

トンネルと地下 10

vol. 40
no. 10
2009

Tunnels and Underground

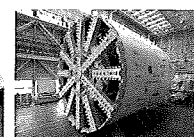
大規模機械編成による効率的なトンネル耐震対策
支保選定フローによるTBMの施工とその坑内解体
都市部山岳トンネルにウォータータイト構造を採用
駅部大断面トンネルを中壁分割工法で施工
H&Vシールドで下水道幹線の同時施工を計画
「ITA総会および世界トンネル会議(ブダペスト)」報告

日本トンネル技術協会誌

トンネル開発技術に

70年のヒストリー。

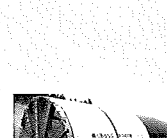
2008
(支障物切削シールド)
土中のH杭やシートパイルを
シールドマシンで切削



2007
(ドバイLRT用シールド)
ドバイの交通網の発展に貢献



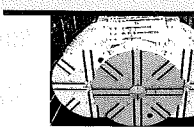
2006
(世界最大径φ15.01mm泥土圧
シールド)
スペインマドリッド環状道路M30の
渋滞回避に活躍



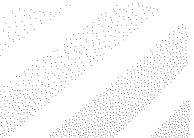
2004
(大断面SENS工法シールド)
東北新幹線三本木原トンネル
工事の建設で活躍



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



1995
(3心円泥水式盾シールド)
地下鉄12号線環状部飯田橋駅
工区建設工事で活躍



1993
(世界最大級の泥水式シールド)
東京湾横断道路工事で活躍



1989
英仏海峡トンネルT-5工区貫通式
完成にわく関係者たち



1939
(日本最初の本格的シールド)
関門トンネル工事で活躍



世界中で
1700台の
実績!

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

三菱重工地中建機(株)のシールド式トンネル掘削技術

三菱重工地中建機株式会社 本社 明石市二見町南二見1番地 TEL.078-672-4575
東京事務所 東京都港区港南二丁目16番5号 TEL.03-6716-4092
神戸事務所 神戸市兵庫区和田宮通七丁目1番14号 TEL.078-672-2850

トンネルと地下 JTA 12 KR

●支保選定フローによるTBMの施工とその坑内解体 vol.40 no.10 2009



定価 1,575円
本体価格1,500円

雑誌06619-10



4910066191092
01500

FURUKAWA
ROCK DRILL

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/3200R

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

新世代型油圧ドリフタHD210II搭載。

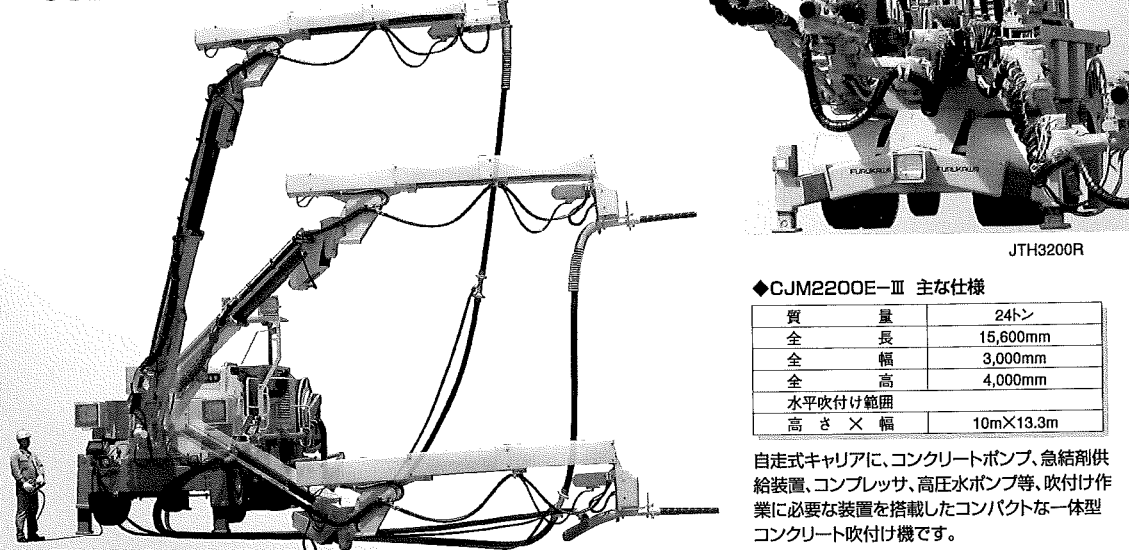


◆主な仕様

	JTH2200R 2ブーム、2ケージ	JTH3200R 3ブーム、2ケージ
質量	35.5トン	43トン
全長	14,270mm	14,760mm
全幅	2,690mm	3,140mm
全高	5,940mm	6,010mm
水平さく孔範囲		
幅	12.77m	13.22m
高さ	8.49m	8.84m

コンクリート吹付け機(コンプレッサ搭載型)

CJM2200E-III



JTH3200R

◆CJM2200E-III 主な仕様

質量	24トン
全長	15,600mm
全幅	3,000mm
全高	4,000mm
水平吹付け範囲	
高さ×幅	10m×13.3m

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

写真は吹付け姿勢の合成写真です。

△ 古河機械金属グループ

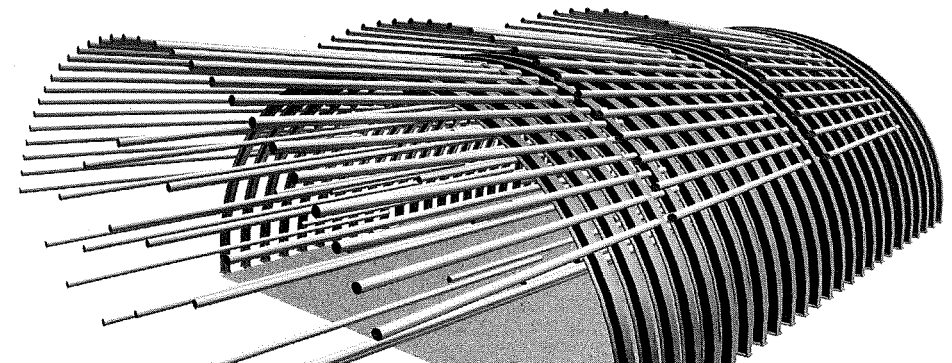
FRD 古河ロックドリル株式会社 <http://www.furukawarockdrill.co.jp/>

本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号 古河ビル8F 特機部 電話：(03) 3231-6966
札幌支店 011-861-3261 東北支店 022-384-8991 関東支店 027-326-9611 名古屋支店 0568-77-7700
関西支店 06-6475-8221 広島営業所 082-832-3542 四国営業所 087-815-1708 九州支店 092-948-2010

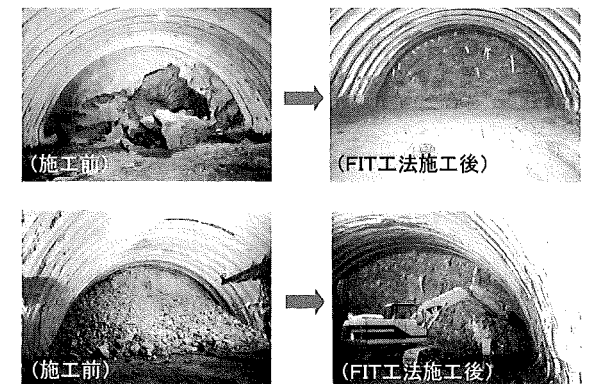
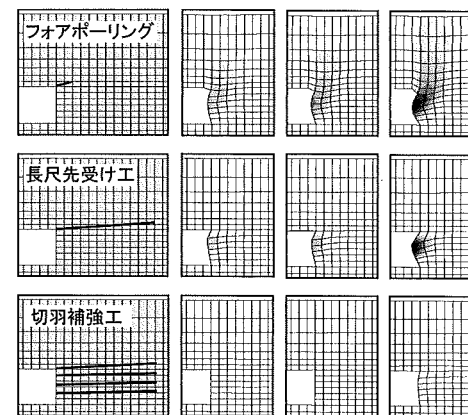
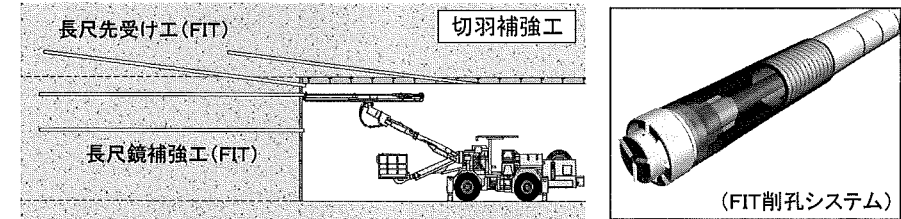
全方位 GFRP 管長尺補強システム

NETIS登録
(No. CB-030065)
施工実績 150 件以上

FIT 工法
FRP INJECTION TUBE



最も効果的な「掘削断面内からの切羽前方地山補強」



(数値解析による切羽補強効果の検証例)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

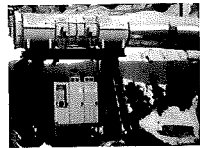
ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

ホンモノしか残らない。。。

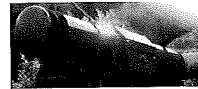
…1960～ 1970～ 1980～ 1990～ 2000……



大容量ファン



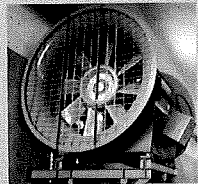
二軸反転
サイレントファン



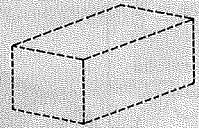
可変翼やインバーター
での風量制御ファン



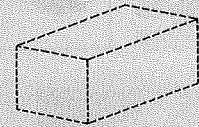
中型集塵機
ノッカー払落し式



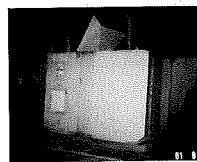
単段ファン



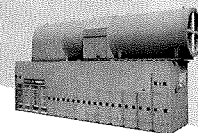
中型集塵機湿式



中型集塵機電気式



中型集塵機
フィルタ交換型



大型集塵機
1000～4000m³/min
30000hメンテナンス
フリー、トンネル
用は清浄度0.1mg/
m³以下保証

吸引ダクト SUPER LIGHT〔新型〕

自走式伸縮ダクト、自走レール、
全体の重量が半減！
φ600～1700、最長130m、
切羽照明で安全UP



重量1/2に半減!!

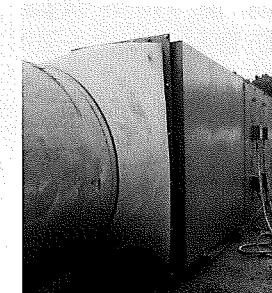
換気・環境技術は進化しています

2009……



密着

コンクリート密着養生システム
コンクリート自身を持つ水分と水和熱により自然
な状態で硬化



〔新型〕
大風量中圧ファン
EZ-2000Q
(2000m³/min, 2.94kpa,
150kw)

漏れない風管シリーズ〔新型〕

従来のビニール・鋼管の風管に比べて漏風がほぼゼロのため、
中継なしで長距離送風が可能で大幅な省エネ
負圧＝ピタジョイントダクト(超軽量鋼管)
正圧＝ノンリークダクト(FRPリング式ビニール)

2010……



コンパクト大型集塵機
(低動力・ガス吸着・冷房除湿)
高効率運転・再資源化…

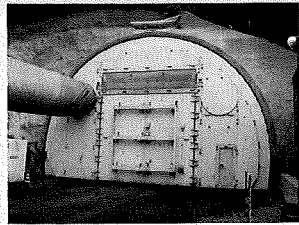
最適環境を創造する

株式会社流機エンジニアリング

URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: eigyobu@ryuki.com

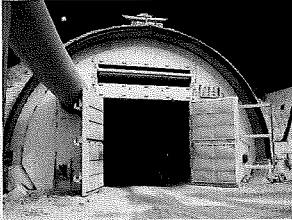
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル TEL: 03(3452)7400

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 ロック式
 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	19 dB(A)	13 dB
2基設置	28 dB(A)	19 dB

『防音扉ロック式』の音響性能

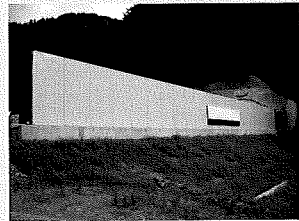
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	17 dB
2基設置	28 dB(A)	26 dB

『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】

『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

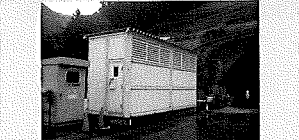
項目	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失【dB】	22	32	37	38	37	43
吸音率【%】	51	77	75	81	71	62

『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	53
吸音率【%】	57	48	61	76	86	91

『防音パネルSUタイプ』の音響性能

項目	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失【dB】	20	28	44	54	59	64
吸音率【%】	61	100	100	100	100	100

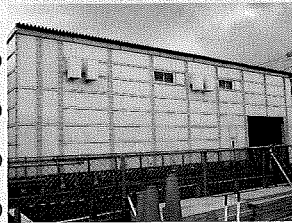


Sタイプ(スタンダードタイプ)

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)

SUタイプ(ステンレスタイプ)



【建設騒音対策協会】

株式会社 牛尾商店 株式会社 カテックス 株式会社 ティーエムシー 日豊 株式会社
 株式会社 野佐和商会 株式会社 ビーエスアイ 古河ロックドリル 株式会社
 E-mail : souon@fuse-ind.co.jp

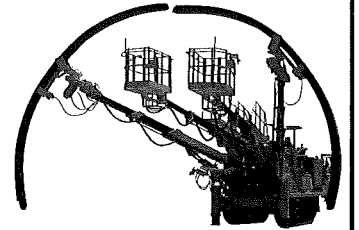
◆ISO9001取得 ~ 防音設備の設計、製造、施工、リース
 ◆建設業登録 東京都知事 許可 般-20 第130153号
 土木工事業、とび・土工工事業、鋼構造物工事業

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 ショーレイビル TEL. 06-6359-2611 FAX. 06-6359-2288
 E-mail : info@fuse-ind.co.jp http://www.fuse-ind.co.jp

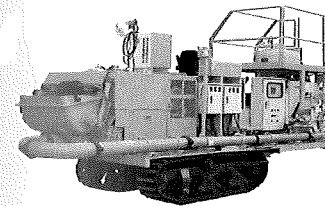
エレクター搭載吹付システム
スコーピオン I 型・II 型

オフロード法認可・排ガス3次対策機指定

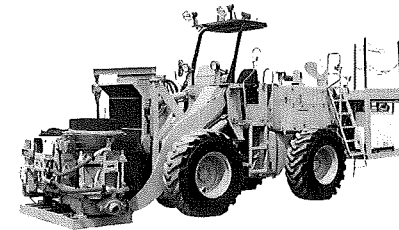


小断面シリーズ

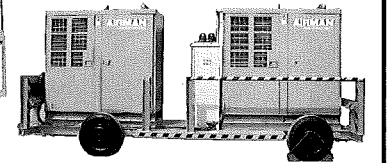
小断面用ポンプ台車



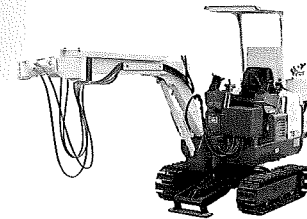
アリバー台車



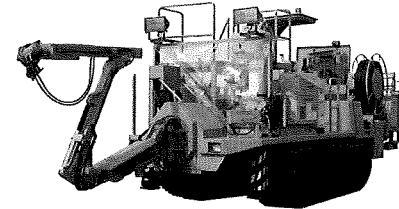
コンプレッサー牽引台車



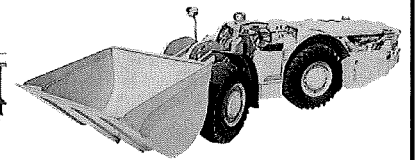
小断面吹付ロボット MR-II



ミニ・ビートル

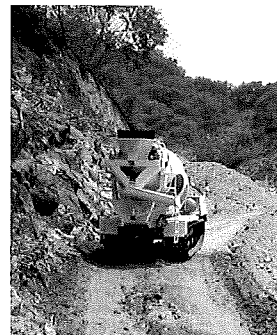


ロードホールダンプ M8

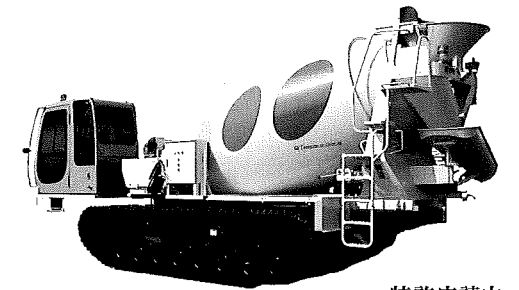


ゴムクロミキサー車

悪路・斜路に
 強い



斜路を登る
 ゴムクロミキサー車



特許申請中

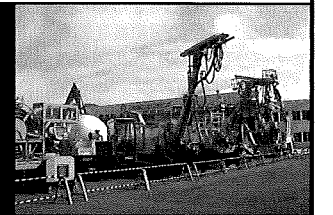
ホームページにアクセス下さい

URL <http://www.tonneru-rental.co.jp/>

株式会社トンネルのレンタル

〒389-0506 長野県東御市祢津字元会下1080-9

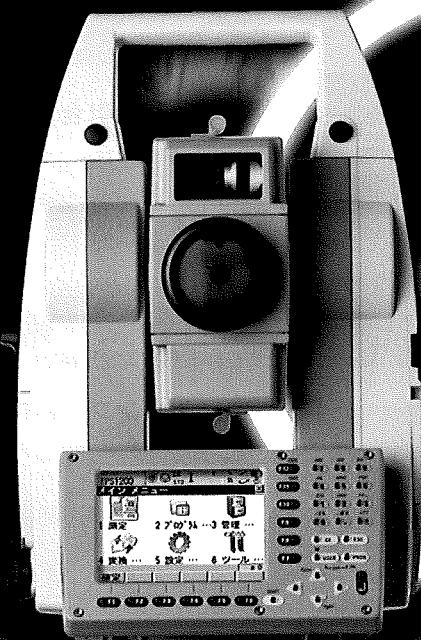
TEL 0268(62)1426 FAX 0268(62)1999



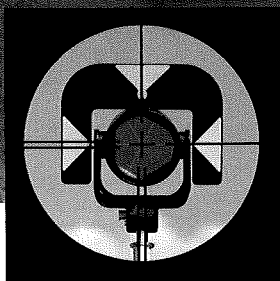
ユニバーサル測量システム

トンネル設計者の要望に応え、さらに進化

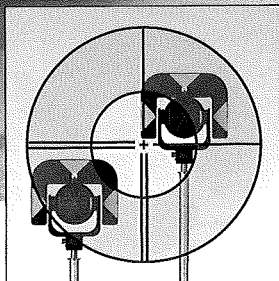
ライカTPS1200+シリーズ、ついに登場



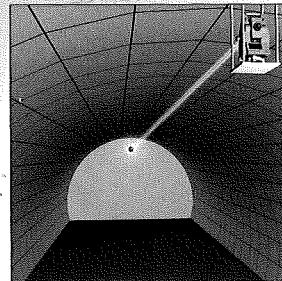
Leica TPS1200+
TCRA+1205



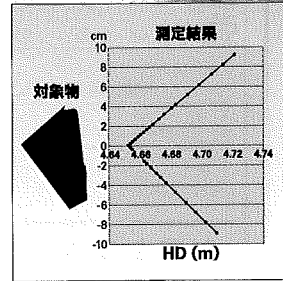
精度が向上した自動視準
プリズムの観測回数を上げると共に、CCDカメラの解像度を細かくすることで、自動視準の内部処理スピードや精度が向上。



自動視準視野が変更可能
制御コマンドを使用して視野を1/3にすることにより、プリズムが近くに並んだ状態でも測定可能。



ノンプリズムの距離延長
新特許技術 PinPoint R1000によりノンプリズム測距1000mまで可能。これにより、器械のターニング回数が減少。*対象物反射率90%のとき



ノンプリズム精度の向上
PinPoint R1000ノンプリズム測定なら、測定対象物の正確なデータ取得が可能。

ライカ ジオシステムズ株式会社

本社 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコート
Tel. 03-5940-3020 Fax. 03-5940-3056
http://www.leica-geosystems.co.jp

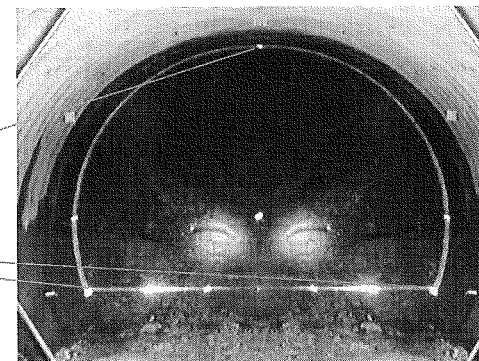
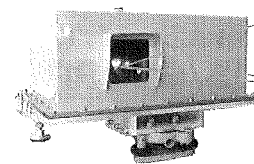
- when it has to be right

Leica
Geosystems

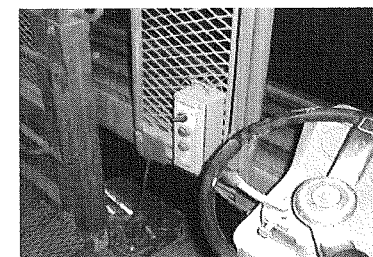
レーザーマーキングシステム

国内、海外特許取得済み

残像効果を使ったペイント不用
の連続高速照射を実現

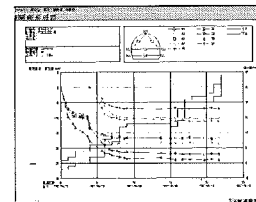


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

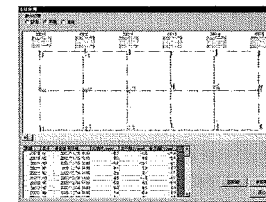


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

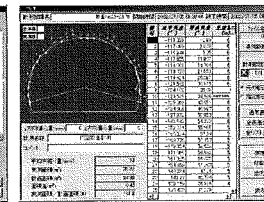
各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



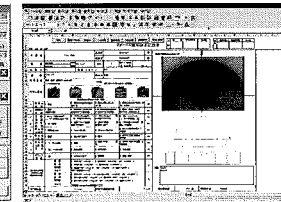
A計測データ処理



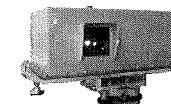
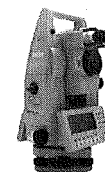
支保工立込精度、変形量



内空、巻厚検査



切羽観察、etc



豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。

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

〔販売元〕

古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

トンネル工事を支えるコンクリート・ソリューション

長期耐久性に優れた高品質な覆工コンクリートの施工にお応えします。



湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤

NT-1000シリーズ

急結剤と併用することにより、高品質で経済的な吹付けコンクリートを実現。

- 単位水量を減少し、急結性・付着性・強度発現性などの諸性状を改善する
- 急結剤の使用量を低減する

品質向上
対策

高性能AE減水剤 収縮低減タイプ

レオプラス800S/800SR

AE減水剤 高機能・収縮低減タイプ

ポリヒード® 15DS/15DSR

一般強度から高強度コンクリートまでの乾燥収縮ひび割れ対策を可能にする収縮低減タイプの混和剤。

- 収縮ひび割れを5~15%低減できる
- リーズナブルに使用できる

ひび割れ
対策

覆工コンクリート用膜養生剤(水性タイプ)

マスターキュア® 106

セメントの水和反応を最適環境下で進行させることができる養生剤。

- 保湿・保水性が高く養生効果に優れる
- 初期ひび割れ発生を低減する

養生
対策

コンクリートプラント廃棄物の再利用技術

デルボシステム

プラントミキサ・トラックアジテータから発生するスラッジ廃棄物を削減。

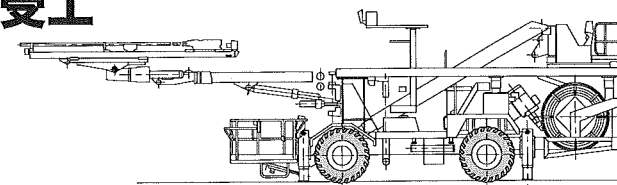
- コンクリート廃棄物量を抑制できる
- 廃棄物処理費を低減する
- 環境に対する負荷を軽減できる

廃棄物
削減対策

環境対応型長尺鋼管先受工

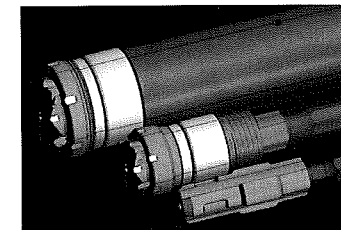
TOHO **AGF** System

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

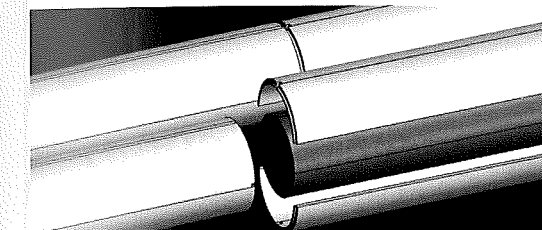


AGF-Me工法

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



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



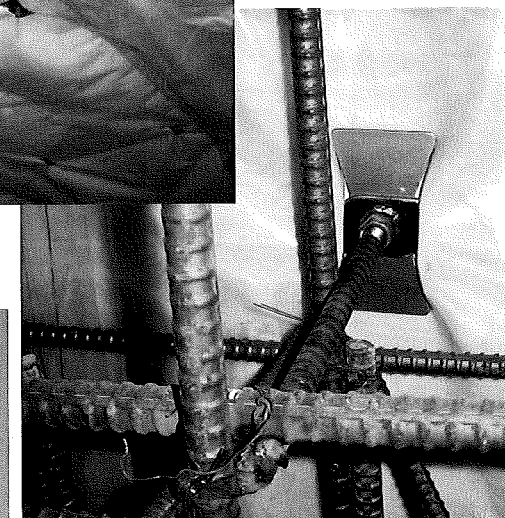
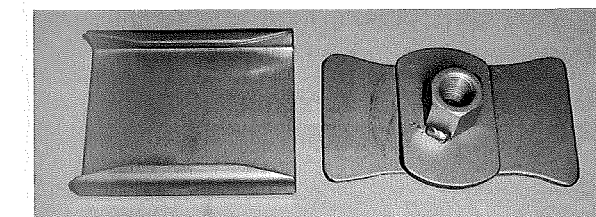
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

1. 支保工へ溶接したグリッパーに防水シートを当てます。
2. 回転プレートを押込みます。
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)。



BASFポゾリス株式会社

- 本社 東京都港区六本木6-10-1 六本木ヒルズ森タワー21F
混和剤営業部 TEL:03-3796-9870(直) FAX:03-3796-9980
 - 支店 仙台、東京、名古屋、大阪、福岡
 - 営業所 札幌、宇都宮、千葉、横浜、上越(松本金沢)、静岡、広島、高松、鹿児島
- 資料進呈/詳しくは、本社混和剤営業部または、最寄りの事業所にお問い合わせください。
URL <http://www.pozzolith.basf.co.jp>



●BASFポゾリスは開発・技術センターと茅ヶ崎工場において、ISO9001およびISO14001の審査登録をしています。

BASF
The Chemical Company

東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

〒105-0003
東京都港区西新橋3丁目2番1号 共同ビル(西新橋)10F
Tel:03-5401-6211 Fax:03-5401-6218
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)

Kanaflexの電力・通信ケーブル保護管

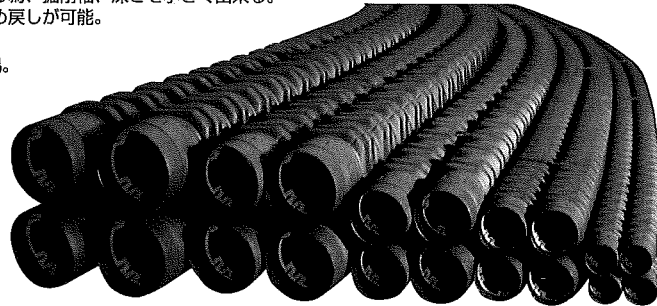
都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多条保護管 特許出願中

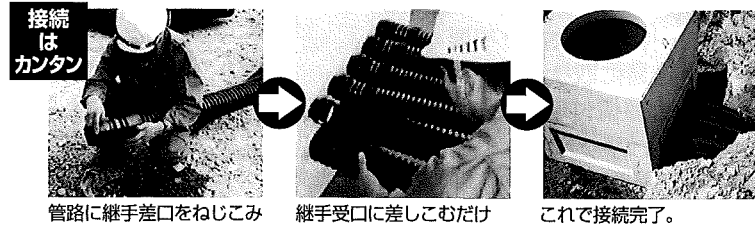
カナレックスML

電線共同溝をはじめとする電力・通信ケーブルの埋設管工事
情報化時代に伴う光ファイバーの多条敷設
都市部での電線地中化工事を省力化・効率化

- 1. 独自構造（波付き管と管台一体型リブの連続構造）**
 - ・リブに平面部があり、管を密着させて敷設できる為、掘削幅、深さを小さく出来る。
 - ・従来品に比べ、良好な砂の充填ができ、一括埋め戻しが可能。
- 2. 可とう性に優れる**
 - ・上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。
- 3. 優れた性能**
 - ・軽量で、全サイズワンタッチ接続の採用により、工事の省力化が図れる。
 - ・ワンタッチ式のロングベルマウス、ベルブロックを採用することによりハンドホール接合部の省力化が図れる。
 - ・JIS C3653（附属書1及び3）の圧縮強度試験、難燃性試験をクリア。
- 4. 摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ**



ハンドホール工事の工期短縮・工費削減に現場の加工作業を大幅に軽減できる ワンタッチ継手付ハンドホール



ワンタッチ継手（ベルマウス付直材）を工場に取り付けてご納品。管路接続がスピーディー、確実に行えます。

●本商品には、専用FEP管として、カナフレックスの「カナレックス」をご使用下さい。

※特許・意匠出願中

TVコマーシャル放映中 テレビ朝日系「サンデープロジェクト」(日曜 朝10:00~11:45)

カナフレックスコーポレーション株式会社 ISO 9001認証取得
株式会社 インテック

東京本社 〒106-6117 東京都港区六本木6-10-1 (六本木ヒルズ森タワー17F)
TEL(03)5770-5111 FAX(03)5770-5130
大阪本社 〒530-6017 大阪市北区天満橋1-8-30 (OAPタワー17F)
TEL(06)6881-0767 FAX(06)6881-0769
営業所 札幌・仙台・横浜・金沢・名古屋・神戸・広島・高松・福岡・鹿児島
直営工場 北海道・仙台・栃木・千葉・滋賀・愛東・広島・四国・九州

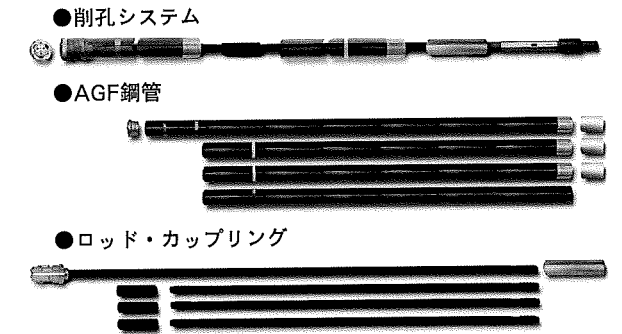
TFTのトンネル資材

▼ AGF工法

トンネル工事において軟弱地山の先行ゆるみ抑制のためAGF鋼管を打設し、その後注入をおこなうことにより地山を安定させ掘削を可能にする工法で、「AGF-φ工法」等があります。
当社はこれらの「ビットシステム」「AGF鋼管」「ロッド・カップリング」等をご提供します。



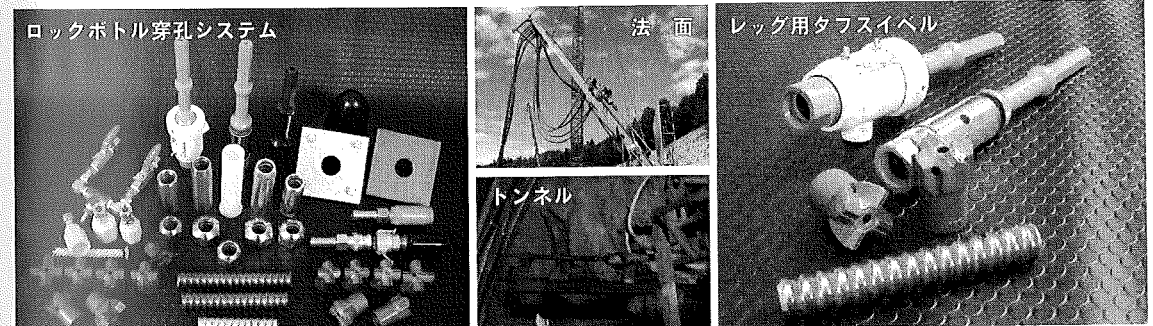
削孔用主要部材



▼ タフボルト（自穿孔ロックボルト）

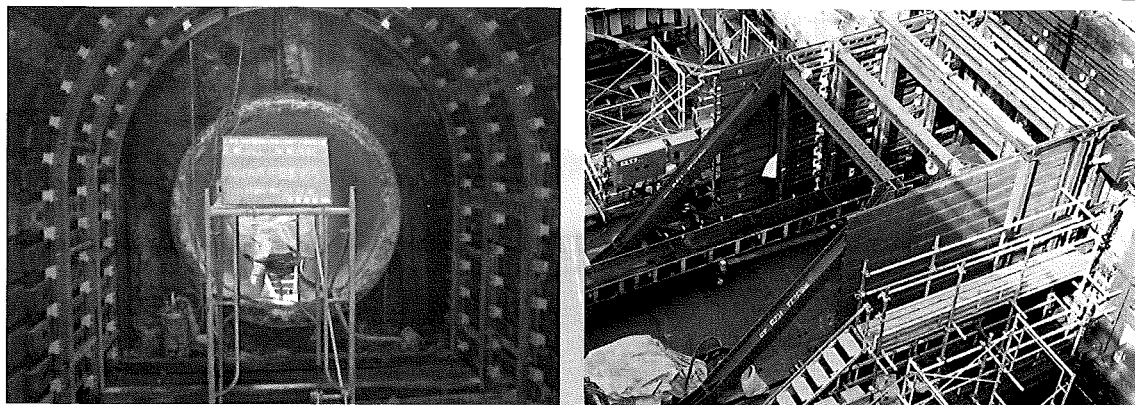
トンネルのフォアパイリング用ボルトから法面用ロックボルトまで幅広く使用されています。どんな削孔機でも施工でき、しかも小型削孔機も使用可能であり足場費の低減が図られます。
また削孔ビットもφ45~φ65mmと広く準備されています。

品名	外径mm	断面積mm ²	引張荷重	降伏荷重	せん断荷重
TF22	31.5	375	235kN (24Tf)	196kN (20Tf)	125kN (12.7Tf)
TF26	31.5	420	274kN (28Tf)	215kN (22Tf)	176kN (18.0Tf)



TFT 株式会社 **ティーエフティー**
Tube Forming & Technological
〒220-0051 神奈川県横浜市西区中央1丁目29番16-201号
Tel 045-320-1701 Fax 045-320-1702

アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法
Stabilizer System Messer

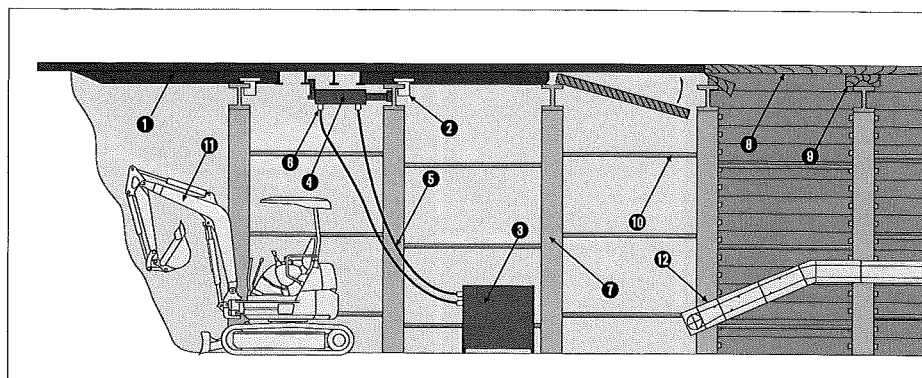
特徴

- 地山をゆるめず任意の断面形状のトンネル掘削ができます。
- 余掘りがなく切羽の掘削と一次覆工がSS-メッセルを介して同時に安全に施工できるので地表面が沈下しません。(都市トンネル工事では最適)
- SS-メッセルプレートとスタビライザが一体となり、正確に推進する機構になっているので、安全で確実に掘進することができます。
- SS-メッセル工法に使用される断面は、支保工の形状に従って、円形・角形・アーチ形・馬蹄形、のいずれでも自由に選べます。

実績

- 線路下横断構造物工事。鉄道・道路・下水道・共同溝・地下連絡通路などトンネル工事に多数の実績もっています。

SS-メッセル工法概略図



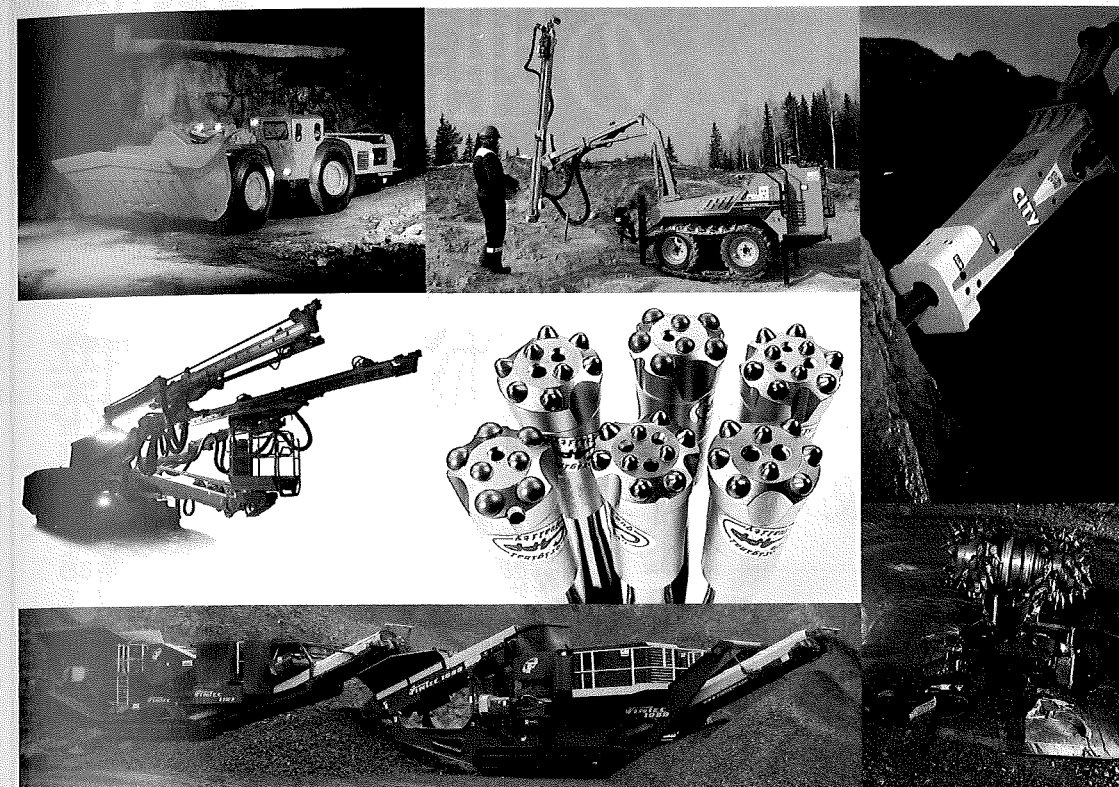
- SS-メッセルプレート
- スタビライザ
- 油圧ユニット
- 油圧ジャッキ
- 油圧ホース
- 油圧手許切換装置
- 支保工
- 木矢板
- 木製キャンパー
- 径間パイプ、
タイロットボルト
- バックホウ
- ベルトコンベア



株式会社シーテック

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

〒102-0074 東京都千代田区九段南3丁目8番10号 TEL. (03) 3263-7457(代) FAX. (03) 3262-0915

Productivity
in Action

サンドビック マイニング アンド コンストラクションは、鉱山、建設業界においてトータルソリューションをご提供する世界のリーディングカンパニーです。私たちの製品は、鉱山機械、建設機械、一般土木機械に広く対応し、製品群は、掘削機、クラッシャー、油圧ブレーカ、スクリーン、及びその消耗品類と広くカバーしております。

それらは、長い歴史で培った経験と知識が生かされた優れた設計に基づいた製品であり、また万全のアフターセールスサポートにより貴社を強力にバックアップいたします。

長い歴史を持つサンドビックは、お客様とのパートナーシップを大切にします。私たちは、お客様とのより密なパートナーシップにより、お客様の生産性、収益性を改善する斬新なソリューションを絶えず提案し続けます。

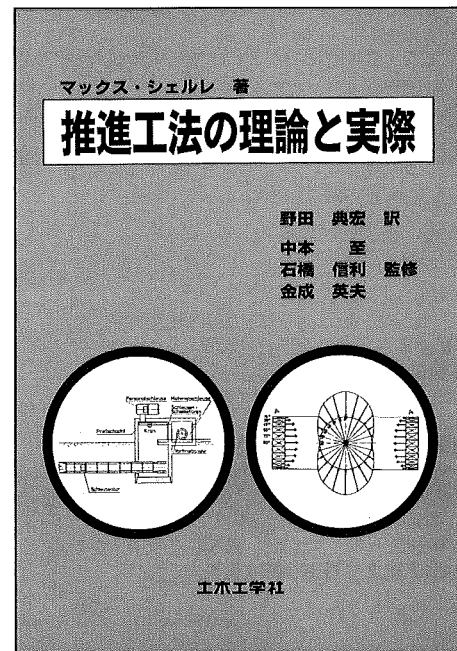
サンドビック マイニング アンド コンストラクション ジャパン株式会社

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6階 TEL045-478-0662/FAX045-478-0661

URL <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/jp/>

推進工法の理論と実際

マニュアルを超えて
推進工法の理解を
さらに深める一冊



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

推薦の言葉

中本 至・石橋信利・金成英夫

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

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

本書では、ドイツで推進工法の研究開発で著名なマックス・シェルレ博士が推進工法におけるいろいろな疑問について理論的に解明した古典的な名著である。博士は理論面のみではなく、実際の施工にも従事し、実務にも精通していたので、実務面の良さも持つている。私たちは、野田氏（訳者）の翻訳を監修したわけだが、推進工法の理論面と実務面を実に詳細に解説している点に驚いた。したがって推進工法に従事し、一層活躍しようとする人たちに本書を推薦したいと思う。

シールド トンネルの 新技術

シールドトンネルの新技术研究会 編
B5判 280頁 定価：4,660円＋税

進化を続けるシールド工法。その誕生から技術の変遷、将来の技術開発の動向までをまとめ、最先端の技術について理論と実際にいたるまで記載した。豊富な設計・施工例を掲載し、応用のしやすい的確な解説を加えた好評の一冊。

主要目次

第1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/わが国におけるシールド工法の歴史/今後の技術開発の方向性

第2章 調査・計画編

1. シールド工法の調査技術
シールド工事における調査の取り組み方/基本計画時の調査(予備調査)/設計時の調査(基本調査, 詳細調査)/施工時の調査(確認調査, 管理調査)/施工後の調査(追跡調査)
2. 断面および線形計画
断面および線形/鉄道用シールド/下水道用シールド/断面と線形における今後の展開
3. シールド機種の種類と選定
シールド機の構造と装備/現状のシールド機種の種類と選定方法
4. 新しいシールド工法
大断面化, 大深度化, 長距離化への展望

第3章 設計・施工編

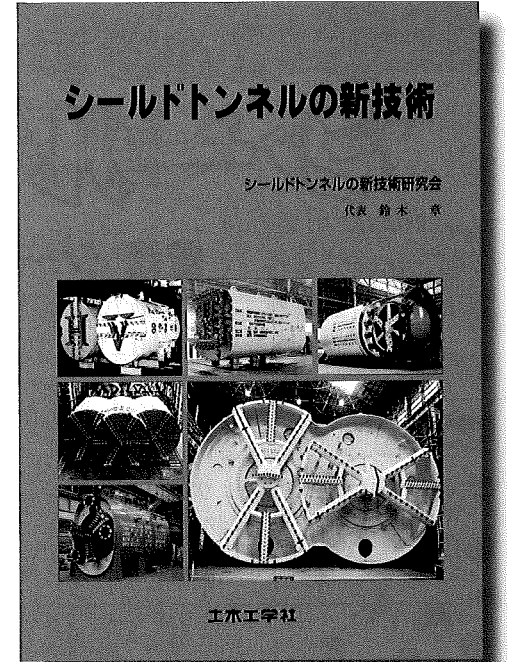
1. 覆工
一次覆工の設計/二次覆工の設計と施工/シールドトンネルの防水技術
2. 立坑の設計と施工設備
立坑の設計と施工
3. 仮設備
仮設備の計画
4. シールド工事の自動化
掘進管理システム/方向制御システム/セグメント自動組み立てロボット/自動搬送システム/その他の自動化技術
5. 掘進と施工管理
シールド掘進と施工管理/シールド機の発進と到達/裏込め注入工法と注入効果/曲線施工と地中接合/補助工法の種類と選定
6. 近接施工と環境対策
近接工法と対策/アンダーピニングおよび支障物対策/シールド工事と環境対策
7. 新工法の現状と将来展望
自由断面シールド掘進(縦楕円断面)/

異形断面シールド/分岐・接合シールド/球体シールド(ホルン)工法/複円形, 矩形および拡大シールドの開発動向/ECL工法
8. 切羽の安定と地盤変状防止
切羽安定の理論と実際/泥水式シールド工法の切羽安定/土圧式シールド工法の切羽安定/特殊条件下の切羽安定
9. 地盤変位の理論と実際
地盤変位の実際/地盤変位の予測解析

付録

1. セグメントの設計例
セグメントの設計例/外国の設計手法との比較/有限要素法を用いたシールド覆工設計例
2. 地盤変位予測解析手法の例
地盤変位の一般的性状/予測解析手法の例
3. シールド工事の施工計画
施工計画書とは/施工計画立案手順/シールド工事施工計画書の参考例

参考文献/索引

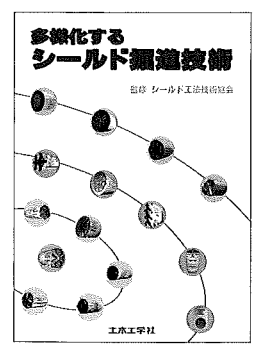


好評発売中

多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B5判 141頁 本体価格2,500円



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

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

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

〔掲載工法〕

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

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

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

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

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

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

中濃産業株式会社
 代表取締役 土田 義 式

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



機械掘削ツインヘッド

1.0m³クラス 322C 他

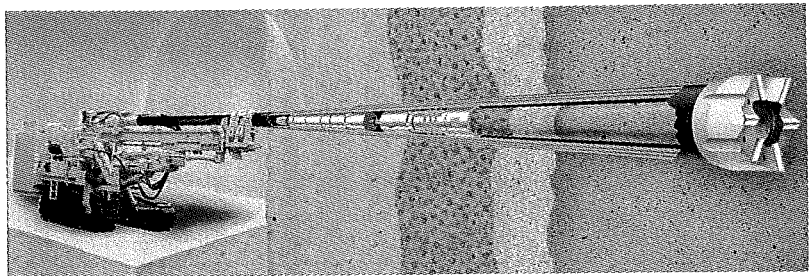
区分 Type	型式 Model	ピック型式 Tooth Type	ピック本数 Number of Teeth
標準型 Standard	MT-300S-F	HABCM-15	48
	MT-600S-F	HABCM-15	64
	MT-1000S-F	HABCM-15	72
	MT-2000S-F	HABCM-15	72
	MT-300S-C	RM5C-9	52
	MT-600S-C	RM8B-15	54
	MT-1000S-C	RM8B-15	62
	MT-2000S-C	RM8B-20	68
	MT-4000S-C	RM8B-25	80
			丸ピック Conical

klea 株式会社ケイリー
 仙 台: TEL.022-359-5331
 東 京: TEL.03-3661-6651
 大 阪: TEL.06-6838-1372
 尾 道: TEL.0848-56-1124
 機材センター: TEL.022-359-4951

