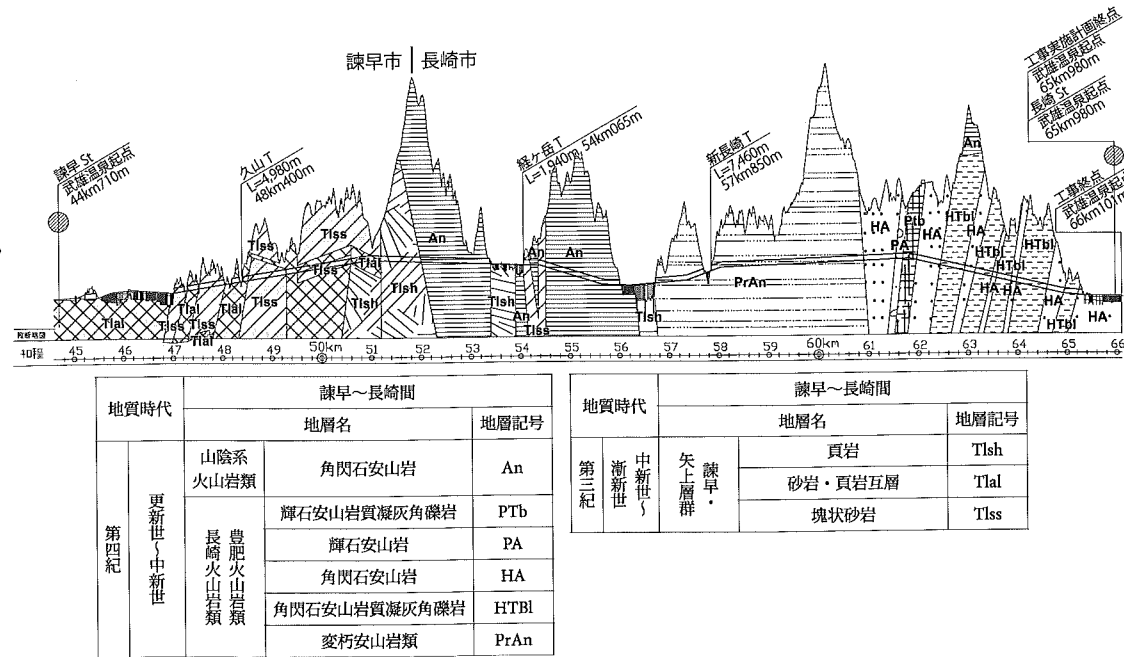


図-5 諫早・長崎間地質縦断面図

地質時代	諫早～長崎間			地質時代	諫早～長崎間		
	地層名	地層記号	地層記号		地層名	地層記号	地層記号
第四紀 更新世・中新世	山陰系火山岩類	角閃石安山岩	An	第三紀 漸新世 上新世 矢上層群 諫早層群	頁岩	Tlsh	
	長崎火山岩類	輝石安山岩質凝灰角礫岩	PTb		砂岩・頁岩互層	Tlal	
		輝石安山岩	PA		塊状砂岩	Tlss	
		角閃石安山岩	HA				
		角閃石安山岩質凝灰角礫岩	HTBl				
		変朽安山岩類	PrAn				

灰色軟岩状を呈する。

山陰系火山岩類は、久山トンネルおよび経ヶ岳トンネルに分布する火山岩類で、岩質は黒雲母角閃石安山岩で塊状硬質安山岩である。凝灰角礫岩状の噴出物はほとんど含まず、安山岩主体の火山岩類である。ルートよりやや南側に位置する飯盛山などは、円頂丘の形状を現在も鮮明にとどめている。

5 諫早・長崎間のトンネル概要

諫早・長崎間のトンネルを表-3に、トンネル標準断面図を図-6に示す。以下、主要なトンネルの概要について述べる。

5-1 諫早トンネル

諫早トンネルは、諫早駅直近の市街地に位置し、延長は230mのトンネルである。諫早トンネルの平面図および縦断面図を図-7に示す。トンネルは、丘陵地形を切り開き市街化した緩傾斜地形に、きわめて土かぶりの小さい縦断線形で計画され、国道207号および市道の直下を1.5～2.0mの土かぶりで通過する。

掘削の対象となる地質は、新生代第三紀の凝

表-3 諫早・長崎間トンネル一覧表

名称	延長	名称	延長
諫早トンネル	230m	久山トンネル	4,980m
第1平山トンネル	210m	経ヶ岳トンネル	1,940m
第2平山トンネル	230m	平間トンネル	980m
第3平山トンネル	500m	新長崎トンネル	7,460m
高岳トンネル	150m		

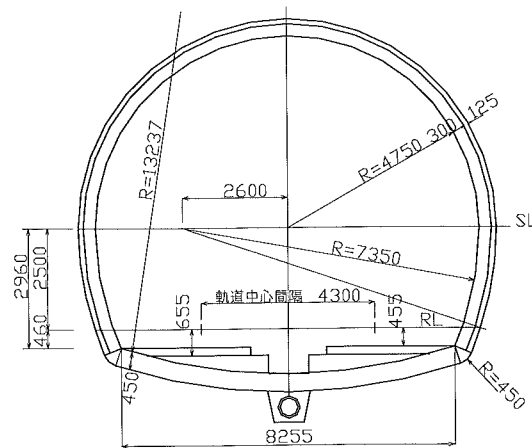


図-6 トンネル標準断面図

灰角礫岩を主体とし、N値50以上の軟岩に分類されるが、風化が進んでおり土砂状で亀裂が発達している。また、地下水位は、両坑口付近ともに施

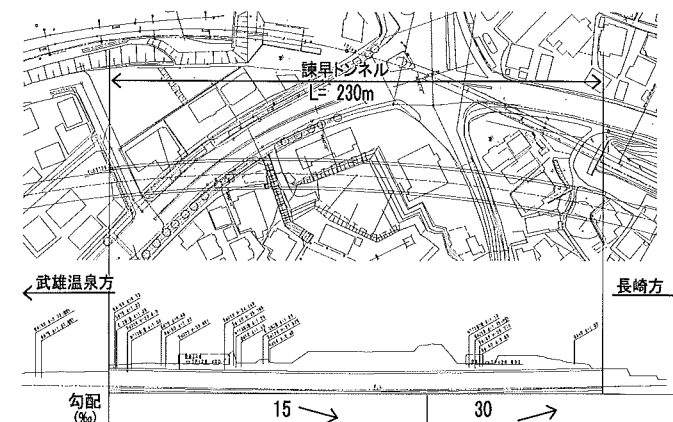


図-7 諫早トンネル平面図・縦断面図

工基面高程度、トンネル中央では施工基面高+3m程度である。

トンネル周辺は、住宅が密集した市街地であり、交差する国道および県道に多数の地下埋設物が存在することから、現在、山岳工法および開削工法を比較検討しているところである。

5-2 久山トンネル

久山トンネルは、長崎県諫早市と長崎市の市境に位置する延長4,980mのトンネルである。久山トンネルの平面図を図-8に、縦断面図を図-9に示す。

平面線形は、トンネルの施工に伴う振動や湧水の影響を考慮し、付近に存在する諫早中核工業団地と土師野尾ダムを避けつつ、諫早丘陵地・井樋ノ尾岳の南側を抜けている。線路勾配は、起点側から中間部付近までは上り13%、残りは下り3%であり、途中で砂防ダムおよび河川の直下を、10mを下回る小土かぶりで通過する。

掘削対象となる地層は、起点側からおおむね2.5km付近までは諫早層群で、砂岩または砂岩・頁岩互層が主体であり、砂岩は比較的良好な岩盤である一方、砂岩・頁岩互層は小断層が想定される。以降、終点側は諫早層群の頁岩および山陰系の黒雲母角閃石安山岩が分布し、頁岩と安山岩の境界部に大量

の湧水が集中する傾向となっている。トンネルのほぼ中央部にサミットが存在するため、各々坑口方から、トンネル中間部に向かって掘削する計画である。

ただし、起点方の坑口においては、付近が山林に覆われ周辺にアクセス道路が存在せず、工事用道路の取付けが困難であることから、坑口からの掘削もしくは作業坑により本坑にアクセスする計画について現在検討中である。終点方については、坑口より掘削を開始する計画としている。

施工時の課題としては、小土かぶり部の補助工法選定、ダム付近および工業団地付近を通過する際の施工方法が挙げられ、現在検討を進めているところである。



図-8 久山トンネル平面図

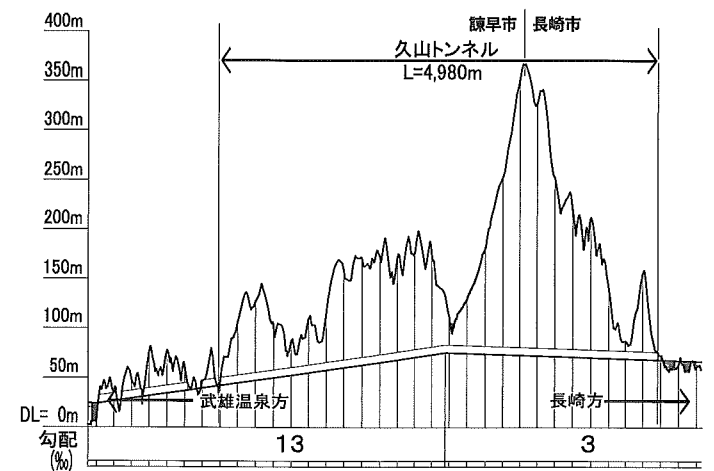


図-9 久山トンネル縦断面図

5-3 新長崎トンネル

新長崎トンネルは、長崎市現川地区の坑口から、金比羅山系の西縁を通過し、長崎駅付近の市街地に至る延長7,460mの西九州ルート武雄温泉・長崎間最長のトンネルである。新長崎トンネル平面図を図-10に、縦断図を図-11に示す。

線路勾配は、坑口直前で交差する県道との離隔確保のため、起点側から約0.2kmは西九州ルート最大勾配の上り30%を採用し、その後約2.7kmは上り4%、続く約4.5kmは下り14%となっている。土かぶりはおおむね60~290m程度であるが、出口側住宅地の一部で30mを下回る区間も存在する。また、トンネルのほぼ中間地点においても、住宅密集地の西山台団地を最小土かぶり約100m前後で通過する。さらに、終点方坑口は、北東~北方向に山稜を有する山地地形の南西側の山腹斜面に

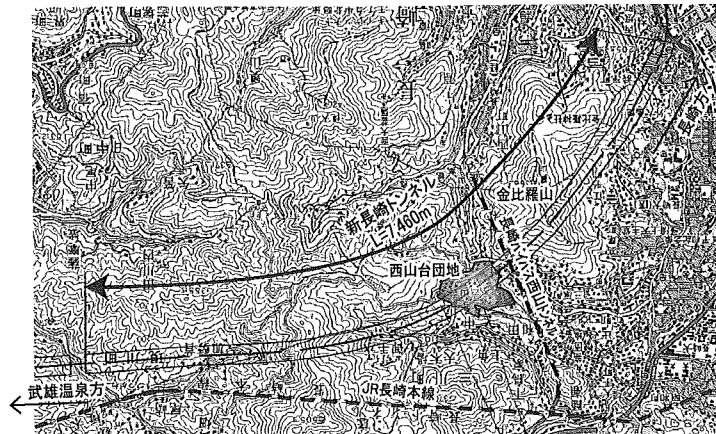


図-10 新長崎トンネル平面図

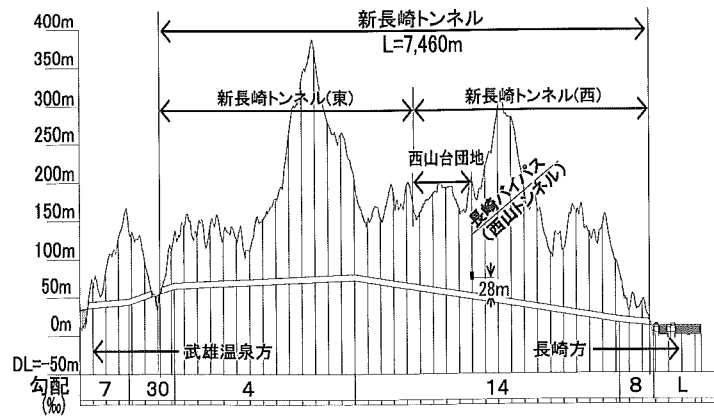


図-11 新長崎トンネル縦断図

設置されるが、当該箇所についても住宅密集地となっている。また起点方坑口から約4.8km程度の地点では、長崎バイパス西山トンネルと土かぶり約28mで交差する。

掘削の対象となる地質は、起点側からおおむね2.9km付近までは長崎火山岩類で安山岩であり、一部で破碎帯質な箇所、または土砂状の箇所が想定される。以降の終点側は安山岩・凝灰角礫岩の互層が分布しており、凝灰角礫岩は透水性も高く脆い岩盤が想定される。

また、トンネル起点方付近において並行するJR長崎本線の過去のトンネル工事で大量湧水に遭遇しており、新長崎トンネルも同様の規模の湧水が想定される。

工事は全体を東西の2工区に分け、起点方の東工区は上り勾配のため坑口からの掘削を計画して

おり、新長崎トンネル(東)工事として平成25年2月に契約し、現在準備工段階である。工区境はトンネル坑口から約3.9kmのサミットを越えた地点としている。

これは終点方西工区が坑口付近に住宅が密集しており、作業ヤードの確保が困難なため、作業坑により本坑にアクセスする計画を検討中であること、地質不良箇所での掘削が見込まれ、西工区が工期を要すると想定されるためである。

施工時の課題として、脆い地質と想定されている凝灰角礫岩掘削時の補助工法選定、道路交差部・小土かぶり部での施工法および住宅密集地直下あるいは付近での施工時の振動・騒音が挙げられる。

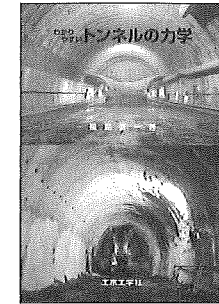
また、大量の湧水が想定されることから、湧水が問題となる可能性がある。施工に際しての適切な工法の選定が課題であり、現在、水文調査を実施して影響範囲の分析・検討を行っているところである。

6 おわりに

西九州ルートのトンネルについては、平成25年7月現在、1工区が掘削完了し、6工区が掘削中、さらに諫早・長崎間の1工区を含む3工区が掘削に向け準備作業を進めている。本稿で述べたように、諫早・長崎間のトンネル群の中には、市街地直下をきわめて小さな土かぶりで通過するトンネルや、高速道路などの交差、住宅密集地直下あるいはダム・工業団地付近を通過するトンネル等々、

技術的な課題を有するトンネルが多いことから、既に組織されている「九州新幹線(西九州ルート)トンネルの設計・施工特別委員会(委員長:江崎哲郎・九州大学教授)」において、今後検討を行い、深度化を図ることとしている。

さまざまな厳しい施工条件下での工事となるが、関係機関の協力のもと、おおむね9年後の西九州ルートの完成へ向け、着実に工事を進める所存である。



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/弾塑性学の基礎、軸対称円形トンネル、線対称円形トンネルの弾塑性解、円形トンネルで地山の自重を考えた弾塑性解析、○弾塑性解以外の検討/トンネルの大きさの影響、時間の影響、表面の影響、山はね、ゆるみと締め、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

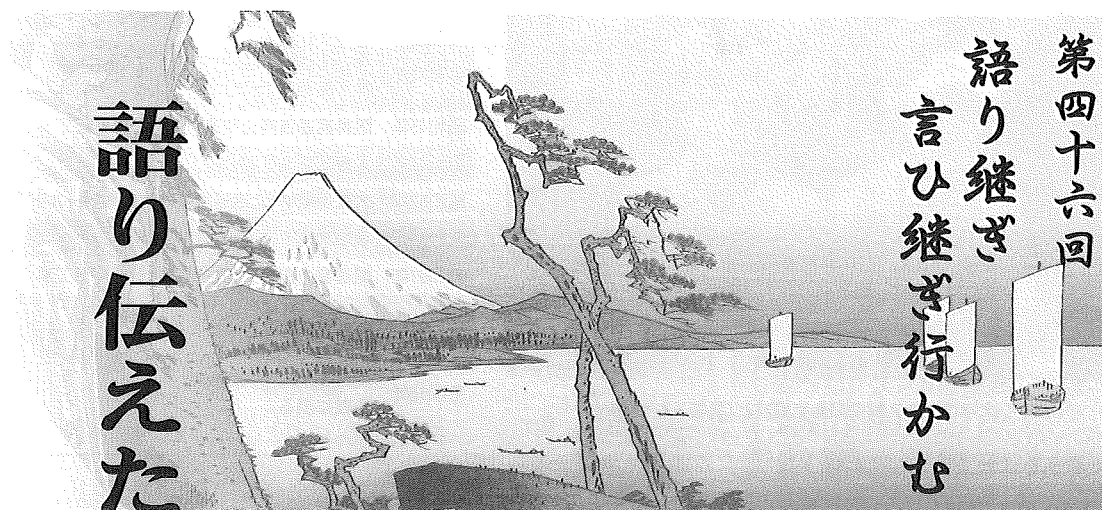
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072

土木情報 No.484

今月の主な入札結果

(8月10日～9月9日)

事業主体	工 事 名	請 負 会 社	請負額 単 位 百万円
関東農政局	大井川用水(二期)農業水利事業島田1号・2号水路(その1)	東急建設	340
北海道開発局	旭川十勝道路富良野市北の峰T	鹿島・三井住友・荒井JV	2,730
関東地整	H25下之込樋管改築	西武建設	345
"	寺尾用水樋管	岩崎工業	143
北陸地整	七尾BP古府地下横断函渠	真柄建設	205.3
"	R8 剣野地区排水路	中越興業	160
九州地整	R10長井T	安藤ハザマ	1,019.7
日本下水道事業団	行田市遮集幹線増補管その2	小川工業	275
東日本高速道路	磐越自動車道吉津T	清水建設	2,197
西日本高速道路	新名神高速道路原萩谷T西	フジタ・熊谷JV	3,621
首都高速道路	(負)環状第2号線T	清水・鉄建JV	2,150
茨城県	広域営農団地農道整備事業県北東部2期地区第2065-1A, 十国T	三井住友・増子・日興JV	799.72
千葉県	江戸川左岸流域下水道管渠(市川幹線502-2工区)	保戸田組	242
都・水道局	金町浄水場送配水ポンプ所(仮称)場内連絡管	佐藤・東亜・関電工JV	3,430
都・下水道局	練馬区南大泉二, 三丁目付近枝線	青木あすなる建設	735
岐阜県	公共防災・安全交付金事業(仮称)宮川3号T	大日本・H・C JV	982
"	" (仮称)上ヶ洞T2期	TSUCHIYA・市川・新井JV	1,730
"	公共道路改築事業(仮称)和良金山T(和良工区)	大日本・TSUCHIYA・青協JV	1,720
"	" (金山工区)	市川・岐建・金子JV	1,733
兵庫県	R178浜坂道路大庭T	安藤ハザマ・森・吉田・但南JV	1,956.5
"	高沢菅野地区T	新井・伊藤JV	933
山口県	R435道路改良(檜原T)	シマダ・秋山JV	746.05
水戸市	平須町排水路	昭和・東洋JV	273
牛久市	24社総交公下第15号, 上町排水区雨水管渠	大昭・常信JV	121.2
"	" 第6号, 下町第二雨水幹線管渠	樋口・ミヤモトJV	165.5
東松山市	25管渠(高坂第一地区)2工区	伊田テクノス	119
新座市	公下英幹線その3	佐田建設	181.59
白岡市	公下雨水幹線	井上工務店	293
佐倉市	RBC505鹿島川第1三号幹線	東豊土木工業	195
柏市	大堀川右岸第8号雨水幹線(25-10工区)	福田・コスモJV	1,064.5
八街市	公下雨水枝線(25-1)	前田建設工業	124.4
横浜市	港北線口径1000mm配水管布設替(その6)	宮内・水村JV	378
名古屋市	権現通第2雨水幹線下水道(その3)	西武建設	274.5
和歌山市	中平井線T	竹中・久本・三笠JV	2,235.05
津山市	南部汚水幹線	戸田・西日本・田村JV	1,118
福岡市	福岡市地下鉄七隈線中間駅(仮称)建設に伴う住吉6号幹線移設	松鶴・環境JV	567.35



語り伝えたいこと

岸 (元)株 鴻池組
信正

はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災の被害があまりに甚大であったこともあり、平成7年に発生した大震災、兵庫県南部地震は少し遠い過去の出来事になりつつあるのかもしれませんが、私は、その兵庫県南部地震の直後に神戸支店勤務となり、現地の調査活動に入りました。

私は昭和39年入社で、社会人1年生の赴任現場が「神戸高速鉄道元町北工区工事」でした。兵庫県南部地震の約30年前に作ったこの地下鉄工事の躯体が無事であることが気がかりでした。陸上からの現地入りは困難であったため、船をチャーターし大阪南港から神戸に入りました。神戸の港湾施設の壊滅的な惨状や、高架道路やビルの倒壊状況を見ながら、徒歩で元町の現場にようやくたどり着きました。当社の担当工区を点検した結果、異常がないことが確認できました。

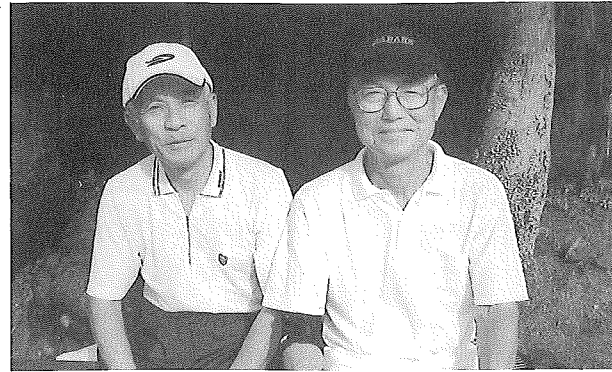
第四十六回
語り継ぎ
言ひ継ぎ行かむ

この工事は、当時の国鉄元町駅高架の北側に、私鉄の高架橋と擁壁の路盤工、それに2連ボックスラーメンで地下構造に移る複雑な構造物を構築するものでした。北に位置する山側は現地盤が高く道路となっており、その法面が国鉄の高架駅足元に延びた地形となっていました。そのため、2連ボックスラーメンの山側半断面を先行施工し、それで山側の土圧を受けながら海側を築造し完成させるものでした。

この工法の仮設工事と本工事で



神戸高速鉄道元町北工区の現況



大学のテニス部同窓会で旧友と(著者：右側)

安定性を確保するための計画・設計に携わっただけに、思いのこもった現場でした。

震災後に点検した際に、躯体外側下部の防水モルタル壁を両手でパタパタ叩いて、工区全体の無事な姿を確認したそのときの感動は、私の技術者としての一生で、これ以上ない喜びを全身で感じたものでした。

圧気工法との出会い —大規模なケーソン工事—

最初の現場のあと、住友金属堺橋工務、大阪天理道路香芝工務を経て、一時期大阪本店の店内勤務で積算と見積りを担当しました。

その後、昭和45年に配属された現場は阪神高速道路公団の「築港第五工区下部工事」でした。40m角で深さ35mの基礎を、ニューマチックケーソンで築港側第2突堤先端部に築造する、南港埋立地に渡る橋梁の橋脚下部工事でした。

沈設地盤は天満砂礫層で最終気圧が0.35MPaとなるため、作業気圧の軽減のため24本の深井戸により水位を10m低下させる設計でした。

私の担当はこの深井戸の運転管理で、停電時の緊急自動発電装置などを準備して作業気圧との連携を図りながらケーソン掘削を進めました。天満層の地下水は塩分濃度が海水の1/3程度の清澄な水で、当時の水頭は海水面-1m程度でした。

掘削は潜函夫で行いましたが、電動の特殊ブルドーザを開発し、同じく電動の油圧ショベルを駆使して機械化施工による能率アップを図りました。

沖積粘土は粘着性が高く、油圧ショベルのバケツからの排土に苦勞し、作業室は土砂バケツをガンガン当てる音と、霧の中での給気フラッパーパルプの音が賑やかでした。

着底盤は初めて見る天満砂礫層で、きれいな砂層を50cm掘ると礫混じり層が出現しました。最終気圧0.25MPaで設計どおりの最終沈下となりました。

この現場で、後のシールド工事に欠かせない圧気工法との永いおつきあいが始まりました。給排気の轟音とアヒル言葉が懐かしく思われます。

著者略歴

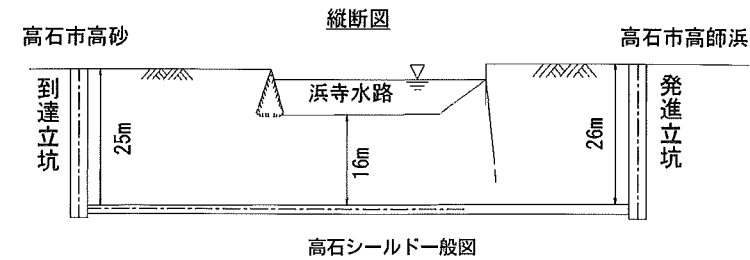
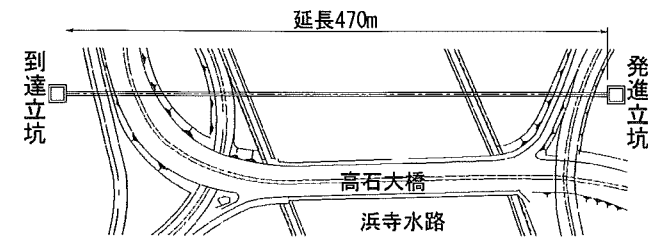
昭和39年	(株)鴻池組入社 神戸高速鉄道元町北工区工事
昭和45年	阪神高速道路公団築港第五工区下部工事
昭和47年	大阪瓦斯高石ずい道工事
昭和52年	大阪瓦斯堺-北港連絡管の大阪港シールド工事
昭和57年	仙台市地下鉄鍋田工区
昭和61年	関西電力南港火力線かもめシールド工事
平成13年	(株)鴻池組退社 関西環境開発(株)入社
平成15年	関西環境開発(株)退社 現在に至る

高石シールド —大阪湾河口の河底トンネルを 圧気併用手掘り式シールドで 掘進—

昨年はオリンピック・イヤーで、ロンドンのテムズ川橋梁上部に五輪マークが飾られ、開会式当日は、あのベッカム選手による007ばりの快速艇での聖火リレーが華々しくテレビで実況されました。

そのテムズ川の河底では、今から200年前に無圧気で矩形の手掘りシールドトンネルが、たいへんな苦勞を伴って施工され、その貫通後に煉瓦張り2車線の馬車道を通されたとのこと。その後、フナクイムシ理論で有名な円筒形シールドが考案され、セグメントとともに現在のシールド工法に近い基本工法が確立し、ロンドンの地下鉄道の河底横断が実現したことは周知のとおりです。

わが国では、シールド工法は関門鉄道トンネルに初めて本格的に採用され、昭和11年に起工、昭和16年7月に下り線が貫通しました。そのシールドは3段デッキの手掘りによる圧気工法でした。



高石シールド一般図

昭和40年代から、大阪瓦斯(株)は天然ガス転換事業を展開し、関西圏の供給地域において高圧導管敷設工事を開始することとなりました。大阪瓦斯(株)の泉北工場(LNG基地)から内陸への導管工事として高石シールドが計画され、私は昭和47年10月から約2年半にわたり、この「大阪瓦斯高石ずい道工事」に事業場主任として従事しました。

図に示すように、高石シールドは高石市高師浜から浜寺水路を横断して高石市高砂まで、延長470m、最大土かぶり26m、最大水圧0.23MPaの河底トンネルを施工するものでした。浜寺水路は、松林の美しい浜寺公園と堺泉北埋立地とのあいだにあり、漕艇競技場として府民の憩いの場となっていました。

そのころ、シールド工事は全国的に下水道や地下鉄工事で採用が始まり、いくつかの手掘りオープン工法の実績が出ていました。しかし、適応可能な土質条件や地下

水位は制限され、不透水層で比較的安定した粘土層が主な適用対象でした。

高石シールドの掘削対象地盤は、砂層と粘土層の互層からなり、海水面の水頭を保有する旧海底地盤でしたが、当時のシールドは手掘りオープン型だけで、これでやるしかなかったと言えます。

発進立坑は陸側の高師浜緑地にニューマチックケーソンで沈設し、到達立坑も埋立地の道路緑地帯に位置するため同じくニューマチックケーソンで施工しました。

シールドは外径3.95mの手掘り式で中間デッキがあり、上下段に土圧対抗板を2基ずつ計4基を装備しました。セグメントは内径3.40m、厚さ20cmのコンクリート製で、掘進の補助工法として圧気工法を採用し、切羽の土水圧に対抗することを期待しました。

発進・到達部は薬液注入で立坑周辺地山の止水を図り、立坑圧気設備を準備したあと本体壁をプレーカで手掘りしました。地盤が粘土

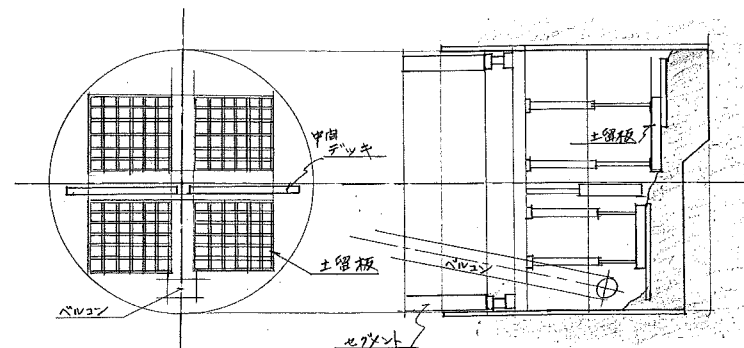
質であったこともあり、無事に発進・到達を行うことができました。

シールド工夫には立坑施工の潜函夫を引き続き採用し、常時圧気(0.09MPa)での施工体制をとりました。立坑圧気方式で施工した仮推進区間では、ケーソンロックから投入できる部材の寸法が限られるため、専用バケツで投入できるようセグメントの幅を70cm(本推進部は90cm)としました。

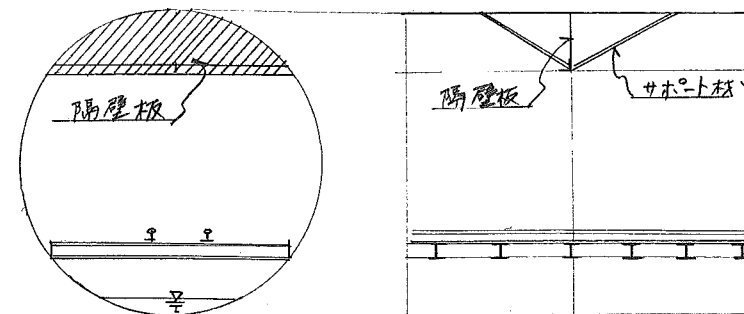
切羽地盤は粘性土が主体で、比較的安定した土質条件に恵まれました。仮推進区間の最終切羽の安定を確認したあと、切羽土留めを確実にやり、いったん断気しました。切羽の安定性が確保されていることを確認したあと、立坑圧気設備を撤去しました。そして、水平ロック(マン、マテリアル各1基)を取付け、坑内圧気に切替え、本推進を開始しました。

圧気工法では坑内出水が心配されますが、その安全設備として、トンネル断面の上部に鉄製の隔壁版を25m間隔で設備しました。これは不慮の坑内出水に際して、坑内上層約40cmに空気だまりを確保し、切羽からロックへ逃げる際に、泳ぎながら呼吸確保ができるようにしたのですが、幸いにもこれを使うことはありませんでした。

浜寺水路は鋼矢板護岸で、シールドはこの矢板先端部の下を掘進しました。本推進を開始してしばらくすると切羽地盤に砂層が現れ、浸水が多くなったのでポンド(気圧)を0.09MPaから徐々にアップし、最大0.23MPaまで昇圧しまし



切羽土留めイメージ図



隔壁板概要図

た。砂層ではムシロと土のうで切羽のほぼ全面を覆い、それらを4基の土圧板で支持することで閉塞し、この土圧板を順番にゆるめて切羽土砂を取込むことで掘削しました。切羽には社員2名、シールド工(潜函夫)4名程度を配置して下段のベルトコンベヤから土砂を後方へ排出しました。高気圧下の作業となったので、もちろん作業時間に制限があり、3交代としました。切羽からの浸水やセグメント継ぎ目からの漏水により、切羽作業は全身ズブ濡れの状態で行う羽目となり、さらにバルコンも滑るため介添えが必要な状況でした。この漏水によるバルコンの滑りを少しでも防ぐため、ブルーシートで被いながらやっていたのですが、作業休止中に火災が起こりバルコンとキャブタイヤケーブルが燃

えてしまいました。減圧して切羽から徐々に水を呼び込むことで消火し、その後、換気を行って酸素濃度ほかを確認してから、作業を再開しました。この火災は灯光器による加熱が原因でした。幸いにも作業中の事故でなく、人的な被害はありませんでした。

この砂層における高圧下作業では、体が濡れていることもあり数名が潜函病になってしまい、私もその治療に没頭し、疲労困憊の際に立たされました。

このような苦勞をしながらも、帯水砂層がなくなると現場は落ち着いてきます。切羽が粘土地盤になると、坑内圧を0.09MPaに落とし、ひたすら掘削を行いました。逆に粘土地盤は固く、粘りがあり掘削は困難を極めました。掘削に使用するのは平ノミツきのチッパー

や剣スコが主な道具で、剣スコを土圧ジャッキで押し込み削り取るのが効果的でした。この剣スコ(スコップ)の柄がよく折れて、新しいスコップが切羽に届くのを待つこともよくありました。近くの金物屋でゴっそり仕入れるのですが、数日しかもたない状態でした。

こうなると砂層が待ち遠しくなるほどで、切羽地盤次第で掘進量も大きく左右されました。いちばん掘削条件が良いのは、レンズ状に砂層が現れ、圧気で対応できる程度の漏水量のときで、掘進もはかどりました。このような切羽が続いてくれることを皆で期待していましたが、突然上半断面が砂層となり水とともに砂が切羽に流出してくる事態が頻繁に起こりました。急遽上半断面をムシロなどと土圧対抗板で覆い安定を図るのですが、下段は固い粘土地盤で推進ができない状態のままです。シールドの切羽下部を掘り込み、シールドを推進させて小出しに粘土掘削を行うしかありませんでした。

シールド掘削全般でとくに留意したことは、シールド上部が余掘り状態になったときの対応でした。そのような場合にはシールドを推進させて、できるだけ早くセグメント上部を裏込め注入でしっかり充填してやることで、トンネルの安定と、セグメント継手からの漏水防止を図りました。

