

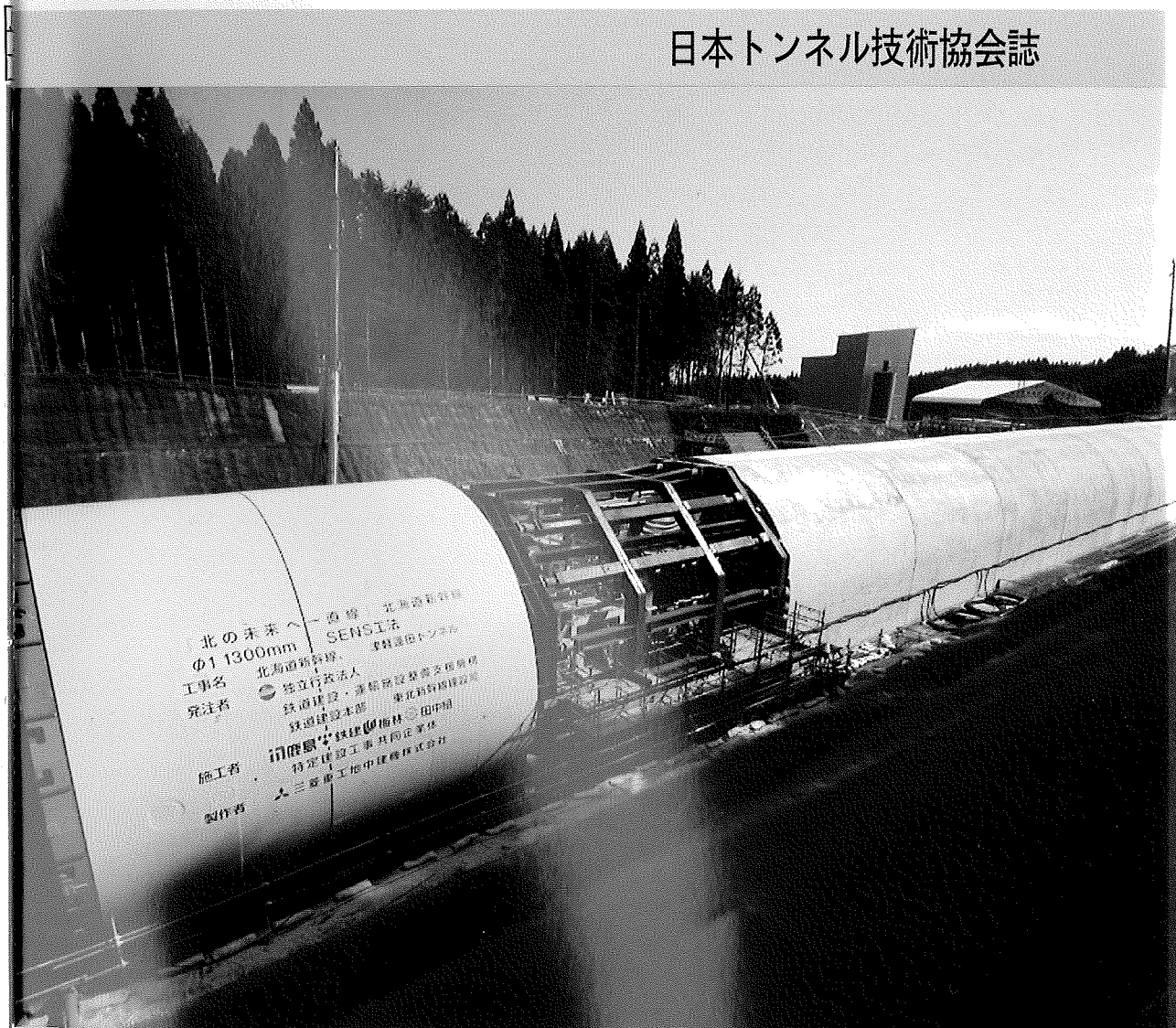
トンネルと地下 10

vol. 41
no. 10
2010

Tunnels and Underground

土かぶり区間のSENSによる初期掘進
石場跡の軟弱な埋戻し土を山岳トンネルで貫く(施工編)
内外のウェルを併用し細粒砂質地山を掘削
終函体をキーエレメントとした沖縄初の沈埋トンネル
中に残されたコンクリート壁を着脱・再掘進型管路築造工法で突破

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。

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

2008
(支障物切削シールド)
土中のH抗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φ15.01m泥土圧シールド)
スペインマドリッド環状道路M30の沈滞回避に活躍

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心円泥水式駅シールド)
地下鉄12号線環状駅原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。

三菱重工メカトロシステムズ(株)のシールド式トンネル掘削技術

三菱重工メカトロシステムズ株式会社 都市開発部
神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 TEL.078-672-2873 FAX.078-672-2869
東京都港区港南二丁目16番5号 TEL.03-6716-4092 FAX.03-6716-5833

定価 1,575円 雑誌06619-10
本体価格1,500円



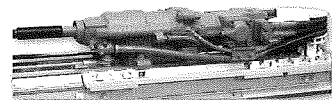
4910066191009
01500

FRD
FURUKAWA

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

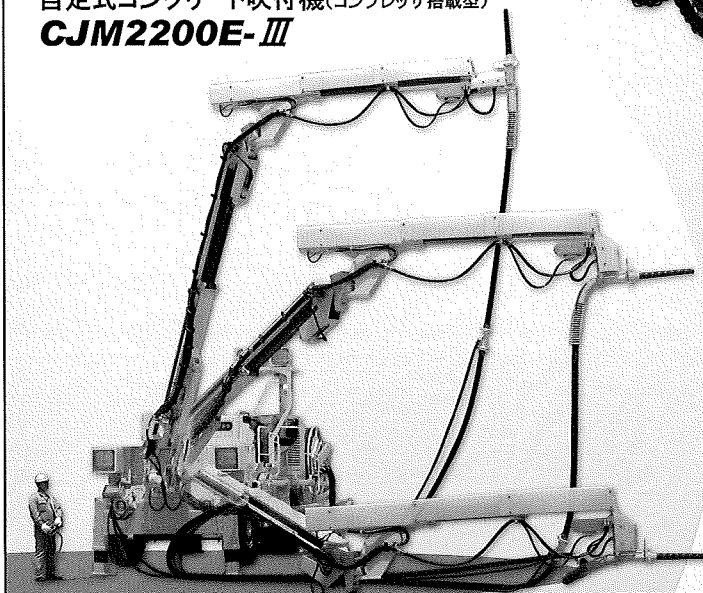
ホイール式ドリルジャンボ
JTH2200R/JTH3200R

新幹線・道路・水路等の全断面および補助ベンチ工法のトンネルさく孔に威力を発揮します。
新世代型油圧ドリフタ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 ton	43 ton
全長	14,270 mm	14,760 mm
全幅	2,690 mm	3,140 mm
全高	4,000 mm	4,190 mm
水平さく孔範囲		
幅	12,770 mm	13,220 mm
高さ	8,490 mm	8,840 mm

自走式コンクリート吹付機(コンプレッサ搭載型)
CJM2200E-Ⅲ



◆CJM2200E-Ⅲ 主な仕様

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

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

△ 古河機械金属グループ

FRD 古河ロックドリル株式会社

www.furukawarockdrill.co.jp

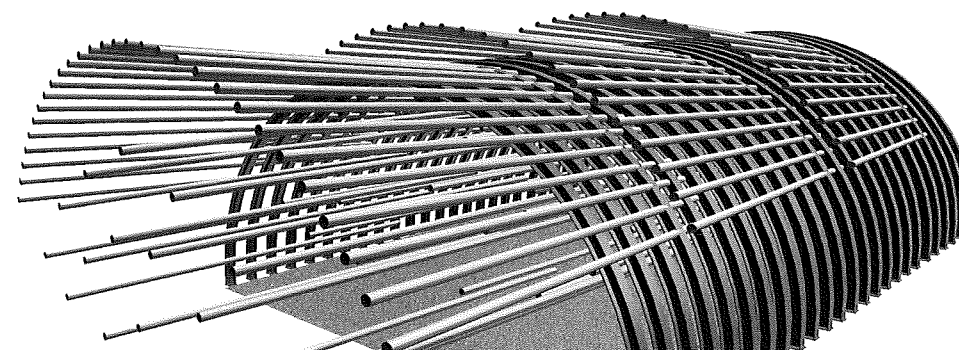
本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号 特機部 ☎03(3231)6966

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

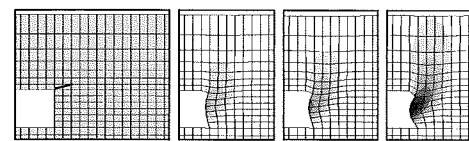
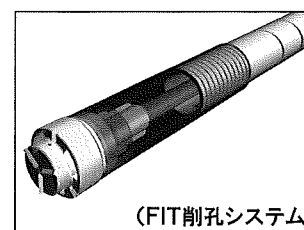
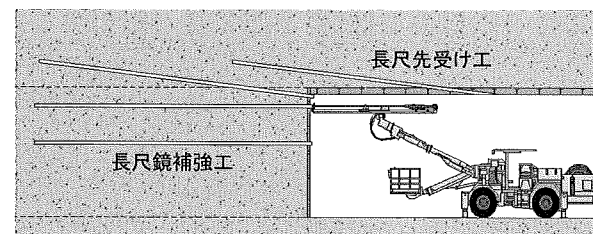
全方位 GFRP 管長尺補強システム

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

FIT 工法
FRP INJECTION TUBE



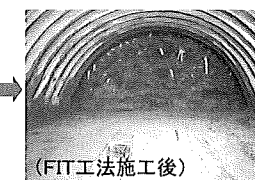
切削可能で掘削の妨げにならないGFRP管を使用し、切羽前方地山を確実にホールドできます。



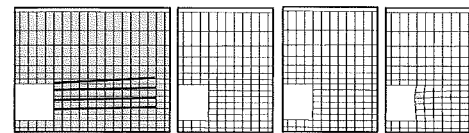
フォアポーリング



(FIT工法施工前)

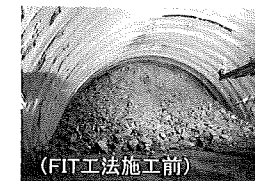


(FIT工法施工後)



FIT工法

(数値解析による効果の検証例)



(FIT工法施工前)



(FIT工法施工後)

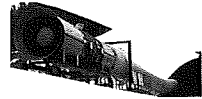
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

ホンモノしか残らない。。。

…1960～ 1970～ 1980～ 1990～ 2000……



大容量ファン



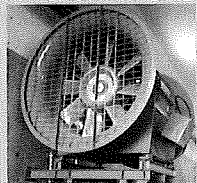
二軸反転
サイレントファン



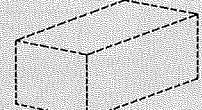
可変翼やインバーター
での風量制御ファン



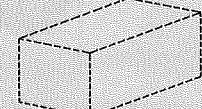
中型集塵機
ノッカー払落し式



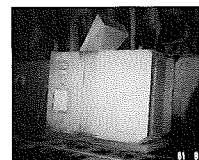
単段ファン



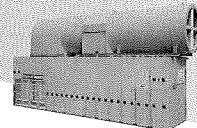
中型集塵機湿式



中型集塵機電気式



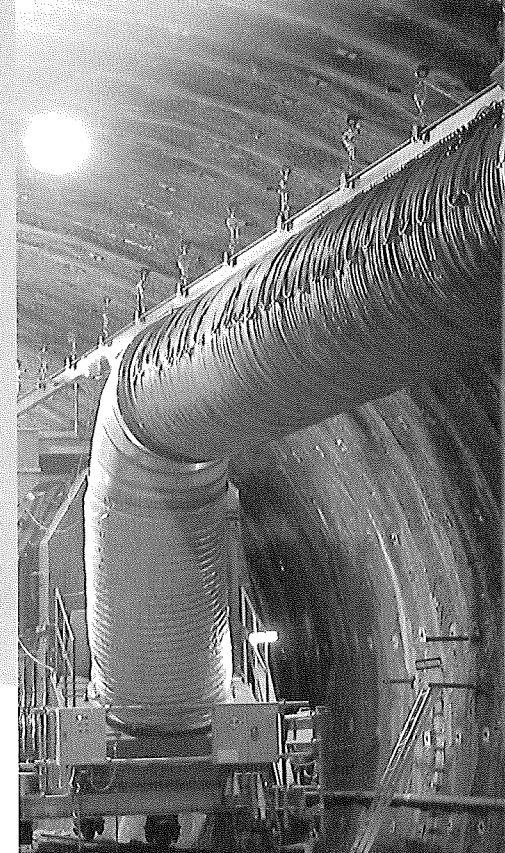
中型集塵機
フィルタ交換型



大型集塵機
1000～4000m³/min
30000h メンテナ
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



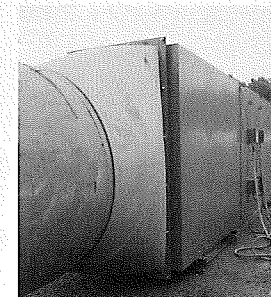
換気・環境技術は進化しています

2009……



密着

コンクリート密着養生システム
コンクリート自身が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)

重量1/2に半減!!

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…

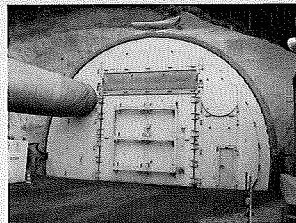
最適環境を創造する

 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

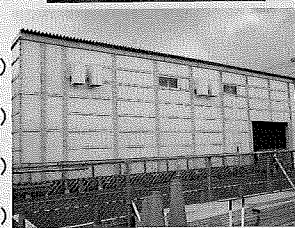
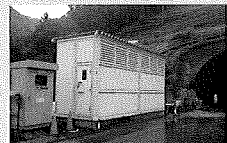
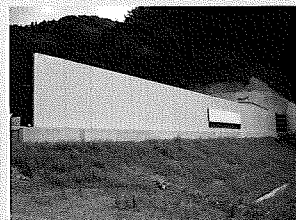
『防音パネルHタイプ』の音響性能

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

【防音壁】 【防音ハウス】 【防音シェルター】 【防音ボックス】



Sタイプ(スタンダードタイプ)
Dタイプ(デラックスタイプ)
Hタイプ(ハイデラックスタイプ)
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 野佐和商会

株式会社 カテックス
株式会社 ビーエスアイ

株式会社 ティーエムシー
古河ロックドリル 株式会社

日豊 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

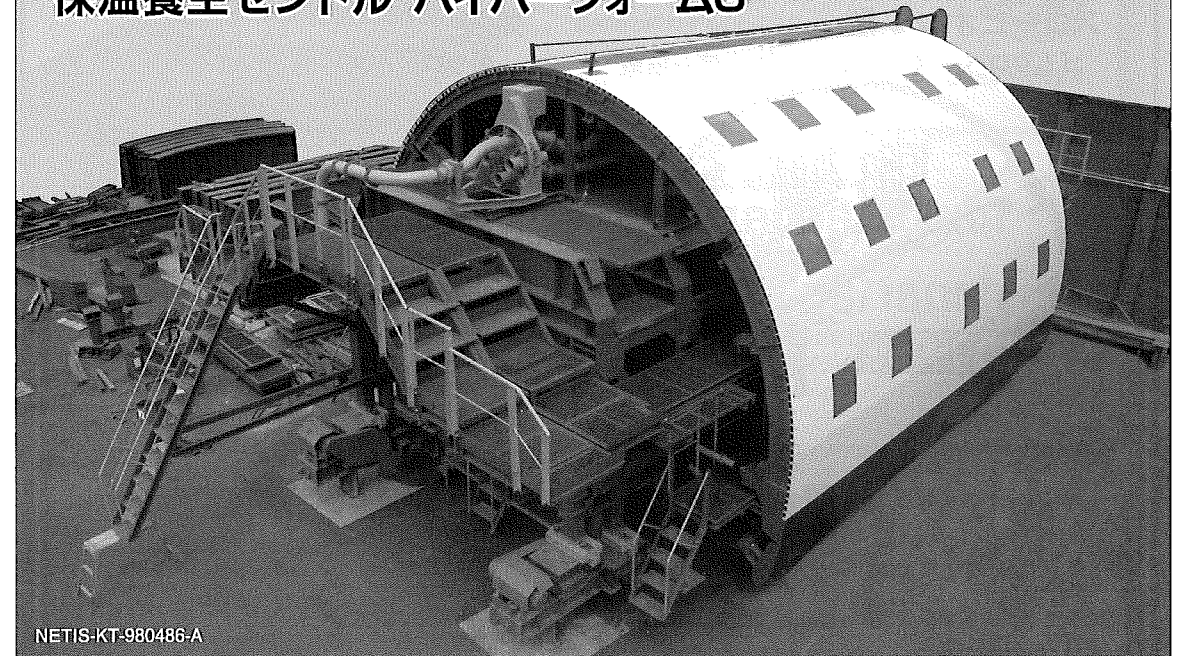
□大阪営業所 〒531-0072 大阪府大阪市北区豊崎 3-4-14 ショーレイビル

TEL. 06-6359-2611 FAX. 06-6359-2288

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

高品質・高耐久 覆工コンクリートを目指して

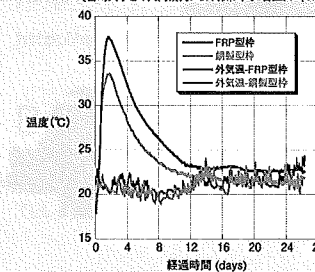
保温養生セントル ハイパーフォームG



NETIS-KT-980486-A

■覆工コンクリート温度の経時変化

【宮崎大学との共同研究により、横濱フジタ吉江トンネル南にて測定】



■鋼製型枠との比較

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

特徴

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

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

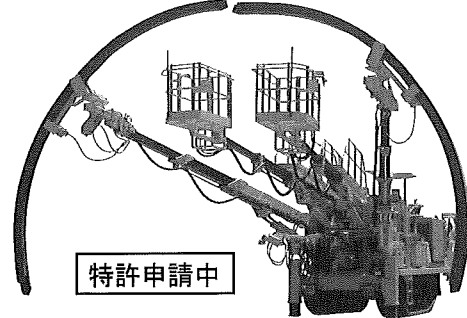
■本社 〒553-0006 大阪市福島区吉野1-20-30 阪神野田駅前ビル
■九州営業所 〒812-0038 福岡市博多区祇園1-23 アルテハイム祇園905号
■指定工場 〒919-0441 福井県坂井市春江町定重(森本工業)

TEL:06-6443-7060
TEL:092-263-0125
TEL:0776-51-2410



商品提供をより強力に
2010年4月より新体制
(旧トンネルのレンタル参入)

スコーピオン I 型
ゴムクローベース ★コンプレッサー搭載



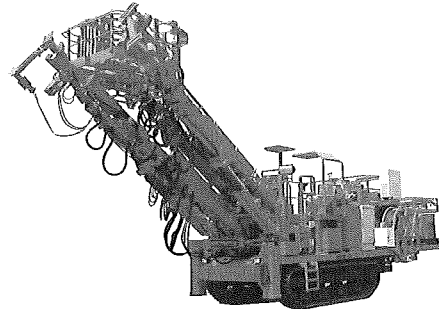
特許申請中

弁慶
鉄クローベース

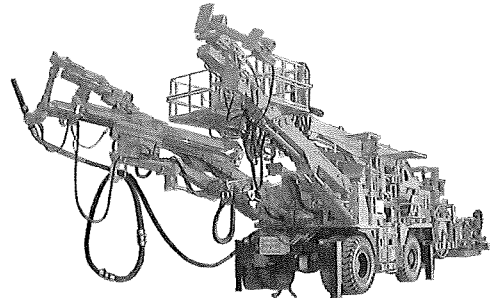


エレクター搭載吹付システム ラインナップ

スコーピオン II 型
ゴムクローベース



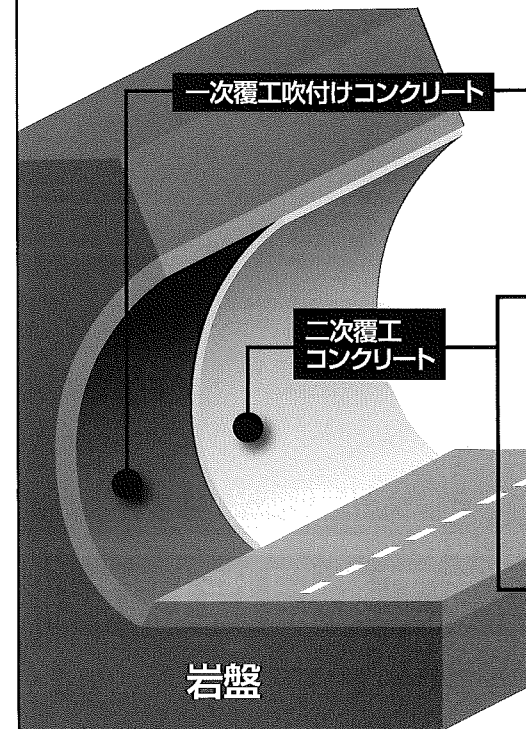
EJS
ホイールベース ★コンプレッサー搭載



山岳トンネル施工機械、鉱山・採掘機械の総合レンタル企業
ニシオティーアンドエム株式会社

本 社(大阪) 072-634-3939 【支店及び工場】 ・大阪支店・工場 072-677-2101
営業推進(東京) 03-3280-3661 ・石狩工場 0133-72-3715 ・九州支店・工場 0982-26-2111
東日本営業本部(長野) 0268-62-1426 ・東北支店 0197-77-4101 <製作・整備協力>
西日本営業本部(大阪) 072-677-2101 ・関東支店・工場 0268-62-1426 ・岡山崎ソーラー 0538-66-1211

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)

マスターキュアー® 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

BASFポゾリス

検索

<http://www.pozzolith.basf.co.jp>

BASF ポゾリス株式会社

東京都港区六本木6丁目10番1号
六本木ヒルズ森タワー 21階
TEL 03-3796-9710(代) FAX 03-3796-9980(代)

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



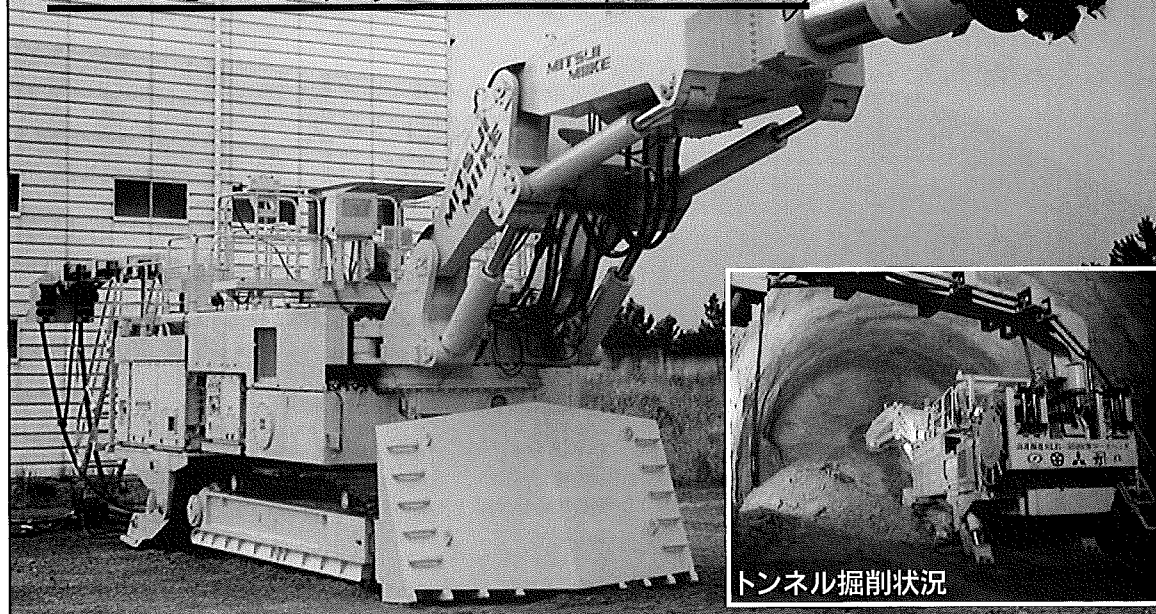
人とコンクリートのいい関係



The Chemical Company

全断面对应トンネル高速施工掘進機

ロードヘッド SLB-350S



トンネル掘削状況

全断面トンネルの高速施工を目指して

特徴

- 国内最大の 350kW-4/6P 定出力型 2 速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても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。
- ディーゼルエンジンの搭載により、ロードヘッド単独での走行が可能です。よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。



スライドデッキ

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

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

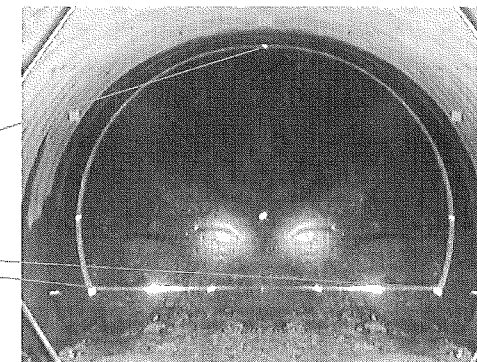
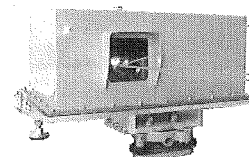
産業機械営業部 TEL.03-3270-2008, 03-3241-4711 FAX.03-3245-0203

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

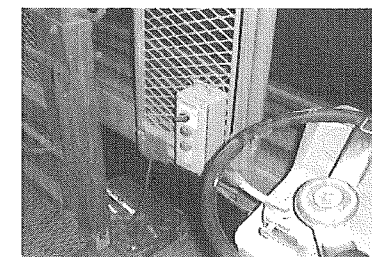
レーザーマーキングシステム

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

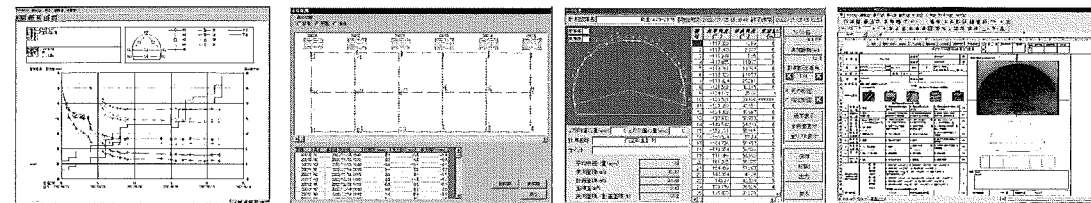


現場環境に耐え得る頑強なコントローラー

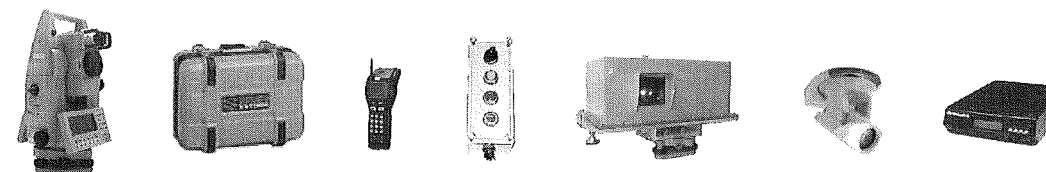


ジャンボに取付けて使用可 AC200V対応

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

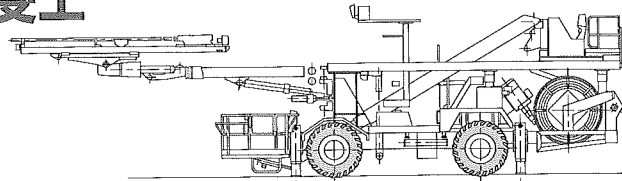
〔販売元〕

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

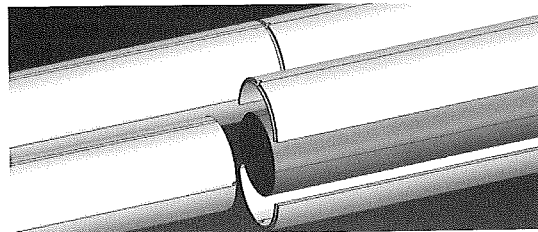
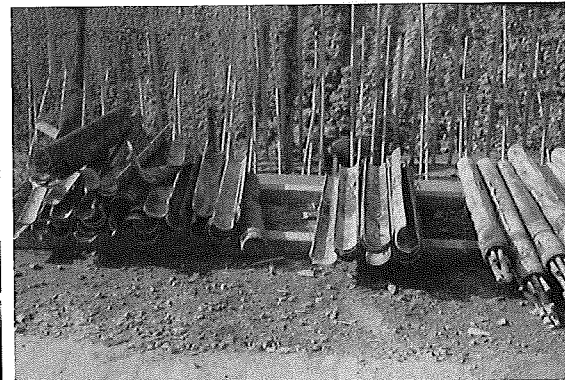
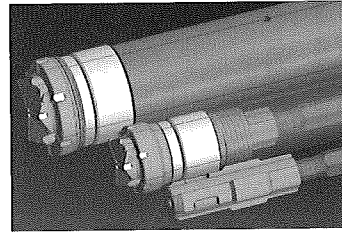
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



AGF-Me工法

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

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



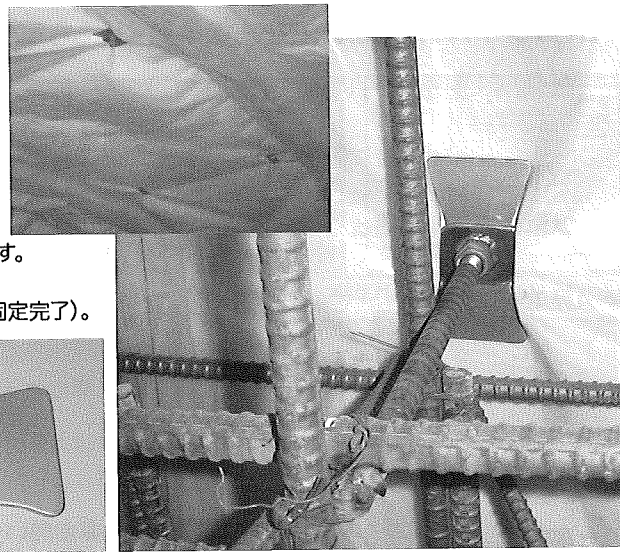
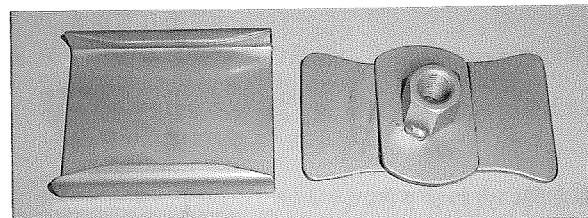
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD
〒107-0052
東京都港区赤坂2-19-8 赤坂2丁目アネックス6F
Tel: 03-5545-7900 Fax: 03-5545-7905
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

株式会社 トーキョーオール

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

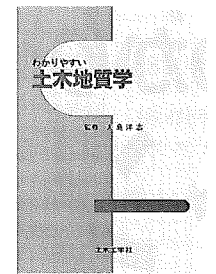
土木工学社の地質学書

[好評発売中]

わかりやすい**土木地質学**

大島洋志 監修

B5判 209頁 税込2,625円 送料340円



主要目次

序編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

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

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

[その他の既刊図書]

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

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

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

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

第II巻 地下水環境学 B5判 252頁 税込4,485円 送料340円

第III巻 地下水と地質 B5判 197頁 税込3,873円 送料340円

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

B5判 444頁 税込10,290円 送料450円

ブロック理論と岩盤工学への応用 R.E. グッドマン・G.H. シー 共著 吉中龍之進・大西有三 共訳

A5判 360頁 税込5,097円 送料340円

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

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

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

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

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

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の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

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

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

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



中濃産業株式会社

代表取締役 土田 義 弐

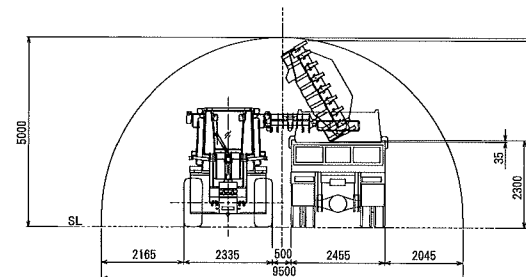
本社 〒501-1534 岐阜県本巣市根尾神所 362-1
TEL(0581)38-2241(代) FAX(0581)38-3383
営業所 〒501-1203 岐阜県本巣市文殊 64-387
TEL(0581)34-3990(代)



サイドダンプ

CAT 924H

1.5m³



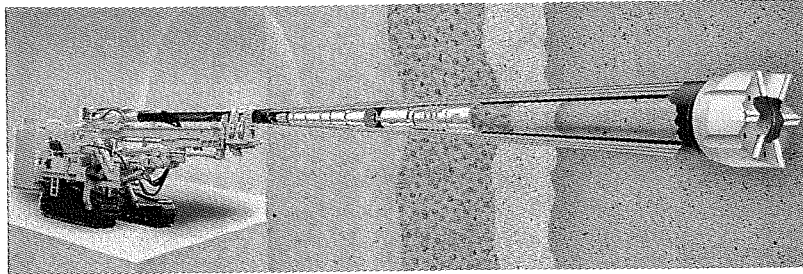
k/lea 株式会社 ケイリー

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

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

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らぬ難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行え、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

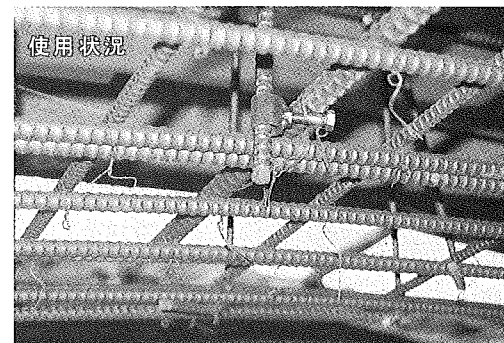
お問い合わせ先：工事営業本部
 TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522
<http://www.koken-boring.co.jp>

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

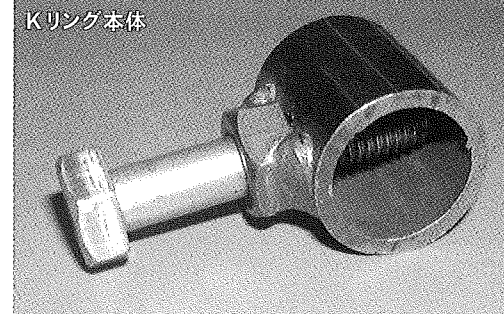
トンネル施工時の覆工工事における、鉄筋補強工事は、坑内上部・壁部にアンカーを打ち、そのアンカー筋に段取り筋を溶着し、それにアーチ筋を取付けていましたが、“防水シートを焦がす”、“塵肺作業である”、“作業効率が悪い”等問題点が指摘されていました。当社開発のKリングを使用することにより、スピードアップ、コストダウンを可能にすると同時に諸問題をすべて解決することができました。



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:tkr@r5.dion.ne.jp
 URL: <http://www.h7.dion.ne.jp/~ktrk>



トンネル進捗率改善のための最新技術

明かりが見えます

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

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

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

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

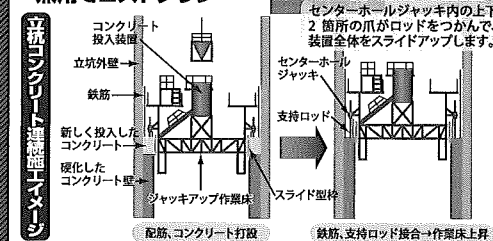


スーパージャッキシステム

トンネル・地下工事に貢献!

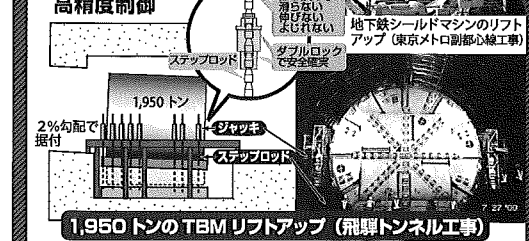
立坑スリップフォーム工法

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



シールドマシン・TBMアップダウン

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



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

JFE シビル 株式会社
 JFE 都市基盤営業部 特殊工法グループ

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

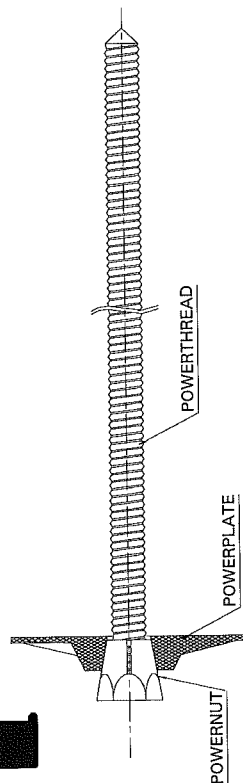
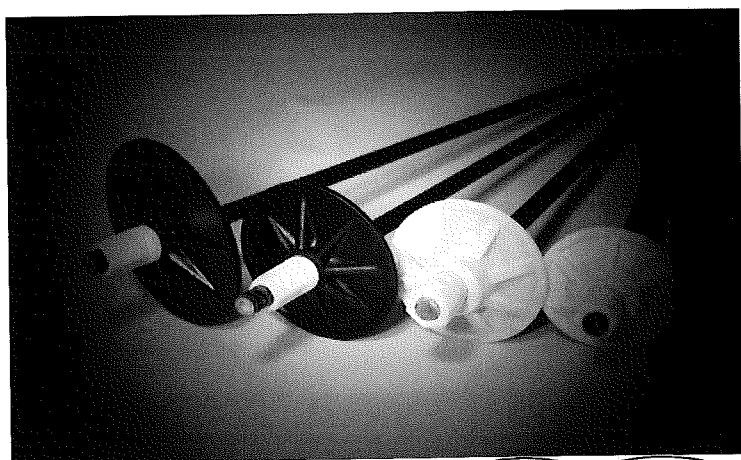
パターンボルトのGRP化

POWERTHREAD Fiber Reinforced Polymer

耐食機能に優れたロックボルト

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

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



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

環境にやさしいロックボルトシステム

KATECS

株式会社 カテックス 建設資材事業部

ホームページ <http://www.katecs.co.jp/>

技術営業部

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

東京支店

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

九州営業所

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

中部営業部

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

関西営業所

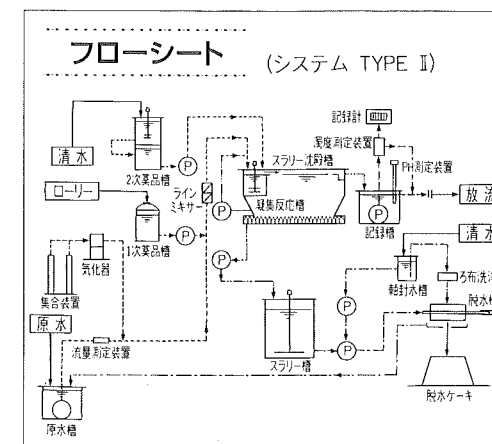
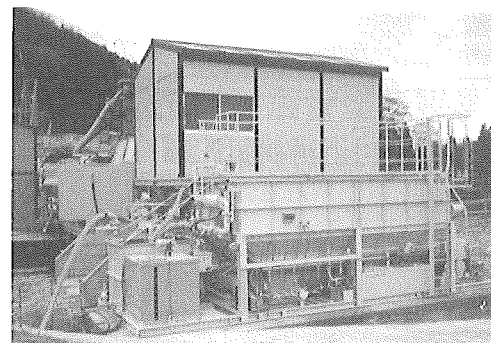
TEL)06-6578-3235 FAX)06-6578-3237

北海道地区(株)エイチ・アール・オー

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

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。
 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
- 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。
- 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

「物創り」について
岡田 満5

■計 画

地中に残されたコンクリート壁を着脱・再掘進型管路築造工法で突破
—東京都下水道 文京区根津一丁目, 千駄木二丁目付近再構築工事—
須田 久喜・森 邦夫・平田 純也57

■施 工

小土かぶり区間のSENSによる初期掘進
—北海道新幹線 津軽蓬田トンネル—
小川 淳・小伊豆俊博・玉井 達毅・小林 孝志7

採石場跡の軟弱な埋戻し土を山岳トンネルで貫く(施工編)
—北関東自動車道 出流原トンネル—
今井 恵史・市川 裕祐・宮本 武司・山田 浩幸17

坑内外のウェルを併用し細粒砂質地山を掘削
—常磐自動車道 原町トンネル—
廣瀬 貴樹・宮越 信・森 英治・伊藤 毅浩29

最終函体をキーエレメントとした沖縄初の沈埋トンネル
—臨港道路空港線 那覇沈埋トンネル—
酒井 洋一・吉平 健治49

■連載講座

ずり処理入門(10)
—掘削ずりの活用と処理・重金属(1)—
「ずり処理入門」連載講座小委員会63

トンネル保守管理における記録とその活用(4)
—データベース化・電子化の取り組み(3)—
JTA保守管理小委員会77

■現場だより

「平家の里」湯西川より
植野 義英16

「豊かな自然に囲まれたやすらぎのまち」北秋田市より
光増 朝久28

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

二大海底トンネル施工の人生
落合 仁41

■トンネル工事を見守る山の神

山の神と化粧木(その3)
阿部 公一74

■資 料

土木情報
編集部48

工法・技術・製品ニュース
編集部76

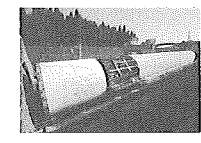
トンネルジャーナル
編集部56

海外文献速報
JTA国際委員会87

■会 報

会 報
日本トンネル技術協会91

【表紙説明】 小土かぶり区間のSENSによる初期掘進
—北海道新幹線 津軽蓬田トンネル—



津軽蓬田トンネルは、北海道新幹線新青森・新函館(仮称)間に位置する延長6,190mの新幹線複線断面トンネルである。本トンネルは、当該区間の地質状況から、掘削切羽の安全性を確保するため「シールドを用いた場所打ち支保システム(SENS)」を採用し、施工を行っている。写真は、国内初となる地上部でのSENSマシン発進となる坑口部の状況である。
[写真提供: 鉄道・運輸機構] (本文7頁参照)

セグメントの新技術

監修 小泉 淳
B5判 132頁 本体価格 2,000円 千290円

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

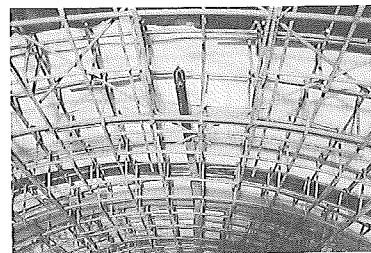
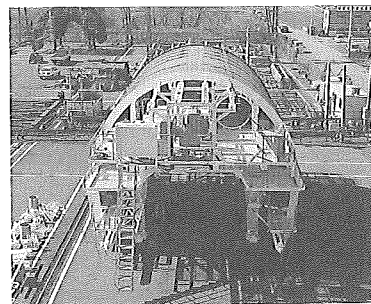
高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する 引抜バイブレータ締固システム

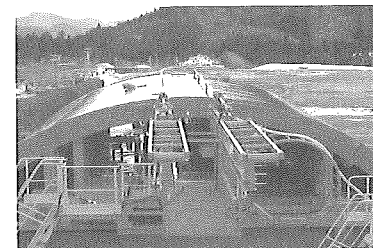
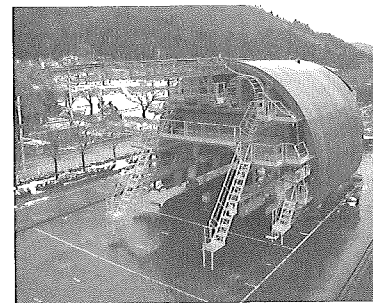
トンネルの二次覆工コンクリートには、トンネルクラウン部の締固め方法に課題があり、結果として漏水や空隙の発生など、覆工コンクリートの品質に問題が生じるケースがありました。また、覆工コンクリートの締固め作業は、狭隘部での苦渋作業という問題もあります。そこで、引抜バイブレータ締固めシステムを用いることにより、上記の課題を克服し、高品質な覆工コンクリートの構築を可能としました。

【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。



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/>

総務委員会広報小委員会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

大 島 洋 志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

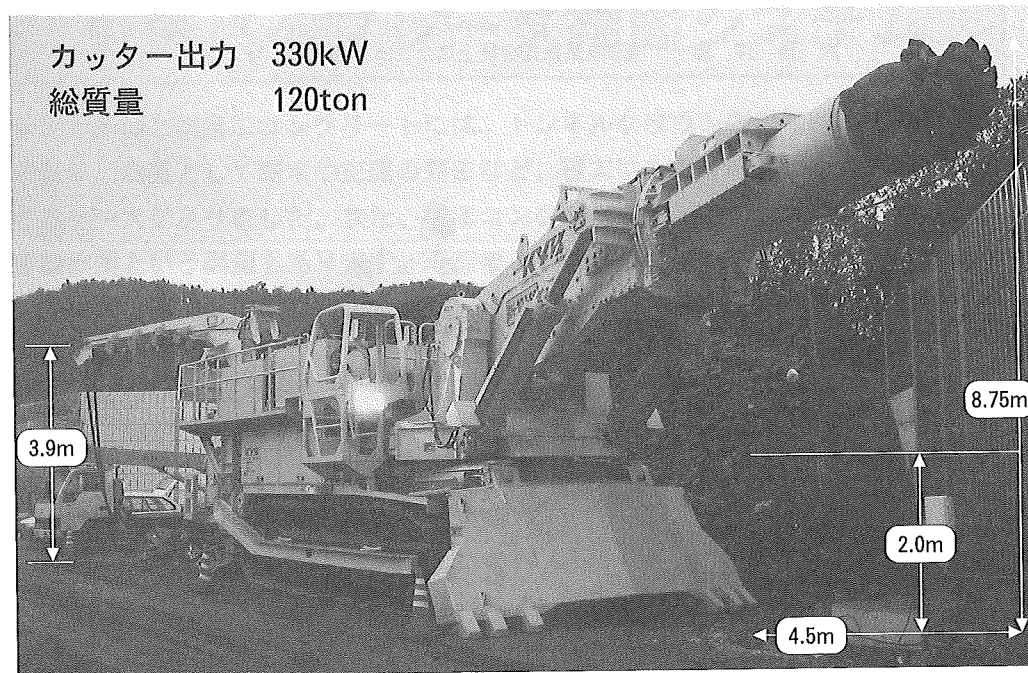
〔幹 事〕

居 相 好 信 株式会社大林組東京本社生産技術本部 トンネル技術部部长	千 葉 隆 清水建設株式会社土木事業本部工事監理部 上席エンジニア
池 田 豊 人 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	濱 建 介 (元)日本鉄道建設公団理事
大 石 敬 司 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課課長	福 家 佳 則 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 トンネルグループ長
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	松 原 利 之 飛鳥建設株式会社土木事業本部土木技術部 トンネル技術グループ部長
城 間 博 通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長	三 浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員
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	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

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10.5m(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3.0m
- ・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62番地2 TEL 059-234-4139
西部支店 〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多 TEL 092-411-4998
三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62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

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

三浦 克
株式会社竹中土木常務執行役員

〔委員〕

葛城 真治
東京電力株式会社電力流通本部工務部
地中送電グループ課長

亀山 勝
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
計画担当課長

木谷 日出男
財団法人鉄道総合技術研究所
企画室長

清水 満
JR東日本研究開発センター
フロンティアサービス研究所次長

城間 博通
株式会社高速道路総合技術研究所
道路研究部トンネル研究担当部長

新谷 康之
東京都下水道局建設部設計調整課長

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

藤村 和彦
東京都水道局建設部工務課長

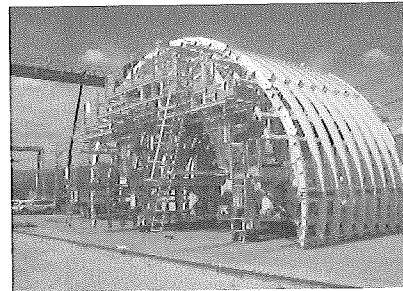
真下 英人
独立行政法人土木研究所
道路技術研究グループ長

両角 幸範
東京都交通局建設工務部計画改良課長

トンネル 二次覆工用型枠 総合メーカー

一歩前進！
～限りない未来への挑戦～

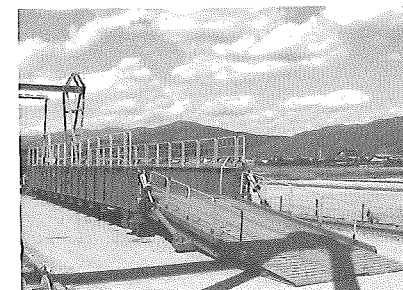
 大栄工機株式会社



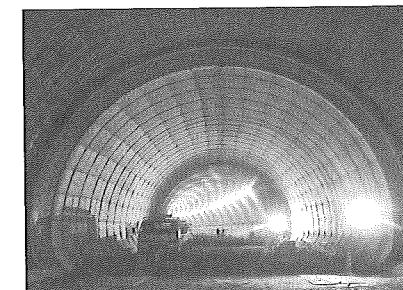
スライドセントル



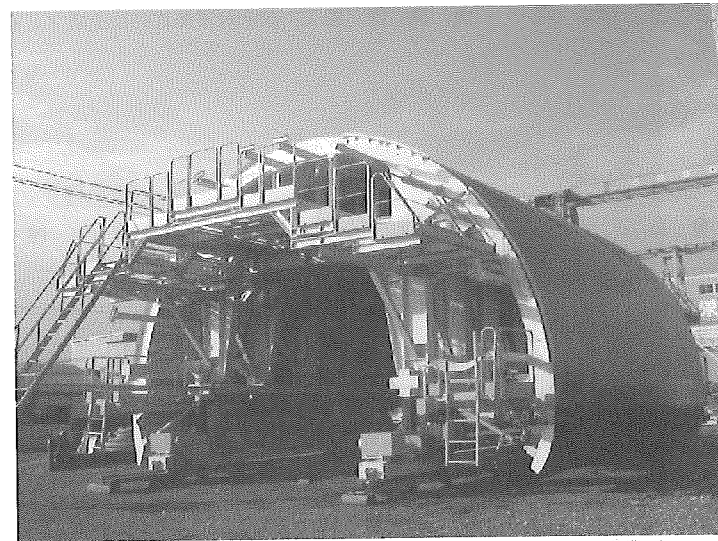
作業台車



移動栈橋



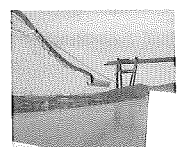
NETIS登録番号 CB-090003-A
EPSパネル養生



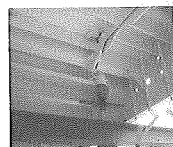
スチールフォーム(中流動コンクリート対応型)



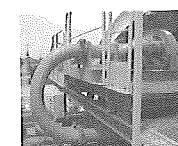
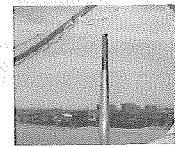
MC矢板



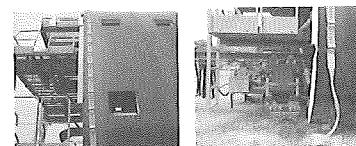
天端引抜パイププレート



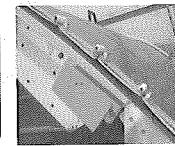
エア一抜き金具



配管切替装置



剥離材塗布装置付自動ケレン機



クラック防止センサー

ご用命は下記まで

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

トンネルと地下 VOL.41 No.10 掲載概要

掲載頁
7

小土かぶり区間のSENSによる初期掘進
—北海道新幹線 津軽蓬田トンネル—

鉄道・運輸機構 小川 淳

津軽蓬田トンネルは、北海道新幹線新青森・新函館(仮称)間の青森県東津軽郡蓬田村～外ヶ浜町に至る延長6,190mの新幹線複線断面トンネルである。本トンネルは、当該区間の地質状況から、掘削切羽の安全性を確保するため「シールドを用いた場所打ち支保システム」(以下、「SENS」)を採用し、施工を行っている。

本稿では、SENS採用二例目となる津軽蓬田トンネルの平成21年11月の発進から初期掘進の状況について述べる。とくに国内初となる地上部でのSENSマシン発進方式、掘進当初の小土かぶり区間の地盤変位計測と内型枠計測結果について報告する。

Initial Boring of Small Cover Section with SENS—Hokkaido Shinkansen, Tsugaru Yomogida Tunnel—
By Atsushi Ogawa, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

The Tsugaru Yomogida Tunnel is a double track Shinkansen tunnel of 6,190m in length, connecting Yomogida-mura and Sotogahama-machi, Aomori Prefecture, between Shin-Aomori and Shin-Hakodate station (provisional name) on the Hokkaido Shinkansen line. Due to the geological condition of this section, the construction is conducted with SENS (tunneling system employing insitu concrete lining and shield) in order to guarantee the safety of the excavation face.



写真は津軽蓬田トンネル坑口部

This report describes the status of construction from its start in November, 2009 to initial boring of the tunnel, which is the second example of adopting SENS. In particular, it gives information on the SENS machine launching from outside the tunnel for the first time in Japan and ground deformation and interior form measurements for the small cover section at the beginning of excavation.