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

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

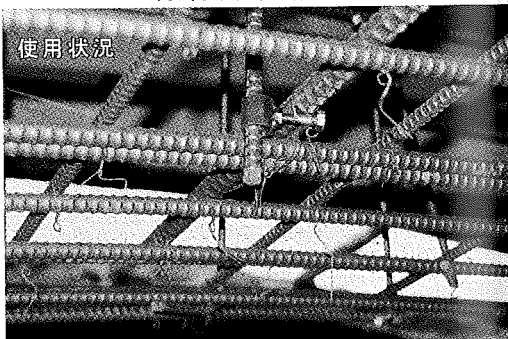
お問い合わせ先： 工事営業本部
TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522
<http://www.koken-boring.co.jp>

コストダウンを可能にする Kリング

特許出願中 (特願2001-309314号)

①アーチ鉄筋組立金物

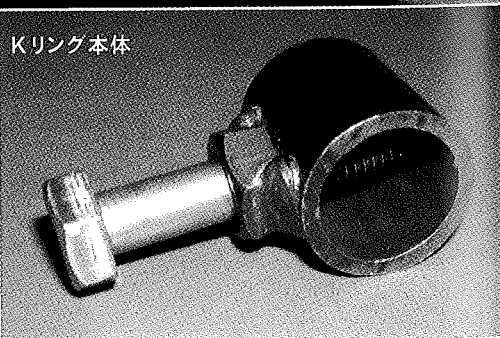
トンネル施工時の覆工工事における、鉄筋補強工事は、坑内上部・壁部にアンカーを打ち、そのアンカー筋に段取り筋を溶着し、それにアーチ筋を取付けていましたが、“防水シートを焦がす”、“塵肺作業である”、“作業効率が悪い”等問題点が指摘されてきました。当社開発のKリングを使用することにより、スピードアップ、コストダウンを可能にすると同時に諸問題をすべて解決することができました。



使用状況

②鉄筋加工業務

「トンネル」「セグメント」の請負業務を開始いたしました。“正確な加工”、“鉄筋の品質管理”、“Kリングとの同時搬入”で皆様から幅広いご支援をいただき県内はもとより県外からも鉄筋加工のご用命を頂いております。どんな鉄筋加工のご相談にもお応えいたしますのでご一報ください。

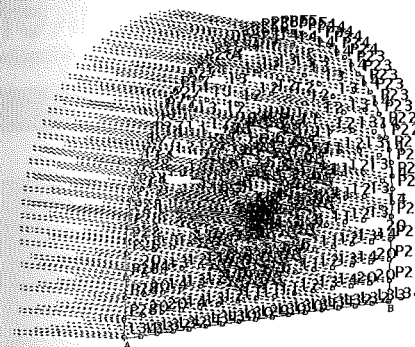


Kリング本体

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
E-mail: ktk@r5.dion.ne.jp
URL: <http://www.h7.dion.ne.jp/~ktk>

トンネル専用電子雷管 eDev™



トンネルさく孔パターン設計
各種制御発破に対応 1ms 毎の秒時設定可能
周辺孔余堀りの減少
発破粉度・ズリ出し位置のコントロール
長孔さく孔→急速施工



オリカジャパン株式会社

代表取締役社長 安藤 宏

〒105-0001 東京都港区虎ノ門3丁目7番11号 虎ノ門三須ビル 7階
TEL: 03-5777-4681 Fax: 03-5777-4682
<http://www.oricaminingservices.com>

取扱品目：技術サービス・電子雷管・導火管付雷管・電気雷管・含水爆薬・産業爆薬用硝安

■ 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 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>

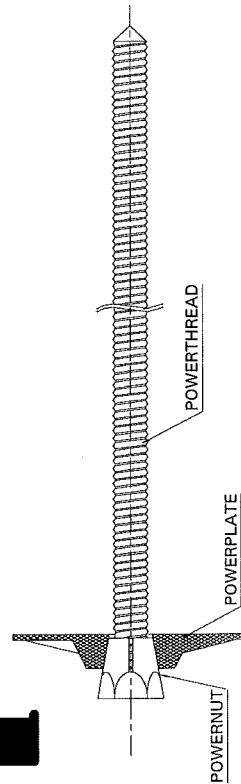
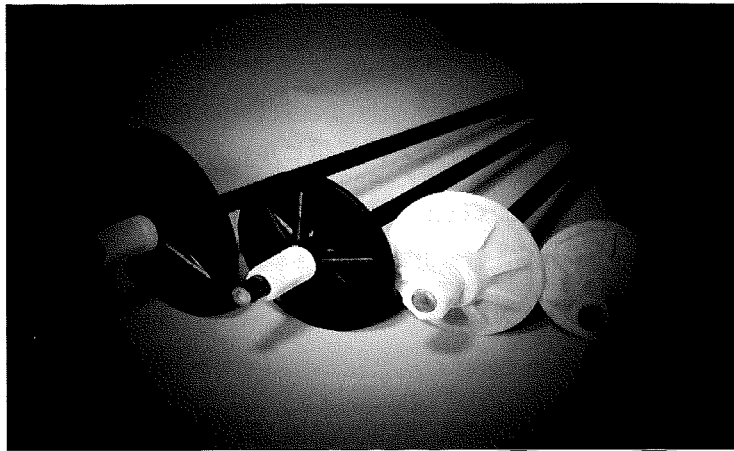
パターンボルトのGRP化

POWERTHREAD

耐食機能に優れるロックボルト

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

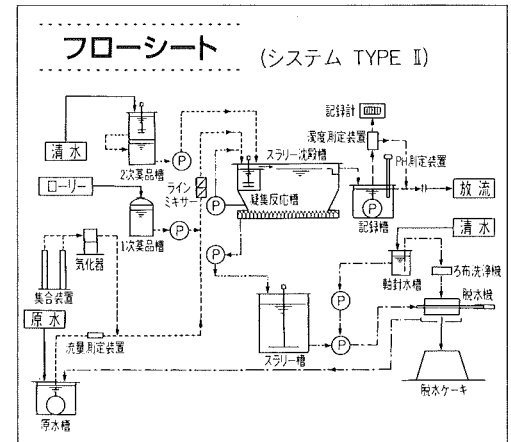
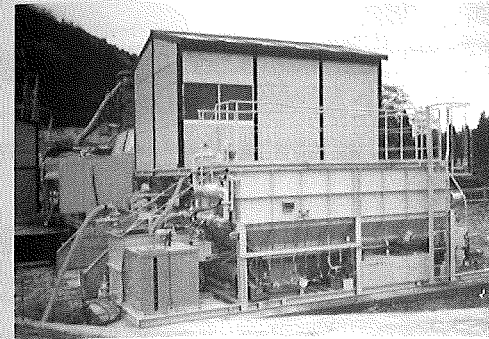
TEL)06-6578-3235 FAX)06-6578-3237

北海道地区(株エイチ・アール・オー)

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

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力



特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。
設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シクナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汙板型の脱水機を採用していることから汙布等の消費が少ない。
又、加圧型脱水方式の為無薬注で脱水出来る。
3. シクナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
4. 運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。

脱水機は、全自動無人化タイプを採用している。処理水の水质監視装置及び記録を自動化しており、運転状況の確認が容易である。

5. 多種多様な原水に対応出来る。
凝集反応槽攪拌機及び集泥用レーキにインバーターを採用し、水量及び濃度に幅広く対応する。
6. 豊富なオプション装置
高分子凝集剤の自動溶解装置
処理水返送装置 (異状警報装置と連動)
炭酸ガス後中和処理装置
鉄分除去処理装置 (エアレーション装置等)
スラリー再濃縮装置
脱水助材添加装置
自動汙布洗浄装置

シクナー5機種、脱水機4機種を標準化し、処理量に応じた自由な組み合わせが可能です。あなたの現場にピッタリフィットのシステムを御検討下さい。

詳細資料請求、お問い合わせは

 **株式会社 フジテックス**
 本社 〒930-0821 富山市飯野12-1
 TEL (076)452-1616(代) FAX (076)452-1617

Waste Water Treatment System

■巻頭言

変革の時代、チャレンジ精神で

鈴木 行雄5

■報告

「ITA総会および世界トンネル会議(ブダペスト)」報告

日本トンネル技術協会57

■計画

H&Vシールドで下水道幹線の同時施工を計画

—東京都下水道 第二溜池幹線・勝どき幹線—

伊藤 美治・石井 健二・岡部 威53

■施工

大規模機械編成による効率的なトンネル耐震対策

—東北新幹線トンネル他耐震対策工事—

中村 宏・岡村 直利・土屋 尚登・小野 桂寿7

支保選定フローによるTBMの施工とその坑内解体

—東北中央自動車道 栗子トンネル東避難坑—

宮沢 一雄・濱田 宏19

都市部山岳トンネルにウォータータイト構造を採用

—さがみ縦貫道路 愛川トンネル—

森 勝利・岡村 貴彦・諏訪 至29

駅部大断面トンネルを中壁分割工法で施工

—仙台市高速鉄道東西線 青葉山トンネル—

本堂 亮・東 優・浅川 敏郎・鶴原 敬久43

■連載講座

沈埋トンネル(6)

—施工方法—

羽田 宏69

■現場だより

『唐津焼発祥の地』唐津市北波多より

山下 正治42

■資料

トンネル千夜一夜(58)

小野田 滋40

トンネルジャーナル

編集部68

土木情報

編集部52

工法・技術・製品ニュース

編集部81

■会報

会報

日本トンネル技術協会82

【表紙説明】

支保選定フローによるTBMの施工とその坑内解体

—東北中央自動車道 栗子トンネル東避難坑—



東北中央自動車道栗子トンネル東避難坑は、福島県と山形県の県境付近に計画された延長約9,000mの長大トンネルである。福島県側では、φ4.5mのTBM工法を採用し、本坑施工のために地質調査と水抜きを兼ねて施工した。この避難坑工事のTBMは、解体坑に到達後、坑内で解体されたのち、搬出された。写真は、TBM坑内解体状況である。

〔写真提供：東日本高速道路(株)〕(本文19頁参照)



セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 円290円

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

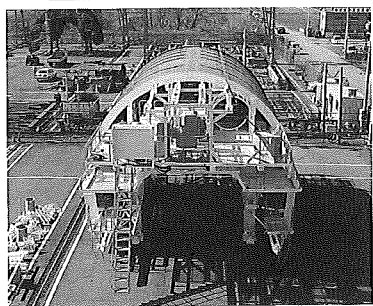
高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する 引抜バイブレータ締固システム

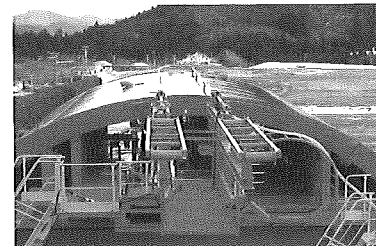
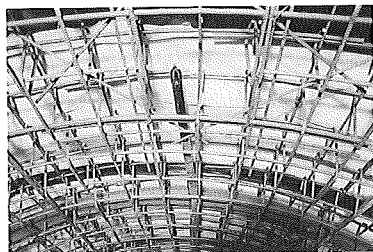
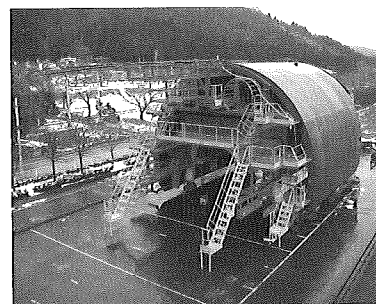
トンネルの二次覆工コンクリートには、トンネルクラウン部の締固め方法に課題があり、結果として漏水や空隙の発生など、覆工コンクリートの品質に問題が生じるケースがありました。また、覆工コンクリートの締固め作業は、狭隘部での苦渋作業という問題もあります。そこで、引抜バイブレータ締固めシステムを用いることにより、上記の課題を克服し、高品質な覆工コンクリートの構築を可能としました。

【特許出願中】

ホースパイプ巻取り式



パイプパイプ伸縮式



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

効果・特徴

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

総務委員会広報小委員会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

大 島 洋 志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹 事〕

池 田 豊 人 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	長 島 芳 雄 株式会社竹中土木常務取締役
大 石 敬 司 東京地下鉄株式会社建設部工事課課長	濱 建 介 (元)日本鉄道建設公団理事
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	福 家 佳 則 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 トンネルグループ長
城 間 博 通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長	松 原 利 之 飛鳥建設株式会社土木事業本部技術統括部 トンネル技術グループ部長
高 瀬 昭 雄 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	山 道 哲 二 株式会社大林組東京本社生産技術本部 統括部長
千 葉 隆 清水建設株式会社土木技術本部 地下空間統括部部長	領 家 邦 泰 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室参与



岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO.,LTD

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

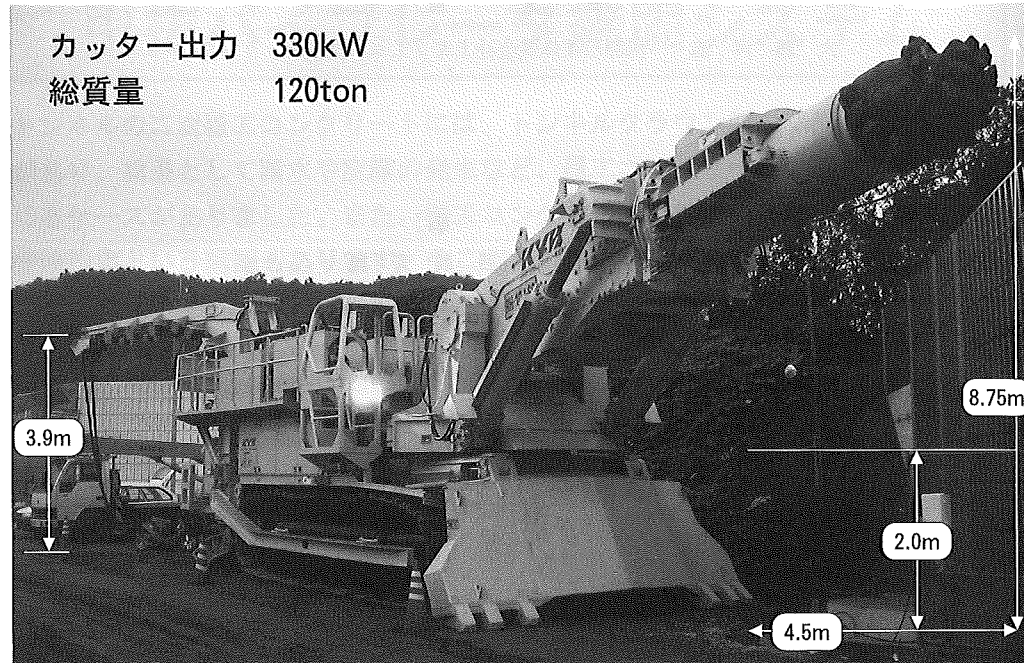
本社営業部 (058)323-2001
東京支店 (03)5836-0531
仙台営業所 (022)259-2239
九州営業所 (092)713-5265

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

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m(ケーブルハンガーを除く)
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.6m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とビック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業
カスタマーサービス 〒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
中部支店 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2 TEL 059-234-4139
西部支店 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル TEL 092-411-4998
三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2 TEL 059-234-4111

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社 上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田 徹

東京都立大学名誉教授

定塚 正行

日本シビックコンサルタント株式会社
参与・技師長(山岳トンネル担当)

高橋 良文

東京都下水道サービス(株)管路部長

橋本 定雄

(元)東京都公営企業管理者下水道局長

濱 建介

(元)日本鉄道建設公団理事

〔委員〕

池田 匡隆

東京都下水道局建設部設計調整課長

今井 滋

東京都水道局建設部工務課長

葛城 真治

東京電力株式会社電力流通本部工務部
地中送電グループ課長

龍山 勝

東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
計画担当課長

木谷 日出男

財団法人鉄道総合技術研究所
防災技術研究部部長

清水 満

東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所
立体交差課長

城間 博通

株式会社高速道路総合技術研究所
道路研究部トンネル研究担当部長

中本 忠道

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

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

両角 幸範

東京都交通局建設工務部計画改良課長

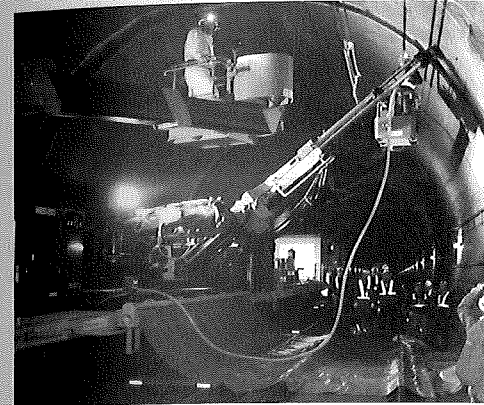
掲載頁
7

大規模機械編成による効率的なトンネル耐震対策
—東北新幹線トンネル他耐震対策工事—

東日本旅客鉄道(株) 中村 宏

2004年10月に発生した新潟県中越地震により上越新幹線のトンネルが被災したことから、JR東日本では新幹線トンネルにおいて、トンネル耐震対策を実施した。

本稿では、新潟県中越地震によるトンネル被害をふまえて策定した新幹線トンネル耐震対策工事の技術的な考え方、および大規模機械編成を用いた施工(裏込め注入工、ロックボルト工)などについて紹介する。



写真はロックボルト削孔作業

Effective Aseismic Reinforcement through Large-scale Machine Composition—Aseismic Reinforcement Works in Tunnels on Tohoku Shinkansen etc.—

By Hiroshi Nakamura, East Japan Railway Company

Due to the occurrence of the Mid Niigata Prefecture Earthquake in October, 2004 and because of the fact that tunnels on the Joetsu Shinkansen Line were damaged, we decided to implement tunnel aseismic reinforcement project in the Shinkansen tunnels.

This report presents technical ways of thinking and works using large-scale machine composition (back-fill grouting, rock bolting), etc. in Shinkansen tunnels aseismic reinforcement project formulated based on the investigation into the damage to railroad tunnels during the Earthquake.

掲載頁
19

支保選定フローによるTBMの施工とその坑内解体
—東北中央自動車道 栗子トンネル東避難坑—

東日本高速道路(株) 宮沢 一雄

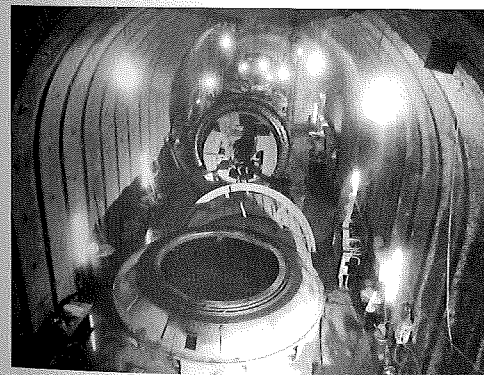
東北中央自動車道栗子トンネル東避難坑は、福島県と山形県の県境付近に計画された延長約9,000mの長大トンネルである。福島県側では、φ4.5mのTBM工法を採用し、本坑施工のために地質調査と水抜きを兼ねて施工した。この避難坑工事のTBMは、2006年11月に掘削を開始し2008年12月に解体坑に到達貫通、その後TBMの坑内解体、搬出、仮設備の撤去を経て2009年3月に竣工した。

本稿は、亀裂の発達した地山、地山の自立性が低く崩落性の高い地山、多量湧水の伴ったD級主体の地山でのTBM掘進および国内で前例の少ないTBMの坑内解体について施工結果とともに報告する。

TBM Drive through Tunnel Support Selection Flow Chart and Dismantling TBM in Tunnel—Tohoku Chuo Expressway Kuriko Tunnel Eastern Evacuation Tunnel—

By Kazuo Miyazawa, East Nippon Expressway Company Limited

The eastern evacuation tunnel in the Kuriko Tunnel on the Tohoku Chuo Expressway is a long tunnel of approximately 9,000m planned in the vicinity of the Prefectural borders of Fukushima and Yamagata Prefectures. On the Fukushima Prefecture side, the φ4.5m TBM was employed and the construction of evacuation-tunnel was combined with geological surveys and drainage for the main tunnel. The TBM began excavation in November, 2006 and penetration at the dismantling site was achieved in December, 2008. Following this, the dismantling and removal of the TBM and demolition of temporary facilities were conducted and it was completed in March, 2009.



写真はTBM坑内解体状況

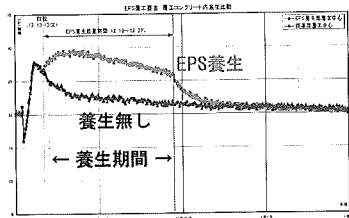
This report gives information on TBM excavation in ground that had grown cracks, ground with low stability and high collapsibility, and mainly D class ground having aquifer as well as constructions results for dismantling TBM within tunnel which has few precedents in Japan.

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

NETIS 登録
(No. CB-090003-A)



EPSパネルの保温性、保湿性が効く。



温度測定結果

	養生無し	EPS養生
反発度 (平均)	33.8	36.3
推定強度 N/mm ²	24.9	28.1
強度比	1.0	1.13

強度測定結果
(シュミットハンマー)

実績および採用決定(平成21年9月1日現在)

施主	実績	採用決定
国土交通省	4	4
NEXCO	3	2
地方自治体	5	2
合計	12	8



EPSパネル取り外し直後の状態

- 温度測定結果より、保温養生効果を確認。
- シュミットハンマーテスト(材令28日)の結果より、強度の増進を確認。
保温・保湿養生の効果。
- 弾性波レーダーによる鋼球接触時間測定結果より、表層の硬さ(弾性係数)の増大を確認。
表面の乾燥収縮ひび割れに対する抵抗性の増大。

株式会社 不動テトラ

FUDOTETRA
建設本部
〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7番2号
TEL 03-5644-5025 FAX 03-5644-8576

特許登録番号第3977849号

大栄工機株式会社

〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地
TEL 0749-64-0246 FAX 0749-63-6765

【営業品目】
各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売
トンネル用機材一般/土木資材の販売
鋼製支保工の製造販売

実施権許諾第10396号



都市部山岳トンネルにウォータータイト構造を採用 —さがみ縦貫道路 愛川トンネル—

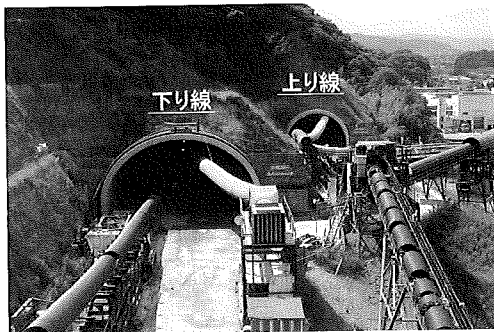
国土交通省 森 勝利

愛川トンネルは、さがみ縦貫道路のうち神奈川県愛甲郡愛川町に計画された全長約2,700mの上下線各2車線の道路トンネルである。当該トンネルの南側坑口から約1km区間の地山は地下水が豊富な砂礫層で構成されており、通常の排水構造のトンネルでは、地下水の低下など周辺環境への影響が懸念された。このため、本トンネルでは地下水位の回復を目的とし、覆工をRC造としたウォータータイト構造を採用し、環境条件に配慮したトンネルを構築したものである。道路トンネルにおけるウォータータイトトンネルの実績は比較的少なく、設計手法・施工方法に手探りの部分が少なくなかった。本稿では、ウォータータイト構造を中心とした設計・施工について報告する。

Watertight Structure of A Mountain Tunnel in Urban Areas—Sagami Jukan Expressway Aikawa Tunnel— By Katsutoshi Mori, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

The Aikawa Tunnel is a road tunnel of 2,700m with 2 lanes in each direction planned for the Sagami Jukan Road in Aikawa-machi, Aiko-gun, Kanagawa Prefecture. The ground in the section approximately 1km from the southern portal is composed of sandy gravel abundant in groundwater and there was fear that there would be effects on the surrounding environment such as falling groundwater level under general tunnel lining. For this reason, a watertight RC lining was employed.

There are comparatively few watertight road tunnels and we had to spend a lot of effort to ensure design and construction methods. This report gives information on design and construction focusing on watertight structures.



写真は南側坑口

駅部大断面トンネルを中壁分割工法で施工 —仙台市高速鉄道東西線 青葉山トンネル—

鉄道・運輸機構 本堂 亮

仙台市高速鉄道東西線の青葉山トンネルは、動物公園駅起点1km183m～2km269m間の延長1,086mの山岳トンネルであり、橋りょうで渡河する竜の口溪谷と、青葉山駅開削部の間に位置するNATM複線断面トンネルである。青葉山トンネルのうち、終点方の青葉山駅接続部は、青葉山駅が1面2線の島式ホームを採用していること、またホームなどの駅設備の一部をNATM区間に設けることから、トンネル断面を拡大する必要があり、当該区間の掘削にあたっては、安全性を確保する必要がある。そこで、事前にFEM解析などを用いた検討を行い、当該区間の掘削工法は中壁分割工法を選定した。本稿は、青葉山トンネル工事の駅部大断面区間における掘削方法として選定した中壁分割工法の施工計画および施工方法の検証について報告するものである。

Construction of Large Cross-section Underground Station using the Centre Diaphragm Method—Sendai Subway Tozai Line Aobayama Tunnel—

By Akira Hondo, Japan Railway Construction, Transportation and Technology Agency

The Sendai Subway Tozai Line Aobayama Tunnel is a NATM tunnel of 1,086m in length at a distance between 1 km 183m and 2 km 269m away from Dobutsu Koen Station. It is an NATM double track tunnel positioned between Aobayama Station built by cut-and-cover method and Tatsu-no-kuchi ravine spanned by a bridge.

At the NATM section connecting towards Aobayama Station in the tunnel, from the fact that the station employs an island platform of 1 platform for 2 lines and a part of the stations facilities such as the platform are installed in the NATM section, it was necessary to expand the tunnel cross-section and ensure safety under construction. Therefore, investigations were conducted in advance using FEM analysis, etc. and the Centre Diaphragm Method was selected as the excavation method for the section.

This report gives information on construction planning for the Centre Diaphragm Method for the large cross-section part in the Aobayama Tunnel as well as the verification of construction methods.



写真は駅大断面区間掘削状況

H&Vシールドで下水道幹線の同時施工を計画 —東京都下水道 第二溜池幹線・勝どき幹線—

東京都下水道局 伊藤 美治

第二溜池幹線と勝どき幹線は、用地などの制約により同一立坑から発進するため、工期の短縮が可能で立坑規模を小さくできるH&Vシールドで両幹線を同時に施工することとした。セグメントは二次覆工一体型の幅広セグメントを使用し、シールド発進方法は仮壁切削工法とした。

本幹線の敷設ルートは隅田川の横断などを除くと主に都道下であり、地下鉄や地下埋設物との分離を確保すると土かぶり約35～40m程度と施工深度が大きいため、泥水式シールド工法を採用した。新設する第二溜池幹線は、工事終点部で既設の第二溜池幹線と地中接続を行う。接続には、凍結工法を採用することとしている。

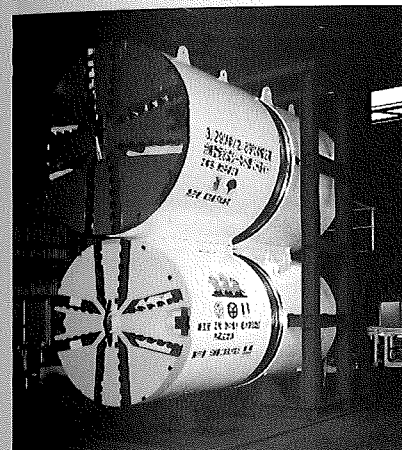
Planning of Simultaneous Construction of Sewer Trunk Lines with H&V Shield Method—2nd Tameike Sewer Trunk Line/Kachidoki Sewer Trunk Line—

By Yoshiharu, Ito, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

As both Shield machines for the 2nd Tameike Sewer Trunk Line and the Kachidoki Sewer Trunk Line are launched from the same starting shaft due to limitations of site, we decided to conduct simultaneous construction of both lines with an H&V Shield method that allows a short construction period and makes it possible to reduce the scale of the shaft. For the lining, wide segments combined secondary lining are planned to use and the shield departure method was decided as the Temporary Wall Cutting Method.

The routes of these sewer lines are mostly under main roads except for where it crosses the Sumida River and from the fact that the installation depth is planned approximately 35 - 40m because separation from subway facilities and underground installations must be ensured; the Slurry Shields were planned to employ.

The new installation of the 2nd Tameike Sewer Trunk Line will be conducted through underground connection with the existing 2nd Tameike Sewer Trunk Line at the end point of the construction works. The artificial ground freezing method is planned for the connecting work.



写真はH&Vシールド

「ITA総会および世界トンネル会議(ブダペスト)」報告

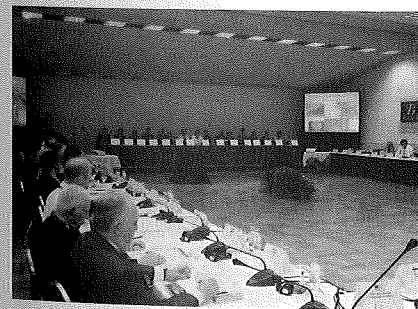
日本トンネル技術協会

第35回国際トンネル地下空間協会(ITA)総会は、2009年5月23～28日ハンガリーのブダペストで加盟55か国中、40か国が出席して開催された。また、総会にあわせて開催された2009年世界トンネル会議(WTC)は、ITA、ハンガリートンネル協会の共催により「都市と環境に配慮した安全なトンネル建設」のテーマのもとで、世界各国から約1,100人が参加した。

総会では事業報告などが行われ、2012年の開催地をタイのバンコクに決定した。

世界トンネル会議のプログラムは、基調講演、テクニカルセッションおよび現場視察で構成された。

ITA Annual Meeting and World Tunnel Congress (Budapest) Report By Japan Tunnelling Association



写真はITA総会

The International Tunnelling and Underground Space Association held its 35th meeting in Budapest, Hungary from 23rd - 31st May, 2009 with participants from 40 of the 55 member nations. The World Tunnel Congress 2009 which was held in conjunction with the meeting had approximately 1,100 participants from all over the world and jointly held by the ITA, the Hungarian Tunnelling Association with the theme of "Safe Tunnelling for the City and Environment".

Business reports, etc. were made at the General Assembly. Bangkok, Thailand was elected as the location of the 2012 meeting.

The World Tunnel Congress Program was composed of keynote speeches, technical sessions and tunnelling site visits.

巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)

変革の時代、チャレンジ精神で



東亜建設工業(株)代表取締役社長(本協会評議員)

鈴木行雄

わが国における社会インフラ整備は、戦後の復興期を経てその後の高度成長期にかけて一貫して進められてきた。

トンネルの建設においても、市街地における地上の高度利用とあいまって地下空間の確保を図ってきた都市トンネル、複雑な地形・地質の狭隘な国土で往来の時間短縮を図った山岳トンネル、アメリカ、オランダとともに世界三大設置国である河川・運河あるいは航路を横断する沈埋トンネルなど各種のトンネル築造方法を駆使し、その間の技術進歩と合わせ、わが国の経済発展に大きく貢献してきた。

今、時代は人口構成の変化、価値観の多様化、地球温暖化に見られるエネルギー問題等々、急速かつ多様な社会構造、システムの変化の真ただ中にあり、トンネルを取り巻く情勢や技術のニーズもひとつの曲がり角に来ているといえよう。

目前に迫った成熟社会においてトンネル建設をはじめとする今後の社会資本整備は、従来から取り組んできたことではあるが、地域環境との調和は勿論のこと、維持補修という領域がより一層大きなウェイトを占めてくることは誰しもが認めるところであろう。

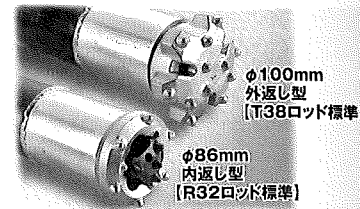
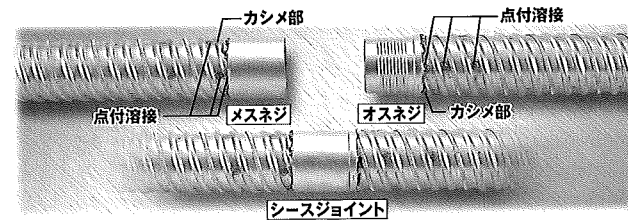
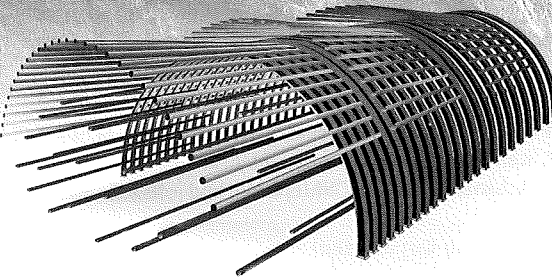
このことは建設需要全体に占める割合でみたとき、新設工事が停滞するなかで近年維持補修工事が1990年代前半は10%台半ばで推移していたものが、90年代後半以降は上昇傾向にあり、最新の建設工事施工統計によると2007年度には24.8%に達したことからもうかがい知れる。

こうした状況のもとで、トンネル技術の発展を図っていくためには新設工事における環境や景観にかかわる新たな課題への対応とともに、維持補修技術の開発がますます必要となり、その解決に向けた研究や技術開発が今後さらに積極的に行われていくことになるだろう。加えて維持補修だけの単なるリニューアルにとどまらず、従来のものをよ

ユニークな発想と高品質・自信の価格

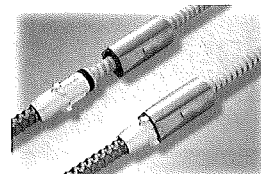
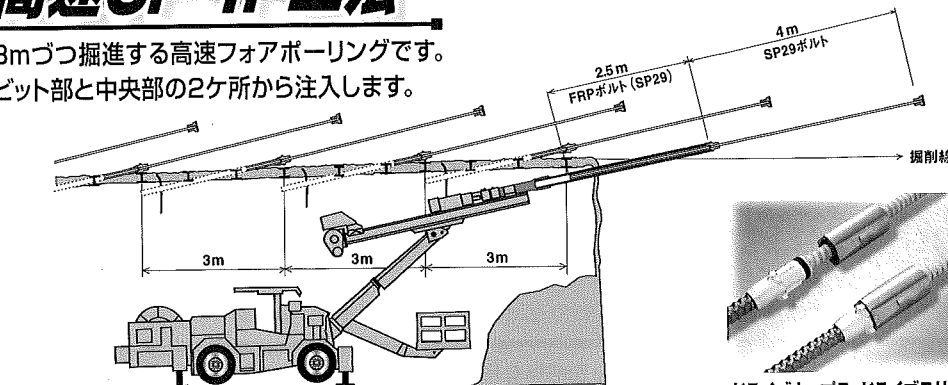
FIXチューブ工法

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

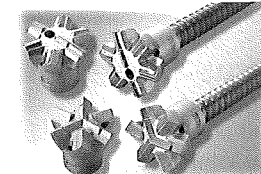


高速SP-IF工法

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

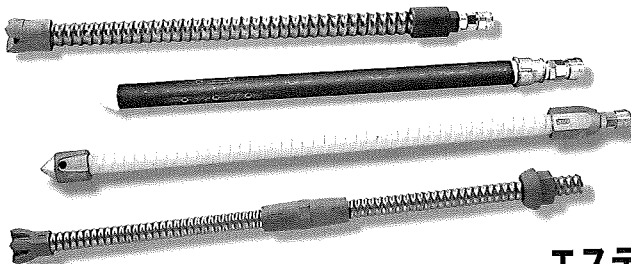


ドライブカップラ、ドライブスリーブ



φ65mm ロストビット (SP29)

自穿孔ボルト&注入管



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

STE

エスティーエンジニアリング株式会社

ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251

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

り改良・改善し、付加価値を付け加えたトンネルとするなどの従来にはない工夫が求められてもいる。

さて、これまでのトンネル技術の発展について思い返してみると、たとえば市街地におけるトンネル築造工法は、比較的浅深部に設置することから長らく開削工法によって行われてきたが、輻輳する地下埋設物の防護や工事中の路面交通に与える影響の大きさなどから次第に非開削工法であるシールド工法が発達してきた。さらにシールドの掘削断面形状も単円形断面から複合円形断面、矩形断面など用途に応じたさまざまな断面形状が採用されるようになってきた。これは、まさに技術者の問題解決に向けた技術開発の成果である。

また、浅深度領域の高密度利用化による占用空間不足の問題解決のため、新たな領域である大深度地下の活用やトンネル空間の他分野との共同使用、すなわち地下空間の大規模化、複合化という形が登場した。前者では都市型水害に対する備えとして調整池の機能を持ち、都道環七沿いに東京湾にいたる延長約30kmの環七地下河川、後者では水質の汚濁が深刻化していた綾瀬川の水質浄化のため地下鉄トンネル内へ管路を設置し、荒川の水を導水するなど、既に実施されている事例もある。

先頃、中央新幹線のうち東京・名古屋間において超電導リニアの開発の話題と合わせ、路線の約70～80%はトンネルとなり、このうち大都市部は大半が大深度となる旨、発表があった。

このようにトンネルの新用途への導入・拡大が進むなかでは、掘削技術をはじめとする施工上の課題解決を含め、土木分野だけでなく、電気、機械など多くの関連分野が互いに連携し、協働して専門分野の視野を広げ、トンネル技術者として多様な社会ニーズに答えていかなければならない。

そして、この変革の時代にトンネル技術者に要求される責任の広がりが高まりに的確に対応するために、さらには、来るべき次代の担い手となる若い人たちに夢を与えられる先輩としての姿を示し、建設産業の活力をさらに高めていくためにも、新しい価値観にもとづくチャレンジ精神のもとで積極的に行動をしなければならないと思っている。

施工

大規模機械編成による効率的なトンネル耐震対策

—東北新幹線トンネル他耐震対策工事—

東日本旅客鉄道(株)新潟支社設備部工事課課長 中村 宏

東鉄工業(株)土木エンジニアリング部担当部長 岡村 直利

東日本旅客鉄道(株)設備部鉄道防災G課長 土屋 尚登

東日本旅客鉄道(株)建設工事部構造技術センター主席 小野 桂寿

1 はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震により、上越新幹線のトンネルが覆工崩落などの大規模な被害を受けた(写真-1、図-1)。

鉄道輸送の安全性を確保するためには、発生した被害実態の把握、変状原因の調査および分析を行い、今後の対策に反映させる必要があった。

このことから当社では、2004～2005年にかけて、部外学識経験者を交えた「新潟県中越地震鉄道トンネル被害原因調査等検討会」を開催し、今後の鉄道トンネルにおける地震に対する補強の必要箇所、方法などについて検討を行ってきた。

本稿では、前記検討会の検討結果にもとづく新幹線トンネル耐震対策工事の技術的な考え方、お

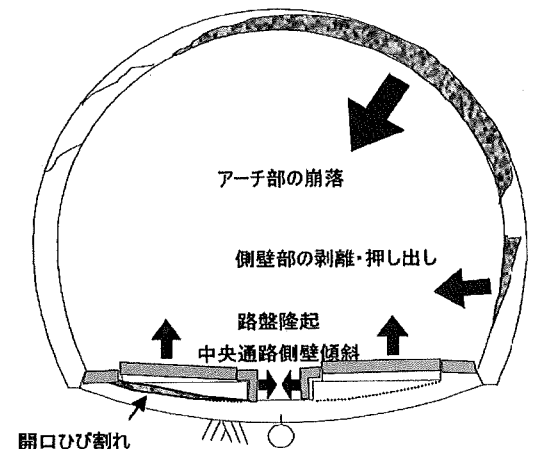


図-1 新潟県中越地震による被害事例

および大規模機械編成を用いた施工などについて紹介する。

2 被害原因の推定および対策の方向性

新潟県中越地震は内陸型地震であり、上越新幹線3トンネルと在来線の2トンネルに大きな被害が発生したが、覆工コンクリートの崩落などくに大きな地震被害は、震源断層に近い上越新幹線の2トンネルと在来線の1トンネルに集中した。

検討会では現地被害状況を詳細に調査した結果、既往の知見や地震情報などをふまえ、被害の

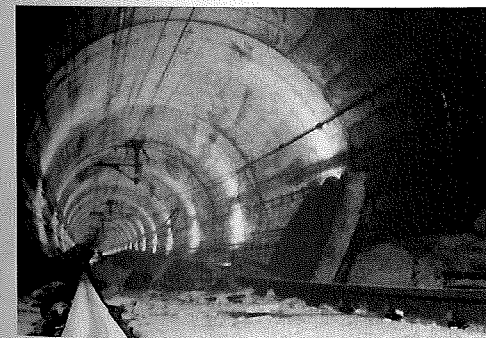
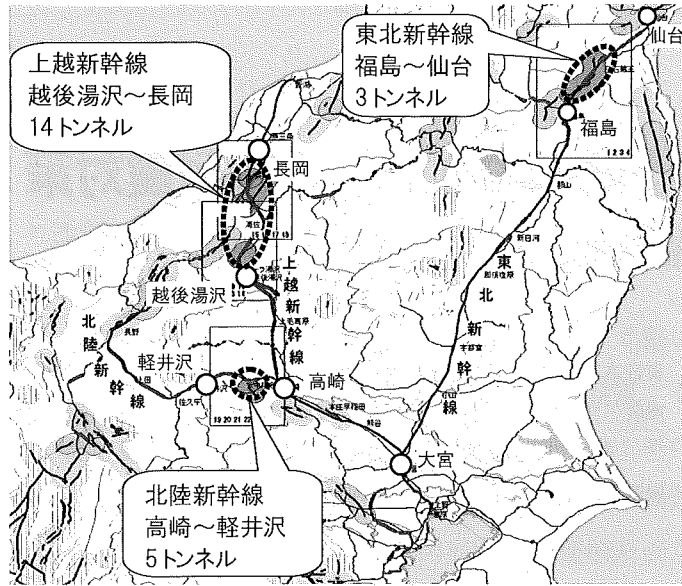


写真-1 新潟県中越地震による被害事例



活断層の確実度と活動度

項目	ランク	評価の基準
確実度	I	活断層であることが確実なもの
	II	活断層であることが推定されるもの
	III	活断層の可能性はあるが、変位の向きが不明確であったり、他の原因(河川や海の浸食など)によりリニアメントが形成された疑いが残るもの
活動度	A	平均変位速度※ 1 m/千年以上～10m/千年未満
	B	平均変位速度 0.1m/千年以上～1 m/千年未満
	C	平均変位速度 0.01m/千年以上～0.1m/千年未満

※平均変位速度…活断層による変位量を、活断層の形成時から現在までの年数で割った値

図-2 トンネル耐震対策範囲と活断層について

著しい箇所は以下のような特徴を併せ持つと結論づけている。

- ① 想定震源断層より平面距離でおおむね5 km以内に位置している。
- ② 緩み範囲が大きいクラック帯の交差箇所や低強度の地山箇所であり、地質上の問題が存在した箇所である。
- ③ クラウン部付近の覆工背面に空洞が存在しており、トンネルの構造上問題のある箇所である。

以上から、検討会におけるトンネル耐震対策の基本的な方向性は、新潟県中越地震と同程度の規模の地震が発生した場合に、トンネル周辺地山の

変形を抑制し、トンネル内部での覆工コンクリート崩落などの大規模な被害を防止することを目的とした。

また、耐震対策検討対象箇所は、新幹線について優先的に実施することとし、地震発生の可能性が高いと考えられる活断層のうち、確実度Iかつ活動度B以上(図-2)で、水平距離で5 km以内に入るトンネルとした。

3 トンネル耐震対策の技術的な考え方

検討会で議論した段階での、トンネル耐震対策工法の選定フローを図-3に示す。

3-1 対策を検討するトンネル区間の抽出

図-3より、まず1次抽出として、当社管内の新幹線トンネルで、震源断層から水平距離5 km以内の領域のトンネル区間を選定した。

次に2次抽出として、1次抽出した範囲の中から、「地質の悪い箇所」を絞り込むこととした。なお、2次抽出で地質が良いと判断された箇所であっても、トンネル建設時の支保工が標準より密に配置された箇所、建設時に切

羽崩壊や異常出水があった箇所、トンネル軸方向ひび割れや閉合ひび割れが発生している箇所は、地震時に損傷する可能性が高いと判断し、耐震対策を検討する区間に加えることとした。

3-2 耐震対策工法について

耐震対策工法は、「裏込め注入工」「ロックボルト工」「内面補強工」を実施することとし(図-3)、3-1で抽出された耐震対策を検討する区間ごとに、対策工の適用条件(地山条件、構造条件、既往変状)などから、対策の要不要の検討を行うこととした。

