

信頼の品質

技術提案に好適!!
デンカの特種混和材デンカの液体急結剤
初期強度発現がバツグン
《デンカクリアショット》

NETIS:KT-080020

液体急結剤 **デンカナトミックLSA**
粉体助剤 **デンカナトミックUSS**

- ・脅威の低粉じん吹付けが可能
- ・確かな初期強度・長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない
- ・粉体急結剤と同様の吹付け性状
- ・湧水、低温にも強い

優れた低粉じん吹付け
《デンカスラリーショット》
デンカナトミックUS-32
デンカナトミックUS-50《粉じん低減剤》
デンカクリアップ2

- ・安定した低粉じん吹付けが可能
- ・確かな初期強度・長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

実績の粉体急結剤
一般吹付け・高品質吹付け
デンカナトミックTYPE-5
高強度吹付け
デンカナトミックTYPE-10
瞬結吹付け・初期高強度吹付け
デンカナトミックTYPE-10S
デンカΣショットS

- ・安定した初期強度・長期強度発現性
- ・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

覆工コンクリート
ひび割れ抑制・耐久性向上
コンクリート用膨張材
デンカパワーCSA
有機無機複合型被膜養生剤
デンカクラッコフ
コンクリート補強用合成繊維
STRUX 85/50L

- ・高品質な覆工コンクリートが得られます

◆トンネル関連製品

- ・デンカPFモルタル、PFモルタルTYPE-K・・・小断面・TBM用吹付けモルタル
- ・デンカライフセッター・・・吹付けコンクリート用凝結調整剤
- ・FTN-30・・・吹付けコンクリート用高性能減水剤
- ・デンカES/ES-L・・・無公害なセメント系土質安定用急硬材
- ・デンカコロイダルセメント/コロイダルスーパー・・・微粒子、超微粒子セメント
- ・デンカPモル・・・注入式ロックボルト定着材
- ・デンカCG-1000、CG-2000・・・可塑性モルタル用混和材

DENKA

電気化学工業株式会社

セメント・特混事業部 特殊混和材部
東京都中央区日本橋室町2-1-1
電話 03-5290-5558

定価 1,575円

雑誌06619-9

本体価格1,500円

4910066190910
01500トンネルと地下 9 vol. 42
no. 9
2011

Tunnels and Underground

県道直下および導水路トンネル直上を近接施工
補助工法により岩盤崩落の恐れがあるやせ尾根を突破
長距離大断面併設シールド技術ほか各種技術で都市トンネルを施工
凍結工法を活用し虎ノ門交差点直下で既設シールドと地中接合
FRP型枠を用いた覆工コンクリートの温度特性
「ITA総会および世界トンネル会議(ヘルシンキ)」報告

日本トンネル技術協会誌



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9.1m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

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

トンネル工事用 電気集じん器

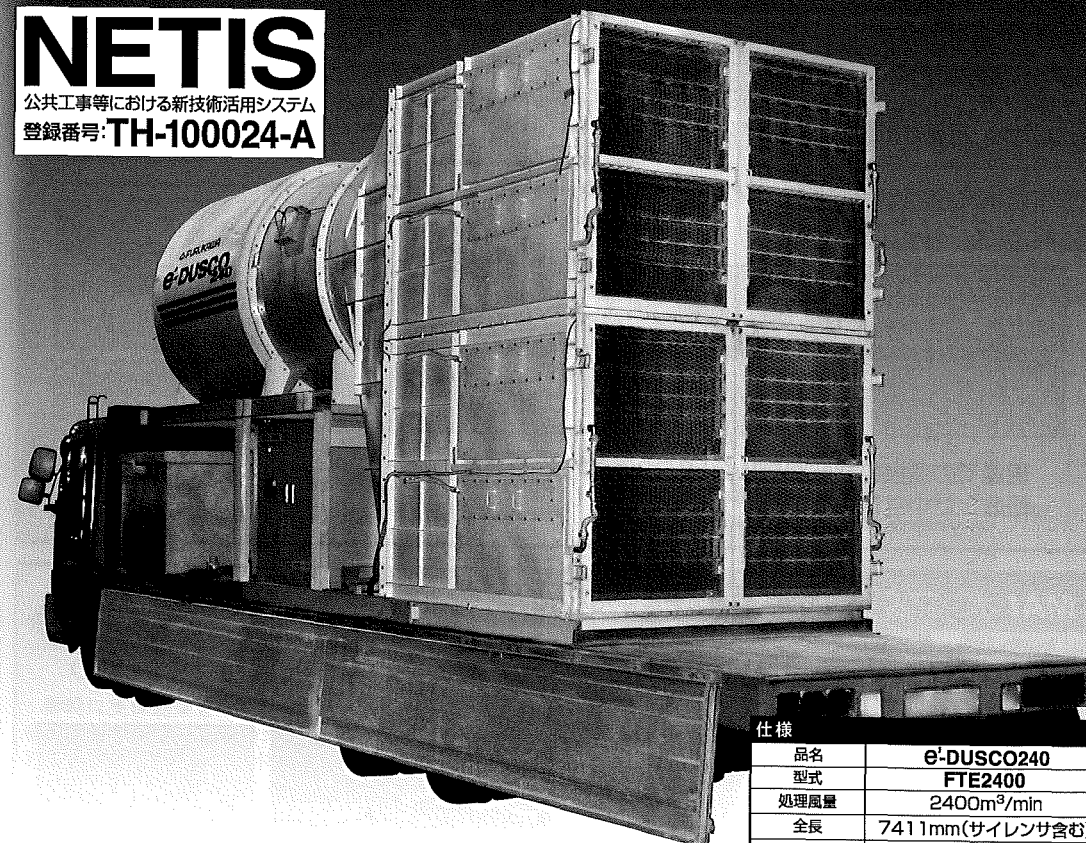
e-DUSCO
イーダスコ・ニーヨンマル

究極の省エネ

70%も節電

NETIS

公共工事等における新技術活用システム
登録番号:TH-100024-A



クラス最高の集じん効率95%

従来の電気式では達成できなかった
95%以上の高集じん率を確保。

現場メンテナンスは手間いらず

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

微細粉じんも逃さない電気式

電気式だから人体に有害な微細粉じん
(0.2~5μm)も捕集できます。

大風量と省エネを同時に実現

処理風量は20%増えたのにっそう省エネ。
安定した処理風量でCO₂削減を実現する
エコ製品です。

仕様	
品名	e-DUSCO240
型式	FTE2400
処理風量	2400m ³ /min
全長	7411mm(サイレンサ含む)
全幅	2350mm
全高※1	3700mm
本体重量	10 t
電源仕様	3相3線400V58 k VA
ファン動力	30kW
消費電力	33kW
洗浄水	2.4m ³ /回
捕集ダストの処理	湿式
集じん効率※2	95%以上

※1 車両高さは含まれていません。

※2 JIS Z 8808により測定した値です。

古河機械金属グループ

古河産機システムズ株式会社

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

本社 〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
営業第3グループ ☎03-3212-6575

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

— NATM を支える —

技術と信頼!

ケー・エフ・シーの ロックボルト

全ネジFRP ロックボルト

CG22S



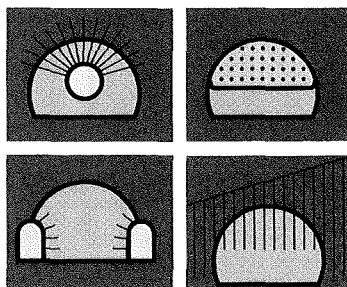
(中実タイプ)

CGR32

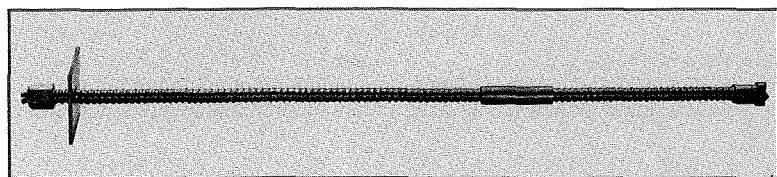


(中空タイプ)

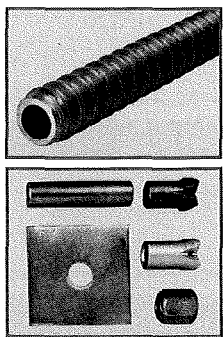
FRP ボルトに全ネジ加工することによって、ナット取付け、
カプラー接続が簡単にできます。



自穿孔 IBO アンカー

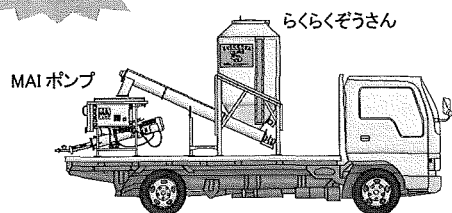


現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって
転造した中空ロックボルトです。

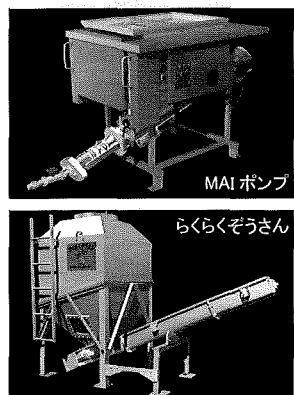


MAI ポンプ&らくらくぞうさん(モルタル投入システム)

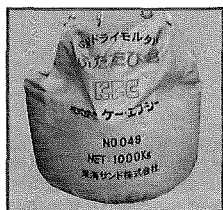
ECO システム!



現場ゼロエミッションに貢献します。



特許第 3256532 号
(らくらくぞうさん)



環境にやさしいパッケージ
「ふたたびくん」

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/>

1本1本が大切! だから

次世代 防食 ロックボルト

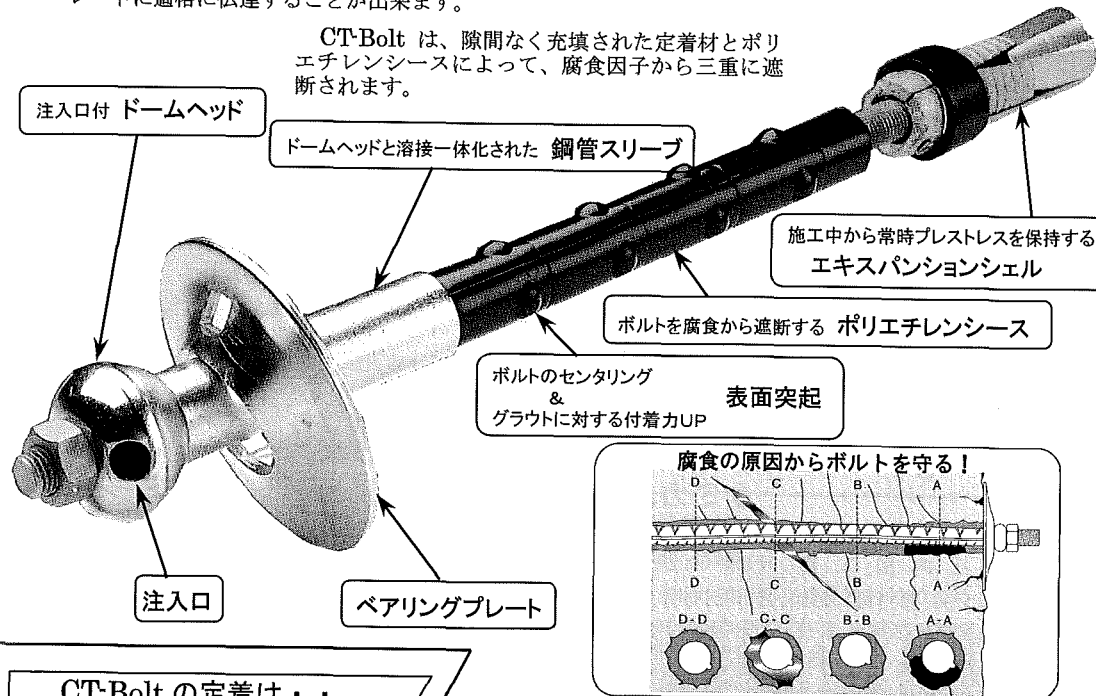
CT-Bolt

Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適切に伝達することが出来ます。

CT-Bolt は、隙間なく充填された定着材とポリエチレンシースによって、腐食因子から三重に遮断されます。



CT-Bolt の定着は・・・

即時に支保効果をもたらす先端定着と、時期を選んで行える全面定着グラウト充填のコンビネーションです。施工直後から施工後長期にわたって、ボルト支保効果を最大限に活用することが可能です。ポリエチレンスリーブがボルトを覆う構造により、仮に空洞や偏芯、或いは湧水によって部分的にグラウトが逸失している場合にも、腐食促進成分がボルトと接触しません。

用途:

- 山岳トンネル・海底トンネルに
- 立坑・地下空洞支保に
- 石油備蓄基地等地下施設建設に
- 斜面安定・補強土工に
- その他 腐食対策に必要な地盤に

完全充填

CT-Bolt は、広い範囲の粘度のグラウト注入が可能です。グラウトはポリエチレンスリーブ内に充填された後、先端部から孔壁とスリーブの間を充填して戻り、リターンによって全面定着が確認出来ます。

総発売元

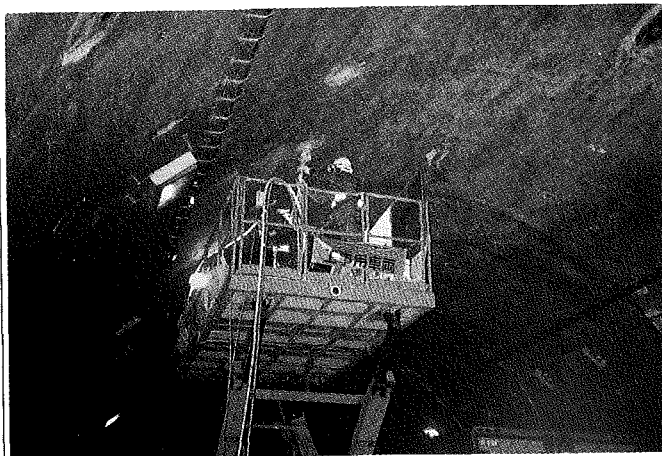
Your Fastening Partner

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒135-8073 東京都江東区青海2丁目4番32号タイム24ビル
お問い合わせ先 TEL: 03-3570-5182
技術部 FAX: 03-3570-5191

硬質発泡ウレタン セツフォーム工法

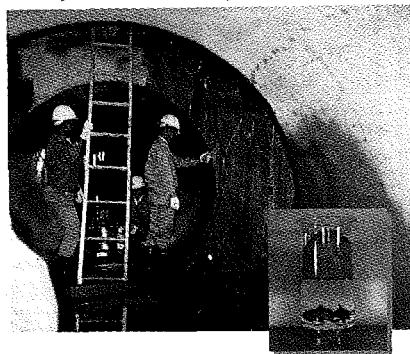
急結性・高性能空隙充填材



- シールドにおける滞水層、軟弱地盤の全面裏込め注入
- シールド急曲線部の裏込め注入(即時地盤反力の効果)
- トンネル構造物などの背面空洞充填
- 深基礎工法の裏込め(止水、裏込め後の即時掘削可能)

漏水を瞬時にストップ! SF-A工法

長期耐久性に優れた
無溶剤タイプの
ウレタン系止水材



- 山岳トンネル、下水道、共同溝、地下鉄、地下室、その他地下構造物の漏水補修
- 地下構造物の背面空洞の充填
- 地盤や岩盤の止水、および固結安定

ケミカルフォーム協会会員

アルス株式会社	〒950-0944 新潟市中央区愛宕 1-4-25	TEL 025-280-0337
株式会社内田工業	〒332-0032 埼玉県川口市中青木 2-12-2	TEL 048-257-0848
エコシビックエンジニアリング株式会社	〒135-0047 東京都江東区富岡 1-12-4 みつきビル	TEL 03-3643-7241
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0023 東京都中央区日本橋本町3-6-2 小津本館ビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共和	〒462-0832 名古屋市北区生駒町 7-148-1	TEL 052-911-3984
四国リニューアル株式会社	〒780-0815 高知市二葉町 3-5	TEL 088-878-0050
ショーレジン株式会社	〒104-0032 東京都中央区八丁堀 3-14-4 直平ビル	TEL 03-3551-8391
成和リニューアルワークス株式会社	〒163-0610 東京都新宿区西新宿 1-8-1	TEL 03-5326-0720
日本綜合防水株式会社	〒171-0022 東京都豊島区南池袋 3-11-10 ペリエ池袋	TEL 03-5950-8211
林建設工業株式会社	〒998-0023 山形県酒田市幸町 1-6-6	TEL 0234-23-3322
フジモリ産業株式会社	〒141-0022 東京都品川区東五反田2-17-1 オールコート大崎マークウエスト	TEL 03-5789-2206
前田産業株式会社	〒755-0032 山口県宇部市寿町 3-5-23	TEL 0836-21-2666
株式会社マシノ	〒733-0822 広島市西区庚午中 1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒062-0902 札幌市豊平区豊平 2 条 1-1-1	TEL 011-820-8688
株式会社マノール	〒120-0047 東京都足立区宮城 2-4-16	TEL 03-3927-1331
株式会社三原工業	〒531-0074 大阪市北区本庄東 1-22-3 四本ビル	TEL 06-6371-9947

協会事務局

〒103-0023 東京都中央区日本橋本町 3-6-2 小津本館ビル
MC山三ポリマーズ(株)内 TEL 03-3662-0253
<http://www.chemicalfoam.jp>

製造元 日清紡ケミカル株式会社 断熱事業部

〒289-2505 千葉県旭市鎌数9163-13 TEL 0479-60-3555

なんといっても低動力で大風量

電力もCO₂も抑えるために・・・エコロジー&テクノロジー

標準的なファン

定格：2000m³/min・4.9kPa

動力：110kW×2 400V

※弊社該当製品
エアロ MAX RE-130IW110
騒音値：78dB(最小値)



220kW(110kW×2) ファンと同風量で・・・
動力もCO₂も従来比(最大負荷時)の

↓ 省エネ型へ ↓

32%の節電&削減!(150kW)

[風管φ1500 使用時 中距離(0～1000m)]

EZ-2000Q

風量・圧力	動力	騒音値
2000m ³ /min・2.94kPa	150kW 400V	74dB(最小値)

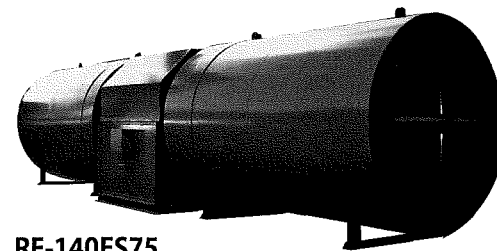


66%の節電&削減!(75kW)

[風管φ1500 使用時 短距離(0～500m)]

エアロMAX★uno

風量・圧力	動力	騒音値
2000m ³ /min・1.5kPa	75kW 400V	78dB(最小値)



RE-140ES75

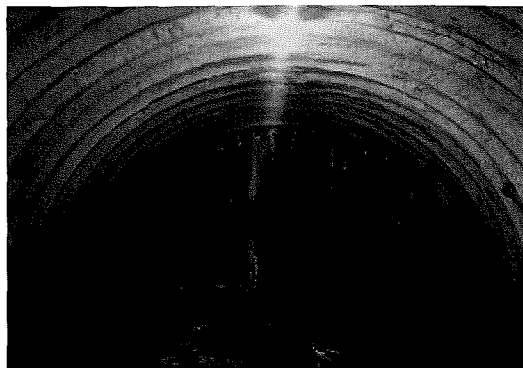


最適環境を創造する
株式会社流機 エンジニアリング

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

日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

当社は「AGF工法のパイオニア」として、数多くの実績を築いてきました。この豊富な施工実績を基にした技術対応力で、バックアップ体制をとっています。さらに、豊富なビットシステムと多様な注入システムを保有しているため、「AGF工法～小口径二重管削孔システム」まで、地山条件や施工条件など目的に応じたご提案ができます。



(施工例)断面内からの無拡幅AGF工法



(施工例)鏡面への小口径二重管削孔システム

AGF工法のバリエーション

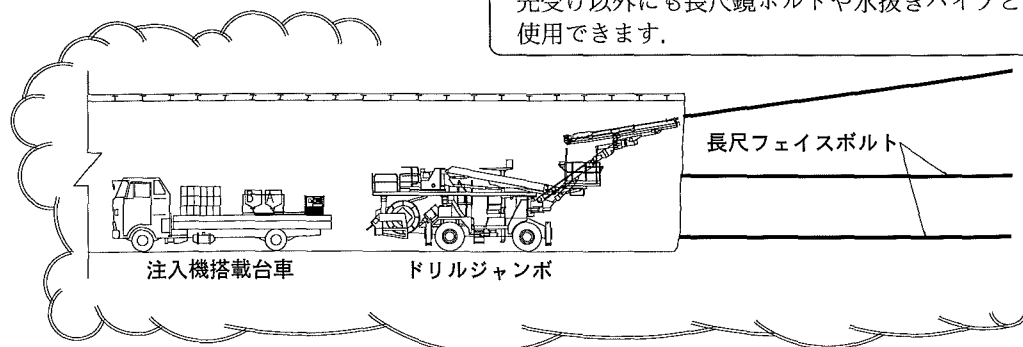
プロトタイプ
無拡幅タイプ
最小拡幅タイプ

施工性や経済性を追及して、注入式フォアポーリングとAGF工法の間を埋める工法！

小口径二重管削孔システム

鋼管径φ89.1mm～60.5mmまで対応ができ、鋼管・スリット管・特殊樹脂管が選べます。

↓
先受け以外にも長尺鏡ボルトや水抜きパイプとして使用できます。



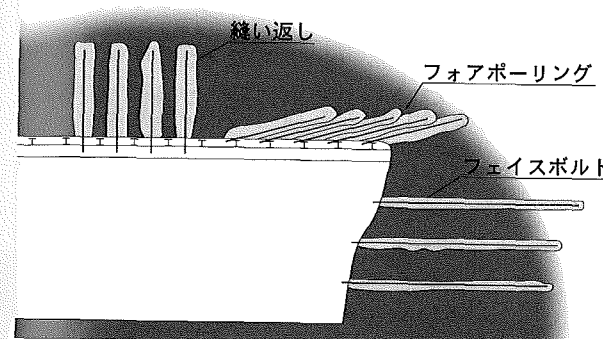
注入材のバリエーション

- シリカレジン注入材
 - ・スーパーSRF(標準タイプ)
 - ・スーパーSRF(Sタイプ)
 - ・スーパーSRF(低粘度タイプ)
- ウレタン注入材
 - ・ガンバンスーパーS
- 無機系注入材
 - ・シリカセーフ



(施工例)固結状況

注入ボルトのバリエーション



注入式フォアポーリングや鏡ボルト等に使用する注入ボルトとして、

- ・PUボルト
- ・KATアンカー
- ・GPRマルチタイプロックボルト

等があり、地山条件や使用目的に応じて選択できます。

主要営業品目

- ・スーパーシート(防水シート)
- ・ツイストロックボルト
- ・異形ロックボルト
- ・KAT自穿孔ロックボルト
- ・GRPマルチタイプロックボルト
- ・各種注入材
- ・アルカリフリー型液体急結剤AFK-777J
- ・各種AGF工法
- ・Small-P工法/パノラマ工法
- ・注入式フォアポーリング
- ・濁水処理設備
- ・建設資材全般

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(樺エイチ・アール・オー)

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

コンクリートの劣化、欠陥箇所の改修、補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法



〈工期短縮、即日仕上り〉

プレミックス急硬モルタルと
特殊ラテックスの
複合材で
短時間で実用強度が得られる
即日補修工法です。

- 短時間で高強度、即日仕上り
- 強力な接着力と収縮、ヒビ割れ防止
- 防水性、防錆力に優れ、中性化防止
- 既調合品で現場管理が簡単

エアモルタル裏込め注入……

エスコート

L & K 起泡剤



- 強力な分散性と安定した流動性
- ノーブリージング
- 任意の強度の選定
- セメント、骨材の種類が任意

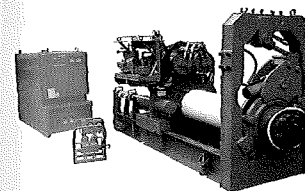
◆ 土木資材の総合プランナー ◆



株式会社 マーイル

〒120-0047 東京都足立区宮城 2-4-16
TEL 03(3927)1331(代)

THパイプルーフ工法

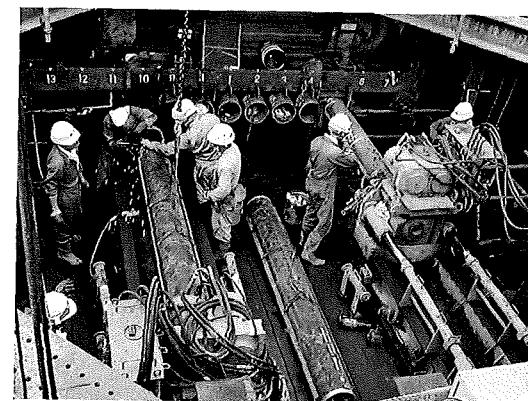


空間を確実に確保

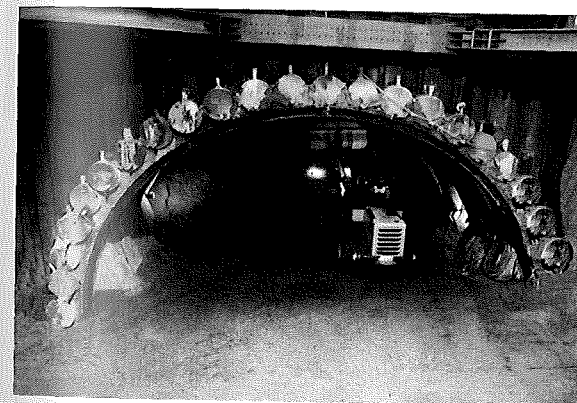
高精度・全地盤型 水平鋼管圧入システム

★ 特 徴 ★

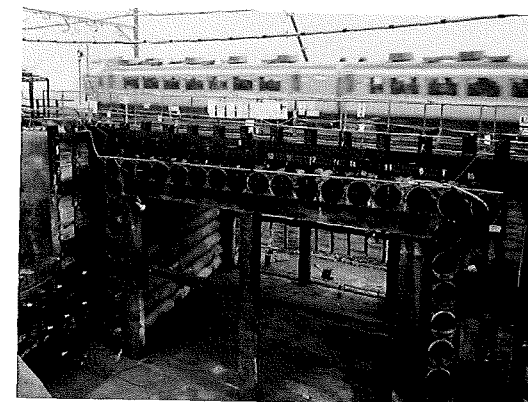
- ・ 本体掘削時の沈下抑制補助工法です
- ・ 常時管芯チェックが可能で、方向修正方式を採用
(精度が良いため支保作業が容易)
- ・ オーガ中掘り掘削、地山との空隙に同時注入も可能
- ・ 推進途中でのビットの交換が可能で地層変化に対応
- ・ 適応管径は、φ200A～φ1200A
- ・ 最大推進長は、約70～100m
- ・ 推進機は、推力 1000kN(100t) 2000kN(200t) 3000kN(300t)



パイプルーフ施工状況(立坑内)



パイプルーフ完了後の掘削状況



パイプビーム工法

〔会 員〕

※ 会員 募集中 [お問い合わせは 下記 事務局へ]

(株) 小 宮 山 土 木	長野県	TEL 0267-56-1299
(株) 東 洋 地 工	福井県	TEL 0776-53-5335
(株) 日 特 建 設	東京都	TEL 03-3542-9299
ケミカルグラウト(株)	東京都	TEL 03-5575-0511
(株) 最 上 機 工	山形県	TEL 0233-23-1555
サン開発工事(株)	大阪府	TEL 072-641-4951

東 邦 地 下 工 機 (株)	東京都	TEL 03-3474-3143
日本基礎技術(株)	東京都	TEL 03-3476-5701
(株) 大阪防水建設社	大阪府	TEL 06-6762-5621
多 田 建 設 (株)	福島県	TEL 024-535-6161
九州グラウト(株)	福岡県	TEL 092-583-3232
札幌黒澤工業(株)	北海道	TEL 011-215-7500
(順 不 同)		

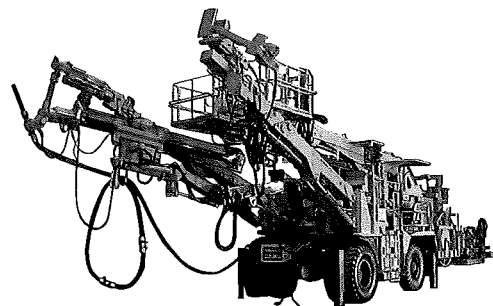
<http://www.piperoof.jp> (ホームページです。ここから資料が取り出せます。)



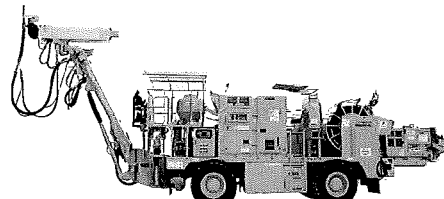
THパイプルーフ技術協会

〒140-0002 東京都品川区東品川4丁目4番7号 東邦地下工機(株)内
TEL 03-3474-3143 FAX 03-3474-3163
E-mail: jimukyoku@piperoof.jp

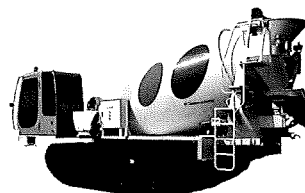
山岳トンネル施工機械、鉱山・採石機械の総合レンタル企業



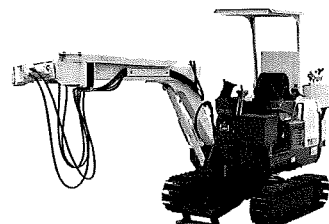
EJS
第3次トンネル工事用排出ガス対策型



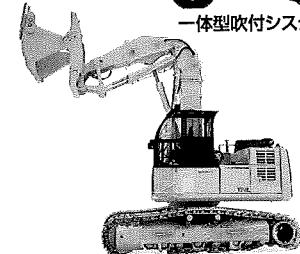
一体型吹付システム



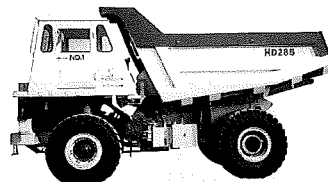
ゴムクローラ式ミキサー車



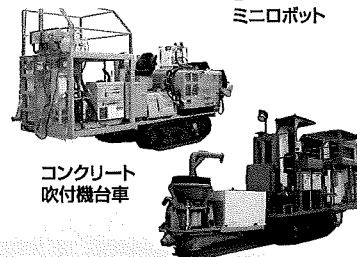
ミニロボット



油圧ローディングショベル



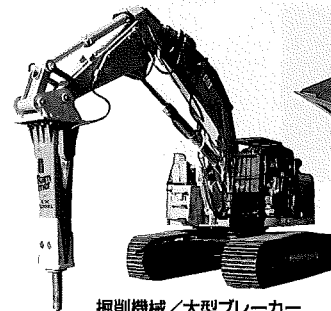
ダンプトラック



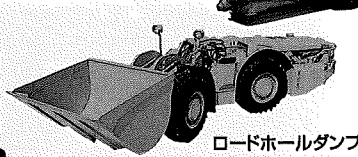
コンクリート
吹付機台車



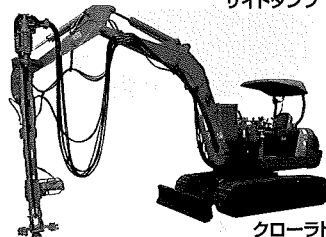
サイドダンプ



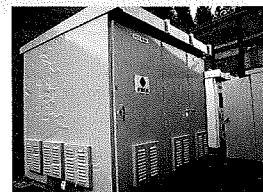
掘削機械/大型ブレイカー



ロードホールドダンプ



クローラドリル



フリッカ対策機(インバータ方式:SVG)

T&M ニシオ ティー アンド エム 株式会社

Tunnel & Mining

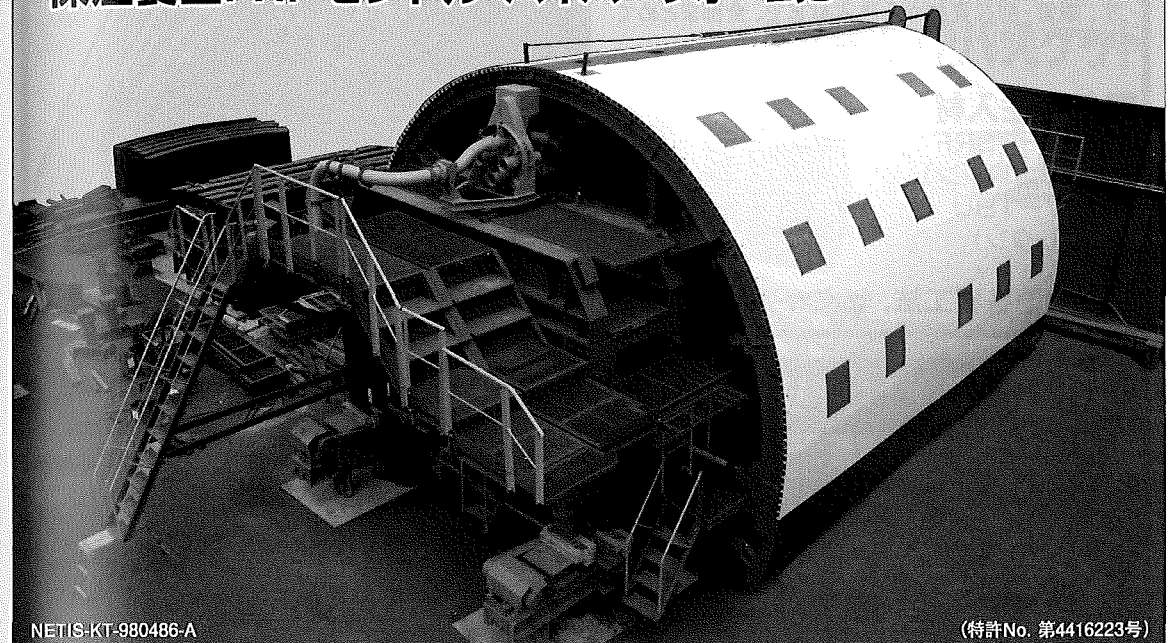
<http://www.nishio-tm.co.jp/>

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

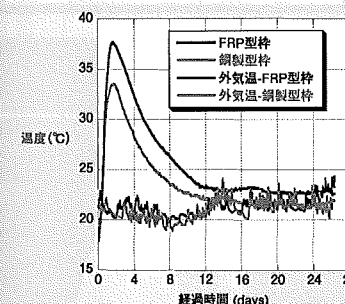
■ 北海道支店 〒061-3241 北海道石狩市新港西3-737-16 TEL 0133-72-3715
■ 関東支店 〒389-0506 長野県東御市称津字元会下1080-9 TEL 0268-62-1426
■ 大阪支店 〒569-0836 大阪府高槻市唐崎西2-26-1 TEL 072-677-2101
■ 九州支店 〒882-0024 宮崎県延岡市大武町779-1 TEL 0982-26-2111

高品質・高耐久 覆工コンクリートを目指して

保温養生FRPセントル ハイパーフォームG



■ 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、瀬田アジタ 古江トンネル南にて測定]



◎3~4℃の保温効果により、コンクリート強度が15~20%向上

■ 鋼製型枠との比較

項目	単位	ハイパーフォームG	鋼製型枠
基準サイズ	mm	900×10500×55	300×1500×55
重量	N/m ²	145.1	405
比重		1.8	7.8
曲げ強度	MN/m ²	294.2	333.4
剛性E・I	N・m ²	3.66×10 ⁴	5.39×10 ⁴
熱伝導率	W/(m・K)	0.30	46.5
線膨張率	1/℃	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. 剥離性が高く、ケレン作業が低減

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

※九州営業所は下記の住所に移転しました。

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

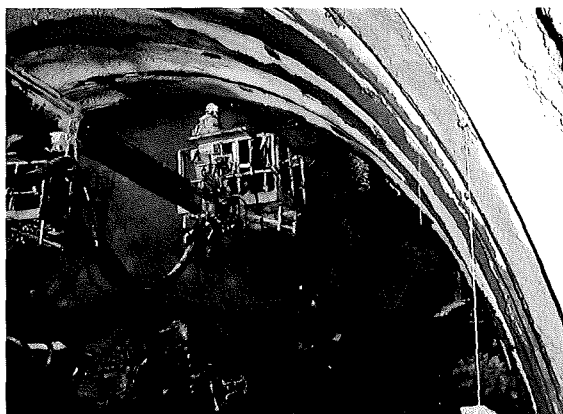
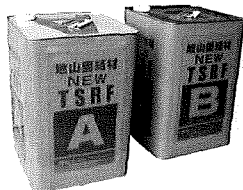
補助工法・注入材のことならティーエムシー

■AGF-OFP工法

当社が提案するAGF-OFP工法(注入式長尺先受工法)は、長尺の先受を鋼管打設と注入により構築するもので、現場で通常使用されているドリルジャンボで施工できる、汎用性の高い長尺先受工法です。鋼管・削孔資材から注入材まで、全部まとめてお任せください。

■各種注入材

NEW-TSRF
(シリカレジン)
NEW-TBU
(ウレタン)

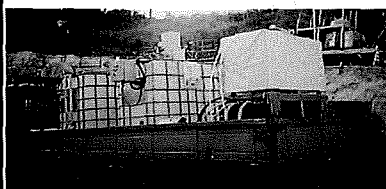


※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧ください。

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム

NETIS登録番号 : KK-100048-A (2011/1登録)

◎リサイクルコンテナ(左)と現場への搬入風景



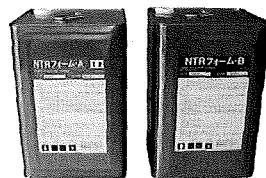
当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

トンネル補修もティーエムシーにお任せください

これからますます需要増加が見込まれるトンネル補修工事。当社では、補修工事で使用される空洞充填材も取り扱っております。

NTRフォーム12(12倍発泡)
NTRフォーム30(30倍発泡)
NTRフォーム40(40倍発泡)

※その他の倍率等詳細は当社ホームページにてご確認ください。



上記の各種注入材の他、ドリルジャンボ、集塵機をはじめ各種機械も取り扱っております。お気軽にお問い合わせください。

TMC

株式会社ティーエムシー ホームページ : <http://www.tmc-net.com/>
お問合わせ・お見積のご相談はお近くの当社事務所まで

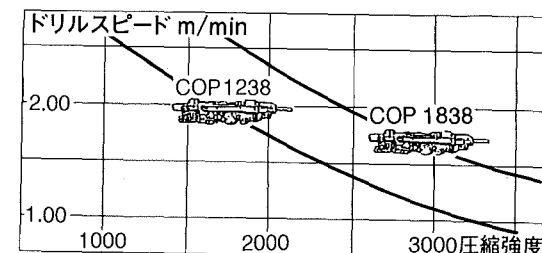
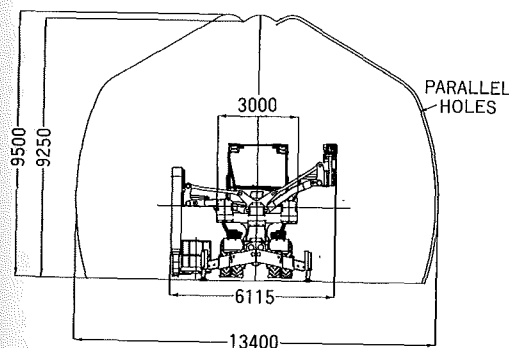
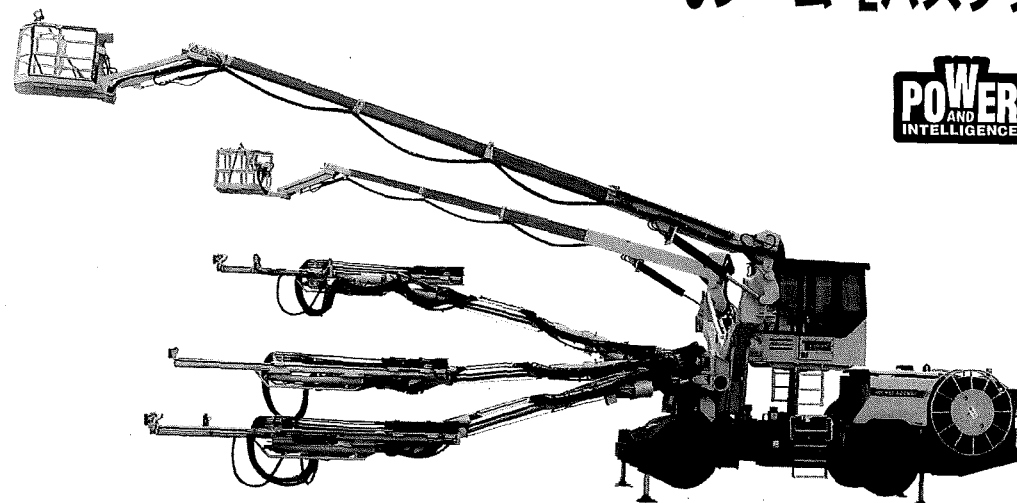
本社	〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-23-3 冠第二ビル5F	TEL: 03-3891-8211
大阪支店	〒578-0903 大阪府東大阪市今米1-2-1 中辻第3ビル3F	TEL: 072-966-6280
名古屋営業所	〒486-0844 愛知県小牧市大字下末1648-10	TEL: 0568-65-7745
九州営業所	〒839-0809 福岡県久留米市東合川3-12-40 アイソレーションビル1F	TEL: 0942-40-8151
小牧物流センター	〒485-0825 愛知県小牧市大字下末1636-9	TEL: 0568-44-7786

アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット



ドリルマシン株式会社

DRILL MACHINE CO., LTD.

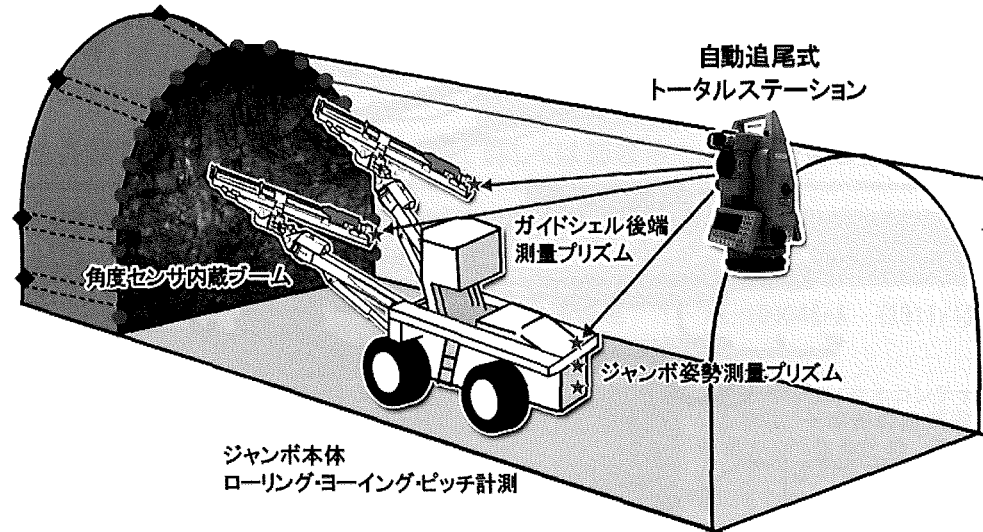
本社	〒116-0014 東京都荒川区東日暮里6-16-8 桂ビル5階	TEL (03) 3806-3377 番 FAX (03) 3806-8461 番
関西支店	〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4	TEL (078) 802-5551 番 FAX (078) 802-5528 番
九州支店	〒839-0841 福岡県久留米市御井旗崎1-6-14	TEL (0942) 43-5315 番 FAX (0942) 43-5832 番
広島出張所	〒739-2613 広島県東広島市黒瀬町植原1336-1	TEL (0823) 36-7787 番 FAX (0823) 36-7791 番
兵庫工場	〒679-1332 兵庫県多可郡多可町加美区大袋川端454-3	TEL (0795) 36-0461 番 FAX (0795) 36-0467 番

NETIS登録番号:KK-100049-A

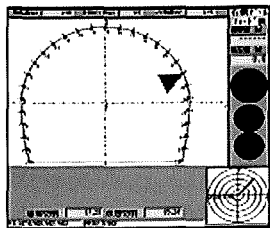
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河機械金属グループ
FURUKAWA 古河ロックドリル株式会社

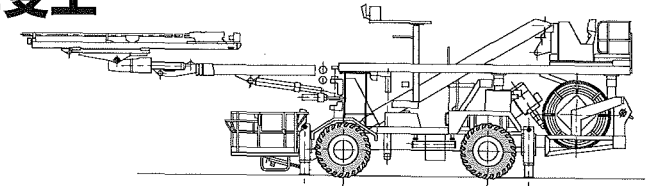
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

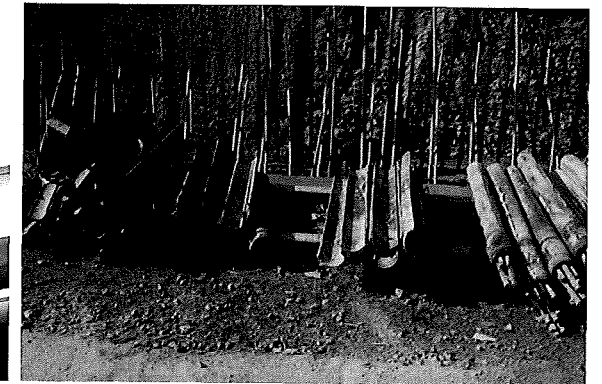
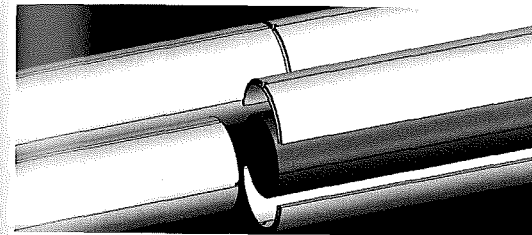
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Piling Method



AGF-Me工法

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

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



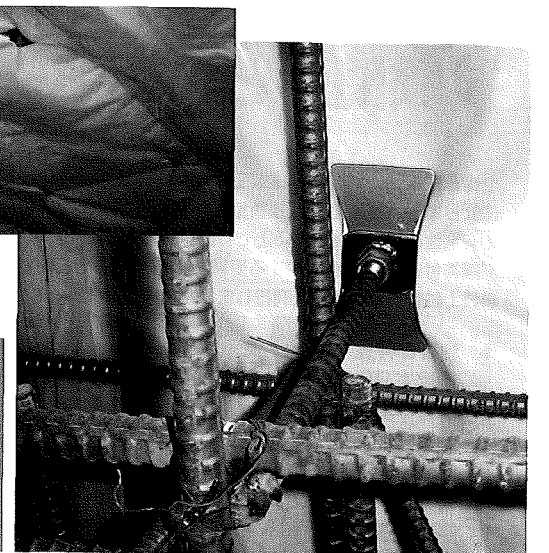
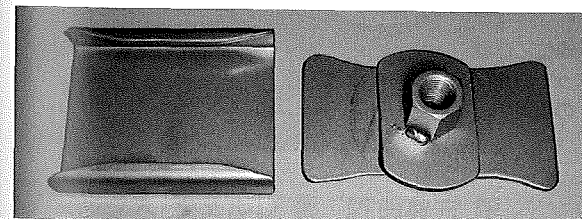
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



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 トーキンオール

〒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)

月刊推進技術

定期購読のご案内

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

わが国のライフラインなどのインフラ整備またはその再構築や新たな地下空間の築造に、掘削残土量やCO2排出量を抑制し、なおかつ耐震性の高い推進工法のニーズが高まっています。月刊推進技術では、円滑かつ適正に推進工事を行っていただくため、必要とされる技術情報をわかりやすく解説をしております。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LS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。

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

検索

定期購読のお申し込み
は右のQRコード
または本誌ホームページから



お問い合わせ先

月刊推進技術 編集室

<http://www.lsweb.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@lsweb.co.jp

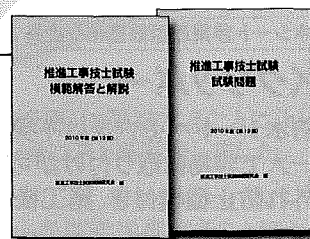
推進工事技士試験 過去9年間(平成14~22年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

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

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



平成22年度版発売中!!