掲載頁
17

採石場跡の軟弱な埋戻し土を山岳トンネルで貫く(施工編)
—北関東自動車道 出流原トンネル—

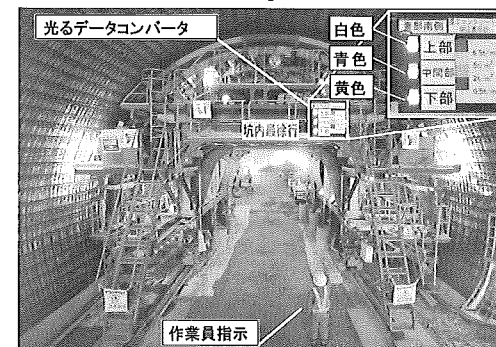
東日本高速道路(株) 今井 恵史

出流原トンネルは、小土かぶりで採石場跡の軟弱埋戻し土と軟岩の境界を通るといふ特殊地山条件のもとで計画された。トンネルの設計では、数値解析(予測解析、耐震解析)にもとづき山岳トンネルの構造および施工法の検討を実施した。トンネルの施工においては、厳しい工程のもとで、対策効果を重視して選定された周辺地山の地盤改良工を掘削と並行作業で実施するとともに、耐震対策として行ったせん断補強による過密配筋区間では、施工性と品質を考慮して中流動覆工コンクリートを採用した。

本稿では、トンネルの掘削および中流動覆工コンクリートの施工概要に関して報告する。
NATM Penetrating Soft Backfilled Ground in Remains of Quarry (Construction Edition)—Kita-Kanto Expressway Izuruhara Tunnel—

By Keiji Imai, East Nippon Expressway Company Limited

Izuruhara Tunnel was planned based on the unusual ground conditions of passing through a boundary of soft rock and soft backfilled soil in the remains of quarry under small cover. Numerical analysis (prediction analysis, seismic analysis) and a review of structures and construction methods were implemented in the tunnel design. In the construction of the tunnel, based on strict period, ground improvement works were implemented in the surrounding bedrock selected with an emphasis on effectiveness in parallel with excavation, and semi self-compacting lining concrete was employed in the congested shear reinforcement arrangement part considering workability and quality.



写真は中流動覆工コンクリート圧力管理状況

This report gives an outline of the excavation of the tunnel and works with semi self-compacting lining concrete.

坑内外のウェルを併用し細粒砂質地山を掘削

—常磐自動車道 原町トンネル—

東日本高速道路(株) 廣瀬 貴樹

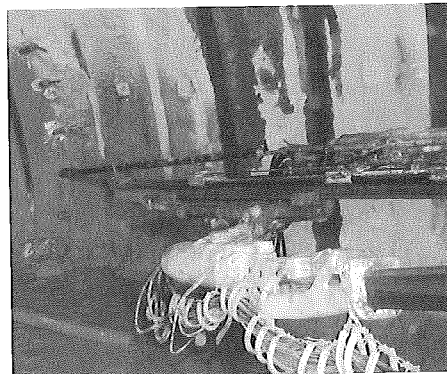
原町トンネルは、常磐自動車道浪江IC(仮称)～原町IC(仮称)間のほぼ中間に位置する、延長749.5mの2車線トンネルである。トンネルの土質は、未固結な細粒砂質土であり、細粒分を多く含む透水性が低く、均一な粒径の細砂を主体としているため、水分を含み飽和すると泥濘化しやすい特徴がある。さらにトンネル天端上方に地下水水位があり、掘削時の湧水によって切羽の自立が非常に難しく、トンネル施工に大きな影響を及ぼすことが予想されるため、トンネル掘削前には水位を下げる必要があった。

本稿では、細粒砂質土における未固結地山のトンネル設計検討および本施工に適用した地下水水位低下工法を主体とした対策などを報告するものである。

Excavation of Fine Sandy Ground Jointly using the Interior and Exterior of a Well Shaft—Joban Expressway Haramachi Tunnel—

By Takaki Hirose, East Nippon Expressway Company Limited

Haramachi Tunnel is a two-lane tunnel of 749.5 m in length located almost halfway between Namie and



写真は長尺ウェルポイント施工状況

Haramachi (both provisional name) Interchanges on the Joban Expressway. The ground consists of unconsolidated fine sandy soil and as it contains many fine particles with low permeability and it is mainly made up of fine grains of sand of uniform size, it has the characteristic of becoming muddy when saturated with water. Further, groundwater level is above the tunnel crown, it is extremely difficult to keep face stable due to water that wells up during excavation. It is expected that these conditions will have a great influence of the construction of the tunnel, it is necessary to reduce the water level in advance.

This report gives information on the investigation of tunnel design in unconsolidated ground with fine sandy soil and measures mainly focusing on the ground water level reduction method applied to this construction.

最終函体をキーエレメントとした沖縄初の沈埋トンネル

—臨港道路空港線 那覇沈埋トンネル—

内閣府 酒井 洋一

那覇港湾・空港整備事務所では、四つのふ頭(那覇ふ頭、泊ふ頭、新港ふ頭、浦添ふ頭)からなる那覇港と那覇空港および沖縄本島南部地区とを直接結ぶことで港の機能強化、物流の効率化を図るため臨港道路空港線整備事業を進めている。また、この施設は那覇港背後の幹線道路である国道58号の慢性的な渋滞緩和にも寄与するものである。

那覇ふ頭港口部を横断する海底トンネル部は、沖縄で初めてとなる「沈埋トンネル工法」を採用し、従来の最終継手工を省略したキーエレメント工法、新しい可撓継手(ベローズ)、沈埋函初の浮遊状態での高流動コンクリート打設など従来工法とは異なる技術、施工法を採用している。本稿では、これらなどについてご紹介する。

Okinawa's First Submerged Tunnel with Final Box as a Key Element—Harbour Road Airport Line Naha Submerged Tunnel—

By Yoichi Sakai, Cabinet Office

The Naha Ports and Airports Office is progressing with the Harbour Road Airport Line improvement project in order to strengthen the function of the port and to streamline logistics by directly connecting Naha Port which is composed of 4 piers (Naha Pier, Tomari Pier, Shinko Pier and Urasoe Pier), Naha Airport and the south of Okinawa Island. Further, this installation will contribute to the relief of chronic congestion on National Route 58, a main trunk road behind Naha Port.

The sea-bottom tunnel that crosses the harbour entrance at Naha Pier adopts the Submerged Tunnel Method used for the first time in Okinawa and employs technology that differs from conventional methods such as the key element method without the conventional final joint works, new bellows joint and casting high-fluidity concrete in floating box. This report gives



写真は浮遊状態での高流動コンクリート打設状況

地中に残されたコンクリート壁を着脱・再掘進型管路築造工法で突破

—東京都下水道 文京区根津一丁目、千駄木二丁目付近再構築工事—

東京都下水道局 須田 久喜

東京都区部の下水道施設の計画を行うにあたっては、さまざまな地下埋設物や埋設物を築造する際に残置された仮設物が輻輳しており、それらを避けたルート選定が重要となる。しかし、現場地形や流下先の諸条件などから、埋設物などを避けることのできないケースも増えてきており、埋設物の移設や地上から障害物の撤去を行い、下水道工事を施工してきた。

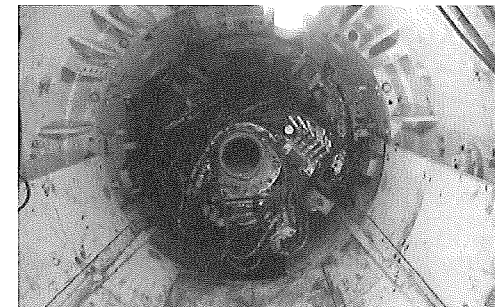
本工事においては、残置された地中障害物に対して、埋設物の移設先や障害物を地上から撤去するスペースを確保できないため、推進機内から障害物の撤去を行う計画・検討を行った。そして、着脱・再掘進型管路築造工法を採用し、切羽掘進装置を搬出して障害物の撤去を行った後、再装着・再掘進を行い所定の管路を築造する計画である。

Dig through Left Concrete Wall with Pipe-Jacking Method Equipping with Detachable and Relaunching System—Tokyo Metropolitan Sewage Reconstruction Works between Nezu 1-chome and Sendagi 2-chome, Bunkyo Ward—

By Hisayoshi Suda, Bureau of Sewage, Tokyo Metropolitan Government

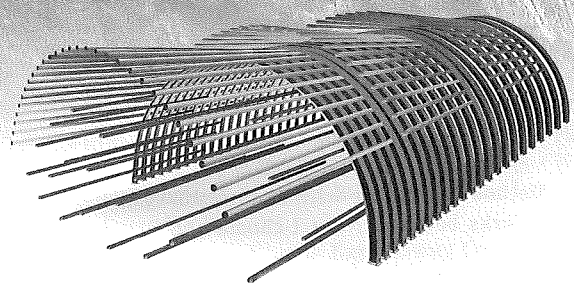
In conducting plans for sewage facilities in Tokyo, various underground installations and temporary structures that are left in the ground during past underground construction converge and it becomes important to select a route that avoids these. However, due to various conditions such as the geological features and destination, there is an increase in cases where it is not possible to avoid underground installations and the construction of sewage installations is conducted through moving underground installations or removing obstacles from above ground.

In this project, as it was not possible to guarantee a place to move the underground installation to or to guarantee the space to work to remove obstacles from ground, planning and review of the removal of left obstacles from inside the boring machine was conducted. This is a plan to construct the designated pipes employing the Pipe-Jacking method after removing of obstacles by detaching the excavation equipment and attaching and relaunching.



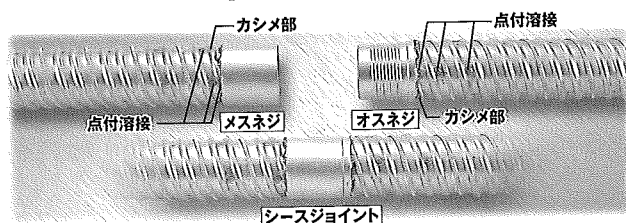
写真は他工事での切羽掘進装置引き抜き状況

ユニークな発想と高品質・自信の価格



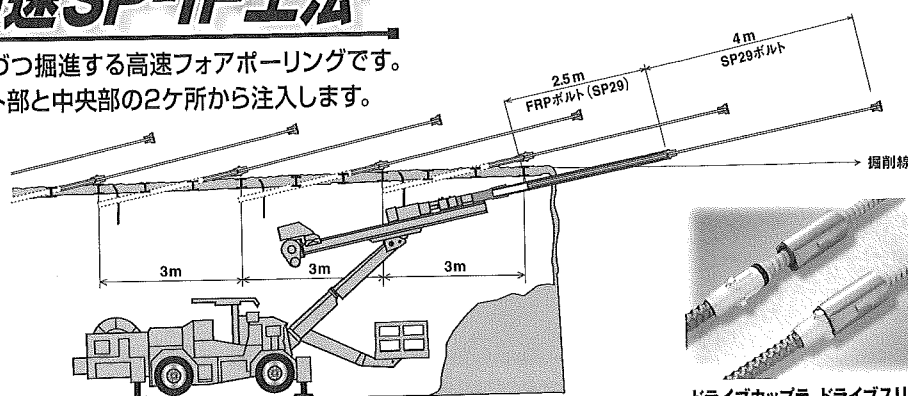
FIXチューブ工法

※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。

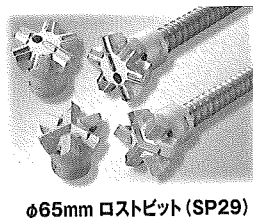
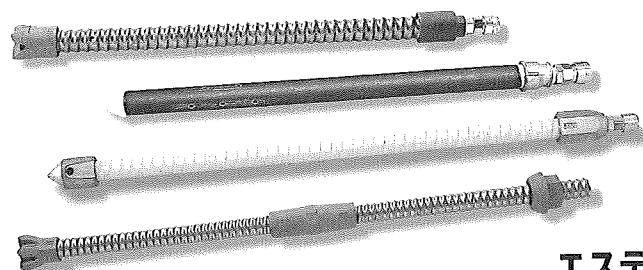


高速SP-IF工法

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



自穿孔ボルト&注入管



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

STE

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

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

TEL:0729-90-0250 FAX:0729-90-0251

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



「物創り」について

飛島建設(株) 上席執行役員専務(本協会理事)

岡田 蒔

「物創り」をキーワードに、私が建設産業に携わる中で経験した印象深い思い出を2例ご紹介いたします。辞書で「つくる」という漢字を調べますと「作る(小規模、無形){人形を作る, 俳句を作る}」「造る(大規模・有形){タンカーを造る, 酒を造る}」, 「創る(新しく, 初めて){神が宇宙を創る}」とあります。建設産業は社会の必要とする基盤を時代背景や現地状況に対応して創造していく仕事だという思いを込めて「物創り」としました。

初めに、貴重な経験をさせていただきました道路トンネルの工事をご紹介します。当工事は一般県道のトンネル建設工事(延長1,421m, 掘削断面積約80m²)で兵庫県養父市大屋町宮垣に位置し、日本の滝100選に入る落差98mの天滝と日本の生息分布上、南西限のミズバショウ、大屋次郎と呼ばれる鮎などで有名な土地です。

地形は、大屋川と八木川という二つの川に挟まれた尾根筋の山地で、トンネル標高100~300m, 土かぶりは最大150mでした。当初の地質調査では、トンネル全区間は関宮岩体と呼ばれる塊状または礫状の蛇紋岩が大規模な岩体として分布し、岩級CM~CH, 弾性波速度4~5 km/sec, 比抵抗値300~1,200(Ω・m)と良質で堅硬な地質と判断され、また、露頭箇所(採石土取り場)の塊状蛇紋岩は砕石として利用されていました。

平成10年7月に施工を開始し、橋梁や仮設工事の後、4か月後の11月にトンネル掘削を開始しました。切羽は当初予測より亀裂があり堅硬さは劣りましたが、CIIパターンで順調に掘削が進みました。しかし、翌年3月に坑口278m付近でロックボルトの変状と吹付けコンクリートにクラックが発生しました。変状対策として、増しロックボルト(4m, 6m)と増し吹付けコンクリートを実施しましたが、掘削後20日経過し切羽が50m以上離れても1~2mm/day程度の変位がダラダラと続き、トンネル崩壊が懸念されました。膨潤性の蛇紋岩特有の現象で、当初の地質調査では確認されてなかった膨潤性の粘土状蛇紋岩が、トンネル断面の右外側に進行方向に並行して脈状に分布していることが原因として判明しました。変位抑制対策として、下半吹付けコンクリート(1間ご

と1m)の施工後、本設インバートコンクリート打設(10.5m)の同時施工を実施し、早期閉合による変位対策を行った結果、変位は収束してピタリと止まりトンネルを崩壊させずに済みました。

自然の強大さ怖さを学ぶとともに、トンネル掘削では早く閉合することの大切さと日々新たな気持ちで現場変化を見て物を「創る」ことの大切さを学びました。

次に、物創りの原点を感じた出来事をご紹介します。平成7年1月17日の阪神・淡路大震災を経験した時のことです。多くの方が負傷し亡くなられ、また、たくさんのお家屋とともにわれわれが建設に携わった橋・道路・鉄道ほかの構造物がズタズタに破壊されました。当時、私は大阪勤務をしており、技術者として誠心誠意、心をこめて創ったものが例え未曾有の大震災の影響とはいえ、これほどまでに破壊された事実を目の当たりにして、本当に辛い思いをしました。自然の大きな力の前では人間の無力さを感じるとともに「物を創る喜びではなく創った後の苦しみ」を痛感した出来事でした。

土木・建築構造物は社会の安全・安心を確保するものであり、また完成後長期間にわたって利用される使命を持っており、このような予想しえない事象にも耐え50年、100年、いやそれ以上ずっと機能し続けなければならないと感じました。最近の自然現象を見ても、地震だけでなく気候変化に伴う豪雨の多発など、過去には予想しなかったことが現在発生しています。技術は日々進歩しその時代でのレベルがありますが、建設産業に携わる者としてこれらに対応し、かつ常にその時代の最新・最適技術を取り入れ、ただ有形の大きな構造物を「造る」のではなく、より良い物を新しく「創る」ことを信念・信条・掟としたいと思っています。

最後に、建設産業に今後求められていることは何かを考えています。日本の建設産業は、今までの国民性・風土・文化なのでしょうか、物創りに^{こだわ}り、匠の技を十二分に発揮し、良い物を創り続けてきましたが、これからは従来の請負中心・物創り中心の発想からの転換を求められています。例えば、国土交通省成長戦略の国際展開では戦略的に推進する分野『鉄道・ITS・都市交通システム・水関連技術』でのPPP/PPIへの取り組みを強く打ち出しています。インフラファンドの創設や政府首脳によるトップセールス、日本基準の国際標準化への取り組みが開始されようとしています。このように国内外を問わず、物創りに加え維持管理・運営を備えた建設産業が求められています。日本の建設産業は、ガラパゴス化から脱却しなければならず、新しい建設産業の在り方をさらに追求し続けていかなければならないと考えている今日この頃です。

施工

小土かぶり区間のSENSによる初期掘進

—北海道新幹線 津軽蓬田トンネル—

鉄道・運輸機構東北新幹線建設局外ヶ浜鉄道建設所所長 小川 淳
 鉄道・運輸機構東北新幹線建設局外ヶ浜鉄道建設所担当副所長 小伊豆 俊博
 鉄道・運輸機構東北新幹線建設局外ヶ浜鉄道建設所主任 玉井 達毅
 鹿島・鉄建・梅林・田中組共同企業体次長 小林 孝志

1 はじめに

津軽蓬田トンネルは、北海道新幹線新青森・新函館(仮称)間の青森県東津軽郡蓬田村から外ヶ浜町に至る延長6,190mの新幹線複線断面トンネルである。本トンネルは、当該区間の地質状況から、掘削切羽の安全性を確保するため「シールドを用いた場所打ち支保システム」(以下、「SENS」)を採用し、施工を行っている(写真-1)。

SENSは東北新幹線三本木原トンネルの約3,000m間で2004~2006年にかけて初めて開発採用されたものであり、概要としては「密閉型シールドにより掘削および切羽の安定を図り、シールド掘進(Shield)と並行して一次覆工となる場所打ちコンクリートライニング(ECL)によりトンネルを支

保し、一次覆工の安定を計測により確認した後、漏水処理工と力学的機能を負荷させない二次覆工を施工(NATM)してトンネルを完成させる工法(System)」としている¹⁾。

本稿では、SENS採用2例目となる津軽蓬田トンネルの平成21年11月の発進から初期掘進の状況について述べる。とくに国内初となる地上部でのSENSマシン発進方式、掘進当初の小土かぶり区間の地盤変位計測と内型枠計測結果について報告する。

なお、工法採用に至った経緯については、過去に本誌に長谷川・小伊豆²⁾により報告されているため省略する。

2 工事概要

2-1 トンネル概要

延長6,190mの津軽蓬田トンネルの平面線形は全区間直線となっており、縦断線形は約3,000m地点の中間部を最深部とした線形である。

最大土かぶりは90mであり、起点方の小土かぶり部120m間は開削トンネル、残り6,070mはSENS区間となっており、途中5か所で土かぶり5~13mの沢部を通過する(図-1)。また、供用後は中間部付近でトンネル湧水を集水し、地上へ排水する計画としている。

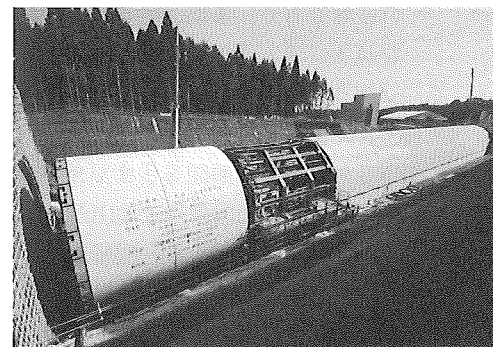
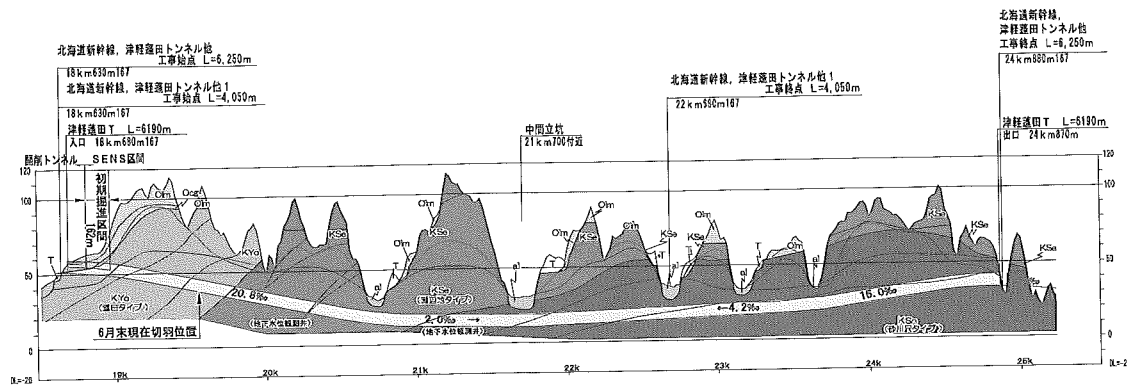


写真-1 津軽蓬田トンネル坑口部



凡例		地質系統	地層名	記号	岩相・岩質	地質系統	地層名	記号	岩相・岩質	
第四系	更新統	完新統	沖積層	al	粘土, シルト, 砂, 砂礫	第三系	蟹田層	蓬田タイプ	KYo	未固結, 塊状を呈する砂層主体の蟹田層, 淘汰不良の砂礫層, 軽石混じりの凝灰質砂層を挟む。
			低位段丘堆積層	T3	シルト, 砂, 砂礫			瀬辺地タイプ	KSe	半未固結の凝灰質砂層~軟岩質の砂岩, 軽石に富む凝灰岩層や軽石・中粒砂の(斜層理)が特徴的な地層で, しばしば乱進横層の砂礫~砂質シルト層の挟在が認められる。
			中位段丘堆積層	T2	ローム, シルト, 砂, 砂礫			砂川沢タイプ	KSn	半固結~固結した砂岩層, 局所的に軽石~ガラス質凝灰岩層, シルト互層を挟む。砂岩層~中粒砂主体の砂岩層, 生痕が認められる。
	高位段丘堆積層	T1	ローム, シルト, 砂, 砂礫からなる。未固結で分級が悪い。礫は流紋岩, 安山岩の他, 泥岩, 凝灰岩を伴う。							
	第四系	更新統	岡町層	O						

図-1 トンネル地質縦断面

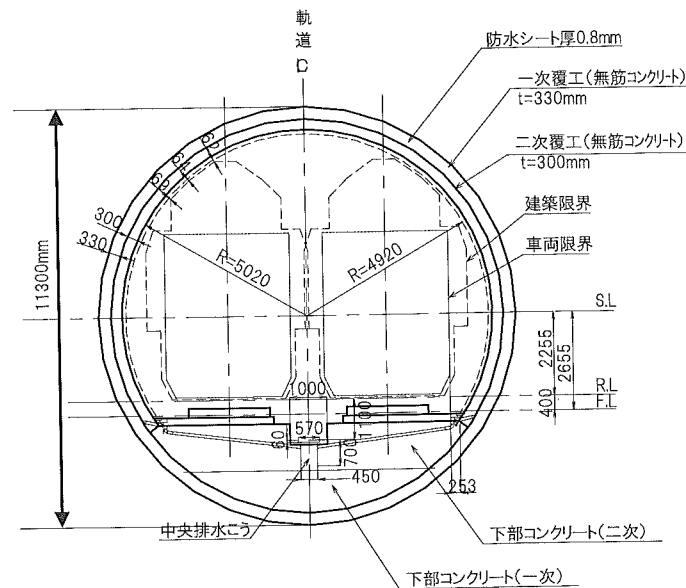


図-2 SENS断面図

新幹線複線断面に対応した内径は10,040mm, 掘削外径は11,300mmで, トンネル構造は一次覆工コンクリート(t=330mm), 二次覆工コンクリート(t=300mm)および下部一次コンクリート, 下部二次コンクリートより構成される(図-2)。

2-2 地質概要

津軽蓬田トンネルの通過する地層は, 未固結な

砂を主体とする蟹田層が基盤であり, 蓬田部層, 瀬辺地部層, 砂川沢部層に分類される。

蓬田部層は, 全体として固結度が低く帯水層となっており, 層相は, 側方または上下方向に大きく変化する特徴を有する。瀬辺地部層は, 軽石質凝灰岩と中・細粒砂の薄互層によって特徴づけられる。砂川沢部層は, 全体として均質で塊状無層理の固結した砂岩層からなる。

蟹田層の一部は細粒分含有率9%, 均等係数3.0と非常に流砂を生じやすい砂層である。また, 地下水位はおおむねトンネル天端以上(最大, 天端+34m)である。

2-3 SENSマシン

図-3にSENSマシンの側面図を示す。SENSではマシン後方に組み立てた内型枠と地山との間に形成される空間に現場打ちによる一次覆工コンクリートを打設しながら掘進する。一次覆工コンクリートは地山の土水圧に抵抗するため圧力を保持して打設される。

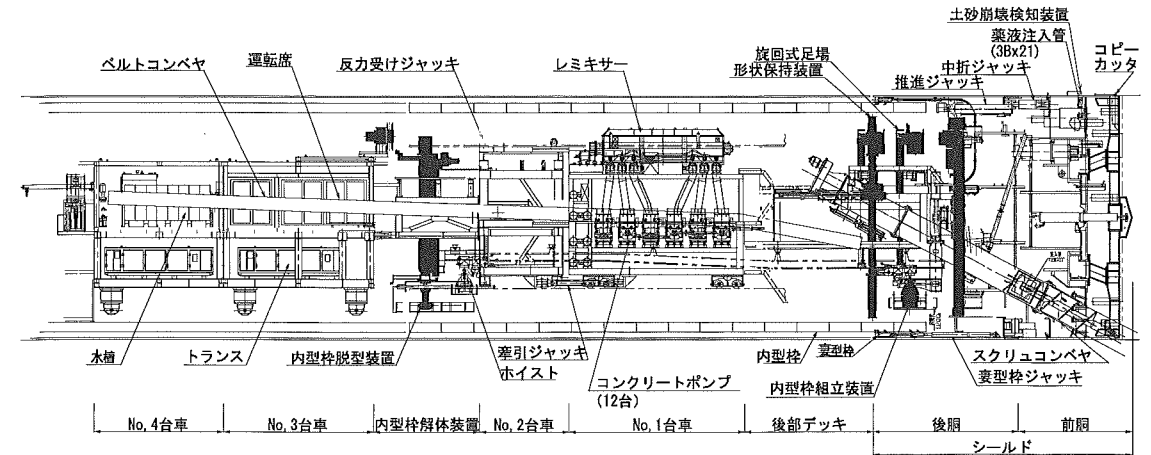


図-3 SENSマシン側面図

表-1 三本木原トンネルからの各種設備改良点と現時点での評価

項目	改良目的	三本木原トンネルとの比較	現時点での評価
施工速度の向上	一次覆工コンクリート打設能力の向上	コンクリート打設ポンプ 6台→12台	打設速度が約2倍に増加
	内型枠幅の増幅により組立回数低減	1リング内型枠幅 1.2m→1.5m	組立回数が20%低減
品質確保・施工性の向上	内型枠組立てボルトの剪断力の低減(内型枠変形の抑制)	内型枠構造 半径方向挿入型→軸方向挿入型	内型枠の変形などはみられない
	妻型枠部のメンテナンス性の向上	妻型枠ジャッキストローク 0.9m→1.6m	妻枠背面の清掃作業性が改善
長距離施工	カッタービットライフの長寿命化	カッターモータ 定速回転→変速回転 ビット配置 2段階差→4段階差	今後検証予定
	坑内走行車両台数の低減	発生土の坑内搬送方法 ダンプトラック→連続ベルトコンベヤ	坑内の車両が大幅に減少

30本の推進ジャッキにより内型枠に推進力を伝え, 硬化した一次覆工コンクリートと内型枠との付着力を反力として掘進が行われる。

1リング1.5mの内型枠は10ピースからなり, 16リング(予備1リング除く)搭載され, 後方で脱型した内型枠は, 1.5mごとの掘進に合わせて1リングずつ前方で組み立てられ, 順次転用される。

三本木原トンネルでは, SENSによる平均月進

表-2 SENSマシンの主な仕様

項目	仕様
シールド形式	泥土圧式シールド, 外径φ11,300mm
装備推力	105,000kN(3,500kN×30本)
中折れ装置	V形フラット中折れ式
カッターヘッド形式	スポークタイプ(メイン6本, 補助6本)
カッタートルク	常用 22,108kNm(α=15.3)
	最高 26,529kNm(α=18.4) インバータ制御
カッタービット	メインビット, 特殊先行ビット, フィッシュテール, コピーカッター×3基(うち2基予備), レスキュービット×1基(予備)
スクリュコンベヤ	内径1,200mm, 最大排土能力432m³
土圧計	チャンバ隔壁部7か所
妻型枠	加圧式妻枠 外径φ11,160mm, 内径φ10,640mm
	装備推力 420kN×18本 打設孔 3B×12か所
内型枠	軸方向挿入・脱型式 装備数 16基(別途予備1基) 外径φ10,640mm

109.6mが実績として得られている。津軽蓬田トンネルでは施工速度の向上, 品質確保・施工性の向上, 長距離施工の対応のため, 各種機械設備の改良を行っている(表-1)。現在のところ, この設備改良により, 期待通りの成果を確認することができている。津軽蓬田トンネルの主なマシンの仕様を表-2に示す。

2-4 一次覆工コンクリート

SENSで用いられる一次覆工コンクリートは表-3のとおり多くの特性を有している。まず、ポンプ圧送およびテールボイドへの充填が確実に進めるための高い流動性が求められる。次に内型枠解体・組立て時などのコンクリート打設停止時間においてもミキサー内で長時間フレッシュ性を保持する必要がある。また、高い地下水条件下での打設でも目標強度と品質を満足する耐水性を確保しなければならない。さらに内型枠との摩擦による推進反力の確保および内型枠脱型時の耐荷力確保のためコンクリートの早期強度発現が要求される。最後にポンプ圧送および充填時の材料分離が生じないことである。

表-3 一次覆工コンクリートの要求性能

スランプフロー	600±50mm
フレッシュ保持性	4時間後のスランプフローが鍊り上がり時の80%以上
強度性状	早強度：24時間強度で15N/mm ² 以上 28日強度で30N/mm ²
ポンプ圧送性	3インチ配管で30mの距離に5m ³ /hを打設可能
材料分離抵抗性	圧送および充填時に分離を生じない
水中分離抵抗性	含水未固結地山でも適切にコンクリートが打設可能 pH12.0以下で品質管理

3 発進方式

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

津軽蓬田トンネルの青森側坑口120m間は開削トンネル区間となっており、現地状況を踏まえた発進方法について検討を行った結果、開削トンネル94.5mを先行施工し、埋戻しを行うことで、この重量による地面との摩擦抵抗を反力として用いる案が合理的と判断した。

しかし、詳細な検討から埋戻しの工程が間に合わず、開削トンネル重量による地面との摩擦抵抗だけでは発進時の推進反力が不足するため、開削トンネル下部底面に突起を設けることとした(図-4)。発進部の切削面は、流動化処理土(設計強度1N/mm²)で直壁を構築した発進防護工を行い、コスト低減を図った。

この発進方法による本体構造物への影響を確認するため、開削トンネルの水平変位、コンクリート応力、底面突起の背面土圧などの各種計測を行った(図-5)。発進時に反力トラスを介して開削トン

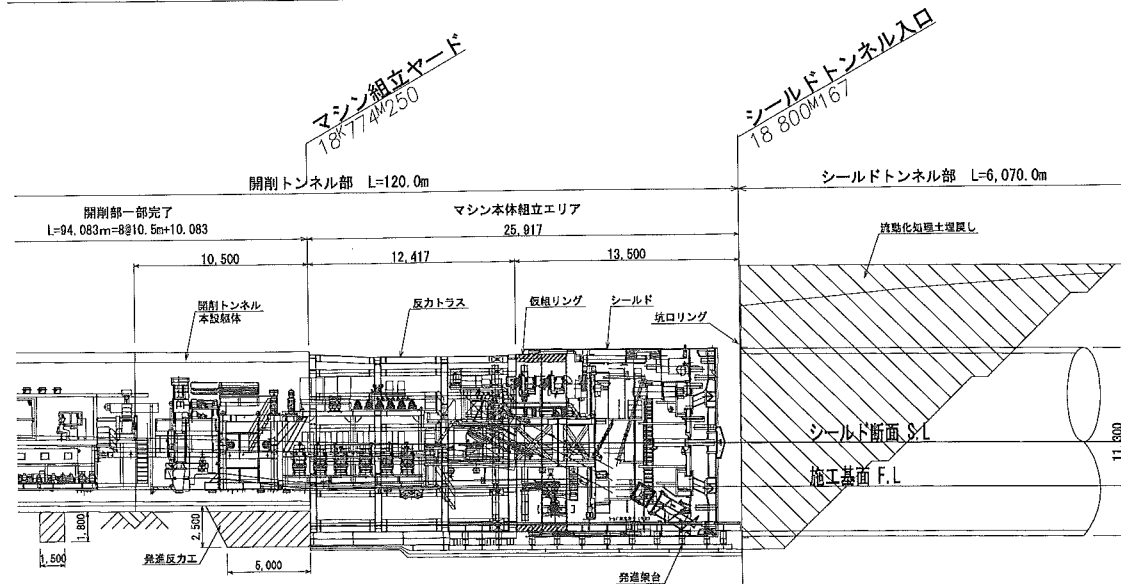


図-4 SENSマシン発進部側面図

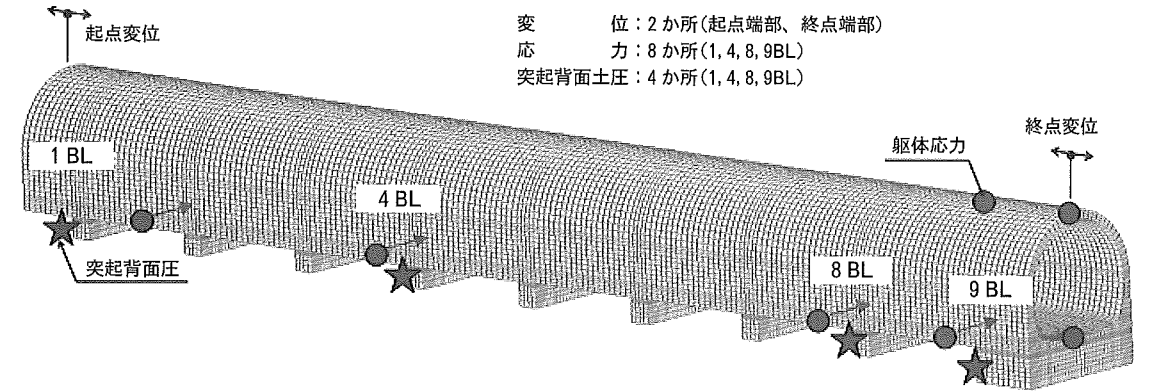


図-5 開削トンネル計測イメージ図

表-4 発進時の開削トンネルの挙動に関する解析値および計測結果

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

ネルに作用した最大荷重は27,800kNであった。事前の解析値と各種計測値を表-4に示す。推力が作用することにより開削トンネルは起点方に1.5mm変位を生じた。それに伴い底面突起背面土圧も上昇する傾向がみられた。背面土圧は終点方に近い8,9BLの方が大きな圧力が測定され、コンクリート応力についても同様の傾向であったが、開削トンネルの構造に問題が生じる状況はみられなかった。事前の解析値と実測値の違いは、開削トンネルの底面摩擦を考慮するかしないかによることと、底面突起に設置した土圧計の受圧面が底面突起面積に対して非常に小さいために精度の良い計測ができなかったためと考えられる。しかし、傾向は一致しており、挙動確認に有効であったと考えている。

4 初期掘進と小土かぶり区間の計測

津軽蓬田トンネルは、平成21年11月7日に掘進を開始したが、最初の162m間は後続台車の導入などによる段取り替えが表-5のとおりたびたび行

われることから初期掘進区間と位置づけ、試験施工区間として掘進を行った。

この区間は、土かぶりがわずか5mの区間が約80m連続しており、小土かぶり部での本工法の安全な掘進管理を行うことが課題であった。そのため地盤変位計測および内型枠応力・ひずみ計測を実施した。

地盤変位計測の平面図・縦断面図および計測断面を図-6,7に示す。計測項目は、地表面沈下、地中沈下、地中水平変位、温度である。また、内型枠計測の概要は図-8のとおりであり、計測項目は、内型枠主桁ひずみ、内型枠主桁応力、内型枠面作用圧、温度である。

当該区間の地質は、N値10~30程度で、トンネル上半が砂礫質シルト層、中下半がシルト混じり細砂層であり、トンネル断面は地下水より上位に位置している。

掘進中の切羽圧の設定および一次覆工コンクリートの打設圧については、地表面への影響を考慮し、表-6のとおり管理を行った。

なお、一次覆工コンクリート打設圧は妻型枠部

表-5 初期掘進時の段取り替え工程表

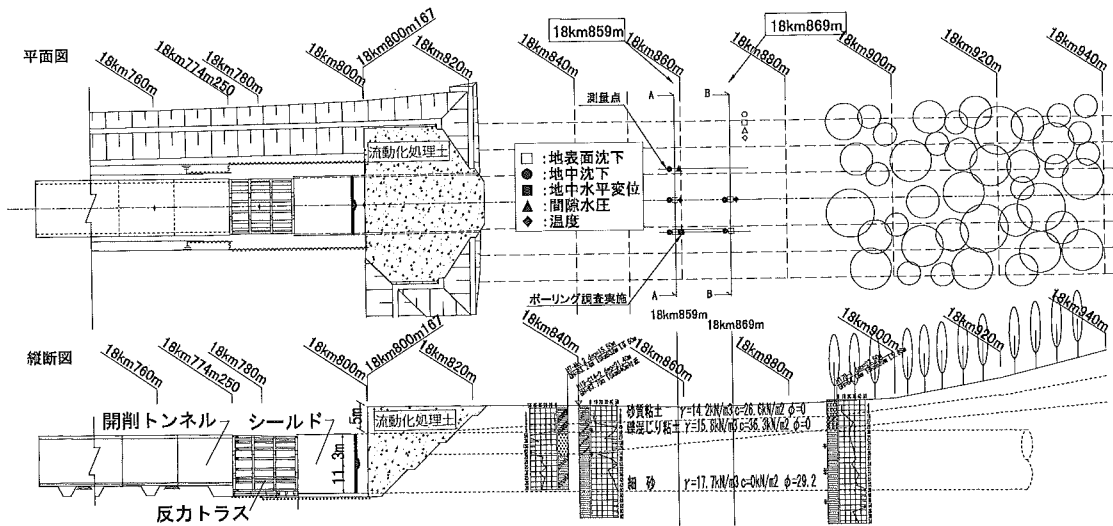
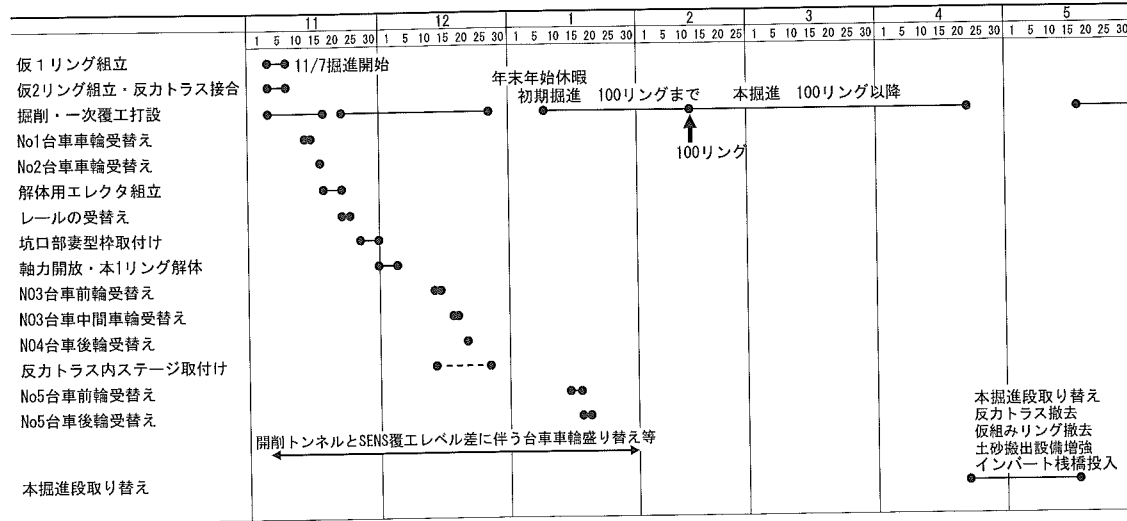


図-6 地盤変位計測平面図・縦断面図

のコンクリート打設口に近い配管内圧力計のデータを用いて管理した。

4-1 地盤変位計測結果

4-1-1 地表面沈下

掘進に伴う地表面沈下計測の結果を図-9に示す。当該区間における地表面沈下は、切羽通過時で10mm未満であった。その後、この工法の特徴であるテール脱出部で行うコンクリート打設時には20~30mm程度の隆起が生じた。内型枠脱型後の最終的な地盤の隆起量は35mm以内に収まっている。発進坑口より20~50m付近では、コピーカット使用に

よる影響で掘進時の沈下が大きくなる傾向となった。また、発進坑口より60~80m区間の沈下状態からの相対隆起量が30mm程度と大きくなっている。これは、一次覆工コンクリート打設圧をそれまでより高めて管理上限値に近い圧力で施工を行った結果である。その後、打設圧を管理値範囲の中で下げたため、相対隆起量は20mm以下に収まった。

4-1-2 地中鉛直変位

18km859m, 869mのトンネル直上1mの地中鉛直変位状況を図-10, 11に示す。

この区間の掘進は4~10リングの連続掘進と1

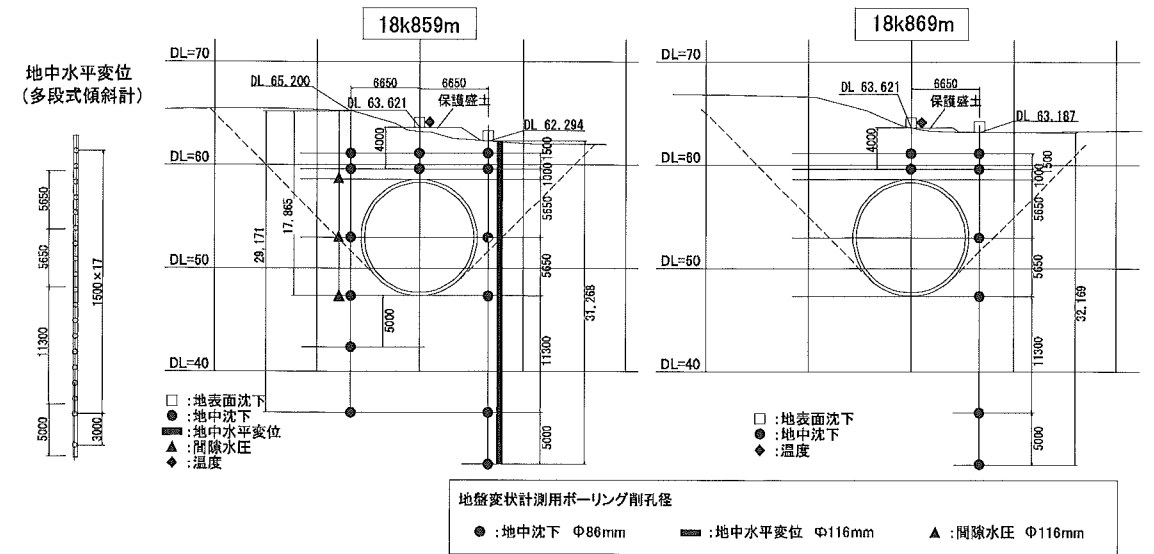


図-7 地盤変位計測断面図

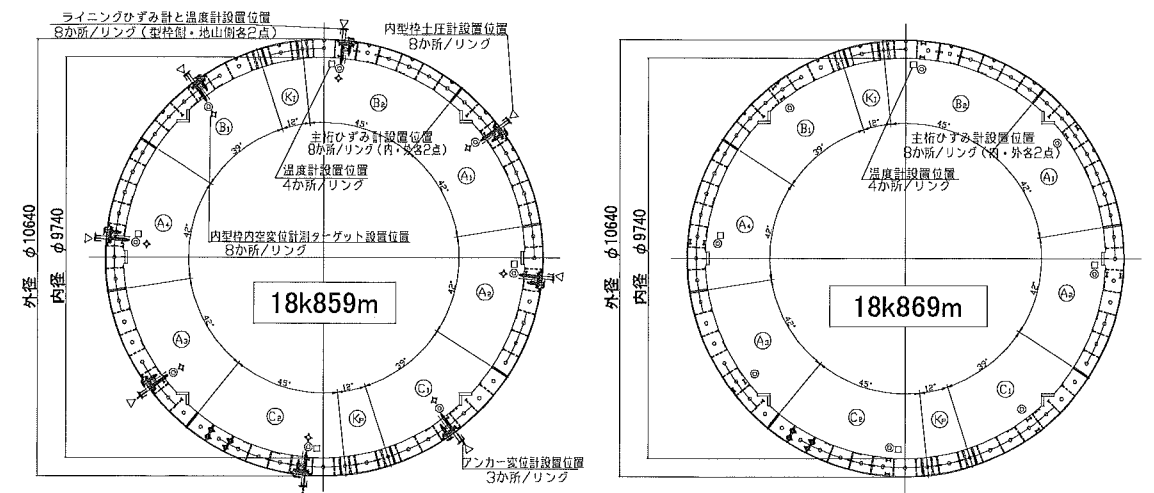


図-8 内型枠計測断面図

表-6 初期掘進時の切羽圧および一次覆工コンクリート打設圧の設定

チャンバ内切羽圧 (切羽中央高さ)	下限値: 主働土圧
	上限値: 静止土圧 + 予備圧 (20kPa)
一次覆工コンクリート打設圧 (シールド天端)	下限値: 頂部鉛直土圧 + 配管圧損(100kPa)
	上限値: 頂部鉛直土圧 + 配管圧損(100kPa) + 予備圧(50kPa)

※発進箇所流動化処理土区間は除く

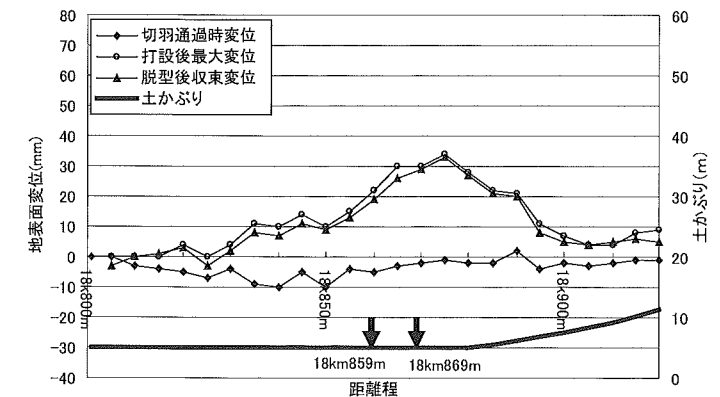


図-9 小土かぶり区間の地表面変位

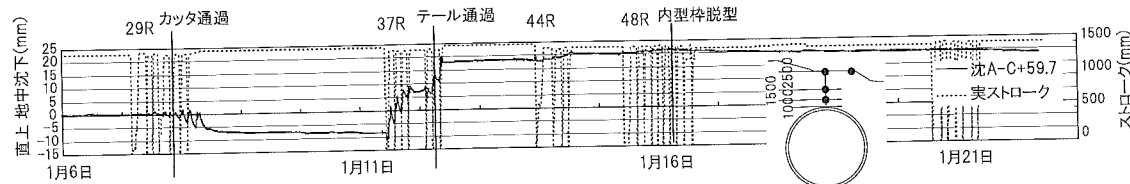


図-10 18km859m地中鉛直変位状況(天端+1m)

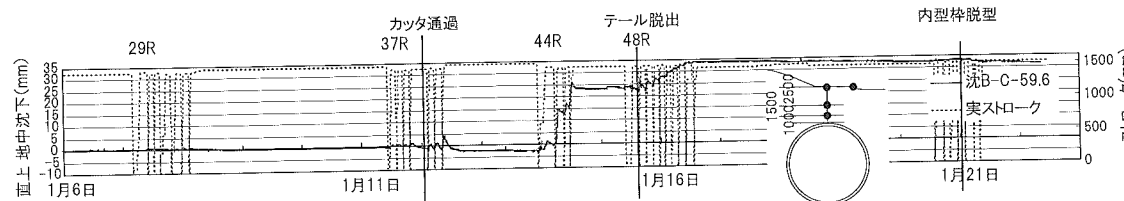


図-11 18km869m地中鉛直変位状況(天端+1m)

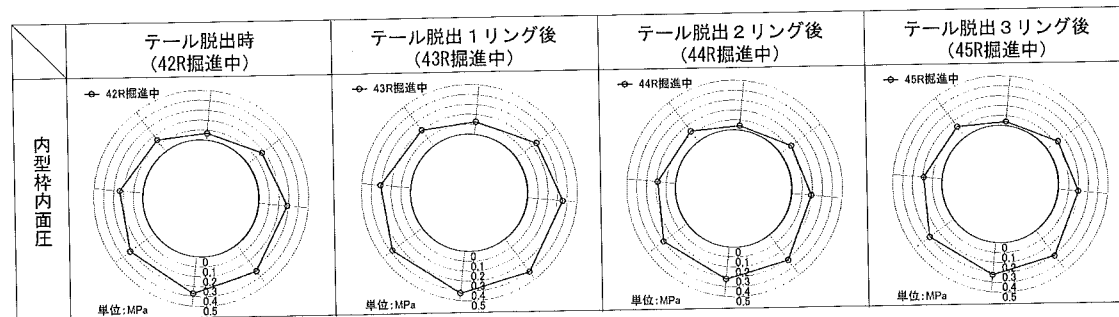


図-12 18km859m内型枠内コンクリート応力

～3日の清掃を交互に行うサイクルであった。

計測断面での切羽通過～切羽2リング進行後で生じた掘進中の変位は最大約5mm隆起し、掘進停止後、短期間に掘進前の変位まで沈下、さらに時間経過に伴って緩やかに沈下量が増加する傾向を示した。掘進時の切羽圧は、主働土圧～静止土圧+予備圧での施工である。この切羽圧では、切羽接近時から切羽通過時の地盤変位は小さいものとなった。

また、マシンのスキンプレーットの最後部となるテール脱出部に近づくと、一次覆工コンクリート打設圧の影響により掘進ごとに隆起量が増加している。最大変位は、18km859m断面が約22mm、18km869m断面が約34mmであった。テール脱出以後、テールからの距離の増加に伴い掘進ごとの隆起量は徐々に減少するが、内型枠脱型後、沈下傾向に転じ、時間経過に伴って緩やかに隆起量が減少する傾向がみられた。

4-2 一次覆工コンクリート打設圧計測結果

18km859m断面のテール脱出時から4リング間の内型枠面の一次覆工コンクリート圧力分布を図-12に示す。計測断面のトンネル天端のコンクリート打設圧は、トンネル天端における鉛直土圧(0.08MPa)と同等の打設圧力となっている。

トンネル天端と下端のコンクリート打設圧を比較すると、天端と比べて下端の打設圧が約0.3MPa高くなっているが、これは上下の高低差によるコンクリート重量におおむね一致する。

地盤変位は、総じて切羽掘進による変位が小さく、大半が一次覆工コンクリート打設に伴う隆起である。すなわち鉛直土圧よりもやや高いコンクリート打設圧が地盤を押し上げているものと考えられる。また、ほかにも地盤が隆起する要因として、一次覆工コンクリートの上下圧力差によって内型枠リングが上方へ押し上げられていること、主に下半ジャッキを用いたことによるモーメント

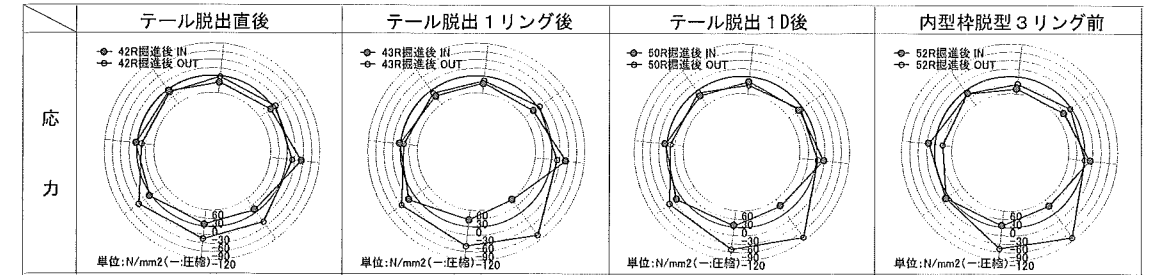


図-13 18km859m内型枠主桁応力

荷重によって内型枠リングが押し上げられていることなどが推定される。

4-3 内型枠の発生応力

18km859m断面におけるテール脱出直後から内型枠脱型前までの内型枠主桁応力図を図-13に示す。応力のINは内型枠主桁の内側(坑内側)、OUTは外側(地山側)を示す。

内型枠の応力は、下半部と比べて上半部の発生応力が小さく、内型枠下半部の発生応力は主桁内側で引張、外側で圧縮応力が卓越し、正曲げが発生している。

18km859mのテール脱出時のコンクリート打設圧を見ると、内型枠に比較的円形状の圧力が作用しており、上半部と比べて下半部の圧力が大きく、その結果下半部で正曲げが発生している。これは天端の打設圧と、シールド径の高さに相当するコンクリート重量による下端の打設圧との差により生じているものと考えられる。

また、内型枠の応力は、テール脱出時からテール脱出1リングまでで変化し、以後、脱型前までの変化は小さいことがわかる。

4-4 初期掘進と小土かぶり区間のまとめ

初期掘進では、5mと非常に土かぶりが小さい区間において、安全に掘進管理を行うことができた。そのため、当該区間の管理方法が今後の小土かぶり区間の掘進に有効であると判断される。また、各種測定を行うことにより、掘進に伴う地山挙動および内型枠応力状態を把握した。

当該区間の掘進時の切羽圧は、主働土圧～静止土圧+予備圧で管理したが、切羽通過時の地盤変位は小さな沈下量に抑制することができた。一方、一次覆工コンクリートの打設圧の設定については、

打設圧が管理上限値に近いとテール脱出後の地盤隆起が増加する傾向がわかったことから、今後予定されている小土かぶり区間においては予備圧や配管圧損の設定値について見直していく必要があると考えている(表-6)。

初期掘進で得られた管理データをもとに本掘進は、平成22年3月から開始し順調に掘進を行っており、6月の掘進は208.5m/月と三本木原トンネルで記録した最高月進172.8m/月を大幅に更新することができた。

5 おわりに

本稿では、国内2例目となる津軽蓬田トンネルのSENSの発進から初期掘進状況を報告した。津軽蓬田トンネルの施工においては、北海道新幹線トンネル施工技術委員会(委員長:足立紀尚・京都大学名誉教授)、同機械化施工WG(座長:小山幸則・京都大学大学院教授)において検討を行いながら進めているところである。同トンネル工事は、現在のところ順調に掘進を行っているところであるが、今後も、委員会およびWGの検討を通し、地質状況や土かぶりが変化する中での切羽の安定および一次覆工コンクリートの品質確保を行いながら、さらなる高速掘進を目指していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 飯田廣臣: 含水未固結地山におけるシールドを用いた場所打ち支保システムに関する研究, 早稲田大学博士論文, 2008.2.
- 2) 長谷川正明・小伊豆俊博: 未固結地山の小トンネル群をSENSで一本化, 北海道新幹線 津軽蓬田トンネル, トンネルと地下, Vol.40, No.4, pp.37-42, 2009.4.