3-3 総合判断

当初の耐震対策の検討結果を受け、耐震対策対

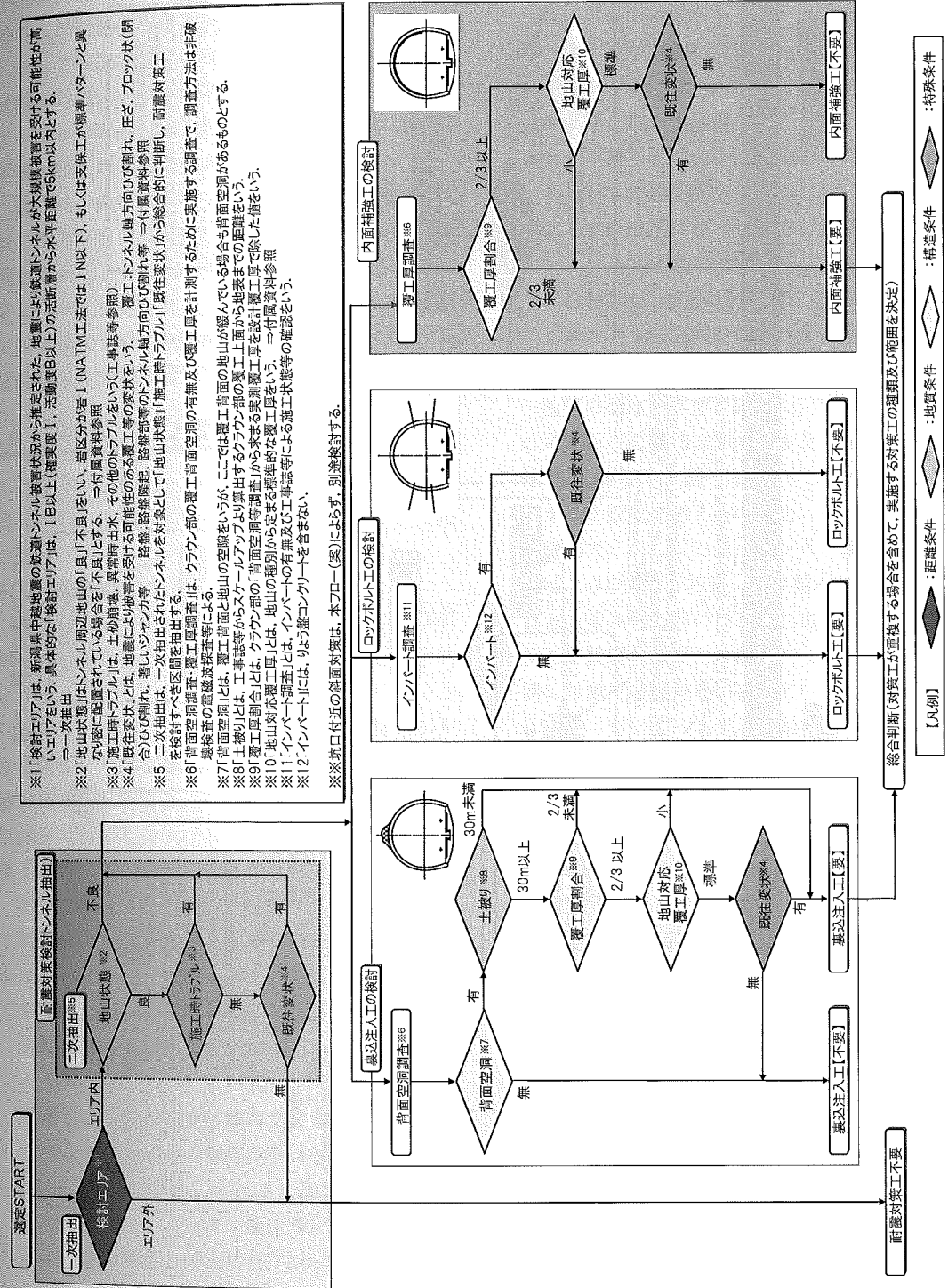


図-3 トンネル耐震対策工の選定フロー【検討会資料】

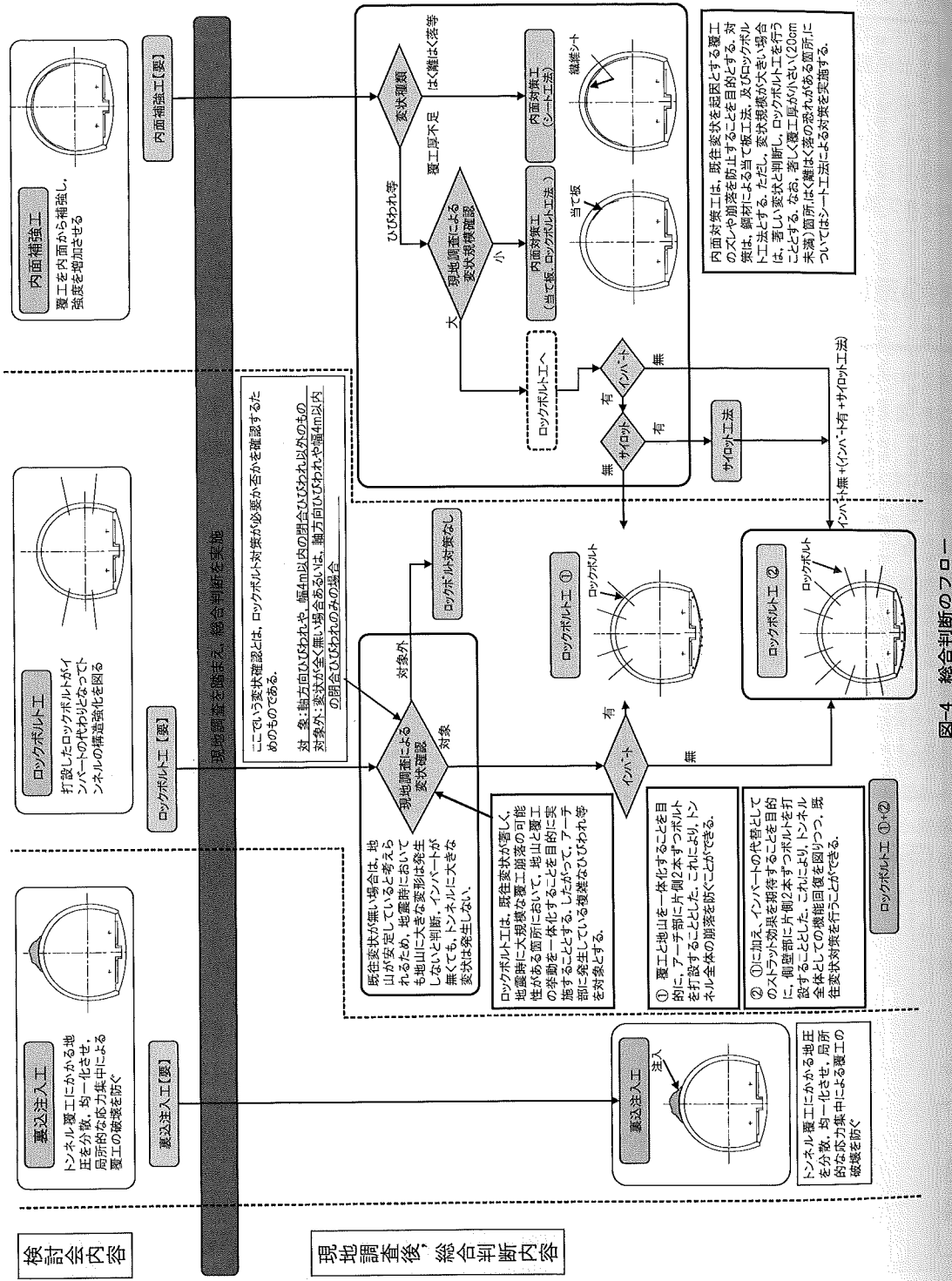


図-4 総合判断のフロー

象トンネルの抽出を行った。抽出は建設時の記録や図面、変状調査資料などをもとに行い、対策範囲および対策内容を仮決定した。

そして仮決定した対象トンネルの現在の変状の状態を目視による現地調査により確認して、対象トンネルの耐震性能を総合的に判断し、最終的な対策範囲と対策工法を決定することとした。

図-4に、総合判断のフローを示す。検討会で検討した方向性をもとに、対策検討対象トンネルの現地調査によって総合判断を行い、「裏込め注入工」、「ロックボルト工」、「内面対策工」の各対策工の実施について最終決定した。決定された対策実施箇所を図-2に示している。

4 対策工の概要

「裏込め注入工」、「ロックボルト工」、「内面対策工」の、各対策工の考え方について、以下に述べる。

4-1 裏込め注入工

覆工に作用する地圧を分散、均一化させ、局所的な応力集中による覆工の損傷を防ぐことを目的とした。

トンネル背面に空洞が存在する場合、地山が大きく変形した際に覆工に局所的な変形が生じ、破壊に至る恐れがある。この場合、トンネル背面の空洞を充填することにより覆工と地山が一体化し、覆工の局所的な変形を防ぐことができる。

対策箇所は、3-3により抽出された範囲において電磁波探査を実施し、空洞が確認された範囲の中で、以下のいずれかに該当する区間は裏込め注入を実施することとした。

- 現地調査により、変状が確認された区間
- 土かぶりが30m未満の区間
- 覆工厚が建設時設計厚の2/3未満の区間
- 地山対応覆工厚(地山の種別から定まる標準的な覆工厚をいう)が小さい区間

なお充填材は、トンネル覆工背面に水があっても施工可能な可塑性注入材JETMSを選定した。

4-2 ロックボルト工

トンネル覆工に閉合ひび割れなどの変状が見ら

れる箇所は、地震時の地山変形により覆工の大規模な落下が考えられる。

現地調査の結果をふまえ、目安として、以下に述べるような大きな変状が発生している箇所では、ロックボルトにより、覆工を地山に縫い付け、トンネル覆工塊の大規模な落下を防止するとともに、トンネル覆工と地山を一体化することとした。

- トンネル覆工面全体にわたり、複雑に入り組んでひび割れが発生している箇所
- トンネル建設時の1施工ブロック長さ(おおむね10m)以上にわたり、開口幅1mm以上のトンネル軸方向ひび割れが発生している箇所
- 大きな閉合ひび割れが発生している箇所

変状の発生状態に応じた、ロックボルト設置のイメージを図-5に示す。また、図-6はトンネル軸方向ひび割れ、図-7は閉合ひび割れに対するロックボルト設置の考え方の例を、それぞれ示す。

図-5で、(1)と(2)は、トンネル覆工の周面方向全域にひび割れが複雑に入り組んでいる場合、(3)はトンネル軸方向のひび割れに対してひび割れを挟んで設置する場合、部分的な閉合ひび割れの内側に設置する場合を模式している。

図-6において、トンネル軸方向ひび割れに対してはひび割れを挟んでロックボルトを設置することとした。ただし、アーチ部120度範囲より外側(スプリングライン側、つまり下側)に軸方向ひび割れが位置する場合、大規模な崩落は120度範囲内で生じていることを考慮し、図-6の点線で囲まれた範囲(ひび割れより下側)のロックボルト打設を省略して良いこととした。

なお、新潟県中越地震で大きな被害を受けた上越新幹線の魚沼トンネルは、サイロット(側壁導坑先進)工法で建設されていた。サイロット工法は、インパートと側壁の接合部の施工が困難であることから、トンネル構造としての弱点となる可能性があると考えた。このため、サイロット工法で建設されたトンネルもロックボルトによる対策対象とした。

ロックボルトは、夜間作業間合いによる活線施工となること、また実作業時間が1.5時間程度以

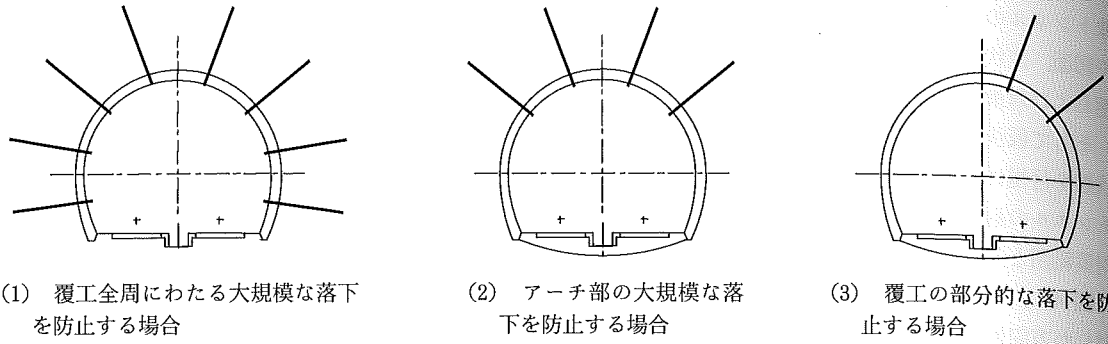


図-5 ロックボルト設置方法のイメージ(トンネル周面方向)

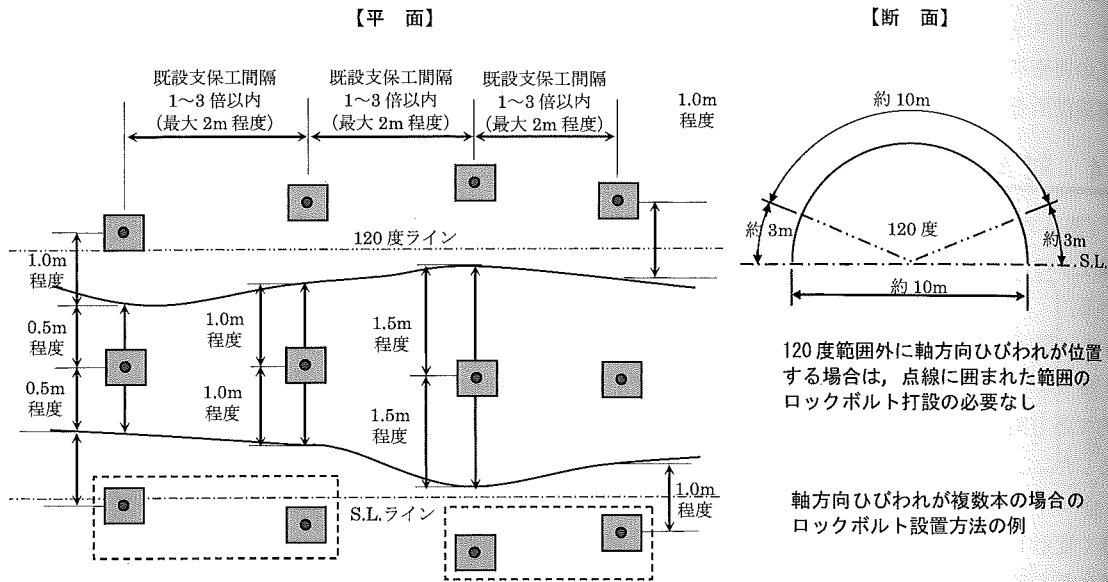


図-6 軸方向ひび割れに対するロックボルト設置の考え方の例

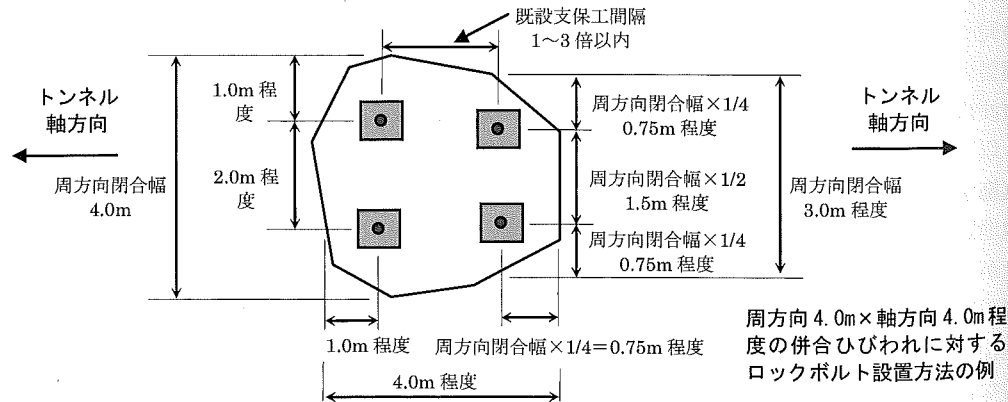


図-7 閉合ひび割れに対するロックボルト設置の考え方の例

下になるなど施工条件が厳しいことを考慮し、自
穿孔ロックボルトを選定した。
ロックボルトによる対策の設計の考え方を以下

に示す。
・ロックボルトの定着長は3m以上とし、トン
ネル覆工厚を考慮し全長を4mとする。

- ・ロックボルトの引抜き耐力は100kN/本以上とし、引抜き試験をトンネル延長10mあたり2本(アーチ部、側壁部それぞれ1本)実施する。
- ・ロックボルト本体は、引抜き荷重100kNで降伏しない断面性能を有するボルトを使用する。
- ・ロックボルトは全面定着方式とする。
- ・閉合ひび割れなどにおけるロックボルトの配置は、おおむね1本/4m²以上となるよう配置する。

4-3 内面対策工

内面対策工は、設計値より覆工厚が小さい箇所、およびひび割れなどの覆工変状箇所に対して、当て板、繊維シートによりトンネル覆工面から補修し、トンネル覆工の安全性を向上させることを目的とした。

3-3により抽出された範囲の中で、以下に示す箇所に対して内面対策を実施する。

- ・トンネルアーチ部より覆工片がはく落しそうな箇所
- ・トンネル建設時の設計値より覆工厚が小さいなど、覆工を内面から補修する必要がある箇所

内面対策工の選定における留意点を以下に示す。ひび割れなどの変状の規模のほか、ケーブル、下げ束などの支障物などの位置と、対策工の施工のしやすさによって決まってくる場合が考えられる。

- ・当て板による場合、使用材料は等辺山形鋼75×75×6以上を用いることとし、長期耐久性の観点から防錆を考慮して、材質はSUS304とする(緊急性がありSUS304の入手が困難な場合、溶融亜鉛メッキなどを施したSS400材でも良い)。
- ・アンカーボルトはM16以上、埋込み長15φ以上とする。材質の考え方は当て板と同様とする。
- ・繊維シート工法による場合、AAA工法とする。
- ・支障物などの位置など、施工条件によっては、ロックボルト、FRPバンドなどを選定する

場合も考えられる。

5 トンネル耐震対策の施工

トンネル耐震対策は、2008年度から本格的に施工開始した。本章では、トンネル耐震対策工事施工用に開発した施工機械および実施工について述べる。

5-1 施工機械の開発

新潟県中越地震の震災復旧工事では、列車を止めてき電線類を撤去した状態で施工を行ったが、今回のトンネル耐震対策のプロジェクト工事は、新幹線の夜間作業間合いによる活線作業である点が震災復旧工事と大きく異なる。

したがって、夜間作業間合いの短時間で効率的に施工し所定時間内で必ず作業が完了する必要があること、モーターや施工機械のトラブルにより新幹線の運行を阻害したり、傷害事故を発生させないことなどから、施工専用機械を新たに設計、製作した。この施工機械は、モーター12両、作業用台車4両という大編成などから、機械留置・点検整備や資材積み込みのための保守基地を確保するため構内配線を延伸した。

5-1-1 STARS(Shinkansen Tunnel Aseismic Repair Staging-car)

作業台リフト付きモーターのSTARSは、急勾配での牽引力を重視して2軸駆動とし、全速度域油圧走行方式採用により低速連続移動作業も可能とした。今回の工事の作業性を考え、上部作業用の足場と側部作業用の足場を備えている。また、重連運転装置を配備し、作業用台車をモーター2両で両側から挟み込んで走行することにより、一方のモーターが運行不能となっても、もう一方のモーターで走行できるようにしたことや、故障診断モニターを搭載してモーターの異常に瞬時に対応できるなど、運転保安に関してはきめ細かな配慮がなされている(写真-2)。

5-1-2 STAR-WL(Wide Lift)

リフト付きの足場台車STAR-WLは、主に裏込め注入工の削孔、繊維シート工、およびロックボルト工の緊張などの高所作業足場として、トン



上部作業足場



STARS (Shinkansen Tunnel Aseismic Repair Staging-car)

写真-2 STARS(リフト付きモーターカー)

ネル覆工面に対して広い範囲の作業床を確保することを目的として開発した。工事施工箇所において、昇降する作業床(側方への拡幅スライド機能搭載)をき電線に支障しないところまで上昇し側方にスライドさせ、その後、最上部においては簡易足場を組立てる。側部および下部は、折り上げである作業床を回転して下ろし、足場とする。

このように広範囲な作業床を、短時間に組立て解体ができることが特長で、工事だけでなくトンネル検査にも使用可能なリフトである(写真-3)。

5-1-3 STAR-SB(Slide Basket)

スライドバスケット付き台車のSTAR-SBは、き電線などの施工支障となる吊下げ物を安全に避けながら、裏込め注入時には注入孔の口元に、ロックボルト削孔時と注入時には削孔部の口元に、作業員を移動させる目的で製作した(写真-4)。

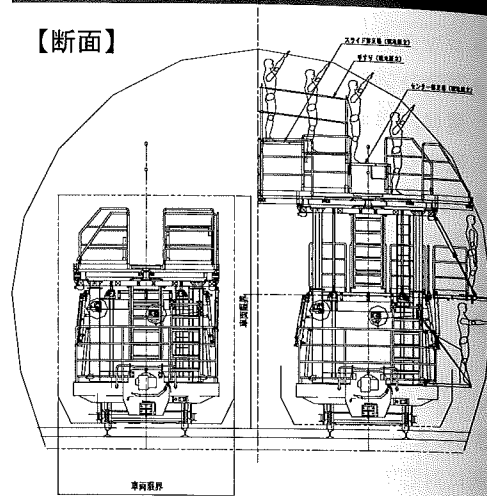
通常の高所作業用バスケットと同様の動きのほか、バスケットとブーム本体が台車上で線路方向にスライド移動できるのが特長である。

5-1-4 STAR-MD(Multilink Drill)

ロックボルト削孔機付き台車のSTAR-MDは、き電線などの施工支障となる吊下げ物を安全かつ



【断面】



走行状態 リフト台車 作業状態

STAR-WL(Wide Lift)

写真-3 STAR-WL(リフト付き足場台車)

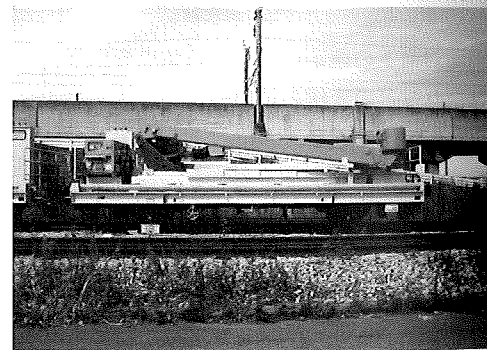
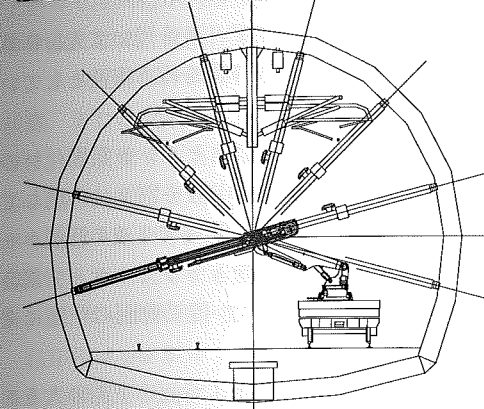
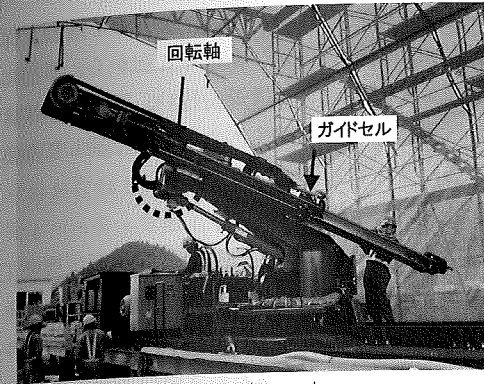


写真-4 STAR-SB(スライドバスケット付き台車)

迅速に避けながら自穿孔ロックボルトを設置するため、ガイドセルの回転軸に関節を2か所設けて、軸方向と軸直角方向への回転機能を与え、片側線路にしながらトンネル中心から複線断面分の放射状にロックボルトを設置できることが特長である(写真-5)。

実施工では、自穿孔ロックボルト先端のチップビットにより、トンネル覆工コンクリートと地山



穿孔姿勢 ジャンボ台車

トンネル内作業断面図

STAR-MD(Multilink Drill)

写真-5 STAR-MD(ロックボルト削孔機付き台車)

を同時に削孔してロックボルトを建て込んでいる。削孔時間だけに限れば、覆工コンクリートと地山を合わせて、数分で削孔可能である。

また、ロックボルト削孔機は、台車上で線路方向にスライド移動することができる。

5-2 施工機械編成

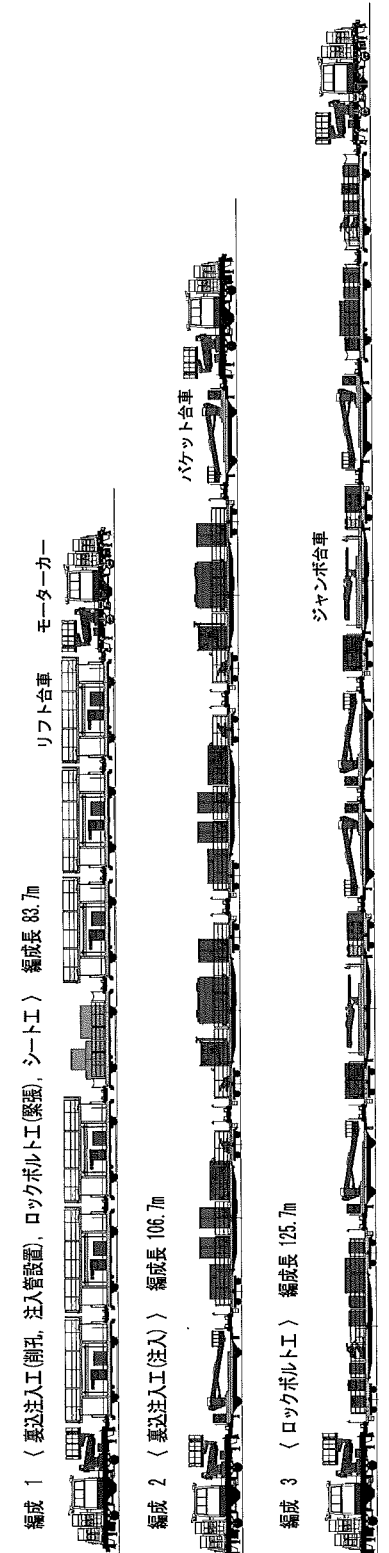
図-8に標準的な施工機械編成について示す。施工機械編成について以下で述べる。

5-2-1 編成1

裏込め注入のトンネル覆工の削孔、繊維シート工、ロックボルトの緊張工用で、広い作業床を必要とする工事用である。STAR-WLを連結し、前後にSTARSを連結して牽引する編成とした。

5-2-2 編成2

裏込め注入工の注入用で、1編成あたり注入機材を載せる平台車2台、注入孔用STARS、確認



編成1 (裏込め注入工(削孔、注入管設置)、ロックボルト工(緊張)、シート工) 編成長 83.7m

編成2 (裏込め注入工(注入)) 編成長 106.7m

編成3 (ロックボルト工) 編成長 125.7m

ジャンボ台車

ハット台車

図-8 標準的な施工機械編成

孔用STAR-SBを使用する。2編成分を連結し、前後にSTARSを連結して牽引する編成とした場合には、トンネル内で1編成ずつに分割して施工することが可能である。

5-2-3 編成3

ロックボルト工の削孔および注入用で、1編成あたり注入機材を載せる平台車、STAR-MD、STAR-SB2台を使用する。2編成分を連結し、前後にSTARSを連結して牽引する編成とした場合には、トンネル内で1編成ずつに分割して施工することが可能である。

5-3 対策工の施工

トンネル耐震対策工事の中で、施工数量の大半を占める裏込め注入工とロックボルト工について、概要を述べる。

なお、裏込め注入工およびロックボルト工は、両工種ともトンネル覆工を削孔する施工が必要となる。削孔機(コアドリルや、ロックボルト削孔

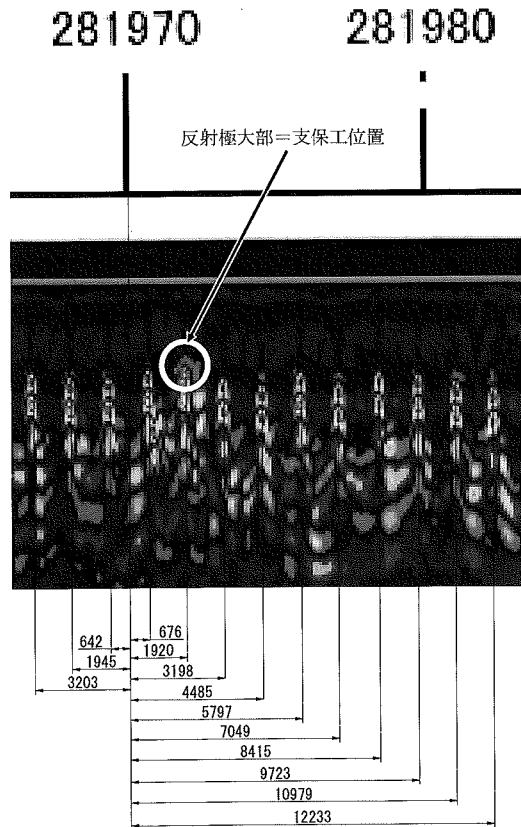


図-9 電磁波探査結果の1例

機)が、トンネル建設時の仮設物である鋼製支保工に当たると削孔できなくなることから、事前に電磁波レーダーによる探査を行い、図-9に示すように鋼製支保工の位置をあらかじめ把握してから施工を行っている。

5-3-1 裏込め注入工

充填孔の配置は、新潟県中越地震の震災復旧工事の施工事例をもとに、トンネル周面方向にはトンネル天端部および左右60度の3か所、トンネル軸方向は3m間隔とした。

注入孔の削孔は、コアドリルを用いて先行作業として行い、後日、注入作業を行う方法としている(写真-6,7)。

注入材JETMSは、可塑性セメント系固化材のA液と無機系可塑性化助剤のB液を別々に作成してトンネル内に搬入し、施工現場で2液の圧送ホースの合流部においてスタティックミキサーで混合し(1.5ショット)、トンネル覆工背面の空隙に充填している。

注入速度は、トンネル覆工背面の空隙の大きさ

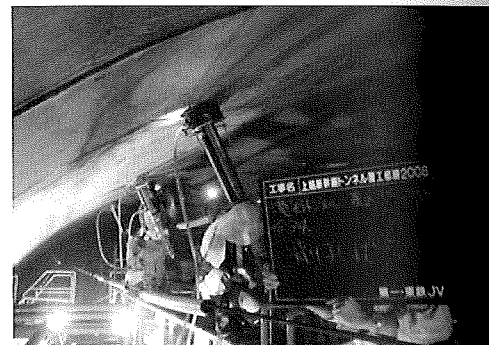


写真-6 削孔作業

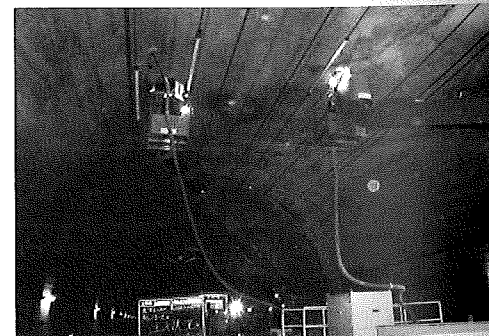


写真-7 注入作業

による注入時の抵抗の違いなどによっても異なるが、おおむね0.1m³/minから最大でも0.3m³/min程度である。夜間作業の実作業時間が1~1.5時間程度の場合、注入編成の1パーティで1晩あたりおおむね8~10m³/dayであり、1晩あたり最大4パーティで施工した実績がある。

施工管理は、基本的に左右60度位置に明けた注入孔から充填を行い、トンネル天端部の確認孔から注入材が出てくるのを確認するか、注入圧力が上がって注入材が入らなくなった時点で施工終了とする。なお、夜間作業間合いが短いことから、トンネル天端部の確認孔から注入材が出てこない状態、または空隙が大きく注入材が低圧で入り続けている状態でも当夜の施工を終える場合がある。この場合、翌日などに同じ左右60度位置の注入孔から再注入したり、トンネル天端の確認孔から、追加注入をしたりする場合がある。

5-3-2 ロックボルト工

自穿孔ロックボルトの施工は、削孔とロックボルトの挿入を同時に行う。削孔については、トン

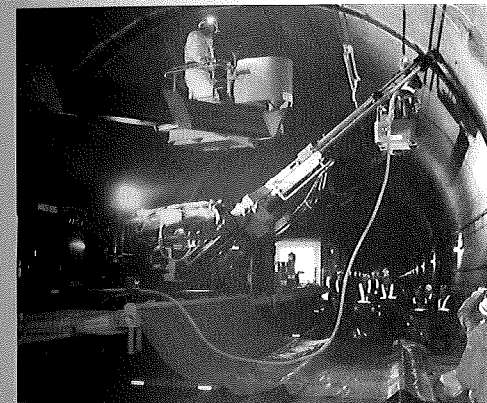


写真-8 ロックボルト削孔作業

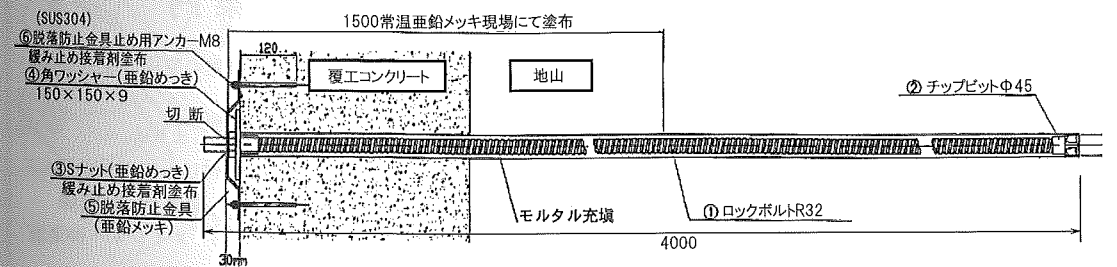


図-10 ロックボルトの構造

ネル覆工コンクリートと地山を同時に行うことで工程短縮を図った(写真-8)。

通常の自穿孔ロックボルトの施工は、削孔およびボルト挿入、続いて定着材ドライモルタル注入の順で行う。ただし、トンネル内夜間作業間合いで、実作業時間が1~1.5時間という条件下で、効率的に対策を進めるために、削孔およびボルト挿入を先行し、ドライモルタル注入を後日別パーティで行うこととした。施工手順は、以下のとおりである。

- ① ロックボルトをひび割れの位置に打ち込んではいないことから、対策対象となるひび割れに対し、事前にマーキング(チョークなど)を行う。
- ② 削孔とロックボルトの挿入時に、ロックボルトに角ワッシャーとSナットを取付け、脱落防止金具鋼材とアンカーボルトでトンネル覆工に定着させる。
- ③ 後日、ドライモルタル注入を実施する。
- ④ ドライモルタルの強度発現後、ナットを締め緊張する。
- ⑤ 引抜き試験を実施し、100kN/本以上の引抜き耐力を確認する。

ロックボルトの構造を図-10に示す。

自穿孔ロックボルトのトンネル覆工面に出ている部分は、長期耐久性の観点から防錆処理を施している。脱落防止金具鋼材は溶融亜鉛めっき、アンカーボルトはSUS304(ステンレス)、ロックボルト本体は4m全体に防錆処理を施すことは不要であることから、トンネル覆工面側から1.5m範囲で、塗布による常温亜鉛めっきを施している。

ロックボルトの施工は、1晩あたりの実作業時

間1~1.5時間程度で、削孔機1台あたり削孔とロックボルトの挿入、および脱落防止金具の取付けまで、3~5本施工することができている。

また、ドライモルタル注入は1晩あたり、10本程度施工できている。

6 今後に向けて

当社のトンネル耐震対策工事は、全工事の大半を裏込め注入工事、ロックボルト工事が占めている。裏込め注入工事は全体で約7,200m、ロックボルト工事は全体で約10,700本計画されているが、2009年6月現在では17%程度の進捗となっている。

新幹線耐震対策工事の施工は、これから最盛期に入るが、今後は各施工機械・施工編成の長所を生かし、施工速度を上げて効率化していく必要がある。

また、裏込め注入工事、ロックボルト工事においては、トンネル湧水が多い箇所での施工方法をどのように行うかなどの課題も残されており、ひとつひとつ課題を解決しながら無事故で工事を完

遂させたいと考える。

参考文献

- 1) 活断層研究会編：新編日本の活断層，東京大学出版会，1991.3.
- 2) (社)土木学会：2006年制定トンネル標準示方書山岳工法・同解説，2006.7.
- 3) 清水満・末松史朗・鈴木尊・安東豊弘・栗栖基彰：新潟県中越地震による鉄道トンネルの被害，トンネル工学報告集，Vol.15，pp.257-264，2005.12.
- 4) 新堀敏彦・渡邊明之・松田芳範：可塑性裏込め注入剤(JETMS)の開発と施工，第35回地盤工学研究発表会，2000.6.
- 5) 佐野力・田中幸生・西名伸博：鉄道トンネルにおける4m級ロックボルト打設の導入課題とその対策，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.58，2003.9.
- 6) 浅田義憲・佐野力・横田国輝：鉄道トンネルにおける覆工背面空洞充填の高速施工，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.60，2005.9.
- 7) 岡村直利・土屋尚登・中村宏・下垣正宏・斎藤暁：新幹線トンネル耐震対策工事の考え方および施工機械編成の概要，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.64，2009.9.

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

施工

支保選定フローによるTBMの施工とその坑内解体

—東北中央自動車道 栗子トンネル東避難坑—

東日本高速道路(株)東北支社郡山工事事務所栗子トンネル東工事長 宮 沢 一 雄
鉄建・浅沼特定建設工事共同企業体栗子作業所工事主任 濱 田 宏

1 はじめに

栗子トンネルは、東北中央自動車道の福島JCT(仮称)~米沢IC(仮称)間に位置し、福島県と山形県の県境付近に計画された延長約9,000mの長大トンネルで(図-1)、完成すれば道路トンネルとしては国内で4番目の長大トンネルとなる。本坑施工に先行する避難坑工事は、本坑施工のための地質調査と水抜きが重要な目的の一つともなっている。避難坑施工前の地質調査の結果、福島県側では山形県側に比べて比較的地質が良好であったことから、福島県側のみ延長約5.5kmをφ4.5mのTBM工法が採用された。この避難坑工事は、2006年11月に掘削を開始、2008年12月に坑内に到達貫通した。その後工事は、TBMの坑内解体、搬出、仮設備の撤去を経て2009年3月に竣

工した。

本稿は、亀裂の発達した地山、地山の自立性が低く崩落性の高い地山、多量湧水を伴ったD級主体の地山での独自の支保選定フローを用いたTBM掘進および前例の少ないTBMの坑内解体について報告する。

2 工事概要

栗子トンネル東避難坑工事は、トンネル延長

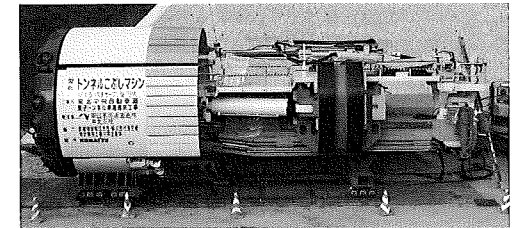


写真-1 TBM全景

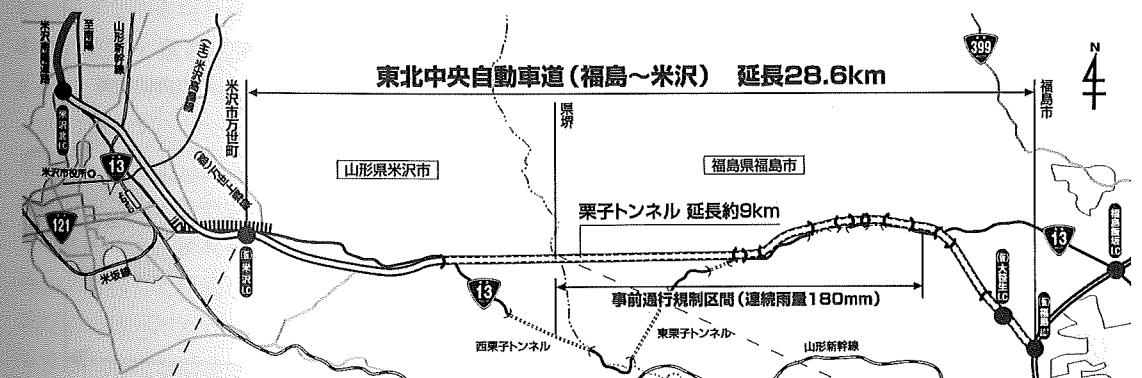


図-1 栗子トンネル位置図

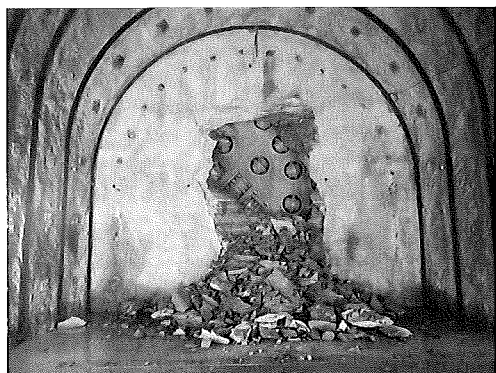


写真-2 解体坑へ到達

5,473mで、2005年11月に仮栈橋を着手、2006年8月からTBMを現地組立て(写真-1)、2006年10月に仮栈橋を利用しTBM本体を発進坑内に引き込み設置した。2006年11月から初期掘進を行い、その後、後続台車、ストレージカセット、ベルトコンベヤなどを設置、2006年12月21日に本掘進を開始し、約2年後の2008年12月16日に到達、貫通した(写真-2)。

3 地形・地質概要

トンネルの地質は前半部(T.D.約2,000mまで)には当地域の基盤をなす中生代の花崗岩類が主体をなし、後半部(T.D.約2,000m以降)にはこれを覆って分布する凝灰岩や凝灰角礫岩を主体とする火山砕屑物が分布し、部分的に火山砕屑岩を貫く

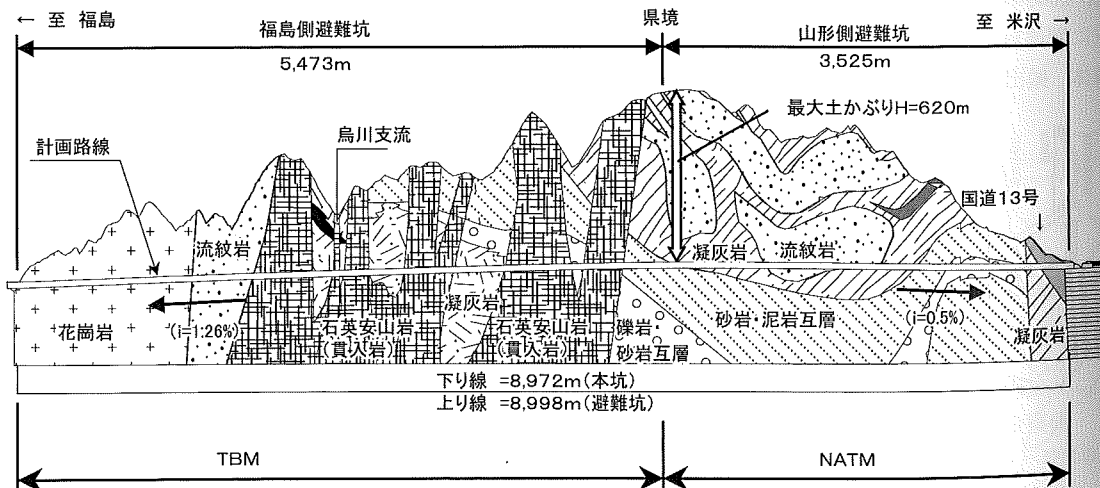


図-2 栗子トンネル概略地質縦断面図

安山岩や流紋岩の大規模な貫入岩があり、かなり複雑な地質構造をなしていると想定された(図-2)。

TBM掘進後の実績としては、前半部(T.D.2,400mまで)は想定されたとおりの花崗岩類が大勢を占めた。ただし、湧水量については、既往のボーリング調査結果から想定された240~540 l/minをはるかに超え、2007年坑口付近の計測で最大5,000 l/minの湧水が確認された。なお、多量湧水の清濁分離について本誌2008年5月号に詳細を報告している。中盤(T.D.2,400~4,200m)以降は、大規模な石英安山岩(デイサイト)の貫入が想定されていたが、実績は火山礫凝灰岩中にデイサイトが脈状に貫入しており、層境で坑壁の崩落が生じた。また、湧水量は火山砕屑岩中で減少したが、坑口より約4,200mからデイサイトの大規模(約400m)貫入により亀裂からの湧水が再び増加、坑口でトンネル湧水量は合計約8,300 l/minを記録した。その後(T.D.4,600m以降)の岩質は、礫岩砂岩・砂岩泥岩の各互層状態となり、湧水量は減少した。

4 工程および岩質・掘進状況

4-1 工程

計画および実績工程表を図-3に示す。当初の計画では、2009年3月で掘進を終え、その後にTBM解体、仮設備撤去であったが、おおむね

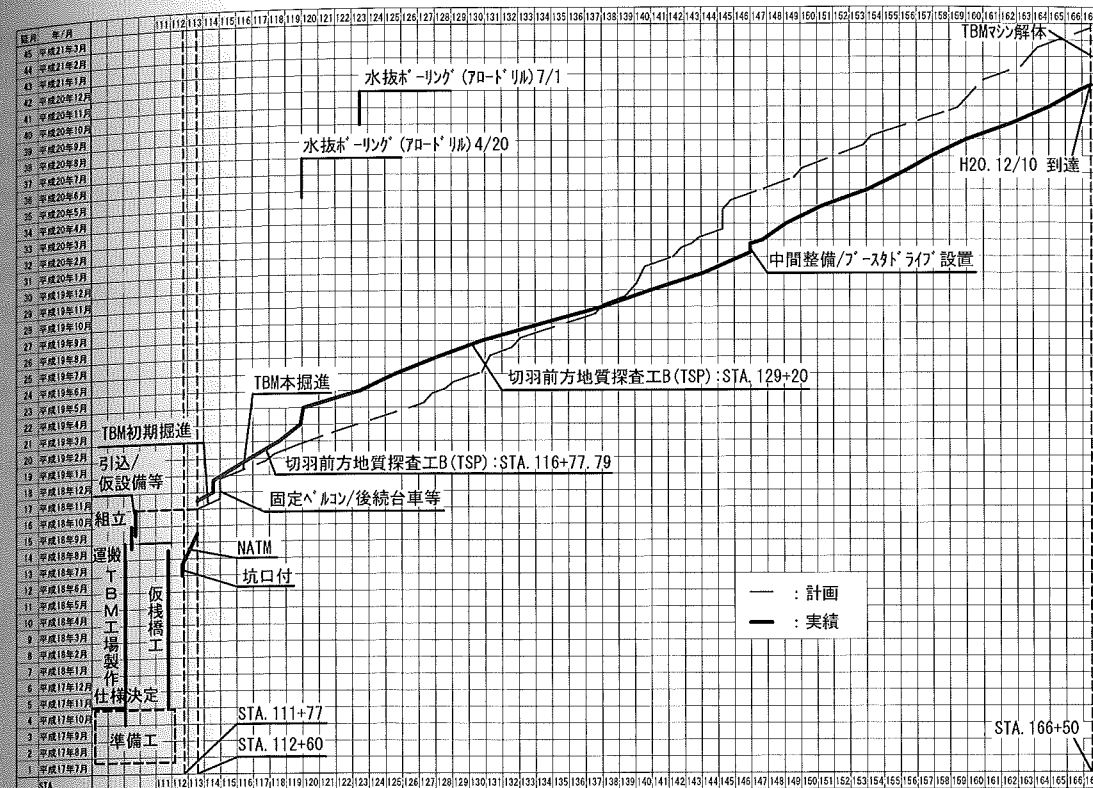


図-3 工程表

TBM掘進が良好であったことから、工期内で到達、TBM解体、仮設備の撤去を完了することができた。ただし、TBM掘進当初から崩落性の地山、多量の湧水により約800mまではいく度となく掘進停止を余儀なくされた。その後は、岩質の変化もありほぼ順調に掘進が可能であった。掘進の実績として、最大日進31.5m(2007年11月)、最大月進453m(2007年5月)、本掘進開始から解体坑到達までの平均月進は240mであった。

4-2 岩質・掘進状況

4-2-1 花崗岩類

坑口からT.D.700mまでは、花崗岩、花崗閃緑岩が支配的であった。とくに後半は、風化帯で風化部は硬質なものもあるが、亀裂が多くマサ化している。また、割れ目が発達した花崗岩および破砕部が温存した脆弱な地山であり、一般的な塊状花崗岩に比べてかなり脆い。坑壁亀裂からの湧水も多く、崩落が助長された(写真-3)。補助工法として、注入式長尺鋼管フォアパイリングおよび崩