1. 内容と特長

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

2. 価格

各年度単体に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

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

これらのことをインターネットでご案内しています。推進工事技士試験

検索

株式会社LSプランニング

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

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

お問い合わせ先

推進工法の理論と実際

推薦の言葉

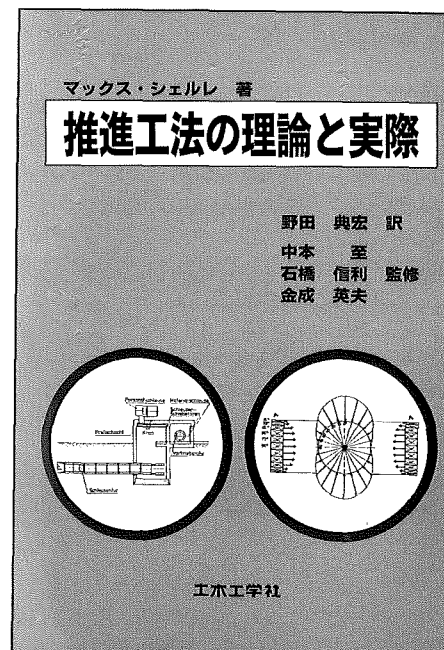
中本 至・石橋信利・金成英夫

マニュアルを超えて 推進工法の理解を さらに深める一冊

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

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

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



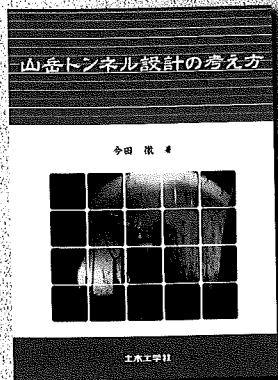
マックス・シェルレ 著、野田典宏 訳
中本 至・石橋信利・金成英夫 監修
B5判 定価：8,500円+税

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

株式会社 土木工学社

新 刊 案 内

山岳トンネル設計の考え方



東京都立大学名誉教授

今田 徹 著



B5判 183頁 上製本 定価3200円+税

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

山岳トンネル工事に携わる諸兄の必携書である。

《主要目次》

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

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

 株式会社 土木工学社

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

好評発売中

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい

トンネルの発破技術

監修 山田隆昭 B5判 76頁 定価1,500円+税(送料別途)

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで！
振動や騒音の環境問題を詳述！！

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

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

〈主要目次〉

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

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

 株式会社 土木工学社

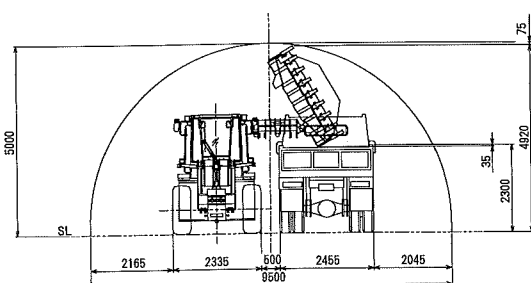
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
TEL 03-3267-2888 FAX 03-3267-2807



サイドダンプ

CAT 924H

1.5m³



klea 株式会社 ケイリー

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

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

トンネル工事からパンクを追放 坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号

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

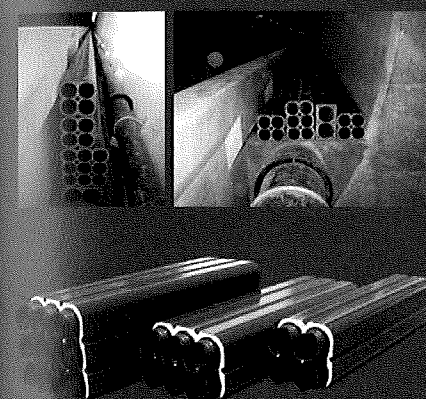
- タイヤ間の間隙が無いため石を噛まない
- サイドの切断に強い
- 石および普通釘に強い
- 弾性波

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

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

中濃産業株式会社
代表取締役 土田 義 式

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



万が一のトンネル火災でも
セラダクトAネオは燃える
ことはありません。
「安全・安心」な道路建設に
トンネル内地中埋設管路
セラダクトA^{エース}ネオ
『不燃材』
neo

— 特 長 —

標準管の長さは65cmの新規格
接続はカップリング方式で
簡単スピーディー



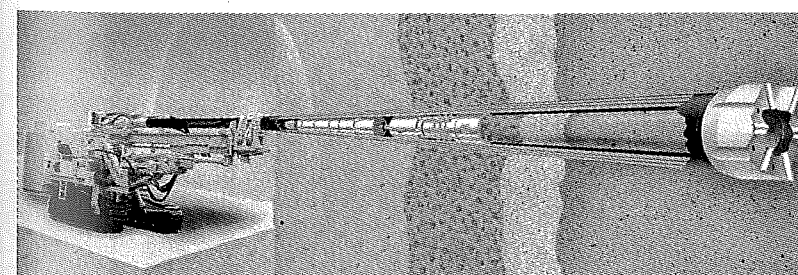
杉江製陶株式会社

<http://www.sugie.co.jp/>

本 社・工 場 愛知県知多郡武豊町上山一丁目76番地 〒470-2387
TEL(0569)35-2360(代) FAX(0569)35-4087
東 京 支 店 東京都渋谷区恵比寿一丁目21番8号セラ51ビル 〒150-0013
TEL(03)3442-6181 FAX(03)3442-1691
大 阪 支 店 大阪市都島区御幸町1丁目3番1号 〒534-0012
TEL(06)6922-6991 FAX(06)6922-2498

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特 長

- ①断層破砕帯や湧水をとまなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行え、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>



トンネル進捗率改善の
ための最新技術

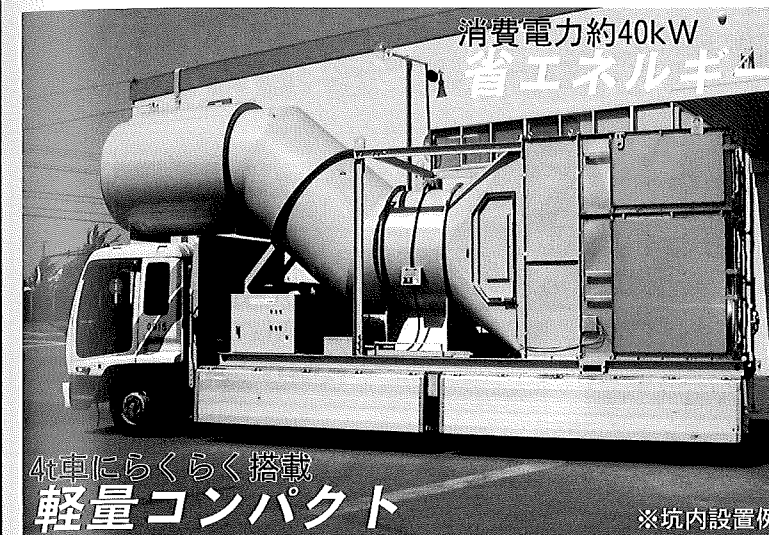
明かりが見えます

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

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

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

www.oricamining.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。



4t車にらくらく搭載
軽量コンパクト ※坑内設置例

National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ)

RENT

取扱レンタル商品

- フリッカー対策器
- MACレーザーシステム
- オアシス(坑内休憩室)
- 発電機エコ装置
(従来より小容量の発電機で
施工できる為、省エネ効果)

株式会社 レント

特機営業課 担当者 工藤

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-12-9 NIビル 8 階 TEL: 03-5642-6750 FAX: 03-3249-0415

URL: http://www.rent.co.jp E-mail: kudo.yuji@rent.co.jp

道路,トンネル設計(本工,換気,防災,照明,施工管理他)

トンネル現場診断

(社)建設コンサルタント協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

代表取締役社長 清水 洋(技術士)

常務取締役 堀内 浩三郎(工学博士) 大阪支店長 亀田 義高(技術士)

福岡支店長 朽網 新

本社: 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 5 丁目 24 番 7 号 電話(03)3891-0711
大阪支店: 〒569-1133 大阪府高槻市川西町 2 丁目 21 番 38 号 電話(072)691-0711
福岡支店: 〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前 4 丁目 25 番 14 号 電話(092)436-1588
沖縄営業所: 〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客 4 丁目 16 番 9 号 電話(098)870-6411

[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 本体価格2,500円 円340円

主要目次

序 編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

1. 地形・地質調査一般 2. 既存資料調査 3. 空中写真判読 4. 地質路査 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

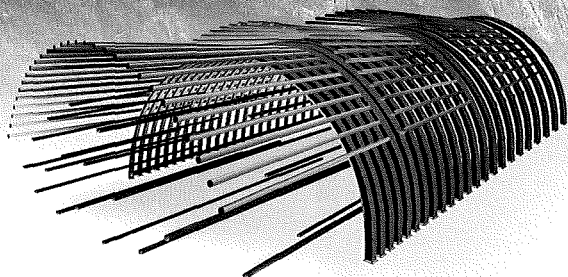
お申し込みは、当社へFAXまたはお近くの書店にてお申し込みください。FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は、書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記のうえ、お申し込みください。

株式会社 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

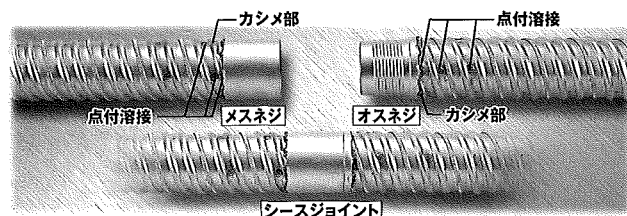


ユニークな発想と高品質・自信の価格



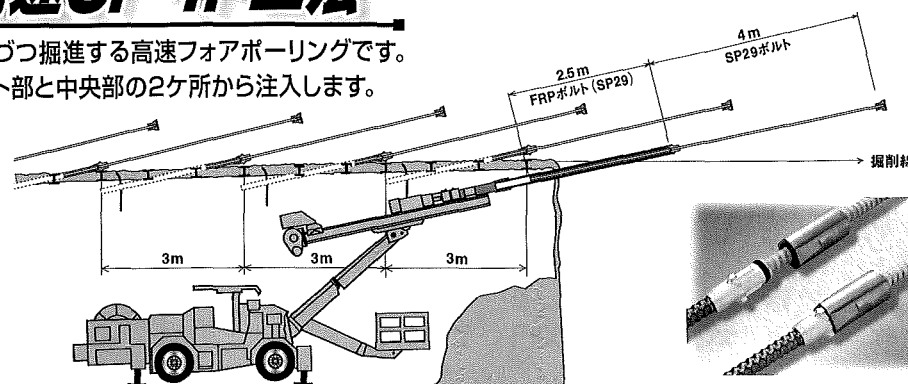
FIXチューブ工法

※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。

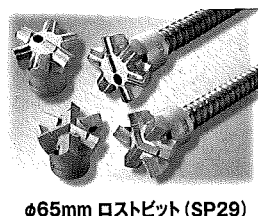
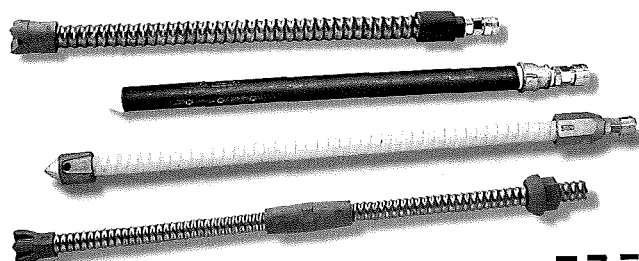


高速SP-IF工法

※3mづつ掘進する高速フォアボーリングです。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



STE

エスティーエンジニアリング株式会社

ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

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

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

※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。

濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



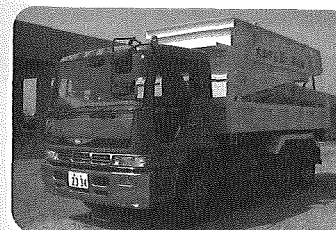
VOLVO ダンプトラック (A25CTS,A25CTR,A20/30CT)



10T ミキサー



10T ダンプ



4.5m³ベッセル搭載タンク



10T 低床ダンプ



各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

モグラ新幹線と技術的課題

宮林 秀次 5

■研究

FRP型枠を用いた覆工コンクリートの温度特性

瀬崎 満弘・渡辺 正・藤倉 裕介・源石 佳弘 55

■計画

凍結工法を活用し虎ノ門交差点直下で既設シールドと地中接合

—東京都下水道 第二溜池幹線—

泉谷 信夫・中村雄一郎・滝沢 究・岩崎 広幸 47

■報告

「ITA総会および世界トンネル会議(ヘルシンキ)」報告

日本トンネル技術協会 63

■施工

県道直下および導水路トンネル直上を近接施工

—首都圏中央連絡自動車道 小西トンネル—

岸 隆・高橋 一暢・金野 正 7

補助工法により岩盤崩落の恐れがあるやせ尾根を突破

—国道169号上北山道路 和佐又トンネル—

中尾 勝・鈴木章一郎・齊藤 佑樹・新井 延幸 15

長距離大断面併設シールド技術ほか各種技術で都市トンネルを施工

—首都高速道路 横浜環状北線—

土橋 浩 25

■連載講座

最新推進工法技術(4)

—小口径管推進工法(1)—

「最新推進工法技術」連載講座小委員会 73

■現場だより

津軽半島の「上磯地方の蔵」蓬田村より

佐々木孝博 24

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

山岳トンネル・都市トンネルを掘って

—国内から海外も—

城 滋 37

■資料

土木情報

編集部 36

工法・技術・製品ニュース

編集部 54

トンネルジャーナル

編集部 46

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会 72

■会報

会報

日本トンネル技術協会 82

【表紙説明】

長距離大断面併設シールド技術ほか各種技術で都市トンネルを施工
—首都高速道路 横浜環状北線—

横浜環状北線は、第三京浜道路港北インターチェンジから首都高速横浜羽田空港線生麦ジャンクションを接続する延長8.2kmの自動車専用道路である。

工事は、外径12.5m、延長5.5kmの長距離・大断面併設シールドをはじめ、大口径パイプラーを用いた非開削工法によるシールドトンネルの拡幅、換気所およびシールドトンネルとの接続、大規模開削など各種技術で都市トンネルを施工するものである。写真はシールドテールからみた状況である。

〔写真提供：首都高速道路(株)〕(本文25頁参照)

ヤマモト (さくがんき)

無騒音 無振動 静かな破碎

超大型油圧破碎機

YTB 1120

トンネルビッカー

ヤマモトロックマシン株式会社

本社 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号富士ビル
☎ (03) 3201-0701(代)

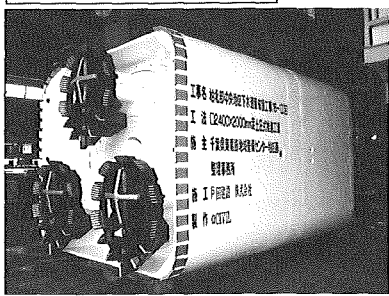
工場 広島県庄原市東城町36番地 ☎ (08477) 2-2137(代)

仙台営業所 (022) 262-4531(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (0888) 22-1367(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)

超流バランスセミシールド工法

ボックスカルバート推進工法

施工場所：千葉県柏市若葉地内



多軸自転・公転掘進機(内寸法□2400×2000)

本工法は、有効断面を最大限に確保し、低土被り、長距離、急曲線の安全で迅速かつスムーズな密閉型矩形推進工法を確立しました。

先行工事としての角鋼管水平土留工やボックスカルバートの密閉型推進工法に活用可能です。

- ◆低土被りが推進可能(H=1.5m程度まで可能)
- ◆PC・RCボックスカルバート函体および角鋼管にて対応可能
- ◆密閉型のため切羽の安定性に優れ、地山の緩みを防止可能
- ◆完全密閉型多軸方式の高トルク掘進機のため、多様な土質に適用可能で迅速な施工を実現可能

リターン回収掘進工法

施工場所：東京都渋谷区神宮前



φ1016mm長距離パイプルーフ掘進機(リターン回収型)

本工法は、掘進機を発進基地に迅速に引き戻せる機構としたことで、到達立坑が不要となり、大幅なコスト削減が可能となりました。

特に長距離、曲線パイプルーフ施工として有効なため、工期短縮およびコスト削減が図れる画期的な工法です。

- ◆長距離・曲線パイプルーフとして適用可能
- ◆通常のJIS鋼管にて対応可能(鋼管φ812～φ1219mm)
- ◆継ぎ手付鋼管においても先行継ぎ手カッターにてスムーズな掘進が可能
- ◆到達回収立坑が不要(発進側へ掘進機内部装置を回収可能)
- ◆密閉型掘進機構ゆえに無水層～滞水層まで対応可能

巨礫・岩盤破碎型掘進工法

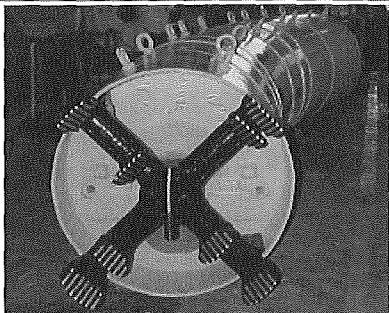


φ1500mm破碎型掘進機

本工法は泥濃式の取込方式の長所を生かしながら、破碎方式を兼ね備え、取込径以下の不要な破碎を行わないため、ビットの耐磨耗延長を従来の2倍以上とし、巨礫に対応しながら長距離推進を可能としました。

- ◆破碎型掘進機：呼び径φ600～φ1650に対応が可能
- ◆岩盤層実績 26件、延べ延長L=10.0km
- ◆巨礫層実績 47件、延べ延長L=15.6km
- ◆破碎型急曲線実績 R=15m(φ800、巨礫層)
- ◆破碎型長距離実績 L=619m(φ1000、巨礫層)

長距離・急曲線推進工法



φ800mm超急曲線掘進機(R=9.3m対応機)

本工法は泥濃式の中でも特に高トルク、超急曲線機能・超長距離安定機能の開発を進め、玉石砂礫層～軟弱層の広範囲の土質に対応できる画期的な掘進機を開発してきました。

- ◆呼び径φ600～φ2400に対応が可能
- ◆排土口径が大きいので、取込型掘進機でも管呼び径の40%程度の玉石等の摘出が可能
- ◆通常の泥濃式の送泥水注入と固結型滑材注入に加え掘進機外周からテールボイド安定材の注入、さらにテールボイド拡幅装置(TRS)を装着することで切羽の安定と良好なテールボイドの構築が可能
- ◆超急曲線掘進機は多段中折れ機構により管呼び径の40～15倍程度まで曲線施工が可能

総務委員会広報小委員会会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

大 島 洋 志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹 事〕

居 相 好 信

株式会社大林組東京本社生産技術本部
トンネル技術部部長

池 田 豊 人

国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

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

金 山 洋 一

独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部計画部計画課長

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

志 岐 寛

清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部
部長

城 間 博 通

西日本高速道路メンテナンス九州株式会社
保全事業本部保全計画部長

濱 建 介

株式会社ANET取締役

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

松 原 利 之

飛鳥建設株式会社建設事業本部
エンジニアリング事業推進部長

三 浦 克

株式会社竹中土木常務執行役員

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

認証取得

ISO 9001
ISO 14001

株式会社アルファシビルエンジニアリング(超流セミシールド協会)

〒812-0015福岡市博多区山王1丁目1番18号

TEL(092)482-6311 FAX(092)482-6363

E-mail: arfa@oregano.ocn.ne.jp

URL <http://www.alpha-civil.com>

建設コンサルタント登録番号：建18第8677号

測量登録番号：登録第(1)-30507号

建設許可番号：国土交通大臣許可(特-18)第19193号

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路
掘削状況



トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	TRS-985	1175/D7	40/30	60/35
メーカー名	テスメック	テスメック	マステンブルグ	マステンブルグ
掘削幅(最小)cm	45	75	70	70
掘削幅(最大)cm	60	100	110	110
掘削岩の硬さ(最大)	500kg/cm ²	700kg/cm ²	700kg/cm ²	1000kg/cm ²
重量 t	36	53	50	59
長さ m	13.0	10.8	14.0	15.4
幅 m	2.5	3.2	2.95	2.98
高さ m	3.30	2.86	3.00	3.20
エンジンの出力 PS	300	402	450	600

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

木谷 日出男 国際航業株式会社技術センター 地盤研究室長	橋本 定雄 (元)東京都公営企業管理者下水道局長
今田 徹 東京都立大学名誉教授	濱 建介 株式会社ANET取締役
高橋 良文 東京都下水道サービス株式会社管路部長	三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員

〔委員〕

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	新谷 康之 東京都下水道局建設部設計調整課長
坂口 淳一 東京都交通局建設工務部計画改良課長	高橋 晃 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
佐原 圭介 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐	藤村 和彦 東京都水道局建設部工務課長
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	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
城間 博通 西日本高速道路メンテナンス九州株式会社 保全事業本部保全計画部長	焼田 真司 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室主任研究員



ワールド開発工業株式会社

●本社/営業部 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484
☎ (026) 282-3671(代) FAX (026) 282-5803
<http://www.wkk.co.jp/>

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

天端引抜バイブレータ装置

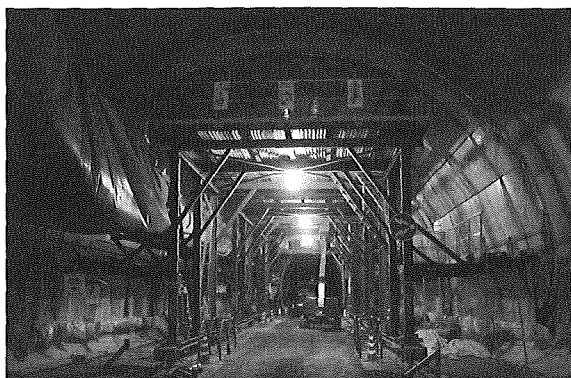
NETIS 登録 No.HR-080001-A



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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.HR-080002-A



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

北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社 佐賀)

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

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

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

東京営業所：TEL03(3851)1016 FAX03(6908)6789

トンネルと地下 VOL.42 No.9 掲載概要

掲載頁
7

県道直下および導水路トンネル直上を近接施工
—首都圏中央連絡自動車道 小西トンネル—

東日本高速道路(株) 岸 隆

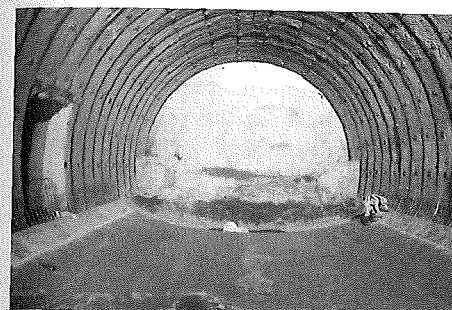
本稿は、首都圏中央連絡自動車道小西トンネル(仮称)において、2か所の近接施工を行った実績をまとめたものである。

1つ目は、主要地方道である県道直下を掘削するための地表面沈下対策についてである。その対策は、側壁導坑先進工法と注入式長尺鋼管フォアパイリングである。2つ目は、重要水路である房総導水路の直上を交差するため、トンネル施工の影響を極力小さくする目的から、導水路の保全対策を行ったものである。その対策は、導水路内の補強対策とトンネル掘削時の補強対策に分けられる。

両対策とも、施工前の解析結果にもとづき計測管理を実施した。本稿は、その計測結果および補強対策について述べたものである。

Tunnelling Directly under a Prefectural Road and above a Headrace Tunnel—Ken-O Expressway Konishi Tunnel—

By Takashi Kishi, East Nippon Expressway Company Limited



写真はトンネル内補強対策工完了全景

This report summarizes the results of two neighboring construction sections in the Konishi Tunnel (temporary name) on the Ken-O Expressway.

The first is a measure against ground surface settlement caused by excavation directly under a prefectural road. It consists of the side drift method and the injection type steel pipe forepiling. The second is a measure to maintain an important infrastructure: Boso headrace tunnel with the aim of minimizing the effects of tunnel boring directly above it. It consists of reinforcing the headrace tunnel and early invert concrete building. Construction control monitoring based on the results of analysis before excavation was implemented in both measures.

掲載頁
15

補助工法により岩盤崩落の恐れがあるやせ尾根を突破
—国道169号上北山道路 和佐又トンネル—

国土交通省 中尾 勝

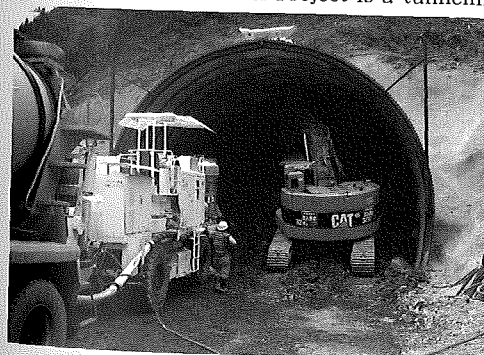
和佐又トンネルは、平成19年に発生した大規模岩盤崩落斜面下を掘削するトンネル工事である。とくに、トンネル終点側はやせ尾根を掘削するように計画されており、トンネル側方の土かぶりか天端の土かぶりに比べて小さい。したがって、トンネル掘削の影響による岩盤崩落の誘発だけでなく、トンネルと斜面の境界地山に応力が集中し、もろい地山が破壊することで岩盤崩壊が誘発されることも懸念された。

本稿では、供用中の国道への影響がもっとも懸念された終点側坑口部で実施した対策工の設計の考え方と施工状況および計測結果について報告するものである。

Breakthrough under Narrow Ridge with Danger of Rock Failure—National Highway 169 Kami-kitayama Road Wasamata Tunnel—

By Masaru Nakao, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

The Wasamata Tunnel Project is a tunneling works to excavate under a mountain where large-scale rock slope failure took place in 2007. In particular, the end portal stands under a narrow ridge and the covering ground thickness on tunnel wall is small compared to thickness on the crown. Consequently, there was concern not only that tunnel excavation would provoke rock slope failure but also that stress concentration at ground between tunnel and surface would break weakened part of ground to provoke rock collapse.



写真は吹付け併用掘削状況

This report gives information on design logic as well as construction and measurement results of countermeasure construction implemented at the end portal at which there was most concern of effects on the existing National Highway in service.

長距離大断面併設シールド技術ほか各種技術で都市トンネルを施工 —首都高速道路 横浜環状北線—

首都高速道路(株) 土橋 浩

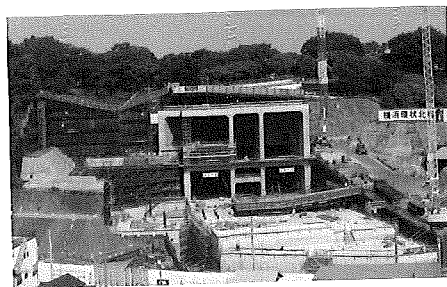
横浜環状北線は、横浜市の交通ネットワークの骨格を形成する「横浜環状道路」の北側に位置し、第三京浜道路港北インターチェンジから首都高速横浜羽田空港線生麦ジャンクションを接続する延長8.2kmの自動車専用道路である。このうち、約7割の約5.9kmにトンネル構造を採用し、家屋移転の最小化や周辺環境の保全を図っている。

本稿では、外径12.5m、延長5.5kmの長距離・大断面併設シールドトンネル工事における覆工の性能および施工時の対策、大口径パイプルーフを用いた非開削工法によるシールドトンネルの拡幅、 $R/D=5$ の超急曲線シールド工事、換気所およびシールドトンネルとの接続、大規模開削トンネルの設計・施工の概要および技術的特徴について報告するものである。

Twin Large Shield Tunnels in Urban—Metropolitan Expressway Yokohama Circular Northern Route—

By Hiroshi Dobashi, Metropolitan Expressway Co., Ltd

The Yokohama Ring Road North is a motorway in length of 8.2km located on the north side of the Yokohama Ring Road which forms the framework of the Yokohama City traffic network. It connects Kohoku IC on Daisan Keihin to Namamugi JCT on Kanagawa Route 1 Yokohane Line. Tunnel structure is adopted on 5.9 km (approximately 70 %) of this motorway to minimization of house relocation and the conservation of the surrounding environment.



写真は子安台換気所(1期)躯体施工状況

This report gives technical features and outline of design and construction about the twin shield tunnelling with a diameter of 12.5 m and a length of 5.5 km, such as the performance and assembling method of lining segment, widening tunnel section in ground using large pipe roof protection, driving shield through sharp curve of $R/D=5$, the connection of the shield tunnel with ventilation shaft, and building of large-scale cut-and-cover tunnel.

凍結工法を活用し虎ノ門交差点直下で既設シールドと地中接合 —東京都下水道 第二溜池幹線—

東京都下水道局 泉谷 信夫

第二溜池幹線・勝どき幹線は、千代田区番町地区、港区赤坂・溜池地区および中央区銀座・築地地区の浸水対策強化および閉鎖性水域の水質改善の観点から整備するものである。

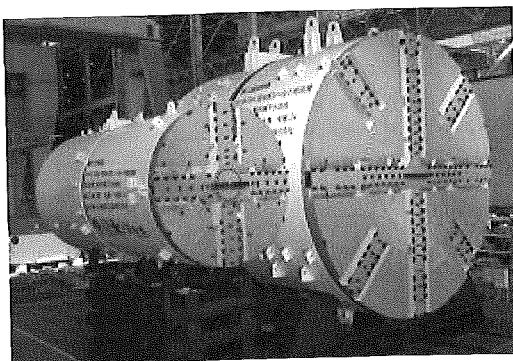
工事は一つの立坑から2連シールドとして発進し、地中で分岐した後、それぞれの幹線到達部まで単円シールドとして掘進できるH&Vシールド工法にて施工することとしている。

第二溜池幹線は、計画全体延長約4.5kmのうち上流約2.0km(仕上がり内径6,500mm)の整備を終え、既設管渠能力を超えた分の雨水を貯留する施設として、浸水被害の軽減に貢献している。第二溜池幹線工事終点部で、この上流部分との地中接続が必要となるため、重要構造物の直下かつ大深度という条件のもと、凍結工法を用いて施工することを計画したので、ここに報告する。

Connect the Sewer with Existing One using the Soil Freezing —Bureau of Sewage, Tokyo Metropolitan Government Daini Tameike Sewer Main—

By Nobuo Izumidani, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

The Daini Tameike sewer main/Kachidoki sewer main is planed to enhance flood measures in the Bancho district of Chiyoda city, the Asakusa and Tameike districts of Minato city and the Ginza and Tsukiji districts of Chuo city, and to improve the quality in closed water.



写真はH&Vシールド

H & V shield machine as joined two shields will start from a shaft and after separating, each shield is to leave for its arrival shaft respectively to build each circular tunnel.

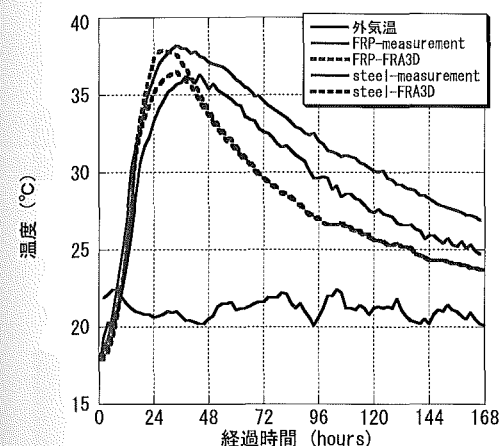
Daini Tameike sewer main was partly completed approx. 2.0 km (diameter of 6,500 mm) in the overall plan of 4.5km. It has contributed to the reduction of flood damage as a facility to store stormwater when the drainage capacity of sewer system is exceeded. As remaining of Daini Tameike sewer main is to connect with the end of the completed one, soil freezing is planed to use under condition of directly under important structures and great depth.

FRP型枠を用いた覆工コンクリートの温度特性

宮崎大学 瀬崎 満弘

本研究は覆工コンクリートの耐久性の向上に資するため、養生方法の改善の試みとして、熱伝導率の低く、水密性が高いFRP(強化プラスチック)を、覆工コンクリートの型枠として使用した場合において、FRP型枠の有用性を検討したものである。トンネル現場において、FRP型枠を使って覆工コンクリートを打設後、覆工コンクリートに発生する温度を測定した。また、有限差分法による温度のシミュレーション解析を行った。

FRP型枠を使用して打設された覆工コンクリートの温度は、鋼製型枠を使用して打設されたコンクリートより、覆工コンクリートの平均温度が3~4℃高くなることが現場実験で確認された。また、数値解析においても同様な結果が得られた。



図は覆工コンクリートにおける温度の実測値と解析値の比較

Thermal Behaviour of Lining Concrete Made with FRP Concrete Form

By Mitsuhiro Sezaki, University of Miyazaki

This study evaluates the availability of FRP concrete form which posses the characteristics as low heat conductivity, highly watertight to remediate concrete lining curing with the goal of improvement of durability of lining concrete.

After pouring concrete into FRP form of tunnel lining, measurements of temperatures generating from the lining concrete were taken at construction sites. In addition, temperature simulation analysis was conducted with the finite difference method.

On-site experiments confirmed that the average temperature of the lining concrete made with FRP form is 3-4 degrees C higher than the one using metal form. Further, the same results were obtained in numerical analysis.

「ITA総会および世界トンネル会議(ヘルシンキ)」報告

日本トンネル技術協会

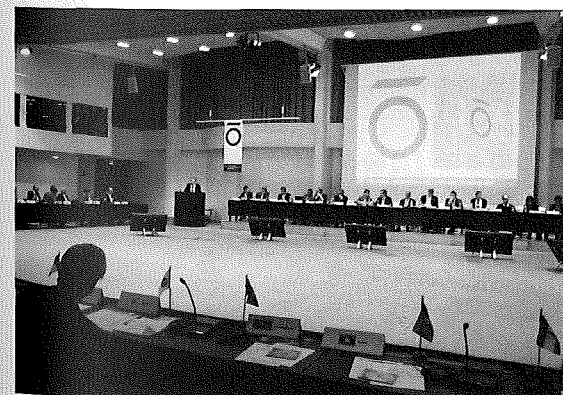
第37回国際トンネル地下空間協会(ITA)総会は、2011年5月20~25日フィンランドのヘルシンキで加盟64か国中、49か国が参加した。また、総会にあわせて開催された2011年世界トンネル会議(WTC)は、ITA、フィンランドトンネル協会、土木技術士協会の共催により「持続可能な社会に向けての地下空間」のテーマのもとで、約1,400名が参加した。総会では、事業報告などが行われた。2014年の開催地をブラジルのサンパウロに決定した。

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

ITA Annual Meeting and World Tunnel Congress (Helsinki) Report

By Japan Tunnelling Association

The International Tunnelling and Underground Space Association (ITA - AITES) held its 37th meeting in Helsinki, Finland from 20th - 25th May, 2011 with participants from 49 of the 64 member nations. The World Tunnel Congress (WTC) 2011 which was held in conjunction with the meeting had approx. 1,400 participants from all over the world and jointly held by the ITA, the Finnish Tunnelling Association and the Finnish Association of Civil Engineers with the theme of "Underground spaces in the service of a sustainable society".



写真はITA総会

Business reports, etc. were given at the meeting. It was decided that the 2014 meeting will be held in Sao Paulo, Brazil.

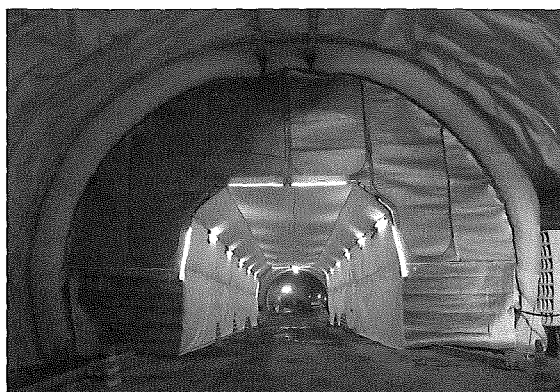
The World Tunnel Congress Program was composed of keynote speeches, technical sessions and site visits.

トンネルバルーン覆工コンクリート トータル養生工法

長期耐久性に優れた高品質な

NETIS登録
(No.HR-040005)

覆工コンクリート施工を実現します！



特許出願中

覆工養生バルーン

脱型後の覆工コンクリートを覆います。

【特徴】

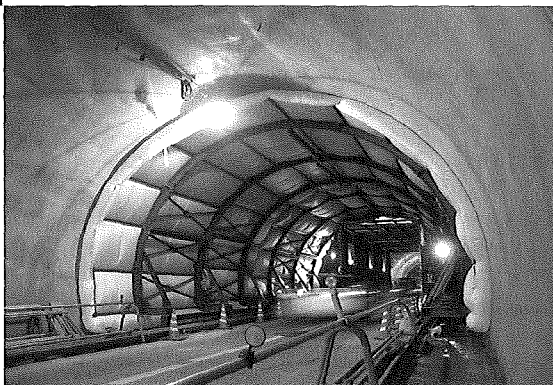
1. 長期材齢の強度アップ
2. 覆工コンクリートの表面を湿潤状態に保ちます。
(乾燥収縮クラックの低減に貢献します)
3. 断熱効果が期待できます。
(内部と表面の温度差が少ない⇒
温度応力の低減)

セントル温度養生バルーン

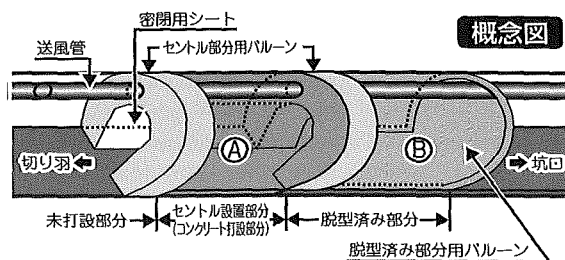
打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い
温度養生をします。

【特徴】

1. 若材齢時に温度管理をすることで初期強度が向上します。
2. 高品質コンクリートの確保が可能です。
(脱型時コンクリートの付着が減少します)
3. サイクルタイムの短縮が可能です。
4. 洗いが水が車両通行部に落ちません。



特許3811478号



① セントル (コンクリート型枠) を両サイドのバルーンと密閉用シートで密に空気層をつくり保温・保湿する
② 打設後のコンクリートに薄い筒状のバルーンを密着させ保温・保湿する

2005年『日経BP技術賞 建設部門』受賞



岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO., LTD.

本社・工場 岐阜県本巣市十四条144番地

TEL 058 (323) 2000(代) FAX 058 (323) 1176

東京支店 TEL 03 (5836) 0531 FAX 03 (5836) 0532

仙台営業所 TEL 022 (259) 2239 FAX 022 (259) 3664

九州営業所 TEL 092 (713) 5265 FAX 092 (714) 3028

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



東 宏
株式会社

本社 北海道札幌市東区北20条東5丁目1番7号

TEL 011 (742) 3331 FAX 011 (742) 3333

東京支店 TEL 03 (3683) 8011 FAX 03 (3683) 8028

道東営業所 TEL 0155 (34) 6311 FAX 0155 (34) 8494

URL <http://www.k-toukou.jp/>

巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)



モグラ新幹線と技術的課題

鉄道・運輸機構理事(本協会理事)

宮林 秀次

鉄道・運輸機構は、わが国の鉄道ネットワークの整備を推進するため、国土交通軸を形成する新幹線や都市圏における利便性の向上のための都市鉄道などを建設しています。新幹線では北海道新幹線(新青森・新函館)、北陸新幹線(長野・金沢)、九州新幹線(武雄温泉・諫早)の各路線、都市鉄道では相鉄・JR直通線と相鉄・東急直通線、このほかに受託工事として仙台地下鉄東西線、山梨リニア実験線などを建設しています。

このうち、新幹線の建設は全体予算の約85%を占める大きな事業ですが、最近の傾向として、路線延長全体に占めるトンネルの比率の高さが挙げられます。例えば、昭和の時代に開業した東海道新幹線では13%、東北新幹線(東京・盛岡)23%、上越新幹線(大宮・新潟)40%、モグラ新幹線といわれた山陽新幹線(新大阪・博多)では50%となっています。一方、最近10年の間に開業した九州新幹線(新八代・鹿児島中央)では70%、東北新幹線(盛岡・八戸)72%、東北新幹線(八戸・新青森)61%と、いずれも山陽新幹線を凌ぐモグラ新幹線となっています。

このように、全体に占めるトンネルの比率が大きくなってきた背景としては、昭和50年代に導入されたNATMの普及による掘削時の安全性向上や建設コストの大幅な低減など、トンネル施工技術の飛躍的な進歩によるところが大きいと考えられます。さらには、新幹線の高速走行性確保のための平面線形上の制約(最小曲線半径は東海道新幹線2,500m、山陽新幹線以降4,000m)や用地取得上の制約、雪対策などもその要因と考えられます。また、補助工法などの技術の進歩により、未固結な地質からなる小土かぶりの地山でも、山岳トンネルが採用される事例が増えています。例えば、昨年12月開業の東北新幹線(八戸・新青森)の八戸・七戸十和田間(36.2km)ではトンネル区間が18kmありますが、このうち土かぶりがほぼ1D(D:トンネル掘削幅)以下のトンネルが延長7kmにもわたって存在しています。このように、新幹線の建設においてトンネル構造物の果たす役割は、ますます重要なものとなっています。

施工

県道直下および導水路トンネル直上を近接施工

—首都圏中央連絡自動車道 小西トンネル—

東日本高速道路(株)関東支社木更津工事事務所東金工事区工事長 岸 隆
 東日本高速道路(株)関東支社木更津工事事務所東金工事区 高橋 一暢
 大成建設(株)千葉支店小西工事業所所長 金野 正一

ところで、先の東日本大震災では、東北新幹線や在来線など鉄道の被災状況をみると、電化柱の折損や高架橋柱の損傷、盛土の沈下や流出など明かり構造物での被害が主で、トンネルにおいて大きな被害はなかったと聞いています。しかし、かつての兵庫県南部地震(1995年)では被災地域内にあった鉄道や道路など110本の山岳トンネルのうち山陽新幹線六甲トンネルをはじめとする12トンネルが補強または補修を要する被害を受け、新潟県中越地震(2004年)でも138本の山岳トンネルのうち上越新幹線魚沼トンネルなど49トンネルが補修を要する被害を受けたと報告されています。いったんトンネルが被災すると、その空間的制約から復旧には相当の労力と時間を要し、例えば山陽新幹線では復旧までに81日、上越新幹線では66日を要しています。年間約3億人に利用される新幹線が、災害により一部区間とはいえ長期にわたり不通となった場合の日本経済に及ぼす影響は計り知れなく大きなものとなります。

一般的に、トンネルは地山と一体となっているため、地震の際に構造物に作用する慣性力が小さく、橋梁や盛土などの地表構造物と比較して耐震性に優れているとされています。しかしながら、上記のように山岳トンネルでも地震の規模や震源からの距離によっては、覆工コンクリートの剥落やインバートコンクリートの隆起などの被害を受けることがあります。とくに土かぶりの小さな坑口付近、断層破碎帯や地質の急変部、土砂地山中に施工される場合には設計上の検討が必要とされていますが、現場では過去の事例分析の結果をベースに経験的な耐震性能の評価が行われているのが現状です。地震対策工や耐震設計法に関するさらなる具体的な手法について検討が進められることを期待します。

今後、新たに着工が期待される新幹線の路線においても、トンネル構造物は重要な役割を担います。当機構では、毎年度各分野において課題を決めて技術開発に取り組んでいます。トンネル分野においては、例えば先に述べた耐震性能の向上を図るべく、効果的な地震対策工の検討に取り組んでいます。また、掘削後水に触れると酸性水を発生し、重金属類を溶出させる鉱化変質岩の安全かつ経済的な処理方法の開発や、山岳部で開発されたNATMとシールドを融合した新しいトンネル工法(SENS)の都市部への適用などのテーマにも取り組んでいます。今後も社会の要請や想定される工事上の課題を見据えつつ、着実な技術開発を通じて環境負荷の少ない品質の高い鉄道の建設に努めてまいりたいと思っています。

1 はじめに

首都圏中央連絡自動車道(圏央道)小西トンネルは、東金～茂原間約22kmのうち大網白里町付近に位置する上り線796mの2車線トンネルであり、上り線の暫定施工で計画されている(図-1)。

本トンネルは、次の2区間において近接施工区間がある。1区間目は、主要地方道の県道直下を土かぶり約10m程度で通過し、地表面沈下が懸念される「地表面沈下対策区間」であり、2区間目は、房総半島に生活および工業用水を送水するための重要水路である房総導水路の直上を、離隔4.7m、交角20°で交差し、既設導水路への影響が懸念される「既設導水路区間」である。

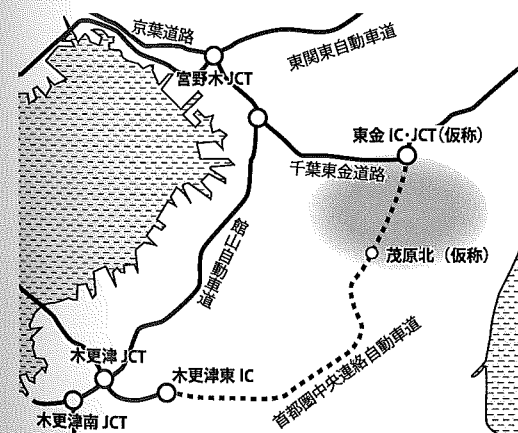


図-1 現場位置図

この2区間の近接施工では、トンネル掘削により地表面沈下や既設導水路への影響を極力小さくすることが最重要課題であった。本稿では、事前検討による補助工法の計画や管理基準値を設定した計測工、施工の進め方について報告する。

2 地形・地質概要¹⁾

2-1 地形

トンネル付近の地形は、山稜の標高が30～50m程度の低い丘陵地形であり、浸食、開析が進み瘦せ尾根が残った、低標高ではあるが、山頂付近に比較的急斜面を有する地形となっている。

全体に土かぶりが小さく、横断するいくつかの谷部では、トンネルが地上に突出する区間を有する。

2-2 地質

トンネル計画地の地質は、新生代第三紀鮮新世から第四紀更新世にかけて堆積した上総層群の笠森層であり、比較的固結度が高い上部泥岩優勢層(砂質シルト・シルト質細砂)で泥岩が主体となっており、所々に砂層を挟んでいる(図-2)。