「平家の里」湯西川より

植野 義英

東京23区と同じ広さがある栃木県下最大の村が栗山村である。その栗山村の中に湯西川はある。明神ヶ岳(1,595m)と葛老山(1,124m)をはさんで南に鬼怒川、北に湯西川が谷をつくっている。

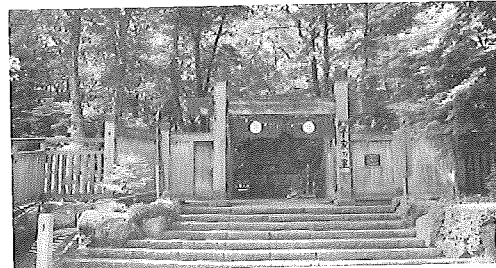
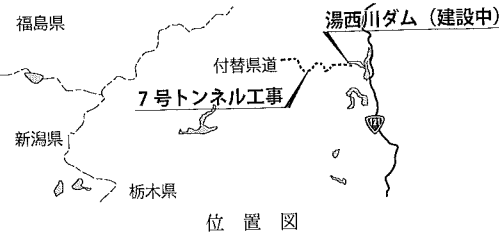
本工事は、湯西川ダムの建設に伴う付替県道の一環にあたり、延長11.5kmに及ぶ付替県道に配される橋梁17橋、トンネル10本のうち、マゴリ沢からサル沢間の6号トンネル舗装工事(L=1,194m)、サル沢土工部(L=68m)、サル沢からオクタボリ沢間の7号トンネル工事(L=731m)を含む全延長1,993mの工事である。

壇ノ浦の合戦後、平家の武将、平忠実、宇都宮の豪族、藤原朝綱を頼って逃れてきたが、そこは安住の地とはならなかった。さらに奥地の日光に入り、鬼怒川沿いにさかのぼっていくころ、一族の女が男子を分娩した。折しも端午の節句を迎えるころであったので、鯉轅を作り、この喜びを表した。ところがこれが源氏の追討の目に留まり、忠実一門は散々な敗北を喫する。

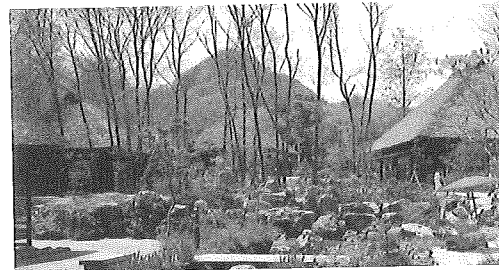
さらに川をさかのぼり、忠実一行は谷奥深く逃れていった。しかし、一行の荷物のなかのニワトリが、ときを上げた。この鳴き声も源氏の追手の耳に達し、再び襲撃を受けることとなる。その後、源氏の追討の手を恐れ5月の節句に鯉轅を揚げない、ときを告げる鶏を飼わないという風習は現在も受け継がれている。

平家一党は残り少なくなりながらも、さらに奥地に進むと、湯西川の地に至って愛馬がこれ以上進めぬ状況になる。忠実が愛用の「藤づるの鞍」をこの地に埋めて、愛馬の塚とした。

平忠実より11代を経て、伴対馬守が雪の中に湯煙が上がるのを見つけ、その上を掘り起こすと、この鞍が見つかった。この湯を「藤鞍の湯」と名付けた。現在、この湯は本家伴久萬久旅館にある。また、伴とは「平



平家の里：冠木門



平家の里：大自然庭園

の人である」という意味の隠し文字である。

この湯西川に昭和60(1985)年「平家の里」が創設された。村の旧家屋を湯西川奥地の場所に集め、平家関係展示館や村の生活資料館などとして開設された。とりわけ6月上旬に執り行われる「平家落人大祭」には、関東地方をはじめ各地からの見物客で湯西川の旅館・民宿・ホテルは満杯となる。遠来の人々はソバ・ヒエ・大豆をはじめ、キノコ類の山菜、イワナやヤマメ、鹿、熊などの落人料理をいただき、露天風呂に入って疲れを癒す。

7号トンネル工事では、工期短縮を達成すべく迎え掘りを行うが、起点側は仮設栈橋の設置、終点側では橋梁部の完成を待っての施工となった。この結果、起点側より560m、終点側より170mの掘削を行い貫通を迎えることとなる。トンネル本体掘削は、大きな変位もなく完了した。現在は覆工コンクリートの施工中である。

地元の方々からも早期開通が望まれるなか、早期竣工を目指し施工中である。(日本国土開発(株)東京支店湯西川トンネル作業所長)

施工

採石場跡の軟弱な埋戻し土を山岳トンネルで貫く (施工編)

—北関東自動車道 出流原トンネル—

東日本高速道路(株)関東支社宇都宮工事事務所工事長 今井 恵 史
鴻池組・本間組・矢作建設工業特定建設工事共同企業体出流原工事所長 市川 裕 祐
鴻池組・本間組・矢作建設工業特定建設工事共同企業体出流原工事副所長 宮本 武 司
(株)鴻池組本社土木本部企画部部長 山田 浩 幸

1 はじめに

北関東自動車道は、群馬県高崎市を起点とし、茨城県ひたちなか市に至る延長約150kmの高速道路で、現在、平成23年ゴールデンウィーク前の全面開通に向け、急ピッチで工事を進めている。

写真-1にトンネル施工状況を、表-1に工事の概要を示す。本誌2010年8月号(設計編; Vol.41, No.8)で報告したとおり、出流原トンネルは、上下線2本の山岳トンネル(NATM)からなり、トンネル線形が軟岩と軟弱な盛土(N値1~10程度)、すなわち採石場で発生した鉱業廃棄物(脱水

土:シルト)や採石場内の掘削残土盛土(以下、「軟弱埋戻し土」という)の境界を通るという特殊な地山条件であった。

トンネルの施工にあたっては、工期短縮の必要性と、掘削時の切羽安定や地震時の耐震性が懸念

表-1 工事概要

工事名称	北関東自動車道出流原工事(出流原トンネル)
工事場所	栃木県佐野市寺久保町~出流原町
工期	2006年12月23日~2010年11月19日
発注者	東日本高速道路(株)関東支社
施工者	(株)鴻池組・(株)本間組・矢作建設工業(株)特定建設工事共同企業体
工事内容	延長
	上り線: L=279.0m 下り線: L=188.0m
	断面
	上り線: 内空 A=68.7m ² , 掘削 A=87.1m ² 下り線: 内空 A=77.7m ² , 掘削 A=98.5m ²
	施工法
掘削方式	NATM
掘削方式	発破工法, 機械掘削
掘削工法	DIII a, E-K [※] パターン(上半先進ベンチカット工法) DIパターン(補助ベンチ付き全断面掘削)
補助工法	深層混合改良

※: E-Kは耐震検討パターン

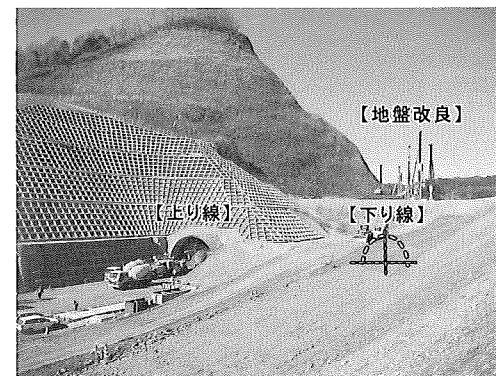


写真-1 施工状況(上り線掘削と地盤改良)

されたため、数値解析を用いて構造の見直しや対策工の選定およびその効果について検討した(設計編)。

トンネルの掘削では、写真-1に示すように工期短縮の目的から対策効果を考慮して選定された周辺地山の地盤改良工を掘削と並行作業で実施するとともに、耐震対策として行ったせん断補強による過密配筋区間では、施工性と品質確保に配慮して中流動覆工コンクリートを採用した。

本稿では、トンネルの掘削および中流動覆工コンクリートの施工概要に関して報告する。

2 工事概要

設計編(Vol.40, No.8)でも述べたとおり、出流原トンネルは、当初めがねトンネルで計画していたが、道路線形の見直しによりトンネル中心間約30mの離隔を確保した併設トンネルへと計画変更した。当初設計後の追加検討条件にもとづく事前の数値解析結果を参考に、図-1に示すとおり、特殊地山条件におけるトンネル構造の連続性とい

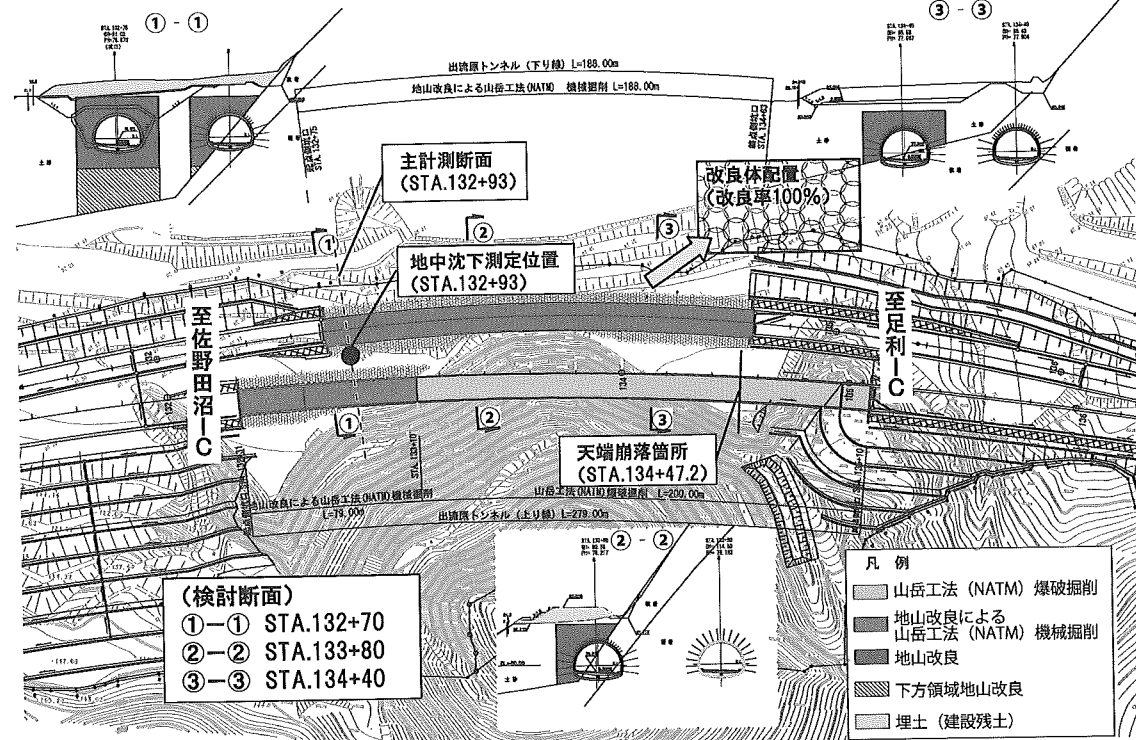


図-1 トンネル構造と切羽安定対策工

地盤改良工法の選定では、対象とする地山が、礫を含む建設残土と粘性の高いシルト(鉱山廃棄物シルト)の埋土であることやトンネルの下り線と上り線の一部は基盤岩である中生代足尾層群の細礫岩、混在チャート層を崖錐堆積物、崩積土、盛土(埋土)が被覆している状況であり、トンネルが基盤と軟弱な埋戻し土の部分を通過することに考慮して表-2に示す比較検討を実施した。

検討では、適用地盤、現場適用条件、経済性といった観点から比較を行った。検討の結果、基盤岩との確実な定着と埋戻し土内礫部分の改良効果といった観点から、攪拌性能が高く比較的硬質な地盤でも適用可能である複合相対攪拌タイプの深層混合処理工法の採用に至った。

なお、改良範囲は、トンネル周辺3.0m、4.0m、

5.0mで比較を行い、経済性とゆるみ範囲にもとづき4.0mとし、その改良体配列は、トンネル掘削時の天端の抜け落ち防止のため、未改良部分を残さないラップ配列(φ1.6m, 改良率100%)で施工した(図-1, 2)。

切羽安定の目的で目標強度を1.0N/mm²と設定し、

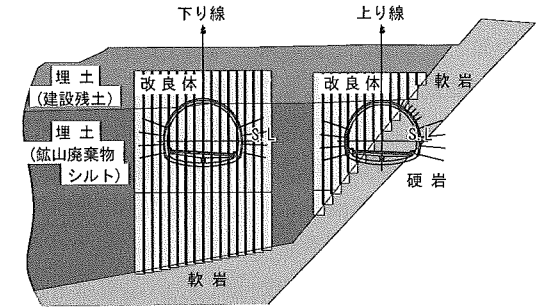


図-2 地山改良標準断面(STA.132+70)

表-2 地盤改良工法の比較一覧

工 法	スラリー系機械攪拌工法			粉体系機械攪拌工法
	複合相対攪拌タイプ*	スラリー攪拌(従来工法)	二軸+高圧噴射タイプ	粉体噴射タイプ
施工機械	三点支持式杭打機90kW×2 (硬質地盤対応型) プラントヤード10m×20m≦ 200m ²	三点支持式杭打機90kW~ 110kW×1(CDM単軸) プラントヤード10m×20m≦ 200m ²	三点支持式杭打機75kW× 2(SDM) プラントヤード10m×20m ≦200m ²	専用機(DJM2070~2110型) プラントヤード10m×20m≦ 200m ²
適用地盤	粘性土N≦20 砂質土N≦40	粘性土N≦4 砂質土N≦6	粘性土C≦50kN/m ² 砂質土N≦20	粘性土N≦6 砂質土N≦20
現場への 適用性	・複合相対攪拌のため混合精度が高く、改良体品質が優れている。	・礫混じりや玉石混じりの土砂、コンクリート殻などの雑物が混在する範囲では、買入が不可能。 ・攪拌翼の破損などが懸念される。	・礫混じりや玉石混じりの土砂、コンクリート殻などの雑物が混在する範囲では、買入が不可能となることや攪拌翼の破損などが懸念される。	・礫混じりや玉石混じりの土砂、コンクリート殻などの雑物が混在する範囲では、買入が不可能。 ・攪拌翼の破損などが懸念される。
	・他の機械攪拌工法に比べ買入力が高く、雑物が混在する範囲でも適用が可能。 ・軟岩である支持層への確実な着底により、軟弱部分を残さずに改良が可能。	・複合相対攪拌タイプに比べ買入力が低く、支持層は傾斜地盤でもあるため、十分な根入れが確保できず、改良下端に軟弱部分が残ることが考えられる。	・複合相対攪拌タイプに比べ買入力が低く、支持層は傾斜地盤でもあるため、十分な根入れが確保できない。 ・高圧噴射攪拌の併用でも、改良下端に軟弱部分が残る懸念がある。	・複合相対攪拌タイプに比べ買入力が低く、支持層は傾斜地盤でもあるため、十分な根入れが確保できない。 ・改良下端に軟弱部分が残る懸念がある。
	・施工機の安定上、1回の施工では、打設深度は22.0mが限界。 ・当該現場では継足施工を適用する必要がある。	・改良体はラップ配置であるが、施工後時間が経過し、強度発現した改良体とのラップ施工は、抵抗が強まるため、攪拌が困難となる。	・高圧噴射攪拌を併用しているため、施工後時間が経過し、強度発現した改良体との相互ラップ施工が確実に行える。	・改良体はラップ配置であるが、施工後時間が経過し、強度発現した改良体とのラップ施工は、抵抗が強まるため、攪拌が困難となる。
経済性	○	◎	△	◎
総合判定	○	×	△	×

*エポコラム工法(硬質地盤対応)

改良時にはチェックボーリングを実施することにより、現位置での強度確認を実施した。

また、事前の試験施工において、礫を含む建設残土層では、1回攪拌による改良が可能であったが、N値8~10程度の硬質粘土層の改良では、チェックボーリングで一部ダマ状態が見られたことから、シルト主体の脱水ケーキでは2回攪拌とした。

対象とする地山の土質にもっとも適応した施工方法で品質の確保を図ることができた。なお、全体数量は、1回攪拌が762本、2回攪拌が1,633本、施工土量が78,466m³で、トンネルの補助工法として採用した施工規模としては国内最大級となった。

図-2に地山改良標準断面(STA.132+70)を示す。

3-2 掘削状況と追加対策(岩かぶり4m以下)

上り線のトンネル掘削時に岩かぶり(基盤岩のかぶり)が4m以下と小さい部分(STA.134+47.2)において小規模な天端崩落が発生した(写真-2)。

小崩落の原因としては、当該箇所は地山自体の岩かぶりが2m程度でその上に埋土をしており、岩自体も石墨層で脆弱だったため、掘削時のゆるみによる影響で支え切れず抜け落ちたものと推察された。

このような岩かぶりの小さい埋土部分では、本来4m部分の改良を行うか、切羽からの前方探査による確認や長尺先受けなどを採用すべきであった。

天端崩落部分の応急的な対応としては、先受け工のうち、改良体と地山の境界部分の7~10本を注入式フォアボーリングに部分的に変更して天端安定を図ることとした。

図-3に崩落部応急対策を、写真-3に天端崩落部対策状況を示す。

3-3 計測結果

3-3-1 計測工A測定結果

図-4に示すとおり、予測解析結果では最終段階において、上り線の天端沈下が12.0mm、内空変位が(4.7+0.2=4.9mm)であり、



写真-2 天端崩落状況 (STA.134+47.2)

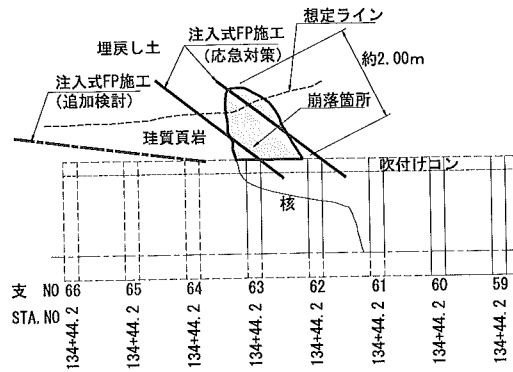


図-3 応急対策(注入式フォアボーリング)

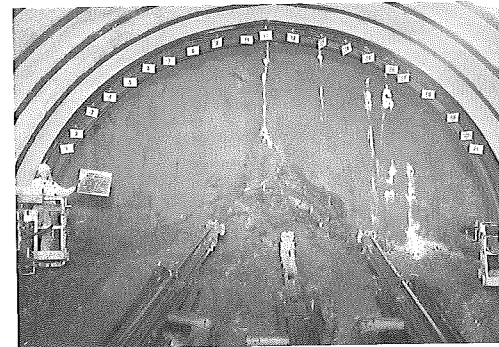


写真-3 天端崩落部対策状況

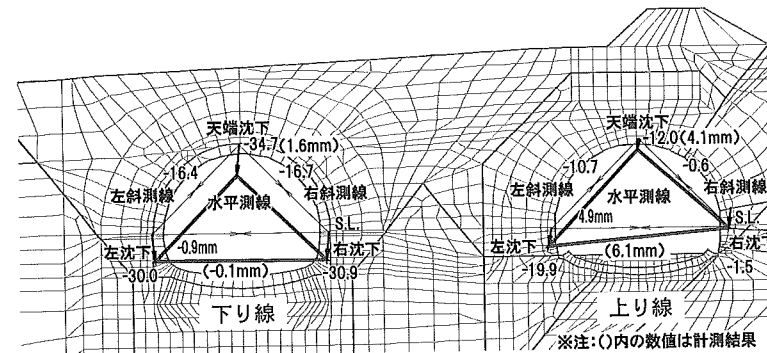


図-4 予測解析時変形モード

偏圧地形の影響を受け、下り線側の沈下が大い変形モードを示していた。実際の計測結果では、STA.132+80において、天端沈下量が4.1mm、内空変位量が6.1mm(上半)であった。変形モードは偏圧傾向を示し、山側が伸び、川側が縮んでいた。予測解析と比較すると実際の計測結果は天端沈下が小さく、内空変位が若干大きい値となった。なお、下り線に関しては、基盤までの改良効果もあり、天端沈下が1.6mm、内空変位は-0.1mm(伸び)を示し予測結果よりもかなり小さかった。

これらの結果から当初の予測どおり、弱層部を

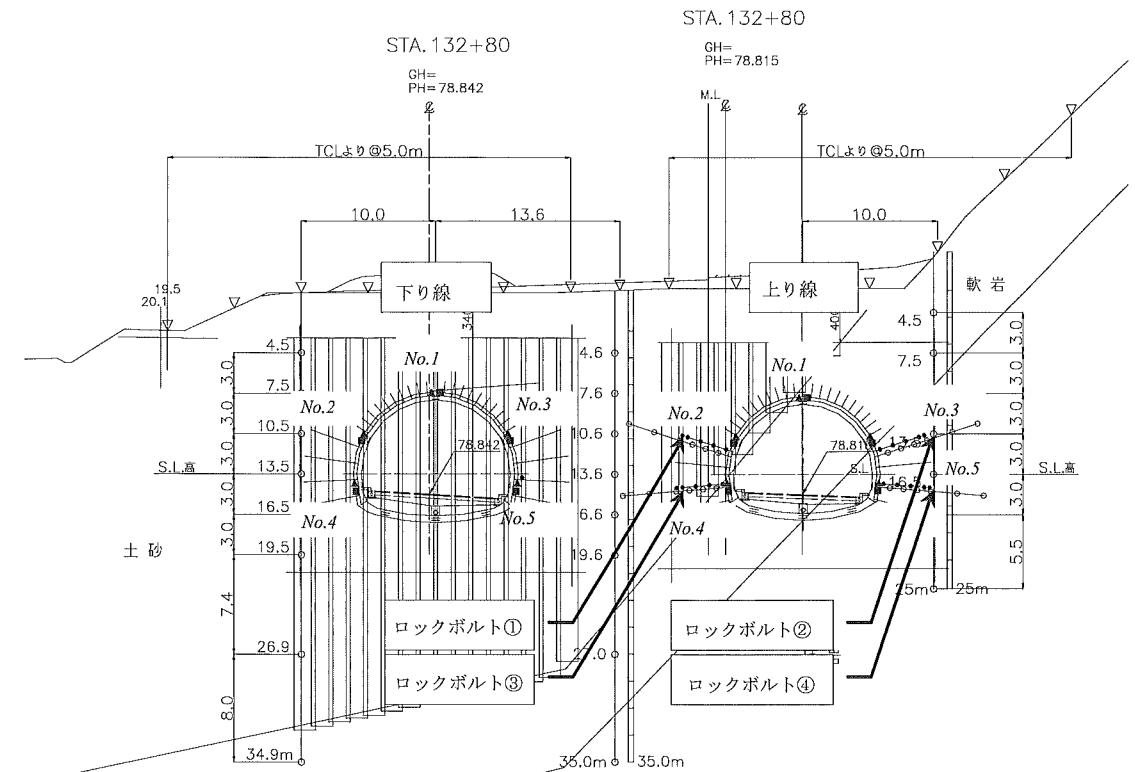
基盤まで地盤改良することで掘削時の変位を抑制し、トンネルの安定を確保できたと考えられる。

3-3-2 計測工B測定結果

図-5にSTA.132+80における計測計画断面図を示す。なお、上り線の坑内からの地中変位測定に関しては、トンネルの変位量が予測よりも小さいことから、坑外からの地中沈下を参考とした。以下に計測結果の考察を述べる。

表-3, 4に支保応力の予測と計測の比較を、表-5にロックボルト軸力の比較を示した。

① 吹付けコンクリートは予測解析では上り線



計測項目		記号	数量	
坑外	地表面沈下測定	▽	15か所	トンネル横断方向
	地中沈下測定	○	3測線	L=25m(7測点), L=35m, 34.9m(8測点)
	地中側方変位測定	≡	2測線	L=25m, L=35m
坑内	地中変位測定	○	4測線*	L=8m(6測点:1, 2, 3, 4, 6, 8m)
	ロックボルト軸力測定	●	4測線*	L=4m(5測点:0.5, 1.5, 2.5, 3.5, 3.9m)
	鋼アーチ支保工応力測定	■	5か所×2	軸, 曲げ, せん断
	吹付けコンクリート応力測定	▲	5か所×2	
	覆工コンクリート応力測定	=	8か所×2	軸, 曲げ

※上り線のみ

図-5 計測計画断面 (STA.132+80)

T3(右肩部)が最大で0.9N/mm²であったが、計測結果では、上り線右脚部T5で1.2N/mm²が最大であった。一方、下り線は上り線よりも発生応力が小さく、右肩部T3が最大で0.4

表-3 支保応力(予測解析)

解析ステップ(Step 8: 上り線)

吹付けコンクリート		鋼製支保工		
No.	N/mm ²	No.	OUT(N/mm ²)	IN(N/mm ²)
1	0.8	1	-50.6	-27.8
2	0.5	2	-21.3	-24.3
3	0.9	3	-43.4	-47.6
4	0.0	4	23.9	-27.5
5	0.2	5	-5.7	-9.2

解析ステップ(Step 14: 下り線)

吹付けコンクリート		鋼製支保工		
No.	N/mm ²	No.	OUT(N/mm ²)	IN(N/mm ²)
1	0.6	1	-40.7	-22.0
2	0.6	2	-23.9	-31.6
3	0.6	3	-21.4	-36.7
4	0.1	4	20.6	-27.0
5	0.1	5	19.7	-28.3

(符号: 吹付け+は圧縮, 鋼製支保工+は引張)

表-4 支保応力(計測結果)

計測結果(上り線)

吹付けコンクリート		鋼製支保工	
No.	N/mm ²	No.	OUT(N/mm ²)
1	-0.8	1	-4.5
2	1.1	2	-17.0
3	1.2	3	-11.0
4	-0.3	4	4.5
5	1.6	5	-26.3

計測結果(下り線)

吹付けコンクリート		鋼製支保工	
No.	N/mm ²	No.	OUT(N/mm ²)
1	0.0	1	1.2
2	0.3	2	-12.4
3	0.4	3	-10.8
4	-0.3	4	1.8
5	-0.6	5	-6.4

(符号: 吹付け+は圧縮, 鋼製支保工+は引張)

N/mm²で収まった。

② 鋼製支保工の発生応力は予測解析で、上り線内側応力はS3(右肩部)が最大で47.6N/mm²であり、外側応力はS1(天端)が最大で50.6N/mm²であった。計測結果では、内側応力は最大がS3(右肩部)で72.7N/mm²であり、外側応力は、最大がS5(右脚部)で26.3N/mm²であり、S1(天端)は4.5N/mm²程度に収まった。

③ ロックボルト軸力に関しては、予測解析では上り線基盤側のM2が大きく、最大で60.4kN(M2: 1.5m)であった。計測結果では基盤内のM4(3.5m)が最大で4.3kN程度と小さく、

表-5 ロックボルト軸力(予測と計測の比較)

解析ステップ(Step 8: 上り線)

測定位置	ボルト①	ボルト②	ボルト③	ボルト④
0.5m	8.7	51	13.9	42.7
1.5m	7.6	60.4	10.9	37.1
2.5m	5.4	56.4	4.8	27.3
3.5m	3.5	41.4	2.8	17
3.9m	2.7	34.5	2.2	12.1

計測結果(上り線)

測定位置	ボルト①	ボルト②	ボルト③	ボルト④
0.5m	-5.0	-9.5	-6.9	-5.3
1.5m	-2.8	-9.9	-5.0	-5.3
2.5m	-3.1	2.8	-3.4	1.0
3.5m	0.6	-5.9	-2.8	4.3
3.9m	2.6	-7.6	-2.8	-3.8

(単位: kN, 符号: +は引張)

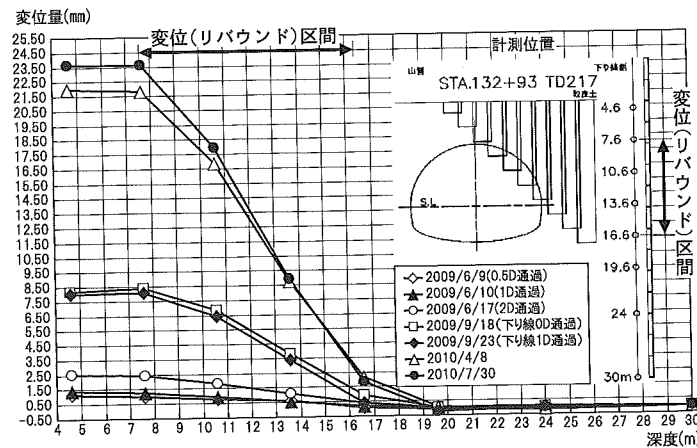


図-6 地中沈下(相対変位)測定結果(STA.132+93)

圧縮軸力を示すものもあった。

④ STA.132+93(中央)の地中沈下測定では、図-6に示すとおり深度16.6mより浅い測点において地上側へ浮き上がる変位モードを観測した。これはトンネル掘削(応力解放)に伴うリバウンドの影響と考える。

予測解析と計測結果の比較では、吹付けコンクリート応力や鋼製支保工の応力に関しては、予測解析で発生応力は小さいとしていたが、実際の計測結果(計測工B)では、絶対値や発生箇所など異なる部分もあるが、予測以上に小さい部分も見られた。

これは、改良効果が想定より大きかったことを示すものと考えられ、経済的な面からは目標強度や安全率の設定の検討が必要だと考えられる。

現時点では当初の予測どおり、弱層部を地盤改良することで、支保部材の発生応力が小さくなり、トンネルの安定を確認することができたと考えられる。

なお、ロックボルトに関しては、一般にFEM解析では地山の変形(歪み)に左右されるため、モデル化しにくいと言われているが、今回の結果でも、当初予測よりも小さな軸力が確認された。

4 中流動覆工コンクリートの施工

動的解析による耐震照査の結果、せん断補強対策として、図-7に示すせん断補強筋を有する複鉄筋断面となった。なお、覆工厚は、掘削断面積が小さくなるように、複鉄筋断面としては最小の40cmとした。

そのため、狭隘でかつ過密配筋状態となった。通常のスランプ15cmの配合では、締め固め不足による密実性の低下や充填不良の発生が懸念された。そこで、本トンネルにおいては、中流動覆工コンクリートを適用し、模擬型枠を用いた施工実験による品質・施工性を確認した後、実施工を行った(写真-4, 5)。

4-1 配合設計

中流動覆工コンクリートの配合条件は、『トンネル施工管理要領(中流動覆工コンクリート編)』

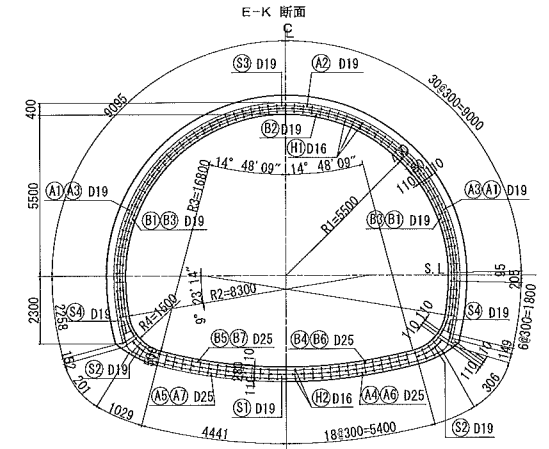


図-7 配筋図(耐震照査断面: E-K)

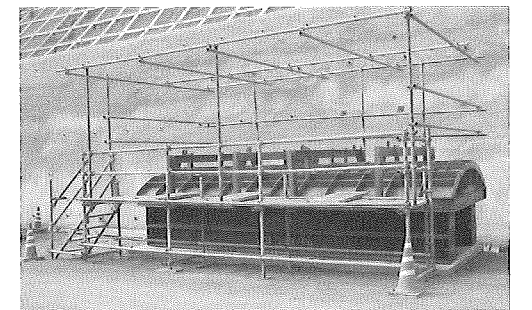


写真-4 模擬型枠

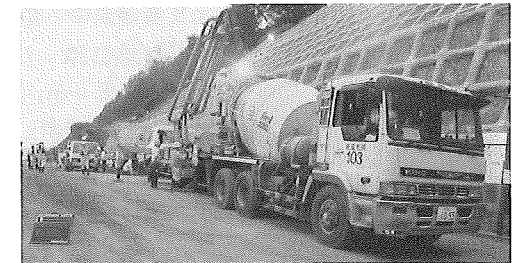


写真-5 試験施工状況

(NEXCO)[®]に準拠し定めた。配合条件を表-6に、試験練りにより決定した配合を表-7に示す。

通常、中流動覆工コンクリートでは、混和材にフライアッシュまたは石粉を使用するが、本工事で使用する生コン工場では、そのためのサイロを増設することができなかったことから、セメントのみの配合となった。

しかし、配合条件の流動性を確保するためには、試験練りの結果、単位セメント量が410kg/m³必要となり、温度ひび割れが発生する恐れがあった

ことから、温度応力解析により検討を行った。検討の結果、インバート部の拘束により、覆工コンクリートのスパン中央部に周方向のひび割れが生

表-6 中流動覆工コンクリート配合条件

項目	中流動覆工コンクリート
コンクリートの種別	中流動覆工コンクリート
圧縮強度(N/mm ²)	30
最大粗骨材寸法(mm)	21±2.5
スランブ(cm)	35~50
スランブフロー(cm)	10±3
加振変形試験(cm)	中央部に粗骨材が露出した状態を呈することなく周囲に2cm以上のペーストや遊離した水の帯がないこと
U形充填性高さ(障害なし)(mm)	280以上
空気量(%)	4.5±1.5

表-7 中流動覆工コンクリート配合

W/P (%)	S/A (%)	単位量(kg/m ³)						
		水	セメント	膨張材	細骨材	粗骨材	高性能AE減水剤	PP繊維 ^(注)
42.7	49.0	175	390	20	827	876	7.175	2.73

※)ポリプロピレン繊維 L=47mm

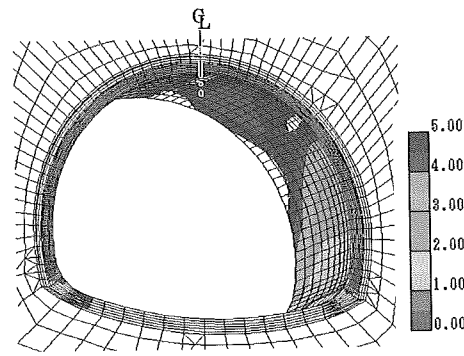


図-8 温度応力解析結果(無対策)

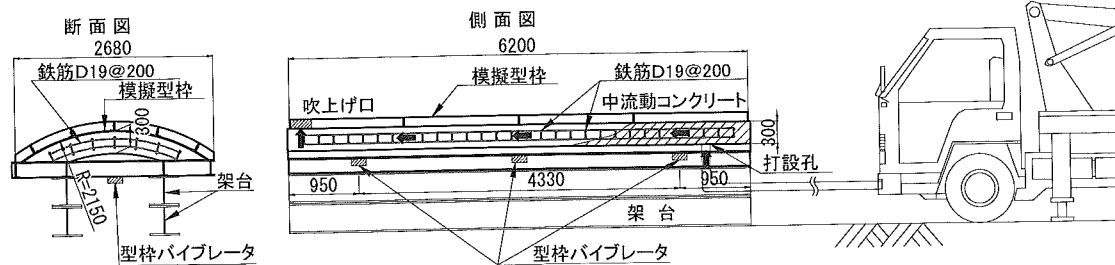


図-9 試験施工要領

じる可能性が高いと想定されたことから(図-8参照), その対策として、膨張材を20kg/m³使用した。

4-2 試験施工

本トンネルでは、通常より鉄筋量の多い複鉄筋を有する耐震パターン(E-K)であることから、とくに吹上げ打設を行う天端部の充填性が問題となる。そのため、実際の配筋を施した天端部模擬型枠(6,200×2,680×300mm)に中流動覆工コンクリートを吹上げ打設することにより、流動性および充填性の確認を行った(図-9参照)。コンクリートの締め固めは、型枠パイプレータのみとし、打込んだコンクリートが到達側壁部の型枠上面にある吹上げ口から溢れるまで圧送した。

4-3 試験結果

4-3-1 流動性

模擬型枠の打設孔から打込んだコンクリートは、偏ることなくほぼ左右対称に流れていくことを確認できた。また、①ポンプ車荷卸し前、②打設孔(ポンプ圧送後の筒先)、③壁部吹上げ口の3か所から採取したコンクリートのスランブフローは、①39.6cm、②36.7cm、③37.1cmといずれも値に大きな違いはなく、壁部吹上げ口を含む3か所から採取したコンクリートは、いずれも規準値をすべて満足しており、安定した流動性を確認することができた。

4-3-2 充填性

写真-6に脱型後のコンクリートの状況を示す。上面には、深さ5mm程度の気泡があるものの隅角部の隅々までコンクリートが充填していることを確認した。写真-6の◎印に示す位置より採取したコア供試体の表面に占める粗骨材の面積比率を

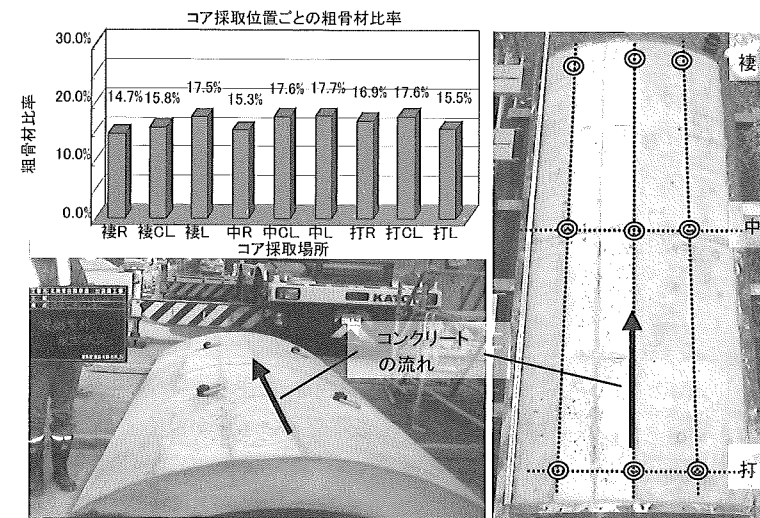


写真-6 中流動覆工コンクリート出来形(試験施工)

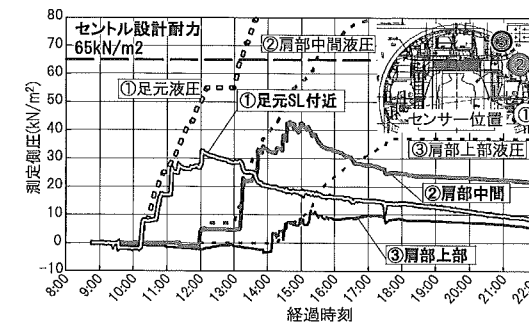


図-10 側圧測定結果(実施工)

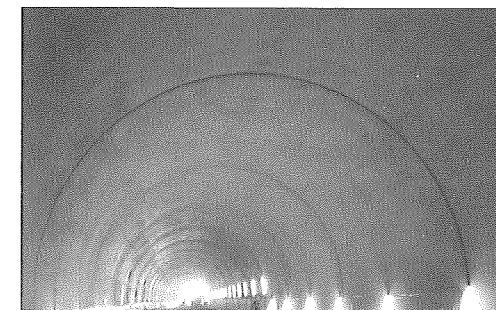


写真-7 中流動覆工コンクリート打設完了状況

写真上に示す。若干のバラツキは見られるものも、ほぼ均等に粗骨材が分布していることから、コンクリートに材料分離は見られず、均一なコンクリートが成型されていることを確認した。

4-4 中流動覆工コンクリートの施工状況

中流動覆工コンクリートの実打設に伴い、コンクリートの側圧によるセントル型枠の変形が懸念

されたことから、全スパンにおいて側圧の測定を行った。そのなかから測定結果の一部を図-10に示す。図中の実線は各実側値を、破線は液圧分布で作用すると仮定し実際の打上がり速度より計算した予測値である。測定された側圧値は打設量に応じて増加し、おおむね1時間程度でピークを迎え、その後は収束しており、設計荷重を超える液圧は作用しないことがわかった。

写真-7に型枠を移動後のコンクリート表面の状況を示す。通常より色むらや縞模様などが少なく、均一な覆工コンクリート面を確認することができた。

5 施工管理における新技術の導入

現場における施工管理においては、新技術の導入により、以下の課題に取り組んだ。

- ① 長大法面を有する坑口部の安全管理
- ② 中流動覆工コンクリートの圧力管理

5-1 坑口部法面安全管理

山岳トンネルの坑口は斜面を切土して設置されることが多く、必要な斜面安定対策が計画されるものの、切土法面の安全管理に関しては、地すべり伸縮計や傾斜計といった計測機器を用いて計測された変位量を現場事務所で処理して変位速度により管理することが一般的である。

本現場では「光る変位計」⁹⁾を用いて、誰でも容易に変位量や危険度を光の色により判別するOSV(On Site Data Visualization)という新技術を採用して仮設時の長大法面に関して、集中豪雨や継続した降雨時の斜面の安定性をリアルタイムに確認する試みを実施した(写真-8)。

光る変位計の採用により、変位量に応じて色が変化するため、切土直後の危険性を「いつでも」「どこでも」「誰でも」目視で直接判断できることから、斜面の安定性をリアルタイムに確認するこ

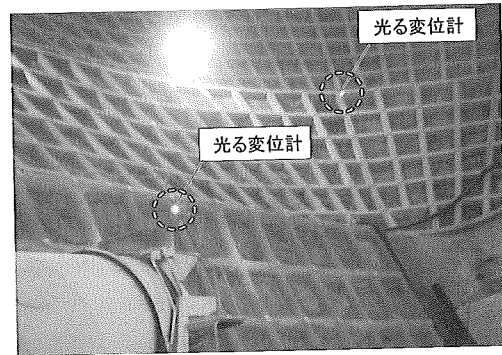


写真-8 光る変位計設置状況

とで、作業時の安全性が飛躍的に高まった。

5-2 中流動覆工コンクリートの圧力管理

前述のとおり、耐震照査結果にもとづいた過密配筋(せん断補強筋)に対して流動性の高い中流動覆工コンクリートの適用に至った。

中流動覆工コンクリートの施工では、その高い流動性から、通常の覆工コンクリート材料に比較して、打設速度が速い場合や、過剰な締め固めによりコンクリートが液状化する場合には、型枠に作用する側圧が上昇し構造的な負荷が大きくなる可能性がある。

また、覆工型枠に管理基準を超えるような大きな変形を生じた場合には、工事の中断を余儀なくされ、コールドジョイントなどの発生などによるコンクリートの品質の低下を招くことが懸念された。

本現場では打設時の作用圧力を計測管理しながら作業を進める情報化施工の必要性から新技術の光るデータコンバータを導入し、型枠に作用する側圧が設計耐力を超えないように作業員自らが判断できる「計測結果見える化技術」の推進を図った。

写真-9に光るデータコンバータ設置状況を示す。

光るデータコンバータを採用したことにより効率的な情報化施工が可能となり、作業の安全確保と覆工コンクリートの品質向上が図れたものと考えている。

6 ま と め

今回、採石場跡地における軟弱埋戻し土、およ

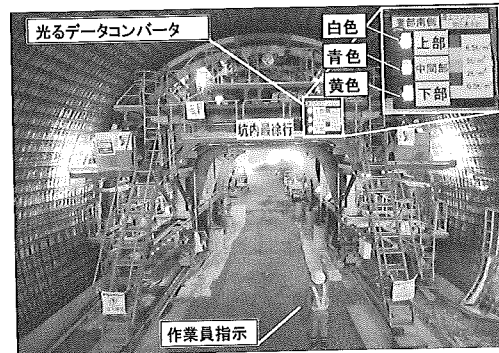


写真-9 中流動覆工コンクリート圧力管理状況

び軟岩との境界部分をトンネルが貫くという特殊地山条件の施工に関して、切羽安定対策(長期沈下対策含む)として採用した周辺地山改良工法の概要や掘削時の対応について報告した。また、耐震照査にもとづく過密配筋区間において、確実な覆工コンクリートの充填を図り、品質を確保するために採用した従来よりも流動性の高い中流動覆工コンクリートの施工に関して報告した。さらに、長大法面を有する坑口部における「光る変位計」の採用や中流動覆工コンクリートの圧力管理に採用した光るデータコンバータなど新しい技術であるOSVの適用により効果的な情報化施工を実現した。

平成22年6月末現在、上り線、下り線ともトンネルの施工を完了している。

本誌2010年8月号に掲載された「設計編」で示した軟弱埋戻し土という特殊条件下における数値解析にもとづくトンネル支保構造や耐震照査の検討結果や、今回報告した地山改良工法や中流動覆工コンクリートの施工報告が今後の同種工事の参考になれば幸いである。

最後に、新技術であるOSVの現場適用に関しては、OSV研究会会長である芥川真一・神戸大学教授をはじめ多くの関係者の方々に貴重な助言をいただいたことを記してここに感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 今井恵史・宗像慎也・宮本武司・山田浩幸：採石場跡の軟弱埋戻し土を山岳トンネルで貫く(設計編)。

北関東自動車道 出流原トンネル, トンネルと地下, Vol.41, No.8, pp.7-14, 2010.8.

- 2) 宮本武司・今井恵史・牛口美信・山田浩幸：特殊地山条件におけるトンネルの構造および施工法に関する一考察, 土木学会第64回年次講演会概要集, pp.819-820, 2009.
- 3) 福田毅・遠藤太嘉志・今井恵史・牛口美信・山田浩幸：山岳トンネルの地山ゆるみ領域の解析結果について, 土木学会第64回年次講演会概要集, pp.821-822, 2009.
- 4) 西村学・森崎啓・今井恵史・牛口美信・山田浩幸：特殊地山条件における山岳トンネルの地震時挙動解析, 土木学会第64回年次講演会概要集, pp.823-824, 2009.
- 5) 福田毅・山田浩幸・今井恵史・牛口美信・宮本武司：特殊地山におけるトンネル施工法の数値解析的検討, トンネル工学報告集, Vol.19, pp.23-28, 2009.
- 6) 東日本高速道路ほか：トンネル施工管理要領(中流動覆工コンクリート編), 2008.8.
- 7) 芥川真一・森翔矢・大村修一・山田浩幸：トンネル掘削工事中の安全管理における光る変位計の適用例, トンネル工学報告集, Vol.19, pp.181-183, 2009.