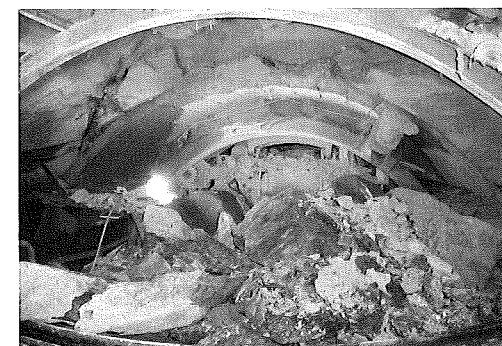


写真-3 花崗岩類の崩落状況



写真-4 矢送り・縫い土工

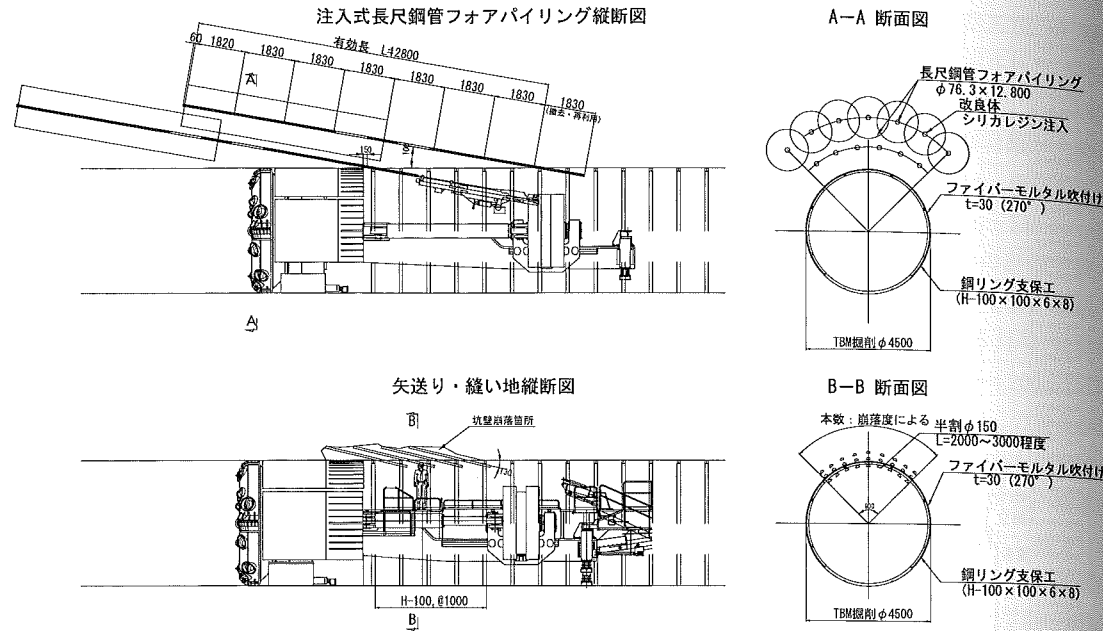


図-4 補助工法図

落抑制のための木矢板や半割り丸太を使用した矢送り・縫い地(写真-4)を多用し施工した(図-4)。T.D.700~2,400mは、おおむね新鮮な花崗岩類となり、大半を支保パターンC Iで施工した。

4-2-2 貫入岩

T.D.2,400~4,200m区間では、花崗岩中へ、前半は流紋岩、後半はデイサイトが脈状に貫入し、層境には粘土層が存在して一部崩落が大きくなった。花崗岩部は硬質であるが亀裂は多く、貫入岩では坑壁岩強度の低下が顕著であった。また、湧水は貫入岩前後において増加した。

後半の火山礫凝灰岩中の貫入岩は、デイサイトであった。新鮮なデイサイトが支配的となっている場合は支保パターンをC Iとし、風化・変質化したデイサイトが支配的な場合は、湧水の発生や節理の発達から崩落が大きくなりD Iを主体とした。また、とくに坑壁の崩落が拡大傾向となり、先進ボーリングで同様な地質が続く場合は、注入式長尺鋼管フォアパイリングを採用した。また、中規模崩落(坑壁から奥行き100cm未満)の発生箇所には矢送り・縫い地を採用し掘進した。デイサイトの新鮮部中に風化・変質化したデイサイトが脈状または派生的に貫入している場合は少量の連

続湧水を伴っており、崩落も剝離程度となっていることからC IIで施工した。

4-2-3 火山礫凝灰岩(烏川層)

T.D.4,200~4,600mの火山礫凝灰岩区間では、崩落が少なくなったものの岩強度が低く、土かぶりも増加し地山強度比が低下したことから支保パターンをD I主体に施工した。また、流紋岩、デイサイトの貫入が随所に認められ、それに伴い層境での変質化も見られ脆弱化し、貫入岩自体も亀裂の輻輳、粘土層の薄い狭在により崩落が大きくなった。

4-2-4 礫岩砂岩、砂岩泥岩互層(松川層)

T.D.4,600m以降の区間では、火山礫凝灰岩同様、岩強度も低く、土かぶりも大きい。各層は薄層で互層状態となっており、湧水がない場合崩落は少ないものの、亀裂が多いため亀裂からの湧水が発生すると坑壁の剝離や30cm以上の崩落となった。そのような箇所では、矢送り・縫い地を採用し施工した。とくに砂岩泥岩互層区間では、50~100cmに及ぶ崩落が延長200m以上にわたり連続した。TBMを止めることなく速やかに通過するため、あえてフォアパイリングなどの対策をせず、矢送り・縫い地により地山の緩みを防止しつつ、

崩落部分の充填を既存ファイバーモルタル吹付けと同時に併用した対応が有効であった(図-4)。また、崩落が少ない場合でも、TBM掘進後の時間経過により亀裂開口が広がり坑壁の押し出しが生じ、鋼リング支保工の建て込みが困難となった。そのような箇所では、地山をはつりながら鋼リング支保工の建て込みを行った。したがって、砂岩泥岩相互区間の大半を支保パターンD Iで施工している。

4-3 掘進状況(支保パターン)

当初設計と実績支保パターンの対比グラフを図-5に示す。また、栗子トンネル東避難坑の支保パターンを図-6に示す。当初の計画では、支保パター

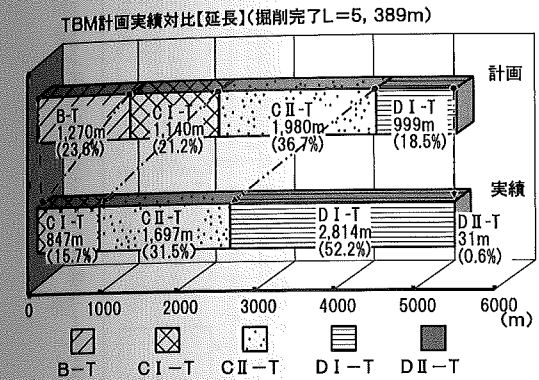


図-5 支保パターン計画実績対比

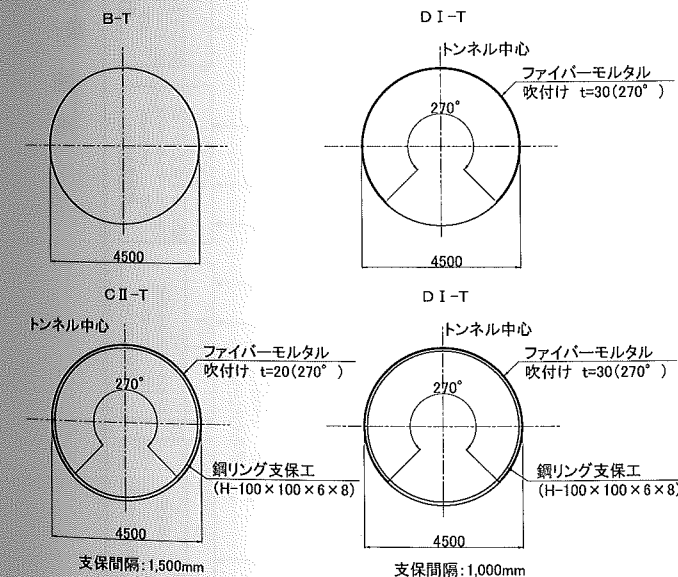


図-6 支保パターン図

ンBおよびCは全体の81.5%、Dは18.5%であったが、実績ではCが47.2%、Dが52.8%となり、約半数をD Iパターンで掘進した。また、D Iに占める補助工法の割合は、注入式長尺鋼管フォアパイリング(図-4)および注入式・充填式フォアボーリングが計276m(約10%)、矢送り・縫い地が約800m(約28%)であった。半数を超えたD級地山では、ほぼ全域にわたり地山崩落が発生した。TBMを拘束するような大規模崩落の対策工として注入式長尺鋼管フォアパイリングが有効であった。また、大小の崩落を伴うD級地山の延長が800mに及んだため、TBM掘進を停止することなく現場段取りが容易で効果的かつ経済的であった矢送り・縫い地の補助工法と機動性および性能が優れたファイバーモルタルの増し吹付けによる対策が有効であった(図-4)。

5 支保パターン選定フロー

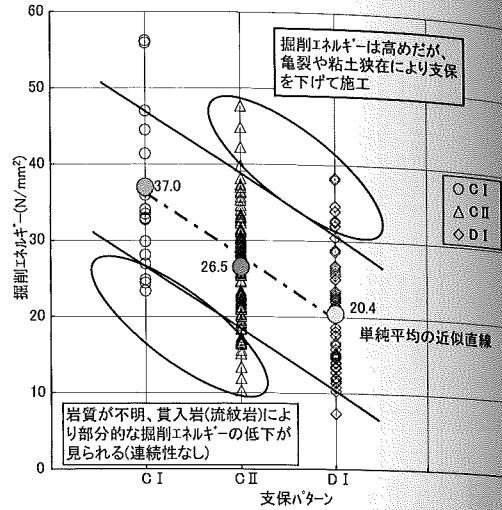
5-1 支保パターン選定フロー(火成岩系用)

TBM工法の高速掘進というメリットを活かすため、地山性状に応じた支保パターンを早期に選定し施工することが非常に重要となる。そこで、本工事のTBM掘進開始前に飛驒トンネル、温海トンネル両避難坑の選定フローを参考にTBM支保パターン選定フロー(火成岩系用)を作成した(図-7)。若干の微修正はあったものの、坑口から約4,000mはこの選定フローで施工した。大きな流れとしては、TBMの掘進データより得られる掘削エネルギー(スラスト推力、掘進速度、カットヘッド回転速度、カットヘッドトルク、掘削断面積により算出される単位体積の地山を掘削するのに要するエネルギー)や、TBM本体に搭載した削岩機を使用した先進ボーリングによる前方探査を行い、穿孔速度などから得られる穿孔エネルギーを目安に掘削地山を予測する。その後は、目視情報(崩落の有無、規模、亀裂の状態、湧水による影響など)から、坑

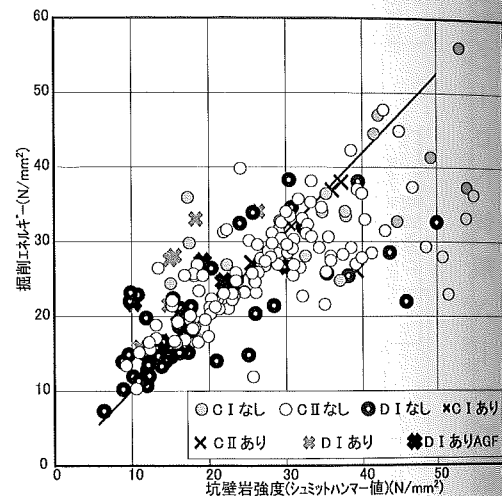
壁を観察し、支保パターンを決定する。おおむね、この選定フローを用いて支保パターンの決定が可能であった。

5-2 支保パターン選定フロー(堆積岩系用)

選定フロー(火成岩系用)では火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩、凝灰岩などの堆積岩層に対応できない部分があった。具体的には、岩強度が低いにもかかわらず、崩落が発生しないため支保パターンのランクが上がるのが懸念された。これは、岩強度が低いことや、湧水の影響により劣化や軟質化を引起し、TBM通過後に支保の変状を発生させる可能性が高いことを意味する。したがって、坑口から約4,000m以降は、本工事での堆積岩層掘進時の実績を考慮した掘削エネルギー、坑壁岩強度をファクターに用いた支保パターン選定フロー(堆積岩系用)を作成した(図-8)。なお、堆積岩層では可燃性ガスの発生も懸念されたため、ガス抜きを兼ねた先進ボーリングを併用しながらの掘進とした。選定フローの流れとして、本トンネルの実績をもとにTBM掘削エネルギーと支保パターンの選定目安を設定した(図-9(1))。この目安は坑壁状態の観察以前に知る情報として選定のスタートとした。その後、掘進が進みルーフサポート後方に坑壁が現れた時点で崩落規模に応じた判定を行った。また、岩石強度試験としてシュミットハンマー試験を実施し坑壁の岩石強度を測定した。これは、岩石強度が支保パターンを決めるうえで支配的な要素となることから、掘削エネルギーと岩石強度に注目し、ほぼ同値を示すことが実績データとして確認できた(図-9(2))。よって、支保パターンごとの掘削エネルギー値の範囲より岩石強度区分の目安とし支保選定フローに値を設定した。崩落が大きくなると早急に支保を行うことが前提としてあるため、岩強度(支保の長期的安定)より先に崩落の規模(作業の安全性)で選定するフローとなっている。その後、坑壁の状態として貫入岩の有無、湧水の規模、割れ目の状態、狭在物により支保パターンを選定している。なお、図-9(1)はSTA.140付近の堆積岩層での掘削エネルギーと支保パターンの関係をまとめたものである。それ



(1) 掘削エネルギーと支保パターンの関係



(2) 掘削エネルギーと岩石強度の関係

図-9 支保選定フロー作成の目安

によるとおおむね支保ランクの上昇に伴い掘削エネルギーが上昇していることがわかる。データの集中度より単純平均の近似直線から約±10N/mm²の幅を持っており、そこからはみ出ている箇所は亀裂、粘土、湧水、貫入岩などの影響で外れていると考えられるため、その幅を支保ランクの目安として設定している。

選定フロー(堆積岩系用)を使用した箇所において、掘進中から竣工まで、坑壁に大きな変状が見られなかったことから、妥当な支保パターン選定ができたと考える。したがって、今後のTBM工

法に有用な選定フローになると考える。

6 TBM坑内解体

6-1 到達

福島側よりTBM、山形側よりNATMでの施工であるため、図-10のフローで到達およびTBM坑内解体を実施した。ただし、解体坑は西工事での施工である。

解体坑の平面、縦断、断面図を図-11に示す。探り削孔は、到達点より約10m手前で実施し正確な残距離の把握を行った。その後、到達点付近で地山の緩みが懸念され崩落が予想されたので前方地山天端部の安定性を高めるため注入式長尺鋼管フォアパイリングを施工した。TBM到達までは、到達点との残距離に応じて段階的に推力、掘進速度の制限を行い大きな崩落もなく無事到達させた。また、TBM前方の地山が解体坑側へ崩壊することもなく、掘削土も想定以上にチャンバへ取り込

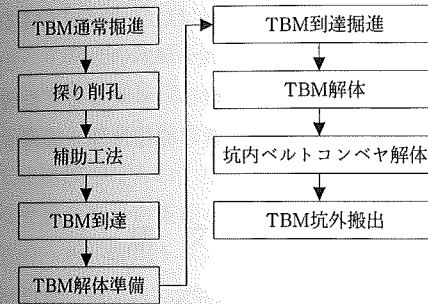


図-10 到達～坑内解体の手順

むことができたため、ずり処理などは容易であった。到達時の精度は、福島側を背に左へ17mm、高さ+50mmであった。その後は、解体準備としてTBM解体のための受け台、解体坑内を移動するためのレールを敷設、TBM到達掘進として、TBM空押し、吹付け、支保工組立て、到達点仕上げを行った。

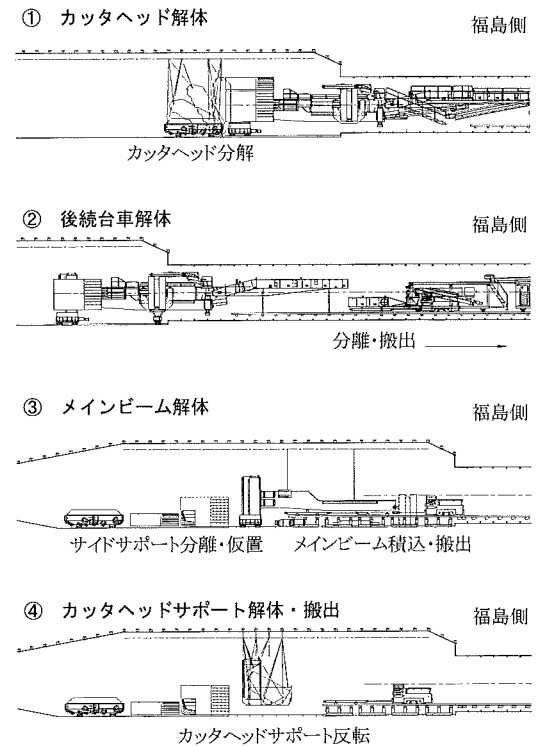


図-12 TBM解体ステップ図

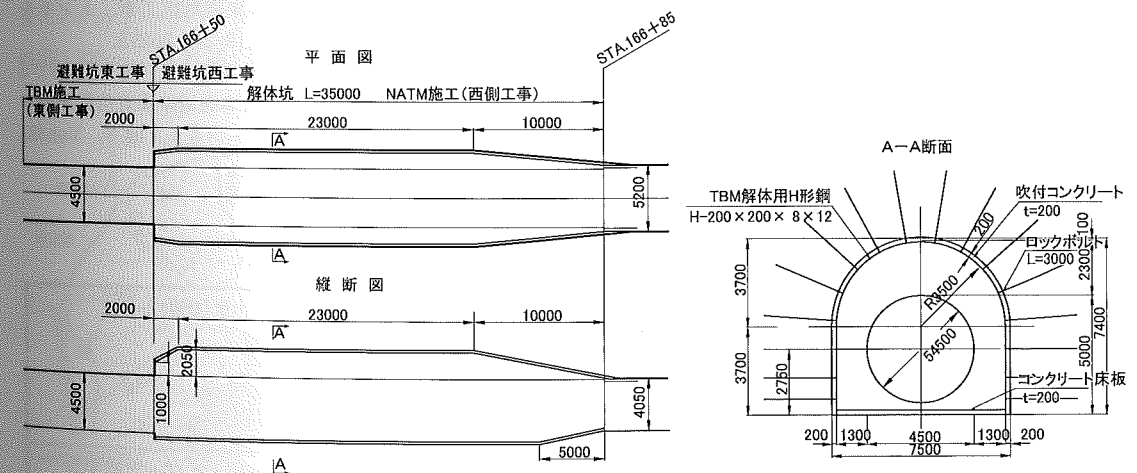


図-11 解体坑図

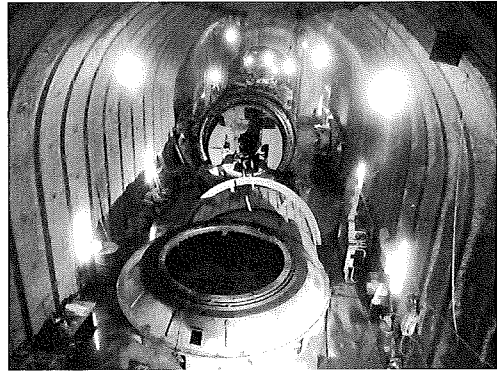


写真-5 TBM坑内解体状況

6-2 TBM坑内解体

TBMの概略解体ステップを図-12に示す。まず、解体坑内の所定の位置にTBMを移動、カッターヘッド、ルーフ・サイドサポートを分解・仮置きする(写真-5)。その後、坑内の連続ベルトコンベヤ撤去後にTBMの後続台車分離・坑外搬出を実施する。TBM本体を軌条延長しながら移動させ、メインビームの分離・坑外搬出、カッターヘッドサポートを解体し、搬出、仮置きしてあったルーフ・サイドサポートを搬出し、最後にカッターヘッドを2分割して搬出、解体を終了した。なお、すべての部材は延長5.5kmのレールにて福島側に搬出した。

TBM本体の総重量は約200tであり、そのうち単体での最重量物はカッターヘッドで約28t(2分割前)である。解体坑の支保工は当初、H-300×300×10×15で計画されていたが、一次支保工の強度的な安定について骨組構造解析(フレーム解析)により計算したところH-200×200×8×12でも鋼材に発生する応力度は許容値を満足したことから、支保工をH-200に変更し施工した。解体坑の延長は20mで計画されていたが、カッターヘッドやサポート類の仮置きスペースが必要であったため、35m

に延長を伸ばした。解体後の支保工変状や吹付けコンクリートのクラックは発生しなかった。

TBM解体から搬出までの工期は、2008年12月下旬～2009年2月中旬まで実稼働日42日でとくに問題なく完了した。

7 おわりに

本工事のように、先進ボーリングからの前方探査などを活用すれば、地山のより詳細な情報が得られ、地山の悪い箇所の予測が可能でTBMの掘進に有効であった。また、D級が主体的となる地山にも矢送り・縫い地を用いることにより高速掘進に効果的であった。これらの技術の工夫によりTBM工法の適用が拡大したと考えられる。さらに本現場で適用した支保選定手法を活用することにより、経済的かつ合理的なTBM施工が行えるものとする。また、国内では前例が少ないTBMの坑内解体も施工でき、小断面TBMの施工技術が著しく向上したといえ、今後のTBM工法の増加を期待してやまない。

最後に本工事の施工に際し、多大なるご指導とご協力をいただいた関係者の皆様に深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 成田明仁・春山英樹・永井宏・植中靖二：TBM掘削における多量の湧水を清濁分離して処理，東北中央自動車道 栗子トンネル東避難坑工事，トンネルと地下，Vol.39，No.5，pp.19-24，2008.5.
- 2) 大友強一・芳賀博文・松本茂美・水戸聡：TBMで6kmの避難坑を高速施工，日本海沿岸東北自動車道温海トンネル避難坑工事，トンネルと地下，Vol.39，No.3，pp.15-26，2008.3.

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 本体定価 1,200円(〒210円)



株式会社 土木工学社

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

施工

都市部山岳トンネルにウォータータイト構造を採用

—さがみ縦貫道路 愛川トンネル—

国土交通省関東地方整備局相武国道事務所建設監督官 森 勝利
西松建設(株)横浜支店愛川トンネル出張所作業所長 岡村 貴彦
西松建設(株)土木部計画課主任 諏訪 至

1 はじめに

さがみ縦貫道路は、神奈川県中央部を相模川に沿って南北の地域を結ぶ自動車専用道路で、都心から半径約40～60kmの位置に計画されている首都圏中央連絡自動車道(圏央道)の神奈川県区間として位置づけられ、生活や産業など首都圏の豊かな発展のための重要な道路である。

このうち、愛川トンネルは神奈川県愛甲郡愛川町に計画された約2,700mの上下線各2車線の道路トンネルである(図-1、写真-1参照)。愛川トンネル(その1、その1-2)工事は、南側坑口から上り線1,735m、下り線1,864mを施工するものである。

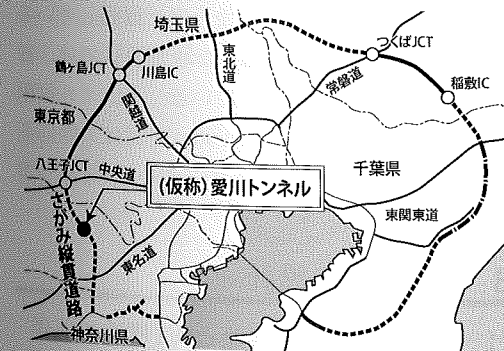


図-1 トンネル位置図

愛川トンネルの南側坑口から約1km区間の地山は地下水が豊富な砂礫層で構成されており、通常の排水構造のトンネルでは、地下水が低下するなどの周辺環境への影響が懸念された。このため、本トンネルでは地下水位の回復を目的とし、覆工をRC造としたウォータータイト構造(以下、「WT構造」と称す)を採用した。

本稿では、WT構造を中心とした設計・施工について報告する。

2 工事概要

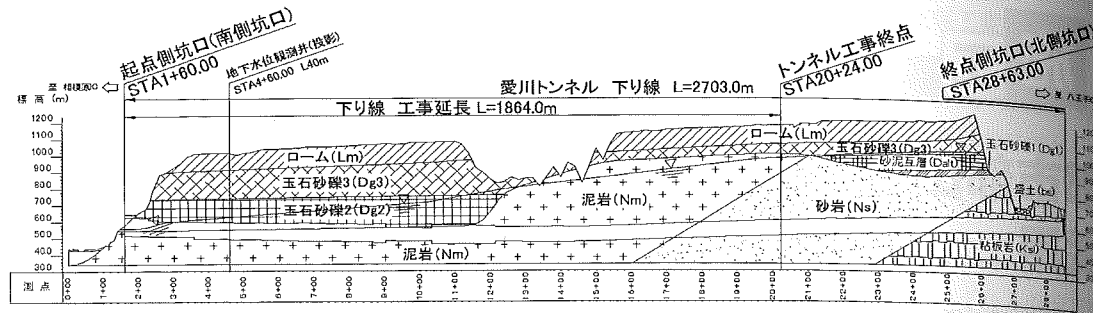
2-1 トンネル概要

工事名：

さがみ縦貫愛川トンネル(その1)工事



写真-1 南側坑口



さがみ縦貫愛川トンネル(その1-2)工事

発注者：国土交通省関東地方整備局
 施工者：西松・五洋特定建設工事共同企業体
 施工場所：神奈川県愛甲郡愛川町中津地先
 工期：その1工事
 平成16年3月12日～
 平成19年2月28日
 その1-2工事
 平成19年1月16日～
 平成21年3月31日

諸元：

トンネル延長 上り線：L=1,735m
 下り線：L=1,864m

掘削断面積 A=89~153m²

掘削工法 上半先進ショートベンチカット工法

掘削方式 機械掘削方式

ずり運搬方式 連続ベルトコンベヤ方式

2-2 地形・地質概要

本トンネルは、神奈川県中央北部を南北に流れる相模川の右岸沿いに位置している。相模川の右岸側には幅200~300mの低地が河川方向に形成されている。さらにその外縁には急勾配の岩盤が連続して露出する比高50~55mの河岸段丘が発達している。本トンネルは、この河岸段丘崖の東縁を南南東から北北西に抜けるように計画されている。

トンネル掘削の起点となる南側坑口付近は、新生代新第三紀鮮新世の泥岩層(Nm)が基盤を形成している。段丘面ではこの泥岩層を、新生代第四紀更新世の堆積物で、細礫~粒径500mm程度の礫を有する未固結玉石砂礫層(Dg2, 3)が覆っており、その上部にローム層が堆積している(図-2参照)。

凡例

地質時代		地層名		記号	
新生代	第四紀	現世	盛土	bs	
			ローム	Lm	
		更新世	段丘堆積物	玉石砂礫3	Dg3
			玉石砂礫2	Dg2	
	新第三紀	鮮新世	砂泥互層	Dalt	
			玉石砂礫1	Dg1	
			泥岩	Nm	
中生代	白亜紀	小仏層	粘板岩	Ksl	
		砂岩	Ns		

図-2 地質縦断面図(下り線)



写真-2 切羽写真(破線：地層境界)

中でも、南側坑口付近の段丘崖に露頭している玉石砂礫(Dg2)と泥岩(Nm)の地層境界では、ほぼ全面的に地下水が湧出している。トンネル掘削の対象地山は、坑口から約900m区間は未固結玉石砂礫層と泥岩層が主体となっている(写真-2参照)。

3 WT構造の設計

3-1 地下水への影響評価とWT構造の採用

当初設計段階の水文調査では、浸透流解析によ

りトンネル掘削後の地下水の低下状況について影響解析を行った。その結果、トンネル掘削時に周辺の地下水位が低下することが予想された。

そこで、実施工段階では地下水位のモニタリングを実施しながらトンネル掘削を行うこととした。その結果、坑口から約400m掘削した時点で坑内湧水量が増加し始め、地下水位が低下傾向を示し始めたため、WT構造に変更することとした。

3-2 WT区間の設定

当初設計での浸透流解析によると、排水構造で掘削した場合の切羽位置が、STA. 3+60を越えると地下水の低下による周辺環境への影響が顕著になる結果が得られていた。そのため、WT区間の開始位置は上下線ともSTA.3+60とした。一方、WT区間終点位置の設定条件は、トンネルが遮水性の高い泥岩層に入り、周辺環境に影響を与えるほど湧水を引き込まないことである。泥岩層の透水係数は $k=8.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ であり、不透水層に近い評価が期待できる¹⁾。そこで、泥岩の土かぶり²⁾が1Dとなる位置をWT区間の終点に設定した。

3-3 設計地下水位の設定

設計地下水位は、有識者などの助言を参考にして水位計測期間中(過去5年間)の最高水位とする方針とした。地下水位は、STA.4+60付近(図-2参照)に設置した観測井の地下水位計測結果をもとに設定することとした。これによると、年平均水位はEL+62mの位置にあり、当初設計で設定した地下水位のレベル(図-2参照)におおむね一致していた。この傾向は他の観測井か

表-1 設計地下水位(単位：m)

	領域①	領域②	領域③	非常駐車帯	非常駐車帯交差部
上り線	13	20	26	15	15
下り線			30		

注)表中の地下水位は、トンネル天端からの高さである。

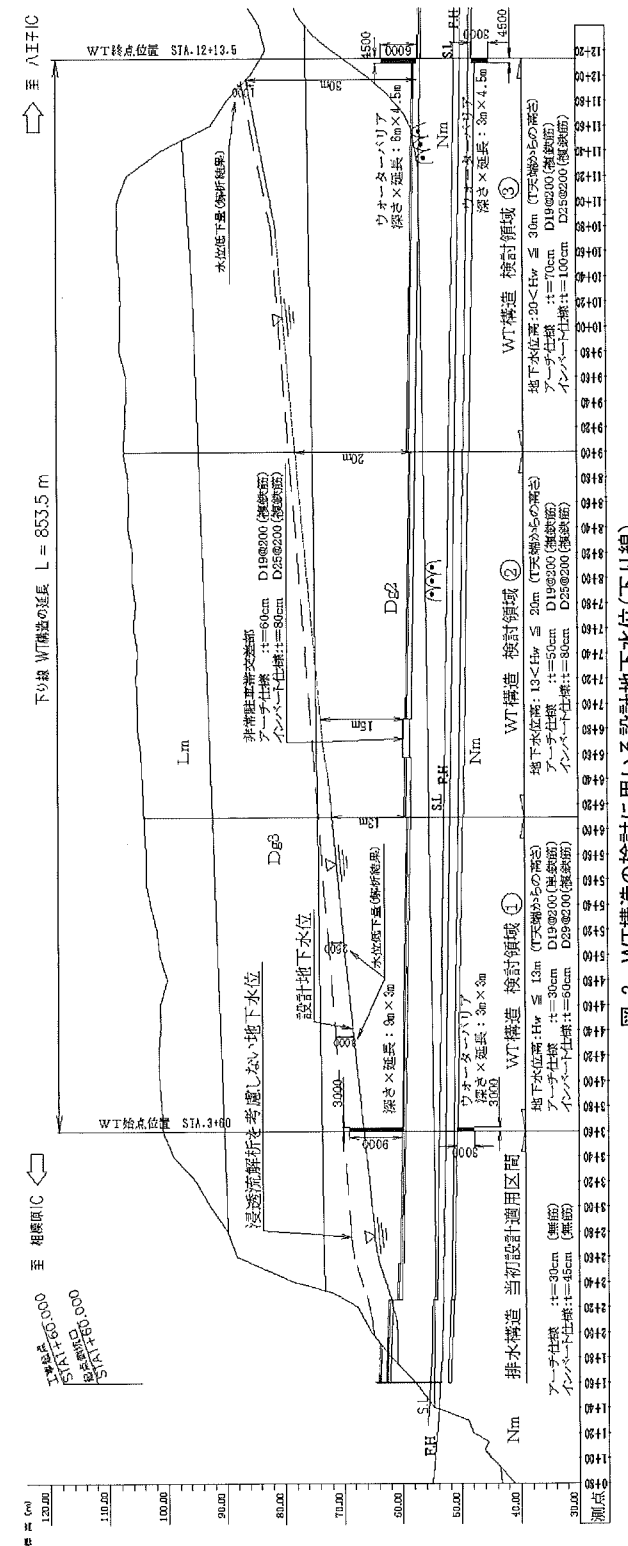


図-3 WT構造の検討に用いる設計地下水位(下り線)

らも同様に確認できた。ここで、最高水位は計測期間中の降雨強度が200mm/dayを超過する特異日が連続して発生したときに観測された、年平均水位+9mの水位を最高水位に設定することとし、発注時の水位線を、最高水位と年平均水位との差分である9m上方に全体的に修正した。

また、設計地下水水位はトンネル縦断方向に3領域に分割し、それぞれの最高水位を用いてWT構造の検討を行った(表-1、図-3参照)。

3-4 WT構造の設計

3-4-1 荷重条件の設定

本検討時において、山岳工法による道路トンネルのWT構造の設計に関し、荷重条件を明確に示す基準・指針などは存在しなかった²⁾。そのため、本検討では近接工区的设计例を参考にして、図-4に示す四つの荷重ケースについて検討を行った。トンネルに作用する土圧はテルツァギのゆるみ土圧式³⁾から計算した。

3-4-2 標準部の設計

構造計算は、2次元平面骨組解析により行った。解析モデル、断面力図の一例を図-5に示す。また、図-3中に領域①~③における検討結果もあわせて示す。構造計算の結果、以下の傾向が確認できた。

- ① 覆工構造は、CASE-1またはCASE-2が支配的となって決定された。つまり、活荷重の影響は、トンネルが水圧により浮き上がろうとする変形を抑える効果があり、活荷重を考慮しないケースに比べ断面力は小さくなる結果となり、覆工構造の決定ケースにはならなかった。
- ② 覆工の断面力は軸力が卓越し、アーチとインバートとの接続部付近のコンクリートの圧縮応力度によって、その部材厚や鉄筋構造が

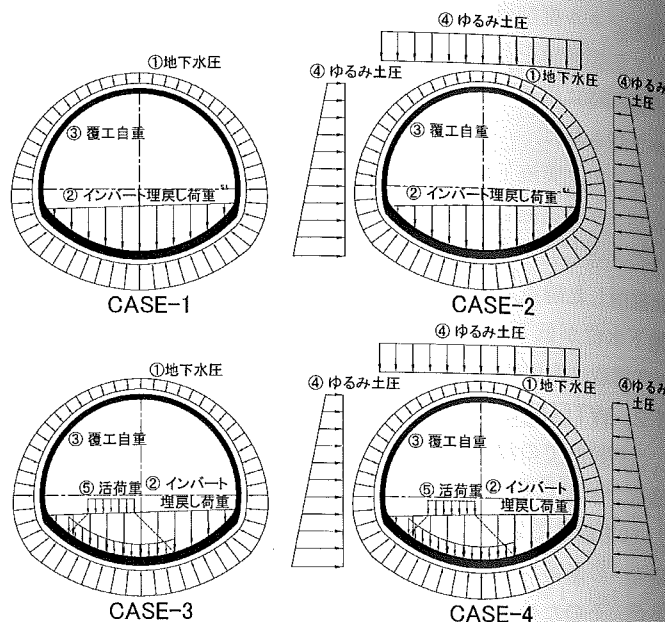


図-4 荷重ケース(概念図)

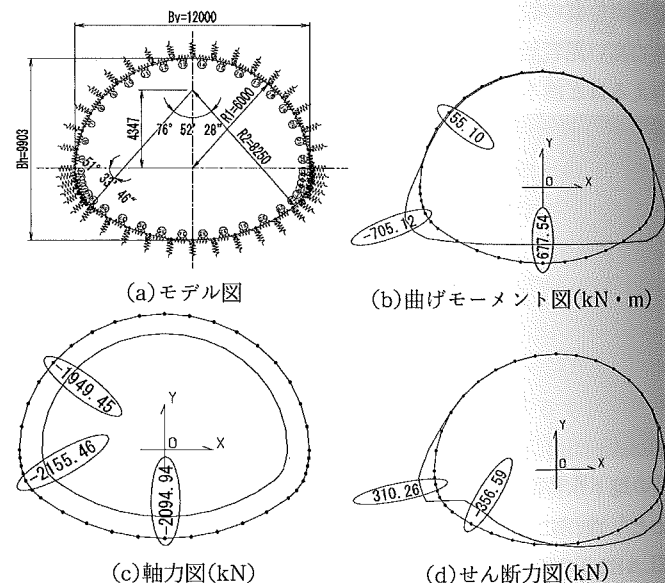


図-5 解析モデルと断面力図(下り線領域③CASE-1)

- 決定された。
- ③ SLからインバート端部にかけてせん断力が大きくなる傾向にあり、せん断補強筋を配置した領域もあった。
- ④ 上記①~③の傾向は、非常駐車帯断面を含めて、領域①~③のすべての区間で共通であった。

3-4-3 非常駐車帯と避難連絡坑の交差部の設計⁴⁾

WT区間の非常駐車帯と避難連絡坑の交差部については、地山の挙動が3次元になることから、図-6のA-A、B-B断面について、それぞれ2次元骨組解析を実施し、それらの解析結果を重ね合わせることで3次元の挙動を評価した。

図-7に交差部本坑断面(A-A断面)の解析モデルを示す。当該断面には避難連絡坑が接続されるため、そこには欠損部が生じることになる。この欠損部に作用する荷重は、連絡坑の覆工が支持するため、当該部には仮想連絡坑として棒部材を配置した。棒部材の断面剛性は、別途の2次元解析結果から設定した連絡坑断面(B-B断面)での鉛直方向の変形特性から設定した。

本解析の結果、本坑非常駐車帯(A-A断面)の覆工構造は、図-3中に示すものとなった。また、連絡坑の接続部の覆工構造は、本坑の欠損部を支持するために図-8に示すような重構造となった。

4 WT区間の施工

4-1 WT区間の施工上の特徴と課題

WT構造は覆工とインバートを水圧に抵抗する構造部材とするため、以下のような特徴と課題がある(図-9,10参照)。

- ① 断面形状が円形に近づく(インバートが深くなる)
- ② インバート掘削量、コンクリート量、鉄筋量の増加
- ③ インバート部にも吹付けコンクリートや防水シート($t=0.8\text{mm} \Rightarrow 2.0\text{mm}$)の施工が必要になる
- ④ 通常の施工法や資機材では工程に大幅な遅延が発生

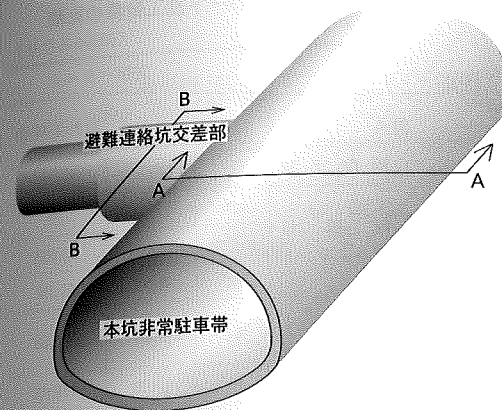


図-6 交差部検討断面図(概念図)

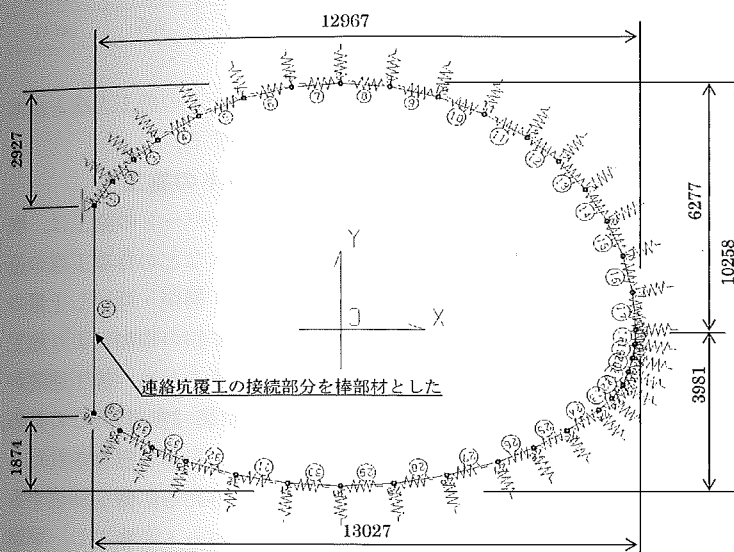


図-7 モデル図(本坑非常駐車帯交差部:A-A断面)

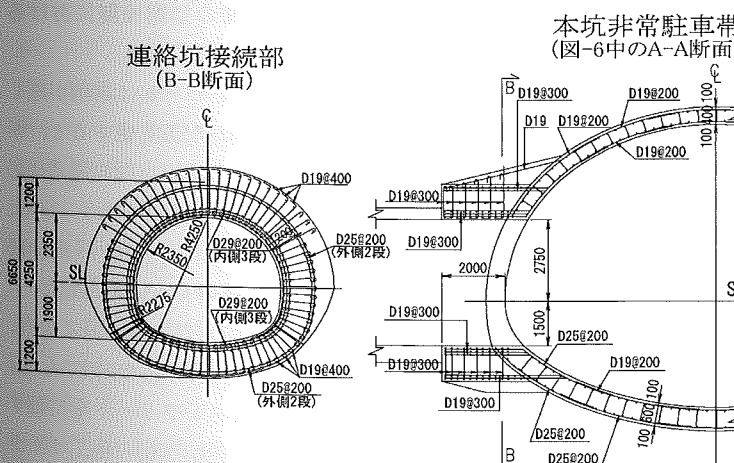


図-8 連絡坑接続部構造図(B-B断面)

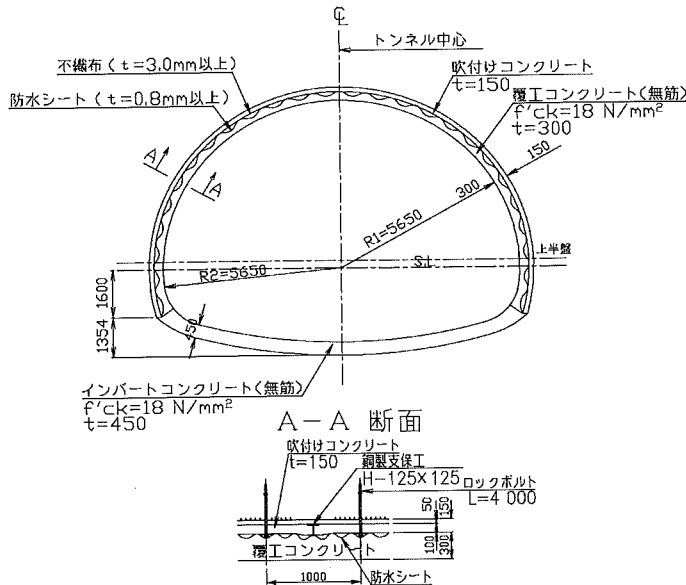


図-9 排水構造のトンネル仕様(DI)

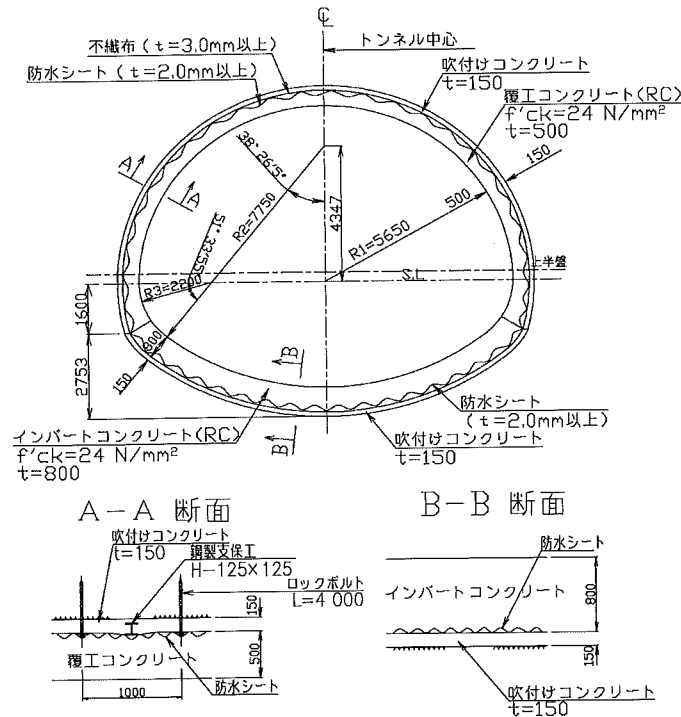


図-10 WT構造のトンネル仕様(領域②)のDI

する

- ⑤ WT区間と排水構造区間の区間境では止水壁が必要になる(施工事例が比較的少なく、確立された統一的な設計・施工法が存在しない)

表-2 インバート施工数量の比較 (10.5mあたり)

項目	単位	支保パターン	
		DIIIa-A	DI-UW②
掘削土量	m³	129.58	251.99
吹付けコンクリート	cm	-	15
	m²/m	-	13.435
コンクリート	m³	0.00	21.16
	m³	63.68	105.58
埋戻し	m³	68.09	128.63
鉄筋	kg	2,297 (単鉄筋)	11,235 (複鉄筋)
防水シート	m²	0.00	141.12

以下、インバートの施工方法及び止水壁について記述する。

4-2 インバートの施工

WT区間のインバートの施工は、吹付け、防水シートなどの作業工程の追加だけではなく、掘削・埋戻し土量の増加、鉄筋組立て量の増加により施工量が大幅に増加するため、施工速度が極端に低下した(表-2参照)。このため、全体工事工程への影響が懸念されたことや、地下水に与える影響を抑制するため昼夜でインバートを施工し、早期に覆工を構築する必要があった。

4-2-1 WT区間の初期段階におけるインバート施工実績

WT区間のインバートは掘削が深くなるため、掘削勾配を考慮すると、半線施工によって工事用車両の通過に必要な幅員が確保できなかった。このため、WT区間ではインバート栈橋(10.5mスパン用)を使用する計画とした。

このとき、上半切羽の進行は約64m/月であり、インバートも同様の進行を確保するためには、月に約6回(3~4日に1回)コンクリートを打設する必要があった。しかし、開始当初の施工サイクルは、16方を要し、月4回程度の打設回数であ

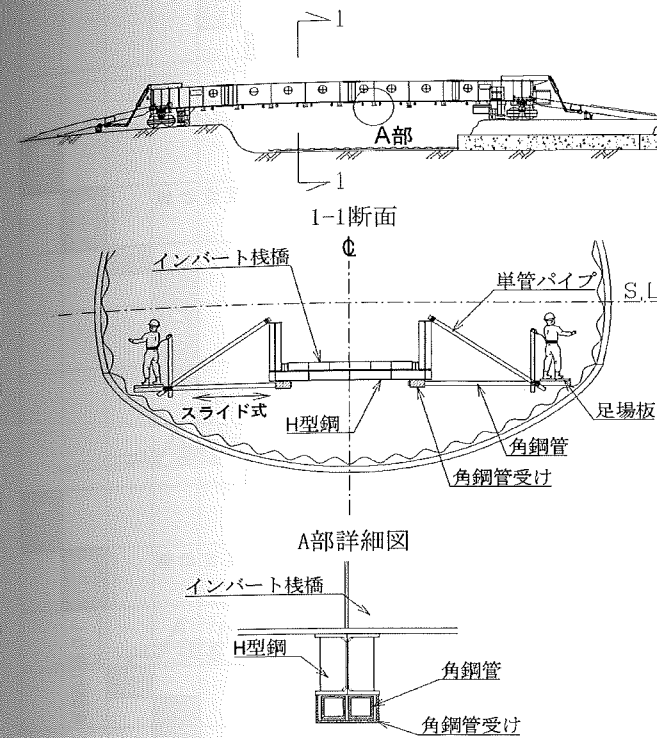


図-11 防水シート用足場概要図

た。このため、サイクル短縮を目的として以下の対策を実施した。

4-2-2 防水シートの敷設方法の改善(対策①)

初期段階において、防水シートの敷設作業は単管パイプによる車輪付きの移動式足場で施工を行っていた。しかし、この方法は1ブロックごとに大掛かりな足場の組立て解体時間を要した。また、インバートの曲率半径が小さいため、車輪の破損やバンクといった不具合が生じた。そこで、図-11のようにインバート栈橋下部に収納可能な角鋼管を取付け、防水シート敷設時の足場必要時には角鋼管を張り出して、足場板を設置する構造とし、組立て解体時間の短縮を図った。

4-2-3 補強鉄筋の組立て方法の改善(対策②)

初期段階においてWT区間の補強鉄筋の組立てには、約6方を要した。これは、WT区間では地山から直接控えを取ることができないことや、曲率半径が小さいため、鉄筋組立ての作業性が大きく低下したことに起因している。そこで、鉄筋アンカー付きスペーサーブロックを使用し、ブロッ