3 交差県道の沈下対策について

3-1 概要

交差県道の管理者との協議により地表面沈下を10mm以下に抑える必要があり、側壁導坑先進工法

小西トンネル(上り線) L=796.0m

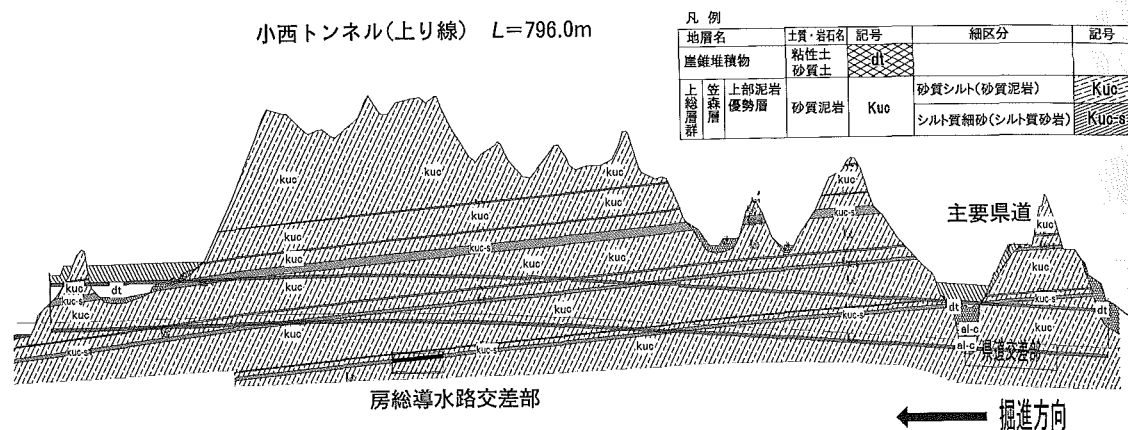


図-2 小西トンネル地質縦断面図

と注入式長尺フォアパイリングを採用した(図-3)。

選定の理由として、従来の上半先進ベンチカット工法では上半盤の地耐力が不足し、支保工の沈下が生じることが懸念されたため、側壁導坑先進工法を選定した。また、掘削から1次支保が完了するまでの間の切羽安定対策工として、注入式長尺フォアパイリングを選定した。

以下にその計画と実績について記述する。

3-2 地表面沈下対策区間

交差県道への影響範囲は、トンネル掘削による地表面への影響がトンネルの底盤から $45^\circ + \phi/2$ の角度で地表面に伸ばしたところまで及ぶものとした。

対策区間の開始位置は、対象地山が笠森層砂質泥岩であり、その内部摩擦角 ϕ は、地質調査結果¹⁾より 16.9° なので、トンネル掘削による影響範囲を考慮しSTA.42+80とし、終了位置は、県道全幅からはSTA.42+25までとなるが、小土かぶり区間を加えてSTA.42+19とした。

また、小土かぶり区間は、事前にソイルセメントによる盛土を施工後、トンネルを掘削した。

よって、地表面沈下対策区間はSTA.42+80からSTA.42+19までの61mとした(図-4)。

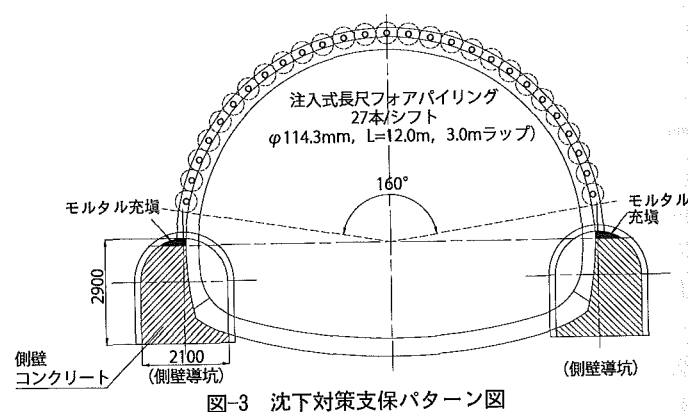


図-3 沈下対策支保パターン図

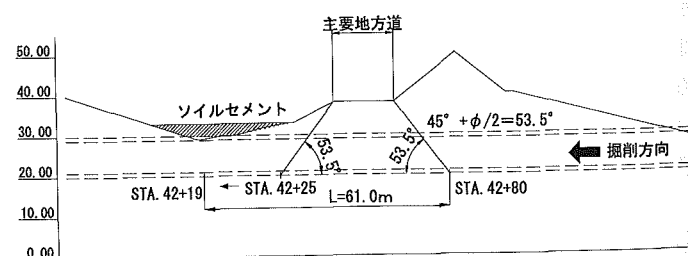


図-4 沈下対策位置図

3-3 沈下対策工

(1) 側壁導坑先進工法

側壁導坑の1次支保は鋼アーチ支保工をH-125、吹付け厚さを175mmとし、側壁コンクリートは設計基準強度 $18\text{N}/\text{mm}^2$ で施工を行った。

(2) 注入式長尺鋼管フォアパイリング

注入式長尺鋼管フォアパイリングは、鋼管($\phi 114.3\text{mm}$)を打設範囲 160° (27本/シフト)で施工し、注入材にはセメント系を用いた。

3-4 解析結果

沈下対策工および上半先進ベンチカット工法の解析結果を以下に示す。対策工では、トンネル軸線上の地表面で最大10mmの沈下となった。

図-5にトンネル横断方向の地表面沈下量の分布図を示す。対策工では県道の全幅にわたって沈下量が大幅に抑制されている。

図-6にトンネル完成時の地山のモールの破壊接近度の分布図を示す。破壊接近度が0の黒色着色で示した領域は地山が塑性化している領域を示し、対策工の側壁コンクリートによってトンネル脚部の地山塑性破壊領域が減少し、脚部沈下の抑制に寄与していることを確認した。

また、注入式長尺鋼管フォアパイリングの打設範囲を 130° から 160° に変更したことで地山改良範囲が広がり、トンネル側壁から地表面に延びる塑性領域が発生しない結果となった。

以上の結果より、対策工は地表面沈下に対して効果的であることが確認できた。

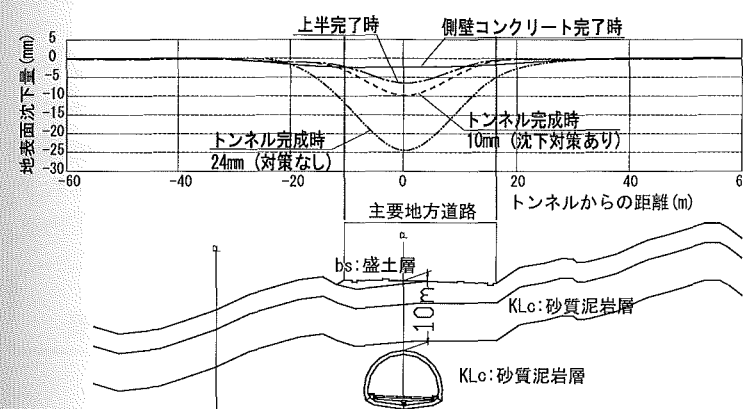


図-5 トンネル横断方向の地表面沈下量

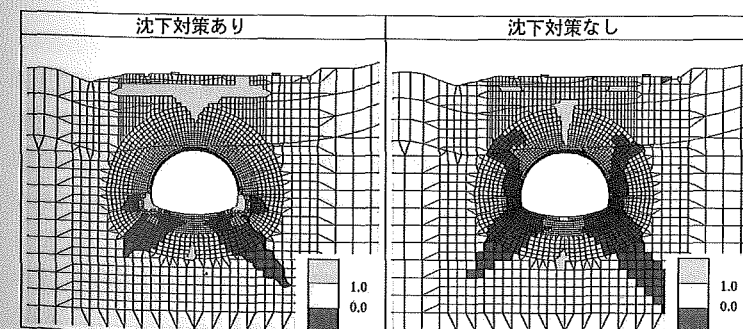


図-6 地山の破壊接近度の分布図

3-5 施工結果

3-5-1 施工フロー

図-7に終点側坑口部から沈下対策区間の下半掘削までの手順を示し、以下に施工の留意点を述べる。

(1) 終点側坑口から側壁導坑開始位置までの本坑掘削

交差県道への影響の有無を地表面沈下計測によって確認しながら施工を行った。側壁導坑の開始位置までの本坑切羽には、安定対策として鏡吹付けコンクリートを10cm施工した。

(2) 側壁導坑掘削

下半切羽の左右に坑口を付け、掘削機械については地山への振動を低減するため、カッターローダーを使用し、掘削断面積は 7.3m^2 と小断面のため、掘削以外の吹付けコンクリートなどの作業は人力施工で行った。施工中は計測および切羽観察を行い、本坑施工時のデータとしてフィードバックした。

(3) 側壁コンクリート打設

側壁コンクリートの配合は通常の覆工コンクリートと同配合($18\text{N}/\text{mm}^2$)とし、設計巻き厚の外側に施工を行った。打設にあたっては、浮石などを除去したうえで岩着させた。また、側壁コンクリートの上部にできる空隙により、上半掘削時に沈下が大きくなることが懸念されるため、コンクリート打設後、モルタルを用いて天端の空隙部を確実に充填した。

(4) 沈下対策区間の上下半掘削

上半掘削の際は、 $L=12.0\text{m}$ のAGFを3mラップの1シフト27本(打設範囲は 160°)で施工した。注入材はセメント系を用いて、定量管理により注入を行った。

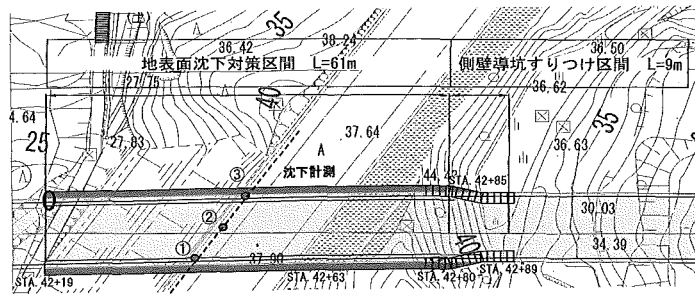


図-7 施工フロー図

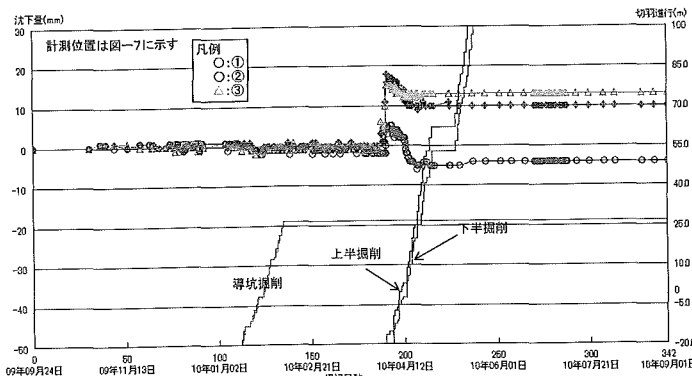


図-8 地表面沈下図(覆工完了まで)

表-1 地表面沈下の解析値および実施工

工 程	地表面沈下量(mm)	
	解析値	実施工
導坑掘削時	2.9	2.0
本坑掘削時	10.0	4.0

3-5-2 地表面沈下計測結果

図-8に交差県道部の地表面沈下計測結果を示す。解析結果では地表面沈下が最大10mmと想定されていた。表-1に各工程での解析値および計測結果を示す。

導坑掘削時の地表面沈下量は解析時の2.9mmに対して、最大2.0mm程度の小さな沈下量補助工法の注入圧により隆起が見られたが、本坑掘削完了時で最大4.0mmの沈下となった。その後のインバートおよび覆工コンクリートの施工による影響は見られず、最終的にも4.0mmの沈下となった。

また、トンネルの天端沈下および内空変位の計測結果は、STA.42+90に設置した計測断面で本坑掘削時の変位量は7.7mmと天端沈下がもっとも大きく、内空変位は4.1mmのトンネル内空側への変位であった。

4 既設導水路変状対策

4-1 概要

房総導水路は房総半島に生活および工業用水を送水するための重要水路であり、トンネルとの近接施工の影響についてマニュアルなど^{2),3)}での照査を行った結果、近接距離が制限範囲内(離隔距離<5.0m)となるため、導水路の保全を行う必要があった(図-9)。

補強区間は、解析結果より、小西トンネル脚部交差位置から、それぞれ10m以上離れると覆工増加応力が許容値を下回ると考えられるため、図-10に

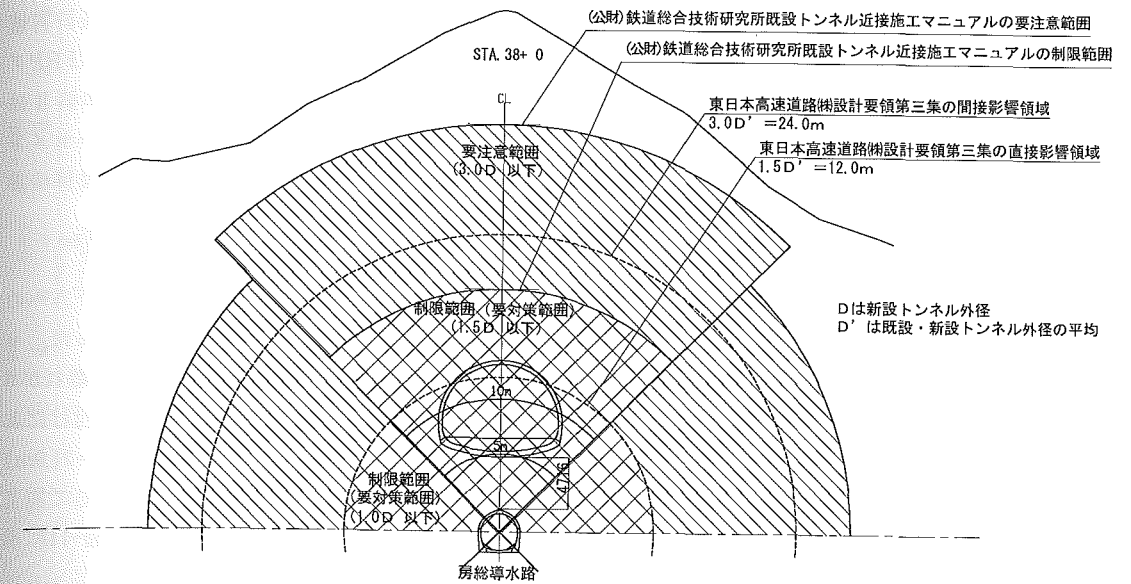


図-9 交差位置付近の影響範囲横断面図

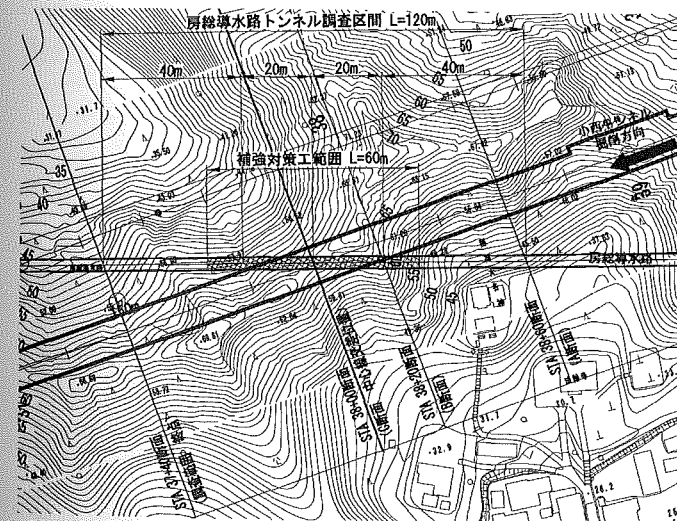


図-10 補強対策範囲

示すL=60mとした。

保全対策として、事前の解析の結果より、許容増加引張応力を若干上回る応力が発生するため、事前の導水路内面の補強を実施し、また、既設の導水路の覆工コンクリートの増加応力度の計測を実施し、その結果により掘削時の補助工法を実施した。

4-2 導水路の健全度と補強対策工

(1) 導水路の健全度調査

導水路内において、観察調査、コアボーリング、

電磁波探査を行い、覆工のクラック発生状況、目地の異常、覆工背面空洞の分布状況、巻き厚、コンクリート強度などについて調査を行った結果、覆工厚も設計の20cmに対して、平均で35cm、最小でも24cm以上を確保していた。

また、覆工背面に空洞も確認されず、非常に良好であった。

(2) 補強工の検討理由

解析の結果からは、許容増加引張応力を若干上回る応力が発生するものの、ひび割れが発生する可能性は低いと考えられたが、以下の理由により補強工を検討、実施することとした。

- ① 解析結果は、地山弾性係数を設定するうえで、除荷を考慮して試験値の3倍とした結果であり、実際の除荷時の変形係数は未知である。
- ② 周辺地山が風化しやすい泥岩であるため、トンネル完成後に周辺地山の劣化が懸念される。
- ③ 房総導水路は、房総半島の大半の水資源となり、代替ルートも確保できず、流水停止に制約が大きく、万が一にも損傷を受けること

は許されない。

導水路内面の補強工は、増加応力の許容値に対する不足分を補うものとして施工した。選定条件は以下のとおりである。

- ① 本導水路トンネルの補強工は、短期間の流水停止期間しか設定できないことから、極力短時間で施工可能な工法を選定する必要が生じた。
- ② トンネルの入口がマス状の立坑となっているため、施工箇所への大型機械の搬入が困難であった。
- ③ 水路トンネルの性能から極力断面縮小を避け、対腐食性能が大きい材料による補強が必要であった。

以上の選定条件より、覆工面をバキュームブラストでケレンし、FRPグリッドをリベットアンカーにより固定して、付着力の高い特殊ポリマーセメントモルタル(13mm)を吹付け、覆工コンクリートと一体化させた。

4-3 計測計画

既設導水路の近接施工にあたり、以下の計測項目で管理を行った。

- ① 導水路内の覆工のひずみ計測
- ② 交差部に地上より設置した地中変位計測
- ③ トンネル坑内に設置した地中変位計測
- ④ トンネル坑内の天端沈下および内空変位計測

以上の4項目を実施し、①のひずみ計測を主管理計測とした。以下にそのひずみ計測について記述する。

4-4 導水路内の覆工のひずみ計測について

4-4-1 覆工ひずみ計測の設置位置

導水路内の3断面でひずみ計測を行った。断面A(STA.38+60)は補強区間から30m離れた地点、断面B(STA.38+20)は補強区間の始点から10m地点、断面C(STA.38+00)は補強区間の中心位置である(図-10)。

4-4-2 管理基準値の設定

導水路の覆工のひずみ計測については以下の管理基準で計測管理を行った。

FRPグリッドの引張りひずみ量 $2,424\mu\epsilon$ を許容値(限界値)とし、管理基準値Ⅰは $1,616\mu\epsilon$ (FRPグリッドのひずみ量の $1/1.5$)、管理基準値Ⅱは $2,424\mu\epsilon$ として管理した。また、ポリマーセメントの引張り許容値(限界値) $296\mu\epsilon$ を施工推移の参考値として用いた。

4-4-3 施工手順

補強区間における施工工法は基本的に下方への緩み防止対策となりうる以下の工法で行った。

上半・下半を掘削後、下半鏡面からの離れが6m以上とならないように、インバート吹付けによる閉合を行い、交差中心前後の2BL($L=21.0\text{m}$)の本設のインバートコンクリートを先行して施工するものとした。詳細の施工次第図を図-11に示す。

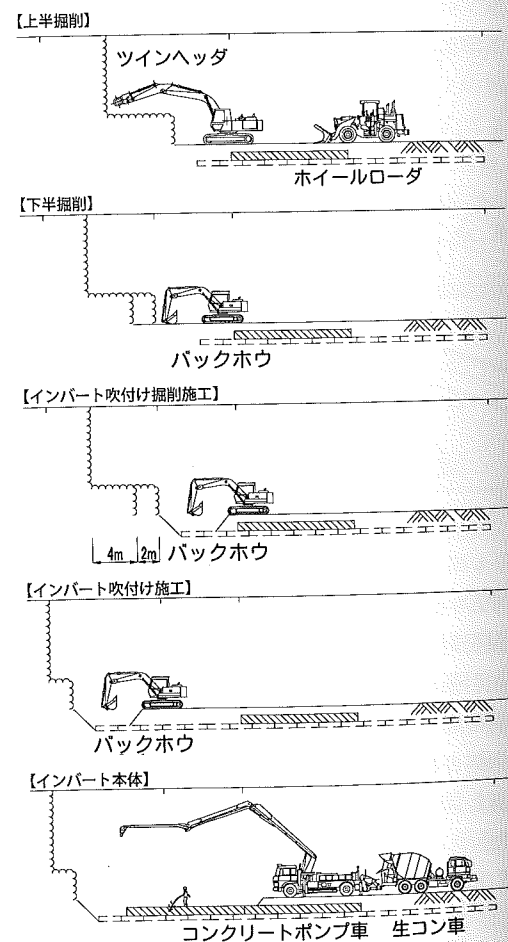


図-11 導水路対策工における施工次第図

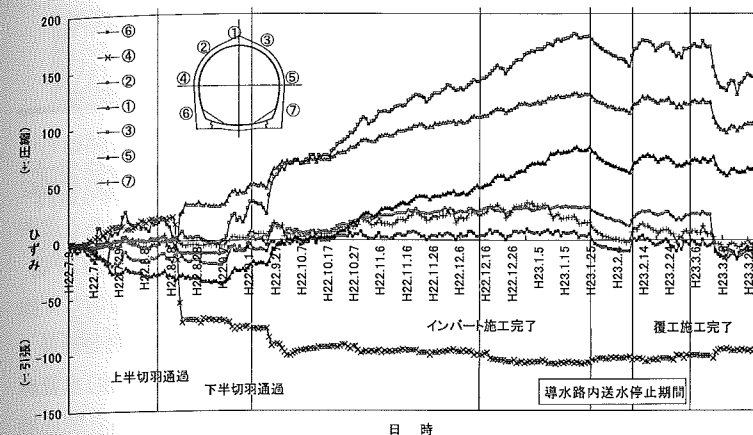


図-12 導水路内の覆工歪み計測(圧縮: +, 引張: -)

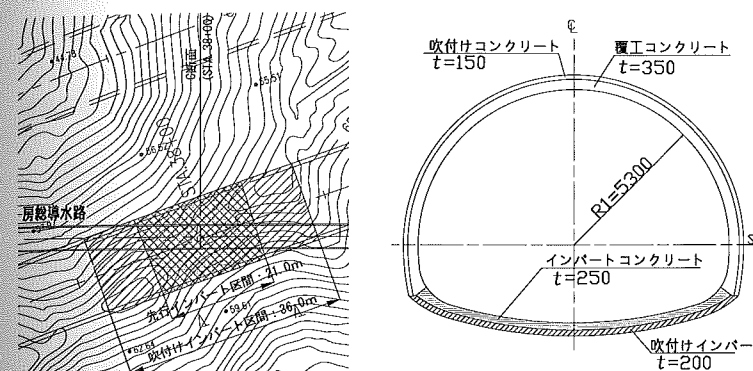


図-13 既設導水路の補強断面図

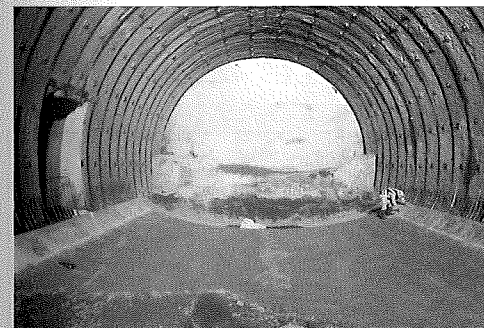


写真-1 トンネル内補強対策工完了全景

4-4-4 計測結果

導水路内の覆工ひずみ計測について以下に記述し、代表的な断面Cのグラフを図-12に示す。

- ① 断面A(STA.38+60): トンネル掘削時の影響によるひずみの変化量は最大で $14\mu\epsilon$ の引張であり、トンネル側へ引張られる傾向となった。
- ② 断面B(STA.38+20): トンネル掘削時の

影響によるひずみの変化量は最大で $25\mu\epsilon$ の圧縮であった。上半掘削時には一時的に側壁が広がる傾向が見られたが、下半掘削時には逆に側壁が内空側に押される傾向となった。

- ③ 断面C(STA.38+00): トンネル掘削時の影響によるひずみの変化量は最大で $120\mu\epsilon$ の引張であった。導水路の上部の荷重が除荷され、側壁が外圧により内空側へ押される傾向となった。

以上の計測結果より、断面Cにおいてのみ解析による発生予測ひずみ量($95.5\mu\epsilon$)を超える結果となった。

また、補強区間の中心位置である断面C(図-11)において上半切羽通過時にひずみの変位速度が著しく大きくなったため、

図-13に示すように、小西トンネル内に吹付けインバート(36.0m)と本設インバートを(21.0m)実施した。写真-1に対策工完了時の全景写真を示す。

4-5 施工後の導水路内部の点検結果

本トンネルの覆工コンクリート完了後、導水路内部にて近接施工による影響確認を行った。調査方法は目視確認およびひび割れなどの形状寸法測定、打音確認である。調査結果は、補強区間に発生していた「シミ・ひび割れ」がひび割れ幅 0.05mm 程度であった(写真-2)。また、補強材の剝離も確認されなかった。以上の結果により、本トンネル施工による導水路の構造に対する影響はなかったと判断される。

5 まとめ

本トンネルで、トンネルの直上および直下での近接施工を行った結果を以下に述べる。



写真-2 既設導水路ひび割れ状況

近接部直下の対策(交差県道の沈下対策)としては、側壁導坑による上半掘削時の沈下抑制対策および地山の地耐力を増加させ、天端の緩み領域を低減させる工法が有意であることが確認できた。

また、近接部直上の対策(既設導水路変状対策)としては、トンネル断面のインバート吹付けでの早期閉合による緩み域の抑制が有意であることが確認できた。

上記の結果より、近接施工を行うときはその施工状況に応じた地山の緩み領域を低減させる対策

工法の選定が重要となる。

6 おわりに

本トンネルは2009年11月に坑口付けを開始してから2010年11月の貫通までの期間で、さまざまな対策工を行うことによって、近接施工である箇所の施工を無事完了することができた。

最後に本工事を施工するにあたり、適切なご指導をいただいた小西トンネル施工技術検討委員長：西村和夫・首都大学東京教授や川野・(独)水資源機構房総導水路管理所長をはじめとする各関係機関の方々に、この場を借りてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 首都圏中央連絡自動車道小西トンネル土質地質解析業務報告書。
- 2) 東日本高速道路：設計要領第三集 トンネル編。
- 3) 鉄道総合技術研究所：既設トンネル近接施工マニュアル。

施工

補助工法により岩盤崩落の恐れがあるやせ尾根を突破

—国道169号上北山道路 和佐又トンネル—

国土交通省近畿地方整備局奈良国道事務所工務課長 中 尾 勝
五洋建設(株)大阪支店和佐又トンネル工事事務所監理技術者 鈴木 章一郎
五洋建設(株)大阪支店和佐又トンネル工事事務所工事係 齊 藤 佑 樹
五洋建設(株)土木本部土木設計部 新 井 延 幸

1 はじめに

国道169号上北山道路は、紀伊半島を南北に横断し奈良県南東部地域・三重県東紀州地域と京阪神を最短で結ぶ唯一の幹線道路である。

平成19年1月に大台ヶ原山の西北西約10km、新伯母峰トンネルの南側約1kmで発生した岩盤崩落によって3名の人命が失われ、80日間にわた

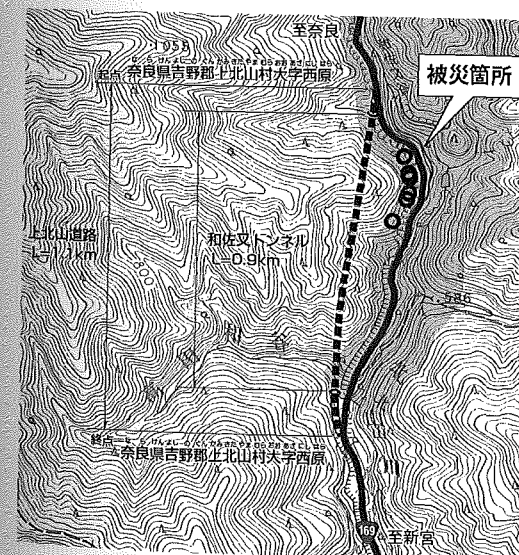


図-1 上北山道路位置

て国道が全面通行止めとなった。そのため、京阪神方面への物流だけでなく、地域の生活・医療、観光やレジャーにも甚大な影響を与えた。

そこで、防災の観点から緊急に当該区間を整備する必要があることから国による直轄権限代行事業「上北山道路」として整備を進めることとした。この「上北山道路」はトンネルを主体とした延長1.1kmの2車線のバイパス道路である。被災区間については、「国道169号防災対策検討委員会」(以下、「委員会」と称す)でトンネル構造とする恒久対策がとられることとなった。

和佐又トンネルは延長924.0m、内空断面積47m²のNATMによる2車線道路トンネルで、平成22年9月10日に無事貫通した。

図-2に坑口部の標準断面図を示す。

本稿は、供用中の国道への掘削の影響がもっと

表-1 上北山道路計画諸元

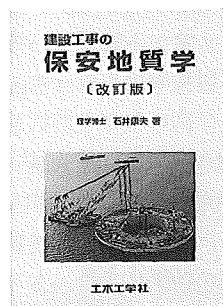
路線名(箇所名)	国道169号上北山道路
延 長	1.1km
規 格	第3種第3級
斜 線 数	2車線
設 計 速 度	40km/h
場 所	吉野郡上北山村大字西原

ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!

建設工事の 保安地質学 〔改訂版〕

理学博士 石井康夫 著

A5判 上製本 475頁 価格6,300円 円340円



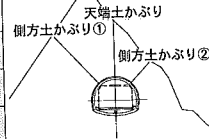
本書は、多くの人が『地質の知識を通して、安全を守る』という点の理解を深めることを目的とし、安全教育の資料、あるいは災害時に直接役立つように各種のエピソードや適用法規まで加えた他の技術専門書とは異なったタイプのユニークな地質専門書である。

株式 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

表-2 土かぶり一覧表

測 点	側方土かぶり① (m)	天端土かぶり (m)	側方土かぶり② (m)
No.48+00	30.5	26.6	14.6
No.48+05	28.9	23.1	13.6
No.48+10	27.6	20.1	11.6
No.48+15	26.0	17.3	9.0
No.49+00	24.3	16.5	8.5
No.49+05	24.0	15.1	8.1
No.49+10	18.8	13.8	6.9
No.49+15	18.0	12.3	5.7
No.50+00	13.7	12.0	6.1
No.50+05	9.9	9.1	5.0
No.50+10	5.3	8.6	3.2



■ 土かぶり 1D~1.5D
■ 土かぶり 1D未満

3 終点側坑口部の岩盤崩落抑制対策

3-1 掘削方式の変更

当初、トンネルの掘削方式は発破掘削で計画されていたが、起点側坑口部は表層斜面のすべり、終点側坑口部は岩盤崩落が懸念された。そこで、掘削中の発破振動の影響を抑制するために、DⅢa区間の掘削方式を1,300kg級ブレーカを用いた機械掘削方式へ、DⅠ-b区間をロックバスターとブレーカを併用した掘削方式に変更した。またCⅡ-bの一部区間で標準発破方式から電子遅延式雷管を用いた制御発破方式に変更し発破振動を低減させることで、岩盤斜面への影響を低減した。

さらに、DⅢa区間の掘削では、ブレーカと吹付け機を切羽に並列させた吹付け併用掘削を行った。これによって、掘削から1次吹付けまでの時間を短縮させ、早期に支保効果を確保するものとした。同時に鏡ボルト(FRP製 $L=4$ m)と厚さ5cmの鏡吹付けを施工し、鏡面の抜落ちを防止した。

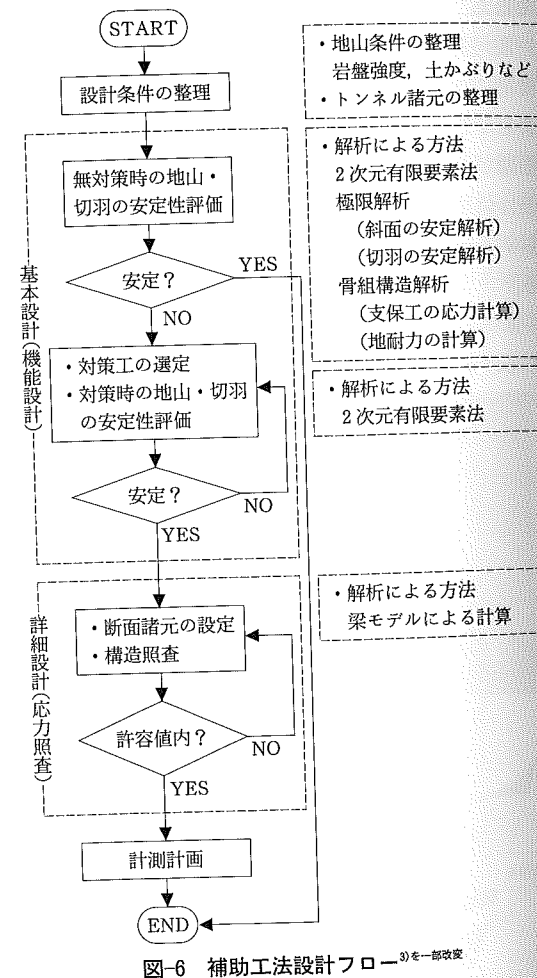
3-2 補助工法

3-2-1 補助工法の設計の考え方

終点側坑口部の対策工の計画にあたっては、岩盤崩壊の主原因となる低角節理面への影響極小化



写真-2 吹付け併用掘削状況



対策とトンネル完成後の地山経年劣化対策も含めた対策工を検討・計画するものとした。

また、これまで個別に実施されがちだった、対策工の選定と補助工法に要求される目的を満足する構造耐力・剛性を決定する基本設計(機能設計)、

補助工法の構造体耐力・剛性を満足する寸法諸元を設計する詳細設計(応力照査)および計測管理を一連の流れとして数値解析を主体として設計を行うものとした。

図-6に補助工法設計フローと検討項目を示す。

3-2-2 無対策時の地山の安定検討

(1) トンネル掘削時の地山の安定検討

トンネル掘削時の地山の安定性の評価を、2次元要素法解析を用いて行った。地山の物性値は、岩石コアの力学試験で得られた内部摩擦角および粘着力を亀裂状態に応じて低減して設定した。また、支保工の物性値はH形鋼と吹付けコンクリートの合成断面として評価している。表-3および図-7,8に地山物性値と解析結果を示す。

解析の結果、国道側トンネル肩部に安全率が低い箇所が発生することがわかった。この安全率低

表-3 地山の物性値

岩盤等級	単位体積重 γ (kN/m^3)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	粘着力 c (kN/m^2)
CL級岩盤	22	29.0	39
CM級岩盤	23	35.2	39
CH級岩盤	24	42.6	46

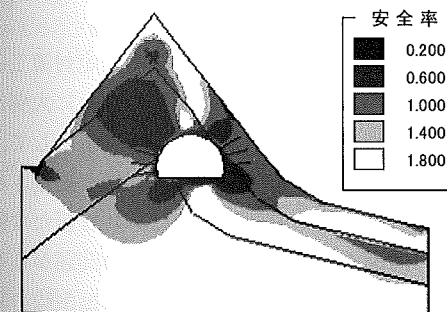


図-7 解析結果(No.50+00)

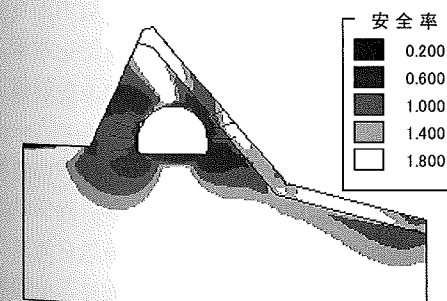


図-8 解析結果(No.50+10)

下領域は、国道に面するのり面にまで及んでおり、トンネル掘削に伴って岩盤斜面の安全率が低下することが予測された。さらに溪流側のり面のCL層内部にも安全率が1.0を下回る箇所が発生している。この部分は側方土かぶりが小さい箇所であり、当初想定したトンネルと斜面の境界地山への応力集中によってトンネル側方地山が破壊する恐れが高いことが考えられた。

(2) 斜面の安定検討

極限解析として、トンネル掘削に伴う地山の緩みを考慮した岩盤斜面の安定解析を行った。トンネル掘削に伴う緩み領域をトンネル掘削面から $45+\phi/2$ の範囲とし、緩み領域の地山物性値は、表-3に示した内部摩擦角および粘着力を内部摩擦角 $\phi'=0.8\times\phi$ 、粘着力 $c'=0.5\times c$ で低減して設定した。表-4,5に地山状態とトンネル掘削時の岩盤斜面の安定計算結果を示す。

地山状態では、国道側のり面および溪流側のり面ともに所定の長期安全率(=1.2)を確保してお

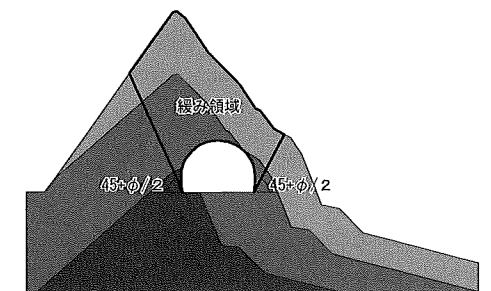


図-9 解析モデル(No.50+00)

表-4 斜面の安全率(地山状態)

測 点	国道側	溪流側	備 考
No.49+0	2.01	1.72	
No.50+0	1.74	1.27	国道側
No.50+10	1.52	2.08	国道169号
No.50+12.6	4.20	6.55	

表-5 斜面の安全率(トンネル掘削時)

測 点	国道側	溪流側	備 考
No.49+0	2.01	1.01	
No.50+0	1.45	0.93	国道側
No.50+10	1.11	1.21	国道169号
No.50+12.6	2.22	3.43	

り、安定していると考えられるが、トンネル掘削時の緩みを考慮すると、No.49+0, No.50+0, No.50+10の3断面の国道側および溪流側のり面で所定の安全率($F_s=1.20$)を下回る結果となった。

(3) 三次元効果を考慮した切羽の安定検討²⁾

切羽の三次元効果を考慮した切羽の安定検討を行った。ここで、切羽の三次元効果とは、切羽前方のすべり土塊をくさび状のブロックであるとし、ブロック上面に作用する緩み荷重の算定において、トンネル縦断方向ばかりでなく、横断方向の緩みの基底幅を考慮したもので、緩み荷重は次式で求められる。

$$p_t = (\gamma/X - c')(1 - e^{-H/X})$$

ここで、 γ ：土の単位体積重量

H ：土かぶり高さ

X ：緩み荷重係数

c' ：粘着力の補正值

安定計算の結果、切羽の滑動力が $S=459\text{kN/m}$ 、抵抗力が $R=387.5\text{kN/m}$ となり、切羽の押し出しに対する安全率は $F_s=R/S=0.84$ となった。安全率が1.0を下回ることから、切羽の安定性が確保できないことが予測された。

(4) 骨組構造解析による支保部材応力および地耐力に関する検討

支保部材の応力および地耐力の検討を、骨組構造解析を用いて行った。ここで作用荷重には、これまで施工されたトンネルの計測データにもとづき設定した。これらのデータは支保工の応力測定結果をデータ処理したもので、この近似式を用いて地山荷重を設定した。図-10に計測によって得られた土かぶり比 H/D と脚部反力比($N_r/D\gamma H$)の関係を示す。ここで、脚部反力比は、上半時脚部軸力 N_r を全土かぶり荷重 $D\gamma H$ で割った値である。

上記のデータをもとに、土かぶり比ごとに次の近似式で作用荷重を算出した。

$$H/D > 1.0 \text{ の場合, } P = 0.2 \times \gamma \cdot H$$

$$H/D \leq 1.0 \text{ の場合, } P = 0.5 \times \gamma \cdot H$$

ここで、 P ：設計荷重

D ：トンネル掘削幅

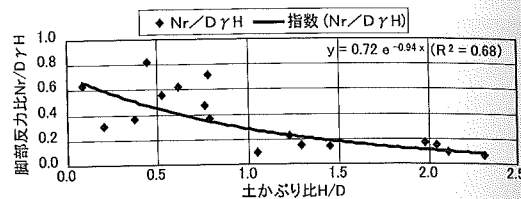


図-10 土かぶり比と脚部反力比の関係(土砂 $N=17$)²⁾

γ ：地山の単位体積重量

H ：土かぶり高さ

骨組構造解析の結果、トンネル支保部材には偏土圧が作用するものの、その応力度は許容応力度以下であった。また、支持力に対する検討を行った結果、地耐力も確保できると推定された。これらのことから、トンネル掘削時の支保工の沈下や変状の発生はないと結論づけた。

(5) 終点側坑口部掘削時の問題点の整理

(1)～(4)までの数値検討の結果、無対策でも支保構造の安定性は確保できるものの、掘削時の地山の緩みで地山強度が低下する、あるいは小土かぶり部への応力集中、鏡面の抜落ちや崩壊などで低角節理面が開口し斜面崩壊を誘発することが想定された。

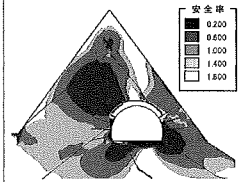
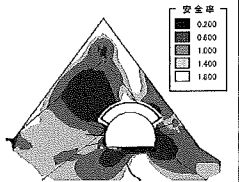
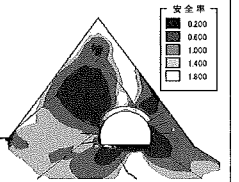
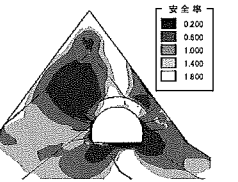
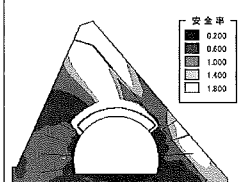
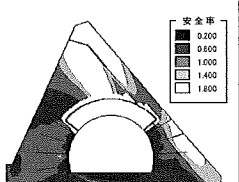
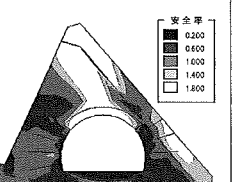
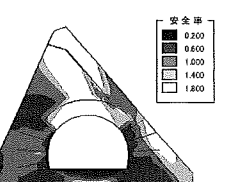
3-2-3 岩盤崩壊防止対策工の設計

(1) 対策工の選定

対策工は、坑外から施工する斜面安定対策工とトンネル坑内から施工する対策工の2つに大別される。本トンネルでは坑外からの対策工として、のり枠工+ロックボルト工などの対策が選定されるが、坑外からの対策工施工のためには新たな仮設用地の借地や林道の通行確保などの問題があり工期的な制約を受けること、トンネル掘削時の斜面崩壊の発生原因がトンネル掘削時の緩みによる地山の強度の減少にあると推定され、坑内からの切羽天端の崩落防止を含む地山の緩み防止対策工の効果が期待できることから、坑外からの対策工は終点側坑口部の対策工から除外した。

一方、坑内からの対策工として、当該地山の地質条件および対策工の施工性などから、先受け工のうち、注入式フォアポーリング、長尺フォアパイリングを選定した。それぞれの先受け工の効果を評価するために、2次元有限要素法を用いて地

表-6 有限要素法による先受け工比較検討結果

	注入式フォアポーリング(注入材：ウレタン系)		小口径長尺フォアパイリング(注入材：セメント系)	
	目標地山改良厚1.0m	目標地山改良厚2.0m	目標地山改良厚1.0m	目標地山改良厚2.0m
F E M による効果比較				
	No.50+0	No.50+0	No.50+0	No.50+0
評 価				
	No.50+10	No.50+10	No.50+10	No.50+10
施 工 性	注入式フォアポーリングおよび長尺フォアパイリングを行うことで、他山の緩み範囲を低減することができる。 ○No.50+0：国道側のトンネル肩部付近の緩みが低減されるとともに、無対策時に見られた溪流側斜面の緩みが抑制される。 ○No.50+10：溪流側のり面のCM層とCL層境界の緩みが注入による地山改良効果によって大幅に改善されるが、国道側のり面付近の緩みは改良部分を除いて大きく低減されない。 両工法ともに、改良幅が大きいほどトンネル掘削時の緩みの抑制効果が大きい。		通常のトンネル機械・設備で施工可能である。また、特殊作業を必要とせず、トンネル作業員で施工できる。無拡張型の長尺フォアパイリングの場合、地山状況や周辺環境の変化に伴いラップ長や1シフト長を容易に変更できる。	
	通常		通常	
経 済 性 (mあたり工事費)	高 価		中 位	
	高 価		中 位	
判 定	特殊な機械を導入することなく、注入設備も小規模で、トンネル作業員により施工ができる。また、切羽の状況を見て打設本数を増減することも容易である。先受け長が短く、地山改良範囲が狭いことから長尺先受け工に比べて、緩み抑制効果に対する確実性に劣る。また、掘削ずにウレタンが混入するため産業廃棄物処理が必要になることがある。		特殊な機械を導入することなく、注入設備も小規模であり、トンネル作業員で施工できる。曲げ剛性の高い長尺鋼管と注入材の地山改良効果によって、地山の補強を行うことができる。先受け長が長いことから切羽前方地山の緩みを抑制する効果が大きい。また、注入材はセメント系なので、特別な産業廃棄物処理を必要としない。	
	△		○ ◎	

山の緩み抑制効果を比較・検討した。緩み抑制効果、施工性および経済性から総合的に判断するとセメント系の長尺フォアパイリングが有効であるとの結論を得た。なお、砂岩の岩石強度は大きいので、所定の削孔性能を確保するために、小口径の鋼管($\phi 76.3\text{mm}$)を採用するものとした。

(2) 長尺フォアパイリングの詳細設計

長尺フォアパイリングの部材設計は切羽の3次元効果を考慮した梁モデルの設計法⁹⁾に準じて行った。また、鋼管の応力度を許容応力度以下になる

ように打設ピッチを60cm、全ラップ(ラップ長6.5m)で施工するものとした。セメント系注入材の注入量は、注入率を6%と仮定し1本あたり168ℓとした。図-11および表-7に設計諸元を示す。

(3) 長期的な斜面安定対策工

終点側坑口部のトンネル側方土かぶりは3m程度と小さいため、長期的には地山の経年劣化に伴う岩盤崩落やトンネルへの荷重の作用も考えられる。そこで、最低でも5m程度の土かぶりを確保するものとし、押さえ盛土を施工するものとした。

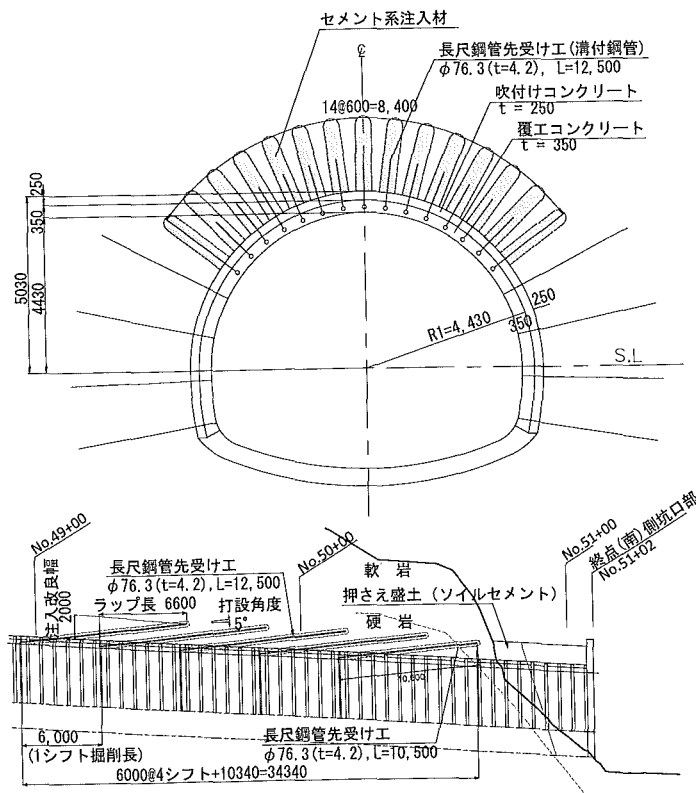


図-11 小口径長尺フォアパイリング

表-7 小口径長尺フォアパイリングの諸元

項目	諸元
施工範囲	No.48+10~No.50+13.3(L=34.3m)
芯材	鋼管(φ76.3mm, t=4.2mm)
1打設長	L=12.5m
鋼管打設間隔	60cm
ラップ長さ	L=6.5m
注入材の種類	セメント系注入材
注入量	168ℓ/本

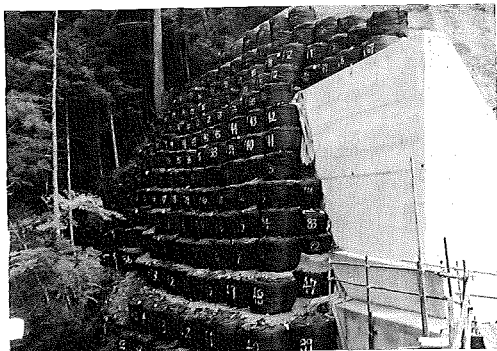


写真-3 大型土のうによる仮押さえ盛土

ただし、工期や用地などの問題からトンネル掘削中に押さえ盛土を施工することができなかったため、仮設の押さえ盛土として耐候性土のうを用いて土かぶりを確保した。なお、供用開始までは本設の押さえ盛土を施工する予定である。

4 対策工の評価

4-1 計測計画

終点側坑口部で施工した補助工法の岩盤崩落抑制効果を計測で確認しながら掘削を進めた。表-8および図-12に終点側坑口部で実施した動態観測とB計測の内容を示す。

4-2 計測結果

4-2-1 国道側のり面の変位量

図-13に傾斜計測定結果を示す。傾斜計には-25m付近から国道側への変形が見られたが、その大きさは最大でも2mm程度である。また、伸縮計の計測値は、国道方向に1.2mmで施工中の岩盤すべり挙動は確認されなかった。

表-8 計測工一覧表

計測項目	測点数など
伸縮計	1測線
地中傾斜計	1か所
地表面変位想定	9点
振動速度計	2か所

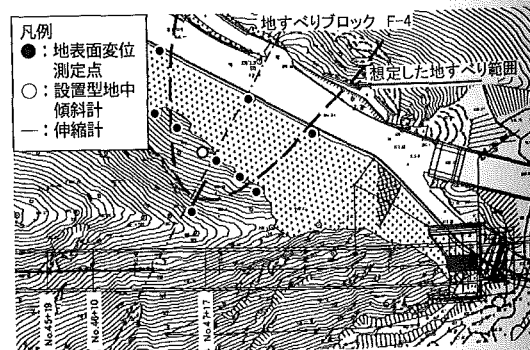


図-12 動態観測工設置位置

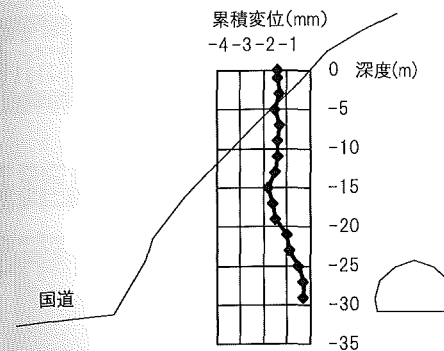


図-13 傾斜計測定結果

表-9 天端沈下および内空変位量の比較

測点	2次元有限要素法		実測値	
	天端沈下	内空変位	天端沈下	内空変位
No.49+0	3.4mm	0.6mm	2.1mm	1.5mm
No.50+0	4.7mm	1.5mm	3.1mm	2.0mm
No.50+10	2.1mm	1.1mm	3.6mm	2.2mm

4-2-2 天端沈下および内空変位量

表-9に天端沈下量と内空変位量について、2次元有限要素法解析結果と実測値の比較を示す。

変位量は、ほぼ解析と同じ値となっていることから実際の掘削でも解析で得られた小口径長尺フォアパイリングによる地山の緩み抑制効果と同程度の効果を得られたと考えられる。

4-2-3 地山の緩み高さの推定

鋼製支保工および吹付けコンクリートの応力度はいずれも許容応力度以下であった。なお、内圧を算出し、これをもとに地山の換算緩み高さを算定すると、8mの土かぶりに対して2.8mとなった。土かぶりに対する作用荷重係数は0.35で、1D以下区間の支保部材の応力度算出に用いた係数0.5より小さい値となっており、地山の緩みを抑制できたと考えられる。

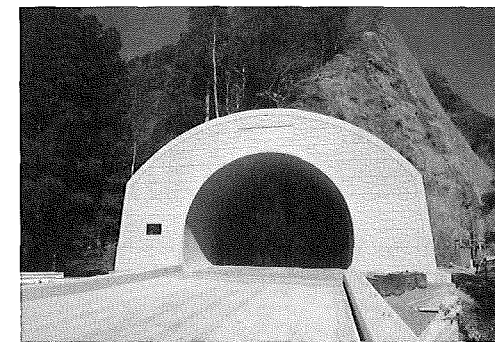


写真-4 終点側の坑門

5 おわりに

かつて大規模な岩盤崩落が発生した地山を、小口径長尺フォアパイリングおよび鏡ボルトを補助工法とする機械掘削で岩盤すべりを誘発することなく、無事、施工を完了することができた。また、対策工の選定から基本設計、詳細設計、計測計画までの一連の設計・計画を解析的手法で明確にすることで合理的な設計ができたと考える。

最後に、本トンネルの施工にあたってご指導、ご助言をいただきました真下英人・(独)土木研究所道路技術研究グループ長をはじめとする関係各位に、厚く謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 奈良県：第1回国道169号防災対策検討委員会資料，2007.2.
- 2) 土木学会：プレライニング工法，トンネルライブラリー第10号，2000.5.
- 3) ジェオフロンテ研究会：補助工法の設計—坑内から行う地山先行補強工の設計手法—，2007.10.
- 4) 土木学会：山岳トンネルの補助工法—2009年版—，トンネルライブラリー第20号，2009.9.