■ 図書案内

地 下 水 の 科 学 — 全 3 巻 —

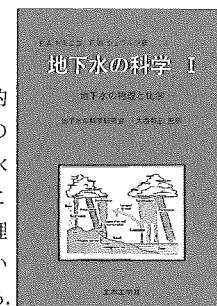
P. A. ドミニコ・F. W. シュワルツ 共著
地下水の科学研究会・大西有三 監訳

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

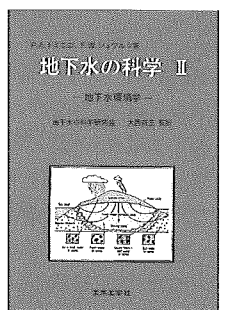
水理地質学を学ぶうえでの基礎的な事項を記載した。水理地質学の理論と人間の社会活動における水理地質学の適用範囲を理解することができる。理論に立脚した水理地質学の使い方を、計算例を用いながら効率よく学ぶことができる。



第Ⅱ巻
地下水環境学

4,272円+税 B5判

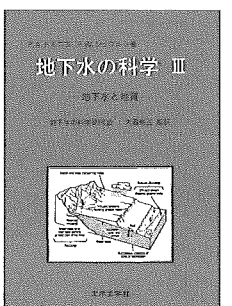
第Ⅱ巻では、さまざまな地質環境の中での汚染物質の地下水による輸送に関する問題を取り扱っている。水理地質学が環境問題とどのような関連性を持っているか、また利用可能かを知ることができる。



第Ⅲ巻
地下水と地質

3,689円+税 B5判

第Ⅲ巻は、地下水の地質学的側面について、工学的に取扱うための事項について記述している。さまざまな土木工事で重要な検討事項となる地下水圧の問題や、地層処分における地下水による熱輸送の問題などについて理解できる。



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
TEL: 03 3267 2888 FAX: 03 3267 2807 http://www.tunnel.ne.jp



「豊かな自然に囲まれたやすらぎのまち」北秋田市より

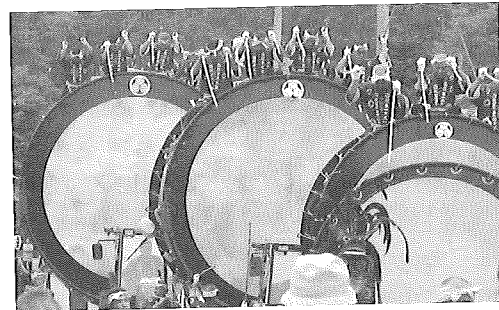
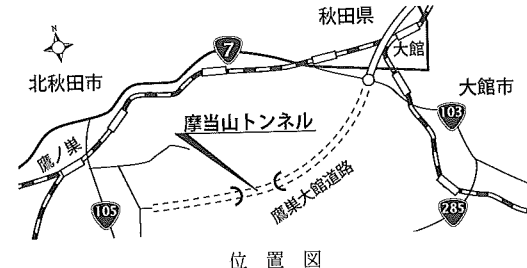
光増朝久

秋田県北秋田市は、平成17年3月に鷹巣町、合川町、森吉町、阿仁町が合併し、新たに誕生した市で、秋田県の北中央に位置し、ゆったりした時間が流れる緑に囲まれた美しいまちである。人口は36,600人で面積は約1,150km²、秋田県の総面積の約10%を占めている。

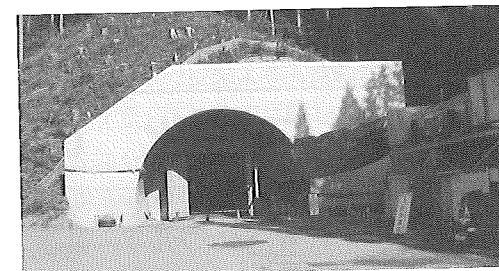
市の中央には「花の百名山」に数えられる森吉山が勇壮にそびえる。一帯で見られる高山植物は300種類を超えと言われており、夏山のシーズン中はゴンドラを利用する大勢のハイカーで賑わいを見せている。この森吉山麓を中心にクマゲラ(天然記念物に指定されているキツキ)の棲むブナの原生林や多数の滝が散在し、優れた自然景観や山岳溪流に恵まれている。

また、毎年7月14、15日に催される八幡宮綴子神社例大祭は約700年の歴史をもち、「綴子大太鼓祭り」ではギネスブックにも登録された世界一大きい約4mの大太鼓を用いる。上町と下町の二つの集落が徳川方(上町)と豊田方(下町)にわかれ一年交代で綴子神社に大太鼓を奉納し、虫追いや雨乞い、五穀豊穡を祈願する。大太鼓の大きさは上町と下町の町内の競争の結果、制作の限界にまで達し、下町で昭和61年に直径3.7m、重さ3tのものを作れば、上町では平成4年にこれを超える直径3.8m、重さ3.5tのものをつくることといった具合である。集落内を数基の大太鼓を打ち鳴らしながら行進するさまは圧巻である。

本工事路線である鷹巣大館道路は、日本海沿岸東北自動車道に並行し、その機能を代替する一般国道7号の自動車専用道路として整備が進められている。国道7号では大館市内をはじめとし、朝の通勤時間帯に渋滞が発生している。とくに冬期間には走行速度の低下により著しい渋滞となっている。また、生活交通と通



綴子大太鼓祭り



摩当山トンネル坑門

過交通の混在などに起因する貨物車関連の事故や冬期には凍結に起因する正面衝突などの重大事故も発生している。これらの交通混雑の緩和や交通事故の削減を目的として、鷹巣大館道路の摩当山トンネル(延長3,336m)が計画されている。

「国道7号摩当山トンネル(北秋田工区)工事」は、北秋田工区として延長1,293.5mの2車線道路トンネルを施工するものである。地質は主に海底火山活動による火山岩・火山堆積物と海成の堆積物からなる「グリーンタフ」を主とし、玄武岩・凝灰岩・安山岩の概ね中硬質岩が分布する。

平成21年12月より掘削を開始し、平成22年8月末時点での進捗は掘削720m、覆工385mである。来年早々の貫通を目標に、地元の方々のご理解やご支援をいただきながら作業所員および協力業者が一丸となって、市民の皆様にご喜ばれる高品質なトンネルを造っていき

たい。
(清水建設(株)国道7号摩当山トンネル(北秋田工区)工事作業所長)

施工

坑内外のウェルを併用し細粒砂質地山を掘削

—常磐自動車道 原町トンネル—

東日本高速道路(株)相馬工事事務所工事長 廣瀬 貴樹
東日本高速道路(株)相馬工事事務所 宮越 信
前田建設工業(株)原町トンネル作業所現場代理人 森 英治
前田建設工業(株)原町トンネル作業所監理技術者 伊藤 毅浩

1 はじめに

常磐自動車道は、東京都を起点として、首都圏の関東地方から東北地方南部の太平洋側を北進し、宮城県仙台市を結ぶ総延長約352kmの高速道路(高規格幹線道路)である。この路線は、埼玉県、千葉県、茨城県、福島県、宮城県の内陸部および太平洋沿いの主要都市を結び、北関東自動車道、磐越自動車道、東北中央自動車道などを經由して東北自動車道と接続することから、北関東と南東

北との地域相互の高規格道路網を形成し、緊急時における代替・迂回路などのネットワーク機能を強化する重要な路線である。

常磐富岡IC~相馬IC(仮称)間の延長約47km間は、平成23年度の開通に向け、現在、鋭意工事を進めているところである(図-1)。原町トンネルは、そのうちの浪江IC(仮称)~原町IC(仮称)間のほぼ中間に位置する、延長749.5mの2車線トンネルである。

トンネルの土質は、未固結な細粒砂質土であり、

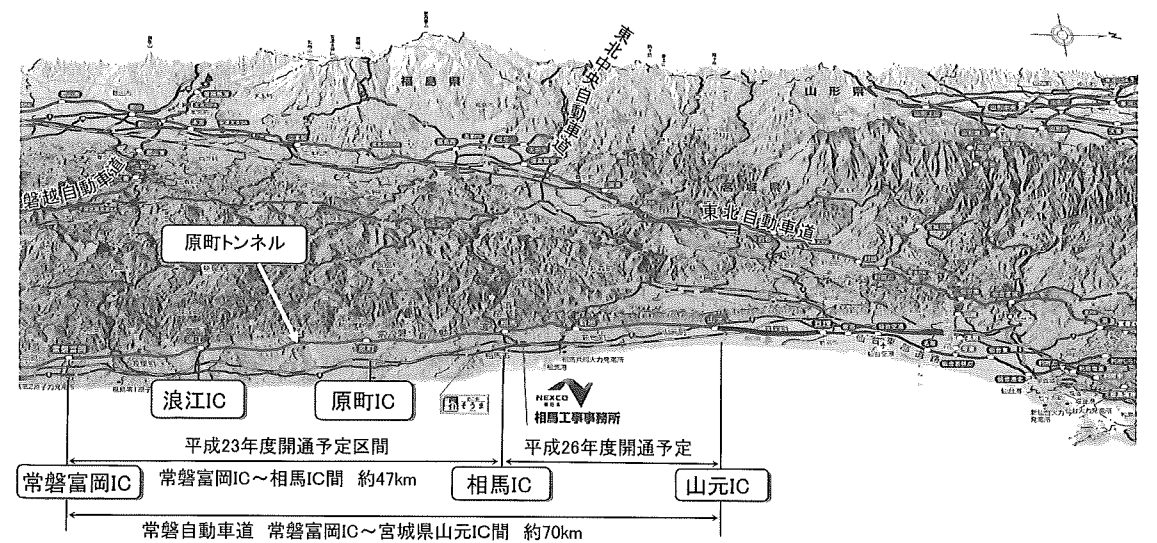


図-1 常磐自動車道鳥瞰図

細粒分を多く含む透水性が低く、均一な粒径の細砂を主体としているため、水分を含み飽和すると泥濘化しやすい特徴がある。さらに地下水位はトンネル天端上方にあり、掘削時の湧水によって切羽の自立が非常に難しく、トンネル施工に大きな影響を及ぼすことが予想されるため、トンネル掘削前には水位を下げる必要があった。

本稿では、細粒砂質土の未固結地山における坑内外からの地下水位低下工法の適用とトンネルの施工について報告するものである。

2 地形・地質の概要

地形および地質の特徴は、双葉断層を境に西側に岩質地層軸とした花崗岩類の岩質(硬岩)、東側に上層から段丘堆積物、大年寺層砂岩および新第三紀鮮新世・仙台層群に属する向山層泥岩で構成されている(図-2)。

常磐自動車道の本線は、双葉断層の東側(太平洋側)に計画され、台地とその後の河川浸食作用により低地となった地域を交互に盛土・切土と橋梁で通過する。本トンネルは標高約120mの台地を約40mの土かぶりの位置に計画され、その地山の大部分が未固結な細粒砂質土である大年寺層砂岩よりなっており、中央付近から向山層泥岩が底盤に出現しはじめ、終点側では向山層泥岩に移り変わる。

表-1にトンネル通過部の大部分を占める大年寺層の土質特性を示す。大年寺層は細粒分含有率15~36%、均等係数が2.6~23.8の範囲であり、粒のそろった細砂である。このため土木学会編『トンネル標準示方書 山岳工法・同解説』¹⁾に示され

た指標によると「流出の可能性がある」、つまり流砂現象の発生する恐れがあり、トンネル掘削に伴う切羽崩落などが懸念される地質であると言える。

またトンネル直上は、平成7年福島国体の馬術

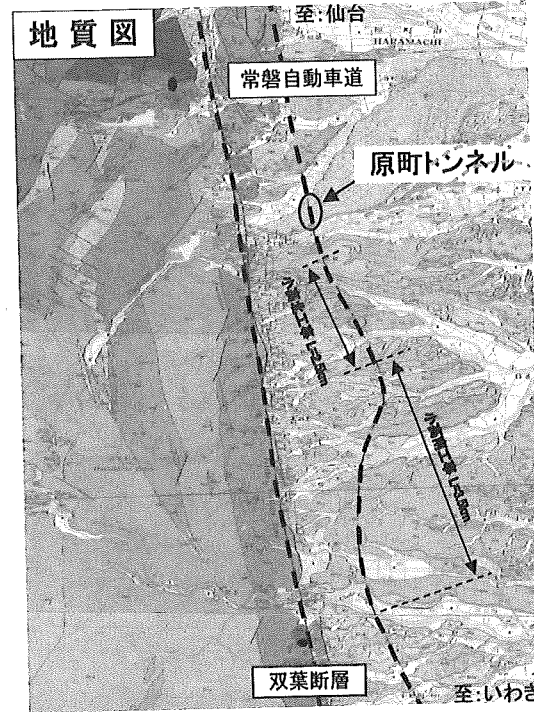


図-2 地質平面図

表-1 大年寺層の土質特性

土粒子の密度 ρ_s	2.6~2.7g/cm ³
細粒分含有率 F_c	15~36%
均等係数 U_c	2.64~23.8
含水比 w_n	32~35%
透水係数 k	3.2×10^{-4} cm/s
N 値	30~50以上

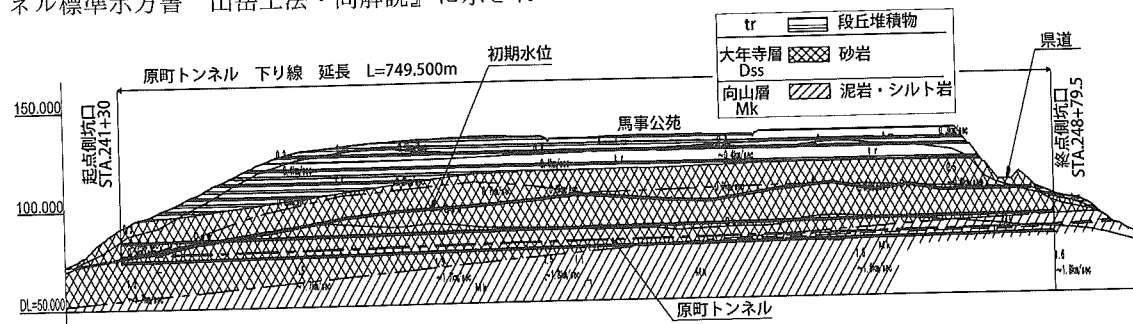


図-3 原町トンネル地質縦断面

競技を開催した馬事公苑であり、終点側で県道と交差しており、その土かぶりは馬事公苑で約40m、県道部で約15mである(図-3)。

3 地下水位低下工法

トンネル掘削に伴い流砂現象による切羽崩壊の恐れがあるため、トンネル掘削前に地下水位を下げるのが絶対条件であり、本トンネルで実施した地下水位低下工法を下記に示す。

3-1 スーパーウェルポイント工法

既往の土質調査の結果から、トンネル掘削に影響をきたす地下水位は、トンネル上方の約10m位置に確認されていたため、湧水による切羽崩壊対策として地下水低下工法を検討した。

その結果、既往調査より透水係数が平均 3.2×10^{-4} cm/sと低く、土かぶりが約40mと比較的小さく、かつトンネル掘削の進捗に影響なく地上から揚水ができることから、強制排水による揚水能力に優れた真空排水、「スーパーウェルポイント工法」(以下「SWP」)を採用した(図-4)。

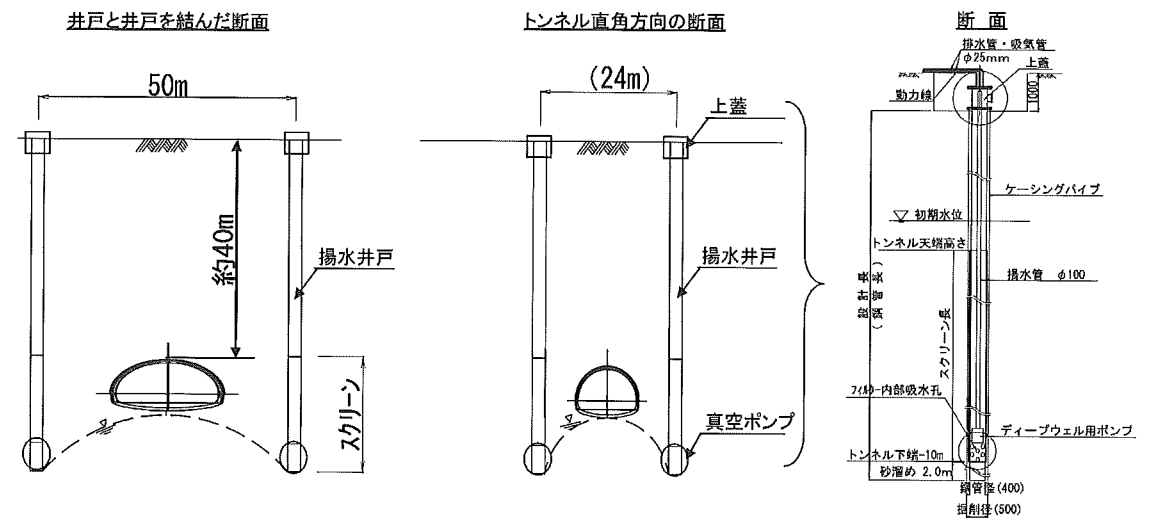


図-4 スーパーウェルポイント工法概念図

これは、鋼管径 $\phi 400$ mmで長さ約 $L=60$ mのSWPを間隔@50m千鳥配置で設置し、トンネルインバート下から約10mに真空ポンプ、鋼管上部に上蓋を設置して、真空ポンプの稼働により鋼管内を真空状態にさせ、鋼管に取り付けられているスクリーンから地下水を揚水するものである。

3-2 坑内短尺ウェルポイント工法(上半盤・下半盤)

SWP工法で地下水位を低下させていたが、掘削時に水位が上半部下にあった場合、上半盤から「坑内短尺ウェルポイント」(以下「坑内短尺WP」)(@1.5m, $L=6.15$ m)、また下半部下にあった場合、下半盤から坑内短尺WP(@1.5m, $L=4.25$ m)

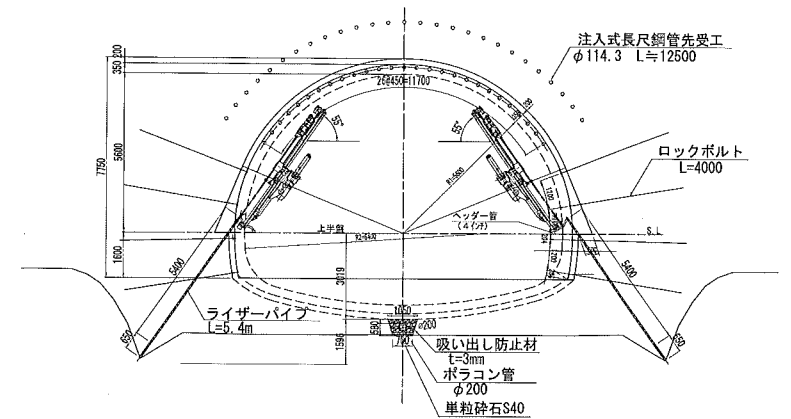


図-5 坑内短尺ウェルポイント(上半盤)施工図

を追加した。上半盤からの施工図を図-5に示す。

また下半盤掘削時に地下水位が下がりがきかない箇所があるため仮排水管(ポラコン管:φ200mm)を追加設置し、インバート基面まで水位を低下させインバートまでの施工を行った。なお仮排水管の流砂防止のため、周りには碎石、不織布も設置した(写真-1)。

坑口部より540m間、これにより排水効率が飛躍的に向上するとともに、堅実な走路確保ができた。この仮排水管は流末水路に接続し、完成後も十分な機能を発揮できるようにした。

3-3 坑内長尺ウェルポイント工法

SWPを主体として、一部坑内短尺WPと併用揚水を行っていたが、水が抜けにくい地山性状や地層条件の相違などによるSWPの揚水効率の低下が生じ、上半盤の上部に水位がある状況が続き、切羽面の流砂による不安定化や上半部の泥濘化が発生した。このため、SWP増設も含めた条件検討を行った結果、坑内短尺WPに代わる真空揚水「坑内長尺ウェルポイント工法」(φ76mm, L=約

30~40m, n=6~10本, シフト9~18m)を追加(図-6)して、SWPとの併用揚水を実施した。

坑内からの長尺ウェルポイント工法は当初、ロータリーパーカッションによる削孔後に鋼管(φ60mm, 一部スクリーン管)を配置し施工を行っていたが、工程・足場・専門業者による施工などの問題から掘削工程への影響が懸念された。このため、油圧ジャンボによる施工を開発した。これは、長尺鏡ボルト(φ76mm)の削孔システムを改良したものであり、トンネル坑夫による揚水管の削孔、設置ができるシステムとなった。このシステムにより掘削工程の遅延が解消された。

地上および坑内からの揚水検討結果を次項に示す。

3-4 揚水結果および分析検討

坑口部から210m掘削時におけるSWPおよび坑内長尺WPの使用配置平面図を図-7に示す。地下水位の観測のため、間隔50m千鳥配置で配置された観測孔をK-1~K-7の7か所で設置し、水位観測を実施した。

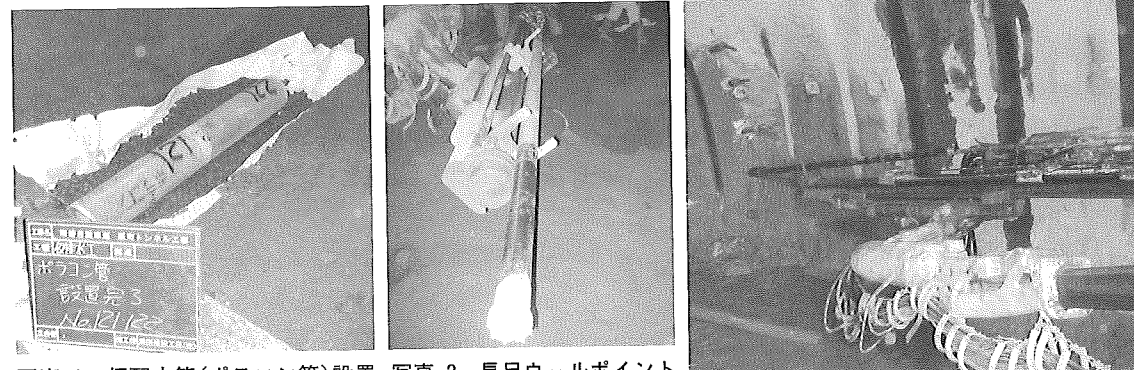


写真-1 仮配水管(ポラコン管)設置状況

写真-2 長尺ウェルポイント先頭管設置状況

写真-3 長尺ウェルポイント施工状況

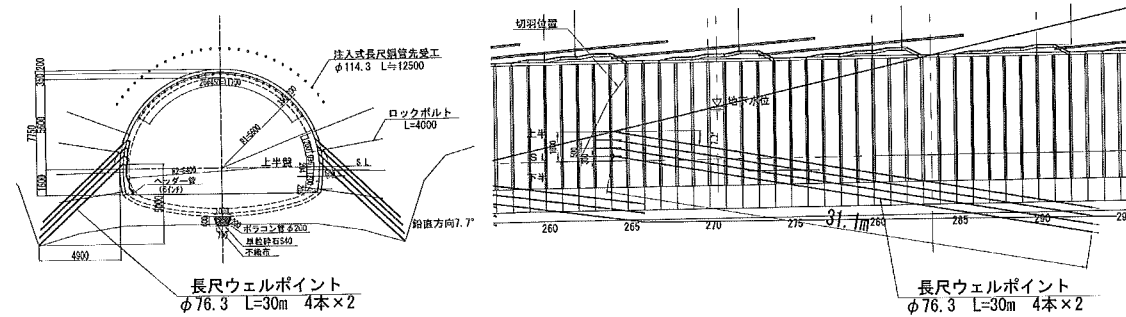


図-6 坑内長尺ウェルポイント概念図

揚水結果を図-8に示す。縦軸は地下水位を表す標高(m)、横軸は各観測孔の揚水開始した日からの経過日数を示したものである。

以下のことがグラフからわかった。

- ① SWPは揚水開始45日をめどに水位低下量約5.2m
- ② SWPの群井揚水による効果により水位低下量約3.4m
- ③ 坑内長尺WPは1シフトあたり水位低下量約2.0m

各観測孔の地下水位を分析した結果を下記に示す。

す。SWPの揚水効率低下の結果を踏まえ、地下水位低下工法の妥当性を検証するため、分析検討を行う必要があることから、坑内長尺WP単独のみの揚水を実施した。

そのため、地上のSWPを全停止し、本数、間隔を増やした坑内長尺WP(@9m, n=10本, L=30m)を設置し揚水を行った。その結果、坑内長尺WPを設置した直後の真空揚水前から、坑内長尺WPの口先から自然による自噴状況が続き、WP先端部には、被圧された水位が存在していることがわかった(写真-4)。その後、坑内長尺WP

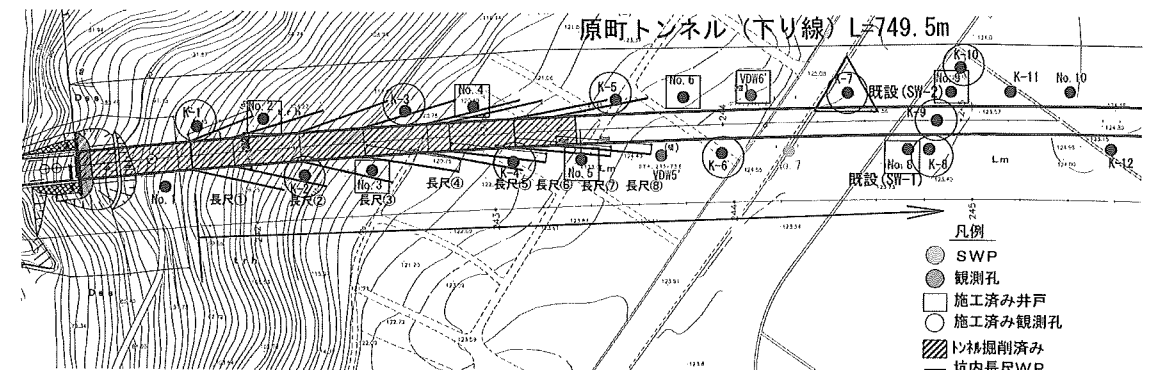


図-7 地下水位低下工法平面図

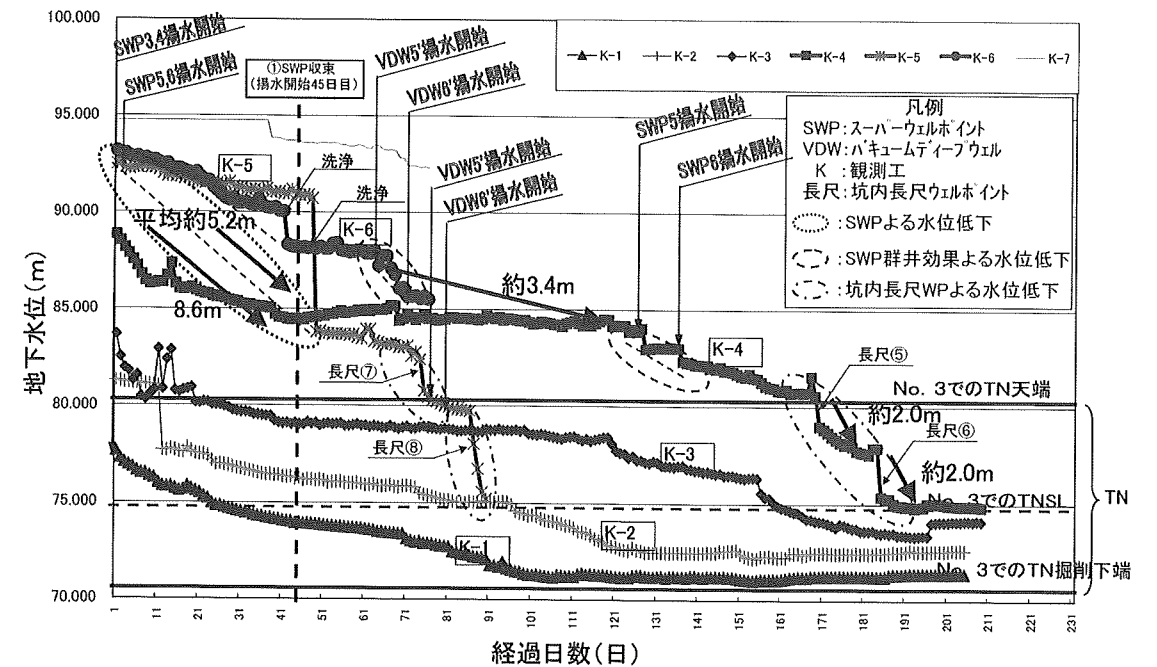


図-8 揚水実績の分析結果(1)

の単独稼働で揚水開始した結果、SWPが稼働しなくても、地下水位をインバート部付近まで低下することができた。その結果を踏まえて、経済性および工程短縮などの分析検討を実施するため、切羽前方にある観測孔No.7(図-7:△印)の目標水位低下量(SLライン)約22mに着目して、揚水ごとの水位低下した事象との分析検討を行った。その分析検討結果を下記に示す(図-9)。

- ① 先行揚水による低下量：約9.0m
 - ② 坑内長尺WP(手前18m)：約2.0m
 - ③ 坑内長尺WP(直近)：約13.7m
- 以上より観測孔No.7における実績低下量合計

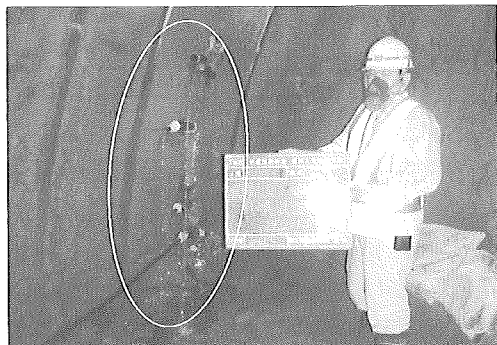


写真-4 坑内長尺WPの自噴状況

24.7mがトンネルSLラインまでの目標水位低下量22mを上回る結果となった。これにより予想される地下水位低下量の変化から以下の3案の比較検討を行った。

案Ⅰ：坑内長尺WP(@18m, n=8本, L=40m) + SWP(@50m)

案Ⅱ：坑内長尺WP(@9m, n=10本, L=30m)

案Ⅲ：SWP(VDW*)(@50m)(※小型揚水ポンプ使用)

その結果、経済性および工程の理由から、案Ⅰ：坑内長尺WP(@18m, n=8本, L=40m) + SWP(@50m)を採用して、その後分析検討のとおり地下水位をインバート下面まで低下させることができた。

本併用揚水でトンネル掘削に影響なく順調に地下水位を低下させながら施工を行っていた。しかし、起点側でトンネル底盤下10mに位置していた向山層(泥岩)が、トンネル終点側に向かって下部より上昇し、終点側付近になるとトンネル下半部までとなった。このため、SWP揚水ポンプ位置も向山層の上昇にあわせて変更しなければなら

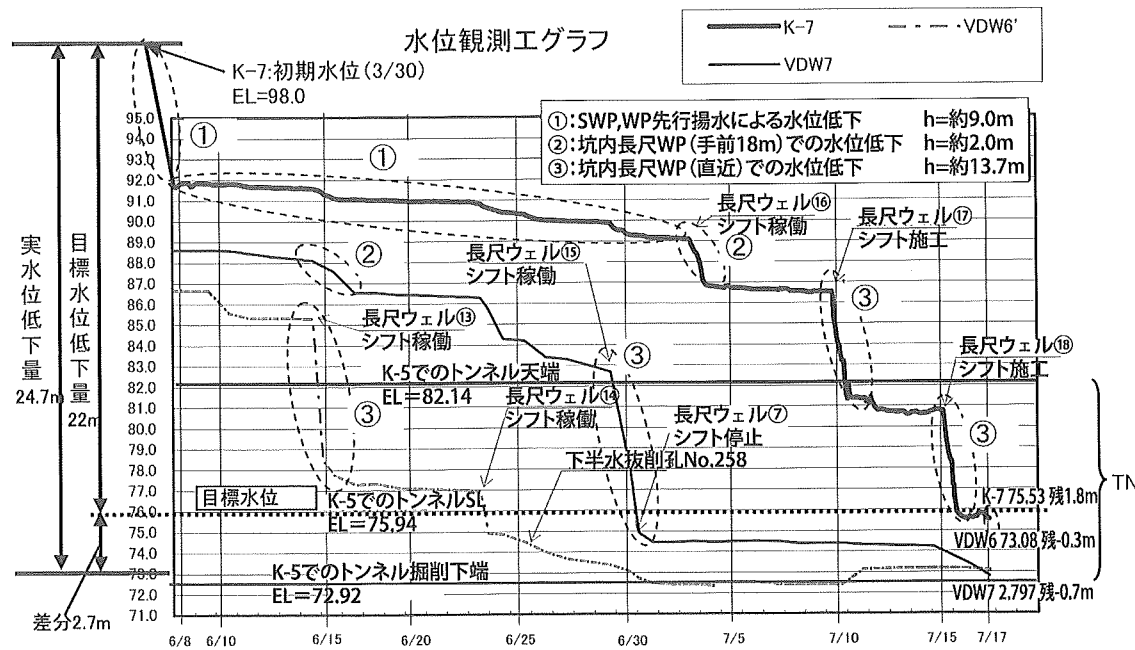


図-9 揚水実験の分析結果(2)

かった。SWP揚水量は起点側で約110ℓ/minであったが、終点側では約40ℓ/minと約6割の大幅な揚水量の減少が発生し、「SWP揚水の効率低下」が見られた(図-10)。

また、これに伴い坑内長尺WPも向山層(泥岩)の地層の変化に合わせ、一部上向き配置を行うなど、揚水効率の向上も図った(図-11)。これは徐々に上昇していく砂岩層内の地下水位を坑内からの長尺WPで効率良く低下させるため行ったものである。坑内からのウェルポイントは、通常、下向きによる揚水を行うが、上向き施工による真空揚水を実施しトンネル断面上部に位置する地下水の低下を行った。

以上より、向山層(泥岩)の上昇に伴いSWPを中止し、さらに坑内長尺WPの配置および施工間隔を@9m, n=8本, L=30mに変更して施工を行った。その結果、トンネル掘削の進捗に影響なく地下水位を低下させることができた。本トンネルにおける最終的な各地下水位低下

工法を実施した施工平面図を図-12に示す。なお併用時によるSWPと坑内長尺WPの各揚水量は、地上からのSWPが約8t/h、坑内からの長尺WP

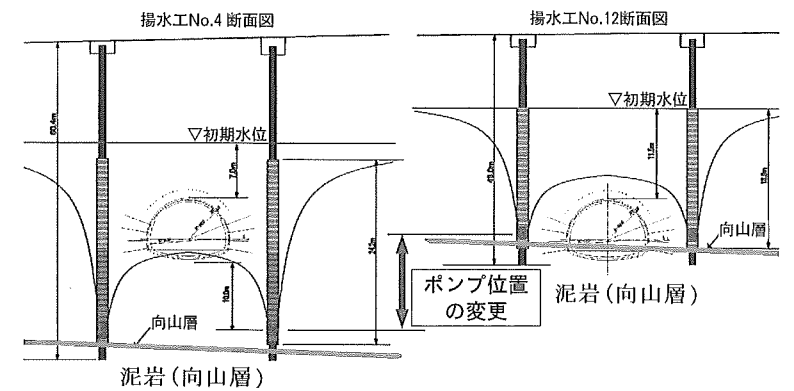


図-10 地下水位とポンプ位置図

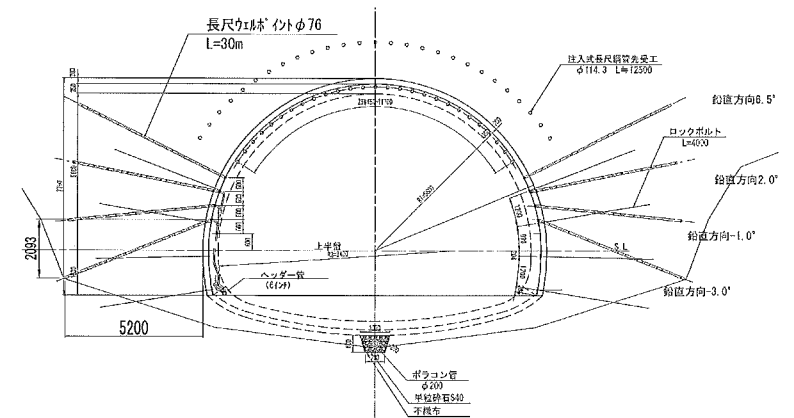


図-11 向山層(泥岩)の上昇に伴う坑内長尺WP施工図

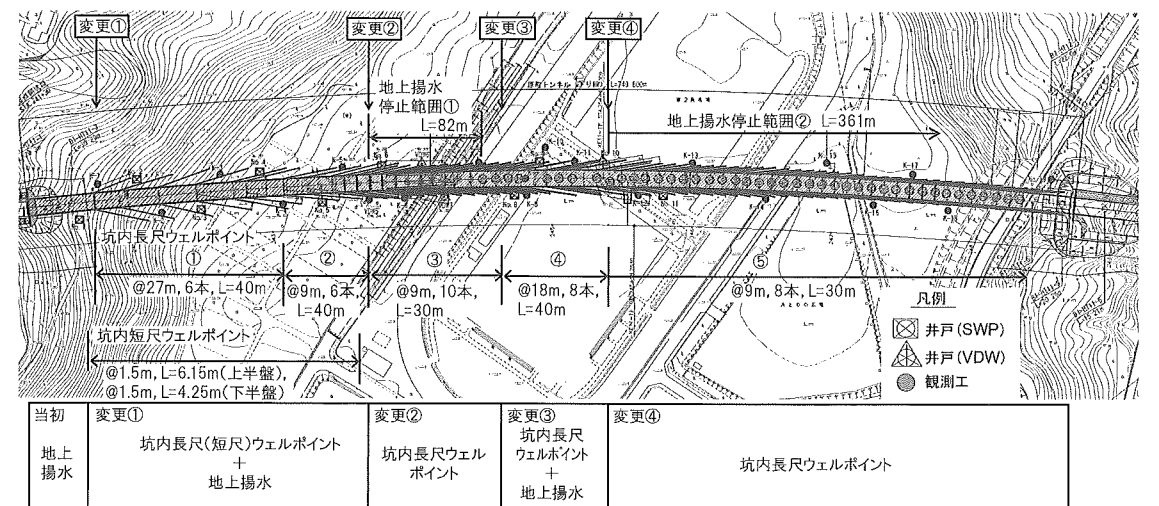


図-12 各地下水位低下工法の施工平面図

と仮排水管で約37t/hと全揚水量約45t/hの約8割を後者で占める結果となった。

4 掘削工法

当地山区分はD地山であり、土質調査の結果から土質定数を設定し、上半先進掘削工法と補助ベンチ付き全断面掘削工法の2ケースで2次元FEM解析を実施した(図-13)。

解析の結果、前者は塑性領域が広く発生し支保工に発生する応力および変形量が大きく許容値を超えるのに対し、後者は塑性域の広がり小さいが支保工に発生する応力は大きく、高強度吹付けコンクリートや高規格支保工を使うことで許容値以内になることが判明した。そのため、トンネルアーチ効果を早期に形成できる「吹付けインバート($t=20\text{cm}$)による早期閉合を前提とした補助ベンチ付き全断面掘削工法」を採用した(表-2)。

表-2 トンネル掘削工法別における2次元FEM解析結果

工法	上半先進ベンチカット工法	補助ベンチ付き全断面掘削工法
変形図		
塑性領域図		
軸力図	 支保工: MAX=5.80*10 ² kN 吹付け: MAX=7.02*10 ² kN	 支保工: MAX=7.39*10 ² kN 吹付け: MAX=8.95*10 ² kN
曲げモーメント図	 支保工: MAX=3.62*10 ² kN・m	 支保工: MAX=3.91*10 ¹ kN・m

〈上半先進ベンチカット工法〉

ステップ1	ステップ2	ステップ3	ステップ4	ステップ5	ステップ6	ステップ7
掘削前地山状態 (自重解析)	上半掘削 応力開放40%	上半支保工 応力開放60%	下半掘削 応力開放40%	下半支保工 応力開放60%	インバート掘削 応力開放40%	インバート 応力開放60%

〈補助ベンチ付き全断面掘削工法〉

ステップ1	ステップ2	ステップ3	ステップ4	ステップ5
掘削前地山状態 (自重解析)	上・下半掘削 応力開放40%	上・下半支保工 応力開放60%	インバート掘削 応力開放40%	インバート 応力開放60%

図-13 2次元FEM解析ステップ

しかし、現場では上半鏡面の自立性が悪く核残しなどの施工となり、全断面掘削施工が困難であるため、上半9m、下半9m掘削後の「吹付けインバート早期閉合による上半先進ミニベンチ掘削工法(ベンチ長約9m)」で実施した。掘削に伴う地山変形が懸念されたが、土かぶり2D以下の箇所最大沈下量約120mmに抑えることができた。

なお、本トンネルの標準土かぶり約40mにおけるトンネル沈下、トンネル内空変位計測の結果、吹付けインバートによる一次閉合後に変位が収束

していることから、吹付けインバートによる早期閉合を実施したことにより、トンネル構造としての安定性が向上し変位抑制に大きな効果があったことが証明できた(図-14, 15)。

5 支保工部材

上記同様に全断面掘削工法時の2次元FEM解析により、通常支保工部材(SS400, H-150)と高規格支保部材(SS540, HH-154)を比較した結果、通常の支保工では発生応力度が許容応力度210N/

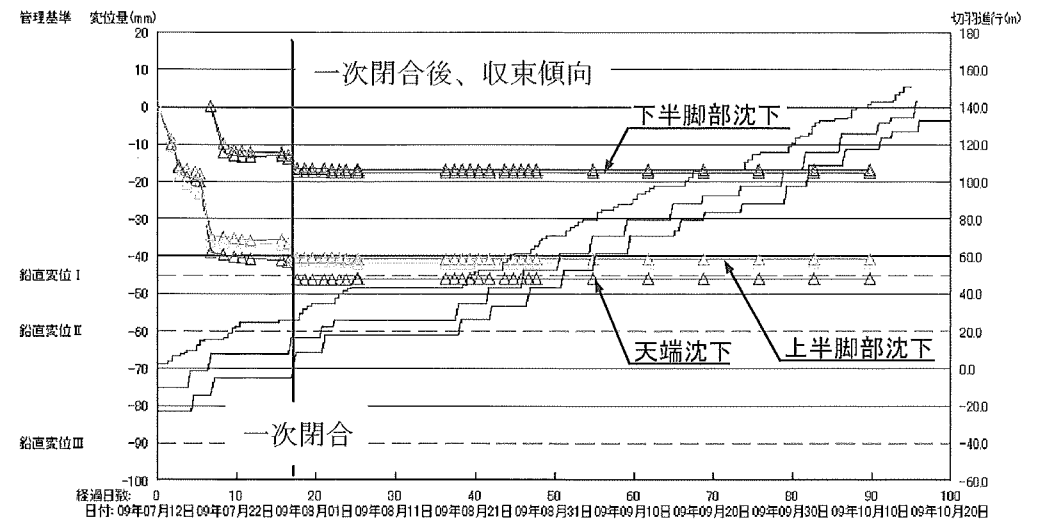


図-14 トンネル天端沈下、脚部沈下経時変化図

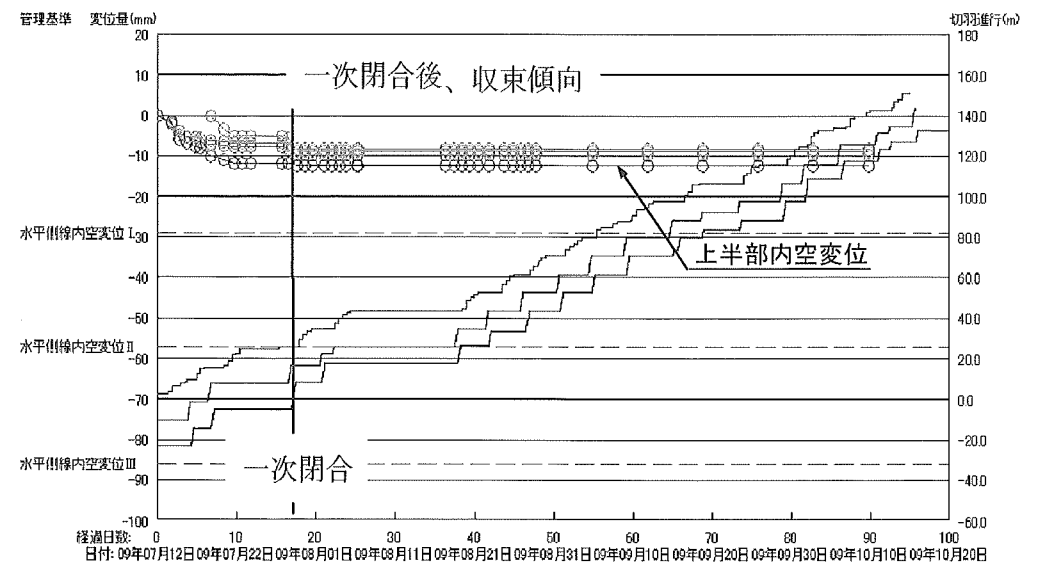


図-15 トンネル内空変位経時変化図

mm²を超え、高規格支保工では許容応力度375N/mm²に対して、292N/mm²と収まったため、「高規格支保工」の採用を決定した。支保工の諸元および支保工部材別における2次元FEM解析結果を表3、4に示す。

高規格支保応力を把握するため、支保工建て込み後の支保工に発生する応力測定を行った。

その結果、応力はインバート一次吹付け施工後、緩やかに5測点とも圧縮応力が増加する傾向で、最大約180N/mm²(許容応力度375N/mm²の約50%)で管理基準値Ⅰ(許容応力度の70%)以内であった(図-16)。発生した応力180N/mm²は通常支保工部材の管理基準値Ⅱ(許容応力度の85%)を超える値であるため、高規格鋼製支保工の採用は妥当であったと考えられる。

6 吹付けコンクリート

吹付けコンクリートは、トンネル上半掘削を核残しで施工しても、崩落しやすい特徴があった。一般的に使用されている吹付けコンクリート($\sigma_{28}=18\text{N/mm}^2$)に対し、早期強度 $\sigma_{311} \geq 2\text{N/mm}^2$ が得られる強度発現性による崩落対策により、高強度コンクリート($\sigma_{28}=36\text{N/mm}^2$)の吹付けを採用した(写真-5)。

高強度吹付けコンクリートの施工にあたり、①地山との付着性、②初期発現強度および施工性の項目確認のため、坑口部に仮アーチ部試験ヤードを設けて試験施工を実施した。その結果を踏まえ、本施工を実施したが、吹付けコンクリート施工時の衝撃、付着力不足などにより剥落、抜け落ちが発生した。

表-3 支保工の諸元

	寸法	断面積 (cm ²)	断面二次モーメント (cm ⁴)	断面係数 (cm ³)	弾性係数 (N/m ²)
通常	150×150×7×10	40.14	1,620	216	210,000
高規格	154×151×8×12	47.19	2,000	260	210,000

表-4 支保工部材別における2次元FEM解析結果

工法	全断面掘削工法	
	通常の支保工	高規格支保工
変形図		
塑性領域図		
軸力図	支保工: MAX=5.80*10 ² kN 吹付け: MAX=7.02*10 ² kN	支保工: MAX=7.39*10 ² kN 吹付け: MAX=8.95*10 ² kN
曲げモーメント図	支保工: MAX=3.62*10 ² kN·m	支保工: MAX=3.91*10 ² kN·m

砂地山との付着性の改善として、Pモルタルによる試験吹付けを実施したがアーチ部から天端付近にかけて剥落が確認された。その結果、天端部の吹付け剥落対策として、天端部の120°範囲に溶接金網($\phi 5\text{mm}$, 網目150mm×150mm)を設置した。さらに確実な地山との付着性を確保するため、吹付け機ノズルの離隔確保、吹付けエア量の調整をそのつど行いながら吹付けを実施した。

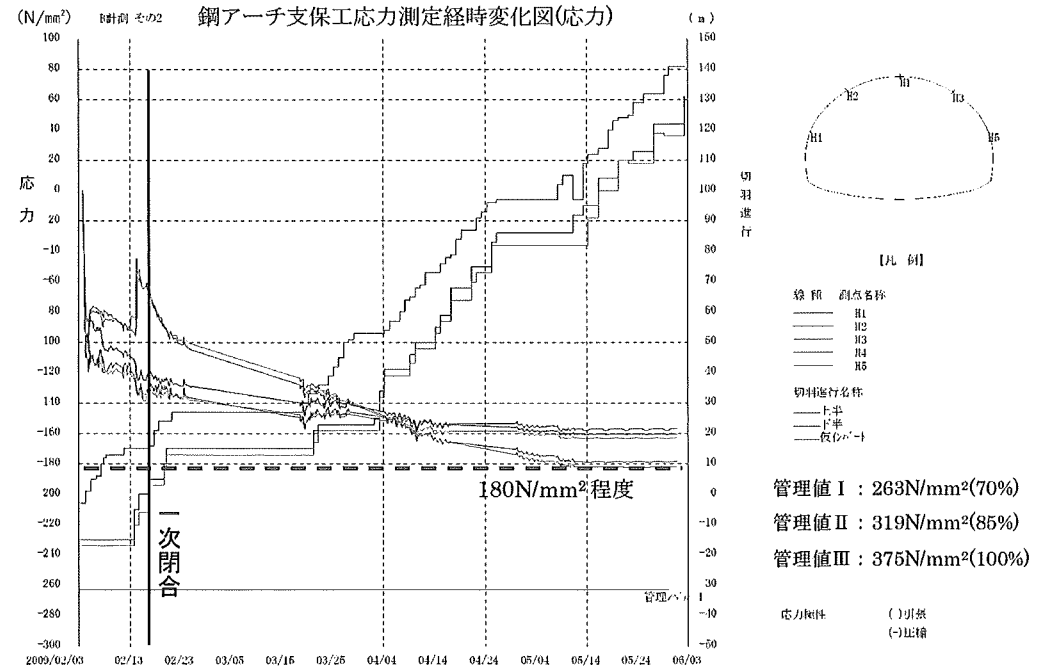


図-16 高規格支保工部材における応力測定経時変化図



写真-5 高強度吹付け状況

7 天端崩落および切羽安定対策

天端崩落対策は、当初、長尺鋼管先受け工 (AGF鋼管径 $\phi=114.3\text{mm}$, $L=12.5\text{m}$, 打設ピッチ45cm, 打設範囲 $\theta=120^\circ$, @9m)でAGF鋼管角度 $\theta=10^\circ$ で施工した結果、天端および切羽状況は、鋼管と鋼アーチ支保工間の間隔が広がるに従って掘削に伴う緩みにより、鋼管下端が確認できるまで天端抜け落ちおよび核崩壊が頻繁に生じた。

崩落状況は切羽前方最大約3.0m、崩壊高さ約0.9m程度 (AGF鋼管下端まで露出)であった。2

次吹付け時のAGF下の抜け落ちは吹付けコンクリートにて施工した(写真-6)。

そのため天端などの抜け落ちを抑える必要があることから、最大限AGF鋼管角度を緩くするため、角度 $\theta=4.7^\circ$ に設置し、当初の無拡幅支保工を拡幅支保工(図-17)に変更した。

その結果、AGF鋼管下端までの崩落数量は少なくなった。約3m前後の核残しを前提に、高強度吹付けコンクリートによる鏡吹付けを行っていたが、それでも核上部の切羽崩壊、天端抜け落ちは、何度も発生する現象が続いた。

このため切羽安定対策として、シリカレジンによる注入式鏡ボルトの試験施工を行いながら、本数、長さの検証を行った。その結果、切羽の地山がN値50となったなかでも、少なくとも16本の鏡ボルト($\phi 76\text{mm}$, $L=12.5\text{m}$)を打設する必要がある(図-18)。なお鏡ボルト設置後の核上部崩壊を写真-7に示す。

また、鏡ボルト間においても抜け落ち現象が見られたため、切羽状況に応じた鏡ボルト配置、本数、シリカレジン注入量、注入圧の検討も行いながら、切羽安定性の向上も図った。

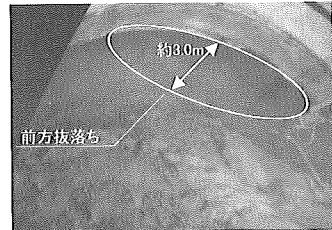


写真-6 無拡幅支保工部における天端崩落・切羽崩壊

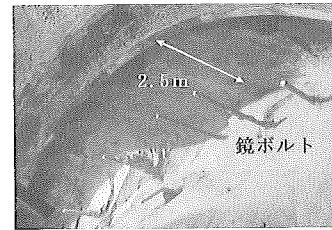


写真-7 核上部崩壊状況

8 おわりに

本トンネル施工は、水分を含むと泥寧化しやすい未固結な細粒砂質土地山で、さらに地下水位が高く、またこの条件でのトンネル掘削の過去の実績が少ないなか、技術的にも難易度が高かった。とくに細粒砂質土に対して、地下水位低下工法が絶対条件であり、選定にあたってはさまざまな検討を実施しながら、油圧ジャンボによる坑内長尺ウェルポイントの施工を中心として地下水位を下げることができた。また本トンネルは、高規格支保工、高強度吹付けコンクリート、拡幅支保工などといった新技術も取入れながら、平成22年5月に無事貫通することができた。今後完成に向け、確実な品質・安全を確保しつつ、鋭意進めているところである。本稿が同様なトンネル工事の建設に対し一助になれば幸いである。

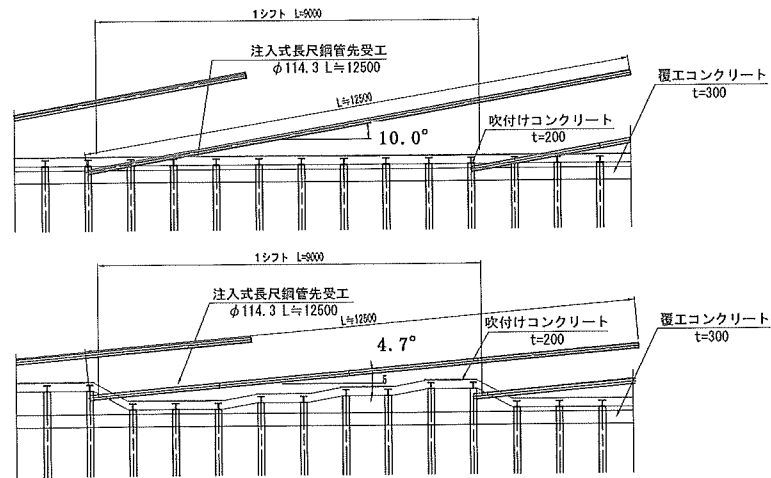


図-17 AGF鋼管角度変更に伴う支保工図

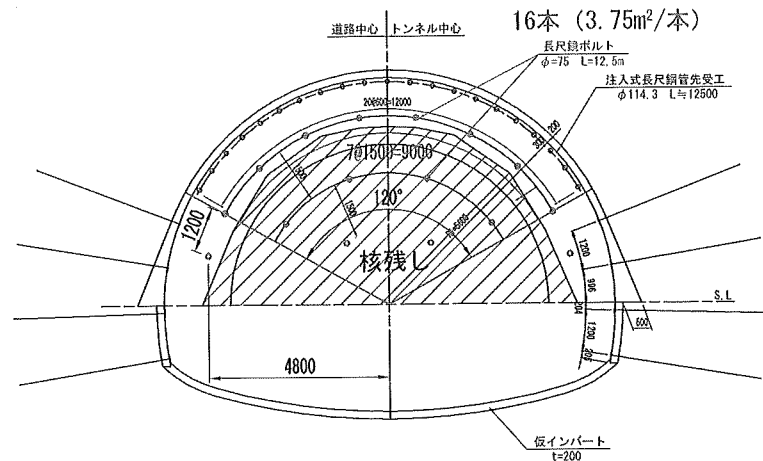
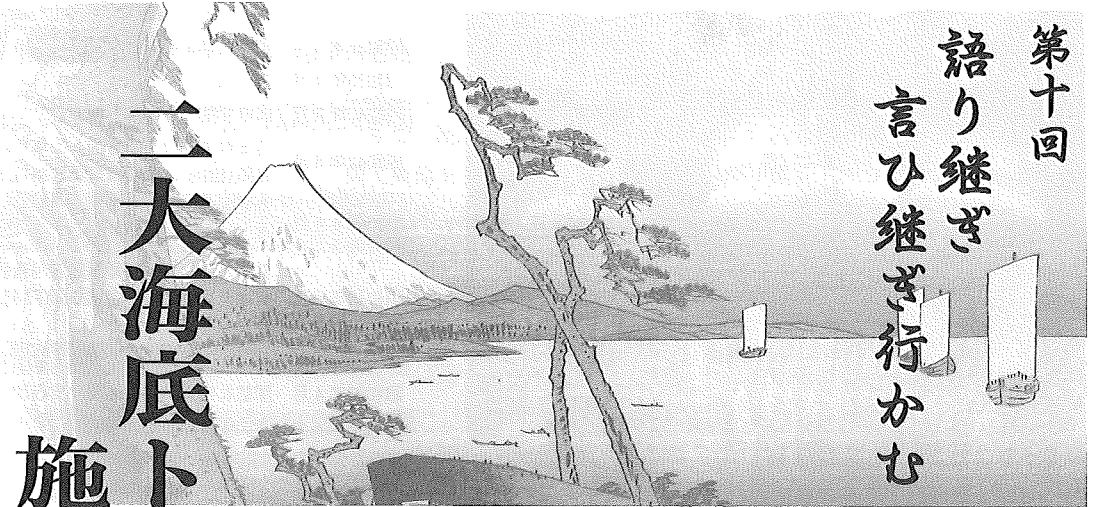