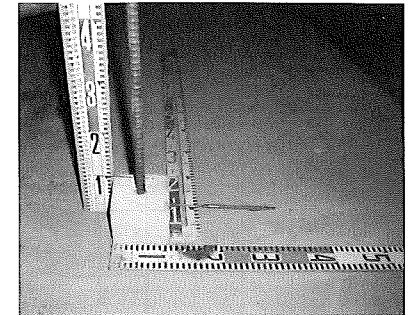


写真-3 鉄筋アンカー付きスペーサーブロック

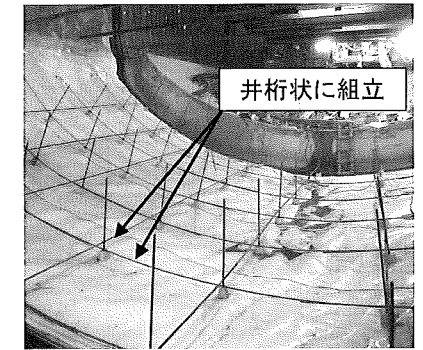


写真-4 段取り筋設置状況

ク底面にブチルゴムを貼り付け、防水シートとブロックを固定し、段取り筋を設置する方法を試みた。ただし、インバート隅角部では曲率半径が小さく、勾配が急なことから、ブチルゴムだけでは鉄筋組立て時にブロックが傾いたり、倒れたりする問題が生じ、所定の位置への配筋が不可能であった。

そこで、上記のブロックをトンネル断面、および縦断方向に井桁状に組立てて固定した。この方法により、ブロックが転倒することなく段取り筋を安定かつ早期に設置することが可能になった(写真-3,4参照)。

4-2-4 インバート栈橋の改造(対策③)

前述の対策①~②を実施した結果、表-3に示すとおり施工サイクルは当初の16方から8.5方まで短縮することができた。しかしながら、このサイクルでもインバートの進行は約50m/月程度であり、上半切羽と同等の進行(約64m/月)を確保することが困難であった。

このため、インバートの進行を切羽と同等にす

表-3 インバート施工サイクルの比較

工種	所要方敷	1日		2日		3日		4日		5日		6日		7日		8日		9日		
		昼間	夜間	昼間	夜間	昼間	夜間	昼間	夜間	昼間	夜間	昼間	夜間	昼間	夜間	昼間	夜間	昼間	夜間	
掘削	3.5																			
吹付け	1.0			2BL																
防水シート	2.0				2BL															
鉄筋組立て	6.0						2BL													
型枠組立て	1.5																			
コンクリート打設	1.0	1BL														2BL				
型枠解体・埋戻し・栈橋移動	1.0		1BL																	2BL
掘削	2.5				2BL															
吹付け	0.5																			
防水シート	1.0																			
鉄筋組立て	2.0																			
型枠組立て	0.5																			
コンクリート打設	1.0																			
型枠解体・埋戻し・栈橋移動	1.0																			
掘削	2.5		2BL																	
吹付け	0.5																			
防水シート	1.0																			
鉄筋組立て	2.0																			
型枠組立て	0.5																			
コンクリート打設	1.0																			
型枠解体・埋戻し・栈橋移動	1.0																			

初当

対策①~②後

対策①~③後

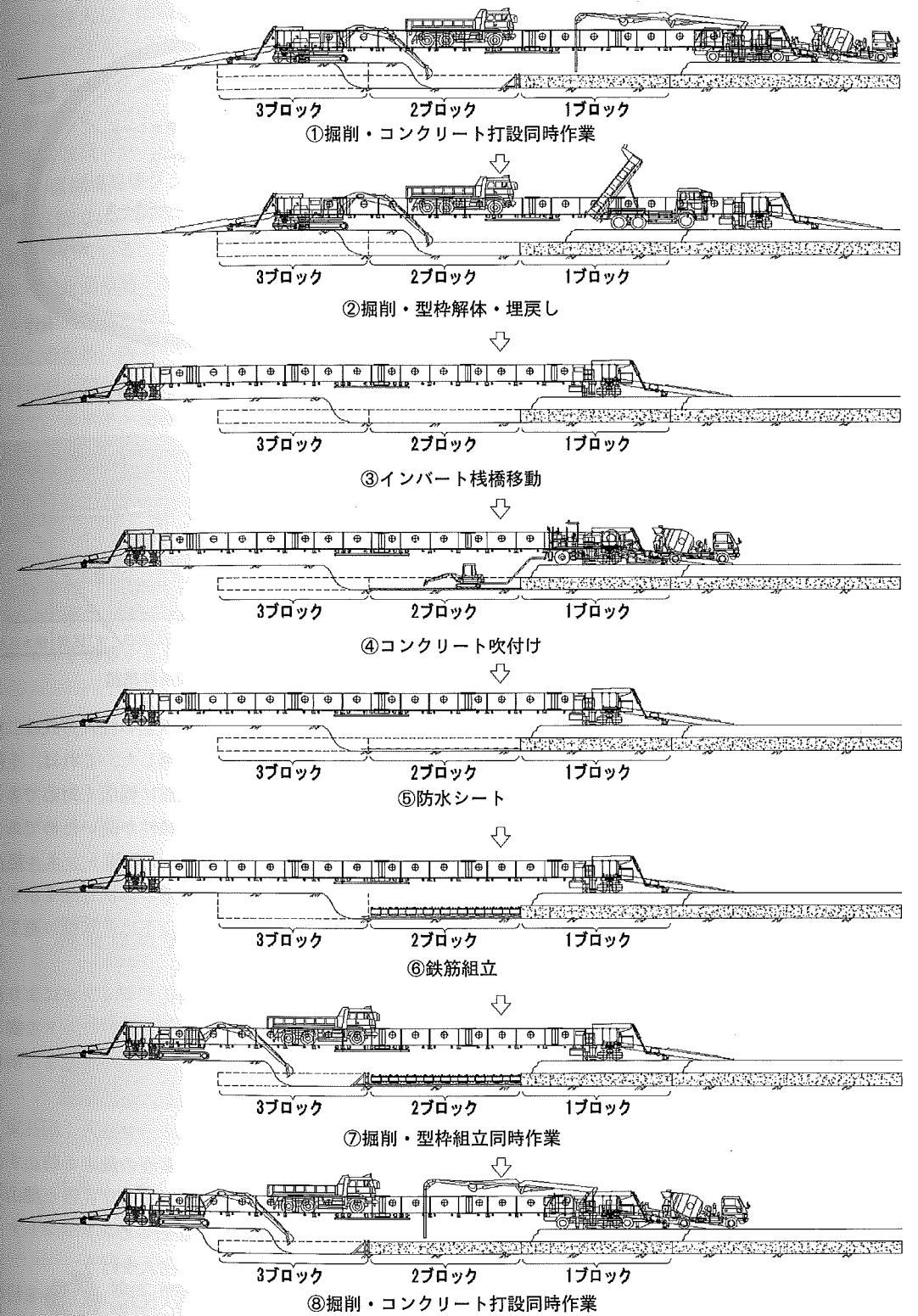


図-12 インバート施工サイクル(インバート栈橋延長後)

るためには、コンクリートの打設と次スパンの掘削作業を同時に行う必要があると判断した。そこで、インバート栈橋を2スパン(10.5m×2)同時作業が可能な長さに改造することとした。その結果、掘削作業はコンクリート打設時、および型枠組立て完了後も可能となり、切羽以上の進行を確保することが可能になった(図-12参照)。また、インバートを2スパン同時に作業を行ってもトンネルの内空変位量に大きな影響は与えなかった。表-3に、当初から各対策実施後までの施工サイクルの比較を示す。

4-3 止水壁の施工

排水構造とWT構造を直接接続すると、トンネル背面のゆるみ域の亀裂面や、防水シート背面を通してWT区間から排水区間へ地下水の流れ(トンネル縦断方向)が発生すると考えられる。このため、排水区間とWT区間の境界部には地山改良による止水壁の構築と覆工背面へのグラウト注入を施工した(上下線各2か所、図-3参照)。

4-3-1 止水壁の施工

トンネル掘削によって発生するゆるみ域においては、透水係数が大きくなると考えられるため、地下水の流れが生じる可能性がある。したがって、止水壁はゆるみ域と同じ範囲と設定した。ゆるみ域は、既往の文献5), 6)を参考に当該部の地質条

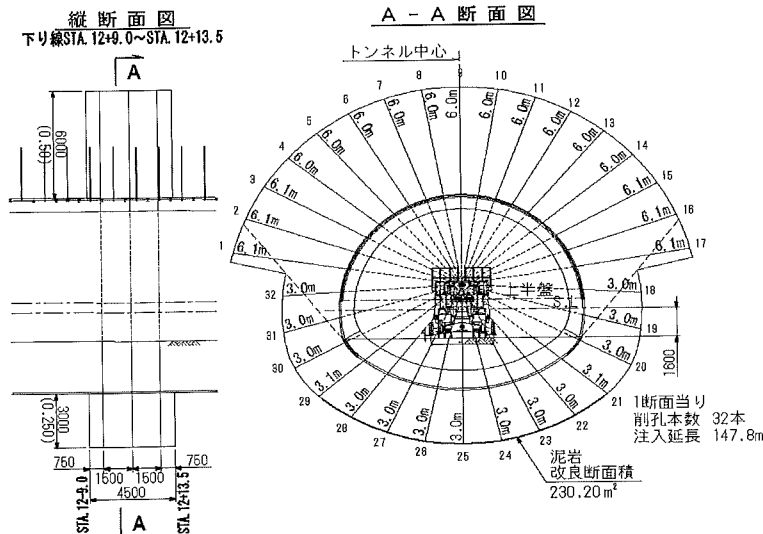


図-13 止水壁の形状(下り線WT終点側の例)

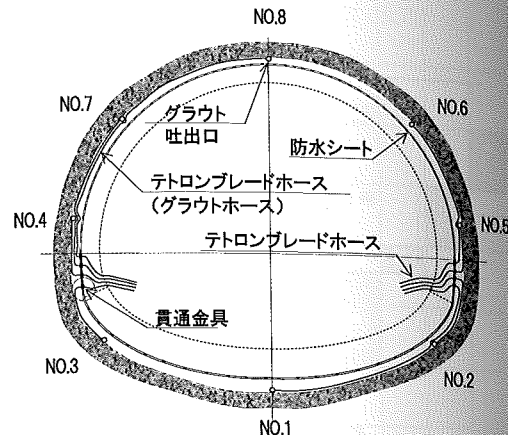


図-14 グラウトホース設置位置図

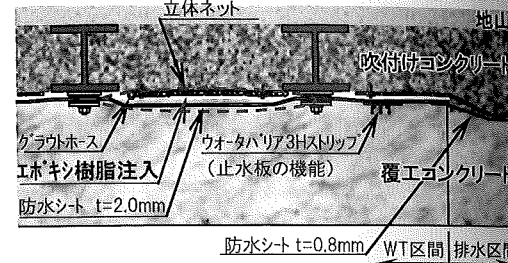


図-15 注入箇所詳細図

件を考慮して設定した。止水壁の注入方式は二重管ダブルバッカー工法を採用した。これは、土砂地山から軟岩まで多様な地盤に幅広く対応できることや、施工実績が多く信頼性が高いためである。

図-13に、下り線トンネル終点側の止水壁の形状寸法を示す。

また、以下に止水壁の施工手順を示す。

- ① 削孔：ジャンボにより自穿孔管およびロッドを継ぎ足し、所定の深度まで削孔を行う。
- ② スリーブ注入：削孔完了後、薬液の逸走を防止する目的で、自穿孔管と地山孔壁間をセメントベントナイトで注入を行う。
- ③ 一次注入：荒詰めを目的にセメントベントナイトを

一次注入し、地盤の均質化を図る。

- ④ 二次注入：二次注入として浸透性の高い非アルカリ1ショットタイプの水ガラス系溶液型長結タイプのシリカライザーを注入し、確実な改良ゾーンの形成を行う。

4-3-2 区間境処理グラウト

WT区間では、防水シート裏面が地下水圧により被圧されている。一方、排水構造区間では、防水シート背面の地下水は裏面緩衝材を通じてトンネル内中央排水へ排水されるため水圧は作用しない。このため、両者の区間境には、防水シートと吹付け面の間から地下水が逸走するのを防止する目的で、エポキシ樹脂を注入して遮水処理を行った。図-14にグラウトホース設置位置図を、図-15に注入箇所詳細図を示す。

5 おわりに

本工事は、都市部における地下水の環境条件に配慮し、都市部山岳工法によるウォータータイトトンネルを構築するものである。比較的過去の実

績が少なく、設計手法や施工方法に手探りの部分も少なくなかったが、本報告が、今後のウォータータイトトンネルを構築する際の設計・施工の一助となれば幸いである。

最後に、本工事の設計・施工にあたりご協力をいただいた関係各位に対し、誌面を借りて深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 河野伊一郎：地下水工学，鹿島出版会，p.17，1989.3.
- 2) 例えば，(社)土木学会：トンネルへの限界状態設計法の適用，丸善，p.167，2001.8.
- 3) K.チェッキー著・島田隆夫訳：トンネル工学，鹿島出版会，pp.135-136，1971.12.
- 4) (社)日本トンネル技術協会：山岳トンネルの交差部の設計・施工に関する研究報告書，pp.23-26，1985.2.
- 5) (財)高速道路技術センター：トンネル掘削を誘因とする地すべり対策に関する基本検討報告書，p.42，1996.2.
- 6) 福島啓一：わかりやすいトンネルの力学，土木工学社，p.13，1994.9.

ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!

建設工事の 保安地質学 (改訂版)

理学博士 石井康夫 著

A5判 上製本 475頁 価格6,300円 円340円

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

株式会社 **土木工学社**

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



■高森峠を越えて

前回で紹介したように、宮崎県高千穂町から、熊本県高森町へ至る高森峠の直下には、県境をまたいで延長6,515m、単線特1号型断面の高森トンネルが掘削された。高千穂線で最長(当時、鉄道トンネルとしては九州でも最長)となる予定だったこのトンネルの工事のうち、高森方は日本鉄道建設公団下関支社の設計・監理、前田建設工業(株)の施工により行われることとなり、1973(昭和48)年12月5日に着手した。

地質は、阿蘇外輪山に分布する古第三紀中新世の火山噴出物(安山岩、凝灰角礫岩、溶結凝灰岩など)からなり、当初よりトンネルの掘削による地下水位の低下が予想されていたため、放射能探査や弾性波探査などによって、その賦存状況や湧水量が予測された。

■高森トンネルと湧水

高森トンネルで発生した大湧水については、その対策工事とともに本誌1976(昭和51)年7月号(Vol.7, No.7)に「異常出水とその対策」と題して篠崎知己氏の報告が掲載されているので、詳細についてはそちらを参照していただくこととし、当時の経緯をかつまんで紹介すると、下記のようにであった。

高森トンネルの高森方工区では、1974(昭和49)年3月中旬に斜坑から入った切羽が本坑に到達し、高千穂方と高森方の両方向へ向かって掘削を開始した。このうち、高千穂方の切羽は湧水が断続的に見られたが、しだいに減少傾向となり、同年11月末、34km025m付近で遭遇した最初の破碎帯は、1.25t/minの湧水があったものの、掘削は問題なく進行した。しかし、約6日後に周辺の井戸水が涸れ始めたため、鉄道公団では給水車を手配してこれに対応した。

この時点で、トンネル工事と湧水の因果関係は明らかではなかったが(前年の災害で水源地が堆砂したことや農業用水用のボーリングが多数なされたことも原因ではないかとされた)、1975(昭和50)年2月11日午後、切羽が33km805m付近に達した地点で再び断層破碎帯に遭遇し、21.8t/minの大量の湧水とともに斜坑と本坑が水没し、トンネル内の帯水量は2,400tに達した。一方、周辺の水源地は、12日ごろから水位が下がり始め、13日夕方には町内の1,080戸が断水し、給水制限が行われたため、要請によって陸上自衛隊の給水車が出勤する騒ぎとなった。

その後、坑内の湧水を水源地へポンプアップするための工事が急ピッチで進められたが、この時点で、高森方の切羽はまだ坑口まで貫通していなかったため、斜坑から排水しなければならなかつ

た。2月15日には導水管の敷設が完了して送水を開始したため自衛隊は帰隊し、2月末までには完全給水に戻った。また、応急対策工事として、灌漑用水を坑内の湧水でまかなうため、新たに深さ25.5mの立坑が設置された。

その後、水抜き坑を用いるなどして破碎帯を突破したが、1976(昭和51)年9月にはトンネルの工事中断が決定され、翌年1月31日に高森方から2,055mを掘削した状態で工事を終えた。その後、1981(昭和56)年には高千穂線の工事そのものも中止され、1989(平成元)年には鉄道公団と地元の補償協定が成立し、1992(平成4)年には高森トンネルを含む高千穂線の建設用地約1万m²が国鉄清算事業団から地元は無償譲渡された。

■湧水トンネル公園の誕生

高千穂線の建設用地を継承した高森町では、1994(平成6)年にトンネル周辺を親水公園として整備する事業を立ち上げ、トンネル内の湧水を利用して周辺を高森湧水トンネル公園(熊本県阿蘇郡高森町大字高森)として新たな観光スポットが誕生した(写真-1)。

トンネル本坑は、高森方の坑口から約560mの区間が一般に開放され、坑奥は行き止まりとなっていて模擬の切羽と水神様があり、路盤の中央に設けられた排水路によって、滔々と流れる湧水が坑外の池へと導かれている。なお、高森トンネルは、高森方から2.1kmほど掘削しているので、「切羽」の後方にはさらに1.5km近い本坑が続いていて、そこに本物の切羽が存在することになる。

トンネルの内部は、長大な空間をギャラリーとして活用しており、筆者が訪れた時期は、ちょうど七夕まつりを開催中で、地元の企業などが製作した約80基の七夕飾りが坑内に飾られ、家族連れなどで賑わっていた(写真-2)。また、坑口の上には「湧水館」という展示施設があり、高森トンネルの歴史をはじめ、水や環境の大切さを啓蒙する展示がなされている。トンネル内に入るためには、大人300円、小学生100円の入場料が必要であるが、湧水館は無料である。また、湧水館の前には、湧

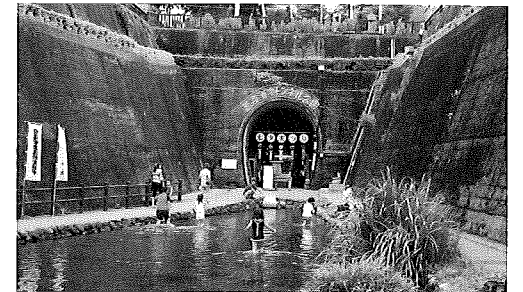


写真-1 親水公園として整備された高森トンネルの高森方坑口



写真-2 ライトアップされたトンネル内の七夕飾り

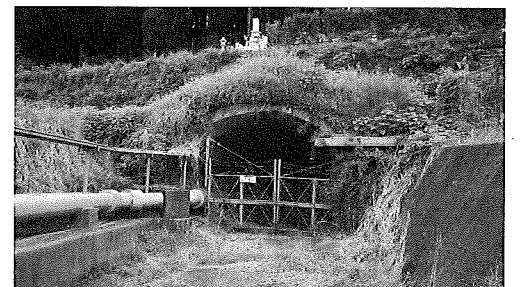


写真-3 今も生活用水などを汲み上げている斜坑の入口

水の水汲み場があり、ポリタンクを手にした観光客が長蛇の列を作っていた。

高森トンネルは、単に観光スポットとして活用されているだけではなく、現在も32t/minの恒常湧水量があることから、高森町の生活、農業、環境用水の水源地として利用されており(写真-3)、坑内には取水トンネルや送水ポンプなどの設備が備えられている。かつて地元大きな被害をもたらしたトンネルの湧水であったが、紆余曲折の末、今では多くの人々に親しまれる観光資源に生まれ変わっている。九州横断鉄道の夢はついに叶わなかったが、その努力を無駄にすることなく、地元の発展に役立てられていることは喜ばしい。



『唐津焼発祥の地』唐津市北波多より

山下 正 治

佐賀497号山彦トンネル新設工事の工事場所である佐賀県唐津市北波多(旧:東松浦郡北波多村)は、佐賀県の北西部に位置し、2005年1月の市町村合併により、人口約13万人、海、山、川の自然に恵まれた唐津市となっている。北波多には岸岳埋蔵金や河童伝説などが残る歴史豊かな町である。また、唐津焼発祥の地としても有名で、ほかにも梨、お茶の特産地として知られている。

話は変わるが、安産のお守りとしてよく知られるトンネル貫通石は、神功皇后にまつわる故事が由来と聞く。その昔、神功皇后が三韓征伐の折、敵の背後よりトンネルを掘り大勝利を得て、その貫通部の石を持ち帰り、その後、立派な男子(後の応神天皇)を出産されたという。そのため、現在も、トンネルの貫通石は安産や入学試験のお守りとして重宝されている。この唐津の地においても神功皇后の伝説が残っているので紹介する。

神功皇后が三韓征伐の時に玉島(現在の唐津市玉島)の地に立ち寄った際、河畔の石の上に登り、針を曲げて釣針を作り、飯粒を餌として「この度の戦、我に運あらば釣針を呑め」と勝敗を占ったところ、見事な鮎が釣れたという伝説がある。魚偏に占うと書く「鮎」という字は、この伝説がもととなり生まれたと言われている。また、釣りの足場となった石は今でも玉島神社にあり、『垂^{すいりんせき}石』と呼ばれている。



位置図



地域の方々とのソフトボール大会での記念撮影



地域の方々を招いた現場見学会(トンネル掘削404m完了時)

また、この地は安土・桃山時代いわゆる戦国時代の朝鮮出兵の拠点としても有名で、このときのさまざまな言い伝えが伝説として語り継がれている。

さて、山彦トンネル(仮称)は、九州北西部の基幹道路として建設が進められている西九州自動車道の一環である唐津伊万里道路18.1kmのうち、北波多IC(仮称)~谷口IC(仮称)の間に計画された全長957mの道路トンネルである。開通すれば大幅な時間短縮と医療、防災、交流、観光などあらゆる面からその事業効果が期待されている。7月末現在、トンネル掘削700mを完了しており、現場見学者数は400人を超える。地域の皆様とのボランティア活動やソフトボール大会の開催など、地域との親睦やコミュニケーションづくりを積極的に行っており、地域の皆様と一体となった工事運営を念頭に進めている。今後も、地域住民の皆様のご理解とご協力を得ながら、発注者、関係諸官庁のご指導を賜り、『安全』『品質』『環境』No.1を合い言葉に職員、協力業者一丸となって無事故・無災害での貫通を目指している。

(株)熊谷組九州支店山彦トンネル作業所所長

施工

駅部大断面トンネルを中壁分割工法で施工

—仙台市高速鉄道東西線 青葉山トンネル—

鉄道・運輸機構東京支社仙台鉄道建設所担当副所長 本 堂 亮
鉄道・運輸機構東京支社仙台鉄道建設所所長 東 優
仙台東西線、青葉山トンネル他鉄建・みらい・佐藤特定建設工事共同企業体現場代理人 浅 川 敏 郎
応用地質(株)東北支社グループマネージャー 鶴 原 敬 久

1 はじめに

仙台市高速鉄道東西線(以下、「仙台東西線」)は、市の南西部に位置する八木山動物公園付近からJR仙台駅を中心とする都心を経て、市の東部に位置する仙台市東部道路仙台東IC付近に至る延長約14.4kmの地下鉄路線である。このうち、起

点方の動物公園駅(駅名はすべて仮称)から丘陵地帯を経て、平野部の国際センター駅の起点側までの延長4.3km区間の土木工事を、鉄道・運輸機構が事業主体である仙台市から受託し、平成27年度開業に向けて施工を進めている(図-1)。

本稿で取り上げる青葉山トンネル工事は、動物公園駅起点1km183m~2km269m間の延長

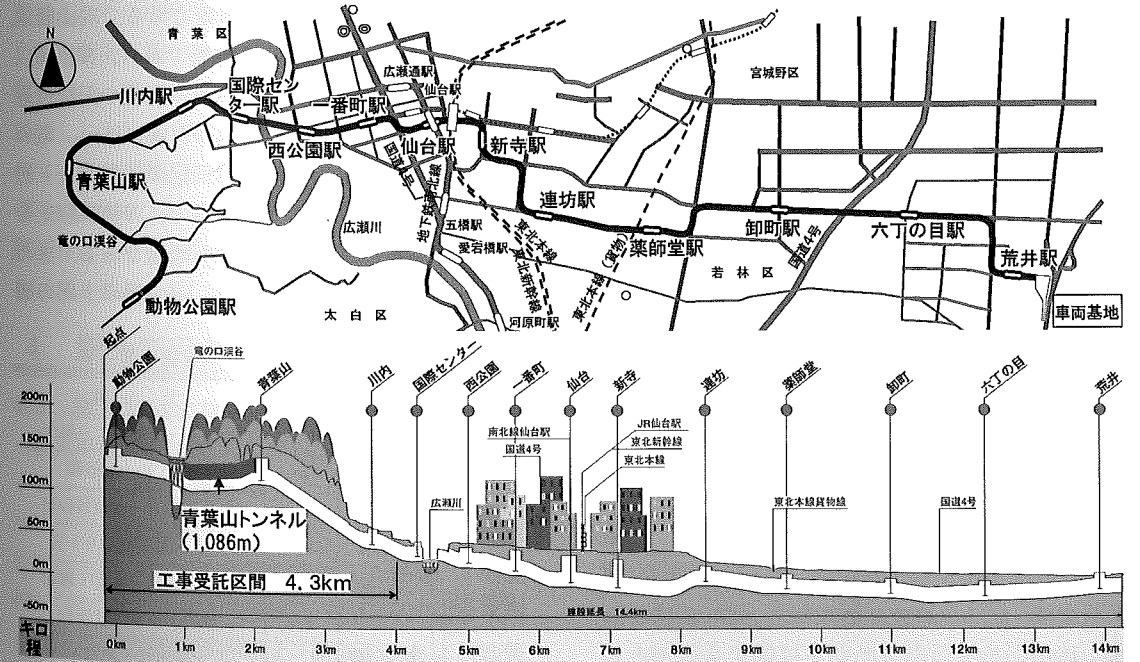


図-1 仙台市高速鉄道東西線路線図

1,086mの山岳トンネルであり、橋りょうで渡河する竜の口溪谷と、青葉山駅開削部間に位置するNATM複線断面トンネルである。

青葉山トンネル工事のうち、終点方の青葉山駅部は、経済性を考慮し開削区間を最小限としたことにより、ホームをNATM区間まで延長していることから、トンネル断面が駅設備を含む大断面となり、トンネルを拡大する必要がある。当該区間の掘削工法選定にあたっては、FEM解析などを用いた検討を行った結果、十分な安全性を確保できる「中壁分割工法」を採用した。

本稿は、青葉山トンネル工事の駅部大断面区間における掘削方法として選定した中壁分割工法の施工計画および施工方法の検証について報告するものである。

2 青葉山トンネルの概要

2-1 工事概要

青葉山トンネル工事は、複線トンネル(掘削断面積約60m²)を山岳NATMで施工するものであり、平成19年3月に着手した。周辺地域は条例にもとづく特別環境保全区域に指定されている区域があり、自然環境を極力改変しないことが必要であった。加えて、隣接工事となる橋りょう工事や開削駅工事との競合を回避するため、掘削発進方式は、トンネル中間部に立坑を設け、立坑より起終点にNATMトンネルで発進する方式を採用することとした。

また、青葉山駅の拡幅断面区間における掘削断面積は最大で164m²となるが、断面拡幅区間延長は160mと短い。掘削断面数は、図-2に示すとおり、経済性および施工性から、拡幅断面区間(掘削断面積：92m²)および駅大断面区間(掘削断面積：164m²)の2段階で断面を拡幅することとした。工事は、平成19年11月に立坑に着手し、平成

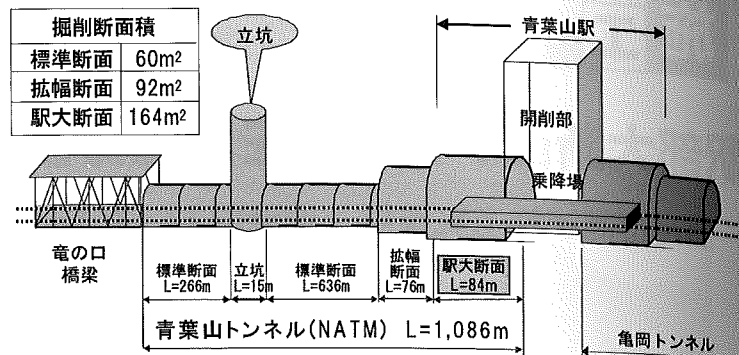


図-2 青葉山トンネル概要図

20年5月末に本坑掘削を開始した。

標準断面区間の掘削方法はミニベンチカット方式(ベンチ長5~6m程度)を採用している。また掘削機械は、地質条件および施工条件より、油圧式トンネル切削機(ツインヘッダー)40.0MPa級を使用することとした。

2-2 地形・地質概要

表-1および図-3に青葉山トンネルの地質概要を示す。青葉山トンネル付近の地質は、上位より青葉山層、向山層、竜の口層から構成されている。青葉山層は、第四紀更新世の砂礫および火山灰からなる地層であり、N値10程度である。向山層は、新第三紀の凝灰岩からなる地層であり、N値50以上を示す軟岩で固結度は高いが、層境や沢部付近では、風化に伴い固結度およびN値は低い。竜の口層は、向山層と同様に新第三紀の砂質シルト岩およびシルト質岩からなる地層で、N値50以上を示す軟岩であり、固結度の高い地層である。また、地下水位は、青葉山層および、向山層の上部の層

表-1 青葉山トンネル地質一覧

地質時代	地層名	記号	土質
第四紀	青葉山層	Ab-lm	ローム・砂礫混じり粘土
		Ab-g	砂礫・粘土質砂礫
新第三紀	向山層	Mkt	軽石凝灰岩・凝灰質砂岩
		Mkl-m	泥岩・凝灰質シルト岩
		Mkl-s	凝灰質砂岩・砂岩・礫岩
	竜の口層	T-s	砂岩・シルト質砂岩
		T-m	シルト岩・泥岩・砂質シルト岩

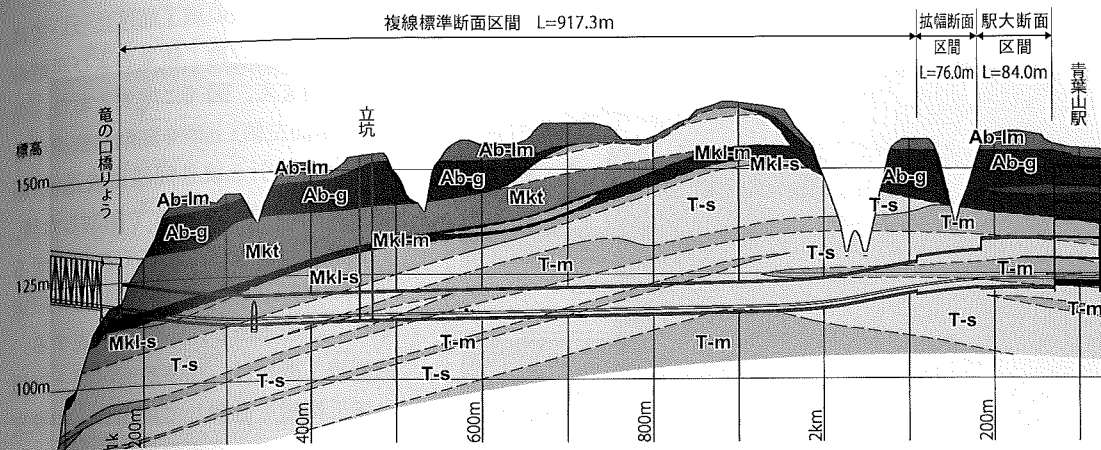


図-3 青葉山トンネル地質縦断面図

境付近に帯水層を確認している。

また、青葉山トンネル周辺地域のうち丘陵部については、東北大学の新キャンパス予定地となっており、現在造成工事が進んでいるところである。

3 駅大断面部の概要

駅大断面区間(L=84m)のうち青葉山駅側の40m間は、図-4に示すとおり、乗降場設備として、1面2線の島式ホーム、コンコースや換気風洞を設けるための中床版や鋼管柱などを構築する。

駅大断面区間の土かぶり厚は22~25mであり、地質構造は、図-5に示すとおり、中間層の向山層は消滅し、上位より青葉山層、竜の口層から構成されている。掘削の対象となる層はすべて竜の口層(T-m層およびT-s層)である。また、近傍の水位観測井による水位計測により、当該付近の水位はトンネル断面のS.L.付近にあると推定される。

4 駅大断面部の施工計画

4-1 施工方法の検討

駅大断面区間の施工方法を選定するにあたり、サイロット工法、中壁分割(CD)工法および3段ベンチ工法の3案で、「施工性」「安全性」「経済性」などについて比較検討を行った結果、「施工性」「安全性」に優れた中壁分割(CD)工法を採用した。なお中壁については、断面形状および地質状況より、下半盤まで設置することとした。

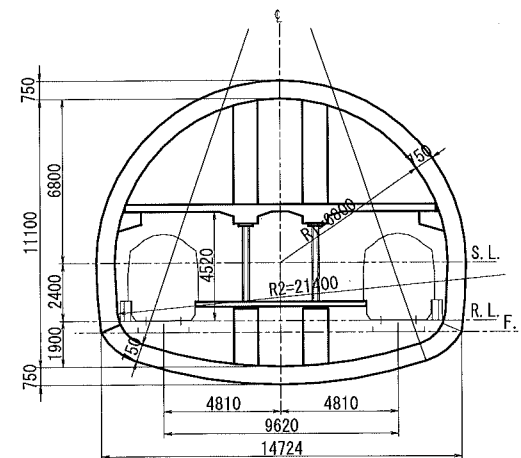


図-4 駅大断面区間一般図

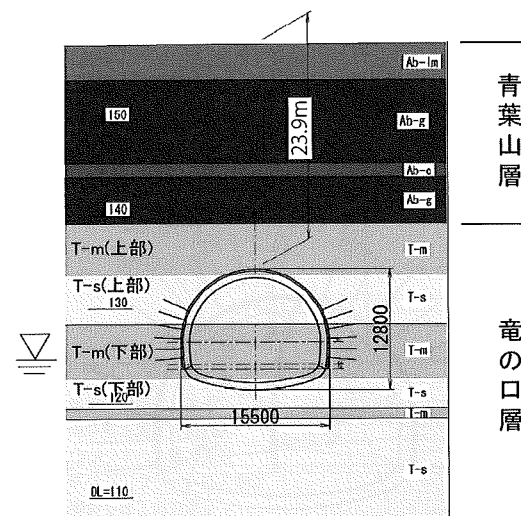


図-5 駅大断面区間地質横断面図

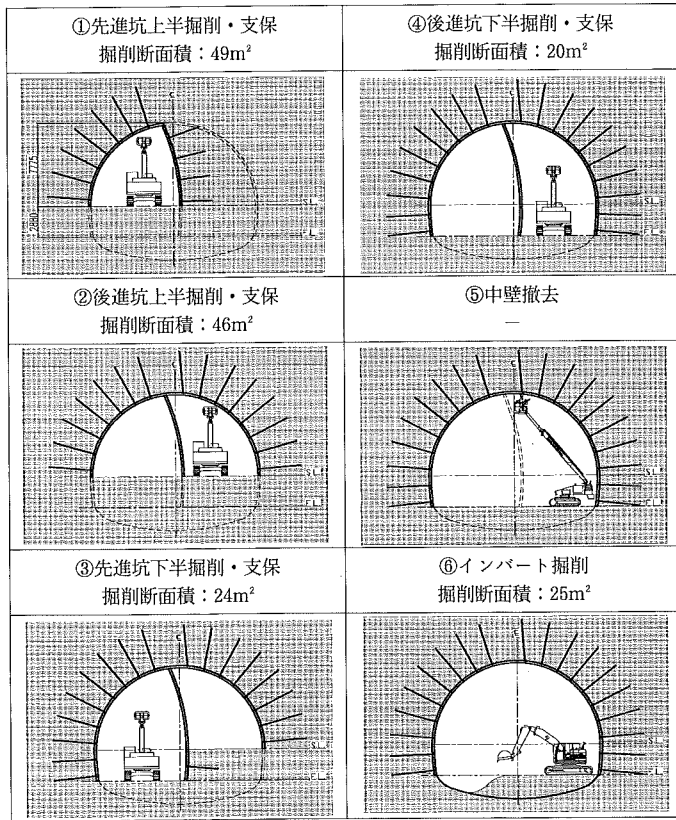


図-6 駅大断面区間の加背割りおよび施工順序

表-2 駅大断面区間の掘削支保構成

ロックボルト	配置	アーチ・側壁(中壁)
	長さ(m)×本数(本)	
	縦断間隔(m)	1.0
吹付けコンクリート	アーチ・側壁(cm)	5.0(一次)+17.5(二次)=22.5
	中壁(cm)	5.0(一次)+12.5(二次)=17.5
鋼製支保工	アーチ・側壁	175H
	中壁	125H

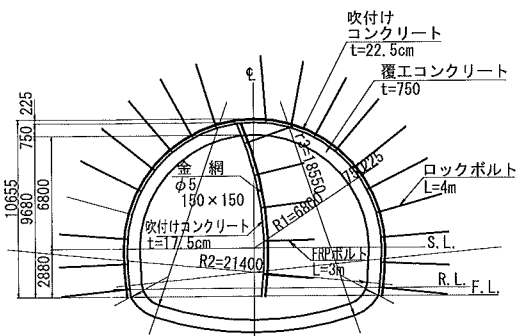


図-7 駅大断面区間掘削支保パターン図

中壁分割工法の施工順序については、拡幅断面区間の施工結果および現地状況を踏まえ、図-6に示すとおり、先進坑(断面左側)上半を開削部到達点まで掘削し、引き続き同様に後進坑(断面右側)上半を到達点まで掘削した後、下半を左右に分けてそれぞれ掘削する順序とした。その後、坑内変位が収束したことを確認し、中壁を撤去する。掘削施工機械は、標準断面区間と同様の施工機械を継続して使用し、中壁支保撤去作業は、高所作業車および大型ブレイカーを使用する。なお、加背割りについては、地山挙動および支保部材応力を逐次監視しながら、必要に応じ中壁を上半のみとし、下半を一括で掘削する方法に変更することも視野に入れている。

4-2 掘削支保パターン

駅大断面区間については、表-2および図-7に示す掘削支保パターンを採用した。

5 駅大断面区間の施工方法検証

5-1 検証のフロー

駅大断面区間で採用した施工方法(中壁分割工法)について、掘削に伴う挙動を予測して、施工の安定性などを事前に検証した。まず、同トンネルの

標準断面区間において、掘削に伴う地山挙動を計測し、駅大断面区間掘削の対象となる竜の口層の地山物性値の再評価を行った。検証フローを図-8に示す。

5-2 標準断面部における計測の概要

標準断面部の計測箇所は、駅大断面区間と地質条件が類似し、地表面変位および地中変位などが測定できるような地形条件である。1 km590m地点を選定した。選定箇所の土かぶり厚は約35mであり、地質は上位から青葉山層、向山層および竜の

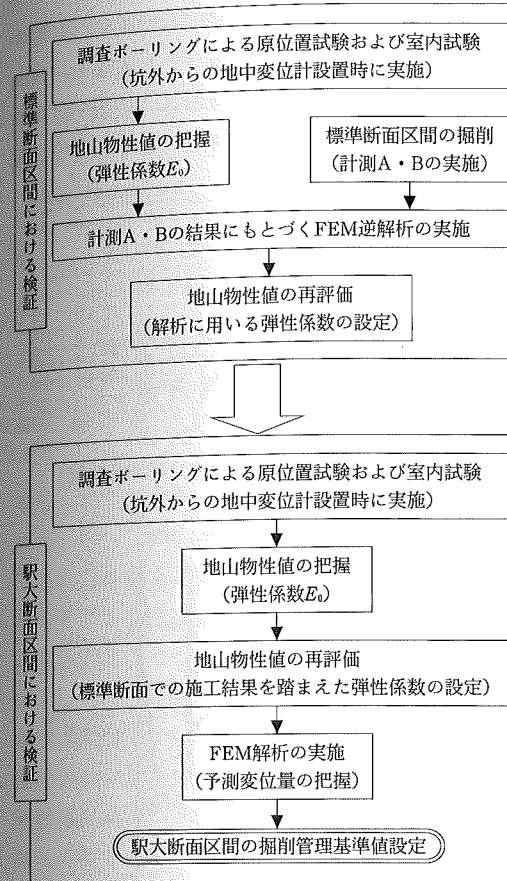


図-8 駅大断面区間施工方法の検証フロー

表-3 1 km590m付近支保パターン(標準断面)

ロックボルト	配置	アーチ・側壁
	長さ(m)×本数(本)	
	縦断間隔(m)	1.2
吹付けコンクリート	アーチ・側壁(cm)	12.5
鋼製支保工	種類	125H(上半)

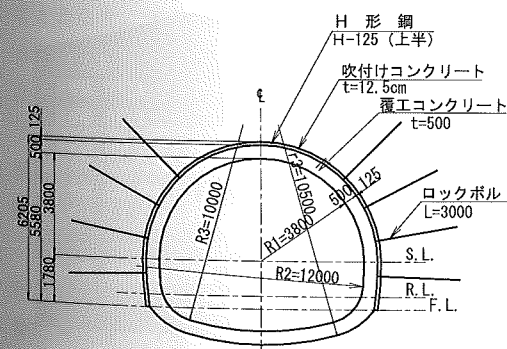


図-9 1 km590m付近支保パターン図(標準断面)

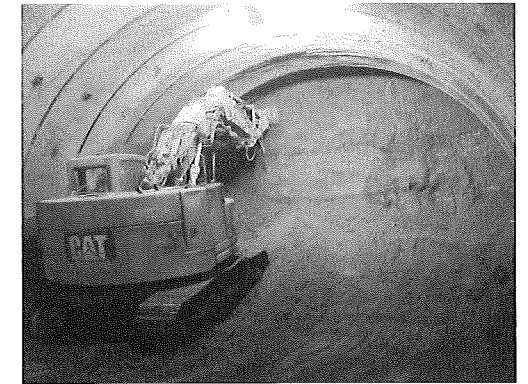
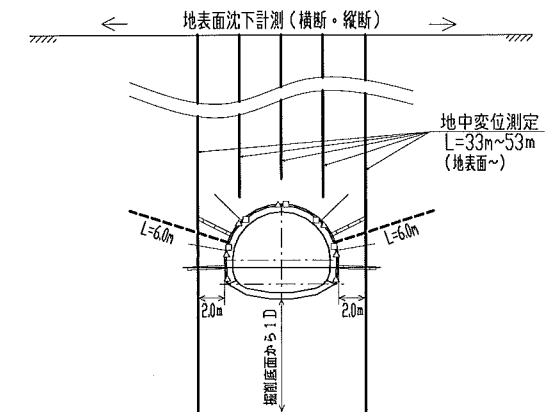


写真-1 標準断面部掘削状況

表-4 標準断面部における計測項目

箇所	種別	項目	計測方法
坑内	計測A	天端沈下計測	3次元計測システム
		内空変位計測	
	計測B	地中変位計測	多段式変位計
		ロックボルト軸力計測	計測用ボルト(ひずみゲージ内蔵)
		吹付けコンクリート応力測定	コンクリート有効応力計
坑外	計測B	鋼製支保工応力測定	溶接型ゲージ
		地中変位計測	挿入式変位計(鉛直・水平)
		地表面沈下計測	レベル測量



計測項目	凡例
地中変位測定(地表から)	——
地中変位測定(坑内)	---
ロックボルト軸力測定	====
吹付コンクリート応力測定	△
鋼製支保工応力測定	□

図-10 計測B配置図(標準断面部)

口層から構成されている。なお、計測箇所付近の掘削支保パターンについては、『山岳トンネル設計施工標準・同解説』にもとづき、地質の状況により、表-3および図-9に示すパターンを選定し掘削を行った。

当該箇所において、掘削に伴う坑内変位(以下、「計測A.」)のほか、地表面沈下、地中変位(鉛直・水平)および各支保部材応力(以下、「計測B.」)を計測することとし、あわせて当該断面におけるFEM逆解析を実施し、掘削による実績値と解析値を比較することにより、駅大断面区間における予測解析に用いる各地山物性値を再評価することとした。標準断面部の掘削状況を写真-1に示す。また、標準断面部における計測項目および位置を表-4および図-10に示す。

5-3 地山物性値の再評価(標準断面部)

図-11~14に、1 km590m断面における主な計測結果を示す。標準断面区間の掘削の結果、1 km590m付近の掘削による坑内変位は、天端沈下量4 mm程度、内空変位量5 mm程度、地表面沈下量

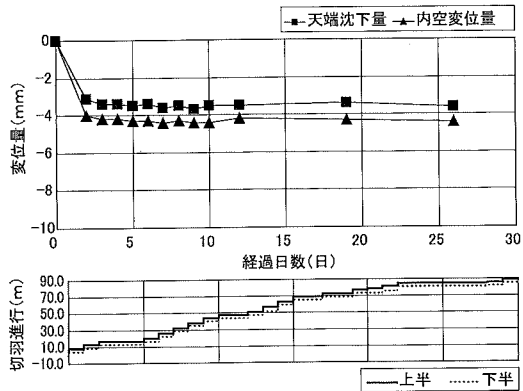


図-11 天端沈下および内空変位(標準断面部)

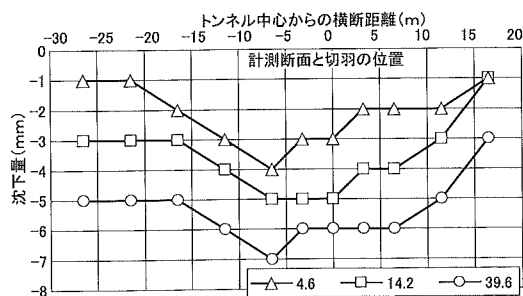


図-12 地表面沈下量(標準断面部)

はトンネル上部で6~7 mm発生した。また、地中変位はトンネル天端付近でもっとも大きく、14 mm程度発生した。変位の発生時期は、切羽が計測断面に10m程度まで近づいた時点で有意な変位が発生

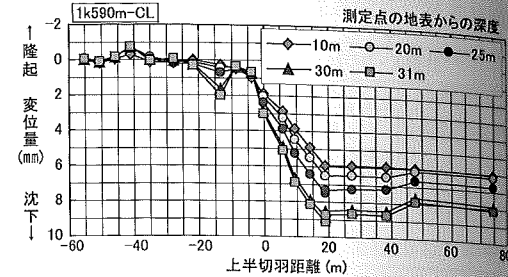


図-13 地中変位(経時変化)(標準断面部)

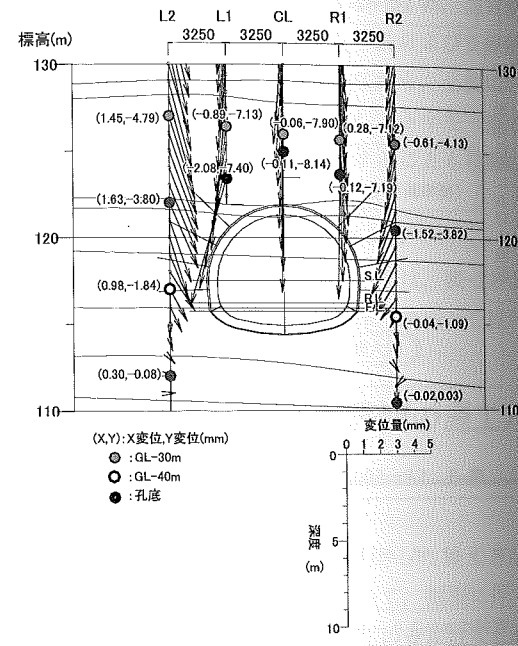


図-14 地中変位(収束値)(標準断面部)

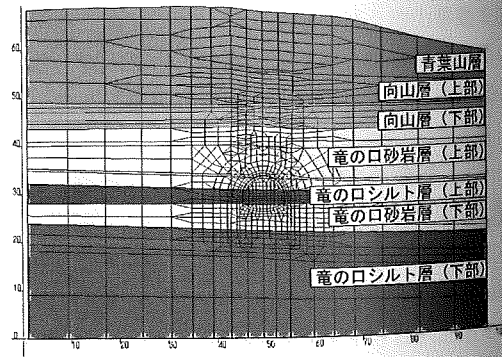


図-15 解析モデル図(標準断面部)