建設工事の地質診断と処方

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



株式
会社 土木工学社

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



津軽半島の「上磯地方の蔵」蓬田村より

佐々木 孝 博

蓬田村は、青森県津軽半島の東側に位置し陸奥湾に面して、上磯地方とも呼ばれている。人口3,265人、総面積80.63km²で、その約80%が山林である。現在の耕地面積比率は15%、平地には住民が長い年月をかけてつくりあげた美田が広がる。中山山脈から流れる4本の川の豊かな水を農業用水として利用し「上磯地方の蔵」と呼ばれている。農業では水稲栽培、トマト栽培、養鶏、酪農、また林業では青森ヒバ、杉の生産も盛んであり、山菜やキノコも豊富である。陸奥湾に面し数多くの魚介類にも恵まれており、ホタテ養殖も盛んである。

津軽地方は、冬期は積雪が多く、北西の風が強く、地吹雪ツアーなど有名であるが、縄文時代には気候温暖な地であり、多くの人々が暮らしていたことが知られている。このため津軽地方には多くの遺跡があり、有名な遺跡としては青森市の三内丸山遺跡がある。蓬田村にも多くの遺跡があり、当工事現場の入口付近にも鬱蒼と茂る森に覆われた蓬田八幡宮があり、ここは大館ともいわれる蓬田城址である。南北朝時代の豪族の居館だったと伝えられているが、いづれも誰が築城したかは不明である。

落城してから蓬田城は静かに眠るだけであったが、その沈黙を破るかのよう昭和50年に金沢大学と早稲田大学を中心とする発掘調査が行われた。出土遺物は縄文時代の土器や石器、土師器、恵寿器、擦文土器、中国産の白磁と青磁。鉄製品として、鋤、短刀、鉞が発見されている。大きく深い堀は浪岡城にも匹敵する規模といわれ、空白といわれる中世津軽の歴史を物語るロマン漂う蓬田城である。

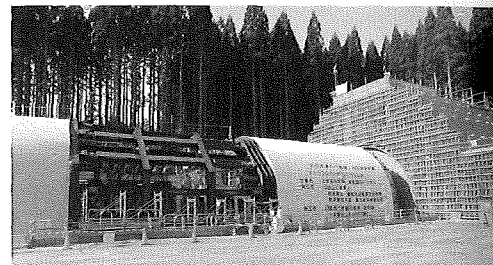
現在施工中の北海道新幹線、津軽蓬田トンネルは、



位置図



蓬田八幡宮(蓬田城址)



SENS発進状況

東北新幹線新青森駅から北に約20kmが工事起点となっており、工事延長は6,250mである。このうち6,050mを掘削外径11.3mの土圧式SENSマシンによって施工している。地下水が高く切羽が不安定になりやすい未固結および半固結の砂岩層の地質であるため、切羽を密閉型シールドで安定させ、一次覆工を掘削と同時にシールド後方で場所打ちコンクリートで施工し、変位の収束を確認して、二次覆工を施工するSENS (Shield ECL NATM System)を採用している。トンネル掘進は平成21年11月に発進後に、現在、約2,500m掘進し、最大土かぶり90mの箇所を掘進中である。

当工事も東日本大震災で、40日間ほど掘進を中止したが、今後もさらに自然の力に謙虚に対処しながら工事を進めることが肝要であると考えさせられた。

最後に、発注者をはじめ関係各位のご指導と地域住民のご理解とご協力を賜りながら、共同企業体職員、協力業者が一丸となって、無事故・無災害で工事竣工まで鋭意努力する所存である。

(鹿島・鉄建・梅林・田中組共同企業体所長)

施工

長距離大断面併設シールド技術ほか各種技術で都市トンネルを施工

—首都高速道路 横浜環状北線—

首都高速道路(株)神奈川建設局建設部長 土橋 浩

1 はじめに

横浜環状北線(以下、「北線」という)は、横浜市都筑区川向町から鶴見区生麦二丁目に至る延長約8.2kmの路線で、横浜市の交通ネットワークの骨格を形成する「横浜環状道路」の北側区間に位置し、第三京浜道路「港北インターチェンジ」と首都高速道路横浜羽田空港線「生麦ジャンクション」を接続する自動車専用道路である。また、北線の建設により広域的な交通利便性の向上や生活環境の改善に加え、国際コンテナ戦略港湾に指定された京浜港や国際化された東京国際空港(羽田空港)との連携を強化し、新横浜都心および京浜臨海部の活性化が期待されている。

北線では家屋の移転を最小限にするとともに、周辺の環境を保全するため、全体の約7割(約5.9

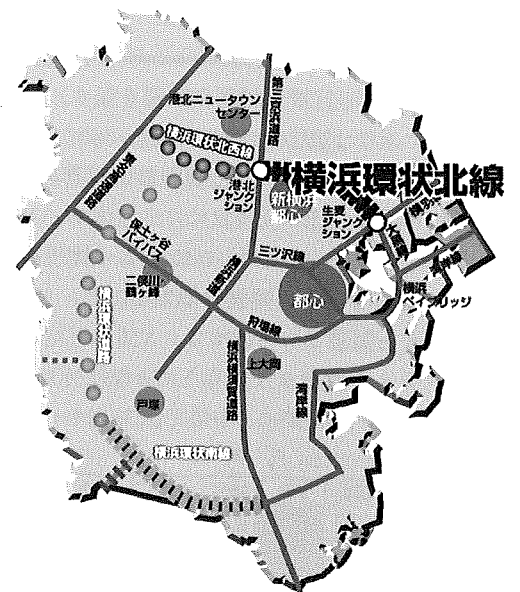


図-1 横浜環状道路ネットワーク

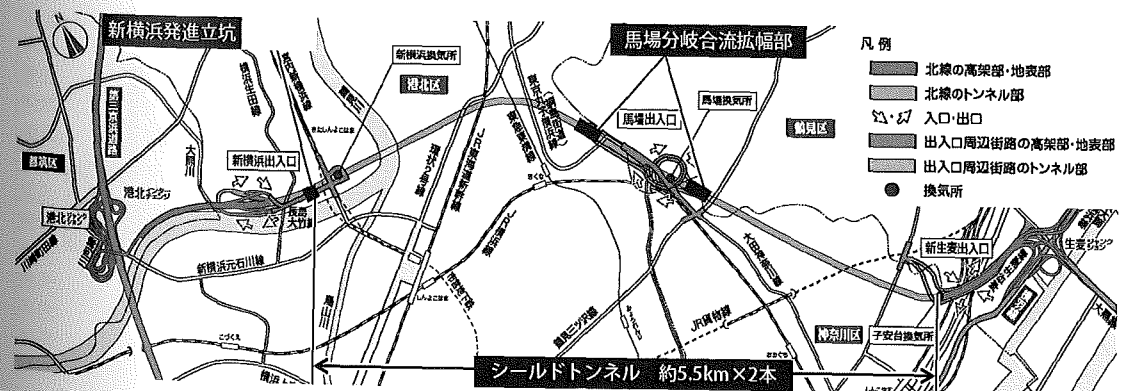


図-2 北線の路線概要

km)にトンネル構造を採用した。このうち、延長約5.5kmの区間には、長距離大断面シールドトンネルとなる併設トンネルを構築する。馬場出入口(仮称)部では、地中で本線と出入口を接続するシールド地中拡幅および地中接続工法を採用している。一方、港北インターチェンジや生麦ジャンクション付近では既設の路線と連結するため、高架構造を採用している。図-1に横浜環状道路ネットワークを、図-2に北線の路線概要を示すが、3か所の出入口、3か所の換気所が設置される。

本稿では、北線のうちトンネル区間の構造概要および当該トンネルの設計・施工における技術的特徴について述べる。

2 地質概要

図-3にトンネル区間の地質縦断面図を示す。トンネルの土かぶり(坑口部を除いて)11~56mで、トンネルが位置する土質は、上総層群の泥岩(Km)、砂質泥岩(Kms)、砂・砂岩(Ks)が主体で、N値はいずれも50以上、KmおよびKmsの一軸圧縮強度は1,000kN/m²以上の硬質な地盤である。なお、鶴見川付近と国道1号付近では、N値3程度の沖積層がトンネル上部まで堆積している。Ks層の透水係数は10⁻³オーダーと中位で、トンネルには

凡 例

地質時代	地層名	地質名	記号	地質時代	地層名	地質名	記号
第四紀	完新世	人工地盤	B	更新世	ローム層	ローム	Lm
		高有機質土	Ap		相模層群	粘性土	Da
		粘性土	Ac			砂質土	Ds
		砂質土	As	鮮新世	上総層群	泥岩	Km
第三紀	新第三紀	砂 礫	Ag			砂・砂岩	Ks
						砂泥互層	Kalt
						砂質泥岩	Kms

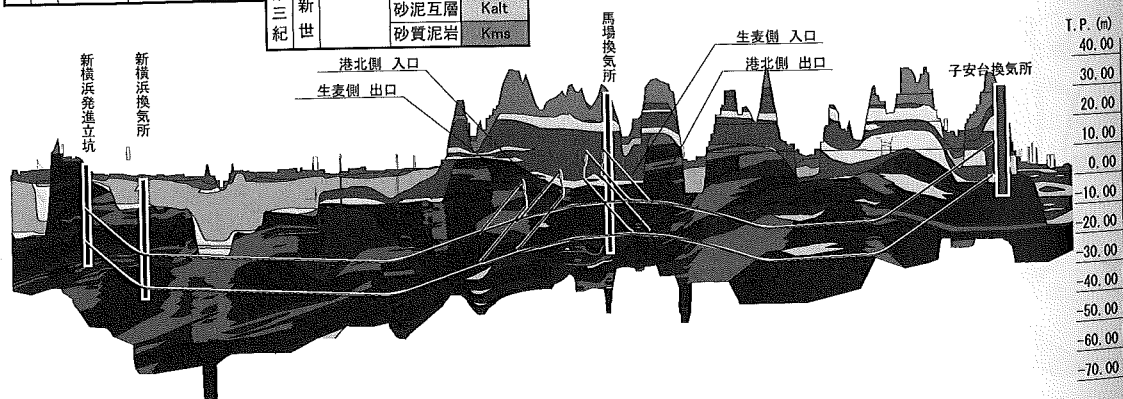


図-3 地質縦断面図

最大で0.5MPaの被圧された地下水圧が作用する。

3 構造概要

トンネルの主な構造は、シールドトンネルで、延長約5.9kmのトンネル区間のうち、約5.5kmにシールドトンネルを採用した。このため、国内では、現在掘進中の中央環状品川線¹⁾(以下、「品川線」という)に次ぐ、併設された長距離大断面シールドとなる。一方、高架構造への移行区間となる新横浜出入口および子安台換気所周辺では、開削工法によりトンネルおよび半地下構造を構築する。また、新横浜換気所および馬場換気所部については、中央環状新宿線山手トンネル(以下、「山手ト

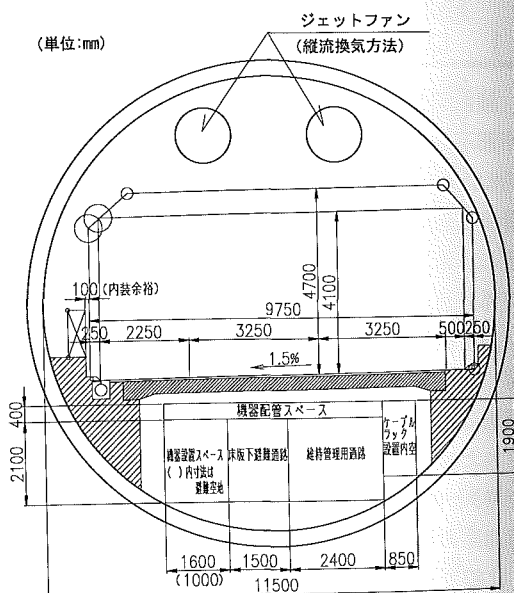


図-4 トンネル標準断面図

ンネル」という)で実績を有する換気所躯体とシールドトンネルを開削工法により接続する構造²⁾を採用している。

図-4にシールドトンネルの標準断面を示す。幅員は2車線+全路肩で9.75mで、縦流換気方式を採用しているため、車両の走行空間内にはジェットファンが設置される。

また、緊急時には、床版下に避難する方式を採用しているため、床版下の空間には避難通路が確保されている。さらに、この空間は維持管理用の通路、機器や配管およびケーブルなどの設置スペースとしても使用される。上記の空間に加え、トンネル防災用の設備や道路照明などの施設配置も考慮し、シールド内径は11.5mとした。

4 本線シールドトンネル工事

本線トンネルは、都市部の地下に建設されることに加え、多数の住宅の下に建設されるため、近接あるいは交差する鉄道、橋梁基礎や河川構造物などの重要構造物に影響のないよう、かつ、地上の住宅に影響のないように計画、施工することが求められる。

当該トンネルが計画されている地盤は、2章で述べたとおり硬質な上総層群であるが、一部の箇

表-1 シールド工事の概要

工 事 名	横浜環状北線シールドトンネル工事
工 事 場 所	横浜市港北区新羽町から 神奈川県子安台一丁目まで
シールド延長	(外回り)5,517m, (内回り)5,513m
シールド	外径 12,490mm 工 法 泥土圧シールド
セグメント外径	12,300mm
RCセグメント	幅/桁高 2,000mm/400mm 種 類 耐火型SFRCセグメント (ワンパスセグメント2)
鋼製セグメント	幅/桁高 2,000, 1,500, 1,200, 1,000mm/400mm
床 版	構 造 プレキャストPC構造 幅 2,000mm 長さ/厚さ 8,150mm/330mm 施工方法 シールド掘進と同時施工

所に沖積層がトンネル上部まで堆積していることから、施工による地盤への影響を最小化するため、本線トンネルの約5.5km区間にシールド工法を適用した。

4-1 工事概要

北線シールドトンネルは、港北区新羽町に位置する立坑から発進して神奈川区の子安台公園に到達する延長約5,500mの併設トンネルである。外径φ12.49mの泥土圧シールドにより、外回り(生麦方向)・内回り(港北方向)をそれぞれ1機のシールドにて施工する。

工事概要を表-1に示す。

本シールドは、長距離大断面泥土圧シールドであることから、切羽の安定確保、シールドの耐久性、覆工や継手などの高速施工、効率的な掘削土砂の搬出・排土管理、換気所部土留め壁(NOMST壁)の切削、道路床版の同時施工などの課題に対して各種対策を実施している。

シールドカッタフェイスの形態はスポークタイプを採用し、開口率69%を確保している。スクリーコンベヤはφ900mmの軸付きタイプとした。図-5に示すとおり、カッタについてはビット交換を行わずに長距離掘進が可能となるよう、先行ビットに大型の特殊先行ビットを採用し、カッタビット

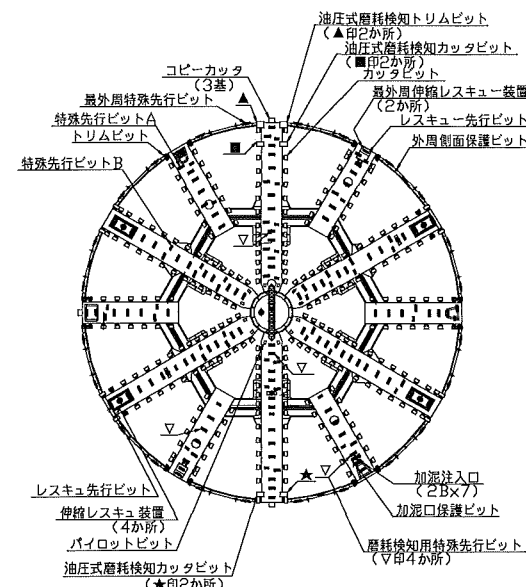


図-5 シールド正面図

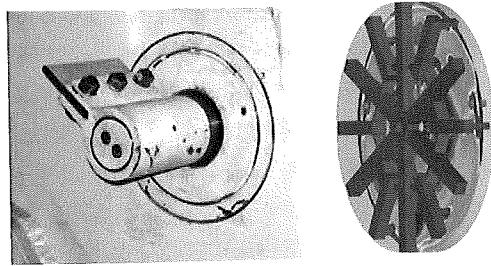


写真-1 土砂流動化検知装置および解析モデル

については段差配置した。先行ビットについては、換気所部のNOMST壁切削を考慮した配置とした。また想定以上にビットが摩耗した場合に備えて、外周側の先行ビットに対してレスキュービット(油圧機構による格納型伸縮ビット)を6基装備した。

切羽の安定対策として掘削土砂の塑性流動性を確保するため、添加材には気泡を採用した。気泡の種別としては、掘削対象地山(泥岩～砂・砂岩)を考慮してAタイプを用いている。効率的に掘削土砂の塑性流動性を確保するため、カッタスポークに7か所、バルクヘッドに19か所の添加材の注入孔を配置した。注入装置は8系統装備し、任意に注入孔を選定して添加材を注入している。また、攪拌性能を向上させるため、カッタスポークの背面に攪拌翼を、バルクヘッド側に固定翼をそれぞれ配置している。さらに、チャンパ内の塑性流動性を定量化し把握するため、山手トンネル中落合シールドで開発した土砂流動管理技術³⁾を適用している。これは、チャンパ内を写真-1右に示すような3次元モデルを用いて土砂流動解析を行った結果と、写真-1左に示す検知装置で計測されるトルク値から土砂のずり速度および流速をシミュレーションすることにより、掘削土砂の塑性流動性を評価する技術である。これによって、添加材の注入管理にリアルタイムでフィードバックすることが可能となり、塑性流動性の定量的な管理を実現している。あわせて、チャンパ内には土圧計を7か所設置し、常に切羽の土圧分布を把握している。管理土圧は、基本的には「静止土圧(静止土圧係数 $K_0=(1-\sin\phi)=0.33$, $\phi=42^\circ$)+地下水圧+予備圧(0.03MPa)」と設定し、初期掘進における

トライアル断面の計測結果から、地山の状況に応じて適切に設定し直している。

セグメントの施工時荷重による損傷リスクを低減し、品質および耐久性を向上させるため、ダブルジャッキ方式によるシールドジャッキを採用し、セグメントとの軸芯のずれをなくした。また、スプレッダー部には偏荷重低減装置を装備し、曲線区間の掘進時など偏荷重の作用によるセグメントへの影響を低減した。さらに、真円度測定装置により、セグメントの真円度を把握し、形状保持装置の支持圧力の設定や次リングのセグメントの組立てに反映している。

本稿では誌面の関係から、詳細な工事の内容については別稿に報告するが、一次覆工については別稿に報告するが、一次覆工について主な技術的特徴を以下に述べる。

4-2 一次覆工

道路トンネルの覆工構造には、高い耐久性と耐火性能が要求される。北線シールドでは、山手トンネル同様、二次覆工を省略しているが、コンクリートに有機繊維を混入した耐火性能を有する鋼繊維補強高流動コンクリートセグメント⁴⁾(以下、

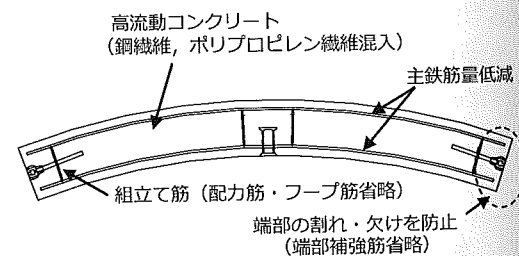


図-6 耐火型SFRCセグメントの構造概要

表-2 耐火型SFRCセグメントの配合

鋼 織 維	混入率0.6vol%
ポリプロピレン繊維	混入率0.2vol%, アスペクト比570
スランプフロー	50~65cm

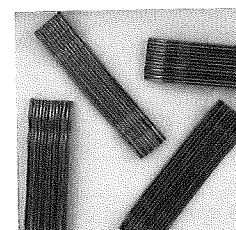


写真-2 鋼繊維



写真-3 ポリプロピレン繊維

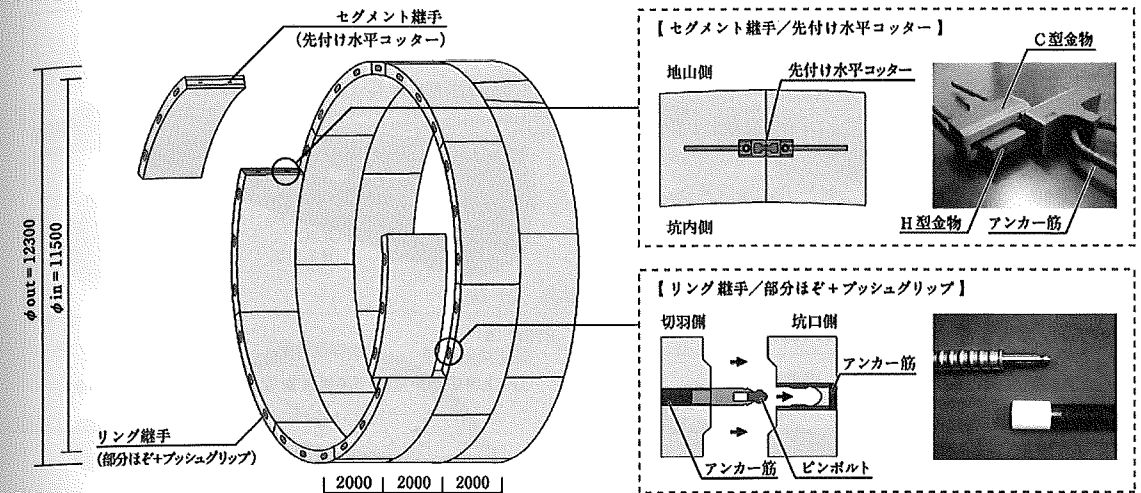


図-7 ピース間、リング間継手の構造

表-3 耐火型SFRCセグメントの諸元

セグメント主要寸法		継手構造	
項 目	主要寸法	継手位置	継 手
外 径	φ12,300mm	リング間	部分ほぞ+プッシュグリップ
内 径	φ11,500mm	ピース間	水平コッター
桁 高	400mm (外径比率3.25%)	混入繊維	
幅	2,000mm	種 類	混入率
分割数	9分割(縮小K)	鋼繊維	0.6vol%
		PP繊維	0.2vol%

「耐火型SFRCセグメント」という)を採用した。

有機繊維(ポリプロピレン繊維)を混入することにより、RCセグメント自体に耐火性能を付与することが可能となるため、耐火材の吹付けなどが不要となる。これにより、断面の縮小に加え、さらなるコスト削減、工期短縮、維持管理性能(点検容易性)の向上が得られた。

今回適用する耐火型SFRCセグメントの構造概要を図-6に示す。また、表-2に配合条件を、写真-2,3には混入する鋼繊維、ポリプロピレン繊維をそれぞれ示す。

本線シールドでは二次覆工を省略しているため、継手がトンネル内面に露出しない内面平滑型セグメントを使用している。セグメントのピース間は、H形金物(先付け水平コッター)で締結し、リング間はプッシュグリップで締結するセグメントを用

いた(図-7参照)。これにより、リング間、ピース間ともに、セグメントをトンネル軸方向にスライドさせることで継手の締結ができるため、組立て時間が短縮され、長距離高速掘進を行うことが可能となる。セグメントおよび継手構造の諸元を表-3に示す。

5 馬場出入口工事

馬場出入口は、北線のほぼ中間に位置し、港北区菊名五丁目から神奈川区西寺尾一丁目の区間で、北線と大田神奈川線を接続するらせん状の出入口である。以下に、本線シールド拡幅工事および馬場出入口シールド工事の概要について述べる。

5-1 本線シールド拡幅工事

本線シールドトンネルの拡幅は、山手トンネルで実施されているように、地上から開削工法あるいは拡幅部前後に立坑を設置し、パイプルーフ工法などにより施工されるのが一般的である⁵⁾。現在、品川線の大橋連絡路部では、品川線の本線シールドと大橋連絡路シールドを非開削工法により、拡幅・接合する工事⁶⁾を実施している。

一方、北線では、住宅地の直下であること、土かぶり大きいこと、地盤が硬質であることなどから、大口径パイプルーフ(φ1,200mm)とセグメントにより地中に大規模な空間を確保して、本線シールドトンネルの拡幅および出入口の躯体を構



図-8 シールド拡張工事の構造および施工概要

築し、分合流部をすべて非開削で施工する工法を採用している。本線シールド拡張工事の構造および施工概要を図-8に示す。

(1) ステップ1

鋼管推進発達基地を拡大シールド工法により構築するとともに、掘削時のトンネル軸方向の止水性を確保するため、途中に止水壁を設置する。また、躯体の構築工程を短縮するため、本線シールド内には、躯体の一部を先行して構築する。

(2) ステップ2

発達基地から鋼管推進工法により大口径パイプ（φ1,200mm）を施工する。

(3) ステップ3

施工時の止水性を確保するため、パイプルーフの中から薬液注入を実施する。シールドトンネル

内には、拡張部掘削時の変形対策として内部支保工を設置する。

(4) ステップ4

止水壁間をトレンチ掘削（幅約3m）し、拡張部掘削時のパイプルーフの変形や地盤変動を抑制するため、RC仮支持壁を先行して構築する。

(5) ステップ5

掘削による変形をさらに抑制するため、RC仮支持壁を支保工として、RC仮支持壁間を上半、下半に分割して掘削し、RC躯体を逐次構築するブロック施工を実施する。

(6) ステップ6

RC仮支持壁間の躯体構築後、RC仮支持壁を撤去し、当該箇所のRC躯体を構築する。拡張部のトンネル躯体構築完了後、内部支保工を撤去する。

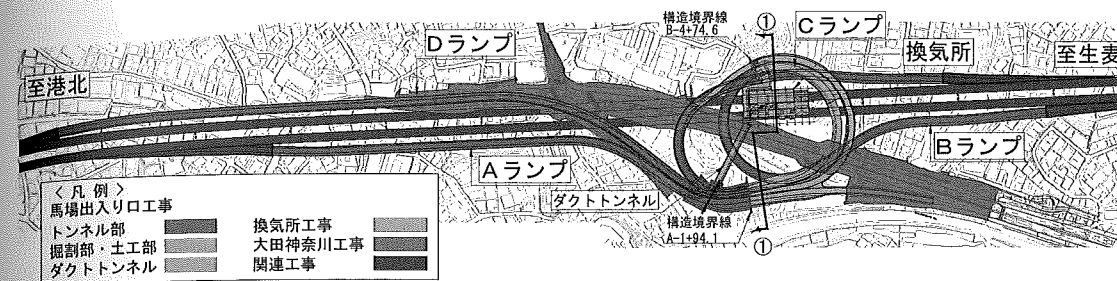


図-10 馬場出入口の概要

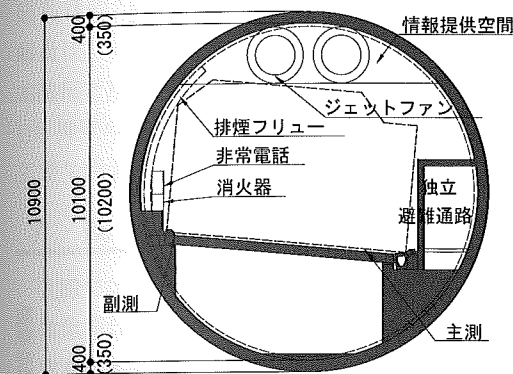


図-9 出入口トンネル標準断面

なお、馬場出入口シールドと本線シールドの接続部には、止水対策など施工上必要な対策を事前に実施する。

5-2 馬場出入口シールド工事

馬場出入口工事は、本線の4か所の分岐合流部に接続する4つの出入口をシールドおよび開削工法により構築するものである。

シールドトンネルの標準断面を図-9に示す。シールドトンネルは、セグメント外径φ9.9～10.9m、延長350～690mで、泥土圧シールド工法により施工する。本トンネルは、図-10に示すとおり、らせん状の平面線形を有し、最小曲率半径は50mである。土かぶりには最小1.3mから最深部で51mあるため、平均縦断勾配は約7%と急勾配となる。

出入口シールドは、道路トンネルでは当該断面規模として実績のないR/D=5で超急曲線施工となるため、球面中折れ機構および掘進と同時に中折れ制御が可能な機能を有している。また、本線シールドとの接続箇所では、シールドの外殻部を残置し、シールド内部の機材は解体した後、別の出入口シールドに転用することとしている。シー

表-4 馬場出入口シールド仕様（詳細設計中）

項 目	詳細項目	仕 様		
		A,Dランプ	Bランプ	Cランプ
シールド 本 体	外径	φ 10.13m	φ 10.83m	φ 11.13m
	機長	11.885m	11.885m	11.885m
	テール シール	ワイヤブラシ 3 段式		
推進機構	シールド ジャッキ	3,000kN× 32本	3,000kN×36本	
	総推力	96,000kN	108,000kN	
	伸長速度	40mm/分	40mm/分	
カ ッ ト 装 置	スポーク 本数	6 本		
	支持方式	中間支持方式		
	装備トルク	22,436kN-m		
	カット 回転数	0.45rpm		
	余掘り装置	コピーカット 2 基		
土砂搬出 装 置	形式	シャフト式 φ 1,020mm		
	排土能力	340m³/h		
中 折 れ 装 置	中折れ形式	X型球面中折れ		
	最大中折れ 角度	A：4.6°， D：7.8°	7.0°	7.9°

ルドの仕様を表-4に示す。

6 新横浜出入口部トンネル工事

新横浜出入口（仮称）は、港北ジャンクションから鶴見川沿いの高架部を経てトンネル部に移行する、港北区新羽町に位置する延長約0.5kmの区間である。本工事は橋梁からトンネルに移行する区間であるため、躯体は開削工法によるトンネルあるいは半地下となる擁壁構造、土構造により構築される。以下に、新横浜出入口部のトンネル工事の概要について述べる。

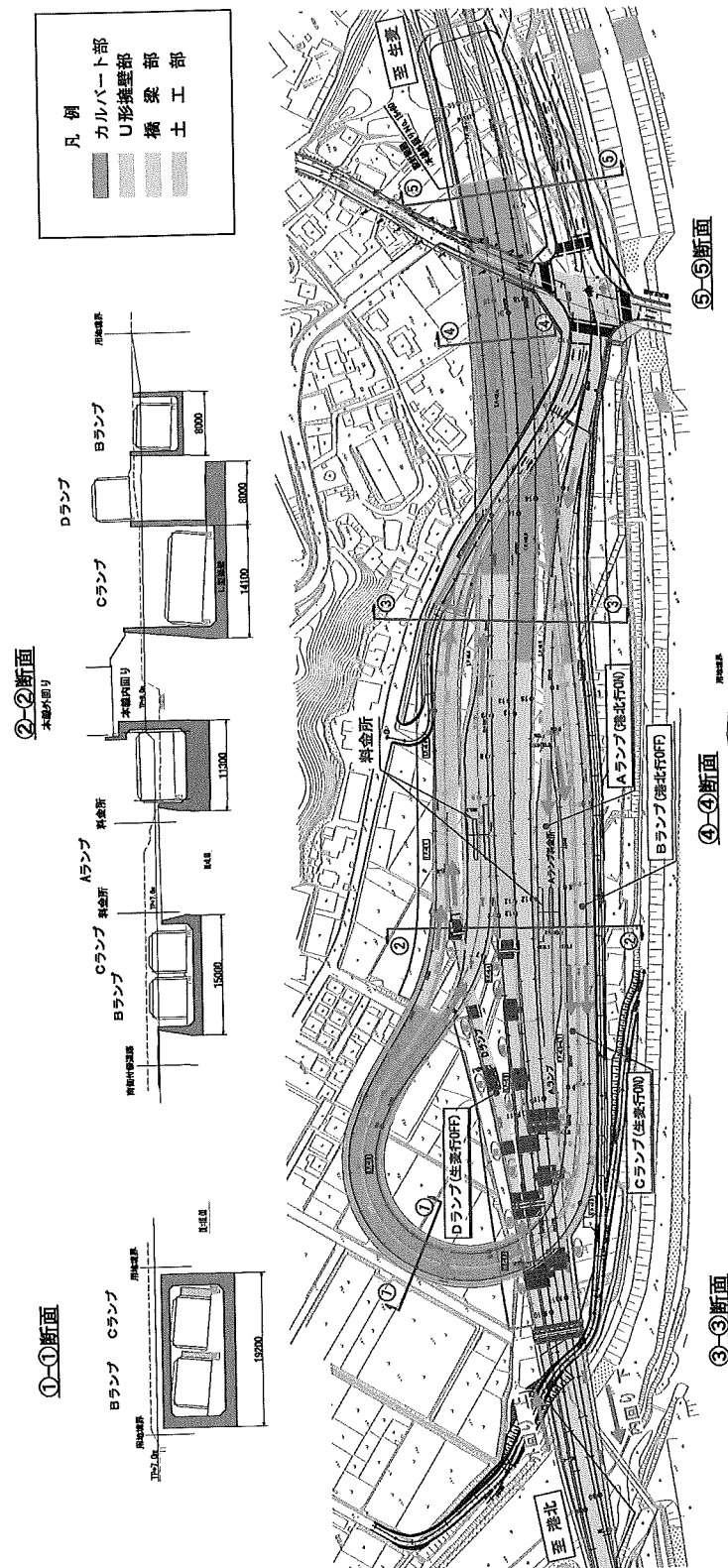


図-11 新横浜出入口部の構造概要

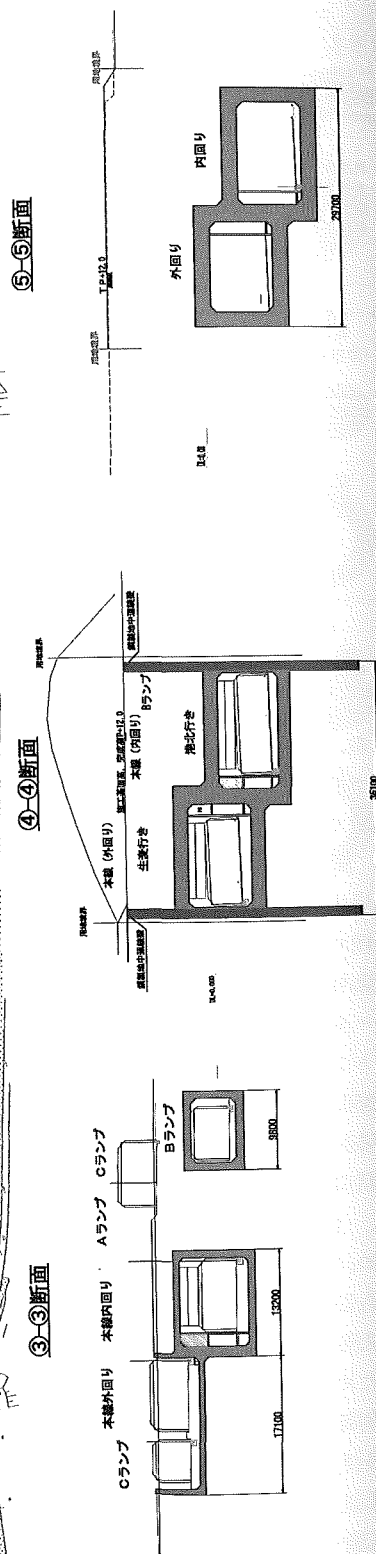


図-12 新横浜換気所概要図

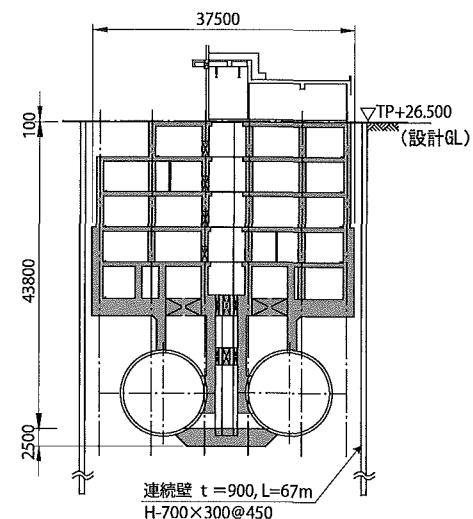


図-13 馬場換気所概要図

本工事の特徴は、公私境界までの離隔が少ないこと、また、鶴見川流域の生態系保全区域が隣接していることなどから、施工幅員に制約を受ける。このため、一部の区間では土留め壁に鋼製地中連続壁を採用し、土留め壁をトンネル本体として利用することとした。本線部の延長は約550m、出入口部の延長は約2,500mである。トンネルの幅員は、ランプ部で約10～20m程度、本線部で13～35m程度である。また、U形擁壁の幅員は8～15m程度である。主要な構造物の概要を図-11に示す。

7 換気所工事

北線では、新横浜換気所(港北区北新横浜)、馬場換気所(鶴見区馬場)、子安台換気所(神奈川区子安台)の3換気所が設置される。換気所の地下躯体は開削工法により構築されるが、新横浜換気所および馬場換気所では、本線シールド通過後にセグメントを撤去して、換気所と本線シールドを接続する構造である。本構造は、山手トンネル中落合換気所²⁾、代々木換気所などで既に実績を有する。なお、各換気所の名称は仮称である。

7-1 新横浜換気所

本換気所は、幅約32m、延長約60m、深さ約43mの大深度の開削トンネルである。本線トンネルとの接続は、当該開削区間に設置された仮設セグメントをすべて撤去して換気所躯体を構築する。セグメントの撤去にあたっては、本線シールドの掘進工事に影響を与えないよう、また、掘削にともなう土留め壁およびシールドの変位・変形を抑制するため、図-12に示すような防護工を兼用した支保工をシールド内部に設置する。

7-2 馬場換気所

本換気所は、幅約38m、延長約63m、深さ約46mの大深度の開削トンネルである。本線トンネルと換気所を接続する区間は、掘削時の土水圧による変形を低減するため、剛性の高い土留め壁(壁厚900mm、芯材H-700)を採用している。また、土

留め壁は接合部の掘削時の止水性を確保するため、図-13に示すとおり、シールド接合部床付け下方の洪積粘性土層まで根入れする。シールド通過部の土留め壁には芯材のない泥土モルタル壁を用い、掘削前には通過部周辺には薬液注入を行い、掘削時の止水性をさらに向上させている。

7-3 子安台換気所

本換気所は、本線シールドが到達する子安台公園に位置し、シールドの到達立坑および街路の岸谷生麦線のトンネルと一体的に構築される大規模な開削トンネルである。トンネル部は、幅32m、

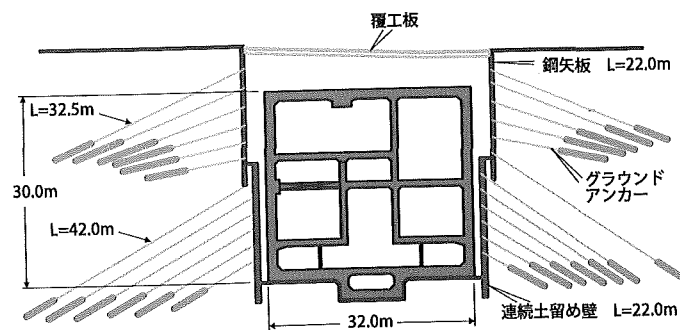


図-14 子安台換気所概要図

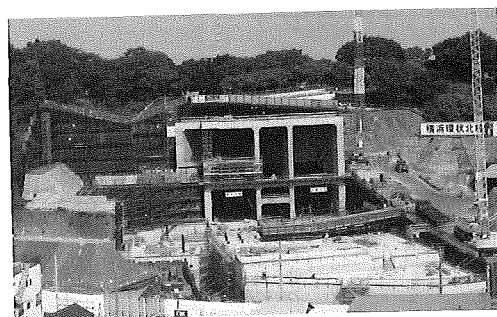


写真-4 子安台換気所(1期)躯体施工状況

延長56m、深さ33mで、換気所部は、幅56m、延長43m、深さ33mである。なお、換気所の一部は、隣接する鉄道と交差する橋梁を架設する施工ヤードとして使用するため、2期に分けて施工している。

子安台公園の法面の一部を掘削するため、まず鋼矢板により上段土留め壁を施工し、路面覆工により公園通路を確保した。上段土留め壁設置後、深さ3mごとにグラウンドアンカーを施工し、約17mまで掘削した。なお、グラウンドアンカーは躯体完成後に除去する。その後、下段土留め壁となる地中連続壁をTRD工法により施工し、上段部同様グラウンドアンカーを施工し、約35mまで掘削した。

換気所は子安台公園を一部占用することから、工事完成後には緑豊かな公園と調和を図り復旧する予定である。写真-4に換気所(1期)の施工状況を示す。

8 おわりに

本稿では、横浜環状北線の各種トンネル構造の概要および主な技術的特徴について述べた。平成

23年7月現在、外回りシールドは約1,100m、内回りシールドは約1,000mを順調に掘進し、床版を掘進と同時に施工するための設備を設置している。今後4,000m以上の掘削を進めていくが、重要構造物との近接施工などに対し、引続き適切な掘進管理を行っていく所存である。なお、シールド掘進管理や床版との同時施工、近接施工における対策および施工、シールド拡幅工事の

設計・施工、馬場出入口トンネルの設計・施工、換気所および接続部の設計・施工などの詳細については別の機会に報告したい。

一方、平成23年3月には、港北インターチェンジから東名青葉インターチェンジまでの延長約7.1kmの横浜環状北西線が都市計画決定され、早期整備が強く求められている。横浜環状北線および北西線の整備により、横浜市北西部と横浜都心部および湾岸エリアとの連絡がさらに強化される。また、現在保土ヶ谷バイパスに集中する交通の分散が図られ、混雑緩和が図られるとともにバランスのとれた道路ネットワークの利用が可能となり、京浜港湾地区、羽田空港へのアクセス性や交通環境の改善に加えて、横浜の防災力や国際競争力の強化に資することが期待される。

近年、シールド技術に加え、各種トンネル技術を融合した都市トンネル技術⁷⁾は、山手トンネルの建設から品川線および北線の建設の中でさらなる高度化を遂げている。進化したシールドトンネル拡幅技術は、今後ますます大深度化、長距離化が求められる首都圏などの都市インフラの整備や大規模地下空間の構築に有効な技術であるとともに、環境配慮型都市開発に大きな役割を果たすものと考えられる。

参考文献

- 1) 田嶋仁・湯田坂幸彦・米沢実：中央環状品川線シールドトンネル工事概要、土木技術、Vol.64, No.12, pp.27-34, 2009.12.
- 2) 今中康貴・富井孝喜・居波俊貴・田沢誠也：中落合換気所におけるシールドトンネル接続部の施工につ

いて(その2)、土木学会第62回年次学術講演会、Vol.62, No.6, pp.19-20, 2007.9.