切羽地盤は安定した粘土、レンズ状の砂と崩壊性砂層が次々と現れましたが、前述の経験を活かし、水路横断に続き臨海線道路を

通過して、圧気蓋による立坑圧気で迎える到達立坑にたどり着きました。

シールド掘進の測量について少しふれておきますと、発進立坑側に1本、到達直前に1本観測ボーリングを行いました。地上から下げ振り投下が可能なボーリング孔を作り、確実に到達できるよう、愚直な方法をとりました。もちろん地盤条件や、圧気対応など必要な要件をクリアする必要がありました(主として地下水圧)。その結果、施工誤差は6cm程度でした。

シールド貫通後、坑内に600mmと400mmのガス管が各2本配管されました。

私たちがこの高石シールドを施工している間に、世の中では流域下水道、地下鉄道あるいはガス・水道配管などのインフラ工事が増え、新たなシールド工法も考案されてまいりました。手掘りオープンのほかに、ブラインド式、機械式(面板カッタ)などの工法が開発され、さらに泥水加圧式が脚光を浴びる時代になりつつありました。要するに、掘削地盤に適応した最

善の工法を選択できる時代がやってきたわけです。

軟弱地盤を手掘りオープンで施工していた往年のご同輩とともに同じ苦勞を共にしてきたことを、あの時代の最終ランナーとして誇りに思う次第です。

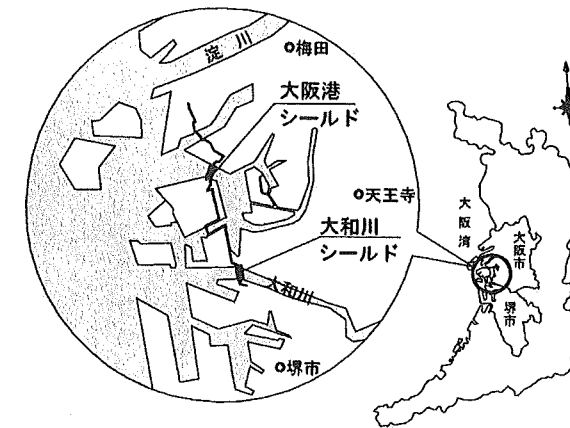
**大阪港シールド
—大阪湾海底トンネルを
泥水加圧式シールドで掘進—**

高石シールドが完工したあとにも、大阪瓦斯(株)では引き続き高圧導管敷設の計画があり、昭和52年から、堺-北港連絡管の大阪港シールドと大和川シールドの計画・設計に参画しました。検討の結果、大阪港シールドは南港連絡橋のすぐ西側を南港埋立地から第1突堤までの延長619m、最大土かぶり30mの海底シールドとなり、大阪瓦斯(株)として初めて泥水加圧シールド工法を採用することとなりました。大和川シールドは大阪瓦斯(株)の堺製造所から大阪市住之江区に渡る、延長560m、土かぶり21mの河底シールドです。粘土地盤が対象となるためブラインド型

が採用されました。私は昭和52年から大阪港シールドを担当し、大和川シールドは同僚の所長が担当することになりました。

大阪港シールドの対象地盤は沖積粘土層で、やはり立坑はいずれもニューマチックケーソンでした。この現場の特色は泥水処理がたいへん難しかったことです。泥水処理についてはあらかじめ会社の技術研究所で検討してもらい、集めた土質試料に対して有効な凝集剤や処理機械の最適な選定を行いました。

泥水加圧シールド工法は手掘りに比べ革新的な方法で、切羽を密閉した隔壁で遮断し、送・排泥管による泥水ポンプの運転により掘削土砂を地上まで引上げることができました。操作は事務所の中央制御盤でコンピュータによる自動運転ができ、わずかな期間で隔世の技術進歩が実現していたわけです。これはひとえに、この時代の要求に沿って、わが国において多方面での技術が開花し、シールドメーカー各社の研究開発と建設会社の企業努力が実った結果だと思



大阪港シールド位置図



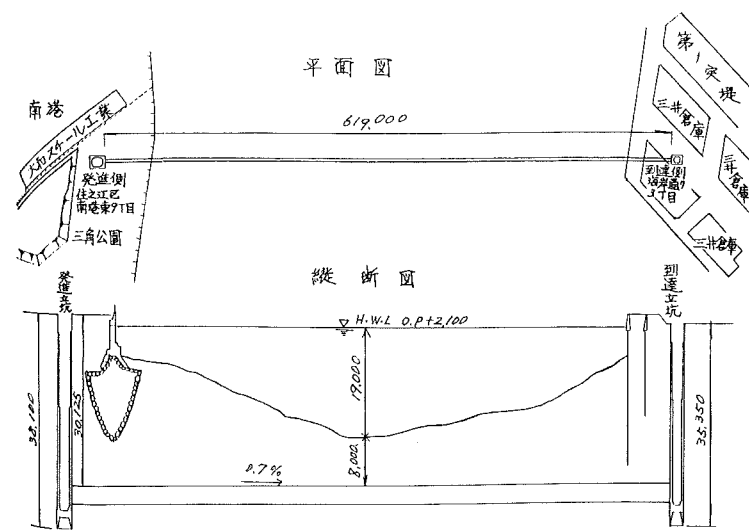
大阪港シールド航空写真

います。掘進作業は順調に進みました。しかし、渡海中央部にかかる

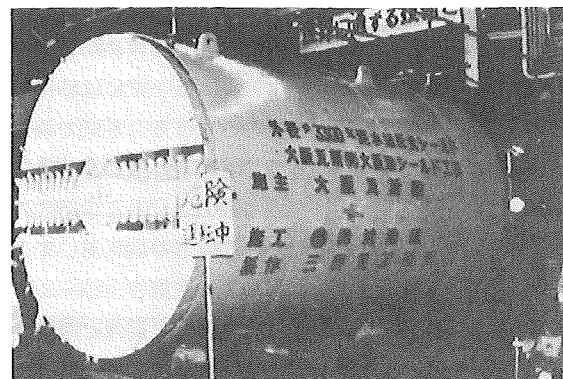
積粘土層の土質が変化して、粘土粒子がたいへん細くなってきました。そのため脱水装置のフィル

タープレスが全く効かなくなり、泥水処理施設の貯留槽が満杯になったため、掘進作業を停止せざるを得ない状況になりました。4基あるフィルタープレスでは、長時間脱水処理しても排出ケーキはどろどろのアンコ状態で、下部バルコンにへばり付くばかりでした。濾布にはべっとり泥水が絡み付いて、ハイワッシャーでの洗浄も困難を極めました。粘土粒子が細かいため濾布に目詰まりが生ずるのが原因でした。切羽地盤の変化を祈りつつ、半月あまり脱水処理設備の洗浄作業が主たる作業となり、皮肉なことに最新式の掘進設備もお手上げの状態が続きました。

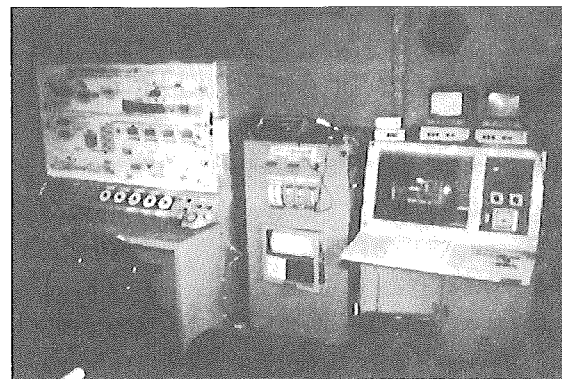
切削した粘性土は塊にならず、



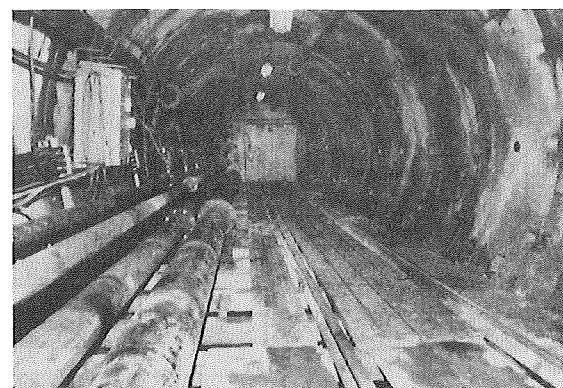
大阪港シールドトンネル全体図



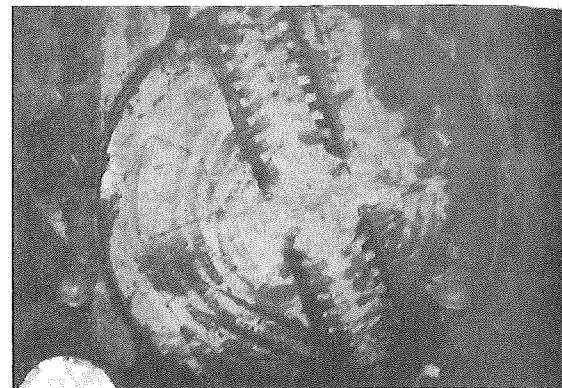
シールド(大阪港シールドトンネル)



管理室



水平ロック



シールド到達

すべて泥水に溶けてお汁粉状態となり、一次処理のサンドコレクターによる塊状回収もできず、泥水比重は急激に上がり、かと言って希釈すれば泥水容量が増えてしまうので、対応手段がありませんでした。

ようやく切羽断面の土質に、もとのように砂が含まれ出したことで、掘進・泥水処理が軌道に乗りましたが、あの沖積粘土の性状は大きな障壁として現場全体に一大ショックをもたらしました。あの区間は距離にしてわずかだったのですが、大自然の驚異と言いますか、どうにもならない体験をした次第です。今から考えれば、バキューム車で広大な処理地に運搬し天日乾燥することが思いつきますが、産業廃棄物扱いなど困難な側面が多々あったのではないかと思います。

もう一つの書き残しておきたいことは、裏込め注入口のプラグについてです。ご承知のとおりセグメントには1ピースごとに1つの雌ねじがあり、そこに治具を挿入して、シールドのテール部でエレクトラによりセグメントをリングに組立てます。裏込め注入する箇所には注入用のバルブ付きの端末をセットしますが、注入しない大半の注入口はテール部でプラスチック製のプラグにより閉塞します。

圧気仮推進の完了後、水平ロックを設置するため断気解放したところ、いくつかのプラグにひび割れが生じ、漏水するものが出てきました。要するにこのプラグは、水圧0.27MPaが作用するような海

底シールドに使える高水圧対応のものでなく、一般的なシールド用だったわけです。急遽水平ロック付近までのプラグを耐圧仕様の無垢の鋼製プラグに取り換えなければならない事態になりました。緊急用の木杭や裏込め用のバルブ端末などを準備しておいて、坑口から決死の交換作業に取り組みました。なんとかロック取付け部までのセグメントプラグを交換し、その後、突貫工事で水平ロックを取付け、坑内圧気を開始し、切羽までのすべてのプラグを交換することができました。経験不足が原因の失敗だったと言えるでしょう。

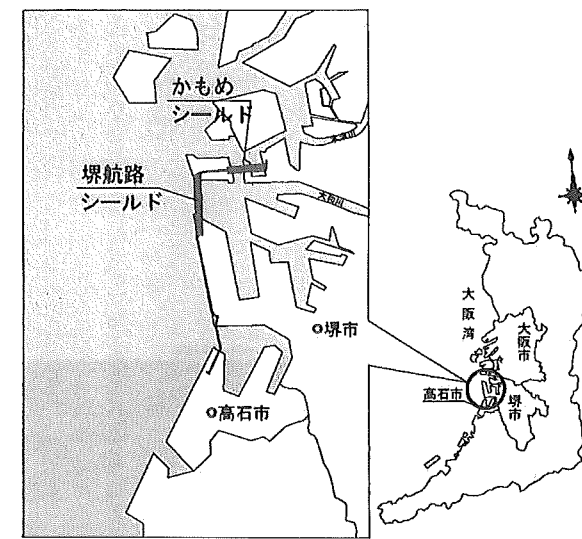
堺航路シールド —日本で初めての 高水圧下海底ドッキングでの 長距離シールド工事—

昭和57年に、「仙台市地下鉄鍋田工区」(単線2本の泥土加压シールド)に参加して地下鉄シールドを経験しました。この現場はサブ

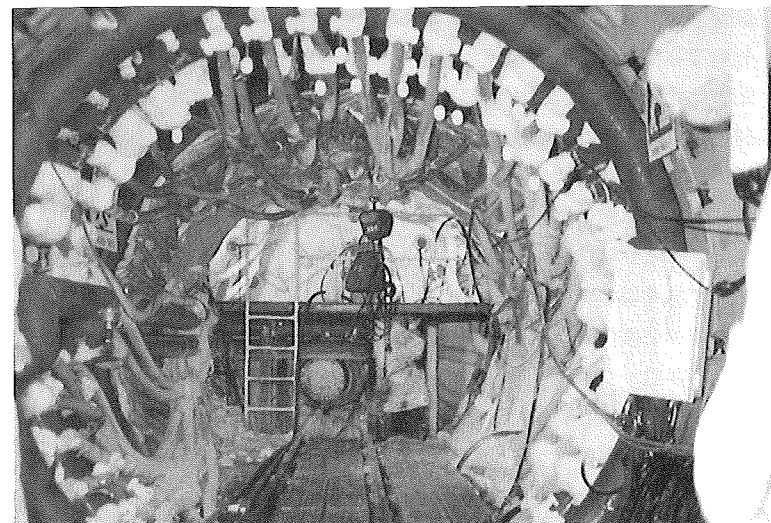
で参画した工事で、人頭大の礫混じり粘土層を2基のシールドで掘り進みました。シールド貫通後、大阪で新たな計画があるとのことで帰阪しました。

昭和59年、大阪瓦斯(株)の泉北工場から南港埋立地へのガス導管建設工事のうち、堺の7-3区埋立地と関西電力(株)が新設するLNG火力発電所向けの延長2,130m、最大土かぶり43.5mの海底トンネルでガス導管を敷設する「南港ライン、堺航路シールド工事」の計画・設計に従事しました。

この工事の計画にあたり最大の問題は、どの地層を掘進するかということでした。堺市側基地は埋立て工事中で、比較的良質土により埋立てすることで基地造成が可能な場所を設定しました。大阪市の南港側はかなり以前に埋立てが完了し、市民の海水浴場としてにぎわっている場所で、埋立て護岸は捨て石による一般的な護岸構造でした。この捨て石の最下端の深



堺航路シールド位置図



海底ドッキングでの凍結工

さが確定できず、シールドはこの下を余裕をもって通過しなければなりません。大阪瓦斯(株)との協議により天満砂礫層を抜くか、その下の洪積粘性土を抜くかが問われました。

結論として天満砂礫層にチャレンジし、2,130mに及ぶ長距離での砂礫帯水層掘進とすることになりました。工期とシールドの耐久性、とくにローラービットの耐摩耗性を考慮して、2基のシールドで両側から掘削を開始し、海底部での凍結によるドッキング工法を採用することとなりました。当時のシールド技術の進展は、そこまで対応できるようになっており、まさに隔世の思いをしたものです。

しかし、私はこの現場に残念ながら配属されることはなく、計画・設計に従事している間に、「関西電力(株)かもめ共同シールド」の赴任が決まっておりました。この堺航路シールド工事は同輩の所長が見事に貫通させ、発注者の期待

に応えることができました。

かもめ共同シールド —超高水圧下の海底シールド トンネルを掘進—

昭和61年、関西電力(株)が南港に建設するLNG火力発電所から大阪市内陸部への送電線とガス導管を併設するための、南港埋立地から南港フェリーターミナルまでの延長1,322m、最大土かぶり40mの海底トンネル工事に、所長として従事しました。

両立坑は連続地中壁で計画され、発進・到達部護岸を直角に推進するために海底部にSカーブが設定されていました。掘削地盤はやはり洪積砂礫層で、泥水式シールドが採用されました。

この現場の特徴と問題点を2点に絞り、まとめておきます。

1つ目は、ダクタイル製セグメントの注入プラグの1つが、施工中に吹き飛んだことです。

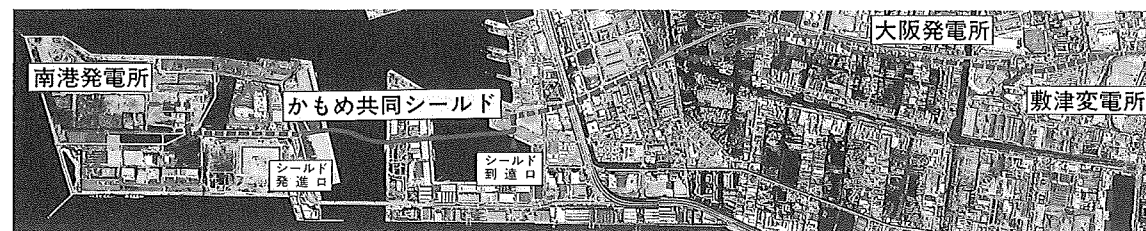
深夜の緊急電話で現場に駆けつ



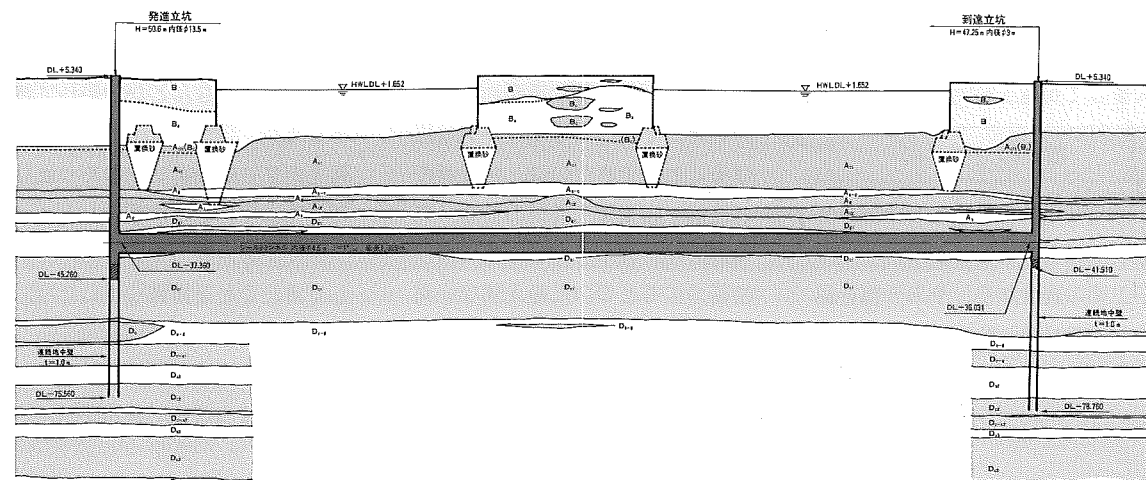
ドッキング精度

けたところ、注入口から地下水と砂礫が噴出していました。坑内は大気圧で施工中でした。木杭と裏込め注入用アタッチメントで何度か噴出水の遮断を試みましたが、0.4MPaの水圧は手に負えず、砂が肌に食い込むような手応えが強烈であったため、大気圧下での対応をあきらめ、坑内圧気を開始しました。この現場でも非常時対策として水平ロックを設備していたので本当に助かりました。噴出物がインバートに溜まりだし、レール高さまで来ましたが、坑内気圧が0.2MPa程度に達したときに噴出物は減勢し、ようやく注入アタッチメントの取付けに成功しました。この出水はプラグの締付けが浅く、甘かったことが原因のようでした。

2点目は測量です。Sカーブが入っているため、センター測量は施工中も慎重に行いました。いよいよ到達立坑に向かって掘進目標を決めなければならない到達の手前150mぐらいから、現場の休日



かもめ共同シールド航空写真

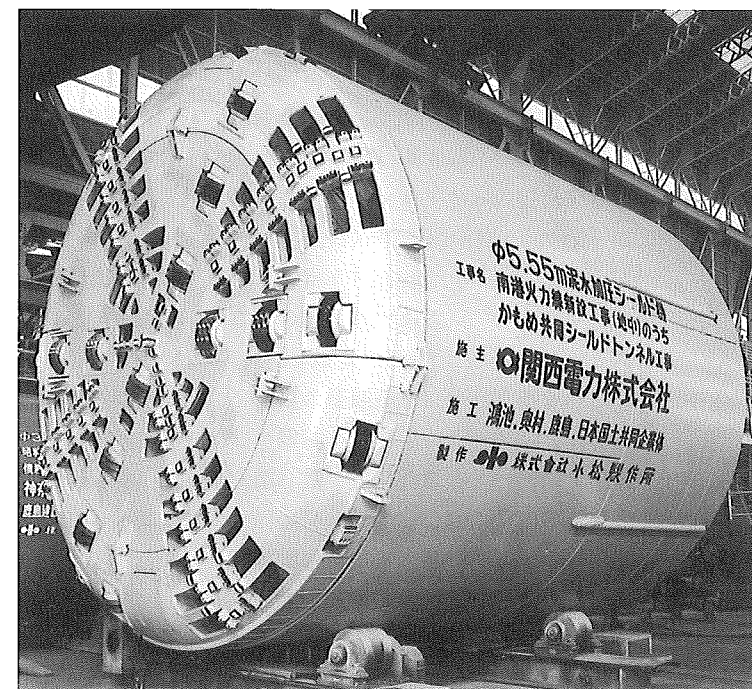


かもめ共同シールド縦断面図

に、専門の測量会社に発注して、発進立坑から到達立坑へのセンター測量を重ねました。到達手前約75mまでに8回の坑内基線確認測量を実施し到達位置を推定した結果、最大150mmのばらつきがあったため、その中間を目標として最終掘進方向を設定しました。その結果、ほぼ50mm程度の誤差で、凍結工法を用いて到達できました。

ここで凍結工法について少し説明しておきます。発進時も凍結を補助工法として採用しシールドをすっぽりと包むように凍土で固め、坑口のテール部を裏込め注入で処理して泥水圧でチェックし、掘進を開始しました。

到達の際は、シールドを速やかに到達壁まで到達させ、いったん



シールド(かもめ共同シールドトンネル)

再凍結をします。ブライン温度の低下を図り坑内は断熱防護を行いスキンプレートを凍着させ、裏込め注入で完全に地下水圧を遮断します。到達壁(連続壁)を研り、今度はスキンプレートを換気などにより温めてシールドの凍着を縁切りします。シールドを到達壁の最終地点まで推進し、再度裏込め注入をして到達工を完成させました。

おわりに

昭和45年から平成の始めまでの約18年間の圧気潜函工事とシールド工事の経験から、その一部を紹介して参りました。携わったシールド工事は10本ほどになりますが、手掘り圧気オープンから泥水式に

至る工法を駆使して、河川や海底の条件の厳しいところを担当したことで、大阪瓦斯(株)と関西電力(株)の天然ガスによるエネルギー転換という時代の要請に、少しはお役に立てたのではないかと自負いたすところです。

それにしても、各工事について思い出されるのは、現在では許されないような苛烈な場面との遭遇でした。それらをなんとか切り抜けることができたのは、発注者のご理解・ご指導、会社の支援、先輩方の熱い激励、それに現場員の技術力にもとづいた絶え間ない果敢な突貫精神力だったと思います。それが実現できた私はたいへん幸せな技術者だったと、お世話になっ

た皆様にあらためて感謝する次第です。

どんなに綿密な計画が確立していたとしても、実際に掘り出すと未知なる大自然は新しい課題で挑戦するように頭をもたげてきます。さまざまなトラブルに対して、得られた情報や経験から考えられる選択肢の中でベストな方法であろうと判断してなんとか対処してきましたが、限られた工事経験から考えますと最後までそのくり返しだったように思います。

あえて失敗談も交えて私の経験してきたことを披露しましたが、若い皆様の今後に熱い期待をもって、小文を捧げたいと思います。ありがとうございました。

報告

「ITA総会および世界トンネル会議(ジュネーブ)」報告

日本トンネル技術協会

第39回国際トンネル協会(以下「ITA」)の総会が、2013年5月31日～6月7日にスイスのジュネーブで開催され、71の加盟国のうち58か国が参加した。併せて開催された2013年世界トンネル会議(以下「WTC」)は、ITAおよびスイストンネル協会(STS)の共催により、「地下—未来への道筋」のテーマのもとで1,800名を超える参加者があった。

日本からは、佐藤会長をはじめとするITA総会、作業部会(WG)の担当者およびWTCの論文発表者など多数の参加があった。

以下に、その概要を報告する(以下、敬称略)。

1 I T A 総 会

1-1 ITA総会(代表者会議)^{1)~3)}

1-1-1 会員状況

新規加盟国として、ブータン、ボリビア、カンボジアの3か国の加入が承認された。

また、新規の関係団体会員として、法人会員25名、個人会員5名の加入を承認した。結果、会員は全体として71か国、302名となった。

1-1-2 決算報告および予算

過年度の決算報告および2013～2014年の事業計画・予算を承認した。年間の事業規模は、おおむね75万ユーロである。収入は、加盟国・会員から



写真-1 第39回ITA総会会場(CICG)

の会費、スポンサーからの賛助金が主なものであり、支出は、事務局経費、報告書、TUST、ITAウェブサイト、ita@news、作業部会(以下「WG」)などの活動費である。

1-1-3 役員の改選

役員の任期満了に伴う改選が行われ、以下の新しい体制が承認された。

会 長	S. D. Eskesen(デンマーク)	～2016年
前会長	I. M. Lee(韓国)	～2016年
筆頭副会長	R. P. Lovat(カナダ)	～2016年
副会長	T. Celestino(ブラジル)	～2016年
副会長	A. Elioff(米国)	～2016年
副会長	D. Peila(イタリア)	～2016年

理事	A. Gomes(チリ)	～2016年
理事	R. G. Haug(ノルウェー)	～2016年
理事	N. Kazilis(ギリシャ)	～2016年
理事	E. Leca(フランス)	～2016年
理事	L. Yan(中国)	～2016年
職務上理事		
	D. Kolic(クロアチア)	～2015年
会計責任者		
	F. Amberg(スイス)	～2016年

1-1-4 今後のITA総会、WTCの開催予定

2016年の開催候補地として立候補したのはサンフランシスコ(米国)のみであり、投票の結果、サンフランシスコで2016年6月10～17日に開催することが決定された。テーマは「Uniting our Industry(わが産業界の団結)」である。

なお、今回はブラジルのイグアスで2014年5月9～15日(テーマ「より良い暮らしのためのトンネル」, www.wtc2014.br), 次々回はクロアチアのドゥブロブニクで2015年5月22～28日(テーマ「南東欧州地域におけるトンネルの推進」, wtc15.com)に開催の予定である。

1-2 出版物および情報発信

1-2-1 メール配信「ita@news」

ITAニュースのメールを今年5回配信した。配信先は約8,000名であった。メール配信希望者はITAウェブサイトで登録が可能であり、ITAも定期購読者からの反応を期待している。

1-2-2 論文集「Tunnelling & Underground Space Technology(TUST)」

TUSTは、印刷物としての出版のほか、ITA会員は電子版へのアクセスが可能である。

1-2-3 ITAウェブサイト¹⁾

130か国から約5,800件/月のアクセスがある。今回ウェブサイトを全面的に刷新し、現在は新版が利用できる状況にある。

1-2-4 ITA報告書など

WGの成果として以下の報告書を出版した。
『長大・大土かぶりトンネルの作業坑の建設』²⁾
『在来工法の契約に関するガイドライン』³⁾
また、ITA-Tech委員会の成果として『TBM

主軸受けの定格寿命(L₁₀)算定のためのガイドライン』⁴⁾『吹付けによる防水被膜の設計ガイド』⁵⁾を出版した。

これらはいずれもITAウェブサイトからダウンロードが可能である。

1-2-5 ビデオ

ITA-CUSおよび「良好かつ活力のある都市の決定に関するオープンセッション」の活動のなかで、複数のビデオを作製した。

これらはITAのウェブサイトやYouTubeチャンネルで利用可能である。

1-2-6 SNS

ITAのグループのなかには、LinkedIn(ソーシャルネットワーク)を活用して積極的な活動を展開しているところがある。このグループには、現在約2,300名の会員が登録している。

1-3 理事会、作業部会などの活動報告

1-3-1 理事会の活動

理事会を5回開催するとともに、WTCの招聘基準、事務局の補強および教育・訓練に関する特定のトピックについては、タスクフォースを設置して活動を展開した。

また、28か国の加盟国が主催する会議やイベントに対して、訪問、参加、承認の付与などにより加盟国との連携を展開する一方で、ITA未加盟国でのさまざまな会議や会合で、ITAについての発表をした。

なお、本年3月にはITA副会長らがJTAに来訪し、ITAの活動に関する意見交換をした(本誌Vol.44, No.5, p.75, 2013.5.参照)。

また、国際的な姉妹協会であるPIARC, ISRM, ISSMGE, ITIG, IFME, ISOCARP, ACUUSとの連携を図った。また、ICEI, IRFとの接触も確立した。

1-3-2 作業部会(WG)の活動

今回新規に設置したWG21(ライフサイクル・アセット・マネジメント)を含めて、現在13のWGが活動している。

WGへの参加は、国際会議での講演発表などで得られない方法での情報の発信・収集や個人・

グループとのネットワークの構築が可能であり、これらの活動を通じて日本の技術や考え方を発信する良い機会である。

今回、日本からは6つのWGに参加し、WG12(吹付けコンクリート)には部会長として石田積(電気化学工業(株))が、WG15(建設工事と環境)には副部会長として太田義和(太田技術事務所)が参画した。

各WGの活動状況は以下のとおりである。

(1) WG2: 研究

部会長: E. Leca(フランス)

副部会長: C. Yoo(韓国)

担当理事: S. Eskesen(デンマーク)

本WGでは地下構造物における研究に関する内容を取上げ、計画・設計・施工などの分野に関して技術者の手助けとなる話題を中心に審議を行い、とりまとめた資料のホームページにおける公開や出版物として発行している。

今回は、①トンネル計画における現地調査方法、②トンネル工事におけるリスクマネジメント、加えて、③セグメント用の繊維補強コンクリートに関する審議が行われた。

①ではこれまでに執筆した報告書案に関して審議が行われた。その結果、欧州における事前調査方法の実態や事例を加え、計画段階において最小限必要とされる調査に関する内容を含めたうえで報告書を取りまとめていくことが決定された。この具体的な活動はサブWGを設置して審議が行われる方向である。

②では特定のプロジェクトで実施されたリスクマネジメントに関する資料を収集した結果や、フランストンネル協会において発行されたリスクマネジメントに関する勧告の内容が紹介された。その結果、サブWGを設置し、そのなかで報告書案に関する審議を行っていくことが決定された。

③では繊維補強コンクリートの特性を考慮した設計手法を報告書に含めるべきといった技術的な審議を行い、そのうえで査読を実施することが決定された。また、コンクリートに関する他機関などとの連携の必要性に関する議論も行われた。こ

れらの結果を踏まえ、報告書としての出版に向けて調整が図られることとなった。

上述の案件以外では、フランスにおけるサステナビリティに関する話題提供や、新たに設置されたライフサイクルコストに関する審議を行うWG21との連携に関する議論も行われた。また、部会長が理事メンバーに選任されたことにより、新部会長にC. Yoo(韓国)、副部会長にE. Chirioti(フランス)が就任した。

引き続き、わが国のトンネル技術の一層の発展に資することを旨とし、わが国で既に得られている情報の発信を積極的に行うことを考えている。

(文責: 砂金伸治・(独)土木研究所)

(2) WG3: 地下工事の契約

部会長: A. Dix(オーストラリア)

副部会長: M. Smith(英国)

担当理事: T. Celestino(ブラジル)

本WGでは、2011年に発刊した『地下工事における契約骨子作成のためのチェックリスト』を実務上の問題をより反映したものとして定着させるべく、WG内に以下の項目を目的とした4つのタスクグループを設け、来年のブラジル大会まで継続的に活動していくこととなった。

- ① 契約実務上の成功事例の情報収集と要因分析
- ② Geotechnical Baseline Report(GBR, 地盤工学ベースライン報告書)の作成で考慮すべき事項の提言
- ③ 地下工事において模範とすべき契約のあり方の提言
- ④ 地下工事に適した紛争解決メカニズムの提案

また、国際的に広く使われている標準契約約款が、より地下工事の特殊性を考慮したものになるよう提言を行っていく。まずは、FIDIC(国際コンサルティング・エンジニア連盟)の契約約款の問題点を整理・分析したうえで、地下工事に適した契約形態やリスク分配、支払方法などをとりまとめ、同連盟に提案する。

(文責: 奥山義英・鹿島建設(株))

(3) WG 5: 工事中の安全衛生

部会長: D. Lamont(英国)
副部会長: M. Vogel(スイス)
担当理事: I. Hrdina(チェコ)

『坑内の避難所のガイドライン(案)』に対して寄せられたコメントについて検討し、今回WGとしての最終案をとりまとめた。

今後の予定として、『圧気に関するガイドライン』の更新(英国トンネル協会圧気WGとの協働、~2014年)、『地下工事車両の安全に関するガイドライン』の作成(ITA-Techとの協働、~2015年)、立坑建設の安全に関する南アフリカトンネル委員会との協働、緊急時の対応、健康被害を含む安全ガイドラインの見直しについての検討を進める予定である。

(4) WG 6: 維持修繕

部会長: H. Russell(米国)
副部会長: R. Bosch(オランダ)
担当理事: Y. Bai(中国)

2004年に出版した道路トンネルの耐火に関するガイドラインを更新した(2013年6月)。

また、供用中のトンネルの維持管理について、点検手法、補修方法、データの管理、管理者が行う補修、代表的な補修事例、維持管理の軽減のための設計時の配慮事項などをとりまとめた。トンネルの防水工についても検討した。

今後は、新設のWG21とも協働する。

(5) WG 9: 地震の影響

部会長: W. Qiu(中国)
担当理事: D. Peila(イタリア)

これまでのWGをもとに整理されたWG報告書の素案が提示された。内容は、中国をはじめ台湾や日本におけるトンネルの地震被害の事例が整理され、地震被害の分析結果についても説明があった。また、地震被害の原因、対策検討結果についても提示された。

討議では、分析方法の再検討(事例分析をした既往文献を参考)のほか、地震被害の事例をアジアだけでなく、米国やチリなども幅広く収集する必要性が指摘された。地震被害の原因、対策につ

いても継続して検討することとなった。

なお、前回のWGで提案された副部会長の選出について、候補者は提示されなかった。

(文責: 芳賀康司・(独)鉄道・運輸機構)