表-5 地山物性値の再評価結果(標準断面部) (単位: MN/m²)

地質区分	初期弾性係数 (原位置試験より)	再評価結果 (FEM逆解析より)	割増し率
青葉山層(上部)	6.48	30	4.63
青葉山層(下部)	6.48	30	4.63
向山層(上部)	35	60	1.71
向山層(下部)	168	300	1.79
竜の口砂岩層(上部)	540	900	1.67
竜の口シルト層(上部)	756	1,200	1.59
竜の口砂岩層(下部)	394	600	1.52
竜の口シルト層(下部)	744	1,200	1.61

生し、切羽通過後50m程度で収束する傾向が見られた。

これらの施工結果をもとに、1 km590m断面で解析モデルを作成して逆解析を行い、計測変位が再現されるような地山物性値を推定した。図-15に1 km590m断面における解析モデル図を示す。

FEM逆解析により、原位置試験から得られた初期弾性係数 E_0 に対し、平均で約1.7倍程度の弾性係数とすることにより、掘削時の地山挙動が良好に再現できた。表-5に逆解析により再評価された地山物性値の再評価値を示す。

5-4 駅大断面区間における掘削挙動解析

駅大断面区間において、中壁分割工法で施工した場合の地山挙動を推定し、施工時の地山安全性を検証するため、駅大断面区間(L=84m区間)の代表断面として、二次元解析(非線形弾性)を行った。駅大断面区間は、地表面がほぼ平坦であるため、解析モデル上では完全な平坦地形として扱うこととした。また解析領域は、鉛直方向はトンネル断面に深に3D(D:トンネル径)、横断方向に5Dとして設定した。さらに上位の青葉山層(上部・下部)については同一層として扱い、青葉山層上部の弾性係数を用いることとした。図-16に駅大断面区間の解析モデル図を示す。

また、FEM解析に使用する地質ごとの地山物性値については、原位置調査で得られた初期弾性係数 E_0 に対し、標準断面における掘削の検証にて得られた地山ごとの弾性係数割増し率を乗じた値

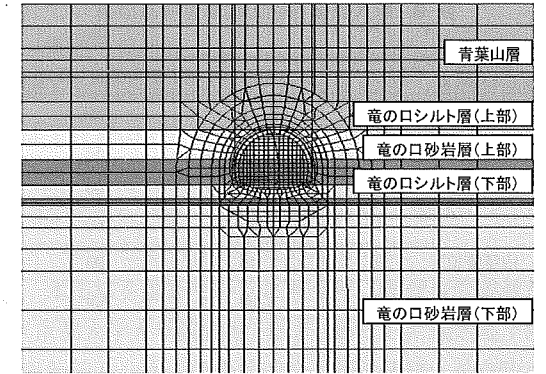


図-16 解析モデル図(駅大断面部)

表-6 地山物性値の再評価結果(駅大断面部) (単位: MN/m²)

地質区分	初期弾性係数 (原位置試験より)	割増し率	再評価結果
青葉山層(上部)	15	4.63	70
青葉山層(下部)	50	4.63	240
竜の口砂岩層(上部)	150	1.67	260
竜の口シルト層(上部)	60	1.59	100
竜の口砂岩層(下部)	280	1.52	430
竜の口シルト層(下部)	330	1.61	540

表-7 FEM予測解析の結果(駅大断面部)

施工段階	天端沈下量予測値(mm)	
先進坑上半	掘削	8
	支保	12
後進坑上半	掘削	24
	支保	36
先進坑下半	掘削	36
	支保	37
後進坑下半	掘削	37
	支保	37
中壁撤去	37	

を採用することとした。表-6に駅大断面区間のFEM解析に用いた地山物性値(再評価値)を示す。

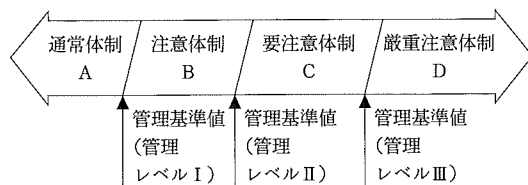
FEM予測解析の結果、天端沈下量は後進坑下半支保設置時に最大で37mm程度生じるという結果が得られた。表-7に解析による天端沈下量予測値を示す。

6 掘削管理基準値の設定

駅大断面における天端沈下量および内空変位量

表-8 駅大断面区間の掘削管理基準値

項目	管理レベル	単位(mm)	
		駅大断面 中間	駅大断面 最終
天端沈下	I	15	30
	II	20	45
	III	30	60
内空変位	I	30	60
	II	45	90
	III	60	120



(管理レベルの考え方)

- A: 通常体制 …… 定時計測, 坑内観察程度
- B: 注意体制 …… 観察, 現場点検, 作業員への注意強化
- C: 要注意体制 …… 観察・計測頻度の強化, 管理基準値からの最終変位予測, 変位速度を考慮し要因の分析, 必要に応じ対策工の準備と実施
- D: 嚴重注意体制 …… 切羽掘削の一時中止, 変位要因・傾向の解析, 支保パターン・対策工の再検討

図-17 各管理レベルにおける施工体制

に関する掘削管理基準値は、「5-4 駅大断面部における掘削挙動解析」におけるFEM解析の予測値を用いて設定した。

インバート掘削終了までの最終管理値については、計測開始となる上半支保建て込み以降の変位量にて管理を行うことから、FEM解析における最大天端沈下量37mmから、先行変位量および先進坑支保設置までの計測遅れ分として、上半掘削時の天端沈下量8mmを差引いた値(37mm-8mm=29mm≒30mm)を管理レベルIとした。また、管理レベルIの1.5倍の値を管理レベルIIに、2.0倍の値を管理レベルIIIと設定した。

さらに、施工時における管理として、先進坑上半掘削完了時の天端沈下量および内空変位量の中間管理基準値を設定することとし、各値は後進坑掘削時の管理基準値の0.5倍と設定した。表-8に、

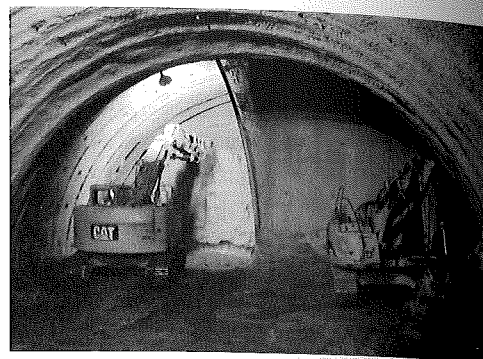


写真-2 駅大断面区間掘削状況

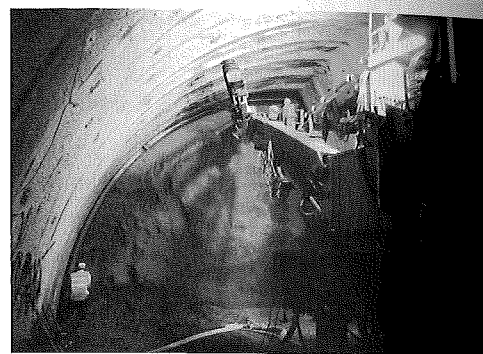


写真-3 駅大断面区間鋼製支保建て込み状況

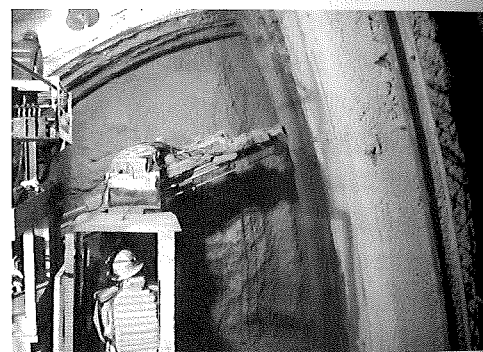


写真-4 駅大断面区間FRPボルト削孔状況

駅大断面区間における掘削管理基準値を示す。

なお、上記の管理基準値については、施工状況、切羽周辺地山の状況などを勘案して適宜、安全率の改定あるいは管理基準値の見直しを行うものとした。また、変位速度にも着目して管理を行うこととし、仮に変位が大きく出たとしても収束が早い場合は、弾性係数が想定よりも小さいと考えられ、変位が大きく収束も遅い場合は、ゆるみが想定以上に発生している可能性があるため、対策工を検討する方針とした。図-17に各管理レベルの

施工体制を示す。

7 現在までの施工状況

駅大断面区間の掘削は平成21年7月3日より開始し、先進坑上半は平成21年8月3日に開削部に到達したところである。先進坑上半掘削における天端沈下量は平均5mm程度と、中間管理レベルIを下回った値であった。写真-2~4に駅大断面区間の施工状況写真を示す。

大断面掘削を考慮した加背割りを採用し、FEM解析を用いた施工方法の検証および管理基準値を遵守した慎重な施工により、本トンネルの大きな課題である駅大断面部掘削は現在のところ無事に施工を進めているところである。今後も引き続き、残りわずかとなった本坑掘削作業をはじめ、インバート工・覆工の躯体構築工についても、安全かつ適切に施工を進めていきたい。

8 おわりに

駅大断面区間の掘削は、平成21年9月に完了する予定である。今後、本誌にて施工結果を報告さ

せていただく機会があれば幸いである。

また、仙台東西線において当機構が施工する亀岡トンネルおよび八木山トンネルは、開削駅接続部で青葉山トンネル駅大断面区間と同様の断面を施工することとなる。青葉山トンネルの施工結果を踏まえ、残り2工区の大断面区間の施工にフィードバックしていきたいと考えている。

本工事を進めていくにあたり、朝倉俊弘委員長(京都大学大学院教授)をはじめとした仙台地下鉄東西線トンネル技術検討会委員の皆様、仙台市交通局をはじめとした各関係者の皆様からの多大なるご指導・ご協力いただいたことに対し、厚くお礼申し上げます。

最後に、本報告が今後の大断面トンネル施工の一助となることを願う。

参考文献

- 1) 鉄道・運輸機構：山岳トンネル設計施工標準・同解説。
- 2) 櫻井春輔：NATMにおける現場計測と管理基準値, 土と基礎, Vol.34, No.2, pp.5-10, 1986.2.

わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 B5判 209頁 本体価格 2,500円 円340円

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

株式会社 **土木工学社**

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

土木情報 No.436

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	神流川沿岸農業水利事業新児玉幹線その11	徳倉建設	108
〃	両総農業水利事業大須賀支線水路その4	森本組	164.7
東北地整	東北中央自動車道栗子T(福島側)	清水・大豊JV	4,021.3
北陸地整	白根道路その9	水倉組	180.2
関東地整	東京湾岸道路(有明地区)函渠ほか	森組	446.4
〃	向原バイパス函渠	国土開発工業	260
近畿地整	六十谷合口取水口建設(その2)	りんかい日産建設	334
九州地整	宮崎10号差木野第1T新設	鹿島建設	1,717.65
〃	新若戸道路沈埋T部(6・7号函)築造	五洋・若築JV	1,930
阪神高速道路	三宝第4工区(その1)開削Tおよび換気所新築	大林・前田JV	7,453
山形県	主地米沢高島線長手T	波谷・金子・太田JV	775.75
茨城県	21国補街路第103-1号,21県単上整第83-3号(合併),道路改良舗装・ボックスカルバート	岡部工務店	176.8
〃	21鹿上水県単第3号,送水管路改築	内田建設	100.5
都・財務局	街路築造に伴う道路排水管路設置(21北南-西東京3・2・6)	石川徳建設	204.9
〃	H21有明二丁目雨水管布設替	大和小田急建設	157.24
都・下水道局	西日暮里幹線その2	竹中・森本JV	1,303
〃	北区志茂一丁目,赤羽南二丁目付近再構築	ビック	416
福井県	道路改良ホノケ山T(仮称)河内工区	坂川・高野JV	1,661.95
山梨県	主地四日市場上野原線新天神T(仮称)建設	天野・秋山・田村JV	1,007
岐阜県	古川南部第3期地区小鷹利T新設	大日本・金子・谷上JV	1,336
〃	公共道路改築事業(仮称)伊岐津志T	大日本・杉山・小池JV	1,245
兵庫県	主地篠山山南線愛宕山T建設	新井組	350
鹿児島県	道路改築(蘭傘田瀬戸3号T)	佐藤・南生・第一・塩田JV	1,980
水戸市	国補公下桜川上流右岸第5排水区枝線(1工区)	株木・田口JV	145.5
〃	〃	協和エクシオ・豊島・東洋工業JV	299
〃	〃 渡里第1雨水幹線	大豊・秋山JV	185
さいたま市	芝川左岸第1-1排水区下水道(北建-21-28)	とだか建設	129.55
〃	加田屋落し排水区下水道(北建-21-8)	ユーディケー・斉藤JV	462.5
川口市	伝右川右岸第八排水区雨水管渠	修和土建工業	131
三郷市	公下茂田井雨水函渠築造(21-1)	松永建設	109
〃	〃 幹線および枝線築造(21-1)	すばる建設	102
吉川市	雨水函渠(第21-1工区)	前田建設工業	138.8
銚子市	導水第26号φ800mm新宿系導水管布設(第2工区その8)	大勝建設	119.5
横浜市	工業用水道弁天町口径800mm配水管布設替	石田建設	136.5
〃	栄処理区平戸第二雨水幹線下水道整備(その4)	横浜建設	293.02
〃	星川雨水調整池築造	大林・東亜・小雀JV	1,745.3
〃	藤塚幹線口径800mm~1200mm配水管布設替(その2)	長野工務店	239.09
〃	野庭線~磯子高区線口径700mm配水管新設(その7)	デッキ	154
厚木市	公下恩曾川左岸第12-2排水区幹線5工区	孝松工務店	107.01
堺市	松屋線下水管布設	日本コムス・久本・松尾JV	1,479.6
神戸市	港島T延伸	西松・岩田地崎・安場JV	1,149
福岡市	番托系導水管布設(3工区)	銭高・不動テトラ・安田JV	1,110.64

計 画

H&Vシールドで下水道幹線の同時施工を計画

—東京都下水道 第二溜池幹線・勝どき幹線—

東京都下水道局東部第一下水道事務所建設課長 伊藤 美 治
東京都下水道局基幹施設再構築事務所設計課設計第一係長 石井 健 二
東京都下水道局建設部設計調整課事業計画係主任 岡部 威

表-1 幹線概要

	第二溜池幹線	勝どき幹線
仕上がり内径	6,500(上流部)~ 8,000mm(下流部)	3,500mm
延 長	4,530m(うち上流部 1,995mは完成済)	1,014m
起 点	中央区勝どき五丁目	中央区勝どき五丁目
終 点	千代田区紀尾井町	中央区銀座八丁目
流域面積	約641ha	約89ha

1 はじめに

東京都下水道局では、くり返し浸水被害が発生している地域において、地形や浸水の発生状況に応じて貯留管やバイパス管の整備を行う取り組みを進め、浸水被害の早期軽減に努めている。

しかし、1時間50mmの降雨に対応する施設の整備状況を示す雨水整備率は、いまだに6割ほどに留まっている。抜本的な浸水対策のためには、幹線やポンプ所などの基幹施設の整備が不可欠であり、整備効果を勘案して段階的に整備を進めているところである。今回取り上げる第二溜池幹線流域は、平成19年度に策定した東京都豪雨対策基本方針の対策促進地区の一つであり、重点的に浸水対策を実施していく地域である。

2 第二溜池幹線の概要

皇居の東から南に位置し千代田区と港区にまたがる番町、溜池、四谷、赤坂地区は、過去浸水被害が多発しており、抜本的な浸水対策が求められていたことから、基幹施設として新たに第二溜池幹線を整備することとした。本幹線は、上流側の延長約2kmについてはすでに整備済みであり、既設管渠の能力を超えた雨水53,000m³を貯留する施設として供用し、浸水被害の軽減に貢献している(表-1)。

また、本幹線の流域は合流式下水道で整備されており、一定量以上の降雨があった場合には汚水混じりの雨水の一部が皇居の内濠へと放流される仕組みとなっている。本幹線の整備により雨水の放流先が内濠から隅田川に切り替わることなどにより、浸水対策としてだけでなく、内濠の水質浄化に寄与できる。

なお、本幹線については平成20年10月から立坑工事に着手しており、シールド製作後、平成22年度末にはシールド掘進に着手する予定である。

3 第二溜池幹線および勝どき幹線の工事概要

3-1 H&Vシールド工法の採用

第二溜池幹線のシールド発進立坑は、新たに建設する雨水ポンプ所である勝どきポンプ所(中央区勝どき五丁目5番地内)用地内としたが、当該

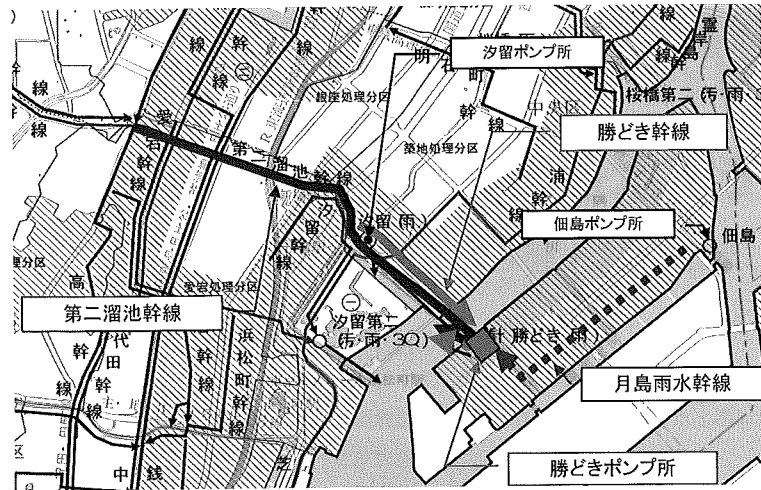


図-1 勝どきポンプ所と下水道幹線の位置図

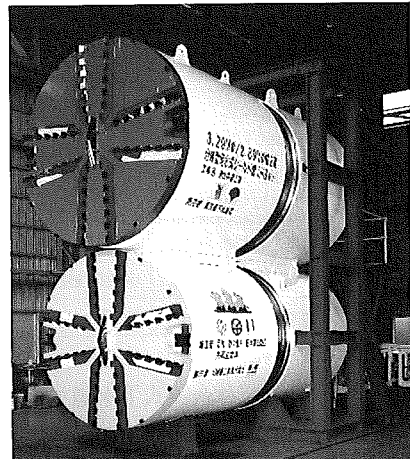


写真-1 H&Vシールド

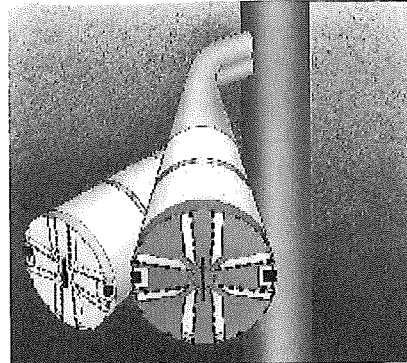


図-2 H&Vシールド概念図

場所は第二溜池幹線とは別に中央区銀座・築地地区の雨水を収容する勝どき幹線のシールド発進立坑でもあることから、この2幹線の施工法について検討した(図-1,表-1)。

ポンプ所躯体や放流渠との配置上、幹線の立坑規模を小さくする必要があるので、第二溜池幹線と勝どき幹線は、同一立坑から発進することとした。また、埋設物との隔離などを確保する関係上、両幹線は同等の土かぶりとなるため、施工法を比較検討し、工期の短縮が可能かつ立坑規模を小さくできるH&Vシールド工法により2幹線を同時に施工することとした。

H&Vシールド工法は、複数の円形断面を組み合わせることにより、多様なトンネル断面を築造することができる工法である。また、シールドを分離することにより、複円形断面から単円形断面へと分岐するトンネルを構築することもできる(写真-1,図-2)。

東京都下水道局のH&Vシールド工法の採用実績としては、南台幹線(仕上がり内径2,400mm)と南台西幹線(仕上がり内径2,000mm)での施工実績があるが、今回の事例はこれに次ぐ2例目となる。今回は二つの幹線の仕上がり内径が8,000mmと3,500mmであり、大口径かつ口径比が約2.5倍となるシールドの同時発進は全国的にも例のないものである。

H&Vシールド工法は、あらかじめ2機のシールド同士を結合しておくことで、並列する管渠を超近接して(最小シールド離隔50mm)敷設することができる。今回は、経済性や施工性を考慮した結果、二つの幹線を横2連に配置し、人孔構造を考慮してシールド間離隔を255mmとして同時に発進することとした。また、第二溜池幹線と勝どき幹線は、到達地点が異なることからシールドを発進後約300m付近で分離することとした。それ

ぞれのシールドは、独立した掘削機構、排土機構を有しており、分離する際には、全胴の連結ピン、後胴の接合ボルトなどをシールド内から取り外すことで、分岐することができる。

3-2 二次覆工一体型セグメントなどの採用

従来、下水道シールドにおける二次覆工(現場打ちコンクリート)は、一次覆工の「蛇行修正」「内面平滑化」「防水・防食」を主目的に施工されてきた。東京都下水道局では、二次覆工に要する工費短縮およびコスト削減を図る目的で、合流式下水道の管きょにおいて、「二次覆工一体型セグメント」を採用している。「二次覆工一体型セグメント」は、腐食性環境における対策を図る目的で、防食機能を防食層(厚さ50mm)としてあらかじめセグメント本体に付加しておくものである。本幹線流域は合流式下水道であり、雨水に混入した堆積物が腐敗して腐食性環境におかれることから二次覆工一体型セグメントを採用した。また、幅広セグメント(セグメント幅1.5mおよび1.2m)を採用して、通常のセグメントを採用した場合に比べて日進量を大きくし、約5か月の工期短縮を図った。

3-3 直接切削工法の採用

シールド発進方法は、鏡切りに伴い切羽の自立を図るための薬液注入工法や凍結工法など地盤改良など補助工法を行うものや、立坑内の仮壁をそのまま切削して発進する「直接切削工法」などがある。今回は、発進立坑(ケーソン工法)にカットビットで切削できる素材をあらかじめ設置しておく「直接切削工法」を採用し、地盤改良など補助工法を行うときに比べて約7か月の工期短縮と約1億円のコスト削減を図った。

また、H&Vシールド工法における発進は、特殊坑口エントランス(ひょうたん形、3段)を使用し、発進時の施工ステップごとに、詳細な止水性の検討を行い、シールド間の止水について安全性を確認し採用した(図-3,4)。

3-4 地下埋設物などへの影響予測

本幹線の敷設ルートは隅田川の横断などを除くと主に都道下であり、地下鉄や地下埋設物との隔離を確保すると、掘削する深さは約50mとなる。

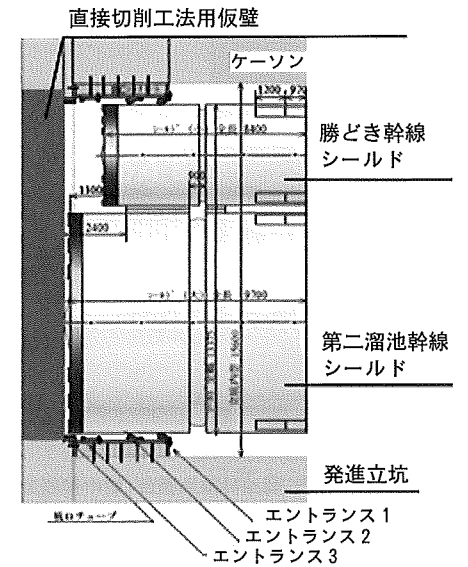


図-3 立孔内シールド配置図

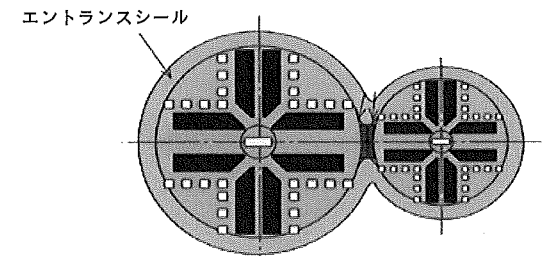


図-4 発進部正面図

通過土層は主として細砂であり、0.5MPa程度の被圧水が作用することから、施工法は泥水式シールド工法を採用した。また、両幹線通過ルート上には、都営地下鉄大江戸線や東京メトロ銀座線のほか、JR線(山手線など)在来線および東海道新幹線、NTTの主要管路など大規模な地下埋設物や構造物が敷設されている。各管理者と協議を行い、重要構造物に対しては、影響解析による予測変位量を算定して、管理値以内であることを確認した。

3-5 既設第二溜池幹線との地中接続

新設する第二溜池幹線は、工事終点部で既設の第二溜池幹線と接続を行うが、既設幹線は東京メトロ銀座線虎ノ門駅直下約40mの位置でシールドが残置された状態である。既設幹線との接続にあたっては、駅舎下への立坑構築は現実的ではないことから、接続方法を地中接続とし、既設シールド

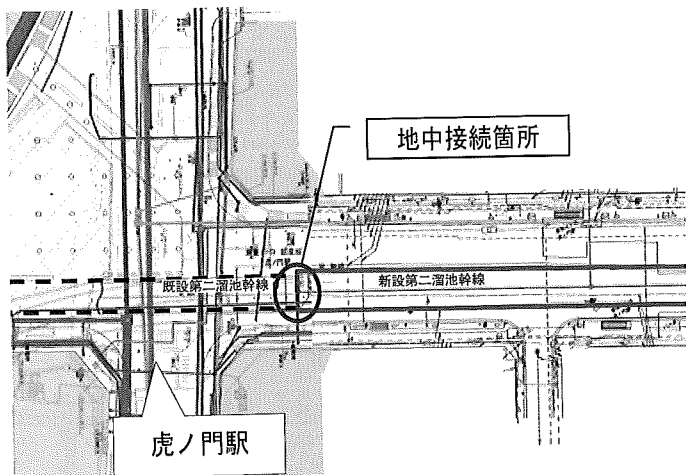


図-5 第二溜池幹線到達部(地中接続部)平面図

ドと新設シールド面間距離を最大限近づけて掘進を完了することとした(図-5)。

地中接続時の補助工法としては、施工実績や地盤条件、大深度での施工を踏まえて検討した結果、凍結工法を採用することとしている。

4 おわりに

第二溜池幹線整備事業は、大口径シールドかつ

2幹線同時発進という大規模工事であり、施工にあたっては高度な技術管理に加え、確実な安全対策が必要である。とくに、既設幹線との地中接続については、日本の中枢である霞が関地区に隣接する虎ノ門交差点の地下鉄駅舎直下(土かぶり約40m)での施工であることから、安全性の検討を十分に行い、細心の注意を払って施工することが求められる。幹線同士の地中接続は、第二溜池幹線整備の第2期工事であるが、より安全かつ確実な施工を行うことが今後の検討課題であることから、第1

期工事請負者からの技術的な提案を受け、請負者側の視点からの安全検討を加え、最終的に詳細な施工方法を決定していくこととしている。

また、第二溜池幹線を施工した後は、引き続き、日本の中枢機能が集中している永田町や霞が関地区などの老朽化施設の再構築や浸水対策、震災対策を推進していく予定である。

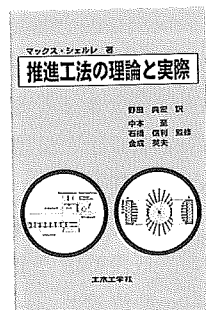
推進工法の理論と実際

B5判 437頁 価格8,925円 送料450円

マックス・シェルレ 著

野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金成英夫 監修

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



株式会社 **土木工学社**

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

報告

「ITA総会および世界トンネル会議(ブダペスト)」報告

日本トンネル技術協会

第35回国際トンネル地下空間協会(以下、「ITA」)の総会が、2009年5月23～28日にハンガリーのブダペストで開催され、55の加盟国のうち40か国が参加した。同時に開催された2009年世界トンネル会議(以下、「WTC」)は、ITAとハンガリートンネル協会の共催により、「都市と環境に配慮した安全なトンネル建設」のテーマのもとで50か国、約1,100名の参加があった。

日本からは、ITA総会にITA理事の福本勝司氏((株)大林組)、JTAのITA-WG担当者など8名が参加し、またWTCには論文発表者などを含めて50名余が参加した。

以下に、その概要を報告する。

1 ITA総会

1-1 ITA総会(代表者会議)¹⁾(写真-1)

1-1-1 会員状況

新規加盟国としてラオス、新規会員として14団体を承認した。結果、加盟国が55か国、正規会員が273団体(法人会員151名、個人会員122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2009～2010年の事業計画、事業予算を承認した。

1-1-3 主要な議決事項

① ITA創設者(Sir Alan Muir Wood, 本年3



写真-1 ITA総会

月逝去)を記念し、「Muir Wood講演」をITA年次総会で実施することとした。

② ITAでは「地下空間施工と利用に関する教育訓練基金」を創設する予定とした。

③ 2012年の総会およびWTCの開催候補地としてタイと中国が立候補し、投票の結果、タイのバンコクで5月18～23日開催が決定。WTCのテーマは「グローバル社会のためのトンネル建設および地下空間」。

なお、2010年5月15～20日にカナダのバンクーバーで、テーマは「2020年に向けてのトンネルビジョン」。2011年5月21～26日にフィンランドのヘルシンキで、テーマは「持続性のある社会サービスにおける地下空間」。

④ 中国からトンネルの耐震に関する作業部会

の新設の提案があったが、今後の課題とした。

1-2 ITA広報活動¹⁾

1-2-1 機関誌「Tribune」

ハンガリー特集、加盟30か国からの現況報告、ITAプライムスポンサーなどの報告を掲載しており、総会の開催にあわせて刊行・配布した。

1-2-2 メール配信「ita@news」

ITAからのニュース、作業部会(WG)報告、加盟国からの報告、今後の催事、関係協会関連事項などについて、加盟国、会員、ほか(7,700か所)あてに配信した。

1-2-3 論文集「Tunnelling & Underground Space Technology(TUST)」

ITA会員はTUSTの電子情報版へのアクセスが可能となった。購読料はITAが支払っている。

1-2-4 ITAウェブサイト

htmlファイルで1,000頁、pdfファイルで1,000頁、印刷可能なファイルで12,000頁が掲載されており、毎月5,000件ほどのアクセスがある。

1-2-5 ITA作業部会報告書

作業部会(WG)の報告としてITAレポートがある。WG5から『トンネル工事における作業員の健康と安全に関する指針』、WG19から『山岳工法に関する報告』を発刊した。

1-3 作業部会(WG)とITA委員会^{1),2)}

現在、ITAでは12の作業部会と3つの委員会が活動している。今回の参加者は、作業部会に約190人、委員会に約140名であり、前年のインドのアグラ会議に比べて多かった。

作業部会や委員会への参加は国際会議での講演発表などとは異なる方法での情報発信や情報収集ができる。これらの活動を通じて日本の技術、手法、考え方を理解してもらいよい機会であり、積極的な参加が期待される。

1-3-1 作業部会(WG)活動(写真-2)

(1) WG2: 研究開発

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)

11か国14名が出席した。現在、「山岳工法のモ

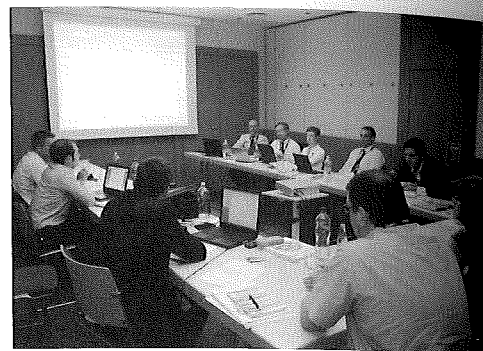


写真-2 ワーキンググループの討議

ニタリングと制御」と「トンネル計画の現地調査方法の検討」の2件の作業が進行中である。ブダペストの会合で「山岳工法のモニタリングと制御の勧告(案)」を審議し、合意に至った。後者の勧告(案)については2010年バンクーバーで内容の見直しと審議を行うこととした。

昨年のアグラ会議から着手している「リスクマネジメント」の一部として、WG2が2004年に発刊した『トンネル工法実務』にもとづく資料を作成し、若手技術者のための教育訓練コースで使用した。

新規課題として、「高強度コンクリートを用いた高耐久性の在来覆工およびセグメント覆工」および「トンネル掘削に伴う沈下に起因するパイプライン破損の予測」を提案した。

(2) WG3: 地下建設における契約実務

部会長: A. Dix(オーストラリア)

副部会長: M. Smith(英国)

担当理事: M. Knights(英国)

トンネルに代表される地下構造物の契約に関する問題について検討している。近年、英国の保険会社で作るグループ(ITIG)の主導で、「トンネル施工に関する国際コード(International Code of Practice for Tunnel)」が作成されたことにより、契約に関する問題意識が一層高まってきている。

WG3は現在「地下構造物の建設プロジェクトにおける契約ガイドライン」を作成中である。このガイドラインは、各契約項目についてどのように解決すべきかについて記述するのではなく、どのタイミングでどの項目を検討すべきかについて

記述することに主眼をおいている。そして、このガイドラインを発注者や請負者、弁護士などすべての関係者が活用できるわかりやすいチェックリストと位置づけ、これを有効に活用することで施工中のトラブルやこれに伴う紛争を最小化することを目指している。日本企業にとっても、このガイドラインは海外プロジェクトの契約実務において有意義なものになるであろう。前回のアグラ会議でこのガイドラインの素案を決定し、今回は内容の詳細を詰めた。今後、他WGへの照査を経て公表する予定である。

(文責: 横尾敦・鹿島建設(株))

(3) WG5: 作業の安全と健康

部会長: D. Ramont(英国)

副部会長: M. Vogel(スイス)

担当理事: V. Umnov(ロシア)

8か国の参加があった。2010年のバンクーバー会議までに『トンネル工事の安全』の改訂作業を完了させることとした。この冊子を数か国語に翻訳中である。『トンネル工事における作業員の健康と安全管理に関する指針』はITAが初めて出版した成果であり、教育訓練コースで使用することを承認した。さらに『トンネル工事中の換気ダクトの安全運転のための勧告』も近く完成する。

(4) WG6: トンネルの維持と補修

部会長: H. Russell(米国)

副部会長: R. van den Bosch(オランダ)

担当理事: B. Yun(中国)

WG6が作成した『道路トンネルの耐火構造のガイドライン(2004年版)』は、世界道路協会(PIARC)との共同成果であり、ITAのウェブサイト¹⁾に公開している。その後、『鉄道トンネルの耐火構造のガイドライン』を作成したが、この際、鉄道トンネルのための新しい火災曲線(時間/温度曲線)の調査と評価を行ってきた。『道路トンネルの耐火構造のガイドライン』は、全米防火協会(NFPA)の基準『NFPA-502 トンネル、高架道路の防火2008年版』にも採用された。今後もITAとNFPAは合同で分析、調査を行う。

WG6は、今後、点検と補修を重視した新たな

ガイドラインの策定を目指すこととした。補修材料は、新設トンネル建設時にも適用するため、関連のグループとの連携も必要である。コンクリートや鉄筋、ポリプロピレン繊維などの本体構造と、耐火目的の表面塗布材、パネル、ボルトアンカーなどの付属物の耐火力や火災による強度低下、変形特性などが議論された。

点検については、ヨーロッパで実施されているコンクリートの点検方法などの情報収集を続け、それらの評価を行う。

WG6は、トンネルの維持、補修に関する情報を収集するために、広い分野からの参加を望んでいる。トンネル構造部材の維持、補修に関する研究開発を行っている企業や団体などにとって、WGに参加する意義が大きいと考えられる。

(文責: 大西豊・(株)ニュージェック)

(5) WG11: 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(フランス)

10か国から14名の参加者があった。参加国による情報交換を行い、以下の作業を継続することで合意した。

- ・沈埋トンネルリストの追加
- ・共同溝トンネルリストをウェブサイトに掲載
- ・準備が整った企業体ガイドを数週間以内にウェブサイトに掲載し、残部分の草案を作る。
- ・その他追加作業事項の確認

(6) WG12: 吹付けコンクリート

部会長: T. Celestino(ブラジル)

副部会長: 石田積(日本)

担当理事: E. Grøv(ノルウェー)

17か国から28名が参加した。現在進行中の調査研究の進捗状況を確認し、課題と今後の進め方を協議した。

1) 繊維補強吹付けコンクリートの評価試験

繊維補強吹付けコンクリートの繊維評価を継続しており、次期試験を計画中。今回は事前に繊維メーカーに呼びかけて委員会出席を依頼し、6社が出席した。試験内容を議論し、コンクリート配

合、短期材齢の試験条件を確定した。さらに長期材齢の試験条件を議論し、確定する。

2) 吹付けコンクリートの調査報告書

報告書は完成し、ITAウェブサイト⁹⁾から入手できる。現在、さらに写真やイラストを加えたITAレポートの作成を検討している。

3) 吹付けノズルマンの資格や能力認定

吹付けコンクリートの品質は吹付けノズルマン技能の影響を強く受け、資格や能力検定の必要性が高いとの認識のもと、数年間にわたり資格認定の規格がある各国の内容を調査研究してきた。

4) 吹付けコンクリートの養生と現場での耐久性評価

長期耐久性は適切な材料の選択だけでなく、施工現場における作業の水準にも大きな影響を受ける。施工で均一性や緻密性に欠け、空隙が多いと長期耐久性は損なわれてしまう。これまで、材料の改良や選択への研究開発と比較して、現場での最終構造物への簡単な評価は少なかったと思われる。試験方法として、コンクリートの空隙と透過性を評価する方法(BAとVPV)があり、北米と南アフリカで広く実績がある。また、耐久性を高める養生方法として、散水、温度制御、混和剤、特殊な軽量骨材、膜などの報告がある。今後、さらに新たな知見を加えて議論を深め、吹付けコンクリートの長期耐久性向上への情報の共有化を図る。

5) 吹付けコンクリートに関連する用語集

120以上の用語を各国語で比較できるデータベースを構築中で、現在、日本語を含む12か国語が集まっている。さらに中国語などを更新して完成し、ITAウェブサイトでの公開を計画している。

(文責：石田積・電気化学工業(株))

(7) WG14：機械化掘削

部会長：L. Babendererde(ドイツ)

副部会長：F. Amberg(スイス)

担当理事：福本勝司(日本)

19か国から17名の出席があり、以下の議論がなされた。

- ① 機械化掘削の長所、短所について、項目別のリストが提示され、了承された。ITAとし

ての承認の後、ウェブサイトに掲載する予定

- ② チャレンジプロジェクトにふさわしい必要条件を規定するため、部会長より提案があった。出席者全員で内容を検討したのち、提案が了承された。この条件にもとづき7月末までに各国からプロジェクト情報を収集する。

- ③ ITA-CETからの要請により、機械化掘削のセミナー(2日間コース)を企画する。

- ④ 他のWGとの連携、既存出版物のデータベース化、TBM工法の促進を今後どのように推進するかについて検討した。

(文責：狭間裕志・(株)大林組)

(8) WG15：建設工事と環境

部会長：J. Rohde(ノルウェー)

副部会長：J. Kaneshiro(米国)

担当理事：I. Lee(韓国)

7か国から9名が参加。WG15は「継続的開発のための地下空間建設に関する環境問題」を主たる目的として1994年から代表的な事例を収集した。理事会の最終承認を経て2010年のカナダのバンクーバー会議では正式文書となる運びである。

今回は、6か国からトンネル計画および工事と環境問題に関する発表があった。日本からは日本を含む諸外国のトンネル坑口構造と景観、視環境に関する実施事例の説明を行い参加各国の評価判断の議論提起を行った。

次に、今後の作業計画を議論した結果、「持続可能な地下空間の計画と建設、管理に関する環境の保全と対策に関する指針(仮題)」の作成を目標に掲げることとした。具体的作業計画としては、主要な地下空間施設と環境影響評価項目、法的規制および対策方法などの情報を各国から収集し総合的に分析を試みるという構想である。すなわち、

- ① トンネル計画および施工に関するITA加盟国へのアンケート調査の実施と回収
② 回収結果の分析を行い、2010年のバンクーバー会議で中間報告
③ さらに調査分析を継続し、2011年のフィンランドのヘルシンキ会議で最終報告書(案)の提示

を目標とすることとした。

(文責：太田義和・太田技術事務所)

(9) WG17：大土かぶり長大トンネル

部会長：G. Seingre(スイス)

副部会長：下河内稔(日本)

担当理事：P. Grasso(イタリア)

10か国から20名が参加。4件の事例報告があった。近年の欧州の安全規準の改善を受けて、部会の報告(Long Traffic Tunnels at Great Depth, Final Draft—updated July 2003²⁾)に若干の変更と補完の提案について討議され、部分的に承認された。

(10) WG18：訓練

部会長：D. Peila(イタリア)

副部会長：H. Admiraal(オランダ)

担当理事：M. Thewes(ドイツ)

9か国から10名が参加。話題の中心はWG18とITA-CETとの関連、位置づけであった。現在は過渡期であり、WG18は、ITA-CETや各WGと協力し、訓練に必要な情報を準備する。

(11) WG19：山岳工法

部会長：H. Ehrbar(スイス)

副部会長：R. Galler(オーストリア)

担当理事：F. Vuilleumier(スイス)

9か国から18名が参加。最近刊行された『山岳トンネル工法報告書』を確認した。次の作業として『山岳工法の契約実務に関する指針』の編集に着手する。このための基礎資料の収集を行い、来年のバンクーバー会議までには第一次原稿をまとめる。

(12) WG20：都市問題と地下利用

部会長：A. Elioff(米国)

副部会長：W. Broere(オランダ)

J. Nishi(日本)

担当理事：H. Parker(米国)

WG20では「都市部における問題解決に向けた地下利用」について幅広く議論している。

今回のWGでは、各国における地下利用方策などについてとりまとめたWG報告書について、前回のアグラ総会からの進捗状況などを確認すると

ともに、新たな事例の追加などの議論が行われた。また、ローマにおける地下鉄整備などが紹介され、日本からは「大深度地下利用法」の概要や現状などについて情報提供を行った。

WG報告書の別冊として各国の都市空間利用に関する事例研究の添付を計画しており、掲載事例などについての確認を行った。日本の事例としては、首都高速環状線、外郭放水路、洪水対策用の雨水貯留地下調整池などが紹介される予定である。WG報告書および事例研究については、今年12月までに執筆作業を終え、来年のバンクーバー総会までに完成することとした。

(文責：田中大・国土交通省)

1-3-2 ITA委員会

(1) ITA-COSUF：Committee on Operational Safety of Underground Facilities(地下施設の運営と安全に関する委員会)

委員長：F. Amberg(ITA)

副委員長：D. Lacroix(PIARC)

担当理事：C. Bérenguier(ITA)

ITA-COSUFは、ITA傘下の組織であるが登録、参加ともにITAとは別途に有料で運営されている。3つの活動グループ(Activity Group)、「AG-1 欧州と国際活動の連携」「AG-2 基準化と最適な実施」「AG-3 調査、研究と新規設備」で構成されている。

今回は5月28日に総会とワークショップ(WS)を開催した。参加者61名(日本から1名)は、ITAの参加者と一部重複しているが、機械、電気、安全技術者などが大半を占め、この会議だけの出席者も多い。当日は、3つのWSが「トンネルの運営、事故対応、訓練」「道路、地下鉄トンネルの公共施設としての建設、運営と非常時対応」「地下施設の非常時対応のための組織、訓練」のテーマのもとで報告・発表を行った。

注目されるものとして、オランダ総合科学技術研究機構(TNO)が非常時対応の訓練方法として実施しているバーチャルリアリティCGと実演習を組み合わせた兵士に対する軍事教育訓練手法をトンネルオペレータの非常時対応訓練へ適用す

る可能性についての紹介があった。

(文責：太田義和・太田技術事務所)

(2) ITA-CET: Committee on Education and Training(教育訓練に関する委員会)

委員長: A. Assis(ブラジル)

副委員長: D. Peila(イタリア)

担当理事: C. Bérenguier(ITA)

ITA-CETには、現在24か国から40名が登録している。

昨年のアグラ大会以降2回の会議を開催し、ITAでの教育訓練の活動計画と同時に基金の設立について協議した。ITA-CETではトンネル工学における4種類の修士課程およびWG成果を利用して8種類の短期講習(15時間)を実施する計画である。

(3) ITA-CUS: Committee on Underground Space(地下空間に関する委員会)

委員長: H. Admiraal(ITA)

副委員長: R. Sterling(ACUUS)

担当理事: H. Parker(ITA)

ブダペストの運営委員会で、活動状況と今後の方針を議論した。最初に出版した白書『地下空間: Q&A』は意志決定者に対して地下空間のメリットを説明し、その利用を認識してもらうためのものである。

1-4 ITA教育訓練コース

WTCに先立ち、ブダペスト工科経済大学(BME)において「軟地盤における都市トンネル構築上のリスク」のテーマのもとで教育訓練コースが開催され、各国から約100人の技術者が参加した。

座長のITA理事M. Thewes氏(ドイツ)のもと、ITA-CET(教育訓練委員会)委員長のA. Assis氏やWG18部会長のD. Peila氏、ITAプライムスポンサーなど、10か国から24名の講師が担当した。日本からは、プライムスポンサーであるシールド工法技術協会の山元寛哲(株)大林組が泥水式シールドに関する講師を務めた。

都市部の軟地盤におけるトンネル構築工法について、理論的な解説や施工事例に関する内容の講演が2日間12時間にわたって行われた。活発な討

議や質問が、参加者の関心の高さを表していた。

(文責: 山元寛哲・(株)大林組)

1-5 ITAオープンセッション

「都市域での地下空間の利用促進と計画」のテーマで、P. Grasso氏とE. Grøv氏の司会のもとで下記の講演があり、適切な地下空間計画、あるいは諸問題解決のための打開策としてのトンネル計画などの成功例が紹介された(講演に用いたpptファイルは、ITAウェブサイトを参照)。

- ① 現代における地下空間利用—米国の展望
A. Elloff氏
- ② マレーシアのスマートプロジェクト(洪水調整用トンネルと道路トンネルの併用)
G. Klados氏
- ③ マドリッドにおける地下鉄およびM30プロジェクト
M. Arnáiz Ronda氏
- ④ ヘルシンキ地区における地下空間利用計画
I. Vähäadho氏
- ⑤ 中国深川地区における地下空間利用のマスタープラン
X. Gu氏
- ⑥ 香港の大深度下水道建設計画
K. Tsang氏
- ⑦ シアトルのウォーターフロントにおける震災高架構造のトンネル構造への転換
H. Parker氏

地下空間の採用はしばしば人間の流動性、公共性、などの相互機能性の結合などに最適な解決策となるが、地下空間の利用にあたっては限定的条件が伴うことと同時に、的確なビジョン、維持管理のための持続的な経費や十分な補償もあわせて要求される。

したがって異なる経験、計画を通して有効な情報交換が必要であり、革新的技術の相互協力や、提示、活発な議論が求められる。

2 世界トンネル会議(WTC)³⁾

2-1 WTC基調講演

開会式に続いて以下の基調講演が行われた。

- ① 欧州における輸送網、その傾向と開発
Z. Kazatsay氏(EU輸送局長)

表-1 WTC 発表論文(日本、著者は筆頭者のみ記載)