図-18 長尺鏡ボルト配置図

最後に、当トンネルの設計・施工に際し、原町トンネル技術検討委員会(委員長：西村和夫・首都大学東京大学院教授)をはじめ関係各位から貴重な御意見や多大な御指導・御鞭撻を賜り、深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 土木学会トンネル工学委員会編：トンネル標準示方書 山岳工法・同解説，2006。
- 2) 佐々木龍良・宮越信・渡辺健悦：常磐自動車道原町トンネル(細粒分質砂)設計検討，土木技術，No.64，No.4，2009.4



二大海底トンネルの人生

はじめに (海底トンネルとの出会い)

私は、昭和35年大学を卒業し、間組入社後、トンネル工事として、昭和40年2月に初めて国鉄の東北本線浅虫トンネル工事に従事した。

青函トンネル

青函トンネルは、昭和39年日本鉄道建設公団により直轄で調査斜坑の掘削が開始された。施工中、先進ボーリング、止水注入、吹付けコンクリート、ロックボルトなど、各種工法の試験が実施され、海底トンネルの合理的施工に関しての各種技術が開発された。昭和46年3月調査斜坑の掘削が終わり調査坑としての目的が達成できた。

私は、昭和42年8月仙台支店長より直接電話で、日本鉄道建設公団が直轄で施工している青函トンネルに大手12社から30歳前後の現場技術者を派遣するよう要請があり、君を任命したから直ちに本州側竜飛建設所に赴任するようにと

の連絡を受けた。竜飛は、本州最北端の地であり風の強い所で11月～4月の間は毎日20m/sec以上の風が吹きささぶ非常に厳しい作業環境の現場であった。これが、私と海底トンネルとの出会いであった。

私は研究生として日本鉄道建設公団竜飛建設所に出向し、竜飛調査斜坑の工事に3交代制の交代長として従事した。調査用斜坑は、将来の本坑工事に対する地質調査や施工法の検討など各種調査を目的としたものであった。また、本坑施工時の資材運搬、ベルトコンベヤによるずりの搬出、排水などの役割を果たすものである。斜坑全長1,315mの70%以上が地盤注入によって止水しながら掘削せざるを得なかった。この注入には、ブレン値の大きいセメントミルク、LW、ユリロックなどの各種地盤注入剤を試験施工した結果、LWが、強度、価格、浸透性など総合評価の面で優れていることがわかった。

落合

(株)間組社友

仁



青函トンネル貫通式での著者(中央)

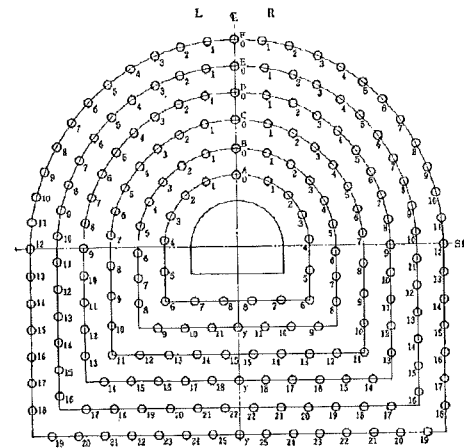
著者略歴

- 昭和35年 3月 日本大学工学部土木工学科卒業
- 昭和35年 4月 間組入社
- 昭和40年 2月 国鉄盛岡工事事務所浅虫トンネル工事
- 昭和42年 8月 日本鉄道建設公団青函トンネル調査事務所(出向)本州側竜飛調査斜坑工事
- 昭和45年 4月 国鉄下関工事事務所新関門トンネル工事下関側火の山工区
- 昭和49年 10月 日本鉄道建設公団青函建設局青函トンネル工事吉岡共同企業体間組課長, 途中から所長
- 昭和61年 4月 間組北関東支店土木部長
- 昭和63年 4月 間組札幌支店土木部長, 支店次長
- 平成 7年 4月 青山機工(出向)取締役
- 平成 9年 1月 間組退職
- 平成 9年 2月 木部建設, 常務取締役
- 平成15年 6月 木部建設, 退職

調査斜坑断層処理について

昭和44年1月に切羽が1,217m地点に到達した時点で断層破砕帯に突入し、最大11t/minもの大量湧水とともに、切羽で約300m³もの多量の土砂崩壊により、切羽から150m区間が水没した。これまでも掘削延長800m、900m付近で小規模な出水に遭遇したが、これまでは従来の方式により入念な注入作業を実施することで断層破砕帯を突破できた。出水箇所の処置として切羽手前にバックハットと土嚢で締切り、コンクリート打設し、集水パイプを埋め込み排水をした。この時点で、出水量は約5t/minに減少していた。この破砕帯突破のため新しく注入横坑を掘削し、ここから崩壊箇所より外周を固める注入を開始することで、順次切羽崩壊箇所の注入を行った結果、止水に成功した。

地山条件の悪い部分のトンネル掘削方法は、切羽の掘削面積を小さくすれば断面積の大きい場合と

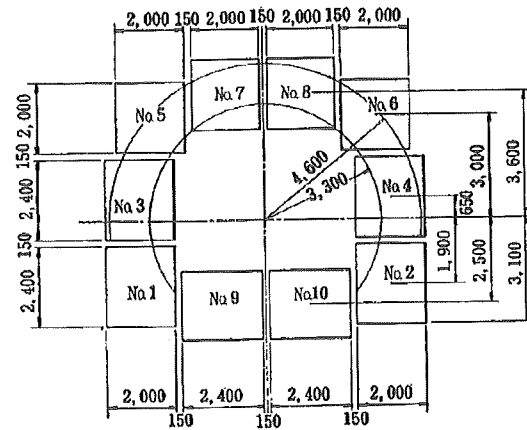


*各ステージ(A-F)間隔は2.0mである
また孔間隔も0.2mである

注入実績

注入孔	207孔
セメントミルク	1,350,240 ℓ
LW	116,165 ℓ
ユリロックG	82,155 ℓ
セメント使用	715 ℓ
水ガラス	174m ³
ユリロック	82m ³

注入せん孔位置図

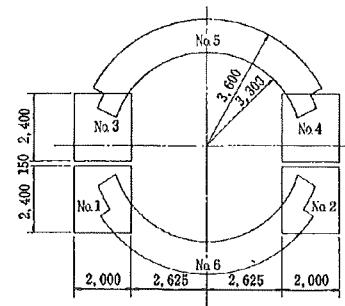


周壁導坑先進掘削方式。(注)No.1~8は施工順序を示す

ある。昭和45年4月から49年9月にわたり、4年5か月の歳月を要し完成した。

私は、昭和45年4月本州の北の果て青函トンネル竜飛調査斜坑から西の果て新関門トンネル下関火の山工区へと転勤になった。ここは、急潮渦巻く関門海峡早瀬の真下、新関門トンネル火の山工区、ところは違っても相手は同じ海の底、本トンネルは水面下-55mの位置に計画され、水深35m、海底下土かぶり最小20mに位置するトンネルである。

本坑断層破砕帯施工中、坑内で異常音が発生するとの問題が発生し、原因を究明したところ、関門海峡を航行する大型船のスクリュー音が聞こえるという、文字どおり海底下の難工事であった。斜坑掘削中軟弱な小断層に突入し、400ℓ/minの出水事故があり切羽掘削を中断しセメントミルク注入、LW注入などを用いて止水し、縫い地工法により無事突破した。



導坑先進上半アーチ(メッセル工法)掘削図

比較して容易に掘削できるとされている。そこで、断層部の掘削方法として周壁導坑方式を用いトンネル断面の外周に沿って導坑を順次掘削し、コンクリートで充填する方式で施工した。

軟弱地盤のトンネル掘削においては一般に、矢板工法では縫い地方式による掘削方法やシールド工法の適用などで施工する 경우가多かった。メッセル工法は、この両者の中間的な掘削方法の位置を占める工法であった。メッセル工法は、ジャッキによって鉄矢板を切羽前方の地山中に押し込み、地山の緩みを極力防止し安全に掘進することができる方法である。

断層破砕帯処理に約4か月の歳月を要し、突破できた。この貴重な経験が将来の本トンネル掘削に先立って誠に有意義なものとなった。

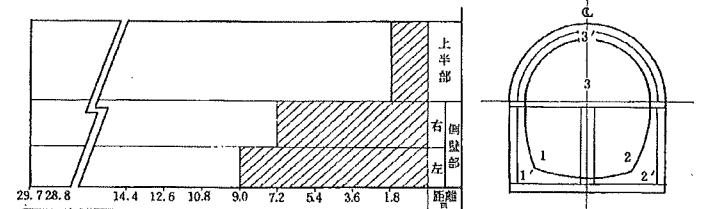
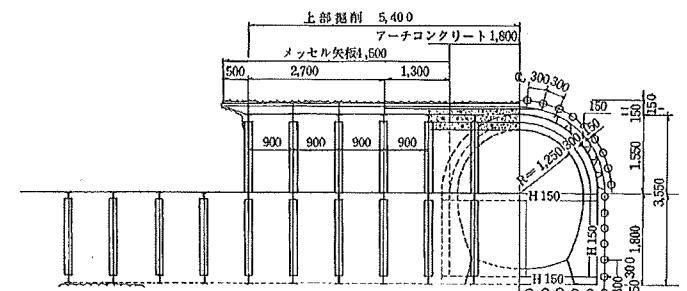
新関門トンネル
火の山工区への転勤

新関門トンネルは全長18,560m、このうち火の山工区は、斜坑L=430m(斜坑部365m、水平部65m)、調査坑L=540m、本坑L=2,060m(陸上部1,180m、海底部880m)で

調査坑における
断層破砕帯の施工

断層破砕帯の施工にあたり、まず調査ボーリングを行い、断層の規模、地質の状態、湧水の程度を把握し、事前に掘削工法の検討を行った。次に、調査坑は9.6m²の小断面トンネルとなるため、断面を拡幅してパイプーフ用の作業基地を作った。

事前調査ボーリングの結果から、掘削時の補助工法としては、①地盤注入工法、②パイプーフ工法、③メッセル工法を採用することで、トンネル掘削を行うことを決定した。地盤注入はLW注入を用いることとし、トンネル掘削対象の外周3mの範囲を固め力バーロックとした。次に、パイプーフによって、上半、側壁部の安定を図り、さらにメッセル工法を用いて断面を3分割して掘削する(下半左右導坑2分割、上半)という併用工法によって安全に突破することができた。

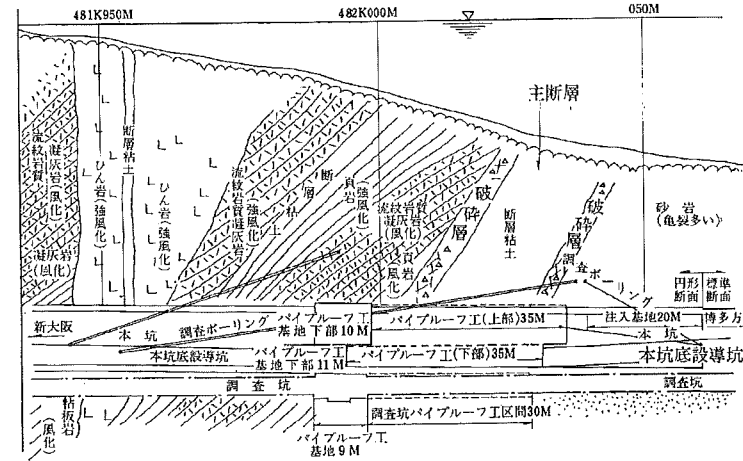


調査坑破砕帯区間の掘削方法

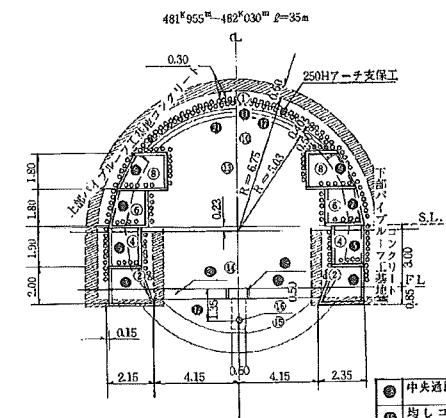
本坑断層破碎帯の施工について

先進ボーリング、調査坑の掘削実績より事前に断層の規模、範囲はL=40mで、地質、湧水なども調査坑とほぼ同じと確認された。調査坑の掘削断面9.6m²に対して、本坑掘削断面は約82m²と8.5倍の大きさであり、土かぶり20m、水深35mという悪条件下での施工となる。本坑の特殊工法の検討にあたっては、国鉄下関工務局、間組本社内に技術研究委員会を設置さ

れ、どうすれば海底の大断面を安全に施工できるか、あらゆるプランが検討された。失敗したら新幹線計画そのものが中断する。スタッフに課せられた課題は陸上トンネルと比較にならないほど大きなものであった。検討の結果、①地盤注入工、②パイプルーフ工、③4段サイロット工、④上半リングカット工、⑤仮巻きコンクリートの五つの方法を組み合わせることで海底下の断層部の掘削を進めることが決定された。



断層付近路図



(注) 白ぬき数字はコンクリートを示す

本坑断層帯区間特殊工法

施工順序	
番号	内容
①	パイプルーフ工
②	一段サイロット掘削
③	一段サイロットコンクリート打設
④	二段サイロット掘削
⑤	二段サイロットコンクリート打設
⑥	三段サイロット掘削
⑦	三段サイロットコンクリート打設
⑧	四段サイロット掘削
⑨	四段サイロットコンクリート打設
⑩	上半リングカット
⑪	仮巻一次コンクリート打設
⑫	仮巻二次コンクリート打設
⑬	中背掘削
⑭	大背掘削
⑮	インバート掘削
⑯	ヒューム管設置
⑰	インバートコンクリート

以下にそれぞれの施工手順を説明する。

(1) 地盤注入(LW注入)

海底部までトンネルの土かぶりが20mと非常に小さいため、カバーロックは8mとし、注入圧2.5MPa(25kgf/cm²)で地盤注入を行い、断層部の止水対策とした。

(2) パイプルーフ工

4段サイロット導坑周囲、および上半アーチ部の外周にパイプルーフを配置し、掘削時の切羽の安定を図った。さらに、パイプルーフ施工完了後パイプ内にセメントミルクを注入しパイプの剛性を高めた。

(3) 4段サイロット工

導坑は下部より4段とし、1段掘削後ただちにコンクリートで充填を行い地山の緩みを極力少なくし、1段〜4段へ順次施工した。

(4) 上半リングカット工

上半部の施工にあたっては、掘削をピック掘りで60cm間隔とし、鋼製支保工H-250×250を建て込み、鋼製支保工とパイプルーフの間は隙間なくブロッキングして完全に支持しながら掘削を進めた。

1〜2間掘削後、H形鋼のフランジにベルノルドシートを掛け、地山とシートの間コンクリートを打設した。

(5) 仮巻きコンクリート

上半断面を4〜5m掘削後、2次仮巻きコンクリートを打設した。最後に全断面の本巻きコンクリートを打設し完了させた。

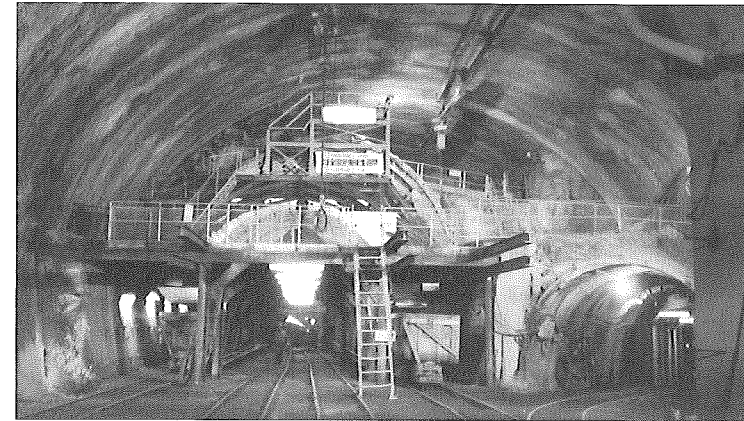
当工事は、昭和49年暮れに開通をめざす山陽新幹線で最難門といわれた新関門トンネル海底部にある40mの断層破碎帯であり、24時

間3交代で作業し続け、真上が海底であるため少しのミスも許されない作業条件である。施工に際しては慎重の上にも慎重に1日の休みもなく掘らなければならず、正月休みも返上し、昭和48年3月か

ら、昭和49年5月まで15か月の歳月を要し完成した。

青函トンネル本坑への赴任

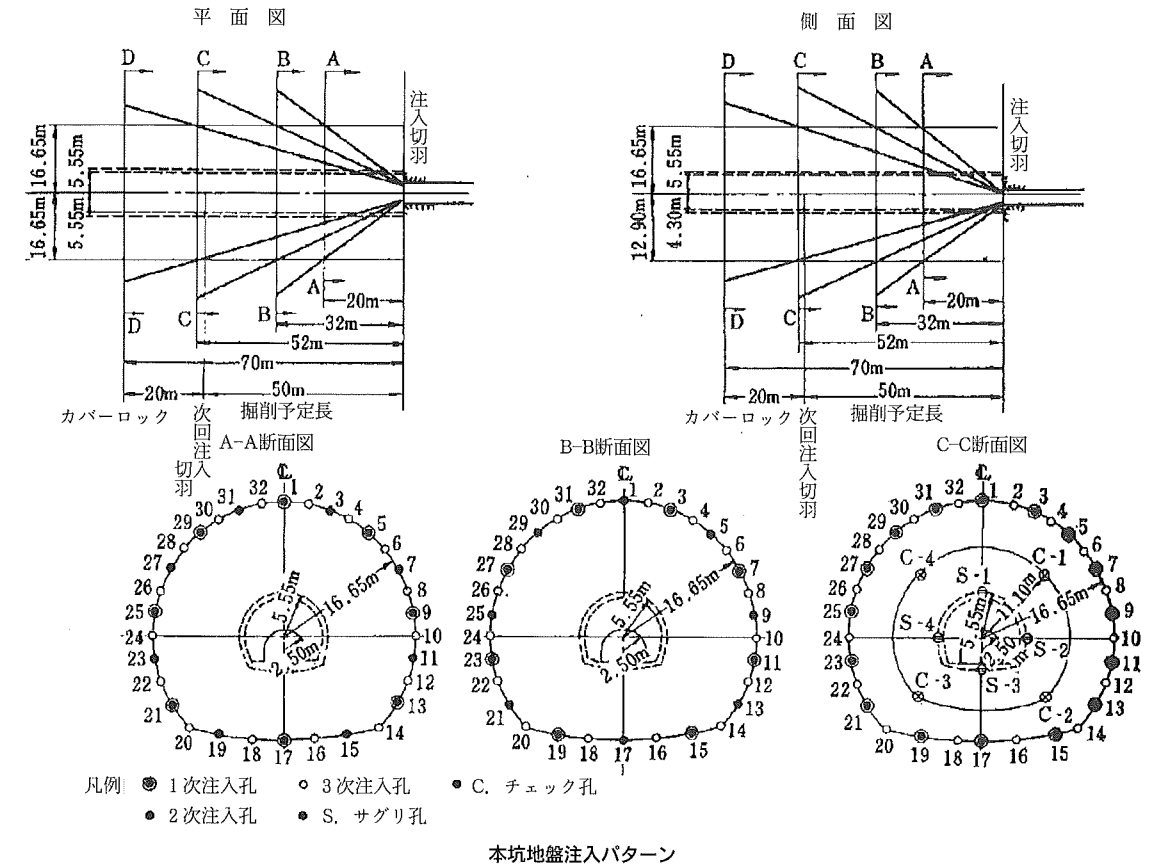
昭和47年3月北海道側海底部の吉岡工区(延長L=14,700m)を大



青函トンネル(吉岡工区)本坑



青函トンネル立坑(吉岡工区)



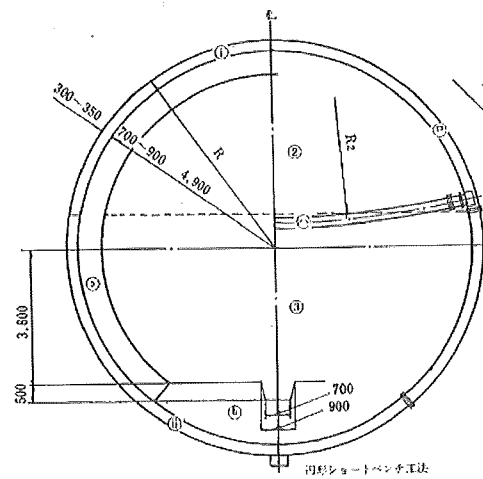
凡例 ● 1次注入孔 ○ 3次注入孔 ● C. チェック孔
● 2次注入孔 ● S. サグリ孔

本坑地盤注入パターン

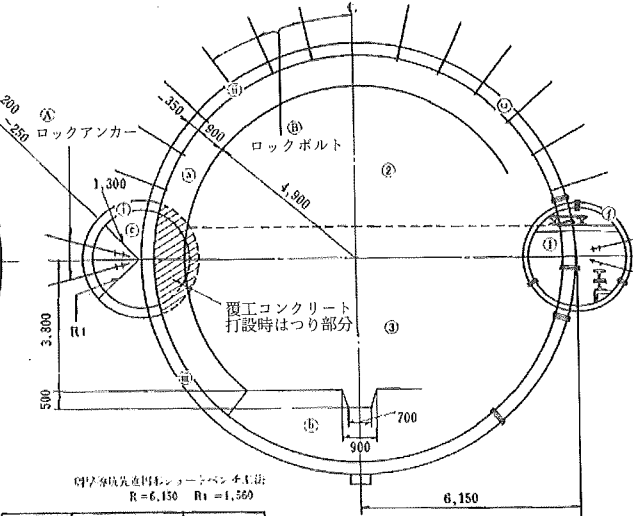
第6本坑特殊区間工法分類表(延長191.1m)

キロ程	32K 676.4m l=16.1m	682.5 l=57.4m	749.9 l=90.3m	840.2 l=27.3m	867.5
工法分類	工法 A	工法 B	工法 C	工法 A	
工法名称	上半先進円形ショートベンチ	周壁導坑先進円形ショートベンチ	周壁導坑先進円形ショートベンチ	上半先進円形ショートベンチ	
周壁導坑区間(導坑支保工区分)		150H3ピースリング@0.7m	200H4ピースリング@0.7m		
本坑支保工形式	φ267鋼管支保工(フープ筋なし)中間ストラットφ267@0.9m	φ267鋼管支保工(フープ筋なし)@0.7m	φ318鋼管支保工(フープ筋入り)@0.7m	φ267鋼管支保工(フープ筋なし)@0.7m	
本坑覆工巻厚	70cm	70cm	90cm (鉄筋コンクリート)	70cm	
上半ロックボルト打設区間			l=50m 700 6m/本 総数868本	830	
切羽ロックボルト打設区間			l=35m 735 6~10m/本 総数250本	820	

(a)円形ショートベンチ区間



(b)周壁導坑先進円形ショートベンチ工法区間

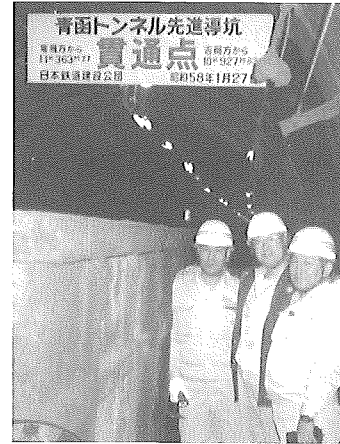


積付コンクリート	① 埋込	43.24
	② 上	66.13
	③ 下	109.37
コンクリート	④ 埋込	15.64
	⑤ 上	19.55
	⑥ 下	35.19
支保工	⑦ 埋込	18.09
	⑧ 上	9.27
	⑨ 下	27.36

積付コンクリート	① 埋込	15.10
	② 上	45.84
	③ 下	64.86
コンクリート	④ 埋込	16.34
	⑤ 上	15.29
	⑥ 下	15.29
支保工	⑦ 埋込	23.68
	⑧ 上	10.63
	⑨ 下	10.62

① ロックアンカー	l=11.0m φ2 PC鋼棒 c/c 0.7m
② ロックボルト	l=6.0m φ22白せん孔 13本/0.7m

円形ショートベンチ区間・周壁導坑先進円形ショートベンチ工法断面図



青函トンネル先進導坑貫通点(左端が著者)



青函トンネル貫通点(下段中央が著者)

成・間・前田3社の共同企業体により本坑工事に着手した。私は、昭和49年10月に新関門トンネルより青函トンネル(吉岡)共同企業体に赴任した。

海底トンネルの施工にあたってもっとも問題になるのは湧水の存在である。相手が無限の海水である。湧水はあるが、比較的安定している地質は、普通工法区間とし、断層破砕帯、膨張性地山、軟弱粘土層部分は特殊工法区間に区別された。

普通工法区間の施工

海底部は、すべての区間で地盤注入により安全に止水しなければ掘削できない。注入、掘削のくり返しである。標準的な注入パターンは3ステージに分け(第1次ステージ32m, 第2次ステージ52m, 第3次ステージ70m), 70m区間を注入し、カバーロックとして20m残し、50m掘進して今回の注入の切羽とした。注入範囲は、本坑断面に対して半径の3倍とした。注入はLW注入とし、注入孔数は

70~80孔、注入最終圧力は注入改良効果を考慮して、海底面まで140m、海底土かぶり100mで、海面下-240mであることから、水圧の約3倍の7MPa(70kgf/cm²)とした。

特殊工法区間の施工

昭和49年1月に吉岡工区先進導坑掘削中に断層破砕帯に遭遇し、発生した異常出水事故で流出土砂1,100m³、最大湧水量11t/minが発生した。この事故のため、掘進は1年間停滞した。

断層自体は、難透水性であるがその境界付近に大量の地下水をもっており、本坑での出水は青函トンネル全体の死活になるため慎重な計画および施工が必要であった。

施工にあたっては、下記の工法を採用した。

- ① 上半先進円形ショートベンチ工法
- ② 周壁導坑先進円形ショートベンチ工法

結果L=190m区間を約27か月要し無事突破した。

青函トンネルの完成

昭和58年1月 先進導坑貫通
昭和60年3月 本坑貫通

3回の出水事故などいろいろな困難な問題を克服し青函トンネルは完成した。

当初、青函トンネルの完成と同時に札幌まで新幹線を通すということであった。しかし、経済、社会、情勢の変化により残念ながら実現しなかった。

現在、函館まで北海道新幹線の工事が進められており、平成27年度に開業とのことである。新幹線に乗って、青函トンネルを通るのが楽しみである。

おわりに

私は、関門トンネル、青函トンネルと二つの海底トンネルに19年間従事し感じたことは、相手が無限の海水のため、常に水との戦いであった。幾多の困難を克服し大自然に勝利したと思っている。これらの技術が皆様に少しでもお役にたてば幸いである。

土木情報 No.448

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
関東地整	H22荒川行人樋管改築	新井組	305
日本下水道事業団	東京都勝島ポンプ所流入管渠その3及び二次覆工	前田・鴻池・大日本JV	5,135
中日本高速道路	舞鶴若狭自動車道美浜	鴻池組	1,866
群馬県	田沢小中線道整備交付金(トンネル工区)	山藤・新井JV	535
埼玉県	社会資本整備総合交付金(河川)(地下導水路工)	鹿島建設	1,521
千葉県	小糸川地区大幹線用水路	日本国土開発	304
都・水道局	練馬区北町八丁目地先から同区北町六丁目地先間外1箇所配水本管(1000mm・500mm)布設替及び配水小管布設替	エムテック・沢JV	633.7
都・下水道局	北区豊島三丁目、王子六丁目付近再構築	真柄建設	309.3
〃	江東区東砂六丁目付近再構築	石川徳建設	398
〃	東大島幹線及び南大島幹線その2	鹿島建設	6,666.19
〃	築地幹線	鹿島建設	3,005.53
神奈川県	(相系第203号)津久井導水路改修	奥村組	157.7
山梨県	R139松姫トンネル小菅工区建設(一部債務)(0003)	天野・早野・田村JV	2,050
鳥取県	東伯中央広域農道(仮称・赤松倉坂T)	熊谷・馬野JV	520.1
島根県	R485(松江第五大橋道路)改築(改良)(仮称)和久羅T	今岡・カナツ・平井JV	1,630
広島県	県営広域営農団地農道整備事業芸北4期地区芸北T	大林・大豊・伏光JV	1,620
徳島県	緊急地方道路整備(R195折字T)	大竹・新居JV	575
香川県	(社会資本整備総合交付金)R377道路整備(仮称・山田T)	東亜・山西JV	459.8
高知県	R439地域活力基盤創造交付金(仮称仲井谷T)	ミタニ・福留・晃立JV	680
〃	県道窪川船戸線地域活力基盤創造交付金(岩土T)	須工トキワ・青木・杉本JV	545
郡山市	合流式下水道改善事業3号幹線増補管築造第2工区	不動テトラ・公益・森尾JV	616
牛久市	22国補公下第4号, 上町第三雨水幹線管渠布設	大昭・喜久屋JV	232
ひたちなか市	大島第1幹線管きょ布設(22国補公下雨第4号)	清水・橋本JV	239
那珂市	22国補ま交上第8号-1, 両宮排水路第1期整備	前田・鶴田JV	257
宇都宮市	合流改善貯留施設築造第1工区(中部第10地区)(市道5号線)	山本建設	139.7
前橋市	本庁管内城東町雨水滞水池建設(国合改第1号)	池下・小野里JV	256
さいたま市	芝川第10-3処理分区下水道(北建-22-1)	日本国土・ケイワールド日清・永島JV	904.29
川崎市	川崎港海底トンネル本体改良その9	鹿島・五洋JV	195.88
茅ヶ崎市	公下萩園地内(雨水)通常22-4	湘南いざわ	117.5
伊勢原市	浸水対策事業(成瀬小学校)	池田・幸和JV	244.5
長岡市	浸水補東1号浸水対策下水道(貯留管)	河田・サンケン・稲建JV	307.82
豊田市	一級河川安永川T新設(平和・秋葉工区)	鹿島・藤本JV	9,470
神戸市	要玄寺川放水路築造	大林・寄神JV	754
呉市	平原東部幹線配水管布設	増岡組	342.28
高松市	中部BP第2幹線(2工区)	本間・小橋JV	1,224

施工

最終函体をキーエレメントとした沖縄初の沈埋トンネル

—臨港道路空港線 那覇沈埋トンネル—

内閣府沖縄総合事務局那覇港湾・空港整備事務所長 酒井洋一
内閣府沖縄総合事務局那覇港湾・空港整備事務所第三工事課長 吉平健治

1 はじめに

那覇沈埋トンネルは、臨港道路空港線(若狭IC～空港IC)の延長約3kmのうち空港側立坑と三

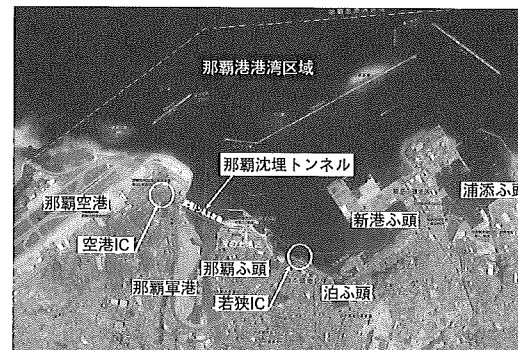


図-1 那覇沈埋トンネルの施工位置図

表-1 那覇沈埋トンネルの道路諸元

道路種別	臨港道路(空港線)
ルート	若狭IC～那覇水路～空港IC
延長	沈埋トンネル 724m
横断部構造	ハイブリッド型沈埋函による海底トンネル
道路規格	第3種1級
設計交通量	46,100台/日(平成22年度推計)
車線数	6車線(片側3車線)
設計速度	80km/h
トンネル部曲線半径	1,000m
縦断勾配	三重城側 4.9% 空港側 4.0%
航路将来計画水深	DL-12.2m

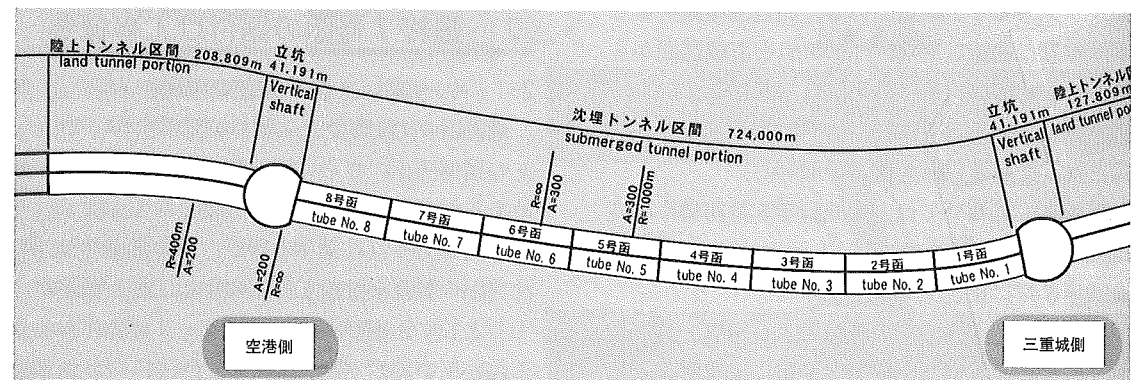


図-2 那覇沈埋トンネル計画平面図

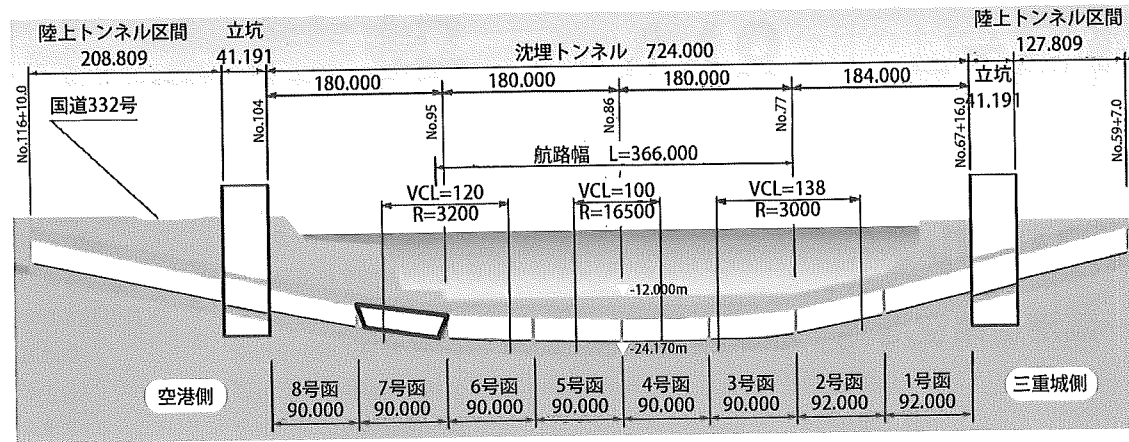


図-3 那覇沈埋トンネル計画縦断面図

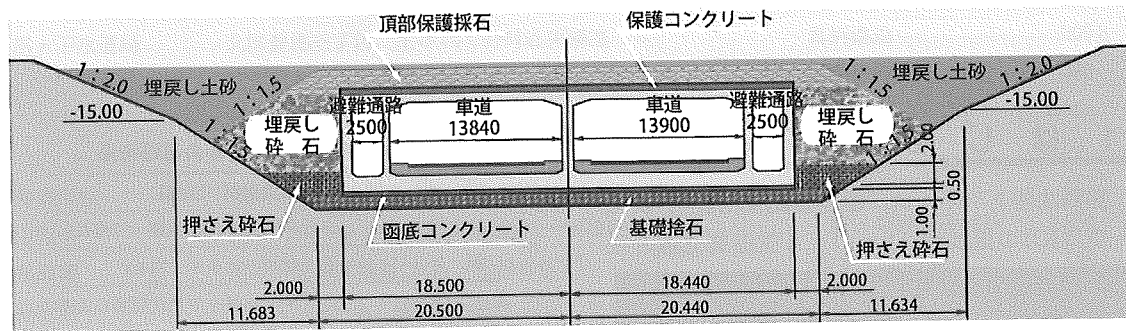


図-4 那覇沈埋トンネル計画断面図

重城側立坑間の延長724mを8
 函の沈埋函で連結する自動車専
 用道路である。

沈埋函は、長さ90~92m、幅
 36.9m、高さ8.7m、重量が約
 27,000tで全周二重鋼殻の間に
 高流動コンクリートを打設した
 フルサンドイッチ構造である。周辺立地条件より
 平面線形は曲線区間(R=1,000m)と直線区間から
 なり、また縦断線形は計画航路水深(DL-12.2m)
 より空港側最大勾配4.0%、三重城側最大勾配4.9
 %となっている(表-1、図-1~4参照)。

現地施工においては、平成21年5月初旬に最終
 沈埋函7号函(キーエレメント函)が沈設され、平
 成22年3月に接合工事が完了した。

現在はトンネル内部の構築および電気・機械設
 備工事などを進め、平成22年度末に完成する見込
 みである。

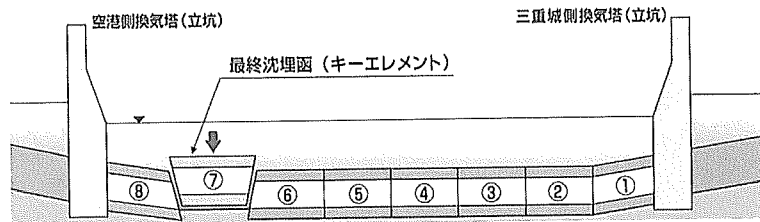


図-5 本工事における最終継手位置図

2 最終7号函の据付け工事概要

2-1 キーエレメント工法の概要

最終函の沈設時には、函体の動揺やゴムガasket
 の損傷防止、さらに水圧接合時の水平移動のため
 ある程度クリアランスが必要となる。従来、この
 隙間部分を最終継手と呼び、その部分の施工は
 沈埋函の製作・沈設工程とは別の工程「最終継手
 工」として止水パネル工法やターミナルブロック
 工法、Vブロック工法などで行っていた(連載講
 座「沈埋トンネル(3)」(Vol.40, No.7)参照)。

本沈埋トンネルでは、世界で初めて沈埋函
 を最終継手としても使用する「キーエレメン
 ト工法」を開発し、7号函に採用した(図-5
 参照)。

この工法は、従来のVブロック工法を発展
 させた工法で、キーエレメントと呼ばれるく
 さび形の沈埋函を一般函と同様な水圧接合に
 より連結させるものである。

特徴は以下のとおりである。

- ① 従来の最終継手工を省略できる。
- ② 潜水作業を大幅に軽減し、大水深での
 施工の安全性が向上できる。
- ③ 従来の最終継手工法が必要であった大
 型起重機船が不要となり、一般函と同じ
 沈設設備で施工ができる。
- ④ 沈埋函がくさび形であることから、上
 下の水圧差を利用した接合が可能とな
 り、完全止水が実現できる。

2-2 本沈設

キーエレメント工法の施工手順を以下に示
 す。

(1) 沈設位置決定および沈降

最終沈埋函の沈設平面位置を決定し、鉛直
 に沈降する(図-6参照)。

(2) 仮支承台着底

微調整ガイドに微調整ガイドキーを挿入し、
 函軸直角方向を拘束する。支承ジャッキロ
 ッドを所定の高さまで伸ばし仮支承台に着底
 する(図-7参照)。

(3) 一次止水位置決定

押し出しジャッキロッドのストロークを調
 整し、函軸方向の位置決めを行う。鉛直スト
 ッパー間が所定の間隔になるまで支承ジャ
 ッキにより沈降する(図-8参照)。

(4) 伸縮性止水ゴムエア注入およびモルタル 注入

伸縮性止水ゴム内部にエアを注入し、一次
 止水を確認する。バルクヘッド間の圧力を開
 放した後、伸縮性止水ゴム内部にモルタルを
 注入する(図-9参照)。

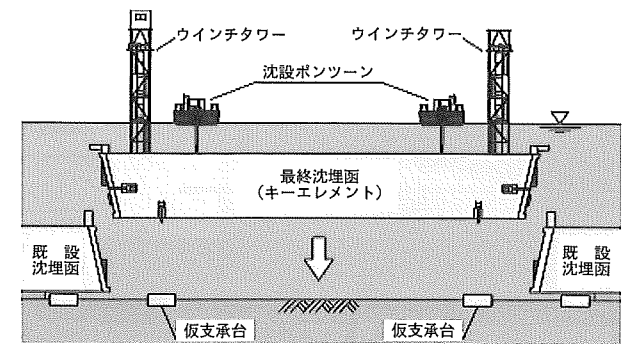


図-6 キーエレメント工法施工手順(1)

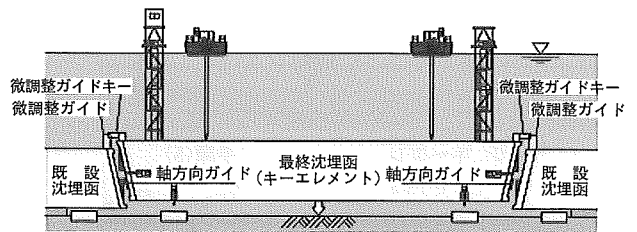


図-7 キーエレメント工法施工手順(2)

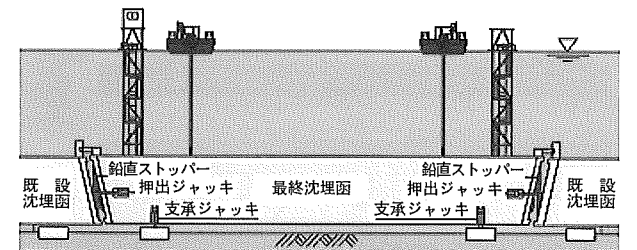


図-8 キーエレメント工法施工手順(3)

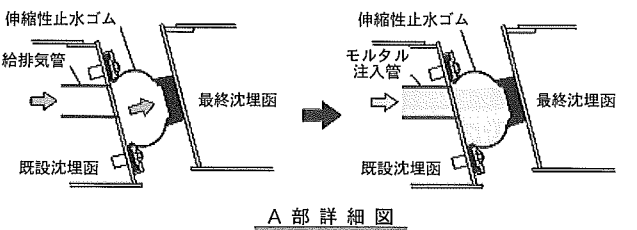


図-9 キーエレメント工法施工手順(4)

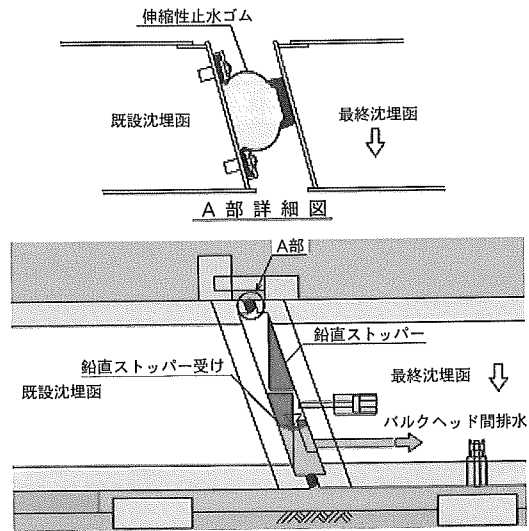


図-10 キーエレメント工法施工手順(5)

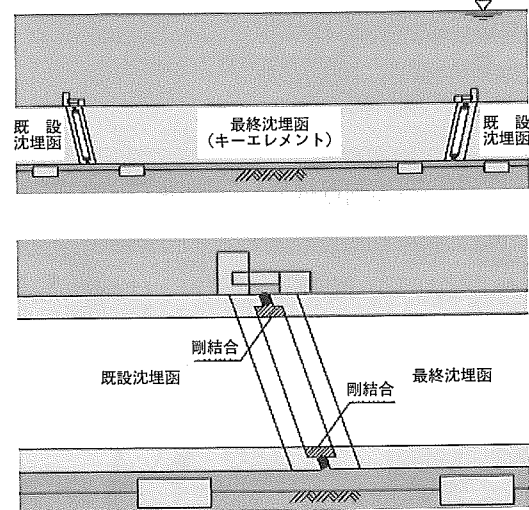


図-11 キーエレメント工法施工手順(6)

(5) 水圧接合

モルタルが必要強度まで硬化した後、支承ジャッキダウンを行い、キーエレメント函を伸縮性止水ゴムに預ける。その後バルクヘッド間を排水し、水圧接合を行う(図-10参照)。

(6) 接合部剛結

最後に、接合部鋼板を上下溶接したのち、中に高流動コンクリートを注入し剛結を完了する(図-11参照)。

(7) 耐波安定を考慮した急速施工

本工事の沈設場所は、港口部から外洋波浪が直

表-2 耐波安定化の具体的対策

目的	具体的内容
1 リスク低減	気象予測精度向上、港内波浪予測システム活用
2 鉛直抵抗力増大	沈設直後に微調整ガイドキーの固定
3 鉛直抵抗力増大	鉛直ストッパー部連結部材溶接
4 工期短縮	函底コンクリート止め砕石昼夜2ワッチ施工
5 鉛直抵抗力増大	緊急時車道部追加パラスト実施(止水壁の構築)

接進入する厳しい条件のため、波浪による影響を考慮した沈設方法を検討した。

沈埋函は、長周期波の影響により比較的小さな波高でも函に揚圧力と水平力が作用し動揺することがわかっている。沈設作業時は既設函とのクリアランスが最終的に20cm程度であり、函が動揺して既設函に接触し損傷を受けることが予想されるため、耐波安定性は重要な課題であった。

沈埋函の動揺解析シミュレーションより、沈設作業時がもっとも厳しい条件となっている。この解析結果より、周期7秒、波高0.5m以上の波浪条件を沈設作業中止基準とした。

また耐波安定の観点からは、沈埋函を既設函に接合させ安定断面を構築するまで短期間で実施する必要がある。しかし、沈設後の各施工ステップで函体の支持状態は随時変化することから、函体の浮き上がりと滑動に対する波浪限界は異なる。このため、函中へ追加パラストを打設し重量を増加させることや、既設函を利用して仮固定するなどの対策がとられた。具体的には、表-2に示す5項目の対策を行った。

沈設施工法の検討より、従来は沈埋函の曳航・沈設作業を開始してから既設函に接合させ安定断面を構築するまで標準的に16日間を要していたが、水圧接合後のコンクリート止め砕石工を昼夜行うことなどで4日間短縮した急速施工を実施した。

2-3 水中長距離計測

キーエレメント工法においては、最終函であるキーエレメント函の長さを精度よく決定することが重要である。形状寸法を決定するにあたり、6号函および8号函の沈設後に両函約90m間の水中

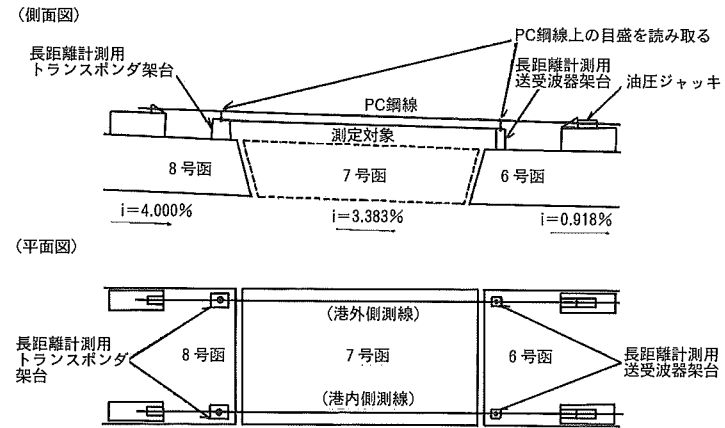


図-12 水中長距離計測方法

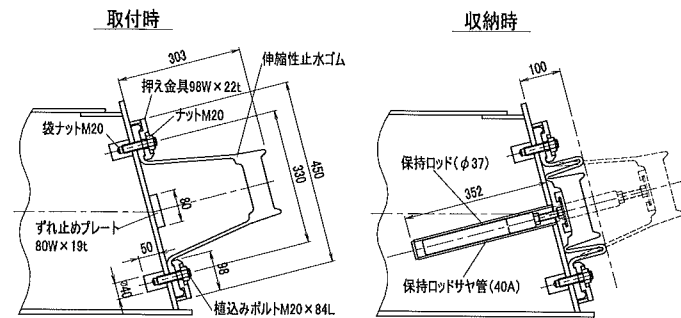


図-13 伸縮性止水ゴム断面図

長距離計測を実施した。

計測方法は、6,8号函両端部に鋼線を設置、緊張して直接計測する方法とした。

鋼線による水中長距離計測は、知見が少なく、現地の海水の流れおよび視界や作業性などの影響が課題であったため、陸上において実証実験を行い、誤差要因および補正方法の検討・確認を行った。

また、現地では鋼線緊張の荷重管理を圧力測定器で行うため、ロードセルにより計測される荷重値と圧力測定器との相関を把握するためキャリブレーションを実施した。

本計測は、海中に鋼線、架台、油圧ジャッキおよび圧力測定器を配置し、海上の台船上にあるデータロガーおよび手動ポンプにより圧力管理を行いながら、6,8号函の天端にある架台上の中心点間を結んだ鋼線目盛を読み取った(図-12参照)。

計測結果より、キーエレメント函の長さが決定され、製作している。

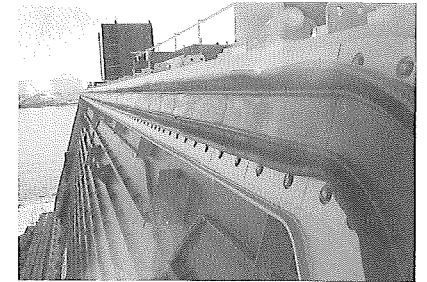


写真-1 伸縮性止水ゴム取付け・収納状況

2-4 伸縮性止水ゴム

既設函(6,8号函)には、沈設時の施工誤差を吸収するため伸縮性止水ゴムを設けている。伸縮性止水ゴムは、キーエレメント工法の核となる技術で、中空構造で沈設時は折りたたまれた状態で設置されている。これは、最終函を沈設する際のクリアランスを最大限確保でき施工性が向上できることと、沈埋函の動揺によるゴムの損傷を防止できる利点がある。沈設後に、ゴム内部にエアを注入し、最終函接合面にゴムを接着させ止水する(図-13、写真-1参照)。

事前に行った伸縮性止水ゴムの止水性能試験および圧縮特性試験により、各継手あたり±60mmの施工誤差吸収性能と施工水深45mまでの止水が確保され、施工上問題ないことが確認できた。

3 高流動コンクリートの浮遊打設

沈埋函鋼殻は、沖縄では製作できる造船ドックまたは陸上作業ヤードが確保できないため、本土で製作している。製作した鋼殻は、半潜水式台船により5~7日間かけ沖縄まで回航される(写真-2参照)。その後、那覇港内の仮設棧橋に係留した後、浮遊状態で鋼殻内部に高流動コンクリートを打設する(写真-3参照)。

沈埋函の浮遊状態での高流動コンクリートの打設は、日本で初めてであり、約110,000m³に及ぶコンクリート打設により函体重量も約27,000tにも及ぶ。このため、コンクリート自重および水和