(6) WG 11: 沈埋・浮きトンネル

部会長: C. Ingerslev(米国)
副部会長: J. Baber(英国)
担当理事: Y. Leblais

『企業者のための沈埋トンネルガイド』については、ITAウェブサイトに掲載済みの付属資料6項目に加えて、5項目の付属資料について検討作業中である。さらに7項目の付属資料を追加作成することとしている。

『浮きトンネルのガイド』については、その枠組みについて検討し、今後、目次や執筆担当を決める予定である。また、既刊の『沈埋トンネルのカタログ』については引続きデータを更新することとし、環境に関する論文についての目次を検討した。

新部会長にJ. Baber(英国)、新副部会長にE. Putten(オランダ)が就任した。

(7) WG 12: 吹付けコンクリート

部会長: 石田 積(日本)
副部会長: O. Kleven(ノルウェー)
担当理事: F. Amberg(スイス)

現在取り組んでいる調査研究の進捗を確認した。

1) 繊維補強吹付けコンクリート

各国の仕様・指針と研究開発と技術動向を調査した報告書が作成途中にあり、さらに目的や作用・効果について設計の考え方を盛り込む方針を確認した。追加作業はJTA技術委員会で取り組んでいる成果を盛り込む予定である。

2) 配合と耐久性

暫定報告書ができており、引続きメールなどを通じて報告書としてまとめる作業を進める。

そのほかに、3)吹付け防水膜についてはITA-Tech委員会の活動成果の報告があり、また、新たに、4)品質管理および恒久構造物としての吹付けコンクリートの調査に取り掛かることで合意した。

本WGはITA-Tech委員会との連携を強化しており、上記「吹付け防水膜」の報告のほか、「環境負荷を低減する吹付けコンクリート」の活動の紹介もあり、情報を共有化した。

新部会長にE. Grov(ノルウェー)、新副部会長にS. Bernard(オーストラリア)が就任した。

(文責: 石田 積・電気化学工業(株))

(8) WG 14: 機械化掘削

部会長: L. Babendererde(ドイツ)
副部会長: B. Felchur(米国)
担当理事: C. N. Ow(シンガポール)

会議開催地がジュネーブであったことから、ヨーロッパからの参加者が多数を占めた。

1) チャレンジング・プロジェクト

昨年度は応募がなかったため、各国委員にチャレンジング・プロジェクトの採用基準を再度配布し、各地域の委員が該当する案件を提出することとした。

2) TBMの選別、施工、圧気の規定などのガイドライン

各委員に各国の新規ガイドライン、またガイドラインに改定があれば提出を依頼した。

3) 機械化掘削、山岳トンネル、沈埋トンネルの問題点比較表の作成

WTC2013開催中での山岳トンネルグループとの討論を企画したが、山岳トンネルグループの準備が間に合わないため先送りとなった。

4) 今後WG 14で取り上げる課題の選定

前回採択された切羽圧の設定、裏込め注入、計測管理に関して担当者が資料を作成、各委員に配布して意見の交換を行うこととした。

(文責: 狭間裕志・(株)大林組)

(9) WG 15: 地下工事と環境

部会長: J. Rohde(ノルウェー)
副部会長: 太田義和(日本)
担当理事: A. Elioff(米国)

例年の参加国、米国、ノルウェー、スウェーデン、日本、韓国、ロシアに加え、今年はスペイン、フランス、スイス、台湾からの新規参加者が増えた。昨年のバンコク大会においては建設工事の水

質、騒音、振動関連を主要議題とし、その一次原稿の審議が本ジュネーブ会議での予定であったが、今回は参加国と人数が増加し、かつその多くが掘削関連専門家であったことから、トンネル掘削残土に関する話題が大きな議論となった。それらの主たる議題は、

- ・ずりの品質管理について
- ・ずり処分地の選定(方法)
- ・ずりの所有権
- ・ずりの再利用
- ・将来(2~3年後)建設残土取扱いに関する「指針など」のとりまとめ

であった。このため、加盟各国から多くの具体事例を収集することとし、各国の環境対応状況、運用指針、環境基準などの収集を行うこととした。

トンネル工事従事者のための作業環境関連の一次原稿も(日本側で)用意したが本件についてはWG 5(安全・衛生)へ移管することとした。

なお、太田副部会長は今回で退任し、後任候補を韓国から予定している。

(文責: 太田義和・太田技術事務所)

(10) WG 17: 大土かぶり長大トンネル

部会長: G. Seingre(スイス)
副部会長: J. Yan(中国)
担当理事: R. Lovat(カナダ)

報告書『長大・大土かぶりトンネルの作業坑の建設』⁹⁾を出版した。なお、中国の要請により本報告書を中国語に翻訳している。

今回、プロジェクトの事例紹介や、既存プロジェクトの進捗状況の発表があった。今後は、押出し性地山、崩落性地山、剝離性地山におけるTBM、および先方地山の注入改良やTBMに関する検討を進める予定である。

新副部会長にM. Schivre(フランス)が就任した。

(11) WG 19: 在来工法(NATM)

部会長: H. Ehrbar(スイス)
副部会長: R. Galler(オーストリア)
担当理事: M. Thewes(ドイツ)

報告書『在来工法の契約に関するガイドライ

ン』⁹⁾を出版した。本ガイドラインには、入札契約のあり方、地盤条件が異なった場合のリスク分担のあり方、トンネル技術者の資質などについて提言をまとめている。

今後の計画として、WG2が出版した『在来工法のモニタリングのガイドライン』の見直しや、WG14と協働で『掘削工法の選定のガイドライン』の作成をする予定である。

(12) WG 20: 都市問題と地下化による解決策

部会長: W. Broere(オランダ)

副部会長: V. Ahuja(米国)

担当理事: P. Kocsonya(ハンガリー)

本WGは、都市の諸問題に対して地下利用による解決策に注目し、地下利用を成功に導く鍵を特定することや地下利用の意志決定をするプロセスを改善することについて検討をしている。計画・建設・運用などの各段階において、それぞれに異なる関係者や異なる視点がある。

今回も、開発途上国における都市のトンネル、都市環境の積極的な創造、都市の鉛直展開、巨大プロジェクトの成功例と課題などの事例発表があり、これらを踏まえた地下空間利用の促進が期待される。なお、ITA-CUSやACUUSなどとも連携して活動している。

(13) WG 21: ライフサイクル アセット マネジメント(LCAM)

部会長: M. Muncke(オーストリア)

副部会長: J. Holst(デンマーク)

今回の総会に提案され新設されたWGである。

トンネルの管理者がライフサイクルの視点で施設を管理するためのガイドラインを作成することを目的とし、これにはトンネル附属施設に関するチェックリストなども視野に入れる。まずは文献の収集に着手する。

WG2, WG20などと連携して活動する。

1-3-3 ITA委員会の活動

ITA委員会は、ITA傘下の組織であるが、委員会への登録、参加ともにITAとは独立して運営されている。近年、各委員会の活動がとみに活発化している。

(1) ITA-COSUF: 安全運営委員会

委員長: D. Lacroix(フランス)

副委員長: R. Leuker(スイス)

担当理事: F. Amberg(スイス)

地下施設の安全と管理運営に関する最新情報の交換と発信を目的としており、PIARC, SLOT², ACUUSとの連携のもとで活動している。

次の4つのグループで活動を展開している。

AG1: 欧州および国際的な情報交換

AG2: 基準および実施例

AG3: 研究および新しい知見

AG4: 欧州の道路トンネル安全担当官の会合

WTC 2013会期中に「複雑な多目的地下施設の安全」に関するWSを開催した。

ITA-COSUFのWebでは「道路トンネルの安全基準に関する調査」の結果を公開したほか、現在『鉄道トンネル火災の安全設計ガイドライン(案)』⁹⁾に対するコメントを求めているところである。

新委員長にR. Leukerが就任した。

(2) ITA-CET: 教育訓練委員会

暫定委員長: M. Knights(英国)

ITA-CET基金のもとで、世界各国の大学などの教育機関とトンネル技術に関する教育訓練の情報を交換し、ITAの協賛により開催されるトンネル技術に関する教育訓練プログラムである

- ・ITA認定修士コース
- ・若年技術者短期研修コース
- ・各国、地方でWSの開催

を支援するとともに、教材の提供、講師の紹介をしている。

今回WTCの一環として開催された2日間のITA-CET教育訓練コースは「地盤改良工法/事前支保および補強」をテーマとして「注入」「排水」「フォアポーリングおよび切羽補強」「ジェットグラウト」「凍結工法」とバラエティに富んだ講義内容であった。都市部・大断面などの地盤改良工法について、多数の施工事例や施工方法のほかに、工法の採用、実施、改善の変遷が紹介されるなど項目も多岐に及んだ。

講義内容は、若手技術者を対象とした基本的な事柄が多く、パワーポイントを使用し図・写真なども多数用いられることから、講義の概略は十分に理解できる一方で、事前に資料が配布されれば、テーマに沿った国内の施工事例を調べることで、講義の内容との比較ができるなど、理解が深まると思われた。このほか、テーマに沿った施工事例を短時間で集中的に知ることができることから、効率的に海外の事例収集ができる点も良い。

なお、テキストは現地で紙ベースのほか電子データでも配布された。

(文責: 芳賀康司・(独)鉄道・運輸機構)

(3) ITA-CUS: 地下利用委員会

委員長: H. Admiraal(オランダ)

地下空間の利用計画に関する関係機関との連携について2013~2016年の行動計画として以下の検討をした。

- ・UN-HABITAT-3, GP DRRとの会合
- ・地方レベルにおけるグローバルな視点からの会話の継続
- ・各機関との協働活動
- ・なぜ必要かから、何をするかへ

なお、今回開催したオープンセッション(下記)は本委員会の企画・運営によるものである。

(4) ITA-Tech: 技術情報委員会

本委員会は、地下建設に関する調査、掘削、支保、覆工・防水工、付属施設、モニタリング、更新などあらゆる分野について最新の技術情報を収集することを目的としている。

これまで4つのテーマ(掘削、支保、防水覆工、モニター)のグループが活動している。

今回、機械掘削グループから『TBM主軸受けの定格寿命(L₁₀)算定のためのガイドライン』⁹⁾を出版した。覆工・防水工グループから『吹付けによる防水被膜の設計ガイド』⁹⁾を出版した。

1-4 ITAオープンセッション

ITA-CUSの運営により2011年から3年間継続してきたパネルディスカッションで「グローバルな展望—良好かつ活力のある都市の意志決定—」のテーマのもとで開催された。

H. Admiraal(ITA-CUS委員長)の司会のもと、地下空間利用を企画・担当している関係機関UN-DRR, ICLEI, Hong Kong政府, Cargo sous terrain Swiss, Lowline NYCの各代表からの発表があったのち、ISOCARP, UN-HABITATら関係者を含めたパネルディスカッションが行われた。

地下空間利用の推進とそのため意思決定のあり方として、3年間を総括した主な提言は、

- ・地下空間の利用を広く知らしめること
- ・地下空間利用の成功例の収集
- ・地下空間利用の関係機関によるラウンドテーブルでの議論の必要性
- ・地下空間利用のスポークスマンとして、ITA-CUSの成果(PRビデオなど)の活用
- ・国際レベルだけでなく地域レベルでも地下空間の利用の実践

欧米およびアジア諸国においては、地下空間の現計画の見直し、将来的利用計画までもが、地域社会、民間コンサルタント主導で行われる場合が多々あり、わが国の行政側に偏りがちなこれらの取組みに対して考えさせられるところが多い。

2 世界トンネル会議(WTC)

2-1 Muir Wood記念講演⁹⁾

故Sir. Muir Woodの功績をたたえる記念講演は、米国Robbins社のRichard J. Robbins会長による「技術革新の伝統—機械掘削における今後の努力」の演題で、TBMの開発・発展の歴史と現況、ならびに今後の技術開発の方向についての講演があった。

2-2 WTC基調講演

下記の基調講演が行われた。

「スイスの高速道路トンネルにおける挑戦—過去と未来—」 R. Dieterle(スイス道路局長)
「シンガポールにおける地下空間の創造と利用—開発と今後の挑戦—」

C.K. Chua(シンガポール陸上交通局長)

「スイスにおける地下建設」

G. Anagnostou(スイス連邦工科大学教授)

2-3 WTCテクニカルセッション⁹⁾

「地下—未来への道筋」のテーマのもとで、世界各国から論文の応募があった。主なトピックスは以下のとおり。

- ・地下空間の利用
- ・プロジェクトの計画と実施
- ・安全とその他運用上の課題
- ・構造物の健全度評価とトンネルの更新
- ・設計、解析の手法と考え方
- ・設計に関するケーススタディー
- ・耐震設計と経験
- ・TBMの実績と耐久性
- ・機械化掘削技術の開発
- ・モニタリング技術の開発
- ・コンクリートおよび吹付け覆工の技術開発
- ・その他の施工技術の開発
- ・アルプス越えのトンネル
- ・水力発電のための地下建設
- ・その他の水路トンネル
- ・特殊地山条件下のケーススタディー
- ・その他のケーススタディー

305編の論文が採択され、6月3～5日の3日間で口頭およびポスターによる発表がなされた。日本からの発表論文数は29編に上った。

2-4 スイスセッション¹²⁾

WTCの会期に合わせて、開催地のスイストンネル協会が毎年開催している年次会議がスイスセッションとして同時開催された。昨年貫通したGotthard Base Tunnel, 大規模プロジェクト、契約・マネジメントをテーマとして20編の報告があった。

また、スイス国内の若手トンネル技術者を対象とした別のセッションでは、8編の発表と討議があった。

2-5 WTC展示会²⁾

会場ロビーの展示ブースにおいて、掘削機械関連会社、計測機器メーカー、材料関連会社、エンジニアリングコンサルタント、現地のゼネコンおよび協会など約110社の出展があった。なかでも、スイスセッションが開催されたフロアでは、



写真-2 WTC展示会場

Gotthard Base Tunnel工事に携わった現地のゼネコンを含めた多数の企業(33社)の出展が目立った。

今回の展示会の新しい試みとして、ロビーの一面にプレゼンテーション用のブースがあり、出展会社などが交代で技術発表やPRをしていた。

なお、日本からは電気化学工業、TAC社が出展した。

あ と が き

本稿は、会議に参加された多くの方々からお寄せいただいた原稿をもとに事務局で編集したことを報告し、お礼の言葉といたします。

参 考 資 料

参考ウェブサイト

1) ITA(国際トンネル協会): www.ita-aites.org

参考資料(JTA所蔵)

- 2) WTC 2013プログラム・最終版
- 3) 加盟国の活動報告集2012
- 4) WG 17: 長大・大土かぶりトンネルの作業坑の建設, ITA報告#012, 11p, 2013.4.
- 5) WG 19: 在来工法の契約に関するガイドライン, ITA報告#013, 15p, 2013.5.
- 6) ITA-Tech AG 掘削: TBM主軸受けの定格寿命(L10)算定のためのガイドライン, ITA-Tech報告#1, 11p, 2013.4.
- 7) ITA-Tech AG 覆工・防水: 吹付けによる防水被膜

の設計ガイド, ITA-tech報告#1, 63p, 2013.4.

8) Robbins, D: 技術革新の伝統—機械掘削における今後の努力, Muir Wood 記念講演2013, 18p, 2013.4.

9) WTC 2013論文概要集(冊子354p)およびWTC 2013論文集(電子版), 2013.

10) スイストンネル協会: TUNNELLING — Switzerland, 491p, 2013.

11) スイス地下建設コード(電子版), トンネル設計(一般, 基本原則, 鉄道トンネル, 道路トンネル), 地下構造物の施工.

12) スイストンネル会議2013論文集(電子版)



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会編 代表 鈴木 章

B5判 285頁 本体価格4,660円 円340円

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

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

株式会社 土木工学社

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

トンネルジャーナル

福島県伊達市「御代田トンネル」が貫通

福島県が整備する国道349号御代田トンネルで8月6日貫通式が開催された。伊達市長や川俣町長ら関係者約50名が参列し、貫通を祝った。

同トンネルは、伊達市月館町に位置する延長509m、掘削断面積約70m²のNATMトンネル。月館町中心部での道路狭隘区間や交通混雑の解消を目的とした御代田バイパス(L=2.5km)の一部として整備が進められている。昨年の7月末に掘進を開始。平均月進45m、最大月進74mで掘進し、約1年での貫通に至った。

掘削は発破方式で行われたが、両坑口周辺には民家があり、防音扉の完成を待って発破掘削を開始するなど、騒音・振動対策に配慮した施工となった。

地山は主に花崗岩からなり、マサを混在する区間では、肌落ち災害のリスクが高いと判断されたことから、切羽監視員の配置、当たり取り時のレーザーポインタでの計測を徹底し、地山の変化に細心の注意



写真を提供：福島県

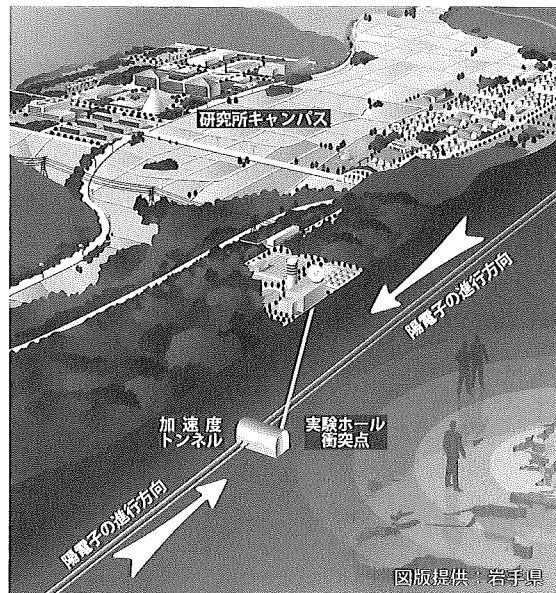
を払った。同バイパスは、緊急輸送路第2次確保路線にも位置づけられている重要区間。東日本大震災以降は、寸断された浜通りの道路の迂回路として、また「復興を支援する道路」としての役割が増大しており、早期の開通が待たれている。

国際リニアコライダー戦略会議 国内候補地に北上山地が最適と評価

国際リニアコライダー(ILC)の建設計画について、国内での推進の方向性や方策を検討する研究者組織であるILC戦略会議は、ILCの国内建設候補地として、岩手・宮城両県にまたがる北上山地が最適と評価した。

ILCでは、加速器を設置する地下100mに掘削された50kmの直線トンネルや、中央研究所を置くキャンパスなどの整備が必要となる。これにあたり同会議では、北上山地と、佐賀・福岡両県にまたがる脊振山地を整備候補地として、建設するうえでの技術的な観点および研究施設の立地や周辺の社会環境基盤の観点の2点について評価を行ってきた。

同会議が公表した評価結果によると、社会環境基盤の評価については、福岡都市圏に近接する脊振山地が若干優位となった。技術的な評価では、北上山地が50kmにわたるトンネル全域に0.05%の縦断排水勾配を設けることで湧水を一点(衝突点)に集め、そこから自然排水が可能であることが評価された。これに対し、脊振山地ではトンネルがダム湖の喫水域下に位置すること、地下施設に海拔以下となる部分があり自然排水が難しく、長期停電時や大量湧水



時のリスクになるとの指摘を受けた。

関係機関では、政府がILCの国内誘致に意思決定をしていないことから、ILC誘致実現に向けて働きかけを強めたいとしている。

研究

フライアッシュを用いた覆工用高充填コンクリートの開発

鉄道・運輸機構北海道新幹線建設局技術管理課課長補佐 佐藤 貴史
 鉄道・運輸機構設計技術部設計技術第二課総括課長補佐 萩原 秀樹
 鉄道・運輸機構新幹線部参与 秋田 勝次
 (株)大林組技術本部技術研究所生産技術研究部副主任研究員 桜井 邦昭

1 はじめに

昨年度に認可された整備新幹線の新規区間は、トンネル延長が長く、とくに北海道新幹線(新函館(仮称)・札幌間)は、完成工期が長く設定されていることから、とくに早期に着手されるトンネルについては、高品質な覆工コンクリートの構築が重要な課題である。

最近、非破壊検査技術の進展により、覆工コンクリート深部の不具合箇所(空隙、防水シートのねじれ、材料分離など)が確認されるようになり、覆工コンクリートの確実な施工方法が求められている。このため鉄道・輸送機構では、覆工コンクリートの品質向上にあたり、平成24年度からFILM(背面平滑型ライニング工法)を覆工コンクリートの基本工法として展開するとともに、充填性および耐久性の良好なコンクリートの開発を推進してきた。

近年、トンネル覆工の充填性の向上対策として、流動性のレベルをスランプフロー35~50cm程度まで高めることで、補助的な振動締め固めにより型枠の隅々まで充填できる中流動コンクリートが開発され広く適用されている¹⁾。そして、このコンクリートを用いることで、均質性および密実性に優れたトンネル覆工が構築できることが確認されている²⁾。

一方、東日本大震災を契機として、火力発電所への電力供給依存が高まっており、石炭火力から発生するフライアッシュ量が今後増大することも予測される。フライアッシュは、古くからコンクリート用混和材としての有効性が認められた材料であり、青函トンネルで耐海水性コンクリートとして大々的な使用例はあるが、現在ではダムなど一部の建設工事を除いて広く適用されるには至っていない。

一例として、北海道内では、年間約80万トンの石炭灰が発生し、このうちの97%が有効利用されているが、その大半は復元材やセメント原料および路盤材としての活用である³⁾。管理型処分場の新規建設が困難な現状を踏まえると、フライアッシュの新たな活用方法を検討することはきわめて重要である。また、製造工程においてCO₂発生量の多いセメントの使用量を低減し、産業副産物であるフライアッシュをコンクリートに活用することは、環境保全の観点からも望ましい。また、アルカリシリカ反応抑制対策としてフライアッシュが有効との報告⁴⁾もなされている。

これらの背景を踏まえ、高品質なトンネル覆工を構築することを目的として、最大寸法40mmの粗骨材を用い、流動性のレベルをスランプ21cmにまで高めたコンクリート(以下、「高充填コンクリート」という)を開発した。本稿では高充填コンク

リートの概要、基本的性質の検討結果および試験施工結果など実用化に向けた取組みについて報告する。

2 トンネル覆工用高充填コンクリートの概要

トンネル覆工に用いられる主なコンクリートの概要を表-1に示す。また、高充填コンクリートの材料の構成割合の概念図を図-1に示す。コンクリートの充填性を高めるには、流動性はできるだけ高いことが望ましいが、単位水量やセメント量の増加を生じさせ、硬化コンクリートの品質や経済性の面から不利となる場合もある。また、流動性を著しく高めたコンクリートを打込むと型枠への作用圧力が増加し、セントル設備の補強が必要となる事態が生じる場合も想定される。

単位水量の増加を抑制するには、粒径の大きな粗骨材を用いることが望ましいが、流動性を高めた場合に材料分離抵抗性を確保することが難しくなることから『コンクリート標準示方書』(土木学会)やJIS A 5308「レディーミクストコンクリート」では、粗骨材の最大寸法が40mmの場合は、スランブの上限を15cmに設定しているのが現状である。

これらの背景を踏まえ、本研究では、トンネル覆工用の新しいコンクリートを開発することを目的に、以下の基本方針を設定した。

- ① 単位水量は、従来の覆工コンク

リートと同等、もしくはそれ以下とする。このため、最大寸法40mmの粗骨材を使用する。

- ② 流動性のレベルは、セントル天端部において、補助的な振動締固めにより型枠の隅々までコンクリートが充填できるように、かつ最大寸法40mmの粗骨材を用いた場合にも、適切な材料分離抵抗性が確保できる範囲となるように、スランブを21cmとする。

- ③ 単位セメント量は、強度や耐久性の確保に必要な最小限とし、フライアッシュをセメントの一部および材料分離抵抗性を確保するための粉体増量材として積極的に活用する。

- ④ レディーミクストコンクリート工場(以下、「生コン工場」という)でフライアッシュの貯蔵および計量設備が確保できないなどの場合には、増粘型高性能AE減水剤を用いて材料分離抵抗性を確保する対策を講じる。

これらの基本方針を満足するトンネル覆工用のコンクリートを「高充填コンクリート」と呼称することとした。

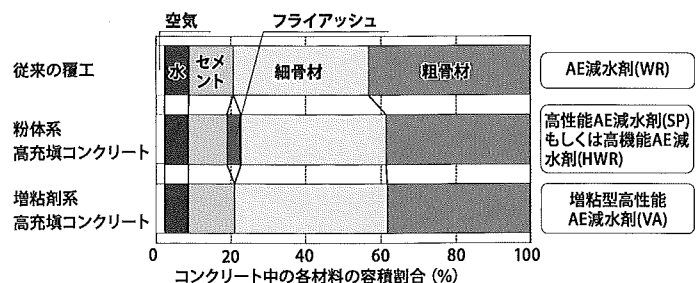


図-1 高充填コンクリートの材料の構成割合の概念図

表-1 トンネル覆工用の各種コンクリートの概要

項目	従来の覆工コンクリート	高充填コンクリート		中流動コンクリート (代表的なもの)
		粉体系	増粘剤系	
スランブ	15±2.5cm	21±2cm		スランブフロー35~50cm
粗骨材の最大寸法	40mm	40mm		20mm
単位水量の最大値	165kg/m³	165kg/m³		175kg/m³
セメント	NもしくはBB	N	N	NもしくはBB
セメント一部置換材料	—	フライアッシュ	—	—
混和材	—	フライアッシュ	—	フライアッシュ、石灰石微粉末
混和剤	AE減水剤	高性能もしくは高機能AE減水剤	増粘型高性能AE減水剤	高性能AE減水剤

* N: 普通ポルトランドセメント, BB: 高炉セメントB種

3 高充填コンクリートの基本的性質に関する検討

高充填コンクリートの基本的な性質を把握するため、北海道新幹線の延伸工事(新函館(仮称)・札幌間)の各地域の生コン工場の骨材を用いた試験練りを行った。使用材料の概要を表-2に、コンクリートの配合をフレッシュコンクリートの試験

結果と合わせて表-3に示す。E地区の材料については、フライアッシュを用いずに材料分離抵抗性を確保する手法として、増粘型高性能AE減水剤を用いた増粘剤系の高充填コンクリート配合も試験した。

3-1 フレッシュコンクリートの品質

表-3に示すように、いずれの地域の骨材を用いた場合でも、従来の覆工コンクリート配合に対し

て、高機能AE減水剤を用い、かつフライアッシュを約90kg/m³混入することで、単位水量を同等もしくは5kg/m³低減、セメント量を約35kg/m³低減しても、目標スランブを満足する高充填コンクリートを製造することができた。

一方、フライアッシュを用いない場合には、従来の配合に対してセメント量を約15kg/m³増加させて、混和剤に増粘型高性能AE減水剤を用いることで高充填コンクリートを製造できた。高充填コンクリートのスランブ試験状況の一例を写真-1に示す。

高充填コンクリートの充填試験(JSCE-F511, 障害なし)の結果を図-2

表-2 使用材料の概要(骨材は北海道新幹線沿線上の材料)

地区	種類	記号	物理的性質など
A	細骨材	S	S1: 陸砂, S2: 砕砂
	粗骨材	G	G1: 砕石2005, G2: 砕石4020
B	細骨材	S	S1: 砕砂, S2: 陸砂
	粗骨材	G	G1: 砕石2005, G2: 砕石4020
C	細骨材	S	S1: 陸砂, S2: 砕砂
	粗骨材	G	G1: 砕石2005, G2: 砕石4020
D	細骨材	S	S1: 陸砂, S2: 石灰砕砂
	粗骨材	G	G1: 石灰砕石2005, G2: 石灰砕石4020
E	細骨材	S	S1: 石灰砕砂, S2: 陸砂
	粗骨材	G	G1: 石灰砕石2005, G2: 石灰砕石4020
共通材料	セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度 3.16g/cm³
	フライアッシュ	FA	JIS II 種適合品, 密度 2.36g/cm³
	混和剤	—	WR: AE減水剤, HWR: 高機能AE減水剤 VA: 増粘型高性能AE減水剤

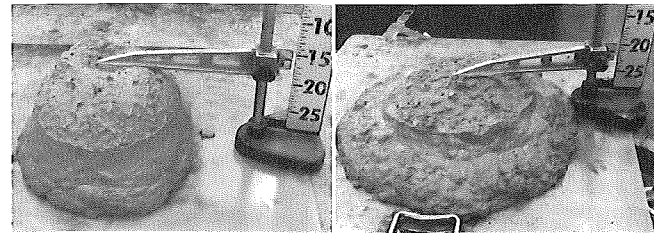
* 砕石2005は粒径5~20mm, 砕石4020は20~40mmであることを表す

表-3 コンクリート配合と試験結果

地区	コンクリート種類	目標スランブ(cm)	目標空気量(%)	W/C (%)	W/P (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)				混和剤(P×%)	試験結果		
							W	P		S		G	スランブ(cm)	空気量(%)
								C	FA					
A	従来の覆工(21-15-40N)	15	5.5	56.4	56.4	47.6	158	280	0	879	958	WR1.0	17.5	6.2
	高充填コンクリート(粉体系)	21	5.5	62.4	46.4	52.7	153	245	85	945	840	HWR1.5	22.5	6.0
B	従来の覆工(24-15-40N)	15	5.5	54.0	54.0	43.3	149	276	0	814	1069	WR1.0	17.5	6.5
	高充填コンクリート(粉体系)	21	5.5	60.0	44.3	48.2	144	240	85	881	950	HWR1.5	23.0	6.0
C	従来の覆工(21-15-40N)	15	5.5	55.0	55.0	43.3	165	300	0	780	1044	WR1.0	14.0	6.6
	高充填コンクリート(粉体系)	21	5.5	61.1	46.2	48.2	165	270	87	836	923	HWR1.6	20.5	6.3
D	従来の覆工(24-15-40N)	15	5.5	55.3	55.3	47.5	163	295	0	849	978	WR1.0	15.5	6.0
	高充填コンクリート(粉体系)	21	5.5	61.2	46.1	52.6	158	258	85	913	856	HWR1.1	21.0	5.8
E	従来の覆工(24-15-40N)	15	5.5	55.8	55.8	46.2	154	276	0	857	1023	WR1.0	15.5	6.0
	高充填コンクリート(粉体系)	21	5.5	62.1	44.9	50.8	149	240	92	907	904	HWR1.75	22.0	5.8
	高充填コンクリート(増粘剤系)	21	5.5	52.8	52.8	52.1	154	292	0	954	904	VA1.0	21.0	6.0

に、ブリーディング試験結果を図-3に示す。高充填コンクリートの充填高さは30cm以上であり、従来の覆工コンクリートに比べ充填性が大きく改善できることを確認した。

また、高充填コンクリートのブリーディング率は約1%以下と小さく、従来の覆工コンクリートに対し大幅に低減できることがわかった。これらの結果は、沈下ひび割れ、砂すじおよび天端部の背面空洞の発生防止に大きく寄与するものと考えられる。



従来の覆工コンクリート 高充填コンクリート
写真-1 スランブ試験状況

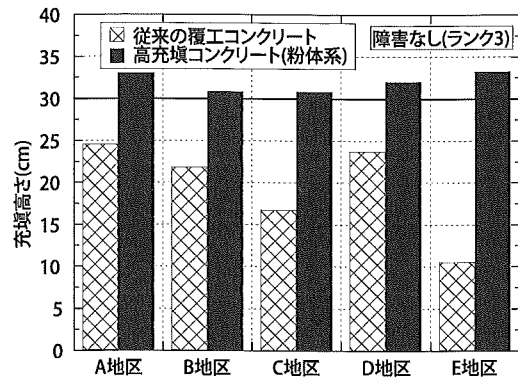


図-2 充填試験結果

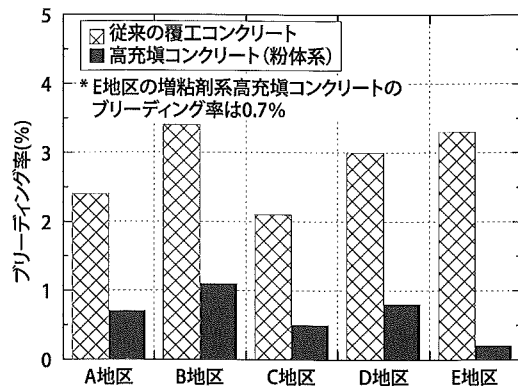


図-3 ブリーディング試験結果

3-2 強度試験結果

若材齢時の圧縮強度試験結果を図-4に示す。一般に、トンネル覆工は施工の翌日に脱型することから、若材齢時の強度発現性が重要となる。試験の結果、一般に脱型に必要なとされる圧縮強度(2 N/mm²程度)を満足するとともに、従来の覆工コンクリートと同程度であることを確認できた。

材齢と圧縮強度の関係の一例を図-5に示す。高充填コンクリートは、セメントの一部にフライアッシュを混入するため、材齢7日の圧縮強度は、従来の覆工コンクリートに比べ、やや低い値となっているが、材齢28日では同程度となり、それ以降の材齢でも強度増進が継続する結果が得られた。フライアッシュのポゾラン反応による効果と考えられる。なお、フライアッシュを用いたコンクリートの強度発現性は温度や水分の養生条件の影響を受けやすいことから、今後

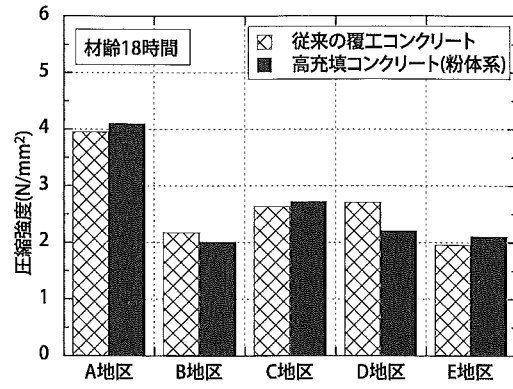


図-4 若材齢時の圧縮強度試験結果

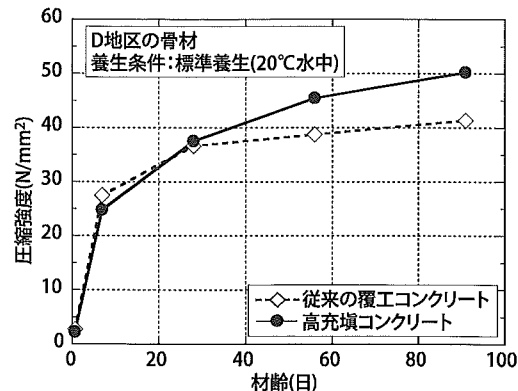


図-5 材齢と圧縮強度の関係の一例

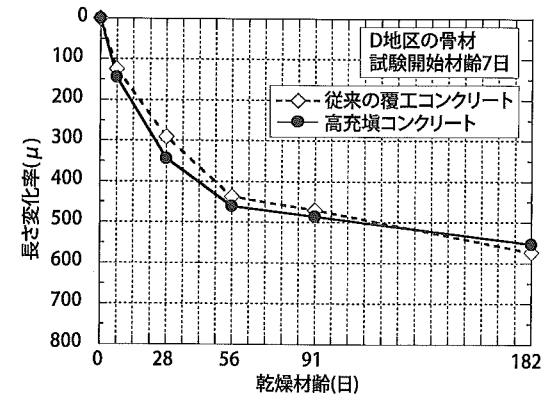


図-6 長さ変化試験結果

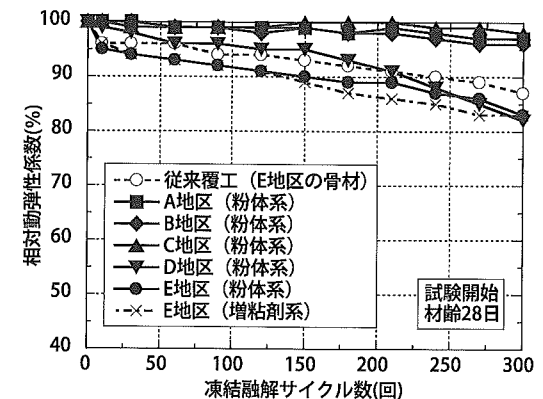


図-7 凍結融解試験結果

さらに検討する必要がある。

3-3 耐久性

硬化後の乾燥収縮特性および耐凍害性を確認するために長さ変化試験と凍結融解試験を実施した。長さ変化試験結果を図-6に、凍結融解試験結果を図-7に示す。高充填コンクリートの長さ変化率は、従来の覆工コンクリートと同程度であった。また、十分な凍結融解抵抗性を有することも確認した。