トピック1 Risk analysis, finances and contractual relationship		
1	日本の高速道路トンネルにおける火災事故リスク評価の研究	下田哲史・ほか (株)高速道路総合技術研究所
トピック2 Geological and geotechnical investigations		
2	An Engineering Rock Mass Classification to Estimate Rock Properties, Support and Excavation Rate	新 孝一・ほか (財)電力中央研究所
3	熱水変質地域の2つのトンネルにおける掘削ズリに含まれる自然由来重金属類の地質的評価と対策	伊東佳彦・ほか (独)土木研究所寒地土木研究所
4	空中電磁法とCSMAT法による大土盛りトンネルの地質工学的評価	岡崎健治・ほか (独)土木研究所寒地土木研究所
トピック3 Tunnelling in soft ground with shotcrete method		
5	Design and construction of concrete center pillars in a large double adjoined binocular tunnel system	田口敬介・ほか 西日本高速道路(株)
6	小土盛り・帯水土砂地山における経済的かつ適用性の高い新しいトンネル施工技術の開発	井浦智実・ほか (独)鉄道・運輸機構
7	環境負荷の小さい吹き付けコンクリートの配合設計	石田 積・ほか 電気化学工業(株)
8	盛土地山に施工した小土かぶりトンネルの力学挙動特性	門田隆志・ほか 国土交通省
トピック5 Mechanized tunnelling		
9	営業線直下・小土盛り条件下におけるシールドトンネルの計画と施工について	岩村忠之・ほか 京王電鉄(株)
10	A review of Delhi metro tunnel construction with 14 EPB shield TBMs	泉 千年・ほか オリエンタルコンサルタンツ(株)
11	重回帰分析を用いたトンネル機械掘削時の粉じん特性に関する研究	宇田川義夫・ほか (独)土木研究所
12	小断面トンネルにおける割岩掘削	野間達也・ほか (株)フジタ
13	泥土・泥水切り替え型親子シールドによる長距離掘進	駒路勝男・ほか 京都府流域下水道事務所
14	硬質複合地盤におけるシールドカットトルクとシールド機面形状の検討	高田 武・ほか 東京都下水道局
15	Uターンを伴うシールドにおける連続コンベアによる掘削土搬出	伊佐見孝夫・ほか 横浜市
16	アンダーパスの急速施工方法の開発	三木慶三・ほか (株)大林組
トピック6 Monitoring, settlement control		
17	4連めがねトンネルにおけるセンターピラーの設計・施工	田口敬介・ほか 西日本高速道路(株)
18	線路下横断工施工中の沈下計測	内藤圭祐・ほか 東日本旅客鉄道(株)
トピック7 Quality Management		
19	Development and application of the swing method: Simplified seepage analysis system to assess the effect of tunnel excavation on groundwater	小山倫史・ほか 京都大学
20	Densitometry for sprayed concrete floating dust for tunnel construction by digital camera	進土正人・ほか 山口大学
トピック9 Architectural design, structural design and management policy		
21	数値解析的検討による切羽補強工の簡易設計手法に関する研究	横田泰宏・ほか 鹿島建設(株)
22	扁平大断面における双設影響とその対策	吉村義朗・ほか 中日本高速道路(株)
トピック10 City tunnel, environment and safety		
23	世界初の地上発進、地上到達を採用したシールド工法(URUPI工法)	藤本仁成・ほか 東京都
24	Construction of an urban arterial road tunnel by a non-open-cut method using a long pipe roof	島田哲博・ほか 国土交通省
25	供用中の下水道管渠へのシールド側面地中接合の施工事例	三室賢治・ほか 千葉県
26	市街地直下での複雑な形状の地下駅の掘削	金子哲也・ほか 大成建設(株)
27	副都心線中間ポンプ室の施工方法について(PSS-Arch工法)	西村高明・ほか 東京地下鉄(株)
28	都市内の長距離掘進に大断面シールドで挑む—首都高速中央環状新線 代々木シールド	波津久毅彦・ほか 首都高速道路(株)
29	The development of the new type tunnel hood with the "light weight" panel	佐伯和浩・ほか 東日本旅客鉄道(株)
30	民地下に大空間道路トンネルを構築するための技術的対策	大塚敬三・ほか 首都高速道路(株)
31	Control of surface settlement arising from the phenomenon of accompanied settlement using footing reinforcement pile	崔 瑛・ほか 京都大学
トピック11 Maintenance, repair and rehabilitation		
32	損傷を受けたトンネル覆いの内面補強効果に関する実験的研究	真下英人・ほか (独)土木研究所
33	山岳トンネルの地震被害発生メカニズムに関する基礎的研究	日下 敦・ほか (独)土木研究所
34	地山劣化モデルを用いた数値解析によるトンネル変状予測と対策工効果の検討	嶋本敬介・ほか (財)鉄道総合技術研究所
35	新幹線トンネル噴泥対策工法の開発	斉藤 貴・ほか 東日本旅客鉄道(株)
トピック12 Special tunnels(long tunnels)		
36	膨張性地山および未固結砂礫層でのトンネル掘削	中山範一・ほか (独)鉄道・運輸機構
37	新東名大断面トンネルの設計・施工結果の考察	中田雅博・ほか 中日本高速道路(株)
38	めがねトンネル施工技術の最近の展開	中田雅博・ほか 中日本高速道路(株)
39	押し出し性地山における超大断面トンネルの支保構造と補助工法効果の検証	佐藤 淳・ほか 中日本高速道路(株)
40	土砂・岩境界部におけるトンネル地圧に関する計測と解析	高磯 徹・ほか 阪神高速道路(株)
41	複雑な地質条件下での道路シールドトンネルの建設	足立幸郎・ほか 阪神高速道路(株)
42	ザ・ステルス・トンネル—大深度、超長距離、小口径シールドによる首都直下でのガス導管トンネルの設計と施工	木原晃司・ほか 東京ガス(株)

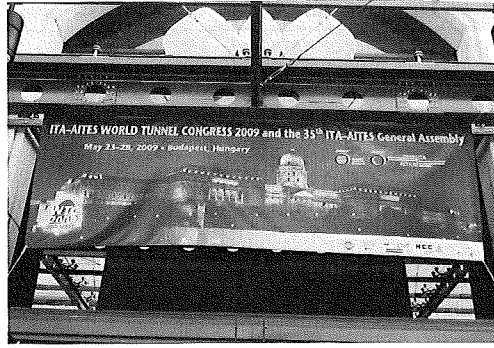


写真-3 WTC会場入口

② リスクマネジメント

M. Knights氏(ITA会長)

③ 都市の軟質地盤における在来トンネル工法—リスクと機会—

W. Wittke氏(WBI社 総支配人)

2-2 WTCテクニカルセッション(論文発表)

下記のトピックスについて論文の公募がなされ、350編(口頭発表176編, ポスター発表174編)の論文が採択され、会場での発表が行われた。このうち、日本からの発表は42編(表-1)で、国別ではもっとも数が多かった。

- (1) リスク分析, 財政, 契約
- (2) 地質調査
- (3) 吹付けを用いた軟質地山のトンネル
- (4) 開削トンネル
- (5) 機械化掘削
- (6) モニタリングと沈下抑制
- (7) 品質マネジメント
- (8) 地下備蓄, 研究開発
- (9) 構造設計とマネジメント
- (10) 都市トンネル, 環境と安全
- (11) 維持, 修繕, 修復
- (12) 特殊トンネル, 長大トンネル

ポスター発表の会場は、大ホールの1階のロビーに割当てられていたが、会場がそれほど広くなかったため会期の前半と後半にわけて2交替方式となった。

2-3 WTC展示会

会場のメインホールのロビー(1~

3階)の展示ブースにおいて、機械メーカー、機械レンタル、資材メーカー、化学メーカー、コンサルタントなど約64社の出展があった。日本企業では、(株)大林組、電気化学工業(株)からの出展があった。

出展している各企業は、営業に直接結びつくことを期待しているようである。そのため、売り込みたい製品、機械、ソフトウェアなどの説明に熱心であった。搬入が難しい大きな模型の展示は少なかったが、カットピットや化学製品サンプルなどを展示しているところではブースに立ち寄る人数も多く盛況であった。

各社とも、国際的な営業展開の視点から日本人に対しても丁寧に説明してくれたが、一方で、日本の事情もよく知っており、日本の情報をもっと提供して欲しいとの声も聞かれた。

(文責:大西豊・(株)ニュージェック/ 日下敦・土木研究所)

なお、今回、現地で収集した展示会での配布資料などの概要(リスト)は当協会のウェブサイト²⁾で紹介している。また、配布資料は協会書庫に保管し、会員が自由に閲覧できるようにしているので参考とされたい。

3 現場視察記^{2),4)}

3-1 ブダペスト地下鉄

ブダペスト市はドナウ川をはさんで、西側のブダと東側のペストに分けられる。そして、現在、ブダペスト市内の地下鉄は1号線、2号線、3号線の3路線が主にペスト側を中心として営業している。1号線は1896年に建設され、ロンドンに次いで世界で2番目、ヨーロッパ大陸ではもっとも古い地下鉄である。

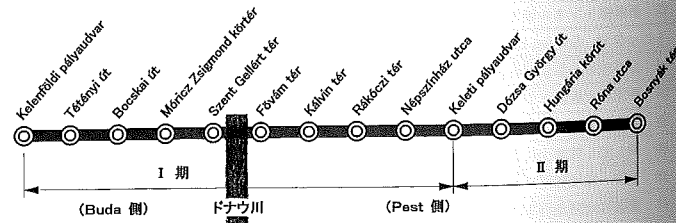


図-1 ブダペスト地下鉄・4号線

現在、建設中の4号線は既存の3路線が通っていないブダ側の南部地域とペスト側の中心部を結ぶ新線である。

4号線の建設はI期工事でII期工事に分けて行われる予定で、施工中のI期工事には鉄道のターミナル駅であるKelenföldi駅とKeleti駅を結ぶ約7.34kmの間に10駅の建設と上下線の双設トンネル工事が含まれる(図-1)。現在の進捗率は約50%である。

4号線の工事予算は、I期工事、II期工事あわせて約11億ユーロであり、そのうちの9億ユーロが欧州開発銀行からの融資である。全体コストの79%をハンガリー政府、残りの21%をブダペスト市が負担することとなっている。

I期工事では、(株)大林組がハンガリーのSWIETELSKY社との共同企業体で3つの駅の建設工事に参画している。

3-1-1 駅部建設工事

いずれの駅も基本的には開削工法で、地上に支障物などが存在する範囲では部分的にNATMを採用していた。駅部の躯体はおおむね地下20mから35mの深度に計画されている。開削工法における土留め壁は地中連続壁を本体利用しており、支保工として山留め鋼材に代わって鋼管(φ1,000mm程度:写真-4)とトラスを多用しているところが日本と違う特徴的な点であった。また、NATMを採用した範囲では砂層を地盤改良していた。

開削工法区間で路上占有を行う場合も、4車線のうち2車線を作業帯として常時占有しており、作業時間も昼間施工のみであった。



写真-4 ブダペスト地下鉄・土留め連壁の切梁鋼管

ブダペスト地下鉄においてもっとも印象的であったことは、各駅の構造が非常に斬新な構造やデザインを採用して個性的なことであった。例えば、Tétényi駅では地表部にドームを設けて自然採光する構造となっている。また、Kálvin tér駅ではX形のRC梁(写真-5)により大空間を確保しており、Rákóczi tér駅ではRC製かまち梁の端面に著名人の名前を刻むために楕円形の大開口部を有する構造(写真-6)を採用していた。このように

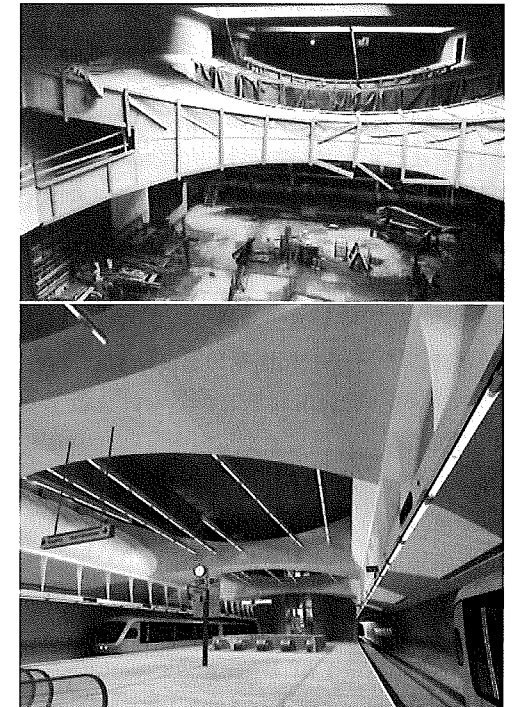


写真-5 ブダペスト地下鉄・X形RC梁⁴⁾
(上:施工中, 下:完成予想図)

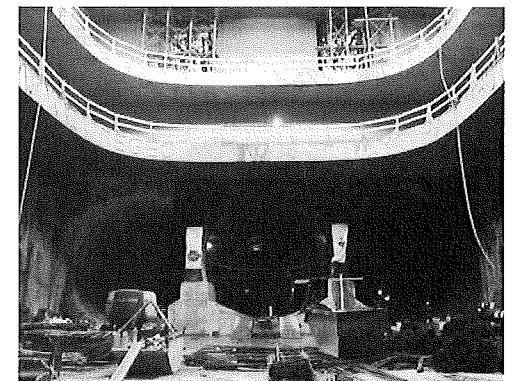


写真-6 ブダペスト地下鉄・駅部大開口部のデザイン

われわれから見るとデザイン優先とも思える構造の採用は、歴史的建造物を多く有し、大切に保存しているところに負うものが大きいのではないかと感じた。

ただし、市街地での工事に付き物の近接施工については日本と同様であり、19世紀の教会をはじめとする古典的建築物に対しては変状を常時監視することで対応していた。

3-1-2 トンネル建設工事

駅間のトンネル工事は上下線各1台、合計2台のシールドにより、フランス、ハンガリーの共同企業体により施工されていた。シールドは外径6.05mの泥土圧式で、1台の掘削延長は約5.4km、掘削対象土質である硬質の粘土、シルトに対応してディスクカッターを装備している。シールドは駅間のトンネル掘削後、駅部の軌道階の構築上を通過していく計画で、各駅でビット交換などの整備を行うこととしている。

見学时、シールドは西端の Kelenföldi 駅を発進してブダ側の Gellért 駅に到着し、先行する1台は当該駅を通過後ドナウ川の下を掘進中であり、後行の1台は当該駅でテールシールド交換などの整備中であった。坑内運搬設備はディーゼル機関車とずり鋼車により排土する方式を採用していた。セグメントはRCセグメントで、桁高は約35cmで

あった。なお、シールド工事は1週間で最大160mの進行を記録したとのことであった。

(文責：東出明宏・(株)大林組/大西豊・(株)ニュージェック)

3-2 高速道路M6線のトンネル²⁾

ハンガリーの高速道路網の基幹をなすM6線は、ブダペストからドナウ川に沿って南下するもので、北部の開通区間から南部のクロアチアとの国境近くの都市 Pécs まで延伸する工事を行っている。視察したトンネルは、A～Dの4区間の双設トンネルであり(図-2)、ハンガリー国内の高速道路としては初めてのトンネルである。丘陵地で景観上などの観点からトンネルを採用している。掘削する地山は、更新世の未固結の砂・シルト・粘土の互層である。施工は、オーストリアを拠点とする大手建設会社 Strabag を筆頭とする Mecsek コンソーシアムによる。

Aトンネルは、延長1,331mの一番長いトンネルである。ミニベンチによるNATM施工は、支保工に鉄筋支保工(ラチスガーダ)と吹付けコンクリートを用いているところ以外は日本と比較的似ている印象を受けた。最大土かぶり約35m、地下水位はトンネルレベルより低い。湧水を伴う区間で地表面まで達する陥没事故が生じたため、以降、アンブレラ工法を採用している。A計測には、自

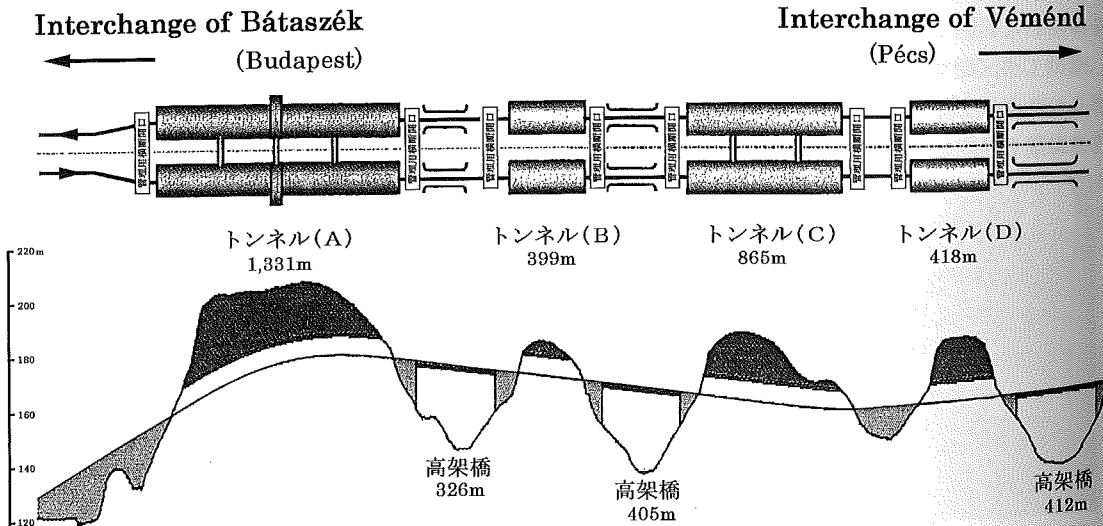


図-2 M6トンネル群のレイアウト

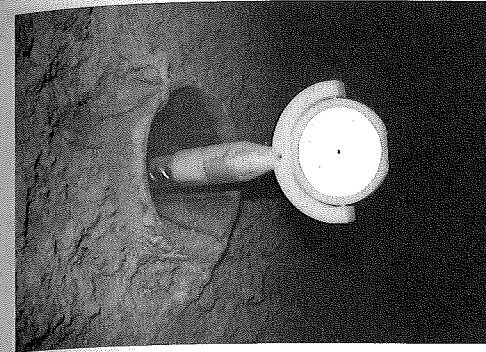


写真-7 M6トンネル・計測ターゲット

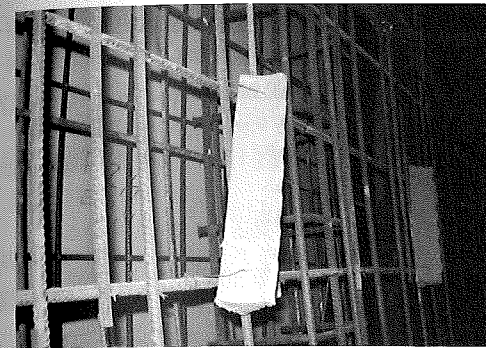


写真-8 M6トンネル・鉄筋のスペーサー

動追尾型のトータルステーションを使用しており、塩ビ管を用いて縁切りし、地山に直接アンカーを取って計測ターゲットを固定する(写真-7)など、ていねいな計測が行われていた。

Cトンネルでは、掘削が完了し、覆工コンクリートを施工していた。ウォータータイト構造ということで2mm位の厚手の防水シートを使用しており、覆工厚45cmの複鉄筋コンクリートである。内外の鉄筋と型枠の間にモルタル製の三角形のスペーサーを設置して確実に鉄筋かぶりを確保するなどの工夫がなされていた(写真-8)。一方、覆工表面にはジャンカなどの施工不良部も若干見られ、品



写真-9 M6トンネル・竹割り式坑門工

質の確保については改善の余地が感じられた。トンネルの坑門形式として延長の長い突出型の竹割り式を採用していた(写真-9)。日本では高コストのため最近ではほとんど見られないが、景観などを考慮して採用されたものと思われる。

(文責：青木智幸・大成建設(株))

あ と が き

本報告は、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いたしました。それぞれの生原稿は、当協会のウェブサイト²⁾に掲載しておりますのでご一読下さい。

参考ウェブサイト

- 1) www.ita-aites.org (ITA：国際トンネル地下空間協会)
- 2) www.japan-tunnel.org (JTA：日本トンネル技術協会)
- 3) www.wtc2009.org (WTC 2009ブダペスト会議HP)
- 4) www.metro4.hu (ブダペスト地下鉄4号線HP)

(土木工学社図書案内)

岩盤の計測と解析 工博 鈴木 光著

A5判 箱入 244ページ 本体価格4,200円 (¥380円)

最近では、有限要素法を利用し、地盤や構築物の変形や応力分布に関する予想解析が行われるようになりつつある。そのために入力などに信頼度の高い各種計測値が要求されるようになってきた。

このような理由から、建設工事では、従来にも増して計測や解析が重要となりつつある。本書は、応用範囲も広く重要と思われる岩盤の計測と解析法の紹介と解説を試みた実務書である。

国道10号延岡道路 差木野第2トンネル貫通 宇和田トンネルが着工

九州地整延岡河川国道事務所が整備する国道10号延岡道路では、8月5日に差木野第2トンネルで貫通式が、8月24日には宇和田トンネルで安全祈願祭が開催された。

差木野第2トンネルは延長704mで、同道路の1工区では、初となるトンネル貫通。約60名が参加して貫通を祝った。平成20年9月の着工からわずか1年足らずで貫通を迎えた。

また、宇和田トンネルは延長1,504mのNATMトンネルで、平成24年2月末の完成を予定している。式典には、約60名が出席し、工期中の安全を祈願した。同事務所長が発注者代表挨拶で「延岡道路は(宮崎)県北地域にとって重要な道路。宇和田地区の住民生活や環境にも配慮し、工事を推進する」との挨拶を行い、工事の安全を祈願した。

渡島当別トンネル貫通式

鉄道・運輸機構が整備する北海道新幹線渡島当別トンネル(全長8,060m)が貫通し、8月24日に貫通式が行われた。新青森—新函館(仮称)間の新設トンネルでは最長となる。

同トンネルは、平成18年1月から木古内側の西工区、同年3月から北斗市側の東工区を開始、平成24年3月の完成を予定している。

上熊谷トンネル貫通

中国地整松江国道事務所が整備する中国横断自動車道尾道松江線の上熊谷トンネルが貫通し、8月24日に現地にて貫通式が行われた。

上栗山トンネル安全祈願祭

栃木県が整備する川俣温泉川治線

の上栗山トンネル(仮称)で8月26日、安全祈願祭が行われた。

同線は栃木県日光市の川俣地区と川治地区(国道121号)を結ぶ唯一の道路となっており、地域住民の生活と観光を中心とする産業を支える重要な路線だが、当該区間は、道路幅員が狭く急カーブが連続し見通しが悪いうえ、落石などの危険箇所がある。そのため県では、トンネルを主体としたバイパス整備を行い、交通環境を改善したい考え、トンネルは、幅員6m、延長1,081mのNATMトンネルで、事業区間は国立公園第二種特別地域に位置するため、環境に配慮しながら事業を進めるものとしている。

土砂バンク開設

北海道開発局は8月11日から「土砂バンク」の運用を開始した。土砂バンクとは、同局の建設工事から発生する土砂を、地域内の有効な資源として、地域内で活用・循環させるため、土砂に関する情報(発生場所、時期、担当事務所など)を事前に広く公開、共有するシステム。発生土を利用したい、または建設工事に利用してもらいたい土砂がある場合は、近くの担当事務所などと連絡を取り、相互の利用調整を図ることができる。これまでには個々の現場単位で土砂の有効利用を図っていたが、同システムの活用により、さらに効率的に地域内での土砂の有効利用が図られることが期待される。

成田—羽田を15分でむすぶ

神奈川県は、「成田—羽田超高速鉄道整備構想」検討調査報告書を発表した。

同報告書は、近年大型空港の整備が相次ぐアジア地区における成田・羽田両空港の地位の相対的な低下に

対して、強化・充実を図る目的で行ったもの。両空港の強化のためには相互アクセスの改善が必要とし、現状の整備計画の完成だけでは不十分としたうえで新たな超高速鉄道の整備が必要と結論、平均時速300km超のリニアモーター方式による鉄道を整備し15分程度の所要時間で相互アクセスが可能となるような事業の提案を行っている。

報告書では、横浜—川崎—羽田—東京—千葉—成田の6駅をむすぶ延長90kmの路線を想定し、駅部を開削、駅間をシールドトンネルとする条件で試算を行い、整備費1兆3,000億円に対し、2兆9,000億円の経済波及効果が見込まれるとしている。

第30回下水道工事

イメージアップコンクール

東京都下水道局は、8月25日、第30回下水道工事イメージアップコンクール表彰式を開催し、14件が表彰をうけた。

同コンクールは、下水道工事のさらなるイメージアップを促すために毎年行われているもので、下水道工事の広報や地域とのコミュニケーションなどで創意工夫を凝らした優れた取り組みを行った工事を表彰し、地域住民の理解と協力のもと安全で円滑な施工に資することを目的としている。

表彰されたのは4部門の最優秀賞、優秀賞で、各部門の最優秀工事は下記のとおり。

大規模管きょ部門：音無川幹線再構築その5工事(日興建設)、中規模管きょ部門：白山幹線再構築工事(足立建設工業)、小規模管きょ工事部門：中央区晴海三丁目付近外管渠補修工事(日工建設)、水再生センター・ポンプ所等部門：鮫洲ポンプ所雨水貯留池その4工事(鹿島建設)。

建設講座

沈埋トンネル(6)

—施工方法—

「沈埋トンネル」連載講座小委員会

五洋建設(株)土木設計部部長兼設計課長 羽田 宏

① 概要

沈埋トンネル工法は、水底トンネルの代表的な構築方法であり、国内外で多数の施工例がある。図-1に示すように、ドライドックなどで製作した沈埋函を、水に浮かべて曳航し、あらかじめ掘削した水底のトレンチ内に沈設後、土砂などを埋め戻してトンネルを完成させる。

沈埋トンネルの施工は、沈埋函の製作と艀装、沈埋トンネル部の施工、立坑と取り付け部の施工に大別される。本稿では、施工現場の現況を踏まえ、沈埋トンネル部の施工方法を中心に述べる。

② 施工方法

沈埋トンネルの標準断面図を図-2に示す。また、一般的な沈埋トンネル全体の施工フローを図-3に示す。

2-1 函体製作工

沈埋函の構造形式は、以下に大別される。

- ・鉄筋コンクリート構造方式
 - ・プレストレスコンクリート方式
 - ・鋼殻方式(鉄筋コンクリート構造)
 - ・鋼コンクリート合成構造方式
 - ・プレキャストセグメント方式
- 設計条件、製作ヤードなどの立地条件、施工性、工期、経済性などが検討され、構造形式が決まる。ここでは、現在施工中の那覇港と洞海湾にお

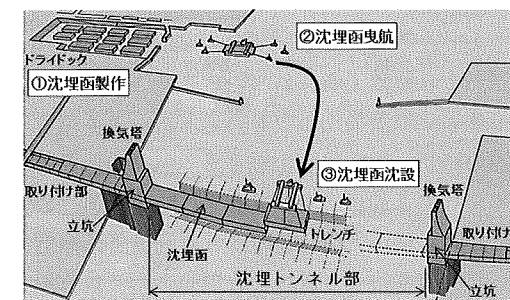


図-1 沈埋トンネル工法

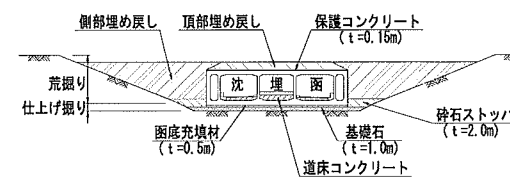


図-2 沈埋トンネル標準断面図

る沈埋函の製作方法を紹介する。両地点とも、近年開発されたフルサンドイッチ合成構造形式で、本体コンクリートを海上で浮遊打設するという特色がある。沈埋函鋼殻を沈埋トンネル建設場所から離れた製作ヤードで製作し(写真-1)、半潜水式台船などで長距離運搬する(写真-2)。建設場所近くで鋼殻を進水後、専用橋脚に係留して、密閉された鋼殻内に高流動コンクリートや充填コンクリートを打設する(写真-3)。

2-2 トレンチ浚渫工

沈埋トンネル工法のトレンチ浚渫は、一般浚渫に比べ掘削深度が深く、掘削底面の高い仕上げ精

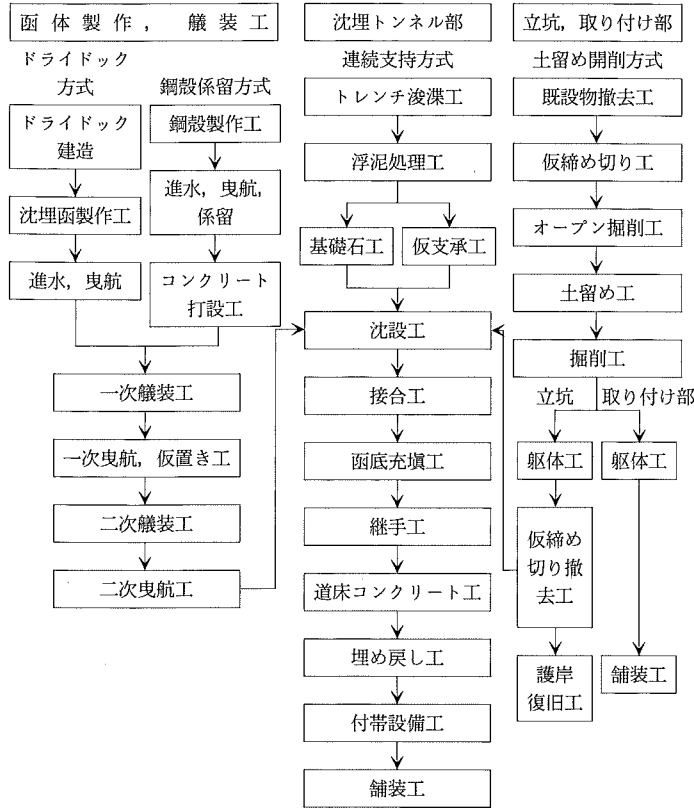


図-3 沈埋トンネル施工フロー

度が要求される。通常、能率を主眼とした荒掘りと、出来形精度と基礎地盤の乱れ防止に重点を置く仕上げ掘りに分けて施工する。荒掘りの法勾配は良好な地盤で1:1.5~2程度、軟弱な地盤では1:2~3程度である。仕上げ掘りの法勾配は、通常1:1.5~2である。浚渫方法はグラブ式浚渫(写真-4)が主流で、ポンプ式浚渫の場合もある。現在、浚渫施工管理システムやナローマルチビームによる深浅測量などが導入され、施工精度の向上は著しい。

2-3 基礎工

国内では、基礎石と函底充填材による連続支持方式の基礎工が大多数を占める。連続支持方式では、沈埋函沈設時に函体を仮支持する必要があるため、仮支承台が設けられる。

2-3-1 浮泥処理工

トレンチ底面あるいは基礎石上に堆積した浮泥は、不等沈下や基礎工、函

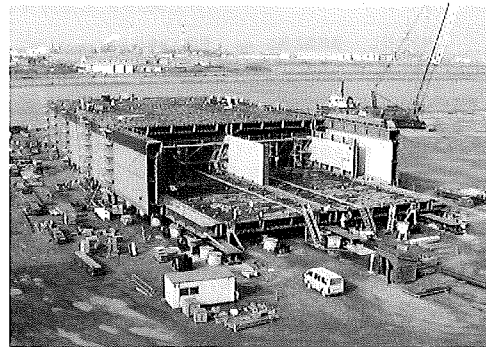


写真-1 鋼殻製作



写真-2 半潜式水台船による鋼殻運搬

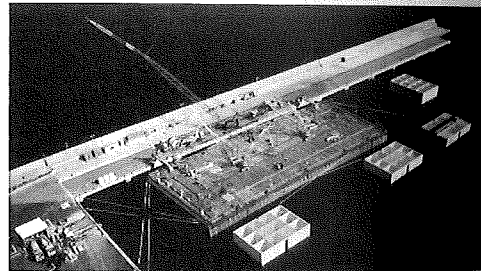


写真-3 本体コンクリート浮遊打設

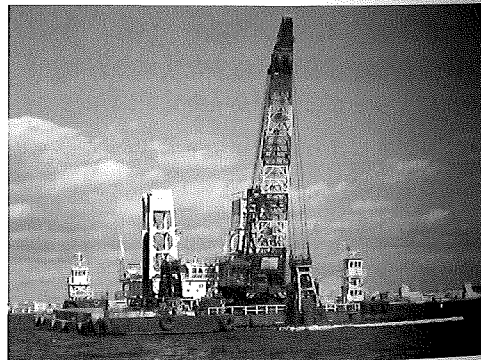


写真-4 仕上げ掘り(グラブ式浚渫)

底充填工の品質低下を招く。このため、潜水調査を実施し、必要に応じて浮泥処理を行う。浮泥の処理方法は、サンドポンプで吸い上げる方法が一般的である。

2-3-2 基礎石工

トレンチの仕上げ掘り後、基礎石の投入と均しを行う。一般に基礎石は粒径20~60mm程度の碎石が使用され、層厚は1.0m程度である。現在、基礎石の投入では、トレミー方式の作業船を使用することが多い(写真-5)。これは、施工精度を高め潜水作業を省力化するとともに、濁りの拡散を防止するためである。大規模・大水深の均し作業では、自動均し機械や専用のブレード船を使用する場合もある。

2-3-3 仮支承工

仮支承台は、沈設した沈埋函を仮支持する支承ジャッキの受け台である。その基礎は、直接基礎形式または杭基礎形式である。直接基礎形式の場合、基礎石投入後、設置面を重錘などで締め固め、陸上ヤードで製作した仮支承台(写真-6)を設置する。設置後、載荷試験を行い、支持力を確認するとともに、沈下を促し仮支持時の沈下量を抑制する。仮支承台上面には、マウントプレートと呼ばれるジャッキロッドの滑りを円滑にする特殊鋼材(SNCM材)を埋め込む例が多い。



写真-5 基礎石投入(トレミー方式)



写真-6 仮支承台(直接基礎形式)

2-4 艀装工, 曳航工および仮置き工

2-4-1 一次艀装工

曳航や係留、仮置きに必要な設備を艀装することを、一次艀装という。一般的な一次艀装を図-4に示す。図中の仮アクセスシャフトは、沈設方式と関係し、バルクヘッドに配置する場合もある。一次艀装は、製作ヤードあるいは浮遊打設場所で施工される。

2-4-2 一次曳航工

製作ヤードから沈埋函を進水し、仮置き・艀装場所あるいは浮遊打設場所に曳航することを、一次曳航という。通常4隻の引船によって、1~1.5ノット程度で曳航する(写真-7)。一次曳航では外洋を曳航する場合もある。

2-4-3 仮置き工

沈埋函の仮置き方法には、浮上仮置きと沈降仮置きがある。浮上仮置きでは、係留用シンカーなどに係留索で沈埋函を浮上係留する。沈降仮置きでは、あらかじめ水底に設けた仮置きマウンド上に沈埋函を着底させる(写真-8)。仮置き期間が長い場合は、沈降仮置きされることが多い。

2-4-4 二次艀装工

沈設に必要な設備を沈埋函に艀装することを、

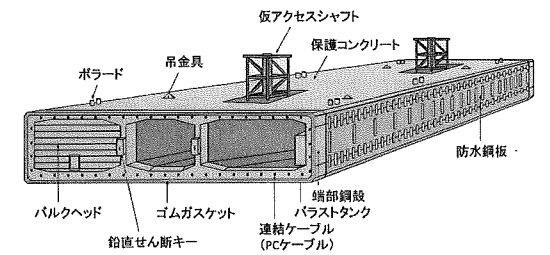


図-4 沈埋函の一次艀装



写真-7 一次曳航(ドックアウト)

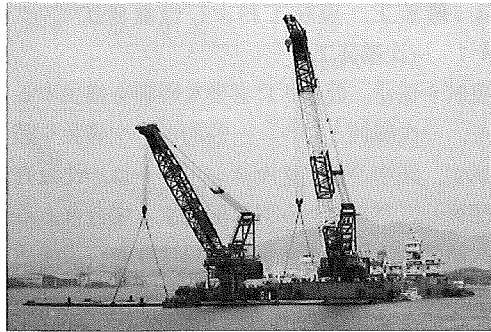


写真-8 沈没仮置き

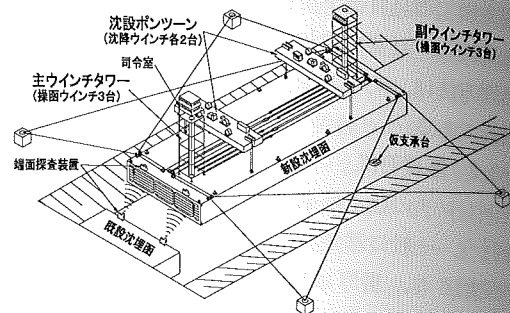


図-5 タワーポンツーン方式



写真-9 二次艀装(ウインチタワー設置)



写真-11 沈設工(タワーポンツーン方式)



写真-10 二次曳航

二次艀装という。通常、沈埋函を仮置き場所に浮上係留して行われる(写真-9)。

2-4-5 二次曳航工

仮置き・艀装場所から沈設場所まで沈埋函を曳航することを、二次曳航という(写真-10)。通常4隻の引船によって1~1.5ノット程度で曳航する。沈設場所に曳航された沈埋函は、沈設用シンカーなどに係留される。

2-5 沈設工および接合工

2-5-1 沈設工

以下に、沈埋函の主な沈設方式を示す。

- ・タワーポンツーン方式

- ・プレッシングバージ方式
- ・プレッシングポンツーン方式
- ・自己昇降式作業台船(SEP)方式
- ・フローティングクレーン方式

大規模・大水深の沈埋トンネルでは、タワーポンツーン方式またはプレッシングバージ方式の採用例が多い。

ここでは、タワーポンツーン方式(図-5, 写真-11)による沈設方法を詳述する。

タワーポンツーン方式では、沈設ポンツーンとウインチタワーを使用して、沈降ウインチ4台と操函ウインチ6台で沈埋函を沈設する。ウインチタワーの司令室から沈降・操函ウインチを遠隔操作し、函体位置を三次元位置管理システムと端面探査装置で誘導する。また、司令室から遠隔操作でバラスタタンクへ注水し、沈埋函浮力の1%程度の沈設荷重を確保する。現在、航路制限期間を短縮するという社会的要請に応え、主ウインチタワーにすべての操函ウインチを搭載することで、タワー1基でも沈設可能である。以下に沈設手順

を示す。

① 沈設開始位置の決定(図-6)

二次曳航後、沈埋函を係留し、沈設開始位置を決定する。既設函との離隔を約10mとする。

② 沈埋函降下(図-7)

沈設ポンツーンの沈降ウインチを巻き下げ、沈埋函を降下させる。

③ 沈埋函傾斜造成(図-8)

沈埋函の縦断勾配に合わせ、片側の沈降ウインチを巻き下げ、傾斜を設ける。

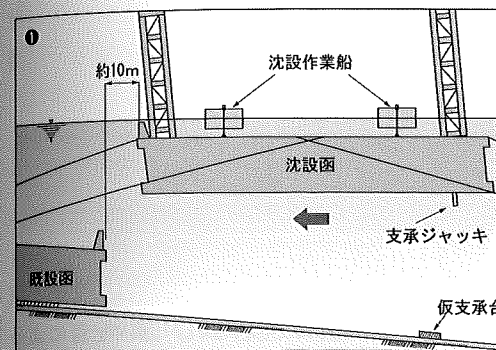


図-6 沈設開始位置の決定

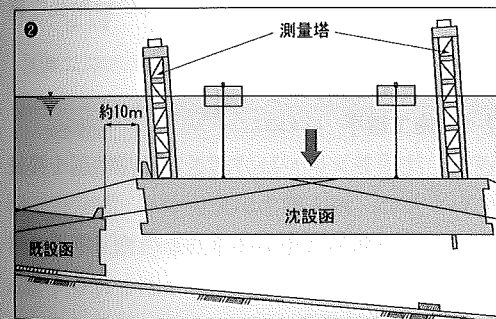


図-7 沈埋函降下

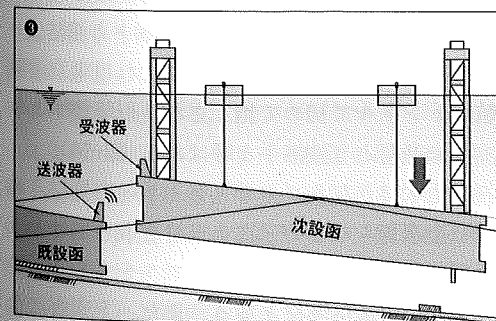


図-8 沈埋函傾斜造成

④ 沈埋函前進(図-9)

ウインチタワーの操函ウインチを操作し、沈埋函を前進させる。

⑤ 沈設函着底(図-10, 写真-12)

②と④の操作をくり返し、既設函の仮受けブラケットと仮支承台上に沈埋函を着底させる。

⑥ 沈設函引き寄せ(図-11, 写真-13)

引き寄せジャッキで沈埋函を既設函に引き寄せる。この際、端部に取り付けたゴムガasket先端が圧縮され、継手間が外部と遮断

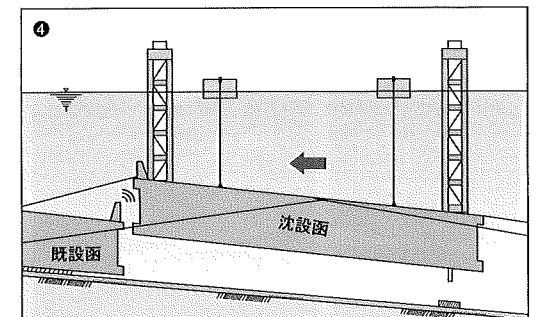


図-9 沈埋函前進

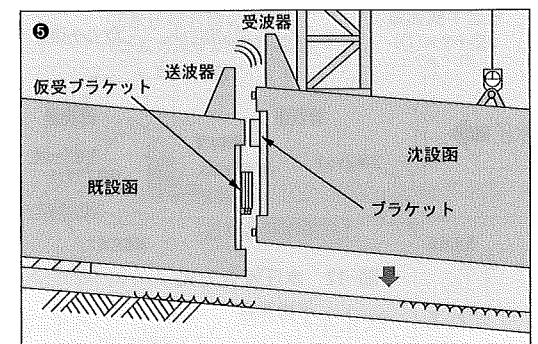


図-10 沈埋函着底

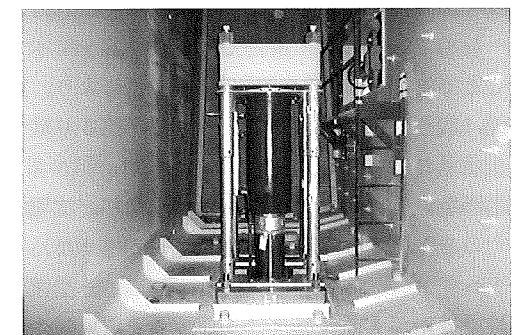


写真-12 支承ジャッキ

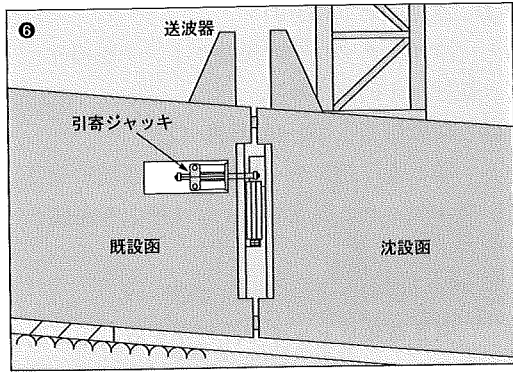


図-11 沈埋函引き寄せ

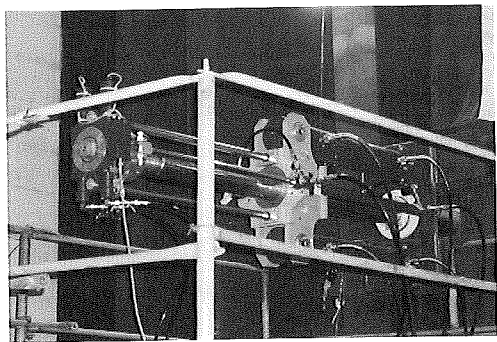


写真-13 引寄せジャッキ

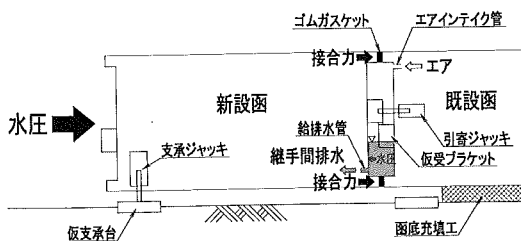


図-12 水圧接合方式

される(一次止水).