- 3) 土橋浩・松田満・松原健太・山本彰・近藤由也・日野義嗣・今田徹：泥土圧シールドにおけるチャンパー内の土砂流動管理技術の開発、土木学会論文集F, Vol.66, No.2, pp.289-300, 2010.6.
- 4) 津野和宏・足立義彦・松原健太・近藤由也：道路トンネルへの耐火型SFRCセグメントの適用、首都高速横浜環状北線シールドトンネル、トンネルと地下、Vol.41, No.2, pp.35-43, 2010.2.

- 5) 土橋浩・名倉浩・宮脇卓哉・三木章生：道路分合流部における大断面・併設シールドの切開き施工、第50回「シールドトンネル工法施工技術」講習会テキスト、日本プロジェクトリサーチ、pp.48-67, 2006.3.
- 6) 松崎久倫・牛越裕幸・飯島悠介：大断面シールドと分岐・合流部の各種切開き工法の概要、首都高速道路中央環状品川線、トンネルと地下、Vol.42, No.5, pp.49-55, 2011.5.
- 7) 土橋浩：都市の地下空間を拓く、土木学会誌、Vol.94, No.2, pp.16-17, 2009.2.

シールドトンネルの新技術

シールドトンネルの新技術研究会編 代表 鈴木 章

B5判 285頁 本体価格4,660円 円340円

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

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

株式会社 土木工学社

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

土木情報 No.459

今月の主な入札結果
(7月10日～8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	さがみ縦貫寒川北Eランプ改良	松尾工務店	203.57
近畿地整	清滝生駒道路清滝T(下り)	戸田建設	2,258.9
"	丹波綾部道路栗野地区函渠他	金下建設	168.9
中国地整	仁摩温泉津道路福波T	西松建設	643.5
都市再生機構	千里山駅周辺整備事業都計道千里山佐井寺線他整備他2件	鴻池組	1,039
成田国際空港	木の根T補強	大林組	1,047
都・交通局	浅草線西馬込駅エレベーター設置土木・建築その他	大豊・京急JV	429
"	東京外かく環状道路新宿線交差部建設	大成・銭高・大豊JV	2,370.58
"	大江戸線勝どき駅改良土木	大成・佐藤・大豊JV	4,357.8
都・水道局	世田谷区弦巻二丁目地先から同区上馬四丁目地先間配水本管(900mm)布設替及び配水小管布設替	関電工・新館JV	480
"	杉並区本天沼一丁目地先から同区成田東四丁目地先間配水本管(600mm)新設	西松建設	874.35
"	武蔵村山市榎三丁目地先から同市学園一丁目地先間送水管(800mm)移設	古久根・土屋JV	324.8
"	町田市相原町2781先送水管(1500mm)用シールド発進防護	清水・不動テトラJV	157
"	新座市新堀二丁目地先から同市本多一丁目地内間原水連絡(2000mm)用立坑築造	五洋建設	398
都・下水道局	台東区浅草五丁目、東浅草一丁目付近再構築	石橋建設工業	336
"	台東区三ノ輪一、二丁目付近再構築	ティーディーイー	122.88
"	足立区島根三、四丁目付近枝線	佐田建設	834.54
神奈川県	H23県営かんがい排水事業相模川右岸2期地区白根隧道工区	JFEエンジニアリング	155.44
愛知県	道路改良事業R473岩古谷T建設	鹿島・近藤・神野JV	1,696
岡山県	道路改築事業地域高規格道路美作岡山道路(県道佐伯長船線)公共道路(トンネル工)	アイサワ・大本JV	1,284.8
"	広域営農団地農道整備事業備前東部地区和気熊山T(仮称)	大本・蜂谷JV	605
"	県道新見川上線公共道路(仮称)正田T	大本・アイサワJV	1,408
徳島県	道路改築R439(落合1号T)	島谷・県西JV	600
札幌市	社会資本整備総合交付金事業道道西野真駒内清田線(こばやし峠)トンネル新設	清水・堀口JV	2,684.5
宇都宮市	都市基盤河川奈坪川改修(トンネル本体)	清水・中村・大幹・米弥JV	1,198.5
蕨市	北町1丁目雨水調整池築造	鹿島建設	730.6
小平市	花小金井3丁目8～11番先雨水管渠築造	山口建興	134.5
川崎市	宮前平地区ほか下水枝線第2号	岡村建興	120.99
"	川崎港海底T本体改良その13	東亜建設工業	113.6
茅ヶ崎市	公下浜竹4丁目地内外(雨水)通常23-1	浅岡建設	117.4
新潟市	東土1号R403小須戸田上バイパス道路改良	加賀田組	205
五泉市	30号中央雨水幹線整備(第5工区)	福田・横山JV	732
長野市	北部幹線新田川付替	新光建設工業	209.3

〔土木工学社図書案内〕

岩盤の計測と解析

工博 鈴木 光著

A5判 箱入 244ページ 本体価格4,200円 (〒380円)

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

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

山岳トンネル・都市トンネルを掘って

国内から海外も

城 (元)鉄建建設(株)

滋

はじめに

私が、昭和43年4月に、鉄建建設(株)に入社したころの日本は、東海道新幹線が昭和39年10月1日に開業し、同年10月10日から24日まで東京オリンピックが開催され、その後も地下鉄建設、モノレール建設、高速道路建設などのインフラ整備が着実に進められた時代でした。

私が経験した現場は技術的な課題も多かったのですが、何とか解決してきたことが技術開発につながって行きました。

山岳トンネルと
都市トンネルの出会い
「現場のすべてを
経験者から教われ！」

■信濃川発電水力第四期水路ずい道工事(昭和43～44年)―経験者が先生、地元と仲よく

私は、4月1日に入社後、20日から豪雪地帯で有名な、新潟県小千谷市と十日町の中に位置する

第二十一回
語り継ぎ
言ひ継ぎ行かむ

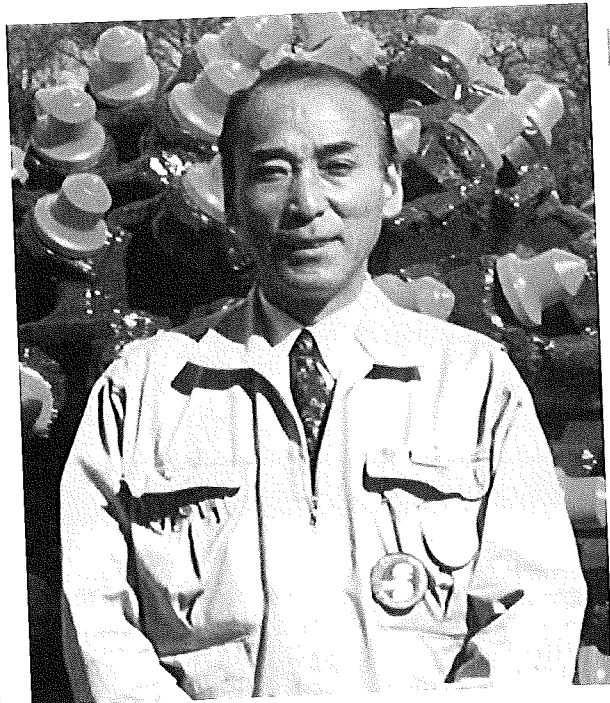
真入地区へ赴任となりました。

工事は、砂質頁岩層を仕上がり断面約40m²で掘削する馬蹄形の水路トンネル建設であり、施工延長が1,350m、工区の間地点の沢に工事基地と立坑を掘下げ上流の千手方、下流の小千谷方へ発破により上部半断面先進工法にて掘削を開始しました。

上流の断層区間では、私は初めての経験でしたが、H形鋼支保工の沈下や切羽の膨張などが発生して、会社の先輩や協力会社の大世話役、世話役・斧指の経験により、支保工の根固め、縫い地土留め、アーチコンクリートの切羽での打設、先掘りの縮小や、鏡のへそ残し掘削などで切り抜けることができました。

当時の山留め方法では、ときどき太古が土圧で軋む音などは嫌なものでした。

一方、沿道協力として民家屋根の雪降ろしや、村のお盆や祭りへ浴衣を揃えて参加したことは、今でもよい思い出となっています。



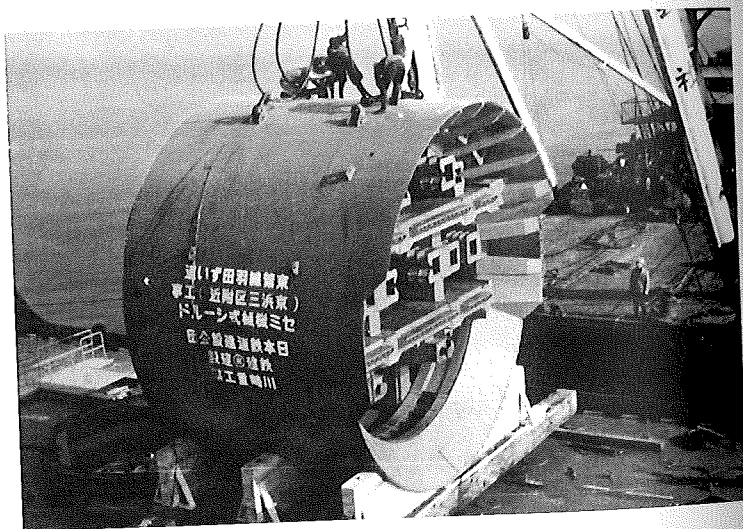
著者、秋間トンネルECLシールドブームカッターヘッドを背に

著者略歴

昭和43年4月	鉄建建設(株)入社
昭和43~44年	信濃川発電水力第四期水路ずい道工事
昭和44~47年	京葉線羽田ずい道京浜三区付近工事
昭和47~49年	東海道線新橋地下駅トンネル新設工事
昭和49~52年	臼井~佐倉間φ2000mm導水管横断工事他
昭和52~57年	船橋市本町幹線敷設工事、他泥水押管工事
昭和57~59年	第二千川幹線その3工事
昭和59~61年	シンガポール地下鉄東西線108工区工事
昭和61~平成4年	太田幹線その4工事、他シールド工事
平成4~7年	北陸新幹線秋間トンネル建設東工区工事
平成7年	MM21横浜地下駅新設工事
平成7~9年	横浜支店土木部
平成9~12年	東関東支店土木営業部
平成12~14年	海外統括支店営業部
平成14~19年	本社土木本部海外事業部
平成19~20年	同 常勤顧問
平成20年	鉄建建設(株)退社 エヌシーイー(株)入社 現在に至る

■京葉線羽田ずい道京浜三区付近工事(昭和44~47年)—安全厳守は2重のガードを!

当工事は、東京湾の埋立地、昭和島に位置し、京浜運河内に潜函(ケーソン)立坑(横23.0m×縦13.9m×22.3m)を構築してシールドの発進立坑とし、シールド外径7,270mm、セグメント内径6,400mm、施工延長840mで並列2本のトンネルを施工しました。土質は沖積細砂やシルト層で補助工法は圧気が採用されました。圧気は潜函で約0.3MPa以上、シールド坑内も湧水状況により約0.2MPa前後が使用され、私も関節痛から再圧室治療をまる1日受けたこともあり、圧気は地山の安定に効果的ですが加圧時・排気時の轟音を聞くと、人が入るところではないと思いました。



京葉線羽田ずい道京浜三区シールド

また、下り線の坑口から約500m地点で掘進中にエレクターが故障したため、掘進を停止して溶接補修を行ったときに、油圧ホースが破裂して引火する事故が発生し、1名が半身火傷、私とほか2名が火傷と切傷を負いました。原因は

不燃性のシールドオイルが霧状になり引火したためで、現場は火力を抑え切羽保持を目的に時間を掛けて減圧を行ったのですが、断気後トンネル直上部が円錐形に陥没しました。地山とシールドの修復のため再発進までに約3か月を費

やしました。現在では、潜函は無人化ケーソン、シールドも切羽密閉型へ代わり、圧気の使用は減少しましたが、トンネル坑内での火気の使用は2重の安全対策が必要です。

国鉄で初めて メガネ型シールド工法による 地下駅部の構築 「難工事で自分も大きく!」

■東海道線新橋地下駅トンネル新設工事(昭和47~49年)—多工種で自己を研磨

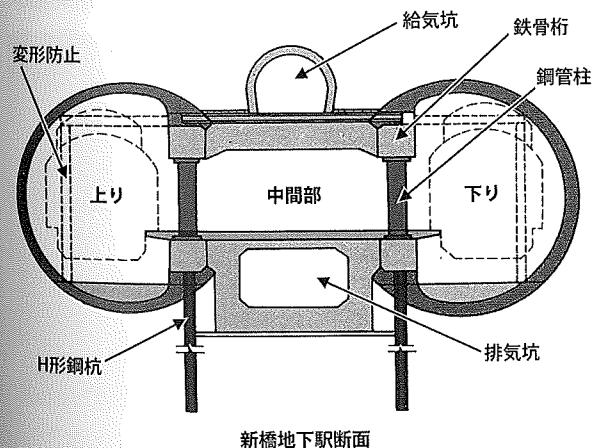
本工事は、総武線と横須賀線の東京地下駅乗入れに伴う新橋地下駅の構築工事でした。

駅の東京方85mはメガネ型シールド工法で施工し、シールドは外径7,786mmの手掘り式で、機長はUターンのために5,420mmと短く設計されました。東京方駅端部の上り線から発進して、換気立坑へ到達、Uターン後に下り線へ横移動を行い、折返して下り線を掘進し、ビル受けを施した駅部に到達させました。

シールドの解体・覆工後に中間

部施工のため、シールド坑内にセグメントの変形防止支保工の仮設、カンザシ桁の取り付け、鉄骨桁の支持杭の打設、鉄骨桁架設とコラム柱の建て込みなどを行い、中間部の掘削・構築を行いました。しかしながら、工種が多く、地下駅部工事との調整が必要で、シールドの分割投入や鉄骨桁などの投入は夜間の21時以降に、通行量の多い新橋駅前銀座口の開口部から夜間作業で行いました。また、上下線のトンネル上部約6mに地下鉄銀座線が横断しており、防護として先進導坑(給気坑)から掘進前に薬液注入工法によりロック系の注入を施工しました。しかし、砂地盤で高強度となり、掘進に手間取って、工程に影響が出ました。

結果、地下鉄構造物への影響はなかったのですが、トンネルで強度を目的に地盤改良を行う場合は、上部をしっかり固め、掘削部は自立保持の検討が基本ですが、現在は他の工法での施工も可能と思います。本工事は多工種の難工事、私にとって大きな経験となりました。

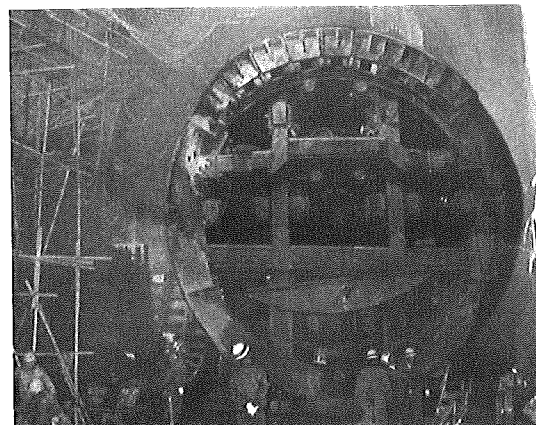


新橋地下駅断面

シールドテールパッキング、 地中壁鋼矢板建込み工法の開発 「問題は開発につながる!」

■臼井~佐倉間φ2000mm導水管軌道下横断に伴う鞘管埋設工事(昭和49~51年)—曲線施工でシールドのブラシ型テールパッキングを開発

当工事は、千葉県水道局が利根川より木下浄水場へφ2,000mmの導水管の布設を行う工事で、そのうち京成電鉄の軌道横断を含めた約280mの区間を、京成電鉄が受託して行った工事です。当工区は印旛沼に近接し、地盤が緩い沖積砂層で、土かぶり5~6mと小さく、シールドは半機械式で、外径約3.1m、路線上にR=45mの急曲線があり、反対住民の多い新興住宅地の側道を通して、京成電鉄を横断後到達する路線でした。補助工法は圧気・薬液注入、軌道下は凍結が採用されましたが、立地から地盤沈下と隆起防止対策、沿道対策の必要な現場でした。とくに曲線R=45mの施工箇所が住民の居住地に近接しており、テー



新橋地下駅メガネシールド立坑到達

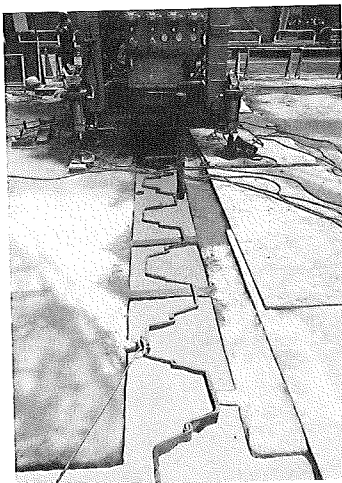
ルパッキングの破損による陥没事故などを防止するため、従来のゴム型テールパッキングに代えて新型のワイヤーブラシ型パッキングを考案し、材質、形状、強度試験、防蝕方法、モルタル付着防止などの実験を行い、シールド掘進機に取り付けました。結果は多少の破損もありましたが現場処理で済みました。その後、このパッキングは有効で日本のシールドのほとんどの取り付けられ、切羽閉閉型シールドでは3重の取り付けとその間にパテグリスを充填し、裏込めモルタルの流入付着を防止するシステムも開発しました。また、英仏間ユーロトンネル施工時に日本製シールドにも取り付けられました。シールドのテールパッキングは非常に需要であり、是非忘れないでください。もちろん本工事は無事完成しました。

■第2 管田線φ1200mm送水管敷設工事(昭和51～52年)―技術提案でコストダウン地中壁鋼矢板建込み工法の開発

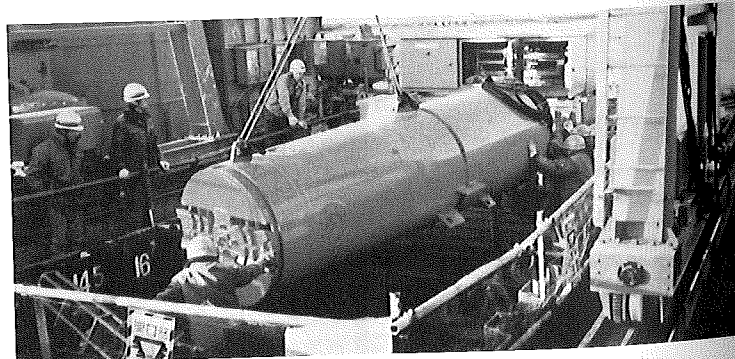
本工事は、開削工法による千葉県水道局のφ1,200mmの送水管の布設工事でした。この工事を施工中に、水道局から「仮設立坑を設けて地上から約20m以深に90°の曲管を布設し、その前後は推進工事で接続後、立坑土止めを存置せずに仮設で埋戻しを行い、コストダウンを図る方法」について数社に検討依頼がありました。鉄建では私が担当として検討し「地中壁鋼矢板建込み工法」を提案しました。

従来から、深さ約20mを越える

立坑で、地下水位が高い土質では、鋼矢板が長尺になり、打設・引抜きも困難になる可能性が高く、通常は連続地中壁によりコンクリート土止め壁や柱列杭の施工が一般的でした。私は連続地中壁を削孔後にコンクリートの代わりに、まず、安定液中に鋼矢板を建込み、その後、安定液を低強度(約0.2～0.4MPa)に硬化させてから、立坑掘削後に管の布設と前後の接続を行い、埋戻し後に鋼矢板を引抜き、硬化安定液鋼矢板建込み工法(TSS工法)を開発しました。試験工事では鋼矢板の引抜きが十分可能であり、その引抜きを主体に特



地中壁鋼矢板建込み工法(TSS工法)



φ800mm長距離泥水押管機

許を取得しました。

この工法は安定液の産廃処理も不要で、掘削時は耐水性に優れ、立坑工事ほか、礫層での連続土止め工事などにも有効な工法となっています。

■泥水加圧式推進工法による長距離推進の開発「推進でシールド工事の代替を！」

■船橋市本町管渠増設工事、他推進(押管)工事(昭和52～57年)

―長距離推進工法を開発・実践

推進工事は、シールド工法に比べ経済性が高く、安全性も高いことから、全国で使用されてきました。私は、密閉型の泥水加圧式推進機を使用して、立坑数や補助工法の削減を図るために、開発した裏込め滑材の自動加圧注入方式の採用と、推進機の方角制御を容易にすることで、玉石や急曲線が存在しないかぎり長距離での推進を可能にできました。

船橋市の下水道工事は、混雑する船橋駅前から約700mに、内径1,200mmのヒューム管を沖積細砂層に布設する工事です。立地条件から、1スパン長164mで中間立坑

を通過させ、発進到達部以外は地盤改良なしで推進しました。

そのほか、管径別の掘進実績では1スパン長がヒューム管内径800mmで118m、900mmで164m、1,200mmで350m、1,350mmで179m、1,500mmで240m、1,650mmで316mと、下水道協会の修正式や経験式と比べて推力は30～40%の低減が可能でした。

とくに、上記の推進工事では管内測量ができる範囲の曲線施工が可能でしたが、現在では曲線施工が一般化し、礫層対応も可能となりました。

市街地の重要構造物直下をシールドで掘進「トンネル屋は周辺の影響を少なくすべし！」

■第二千川幹線その3工事(昭和57～59年)―施工準備と重要構造物への影響を最小限とする計画、シールド上部の緩み探査とセグメント裏面の緩み探査計画を実施

本工事は、文京区の礫川公園内の立坑を発進基地として国道254号線(春日通り)を経由する施工延

長1,772mの雨水幹線工事であり、路線のうち1,300mが国道部、途中約500mの区間で重要構造物の春日共同溝直下を縦断横断するため、沈下の少ない泥水加圧式シールド工法が採用されました。主な内容はシールド外径6,700mm、セグメント内径5,900mm、仕上がり内径5,300mm、土かぶり6.0～21.5m。掘削部の土質は洪積層の砂層とシルト層の互層で、一部東京礫層でした。

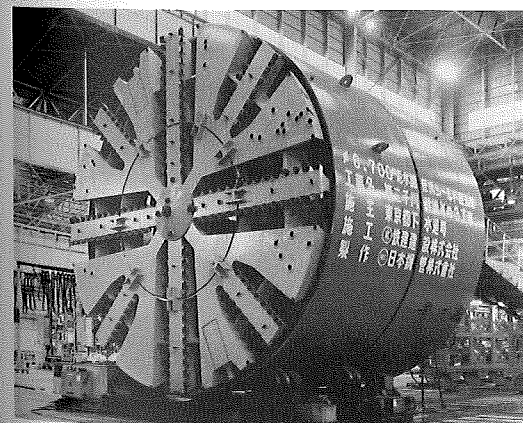
特質点は、シールドの面板に余掘り量と空隙緩みを確認する探針装置を、機上部の前胴部・中胴部・テール部の3か所に土圧計を装備して、上部の緩みや空洞を検知して対策を取る方法を採用したこと

です。また、共同溝下の500mの区間は、セグメント上部の緩みや空洞の測定のため、電磁波(レーダー)による探査を計画しました。一方、下水道局の国道の占用許可の取得が遅れたため、シールドは発進後約70mの国道手前で停止、切羽管理以外の職員、作業員はほかへの応援を余儀なくしました。占用許可や沿道住民の同意などは工事発

注前に取っていただくことが原則で、その確認が必要です。私もそのとき海外に転出しました。

■太田幹線その4工事(昭和61～平成2年)―シールド掘進に伴う重要構造物への影響調査とその対策、初期掘進部の路上沈下の原因究明と復旧

本工事は、泥土圧式シールド工法による下水合流幹線工事です。飛鳥・鉄建・東洋JVで施工しました。工事内容は、シールド外径8,210mm、セグメント内径7,400mm、仕上がり内径6,750mm、トンネル延長1,709m、平均土かぶり15m。路線は、都道環状7号線の蒲田陸橋の側道部を通過し、JR京浜東北線・東海道線軌道下の横断、NTT洞道の縦断横断、京浜急行品川線踏切部の横断、京浜第一国道下の共同溝の横断、ガソリンスタンド地下タンクに近接するなど、多くの重要構造物が存在していました。そのため、路上から事前の薬液注入防護に加えて、シールド掘進時の管理の徹底を図るため、構造物本体と地中に、必要な計測機器を全体で約380点設置し、その計測データを電話回線を利用して基地内管理室に10分ごとに伝送させながら、掘進管理を行いました。結果として、シールド掘進に伴う微小な周辺の挙動と傾向の把握から、繊細な掘進管理が可能となりました。また、シールドのスポーク部に土圧計の探針装置を、中胴部上部に土砂崩壊検出装置と超音波土砂崩壊検知器装置を装備して、確認掘削を行いました。一方、発進部防護の凍結部をテール



第二千川幹線泥水加圧シールド

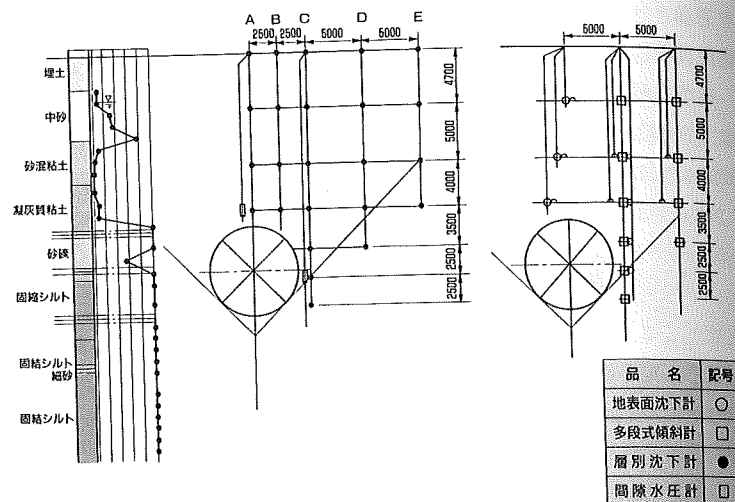
が通過した時点で、泥土圧バランス確保に努めましたが、凍結部の解冻後で復水圧が高く、スクリュウコンベヤからの過剰取込み量が約10m³に達し、切羽直上の路面が10cmほど沈下しました。原因は、高復水圧に対して1次スクリュウ長と排土高さで土砂の搬出抵抗が不足しており、2次スクリュウを増設し、長さと高さを確保して、土圧バランスの確保が可能となりました。沈下により、道路管理者の再掘進許可が出て、掘進を再開できたのは3か月後となりました。その後は順調な掘進を行いました。

海外での地下鉄シールド工事 「海外の異文化の中で 1度以上は工事経験が必要！」

■シンガポール地下鉄東西線108工区工事(昭和59~61年)―初の海外で異文化工事を経験

本工事では、海外工事を経験する目的で大成建設海外支店に出向させていただき、シールドトンネル技術者としてシンガポールで初めての地下鉄東西線108工区工事に参加しました。当工区はシールド外径6,030mm、セグメント内径5,400mm、施工延長960m×2本=1,920mを施工するもので、シールドは半機械式で、軟弱で高粘性のマリンクレイ層はミニジョンバケットを使用し、砂層や軟岩層ではブームカッタで掘削、さらに砂岩質で5mを越す転石が存在した区間は爆薬を使用しました。シンガポールでは火薬類は軍隊保有で、承認依頼を出すとシスコ(拳銃所持警備員)が同行して、持出しと

トンネルと地下



太田幹線その4工事計測点



太田幹線その4工事計測管理システム



シンガポール地下鉄東西線108工区貫通部

返納も行います。また、路線が市街地の主要道路下で、補助工法は圧気と路上からマリンクレイ層へのJGP改良を行いました。掘削時に坑内温度が40℃以上となり、冷却装置はありましたが、日に数回、作業着の着替えが必要となり、坑内の送気管ルートに木箱に氷を入れた簡易冷却器を取り付け、2時間に1回、氷の供給を行いました。多少効果があり、氷は設計変更をいただきました。ただし、トンネルでは巨大転石が出現し掘進に時間を要して大変でしたが、最後まで路面陥没事故を起こさず完成できたことは、参加者全員の努力と思っています。またこの現場では、シンガポール、英国、アイルランド、オーストラリア、ニュージーランド、マレーシア、香港、インド、タイ、韓国などの人々と交流ができてプラスとなりました。海外工事は是非参加する価値があると思います。

■台湾地下鉄板橋線および土城線CD550標シールド工事(平成12~16年)―一事故があっても原因が究明されるまで謝らない

当工事は、私が海外担当時代に、台湾の大陸工程から地下鉄シールド

工事を下請契約で請負っていた工事です。工事内容はシールド外径6,240mm、セグメント内径5,600mm、単線1,667m×並列2本のシールド工事で総延長3,334m。場所は台北懸板橋市街地で、土かぶり12~21m、土質は軟弱な細砂層で泥土圧シールド工法が採用されました。その現場でシールドが駅部(大陸工程施工)に無事到達してから約2か月間で、機周辺改良と土止め防護を行い、シールドの解体を終えましたが、その10日後の2003年2月1日に、到達部先端と駅部連壁間から、約500m³の土砂が流失し、テール後方のセグメント20リングが破損、路上は道路、台湾電力人孔が沈下・陥没して、近接した7階建てのホテルが少々傾く事故が発生しました。現地ではシールド底部から上部まで凍結工法で固めました。企業者や大学教授の専門家からなる調査団の調査が行われましたが、「原因は数項目考えられるが断定はできない」との結論でした。

私は事故から復旧の必要時に参加していましたが、台湾では慣習として下請責任が当たり前で今回もかなり強調されたのですが、不

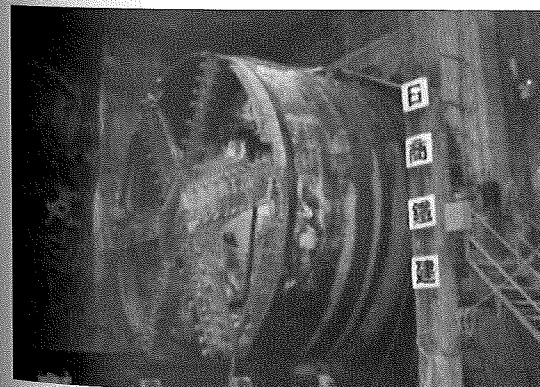
可抗力を柱に最後まで謝らず、復旧に全力を挙げるように指示し、保険の確保と原因不明による不可抗力として現地の責任者および元請と協調を図り、1回も謝らずに設計変更の依頼と保険獲得に努力をして貰いました。台湾では「謝ることは自分の責任だから謝るのだ」とされています。

2件の革新的な新工法を 採用した山岳トンネル工事 「新工法は演じて先に進む！」

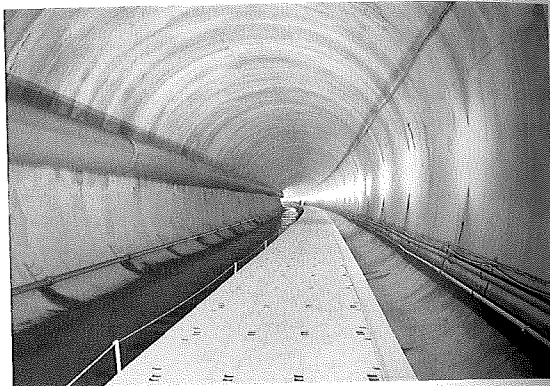
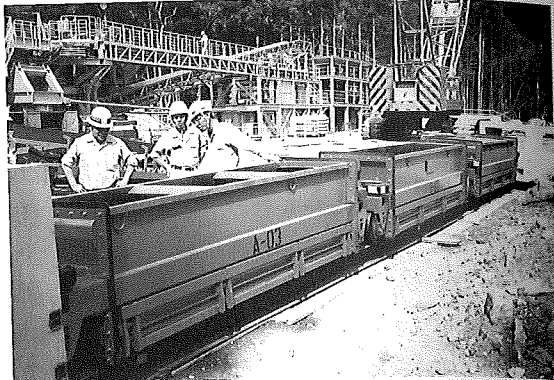
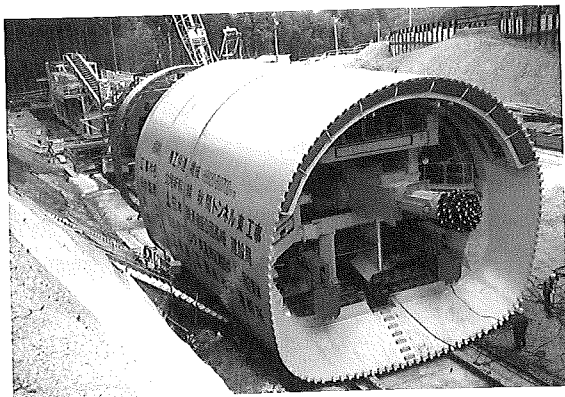
■北陸新幹線秋間トンネル(東)工区工事(平成4~7年)―掘削覆工併進工法(ECL工法)と低圧空気をを使用した搬送カプセルシステムを採用

本件に関しては本誌(Vol.22, No.10, pp.15~23)に、「ECLとカプセル搬送で長大トンネルの高速化に挑む、北陸新幹線秋間トンネル」として、発注者から「工事の概要と設計・施工計画の概要、その時点(ECLシールド機の組立)までの状況」が報告されています。ここでは、工事の再概要と施工実績、今後について述べてみます。
(工事概要)

1998年の長野冬季オリンピックの開催に向け北陸新幹線が建設されました。秋間トンネルは高崎駅・軽井沢駅間では最長の8,305mのトンネルであり、東工区4,355mはECL工法を、中工区1,850mおよび西工区2,120mはNATMで施工されました。とくに東工区は、省力化機械化施工として、世界最大断面のECLシールドによるECL工法と同時に、トンネルの掘削ずりと



台北懸地下鉄板橋土城線泥土圧シールド



(左上)ECLシールド、(右上)カプセル車両、(左下)ECL・カプセル中央管理室、(右下)トンネル坑内とカプセル管路

覆工コンクリートの運搬を低圧空気の気流を使用して完全自動化で動かす空気カプセル搬送システムという2件の革新的建設技術を駆使した工事でした。

(掘削実績)

本工事の掘進は、1992年1月から開始して1997年9月に完了しました。実績として凝灰岩層はブームカッターで掘進、火山角礫または円礫岩層では2～3mの礫が転在したため、シールドの削岩機で削孔し、コンクリート破砕器や油圧式割り矢による割岩を、延長約800mに亘る熔結凝灰岩層では計画以上の強度のため、ブームカッターのピックを鈍角摩擦対応型に変更して掘進を行いました。断層部などでの切羽防護は、ロックボル



北陸新幹線秋間トンネルECL区間到達

トの先受けやウレタン系防護注入を、さらに吹付けロボットにより吹付け防護を行いました。湧水は、切羽後方50mの側壁部から200mの先進水抜きボーリングを25mピッ

チで削孔し、最大排水量は1本あたり1トン/分でした。掘削実績は月進で、火山角礫・円礫岩層で95m/月、溶結凝灰岩層で106m/月、凝灰岩層(角礫含む)231m/月

であり、全区間平均月進で121m/月という結果でした。

(覆工実績)

本工事では、シールドの推力を型枠で受けるために、1日後のコンクリート圧縮強度を10MPa、7日強度を30MPaとするため早強セメントを使用しました。1日養生での型枠の脱型と、ECLコンクリートが連続打設を行うために、コンクリートの表面にヘアクラックを生ずる傾向が多く、脱型後直ちにコンクリート表面に、自動目地切りブレードを使用して、幅1cmで深さ13cmの誘発目地を設け拡散を防止しました。また、ECLでは圧力コンクリートを打設するため、一般的に打設後の強度は設計強度の約2～2.5倍にまで増強しました。

(空気カプセル搬送システムの採用実績)

本工事では、カプセル走行に必要な搬送管として、内空で縦横90cmの2連のプレキャストカルバートBOXを坑外・坑内を合わせ約7.7kmにわたって敷設し、とくに坑内は掘進に合わせて日々延伸を行いました。搬送の原動力は低圧の気流であり、管路の漏気で走行能力が低下したため、目地の内側からコーキングを施工して漏気防止を図りました。また、カプセル制御をトンネル内の中央管理室で行い、完全自動化としたため回路上で計測制御機器が多く、日々小トラブルが発生して復旧に時間を費やしました。さらに、搬出でずり出しを、搬入で生コンの持込みを行いました。生コンがカプセ

ルの内側に付着し、ジェット水洗浄や付着防止板・塗装も行いましたが、効果が上がらず、カプセル底蓋が閉まらないトラブルが多発しました。そのため、途中からずり専用とし、生コンは生コン車により直接坑内に運搬する方法に切替えました。

(今後)

① ECL工法では、セグメントに代え、直接生コンを打設することで、大幅なコスト削減が可能ですが、地山の自立が基本であり、大深度の洪積層などでの採用に期待されると思います。

② ECLコンクリートは、工法上、表面にヘアクラックが発生する傾向があるため、表面に20cm程度の2次巻き覆工コンクリートを打設することが良策で、セグメント使用に比較しても割安です。

③ カプセル搬送システムは、完全自動化のための計測制御設備が多く、トラブル発生時にその原因発見に時間を要するため、定点箇所での使用が有効であり、工事での使用は管理面で改良が必要であると思います。

④ 本工事では、大きな2件の革新的な新工法が採用されましたが、今後さらに省力化への機械化施工が増加すると思われます。過去の実績をベースに新たな発想を持って、新工法への挑戦を進めていただきたいと思います。

おわりに

最後になりますが、私は上記工事のほかに、大プロジェクトの

「青函トンネル工事」が業者へ発注されるときに、見積り作業で数か月間竜飛と東京で参加させていただきました。また、東京湾横断道路の「中央トンネル木更津北工事のシールド工事」および「橋梁下部工Ⅰ工事」でも社内の1担当として業者JVの施工委員で参加させていただきました。加えて、私の最後の現場となった「MM21線横浜地下駅建設工事」は、既存のホーム下、約27mに地下駅を構築する工事でしたが、地質がN値0～4の沖積粘性土で、支持層の土丹層が40m下と深いため、地上の構造物および軌道の仮受けを1回の仮受けで済ませるため、鉄道トロッコ線下の狭い空間で打設可能な「低空頭鋼管圧入機と圧入方法」と「(分割式)鋼管圧入機」を開発し、さらにネジ式鋼管杭を使用して接合時間の短縮と工期の短縮を図りました。

なお、今回、私の姿勢として、「私が担当した現場ではとくに技術的な課題にぶつかることが多く、会社の技術部への相談のほかに、自分が常に意欲を持って課題と向かい合い、解決努力してきた結果が、発明・開発にもつながった」と思っています。是非、皆さんも現場を施工されるときは、最先端の開発の源の地にいるのだと考えてください。

最後に、今回、トンネルに関して、鉄建建設内でも、私より多くの経験を持たれる先輩の方々も多いのですが、縁あってこのような機会が私に回って来たことに、十分感謝する次第です。

トンネルジャーナル

一般国道53号(仮称)大田トンネル貫通

中国地整岡山国道事務所が整備する国道53号「(仮称)大田トンネル」が、6月30日貫通地点に到達し、同日、同事務所が主催する「貫通の瞬間の見学会」において、最後の切羽を貫通させ、地元住民約100名とともに貫通を祝った。

同トンネルは、岡山市北区建部町大田から同町福渡に至る延長581mのNATMトンネル。現道の国道53号や住居に近接し、施工ヤードが非常に狭く、約1.6万台/日の交通量がある現道の交通を確保しながらの施工となることから、効率的にプラントを配置し、掘削に先行して現道斜面上の落石防止対策や防音扉などの仮設工事を施した。

昨年9月に福渡坑口で着工し、おもに中生代白亜紀の閃緑岩質花崗岩からなる地山を、片押しにより、発破掘削で掘進した。落石などの誘発を防ぐ必要から、発破振動を抑えるため、計測管理工により制御発破を行いながらの施工となった。途中、24mにわたり存在する、最小約7mの小土かぶり区間も大きな変状もなく突破し、約10か月の掘削期間を、平均

月進58m、最大月進95mで貫通に至った。

同工事は「大田防災事業」の一環として行われているもので、現道が旭川と急峻な斜面の岩山に挟まれており、また、岩山にも多数のひび割れが確認されていることから、約1km区間をトンネルで迂回させる。多発する落石による国道53号の通行止めを解消し、安全性・信頼性の高い道路空間の確保と、地域の発展に供する目的で行われており、平成24年度の供用を目指している。



写真提供：岡山国道事務所

阿武隈東道路で震災後初のトンネル貫通

東北地整磐城国道事務所が整備する、阿武隈東道路「松ヶ房トンネル」が、7月16日貫通した。

同トンネルは、宮城県伊具郡丸森町筆甫に位置し、2009年10月に着工、掘削断面積88m²、延長1,319mをNATMで掘進した。

地山は、おもに片状花崗岩と凝灰岩からなり、多量の湧水はなかったものの、少量の湧水に対しては、吹付けコンクリート面にビニルシートを設置し、本設の防水シート設置前であっても、湧水をトンネル断面の端部の素掘り側溝に導水し、路盤の泥濘化を防いだ。また、2か所で発生した切羽の天端崩落に対しては、地山と支保工との間にあたり付けを行い、吹付けコンクリートを充填させ、地山の安定化を図った。

存在が推定されていた畑川破碎帯断層区間では、推定位置付近においても明白な断層は出現せず、設計より1ランク落とした支保パターンの採用が可能となったが、計測間隔を10mにするなど慎重な施工を行い、平均月進71.3m、最大月進111.6mで、貫通

を迎えた。

同道は福島県相馬市山上と同市東玉野を結ぶ約10.7kmを整備するもので、東日本大震災の影響が大きい地域に位置する。

同道の整備により、相双地方の復興支援や救急医療圏の拡大が期待されており、同事務所では早期開通をめざして、さらなる努力を続けてゆくとしている。



写真提供：磐城国道事務所

計画

凍結工法を活用し虎ノ門交差点直下で既設シールドと地中接合

—東京都下水道 第二溜池幹線—

東京都下水道局第二基幹施設再構築事務所設計課長 泉谷 信夫
東京都下水道局第二基幹施設再構築事務所設計課設計担当係長 中村 雄一郎
間・大豊・安藤建設共同企業体監理技術者 滝沢 究
間・大豊・安藤建設共同企業体設計主任 岩崎 広幸

1 はじめに

東京都下水道局では、都民を浸水被害から守るため、1時間50mmの降雨に対応する管渠やポンプ所の整備を進めている。千代田区番町地区、港区赤坂・溜池地区および中央区銀座・築地地区などでは、既設管渠の流下能力が不足しており、豪雨時にたびたび浸水被害が発生している。

また、これらの地区は、合流式下水道で整備され、一定量以上の雨が降ると、汚水混じりの雨水の一部が皇居の内堀や築地川などに放流され、閉鎖性水域の水質悪化を招く一因ともなっている。第二溜池幹線および勝どき幹線は、こうした課題に対し、浸水対策の強化および閉鎖性水域の水質改善の観点から整備するものである。

なお、第二溜池幹線は、計画延長約4.5kmのうち上流部約2.0km(内径6,500mm)が整備されており、現在、既設管渠能力を超えた分の雨水を暫定的に貯留する施設(貯留量約53,000m³)として、浸水被害の軽減に貢献

している。

第二溜池幹線・勝どき幹線工事については、本誌(Vol.40, No.10)で全体計画について報告をしている。その際、第二溜池幹線の上流部と下流部との接合箇所は、東京メトロ銀座線虎ノ門駅直下約40mとなり、立坑の構築が困難であることから、地中接合での施工を慎重に検討していく予定であることを紹介したが、このたび、その施工方法が

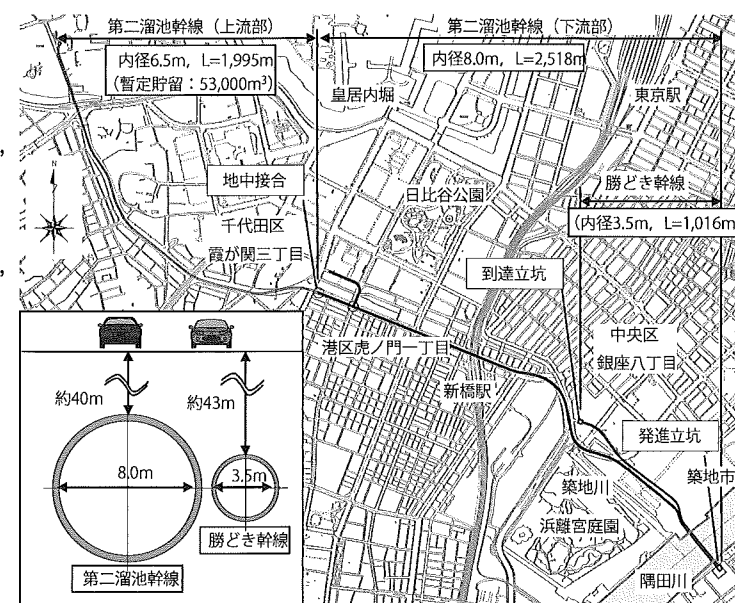


図-1 第二溜池幹線および勝どき幹線位置図

決定したので、ここに報告する。

2 第二溜池幹線・勝どき幹線の工事概要

第二溜池幹線・勝どき幹線のシールド発進立坑は、新たに建設する雨水ポンプ所である勝どきポンプ所(中央区勝どき五丁目5番地内)用地内としている。当該場所は、第二溜池幹線と、中央区銀座・築地地区の雨水を収容する勝どき幹線のシールド発進立坑である。

両幹線を同一の立坑から発進させるため、設計段階において、立坑用地の広さや工期、経済性、安全性などについて総合的な検討を行った。その結果、1つの立坑から2連シールドとして発進し、地中で分岐した後、それぞれの幹線到達部まで単円シールドとして掘進できるH&Vシールド工法を採用することとした。

第二溜池幹線については、前述のとおり、暫定貯留管として供用している上流部と今回整備する下流部と地中接合する。また、勝どき幹線については、現在、別途施工中の築地幹線と銀座八丁目の到達立坑で接続する。