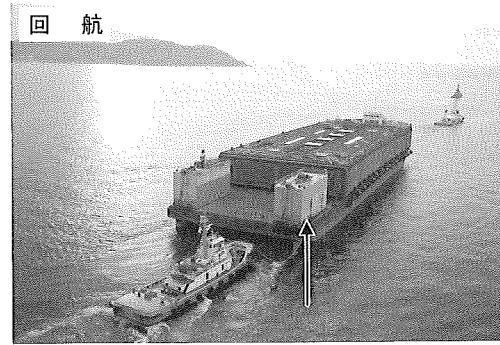


写真-2 専用台船による回航状況



写真-3 浮遊状態での高流動コンクリート打設状況

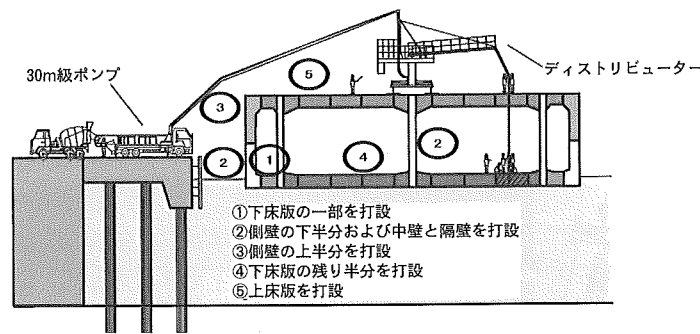


図-14 高流動コンクリート打設順序

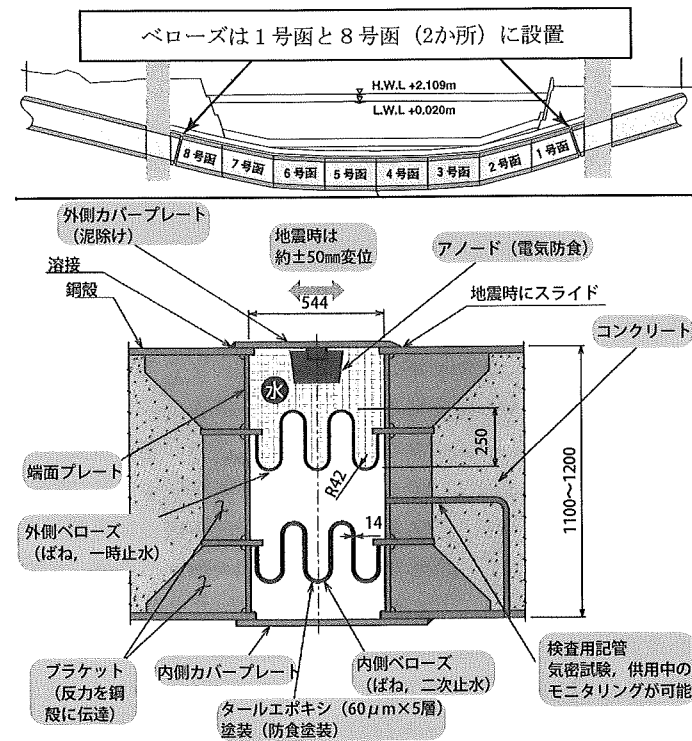


図-15 ベローズ継手位置および構造

熱、日射熱などによる函体変形が生じ、水圧接合に支障をきたす可能性があることが課題となった。

そのため、弾性床上の梁モデルや3次元FEMモデルによる沈埋函変形をシミュレーションし、最適打設順序を決定している(図-14参照)。

また、打設にあたっては、係留桟橋からの片方向打設となり、通常のポンプ車のブームが届かないことから、沈埋函全体をカバーする補助方法として、沈埋函上中央に作業半径24mのディストリビューターを設置し、打設を行った。

4 ベローズ継手(可撓性継手)

本沈埋トンネルの地盤条件は、1号函部の沖積砂礫層(平均N値13)以外は、良好な琉球石灰岩層(平均N値34)で比較的地盤条件が良いことより、函体間の継手は剛継手としている。

地震時の歪みを吸収するための可撓性継手には、通常ゴムガスケット+連結ケーブル方式などによるが、本沈埋トンネルでは立坑と接する1号函と8号函に世界で初めてベローズ継手(鋼製波板形状)を採用した。

ベローズ継手は、地震時に継手自ら変形して沈埋函の変位を吸収することにより、函本体の軸力およびモーメン

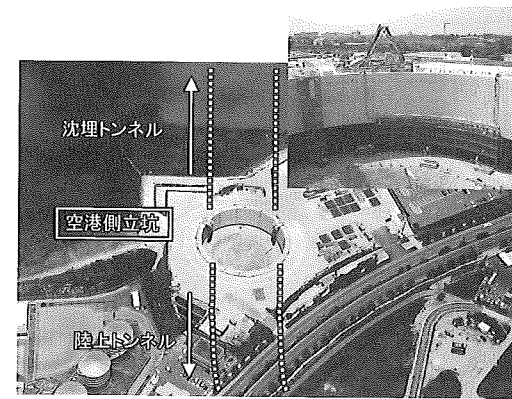


写真-4 空港側立坑下部工(逆巻きコンクリートを打設しながら掘削している状況)

トを低減させることができる。また、沖縄での沈埋函浮遊打設による変形などの影響を受けにくく、変位吸収能力、大変位発生時の止水性に優れている。材質は、鋼殻本体と同じ溶接構造用圧延鋼材(SM490Y)を使用し、設置位置は立坑接続部から2~3m離れた沈埋函本体内に設置している(図-15参照)。

5 立坑(換気塔)の構造

立坑は、沈埋函と接続しトンネルの一部として機能する下部と車の排気ガスを外部へ排出する換気塔上屋としての機能を有するものである。本トンネルでは、北側の三重城側立坑と南側の空港側立坑があり、下部および上部躯体については既に構築されている。

5-1 下部工

沖縄の地盤においては、岩塊部と空洞部が不均一に存在する琉球石灰岩層の性状がたびたび問題となっている。本立坑に関しても例外ではなく、下部構築にあたっての止水対策が課題となった。このため、止水壁は、不透水層の島尻泥岩層(三重城側DL-60m、空港側DL-30~-40m)まで根入れし止水を確保している。

構造形式は、海外での実績はあるものの国内では初めての円形形状+開削工法を採用している。

これより、支保工などが不要となるため施工空間が大きく確保でき作業効率が向上することで工期短縮およびコスト縮減が図られる。三重城側は

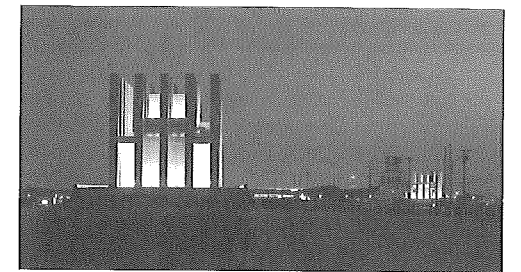


写真-5 換気塔完成状況(手前が空港側、後が三重城側) 円形地中連続壁(内径φ57.4m×t1.2m)となっており、空港側は琉球石灰岩層が厚く、止水層が浅いことより円形鋼管柱列土留め壁(内径φ56.9m×φ1,000)となっている。また、空港側については側壁逆巻きコンクリートを打設しながら順次掘削する工法を採用しており、躯体構造物として利用している(写真-4参照)。

5-2 換気塔(上部工)景観

地上約40mの高さの換気塔は、港、空港を利用する船舶、航空機から2基を同時に見ることができるため、ランドマークとしての役割が期待されている。地域にふさわしい景観で海を身近に感じられ、塔としての役割を形にするという点を基本コンセプトとして、

- ① 大面積の壁を避けてボリューム感を抑える
 - ② 光・影・風といった沖縄らしさ、時間とともに変化する表情としての独自性
 - ③ 内部機能への影響が小さい
- などを考慮し、複数のタワー状構造物としている(写真-5参照)。

6 おわりに

那覇沈埋トンネルは、平成8年度の現地着工から14年が経ち、現場は最終段階に入っている。この間、ここで紹介できなかった数多くの設計・施工上の課題を克服し、今日に至ったことは関係者のご理解とご協力をはじめ、ご助言をいただいた先生方および施工関係者の努力の結果である。

最後に、最終函(キーエレメント函)が無事沈設完了できたことは、沖縄の技術的財産であり、これまで蓄積された施工技術は今後の新たなトンネル技術の発展に寄与できるものと確信する。

トンネルジャーナル

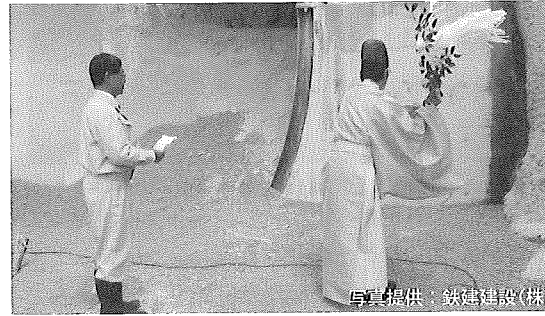
亥ヶ谷山トンネル(仮称)賀田工区が起工

中部地整紀勢国道事務所が整備する国道42号熊野尾鷲道路の亥ヶ谷山トンネル(賀田工区)で、8月20日、施工者である鉄建建設主催のもと安全祈願祭が執り行われ、工事の安全を祈願した。

同工事は、三重県尾鷲市賀田町と三木里町を結ぶ全長3,197mの2車線道路トンネルと避難坑のうち、1,511mを掘削するもので、残りの1,686m(三木里工区)はすでに掘削を終えている。おもに熊野酸性岩類花崗斑岩を主体とする地山を、発破掘削による全断面NATMで掘進する予定で、工期は来年の10月末となっている。

同道路は周辺地域が全国有数の多雨地域であるた

め、現道の多くが通行規制区間となっており、異常気象時などに必要な代替路線として期待が大きいことから、早期の完成が期待されている。



写真提供：鉄建建設(株)

原宿交差点 立体交差部が12月に全線開通

関東地整横浜国道事務所は、同事務所の進める原宿交差点改良事業が、平成22年12月に全面開通する見込みとなったと発表した。

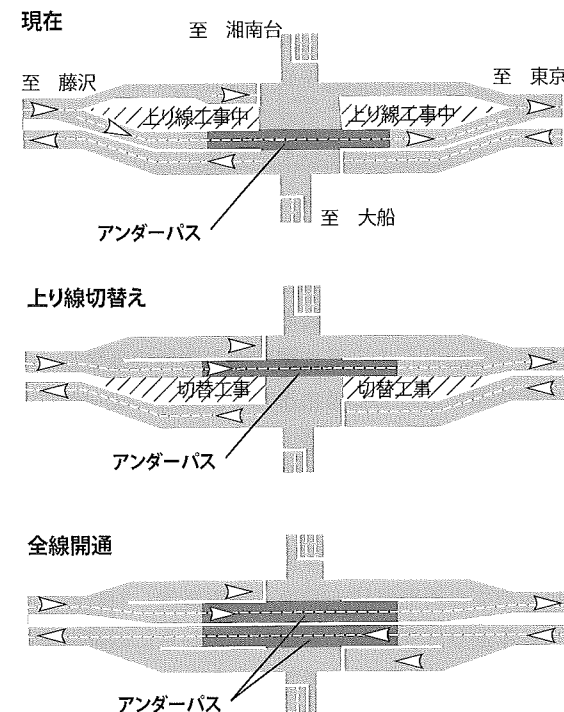
同事業は国道1号の慢性的な渋滞を解消するため、国道1号と環状4号が交差する原宿交差点を立体化(国道1号がアンダーパス化)し、国道1号の通過交通と環状4号の出入り交通を分離することによって、交通混雑を解消し、横浜市の放射・環状方向の円滑な交通を確保することを目的に行うもの。

工事は約420mの区間で行われ、アプローチ部にU形擁壁、トンネル部に2径間のRCボックスを構築する。トンネル部の施工は両側が開削工法、中心部がハーモニカ工法による。ハーモニカ工法区間は断面を10分割して、6断面分が先行供用されている。この4月には最後の小断面掘進機による掘削を完了しており、現在は分割されたトンネルを一体化して、供用済みの躯体と連続させる工事を行っている。

現在暫定供用されている上り線部分は、全線開通後には下り線トンネルとなり、現在工事中的新トンネルが、上り線トンネルとなる。11月を目途に上り線の切替えを行い、現在上り線となっている路線を下り線仕様に変更する工事が完了して、全線開通させる予定となっている。

平成21年4月に暫定供用された上り線では、同事務所が発表した半年後の開通効果によると、藤沢～原宿交差点間5kmの通過時間が、平成18年に37分

だったものが、19分に短縮され、追突事故の件数も大幅に減少していることが確認されている。全線開通後は、上下線とも交差点通過時間が11分程度にまで短縮されると試算されているほか、事故の削減、自動車走行にともなう排出ガスの削減などにも効果があると期待される。



計画

地中に残されたコンクリート壁を着脱・再掘進型管路築造工法で突破

—東京都下水道 文京区根津一丁目、千駄木二丁目付近再構築工事—

東京都下水道局北部第一下水道事務所建設課長 須田 久喜
 (前)東京都下水道局北部第一下水道事務所建設課設計第二係長 森 邦夫
 東京都下水道局北部第一下水道事務所建設課技術調査係 平田 純也

1 はじめに

文京区根津一丁目、千駄木二丁目付近再構築工事は、補助94号線(不忍通り)拡幅事業および電線共同溝事業に伴い支障となる既設矩形きよの代替管として、流域面積約15haの雨水主要枝線を不忍通り西側に新設するものである。

本工事終了後、道路管理者による一部区間の先行車道切替え工事を行う予定になっている。その後、不忍通り東側に別流域の雨水主要枝線を新設し、既設矩形きよを撤去後、電線共同溝工事を行う計画となっている。



図-1 位置図

2 本工事の概要

本工事は上流部の千駄木二丁目交差点内に発進立坑を築造し、根津神社入口交差点付近に到達立坑を築造して、到達立坑から鋼製さや管推進工法で流下先である既設主要枝線(φ3,000mm)に接続する計画である。

本路線の諸元は以下のとおりである。

管 径：φ1500mm
 勾 配：2.0‰
 延 長：約180m
 土かぶり：約3.7～約4.3m

3 現場条件

3-1 埋設物状況

本工事を施工する不忍通りの車道下には東京メトロ千代田線が上下2段で占用している。また、千代田線築造時に使用された現場詰め連続鉄筋モルタル土留め壁(以下、「残置壁」)が千代田線と並行し、土かぶりD.P1.0～16.5mに残置されている。なお、残置壁と西側の官民境界の間隔は約3～4mである。

道路管理者と本工事で施工するφ1,500mmの管きよの占用位置を調整した結果、残置壁と官民境界の間に占有することとなった。そのため、不忍

通り歩道内の地下埋設物の調査を行ったところ、千代田線築造時にずり出しとして使用された土留めコンクリートが歩道内に横断的に残置されていることが判明した。

ずり出し付近の平面図、縦断図を図-2, 3に示す。

ずり出しに使用された土留めコンクリートについて資料の精査および試験掘り調査を行ったところ、芯材にH-300を用いたコンクリート壁となっており、残置壁と同様にD.P1.0~16.5mまで残置されていた。本工事の計画線形では発進立坑と到達立坑間は、土留めコンクリートを2か所撤去しない限り接続できないことが判明した。

3-2 土留めコンクリートの撤去の検討

ずり出し付近は残置壁と官民境界の間が約3mと非常に狭く、土留めコンクリートの上には既設下水道管のほか、水道管、ガス管、NTT管が占用している。これらの既設管を移設したうえで、土留めコンクリートを地上より撤去することを検討したが、残置壁の車道側には千代田線およびNTTマンホール、汚水圧送管などがあるため、すべての埋設物を移設することは不可能な状況であった。

ずり出し付近の詳細図を図-4に示す。

3-3 推進機内からの障害物撤去工法の検討

掘進機内から障害物などを撤去できる工法は今回採用工法以外にも開放型推進により人力で障害物を撤去する工法や、鋼管推進により障害物を切断する工法、さらに高圧水や研磨材を面板より噴射することにより障害物を切断する工法などがある。本工事においては管径、推進延長、障害物の種類、撤

トンネルと地下

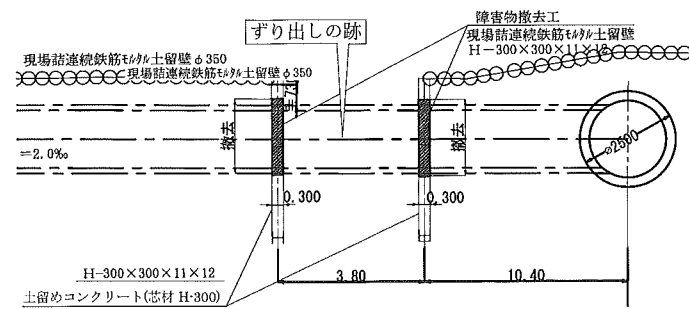


図-2 ずり出し付近平面図

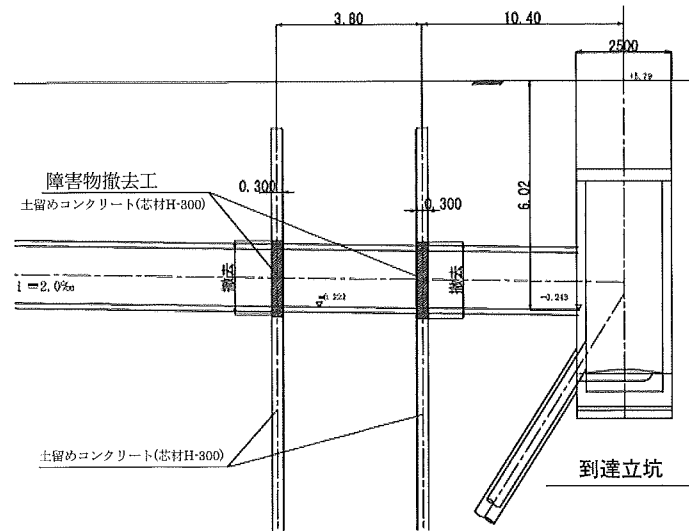


図-3 ずり出し付近縦断図

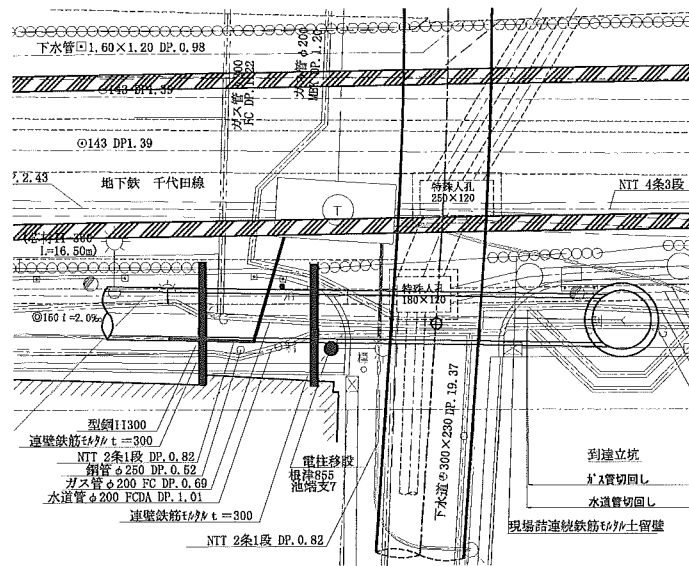


図-4 ずり出し付近詳細図

去場所などの条件を勘案し、障害物撤去部において地上から地盤改良が可能であることから、着脱・再掘進型管路築造工法を採用した。この工法は、東京都足立区内での施工事例が2例あり、本工事と同様に地上から地盤改良の施工を行い、推進機内から共同溝築造時に残置された鋼矢板の撤去を行っている。

4 着脱・再掘進型管路築造工法

4-1 工法概要

着脱・再掘進型管路築造工法は、掘進中に障害となる残置物が残存している場合に、推進機内から障害物を撤去し、再掘進して管きょを築造する工法である。本工法で用いる掘進機は外殻から切羽掘進装置を引き抜き搬出し、障害物撤去作業後、切羽掘進装置を再装着・再発進することが可能な構造である。

掘進機は、カッターヘッドおよびカッター駆動部からなる切羽掘進装置が外殻部と着脱可能であり、カッターヘッドはスポーク型で固定式カッターと伸縮できる可動式カッターから構成されている。可動式カッタースポークは、駆動軸から偏心して配置され

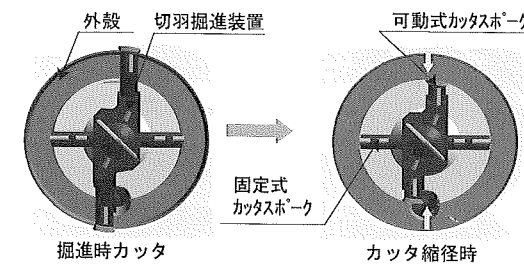


図-5 カッター伸縮図

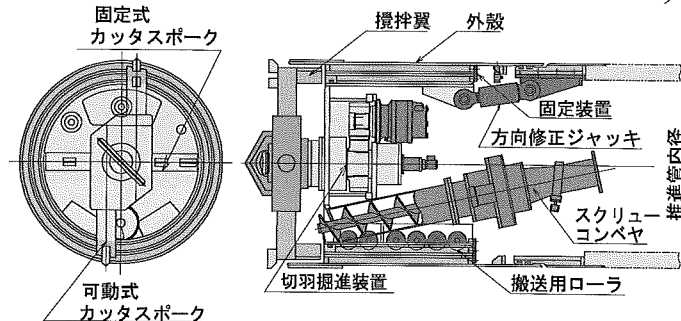


図-6 掘進機概要図

ているため、スポーク内に長いストロークのジャッキの挿入が可能である。そのため、カッターの伸縮量を大きくでき、カッターを推進管の内径より小さく縮径することができる。可動式カッターは機内からの遠隔操作で、カッターを縮径、拡張できるため、切羽掘進装置を安全に引き抜き、搬出、搬入、再装着することができる。

着脱・再掘進型掘進機の写真およびカッター伸縮図、掘進機概要図を図-5, 6, 写真-1に示す。

4-2 工法の特徴

本工法の特徴は、以下のとおりである。

- ① 切羽掘進装置を引き抜いた後、広い作業空間で障害物を安全、確実に撤去することができる
- ② 切羽掘進装置の引き抜き、搬出、搬入、再装着は、機内からの遠隔操作作業のみで行うことが可能である
- ③ 到達立坑の設置ができなくても、既設マンホールや既設管きょに直接到達することで、管路築造が可能である
- ④ 既設マンホールや既設管きょへ接続した後、切羽掘進装置を回収することが可能であり、さらに切羽掘進装置を別工事に転用することができる
- ⑤ 可動式カッタースポークは、回転駆動軸に偏心しているため、大きな伸縮ストロークが確保でき、切羽掘進装置を容易に引き抜くことができる
- ⑥ 可動式カッタースポークの大きな伸縮により、切羽掘進装置は、推進管の規格で1~2ランク程度異なる管径の掘進機に再転用できるた

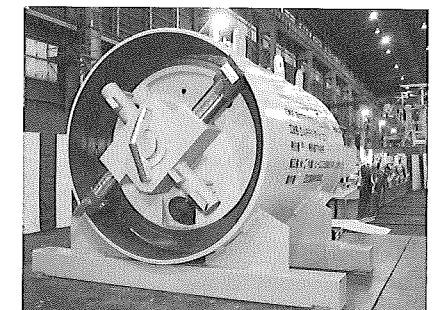


写真-1 着脱・再掘進型掘進機(他工事)

め、経済的である

⑦ 大口径掘進機の場合、分割運搬が可能となるため、運搬作業が容易である

4-3 工法手順

工法手順図を図-7に示す。

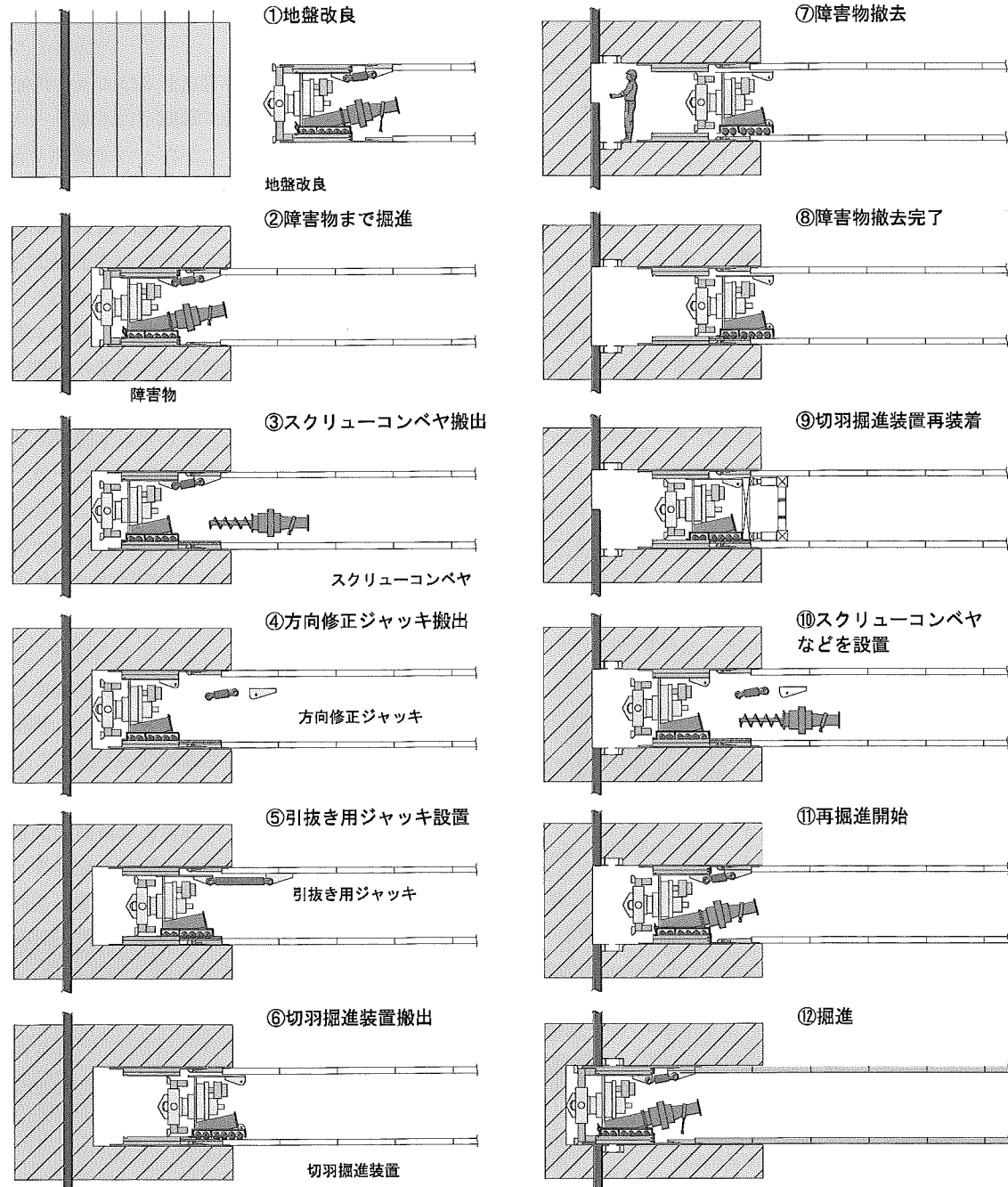


図-7 工法手順図

4-4 工法施工実績

これまでの着脱・再掘進型管路築造工法の施工実績としては、東京都下水道局で2件(表-1)である。

4-5 障害物撤去事例

他工事における、障害物の撤去に伴う切羽掘進

表-1 着脱・再掘進型管路築造工法施工実績表

工 事 件 名	工 事 概 要	障 害 物
足立区千住寿町、千住四丁目付近再構築工事	泥土圧推進工法(φ1,350mm) 推進延長 L=542m 土かぶり D.P 14.1~21.6m	国道4号線(日光街道)、千住共同溝残置鋼矢板(IV型)、共同溝躯体の両側
足立区千住河原町付近再構築工事	泥土圧推進工法(φ1,350mm) 推進延長 L=376m 土かぶり D.P 10.8~12.5m	国道4号線(日光街道)、千住共同溝残置鋼矢板(IV型)、共同溝躯体の片側

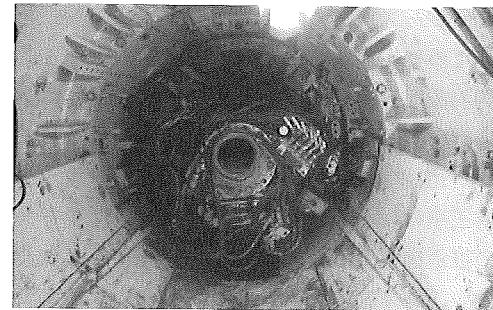


写真-2 切羽掘進装置引き抜き状況(他工事)

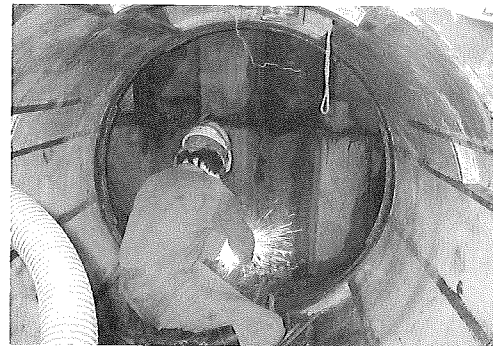


写真-3 鋼矢板切断状況(他工事)

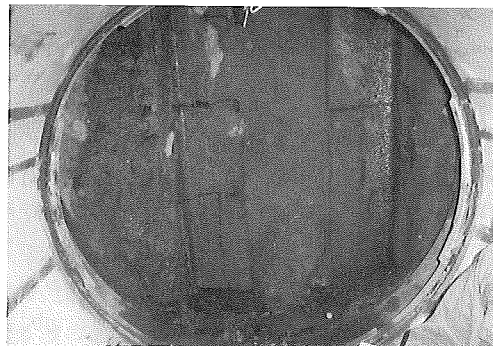


写真-4 鋼矢板切断完了(他工事)

装置引き抜き前の状況を写真-2に、掘進機外殻内での鋼矢板切断状況を写真-3に、鋼矢板撤去完了を写真-4に示す。

撤去方法は、地上での撤去方法と同じであるが、

坑内という狭隘な場所での作業となることから、換気はとくに重要となる。

5 本工事における施工方法

これまでの着脱・再掘進型管路築造工法の施工実績の中で、障害物を2か所撤去した足立区千住寿町、千住四丁目付近再構築工事においては、障害物である鋼矢板の間隔が約10mと広がったため、1枚目の鋼矢板を撤去後、切羽掘進装置を再装着し再掘進を行った。

しかし、本工事においては障害物となる土留めコンクリート2か所の間隔は約3.8mと狭いため、ずり出し部内側をすべて高圧噴射攪拌杭工法で改良し、障害物の間は一時的に開放型推進工法で施工する計画とした。

一時的に開放型推進にすることは、本工法でもっとも手間の掛かる切羽掘進装置の着脱・再装着の回数の低減となり、工期の短縮や工事費の削減につながる。さらに、障害物の配置により推進工法を選択できることは、さまざまな障害物に対応ができるため非常に有効な工法と考える。

一般に、地中障害物を撤去する工事は、残置物の事前調査が重要である。しかし、本工事で障害物となる土留めコンクリートは、芯材とコンクリートが密着しているため弾性波探査が行えず、さらに残置壁と隣接しているため磁気探査も行えない状況にあった。そのため、地上からの試験掘りで確認できる以深の残置物の状況は残置時の資料から読み取ることしかできなかった。このように残置物の存在は明らかであるが、残置物の詳細が確認できない場合、工法によっては残置物の撤去ができないことが起こる。

今回採用する着脱・再掘進型管路築造工法は、

障害物を撤去する前に、切羽前面において人の目で残置物の状況の確認が可能である。そのため本工事においては、想定と異なる障害物が切羽前面から出てきても、状況に応じて対応を行う予定としている。

6 おわりに

平成20年度末、東京都区部の下水道管きょ総延長は約15,800kmであり、そのうち約1,500kmが法定耐用年数の50年を超えている状況にある。老朽化などによって下水道管が損傷すると、下水が流れなくなるだけでなく、道路陥没の原因になる場合もあり、都民生活に大きな影響を与える。さらに、高度成長期以降に大量に整備をした下水道管が近い将来一斉に更新の時期を迎えることから、これまで以上に再構築を進めていく必要がある。当局では、年間建設事業費1,250億円の約4割の事業費をかけて、老朽化した下水道管きょの再構築に重点的に取り組んでいる状況である。

東京都区部のような既成市街地では開削工事による下水道管の敷設は、他企業埋設物や道路交通事情、周辺環境からさまざまな制約を受けるため、施工が困難な場所が多くなってきており、道路を

掘削しないで施工できる推進工法が再構築事業においてますます有効になっている。しかし地下には、さまざまな地下埋設物が輻射しており、埋設物築造時に残置された仮設物も多く残っている。このような状況の中でトンネル工事を計画する場合は、地下埋設物や残置物を避けたルート選定が重要となるが、本工事のようにどうしても避けられないケースが増えてきている。

本工事で採用する着脱・再掘進型管路築造工法は切羽掘進装置を着脱し、残置物の状況を実際に人の目で確認したうえで、推進機内から撤去することが可能な推進工法である。

本工事は地下鉄や地下埋設物などが輻射する中での推進機内から残置物の撤去を行うという大変難しい工事であるが、工事を無事に完了させたい。

参考文献

- 1) 近藤紀夫：外殻から掘進装置を引き抜くDAPPI工法、月刊推進技術、Vol.22, No.3, 2008.
- 2) 近藤紀夫・藤井実：障害物を機内から撤去するDAPPI工法の開発と施工例、電力土木、No.339, 2009.

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

連載講座

ずり処理入門(10)

—掘削ずりの活用と処理・重金属(1)—

「ずり処理入門」連載講座小委員会

① はじめに

日本は火山や温泉が広く分布していることから、地山にひ素、鉛、ふっ素などの重金属や硫化鉱物などを内包している。トンネルがこれら重金属類や硫化鉱物を含有する鉱化帯や鉱床跡に位置し、掘削ずりからの重金属の溶出や硫化鉱物による酸性水の発生が懸念される場合には、関係法律や条例に準拠して事前調査結果にもとづき、問題となる掘削ずりの発生量を予測し、全量あるいは分別処理するかの処理方法、ずりの酸性化を防止するための中和方法、およびずり搬出先の構造などについて事前に決定しておく必要がある。

本講座では今回と次回(第10, 11回)の2回に分けて、平成22年4月に施行された改正土壤汚染対策法(以下、「改正土対法」と略す)に準拠して、トンネル工事において周辺環境や人・動植物への環境リスクを防止するための掘削ずりの処理と活用方法について述べる。今回は、自然由来の重金属の組成・特徴、日本における分布、これら重金属などのトンネルにおける調査方法、および施工中の分別方法について述べる。次回は、重金属含有ずりの活用方法と処分方法、およびトンネル工事における具体的事例について詳述する。

鉛や水銀などの重金属は資源として人類文明を長く支えてきた。一方で、足尾銅山や水俣病・イタイイタイ病などの鉱害、最近では有機スズ化合物などによる環境ホルモンの人的被害を引き起こ

してきた。こうした背景から、平成15(2003)年2月に土壤汚染対策法(以下、「土対法」と略す)が施行されたことに伴い、自然由来の重金属などを含有する掘削ずりについて、当該土地の外へ搬出する場合には、土対法に準拠した対策を行うよう環境省から通達(平成15年2月4日、環水土20号)が出され、土木研究所監修による地盤汚染対応マニュアル¹⁾が作成された。しかしながら、岩石や未固結堆積部に自然に含まれている重金属などによる環境汚染については、そのままでは土対法の対象となっておらず、土対法施行後、法的基準を逸脱した土壤汚染の顕在化や過度な掘削土処理による高コスト化などの問題が指摘された。これらの課題に対処するため、平成22年4月より改正土対法が施行された。この改正土対法では、人的原因だけでなく、自然的原因により有害物質が含まれて汚染された土壤も法の対象となったことから、掘削工事では、改正土対法で定められた溶出基準を満足しない場合には、同法に準拠した対策を実施していく必要がある。そのため、国土交通省では、『建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壤への対応マニュアル(暫定版)』を平成22年3月に作成した²⁾。

改正土対法では、図-1に示すとおり、トンネル工事などで一定規模(3,000m³)以上の土地の形質変更を企業者が届出する際に、都道府県知事が土壤汚染の恐れがあると認める場合は、企業者(土地所有者、管理者または占有者)が指定調査機関

により調査を行い、その結果を都道府県知事に報告する規定がある。なお、図-1に示すトンネル工事で坑口が2県にまたがり、土地の形質変更規模が合計で3,000m²以上となる場合には、企業者は両方の都道府県知事に届出する必要がある。調査の結果、土壤汚染状態が指定基準を超過する場合は、都道府県知事は届出区域を「要措置区域(土壤汚染の摂取経路があり、健康被害が生ずる恐れがあるため、汚染の除去等の措置が必要な区域)」として指定し、汚染の除去などの措置を指示することとなる。建設工事にかかわる企業者が汚染土壤の路線内盛土や封じ込めなどの対策を実施した場合には、「要措置区域」は「形質変更時要届出区域(土壤汚染の摂取経路)」に指定される。汚染土壤が最終処理場などに運搬処理され除去された場合には、区域の指定は解除される。

トンネル掘削ずに自然由来の重金属が含有する場合、①掘削ずりから溶出する重金属などによる環境汚染と②トンネル湧水による水質悪化の二つの環境汚染リスクがある。前者は掘削ずりに重金属などが含有し、搬出先ですりに含まれる重金属が溶出して環境汚染が発生することであり、後者は工事中に発生するトンネル湧水が酸性水(水質汚濁防止法によると、pHが5.8を下回る地下水または表流水)となる場合や有害な重金属を含有している場合で、この場合には処理を行って排水基準を満足した状態で河川などに放流しなければ

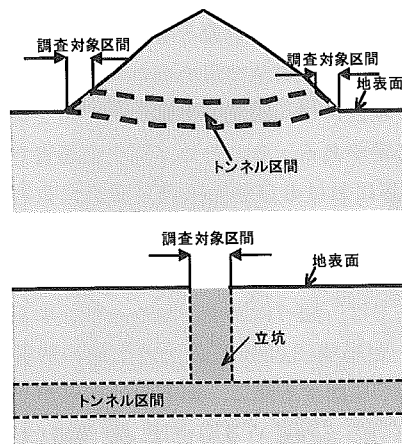


図-1 トンネル工事での調査対象地²⁾

ならない。このように、自然由来の重金属などが含有する掘削ずりおよびトンネル湧水は、改正土対法や水質汚濁防止法、自治体条例、およびこれら法律に準拠したマニュアルに沿った適切な調査、対策を講じる必要がある。

以下では、自然由来の重金属などの組成や特徴および日本における分布、トンネル工事における重金属などの調査方法、および環境汚染リスクのある掘削ずりの施工中の分別方法について概説する。

② 自然由来の重金属

2-1 自然由来の重金属などの組成

土壤汚染にかかわる環境基準の対象物質のうち、自然由来で岩石・土壌中に存在する可能性のある重金属などは、ひ素、鉛、ふっ素、ほう素、水銀、カドミウム、セレンおよびクロムの8種類である。これらの元素は、図-2に示すとおり、マグマが冷却固結して形成された地殻表層部の風化作用、海域における運搬・堆積作用を経て、堆積岩の形成、変成作用による変成岩の形成という一連のサイクルの中で循環している³⁾。このサイクルにおいて、自然由来の重金属などは、マグマの分化や熱水などの作用で変質帯や鉱脈・鉱床が形成される中で

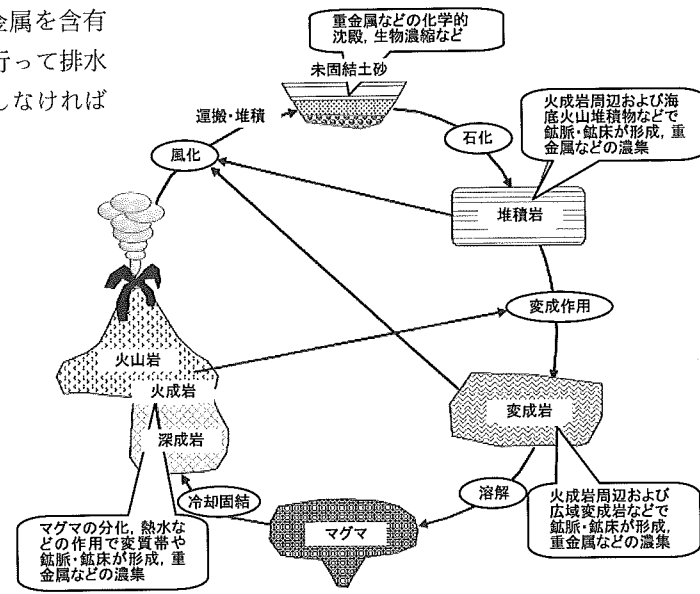


図-2 岩石圏と水圏における重金属などの循環³⁾

表-1 自然界における主な重金属などの存在度²⁾

		単位: mg/kg									
		亜鉛	カドミウム	クロム	水銀	セレン	銅	鉛	ひ素	ふっ素	ほう素
地殻の	平均値	70	0.2	100	0.08	0.05	55	13	1.8	625	10
大陸地殻の	元素量	80	0.098	185	0.08	0.05	75	8	1	625	10
日本列島の	上部地殻の平均値	74.1	-	84	-	-	25	16.9	6.5~7.1	-	-
日本の	河川堆積物の平均値	118	0.158	65.2	0.054	-	30.6	23.1	9.32	-	-

濃縮されて生成する。また、海水や地表水に含まれる微量の重金属などが沈殿したり、微生物や水生生物などによって固定化されたりして地層内に取り込まれる。表-1に、地殻を構成する岩石・土壌に含まれる主な重金属などの存在度を示す²⁾。

これらの重金属などは工業加工品の性能向上のために添加物などに用いられている。また、セレン、ひ素、ふっ素などは、人の生命維持に欠かせない必須微量元素に位置づけられている。

2-2 自然由来の重金属などの特徴

これまでのトンネル工事における自然由来の重金属などへの対応事例は、鉱山、温泉、火山などが多く、熱水変質作用を受けた地域が広く分布する北海道、東北に多い。例えば、北海道の道央地域の旭川紋別自動車道中越トンネルでは、銅鉱床に含まれるひ素の溶出が問題となった²⁾。青森に位置する東北新幹線八甲田トンネル⁴⁾や秋田県北部に位置する日本海沿岸東北自動車道の大館~小坂間のトンネル⁵⁾では、鉱化変質岩からの酸性水や溶出した鉛、セレン、ひ素、カドミウムなどの重金属が問題となった。また仙台地下鉄建設予定地で、自然由来のひ素やカドミウムの重金属などの分布が確認された事例もある⁶⁾。以下では、トンネル工事で遭遇する自然由来の重金属などの基本的な性質および人体への影響を示す。

ひ素は、地殻中に広く分布する元素で、地殻中では、銅・鉛・鉄などの金属と一緒に三価で存在することが多く、土壌や水中では酸化され五価の状態が存在する。三価のひ素(亜ひ素, As₂O₃)は毒性が強い。ひ素は硫び鉄鉱(FeAsS)などとして産出され、硫化物の酸化とともに亜ひ素やひ素として水中に溶解する。このため、pHや酸化・還元状態の変化で周辺の水に溶出しやすい。ひ素

の人体への慢性影響としては、皮膚や肝臓の異常、末梢血管障害、末梢神経障害、皮膚がん、肺がんなどがある。

鉛は、銅や金に次いで古くから利用された金属の一つで、火成岩・堆積岩ともに10~20mg/kg程度含有する。鉛、亜鉛、すずなどの金属鉱床に存在して高濃度で含有されている。肺や経口により吸収された鉛化合物は臓器に蓄積され、とくに骨に固定されることが多く、貧血、消化器不全、神経・腎肝障害をもたらす。

ふっ素は、一般的に蛍石、水晶石やふっ素燐灰石などの鉱物として存在することが多い。また、黒雲母中に随伴して含まれることもある。海水中には1.3mg/l程度で含まれ、海域で堆積した泥質岩にもよく含まれる。適量のふっ素摂取は虫歯予防の効果があるとされるが、過摂取は骨へのふっ素沈着や骨折リスクの増加をもたらす。

ほう素は、植物や動物の必須元素であり、海水中には一般的に4.5mg/l程度含まれるため、海成泥岩などの海域で形成された細粒堆積物に多く含まれる。過摂取の人体への影響として、中枢神経障害、腸障害、皮膚紅疹などが生じる。

水銀は、火山や金属鉱床の熱水脈に介在することが多く、岩石中では硫化物(辰砂(HgS))あるいは自然水銀として存在する。湖水や海水中では生物作用によって有機化し、水に非常に溶けやすいメチル水銀に変換される。このため、食物連鎖を通じて、大型魚類や海生哺乳類に蓄積されやすい。有機水銀は無機水銀に比べて毒性が強く、摂取により神経系障害(例:水俣病)が生じる。

カドミウムは、比較的少ない元素であるが、鉱物中や土壌中に天然に存在し、亜鉛、銀、銅などの金属とともに存在する。硫化物や炭酸塩などの

カドミウム塩類は水に溶解しにくい、硫酸塩、硝酸塩およびカドミウム化合物は水に溶けやすい。そのため、金属鉱山周辺の水田などの土壌に蓄積し、高い濃度を示す場合がある。人体への影響としては、長期の高濃度摂取で腎機能障害や骨の軟化が発生(例：イタイイタイ病)する。

セレンは、砂岩、石灰岩、リン灰岩などの堆積岩で高い含有量を示すものがある。セレンは人体に対して必須元素の一つとされるが、過剰摂取による皮膚の障害、末梢神経障害、胃腸障害などが生じる。

クロムの地殻中の平均全含有量は65~185mg/kg程度で、花崗岩、超塩基性岩、蛇紋岩などに含まれる。とくに超塩基性岩や蛇紋岩には高濃度で含有される場合がある。もっとも主要な含有鉱物はクロム

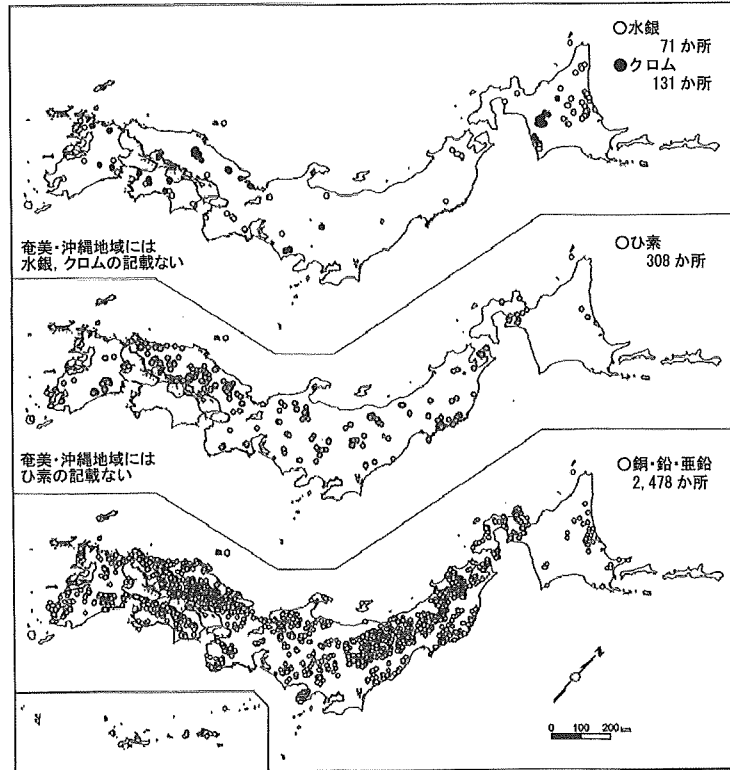


図-4 重金属を産出した記録のある鉱山の分布⁸⁾

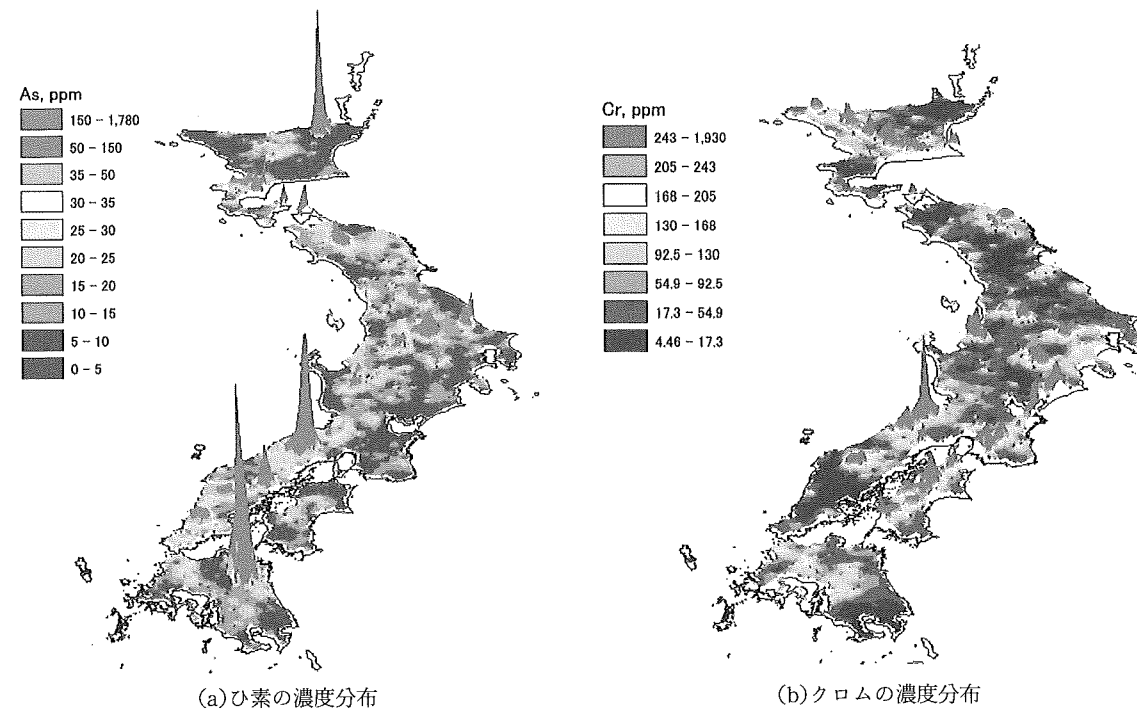


図-3 日本における特徴的な重金属の分布例⁹⁾

鉄鉱である。自然由来のクロムはほとんど三価の状態が存在するが、工業的な使用が始まって以降、六価クロムが環境中に排出されるようになった。人体にとって三価クロムはインシュリンの作用を促進させる必須元素であるが、六価クロムは発がん性があるとされ、呼吸器・消化器系障害や腎臓障害を生じる。

2-3 日本における自然由来の重金属などの分布

日本における重金属の分布の特徴的な例として、ひ素およびクロムの濃度分布を図-3に示す⁹⁾。また、図-4に、重金属などを産出した記録のある鉱山の分布を示す⁸⁾。これらの図から、岩石・土壌に含まれる自然由来の重金属などは、一般的に人為由来の汚染と比較して、広範囲にかつ低濃度に分布する傾向があると言える。加えて、日本の国土は環太平洋火山帯に位置しており、火山活動や地殻変動の活発な地帯であるため、金属鉱山地域や火山地帯および特定の地質体などで周辺に比べて重金属などが高い濃度で偏在することがわかる。

また、地質体に含まれる硫化鉱物の酸化による酸性を示す湧水の発生により、岩石・土壌中の重金属などの溶出が増大することがある。

以上のことから、重金属などによる環境リスクを引き起こす可能性のある地質は日本において広範囲に分布するため、山地部および平野部における建設工事で重金属などを含む地質に遭遇する可能性は小さくないと考えられる。

③ トンネル工事における重金属などの調査

トンネル工事での掘削ずりの環境汚染リスク評価のための試験方法には、大別して施工前段階で実施する調査と施工段階で実施する調査がある。

図-5に、調査・試験の段階ごとの流れを示す。

3-1 施工前調査

施工前調査は、概略調査と詳細調査からなる。施工前概略調査では、資料等調査、地質調査、試料調査、全含有量によるスクリーニング試験や溶出試験を実施し、対応が必要な地質と重金属など

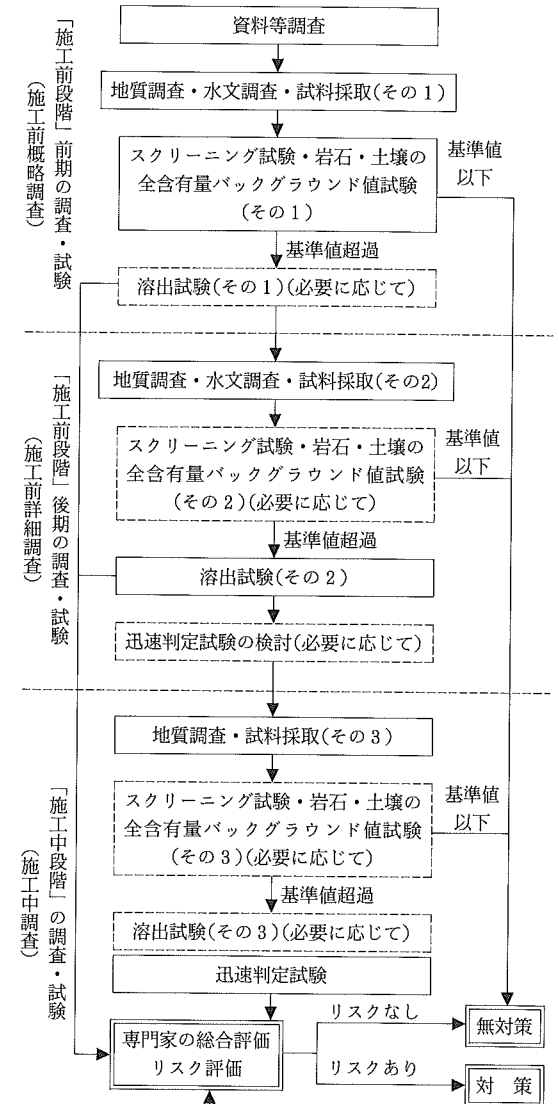


図-5 工事における段階ごとの調査・試験のフロー²⁾

の種類、およびそれらの分布の概略を把握する。また、掘削工事に伴う周辺環境への影響予測を行うリスク評価の基礎資料を得るため、水文調査を行う。施工前詳細調査では、対応が必要な地質と重金属などに重点を置いた詳細な地質調査、試料採取および各種試験を実施する。得られた結果をトンネル工事の路線計画や対策の設計・施工計画に反映させる。また、リスク評価に必要な地盤特性を把握する試験および施工中の迅速判定方法を検討する必要がある。