4 模擬型枠を用いた打込み実験

高充填コンクリートが生コン工場の実機プラントで製造できること、運搬時の経時変化や打込み時の流動および充填状況を確認するために、模擬型枠を用いた打込み実験を行った。模擬型枠の寸法は、覆工側壁部を模擬して幅0.3m、覆工の1スパンの半分程度を想定して長さ5.4mとした。材料および配合は、表-2および表-3に示すE地区

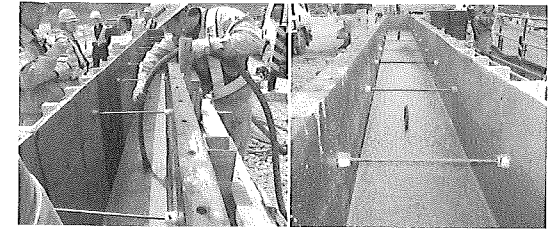


写真-2 模擬型枠を用いた打込み実験の状況

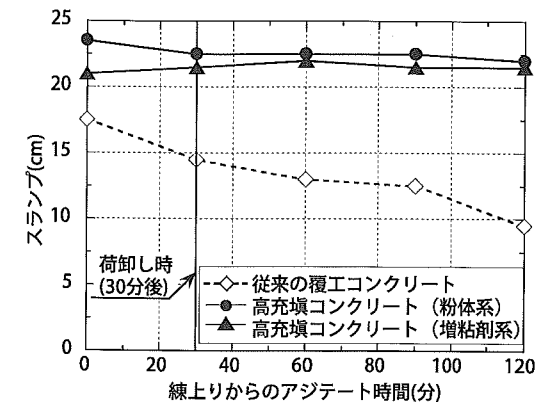


図-8 スランブの経時変化

のものを用いた。

実機プラントでコンクリートを4m³製造後、アジテータ車にて30分かけて施工現場まで運搬した。その後、コンクリートポンプを用いて型枠の端部からコンクリートを打ち込んだ。コンクリート自体による流動が停止した時点で流動勾配を測定した後、パイプレータによる締固めを行った。試験状況を写真-2に示す。

スランブの経時変化を図-8に示す。従来の覆工コンクリートは時間経過に伴いスランブが低下するのに対し、高充填コンクリートは練上り120分後でもスランブ低下はほとんど認められず、長時間にわたり流動性を保持できることを確認した。この結果から、圧送時のポンプや輸送管の閉塞、セトル内で打ち込んだコンクリートの堆積による未充填が生じるリスクを低減できるものと考えられる。

コンクリートの流動勾配の測定結果を図-9に示す。従来のコンクリートは打ち込んだ端部においてコンクリートが堆積したのに対して、高充填コンクリートは5.4m先の端部まで、ほぼ平坦に流

動することを確認した。粗骨材とモルタルの分離は認められず、一様な状態で流動していた。流動停止後に、コンクリート上面が平坦になる程度までバイブレータによる締固めを行ったところ、高充填コンクリートは従来のコンクリートに比べ、バイブレータの作動時間を1/3程度に低減できた。硬化後に、打込み箇所と流動先端箇所からコア供試体採取し、粗骨材の含有状況を調査した。写真-3に示すように、高充填コンクリートは流動

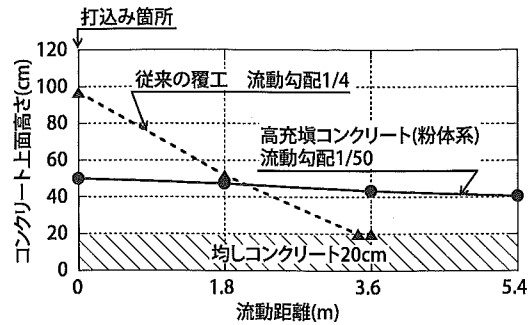
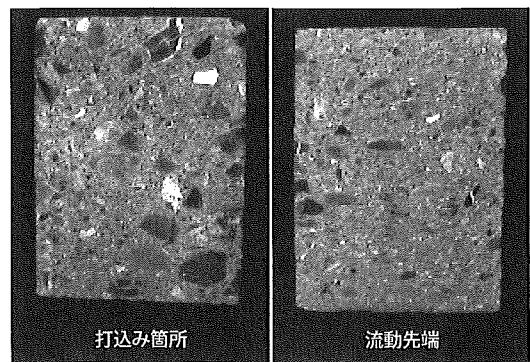
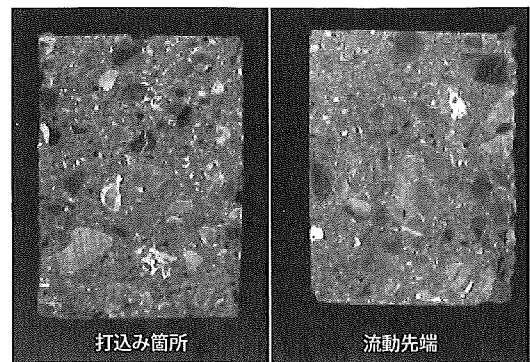


図-9 コンクリートの流動勾配測定結果



従来コンクリート



高充填コンクリート (粉体系)

写真-3 打込みおよび流動先端箇所のコア断面状況

前後で粗骨材の含有状況の差異はほとんど認められず、均質性に優れたトンネル覆工の構築に寄与する結果が得られた。

5 試験施工

高充填コンクリートが通常の生コン工場で安定的に製造・出荷できること、高い流動性により型枠の隅々まで確実に充填できること、従来と同じ覆工設備で施工できることなどを検証するため、新幹線トンネルの覆工12スパン(10.5m/スパン、コンクリート総数量1,200m³)で試験施工を行った。具体的にはE地区の骨材を用いた粉体系および増粘剤系の高充填コンクリートである。比較のため、従来の覆工コンクリートの施工時にも各種のデータ採取した。試験施工は6月に実施し、コンクリート温度は17~24℃であった。

5-1 コンクリートの品質

各種の高充填コンクリートの荷卸し時の品質試

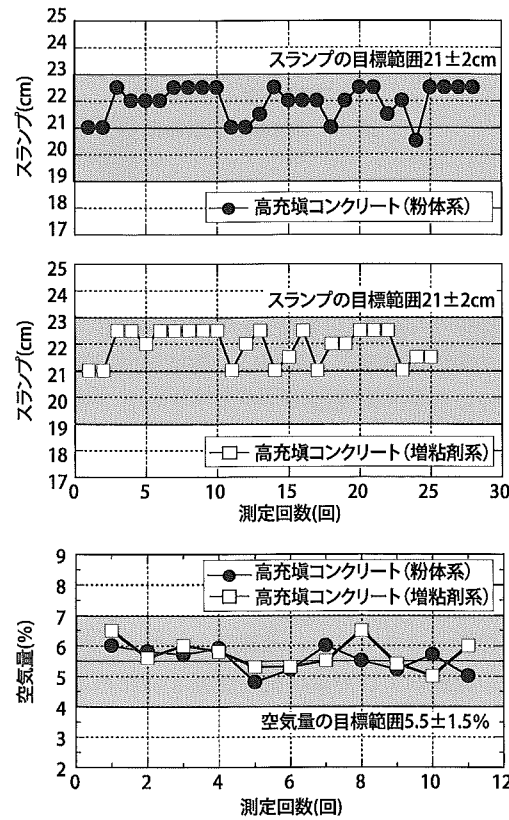


図-10 荷卸し時の品質試験結果

験結果を図-10に示す。いずれの高充填コンクリートを用いた場合とも、スランプおよび空気量のばらつきは小さく、安定的な品質のコンクリートが製造・出荷できることが確認できた。

5-2 コンクリートの流動および充填状況

5-2-1 コンクリートの施工概要

コンクリートの打込みは、従来の覆工コンクリートの施工と同様の手順で行った。側壁部は、スパン中央の検査窓から打込みホースを介して行い、自由落下高さが1.5m以下となるようにホースの長さを適宜調整した。

1層の打込み高さが40~50cmとなるように、アジテータ車1台4m³のコンクリートを左右2m³ずつ打ち込んだ。コンクリート自体による流動が停止した後、打込み面が平坦になるように棒状バイブレータにより締め固めた。

天端部は既設コンクリート側の吹上げ口から打ち込んだ。側壁部と同様に、コンクリート自体による流動が停止した後、棒状もしくは型枠バイブレータによる締め固めを行った。

5-2-2 コンクリートの流動および充填状況

高充填コンクリートの流動状況を写真-4に示す。側壁部および天端部ともコンクリート自体の流動性により型枠の隅々まで流動することを確認した。粗骨材とモルタルの分離やブリーディング水の浮き上りは認められなかった。

天端部の充填状況を検証するため、セトル天端部の3か所(吹上げ口、スパン中央、妻部)に圧力計を設置し、セトルに作用する圧力を測定した。測定結果の一例を図-11に示す。

従来の覆工コンクリートを用いた場合、吹上げ口では、他の測定点よりも早い時期で作用圧力の増加が生じ、その後急増する結果となった。コンクリートの流動性が小さいため、打込み口周辺にコンクリートが堆積し、スパン中央や妻側まで流動しにくいことを示す結果である。一方、高充填コンクリートを用いた場合、各測定点で圧力の増加する時期はほぼ等しく、作用する圧力の差異も小さい結果が得られた。コンクリートの流動状況を観察したところ、吹上げ口から打ち込まれたコ

ンクリートは、セトルの隅々まで流動できていたことから、図に示すような作用圧力の推移となったと考えられる。

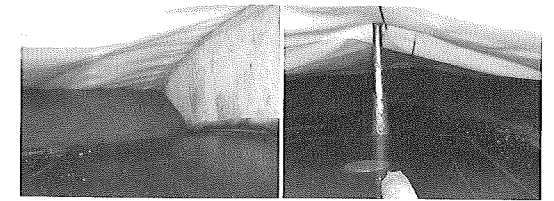


写真-4 高充填コンクリートの流動状況

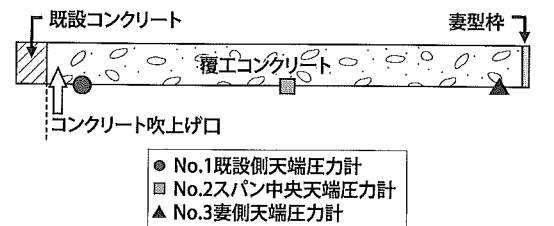
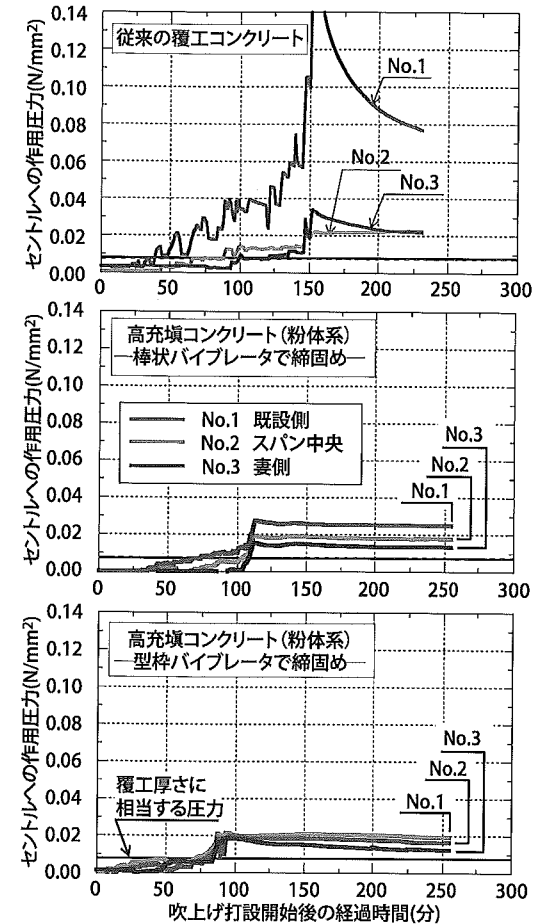


図-11 セトル天端部への作用圧力測定結果

なお、天端部の締固めに型枠パイプレータ(出力550W、天端部に約3m間隔で合計16台設置)を用いた場合には、各測定点の作用圧力の差異はさらに小さくなった。この結果から、型枠パイプレータを用いることで、より効率的に高充填コンクリートを充填できるものと考えられる。

5-3 施工設備および施工時間の検証

5-3-1 セントルに作用する側圧およびセントルの変形

文献2)によれば、流動性を高めたコンクリートを用いるとセントル側部への作用圧力が増加する場合があるとされている。そこで、高充填コンクリートを用いた場合の側圧の増加現象を確認するため、セントル側壁部に圧力計を設置し、コンクリートの打上りに伴う作用圧力を測定した。なお、コンクリートの打上り速度は1.5m/hとした。

側圧の測定結果を図-12に示す。高充填コンクリートを用いた場合の側圧の最大値は、従来の覆工コンクリートと同等もしくはそれ以下であった。最大寸法40mmの粗骨材を用いることで、単位ペースト量の増加を最小限に抑えたことなどによる効果と考えられる。

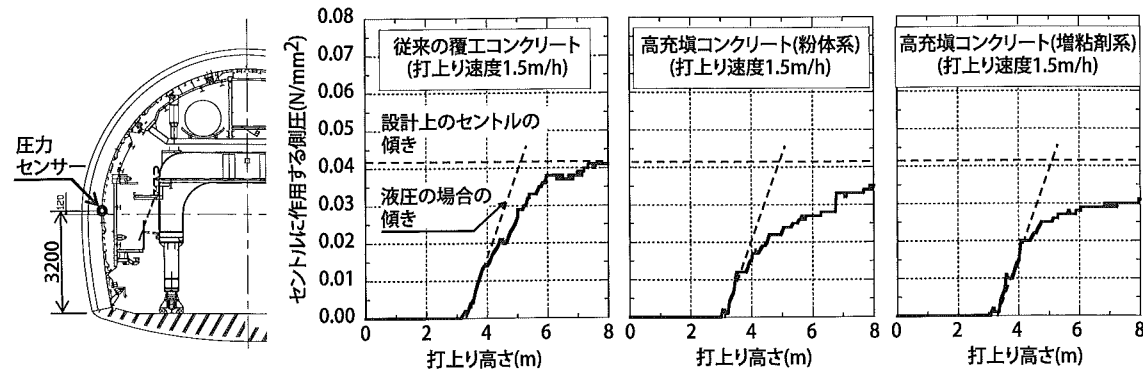
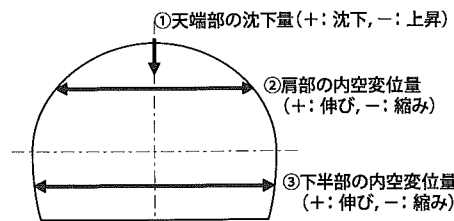


図-12 コンクリート施工時のセントル側部に作用する圧力の測定結果

表-4 コンクリートの打込み前後におけるセントルの変形量測定結果

コンクリート種類	施工前後の変化量(mm)		
	天端部の沈下量①	肩部の内空変化量②	下半部の内空変化量③
従来の覆工コンクリート	0.8	-0.9	-12.7
高充填コンクリート(粉体系)	2.1	-1.2	-12.2
高充填コンクリート(増粘剤系)	3.0	-1.3	-11.7



5-4 トンネル覆工の仕上り

高充填コンクリートを用いて構築したトンネル覆工の仕上りを写真-5に示す。

従来の覆工コンクリートを用いた場合に比べ、縞模様の発生が低減され、美観性が向上することを確認した。

従来の覆工コンクリートの場合、天端部では、最初に打ち込んだコンクリートは妻部までは到達せず、後から打ち込んだコンクリートがそれを乗り越え、徐々に妻側まで充填される。そして、縞模様は、事前に打ち込んだコンクリートの流動先端において剝離剤などが留まることにより生じると推測される。高充填コンクリートは、高い流動

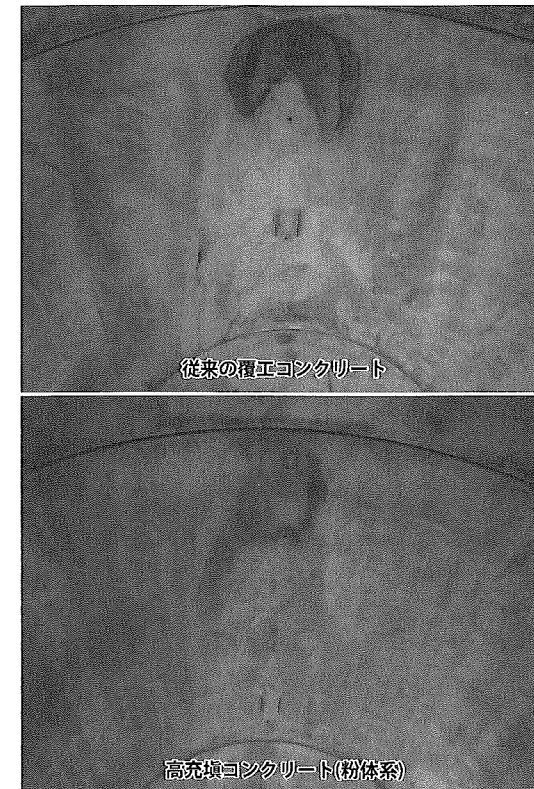


写真-5 トンネル覆工天端部の仕上り状況

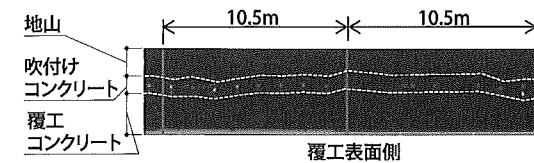


図-13 覆工天端部における電磁波探査の測定結果の一例

性によりセントル全体に流動できるので、縞模様の発生が低減したと考えられる。

天端部において高充填コンクリートが確実に充填していることを確認するため、電磁波探査(プロフィール法)を行った。測定結果の一例を図-13に示す。

電磁波探査とは、電磁波が物体の異なる境界面で反射する性質を利用して、コンクリート中の埋設物や空洞の有無を把握する探査手法である。図中の吹付けコンクリート部分に認められる反射跡は鋼製支保工による反射である。

トンネル掘削に伴い吹付けコンクリートの仕上りは凹凸形状となっているが、いずれの部分においても、吹付けコンクリートと覆工コンクリートの界面に空洞は存在せず、コンクリートが確実に充填されていることが確認できた。

6 おわりに

高品質なトンネル覆工を効率的に構築するために、最大寸法40mmの粗骨材を用い、スランプを21cmに設定したトンネル覆工用のコンクリート(高充填コンクリート)を開発し、室内試験により基本的性質を確認するとともに、実機試験および試験施工により施工性および仕上りについて検討した。本研究の範囲で得られた知見を以下に示す。

- ① 従来の覆工コンクリート配合をベースとして、単位水量およびセメント量を同等もしくは低減しつつ、高減水率の混和剤およびフライアッシュを用いることで、ブリーディングの小さい、充填性に優れた高充填コンクリートが製造できる。また、増粘型高性能AE減水剤を用いることでも高充填コンクリートを製造できる。
- ② 高充填コンクリートは、従来の覆工コンクリートに比べ流動性の保持性能に優れるとともに、長距離を流動させた場合にも均質性を確保できる。
- ③ 高充填コンクリートは、覆工の側壁部および天端部において、コンクリート自体の流動性により型枠の隅々まで流動できており、流

動の停止後に補助的にバイブレータで締め固めることで充填できる。

- ④ 高充填コンクリートは、従来の覆工コンクリートと同様のセントル設備、コンクリートポンプおよび輸送管で施工できる。施工に伴うセントル側部への作用圧力は、従来の覆工コンクリートと同様である。

今後は、所要のコンクリート品質を確保するうえで必要となる最低セメント量、フライアッシュ混入量および最大水セメント比などについて、経済性を考慮した検討を行い、高充填コンクリートの配合設計手法を確立する予定である。

参考文献

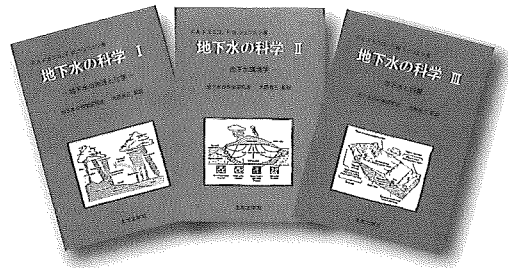
- 1) 城間博通・小川澄・佐伯徹：トンネル覆工専用中流動コンクリートの開発，土木技術，Vol.64，No.4，pp.49-57，2009.4.
- 2) 村崎慎一・森俊介・中間祥二・桜井邦昭：トンネル全線に中流動コンクリートを適用し高品質覆工に挑戦，北海道横断自動車道久留喜トンネル，トンネルと地下，Vol.41，No.12，pp.7-16，2010.12.
- 3) 北海道電力ホームページ：http://www.hepco.co.jp/ato_env_ene/ato_env_ene.html
- 4) 鳥居和之・参納千夏男：骨材資源の活用を目指したアルカリシリカ反応抑制対策の提案，コンクリート工学，Vol.48，No.1，pp.44-48，2010.1.

図書案内

地下水の科学 — 全3巻 —

P. A. ドミニコ・F. W. シュワルツ 共著
地下水の科学研究会・大西有三 監訳

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



第I巻 地下水の物理と化学
4,078円+税 B5判

■序論 ■岩石における空隙の起源と透水性 ■地下水の動き ■岩石の弾性的な性質と流れの方程式 ■水理試験（モデル、方法と応用） ■溶質と粒子の輸送 ■汚染物質の水理地質学入門

第II巻 地下水環境学
4,272円+税 B5判

■地下水の化学 ■化学反応 ■物質輸送の数学理論 ■地下水による物質輸送（水質編） ■地下水による物質輸送（地質編） ■物質の輸送のモデル ■輸送プロセスとパラメータ同定 ■水質浄化対策

第III巻 地下水と地質
3,689円+税 B5判

■水資源 ■堆積盆水循環における地下水 ■地殻における地下水 ■地下水流動における熱輸送

株式会社 土木工学社

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

連載講座

トンネルにおける地下水対策(3)

— 地下工事における地下水対策 —

「地下水対策」連載講座小委員会

① はじめに

地下水面より深い地下にトンネル工事を行うとき、本講座第2回で解説したようなトラブルを防止するために現場条件に応じた地下水対策を適用する。

今回の講座では地下水対策としてどのようなものがあるか、どのようなことに配慮して地下水対策を選定するか、各工法を採用するにあたってどのような注意が必要か、といった点を中心にトンネル工事（とくに開削トンネル）における地下水対策について解説する。

② 地下水対策の種類

トンネル工事をはじめとする地下工事における地下水対策を図-1に分類する。地下水対策は基本原理から以下の3工法に分類できる。

- ① 排水工法：地下水を揚水、排除することにより地下水位を低下させて工事の安全性・作業性を確保する。排水工法の適用にあたって周辺の水位低下を抑制するためにリチャージ工法を併用する場合がある。
- ② 止水工法：地盤中に水を通しにくい止水改良体を造成し、掘削内への地下水流入量を減少させることにより工事の安全性・作業性を確保する。
- ③ 抗水圧工法：掘削部外から作用する地下水圧に対抗する圧力を掘削部内に水あるいは空

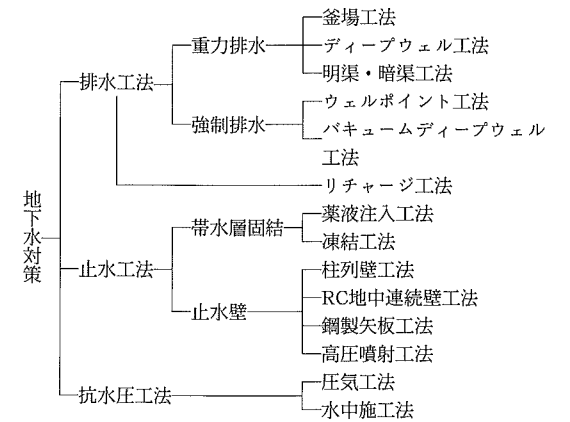


図-1 トンネル工事での地下水対策の種類¹⁾

気により作用させることにより工事の安全性を確保する。

このように地下水対策にはさまざまな工法があるが、工事条件（掘削深さ、掘削平面形状、敷地の余裕度）、地盤条件（地下水位、透水性）、周辺環境条件（地下水利用状況、軟弱地盤の分布、揚水した地下水の排除先）などの要因を考慮してベストな方法を選定する必要がある。工法を選定にあたっては、作業性・安全性を確実に確保できる信頼性の高さ、周辺環境への影響が懸念される地域においては周辺環境への影響度、工期・工費の適切性などといった要素を考慮する。

図-2はある開削トンネル工事における地下水対策を比較検討した事例である。掘削底面付近には地下水位が高く透水性の高い地盤が厚く堆積している。ディープウェルによる地下水位低下を主体

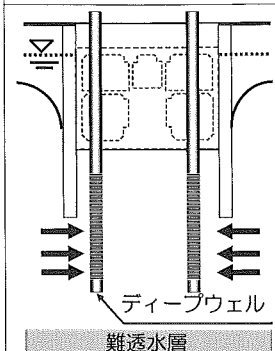
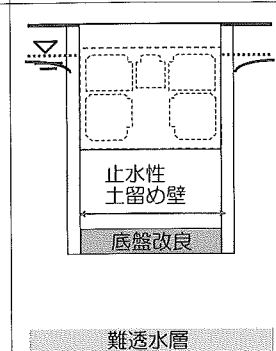
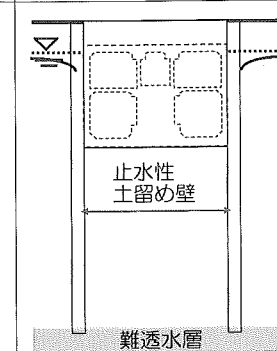
排水を主体	止水を主体	
a) ディープウェル工法	b) 止水性土留め壁+底盤改良	c) 止水性土留め壁
		
環境影響：大 (初期)工費：小	環境影響：小 (初期)工費：大	環境影響：小 (初期)工費：大

図-2 地下水対策の比較検討の例

とした排水工法は、イニシャルコストは比較的小さいが周辺地下水位へ与える影響は大きい。止水性土留め壁と底盤改良による人工難透水層を併用した工法、止水性土留め壁を自然の難透水地盤まで根入れする工法などの止水工法はイニシャルコストが高くなるが、周辺地下水位に与える影響を抑制することができる。

これらの工法の工費比較にあたっては地下水対策工を施工するためのイニシャルコストだけでなくランニングコストについても考慮する必要がある。止水を主体とした工法は、イニシャルコストは大きいランニングコストは小さく抑えることができる。ディープウェルなどによる排水工法は、イニシャルコストは比較的小さいが、工事が長期にわたる場合、ポンプ運転のための電力使用料金、揚水した地下水を下水道へ放流するための下水道使用料金、運転管理費用などのランニングコストが膨大となりトータルコストという観点からは、止水工法と比較して有利なものとならないことも多い。

③ 排水工法とリチャージ工法

地下を掘削するために図-3に示すように掘削部に流入する地下水を揚水・排除して地下水位を低下させる工法を排水工法(地下水位低下工法)と呼ぶ。排水工法としては重力のみにより地下水を排

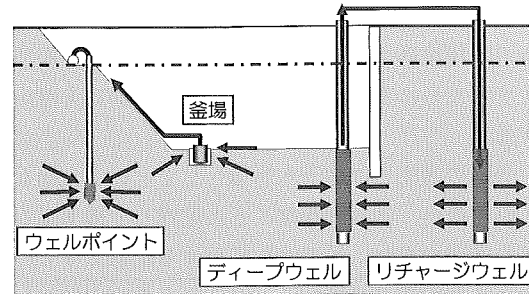


図-3 排水工法とリチャージ工法の種類¹⁾

除する釜場、ディープウェル、明渠・暗渠排水などの重力排水工法、真空圧を作用させて排水効率を高めるウェルポイント、バキュームディープウェルなどの強制排水工法がある。また、排水工法採用時に周辺地下水位低下による環境影響が懸念される場合は、周辺地下水位低下の抑制を目的としたリチャージ工法を併せて採用する。

以下では、一般的に採用される釜場、ウェルポイント工法、ディープウェル工法、リチャージ工法について工法の概要、特徴などを解説する。

3-1 釜場

釜場とは掘削内の一番深いところに深さ数十cm~1m程度のピットを掘り、ここにポンプを設置して周辺の地下水を集水・排除するものである。その構造概要を図-4に、設置例を写真-1に示す。釜場から揚水する際に、周辺地盤の砂粒子を吸い込まないようにわらを敷いたり、ドラム缶に

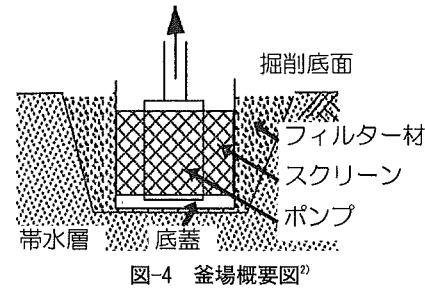


図-4 釜場概要²⁾

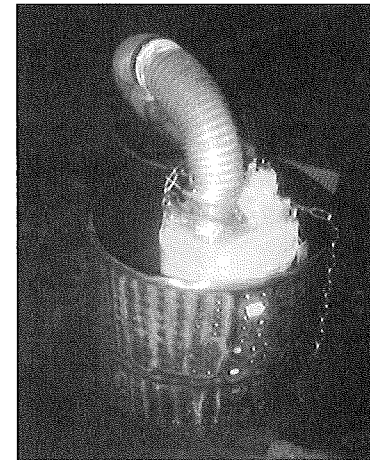


写真-1 釜場設置例

穴をあけたものを地中に埋めて周辺に碎石などフィルター材を充填したものを使ったりと現場で容易に調達できる資材を工夫して使う。

基本的に掘削底面に湧き出てきた地下水を集めて排水する施設であり、掘削底面以深の水圧を低下することはできない。したがって、ボーリングや盤ぶくれなど掘削底面の破壊現象の対策とはならない。釜場に排水用の溝を連結して広範囲の地下水を集水できるように工夫する。

釜場は通常、施工の邪魔にならないように掘削外周部に設けることが多いが、深く大きな釜場を土留め壁の際に設けると、土留め壁根入れ部の受動抵抗が減少して土留め壁の変形を助長することがあるので注意を要する。

3-2 ウェルポイント工法

3-2-1 概要

ウェルポイント工法とはウェルポイントと呼ばれる長さ700mm、直径50mmのスクリーンを有するパイプをジェットにより地中に打設し、これに真

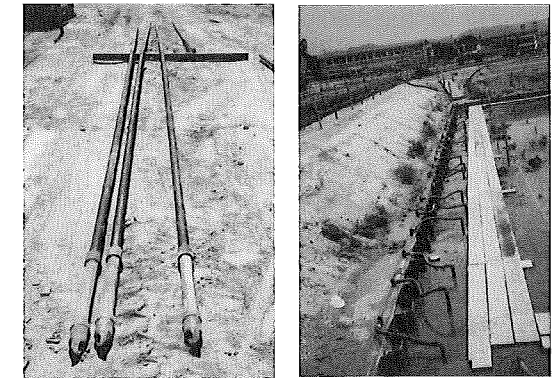


写真-2 ウェルポイント工法

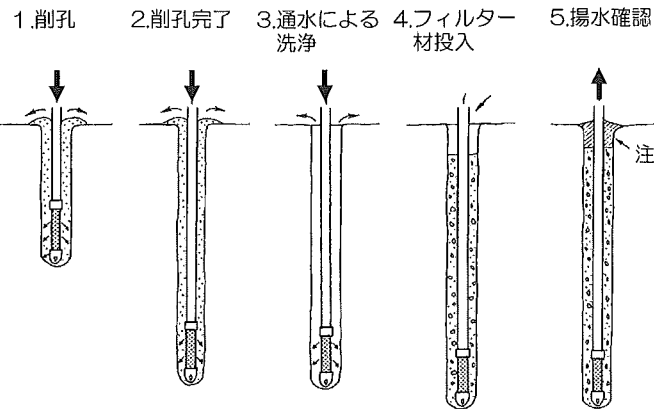
空圧をかけて地下水を吸引、排水する工法である。写真-2にウェルポイントと設置状況を示す。真空圧を用いて排水する工法であるため、地下水を吸引することができる高さは理論上、大気圧(1MPa程度)相当の約10m、実際には配管途中のロスなどの影響により6m程度が限界である。ウェルポイント1本あたりの集水量は毎分L~数十L程度で少なく、通常は写真-2に示すように掘削域を囲むように1~2m程度のピッチで多数のウェルポイントを設置する。ウェルポイントはヘッダーパイプと呼ばれる太径のパイプに接続され、このヘッダーパイプに真空圧をかけて地下水を吸引する。真空圧を用いた強制排水工法であり、透水性の比較的小さいシルト質地盤から透水性の高い砂地盤まで適用可能な工法である。