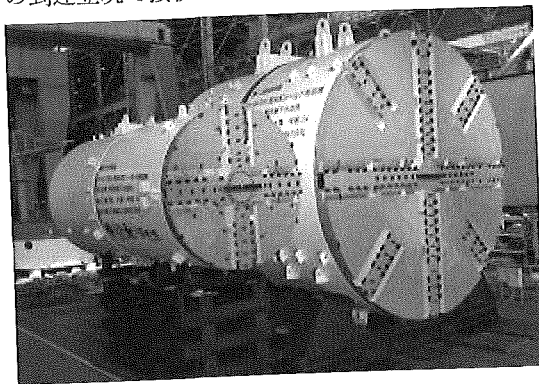


写真-1 H&Vシールド

表-1 幹線概要

幹線名	第二溜池幹線	勝どき幹線
流域面積	約641ha	約89ha
内径	φ6,500~8,000mm	φ3,500mm
延長	約4,503m(今回整備延長2,518m)	1,016m
起点	中央区勝どき五丁目	
終点	千代田区紀尾井町 (今回接続部：港区虎ノ門一丁目)	中央区銀座八丁目

3 既設第二溜池幹線との地中接合

今回の地中接合は、東京メトロ銀座線虎ノ門駅の直下約40m、地下水圧(0.4MPa)の高水圧下で、内径6,500mmの既設幹線(上流部)と内径8,000mmの新設幹線(下流部)を接続する工事となるため、施工に際しては細心の注意を払い、不測の事態にも対処できる安全、確実な施工方法を選定する必要がある(図-2~4)。

このため、補助工法の選定にあたっては、以下の条件のもと、凍結工法、高圧噴射攪拌工法、薬液注入工法の3工法について比較検討を行った。

また、既設幹線(上流部)は、暫定貯留管として供用されているため、原則として新設幹線(下流部

表-2 補助工法検討条件

土質	砂混じりシルト、洪積細砂 $N>200$ 透水係数 1.28×10^{-4} cm/sec(実測)
地下水圧	0.4MPa(シールド中心付近)
改良深度	最大約50m
シールド断面	既設(上流部): 外径7.75m 新設(下流部): 外径9.0m
施工方法	原則、新設幹線から施工 既設幹線からは、小型機材による簡易な施工のみとする。また、地上からの施工は不可とする。

表-3 補助工法比較表

	凍結工法	高圧噴射攪拌工法(MJS工法)	薬液注入工法(低圧浸透注入・耐久グラウト)
概念図			
改良強度	2,050kN/m ²	200kN/m ²	現地盤+10kN/m ² の粘着力
止水性	高強度で均質な改良効果が期待できる	均質な改良効果が期待できる	地盤の状況により改良が不均質になりやすい
造成期間(準備含む)	約7.5か月	約16か月(1機施工昼夜)	約4か月(2機施工昼夜)
工費(直工費)	比較的安価である(○)	やや高価(△)	高価(△)
評価	◎	△	△

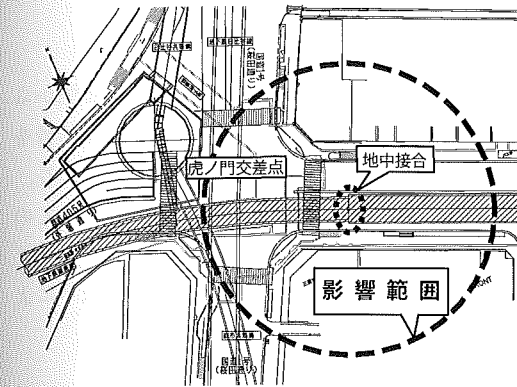


図-2 接合箇所平面図

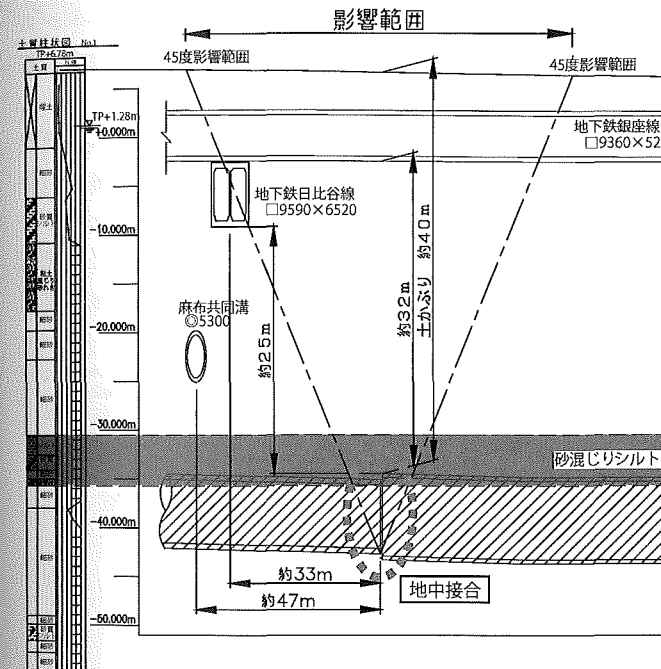


図-3 接合箇所縦断面図

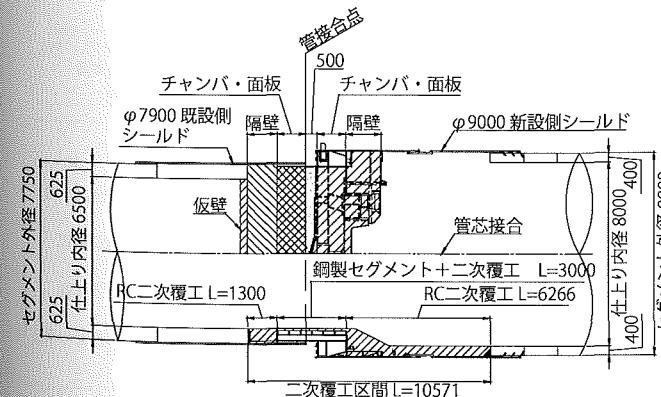


図-4 接合部詳細図

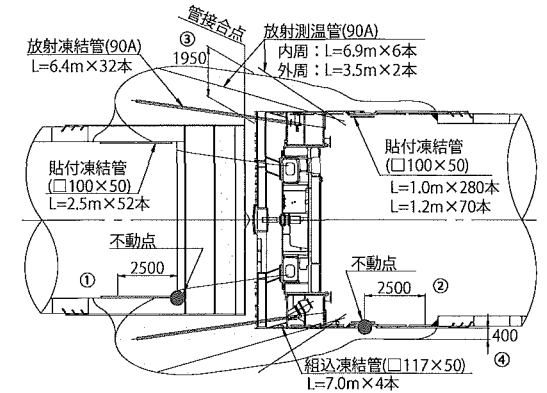


図-5 凍結工法詳細図

部)から施工できる補助工法を検討した。

この結果、改良強度、止水性、コストの面から凍結工法を最適と判断した。凍結工法の詳細については図-5のとおりである。凍土がシールドトンネル周面から剥離すると、地下水の浸入を招き、出水事故につながりかねないため、接合作業時の温度変化や変形、振動の影響を考慮して凍結範囲を設定した。

- ① 接合作業時に変形の恐れのあるバルクヘッド周辺部から十分な距離をとり、既設幹線(上流部)側シールド部の撤去端部から2,500mmを必要凍着長とした。
- ② 同様に、新設幹線側シールドの中折れ部端部から2,500mmを必要凍着長とした。
- ③ 新設、既設バルクヘッドの撤去に際して、造成凍土のみでも土圧、水圧に対抗できるよう、既設バルクヘッド背面を支点とした梁モデルを用いて応力計算を行い、必要凍土厚を1,950mmとした(図-6)。
- ④ 新設幹線側凍着長部の凍土厚は、貼付凍結管のみで造成可能な400mmとするが、埋設凍結管で造成した場合と比べて、凍土厚が薄くなるため、恒久(耐久)グラウトを用

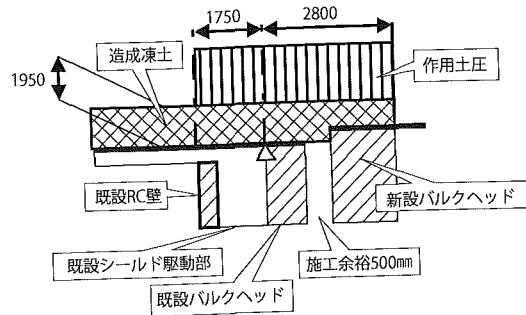


図-6 必要凍土厚検討概念図

いた補助注入により、地中の空隙を充填することで、地下水の浸入を防ぐこととした。

4 施工手順

地中接合の施工手順を、図-7, 8に示す。

4-1 到達工

到達前に、シールド内より水平ボーリングを実施し、既設管との距離を測定し、500mmの余裕を残してシールド到達とする。シールド搬出後、チャンバ内をモルタルなどで充填固化し、貼付凍結管設置範囲について補助注入を行う。

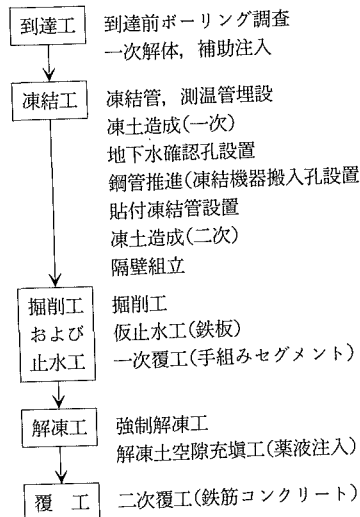


図-7 地中接合施工フロー

表-4 凍結管の管種変更

管種	通常	今回適用
引張強さ	SGP 90A	STPG 90A
管厚	290N/mm ²	410N/mm ²
断面	4.2mm	12.7mm
面積	12.85cm ²	35.45cm ²

4-2 凍結工および推進工

4-2-1 凍結工

前述のとおり、凍結管、測温管は新設管側からのみ設置し、凍土造成を行う。この際、凍結管を高強度管にすることで、掘削時の内部熱により、万一、凍土の強度が低下した際の補強材としての役割を担わせる(表-4)。

また、安全で確実な施工を行うため、以下により、凍土の管理を行う。

(1) 凍土の性状管理

凍土の状態(凍土形成範囲、温度状況)や管体周囲の止水状況を把握するため、地中およびトンネル周囲に測温管を設置し、凍土の品質を管理する(図-9)。

(2) 凍結機故障および停電に対するリスク管理

凍結機の故障に備えて、凍結機を分轄(100型(75kW)1台を50型2台に分轄)して、リスク分散を図る。加えて、近隣の工場に同等以上の凍結機を常備し、緊急時には速やかに搬入できる体制

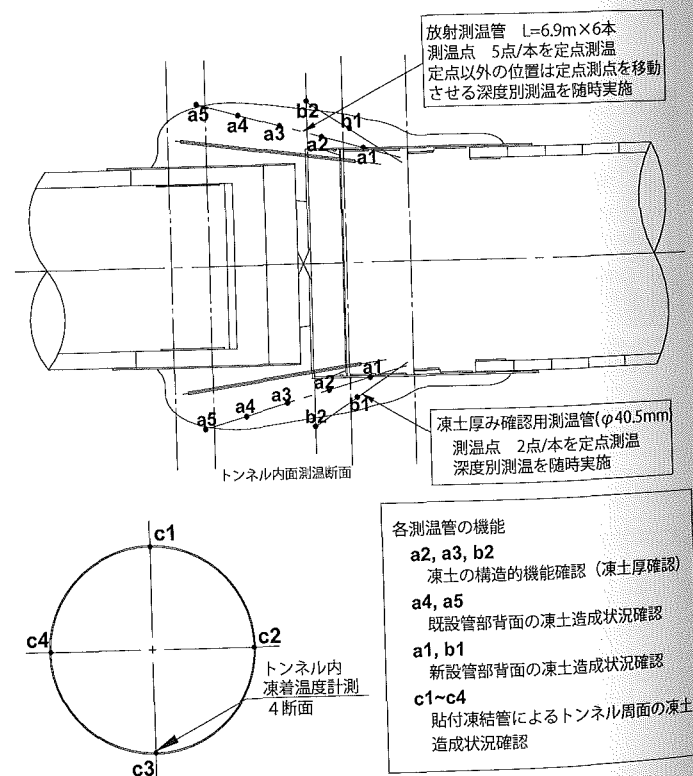


図-9 測温管設置図

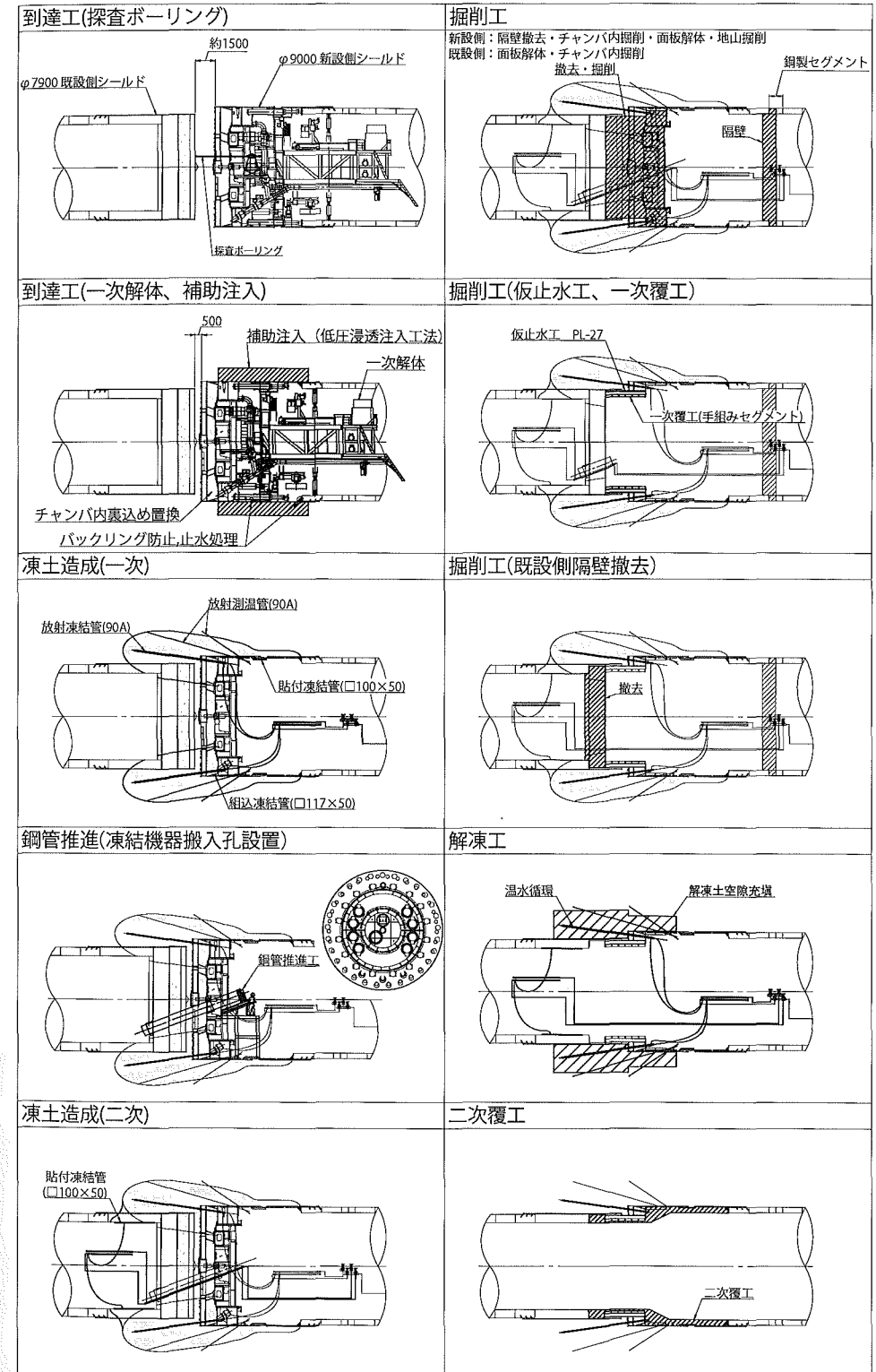


図-8 地中接合施工手順図

表-5 計測管理案一覧表

内空変位		
	内空変位量(mm/日)	対 応
1 次管理値	- 3 mm (2 次管理値の80%)	シールド内での火気および水の使用禁止
2 次管理値	- 4 mm (限界値の80%)	作業の一時中止 作業員は待機
限界値	- 5 mm (過去事例値)	作業の中止 作業員退避
絶対変位		
	内空変位量(mm/時)	対 応
1 次管理値	(2 次管理値の80%)	注意喚起 1 日 1 回の測量実施
2 次管理値	(限界値の80%)	作業の一時中止、上部構造物の計測値の確認(作業は上部構造物の管理に従う)、原因究明

を確保する。また、停電時の対応としては、現場内に専用の発電機を設置し、停電時には自動切替え運転を行えるよう回路の設定を行う。

(3) トンネルの変状管理

シールドトンネルの変形により、凍土剥離の危険がある断面については、内空変異をレーザー計測機で常時計測する。また、凍上の危険がある地中接合部および坑内発進部においては、絶対変位計測機(トータルステーションなど)を設置する。

以上により、トンネルの変状を把握するとともに、表-5に示す計測管理値により、安全かつ適切な管理を行う。

4-2-2 推進工

掘削を行う前に既設管側の凍結管の貼付けを行うが、そのためには新設幹線側から作業員の出入りや凍結機器の搬入ができるよう、人道孔を設置する必要がある。このため、小口径推進工法により、作業員が入ることのできる最小径800mmの人道孔を施工する。その後、既設幹線に貼付凍結管を設置し、凍土造成を完成させる。

4-3 掘削工および止水工

掘削は新設幹線から行うため、シールド内側の鋼材の切断・撤去と、人力のはつりをくり返しながら、掘削を進める。また、掘削時の出水対策として、以下のように作業を進める。

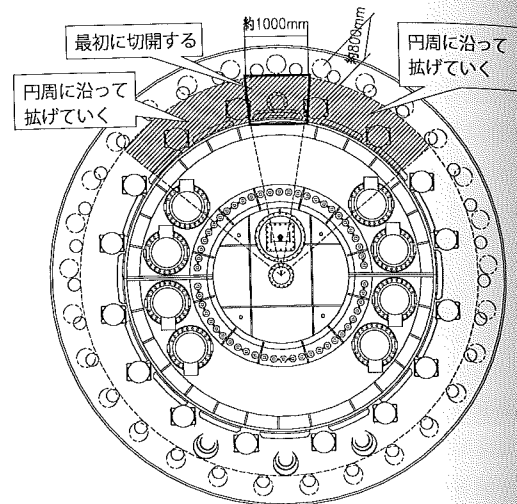


図-10 掘削断面概念図

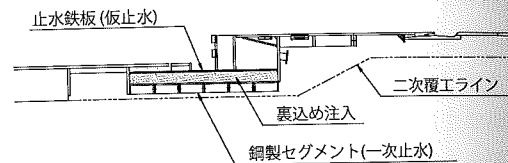


図-11 仮止水工詳細図

- ① 全断面の掘削・撤去は行わずに、部分的に切開しながら掘削・撤去を進める。最初に頂部を切開し、円周に沿って掘削していく(図-10)。
- ② 掘削・撤去を行った箇所から、順次、止水鉄板を貼付ける。また、掘削・撤去完了後すぐに鋼製セグメントを組立て、止水鉄板(仮止水)と鋼製セグメント(1次止水)の二重の止水構造を形成する(図-11)。
- ③ 鋼材の切断には熱が多量に出るランス切断を避け、ウォールソー(レジノイド盤)切断を採用する。

4-4 解凍工

凍土の解凍にあたっては、地下鉄構造物、重要幹線道路の直下であることを考慮し、最小限の沈下量となるよう、強制解凍工により施工する。強制解凍工の手順は、図-12のとおりである。

なお、解凍土空隙充填工の施工にあたっては、確実な充填を行うため、

- ① 浸透性のある材料の使用
- ② 経年劣化しない恒久的な材料の使用

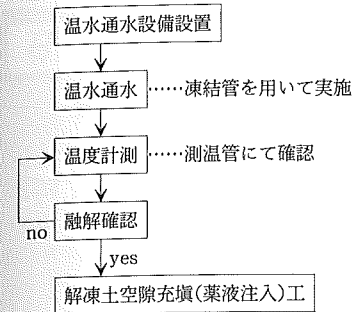


図-12 強制解凍工施工手順

- ③ 構造物に影響を与えない注入工法を満足する恒久(耐久)グラウトを用いた低圧浸透工法を採用する。

4-5 覆工

最後に、鋼製セグメントの2次覆工と、既設・新設シールドの外殻部をRC覆工し、地中接合を完成させる(図-13)。

5 おわりに

第二溜池幹線整備事業も、懸案であった地中接合の検討を終え、いよいよ佳境を迎える。今後は、

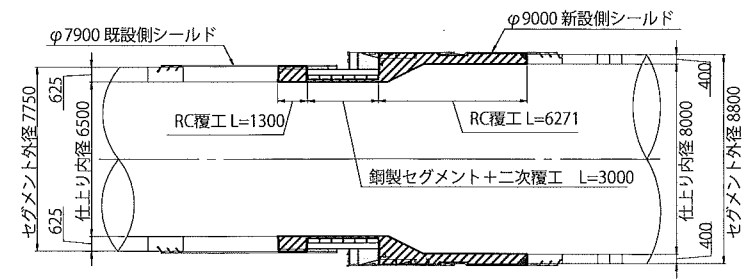


図-13 覆工範囲図

既設雨水渠からの取水について、長大幹線の吹き上げ構造であることに鑑み、水理模型実験を行って実効性を確認し、最適な取り込み手法で施工する予定であり、機会があればご報告させていただきたいと考えている。

大都市においては立坑用地の確保が年々難しくなっており、本工事のような大深度での地中接合は今後も施工の機会が増えるものと思われる。本工事で培った技術を広く活用し、計画的かつ効率的に対策を進め、安全で快適な東京の実現に努めていきたいと考えている。



セグメントの新技术

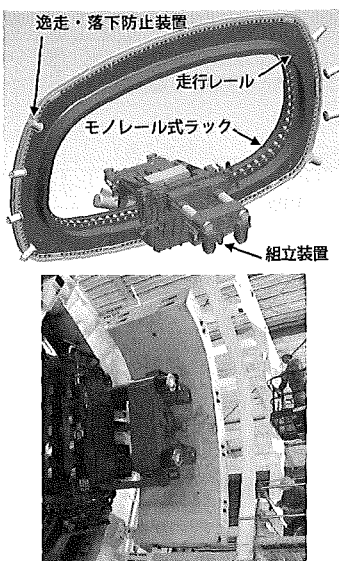
監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 円290円

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

工法・技術・製品ニュース

工法 非円形断面シールドトンネル用セグメント組立装置を開発



大林組CSR室広報広報第一課
TEL: 03-5769-1014
http://www.obayashi.co.jp/

大林組と三菱重工メカトロシステムズは共同で、非円形断面シールドトンネル用セグメント組立装置を開発し、実物大のセグメント組立て装置による試験を行い、その性能を実証したと発表した。

同装置は、近年、都市トンネルにおいて採用事例が増えている非円形断面トンネルについて、「ラック&ピニオン駆動モノレール式」を用いた組立装置の走行部を、トンネル断面形状に合わせて製作する。組立装置本体は形状にかかわらず、ほぼ同じ構造で対応できるため、転用が可能。コストは従来と同等としている。

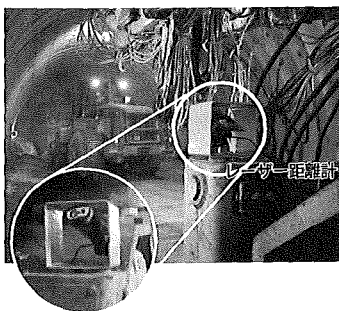
従来、非円形断面シールドでは、「円形リング式」セグメント組立装置を2台、左右に設けるため、占有空間が大きく、ほかの設備のための

空間が制限されていた。また、2台の円形装置を用いたばあい、旋回やアームの昇降移動方向がセグメントごとに異なるため、非常に複雑な操作をしながら、セグメント組立てを行っていた。

同装置は、ラックと装置走行方向が断面形状に一致するため、有効に利用できる空間を中心部に大きく確保でき、また、セグメントの位置決め操作も容易になることから、セグメントの設計自由度が高まり、工事の品質も向上させることができるとしている。

両社では、実物大のセグメント組立試験を実施し、セグメント(10t/ピース)の把持・組立てを行い、操作性・走行安定性について十分に実用可能であることを確認している。

工法 切羽安全監視システムを開発



飛鳥建設(株)建設事業本部企画統括部
TEL: 03-5214-7083
http://www.tobishima.co.jp/

飛鳥建設とムーヴは共同で、岩塊の抜落ちが発生しやすい亀裂性地山や鏡吹付けなど、切羽補強工が必要な不良地山に対して、安全な切羽作業や効率的な対策工を実現するための「切羽安全監視システム」を開発した。切羽崩壊がたびたび発生した強変質塑性地山や未固結地山におけるトンネル現場などに適用し、有効性と実用性を確認している。

同システムは、建設現場での簡易測量に使用される安価なレーザー距離計を用いて、複数台のレーザー距離計を遠隔制御する技術を応用し、切羽押し出し量などの地盤変位を、1秒間隔で、多点同時に連続計測するもの。計測用パソコンに計測データを、ワイヤレスでリアルタイムに転送し、変位量や変位速度などの物理量を演算処理する。あらかじめ設定

した管理基準値を超えた場合は、警告音や警告灯により、切羽作業員に対して即時に注意喚起を行う。

飛鳥建設が施工中の、圏央道笠森トンネルの未固結地山で、平成23年5月以降、切羽補強工施工時の安全管理や坑口切土法面の動態監視に適用しており、同システムの現場計測管理での有効性確認を行うことで、さらなる改良・改善を行っていくとしている。

また、危険な箇所に入り込むことなく、非接触で、取扱いの簡単な機器を使い、測定対象物の変位量を多点同時に連続計測できることから、切羽安全監視だけでなく、地盤挙動や近接施工を伴うコンクリート構造物の影響挙動を、リアルタイムに計測監視することなどへの展開も、期待できるとしている。

研究

FRP型枠を用いた覆工コンクリートの温度特性

宮崎大学工学部准教授 瀬崎 満 弘
(株)フジ九州支店土木工事事務所 渡辺 正
(株)フジ技術センター土木研究部主任研究員 藤倉 裕 介
(株)エムケーエンジニアリング代表取締役 源 石 佳 弘

1 はじめに

道路あるいは鉄道におけるトンネルの覆工コンクリートは、吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼製支保工などの支保部材によって、地山が適切に補強されることによりトンネルの安定性が十分に保たれる場合は、力学的な負荷は期待しておらず、地下水などの漏水の少ない、水密性のよい構造物とし、安全で長期的な使用に耐えるものとする¹⁾。一方、地山の変形が収束しない状態で覆工コンクリートを施工する場合、覆工コンクリートを施工後、水圧あるいは上載荷重などによって外力が作用する場合、あるいは支保部材が劣化した場合は、構造物としての安全率を増加させることが期待されている。しかしながら、歴史的には構造物としての品質確保については、一般的なコンクリート部材ほどの重要性を考慮されてはなかった。

一方、覆工コンクリートの剝離・剝落の発生などを受け、剝離・剝落に対する安全性の向上が要求されるようになってきている。そのためには、覆工コンクリートの耐久性を向上させる必要がある。加えて、近年の公共投資のコスト縮減を受け、社会資本の合理的な整備の観点からトンネルを含むコンクリート構造物のライフサイクルコストの低減、長寿命化が強く求められるようになり、構造物の重要な構成部材であるコンクリートの高品質化、高耐久性化が必要となってきている。その

ためにさまざまな面からのアプローチがなされており、覆工コンクリートに繊維補強コンクリートや膨張コンクリートを使用すること、あるいは施工面においては養生方法の改善や締固めの工夫といった取り組みがなされてきている²⁾³⁾。

覆工コンクリートの耐久性を考える場合は、必然的に覆工コンクリートに発生するひび割れへの対応を検討する必要がある。ひび割れの発生には種々の要因があるが、安全性の確保や長期の耐久性を向上させようとする場合には、覆工コンクリートの打設後の温度・乾燥収縮に伴って発生するひび割れに対する対策が必要となる。

以上の背景のもと、本研究では覆工コンクリートの耐久性の向上に資するため、養生方法の改善の試みとして、熱伝導率の低く、水密性が高いFRP(強化プラスチック)を、覆工コンクリートの型枠として使用した場合において、FRP型枠の有用性を検討するものである。FRP型枠を使って覆工コンクリートを打設後、覆工コンクリートに発生する温度を現場で測定し、また、有限差分法による温度のシミュレーション解析を行った。

2 実験の概要

2-1 覆工コンクリートの強度

実験を実施したトンネルは、延長2,417mの高速道路のトンネルであり、先行して施工を行った1,347mの工区を対象とした。非常駐車帯の拡幅部を除く区間で、FRP型枠を使用して、覆工コ

ンクリートが打設された。1スパンの打設延長は10.5mであった。非常駐車帯の拡幅部では、鋼製型枠を用いて覆工コンクリートを打設した。1スパンの打設延長は6.2mで、5スパン分31.0mで1つの非常駐車帯となっている。

覆工コンクリートの仕様、配合および使用材料を表-1に示す。単位セメント量は297kg、水セメント比は0.53である。標準養生された覆工コンクリートの圧縮強度は、7日強度を図-1に、28日強度を図-2に示している。この強度はスパンごとの平均値である。28日の設計強度は、表-1に示しているように、 24N/mm^2 であるが、7日強度の平均

表-1 覆工コンクリートの仕様、配合および使用材料

仕様	呼び強度24, 最大粗骨材粒径20mm, スランプ18cm, 空気量4.5%					
	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
配合			W	C	S	G
	0.53	0.493	157	297	634	959

C: 普通ポルトランドセメント, Ad: 高性能AE減水剤標準形1種, S: 大分県津久見市上青江, 宮崎県延岡市大武町, G: 大分県津久見市上青江

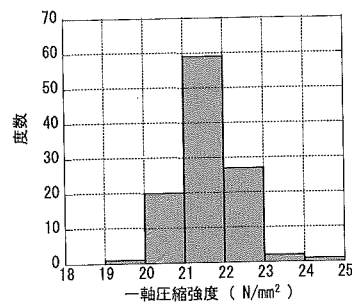


図-1 7日強度

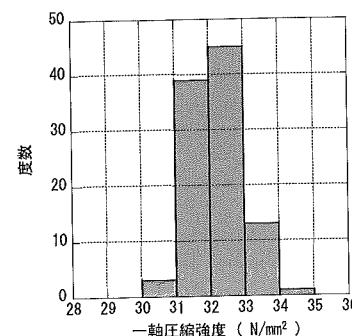


図-2 28日強度

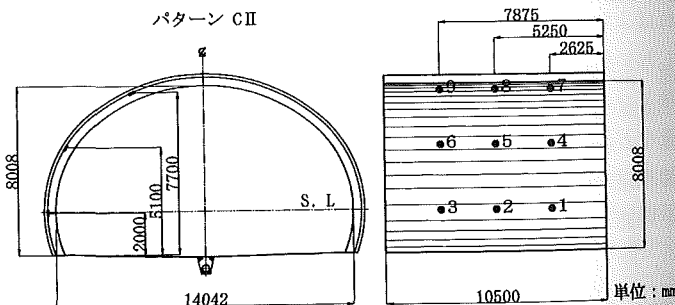


図-3 温度計を測定した位置(FRP型枠, 左: 断面図, 右: 展開図)

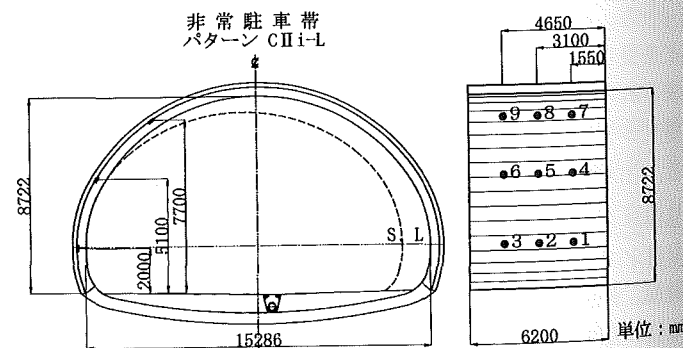


図-4 温度計を測定した位置(鋼製型枠, 左: 断面図, 右: 展開図)

値が 21.6N/mm^2 であるので、7日目で目標強度の9割に達していることがわかる。なお、28日強度の平均値は、 32.2N/mm^2 となっているので、目標強度の約3割増しとなっている。図からわかるように、非常にばらつきの少ないコンクリートである。

2-2 覆工コンクリートの温度測定の方法

FRP型枠に打設された覆工コンクリート中の温度測定は、連続した3スパンで実施された。覆工コンクリートは、1日おきに打設されており、測定された第1スパンは2010年2月8日に、第2スパンは2月10日、最後のスパンは2月12日に打設され、各スパンにおいてコンクリート打設後ほぼ24時間以内で脱枠されている。図-3に、温度計を設置した位置の断面図と展開図を示しているが、1スパンにつき9点の測点を設け、熱伝対式の温度計を用い30分間隔で約1か月間、自動計測を行った。

一方、前述したように非常駐車帯の拡幅部の覆工コンクリートは鋼製型枠を使って打設した。最初の拡幅部において、覆工コンクリートの温度を測定した。測定は1スパンだけで実施し、5スパン分の4つ目のスパンで実施した。覆工コンクリ

トの打設日は、2010年4月24日である。ここでも24時間後に脱型している。測定位置の断面図を図-4に示すが、FRP型枠を用いて打設した一般部と同じ高さに温度計を設置したが、展開図に示すように1スパンが6.2mとなっている。

3 実験結果

3-1 覆工コンクリートの温度

覆工コンクリートの打設はすべて朝8時ごろにスタートし、下段の位置に設置された温度計には

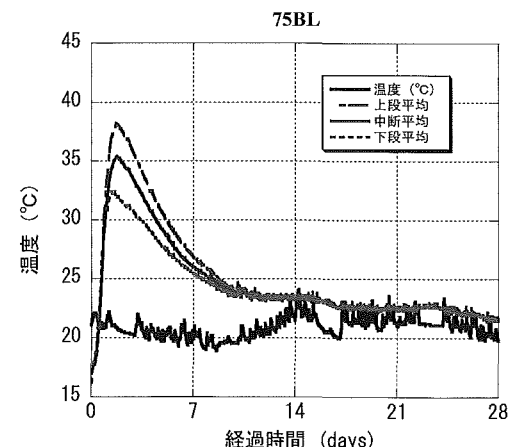
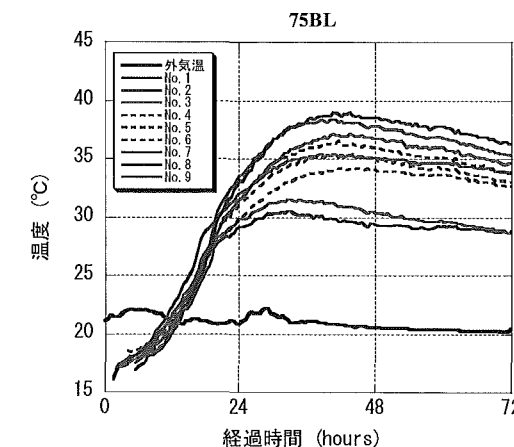
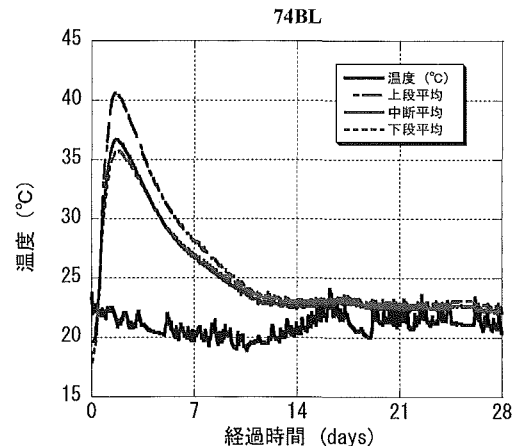
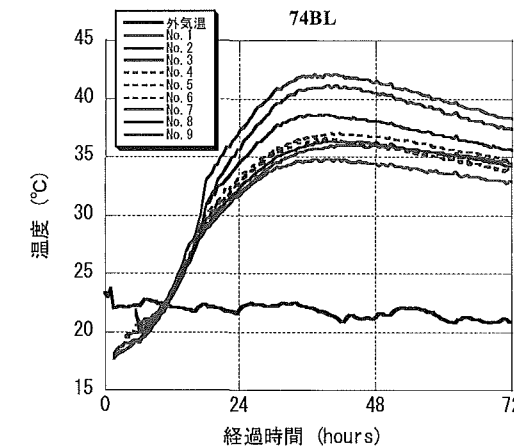
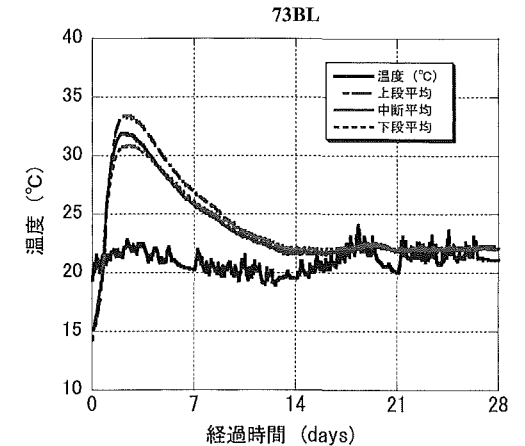
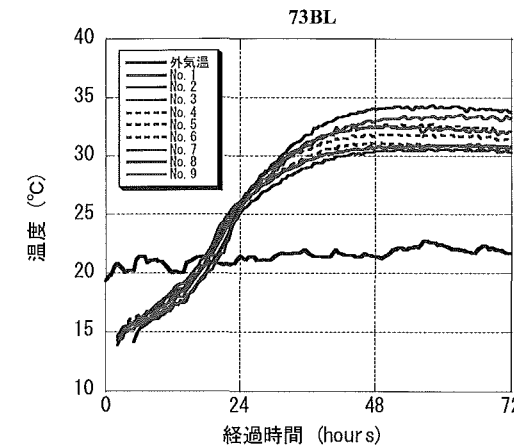


図-5 覆工コンクリート内の温度変化(FRP型枠)

10時ごろに達し、中段の位置にある温度計には12時ごろ、上段の温度計には14時ごろに到達し、最終的に16時ごろにすべての打設が完了した。図-5に、下段の温度計にコンクリートが達した時刻を0とした場合の、観測された各点での覆工コンクリートの温度変化を経過時間との関係で示している。左側に打設から72時間(3日)までの経過を、右側に打設から28日までの覆工コンクリートの温度変化を示している。なお、右側の28日までの覆工コンクリートの温度変化は、各段に設置した3測点の平均値を示している。

打設後の覆工コンクリートの温度は、約36時間から48時間経過後に最高温度に達する。最高温度に達する時刻も、温度計が設置された位置にコンクリートが達した時刻と同様に、まず、下段の位置にある覆工コンクリートが最高温度に達し、その後、約2時間遅れで中段にあるコンクリートが最高温度に達し、その後ほぼ2時間遅れで、上段の位置にある覆工コンクリートが最高温度に達する。最高温度に達した後は、徐々に温度が低下していき、最終的には約18日から21日経過後に坑内温度と同じになる。その後は覆工コンクリートの温度は急激には変化しないので、ほぼ坑内温度の平均値と同じ値を示すことになる。

各段の位置にコンクリートが最初に到達したときの温度を初期温度とし、その後各点で計測されたコンクリートの温度が最高値に達した温度を最高温度、その差を温度上昇値として、各段にある3測点の平均値を求めたものを表-2に示している。2月8日に打設された73BLスパンでは、初期温度の平均値が14.8℃で、その後17.2℃上昇して最高温度が32.0℃に達している。2月10日に打設された74BLスパンでは、初期温度の平均値が73BLスパンに比較して4.6℃高い19.4℃で、その後18.4℃上昇して最高温度が37.8℃に達している。2月12日に打設された75BLスパンでは、初期温度の平均値が17.3℃で、その後18.0℃上昇して最高温度が35.3℃に達している。これら3スパンで計測された覆工コンクリートの温度の平均値が表-2の最下段に示されている。下段のコンクリートの初

表-2 覆工コンクリートの初期温度と温度上昇値(FRP型枠)

型枠	スパン	位置	初期温度(℃)	最高温度(℃)	温度上昇値(℃)
FRP	73BL (2/8打設)	上段	14.7	33.5	18.8
		中段	15.3	32.0	16.7
		下段	14.3	30.5	16.2
	74BL (2/10打設)	上段	20.5	40.7	20.2
		中段	19.7	36.8	17.1
		下段	17.9	35.8	17.9
	75BL (2/12打設)	上段	17.5	38.2	20.7
		中段	17.9	35.5	17.9
		下段	16.5	32.6	16.1
	平均値	上段	17.6	37.5	19.9
		中段	17.6	34.8	17.2
		下段	16.2	33.0	16.8

期値は、コンクリートが打設された時刻が午前10時ごろの早い時間帯であることに加えて、中段および上段の位置に打設される時刻が昼すぎにあり、周りに相当量のコンクリートが打設されていることにより、中段および上段のコンクリートの初期値よりも1℃ほど低くなる。そのことが各段のコンクリートの最高温度にも影響して、上段の位置での覆工コンクリートの最高温度は、下段のコンクリートの最高温度より3℃ほど高くなり、中段では下段のコンクリートの最高温度より約0.5℃高くなっている。

一方、非常駐車帯の拡幅部において、鋼製型枠を用いて打設された覆工コンクリート内で計測された温度変化を図-6に示す。一般部と同様に、覆工コンクリートの打設は朝8時ごろにスタートし、下段の位置に設置された温度計には10時ごろに達し、中段の位置にある温度計には12時ごろ、上段の温度計には14時ごろに到達し、最終的に16時ごろに打設が完了している。下段の位置に設置された温度計にコンクリートが到達した時刻を0とし、左側に3日までの計時変化を右側に28日までの計時変化を示している。なお、コンクリートの打設は4月24日に実施されている。FRP型枠で打設された一般部と同様に、打設後約36時間経過後後に覆工コンクリート内の温度が最高値に達し、

FRP型枠を用いた覆工コンクリートの温度特性

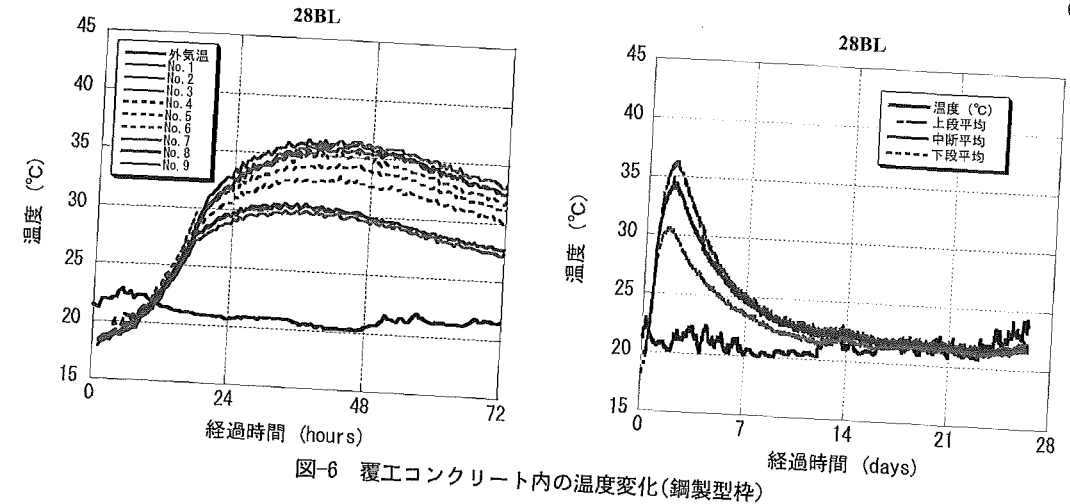


図-6 覆工コンクリート内の温度変化(鋼製型枠)

表-3 覆工コンクリートの初期温度と温度上昇値(鋼製型枠)

型枠	スパン	位置	初期温度(℃)	最高温度(℃)	温度上昇値(℃)
鋼製	28BL (4/24打設)	上段	20.2	36.2	16.0
		中段	19.8	34.4	14.6
		下段	18.2	30.5	12.3

その後ゆっくりと低下していき、約14日経過後後に坑内温度と同じ温度に達している。その後は坑内温度の平均値と同じになるような変化を示している。

表-2と同様に各測定点で計測された覆工コンクリートの初期温度、最高温度そして温度上昇値を表-3に示す。初期温度の平均値が19.4℃で、その後14.3℃上昇して最高温度が33.7℃に達している。コンクリートが打設されたのが4月の後半であったことにより、初期温度は19.4℃と高くなっているが、その後の温度上昇は前述のFRP型枠で打設された一般部の平均上昇値18.0℃より4.7℃低い14.3℃の値を示している。初期温度が高いわりには最高温度が33.7℃と低く、このことが影響して図-5の温度変化と比較してわりと早い14日経過後に、坑内温度と同じ温度に達している。

前述したようにFRP型枠を使用して打設された覆工コンクリートの温度は、鋼製型枠を使用し打設されたコンクリートより、温度が高くなるのが現場実験で示された。コンクリートの強度

は、材齢と温度の両方によって異なるため、強度は積算温度(Σ (時間の間隔) $\times$ 温度)の関数であると言われている^{4),5)}。28日までの材齢と0~20℃前後の養生温度では、コンクリートの強度は積算温度の対数との直線性が明瞭に示されている。つまり、20℃前後で養生されたコンクリートの強度は、積算温度が大きくなればなるほど、高い値を示すことになる。まだ貫通していない状態のトンネル坑内においては、坑内温度は図-5および図-6に示されるように20℃前後であり、またトンネル坑内は湿度も十分にあるので、材齢の初期段階でコンクリートの温度が高いことは積算温度が十分に高くなることを意味している。長期的な強度も含めてコンクリートの強度が高くなり、ひいては耐久性の高いコンクリートが生産されることになる。

4 有限差分法によるコンクリートの温度解析

4-1 断熱温度上昇曲線の推定

コンクリート構造物の温度解析精度を向上させるためには、対象とするコンクリートの発熱特性を適切に評価する必要がある。発熱特性の評価のためには、室内断熱温度上昇試験が有効であるが、試験費用が高価であることや現場で使用するコンクリートを直接使えないなどの問題がある。そのため、現場で実施される「簡易断熱温度上昇試験(以下、「簡易断熱試験」と呼ぶ)」から得られる

簡易断熱上昇曲線から、断熱温度上昇曲線を高精度に推定する手法が種々提案されている。

本研究では、図-7に示されるような簡易断熱試験装置の中心点で計測されるコンクリートの温度と外気温の差から、ある時間間隔内のコンクリートから放出される熱量(降下温度)を数値解析で求め、その値を実測された断熱温度上昇曲線に累積加算して、断熱温度上昇曲線を推定する手法を用いた⁶⁾。簡易断熱試験は図に示すように、45cmの立方体コンクリートを厚さ20cmの発泡スチロールで包み、12mmのコンパネを型枠とした。コンクリートは覆工コンクリートを打設する際に、同時に打設され、覆工コンクリートと同様に、熱電対型の温度計を使い、30分間隔で約30日間測定した。