表-2 施工前調査の項目と試験内容²⁾

項目	測定内容	試験方法		備考
全含有量試験	地質試料に含まれる自然由来の重金属などのうち、カドミウム、総クロム、総水銀、セレン、鉛、ひ素、ふっ素およびほう素の全含有量を測定する。	湿式分析法	底質調査方法 (昭和63年9月環水管127号)	カドミウム、セレン、鉛、ひ素、総クロム、総水銀、ふっ素、ほう素
			土壤環境分析法	
溶出試験	地質試料に含まれる自然由来の重金属などのうち、カドミウム、総クロム、総水銀、セレン、鉛、ひ素、ふっ素およびほう素の溶出量を測定する。	短期溶出試験	エネルギー分散型蛍光X線装置による試験	カドミウム、セレン、鉛、ひ素、総クロム、総水銀
			波長分散型蛍光X線装置による試験	カドミウム、セレン、鉛、ひ素、総クロム、総水銀、ふっ素、ほう素
			環境省告示第18号試験に準拠	試験料として岩石・土壌を2mm以下のふるいを全量通過するまで粉砕したものを用いる。
直接採取のリスク把握試験	岩石・土壌の直接摂取のリスクを評価する。	全含有量試験	過酸化水素水を用いるpH試験	過酸化水素水を用いて試験料を強制的に酸化させ、溶液のpHを測定する。
			実現象再現溶出試験	パッチおよびフロースルー試験
			環境省告示第19号試験に準拠	試験料として岩石・土壌を2mm以下のふるいを全量通過するまで粉砕したものを用いる。

表-3 全含有量のスクリーニング基準値²⁾

元素	スクリーニング基準値(mg/kg)	備考
カドミウム	0.15	日本の地球化学図による平均値による
クロム	65	同上
水銀	0.05	同上
鉛	23	同上
ひ素	9	同上
セレン	0.1	土壤溶出量基準から算定した値による
ふっ素	625	クラーク数 [*] による
ほう素	10	同上

*クラーク数：地球表層部の各元素の平均存在度

表-2に、施工前調査で実施する試験を、全含有量試験、溶出試験、および直接摂取のリスク把握試験に区分して示す。

全含有量試験は事前のボーリング調査による試料に含まれる自然由来の重金属などの全含有量を測定する試験で、湿式分析法と蛍光X線分析法がある。湿式分析法は、分析目的の元素ごとに試料を酸などで分解して全含有量を測定する。

蛍光X線分析法は固体のまま試料の元素分析が可能な方法であり、簡易に迅速に分析が可能である。ふっ素やほう素の全含有量を測定する場合

表-4 土壤溶出量基準および土壤含有量基準²⁾

特定有害物質の種類	土壤溶出量基準(mg/l)	土壤含有量基準(mg/kg)
カドミウムおよびその化合物	0.01以下	150以下
六クロム化合物	0.05以下	250以下
水銀およびその化合物	水銀が0.0005以下で、かつ、アルキル水銀が検出されないこと	15以下
セレンおよびその化合物	0.01以下	150以下
鉛およびその化合物	0.01以下	150以下
ひ素およびその化合物	0.01以下	150以下
ふっ素およびその化合物	0.8以下	4,000以下
ほう素およびその化合物	1.0以下	4,000以下

には、エネルギー分散型蛍光X線装置に替えて、検出能力の高い波長分散型蛍光X線装置を用いる必要がある。

表-3に、自然由来の重金属の全含有量に対するスクリーニング基準値を示す。試験結果がスクリーニング基準値を満足する場合は、掘削ずりは無対策で搬出先に埋め戻しすることができる。基準値を満足しない場合は、表-2に示した溶出試験を行い、重金属などの溶出に関する環境リスクの有無を専門家が総合的に判定することになる。表-4には、判断指標の一つである、改正土対法におけ

る土壤溶出量基準と土壤含有量基準を示す。

溶出試験には、短期溶出試験、酸性化可能性試験、および実現象再現試験があるが、簡便性と迅速性の観点から、トンネル工事の事前調査では、短期溶出試験や酸性化可能性試験により掘削ずりの溶出特性を把握することが一般的である。

3-2 施工中の調査

トンネル施工中の調査では、先進ボーリングなどによる地質調査、試料採取、迅速判定試験により、掘削ずりが無害であるか、対策を必要とする有害なずりであるかを判定する。なお、バックグラウンド値の把握、施工による周辺環境への影響、施工後の対策効果の確認などを目的として、施工中および施工後に実施するモニタリングについては、次回で詳述する。

施工中に実施する調査では、工事進捗に応じて逐次発生する掘削ずりを無対策と要対策に効率的に分別処理する必要があるため、先進ボーリングコアおよび掘削ずりを対象として、施工サイクルが滞ることのないよう対策の要否を判定することを目的とする。表-5に示す迅速判定試験は、事前調査で実施した各種試験(全含有量試験や溶出試験で、以下「事前試験」と記す)との相関性が認

められる迅速な試験であり、重金属などの含有量と溶出特性を、事前試験と相関関係で確認された指標項目の試験により判定する間接法、および事前試験にもとづき処理した抽出液について基準項目の分析試験を行い判定する直接法とがある。以下では、主な迅速判定試験について説明する。

間接法は、対象となる元素の存在や溶出特性と関係の深い間接的な指標を用いて判定を行うもので、トンネル工事では、目視で岩石の色調などから岩質や風化程度を判定する肉眼観察や蛍光X線分析により硫化鉱物やアルカリ鉱物の含有量と分布状況を定量的に把握する試験が行われている。また、過酸化水素水を用いた促進酸化試験を行って、溶液のpH、電気伝導率(EC)、および溶出した重金属などの濃度から掘削ずりの酸性化および重金属などの溶出量を推定する。

直接法は対象元素の試料中の全含有量や液体中の濃度を直接分析する方法であり、蛍光X線分析法、ストリッピングボルタンメトリー法、および吸光光度法の適用事例が多い。

蛍光X線分析法は、乾燥、粒度調整した固体試料にX線を照射し、発生した蛍光X線の強度から含有する元素の濃度を測定する試験である。この

表-5 迅速判定試験の区分と試験方法の例²⁾

分類	試料	目的	試験方法(例)	項目
間接法	岩石・土壌	<ul style="list-style-type: none"> 変質および風化の程度 硫化鉱物とアルカリ鉱物の含有量と分布状況 	目視	色調・土性 硫化鉱物 炭酸塩鉱物
			硬度計	硬さ
直接法	溶出液・環境水	<ul style="list-style-type: none"> 硫化鉱物の酸化状況(水溶出)と長期溶出性(過酸化水素水溶出) 地下水、表流水モニタリング 	pH指示薬、PH計	PH
			電気伝導率計	EC
			イオンクロマトグラフィー	硫酸イオン
直接法	岩石・土壌	スクリーニング試験および岩石・土壌バックグラウンド値試験	蛍光X線分析	Pb, As(Cd, Cr, Hg, Se, F)
			ストリッピングボルタンメトリー	Cd, Pb, As, Hg, Se
	溶出液・環境水	<ul style="list-style-type: none"> 溶出試験 直接摂取リスクの有無(直接摂取リスクを把握するための試験) 地下水、表流水モニタリング 	吸光光度法	Cr(VI), F, B

表-6 迅速判定試験の適用事例²⁾

	甲子トンネル	八甲田トンネル		雪沢第二トンネル
対象元素	ひ素, カドミウム, 鉛, セレン	ひ素, 鉛, セレン, カドミウム		セレン
地質	玄武岩質溶岩・火砕岩	泥岩	火山岩, 火砕岩類, 鉍脈	新第三系泥岩, 凝灰岩, 火山礫凝灰岩
ずりの評価方法	硫黄含有量, pH(3% H ₂ O ₂)による現場判定	肉眼判定, 硫黄・カルシウム含有量, 帯磁率, pH(H ₂ O), 重金属含有量による現場判定		先進ボーリングによるpH(H ₂ O), 強熱減量, 硫黄・カルシウム含有量, 18号試験による溶出量
迅速判定試験方法	蛍光X線分析, pH(3% H ₂ O ₂)(粒径5mm以下, 固液比1:5, 3分振とうの後15分静置)	蛍光X線分析, 単位体積あたり帯磁率(粒径2~4mm), pH(H ₂ O)(粒径10mm以下, 固液比1:5, 3分振とうの後1時間静置)		ICP発光分析, 強熱減量, pH(H ₂ O)(粒径, 固液比1:5, 3分振とうの後7分静置), 強熱減量
迅速判定基準	S \geq 1.5% or pH(3% H ₂ O ₂) \leq 7を要対策	①肉眼判定で鉍脈・鉍石を要対策 ②pH(H ₂ O) \leq 6を要対策 ③S/Ca \geq 1 or S \geq 2%を要対策 ④環境庁提示の含有量参考値を上回るものを要対策	①肉眼判定で鉍脈・鉍石を要対策 ②MS \leq 50 \times 10 ⁻⁶ emu/cm ³ の火山岩を要対策 ③pH(H ₂ O) \leq 6を要対策 ④S \geq 2%を要対策 ⑤環境庁提示の含有量参考値を上回るものを要対策	①S \geq 1% or S/Ca \geq 1は③(詳細試験)へ ②pH(H ₂ O) $<$ 6 or pH(H ₂ O) $>$ ④10, かつ強熱減量 $>$ 10%は③(詳細試験)へ ③(詳細試験)18号試験(粒径2~5mm)溶出量
分析頻度	先進ボーリング5mごと, 切羽1回/日	岩相ごとに採取, 分析(同一岩相の場合8mごと)		先進ボーリング5mごと
分析に要する時間	3時間	24時間		2日(詳細調査10日)
ずり処理方法	盛土内に遮水封じ込め	処分場(新設)に遮水封じ込め		盛土内に遮水封じ込め
その他, 特記事項	先進ボーリングの分析は事前把握が目的	S/Ca \geq 1 or S \geq 2%を要対策とした根拠として, 56日間の溶出試験および10年間の曝露試験の結果がある。これによるとひ素を除く重金属などは酸性条件で溶出が大きくなること, および検液の酸性化と試料の硫黄含有量(泥岩においてはS/Caモル比)に相関がある。また, 帯磁率と硫黄含有量には相関がある。なお, ひ素の溶出量はひ素含有量と弱い相関がある。		アルカリかつ強熱減量大は, ひ素溶出の可能性。1回/日の切羽観察結果と先進ボーリングの結果が異なる場合は試験を再度行う。

試験は非破壊で多数の元素を同時分析できるが, 得られた濃度が含有量よりも大きくなること, 検出できない元素(六価クロムなど)があることに留意する必要がある。

ストリップングボルタンメトリー法は, 事前試験で検出中の溶液に電極を浸し, 電極間の電流量から元素の濃度を測定するもので, 価格が安く, 分析感度も良いため, カドミウム, 鉛, ひ素, 水銀, セレンの簡易分析法として適用されている。

吸光度法は事前試験で検液中の対象元素と呈色試薬との反応により発色した検液の吸光度から濃度を測定するものである。

表-6に, 施工中のトンネル工事における迅速判

定試験の適用事例を示す。同表から, 各トンネルで対象とする元素と地質に応じて表-5に示した迅速判定試験が適用され, トンネルごとに定めた迅速判定基準に従ってずりの処理方法が数時間から数日の期間で判定されていることがわかる。

④ 施工中の分別

4-1 ずり処理方法の概要

自然由来の重金属などを含有する掘削ずりを坑外の仮置き場から利用箇所まで搬出運搬し, 盛土材として有効活用するには, 以下に示す二つの環境リスクについて検討しなければならない。すなわち, ①利用箇所周辺の動植物や周辺住民に対し

表-7 環境リスクに対する影響防止対策

項目	具体的な対策内容	目標	備考
地下水などの摂取による影響防止	①-1 遮水工による封じ込め(不溶化後の封じ込め含む)	有害な地下水などの浸透・浸出の完全発生防止	土対法の対策工の考え方に準拠
	①-2 遮断工による封じ込め		
	②-1 粘性土などによる被覆・浸透防止	雨水・地下水の浸透, および浸出水の発生防止	リスク評価にもとづく対策
	②-2 転圧による透水性の低下		
	③ 不溶化などの処理	重金属などの溶出低減	
	④-1 吸着層	重金属などの捕捉	
	④-2 浸出水処理		
	⑤ その他	一体区域への搬出	—
直接採取による影響防止	⑤-1 立入り禁止	曝露の遮断	土対法の対策工の考え方に準拠
	⑤-2 舗装		
	⑥-3 盛土		

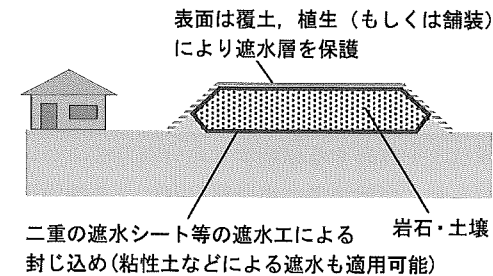


図-6 遮水工封じ込め²⁾

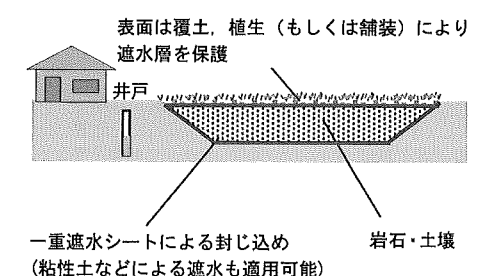


図-7 遮水シートなどを用いた被覆・浸透防止²⁾

て, 埋戻し土から溶出する地下水によるリスクと②直接摂取によるリスクである。

施工中に実施される判定試験にもとづき, 掘削ずりに環境基準値を超える環境リスクがあると判定された場合, 改正土対法に示される対策工の考え方に準じた対策を行う。

表-7に, 地下水などの摂取および直接摂取による環境リスクを防止するためのずり処理方法を示す。地下水などの摂取による影響防止対策には, 遮水工による封じ込め, 遮断工による封じ込め, 粘性土などによる被覆・浸透防止, 転圧による透水性の低下, 不溶化などの処理, 吸着層の設置, 浸出水の処理などがある。また, 直接摂取による影響防止には, 立入り禁止の措置, 舗装, および盛土などがある。

表-7の対策の中で, 環境リスクのあるトンネル掘削ずりの影響防止対策としてこれまで適用されてきたのは, 遮水工による封じ込め, 遮水シートを用いた被覆・浸透防止, および粘性土による

表-8 覆土工法の概要²⁾

対策	覆土工法
概念図	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 盛土の法面は50cmの覆土を行い表層は緑化することで雨水の侵入をできるだけ防止する。周囲は立入防止柵を設置する。 上面は舗装とする。 地下水流向の下流側にモニタリング用井戸を設け, 定期的に地下水の水質を監視する。

被覆などである。図-6, 7に, 遮水工封じ込めと遮水シートなどを用いた被覆・浸透防止対策の概要を示す。また, 表-8に, 酸性水の発生防止のために覆土工法を実施する場合の概要を示す。なお, 表-7に示した掘削ずりの環境リスクに対する影響防止対策については, 次回で詳述する。

4-2 重金属などを含む掘削ずりの分別方法
トンネル施工中において, 重金属などを含む環

境リスクのある掘削ずりを効率的に分別する方法を、図-8に示すフローに従って説明する。

まず、トンネル掘削に先行して先進調査ボーリングを実施し、表-5に示したボーリングコアを用いた迅速判定試験により未掘削区間における要対策の一次判定を行う。先進ボーリング区間の掘削時には、一次判定結果にもとづき掘削ずりを発破ごとや岩種ごとに分別して坑外ヤードに仮置きする。ここで、一次判定で要対策となった掘削ずりは、仮置き中に雨水に曝されないようにシート養生するか、屋根付きの仮置き場に保管しておく必要がある。写真-1に、日本海沿岸東北自動車道

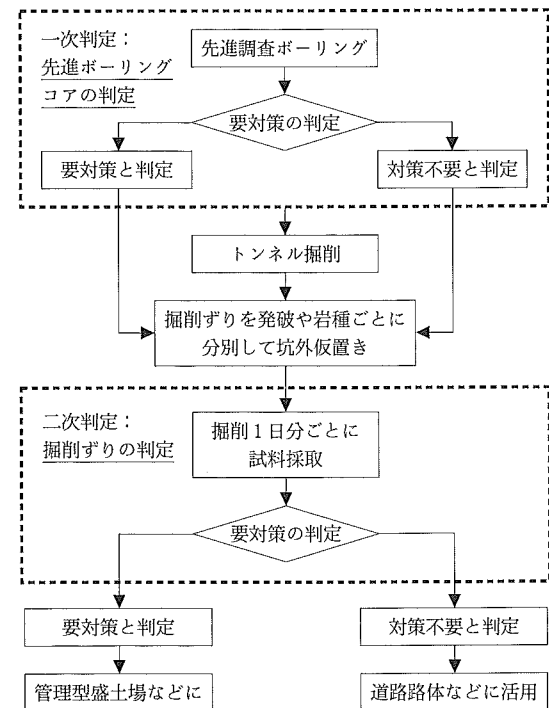


図-8 掘削ずりの重金属などの対策要否フロー



写真-1 ずりの仮置き場：二次判定待ち(雪沢第一トンネル)

雪沢第一トンネルにおけるずり分別のための屋根付き仮置き場の事例を示す。

掘削後は、掘削一日分もしくは岩種が異なるごとに仮置き場の掘削ずりから試料を採取し、迅速判定試験を行って要対策の二次判定を行う。この際、判定試験結果に要する日数を勘案してずり仮置き場の規模と箇所数を計画しておく必要がある。

二次判定の結果、仮置き中の掘削ずりの重金属含有量が基準値を超えない場合には、その仮置き場のずりは通常のずり盛土場に搬出処理し、基準値を超えるずりについては管理型ずり盛土場へ搬出・保管するのが一般的である。

表-9に、既往のトンネル工事における掘削ずりの分別・処分方法を示す。なお、各工事における分別方法については次号で詳細を述べる。

ここまです、改正土対法に準拠した自然由来の重金属などを含有する掘削ずりの分別方法について概説した。自然由来の重金属などによる環境汚染は、人為由来の高濃度汚染とは異なり、一般的には含有量基準や溶出量基準をわずかに超えるような低含有量・低溶出量となるが、トンネル工事の規模に応じて大量に発生することがある。これまでは法律やマニュアルなどを先取りする体制で、従来の小容量・高濃度の汚染廃棄物の対策で用いられてきた対策が講じられてきた。今後のトンネル工事においても、これまでどおり、改正土対法を遵守し、対応マニュアルに準拠したずり処理対策を行い、環境リスクを発生させないようにすべきことは論をまたない。さらには、大容量で汚染濃度が低い掘削ずりを安全に、しかも経済的に処理・保管できる合理的な対策の実用化が望まれる

表-9 分別・処分方法の実績⁹⁾一部加筆修正

分別・処理方法	概要	事例
管理型盛土場に封じ込め	管理型処分場に準じた機能を有する盛土場を新設する	八甲田トンネル(青森) 三豊トンネル(北海道)
道路盛土路体に封じ込め	遮水材として、遮水シート、モルタル、アスファルト、粘土を単独または組み合わせて使用し、盛土路体とする	金田トンネル(岡山) オロフレトンネル(北海道) 湯田トンネル(岩手) 甲子トンネル(福島) 雪沢第二トンネル(秋田)
委託プラント処理	近傍の既設施設に委託	亀田山トンネル(秋田)

ところである。
(文責：秋田勝次/鉄道・運輸機構、松原利之・熊谷幸樹/飛島建設(株))

参考文献

- 1) 土木研究所編：建設工事で遭遇する地盤汚染対応マニュアル[暫定版]、鹿島出版会、2004。
- 2) 国土交通省：建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(暫定版)、2010.3。
- 3) 奥村興平・桜井國幸・中村直器・森本幸男：自然起源の重金属等による環境への影響と対策、地学雑誌、Vol.116, No.6, pp.892-905, 2007。
- 4) 服部修一・太田岳洋・菊地良弘：八甲田トンネルにおける掘削残土の酸性水溶出に関する判定手法の評価、応用地質、Vol.47, No.6, pp.323-336, 2007.2。
- 5) 渋谷正之・五十嵐一之：トンネル工事で発生する重

金属等含有掘削土砂対策について、国土交通省東北地方整備局管内技術発表会、<http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/B00097/k00360/happyoukai/H19/ronbun/5-14.pdf>。

- 6) 谷畑一行・菊谷正己・高橋靖：自然由来の重金属を含む建設発生土の処理と対策—仙台市地下鉄東西線一、トンネルと地下、Vol.41, No.1, pp.29-39, 2010.1。
- 7) 産業技術総合研究所地質調査総合センター：日本の地球化学図、<http://www.gsj.jp/Gtop/topics/geochemmap/geochemmap.html>。
- 8) 佐々木靖人・阿南修司・伊藤政美：土木分野における自然由来の重金属問題への対応、地質と調査、2006年2号, pp.8-13, 2006.6。
- 9) 中日本高速道路名古屋支社豊川工事事務所：新東名高速道路豊川工事事務所管内土工設計・施工マニュアル(案)、2008.8。

わかりやすい トンネルの力学

B5判 286頁 本体価格 5,825円 円340円

福島啓一著

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

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

【目次】○従来のトンネル力学の考え方/トンネル力学の発展、NATM以前の考え方/ゆるみ高さの推定、ゆるんだ地山の釣り合い、沈下量の差により変わる土圧、切羽の安定、地山の分類による支保の設計、NATMの考え方/せん断破壊説、変形による圧力の低減、地山のゆるみ防止、アンカーボルトによる地山の補強、地山挙動の時間依存、せん断破壊説による設計法、経験的設計法、地山分類と地山等級に対応した支保工の標準設計、NATM力学についての問題点、○弾性論による解析/弾性学の基礎、軸対称円形トンネル、線対称円形トンネルの弾性解、円形トンネルの弾性解析、地表面に近いトンネル、だ円形のトンネル、球形空洞周りの応力と変位、○弾塑性論による解析/弾塑性学の基礎、軸対称円形トンネル、線対称円形トンネルの弾塑性解、円形トンネルで地山の自重を考えた弾塑性解析、○弾塑性解以外の検討/トンネルの大きさの影響、時間の影響、表面の影響、山はね、ゆるみと締めり、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メジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072

トンネル工事を見守る山の神(4)

山の神と化粧木(その3)

東日本高速道路(株)技術部次長 阿部 公一

化粧木は神様が降臨するための「依代」

神が俗界に降下するには、樹木・樹枝などの自然物、柱、呪物などが神の招代や依代になるといわれる。同様に山の神は大きな岩石や高い木、あるいは二股の木などに宿るといわれる。

依代とは、祭りにあたって神様をお招きする際に、その神霊が依り憑き宿るところのことである。そもそも神は、目に見えない存在であり、その神霊は人間の世界に常在することはない。そのため神意を知るには、神霊を招き寄せる必要がある。そこで神が降臨するための媒介物、つまり依代を用意して、そこに神霊が顕現するという²⁾。依代があって、神様との交流が可能となるわけである。

化粧木を作製するのに、最近はその資材を製材所に頼っているが、かつてはトンネル掘削する山の木を用いたといい、このことは祭礼が行われる際、山の神は山から伐り出された若木に依って里に下りてくるという話にも重なる³⁾。

また、化粧木の上に米俵を載せたり、さらに坑口付け(安全祈願)の際に使用した御幣や神主の「祓え串」を置くこともある。この御幣や祓え串も山の神が降臨する依代である。このことは、天上にある山の神は、祭祀のときなど人間の求めに応じて化粧木ないしそこに添えられた御幣や祓え串を依代にして下りてくると考えることができる。

しかし、山の神はいつも坑内のもっとも奥に常在しているといわれ、招きに応じて降臨し化粧木に宿るといふ考えとは整合しない。このことを深く考えると、トンネル工事従事者が信仰する山の

写真-5 坑口の上に置かれた社⁴⁾

神のありようや、トンネル工事にかかわるさまざまな禁忌にまでつながってくるような気がする。

神社は神の座す社であるが、古くはそうした社というものはなく、先に述べた樹木や岩石を依代とした。

昭和50年3月に供用開始した中央自動車恵那山トンネルの坑口写真が残されている。この工事中の坑口写真には、化粧木がなく、その代わりに小さな木製の社が写っていて、この社には山の神が祀られていたと想像できる。やはり坑口の真上に「山の神」を祀り、トンネルに出入りする者の安全を見守ってほしいと願ったのだ。かつては山の神が坐す社を置いたが、同様な気持ちが化粧木にも込められていると考えても不思議ではない。実際に、あるトンネルの建設工事では、毎月、月初めに化粧木に水と榊を供えたという証言があり、山の神が坐す社と化粧木との間に、坑夫たちの気持ちに、差はほとんどなかったと思われる。現在では、化粧木の上にさらに社を置いて念の入った工事現場もある。

山の神は、1年中山にいて、山で働く人々を守っ

てくれるのである。同様にトンネル工事では、坑口に依代である化粧木や社を置き、山の神は始終この化粧木に依り憑いたり社に坐して、工事従事者を見守っていると考えれば、化粧木の有難さもひとときわである。

神社の象徴・勝男木(カツオ木)とする説

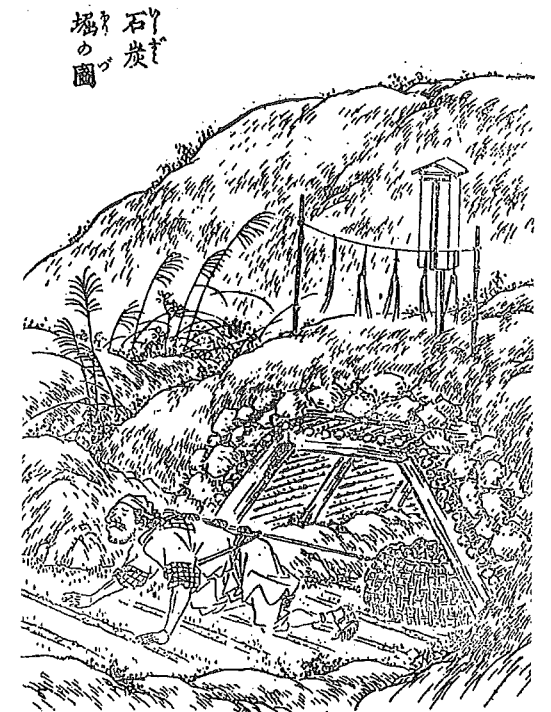
化粧木の来歴を神社社殿の勝男木に求める意見がある。勝男木は鳥居と同様に神社の神聖さを象徴していて、山の神の存在を示す記号を予感させる。アンケート調査対象の四分の一の人も何がしかの関連を認めていて、「伊勢神宮本殿の屋根の飾り木を模倣している」とする意見が複数あるが、伊勢神宮に限定する由縁は説明されていない。

勝男木はほかに、堅魚木、鯉木などとも書き、神社建築の屋上にある棟木と直交に横並びした棒状の単材のことである。神社・寺院の屋根には、信仰の対象として威厳を表現する飾りが付くが、勝男木は干木と同様に神社の棟飾りとして用いられ、神社の尊厳を示す象徴でもある。

神社の勝男木はあくまでも装飾であって依代ではないが、化粧木の来歴を勝男木とする説に、その形の非対象性をもとに、「化粧木の右(根元部)には天照大神、左(木先部)にはウバヤフキアエズの命(神武天皇の父親)を祭る」と説明する者がいる⁵⁾。さらに、アンケート調査回答者の中に、「左大臣、右大臣」とのかかわりを指摘した者がいるがその由縁は不明である。

幕政期の炭鉱にみる坑口

森崎和江は寛政10(1789)年頃の筑前の炭掘りの記事を収めた『兼葭堂雑録』に描かれている「石炭堀の図」に触れ、「すすきやおみなえしの乱れる山腹に、這い出るほどの坑口が開かれていて、その坑口の上の山土に二本の短い竹が立てられ、この間にしめなわが張ってあり、そのひらひらす

図-3 「石炭堀の図」⁶⁾

るしめなわのむこうに、やはり山土に突き立てられたちいさな細長い木造りの祠がみられる」と幕政期の炭鉱坑口を描写している⁷⁾。

当時既に石炭を専門に掘る坑夫が専門化していた。彼らは坑口にしめなわや祠を置いて、身の安全を祈念していて、現在のトンネル坑口上の化粧木に通じる雰囲気を感じさせられる。

参考文献

- 1) 萩原秀三郎：地下他界 蒼き神々の系譜，工作舎，1985.7.
- 2) 戸部民夫：日本の神々，新紀元社，1998.11.
- 3) 佐々木高明：山の神と日本人，洋泉社，2006.2.
- 4) 日本道路公団名古屋建設局：恵那山トンネル工事誌，1977.8.
- 5) blog はろろど，<http://hal.blog.eonet.jp>
- 6) 木村孔恭：兼葭堂雑録 巻之五，日本随筆全集第五巻.
- 7) 森崎和江：奈落の神々 炭坑労働精神史，平凡社，1996.7.

工法・技術・製品ニュース

製品 ミニ油圧ショベル後方超小旋回機を発売



キャタピラー・ジャパン(株)広報課
TEL: 03-3717-1122
http://www.hitachi-kenki.co.jp

キャタピラー・ジャパンは1.5トンクラスのミニ油圧ショベル後方超小旋回機FIGA 017 CRを発売した。

同機はバケット容量0.04m³、機械質量1,620kg。クローラ幅を油圧で簡単に調整できるスライド式拡幅機構を採用し、最縮時は990mm、最伸時は1,240mmとなるため、調整により狭い間口への進入を容易にする一方、作業時に高く安定性を確保することが可能となった。またクローラ幅にあわせてブレード幅も伸縮が可

能となっている。

さらにイモビライザタイプの盗難防止装置「SSキー」を標準装備し、キーに埋め込まれたICチップのキーナンバーを機体が認識して初めてエンジンが始動する。そのほか国土交通省第3次基準値排出ガス対策の基準値をクリアする11.8kWの高出力エンジンを搭載するとともに超低騒音型建設機械の基準値に適合(いずれも申請中)しており、環境に配慮した製品となっている。

製品 ZW100, ZW120ホイールローダを発売



ZW100

(株)日立建機コーポレートコミュニケーション部広報グループ
TEL: 03-3830-8065
http://www.hitachi-kenki.co.jp/

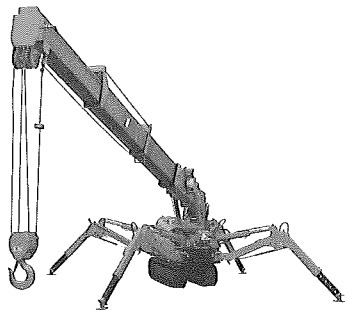
日立建機は、排出ガス3次規制に適合したホイールローダZW100(バケット容量1.3m³、運転質量6,950kg)、ZW120(バケット容量1.5m³、運転質量7,980kg)の2機種の発売を開始した。

作業内容やオペレータの操作の好みに応じて選択できる四つの作業モードを搭載しており、各モードは独自に開発した電子制御式マッチングコントロールが作業機の油圧を検知し、走行用油圧モータのトルクを

制御する。四つの作業モードすべてで、けん引力と掘起し力をベストマッチングさせる。これによりオペレータの操作の好みにも柔軟に対応し、扱いのものによりモードを変更することで燃費あたりの作業量の増大も可能となる。

また、スピードセレクトやブレーキ/インテグレーションペダルを採用することで、狭い場所や積み込み作業での運転操作が容易となり、安全な作業性能を確保している。

製品 かにクレーンに新機種が登場



前田製作所(株)産業機械本部企画管理部
TEL: 026-292-2228
http://www.maesei.co.jp

前田製作所は、「かにクレーン」シリーズの新機種MC-174CRM(国内仕様)の発売を開始した。

同機は、2007年に発売したMC-174CWの装備に安全性を重視した仕様を追加したもので、能力オーバーによる転倒、破損を未然に防ぎ、より安全なクレーン作業が可能とする「モーメントリミッター(過負荷防止装置)」と、フックの巻き下げ操作時に、ウインチドラムからワイヤが全部なくなる前に自動的に巻き下げ

操作を停止させる「過巻き下げ停止装置」を標準装備した。

従来機から好評であった、シリーズ最小幅590mmのコンパクト性、油圧走行2速(非乗用タイプ)とした走行性、クラス最速のフック巻き上げ速度(ドラム3層目4本掛)やアウトリガの張出しと格納を一括で行える実用性、および、電気ハーネス部を集約させ簡易な整備を実現した整備性、といった諸機能は共通に装備している。

建設現場

トンネル保守管理における記録とその活用(4)

—データベース化・電子化の取り組み(3)—

JTA保守管理小委員会

構造物を維持管理するにあたり、検査や補修の記録を作成し保存することは、非常に重要である。近年では、それらの記録を電子データとして保存し、検査や補修の実施に伴い随時更新していくシステムを利用する例が増えてきている。そこで、各事業者が使用しているシステムについて全3回シリーズで紹介している。ここでは、その3回目を紹介する。

3-8 東京電力の場合

3-8-1 維持管理の進め方について

東京電力では、経済産業省へ届け出ている保安規程および社内点検マニュアルにもとづき、水力発電所の水路設備を定期的(3年に1回を標準)に点検することを基本としている。また、地震や豪雨などの外的要因、環境変化、設備状態などを勘案して、必要に応じて臨時点検または詳細点検を実施している。設備に異常が発生したり、異常の兆候が見られるような場合は、原因究明や健全性評価などの目的に応じた各種調査を実施している(表-8)。水力発電所の水路設備の定期点検では、主に、表-9に示す点検項目のデータを取得している。

これらの点検や調査で取得した各種データを、以下に示すシステムで一元化を図り、保守管理業務の効率化・迅速化を図っている。また、システム運用をWeb化するこ

表-8 点検・調査の種類

区分	種類	点検・調査内容
点検	定期点検	定期的に行うもので、機能の維持、事故の未然防止のため、欠陥の有無、進行状況などを把握する点検
	臨時点検	地震、豪雨、地山崩壊など外的要因、環境変化があった場合、水路への影響について全般的または局所的に行う点検
	詳細点検	定期点検で確認された変状の進行または新たな変状について、詳細な点検を行い、原因の推定、緊急性の有無などの判断を行うための点検
調査	変状部の原因究明調査	詳細点検の結果、対策が必要とされる変状などについて詳細な調査を行い、原因究明を行ったり、改修工法の検討を行うための調査
	健全性調査	とくに際だった変状はないものの、地質条件、覆工厚、背面空洞の有無、程度など状態把握を行うものや、応力度の検証を行い、健全性の評価を行う調査
	環境変化に伴う調査	水路トンネル周辺での開発行為などにより、周辺環境条件の変化が設備に及ぼす影響を把握するための調査

表-9 定期点検の種類と項目

種類	周期	部位	主な点検項目
水路外部点検	1回/年	周辺地山	a. 亀裂、沈下、崩落 b. 漏水状況
		アーチ	a. ひび割れ、継目の開き、剝離・剝落、摩耗、洗掘、鉄筋の発錆、その他劣化の規模および湧水量の測定
水路内部点検	1回/3年	側壁	a. ひび割れ、継目の開き、摩耗、洗掘、剝離・剝落、鉄筋の発錆、その他劣化の規模および湧水量の測定
		インバート	a. ひび割れ、継目の開き、洗掘、摩耗、鉄筋の発錆、その他劣化の規模および湧水量の測定
		その他	a. 水苔、水虫の付着状況 b. 土砂堆積状況

とにより、社内での情報共有を図っている。

3-8-2 水路トンネル管理支援システムについて

東京電力では、膨大な水路設備の保守管理業務の的確化・効率化を図る目的として、点検調査データのデータベース化ならびに設備の健全度評価業務を支援する、水路トンネル管理支援システムを平成11年度から運用している(図-21)¹⁾。

ここでは、水路トンネル管理支援システムのうち、水路データベースシステムについて述べる。

(1) システムの概要

本システムは、水路設備の基本諸元データ、地形・地質や覆工コンクリートなどにかかわる調査データ、水路内部の点検データ、水路改修履歴などの各種データを一元管理するデータ管理機能と点検・調査データをトンネル展開図や報告書などの形式で出力できる作図・作表機能、保有するデータの統計値を算出・図化できる統計処理機能を有しており、日常の点検・巡視業務や設備診断業務に活用している。

(2) システム機能の特徴

本システムの機能である、データ管理機能、作図・作表機能、統計処理機能の特徴を以下に述べる。

1) データ管理機能

本システムでは、以下に示すデータ項目を、水路区間10mを単位として管理している。また、点

検や調査時の写真は写真台帳として管理することができる。

- ① 設備諸元
 - ・水路断面形状、寸法(高さ、幅)など
- ② 水路上部の情報
 - ・地質
 - ・地形勾配
 - ・土かぶり
 - ・水路上部の土地利用状況など
- ③ 水路内部や周囲の情報
 - ・覆工巻き厚、強度、弾性係数など
 - ・覆工裏側の空洞高さ、崩積土高さ
 - ・周辺地山の強度、 N 値、 c 、 ϕ
 - ・水路内部の変状種別、規模、点検写真
- ④ 水路改修経歴
 - ・改修区間
 - ・改修工法
 - ・改修工事費

2) 作図・作表機能

本システムは、前述した各種データをトンネル展開図や地質概況図、覆工コンクリート概況図などの形式に図化できるとともに、水路内部点検報告書や設備概況一覧などの報告書形式で出力することができる(図-22~25、表-10)。

主な機能の特徴を以下に示す。

- ・地質概況図の作図

- ・覆工コンクリート概況図の作図
- ・水路点検報告書の作成
- ・水路点検記録のトンネル展開図作成
- ・写真台帳の作成
- ・データの統計処理

3) 統計処理機能

本システムでは、前述したデータのうち、覆工コンクリートや水路周囲の地山に関する各種データについて、平均値や最大・最小値、標準偏差などの統計値を算出できる。また、算出した統計値を用いてヒストグラムを作成できる。これらの統計値は、東京電力が保有する全水路設備や設備所管部署ごと、発電所ごとに処理することが可能である(図-25)。

(3) 点検・調査データの入力

水路トンネルで実施するボーリング調査、地質調査などから得られる各種調査データについては、適宜、水路トンネル管理支援システムに入力し、データの蓄積を行っている。

水路内部の点検データについては、水路トンネル管理支援システムと独立したアプリケーションソフト(変状を入力するためのソフト)を利用し、点検関係者が直接手入力している(図-26)。

入力作業は、既存の水路内部点検データを水路データベースシステムからダウンロードし、変状入力システムに点検時の記録データを入力する。入力完了後、入力したデータをデータベースシステムにアップロードすることにより、点検データは最新データに更新される。また、過去の点検データを確認する場合もあるため、データ更新の都度、水路内部点検データが新規ファイルとして作成される仕組みになっている。

(文責：岡田和明/東京電力(株))

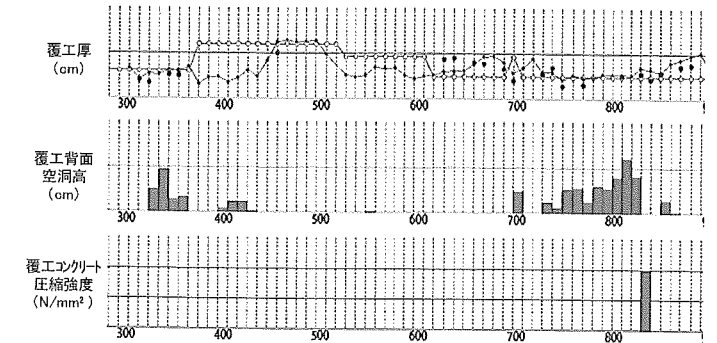
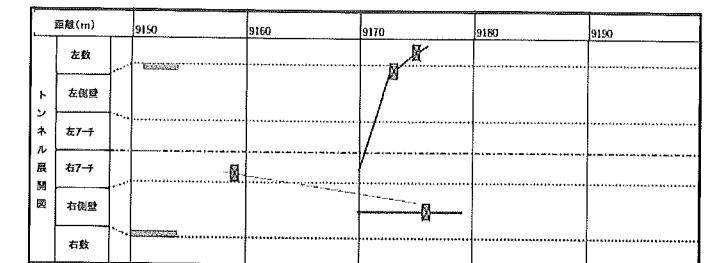


図-22 覆工コンクリート概況図



凡例			
記号	説明	記号	説明
	クラック1mm		肌落ち・落
	クラック2mm		浮き石
	クラック3mm~		鉄筋露出
	目地切れ		凍害劣化
	食い違い		亀甲状クラック
	洗擦		チャッキバルブ
	堆砂		テストモルタル
	水藻・水虫		計測ピン

(記事)			
区間	内容	区間	内容
TD9158~9175m	ひび割れの進行性なし	TD9170~9179m	ひび割れの進行性なし
TD9159m	右アーチ部テストモルタルのひび割れ拡大なし	TD9176m	右側壁部テストモルタルのひび割れ拡大なし

図-23 トンネル展開図

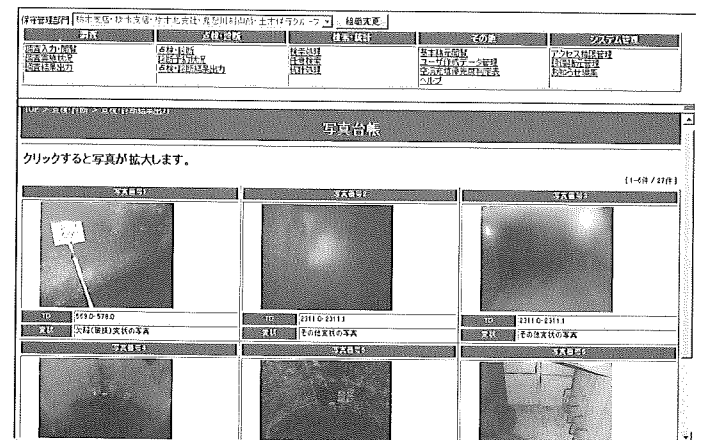


図-24 点検写真台帳

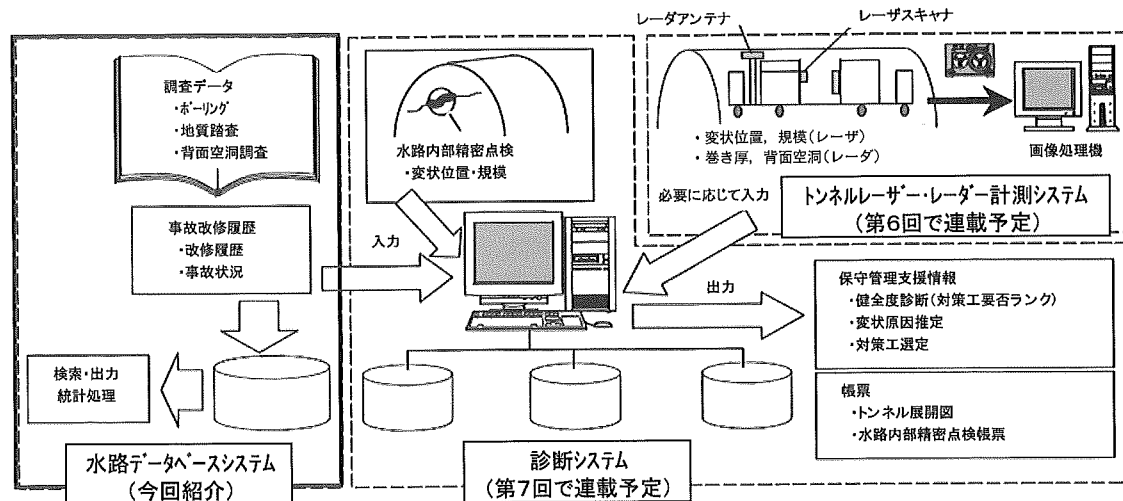


図-21 水路トンネル管理支援システム全体概要

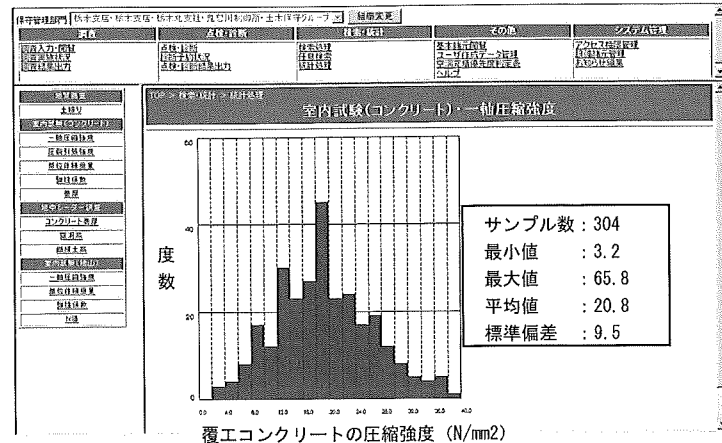


図-25 統計処理の出力例(覆工コンクリートの圧縮強度)

表-10 水路内部点検報告書

位置	TD(m)	部位	破損		はらみ出し		ひび割れ		土砂堆積		水虫水垢		摩耗洗掘		湧水		その他	備考
			前回	今回	前回	今回	前回	今回	前回	今回	前回	今回	前回	今回	前回	今回		
	0.0-0.1		x	△														W=0.6m、L=0.10m、A=0.06m²、d=6cm 左側壁豆板状
	1.0-3.0						△	△										L=3.00m、B=1mm、右側壁縦断ひび割れ
	1.0														△	△		敷右側劣化箇所より湧水
	1.3		△	△														W=9.30m、L=0.10m、A=0.93m²、d=1cm 全断面打継目劣化

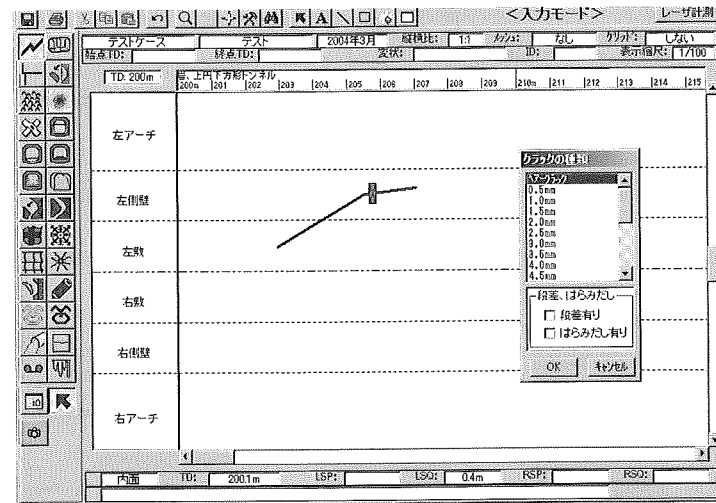


図-26 変入システムの作業状況

参考文献

1) 安保秀範ら：水路トンネル管理支援システムの開発，電力土木，No. 287，2000.5.