2-5-2 接合工

沈埋函の接続は、水圧を利用した水圧接合方式が一般的である。水圧接合では、継手間を排水することで生じる沈埋函両端部の水圧差により、接合面に取り付けたゴムガスケットが圧縮され継手が止水される(図-12)。

水圧接合後、バラストタンクへ注水し、沈埋函浮力の3%程度の安定荷重を確保する。また、バルクヘッド(仮隔壁)を撤去する。さらに、沈埋函法線の修正が必要な場合は、既設函と新設函の間に油圧ジャッキを取り付け、方向修正を行う。

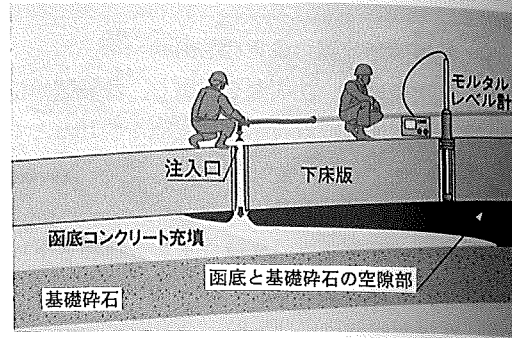


図-13 モルタルレベル計

2-6 函底充填工

沈埋函連結後、基礎石と函底との空隙に充填材を詰め、連続支持方式の基礎を完成させる。基礎石と函底との空隙は50cm程度である。近年は、充填材に水中不分離性コンクリートやベントナイトモルタルが使用される。充填材の流出を防止するため、あらかじめ沈埋函先端部には袋詰めモルタルあるいは漏洩防止シート、側部には碎石ストッパーを施工する。充填材の打設方法は、立坑と取り付け部の工事進捗に左右され、函内配管による長距離圧送となる場合が多い。充填状況は、モルタルレベル計(図-13)と沈埋函側部の観測孔で確認する。

2-7 継手工

2-7-1 施工継手

通常、沈埋トンネルは分割された沈埋函を接続していくため、施工継手が発生する。接続後、函内より目的の継手に仕上げる。この施工継手の構造は、可とう性継手と剛継手に大別される。

2-7-2 可とう性継手

一般に、施工継手に可とう性機能を与える場合は、水圧接合に使用したゴムガスケットと連結ケーブルを組み合わせた構造とする。これは東京港第二航路トンネルで初めて施工され、以降標準となり、従来型可とう性継手と呼ばれる(図-14)。

一次止水材となるゴムガスケットの内側に、オメガ型止水ゴムなどの二次止水材を取り付ける。沈埋函に埋め込まれた連結ケーブルをカプラーで接続し、引張抵抗部材となる。また、下床版に水平せん断キー、隔壁などに鉛直せん断キーを設け

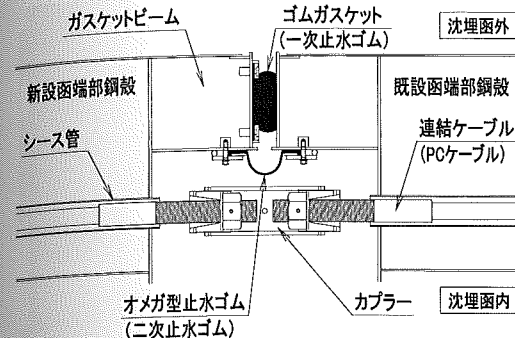


図-14 従来型可とう性継手

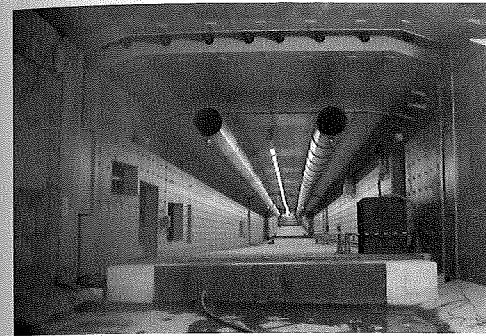


写真-14 従来型可とう性継手

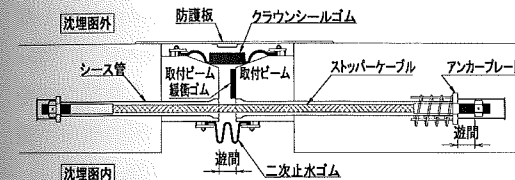


図-15 クラウンシール式継手

る(写真-14)。

現在、新方式の可とう性継手として、ベローズ式継手やクラウンシール式継手(図-15)といった沈埋函内蔵型のものが開発、施工されている。

2-7-3 剛継手

施工継手を剛結するには、沈埋函本体と同等の強度が必要となるため、沈埋函の構造形式に合わせその構造が決まる。

沈埋函が鉄筋コンクリート構造の場合は、施工継手も本体と同断面となり、沈埋函本体の端部が拡幅された構造であることが多い。継手部の軸方向鉄筋は機械式継手や圧接などで沈埋函本体の鉄筋とつながれ、函内よりコンクリートや無収縮モルタルを打設する。

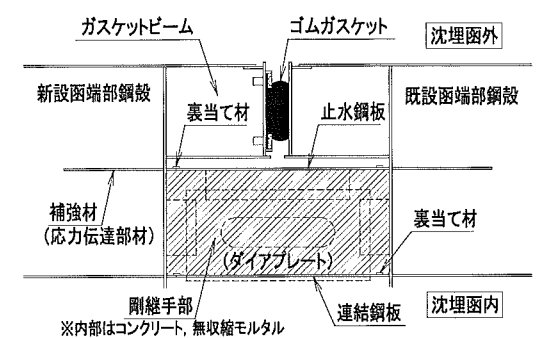


図-16 剛継手(フルサンドイッチ合成構造)

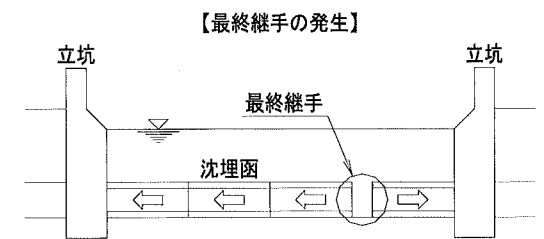
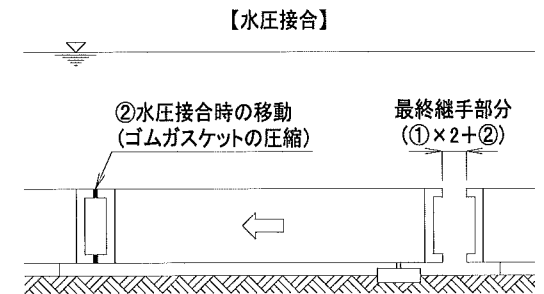
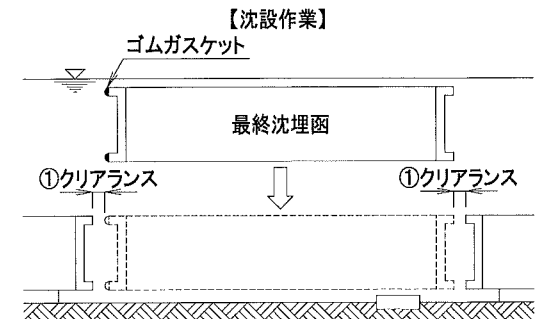


図-17 最終継手概念

一方、近年多く見られるフルサンドイッチ合成構造の場合は、止水鋼板や連結鋼板などの鋼材を溶接でつなぎ、鋼殻内部にコンクリートや無収縮モルタルを打設する(図-16)。

2-7-4 最終継手

沈埋トンネルで最後の沈埋函を接続すると、沈設作業に必要なクリアランスと水圧接合時の函内

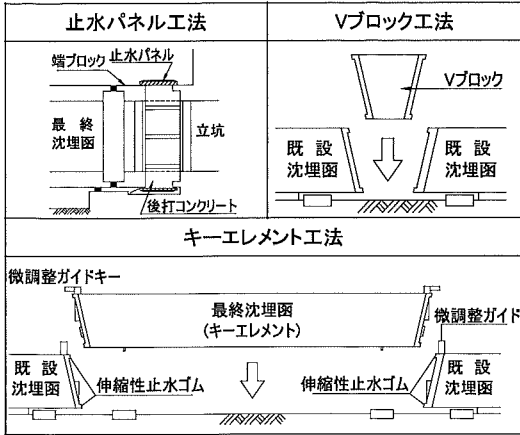


図-18 最終継手工法例

移動で、接続部分と反対側に間隙部分が残る(図-17)。

これを最終継手とよび、前述の施工継手とは異なる施工方法が必要となる。

従来、最終継手の施工には工程や工費、施工の安全性という面で課題が多かった。近年は、これらの課題を解決すべくいくつかの工法が開発、施工されている(図-18)。

この中でキーエレメント工法は、最終継手を省略する最新の工法である。この工法については後述する。

2-8 道床コンクリート工

道床コンクリートは、沈埋函沈設後、浮き上がりに対する安定を確保するために施工される。道床コンクリートの打設方法は、函底充填工と同様、函内配管による長距離圧送となる場合が多い。通常、道床コンクリート打設後、バラスタタンクを撤去する。タワーポンツーン方式では、乾舷を調整するため、一次曳航前に一部先行して打設する(写真-15)。

2-9 埋め戻し工

一般に、埋め戻しは頂部と側部に分けて施工する。通常、沈埋函の浮き上がりに対する安定を早期に確保するため、頂部の埋め戻しを先行する。頂部の埋め戻し材には雑石を使用することが多い。頂部埋め戻しの厚さは、沈埋函の保護コンクリートと合わせ1.5~2.0mとされるのが標準である。

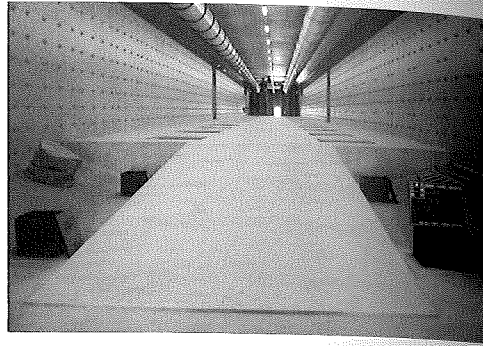


写真-15 道床コンクリート(乾舷調整用)



写真-16 ガット船による埋め戻し

また、側部の埋め戻し材は、地震時に液化化しないものが選定される。埋め戻し材の投入には、ガット船や底開バージ、トレミー方式の作業船などを使用する(写真-16)。航路など、水深の確保が重要となる場合には、潜水士で均しを行う。

③ 最新の工法(キーエレメント工法)

3-1 キーエレメント工法の概要

キーエレメント工法は、従来の最終継手工法であるVブロック工法を改良・発展させた工法で、キーエレメントと呼ばれるくさび形の最終沈埋函を自重と水圧を利用して既設函に密着させ、沈埋トンネルを貫通する工法である(図-19, 写真-17)。

工法の特徴として、以下の項目があげられる。

- ・従来の最終継手工法の省略
- ・一般函と同じ沈設設備での施工
- ・潜水作業を省力化
- ・水圧接合を利用した完全な止水
- ・トンネル延長誤差への柔軟な対応

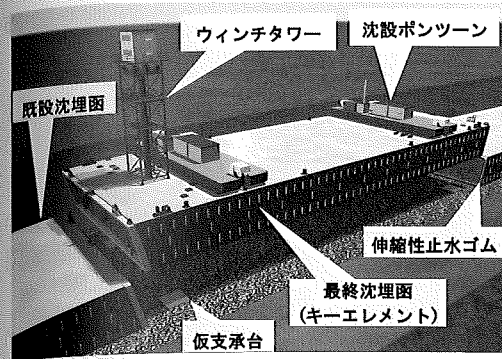


図-19 キーエレメント工法概念

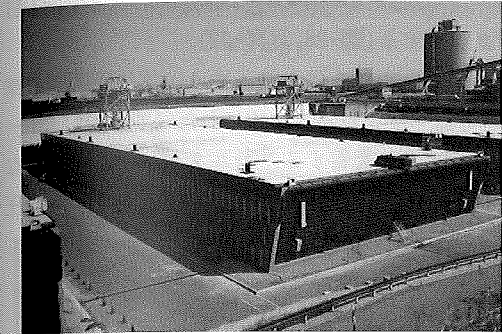


写真-17 キーエレメント製作完了

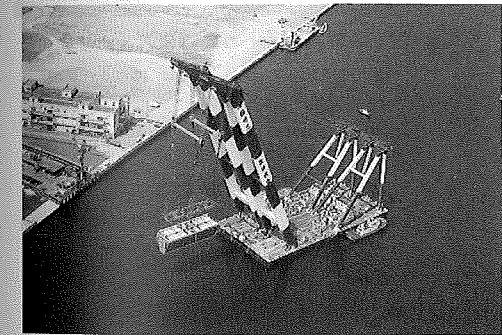


写真-18 Vブロック工法

3-2 キーエレメント工法の接合原理

キーエレメント工法は、従来技術であるVブロック工法(写真-18)の接合原理を応用している。水圧接合原理の概念図を図-20に示す。この原理では、水圧接合前に作用していた継手部分の水圧とキーエレメントの水中重量が、水圧接合後における止水ゴムの圧縮力と摩擦抵抗に相当する。大阪港夢咲トンネルの場合、設置水深は約-26mで、止水ゴムの圧縮力(図-20のR2, R3)は約80,000kN程度になる。

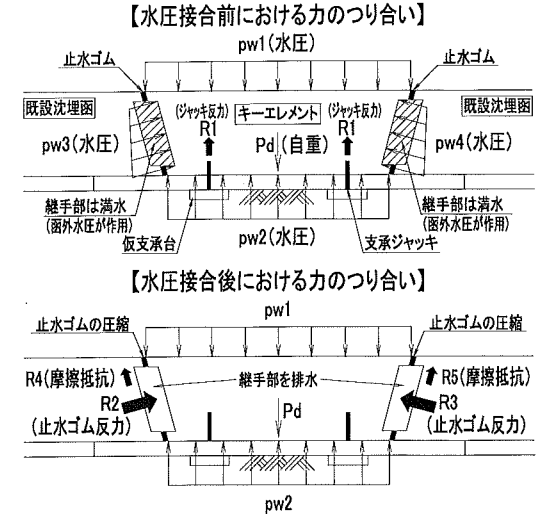


図-20 水圧接合原理概念

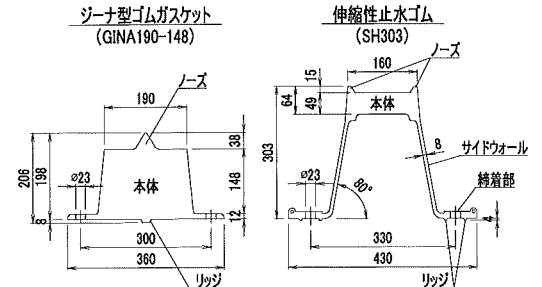


図-21 ジーナ型ゴムガスケットと伸縮性止水ゴム

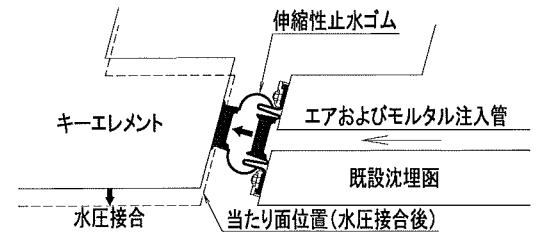


図-22 伸縮性止水ゴムの伸縮機能

3-3 伸縮性止水ゴム

キーエレメント工法は、既設函の据え付け精度とキーエレメントの出来形精度に左右される。これに対し、±60mmの伸縮機能を持つ止水ゴムが開発され、両継手に用いて±120mmのトンネル延長誤差に対応することで、本工法は成立している。この止水ゴスを伸縮性止水ゴム(スーパーホルン)と称し、図-21にその構造を示す。参考として、沈埋函の接合で通常使用されるジーナ型ゴムガス

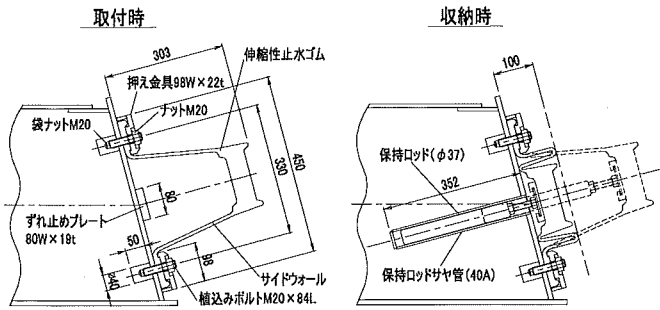


図-23 伸縮性止水ゴムの取り付けと収納

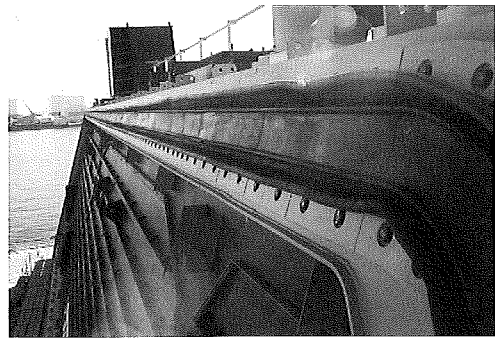


写真-19 伸縮性止水ゴム設置状況

ケットも、合わせて記載した。

伸縮性止水ゴムは、中空構造で内部にエアおよびモルタルを注入することによって伸長する(図-22)。キーエレメント沈設時のクリアランスを確保するため、既設函へはサイドウォールを折り畳んだ状態で設置する(図-23, 写真-19)。

3-4 キーエレメント工法の施工手順

3-4-1 キーエレメントの沈設

キーエレメントの沈設開始位置を決定し、鉛直に降下させる。微調整ガイドキーを微調整ガイドに誘導して(写真-20)、函軸直角方向を拘束した後、4基の支承ジャッキで仮支承台に着底させる。押し出しジャッキ(写真-21)のストローク調整で函軸方向の位置決めを行ってから、キーエレメントと既設函が所定の間隔になるまで支承ジャッキ操作で降下し、一次止水位置を決定する(図-24)。

キーエレメントの沈設は主に沈降作業である。沈降深さが増すほど既設函とのクリアランスが小さくなるため、両側の既設函との相対位置を把握できる三次元位置管理システム(最終沈埋函据え付けシステム)を導入している。

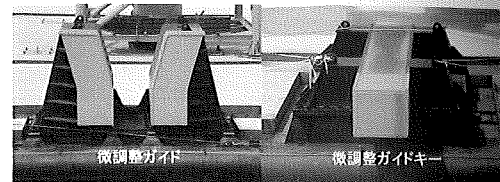


写真-20 微調整ガイドと微調整ガイドキー

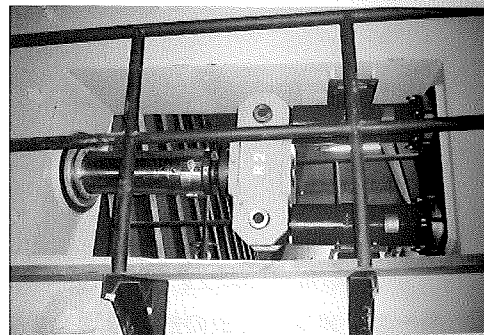


写真-21 押し出しジャッキ

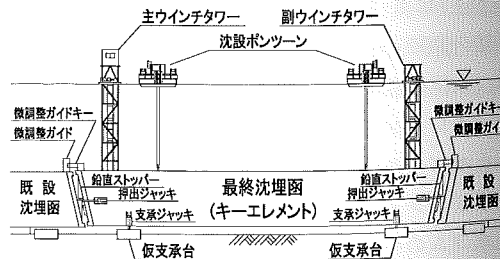


図-24 キーエレメントの沈設

このシステムによる誘導画面を図-25に示す。

3-4-2 伸縮性止水ゴムの施工

既設函より、コンプレッサで伸縮性止水ゴム内部にエアを注入し、キーエレメントと密着させる(一次止水)。継手間の圧力を開放した後、モルタルポンプを用いて、2リフトでモルタルを注入する。使用するモルタルはプレミックスタイプの無収縮モルタルで、既設函内で製造する。モルタルは水圧接合に耐え得る強度になるまで、1日程度養生する(図-26, 写真-22)。

伸縮性止水ゴムは、注入するエアの圧力が最深部の水圧以上になると全周にわたって膨張し、キーエレメントと密着する。モルタル注入後に完全な一次止水を完了させるため、伸縮性止水ゴムの圧

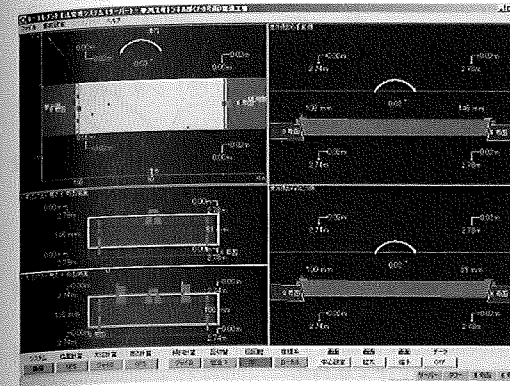


図-25 最終沈埋函据え付けシステムの誘導画面

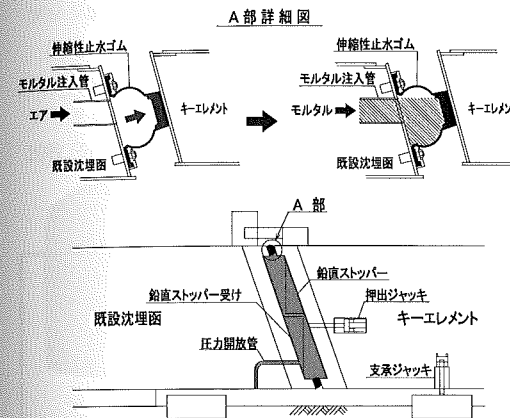


図-26 伸縮性止水ゴムの施工

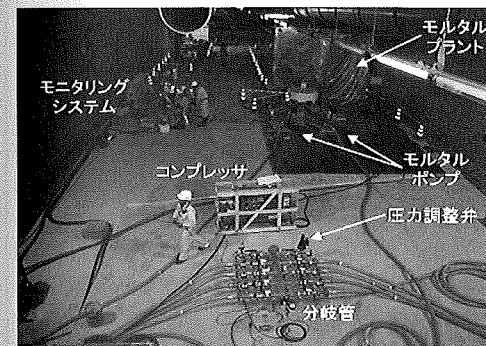


写真-22 エアおよびモルタル注入設備

縮特性から、上床部における内部の空気圧と外水圧の差(差圧)を170kPaと設定している。

なお、注入時は圧力調整弁で一定圧力が保たれている。

3-4-3 キーエレメントの接合

モルタル硬化後、所定の強度を確認し、支承ジャッキ

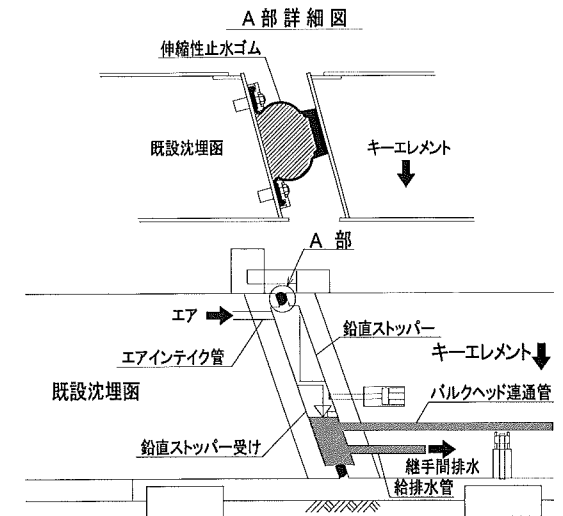


図-27 キーエレメントの水圧接合

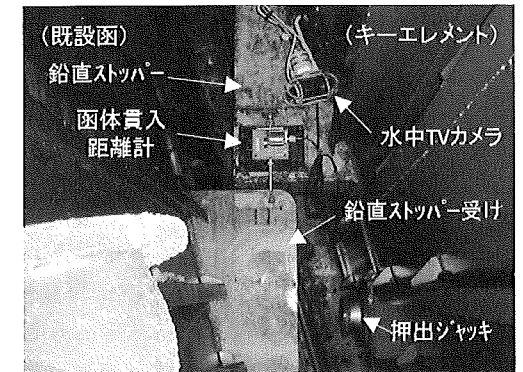


写真-23 水圧接合後の継手間状況



写真-24 伸縮性止水ゴム圧縮状況

キダウンドでキーエレメントを伸縮性止水ゴムに預ける。バルクヘッド連通管を連通させ、両側の継手間を同時に排水して水圧接合を行う(図-27)。水圧接合手順は、自然排水で継手間を減圧し、自由水面が生じたこと(エアインテイク)を確認後、

注排水ポンプで強制排水する。水圧接合後、継手部は剛継手とする。写真-23に水圧接合後における継手間の状況、写真-24に伸縮性止水ゴムの圧縮状況を示す。

3-5 施工実績

キーエレメント工法の施工実績は、大阪港夢咲トンネル(平成19年8月沈設)、那覇港臨港道路空港線(平成21年5月沈設)の2件がある。平成22年度には新若戸道路で計画されている。なお、本工法は第11回(平成21年度)国土技術開発賞最優秀賞を受賞している。

参考文献

- 1) 沿岸開発技術研究センター：沈埋トンネル技術マニュアル(改訂版)，2002.8.
- 2) 清宮理・園田恵一郎・高橋正忠：沈埋トンネルの設計と施工，技報堂，2002.4.
- 3) 日本埋立浚渫協会：沈埋トンネル工法と施工事例，1998.4.
- 4) 日本埋立浚渫協会：沈埋トンネル工法と施工事例 Vol.2—新工法・新技術—，2005.3.
- 5) 日本埋立浚渫協会：沈埋トンネル工法と施工事例 Vol.3—新工法・新技術—，2009.3.
- 6) 日本埋立浚渫協会：沈埋トンネル工法—その計画から維持管理まで—，2005.3.

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

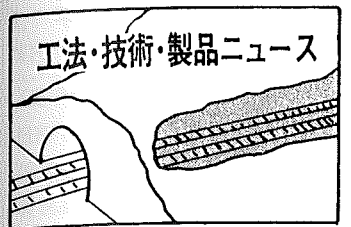
NATMの導入以来、トンネル工事の現場に計測が大幅に取り入れられるようになって、トンネルの力学がますます重要視されるようになった。

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、ゆるみと締まり、地山のゆるみ、再圧密を考えた考察 ○その他の検討／二次覆工の役割とひび割れ、安全率、支保工の設計・観察・計測の解釈と逆解析、力学的に好ましい、または好ましくないトンネルの設計および施工法、有限要素法、トンネルと地下水

株式会社 **土木工学社**

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



20枚/分 省スペースA4 モノクロプリンター

セイコーエプソンはオフィリオプリンターの新商品として、A4モノクロページプリンターLP-S100をエプソン販売を通じて、発売した。

同機は、スタイリッシュな色と省スペースデザインを採用。プリントデータを高速処理し、A4モノクロ20枚/分の印刷速度を実現した。



鉄筋探査が手軽に高精度で

応用地質は、片手で操作可能な小型一体型の鉄筋探査機ストラクチャスキャンEZの発売を開始した。

同機は同社の100%子会社GSSI社が開発したもので、これまで二つに分かれていたアンテナ部とコントローラを一体化することにより、小型軽量化し、片手での操作が可能となった。1,600kHzのアンテナとほぼ同等の性能をもち最大深度約30cmまでの測定が可能としている。

同社販売代理店のKEYTEC社から販売される。

自由面発破工法で発破掘削 の課題を克服

西松建設と戸田建設は共同で、山岳トンネルの掘削方式として広く採用されている発破掘削の新技術とし

て、「自由面発破工法」を開発した。すでに開発済みの割岩技術(EG-Slitter)を利用し、あらかじめ掘削断面の心抜き部に自由面(連続孔)を形成して起爆する振動低減の発破パターン、同じく外周部にガイドホール(空孔)を設けて起爆する余掘り低減の発破パターンが適用できる。

岩盤を対象とした山岳トンネルの掘削では、効率性・経済性に優れることから爆薬を用いた発破掘削が広く採用されているが、振動・騒音による周辺環境への負荷増大、余掘りによる採算性低下(使用材料の増大、作業時間の増大)、といった二つの大きな問題を抱えており、その克服が課題であった。そのため両社では開発にあたって、発破振動・騒音および掘削余掘り量を低減する技術に重点を置き、試験施工において大幅な振動低減と余掘り率10%の低減を実現した。

土かぶり200m超の大深度 でのシールド技術を確立

大成建設は、川崎重工業による技術協力のもと、地下水圧2.0MPaにおいて適用可能な土砂シールドおよび機内で交換できるロータリー式ディスクカッタ交換システムを確立した。このシールド技術の確立によって、土かぶり200m超の大深度でのシールド工事が初めて可能となったとしている。

土砂シールドはシールドのカッタ回転部に装備され、切羽からの地下水、土砂の浸入を防止し、カッタのメインベアリングを守る重要な部分。同社では、作用水圧2.4MPa、実験時間375時間という条件で耐水圧試験を実施し、従来実績(作用水圧1.0MPa)を大幅に上回る止水性・耐久性を有することを確認した。これは、土かぶり200m大深度における硬質地盤・岩盤に対しても高速掘進が可能となったことを意味する。

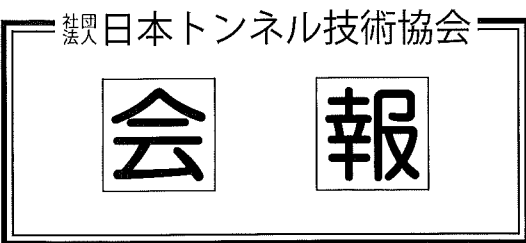
また、ロータリー式ディスクカッタ交換システムは、リング状シールド内蔵の球体ホルダーを180度回転させ、ディスクカッタを交換するもので、内部のリング状シールドを可動シールドとし、背面カバーとの付着を切ることができる構造。実寸による実験では作用水圧2.4MPaで止水性を確保しつつ、スムーズな回転とディスクカッタの交換が可能であることを確認した。また、約1時間で1個のディスクカッタを交換することが可能なことも確認した。ディスクカッタの交換をシールド内で行えるため、作業員への安全確保が可能となり、地下水を遮断したまま作業が行えるため、地下水位の低下防止にも有効となる。

覆工コンクリート 養生システム「うるおい」

西松建設は、新しい覆工コンクリート養生システム「うるおい」を開発し、このほど新潟県発注のトンネル工事に初導入した。

同技術は、山岳トンネルの二次覆工コンクリート型枠を取り外した後、コンクリート表面に、特殊な養生パネルを塩ビ製の支保材を用いて密着するように一定期間(標準7日間)設置することで、コンクリート表面での急激な乾燥や温度降下を防止し、ひび割れの発生を抑制するもの。養生パネルは、中空のポリプロピレン製板材にポリエチレン製高発泡シートと不織布を貼りつけた厚さ11mmの3層構造で、軽量で強靱なうえ、トンネル断面に対する追従性も良く、保温・保湿性に優れている。

導入コストは、内空断面積80m²程度の2車線道路トンネルで3スパン分のシステムを対象とした場合、従来工法と比較すると、およそ30~40%削減できる試算であるとしている。



1. 会員の現状

	8月25日現在
正会員	1,749名
団体会員	307名
個人会員	1,442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

JTAビジョン検討会(8/3)

日月俊昭主査ほか6名, 改善方針を検討

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第36回ITA総会およびコンgres「Tunnel vision towards 2020」	2010. 5. 14~20	バンクーバー(カナダ)	The Tunnelling Association of Canada (カナダトンネル協会) International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会) http://www.wtc2010.org
第37回ITA総会およびコンgres「Underground spaces in the Service of a Sustainable Society」	2011. 5. 21~25	ヘルシンキ(フィンランド)	Finnish Association of Civil Engineers RIL (フィンランド土木学会) International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会) http://www.ril.fi/web/index.php?id=641

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

広報小委員会誌WG(8/5)

大島洋志主査ほか13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ニュースWG(8/24)

早坂治敏主査ほか7名, 海外ニュースを翻訳

海外文献小委員会海外文献WG(8/26)

大久保誠介主査ほか13名, 海外文献を査読

計 4回開催 43名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

共通技術小委員会資機材検索リスト運営WG(8/31)

朝倉讓主査ほか7名, 作業方針を検討

◎受託研究特別委員会

九州新幹線(西九州ルート)トンネル検討委員会(8/27, 28)

江崎哲郎委員長ほか7名, 現場視察ほか

計 2回開催 16名出席

合計 6回開催 59名出席

4. 平成21年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(見学会)				
HEP&JES工法現場研修会	2009. 4.20	8	東京都	2.0
国道9号京都西立体交差現場研修会	2009. 4.27	17	京都府	2.0
首都高速中央環状新宿線現場研修会	2009. 6.25	18	東京都	2.0
新東名島田第一トンネル現場研修会	2009. 7.13	20	静岡県	4.5
調布駅付近連続立体交差現場研修会	2009. 7.17	25	東京都	2.5
北陸地区トンネル現場研修会	2009. 8. 7	20	福井県	7.0
仙台地区トンネル現場研修会	2009.10.16	20	宮城県	
(施工体験発表会)				
第64回(山岳)「新たな発想により課題を克服した施工事例」	2009.10. 7	200	東京都	6.6
第65回(都市)「都市トンネル工事における創意工夫・新技術」	2009.10. 8	200	東京都	6.8
(講演, 講習会)				
第11回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2009.10.29, 30	30	東京都 (83頁参照)	20.5
第12回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2009.11. 5, 6	30	愛知県 (86頁参照)	13.0

第11回トンネル技術ステップアップ研修会
「シールド部門」開催のご案内

本研修会はトンネル経験5~10年程度の新進気鋭の中堅技術者を主な対象としており, シールド工法の計画から設計, 施工, 維持管理までを網羅した実践的な内容を主体とし, テキストも他に例を見ない実務的なものとなっています。演習についても, 具体的なプロジェクト計画に即した検討を行う中身の濃いものとなっています。

本研修会の特徴は,

- ・経験豊富な講師陣との本音の討論会
- ・演習を通じての実践的事例研究

であり,

企業者の技術者には, 「建設から維持管理にわたる技術全般」

コンサルタントの技術者には, 「現場施工に関する知見」

施工会社の技術者には, 「施工技術の習熟と計画や設計に関する知見」

メーカーの技術者には, 「設計と施工に対する理解」

などに役立つプログラムとなっていますので, 奮ってご参加くださいますようお願い申し上げます。

なお, (社)土木学会のCPDプログラムにも認定されていますとともに, 土木学会トンネル工学委員会後援事業でもあります。

— 記 —

開催日: 平成21年10月29日(木), 30日(金)

会場：銀座キャピタルホテル新館「カトレヤ」中央区築地3-1-5 TEL：03-3543-8211
(案内図)



研修内容：

第1日目(10/29)

8:30 受付開始

司会 日本シビックコンサルタント(株)取締役技師長〈事業委員会委員〉 木戸 義和

9:00 開会の挨拶 日本交通技術(株)相談役〈事業委員会委員長〉 桑原 彌介

9:10 主旨説明 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻教授 小山 幸則

計画から維持管理までの調査のポイントと結果の判断方法
—建設副産物の取扱い—

9:20 調査・計画 東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部改良建設企画課課長補佐 荻野 竹敏

10:10 休憩

工法選定・シールドマシン計画のポイントとトラブル事例

10:20 施工(1) 佐藤工業(株)土木事業本部技術部技術第二課課長 関本 昇

12:00 昼食

施工計画・施工管理のポイントとトラブル事例

12:45 施工(2) (株)間組土木事業本部技術第一部シールドグループ長 名倉 浩
(株)熊谷組土木事業本部シールド技術部副部長 河越 勝

16:45 演習事前説明

「シールド工法の限界に挑戦(距離, スピード, 大きさ, 土かぶり)」について徹底討論

17:30~20:00 討論会「カトレヤ」(夕食含む)

第2日目(10/30)

覆工設計のポイントとトンネル変状の実例・原因・対策
—トンネル変状の実例と維持管理ポイント—

9:00 設計・維持管理

パシフィックコンサルタンツ(株)交通技術本部鉄道部地下構造設計グループ課長補佐 清水 幸範

日本シビックコンサルタント(株)事業統括本部構造技術ソリューション部長 斎藤 正幸

11:30 昼食

シールドの設計・施工計画の演習

12:15 演習(グループ検討)

14:45 演習(グループ発表)

17:00 修了証書授与, 同所解散

定員：30名

参加費：会員45,000円, 一般60,000円(昼食2回, 夕食, 教材代含む)

申し込み方法：この案内文書添付の申し込み用紙に記載のうえ, 郵送またはFAXをもってお申し込み下さい。電話での申し込みは受付できませんので, ご了承ください。

〒104-0041 東京都中央区新富2-14-7 新光第一ビル

社団法人日本トンネル技術協会 ステップアップ研修会係

TEL：03-3553-6174 FAX：03-3553-6145

支払い方法：上記お申し込みののち, 郵便振替用紙通信欄に行事名と参加者名記入のうえ, 下記にお振り込み願います。現金書留でも結構です。

郵便振替口座 00160-7-196331 日本トンネル技術協会

その他：①参加費の払い戻しはいたしかねますが, 代理出席は差し支えありません。

②参加者の変更通知は, 開催日1週間前までに願います(修了証書発行)。

*テキストを事前に配布いたしますので, 住所等は必ず記載願います。

下記申し込みにかかわる個人情報につきましては, 他に利用するものではありません。

第11回トンネル技術ステップアップ研修会参加申し込み書 シールド部門

下記のとおり申し込みます。

氏名	フリガナ	年齢	歳
最終学歴	年 卒	専攻	
会社名		所属役職	
会社住所	〒 —	電話番号	— —
現場経験	現場箇所と担当部署を記載(ない場合は, 「なし」と書いてください。)		

10/29の17時30分からの討論会テーマについてご意見等ありましたら記載願います。

第12回トンネル技術ステップアップ研修会 「山岳部門」開催のご案内

各社におかれましても、社員に対して独自の技術研修を実施していただけるかと思いますが、トンネル技術者の技術力向上を目的とし、併せて若い技術者同士の交流の機会を提供する場として第12回トンネル技術ステップアップ研修会「山岳部門」を下記のとおり開催することといたしました。

研修はトンネル経験5～10年程度の新進気鋭の中堅技術者を主な対象とし、本研修会のために書き下ろされた教材にもとづき、執筆者が直接講義するものであります。また現場研修会も併せて開催いたしますので奮ってご参加下さいますようお願い申し上げます。

なお、本研修会は(社)土木学会のCPDプログラムに認定されているほか、土木学会トンネル工学委員会後援事業でもありますことを申し添えます。

— 記 —

開催日：平成21年11月5日(木)、6日(金)

研修内容：

第1日目(11/5) 新東名高速道路トンネル現場見学

工事概況

発注者	中日本高速道路(株)豊田工事事務所	
工事名	【岩戸トンネル】(掘削中) 延長：上り線634m 下り線756m 【生平トンネル】(掘削中) 延長：上り線493m 下り線477m	【秦梨トンネル】(8月掘削開始) 延長：上り線1,100m 下り線1,115m
施工者	鴻池組, 奥村組土木興業(株)	(株)大林組
特徴	【岩戸トンネル】 最大土かぶり：62m 地質：花崗岩 パターン：CI～DIII 小土かぶり部でAGFを計画 高規格支保工の試験施工を実施中 【生平トンネル】 最大土かぶり：60m 地質：花崗岩, 砂質片麻岩 パターン：CI～DIII	【秦梨トンネル】 最大土かぶり：88m 地質：泥質片麻岩, 花崗岩 パターン：B～DIII

行程：

- 12:30 JR「岡崎」駅集合、借上げバスにて移動
- 13:15 JV事務所着(鴻池組事務所)
- 14:00 岩戸・秦梨・生平各トンネル現場見学、ヘルメット貸与
- 16:00 質疑応答(奥村土木興業(株))
- 16:30 現場事務所発、ヘルメット返却
- 18:00 「キャッスルプラザ」名古屋市中村区名駅4-3-25(名古屋駅徒歩10分)
夕食、宿泊

第2日目(11/6)

- 8:30 開会の挨拶 日本交通技術(株)相談役(事業委員会委員長) 桑原 彌介
- 8:40 総説 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻教授 朝倉 俊弘
- 9:00 調査 (財)鉄道総合技術研究所防災技術研究部長 木谷日出男
- 9:50 設計 首都大学東京大学院都市環境科学研究科都市基盤環境工学専攻教授 西村 和夫
- 10:40 覆工・インバート 飛島建設(株)土木事業本部新規事業統括部重点分野推進グループ課長 川端 康夫
- 11:30 膨圧・崩落対策 (株)熊谷組土木事業本部トンネル技術部副部長 中北 昭浩
- 12:20 昼食
- 13:00 補助工法 前田建設工業(株)土木本部土木技術部トンネルグループ副部長 櫻井 孝臣
- 13:50 TBM 大成建設(株)土木本部土木技術部参与 領家 邦泰
- 14:40 新技術の動向 (株)高速道路総合技術研究所道路研究部トンネル研究担当部長 城間 博通
- 15:10 質疑応答
- 15:50 修了証書授与 同所解散

定員：30名

参加費：会員58,000円、一般65,000円(バス、宿泊・懇親、食事、教材代含む)

申し込み方法：この案内文書添付の申し込み用紙に記載のうえ、郵送またはFAXをもってお申し込み下さい。電話での申し込みは受けませんので、ご了承願います。

〒104-0041 東京都中央区新富2-14-7 新光第一ビル

社団法人日本トンネル技術協会 ステップアップ研修会係

TEL：03-3553-6174 FAX：03-3553-6145

支払い方法：上記お申し込みののち、郵便振替用紙通信欄に行事名と参加者名記入のうえ、下記にお振り込み願います。現金書留でも結構です。

郵便振替口座 00160-7-196331 日本トンネル技術協会

- その他：①参加費の払い戻しはいたしかねますが、代理出席は差し支えありません。
②11/5の現場見学ではヘルメットは貸与していただきますが、作業着は各自用意してください。長靴を準備しますので申し込み書にサイズを記入してください。
③参加者の変更通知は、開催日1週間前までに願います(修了証書発行)。

*テキストを事前に配布いたしますので、住所等は必ず記載願います。

下記申し込みにかかわる個人情報につきましては、他に利用するものではありません。

第12回トンネル技術ステップアップ研修会参加申し込み書 山岳部門

下記のとおり申し込みます

氏名	年齢	歳	足のサイズ	cm
最終学歴	年	卒	専攻	
会社名	所属役職			
会社住所	〒	—	電話番号	— —
現場経験	現場箇所と担当部署を記載(ない場合は、「なし」と書いてください。)			

11月号予告[11月1日発売予定]

- 特殊条件下における山岳トンネルの変状予測と合理的な維持管理への提案
 - 常磐線 熊川Bv新設
 - 圏央道 八王子城跡トンネル
 - 日本海東北自動車道 小波渡トンネル
 - 東京メトロ丸ノ内線 中野坂上駅
- 【連載講座】
- 沈埋トンネル(7)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆先日、息子の本探しに付き合っていると、児童書の棚に「トンネル」という本を見つけました。2007年12月に出版されたイギリス人作家ロデリック・ゴードンとブライアン・ウィリアムズ(堀江里美/田内志文訳、ゴマブックス)の手になる本ですが、恥ずかしながらその存在を知らなかったもので、内容くらいはとおもひ、購入してみました。

◆「カキーン! つるはしは火打石みたいな火花を飛ばして土壁にあたると、鈍い衝撃とともに突然泥にはまり込んだように動かなくなった。(中略)こしらえたばかりの不気味な裂け目から、冷たい湿った空気が流れてきて、ウィルはほんの少し後ずさりした」と手掘りのトンネルが貫通する瞬間からはじまるこの小説は、このあと父-子の物語を軸に地下世界のSF的想像力織り交ぜながら展開していきます。

◆トンネルをモチーフにした物語がほかにあるかと調べてみると結構あるものです。中でも強く興味を持ったのが新潮社の世界文学全集におさめられているケッラアマン著『トンネル』です。映画化されているほか、手塚治虫がこれを題材になんども漫画化しているものです。ただ、発行が昭和5年で、絶版であり、貸出しをしている図書館も見当たりません。こうなるとなんとしても読みたくなっていくのが人情というものです。インターネットで検索してみてもなかなか入手は難しそうです。『トンネル』の主人公の少年は「いつも掘ることばかり考えていた。ぼくらが生きている世界の、さらに下になってる……部分を全部、何千マイルも掘ってやる」という情熱的なトンネル掘りですが、それを見習って、古書街の山に分け入り、なんとか発掘するのが真っ当なやり方というものなのかもしれません。

(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)土木工学社までご連絡ください。

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

トンネルと地下

第40巻 第10号 [通巻470号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成21年9月20日 印刷

平成21年10月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

本誌掲載記事を無断で複写(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。

好評発売中

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい

トンネルの発破技術

監修 山田隆昭 B5判 76頁 定価1,500円+税(送料別途)

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで!
振動や騒音の環境問題を詳述!!

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

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

〈主要目次〉

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

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

株式会社 土木工学社

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

わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500円＋税 B5判

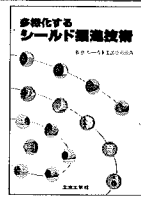
火薬類や発破技術の基礎的な知識から最新の技術まで幅広く取り上げ、また、火薬類を使用するうえで避けては通れない振動や騒音などの環境対策についても詳しく解説。



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500円＋税 B5判

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



推進工法の理論と実際

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

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



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500円＋税 B5判

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



セグメントの新技术

小泉淳 監修
2,000円＋税 B5判

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



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著
1,200円＋税 新書判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000円＋税 A5判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757円＋税 B5判

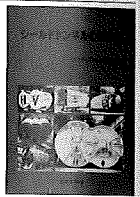
土木構造物や岩盤構造物の計画・調査から設計・施工において必要と地質や岩盤に関する情報を得るために必要な理論および技術を平易に解説した。



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660円＋税 B5判

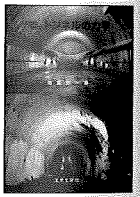
シールド工法について変遷から将来の開発の動向にいたるまで広範にわたり掲載した。シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた。



わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825円＋税 B5判

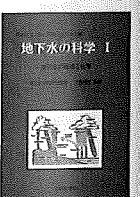
トンネルを掘るときに、どのような力学的な問題が生じるかについて、わかりやすく解説した。トンネル工学の理論と実際が統一されることを願って記された一冊。



地下水の科学 I～III (全3巻)

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

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



第I巻 地下水の物理と化学
4,078円＋税 B5判

第II巻 地下水環境学
4,272円＋税 B5判

第III巻 地下水と地質
3,689円＋税 B5判

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の自由面の間の三次元的幾何学的関係から安定に影響する岩塊を見出す新手法を解説。



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573円＋税 B5判

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



ジオテクスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300円＋税 A5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田孝 共著
3,200円＋税 A5判

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



岩盤の計測と解析

鈴木光 著
4,200円＋税 A5判

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



わかりやすいトンネル技術入門(都市トンネル編)

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800円＋税 A5判

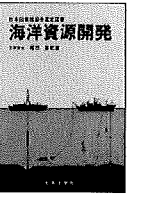
都市の代表的な地下施設である地下鉄、上水道、下水道の各トンネルについて、それぞれの主だった工法ごとに計画から施工まで実例をまじえてわかりやすく解説した。



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400円＋税 A5判

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



トンネルと地下

1,500円＋税 B5判 月刊(毎月1日発売)

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



書籍のお申し込み

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

株式会社 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

覆工コンクリート湿潤養生システム パラソル30ミスト工法

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

新製品



NATMトンネル二次覆工コンクリートを最適に仕上げます

特許出願中

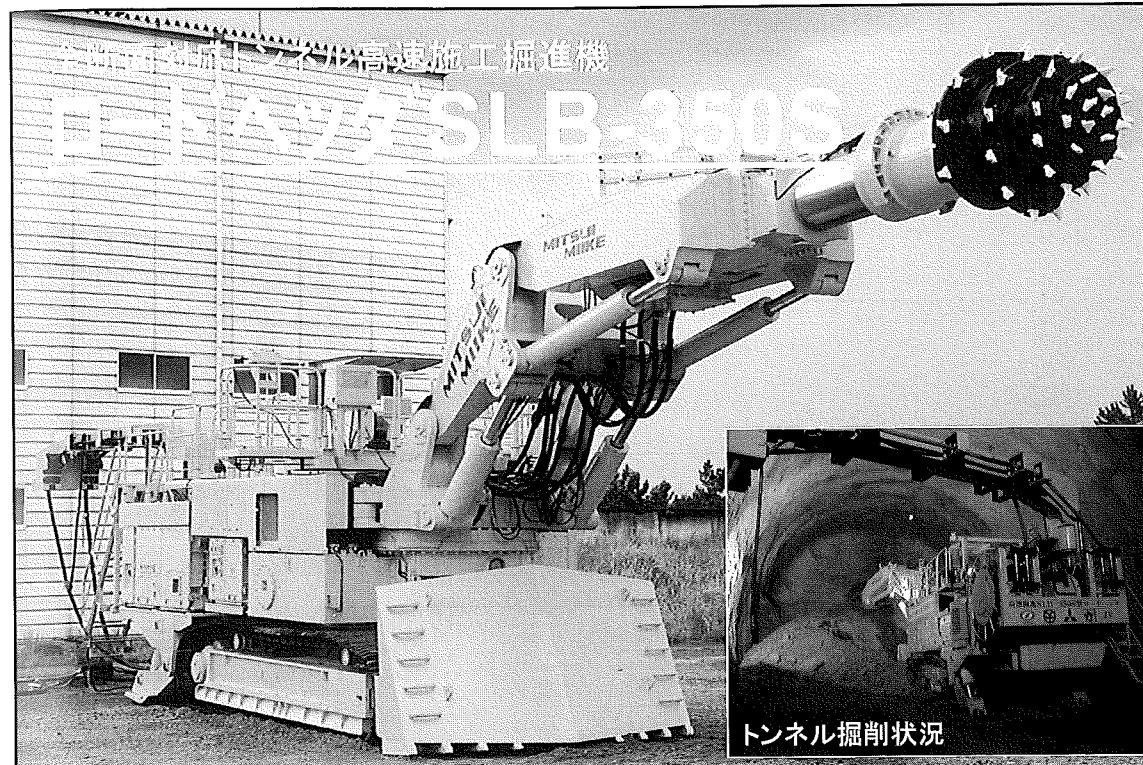


菅機械工業株式会社

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

本社・大阪支店	〒550-0015	大阪府大阪市西区南堀江3-9-27	TEL 06(6541)7931
東京支店	〒101-0021	東京都千代田区神田司町2-8-4	TEL 03(5296)0551
福岡支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東1-13-9	TEL 092(431)7181
名古屋営業所	〒455-0008	愛知県名古屋市港区九番町3-37	TEL 052(653)2491
京都営業所	〒615-0022	京都府京都市右京区西院平町25	TEL 075(314)4460

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



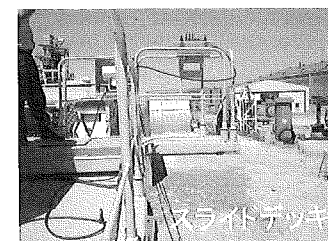
トンネル掘削状況

大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。
- 切削部には中折れブームを採用しており、ベンチ長は最大5mまで確保できます。又、中折れブームを取り外しての全断面掘削、及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し、及び低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。(硬岩用ドラム使用)
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。※1,2
- ディーゼルエンジンの搭載により、ロードヘッダ単独での走行が可能です。よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。

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



スライドデッキ

製造、販売、レンタル及びメンテナンス 株式会社 三井三池製作所

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

産業機械営業部 TEL.03-3270-2008, 03-3241-4711 FAX.03-3245-0203

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