試験は2度実施した。前述のFRP型枠に打設された75BLスパンのコンクリートと、鋼製型枠に打設された28BLスパンのコンクリートを打設する際に、同時に打設された。試験結果を図-8に示すが、1回目が2月12日に、2回目が4月24日に打設された。1回目のコンクリートの打設温度は16.8℃で、その49時間後30.5℃上昇し47.3℃の最高温度に達したのちに、徐々に温度が減少し約14日後に外気温とほぼ同じ温度となった。2回目の打設温度は19.7℃であり、その45時間後に28.0℃上昇し最高温度が47.7℃となった。

数値解析は有限差分法(FRAC-3D)を使用した。解析に用いたモデルを図-9に示すが、コンパネは温度解析に与える影響が小さいため省略している。解析に用いた定数を表-4に示しているが、一般的な値である。時間間隔を2時間として、この手法で求めた断熱温度上昇曲線を図-10に示す。

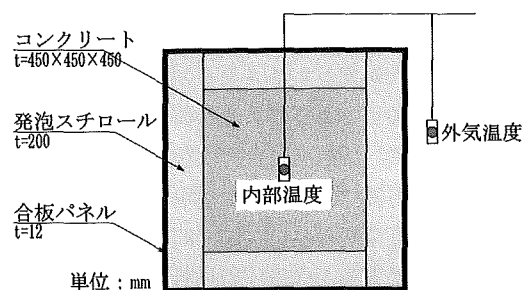


図-7 簡易断熱試験装置

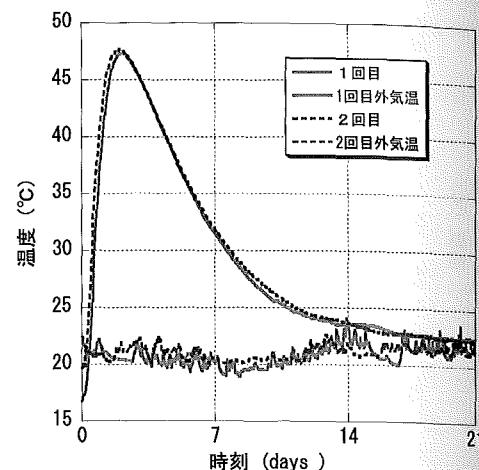


図-8 簡易断熱温度上昇曲線

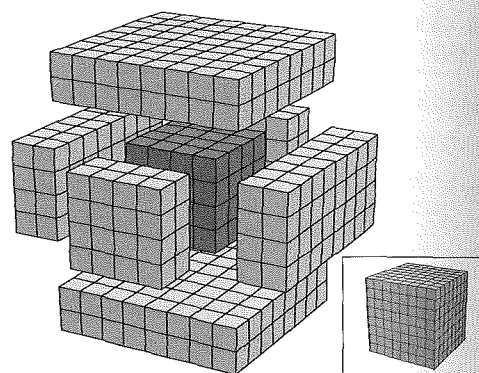


図-9 FRAC-3Dによるモデル

表-4 断熱温度上昇解析に用いた定数

材 料	密度	熱伝導率	比 熱
	kg/m ³	W/m℃	J/kg℃
覆工コンクリート	2,350	2.7	1,150
発泡スチロール	80	0.4	1,130

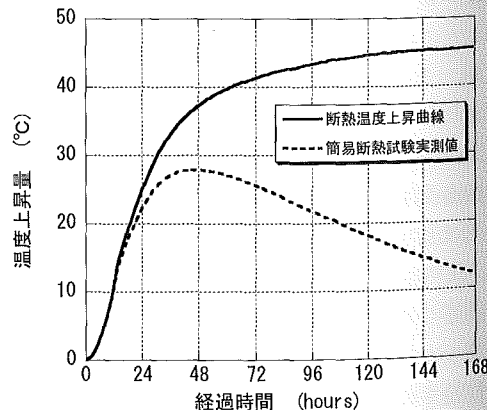


図-10 求められた断熱温度上昇曲線

4-2 覆工コンクリート内の温度解析結果

上述の推定された断熱温度上昇曲線を使って、実際のトンネルをモデル化し、覆工コンクリート内のコンクリート温度が経過時間とともにどのように推移していくかをFRAC-3Dを使ってシミュレーション解析を行った。解析モデルを図-11に示すが、覆工コンクリートが5スパン打設できるようにモデル化されている。なお、解析に用いた定数は表-5に示している。

解析手順は以下のとおりである。断熱温度上昇曲線を求めたときと同様に解析時間間隔を2時間とし、断熱温度上昇曲線より、各時間間隔における温度上昇値を先に計算しておく。まず、覆工コンクリートを1スパンだけ打設した後、すべての材料が外気温の温度と同じになった状態を初期条件とする。その後、2スパン目全体が瞬時に打設されたものとし、外気温は実測値を用い、コンクリートの温度は、初期値は実測値を用いて、2回目以降(2時間ごと)は計算されたコンクリートの

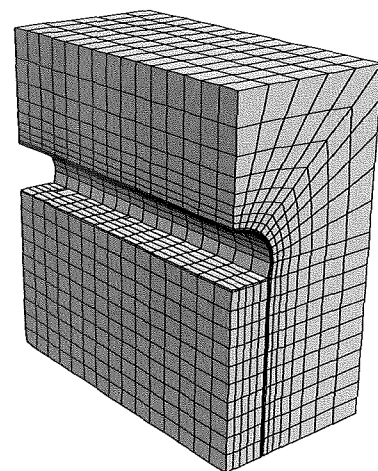


図-11 覆工コンクリート温度解析モデル

表-5 覆工コンクリートの温度解析に用いた定数

材 料		密度	熱伝導率	比熱
		kg/m ³	W/m℃	J/kg℃
岩 盤		2,650	3.2	800
覆工コンクリート		2,350	2.7	1,150
吹付けコンクリート		2,250	2.7	1,150
型 枠	鋼 製	7,800	46.5	435
	FRP	1,800	0.3	1,000

温度に断熱温度上昇曲線から求められた温度上昇値を加えた温度を覆工コンクリートの温度として、随時解析していく。

覆工コンクリートは24時間、型枠の中で養生されるものとし、解析をスタートしてから24時間後に型枠のモデルを取り外す。型枠がない状態では覆工コンクリートの表面温度が外気温になるとしてさらに24時間解析を行う。その後、解析をスタートさせてから48時間後に、2スパン目と同様に3スパン目の覆工コンクリート全体を瞬時に打設するものとする。3スパン目でも24時間型枠の中で養生し、48時間まで型枠のない状態とする。この解析を5スパンまでくり返していく。型枠として鋼製型枠を使用した場合も同様の解析手順である。

このように求めた解析値と実測値の比較を図-12に示す。なお、解析値と実測値は図-3と図-4の測点ではNo.5の地点の値である。図からわかるように解析値と実測値は比較的良好に一致している。当然のように、FRP型枠を使用した場合、熱伝導率が鋼製型枠に比べて相当に低いため、型枠表面から熱が伝達されにくく、型枠の中で養生されている間にコンクリートの温度が冷めにくくなり、高い温度まで上昇していくことになる。脱型後はコンクリートの温度は同じように下がっていくために、養生時に高い温度が得られれば、鋼製型枠の場合と比較して高い温度を保ったまま経過していくことになる。現場では、覆工コンクリート打

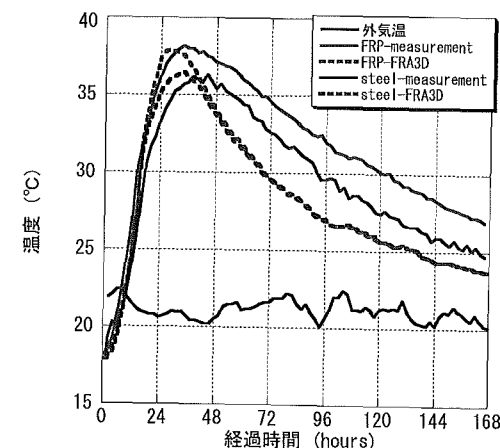


図-12 覆工コンクリートにおける温度の実測値と解析値の比較

設後、型枠を脱型した後、3スパン分約1週間養生機を使って覆工コンクリートを養生した。解析においては養生機については考慮していない。

5 おわりに

覆工コンクリートを打設する際に、型枠として熱伝導率の低いFRPを用いると、養生中に型枠表面から熱が伝達されにくくなるため、鋼製型枠を用いた場合に比べて覆工コンクリートの温度が3～5℃高くなることが実測値と解析値から明らかになった。この高くなった覆工コンクリートの温度は、脱型後もその差を保ったまま、ゆっくりと低下していくために、覆工コンクリートの品質にとって有利な条件となる。前述したように、コンクリートの強度は28日までの材齢と0～20℃前後の養生温度では、積算温度が大きくなればなるほど、高い値を示すことになる。つまり、トンネルの坑内のように坑内温度が20℃前後で一定であり、加えて十分な湿度のある場合は、FRP型枠を用いて打設された覆工コンクリートの強度は、鋼製型枠を用いて打設された覆工コンクリートの強度よりも高くなっている可能性が高い。覆工コンクリートのひび割れで問題となってくる引張強度も高くなっていることが考えられる。

一方、今までは述べてこなかったが、FRP型枠は水密性が相当に高く、打設されたコンクリートから水が溢水することがほとんどないために、脱枠時にはFRP型枠の表面に水がびっしりと付着しているため、標準養生状態にも近く、離型に

も非常に有利となる。

ネビル⁷⁾は早期温度が高いと長期強度に悪影響を及ぼすという種々の研究成果を引用し、高い温度で初期水和が早く行われると、その後の水和が遅延され、ペースト中の水和生成物の分布が不均一になることを理由になることを挙げている。今後は、初期の養生条件を含めて、貫通前後のトンネル内での養生条件が、長期的な強度に及ぼす影響にも注目して研究を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会：2006年制定トンネル標準示方書(山岳工法・同解説)，p.94，2006。
- 2) 山田浩幸・後藤裕一・水町実・坂本全布：温度制御噴霧式覆工コンクリート養生法の開発，トンネルと地下，Vol.39，No.4，pp.83-91，2008.4。
- 3) 坂口伸也・今田一典・原秀利・松下博通：トンネル覆工コンクリートの耐久性向上に向けた施工技術の開発，コンクリート工学，Vol.47，No.6，pp.52-58，2009.6。
- 4) 土木学会：2007年制定コンクリート標準示方書，施工編，p.128，2007。
- 5) 西林新蔵・小柳治・渡邊史夫・宮川豊章編集：コンクリート工学ハンドブック，朝倉書店，p.25，pp.1318-1321，2009。
- 6) 吉武勇・中村秀明・谷本俊夫・浜田純夫：現場利用可能なマスコンクリートの簡易断熱温度上昇測定法の提案，土木学会論文集，No.606/V-41，pp.103-110，1998.11。
- 7) NEVILLE, A. M. 著・三浦尚 訳：ネビルのコンクリートバイブル，技報堂出版，pp.449-456，2004。

E. フック・E. T. ブラウン共著

岩盤地下空洞の設計と施工

理学博士 小野寺透・工学博士 吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳

B5判・442頁・上製本 本体価格9,800円(¥450円)



株式
会社 土木工学社

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

報告

「ITA総会および世界トンネル会議(ヘルシンキ)」報告

日本トンネル技術協会

国際トンネル協会(以下「ITA」)の第37回総会が、2011年5月20～25日にフィンランドのヘルシンキで開催され、64の加盟国のうち49か国が参加した。あわせて開催された2011年世界トンネル会議(以下「WTC」)は、ITAおよびフィンランドのトンネル協会(MTR-FTA)、土木技術士協会(rii)の共催により、「持続可能な社会に向けての地下空間」のテーマのもとで約1,400名の参加があった¹⁾。

ITA総会では佐藤会長が東日本大震災の概況と各国からの支援に対する謝辞を述べた。日本からの参加者は、ITAの総会、作業部会(WG)などの担当者およびWTCの論文発表者などを含めて58名であった。以下に、その概要を報告する。

1 I T A 総 会¹⁾

1-1 ITA総会(代表者会議)(写真-1)

1-1-1 会員状況

新規加盟国として、アゼルバイジャン、ベラルーシ、アラブ首長国連邦、ネパール、パナマ、セルビアの6か国が承認された。また、新規加盟会員として22名を承認した。結果、会員は全体として64か国、312名となった。

1-1-2 決算報告および予算

過年度の決算報告および2011～2012年3月の事

2011年(平成23年)9月



写真-1 ITA総会

業計画・予算を承認した。年間の事業規模は、おおむね48万ユーロである。なお、年度の区切りを従前の暦年から4月～翌年3月に変更した。

1-1-3 新しい委員会の設立

ITA傘下の委員会として従前から活動しているITA-COSUF(地下施設の安全と管理運営)、ITA-CET(教育訓練)、ITA-CUS(地下空間利用)に加えて、トンネル・地下空間の調査・計画・設計・施工から維持管理を含む技術情報を交換する場を提供することを目的とした委員会(ITA-TECH)を創設することが承認された。

1-1-4 今後のITA総会、WTCの開催予定

2014年の開催候補地としてシドニー(オーストラリア)、シンガポール、サンパウロ(ブラジル)が立候補し、投票の結果、サンパウロでの開催が

決定された。WTC 2014のテーマは「より良い暮らしのためのトンネル」である。

なお、今回は2012年5月18～23日にタイのバンコク(テーマ「国際社会のためのトンネルと地下空間」)、次々回は2013年5月31日～6月5日にスイスのジュネーブ(テーマ「地下-未来への道筋」)で開催の予定である。

1-2 広報活動報告

1-2-1 機関誌「Tribune」¹⁾

総会の開催時期に合わせて発刊。今回は、フィンランド特集のほか、加盟国からの報告、プライムスポンサーなどの報告を掲載。

1-2-2 メール配信「ita@news」¹⁾

ITAのニュースを、加盟国のほか、希望者(8,000か所)宛てにメール配信。

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

TUSTは、出版物のほか、会員には電子版へのアクセスが可能。

1-2-4 ITAウェブサイト¹⁾

130か国から約5,800件/月のアクセス。昨年、一般国民および起業者向けのサイトを新設。

1-2-5 ITA報告書¹⁾

WG 3の成果として、報告書『地下工事における契約骨子作成のためのチェックリスト』²⁾を出版した。

1-3 理事会、作業部会などの活動報告

1-3-1 理事会の活動¹⁾

全体会議を4回開催してITAの運営について検討するとともに、加盟国などとの良好な関係の構築や新規会員の増員を図るために会議・セミナーの後援や表敬訪問を実施した。また、国連の人間居住計画(HABITAT)の世界都市キャンペーンや国際防災戦略(ISDR)のプログラムへの参画および世界道路協会(PIARC)、国際岩の力学学会(ISRM)などの姉妹団体との連携を図った。

1-3-2 作業部会(WG)活動の概要(写真-2)

現在、ITAでは12の作業部会が活動している。作業部会への参加は、国際会議での講演発表などでは得られない方法での情報発信や情報収集がで

きる。これらの活動を通じて日本の技術や考え方を理解してもらう良い機会でもある。今回、日本からは9つの作業部会に参加し、WG12(吹付けコンクリート)の石田部会長およびWG15(トンネル工事と環境)の太田副部会長が、部会を代表して総会で活動報告を行った。各WGの活動状況は以下のとおりである(敬称略)。

(1) WG 2: 研究開発

部会長: E. Leca(フランス)

副部会長: C. Yoo(韓国)

担当理事: S. Eskesen(デンマーク)

昨年からの継続課題である「トンネル建設におけるモニタリングと制御」「トンネル計画における現地調査方法の検討」に関して審議した。また、「セグメント用の繊維補強コンクリートに関するレポート」の原案が示された。

新たな内容としてトンネル工事におけるリスクマネジメントおよびライフサイクルコストやサステナビリティに関する話題について議論した。今後、資料の収集を開始し、次回以降のWGの場で内容について議論することになった。

本WGでは研究開発に関する内容をテーマとして、地下構造物の計画・設計・施工の分野に関して技術者の手助けとなる話題を中心に審議しており、取りまとめられた資料についてはホームページなどでの公開を積極的に行うこととしている。

昨今、日本国内からの情報が少ないと評されているとのことであるが、わが国のトンネル技術の発展につながるような情報発信のあり方を考えつつ、技術者が積極的にそれに関与できる環境が



写真-2 WGの会合

一層整うことを期待したい。

(文責: 砂金伸治・(独)土木研究所)

(2) WG 3: 地下工事の契約

部会長: A. Dix(オーストラリア)

副部会長: M. Smith(英国)

担当理事: M. Knights(英国)

ここ数年間の研究成果として『地下工事における契約骨子作成のためのチェックリスト』³⁾を発刊し、ITAウェブサイトに掲載した。このチェックリストは地下構造物建設プロジェクトを成功させるために、契約時に何を検討すべきかについて簡潔に述べており、地下構造物特有の課題やリスクを具体的に挙げながら説明している。

今回、このチェックリストを実工事にどのように役立てていくかについての議論が交わされた。そして、まずは国際コンサルティング・エンジニア連盟(FIDIC)、新エンジニアリング契約(NEC 3)などの主たる契約約款に対する今回のチェックリストの適用性について検討を進めていくと同時に南米や東南アジアの契約約款についても調査していくこととなった。なお、FIDICがITAと連携して地下工事の契約に関する約款を作成するという動きもある。

(文責: 横尾敦・鹿島建設(株))

(3) WG 5: 作業の安全と健康

部会長: D. Lamont(英国)

副部会長: M. Vogel(スイス)

担当理事: I. Hrdina(チェコ)

『工事中の換気に関するガイダンス』『トンネル工事の安全(改定版)』が完成し、ITA事務局の手続きを経てウェブサイトに掲載の予定である。『圧気下の作業に関するガイドライン』の最終案についても近くITA事務局へ提出予定。今後、『立坑工事のガイドライン』の作成にとりかかる。

(4) WG 6: トンネルの維持と補修

部会長: H. Russell(米国)

副部会長: R. van den Bosch(オランダ)

担当理事: B. Yun(中国)

耐火、火災抑制システムを検討するグループと、漏水対策としてのグラウトを検討するグループに

分かれて作業を進めている。

昨年の総会に提出した『地下鉄トンネルの構造物の耐火対策』の最終案については、ITA事務局の手中にある。

(5) WG 9: 地震の影響

部会長: W. Qiu(中国)

副部会長: G. Kramer(カナダ)

担当理事: D. Peila(イタリア)

昨年のバンクーバー会議から活動を再開し、以下のテーマについて重点的に取り組んでいる。

- ・大地震によるトンネルの地震災害の分類
- ・トンネル支保構造の地震時応答メカニズムと解析手法

・地震に対応したトンネル支保形式と設計手法
ヘルシンキでの会合では、各国における最近のトンネル地震被害や設計基準の基本的な考え方についての発表、討議を行った。日本からは東日本大震災によるトンネルの地震被害がきわめて限定的で軽微であったとの報告を行った。

また、今後のWG運営方針について議論がなされ、地震多発国を中心として既往のトンネルの地震被害事例、研究論文、設計基準類などについての調査・分析を進めるとともに、2014年の報告書取りまとめに向けて継続的に活動していくことが再確認された。

本WGでは、適切に設計・建設されたトンネルおよび地下空間は、地震時に良好な挙動を示すことを確認するとともに、世界の地震多発地域においてインフラ整備の安全な代替案としてトンネルおよび地下空間の利用を提唱することを目標としている。

(文責: 井浦智実・(独)鉄道・運輸機構)

(6) WG 11: 沈埋・浮きトンネル

部会長: C. Ingerslev(米国)

副部会長: J. Baber(英国)

担当理事: Y. Leblais(フランス)

世界各国のプロジェクトや開発計画に関する情報交換をしたのち、昨年の活動報告と今後の活動方針の検討を行った。

昨年は、アブダビで開催された沈埋トンネルに

関する2日間のセミナーを支援し、ISAB-2010会議では沈埋・浮きトンネルの講演を行った。今後は、「沈埋トンネルのカタログ」の更新や「起業者のための沈埋トンネルガイド」をできたところからウェブサイトに掲載する予定である。

(7) WG 12: 吹付けコンクリート

部会長: 石田 積(日本)

副部会長: O. Kleven(ノルウェー)

担当理事: F. Amberg(スイス)

① 補強吹付けコンクリート

昨年の打合わせで各種繊維とその評価方法、論文などの公表データを収集して報告書にまとめる方針を確認しており、今回報告書の構成と原案を検討した。

情報提供として、EFNARC(建設用化学品およびコンクリートシステムに関する業界団体)の担当者から繊維補強吹付けコンクリートの新たな試験評価方法(吹付けたコンクリート板に切り込みを入れ、3点曲げ試験で残留応力を計測する方法)の検討状況、スイスからハーゲルバッハ試験トンネルで計画している各種有機繊維の評価試験の紹介があった。

② 吹付け作業員の資格および能力認定

EFNARCからノズルマンの資格および能力認定プログラムの進捗状況の報告があった。WGとしてITA-CET(教育訓練委員会)にITA認定プログラムとする作業を依頼した。ノズルマンの資格および能力認定プログラムは数か国・学会で運用しており、EFNARCはトンネル建設で地下空間を保持する吹付けコンクリート作業に特化した資格認定プログラムを運用している。

③ 吹付けコンクリートの耐久性にかかわる試験評価方法

WGで取り組んできた吹付けコンクリートそのものを現場で評価できる試験方法を整理した論文をBoniface(南ア)が今秋の国際会議での発表を予定している。

④ 新たな活動テーマとして永久構造物としての吹付けコンクリートの調査研究を議論した。

最近10年の成果を新たに取りまとめる作業を開始する。

(文責: 石田積・電気化学工業(株))

(8) WG14: 機械化掘削

部会長: L. Babendererde(ドイツ)

副部会長: B. Felchur(米国)

担当理事: C. N. Ow(シンガポール)

① 機械化掘削, 山岳トンネル, 沈埋トンネルの工法比較表の作成

今回WG14の担当分を完成させ、ほかのWGに送付することとした。

② チャレンジング・プロジェクト

新しい選定基準にもとづいて日本、中国、イラン、などからの提出があり、理事会の承認を得てウェブサイトをアップデートすることとした。

③ 加盟各国における下記事項に関して、ウェブサイトの更新を理事会の承認を得て行うこととした。

- ・国別TBM選別のガイドライン
- ・TBM施工について
- ・圧気の規定について

(文責: 狭間裕志・(株)大林組)

(9) WG15: 建設工事と環境

部会長: J. Rohde(ノルウェー)

副部会長: 太田義和(日本)

担当理事: A. Elioff(米国)

各国の現プロジェクトの環境に関する状況、特徴的プロジェクトに関する話題について話し合った。とくに掘削残土処理、建設廃材のリサイクル(施工時、供用時の)換気、発破振動、騒音、地下水湧水、などが話題となった。

2010年のバンクーバー会議でのアンケートの配布決定を受けて、2011年ヘルシンキ会議までの間、質問内容と書式などの検討を済ませ事務局経由でITA加盟各国へ配布した。2011年2月時点で日本を含む6か国10件の回答が寄せられた。

今後の作業方針として、寄せられた回答を適切な形式に取りまとめ2012年大会(バンコク)では経過報告書、2013年(ジュネーブ)では報告書案の提出を目指している。

出を目指している。

報告書案の内容として、各国から寄せられた道路トンネル、地下鉄、水路トンネル、地下石油備蓄施設などの代表的地下施設案件における具体的な環境問題への対応事例の取りまとめを行う予定である。

(文責: 太田義和・太田技術事務所)

(10) WG17: 長大土かぶりトンネル

部会長: G. Seingre(スイス)

副部会長: 下河内稔(日本)

担当理事: R. Lovat(カナダ)

情報提供として、以下の長大・大土かぶりトンネルの事例発表があった。

- ・ノルウェー(Oslo)〜スウェーデン(Ski)間の高速鉄道計画(約20kmの単線並列トンネル)
- ・ナイアガラ滝の上流からの発電水力用のトンネル(工事中)
- ・中国の長大・大土かぶりの鉄道トンネル(工事中: 宜万線, 西藏線, 計画中: 秦嶺, 大理)
- ・ストックホルム近郊のSodenmalmstトンネル工事
- ・アルゼンチン(Mendoza)〜チリ(Valparaiso)間のアンデス山脈横断の約20kmの鉄道トンネル計画
- ・青函トンネルの維持管理のため完成後約25年間実施している観測事例

その後、WGが今後取り組む課題について検討し、

- ・作業坑・立坑の設計・配置: Short Reportとしてまとめる
- ・経済管理(financing management): 5~10頁程度のdocumentを2013年にまとめる
- ・建設管理(construction management): 建設管理の学習についての提案をバンコクの会合で検討する

こととした。

なお、次期部会長として、厳金秀(中国)が選出された。長年副部会長を務めた下河内稔は今回で勇退することになった。

(文責: 下河内稔・応用地質(株))

(11) WG19: 在来工法(NATM)

部会長: H. Ehrbar(スイス)

副部会長: R. Galler(オーストリア)

担当理事: F. Vuilleumier(スイス)

事例紹介として、米国の山岳工法プロジェクト2件の発表があり、DB(Design-Build)とDBB(Design-Bid-Build)の得失について議論を交わした。

次に、現在検討を進めている『山岳工法における契約ガイドライン』と『トンネル掘削方法の選定方法』について、進捗状況の確認と今後の進め方について討議し、山岳工法における契約ガイドラインの作成を優先して次回のバンコク大会までに完成させることとした。また、討議のなかで、山岳工法プロジェクトはDBBかつUnit Price契約が望ましいこと、プロジェクトの各段階において経験者による意思決定が重要である、ということを確認し、この認識のもとにガイドラインを作成していくこととなった。

(文責: 横尾敦・鹿島建設(株))

(12) WG20: 都市問題解決のための地下利用

部会長: W. Broere(オランダ)

担当理事: P. Kocsanya(ハンガリー)

6年間の調査研究成果として60ページ超の報告書の素案がまとまり、最終原稿の討論がなされ、今年中の完成、刊行を目指す。交通、上水、豪雨対策と下水、エネルギー、地域開発、居住・業務施設の地下利用事例と地下利用計画策定のための検討視点がまとめられた。

(文責: 花村哲也・(元)岡山大学)

1-4 ITA委員会活動の概要

ITA委員会は、ITA傘下の組織であるが、委員会の登録、参加ともにITAとは別途に運営されている。

(1) ITA-COSUF(www.cosuf.ita-aite.org)

会長: F. Amberg(スイス)

COSUFは2005年に発足し、主として欧州を中心とした地下施設の安全と管理運営に関する最新情報の発信と交換を目的として、年1回程度開催されている。今回は、WTCの会期中に、会議参加

者に開かれたかたちでワークショップを開催した。

セッション1では、爆発の衝撃、爆発による荷重、道路トンネルの設計火災(PIARC)、セッション2では、火災規模の設定、閉鎖空間での爆発解析、沈埋道路トンネルの安全対策計画例、セッション3では、指針などの具体事例への適用例、ミスト噴霧設備の大規模実験計画の紹介、安全対策と規則の法的根拠との関連、などについて、発表と討議が行われた。

(文責：太田義和・太田技術事務所)

(2) ITA-CET(www.itacet.ita-aites.org)

会長：A. Assis(ブラジル)

CETは2007年に発足し、世界各国の大学など教育機関がトンネル技術に関する教育訓練の情報を交換するとともに、ITA協賛のもとで開催されるトンネル技術に関する教育訓練プログラムに対して教材を提供したり、講師を紹介するなどの活動を行っている。

WTCの会議に先立ち、地元のトンネル技術者を対象とした教育プログラムの開催を支援している。今回は「山岳工法(NATM)と吹付けコンクリート技術」をテーマとした2日間コースが開かれた。

(3) ITA-CUS(www.itacus.ita-aites.org)

会長：H. Admiraal(オランダ)

CUSは今回開催したオープンセッションの企画・運営を担当した。

1-5 ITAオープンセッション

今回のオープンセッションのテーマは「良好な弾力ある都市実現のための地球的視点」であり、CUS(地下空間委員会)が運営した。地球規模の都市問題における災害、気候変動、居住に関して、国連、都市工学、都市計画、地下空間工学の担当者が弾力ある都市実現について討議を行った。H. Admiraal(CUS会長)の司会のもと、今回は、ITA会長からは地下空間利用の観点について、ヘルシンキ副市長、カナダ都市計画者、UN-HABITAT(国連人間居住計画)からは都市と地下利用について、日本からは花村哲也が東日本大震災における地震と津波による地下施設の被災について講演を

行った。パネルディスカッションでは、3次元的土地利用、交通対策、暑寒気候対応や地震災害に強い地下鉄やトンネルについて討論があった。

この議論は、今後3年間(2013年まで)継続する予定である。

(文責：花村哲也・(元)岡山大学)

2 世界トンネル会議(WTC)⁹⁾

2-1 Muir Wood記念講演

初代ITA会長の故Sir. Muir Woodの功績をたたえて前回から開催することになった記念講演である。今回(第2回)はRobert Mairケンブリッジ大学教授による「都市内のトンネル工事と地上施設に及ぼす影響-最新の研究と実施例-」であった(ウェブ¹⁰⁾にビデオ掲載)。

2-2 WTC基調講演

フィンランドおよび北欧における地下空間の利用およびトンネル技術に関する基調講演が行われた。

① 「都市環境における地下空間の重要性」

P. Sauri氏(ヘルシンキ副市長)

② 「岩盤工学とトンネル-北欧での取り組み-」⁹⁾

H. Stille氏(スウェーデン王立工科大学教授)

③ 「使用済み核燃料の処分-フィンランドにおける計画と現況-」⁹⁾

T. Äikäs氏(Posiva社副社長)

2-3 WTCテクニカルセッション

(論文発表)⁹⁾

「持続可能な社会に向けての地下空間」のテーマのもと、下記のトピックスについて論文の公募があった。

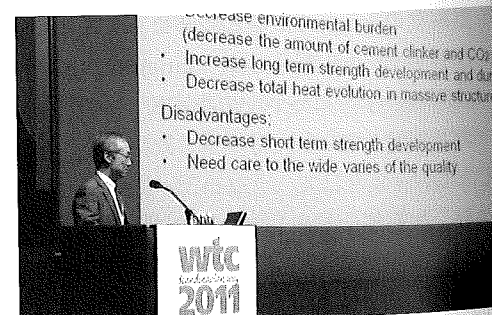


写真-3 論文発表

表-1 WTC2011-日本の発表論文(会議資料を事務局で翻訳したもの、著者は筆頭者のみ)⁹⁾

地下空間の利用計画		
高い早期強度と耐久性向上のための混合セメントによる吹付けコンクリート	石田 積	電気化学工業
現場計測を通じたシールドセグメント設計のための施工時荷重の評価	真下 英人	土木研究所
リサイクルPET繊維混入の環境に優しい新しいRCセグメントの実用化開発	林 裕浩	清水建設
耐火SFRC(鉄筋コンクリート)セグメント-世界初の道路トンネルへの適用-	落合 栄治	首都高速道路
土かぶりの小さい層をなしていない溶岩層の中の大断面併設トンネルの建設	西浦 英明	大林組
弱い押出し性地山の中を通過する道路トンネルのための建設技術	楠本 太	清水建設
既設ビル直下を通る大断面双設トンネルのための建設技術	中田 正博	中日本高速道路
地すべり管理計測を必要とする地すべりを起こしやすい蛇紋石地帯でのトンネル掘削と早期インバート設置	中野 清人	高速道路総合技術研究所
地盤改良による灰の下の小土かぶり山岳トンネルの設計と施工	吉村 直人	鉄道・運輸機構
覆工構造の違いが地震時のトンネル挙動に及ぼす影響に関する数値解析的検討	日下 敦	土木研究所
過大変形に対応した性能を有するトンネル構造の挙動	砂金 伸治	土木研究所
非開削工法による新設計構造でのアンダーパスの建設	福島 博	東日本旅客鉄道
歴史上の地域(イスタンブール・トルコ)の地下鉄駅の建設	清水 義純	大成建設
押出し性地山を通過する高降伏強度のトンネルの建設技術	垣見 康介	清水建設
トンネル切羽を安定させるための高強度補強工法の開発	木梨 秀雄	大林組
京極水力発電所プロジェクトの地下空洞の観測にもとづく建設工法	武田 信貴	北海道電力
大規模な数値計算を用いた地下ランプトンネルの構造の三次元地震応答解析	山田 岳峰	鹿島建設
管理運営技術		
逐次データ統合によるSWING(地下水情報システム)の開発と実トンネル建設への適用	小木曾純也	京都大学
地下工事現場の安全性に関し、発光センサーによる同時モニタリングと可視化を行う新方式	芥川 真一	神戸大学
核廃棄物の地層処分		
瑞浪地下研究施設(URL)建設と研究開発の現況	松井 裕也	日本原子力研究開発機構
交通と物流		
URUP工法-世界最初のTBMの地表面発達-	井沢 正義	大林組JV
大断面鉄道駅のトンネルを構築するための中壁工法-仙台市高速鉄道東西線の青葉山トンネル-	今井 正樹	鉄道・運輸機構
地下鉄のネットワーク機能向上のための連絡線の建設-小竹向原~千川間に連絡線を建設-	大石 敬司	東京地下鉄
都市機能		
水封式によるLPG地下貯蔵空洞の建設	中村百合子	石油天然ガス・金属鉱物資源機構
プロジェクト・マネジメント		
世界最大のLPG地下貯蔵空洞に適用した水封式の管理	宮崎 博光	大林組
デリー地下鉄の振動・騒音対策としてトンネル・軌道間に採用したMSシステム	泉 千年	オリエンタルコンサルタンツ
鋼製エレメント工法により地盤の変位を抑制	有光 武	東日本旅客鉄道
再生可能エネルギー		

- ・地下空間の利用計画
- ・管理運営技術
- ・核廃棄物の地層処分
- ・交通と物流
- ・都市機能
- ・プロジェクト・マネジメント
- ・再生可能エネルギー

約200編の論文が採択され、口頭およびポスターによる発表がなされた(写真-3)。日本からの論文発表数は27編に上り(表-1)、開催地フィンランドからの発表数24編をも上回り参加各国の中で最多であった。

2-4 WTC展示会^{9), 10)}(写真-4)

会場ロビーの展示ブースにおいて、掘削機械関連会社、計測機器メーカー、材料関連会社、エンジニアリングコンサルタント、協会など約73社の出展があった。日本からは三菱電機、電気化学工業が出展した。フランス、ノルウェー、スイスのトンネル協会のブースでは、会員企業および協会活動の成果のPRをしていた。いずれのブースも展示の機会をビジネスチャンスとして捉え、中には具体的プロジェクトについて打合わせをしている様子も窺えた。

なお、今回、現地で収集した展示会での配布資料、などの概要(リスト)は当協会のウェブサイト²⁾で紹介する予定である。また、これまでに収集した資料⁴⁾は協会書庫に保管し、会員が自由に閲覧できるようにしているので、関心のある方は是非活用されたい。

2-5 現場視察^{9), 7)}

WTC行事の一環としてヘルシンキ市内および近郊の数多くの地下施設を視察する機会が得られた。

現在供用中の施設として、

- ・Itäkeskus地下水泳センター(写真-5)
- ・Viikinmaki地下下水処理場(図-1)
- ・多目的トンネルネットワーク

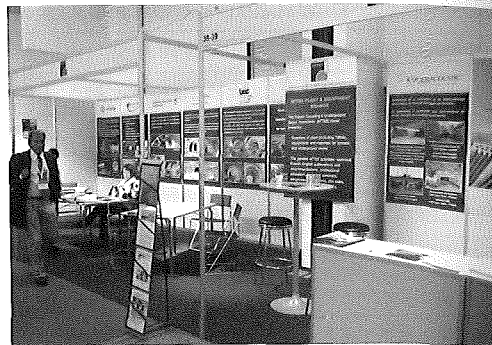


写真-4 展示会(フランストンネル協会)



写真-5 Itäkeskus地下水泳センター(容積: 約6.1万m³)
(出典: パンフレット)

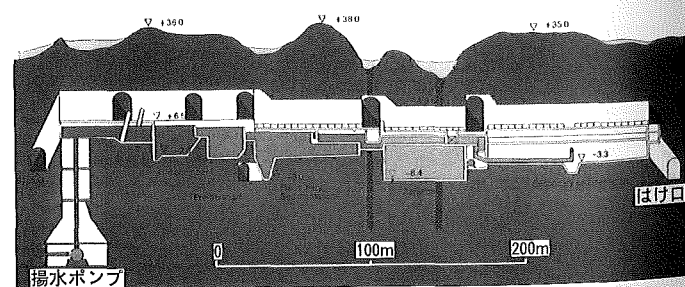
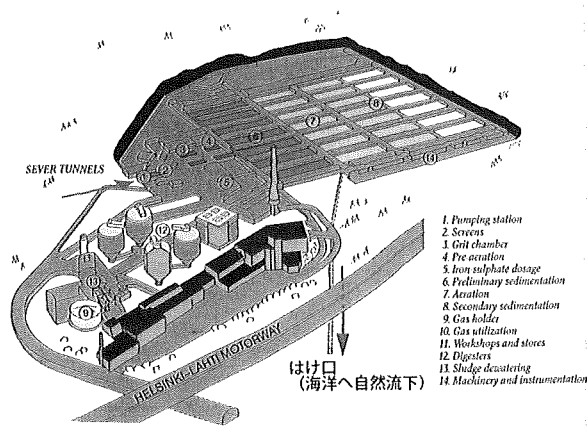


図-1 Viikinmaki地下下水処理場(容積: 約120万m³)(出典: パンフレット)

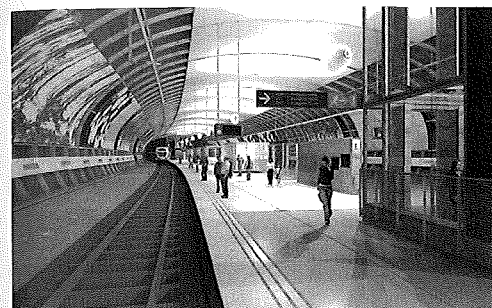


写真-6 Ring Rail Line・駅部完成予想図(幅: 約27m, 断面: 約312m²)(出典: パンフレット)

- ・都市内物流用トンネル(KEHU)
 - ・構造物研究センター(VTT)の地下施設
 - ・地下石炭備蓄施設、地域冷房センター
- 現在建設中の施設として、
- ・West Metro事業
 - ・Ring Rail Line(空港～市内, 写真-6)
 - ・Finlandiaホール・音楽ホールの地下駐車場
- などであった。

ヘルシンキの基礎地盤は主として花崗岩などの堅固な岩盤であり、このため、地下空間の利用は、ビルが密集している都心部においても技術的、経済的に容易であり、立地条件として非常に恵まれているといえる。さらに、基調講演におけるヘルシンキ市当局の説明において、各種の社会基盤施設を地下に整備する目的は、施設の機能の安全を確保できること、地上空間が温存されることにより市民が活動する地表空間や環境が保全されること、さらには、有事の際の市民のシェルターとしての機能を備えることなどの考えが示された。そして、ヘルシンキでは、「地下マスタープラン」をもとに、将来の地下の利用計画や工事、約200件を調整し、監視していることが示された⁷⁾。

このような背景から、現地視察で訪問した各地

下施設は、その整備目的と内容について非常に興味深いところが多かったが、一方、トンネル・地下空間の建設技術の観点からは、非常に恵まれた岩盤中であるため、支保構造はほとんどが吹付けコンクリートのみで、部分的にロックボルトが見られる程度であった。

また、岩盤のクラックからの湧水については、止水注入や吹付けコンクリートの背面で導水工による処理がなされており、坑口付近の一部を除いてほとんど漏水が見られないほど吹付けコンクリートの表面はきれいに仕上げられていた。
(資料提供: 井浦智実/吉村直人・(独)鉄道・運輸機構、横尾敦・鹿島建設(株))

あ と が き

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

参 考 資 料

参考ウェブサイト

- 1) ITA(国際トンネル協会): www.ita-aites.org
 - 2) 日本トンネル技術協会: www.japan-tunnel.org
 - 3) WTC 2011ヘルシンキ: www.wtc2011.org
- 参考資料(JTA蔵書)
- 4) TRIBUNE, No.35, 2011.5.
 - 5) WTC 2011論文集(紙版: 概要集, 電子版: フルペーパー).
 - 6) WG3: 地下工事における契約骨子作成のためのチェックリスト, 2011.4.
 - 7) Finnish Tunnelling Association: Rock—Sound of countless opportunities—.
 - 8) JTA: Tunnelling Activities in JAPAN 2010.
 - 9) KTA: Tunnels and Underground Space in KOREA 2011.
 - 10) WTC 2011展示会で収集した資料.