3-9 東京都下水道局の場合

3-9-1 維持管理の進め方について

管路施設の現状把握のため，管路内調査は内径800mm以上の「目視調査」と，小口径管渠である700mm以下の「テレビカメラ調査(昭和57年度から)」の2種類の方法により実施している。

管路の調査点検の優先順位は，管きょ布設年度，国道・都道・主要区道，道路陥没多発地区，日常の巡視・点検，管きょ清掃などの維持管理情報にもとづき決めている。

東京都では，下水道の整備が進んだ都心区の枝線管きょを中心に，テレビカメラなどによる管きょの点検，調査を順次行い，平成20年度末で，区部の管きょの72%にあたる約11,300kmの調査が完了している。これらの情報は，管きょの損傷判定(表-11)に重要な5項目(「破損」「クラック」「継目ずれ」「腐食」「浸入水」)にもとづきスパンごとに，点数化を行い損傷の程度(劣化の大きい順位にA，B，Cランク)に分類し，データベース化を図っている。

3-9-2 管路診断システムについて

管路診断システムとは，管きょ施設の効果的かつ効率的な維持管理を実施するため，下水道台帳情報システム(SEwerage Mapping

表-11 テレビカメラ調査および目視調査判定基準

		A	B	C
管の破損	鉄筋コンクリート管	欠落 軸方向のクラックで幅：5mm以上	軸方向のクラックで幅：2mm以上	軸方向のクラックで幅：2mm未満
	陶管	欠落 軸方向のクラックが管長の1/2以上	軸方向のクラックが管長の1/2未満	
管のクラック	鉄筋コンクリート管	円周方向のクラックで幅：5mm以上	円周方向のクラックで幅：2mm以上	円周方向のクラックで幅：2mm未満
	陶管	円周方向のクラックでその長さが円周の2/3以上	円周方向のクラックでその長さが円周の2/3未満	
管の継目ずれ	脱却	陶管：50mm以上 鉄筋コンクリート管：70mm以上	陶管：50mm未満 鉄筋コンクリート管：70mm未満	
管の腐食	鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態	
管のたるみ，蛇行	管径以上	管径の1/2以上	管径の1/2未満	
モルタル付着	管径の3割以上	管径の1割以上	管径の1割未満	
浸入水	ふきでている	流れている	にじんでいる	
取付管突出し	取付管径の1/2以上	取付管径の1/10以上	取付管径の1/10未満	
ラード付着，木の根の侵入	1/2以上閉塞している	1/2未満閉塞している		

図-27 下水道台帳情報システム【SEMIS】

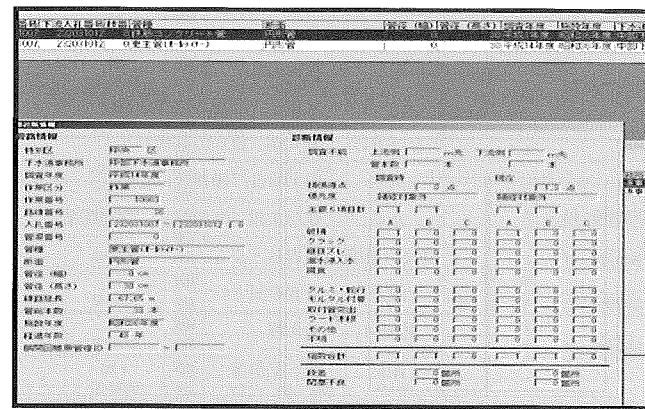


図-28 管路診断情報

and Information System, 略称SEMIS) (図-27)を基礎データにして，これに管路診断情報(図-28)および改良・補修工事実績と整合させるとともに，道路陥没，浸水被害情報をも付加させた情報管理システムである。

管路診断システムの構築により，①既設のまま活用する，②部分的に修繕する，③全体的に改築するなど，アセットマネジメント手法の先駆けとなる手法により，「修繕」「改築」の区分および維持更新優先度(I，II，III)の判定を行っている(図-29)。

また，この判定結果にもとづき，維持・更新事業を適切に組み合わせるとともに，更生工法などの採用によるコスト削減や工期短縮など効果的な事業実施に努めてきている。

(文責：木藤利男/東京都下水道局)

3-10 NTTの場合

3-10-1 維持管理の進め方について

NTTにおけるトンネル保守の維持管理の目的は，「電気通信設備」「道路占用

工事の優先度を判定して、色分け図を作成

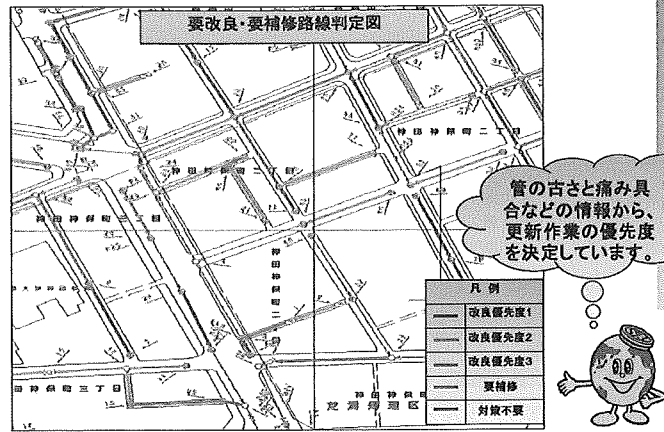


図-29 要改良・要補修路線判定図

物件」の両面から、常に地中構造物としての機能、通信ケーブル布設・収容機能、防災機能、作業者の安全、道路交通機能、周辺環境などを確保することである。また、トンネルは恒久設備として、ライフサイクルコストのミニマム化を図るために、確実な点検とその点検結果をもとにした補修計画・補修・DB管理のサイクルを確立している。

維持管理の流れ(図-30)は、周期を決めて実施する定期点検計画をもとに定期点検を実施、その結果、補修が必要か否かを判断、必要な場合は、

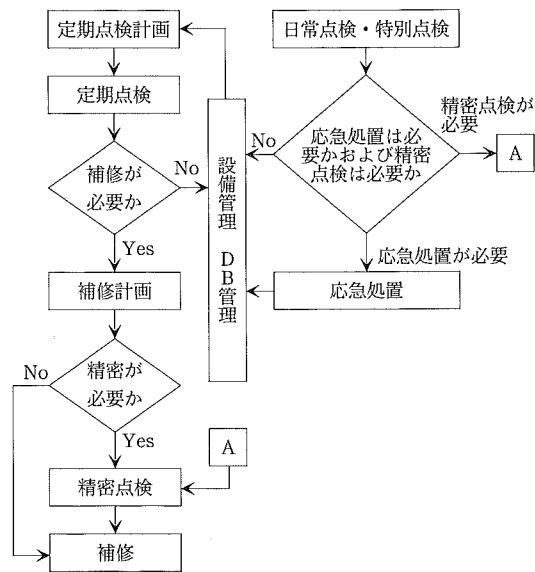


図-30 維持管理の流れ

不良度合いにより補修計画を立て、さらに詳細な情報が必要な場合は精密点検を実施し、全体のプライオリティ付けを行い適切な補修を実施する。

また、点検や補修の結果は、設備管理として履歴を残していく仕組みとなっている。定期点検とは別にトンネルに入溝した場合にも日常点検、特別点検などといった点検により不良把握を実施している。

定期点検は、3~5年周期を基本とした点検計画をもとに、目視点検によりトンネル本体の劣化状況を定量的に把握し、トンネルの機能を維持するために行う。

点検内容を表-12に示す。点検結果によるトンネル

表-12 定期点検の内容

種別	点検項目	点検内容	
開削	ひび割れ	最大幅、長さ、形状	
	漏水	漏水程度、錆び汁の有無	
	鉄筋	露出本数、露出長さ、腐食程度	
	浮き・剝離	外周長・深さ	
	段差	段差の高さ	
	目開き	最大幅	
	変形	変形量	
	その他	水溜り、結露、堆積の有無、排水ピットダクトからの土砂流入	
	シールド	ひび割れ	最大幅、長さ、形状
		漏水	漏水程度、錆び汁の有無
浮き・剝離		外周長・深さ	
段差		段差の高さ	
目開き		最大幅	
変形		最大変形量	
その他		水溜り、結露、堆積の有無	
立坑・特断部		ひび割れ	最大幅、長さ、形状
		漏水	漏水程度、錆び汁の有無
		鉄筋	露出本数、露出長さ、腐食程度
	浮き・剝離	外周長・深さ	
	段差	段差の高さ	
	目開き	最大幅	
	変形	最大変形量	
	その他	水溜り、結露、堆積の有無、排水ピットダクトからの土砂流入	

表-13 点検後の劣化判定ランク

劣化判定ランク	変状・劣化状況	変状・劣化の進行度	対応
A	ひび割れの発生 ・乾燥収縮/鉄筋かぶり不足/力学的要因によるひび割れ(車両荷重、覆水、地震など)	緊急性を有する状況ではないと判断できる	3年周期で定期点検
B	漏水、結露などによる水分の浸入により鉄筋の腐食発生	緊急性を有する状況に至るまでには時間がかかると判断できる	
C	継続的な水分の浸入または乾湿のくり返しにより鉄筋の腐食が逆行し、コンクリート表面に錆または錆汁		
D	鉄筋腐食によりコンクリート内部にひび割れが発生し、錆汁の増加または亀裂周囲の盛り上がりを確認	亀裂周辺に盛り上がり確認される場合には剝離の危険がある	2年を限度とし、点検周期を短縮して進展度をチェック ①~④については精密点検を実施し原因の究明および結果に対する対応が必要
	①斜めひび割れの発生	①~④について、ひび割れが規則的に発生している場合または亀裂状のひび割れが集中して発生している、力学的に設計上の強度を有していない可能性がある	
	②交差するひび割れの発生		
	③縦断方向に連続するひび割れの発生 ④集中して発生する亀甲状のひび割れの発生		
E	間断なく流れる漏水、あるいは土砂の流入を確認	緊急性を有する状況に近い	補修
	金物や電気設備などのとう道内設備に影響を与える場合		
	鉄筋腐食による錆の膨張により、コンクリートが剝落		
F	露出した鉄筋腐食の進行(鉄筋断面の減少)	鉄筋腐食の進行速度が加速し、放置した場合、緊急性を有する状況に至る可能性が高い	補修または補強
	更なる鉄筋腐食が進行し、構造物の耐力が低下	緊急性を有する状況であり、早急な対策が必要である	
F	腐食鉄筋の完全露出と更なる鉄筋断面が減少し、コンクリートのひび割れも増加	放置した場合、構造物の崩壊により地上部での第三者災害の発生が懸念される	

表-14 定期点検結果(カルテ)

とら道調査表(立坑・特断部)		とら道区間名:B点									
定号No (区間)	調査No (不良箇所No)	ひび割れ			漏水 量	鉄筋汁 (有無)	露出本数 (本数)	露出長さ (m)	腐食程度	浮き 外周 (m)	その他
		幅 (mm)	長さ (m)	方向							
-	B点 (B-0001)	前日									
-	B1 (B-0002)	前日					8	03	表面全体に錆		
-	B4 (B-0004)	前日	0.3	3.5	横断		1	02	鉄筋断面欠損		
-	B8 (B-0008)	前日	0.3	6.0	横断						
-	B3 (B-0003)	前日	0.3	1.3	長手					4	
-	B4 (B-0004)	前日					8		08	表面全体に錆	
-	B6 (B-0006)	前日					6				
-	B6 (B-0006)	前日					6	1.0	表面全体に錆		
-	B7 (B-0007)	前日					4				
-	B8 (B-0008)	前日					7	1.0	表面全体に錆		
-	B8 (B-0008)	前日					17				
-	B8-1 (B-0010)	前日					14	2.2	表面全体に錆		
-	B8-2 (B-0011)	前日	0.3	1.0	斜め						
-	B8-2 (B-0011)	前日	0.3	1.0	長手						

ルの劣化状況は、A~Fの劣化判定ランクに分け評価する(表-13)。また、この結果は、履歴がわかるようにカルテ化しDB管理を行う(表-14)。

日常点検は、日常の作業でトンネル内に入溝した場合に、安全上問題のある箇所(例として著しい漏水や著しいひび割れなどの劣化、変形など)を目視により早期に発見するために行う。点検を行った結果、安全上問題のある箇所を発見し、これを放置しておくことが通信ケーブルや作業者に被害を与える恐れがあると判断した場合、ただちに必要な処置を講ずる準備を行う。

特別点検は、通報・災害の発生や社内外の要請にもとづき実施するも

表-15 精密点検の内訳

点検項目	
(1)ひび割れ	
有害化学反応の疑いがある場合	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート中の硫酸イオン、塩化物イオンなどの有無 ・地下水中および漏水中の有害成分の有無 ・土壌中の有害成分の有無 ・薬液注入材の成分
アルカリ骨材反応の疑いがある場合	<ul style="list-style-type: none"> ・セメントの種類 ・反応状況の確認、粗骨材の岩種判定 ・シリカゲルの発生状況 ・アルカリシリカ反応の劣化進行予測、残存膨張量など
鉄筋位置、鉄筋量、コンクリート強度、壁厚	
(2)鉄筋腐食	
点検項目	
<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋腐食診断 ・コンクリートの中性化深さ ・コンクリートの塩含有量 ・コンクリート中の硫酸イオン、塩化物イオンなどの有無 ・地下水中および漏水中の有害成分の有無 ・耐荷性能上のチェック 	
(3)変形	
点検項目	調査方法
<ul style="list-style-type: none"> ・相対変位 ・鉄筋量、配筋精度 ・内法寸法、部材厚さ ・過荷重 ・鉄筋の腐食 ・コンクリート強度 	<ul style="list-style-type: none"> ・レベル測量 ・内空変位計 ・設計図面、施工記録など ・鉄筋探査器または、はつりによる確認 ・スケールなどによる実測、コア採取か削孔 ・とう道本体にかかる設計時の荷重条件と現状の荷重条件との対比 ・構造計算による耐荷性能チェック ・構造計算による ・試験による(以下より選択し実施) ①コアによるコンクリートの圧縮強度試験(JIS A1108) ②引抜強度試験 ③シュミットハンマーによる圧縮強度試験
(4)段差・目開き	
点検項目	調査方法
<ul style="list-style-type: none"> ・環境条件 ・相対変位 	<ul style="list-style-type: none"> ・土質調査資料、部外工事などの調査資料など ・レベル測量、沈下計、傾斜計、ひずみ計
(5)二次覆工の未充填	
点検項目	調査方法
<ul style="list-style-type: none"> ・空洞有無の調査 ・空洞容積調査 ・セグメント腐食調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・建設時の資料収集 ・打音点検など ・地中レーダなど ・ファイバースコープなど

のである。点検方法は、状況に応じて日常点検や定期点検に準じて行う。

精密点検は、定期・日常・特別点検の結果にもとづき、空洞の有無、変形・段差の発生など目視では原因が解明できない劣化事象や、劣化原因を究明する必要がある事象を詳細に調査し、抜本的対策の必要性を判断するために実施する。その場合、詳細な調査分析を行うため、高度な技術を有する技術者などと点検項目および内容について検討を行う。

精密点検内容を表-15に示す。

3-10-2 とう道データベースシステムについて

以前は、点検結果、補修結果を事業所や個人単位で紙や簡単な表計算ソフトなどで保管・運用していたため、劣化ランクの判定・集計が不十分であったり、カルテのフォーマットが異なっていたり、履歴管理などが不十分だった。そのため、「とう道点検データの一元管理」「履歴管理による迅速な対策判断」「保全提案資料の品質向上」を目的に、とう道データベースシステムは、NTTのトンネルを一元的に管理するために開発されたものである。

とう道データベースシステムの特徴を以下に示す(図-31)。

本ツールの機能は利用しやすいDB構造および

- ◆OS : 汎用ソフトであるAccessを基本に構築。
- ◆機能1 : Excelの作図機能や作表機能で、「簡易展開図」や「とう道カルテ」を自動作成可能。
- ◆機能2 : 点検写真もデータベースで管理でき、写真の格納が容易。
- ◆機能3 : 抽出したデータをExcelやPowerPointでさまざまな角度から自動集計が可能。

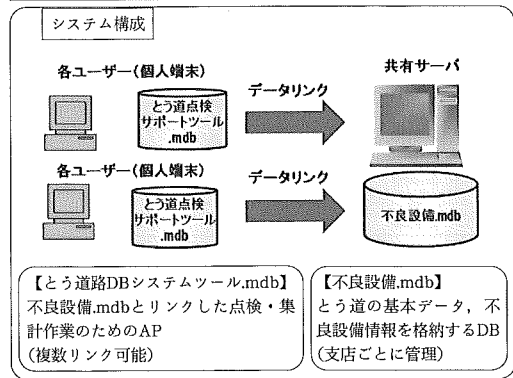
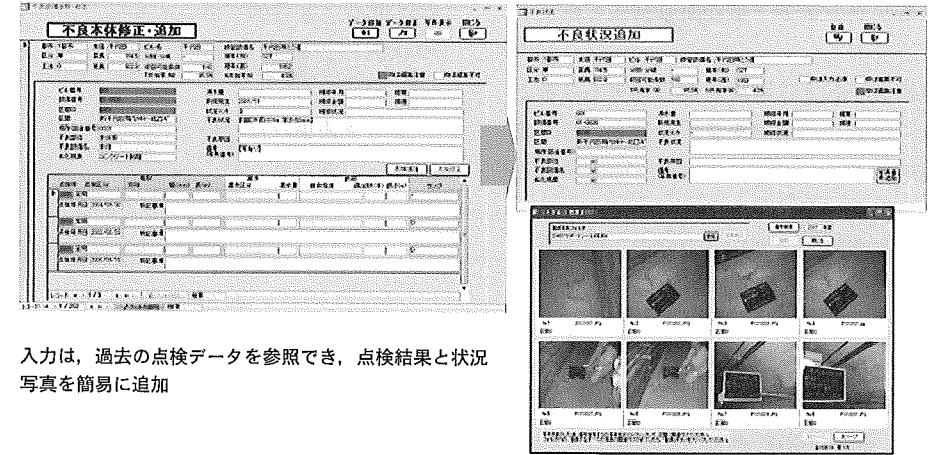
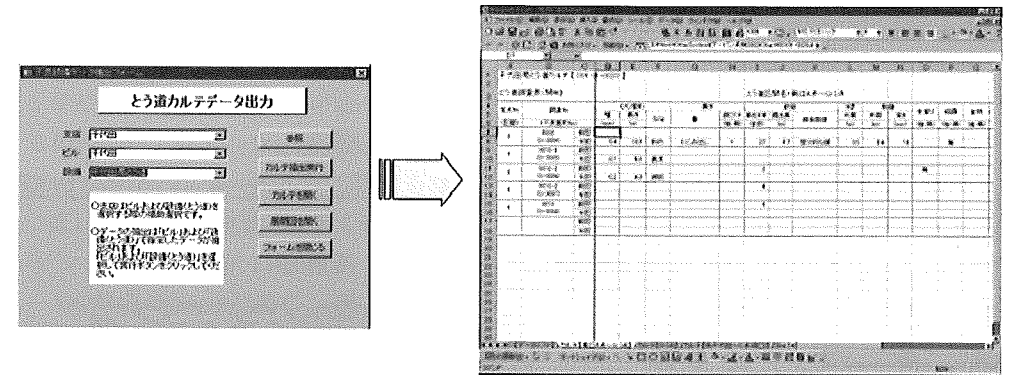


図-31 とう道データベースシステムの特徴



入力は、過去の点検データを参照でき、点検結果と状況写真を簡単に追加

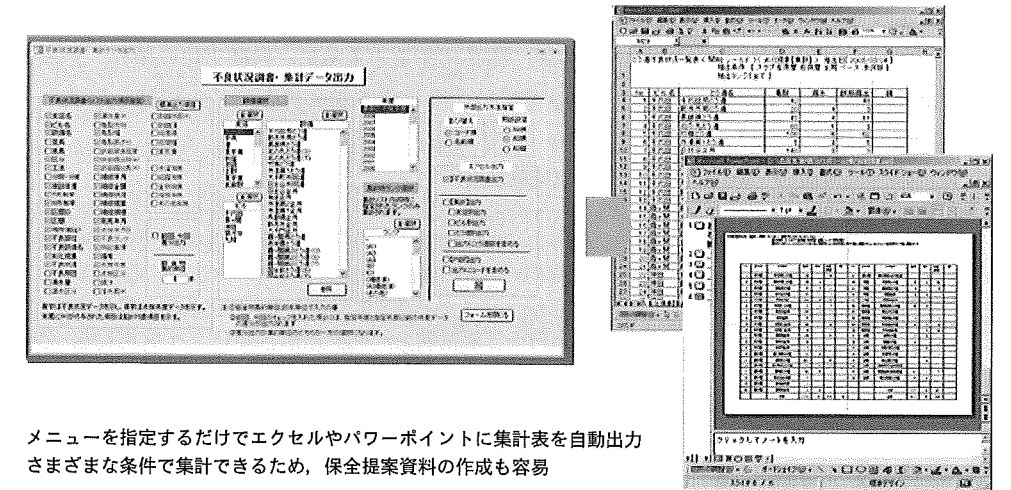
図-32 点検データ入力



メニューからとう道を選んでボタンクリックするだけで、とう道カルテを作成
前回の状況も一緒に見えるから、劣化の進行状況も簡単に把握

- ◆Excelが自動的に開いてカルテが作成
- ◆点検区間ごとにシートが作成
- ◆印刷範囲も自動的に設定
- ◆サーバに自動保存されます。参照も簡単

図-33 データの集計出力 その1



メニューを指定するだけでExcelやパワーポイントに集計表を自動出力
さまざまな条件で集計できるため、保全提案資料の作成も容易

図-34 データの集計出力 その2

び活用できるアウトプット機能から構成されている。

入力点検表をもとに点検者が登録することとなり、過去の点検データも参照できる。また、点検時に撮影した写真を簡単にDB化することができる(図-32)。

状態管理に必要なカルテについては、保存されているDBを用いて簡単なボタン操作により、点

検区間ごとに作成することができる。また、前回の状況についても一緒に確認することができる(図-33)。

データの集計については、条件設定を行い自動的に出力できるため、計算間違いや資料作成の稼働削減が図れる(図-34)。

(文責：酒井 悟/日本電信電話(株))



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

高山地帯のトンネル換気/A high-altitude smoke challenge

World Tunnelling, June, 2009

標高の高い場所にあるトンネルは延長が長くなる傾向があるとともにトンネル内外気温の温度差が大きいことや両坑口の気圧差が原因で空気が流れることなどの特徴がある。インドのヒマラヤ地区にあるRothangトンネルは、標高約3,000m、延長8,900mの道路トンネルであり、筆者らはこの高地に適したトンネル換気システムを提案した。

このトンネルの北側坑口は標高3,800m、南側は3,080mに位置し、現地の気象情報では気圧差が最大で32mbになることがあるという。その気圧差ではトンネル内に風速13m/sの空気が流れ、18mbの気圧差では風速10m/sとなる。

30MW規模のトンネル火災では毎秒80m³の煙が発生する。トンネル天井部の排気スペースに50mごとに開閉式の排気口を利用して煙を排出処理するシステムとして検討した結果、坑内風速が大きいため煙の処理に通常の2倍以上の能力が必要となることがわかった。

Rothangトンネルでは坑口にシャッター方式の扉を設置し、トンネル火災が発生した場合は坑口を一部塞ぎ、坑内風速を低減するようにした。FDSプログラムでの解析結果では、坑内風速が6m/sでは煙の拡散を抑えること

ができないが、3m/sでは煙を封じ込めることが可能とわかった。

また、排気口の形状は当初3m×3mとしていたが、幅1m、長さ8mの長方形のほうが効率的な排気ができることがわかった。換気方式の検討ではコンピュータによる解析は有効であり、このように高山地帯のトンネル換気方式としてトンネル坑口に扉を設置するという方法はコスト面でも有効である。

(文責：関本 昇・佐藤工業(株))

TBMの火災リスク/Fire risk on a tunnel boring machine

By AM thyer: Tunnels & Tunnelling International, July, 2009, pp.39-42

本稿は、コペンハーゲンメトロ建設グループ(COMET: Tarmac, Bachy, Astaldivllbau, SAE & NCCによる合弁企業)が施工する大型TBMの火災リスクの定量的評価の結果である。

表-1 火災ケースの計算結果(散水装置がない場合)

火災タイプ/ 油漏れ量		火災場所からの距離(m)					
		10	30	100	150	300	500
3 m ² プール	熱量 ^{※1}	避難	避難	避難	避難	避難	避難
	有毒暴露	避難	避難	避難	避難	避難	避難
0.35kg・s ⁻¹ (200bar)	熱量	>8,000	避難	避難	避難	避難	避難
	有毒暴露	被災 ^{※2}	避難	避難	避難	避難	避難
0.44kg・s ⁻¹ (300bar)	熱量	>8,000	避難	避難	避難	避難	避難
	有毒暴露	被災	避難	避難	避難	避難	避難
2.3kg・s ⁻¹ (200bar)	熱量	>8,000	>8,000	6,328	4,809	581	避難
	有毒暴露	被災	18s ^{※3}	>87s	>180s	>180s	避難
2.8kg・s ⁻¹ (300bar)	熱量	>8,000	>8,000	>8,000	>8,000	1,497	避難
	有毒暴露	被災	16s	48s	145s	180s	避難

※1 熱量: (kW・m⁻²)^{4/3}・s

※2 被災: 重大災害

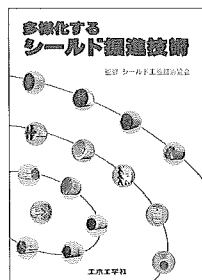
※3 18s: 火災発生から有害暴露までの時間

表-2 火災距離による重大災害危険度(散水装置がない場合)

リスク/時間	火災場所からの距離(m)					
	10	30	100	150	300	500
リスク/時間	3.58×10 ⁻⁷	1.48×10 ⁻⁷	1.48×10 ⁻⁷	1.48×10 ⁻⁷	1.48×10 ⁻⁷	0
リスク/年 (8,000時間)	0.0029	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012	0

多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会
B5判 141頁 本体価格2,500円



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

【掲載工法】

①ラチス式同時施工シールド工法、②F-NAVIシールド工法、③ハニカムセグメントを用いた同時施工法、④ロングジャッキ式同時施工シールド工法、⑤ダブルジャッキ式同時掘進シールド工法、⑥充填式シールド急曲線工法、⑦地下茎シールド工法、⑧T-BOSS工法、⑨球体シールド工法、⑩上向きシールド工法、⑪MMST工法、⑫拡大シールド工法、⑬偏心多軸(DPLEX)シールド工法、⑭ワギング・カット・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



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

評価手法は、パラメータをリスク評価して、作業者に対するリスクの知見を得るものである。過去に Storbelt トンネルにおいて同様のTBMで大規模火災が発生し、それを受けてデンマーク当局が、火災に対する安全性の確認を要求したものである。検討項目を以下に示す。

- ・作動油の試験データ(発火点など)
- ・油漏れのタイプ
- ・TBMの故障頻度
- ・火災/爆発頻度の推定
- ・火災の結果引き起こされる事態の検討(熱, CO, CO₂の発生など)
- ・散水装置による影響軽減効果
- ・トンネル内作業員への影響

避難距離が600mの場合の火災による被災リスク計算結果を表-1, 2に示す。

(文責: 畑生浩司・鉄建建設(株))

上海の軟弱地盤におけるシールド掘削および環境保護 / Shield tunneling and environment protection in Shanghai soft ground

By S.M. Liao, J.H. Liu, R.L. Wang, Z.M. Li: Tunnelling & Underground Space Technology, Nos.4, July, 2009, pp.454-465

上海では過去20年間に於いて8路線(230km)の地下鉄が建設されており、2010年のEXPOまでに11路線(400km)まで整備される予定である。そのうち、9路線は都市中心部を通過する。

また一方では、Huangpu川の下部を横断する道路トンネルが14本計画されており、そのうち8本がすでに完成、6本が建設中である。このように都市部において急ピッチで進められる地下鉄などの整備により、近接施工あるいは周辺環境への影響などが問題となっ

てきている。上海の地質は非常に鋭敏かつ低強度の粘性土層であるため、トンネル掘削による周辺への影響が大きい。

ここでは、上海地下鉄における三つの近接施工ケースについて検証した。

- ① 既設シールドの上を離隔1mで通過するケース(SCTA)
- ② 既設シールドの下を離隔1mで通過するケース(SCTB)
- ③ 傾いた古いビルの下を離隔8mで通過するケース(SCBA)

まず①では、上部通過による既設シールドの浮き上がりが問題となるが、3次元弾塑性FEM事前解析による挙動予測を行ったうえで、対策工を選定した。浮き上がり原因として掘削解放力のみではなく、荷重軽減効果も挙げられる。したがって、対策工として既設トンネルのバラスト重量を増やすこと、さらに縦断剛性を上げるために、セグ

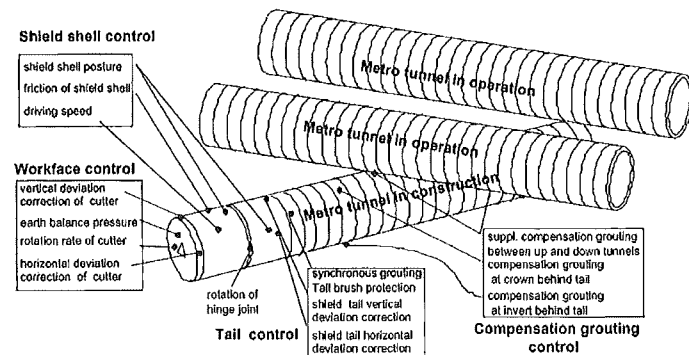


図-1 近接施工時のシールドトンネル掘削制御方法

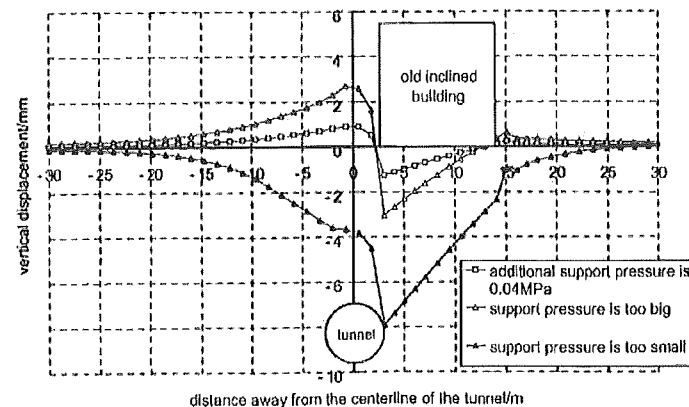


図-2 切羽土圧の違いによる上部建物の沈下分布の変化

メントを溝形鋼で縦断方向に縫い付けるなどの対策が取られた。

②については、シールド掘削による上部既設トンネルの沈下が問題となる(図-1)。当該区間に到達する前に、シールド掘削による地表面沈下および既設シールドインバート位置に相当する地盤の沈下を計測し、交差時の予測解析を行った。さらに切羽土圧のシミュレーションを行い、既設シールド通過部の最適土圧分布を算出した。

③については、まず3次元掘削解析により切羽土圧をパラメータとする沈下解析を行い、切羽土圧の変化による建物およびパイプラインへの影響を評価した。その結果、切羽土圧を0.04MPaとすることにより、構造物への影響を最小限にすることができるとの結果を得た(図-2)。

さらに、グラウトホールの位置も解析により最適化を図り、これらの条件にもとづき施工を行った。

(文責: 満尾 淳・東急建設(株))

Uetliberg トンネルにおける TBE の採用 / Uetliberg premieres new boring extender

By S. Maurhofer: World Tunnelling, July/August, 2009, pp.20-22

Uetliberg トンネルは、チューリッヒ市街西側に建設された全長4.4kmとなる双設2車線バイパストンネルである。

トンネルは、一つの谷を挟んだ二つの尾根を通過するが、この二つの尾根部分の当該地質はモラッセ層、最大土かぶりは約320mであり、モラッセ層以外の地質は軟弱な砂岩や粘土で構成されている。

軟弱地山と最初のモラッセ層のトンネル断面(掘削断面積143~148m²)を図-1に示す。軟弱地山は中央導坑先進工法(core method)により掘削され、

最初のモラッセ層はショートベンチによる発破工法により掘削された。

2番目のモラッセ層は、TBE(tunnel-bore extender)により掘削された。掘削断面(掘削断面積160m²)を図-2に示す。

TBEとは、先進導坑として直径5mのTBMにより掘削された断面を所定の断面に拡大する掘削機であり(図-3)、岩盤は引張強度が圧縮強度より著しく小さなことを利用している。

TBEのカッターヘッドは図-3に示すように6本のスポークにより構成されており、各スポークにはローラーカッターが装着され、掘削時にはカッターヘッドの回転に伴いローラーカッターは内側から外側に移動する。このローラーカッターの移動に伴い発生する引張応力により岩盤を破碎する。所定の大きさまで掘削するとローラーカッターは中心部に

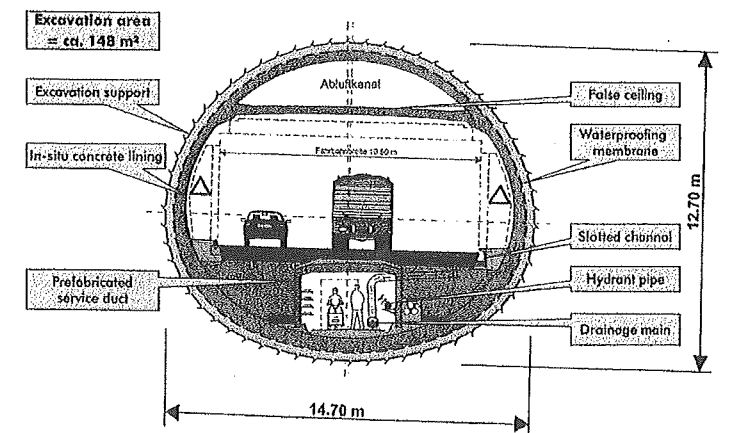


図-1 TBE以外の掘削断面

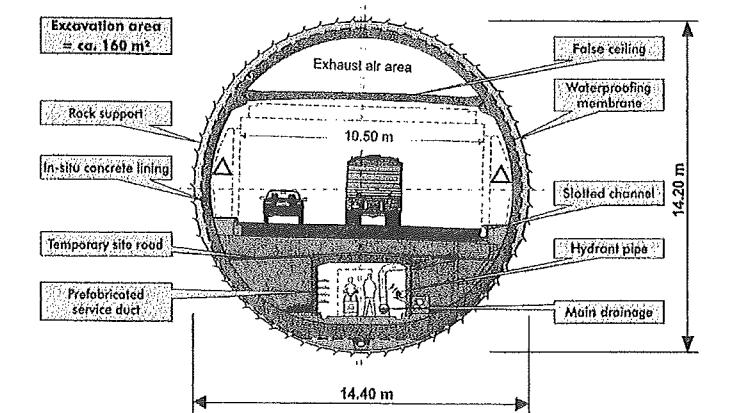


図-2 TBEの掘削断面

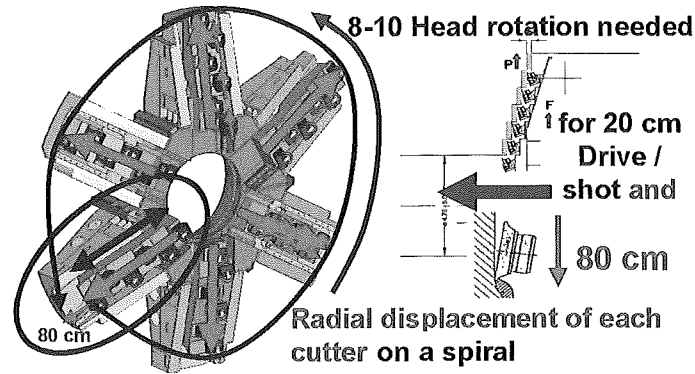


図-3 TBEのカッタヘッド

戻されるが、この間の掘進長は200mmとなる。
 スエックスボルト、ケーブルボルト、金網、吹付けコンクリートや必要に応じた鋼製支保工の打設設備は、カッタヘッド後方に設置されている。
 2003年における作業体制は、TBEの掘削は週5日稼働として午前7時～午後10時までの間を2交代とし、支保と機械のメンテナンスは午後11時～午前3時まで実施した。日進は平均5～7m、最大日進は12mであった。
 2004年からは、同じく週5日稼働ながら掘削については午前6時～午後10時までの3交代制の連続稼働とし、支保と機械のメンテナンスは午後10時～午前6時と変更した。この勤務態勢により、

平均日進は9～11mに向上し、最高日進は16.5mを記録した。後方のインバートコンクリート打設や埋戻しは、TBEの進行と併行作業とした。

先進導坑となる直径5mのTBM掘削時は、3交代制で施工され平均日進は20m、最大日進は42.6mであった。このTBEとTBMを合算させた平均日進は後方作業を含め6.6mとなる。

一方発破掘削時は、週5日稼働、作業時間は午前6時～午後10時までの2交代制を採用していた。上半掘削の平均日進は6m、最大日進は8mであった。上半が8m進行すると、下半・インバート掘削に移るサイクルとした。インバートコンクリート打設を除く全体的なトンネル日進は4mとなる。

発破工法とTBEの経済性を比較するとTBEの方が優れ、TBE掘削による断面の拡大を考慮に入れても発破掘削の半分のコストとなる。

TBEによる1,900mの軟岩地山掘削を施工した現段階では、良好な結果を得られたと考えられる。契約時の工程と比較しても計画より日進1.2m以上の進行を得られ、経済性の向上も図れた。

(文責：野間達也・(株)フジタ)

お詫び

第41巻、第9号に誤りがありましたので訂正いたします。

p.52 表-1

〈誤〉

13	硬岩地山において情報化施工を併用したTBMによる高速掘進	宮沢一雄・ほか	西日本高速道路(株)
----	------------------------------	---------	------------

〈正〉

13	硬岩地山において情報化施工を併用したTBMによる高速掘進	宮沢一雄・ほか	東日本高速道路(株)
----	------------------------------	---------	------------

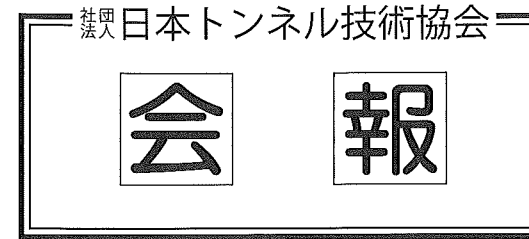
p.54 著者所属

〈誤〉

東日_高速道路(株)技術部次長

〈正〉

東日本高速道路(株)技術部次長



1. 会員の現状

	8月31日現在
正 会 員	1,740名
団体会員	368名
個人会員	1,372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

総務委員会(8/27)

日月俊昭委員長ほか9名、新公益法人への移行を検討

広報小委員会誌WG(8/4)

大島洋志主査ほか14名、9月号の会誌と3か月計画を検討

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

山岳工法小委員会支保WG(8/31)

深沢成年主査ほか16名、インバート報告書の確認と新テーマの作業方針を確認

計 1回開催 17名出席

合計 8回開催 99名出席

3. 国際会議の開催予定

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

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

4. 平成22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)				
北海道新幹線本州方津軽蓬田トンネル現場研修会	2010. 6. 4	38	青森県	2.0
調布駅付近連続立体交差現場研修会	2010. 6.18	28	東京都	2.0
京極発電所工事現場研修会	2010. 7.23	25	北海道	4.0
中央環状品川線トンネル工事現場研修会	2010. 7.30	38	東京都	3.3
東九州自動車道トンネル工事現場研修会	2010. 9.29	25	福岡・大分県	3.5
(13号直相)渋谷駅建設工事現場研修会	2010.10. 7	30	東京都	2.5
高瀬トンネル建設工事現場研修会	2010.10.22	25	栃木県	2.0
(施工体験発表会)				
第66回(山岳)「山岳トンネルにおける創意工夫事例」	2010.11. 1	200	東京都	5.9
第67回(都市)「厳しい施工条件下における都市トンネル工事」	2010.11. 2	200	東京都	5.9
(講演、講習会)				
第13回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2010.11.11,12	30	東京都	17.3
第14回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2010.11.18,19	30	愛知県	9.0

催物の案内は逐次協会のホームページに掲載いたしますので閲覧くださいますようお願いいたします。一般検索サイトです。

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

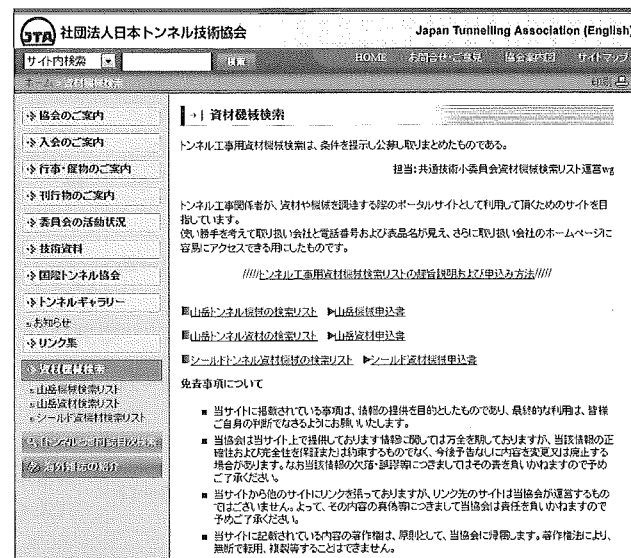
5. 資材機械検索サイトの利用案内

〈JTA技術委員会共通技術小委員会〉

JTAのホームページには、トンネル工事特有の資材機械を検索できるサイトが掲載されています。関係者が求める資材機械の情報を探しやすいよう努めています。また、商品・製品の掲載はいつでもできますので、所定の申込用紙にご記入のうえお申し出ください。利用者と提供者との橋渡しに役立てたいと考えています。是非ご利用願います。

ホームページおよび協会事業活動に関するご意見はこちらへ

E-mail: webmaster@japan-tunnel.org



第66回(山岳)および第67回(都市)施工体験発表会開催のご案内

恒例の施工体験発表会を下記により開催することといたしました。今回は第66回(山岳)「山岳トンネルにおける創意工夫事例(特殊条件下, 高耐久性, 超大断面, 環境対策, など)」14件, 第67回(都市)「厳しい施工条件下における都市トンネル工事」14件であり, 別紙プログラムにもありますようにトンネル工事関係者にとりましては, 施工における種々の現場事例を通じて技術力向上のよい機会であると存じますので, 多数ご参加下さいますようお願い申し上げます。なお, 本発表会は(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。

開催場所: 北の丸公園 科学技術館地下「サイエンスホール」(案内図参照)

開催日: 第66回(山岳)施工体験発表会 平成22年11月1日(月)

第67回(都市)施工体験発表会 平成22年11月2日(火)

定員: 各200名

参加費: 第66回, 第67回それぞれ個人会員12,000円, 団体会員15,000円, 一般18,000円

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。

社団法人日本トンネル技術協会 施工体験発表会係 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氏名, 受付番号を記入のうえ下記へお振込み願います。現金書留でも結構です。

郵便振替口座 00160-7-196331 社団法人日本トンネル技術協会

その他: ①参加費の払戻しはいたしかねますが, 代理参加は差し支えありません。

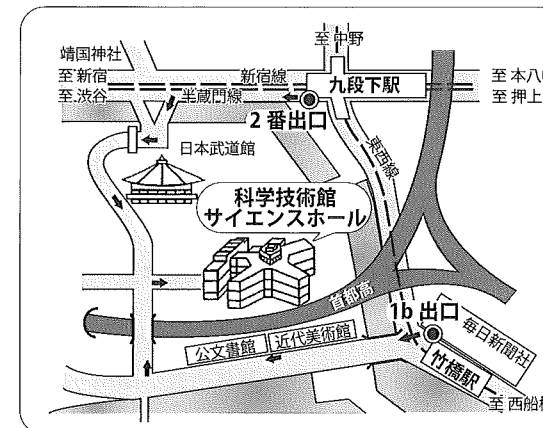
②テキストを事前に送付いたしますので, 住所等は必ずご記入願います。

③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。

問い合わせ先: 社団法人日本トンネル技術協会 施工体験発表会係 TEL: 03-3553-6174

第66回(山岳), 第67回(都市)施工体験発表会申込書(参加する回を○で囲んで下さい)

氏名	年齢	才	TEL	-	-
会社名					
所属役職					
会社住所	〒 -				



会場案内図

科学技術館 サイエンスホール(地下2F)
千代田区北の丸公園2-1 TEL: 03-3212-8485

地下鉄東西線「竹橋」駅下車 1b出口

徒歩約7分(北の丸公園内)

地下鉄東西線/半蔵門線/新宿線

「九段下」駅下車 2番出口

徒歩約7分(北の丸公園内)

第66回(山岳)施工体験発表会プログラム

開催日：平成22年11月1日(月)

- 司会 飛島建設(株)土木事業本部土木技術部部長〈事業委員会委員〉松原 利之
 9:30 開会挨拶 日本交通技術(株)相談役〈事業委員会委員長〉桑原 彌介
 9:35 大規模地すべりにおけるトンネル安定確保と地すべりへの影響低減対策
 —北海道横断自動車道占冠トンネル東工事—
 前田建設工業(株)土木事業本部営業部マネージャー 本藤 敦
 10:00 既設道路と近接交差するトンネル施工
 —県営広域営農団地農道整備事業(京築三期地区)トンネル工事—
 西松建設(株)土木部設計課係長 亀谷 秀樹
 10:25 覆工コンクリートのひび割れゼロを目指す—前田覆工マルチ工法—
 前田建設工業(株)土木事業本部土木部トンネルグループリーダー 鈴木 淳一
 10:50 【休憩】
 司会 (株)大林組生産技術本部トンネル技術部部長〈事業委員会委員〉居相 好信
 11:00 小土被り土砂NATMによる構造物近接施工—城山八王子トンネル(その1)工事—
 鹿島建設(株)横浜支店城山八王子トンネルJV工事事務所工事係 佐藤 崇洋
 11:25 環境に配慮した住宅直下でのトンネル施工—一級河川安永トンネル新設工事(水源工区)—
 間・大啓建設共同企業体工事課長 初山 雅彦
 11:50 採石場跡地の軟弱埋戻し地山における山岳トンネルの設計と施工
 鴻池組・本間組・矢作建設工業共同企業体出流原工事副所長 宮本 武司
 12:15 【昼食】
 司会 戸田建設(株)土木本部土木工事技術部技術一課長〈事業委員会委員〉岡村 光政
 13:15 周辺水環境などに配慮し中央導坑方式で石灰岩層を掘削
 —四国横断自動車道歯長山トンネル工事— 五洋建設(株)名古屋支店工事所長 成瀬 哲哉
 13:40 大深度立坑施工に油圧ジャッキ昇降式スカフォードを採用してコスト縮減
 —大月桂台エレベータ施設新設工事— 清水建設(株)関東支店土木部工事長 清水 邦英
 14:05 山岳トンネル覆工コンクリートのひび割れ防止対策
 (株)奥村組西日本支社土木技術部主任 倉田 桂政
 14:30 トンネル交差点部縦坑3連貯水槽の解析検討と計測結果
 戸田建設(株)名古屋支店土木部工事課高丘T(南)他工事副所長 戸田 一生
 14:55 【休憩】
 司会 (株)間組土木事業本部技術第三部長〈事業委員会委員〉鈴木 雅行
 15:05 大断面トンネルにおける脚部沈下抑制—第二東名高速道路島田第一トンネル—
 (株)大林組北陸支店氷見第11トンネル工事事務所主任 下村 哲雄
 15:30 並列トンネルにおけるずり処理システムの開発
 飛島建設(株)西日本土木支社中四国土木事業部大万木トンネル作業所副主任 渡辺 暁
 15:55 トンネル上部の明かり掘削の影響を考慮した超大断面トンネルの施工
 —首都圏中央連絡自動車道南浅川トンネル工事—
 大成建設(株)千葉支店圏央道小西作業所課長代理 西本 和行
 16:20 供用中の既設トンネルとの最少離隔1mでトンネル施工
 —岐阜県国道156号福島第3トンネル—
 大日本・金子特定建設工事共同企業体所長 増田 光泉
 16:45 閉会

第67回(都市)施工体験発表会プログラム

開催日：平成22年11月2日(火)

- 司会 東亜建設工業(株)土木事業本部技術部長〈事業委員会委員〉久多羅木吉治
 9:30 開会挨拶 日本交通技術(株)相談役〈事業委員会委員長〉桑原 彌介
 9:35 営業線直下における小土被り・超近接シールドトンネルの計測管理と施工
 —東京メトロ丸ノ内線中野坂上駅—
 (株)大林組本社土木本部生産技術本部技術第三課 久末 賢一
 10:00 営業線直下にアンダーパニングにより通路築造
 東京地下鉄(株)第二工事事務所第一担当統括改良建設係 郡山 剛
 10:25 長距離小口径シールドトンネルにおける高速施工—新根岸幹線シールド工事—
 清水建設(株)土木横浜支店新根岸シールド工事作業所所長 神保 誠二
 10:50 【休憩】
 司会 鉄建建設(株)土木本部土木工事部部長〈事業委員会委員〉城本 政雄
 11:00 営業線軌道直下における大規模掘削工事の施工実績—京王線調布駅地下化工事報告—
 鹿島・京王・東亜・林建設共同企業体京王調布JV工事事務所課長代理 渋谷 厚介
 11:25 重要構造物横断・急曲線・岩盤地山での小口径シールドトンネルの施工
 —岡崎市下水東部幹線(本宿町他)— (株)熊谷組名古屋支店岡崎本宿作業所所長 平石 富茂
 11:50 側壁合成土留壁を用いた開削トンネルの施工—阪神高速淀川左岸線—
 阪神高速道路(株)建設事業本部大阪建設部淀川左岸線建設事務所主任 杉本 学
 12:15 【昼食】
 司会 (株)熊谷組土木事業本部シールド技術部長〈事業委員会委員〉金田 則夫
 13:15 P&PC セグメントの長距離施工と幹線道路直下での異径地中接合
 —寝屋川流域下水道大東門真増補幹線—
 三井住友建設(株)大阪支店土木部作業所所長 津嘉山 淳
 13:40 営業線直下におけるダブルエレメントを使用した低土被りHEP&JESの施工
 —JR横浜線打越踏切立体交差化工事—
 鉄建・不動テトラ建設共同企業体打越作業所所長 加藤 義文
 14:05 想定外の巨礫を含んだ砂礫層の泥土圧シールド施工実績
 (株)間組東北支店仙台原町シールド作業所工事主任 三山 敬広
 14:30 近接したトンネルの函体推進工法による同時施工—東京外かく環状道路小塚山トンネル工事—
 小塚山トンネル鹿島・西松特定建設工事共同企業体所長 平 和男
 14:55 【休憩】
 司会 東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部工事課課長〈事業委員会委員〉天井 永人
 15:05 土質急変地点での重要構造物下通過に対する安全対策
 —琵琶湖流域下水道東北部長浜第二幹線—
 (株)奥村組西日本支社彦根松原シールドJV工事所所長 吉岡 徹
 15:30 リバース掘削を適用した狭隘地での大深度避難出口立坑の施工
 (株)間組関東土木支店大橋出張所主任 川畑 卓士
 15:55 大断面かつ急曲線シールドによる下水道トンネル工事—勝島ポンプ所流入管渠—
 前田建設工業(株)東京支店立会川作業所工事課長 増田 昌昭
 16:20 泥水推進面板閉塞における解除事例(南部幹線用水路その47工事)
 戸田建設(株)名古屋支店土木工事部工事課 水澤 陽介
 16:45 閉会

11月号予告[11月1日発売予定]

- 山岳トンネル工法における曲面切羽の適用に関する解析的検討
 - 名護東道路 2号トンネル
 - 阪神高速大和川線シールドトンネル
 - 首都高速神奈川6号川崎線 大師トンネル
 - 東京都下水道 東尾久浄化センター
- 【連載講座】
- ずり処理入門(11)
 - トンネル保守管理における記録とその活用(5)
- *内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆この夏は、自由研究ではありませんが、休みの日を使って土木施設めぐりをしていました。対象はおもに東京低地のひろがる東京23区の東北部です。低地だけにトンネルが目に行くことはさすがになく、アンダーパスがちらほらあるのみでした。この地域に多い土木構造物は、(人工の)水路です。実際に目にすることができるのは荒川放水路をはじめ、江戸川、中川と大規模なものだけになっていますが、かつて〇〇堀とよばれた用水や運河などの跡をたどると、水路が縦横無尽に走る耕作地帯だったころの風景がしのべれます。

◆東京山の手の武蔵野台地の入り組んだ谷筋を流れていた小川は現在ほとんど暗渠化され、多くは上部が路地などになっているようです。これらの河川跡をめぐるためのガイドブックなんかも出版されており、ひそかな注目を集めています。谷筋にあるため、周りの地形などから比較的容易に同定できることや、川筋特有の昭和の風情が感じられる場所が多いことが、人気の理由でしょうか。

◆いっぽう東京東北部の水路跡はというとまったく人気はなく、ガイドブックからも対象外です。元々がほぼレベルの場所に掘り込んだ水路で、地形による把握が難しく、現在はへんに小ざっぱりと親水公園や緑道へと整備されている物件が多いの原因でしょうか。この酷暑の散策で一息つくのには非常に快適な水路跡の親水公園でしたので、人気がないのは残念です。

(K.K.)

★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(株)土木工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41巻 第10号 (通巻482号)

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成22年9月20日 印刷

平成22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。

月刊推進技術

定期購読のご案内



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

わが国の管渠整備事業においては、社会的ニーズや現場の施工条件等の要因により、推進工法の採用が必要不可欠とされています。月刊推進技術では、円滑かつ適正に推進工事を行っていただくため、必要とされる技術情報をわかりやすく解説をしております。また、推進関連のニュースはどこよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管渠埋設の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっています。

申込方法

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

詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたしております。

月刊推進技術 編集室

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

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

推進工事技士試験 過去8年間(平成14~21年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

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

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

1. 内容と特長

- 過去8年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は別冊になっており実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出典箇所を明記

2. 価格

各年度単体に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

ご購入ご希望の方は、郵便局備え付けの払込取扱票に①「通信欄」に購入したい年度と冊数②「ご依頼人」欄に発送先の郵便番号、住所、会社(団体)名、氏名、電話番号を記入して郵便局からお申込下さい。これらのことをインターネットでご案内しています。

株式会社LSプランニング

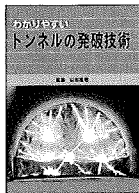
http://www2.ocn.ne.jp/~ls_siken/

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

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

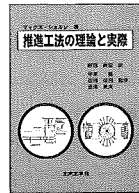
近年に開発、実用化された29工法を整理、体系化するとともに、各工法の境界、システム、考え方の違い、適用での留意点などをわかりやすく説明した。



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・侯野恭寛 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

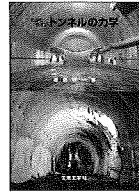
シールド工法について変遷から将来の開発の動向にいたるまで広範にわたり掲載した。シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた。



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・E.W.シュワルツ 共著、地下水の科学研究会・大西有三 監訳

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



- 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。



ジオテキスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

E.フック・E.T.ブラウン 共著、小野寺透・吉中龍之進・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

臼谷三郎・橋本康孝・友田孝 共著
3,200円+税 A5判

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



岩盤の計測と解析

鈴木光 著
4,200円+税 A5判

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



わかりやすいトンネル技術入門(都市トンネル編)

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800円+税 A5判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400円+税 A5判

海洋の石油・天然ガス・石炭などのエネルギー資源と、マンガン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. 超細霧のため効率的な養生が出来て路盤の泥濁化を防止

NETIS登録:KT-100038



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

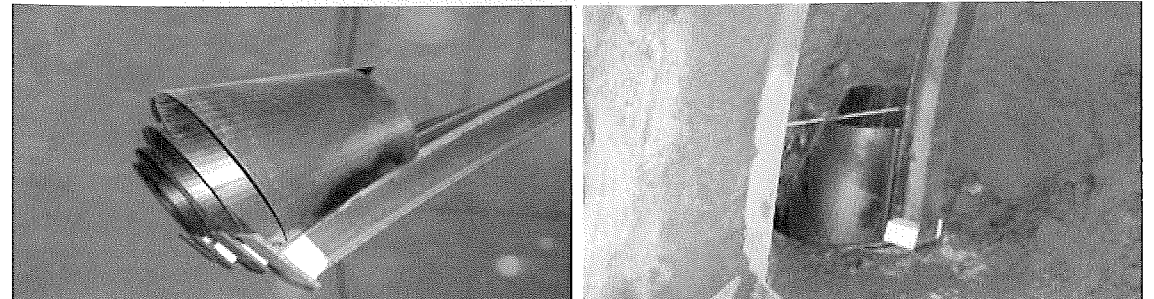
URL <http://www.suga-kikai.co.jp>

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

軟弱地盤に効果を発揮

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



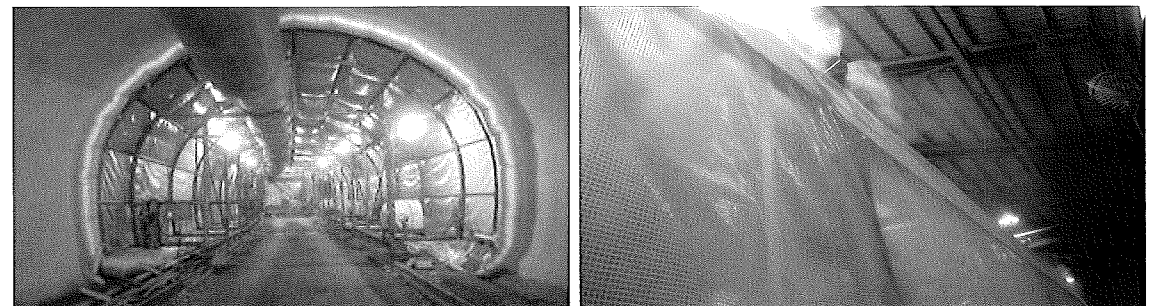
従来のH形鋼ではなく、薄鋼板を中空の円錐台形に加工したウイングリブです。現場ストックが可能な、ボルトによる脱着式です。

【効果】

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

トンネル覆工コンクリートの品質革命

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



散水式養生台車を使用します。

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

【効果】

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

実績および計画物件
(平成21年12月現在)

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

株式会社 マシノ トンネルグループ

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