3-2-2 施工手順

ウェルポイントの施工手順を図-5に示す。高圧水(水圧:300~700kPa程度)を噴出しながら削孔を行う。所定の深度まで削孔したら通水を継続して孔内洗浄を行う。洗浄完了後、孔壁が崩壊しない程度に通水量を絞りフィルター材を投入する。地盤状況に応じて孔口部からのエア流入を防止するために粘土を詰め、真空圧をかけて揚水を確認する。

3-2-3 施工上の留意事項

ウェルポイントの揚水能力は、配管の気密性に大きく左右される。配管接続箇所における漏気防止のために、ビニールテープを巻いたり、ペンキを塗ったりする。ウェルポイント用ポンプは故障



注：地盤状況により粘土を詰める

図-5 ウェルポイントの施工手順²⁾

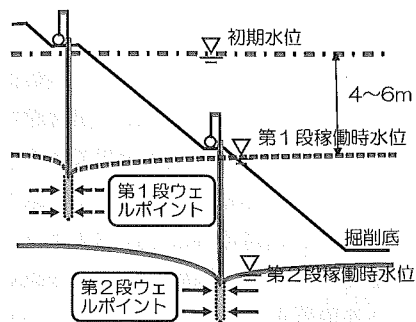


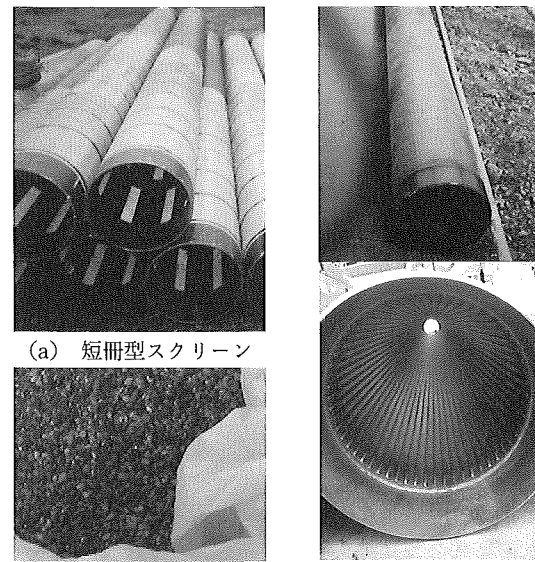
図-6 多段式ウェルポイント

が発生したときのために予備ポンプを常備しておく。前述のようにウェルポイント工法では4~6m程度の水位低下が限界であり、これ以上の水位低下が必要な場合は図-6に示す多段式を採用する。第1段のウェルポイントで水位を低下させた後に第2段のウェルポイントを設置し、最終掘削に必要な水位低下を得る。

3-3 ディープウェル工法

3-3-1 概要

ディープウェル工法とは、掘削域の内側あるいは外側に工事期間中のみ稼働する仮設の井戸を設置し、地下水を揚水、水位低下させる工法である。比較的透水性の高い砂質地盤、礫質地盤を対象とした工法である。1本の井戸で広範囲の地下水位を大きく低下させることができるので大規模現場向けの工法である。ディープウェルの構造概要を図-7に示す。井戸掘削機械により400~1,000mm程度の孔を掘削し、この孔にスクリーンを有する井



(a) 短冊型スクリーン (b) 巻線型スクリーン

写真-3 ディープウェルに用いる材料

戸管を挿入し、孔壁と井戸管の隙間にフィルター材を投入して施工した井戸に、高揚程の水中ポンプを設置したものである。

ディープウェルに使用するスクリーンおよびフィルター材を写真-3に示す。従来は鋼管に短冊型の

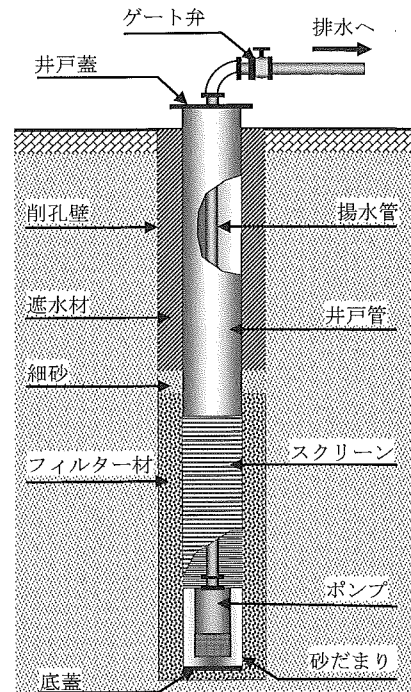


図-7 ディープウェル構造図²⁾

スリットを切り土砂の流入を防止するための金網を巻いた短冊型スクリーンが多く用いられていた。近年は、楔形のワイヤーを開口幅1mm、開口率20%程度で巻きつけた巻線型スクリーンが一般的に用いられている。このスクリーンは目詰まりが発生しにくい構造になっている。

フィルター材は地下水の透過性を確保したうえで、井戸内への土砂の流入を防止することを目的とするもので、丸味を帯びた砂利を用いる。その粒径は地盤の粒度分布を参考に選定するが、関東地方では粒径2~4mm程度の鹿島産硅砂2号、3号などが一般的に用いられている。

3-3-2 施工手順

ディープウェルの施工手順を図-8に示す。井戸掘削機械をディープウェル施工位置に設置する。井戸掘削は、パーカッション式、ロータリー式など安定液を用いて孔壁を保護する工法と、安定液を用いずケーシングにより孔壁崩壊を防止するオールケーシング工法がある。井戸性能を確保するた

めには安定液を用いないオールケーシング工法が望ましい。安定液を用いる削孔方法の場合、孔壁に泥膜が付着する可能性が高いため、施工完了後の井戸洗浄をていねいに行う必要がある。

所定深度までの掘削が完了した後、ベイラーなどを用いて掘削孔底のスライム処理、安定液濃度の低減を行う。その後、スクリーンおよび井戸管の建込みを行う。井戸管には底蓋を取付け、ディープウェル底部には長さ1m程度の砂だまり部を設ける。孔壁と井戸管の隙間にはフィルター材および遮水材を充填する。この後、孔壁の泥膜およびフィルター材やスクリーン周辺の細粒分除去を目的としてスワッピングやジェットングによる井戸洗浄を行う。スワッピングによる井戸洗浄の状況を図-9および写真-4に示す。スワブ玉とよばれるピストン構造の弁を井戸内で急激に引き上げることで井戸内に負圧を発生させ、周辺の地下水を井戸内に引き込むと同時に孔壁に形成された泥膜を破壊・除去する。

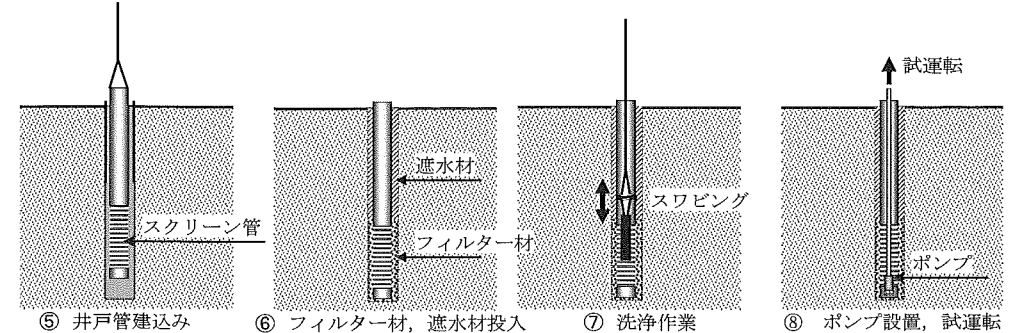
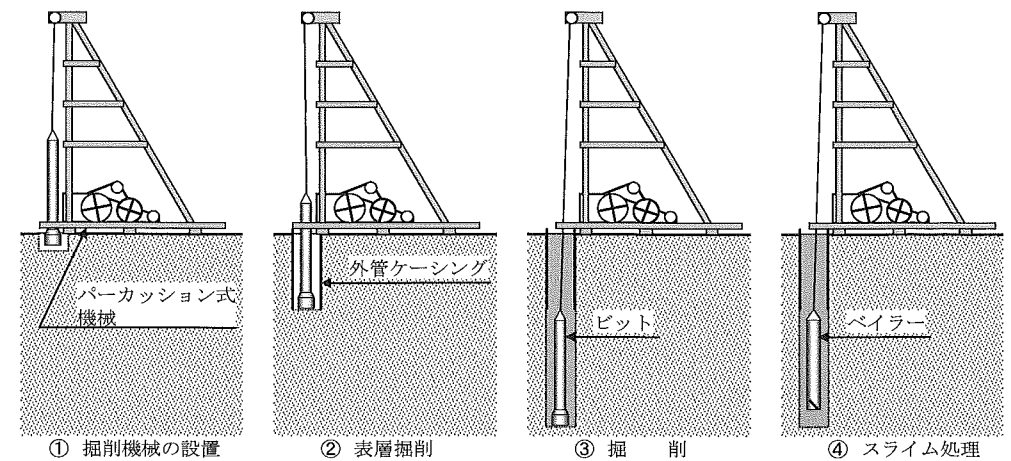
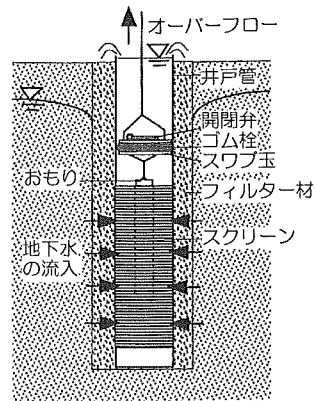
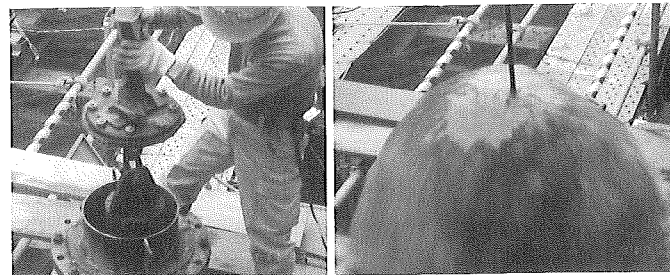


図-8 ディープウェル施工手順²⁾

図-9 スワビング実施状況図⁹⁾写真-4 スワビング実施状況写真
(a) スワブ玉挿入状況 (b) スワブ玉引上げ泥水湧出状況

井戸洗浄が終了したディープウェル内にポンプを設置して試運転を行う。ディープウェルからの揚水量、ディープウェル内の水位低下量、揚水した水の濁り状況などを確認してディープウェルの揚水能力を確認する。

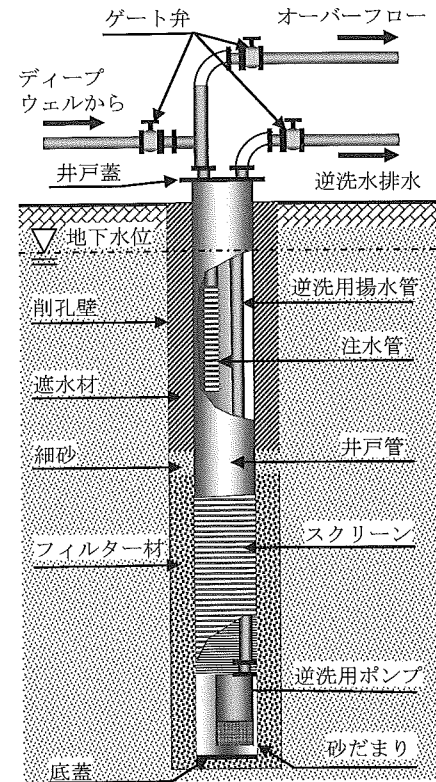
3-3-3 施工上の留意事項

ディープウェル工法では、現場周辺の地下水位を低下させてしまい、周辺地盤環境に影響を与えることがある。過去の工事でも現場周辺の井戸枯れ、地盤沈下が発生した事例がある。このような影響を抑制する必要がある場合、止水性の土留め壁(止水壁)と併用して、止水壁で囲まれた掘削内部にディープウェルを設置することが一般的である。止水壁の有無や止水壁の長さにより必要揚水量や周辺地下水位への影響が変化する。

3-4 リチャージ工法

3-4-1 概要

トンネル工事における地下水対策において、地下水位低下のための排水工法と同時にリチャージ

図-10 リチャージウェルの構造例⁹⁾

工法が採用されるケースが増加している。リチャージ工法とは掘削部内で揚水した地下水を再度、地盤に還元する工法である。

リチャージ工法に用いるリチャージウェルの構造、施工法は基本的にディープウェルと同じである。リチャージウェルの構造例を図-10に示す。ディープウェルで揚水した地下水を注水するための注水管、目詰まりが発生したときに逆洗作業を行うための水中ポンプなどを設置することが多い。

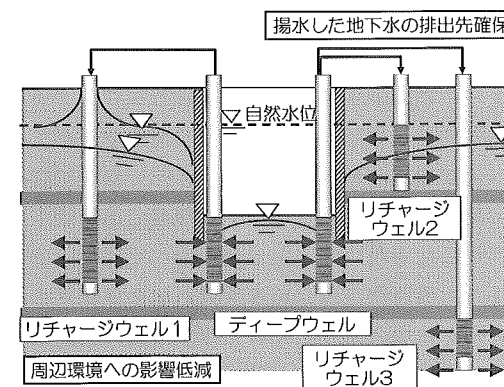
3-4-2 リチャージ工法の目的と原理

リチャージ工法には大きく2つの目的がある。第1は掘削現場内からの揚水による周辺地下水位低下およびこれに伴う環境影響を抑制することである。第2は揚水した地下水の放流先を確保することを目的としたリチャージである。排水工法により多量の揚水を行った場合、これを放流する場所(例えば、下水道など)を確保できない場合がある。また、放流先として下水道が使用できても、長期間多量の地下水を下水に放流する場合は、高

額の下水道使用料金を支払う必要があり工事費増大の原因となる。これを回避するため、つまり揚水した地下水の排出先としてリチャージ工法を採用する場合がある。

図-11にリチャージ工法の原理を模式的に示す。現場周辺への環境影響低減という目的でリチャージ工法を採用する場合、図-11のリチャージウェル1のように、ディープウェルで揚水を行う帯水層と同じ帯水層に注水を行う必要がある。ディープウェルとリチャージウェルの中で地下水を循環させて、掘削部内の地下水位を低下させると同時に周辺地下水位の低下を防止する。ディープウェルとリチャージウェルの間の距離が短い場合は、リチャージウェルから注水した地下水が掘削部内へ再度流入するため、必要とする水位低下を得ることが難しくなる。リチャージウェルを掘削部から十分に離して設置できる敷地的余裕がある場合、あるいは見掛け上の距離をかせぐために対象の帯水層を止水壁で遮断する場合などでないと工法の成立は難しい。

一方、揚水した地下水の排出先確保という目的では、図-11のリチャージウェル2(浅層)あるいはリチャージウェル3(深層)のようにディープウェルで揚水する帯水層と異なる帯水層に注水を行うことも可能である。揚水対象層と注水対象層の間に透水性の低い難透水層があれば、注水した地下水が即座に掘削部内に流入しないので掘削域近傍でリチャージすることも可能である。透水性の高い帯水層があれば、これを注水対象層として利用

図-11 リチャージ工法の原理と目的⁹⁾

することができる。

揚水と注水を異なる帯水層で行う場合、両方の帯水層の水質検査を行い、水質的な問題(地下水汚染の拡大、水質組成の違いによる地下水利用上のトラブルなど)が発生しないことを確認する必要がある。

また、リチャージウェル2のように掘削底より浅い帯水層に注水を行う場合、注水により土留めにかかる水圧が大きくなるため、これを考慮して土留め支保工を設計する必要がある。リチャージウェル3のように掘削底面以深の帯水層に注水を行う場合、注水により水圧が上昇することを考慮した盤ぶくれ検討を行う必要がある。

3-4-3 課題と対策

リチャージ工法は多くの現場で実施されてきているが、当初目標どおりの成果を達成できない現場も多い。その原因はリチャージウェルにおける目詰まりの発生である⁹⁾。揚水目的のディープウェルは、地盤中や地下水中に存在する細粒分を井戸内に集めて排出する構造になっているため、目詰まりは発生しにくい。逆に、注水を行うリチャージウェルは、ディープウェルから排出される細粒分が地下水とともに地盤中に注入され蓄積される構造となるため、目詰まりが発生しやすい。

目詰まりが発生しにくいように配管途中に細粒分を除去するためのフィルターなどを設ける工夫、目詰まりが発生したとき逆洗などにより機能回復が容易にできる構造とすることなどが長期的なりチャージ性能を維持するために必要である。

3-5 排水設備の稼働と停止

ウェルポイントやディープウェルなど排水設備は図-12に示すように設置、事前試験(確認揚水試験)、運転および計測管理、停止という手順で適用される。

3-5-1 確認揚水試験

地下水対策としての止水性土留め壁(止水壁)と排水設備(ウェルポイント、ディープウェルなど)の設置が完了した時点で、設置した排水設備の充足度を確認するための確認揚水試験を実施する。

図-13はその実施例を示したものである。この例

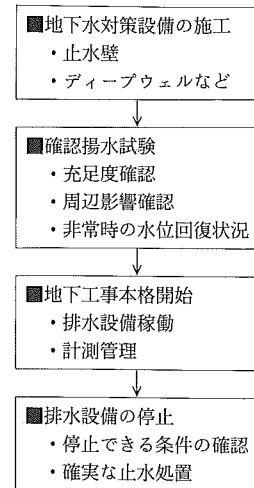


図-12 排水工法の適用フロー

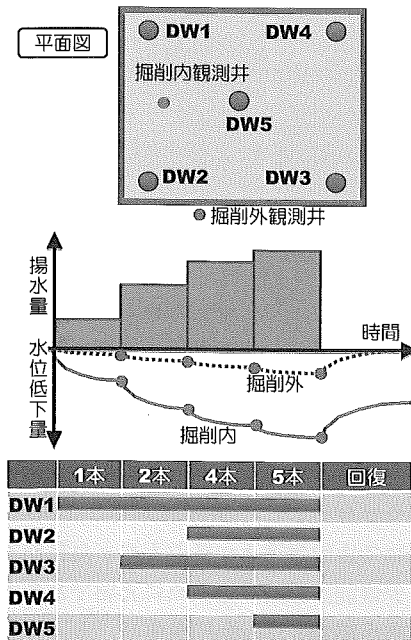


図-13 確認揚水試験の実施例

では止水壁で囲まれた掘削内に5本のディープウェル、掘削内外に観測井が1本ずつ設置されている。ディープウェルの稼働本数を1本、2本、4本、5本と順次増やしていき、このときの水位変化を掘削内外に設置した観測井で計測するとともに総揚水量を計測する。この結果より、揚水量と水位低下量の関係をグラフ化し、必要水位低下量を得るための必要揚水量、稼働ディープウェル本数を確認する。同時に、掘削外における水位低下量を求

め、周辺への影響を評価する。

上記の揚水試験が終了したら、すべてのディープウェルの運転を一斉に停止し、水位の回復状況を計測する。

確認揚水試験結果から以下を確認する。

- ・設置した排水設備の性能は正常か。
- ・設置した止水壁の止水性は十分か。
- ・設置した排水設備により掘削内において計画どおりの水位低下が得られるか。
- ・掘削外の水位低下は過大でないか。
- ・必要水位低下量を得るまでの運転時間。
- ・掘削段階ごとの運転管理を行う場合、各掘削段階の運転本数、必要揚水量。
- ・停電などによりディープウェルが停止した場合、どの程度の速度で水位が回復するか。

このように確認揚水試験により、排水設備の運転管理にかかわるさまざまな情報を得ることができる。大規模なトンネル工事においては、本格掘削前に必ず実施すべき試験であり、結果に応じて排水設備の追加や非常用電源の準備などを検討する。

3-5-2 排水設備の停止

役目を終えたディープウェルなど排水設備は順次停止する。ただし、均しコンクリートや底盤コンクリートの打設完了直後に排水設備を停止すると、打設したコンクリートに水圧がかかり、ひび割れが入るといったトラブルになる。排水設備の停止にあたっては、以下を考慮する。

- ・浮力により構造物が浮き上がらないか。
- ・構造物の強度や剛性不足によりひび割れが発生しないか。
- ・地下躯体の中に地下水が流入しないか。
- ・埋戻しを行っていない部分でボーリングやパイピングが起きないか。
- ・隣接工区など近隣地下工事現場で水位低下不足にならないか。

また、構造物を貫通する位置にディープウェルを設置した場合は、ディープウェル内外の止水処置を確実にを行い、地下水水位が回復したときに構造物内への漏水原因とならないように配慮する。

④ 止水工法

地下を掘削するために図-14に示すように掘削部周辺の地盤の透水性を小さくすることにより掘削内への地下水流入量を減少させる工法を止水工法と呼ぶ。

掘削部を取り囲むように壁型の止水体を設置して水平方向の地下水の流れを遮断する止水壁工法、薬液注入工法などにより盤状の地盤改良体を形成して鉛直方向の地下水の流れを遮断する底盤改良型の止水工法などがある。ただし、止水工法を適用しても地下水の流れが完全に遮断されるわけではなく、止水壁や地盤改良体の透水性に応じた地下水の流入がある。現場の状況に応じて地下水の排水設備を併用する。周辺地下水水位への影響も完全になくなるわけではない。

止水工法を採用して周辺地下水水位の低下を抑制した場合、止水壁や止水改良体に自然地下水水位に相当する水圧がかかる。土留め壁はこの水圧を負担するため、これに耐えられる土留め支保工の設計が必要である。止水改良体の下端にも自然水位に相当する水圧がかかるので、この面で盤ぶくれ現象が発生しないような改良厚さ、改良強度を検討する必要がある。

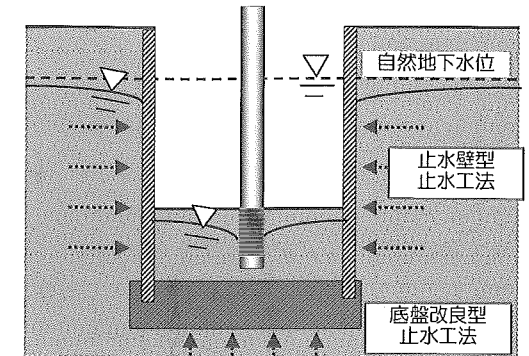
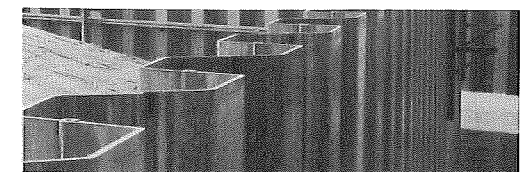
4-1 止水壁

トンネル工事で一般的に用いられている止水壁を写真-5に、各工法の特徴を以下に示す。

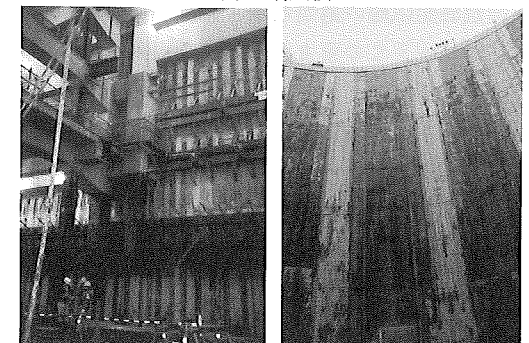
(1) 鋼製矢板

継手部を噛み合せながら鋼製矢板、鋼管矢板を連続して地中に打ち込み止水壁とする工法である。とくに、鋼製矢板は中小規模の地下工事現場で多用されている。低騒音・低振動の圧入工法が開発され、市街地の狭隘箇所でも施工が可能である。施工完了後は引抜き撤去することが一般的であり、他の工法と比べて安価という特徴がある。

鋼製矢板壁の止水性は継手部の止水性に左右される。継手の噛み合せ不良箇所があると、その部分が弱点となり地下水および土砂が流出する。継手部の止水性を高めるために合成樹脂製の止水材を塗布する方法がある。

図-14 止水工法の種類¹⁾

(a) 鋼矢板



(b) ソイルセメント壁 (c) RC地中連続壁

写真-5 止水性土留め壁

(2) ソイルセメント壁

原位置の土とセメント系懸濁液を現地で攪拌・混合してソイルセメントを造成し、この中にH形鋼などの芯材(応力材)を建込んで止水性土留め壁とする工法である。さまざまな地盤に対応可能、大深度の施工も可能、低振動・低騒音、比較的低コストなどの特徴があり、近年、中規模以上の地下工事現場で多用されている。

ソイルセメント壁の止水性は、ソイルセメント自体の透水性と、施工ジョイント部の連続性に支配される。土とセメント系懸濁液の混合・攪拌を十分に行い、均質で透水性の低いソイルセメントを造成することが重要である。壁長が長い場合、

鉛直精度が低いと深部でのラップが不十分となり止水性が確保できなくなる場合がある。

(3) RC地中連続壁

掘削域の周りに鉄筋コンクリートの壁をあらかじめ構築して、土留め壁とする工法である。地盤が崩れないように安定液と呼ばれる比重の大きな泥水で溝壁を保持した状態で壁状の溝を掘り、この溝に地上で組み立てた鉄筋かごを挿入した後、コンクリートを打設して土留め壁とする。

施工時の騒音、振動が小さく、敷地境界際に施工できるため市街地の工事に向いている。壁自体の剛性が高く変形が小さいため、周辺地盤の沈下も小さく抑えられる。一方、他の工法に比べて工期・工費の面で不利があるとともに、施工技術的な難易度が高い。

4-2 底盤改良

掘削底面以深の適当な深さに天然の難透水層が存在すれば、この層まで止水壁を根入れすることにより地下水の流入が抑制できる。しかし、現地の地盤条件によっては、難透水層が存在しない、層厚が薄い、連続性が不確かであるなどの理由で十分な止水効果を期待できない場合もある。このようなとき、薬液注入工法や高圧噴射攪拌工法などにより人工的に難透水層を形成して地下水の流入を抑制する工法を採用する場合がある。

この地盤改良による止水工法は、コストの高い工法として敬遠されがちであったが、周辺環境影響の抑制効果が大いこと、ランニングコストも考慮した総工事費という観点からは有利になる場合もあること、などから採用されるケースが増加している。とくに、掘削が深く平面積が小さなトンネルの発進・到達立坑などでは底盤改良による止水工法が採用されるケースが多い。

⑤ 抗水圧工法

抗水圧工法は、図-15に示すように掘削側に水圧あるいは空気圧をかけて外部の地下水圧とバランスさせる工法である。掘削側の水位を下げず水中で工事を行う水中施工法、掘削側に空気圧を作用させる圧気工法などがある。

5-1 水中施工

水中施工法は掘削内部に水を溜めたまま施工する工法で、掘削側の圧力を水圧によりかける抗水圧工法である。安全性、信頼性が高い工法であり、周辺環境への影響も小さい。問題は、水中での掘削や躯体の構築をいかに効率的に精度よく行うかにある。水中掘削や水中コンクリート打設の機械化、施工精度向上が進められれば有望な工法である。

東京メトロ7号線東六本木駅は最大幅員20m、平均掘削深さ27m、延長232mの地下駅を開削工法により建設するものである⁹⁾。地盤と構造物の概要を図-16に示す。地表付近には軟弱な沖積粘

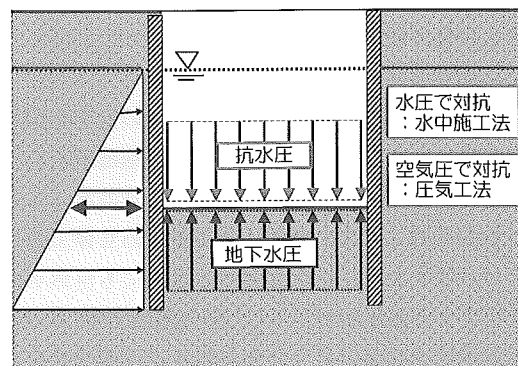


図-15 抗水圧工法の原理⁹⁾

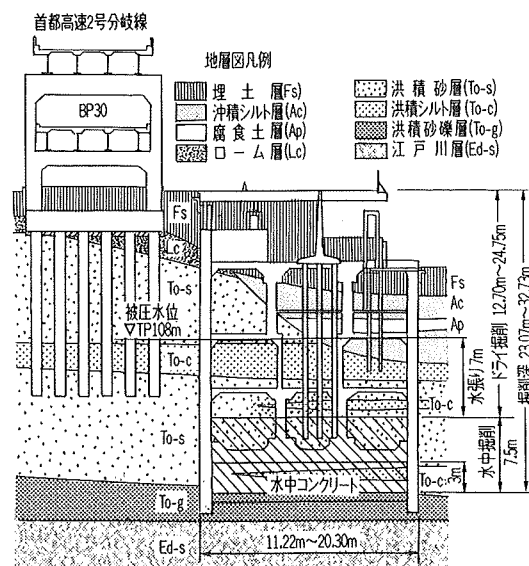


図-16 水中施工法の事例：東京メトロ7号線東六本木駅⁹⁾

性土層(Ac, Ap)が堆積しており、この下部に高い被圧を有する透水性の高い帯水層(To-s, To-g, Ed-s)が堆積している。現場近くには昭和40年代に建設された首都高速道路の橋脚があり、これに影響を与えることなく施工することが最大の課題であった。これらの地盤条件、近接構造物の条件を考慮し、施工時の安全性、経済性、周辺環境への影響を考慮した結果、水中施工法を採用することとなった。

水中施工法による施工手順は、以下のとおりである。

- ① 盤ぶくれ、ボイリングに対する限界深度までのドライ掘削
- ② 被圧地下水位までの掘削内注水
- ③ 最終掘削深さまでドレッジャーバケットなどによる水中掘削
- ④ 連壁面の清掃および掘削底面の成形処理
- ⑤ 格子状鉄筋フレームの沈設
- ⑥ 水中コンクリートの打設
- ⑦ ドライアップ(掘削内に注水した水の揚水)
- ⑧ 躯体構築

この工法においては、土留め壁(場所打ち鉄筋コンクリート地中壁)と水中で施工した底版との水密性確保が重要であり、土留め壁際の外周部は水中パイプシールドを用いて締固めを行った。また、厚さ3mの水中コンクリート底版の重量だけではドライアップ時に被圧水による揚圧力で底版が持ち上がってしまうため、不足分を土留め壁に負担させられるように浮上り防止鋼材を取付けた。ドライアップ時に水中コンクリートと土留め壁の間から若干の湧水がみられたが、施工上問題ない程度の量であった。

5-2 ニューマチックケーソン工法

圧気工法は掘削側に地下水圧に相当する空気圧を作用させて地下水の流入を防止する工法である。代表的な工法として、地上で築造した函体(ケーソン)の下部に作業室を設け、ここに圧縮空気を送り込んで地下水の流入を抑え、掘削・排土を行いながら函体を徐々に地中に沈めていくニューマチックケーソン工法がある。コップを逆さまにし

て水中に押し込んだとき、コップの中の空気圧と水圧がバランスして、コップ内に水が流入しないのと同じ原理である。

ニューマチックケーソン工法など圧気工法の最大の課題は、高気圧下での作業環境をいかに整備するかである。近年、機械化、無人化が進められており大深度、大平面の施工も可能になっている。

ニューマチックケーソン工法による道路トンネル施工事例として首都高速道路高速大宮線を写真-6および図-17に示す⁹⁾。東北新幹線などの鉄道高架直下に施工されたトンネルであり、周辺構造物への影響を最小限に抑えるための工法としてニューマチックケーソンが採用された。延長222m、最大深さ38mのトンネルを6分割したニューマチックケーソンにより施工した。また、鉄道高架の橋脚は沈設が完了したケーソン函体に受けスラブを設置してアンダーピニングした。施工手順は、施工盤造成→ニューマチックケーソン工→ケーソン間接続→内部仕上げという順序で行った。ケーソン間接続部の掘削は土留め壁としてのRC地中連続壁を打設したうえで、中床版までは無圧気で、中床版以深は圧気を併用して地下水が流入しないようにして掘削を行った。

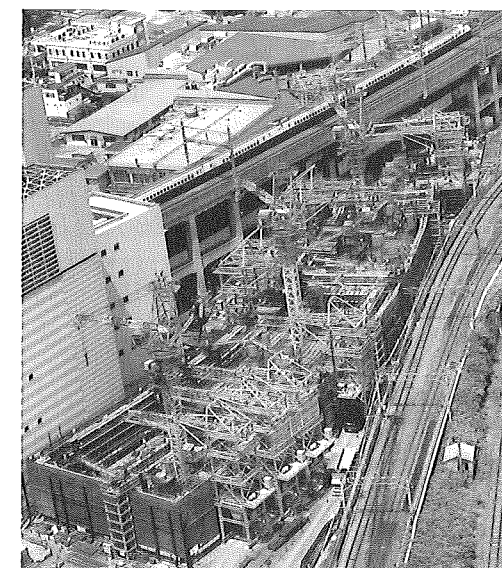
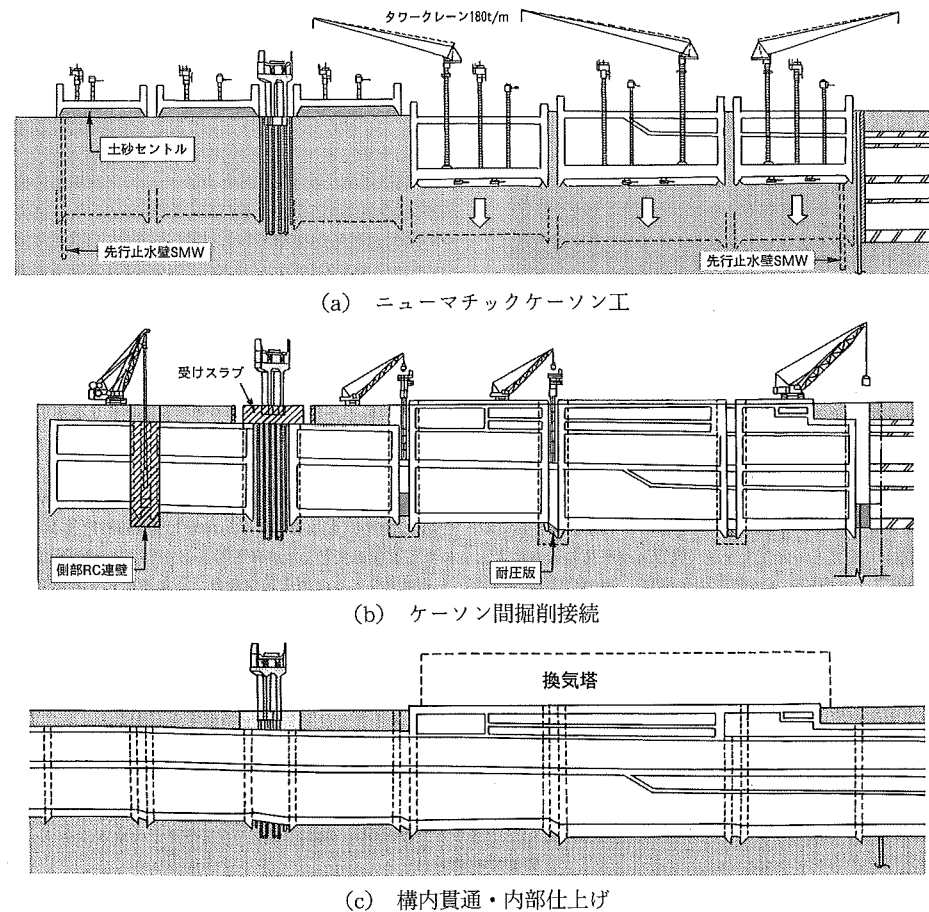