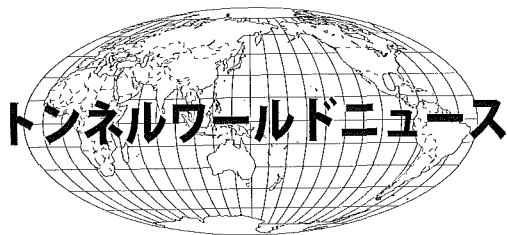
続 きみの庭にも温泉が出る

その後の温泉開発と建設の考え方

石井康夫・俣野恭寛 共著 新書判 217 頁 本体定価 1,200 円 (〒 210 円)

株式会社 土木工学社

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



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ソチ2014冬季オリンピック開催への準備

ロシアの主要な建設企業であるSK MostグループのBamtonnelstroy社は、今月、ソチ・プロジェクトにおける延長4.5kmのトンネル延伸を完了した。この工事はソチ2014冬季オリンピックのための基盤整備事業の一部である。

外径6.2mのロビンス社製複合TBMは、困難な地盤条件に遭遇したが1週間あたり平均100~120mを進行した。TBMは困難な条件にもかかわらず高い進捗率を達成したと言える。その線形は粘土シームを伴う完全に破碎された大規模な石灰岩層を通過し、砂岩とシルト岩を含む堆積岩層では、角礫岩と礫岩からなる断層帯と遭遇するものであった。

「2010年5月に、破碎岩と軟弱層からなる著しい断層帯に遭遇してマシンは掘進不能となった」と、ロビンス社は語った。「フィールドサービスチームがTBM周りに迂回トンネルを掘削し、カタヘッドを含めてマシンを首尾よく解放した。掘削再開後は、連続的な調査ボーリング、セメント系改良材による地盤改良、マシンの前進を保つための気泡注入を組み合わせる施工を行った」。

T&TIが本件を印刷に回す時点で、外径10mのTBMが、並行する延長4.6kmのメイン鉄道トンネルの762mほどを掘削中であった。また、直径13.2mの道路トンネルも工事中であった。メイントンネルの効率的な掘り出しのために、連続コンベヤシステムが使用されている。

ソチ・オリンピックのために、20以上の道路トンネルと鉄道トンネルで延長40kmの延伸工事が

行われている。プロジェクトオーナーであるロシア鉄道の子会社DCRC-ソチは、2013年6月までにすべての鉄道と道路の基盤施設が完成することを希望している。

(T&TI '11.4 担当:岡村光政・戸田建設(株))

サンフランシスコ湾岸地区で 水道トンネル新設工事を開始

米国サンフランシスコ湾岸地区の“New Irington tunnel”工事が2億2,700万USドルで開始された。事業はこの地区の約200万人の飲料水を地震災害が発生しても確実に供給できるようにするものである。81年間供用していた“Hetch Hetchy water system”をSunol地区からFremont's Mission San Jose区域まで延伸させる工事となる。既設の“Irington tunnel”で湾岸地域に水道をパイプラインで供給しているが、このラインをアップグレードするには延長5.6kmのトンネルが必要となる。この既設の水道トンネルは将来予想される大地震により被害を受ける可能性があり、飲料水の供給が危ぶまれている。この新しい水道トンネルの完成後、古いトンネルは補修工事が施され新しいトンネルと連結される。

サンフランシスコ水道局から委託を請けた施工者はトンネル掘削にロードヘッダを採用し、Sunol(坑口)から硬岩層を延長31m、Fremont's Mission San Jose(坑口)へ向けて掘削した。この26t級のロードヘッダは横軸式カタヘッドにタングステンカーバイトビットを装着し硬岩掘削対応している。またトンネル路線では出水やガス噴出の可能性もある。トンネル掘削ではヘッダの後方に軌道を布設し、ヘッダベルコンから直接、鋼車にずりを積み込み速やかに坑外搬出することで日進量は7mを確保している。この掘削工事での一番の課題は75ℓ/minに及ぶトンネル湧水を排水ポンプで汲み出すこととグラウト注入によるトンネルの止水である。トンネル掘削が2013年に完了した後は、内径2.6mの水道管を2014年までに布設完了する予定である。

(WT '11.5 担当:篠原慶二・前田建設工業(株))

連載講座

最新推進工法技術(4)

—小口径管推進工法(1)—

「最新推進工法技術」連載講座小委員会

① はじめに

国土交通省調査による平成21年度の下水道管路の年間施工延長は7,858km、うち532kmが推進工法によるものであり、そのうち呼び径700以下の小口径管推進工法が、推進工事の8割以上437kmを占めている。

小口径管推進工法は、昭和50年4月の旧労働省労働基準局長通達により、内径80cm未満の管内での人的作業が禁止されたことにより生まれたといっても過言ではない。

本稿では、小口径管推進工法の開発経緯を説明し、前回までの大中口径管推進工法との基本的な相違点について解説する。また、高耐荷力方式について、その施工概要と施工実績を解説する。

② 開発経緯

わが国最初の推進工事は、昭和23年の口径600mmの铸铁管であり、それ以降、口径600mmまでの狭隘な推進管に作業員が入り、人力掘削を行っていた。

このような推進工事では、管の直径が小さいため、切羽の土砂崩壊の際、坑内の作業員が退避できず死亡した災害事例、換気不足のため酸素欠乏の事故により死亡した災害事例が発生していたため、災害防止を目的に、昭和50年4月労働省基発第204号「下水道整備工事、電気通信施設建設工事などにおける労働災害の防止について」におけ

る「推進工法における災害防止」の項により、労働安全衛生規則の関連規定などを遵守させるとともに、内径800mm以上の鉄筋コンクリート管、さや管などを使用するように努めさせることとなった。さらに、推進管内での無人作業を前提とした「下水道小口径管推進工法用鉄筋コンクリート管(JSWAS A-6-1989)」の制定により呼び径の範囲が規格化された。

通達以降、小口径管推進工法の開発が飛躍的に推し進められていたが、依然として、推進管内での人的作業可能な最小口径である内径800mmの推進管を刃口式推進工法で施工し、その中に小口径管を引き込む方式が一般的であった。

1960年代後半より、ボーリングマシンやアースオーガで水平方向に削孔し、小口径管を布設する方法が用いられたが、下水道管渠に適用するには施工精度や適用延長に難点があった。管内作業を伴わない小口径管推進工法は、方向制御の開発が最大課題となっていたのである。

1970年初めごろから方向制御、掘削、土砂搬送を遠隔操作によって行い、推進管内作業を無人化した推進装置の開発が進められた。

1970年代後半になると、下水道管渠としての施工精度を確保するための方向制御機能を備えた高耐荷力方式 圧入方式、オーガ方式の小口径管推進工法が実用化された。

1980年代に入ると、鋼製さや管方式による礫、粗石・巨石地盤への適用が拡大し、1980年代の後

半には、高耐荷力方式の泥水方式や泥土圧方式が実用化され、帯水砂礫地盤などにも対応できるようになり、小口径管推進工法の適用範囲が飛躍的に拡大した。また、1990年代に入り、硬質塩化ビニル管などを推進できる低耐荷力方式も実用化され、適用できる推進管の種類も増大した。

そして、大中口径管推進工法では一般的となっている道路線形に沿った曲線推進工法が、小口径管推進工法においても実用化されてきている。

③ 大中口径管推進工法との違い

小口径管推進工法は、大中口径管推進工法と違って、推進期間中はもとより推進完了後であっても管内の人的作業ができないため、一度地中に埋設した管路のメンテナンスは難しい。

管路に求められる機能を満足させるためには、高い施工精度が要求されることとなり、各種機器の作動状況データを監視し、掘削から排土まで方向修正を含め遠隔制御が可能な機械化が必要となった。

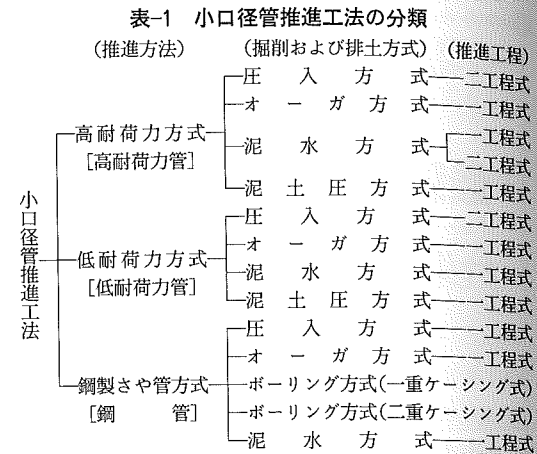
小口径という限られた空間に駆動部・揺動部や計測・測量機器などを小型化させて埋め込まなければならないため、多くの努力が払われた。また、過酷な環境での実績を積み重ねることにより飛躍的な進歩を遂げたが、今もなお、技術改良・開発が進められている。

また、方向制御が不能に陥った場合、障害物に遭遇した場合、あるいは先導体や管内配管設備などに不具合が生じた場合は、先導体や推進管を引き戻し、再推進することが要求される。

小口径管推進工法では切羽の状態が目視できず、中押設備も設けられないので、土質試料などから先導体の掘削能力や推進抵抗力を十分検証し、推進設備(推進ジャッキ)能力に余裕があることを確認しておく必要がある。

④ 小口径管推進工法の分類

小口径管推進工法は、使用する推進管の種類により、高耐荷力方式、低耐荷力方式、鋼製さや管方式の3方式に大別され、さらに掘削および排土



方式、管の推進工程により細分類される。当講座第1回でも示されているが、3方式の概要を示す。

4-1 高耐荷力方式

高耐荷力方式では、管軸方向強度の高い高耐荷力管(鉄筋コンクリート管、ダクトイル铸铁管、強化プラスチック複合管など)を使用する。掘進に伴う抵抗力(切羽から受ける先導体前面抵抗力と推進管列周辺地山から受ける周面摩擦抵抗力)に対抗する推進力は、すべて発進側推進ジャッキより推進管端部に載荷され、推進管を介し伝達される。

掘削および排土方式により、圧入方式、オーガ方式、泥水方式および泥土圧方式に区分される。

この方式は、適用土質の範囲が広く、長距離推進や曲線推進に対応できる。近年は、下水道の幹線管路では小口径管でも比較的大きな径への採用が多く、そこでは長距離・曲線推進、大土かぶりによる高い地下水圧などといった条件での需要によって、泥水方式、泥土圧方式の採用が主流となっている。

4-2 低耐荷力方式

低耐荷力方式では、推進管として管軸方向強度が比較的小さい低耐荷力管(硬質塩化ビニル管など)を使用する。そのため、掘進に伴う推進抵抗力のうち、先導体受ける先端抵抗力に対しては、推進ジャッキから推進力伝達ロッド(排土のためのケーシングロッドなど)を介し、直接、先導体に推進力を伝達して対抗させる。推進管列が地山

から受ける周面摩擦抵抗力のみ、推進管に負担させる。推進抵抗力を先端抵抗と周面摩擦抵抗に分割することで、管軸耐荷力の比較的小さい硬質塩化ビニル管を推進敷設できる。

掘削および排土方式により、圧入方式、オーガ方式、泥水方式および泥土圧方式に区分される。

この方式は、硬質地盤や礫地盤などは適用外で、推進距離も比較的小さくかつ直線推進に適用される。近年の施工実績では、下水道などの枝線管路(面整備管)となる比較的小口径(口径200, 250mmなど)への採用が多く、推進距離も30~60m程度であり、圧入方式の採用が過半を占めている。

4-3 鋼製さや管方式

鋼製さや管方式では、推進管として鋼管を使用する。鋼管の接続は溶接接合が一般的で、延長の

短い場合などでネジ切鋼管を使用する工法もある。全推進力を鋼管に作用させて推進させ、この鋼管をさや管として内部に硬質塩化ビニル管など本管となるものを別途敷設する。

掘削および排土方式により、圧入方式、オーガ方式、ボーリング方式(一重ケーシング式、二重ケーシング式)および泥水方式がある。

この方式は、砂礫、転石、岩盤層など厳しい地盤条件にも適用できる。方式および呼び径によって異なるが、施工精度の確保上20~30m程度までの推進距離が短い工事に採用される。近年の施工実績では、ボーリング方式の採用が大半を占めている。

(参考)推進工程

小口径管推進工法では、通常推進管を直接到達立坑まで推進する一工程式であるが、精度確保または適用領域の拡大を目指し、誘導管を到達立坑まで推進した後、それを推進管に置換する二工程式もある。

⑤ 高耐荷力方式の施工概要

高耐荷力方式の掘削および排土方式における、特性と適用範囲を示す。

5-1 圧入方式

圧入方式は、小口径管推進工法では原点とも言うべき工法であり、第一工程で、細径の先導体および誘導管を方向修正しながら圧入推進する。第二工程では、誘導管後部に掘削ヘッドと推進管を接続し、掘削ヘッドを回転させて地山を掘削し、推進管を推進する。高耐荷力方式専用機種の場合、掘削土は誘導管内のスクリュコンベヤにより到達立坑側に排土する。

適用土質は粘性土、砂質土で、軟弱な地盤に多用され、推進延長は50~60m程度である。

5-2 オーガ方式

オーガ方式も圧入方式同様に小口径管推進工法では先駆的な工法であり、先導体内にオーガヘッドおよびスクリュを装備し、この回転により掘削排土を行いながら推進管を推進する一工程式である。

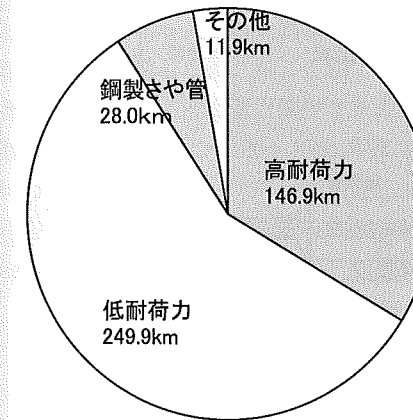


図-1 平成21年度小口径管推進施工実績(合計436.7km)

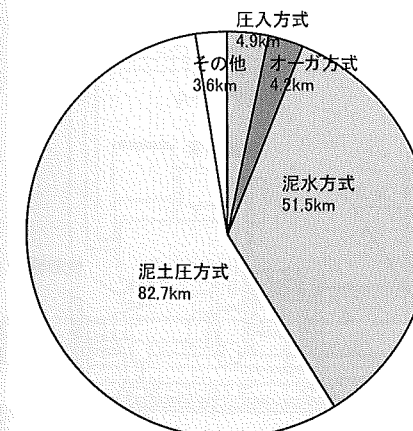


図-2 平成21年度高耐荷力方式施工実績(合計146.9km)

オーガヘッドにより掘削された土砂は、推進管内に設置されたスクリュおよびケーシングにより発進立坑まで排土される。

適用土質は粘性土、砂質土、砂礫土であり、粗石層では専用ビットを装備した機種が用いられる

が、帯水層ではスクリュから噴発する危険性がある。推進延長は60～70m程度である。

5-3 泥水方式

泥水方式は大中口径管推進工法の同方式を小型化したもので、先導体のカッタチャンバ内を泥水

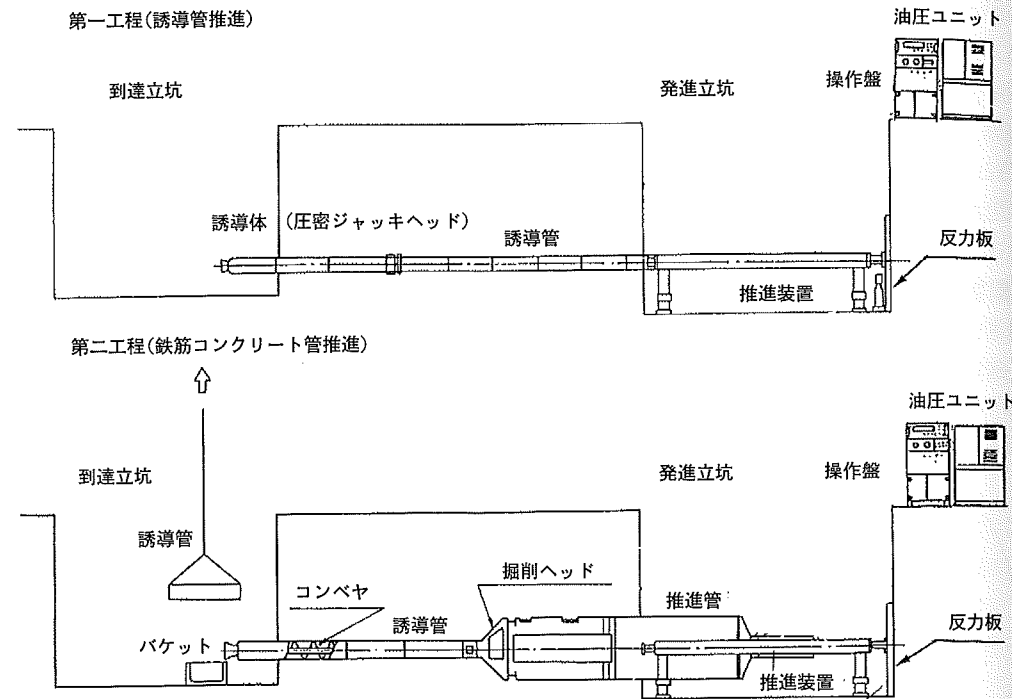


図-3 圧入方式概要図(出典『推進工法体系』)

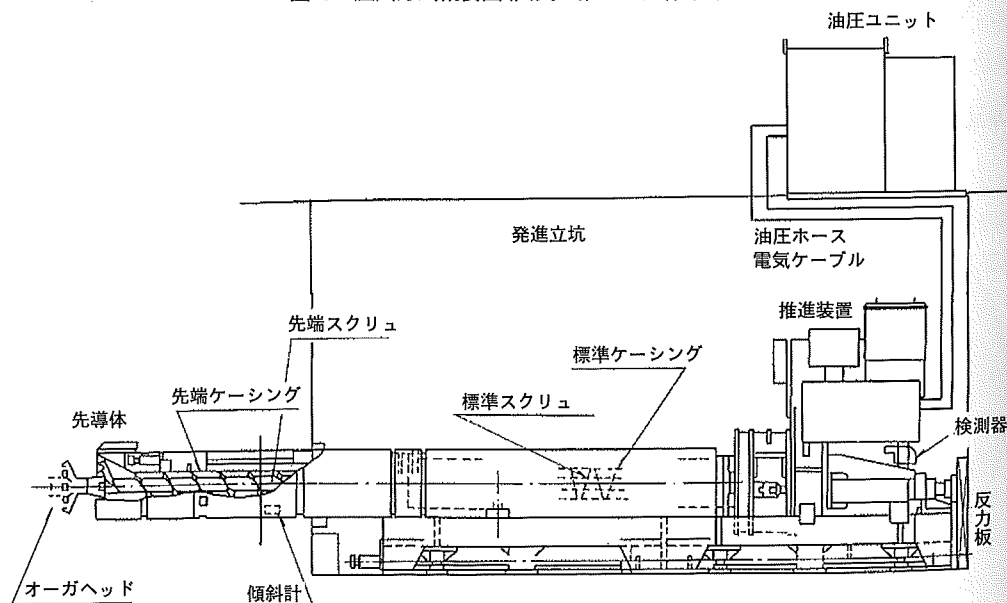


図-4 オーガ方式概要図(出典『推進工法体系』)

で満たし、切羽面に作用する土圧および水圧に見合う圧力に、泥水圧を保持することで切羽の安定を図り、カッタヘッドで掘削する。掘削土は泥水と混合し排泥水として坑外へ流体輸送される。排泥水は坑外に設けた泥水処理設備により土砂と泥水に分離され、泥水は送泥水として再び切羽に送られる。推進工程には一工程式と二工程式とがある。

適用土質は粘性土、砂質土、砂礫土などであり、粗石・巨石、軟岩・中硬岩対応の専用機もある。

(1) 一工程式

一工程式は、送排泥管を入れた推進管を先導体に直接接続して推進する方式である。推進延長は、管径により100～140m程度である。

(2) 二工程式

二工程式は、第一工程で先導体に送排泥管、滑材注入管などが組み込まれた誘導管を接続して、到達立坑まで推進した後、第二工程では誘導管を推進管で押し出して推進管と置換する方式である。推進延長は、管径により120～160m程度である。

5-4 泥土圧方式

泥土圧方式は、先導体の先端を掘削土砂と添加材を攪拌混練りした泥土で満たし、切羽面に作用

する土圧および水圧に見合う圧力に、泥土の圧力を保持することで切羽の安定を図り、カッタヘッドで掘削する。

管の推進工程は一工程式である。排土方式により、スクリュ排土方式、圧送排土方式、吸引排土方式がある。

スクリュ排土方式は、オーガ方式の発展形で、先導体スクリュ部にピンチ弁を設け推進速度に見合った排土量に調整しながら排土する。立坑内にだけ駆動源を置く立坑内駆動方式と、先導体内にカッタ駆動源を個別に持つ先導体駆動方式に細分される。

圧送排土方式は、先導体後方の排土ゲートより土圧に見合った量を機内に取込み、圧送ポンプにより排土する。

吸引排土方式は、ピンチ弁により取り込み量を調整しつつ、掘削土を立坑上の吸引装置にて排土タンクまで、排土管内を真空輸送する。

圧送排土方式および吸引排土方式では、小口径管の曲線推進が可能である。

適用土質は粘性土、砂質土、砂礫土などであり、先導体カッタにローラカッタを装備することにより、粗石・巨石まで対応することができる。

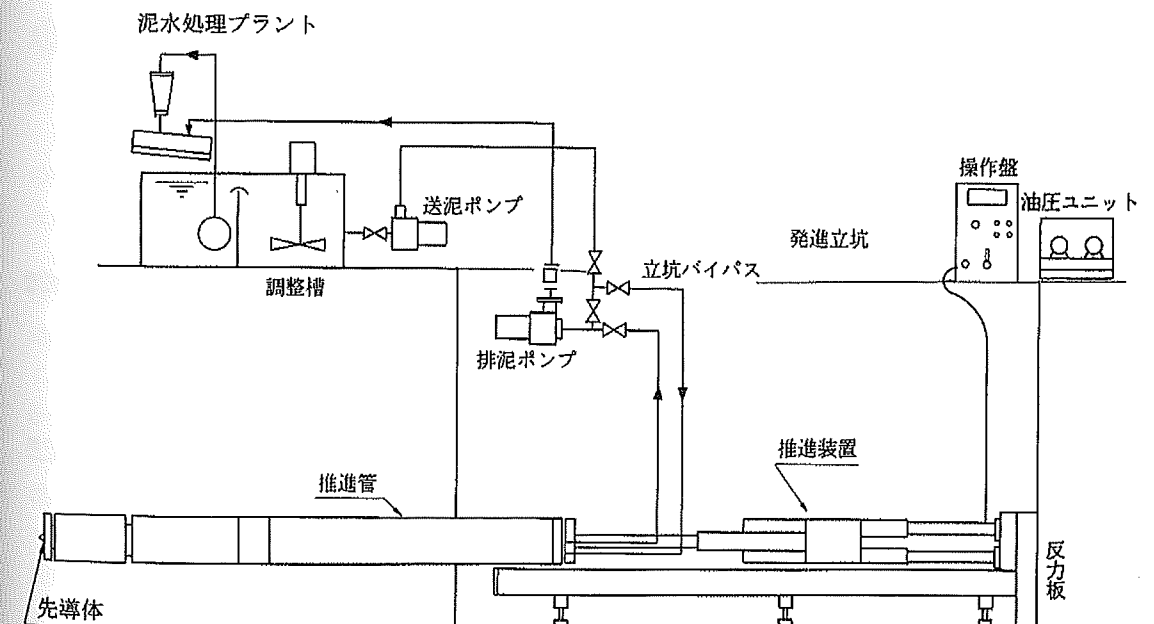


図-5 泥水式方式概要図(一工程式)(出典『推進工法体系』)

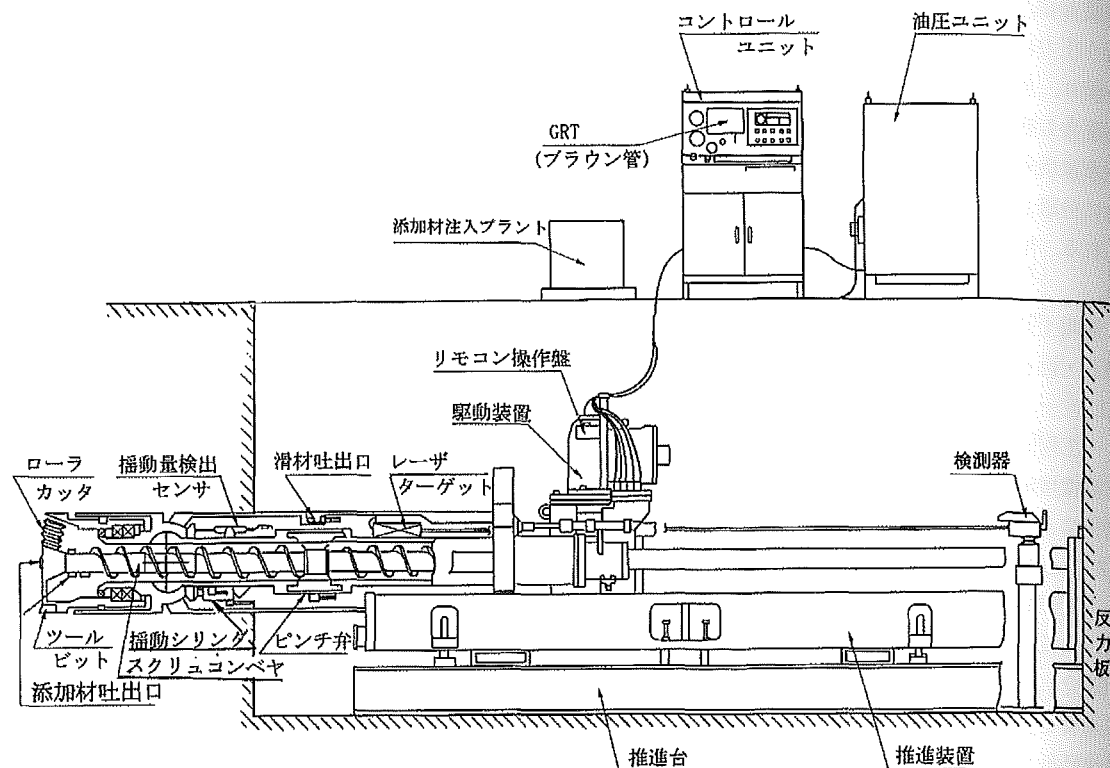


図-6 泥土圧方式・スクリュ排土方式概要図(立坑内駆動)(出典『推進工法体系』)

先導体断面図(A-A')

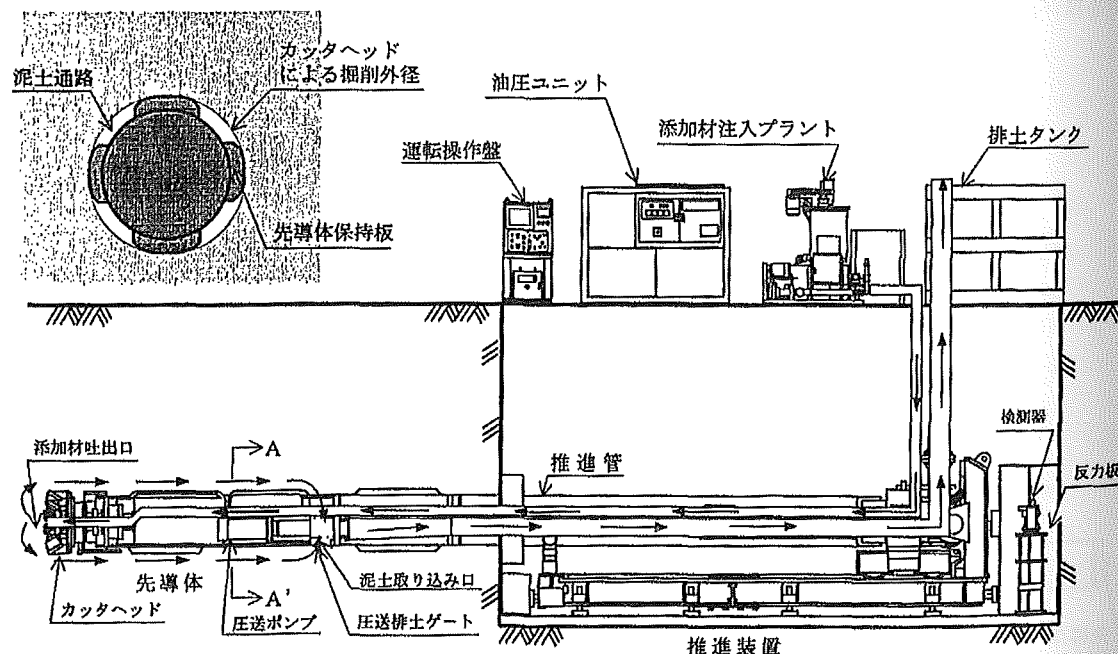


図-7 泥土圧方式・圧送排土方式概要図(出典『推進工法体系』)

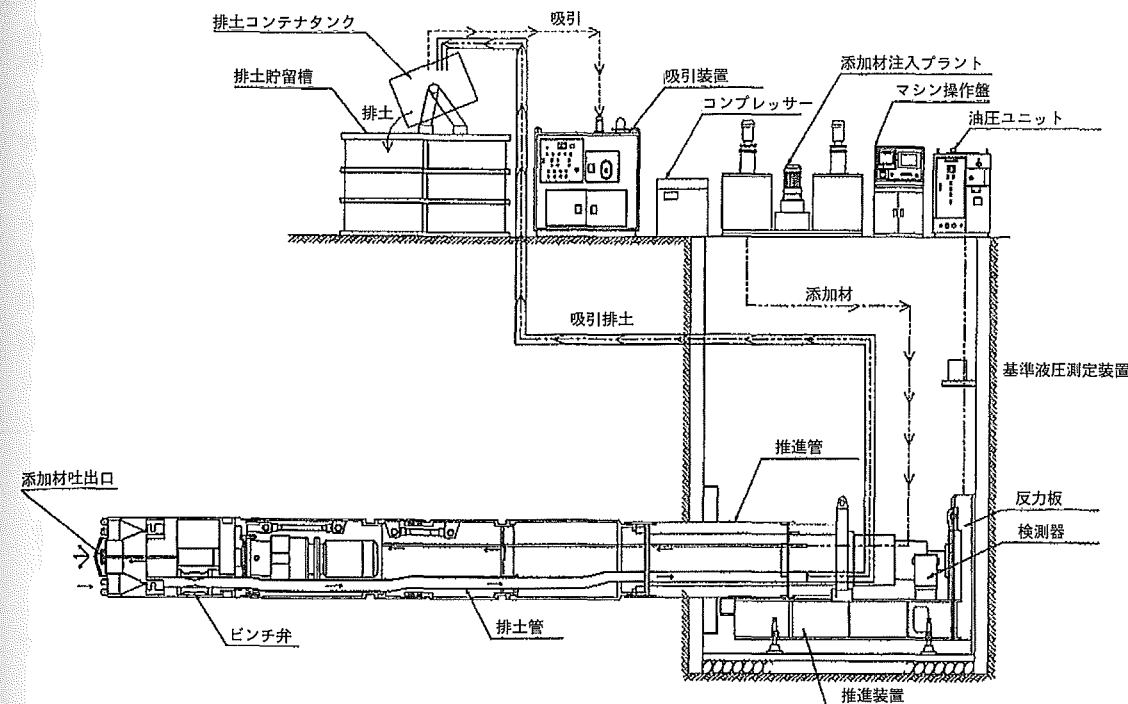


図-8 泥土圧方式・吸引排土方式概要図(出典『推進工法体系』)

推進延長は管径により、立坑内駆動方式では60～80m程度、先導体駆動方式では100～120m程度である。また、圧送排土方式および吸引排土方式では130～150m程度である。

⑥ 小口径管曲線推進

6-1 小口径管曲線推進

市街地などにおける複雑な制約条件や、工事費の低減から小口径管推進工事においても長距離化と併せて曲線推進の需要が増大している。

曲線推進においては、大中口径管推進工法と同様に、曲線継手部の開口長と止水性の関係から推進管種、管長、推進力伝達材などの検討が必要なこと、さらに測量システムの検討も必要である。

6-2 測量システム

小口径管推進工法の直線部では、一般に発進立坑のレーザー発進装置から先導体内の受光装置にレーザー光線を照射して、先導体の位置を検知している。曲線推進工事では、発進立坑から先導体内を見通すことができないので、鉛直方向および水平方向に別々の方式が用いられている。

表-2 曲線推進可能な工法

掘削方式	推進工程	排土方式	工 法 名
泥水方式	一工程式	流体輸送	マイクロ工法NA型
			カーブモール工法
			小口径アルティミット工法
	二工程式	流体輸送	ジェット工法
			マイクロ工法30R型
			スーパミニカーブ工法
泥土圧方式	一工程式	圧送排土	エースモールDL工法
		吸引排土	小口径アルティミット工法
			ラムサス工法
			ドルフィン工法
			超流バランスセミシールド工法
			スリムアーク工法

曲線推進を行う工法により測量システムが異なるので、採用する工法の測量システムの適用範囲(土かぶり、推進延長など)を十分理解する必要がある。

先導体の位置・姿勢検知のうち鉛直方向について

では、比較的測定精度が高く、常時計測できる利点により、一般的に先導体に内蔵されたピッチング計(傾斜計)と液圧差レベル計で、先導体の姿勢、位置を検知する方法が用いられている。

水平方向の姿勢・位置検知については、主に次の方式が用いられている。

(1) 磁力線方式

先導体内から誘導磁界を発生させ、地表の検出装置で強度分布を測定し、位置検知するもので、使用機器は小型、かつ簡便なため小口径管推進工法で採用されているが、適用土かぶり深さが6m程度までで、近傍に磁性体やノイズ発生源がある場合には計測精度が低下する。

(2) 走行計測方式

ジャイロ(方位計)などを搭載した走行計測ロボットを推進管内を往復走行させ、距離および角度変化のデータを逐次演算することで、先導体の位置と施工線形を求める。

地上作業がなく、土かぶり深さが計測精度に影響しないという特長を有している。

(3) 中継方式

無人で管内開放トラバース測量を行うために、中継ユニットを用いるものであり、CMOSカメラによる方法、レーザ光屈曲による方法、トータルステーションによる方法、CCDカメラによる方法などがある。

また、GPS・電磁波を併用して開放トラバースの誤差補正を図るものもある。

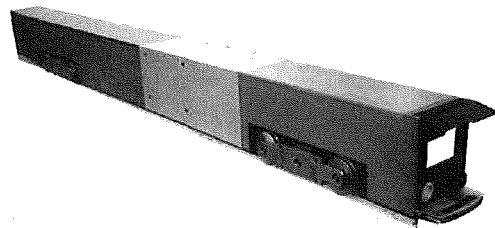


写真-1 走行計測ロボット(マイクロ工法30R型)²⁾



写真-2 走行計測ロボット(マイクロ工法NA型)

(4) 方位計方式

先導体内にジャイロ(方位計)を搭載し、先導体の姿勢と移動量を逐次演算して先導体の水平位置を求める。推進距離に比例して計測誤差が拡大するので、他の方法と併用される場合が多い。

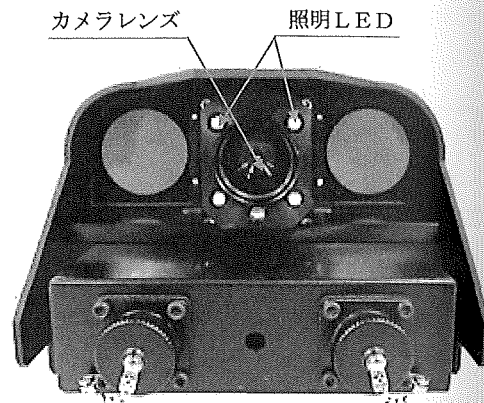


写真-3 CMOSカメラセンサー(出典：(株)ソーキホームページ)

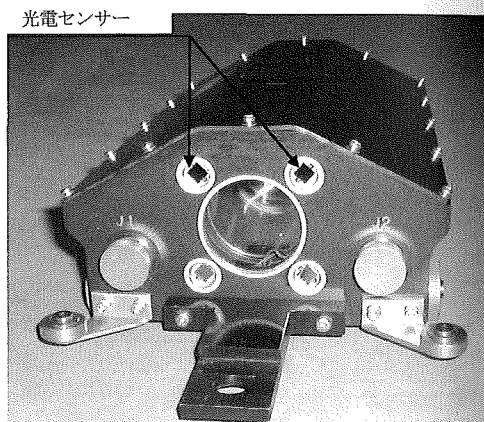


写真-4 レーザ光屈曲ユニット(出典：エースモール工法協会)

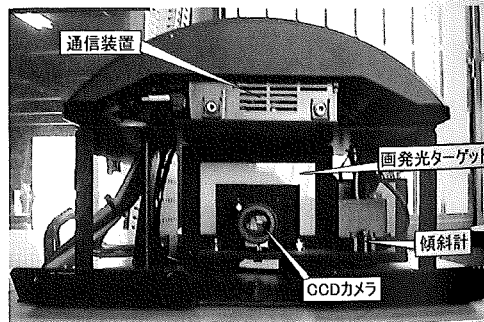


写真-5 CCDカメラセンサー(出典：カーブモール協会ホームページ)

⑦ おわりに

小口径管推進工法の開発経緯と工法の概要について述べたが、1980年代の開発当初には同種類の類似工法が多数実用化され、お互いに競争しながら進展してきた。しかし、適応土質の範囲拡大や推進延長増大に伴う施工精度確保などの問題から技術淘汰が進み、独自技術が主流であった小口径管推進工法にも近年集約の流れが生じつつあるように思われる。

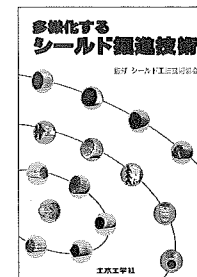
道路下に多様な用途の管路を埋設あるいは再構

築しようとするとき、現有適用範囲では需要を満たすことのできない厳しい条件が要請され、今後とも技術改良が進められるものと思われ、成果に期待する。

(文責：伊藤 啓/アイレック技建(株))

参考文献

- 1) 日本推進技術協会：推進工法体系Ⅰ。
- 2) 月刊推進技術，Vol.25，No.4，2011。
- 3) No-Dig Today，No.75，2011，4。



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

日本トンネル技術協会 会報

1. 会員の現状

	7月31日現在
正会員	1,625名
団体会員	370名
個人会員	1,255名

2. 委員会の開催状況(7月1日～31日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会会誌WG(7/6)

大島洋志主査ほか11名, 8月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

ITA統括WG(7/8)

石田積主査ほか8名, アンケート結果の検討

海外文献小委員会海外ニュースWG(7/21)

早坂治敏主査ほか8名, 海外ニュースを翻訳

計 3回開催 30名出席

②調査研究関係委員会

◎受託研究特別委員会

九州新幹線(西九州)トンネル検討委員会・幹事会(7/4, 5)

大島洋志幹事長ほか18名, 現場視察および施工法の検討

効率的掘削工法特別委員会補助ベンチWG(7/5)

鈴木雅行主査ほか10名, 報告書原稿を検討

小田急下北沢地区線増連立事業技術委員会(7/22)

小山幸則委員長ほか30名, 計測結果を検討

地下鉄トンネル塩化物対策委員会(7/25)

大即信明委員長ほか27名, 箱形トンネルの対策工などを検討

相鉄・JR・東急直通線都市トンネル検討委員会(7/29)

小山幸則委員長ほか44名, 現場視察および施工法の検討

計 5回開催 134名出席

合計 8回開催 164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38回ITA総会およびコンgres「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gres「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 http://www.wtc2013.ch/
第40回ITA総会およびコンgres「Tunnels for Better Living」	2014. 5. 9～15	サンパウロ(ブラジル)	International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) Brazilian Tunnelling Committee

* 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(9/19まで) TEL: 03-3524-1755(9/20から)

4. 平成23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) 舞鶴若狭自動車道トンネル建設工事現場研修会 (施工体験発表会)	2011. 7.29	26	福井県	2.8
第68回(山岳)「様々な課題克服に取り組んだ山岳トンネル工事」	2011.10.13	150	東京都	
第69回(都市)「都市トンネル工事におけるコスト縮減・工期短縮の施工事例」 (講演, 講習会)	2011.10.14	150	東京都	
山岳トンネルのインバートに関する講習会	2011. 6.15	86	東京都	3.5
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)	2011. 9.29,30	20	東京都	17.3
山岳トンネルの地質に関する講演会	2012. 1.	100	東京都	

催物の案内は逐次協会のホームページに掲載いたしますので閲覧くださいますようお願いいたします。一般検索サイトで「トンネル技術協会 国内催物」あるいは下記URL入力で辿りつけます。

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

◇ITA WebSite/ITA@Newsに関するお知らせ◇

■ITA 作業部会について興味ある方

WG関連の情報がWebサイトに掲載されます。WGでの活動成果は毎年追加更新されており、これまでの内容を知ることができますので、ご活用ください。

■ITA@newsを入手したい方

ITA参加国のトンネル関連のトピックスやプロジェクトの紹介を主とした従来の雑誌TRIBUNEは発行回数を減らしました。そのかわりにITA@newsとしてWebに掲載されています。2か月に1回の頻度で更新しています。また、登録すると無料で自動的に配信を受けることができます。配信申し込みのサイトは<http://www.ita-aites.org/index.php?id=27>です。

■ITAおよび加盟国の動向を知りたい方

Webサイトには、WG以外の各国のトンネル事情などさまざまな情報が閲覧できるようになっています。

◇質問や疑問点などございましたら、日本トンネル技術協会の関(担当)までご連絡ください。

TEL: 03-3553-6174(9/19まで), 03-3524-1755(9/20から)

事務所の移転のお知らせ

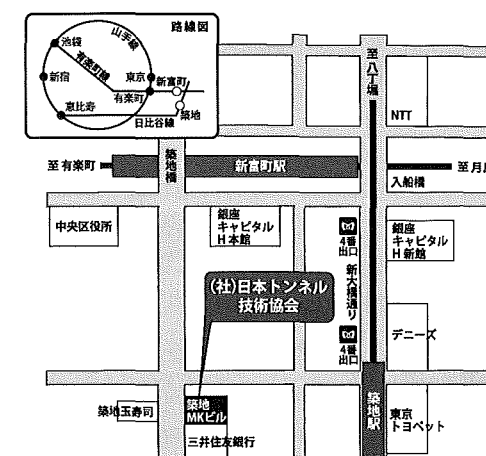
このたび、当協会事務所は、下記のとおり移転する運びとなりました。今後とも会員のニーズを反映した諸活動を実施していきますので、ご支援ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

移転先住所: 〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号築地MKビル(6階)

業務開始日: 平成23年9月20日(火)

TEL: 03-3524-1755 FAX: 03-5148-3655

交通: 東京メトロ有楽町線新富町駅4番出口 徒歩5分
東京メトロ日比谷線築地駅4番出口 徒歩3分



10月号予告[10月1日発売予定]

- 北海道横断自動車道 占冠トンネル
- 首都高速道路 中央環状品川線
- 新東名高速道路 鳳来トンネル
- 東京都建設局 白子川地下調節池
- 【連載講座】
- 最新推進工法技術(5)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆震災からおおよそ半年、震災関連を中心とした国内の出来事ばかりに目を奪われている間、エジプトに端を発した独裁政権への抗議デモが中東地域で拡大し、石油価格が高騰。アメリカではデフォルト寸前で回避されましたが、格付け会社によるアメリカ国債の格下げが発表され、株価の下落、円高と気がついたときにはとんでもない状況が世界各地で起きています。もちろん、日本にもこの影響がでており、立ち上がろうとしている日本経済に大きな打撃です。今後、東南海や首都直下型地震の起こる可能性が非常に高く、さらに、「新潟・福島豪雨」のような激しい雨への対応など、国土の安全・安心を築いていかなければならない状況で財政的にも非常に厳しい状況に陥っております。

◆今年は節電の夏。こまめにコンセントを抜いたり、電気を必要以上に明るくしない。エアコンの設定温度を高め設定する。どれも簡単にできることです。電車の車内が多少暗くても、外灯が間引いて点灯されても、次第にそれに慣れてきました。みんなが少しずつ節電をするだけで全体ではかなりの節電になります。国民としてこの国難から早く立ち直りたいという気持ちが不満もなく節電に取り組める要因になっているのでしょう。まだまだ残暑が厳しいと予報が出ています。小さな努力が大きな力となって新しい日本に生まれ変わることを切望いたします。

(K.Y)

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

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

トンネルと地下

第42巻 第9号 [通巻493号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成23年8月20日 印刷

平成23年9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、本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本社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。
TEL: 03-3267-2888

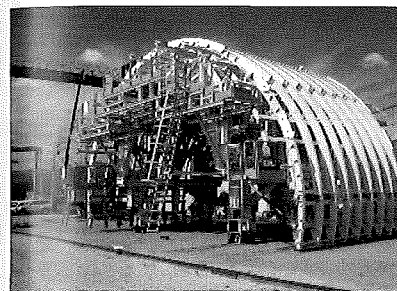
本誌掲載記事が無断で複写(コピー)および転載することは、著作権上での例外を除き、禁じられております。本誌から複写または転載を希望される方は、本社(03-3267-2888)までご連絡ください。

トンネル 二次覆工用型枠 総合メーカー

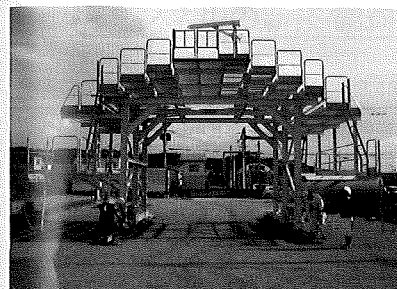
一步前進!

~限りない未来への挑戦~

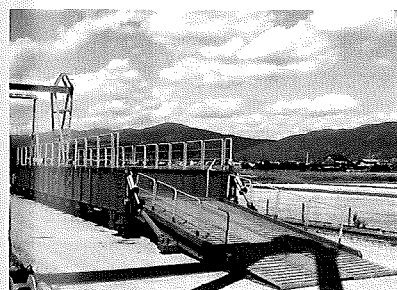
大栄工機株式会社



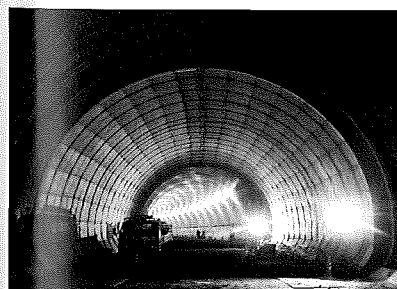
スライドセントル



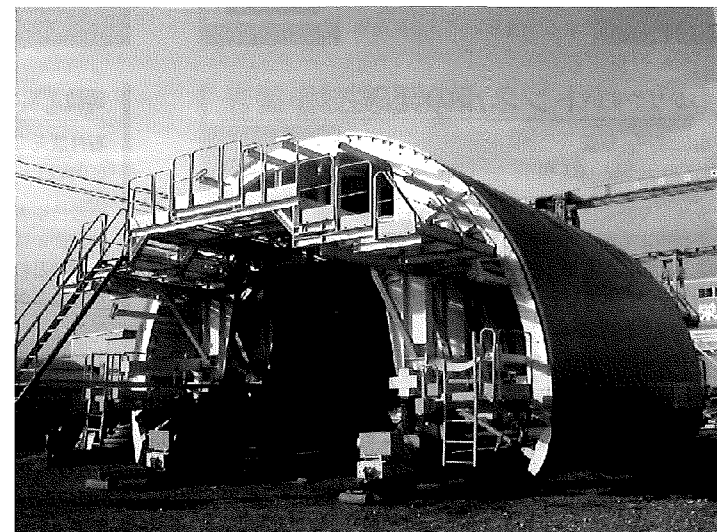
作業台車



移動栈橋



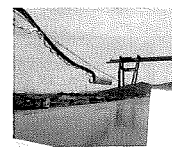
NETIS登録番号 CB-090003-A
EPSパネル養生



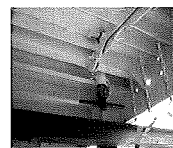
スチールフォーム(中流動コンクリート対応型)



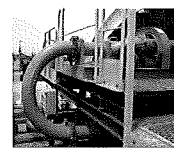
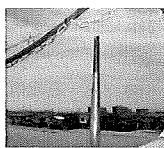
MC矢板



天端引抜パイププレート



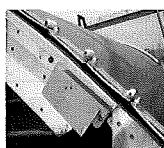
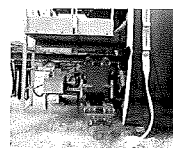
エア抜き金具



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

山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著
3,200 円＋税 B5 判

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



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500 円＋税 B5 判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500 円＋税 B5 判

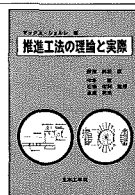
近年に開発、実用化された 29 工法を整理、体系化するとともに、各工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点などをわかりやすく説明した。



推進工法の理論と実際

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

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



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500 円＋税 B5 判

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



セグメントの新技术

小泉 淳 監修
2,000 円＋税 B5 判

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



続 きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著
1,200 円＋税 新書判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000 円＋税 A5 判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757 円＋税 B5 判

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



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660 円＋税 B5 判

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



地下水の科学 I～III (全 3 巻)

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

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



第 I 巻 地下水の物理と化学
4,078 円＋税 B5 判

第 II 巻 地下水環境学
4,272 円＋税 B5 判

第 III 巻 地下水と地質
3,689 円＋税 B5 判

わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825 円＋税 B5 判

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



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573 円＋税 B5 判

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



ジオテキスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

E.フック・E.T.ブラウン 共著、小野寺透・吉中龍之進・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事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300 円＋税 A5 判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200 円＋税 A5 判

トンネル工事の際の労働衛生と環境保全の検討に有用な項目について、医学分野の知見から職業性疾患や有害環境条件、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)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

各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー



東和機電工業株式会社

かい た 瀬田工場
せいた

〒820-1111 福岡県飯塚市勢田2594番地の18

電話：(09496)2-3500(代表)

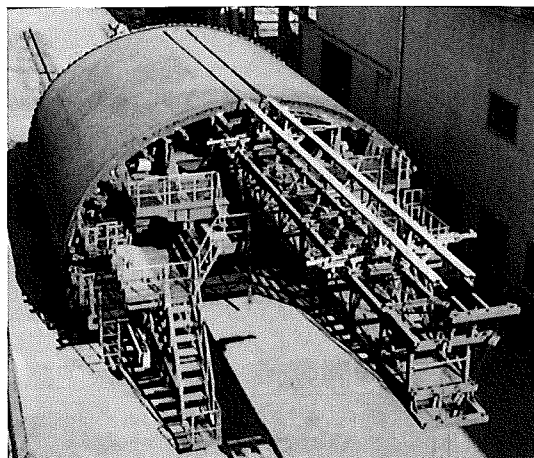
FAX：(09496)2-6310

E-mail：towakiden@yahoo.co.jp

創業昭和29年、設立昭和39年。昭和42年にセメント業界へ参入して、
44年の歳月の中、努力して今日まで参りました。

九州一円離島に至るまで真心こめて納めさせて頂いた実績が、
四国・関西・関東までの実績を伸ばしております。

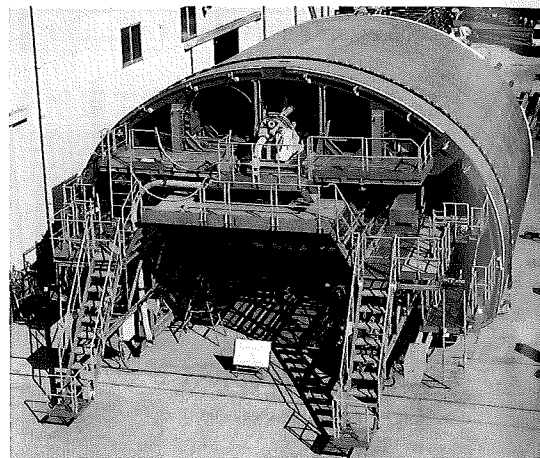
- クラウン部締め固めバイブレーター(特願)
- 中流動コンクリート用ステンレスフォーム



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

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

◎ ガイドセルの上昇・下降により、任意の高さを締め固める事が出来ます。



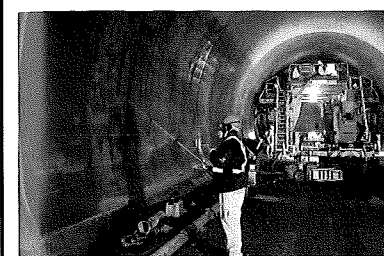
- 自動ケレン装置



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

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

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



コンクリートの
「有害なひび割れ」対策に
“新たなご提案” (ひび割れ低減
3点セット)

コンクリート打設前設・耐アルカリ性ガラス繊維ネット

ハイパーネット60

NETIS登録番号 SK-080003-V

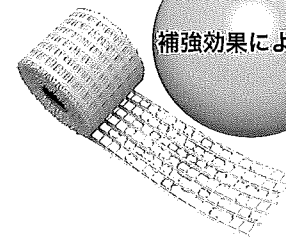


コンクリート混入・コンクリート用膨張材

ハイパーエクスパン

NETIS登録番号 QS-020033-V

コンクリート収縮抑制



補強効果によるひび割れ幅低減

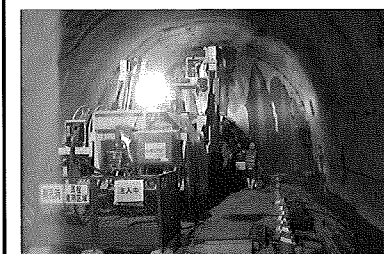
養生効果



硬化後塗布・塗布型高性能収縮低減剤

クラックセイバー

NETIS登録番号 SK-080001-V



様々な現場で力を発揮する
注入材、裏込材
“最適な選択をご提供”

注入材

超微粒子注入材

太平洋アロフィクスMC

瞬結工法用無機懸濁型
土質安定材・下水道止水材

太平洋アロフィクスMC2号

注入式長尺先受工法用注入材

太平洋スーパーハード

注入式長尺先受工法用注入材

太平洋スーパーファスナー

裏込材

プレミックス裏込用充填材

太平洋フォルトカバー



太平洋マテリアル株式会社

営業本部

〒135-0064 東京都江東区青海 2-4-24 青海フロンティアビル 15F

<http://www.taiheiyo-m.co.jp>

TEL.03-5500-7510 FAX.03-5500-7542