写真-6 ニューマチックケーソンによるトンネル施工状況⁹⁾

図-17 ニューマチックケーソンによるトンネル施工例：首都高宮線[®]

⑥ おわりに

本稿では、地下水を揚水し地下水位を低下させる排水工法、地盤の透水性を低下させて地下水の流入を防止する止水工法、地下水に対抗する圧力をかけて地下水の流入を防止する抗水圧工法といったさまざまな地下水対策を紹介した。

適切な工法を選定し、確実な施工・管理を行うことにより安全性・作業性・経済性が確保され、周辺への影響も抑制することができる。地下水対策がトンネル工事の最大のポイントであることを再度、述べて本報の結びとしたい。

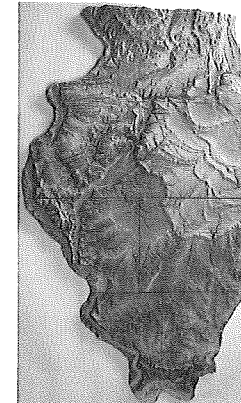
(文責：高坂信章・清水建設(株))

参考文献

- 1) 「地下水を知る」編集委員会：地下水を知る，地盤工学会，pp.115-122，2008。
- 2) 日本建築学会編：建築工事標準仕様書 JASS3・4，pp.119-137，2009。
- 3) 三宅紀治・高坂信章・石川明：リチャージ工法での問題点と対策例，基礎工，Vol.24，No.2，pp.60-67，1996。
- 4) 中島誠三・浅井俊夫・本田靖典：首都高橋脚に近接した地下鉄駅の掘削，営団7号線 東六本木駅，トンネルと地下，Vol.29，No.1，pp.25-31，1998.1。
- 5) 小林法男・瀬戸明・菅野谷敏彦・下間充：ケーソン工法で新幹線・埼京線と交差，首都高速道路 高速大宮線，トンネルと地下，Vol.34，No.4，pp.15-26，2003.4。

工法・技術・製品ニュース

技術 精密3Dプリンタ出力サービスの提供開始



地形モデルの出力例

(株)ムトーエンジニアリング
Tel 03-6758-7120
<http://www.mutoheng.com/>

MUTOHホールディングス傘下で、設計・製図機器やCADソリューション事業を展開しているムトーエンジニアリングは、プロフェッショナル向け3Dプリンタによる完成予想モデルなどの出力サービスの提供を始めた。

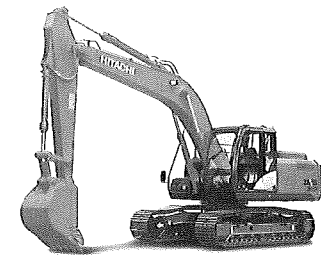
3次元CADデータをそのまま3Dプリンタに入力するだけでは、模型に強度の弱い部分がある状態で出力されることがあり、完成したモデルに弱部ができ、壊れやすいものとなる場合がある。そこで、同社の経験豊富なスタッフが事前に3Dデータを分析し、完成モデルが忠実に表

現されたうえで、さらに強度を保てるよう、データ補正を行うなどして3D出力を請け負う。

出力にはグループ企業である武藤工業が販売を手掛けている精密3Dプリンタを用い、造形サイズは、石膏粉末プリンタ(カラー)で最大254×381×203mm(D×W×H)、樹脂成型プリンタ(透明または単色)で最大(298×185×203mm(同))。出力価格は、素材やサイズ、データ加工量によって異なる。

※参考出力価格：石膏粉末プリンタ(フルカラー)50×50×40mmで、2万円～(条件による)

製品 中型油圧ショベル4機種とハイブリッド油圧ショベルを発売



ZX200-5

日立建機(株)経営管理本部広報戦略室
広報グループ
Tel 03-3830-8065
<http://www.hitachi-kenki.co.jp/>

日立建機は、油圧ショベルZAXIS-5シリーズを4機種、および、ハイブリッド油圧ショベル1機種を発売すると発表した。

ZAXIS-5シリーズの4機種は、ZX160LC-5(バケット容量0.6m³、運転質量16.6t)、ZX200-5(同0.8m³、同19.8t)と、後方超小旋回機であるZX225US-5(同0.8m³、同23.8t)とZX225USR-5(同0.8m³、同23.2t)。また、ハイブリッド油圧ショベルは、ZH200-5(同0.8m³、同20.2t)となる。

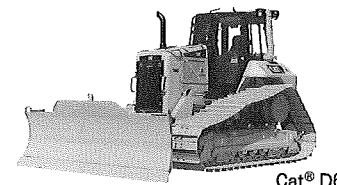
ZAXIS-5シリーズは、排出ガス規制のオフロード法2011年基準に適

合した油圧ショベルで、大作業量を維持しながら低燃費を実現する。

ZX200-5、ZX225US-5、ZX225USR-5は3ポンプ3バルブ式の省エネ油圧システムを採用し、従来機と比較して作業量は同等で約17%の燃費を低減した。ZX160LC-5は、油圧システム(HIOS III)の設定を燃費重視に見直し、従来機と比較して燃費を約14%低減させた。

ZH200-5は、ハイブリッド機構を見直し、従来機に比べ約15%燃費の低減を実現し、また、国交省の低炭素型建設機械に適合した。

製品 オフロード法2011年基準に適合した中型ブルドーザ



Cat® D6N

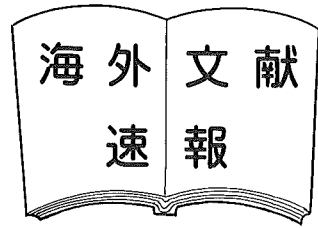
キャタピラー・ジャパン(株)
コーポレートパブリックアフェアーズ・ジャパン
Tel 03-5717-1122
E-mail: cjl-public@cat.com

キャタピラー・ジャパンは、Cat D6Nブルドーザ(乾地車：運転質量16.3t、湿地車：同17.8t)をモデルチェンジして発売した。

今回のモデルチェンジでは、環境性能と燃費効率をさらに向上した新エンジンを搭載し、オフロード法2011年基準に適合させた。また、アイドリング時の燃費を低減するオー

トモデル機能やオートアイドルストップ機能も新たに搭載している。

さらに、3点支持式グラブハンドルとステップを採用することで、キャブ乗降や整備時の安全を確保したほか、キャブ内に、オートエアコンディショナを搭載し、オペレータに快適な作業空間を提供するなど、安全性と作業環境向上に配慮した。



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

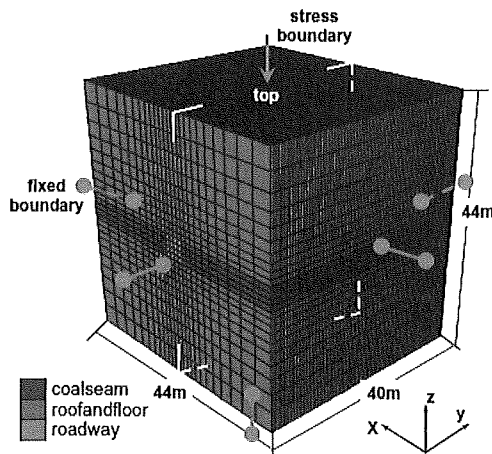
炭鉱坑道の掘削時におけるガス爆発に影響を与える地山応力と掘進長について/
How in situ stresses and the driving cycle footage affect the gas outburst risk of driving coal mine roadway

Tunneling and Underground Technology, September, 2012

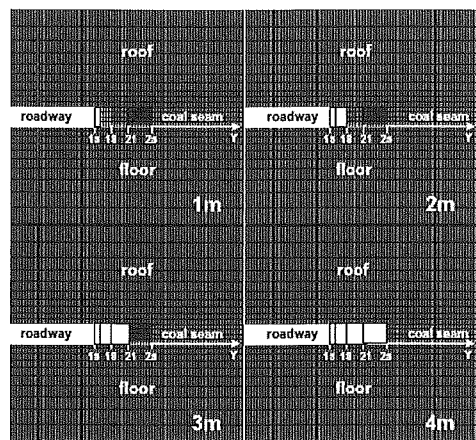
炭鉱坑道の掘削を対象として、地山の応力状態と掘進長をパラメータとして、図-1に示す解析モデルを用いて3次元掘削解析を実施し、坑道内でのガス爆発のリスクについて検討を行った。この結果、ガス爆発のリスクに関する地山応力と掘進長について以下の知見を得た。

(1) 地山応力とガス爆発のリスク

図-2は坑道切羽からの距離と地山応力の関係を示している。このうち(a)はx, y, z方向の地山応力がいずれも10MPaである場合の解析結果を示



(a) model geometry and boundaries



(b) roadway driving process

図-1 解析モデル

しており、切羽前方1.5~2mの位置において地山応力が最大14MPa程度と求まった。また(b)と(d)は坑道掘進方向に直交する応力が卓越する場合の結果を示しているが、切羽前方2.5mの位置で地山応力が25MPa程度となり、顕著な応力集中が確認できる。他方(c)は坑道掘進方向と平行方向の応力が卓越する場合の結果であるが、応力集中はほとんど生じていない。ここから、地山応力が最大となる方向と平行に導坑を掘進すれば、ガス爆発の危険性が低減できると考えられる。

(2) 掘進長とガス爆発のリスク

図-3は掘進長をパラメータとした場合における切羽前方0.25m地点での地山応力と変位を抽出した結果を示している。同図から地山の最大応力が坑道掘進方向と直交する(b)と(d)では急激な地山応力の低下が生じるのに対して、坑道掘進方向と平行方向の応力が卓越する(c)では地山の応力集中がほとんど生じていない。また(b)と(d)において掘進長を3mとした場合、地山応力が集中する領域を掘削することになるため、急激な応力低下が生じるが、掘進長を1mとすれば応力低下量が最小となる。このことから地山応力が集中する領域まで掘進長を伸ばせば、ガス爆発の危険性が高まると考えられる。

(文責：北村義直・鹿島建設(株))

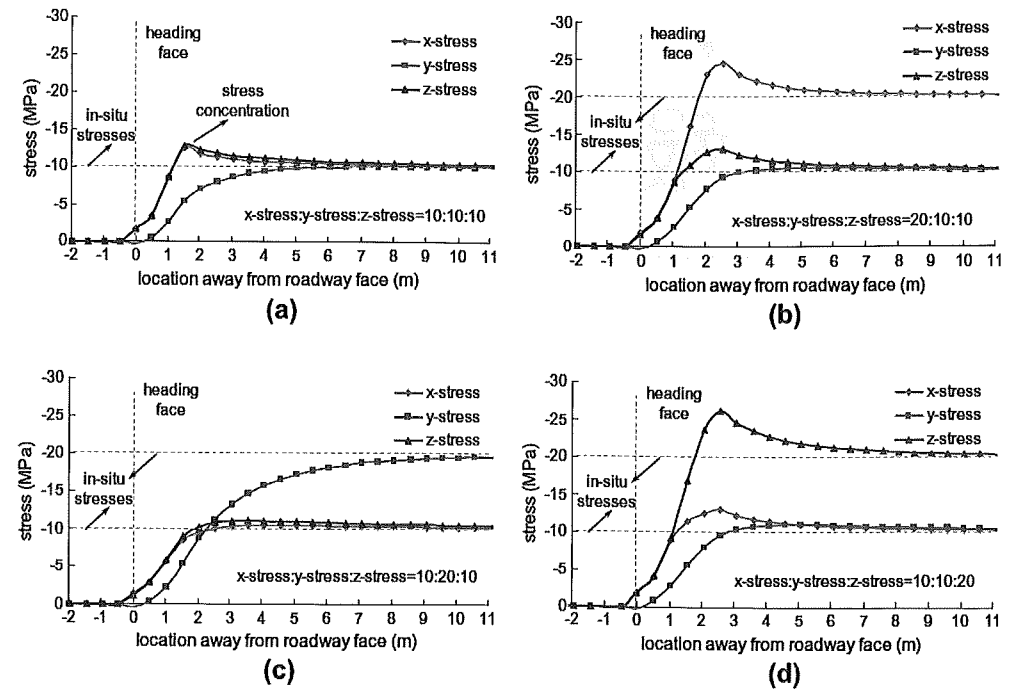


図-2 坑道切羽からの距離と地山応力の関係

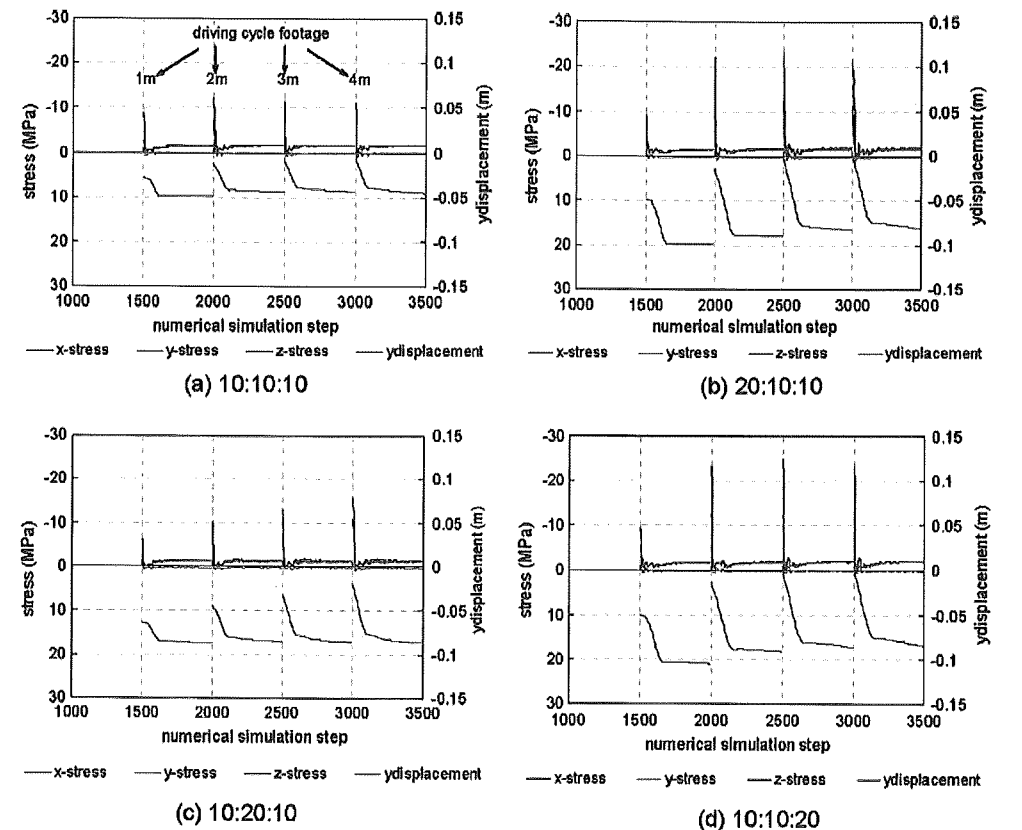


図-3 掘進長をパラメータとした切羽前方地山の応力と変位

一般社団法人

日本トンネル技術協会

会報

1. 会員の現状

	8月31日現在
正会員	1,426名
団体会員	329名
個人会員	1,097名

2. 委員会の開催状況(8月1日~31日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

企画運営幹事会(8/30)

木村宏幹事長ほか7名, 諸規程の改訂等を検討

広報小委員会会誌WG(8/7)

大島洋志主査ほか12名, 9月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会海外文献WG(8/6)

福井勝則主査ほか18名, 英文原稿を査読

海外文献小委員会海外ニュースWG(8/27)

清水健志主査ほか8名, 英文原稿を査読

◎事業委員会

事業委員会(8/20)

桑原彌介委員長ほか18名, 催物結果および今後の事業計画を検討

計 5回開催 68名出席

3. 国際会議の開催予定

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

*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。TEL:03-3524-1755 FAX:03-5148-3655

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

安全環境小委員会自然由来重金属文献調査WG
(8/20)

津金昭一主査ほか10名, 文献調査結果整理表を確認

安全環境小委員会シールドトラブル事例調査WG
(8/9)

石村利明主査ほか8名, 取りまとめ方針を検討

保守管理小委員会(8/8)

藤森伸一委員長ほか12名, 地震対策の取組みおよび今後の40周年事業計画を検討

都市トンネル小委員会近接施工調整WG(8/23)

五十嵐明主査ほか8名, 作業方針を検討

技術委員会支保WG(8/30)

蓼沼慶正主査ほか18名, 文献調査結果を検討

◎受託研究特別委員会

小断面掘削工法特別検討会(8/2)

吉富幸雄委員長ほか9名, 報告書原稿を検討

中流動覆工コンクリート特別委員会(8/26)

西村和夫委員長ほか19名, 報告書原稿を検討

小断面掘削工法特別検討会(8/26)

吉富幸雄委員長ほか12名, 報告書等を検討

九州新幹線(西九州)トンネル検討幹事会(8/28, 29)

大島洋志幹事長ほか24名, 施工状況報告と施工課題を検討

計 9回開催 129名出席

合計 14回開催 197名出席

4. 平成25年度催物開催現況

(平成25年8月現在)

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

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

協会の諸活動・会誌に対するご意見を

当協会は、トンネルの建設および維持管理に関する調査研究を行い、地下利用技術の進歩・向上を図ることによって国土の保全と公共の福祉の増進に寄与することを目的として、活動を実施しています。その活動の成果や現況については、会誌やホームページに掲載させていただいておりますが、諸活動の実施にあたっては、会員のニーズを大いに反映していきたいと考えています。ご意見やご提案がありましたら下記アドレスにメール送信お願いいたします。

ホームページ <http://www.japan-tunnel.org>

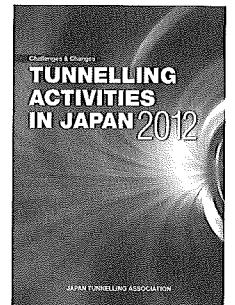
E-mail webmaster@japan-tunnel.org

日本のトンネル技術の紹介にご利用を

当協会では、日本のトンネル技術を海外に広報するために“TUNNELLING ACTIVITIES IN JAPAN”を作成しています。最新は2012年5月発行のものです。海外からの来客者や海外でのプレゼンなどに役立つアイテムとして活用お勧めいたします。

内容の詳細はwebで。
http://www.japan-tunnel.org/book_annai

頒布価格 会員3,000円, 一般3,600円
(部数が多い場合は価格協議に応じます)



2013施工体験発表会報告および審査結果

施工体験発表会報告

恒例の施工体験発表会は、山岳部門を6月25日(火)、都市部門を6月26日(水)に虎ノ門発明会館地下ホールで開催し、通算73回となりました。

本発表会は、山岳と都市に関するその時々の話題をテーマに、若手トンネル技術者の育成とトンネル技術者相互の情報交換の場として企画・開催しているものです。今回、山岳では「課題克服に取り組んだ工事—周辺環境への配慮、創意工夫、効率化—」、都市では「都市における創意工夫・新技術による地下構造物の施工事例」をテーマとして募集しました。その結果、発表件数はそれぞれ9件となり、当日の参加者数は、山岳部門155名、都市部門93名でした。

今回の発表会では、従前の「発表論文概要の事前公表」「発表者の表彰」「パンフレット設置スペース提供」に加え、発表者と聴講者が一体となり技術習得に役立てていただけることを目的として、聴講者を対象とした「ベストオーディエンス賞」を新たに設けました。

以下に、当日回答いただいたアンケート調査結果の一部を引用し施工体験発表会の報告をします。

図-1「参加者の年齢構成」では、山岳と都市とも40代を中心にバランスよく構成されていますが、20代では昨年同様、山岳に比べ都市の参加者の比率が多い結果でした。シールド工事現場が少なくなっている状況下で先を見据えると若い人の参加はたいへん有益なことと感じました。

図-2「参加者の業種」では、山岳と都市とも建設業の方が多く半数以上を占めています。施工から得られる情報はたいへん貴重ですので、他業種の方々にもぜひ参加していただきたいと思います。

図-3「プログラムの内容について」は、グラフからでもわかるように大変好評を得ていると自負

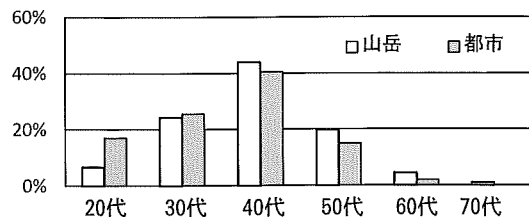


図-1 参加者の年齢

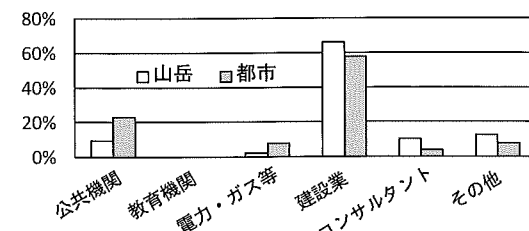


図-2 参加者の業種

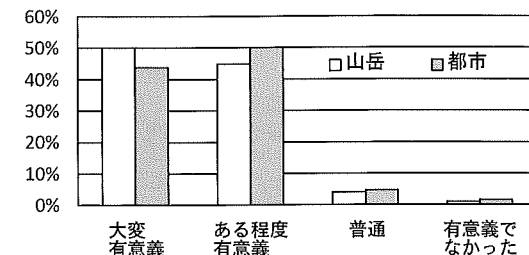


図-3 プログラムの内容は

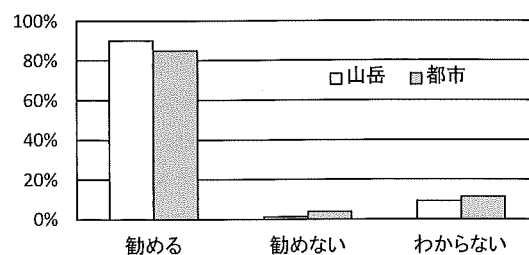


図-4 受講を勧めるか

いたします。図-4「受講を勧めるか」については、ほとんどの方から受講を勧めたいという評価をいただきました。

アンケート回答の中には、施設に関する要望、発表者のパワーポイントデータの希望、テキストの図面に関する要望などのご指摘をいただいているので、次回の企画に反映し、有意義な催物としてと考えています。

施工体験発表会発表者の審査結果報告

第72回(山岳)ならびに第73回(都市)施工体験発表会にかかわる発表者の表彰について審査した結果、下記のとおりとなりましたので報告します。また、両発表会の最優秀賞を受賞した論文を次頁以降に掲載・紹介いたします。

第72回(山岳)「課題克服に取り組んだ工事—周辺環境への配慮、創意工夫、効率化—」

<最優秀賞>

SENSによる未固結合水地山のトンネル施工
鹿島建設(株) 亀山好秀

<優秀賞>

アーチダム直下狭小ヤードからの土砂バイパストンネルの施工 大成建設(株) 藤原武司
曲面切羽の全断面早期閉合で強度不足地山を克服 清水建設(株) 遠藤大治

第73回(都市)「都市における創意工夫・新技術による地下構造物の施工事例」

<最優秀賞>

空港施設内の既設トンネルの補強工事について
(株)大林組 宮田健治朗

<優秀賞>

国道直下の共同溝工事における環境負荷低減対策 (株)奥村組 宇留間高広
周辺環境に配慮した大規模開削・切開き工事の計画と施工 (株)安藤・間 米元達也

施工体験発表会ベストオーディエンス賞の結果報告

今年新たに企画しました聴講者を対象とした「ベストオーディエンス賞」に多数のご応募をいただきありがとうございます。この賞は、クイズ方式で高得点者をベストな聴講者として賞するものです。今回は、全問正解者が山岳部門応募総数85名中36名、都市部門応募総数45名中5名と多数のため、抽選により下記のとおり3名の方々を受賞者といたしましたので、報告いたします。

ベストオーディエンス賞の詳細および当日配布の問題と回答は、下記webサイトに掲載しておりますので、ご参照ください。

http://www.japan-tunnel.org/event_kikaku#_BO

<第72回山岳部門ベストオーディエンス賞>

石川 文一((株)ケー・エフ・シー)
杉山 雅彦(三菱重工メカトロシステムズ(株))
澤田 和也((独)鉄道・運輸機構)

<第73回都市部門ベストオーディエンス賞>

田中 精一(メトロ開発(株))
大槻富士夫(りんかい日産建設(株))
仁後 祐輔((株)大本組)

施工体験発表会テキストの紹介

施工体験発表会のテキストは、第68回より紙からCD-R(PDF)に替わりました。希望者には、各回¥5,000で頒布しています。また、それ以前についても有料コピーサービスをしていますので、ご利用ください。詳しくはwebで。

図書No	図書(テキスト)名
201303	第73回施工体験発表会(都市)—都市における創意工夫・新技術による地下構造物の施工事例—
201302	第72回施工体験発表会(山岳) 課題克服に取り組んだ工事—周辺環境への配慮、創意工夫、効率化—
201204	第71回施工体験発表会(都市)—困難な施工条件下での都市トンネル工事事例—
201203	第70回施工体験発表会(山岳)—課題克服に貢献した新技術・創意工夫例—
201103	第69回施工体験発表会(都市)—都市トンネル工事におけるコスト縮減・工期短縮の施工事例—
201102	第68回施工体験発表会(山岳)—様々な課題克服に取り組んだ山岳トンネル工事—

SENSによる未固結合水地山のトンネル施工

—北海道新幹線 津軽蓬田トンネル—

鉄道・運輸機構青森新幹線建設局外ヶ浜鉄道建設所所長 **神田 大**
 鉄道・運輸機構青森新幹線建設局外ヶ浜鉄道建設所担当副所長 **田中 淳寛**
 鹿島建設(株)東北支店津軽蓬田トンネルJV現場代理人 **西川 幸一**
 鹿島建設(株)東北支店津軽蓬田トンネルJV監理技術者 **亀山 好秀**

キーワード：SENS, シールド, NATM, ECL, 場所打ちライニング, 大断面トンネル, 未固結砂層, 地下水, 地上発進, 地上到達, 高速施工

1. はじめに

津軽蓬田トンネルは、2015年度開業予定の北海道新幹線新青森～新函館(仮称)間の青森県東津軽郡蓬田村から外ヶ浜町に至る延長6,190mの新幹線複線断面トンネルである(図-1)。掘削全域が新第三紀鮮新世の未固結および半固結の細粒～中粒砂層(蟹田層)で、最大水頭40mと地下水位が高く、切羽が不安定になりやすい地質となっ

ている。最大土かぶりは94m、途中5か所で土かぶり5～13mの沢部を通過する(図-2)。トンネル延長6,190mのうち、青森方120mは開削トンネル区間、以降6,070mがSENS区間となっている。標準断面図を図-3に示す。

2009年11月から掘進を開始し、中間立坑でのビット交

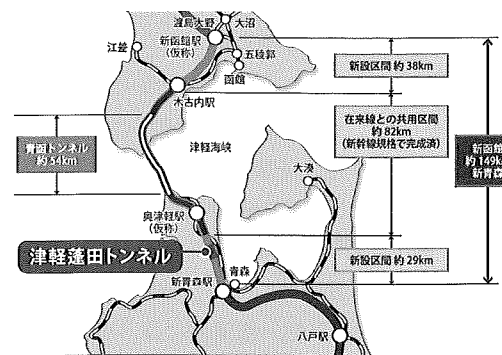


図-1 現場位置図

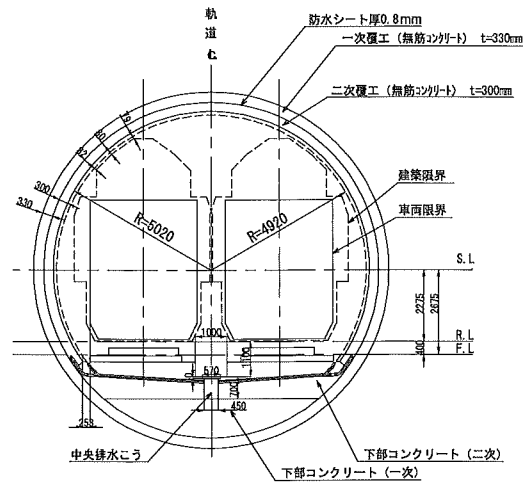


図-2 地質縦断面

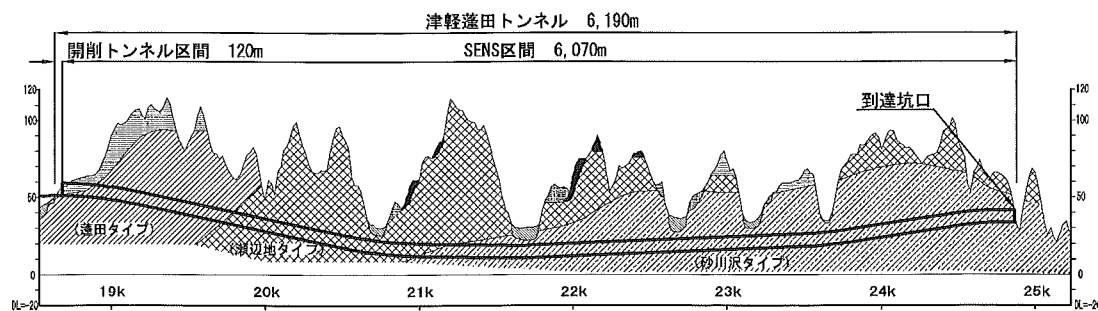


図-3 トンネル標準断面図

換を経て2012年10月に貫通した。この間の平均月進は190mとなり、三本木原トンネルの実績(106.2m)を大幅に更新した。

また、SENSの発進は、開削トンネルから掘進反力を得て地上発進を行い、到達部においても坑口を防護したうえで地上到達を行った。

本稿では、SENSの概要および地上発進、地上到達などの施工実績について報告する。

2. 工事概要

2.1 工事概要

工事件名：北海道新幹線、津軽蓬田トンネル他1・2

発注者：鉄道・運輸機構

施工者：鹿島・鉄建・梅林・田中組共同企業体

工事場所：青森県東津軽郡蓬田村地内

工期：2008(平成20)年2月13日～
2014(平成26)年9月17日

工事延長：6,250m

開削区間 120m

SENS区間 6,070m

切土区間 60m

2.2 地形・地質

地質縦断面図を図-2に示す。対象区間は未固結な砂を主体とする蟹田層が基盤であり、蓬田タイプ、瀬辺地タイプ、砂川沢タイプに分類される。

蓬田タイプは全体として固結度が低く帯水層となっており、層相は側方または上下方向に大きく変化する特徴がある。瀬辺地タイプは軽石質凝灰岩と中・細粒砂の薄互層となっており、砂川沢タイプは全体として均一で塊状無層理の固結した砂岩層からなる。

蟹田層の一部は細粒分含有率9%、均等係数3.0と非常に流砂を生じやすい砂層である。また、地下水位はおおむねトンネル天端以上で、最大水頭は40mである。

2.3 SENS概要

2.3.1 SENSの概要

SENSは、「密閉型シールドにより掘削および切羽の安定を図り、シールド掘進(Shield)と並行して一次覆工となる場所打ちコンクリートライニング(ECL)によりトンネルを支保し、一次覆工の安定を計測により確認した後、漏水処理工と力学的機能を付加させない二次覆工を施工(NATM)してトンネルを完成させる工法(System)」¹⁾であり、シールド(S)、場所打ちライニング(E=ECL)、NATM(N)を組み合わせたシステム(S)の頭文字をとって命名されている。

場所打ちコンクリートライニングをNATMの一次支保材と同様に位置づけるところにSENS最大の特徴があり、未固結で帯水した砂質土層などの切羽が不安定になりやすい地山に対して、優れた安全性、経済性、施工性を発揮する工法である。SENSの施工概念を図-4に示す。

2.3.2 施工設備

SENSの施工設備概要を図-5に、設備諸元を表-1に、三本木原トンネルとの設備比較を表-2に示す。

SENS特有の設備は以下のとおりである。

(1) コンクリート打設設備

一次覆工コンクリート打設までのフローを図-6に示す。現場内のバッチャプラントで製造されたコンクリートを、アジテータ車で後続台車後方の一次圧送ポンプに搬入し、8インチ管を通して容量8m³のレミキサに圧送する。レミキサはコンクリートをいったん貯留し、掘進速度にあ

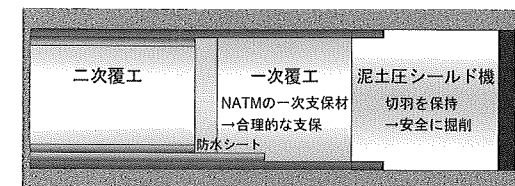


図-4 SENS施工概念

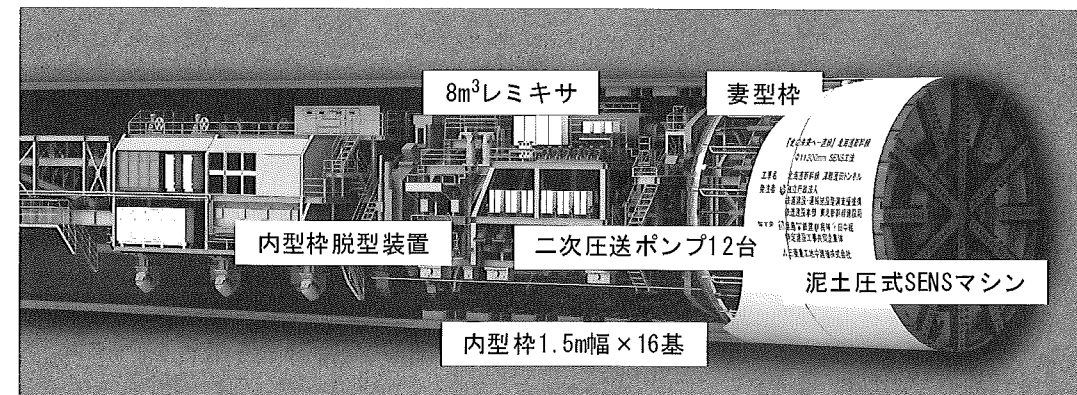


図-5 SENS施工設備概要

表-1 SENS施工設備諸元

項目	仕様
シールド形式	泥土圧シールド 外径11,300mm 全長12,020mm
カッタヘッド形式	スポークタイプ
カッタトルク	22,108kN・m
マシン カッタビット	メインビット 特殊先行ビット フィッシュテール コピーカッタ×3基 レスキュービット×1基
カッタ回転数	0.1~0.74rpm
推進ジャッキ	3,500kN×30 105,000kN
中折れジャッキ	3,000kN×28 84,000kN
スクリュウコンベヤ	内径1,200mm 1.1~10.5rpm
一次圧送ポンプ	91m³/h
レミキサ	8 m³
二次圧送ポンプ	66m³/h×12台
内型枠	軸方向挿入・脱型式 外径10,640mm 10ピース×16基
妻型枠	外径11,180mm 内径10,640mm 装備推力 420kN×18 打設孔 3B×12か所

表-2 三本木原トンネルとの設備比較

改良項目	三本木原トンネルとの比較
コンクリート打設ポンプ台数 (二次圧送ポンプ)	6台→12台
内型枠幅	1.2m→1.5m
内型枠構造	半径方向挿入型 →軸方向挿入型
妻型枠ジャッキストローク	0.9m→1.6m
カッタモータ回転数	定速→変速
ビット配置	2段階差→4段階差
発生土の坑内運搬方法	ダンプトラック →連続ベルコン

わせて12台の二次圧送ポンプにコンクリートを自動供給する。二次圧送ポンプは、3インチ管を通して妻型枠内の12か所の打設孔から掘進速度にあわせてコンクリートを打設する。打設制御は中央管理室で行い、地山の土水圧に抵抗できる圧力を保持しながら打設する。

(2) 内型枠

SENSでは、内型枠と地山との間に形成される空間に、一次覆工コンクリートを打設しながら掘進する。内型枠は1.5m幅で16リングあり、コンクリート強度が必要脱型強度以上であることを確認して後方で内型枠を脱型し、

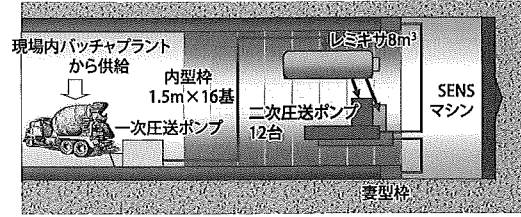


図-6 一次覆工コンクリート打設まで

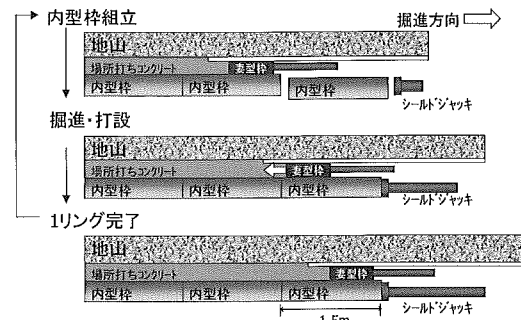


図-7 一次覆工打設サイクル

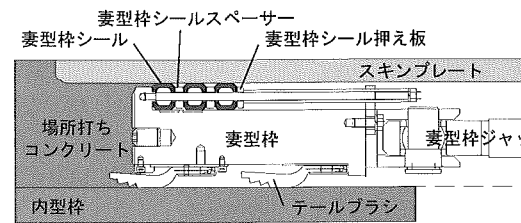


図-8 妻型枠側面図

前送りしてくり返し利用する。

内型枠には30本のシールドジャッキからの掘進推力をコンクリートに伝達する役割もあり、内型枠とコンクリートの付着力から掘進推力を得る。一次覆工打設サイクルを図-7に示す。

(3) 妻型枠

内型枠とスキンプレートの間には妻型枠が設けられており、半径方向内側に2段のテールブラシ、軸方向前面には12か所の打設孔および面圧計が装備されている。18本の妻型枠ジャッキは圧力差を調整する制御ジャッキと移動ジャッキを直列に連結したもので、主にヘッド差による圧力差を調整しながら1.5m幅の掘進を可能にした構造となっている。妻型枠側面図を図-8に示す。

(4) 塞止弁

掘進終了時に打設配管の解体・清掃を行うために、妻型枠部のコンクリート打設孔には塞止弁を装備した。塞止弁は打設管内にシリンダを押し込むことで管内に残ったコンクリートを管外へ押し出し、コンクリートの硬化・閉塞を防止する装置である(写真-1)。

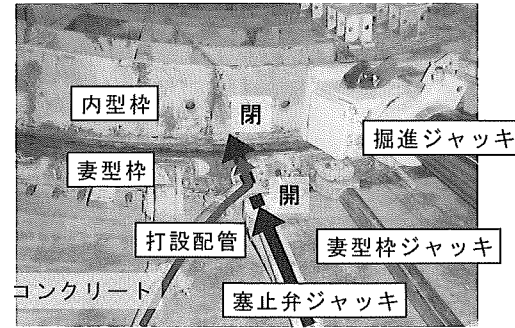


写真-1 塞止弁

3. 施工実績

3.1 地上発進

3.1.1 発進防護工

SENSは、後部の一次覆工コンクリートと内型枠との付着力を反力として掘進する。SENSマシン発進時は、反力を得る一次覆工がないため、シールド工法と同様に反力壁などが必要となる。

津軽蓬田トンネルの青森方坑口120m間は、開削トンネル区間となっており、現地状況を踏まえて発進方法について検討を行った結果、開削トンネル94.5mを先行施工し、地上発進とする方法が工期、工費ともに合理的であると判断された(写真-2)。

発進部の切削面は、流動化処理土(設計強度1N/mm²)で直壁を構築した発進防護工を施工し、シールドジャッキと開削トンネル本体間は、反力トラスを設置し、シールドジャッキからの推進力を開削トンネルに伝達した

(図-9)。

この発進方法による本体構造物への影響を確認するため、事前解析を行うとともに、施工時に開削トンネルの水平変位、コンクリート応力、底面突起の背面土圧などの計測を行った。

3.1.2 事前解析

開削トンネルの安定について許容せん断抵抗力による照査を行った結果、自重による底面摩擦では、発進反力を14,000kNまでしか作用させることができないことがわかった。そこで、開削トンネル底面に突起(せん断キー)を設けることで、33,000kNまで抵抗できる構造とした。なお、せん断キーの配置や形状については、逐次破壊の影響がないことを3次元FEMモデルを用いた解析を行って確認し、決定した(図-10)。

3.1.3 発進反力計測

発進時には各種計測を行い本体構造物の健全性を確認



写真-2 津軽蓬田トンネル坑口部

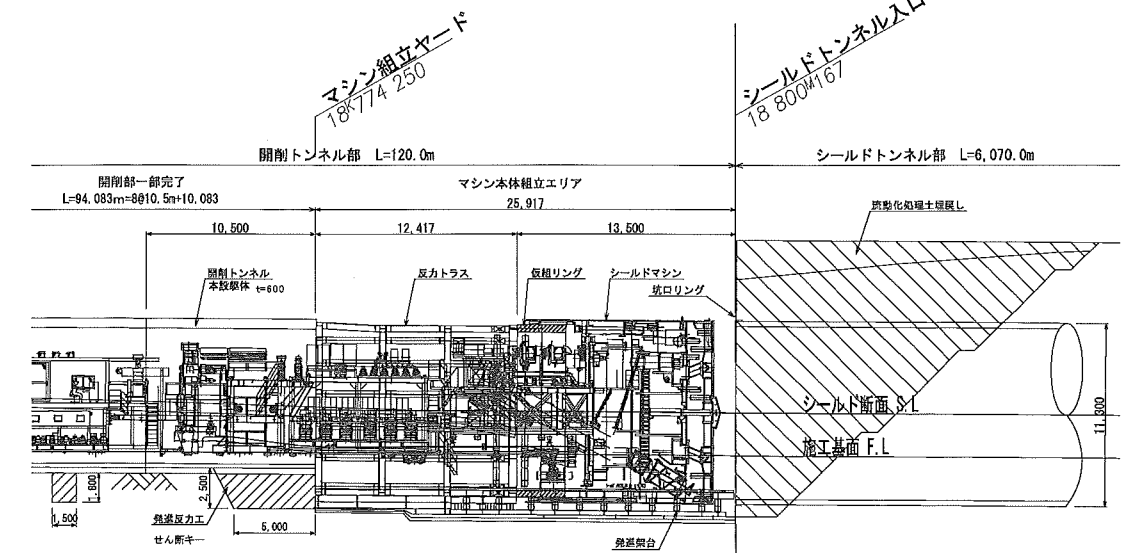


図-9 SENSマシン発進部側面図

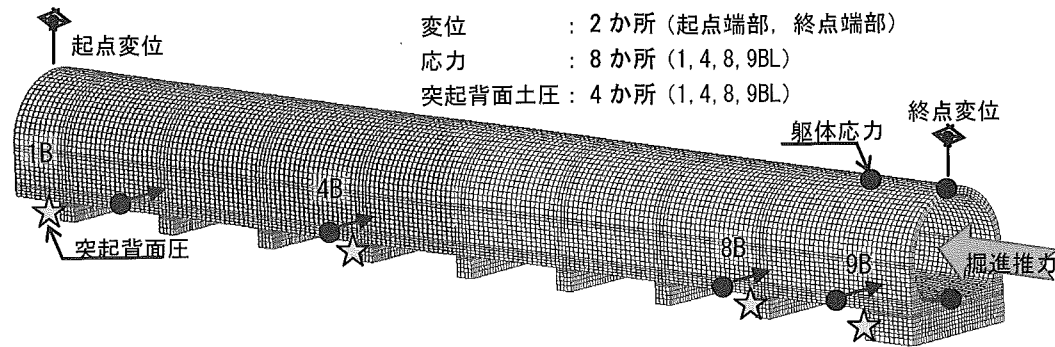


図-10 開削トンネルの計測項目・位置図

表-3 発進時の開削トンネルに関する解析値と計測値の比較

項目	荷重	項目	位置					終点端部
			基点端部	1 BL	4 BL	8 BL	9 BL	
解析	31,500kN	変位	←-6.0mm	—	—	—	—	←-8.3mm
		応力	—	0.3N/mm ²	0.7N/mm ²	1.4N/mm ²	1.5N/mm ²	—
		突起背面土圧	—	175kPa	183kPa	204kPa	209kPa	—
計測	27,800kN	変位	←-1.5mm	—	—	—	—	←-1.5mm
		応力	—	0.5N/mm ²	1 N/mm ²	3 N/mm ²	3 N/mm ²	—
		突起背面土圧	—	2 kPa	5 kPa	20kPa	20kPa	—

した。計測項目および計測位置を図-10に示す。発進時の最大推力は31,750kNであり、反力トラスを介して開削トンネルに作用した最大荷重は27,800kNであった。事前の解析値と計測結果を併せて表-3に示す。

3.1.4 解析値と計測結果の比較

変位量と突起背面土圧については、安全側としてスラブ底面の摩擦抵抗を考慮しない解析としたため、解析値より計測値が小さくなっていると考えられる。

また、躯体応力については、シールドジャッキの下半押しによる偏荷重の影響で解析値よりも計測値が大きくなっていると考えられ、発生応力度が大きくなる場合は、偏荷重の影響を十分考慮する必要がある。

3.2 高速掘進への取組み

3.2.1 施工サイクル

SENSの特性上、掘進終了時にコンクリート打設設備の清掃が必要となる。掘進開始からコンクリート打設設備の清掃までのサイクルを連続掘進サイクルと呼び(図-11)、当初は、掘進時間を24時間、清掃時間を10時間とし、1週間でこの連続掘進サイクルを4回繰り返し、1週間で96時間の掘進を行う計画とした(図-12)。

しかし、ポンプ台数を倍増したことなどにより、コンクリート打設設備の清掃に時間を要したため、1週間に3回の連続掘進に留まった。そこで、コンクリート打設設備の清掃回数を極力減らして、月進を向上させる取組み⁹を行った結果、最大月進367.5mを達成した。

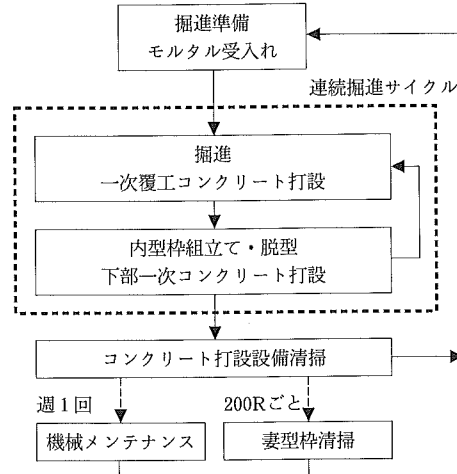


図-11 SENS施工サイクル

3.2.2 一次覆工コンクリートの性能改良

SENSで用いる一次覆工コンクリートには以下の相反する性能が求められる⁹。

- ① 配管で圧送するための流動性
- ② 高水圧下で打設するため水中分離を生じない粘性
- ③ 内型枠の早期脱型を可能とする初期強度の発現性
- ④ 一定時間経過後も圧送可能とするフレッシュ保持性

当初配合(表-4)での施工時には、圧送ポンプ油圧が配管の目詰まりで徐々に上昇するため(図-13)、1日半ご

施工実績	月			火			水			木			金			土			日	推進時間
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③		
当初計画	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	96h
2010.3 実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	84h
2011.2 実績	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	108h
2011.10以降	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	120h

■: 機械メンテナンス □: 掘進 ■: コンクリート打設設備清掃

図-12 週間施工サイクル

表-4 一次覆工コンクリートの要求性能

性能項目	三本木原トンネル配合	津軽蓬田トンネル	
		当初配合	変更後配合
スランプフロー (練上がり時)	600±50mm	600±50mm	650±50mm
フレッシュ保持性	4時間後のスランプフローが練上がり時の80%以上	4時間後の50cmフロー到達時間が180秒以下	所定のフレッシュ保持時間における50cmフロー到達時間が180秒以下 ¹⁾
圧縮強度	24時間で15N/mm ² 以上、28日で30N/mm ² 以上	24時間で15N/mm ² 以上、28日で30N/mm ² 以上	24時間で15N/mm ² 以上、28日で30N/mm ² 以上
ポンプ圧送性	3インチ配管で30mの距離に5m ³ /hで打設可能	3インチ配管で30mの距離に5m ³ /hで打設可能	3インチ配管で30mの距離に5m ³ /hで打設可能 ²⁾
材料分離抵抗性	圧送および充填時に材料分離を生じない	圧送および充填時に材料分離を生じない	圧送および充填時に材料分離を生じない
水中不分離性	pH 12.0以下	pH 12.0以下 懸濁物質質量：500mg/L以下	pH 12.0以下 懸濁物質質量：500mg/L以下
備考			連続掘進配合(フレッシュ保持8時間)と掘進終了時配合(フレッシュ保持4時間)を併用

注1: この値は、コンクリート温度が10~30℃の範囲で満たすこととする(配合の微調整は許容する)。

注2: 配管中に2時間静置した後も再圧送が可能であることとする。

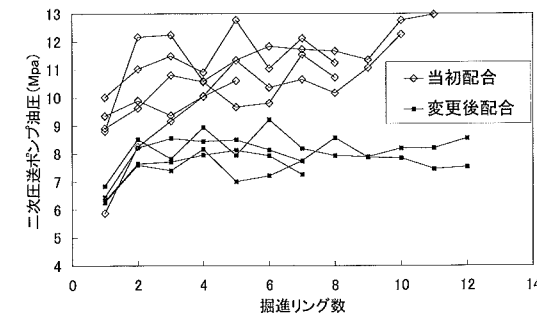


図-13 連続掘進中のポンプ油圧

とに配管の清掃が必要となり、週3回以上の清掃を余儀なくされていた(図-12)。

そこで、フレッシュ保持性および流動性を評価する指標として、50cmフロー到達時間を用いることとし、一次覆工コンクリートの要求性能を変更した(表-4)。

その結果、掘進中の二次圧送ポンプの油圧が一定に保てるようになり、1週間(約120時間)の連続掘進が可能

となるなど、施工性能が大幅に改善された(図-13)。さらに、季節温度変動によるコンクリート性状の変化に対しては、高性能AE減水剤および早強剤などの調整を行い、安定したコンクリートのポンプ圧送を行うことができた³⁾。

3.3 地上到達

3.3.1 到達防護工

到達坑口においては、シールド掘進に先立って、到達部付近の切羽安定性確保や確実な一次覆工コンクリートの打設を目的として、到達防護工を施工した。到達防護工には、到達掘進時にマシン推力相当の水平力(想定38,000kN)が外力として作用すると想定し、滑動や転倒に対する安定性を確認した。その結果、保護コンクリート躯体に加えて、押さえ盛土およびロックボルト補強による抵抗力の増加を図った(図-14, 15)。

なお、到達防護工の掘削面については予め流動化処理土を充填し、SENSマシンで安定した掘削が可能となるように配慮した。

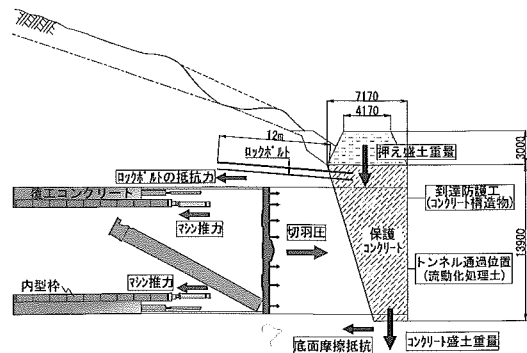


図-14 到達防護工

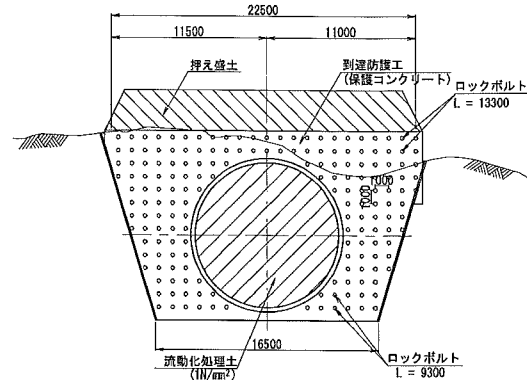


図-15 押さえ盛土およびロックボルトによる補強

3.3.2 計測管理

到達部小土かぶり区間(24km843m~24km870m:約27m)においては、掘進中の保護コンクリートなどの変位をリアルタイムで把握し、掘進管理に活用することを目的として、トータルステーションを用いた自動計測を行った。到達部の平面および測点の位置を図-16に示す。

到達部の掘進に際しては、到達防護工(保護コンクリート)の滑動や転倒に着目した計測管理を行った。保護コンクリートの計測管理基準を表-5に示す。

3.3.3 施工経緯

シールドが保護コンクリート内に入る前の4,030リング掘進終了時点で、保護コンクリートの変位が最大で4mm確認された。

到達掘進(4,031~4,036リング)中の4,033リング掘進中に、推力が25,000kN程度であったにもかかわらず、保護コンクリートの変位が10mmを超えた(管理レベルII)ため、それまでの掘進の影響でロックボルトの抵抗力が低減している可能性も考慮して、推力20,000kN以下となるように掘進速度の低減などの対策を行った。

その結果、推力の減少とともに保護コンクリートの変位も10mm以下に減少し、管理レベルIII(12mm)を超えることなく到達できた(図-17, 18)。

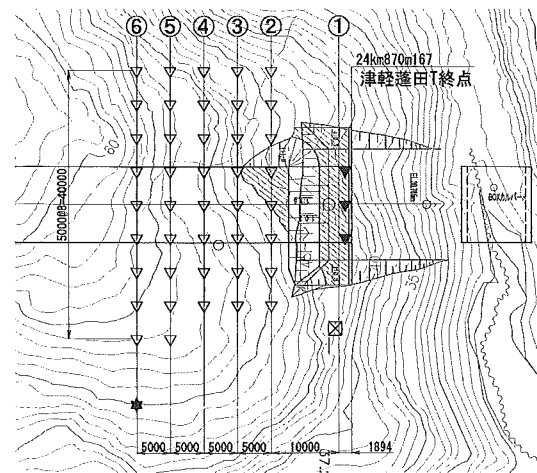


図-16 到達坑口平面図

表-5 到達防護工の管理基準

管理レベル	管理値	管理体制	備考
I	5mm	—	レベルIIIの40%
II	10mm	推力30,000kN以下になるように掘進速度などを調整	レベルIIIの80%
III	12mm	掘進停止、原因分析および対策工実施	ロックボルトの永久ひずみ(0.2%:降伏耐力に達するひずみ)の50%

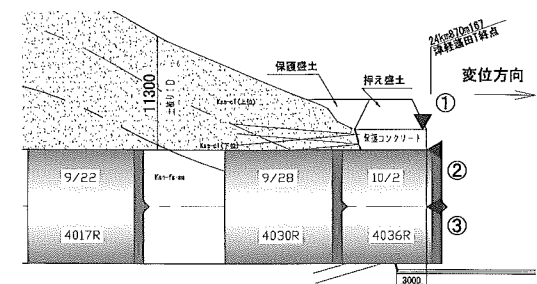


図-17 掘進経緯

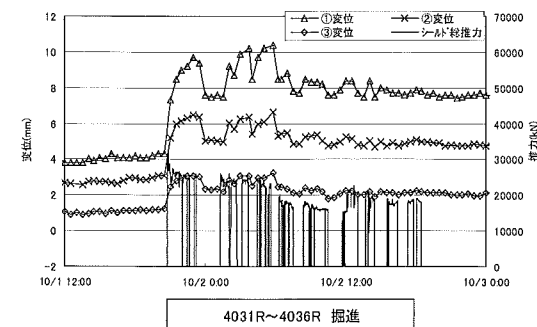


図-18 保護コンクリート計測結果

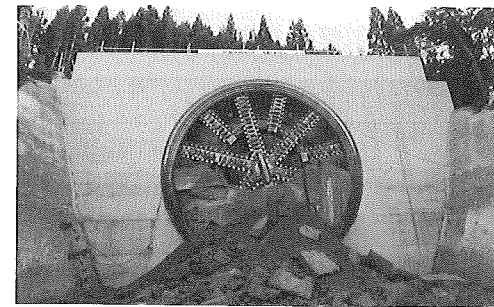


写真-3 到達状況

3.3.4 まとめ

設計外力38,000kNよりも推力が小さい状態で保護コンクリートに比較的大きな変位が生じたが、自動計測結果を掘進管理に活用することで、到達防護工の滑動、転倒に対して十分な安定性が保たれた状態で施工を行うことができた(写真-3)。

4. おわりに

津軽蓬田トンネルは、2012年6月に最大月進367.5mを記録し、同10月に無事貫通した。2009年11月からの平均月進は190mとなり、これまでの実績を大きく上回る結果となった。

現在、都市部においてもSENSが適用されており、今

後もSENSの適用範囲が広がっていくものと考えられる。津軽蓬田トンネルでの施工実績が同種工事の参考になれば幸いである。

また、本工事を進めるにあたり、北海道新幹線トンネル施工技術委員会(委員長:足立紀尚・京都大学名誉教授)、同機械化施工WG(座長:小山幸則・京都大学大学院教授)はじめとする関係各位に多大なるご指導、ご協力をいただいたことに深く感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 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, 早稲田大学博士論文, 2008.2.
- 2) 小川淳・小伊豆俊博・玉井達毅・小林孝志:小土かぶり区間のSENSによる初期掘進, 北海道新幹線 津軽蓬田トンネル, トンネルと地下, Vol.41, No.10, pp.7-15, 2010.10.
- 3) 野口守・小川淳・三上美輝雄・神田大・水野清・上田洋・松原功明:SENSで用いる水中不分離性コンクリートの性状調整, 第67回年次学術講演会講演概要集, V-423, 2012.9.
- 4) 宮崎俊彦:SENS(シールドを用いた場所打ち支保システム)で高速掘削, 土木施工, pp.84-87, 2012.11.

第73回(都市)施工体験発表会最優秀賞

空港施設内の既設トンネルの補強工事について

—成田国際空港 木の根トンネル補強工事—

(株)大林組土木本部生産技術本部設計第四部副課長 宮田 健 治 朗
 成田国際空港(株)整備部門工事部副主幹 早 川 勇
 (株)大林組東京本店成田木の根補強工事事務所工事長 工 藤 嘉 久
 (株)大林組土木本部生産技術本部設計第四部部長 高 橋 正 登

キーワード：補強工事，簡易シールド，膨張性高流動コンクリート，充填確認，空隙，砂型枠

1. ま え が き

成田国際空港では、航空機の年間発着能力を現在の25万回から27万回へ拡大するために、①B滑走路西側誘導路、②横堀地区エプロン(駐機場)ならびに③誘導路の新設工事を行っている(図-1)。このうち、②横堀地区の工

事では、既設の誘導路をエプロン化するのに伴い、南側に新たな誘導路を建設する計画である。
 木の根トンネルは、新設する誘導路の直下に位置する5連のボックスカルバート構造の地下トンネル(延長160m)で、私鉄の営業線、一般道路、歩道および空港内道路として供用されている。既設トンネルの状態では、航空

機荷重に耐えられないことから、新設する誘導路直下の延長100m部分について補強することとなった(図-2)。

本稿では、既設トンネル補強工事における下床桁掘削の工法選定とその施工結果、既設トンネル直下の下床桁ならびに既設トンネルとの間に空隙を確保した側壁・頂版の施工結果について報告する。

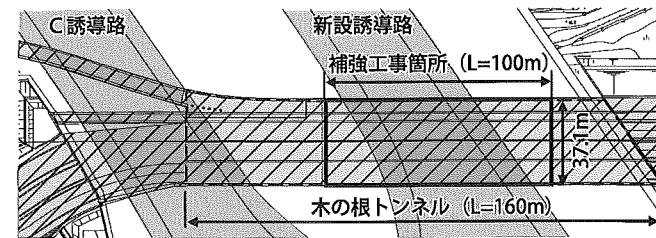


図-2 トンネル補強箇所

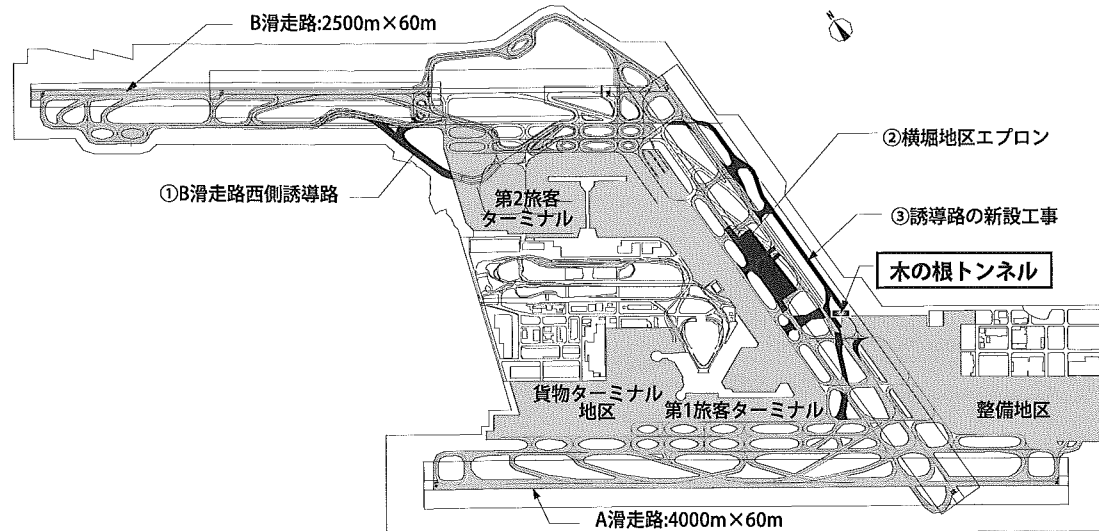


図-1 空港内整備概要と木の根トンネル位置

2. 工 事 概 要

工事概要を表-1に示す。工事の構造概要図を図-3に、断面図を図-4に示す。

2.1 本体構造

本工事の構造的な特徴として、以下の2点が挙げられる。

(1) 既設トンネル直下は桁構造で補強する

既設トンネル直下を版構造ではなく桁構造で補強する理由は、既設トンネルを仮受けする工程をなくすとともに

表-1 工事概要

工事名称	木の根トンネル補強工事
発注者	成田国際空港(株)
工期	2011年6月24日～2013年8月31日
工事内容	トンネル補強工 一式
	下床桁 5,600m ³
	頂版、側壁 8,100m ³
	隔壁補強 200m ³
	土工事 30,000m ³

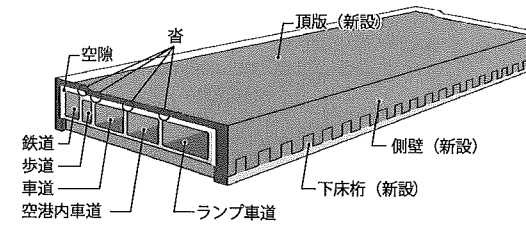


図-3 構造概要図

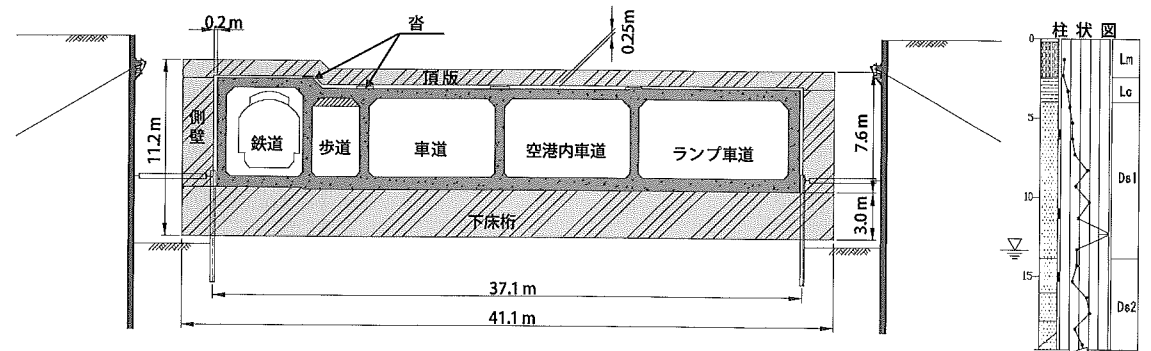


図-4 横断面図

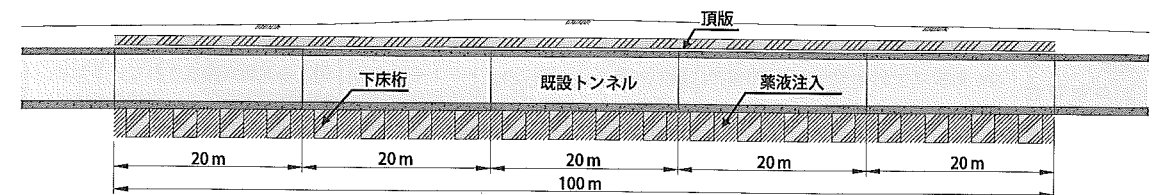


図-5 縦断面図

に、下床桁導坑掘削と桁の構築を別々の場所で同時施工でき、工程を短縮できるからである。

(2) 既設トンネル側部および頂部は版構造で補強し、既設躯体との間に空隙(クリアランス)を設ける

側壁は既設トンネルと200mmの空隙を確保して補強する。また、頂部は既設トンネルの中壁直上に脊を設置し、新設する頂版はその脊で支持された版構造とし、既設トンネルと150～250mmの空隙を確保する。これは、航空機荷重による上載荷重、地震時の側圧を直接作用させないことにより供用中の既設トンネル外周だけで補強を行うためである。

2.2 土質条件

土層構成は、図-4の土質柱状図に示すとおり、地表面からローム層(Lm)、ローム質粘土層(Lc)、洪積砂質土層(Ds1, Ds2)が堆積している。

下床桁掘削範囲はDs1層に位置し、一部N=50を示す硬質層が介在する。地下水位は下床桁の床付け面とほぼ同じである。

各土層の土質定数を表-2に示す。

表-2 土質定数

土質名	記号	N値	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	c (kN/m ²)
ローム	Lm	3	14.0	0	15
ローム質粘土	Lc	4	16.0	0	30
第1砂質土	Ds1	14	18.0	30	0
第2砂質土	Ds2	16	17.5	30	0

2.3 施工順序

施工ステップ図を図-6に示す。

既設トンネルの両側に立坑を築造し、下床桁施工および側壁構築の作業スペースとして利用した。土留め壁は親杭横矢板形式で、支保工はグラウンドアンカー1段と切梁1段の併用とした。

3. 下床桁導坑掘削

3.1 下床桁導坑掘削方法の選定

下床桁は、幅2.5m、高さ3.0mの断面形状で既設トンネルを横断する方向に5.0m間隔で延長37m×20本設置する。既設トンネルの構造目地が20m間隔のため、1ブ

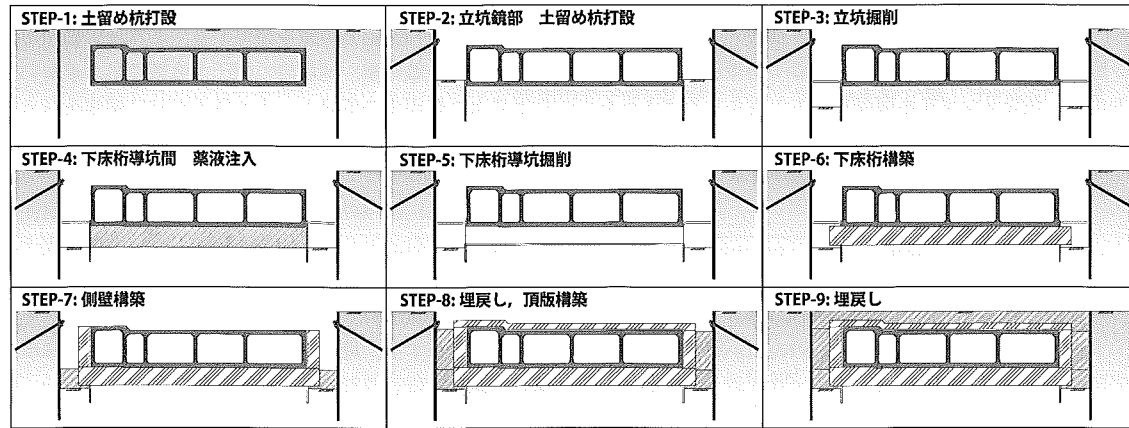
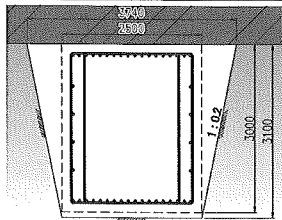
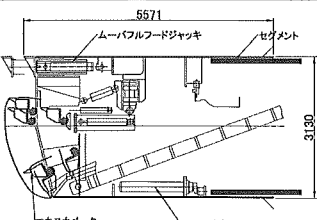
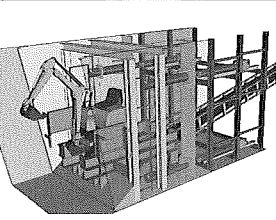


図-6 施工ステップ図

表-3 下床桁掘削工法比較表

	法切り掘削工法	開放型シールド工法	開放型簡易シールド工法
工法概要	 導坑側部を薬液注入で強度増加したあと、側部は土留めを使用せず1:0.2の勾配で掘削する。	 開放型シールドにより切羽周辺を支保して掘削する。掘進完了後、シールドテール部で鋼製セグメントを組立てる。シールドはセグメントを反力に進進する。	 導坑側部を薬液注入で強度増加したあと、開放型簡易シールドにより掘削する。掘進完了後、シールドテール部で支保工を架設する。シールドは支保工を反力に進進する。
支保構造	なし	鋼製セグメント	H形鋼+横矢板
既設トンネルへの影響	× 側部は1:0.2の勾配で掘削するため、既設トンネルを支持するスパンが大きくなり、3案の中でももっとも沈下が大きくなる。	○ シールドおよびセグメントで支持されているため影響はもっとも少ない。	△ シールドおよび支保工の天端が開放されているが、側部は支保されているため支持スパンは掘削幅となる。
既設トンネルとの密着性	○ 既設均しコンクリートを撤去するため、新設コンクリートが直接密着する。	△ 既設均しコンクリートは撤去するが、既設トンネルとの間にセグメントを介する。セグメントと既設トンネルの間は無収縮モルタルを充填し密着させる。	○ 既設均しコンクリートを撤去し、支保工の天端が開放されているため、新設コンクリートが直接密着する。
掘削工程	○	×	△
判定	×	△	○

ロック4本の下床桁となる。工法選定条件として、以下の項目を満足したうえで最適な工法を選定する必要があった。

- ① 掘削時の既設トンネルへの影響が小さいこと
- ② 既設トンネルと下床桁を密着できること

下床桁掘削範囲の地盤は洪積砂質土層であり、地下水位も床付け面以深のため掘削方法は開放型とした。

工法選定は法切り掘削工法、開放型シールド工法、開放型簡易シールド工法の中から選定した。表-3に工法比較表を示す。3工法の中で既設トンネルへの影響が小さく、既設トンネルと下床桁を密着できる開放型簡易シールド工法を選定した。この工法の補助工法として、下床桁間の地山に薬液注入を行い、切羽側面の自立性を高めるとともに、支保工に作用する土圧を低減しセグメントを簡易な支保工構造(H形鋼、横矢板)とした。

3.2 施工結果

本工事では、図-7に示すとおり5台のシールドにより掘削した。なお、下床桁掘削箇所は既設トンネルの沈下を抑制するため、各ブロック20mで1か所とし、下床桁コンクリートの打設が完了してから、次の下床桁掘削を開始する計画とした。

掘削機械は、狭隘なシールド内での施工性を考慮して0.03m³バックホウ(マシン高2.1m、マシン重量1.1t)で計画した(図-8)。

実施工では、掘削地盤の自立性が高くバックホウの爪しか貫入できないほど硬質な地盤であった(写真-1)。ま

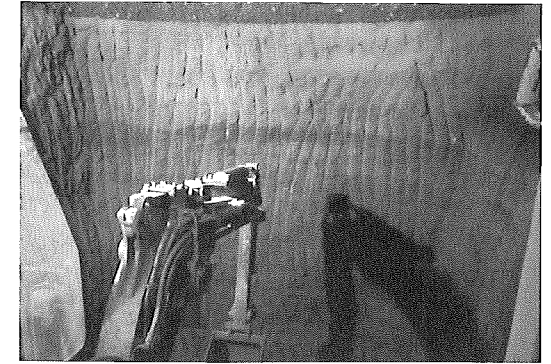


写真-1 下床桁切羽状況

表-4 追加試験結果

	事前調査結果	追加試験結果
土質定数	$\phi = 30^\circ$ $c = 0 \text{ kN/m}^2$	$\phi = 33.9 \sim 38.1^\circ$ $c = 2.7 \sim 23.9 \text{ kN/m}^2$ (三軸圧縮試験)
均しコンクリート	呼び強度 13.5N/mm ²	一軸圧縮強度 32.9N/mm ²

た、既設トンネル下の均しコンクリートについてもバックホウで剥離できると想定していたが、非常に堅固で剥離できなかったため、人力斫りにより撤去することになった。これらの要因により、掘削進捗は当初計画の約半分であった。

掘削途中での追加土質調査の結果、下床桁掘削範囲の砂質土は、粘着力 $c = 2.7 \sim 23.9 \text{ kN/m}^2$ を有することが判明した。また、均しコンクリートについても、圧縮強度が呼び強度より大幅に大きいことが判明した(表-4)。

工程回復の手段として、掘削機械の見直しを実施した。シールド内のバックホウの作業空間を拡大させ、0.1m³バックホウ(マシン高2.5m、マシン重量3.4t)に大型化させた。これにより、バケットの爪だけでなくバケット全体を地盤に貫入でき、地山を切り崩しながら掘削することが可能となった。さらに、均しコンクリートについてもバケットで剥離でき、人力での斫り作業をなくすことができた。これにより掘削工程を短縮することができた。

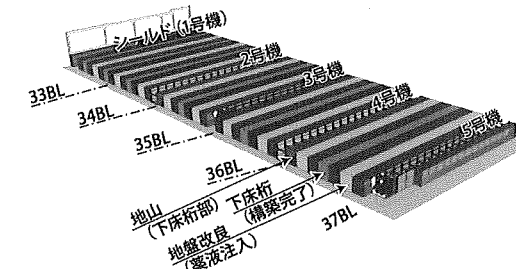


図-7 下床桁掘削状況図

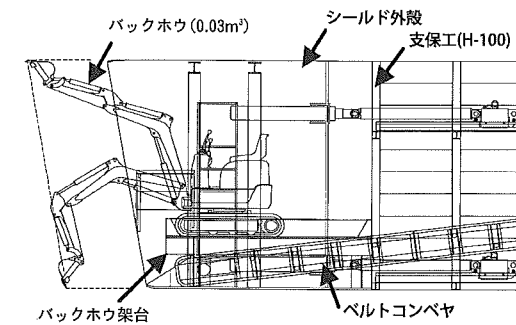


図-8 シールド内掘削状況図

性高流動コンクリートを採用した。

目標とする自由膨張率の確保に必要なアルミニウム粉末の混入量を検討するため、混入量を変化させた膨張性高流動コンクリートを製造して自由膨張率を測定した(図-10)。試験の結果から、実施工ではアルミニウム粉末を30g/m³混入することにした。

なお、膨張性高流動コンクリートは、レディミクストコンクリート工場で作成した高流動コンクリートをアジテータ車で現場まで運搬した後、アジテータ車のホッパからアルミニウム粉末を投入し、ドラムを攪拌して製造した。

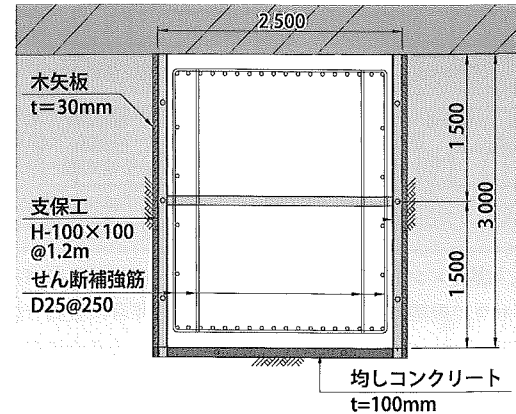


図-9 下床桁断面図

4.2 コンクリート打設方法

下床桁のコンクリートは、下層と上層の2層に分けて打設する計画とした(図-11, 12)。

下層部分(下側1.5m)の打設方法は、下床桁内の全長に1本の配管を配置し、片側からコンクリートを打設する方法とした。施工時の状況を写真-2に示す。配管には6m間隔でT字の分岐管を設置し、各々にシャッターバルブを取付けた。コンクリートは2層(750mm/層×2層)に分けて打設することとし、開放する分岐管を順次変更させてコンクリートが均等に打ち上がるようにした。コンクリートの流動勾配は約10%で、ほぼ平坦に打設する

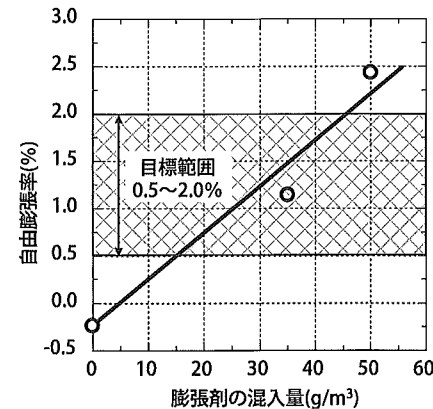


図-10 自由膨張率の測定結果

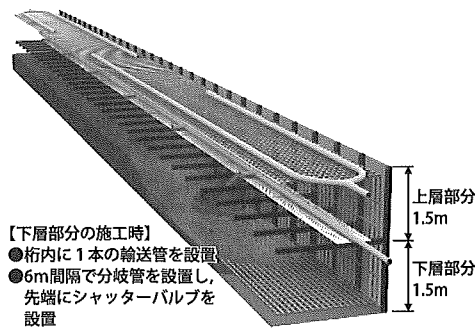


図-11 下層コンクリート施工状況図

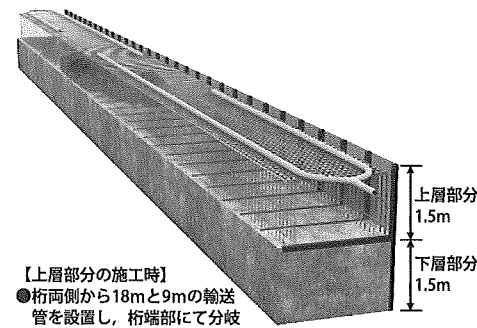
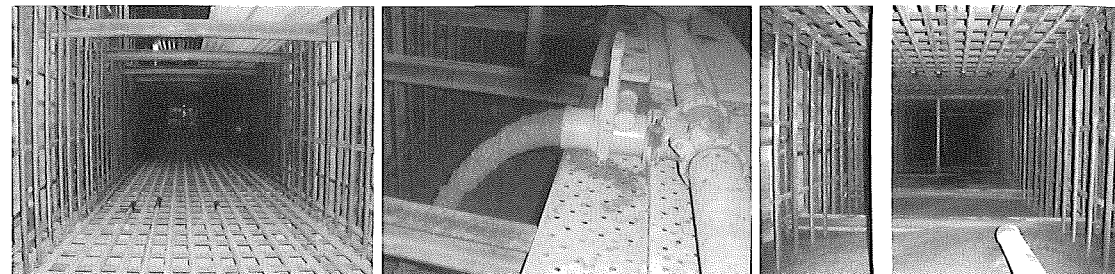


図-12 上層コンクリート施工状況図



(a) 打設前の状況

(b) コンクリート打設状況

(c) 下層部分の打設完了状況

写真-2 下層コンクリート施工状況

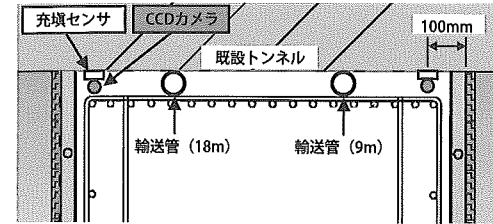


図-13 CCDカメラ、充填センサ設置図

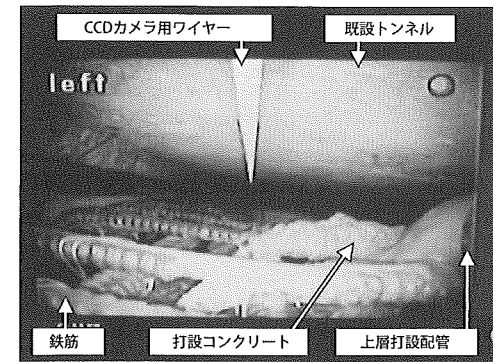


写真-3 CCDカメラによる桁内部の映像

ことができた。

なお、1か所の分岐管からの打設時間が長くなると、それより先端側の配管が閉塞するおそれがあったため、定期的なすべてのシャッターバルブの開閉操作を行い、配管の閉塞を防止した。

上層部分(上側1.5m)の施工では、下床桁の両側からコンクリートを打設した。配管は両端部の棲型枠外側にて分岐させ、18mと9mの配管を2本設置(打設後残置)した。上層部分についても打設は2層に分けて行った。既設トンネルと密着させる2層目の打設では、空隙の発生を防止するため、桁の中央部から順次充填するようにした。

打設時期が5～8月と大半の施工時においてコンクリート温度が30°を超えていたが、配管を閉塞させることなく打設することができた。

4.3 充填管理方法

上層コンクリートは下層のように目視による充填確認ができないため、充填センサおよびCCDカメラを用いて充填確認を行った(図-13)。

CCDカメラは、既設トンネル下面と上鉄筋との空間(約160mm)にワイヤーを通し、ロープでたぐり寄せることで可動できる構造とした。CCDカメラで内部の状況を撮影し、コンクリートの流動性の確認と充填状況をモニター映像から確認した(写真-3)。

充填センサによる充填確認状況を写真-4に示す。充填センサがコンクリートに接触すると、モニター上にてセ

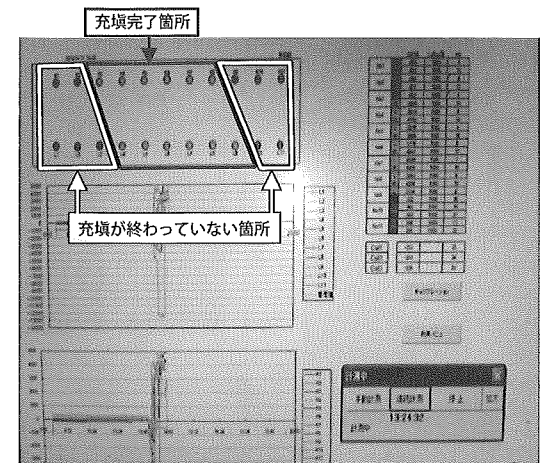


写真-4 充填センサのモニター画面



写真-5 既設トンネル境界部の仕上がり状況

ンサ設置位置の色が変化するように設定しておき、リアルタイムに充填状況を確認できるようにした。

コンクリートの打上がり完了は、棲型枠を嵩上げておき、下床桁天端から800mmの高さまで余盛りするようにした。これは、特殊アルミ粉末による発泡膨張を拘束するため、膨張圧と均衡するように設定した。

既設トンネルと下床桁の境界部の仕上がり状況を写真-5に示す。境界面に隙間は発生しておらず、既設トンネルとの確実な密着性を確保できた。

5. 側壁・頂版型枠の施工

5.1 側壁の施工

側壁の型枠支保工は、大型鋼製パネル型枠と砂型枠支保工を併用した(図-14)。既設トンネルと鋼製型枠間の砂は側壁コンクリート圧縮強度5N/mm²を確認後に、ウォータージェットにより洗い流し、側壁下端に設置した仮設開口部から砂を回収した。その後、縁が切れた鋼製パネル型枠をクレーンにて揚重した(写真-6, 7)。

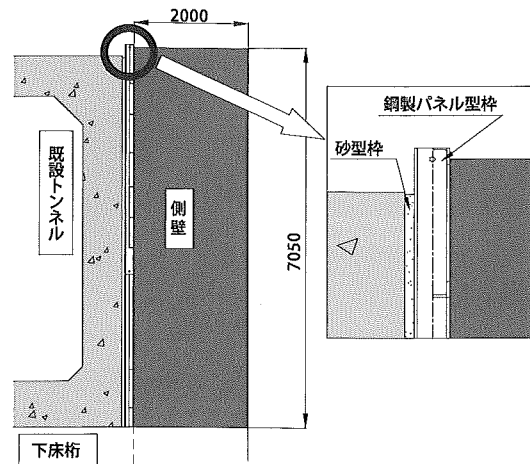


図-14 側壁型枠概要図

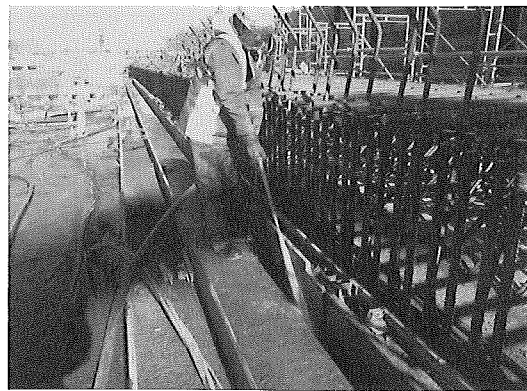


写真-6 側壁砂型枠洗い流し状況



写真-7 側壁鋼製パネル型枠撤去状況

鋼製パネル型枠の背面を砂で密充した支保工は、コンクリート側圧に耐えることができ、砂洗い流し後の鋼製パネル撤去もスムーズに行えた。これにより、既設トンネルと側壁との間に200mmの空隙を確保することが可能となった。

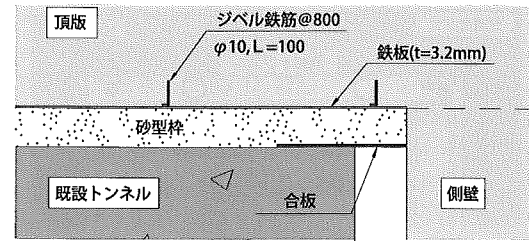


図-15 頂版型枠概要図



写真-8 頂版砂型枠洗い流し状況

5.2 頂版の施工

頂版工の型枠支保工は、ジベル筋付きの鉄板と砂型枠を併用し、鉄板を存置させる計画とした(図-15)。既設トンネルと側壁間は既に空間が確保されているため、砂の流入を防ぐために合板を設置し、砂撤去後に回収した。充填した砂は頂版コンクリート圧縮強度 $14\text{N}/\text{mm}^2$ を確認後に、逆噴射ノズルを取り付けたウォータージェットを使用して撤去を行った。逆噴射ノズルは砂型枠内部にあらかじめ設置したワイヤーをガイドにして、ウィンチによって送り込み、引き抜き作業をくり返すことで内部の砂を洗い流し、バキューム車により回収した(写真-8)。使用した砂は、密閉空間内からウォータージェットで洗い流しできるように、シルト分が少ない山砂が適していることを事前の試験施工により確認していた。これらの方法により、既設トンネルと頂版との間に150~250mmの空隙を確保することができたが、1ブロックが $37\text{m} \times 20\text{m}$ と広く勾配がないため、20mもの距離をウォータージェットで洗い流すのに時間を要した。頂版の砂撤去方法には、まだ改善の余地が残されている。

6. おわりに

本工事を通じて、既設トンネル直下での下床桁掘削において、開放型簡易シールドによる掘削を選定し、供用中の既設トンネルへ影響を与えることなく施工を完了す

ることができた。

下床桁の構築では約37mの閉鎖空間内でのコンクリート打設となったが、今回の条件に適した配合選定、打設方法、充填管理方法を計画し、既設トンネルに密着したコンクリートを打設することができた。また、充填センサとCCDカメラを用いてリアルタイムに充填状況を把握することが有効な管理手法であることが確認できた。

また、側壁・頂版の構築では、狭隘空間の型枠に砂型枠を適用することにより、既設トンネルとの間に空隙を確保することができた。砂の撤去方法は、側壁についてはウォータージェットで洗い流しがスムーズに行えたが、頂版についてはまだ改善の余地が残されている。

本稿が類似工事の参考となれば、幸いである。

11月号予告[11月1日発売予定]

- 高速道路トンネルにおける中流動覆工コンクリートの標準化
- 国道231号 新送毛トンネル
- 東京メトロ丸ノ内線 中野新橋駅
- 名古屋市下水道 権現通第2雨水幹線【連載講座】
- トンネルにおける地下水対策(4)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆先日、旧三河島汚水処理場唧筒(ポンプ)場施設を見学してきました。平成19年に重要文化財に指定され、耐震補強など一般公開に向けた準備が整ったことから今春から公開されたものです。同施設は東京都荒川区にあり、明治中期に計画され、1922年に運用を開始、翌年、大正関東地震を経験し、その後、改修を重ね1999年まで使い続けられたものです。日本最初の近代下水処理場であること、阻水扉室～ポンプ室までの一連の構造物が、運用されながらも、ほぼ旧態のまま残っている点が評価され、おもに建屋と地下構造物が重要文化財に指定を受けています。公開されているとはいえ、三河島水再生センターの敷地内でもあることから、事前に予約をしたうえで(当日可、03-6458-3940)、係員の解説を受けながら見学します。77年前の建築物はさほど珍しいものではありませんでしたが、長年使いこまれた地下構造物を体験できたのは貴重でした。馬蹄形の断面、花崗岩と煉瓦タイルを使い分けた覆工の巧みな仕上げ、(汚水に)磨きこまれた覆工表面の艶、いずれも一見の価値ありです。係の方によると、公開当初は見学者が多く訪れたが、暑い季節になってずいぶん見学者が減った、みなさんに見てほしいので、機会があれば周りの方にも勧めて欲しいとのことでした。見学をして感銘を受けた一人としても、ここにお勧めします。

(K.K.)

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

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

トンネルと地下

第44巻 第10号 [通巻518号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成25年9月20日 印刷

平成25年10月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL: 03-3524-1755

FAX: 03-5148-3655

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

発行所 株式会社土木工社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

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

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工社社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。TEL: 03-3267-2888

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

トンネル工事に用 電気集じん器

e-DUSCO
イーダスコ・ニーヨンマル

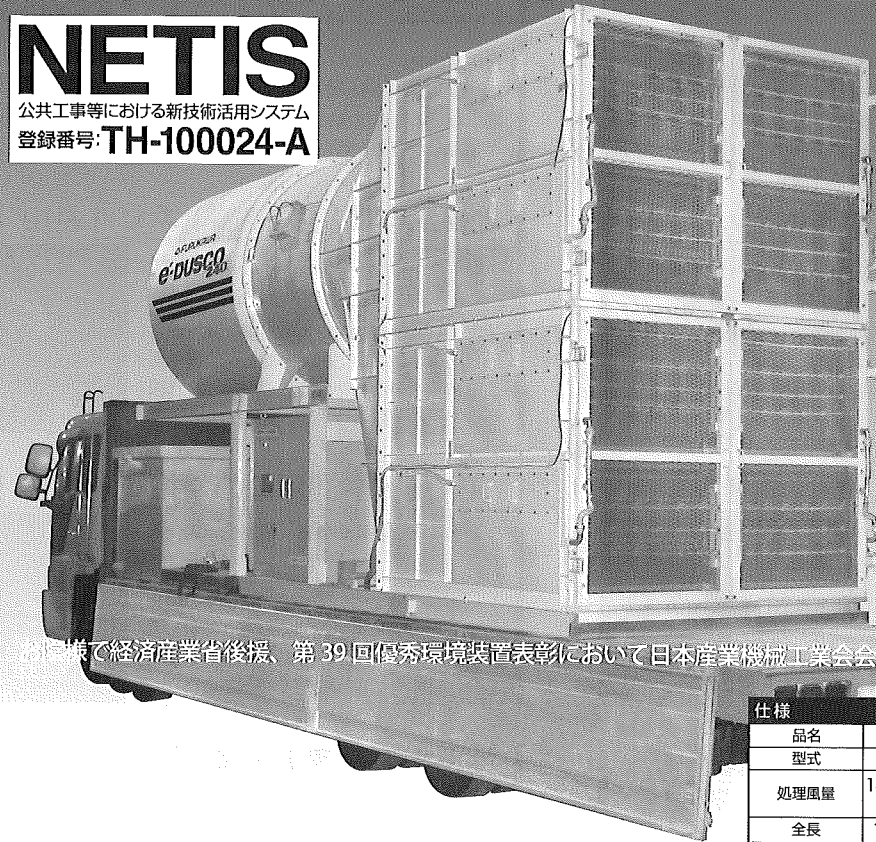
究極の省エネ

70%も節電

NETIS

公共工事等における新技術活用システム

登録番号: TH-10024-A



本機は経済産業省後援、第39回(優)環境装置表彰において日本産業機械工業会会長賞を受賞しました。

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

※1 車両高さは含まれていません。

※2 JIS Z 8808により測定した値です。

クラス最高の集じん効率95%

従来の電気式では達成できなかった95%以上の高集じん率を確保。

現場メンテナンスは手間いらず

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

微細粉じんも逃さない電気式

電気式だから人体に有害な微細粉じん(0.2~5μm)も捕集できます。

大風量と省エネを同時に実現

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

古河機械金属グループ

古河産機システムズ株式会社

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

本社
〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
第二営業部 ☎03-3212-7804

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

山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著
3,200 円+税 B5 判

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



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著
1,200 円+税 新書判

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



わかりやすいトンネルの力学

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のかについて、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。



トンネル工の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200 円+税 A5 判

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



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500 円+税 B5 判

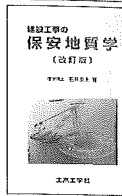
火薬類や発破技術の基礎的な知識から最新の技術まで幅広く取り上げ、また、火薬類を使用するうえで避けては通れない振動や騒音などの環境対策についても詳しく解説。



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000 円+税 A5 判

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



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。



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。



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500 円+税 B5 判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757 円+税 B5 判

土木構造物や岩盤構造物の計画・調査から設計・施工において必要と地質や岩盤に関する情報を得るために必要な理論および技術を平易に解説した。



山岳トンネルの新技术

ジオフロンテ研究会 編
14,573 円+税 B5 判

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



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

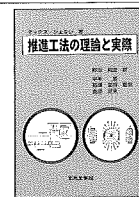
都市の代表的な地下施設である地下鉄、上水道、下水道の各トンネルについて、それぞれの主だった工法ごとに計画から施工まで実例をまじえてわかりやすく解説した。



推進工法の理論と実際

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

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



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660 円+税 B5 判

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



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。



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400 円+税 A5 判

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



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く解説を与えた。



地下水の科学 I～III (全 3 巻)

P.A.ドミニコ・E.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。



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



トンネルと地下

1,500 円+税 B5 判 月刊(毎月 1 日発売)

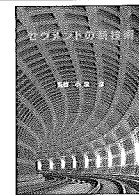
日本で唯一のトンネルと地下構造物の専門月刊誌。研究、調査・設計から施工にいたるまで、その時点での技術的問題点を中心に、業界の動向などをあわせて網羅しながら、新鮮な情報を提供する。



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。



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

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。

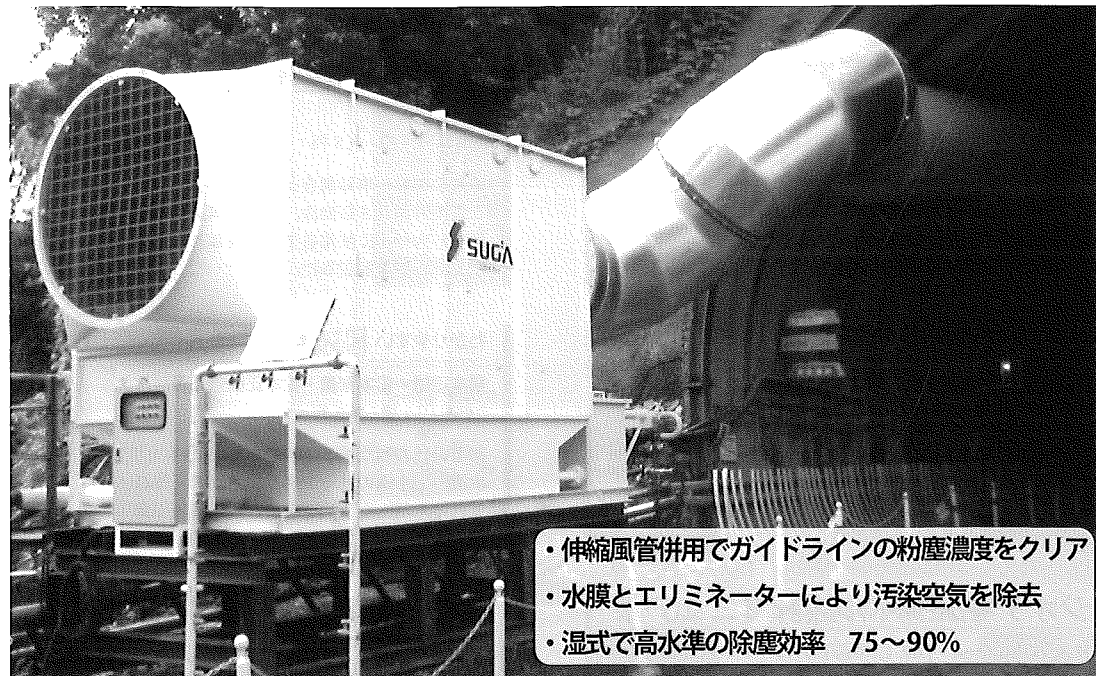


書籍のお申し込み

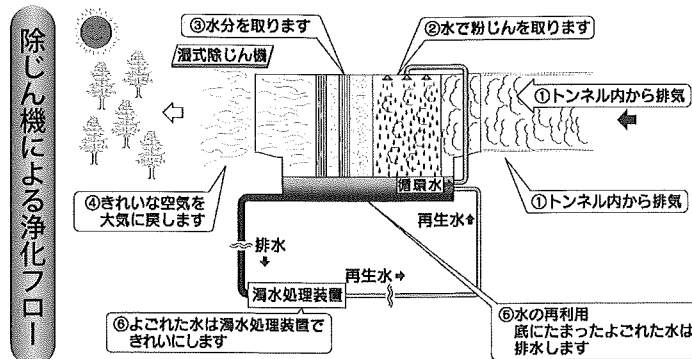
ご注文は当社へ FAX または、書店にてお申し込みください。FAX でご注文の際は、書名、部数、送り先、氏名、電話番号を明記のうえ下記までお送りください。
(株)土木工学社
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町 16 メイジャー神楽坂
TEL: 03 3267 2888 Fax: 03 3267 2807

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

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



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



機種

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



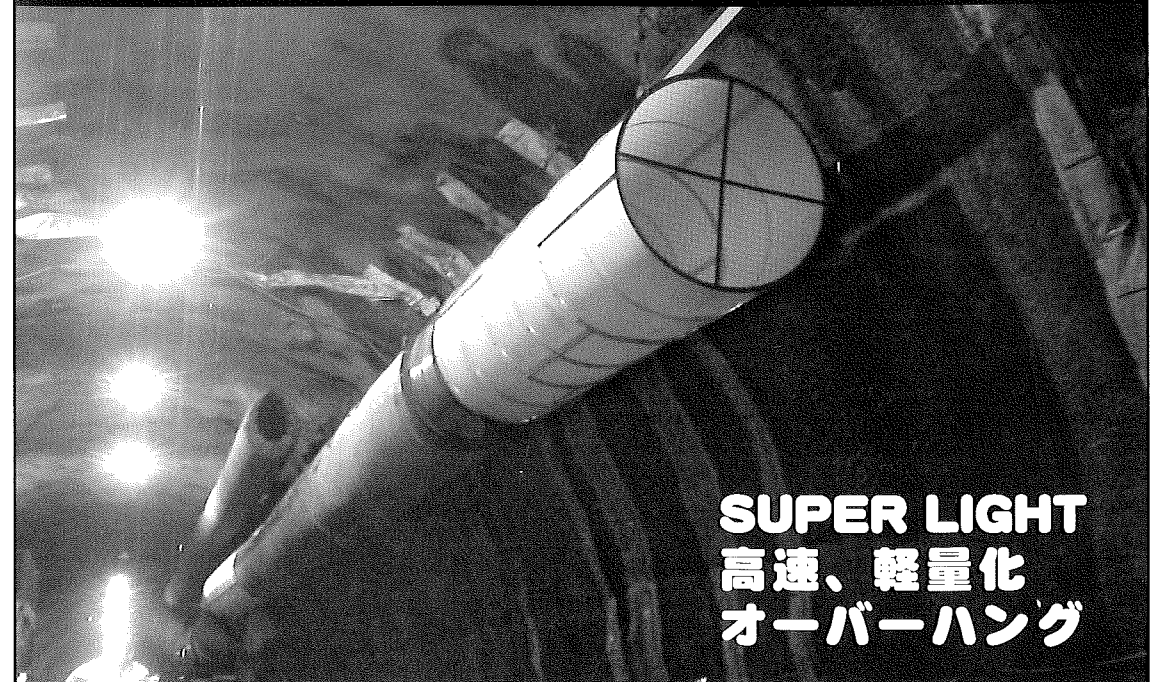
菅機械工業株式会社

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

本社・大阪支店	〒550-0015	大阪府大阪市西区南堀江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

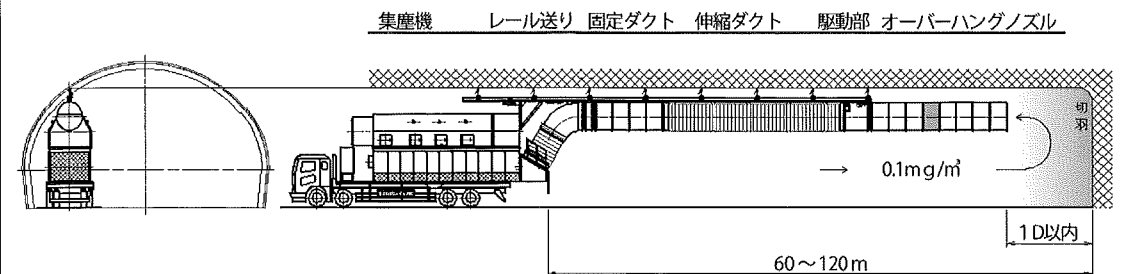
時代は吸引捕集方式へ...

トンネルじん肺を根絶できる最良の方法です



SUPER LIGHT
高速、軽量化
オーバーハング

- ・吸引捕集方式は切羽直下で粉じんを吸引し、切羽の作業員を守ります。
- ・フィルタ式集塵機で大気レベルに清浄化、トンネル全域をきれいにします。
- ・発破後の換気時間を短縮、余掘防止など生産性も向上します。
- ・国際トンネル協会 (ITA) も推奨している方式です。



最適環境を創造する
株式会社流機エンジニアリング

〒108-0073 東京都港区三田3-4-2 COI 聖坂ビル
TEL : 0120-449-881
URL : <http://www.ryuki.com/>
E-mail : eigyobu@ryuki.com

