

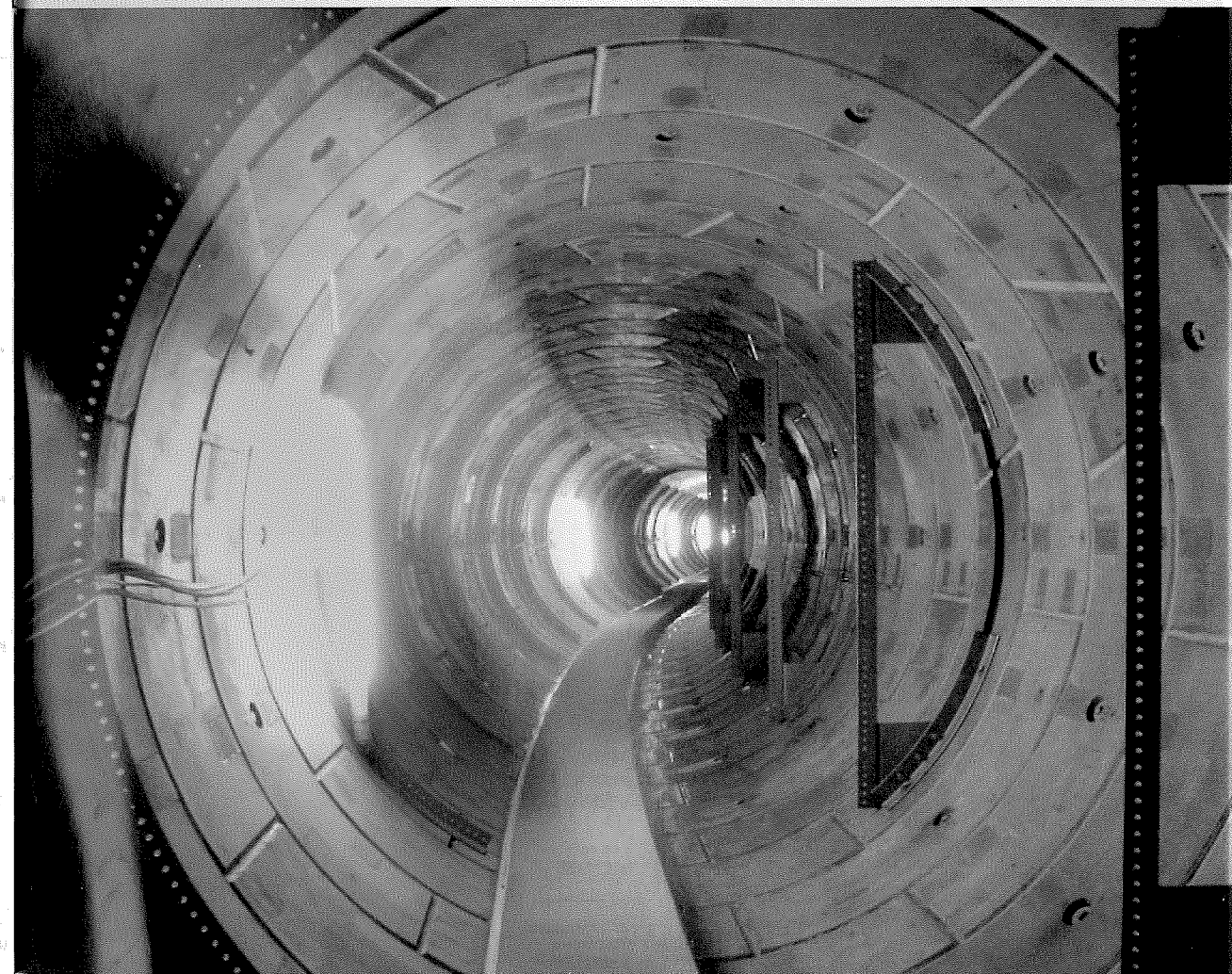
トンネルと地下 1

vol. 43
no. 1
2012

Tunnels and Underground

天板工法トンネルでの老朽化対策および背面空洞注入工の取り組み
橋桁直下および橋梁基礎杭に近接したトンネル
老朽化した下水道管を自由断面SPR工法で長寿命化
点検データの不足を補うトンネル劣化予測手法

日本トンネル技術協会誌



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06619-1
本体価格1,500円

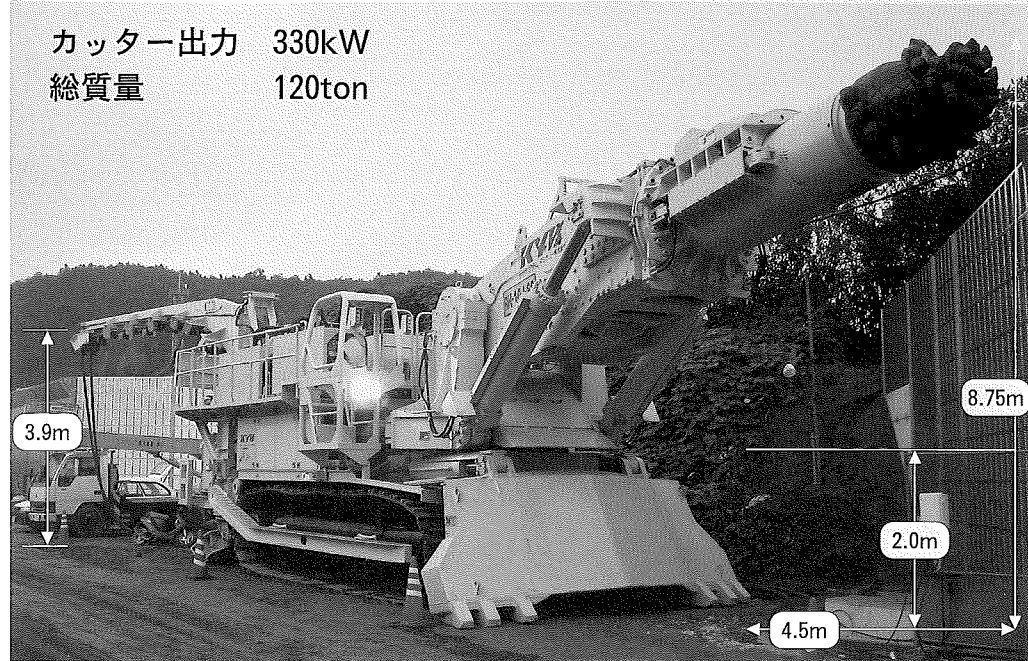


4910066190125
01500

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m(ケーブルハンガーを除く)
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.1m
- ・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

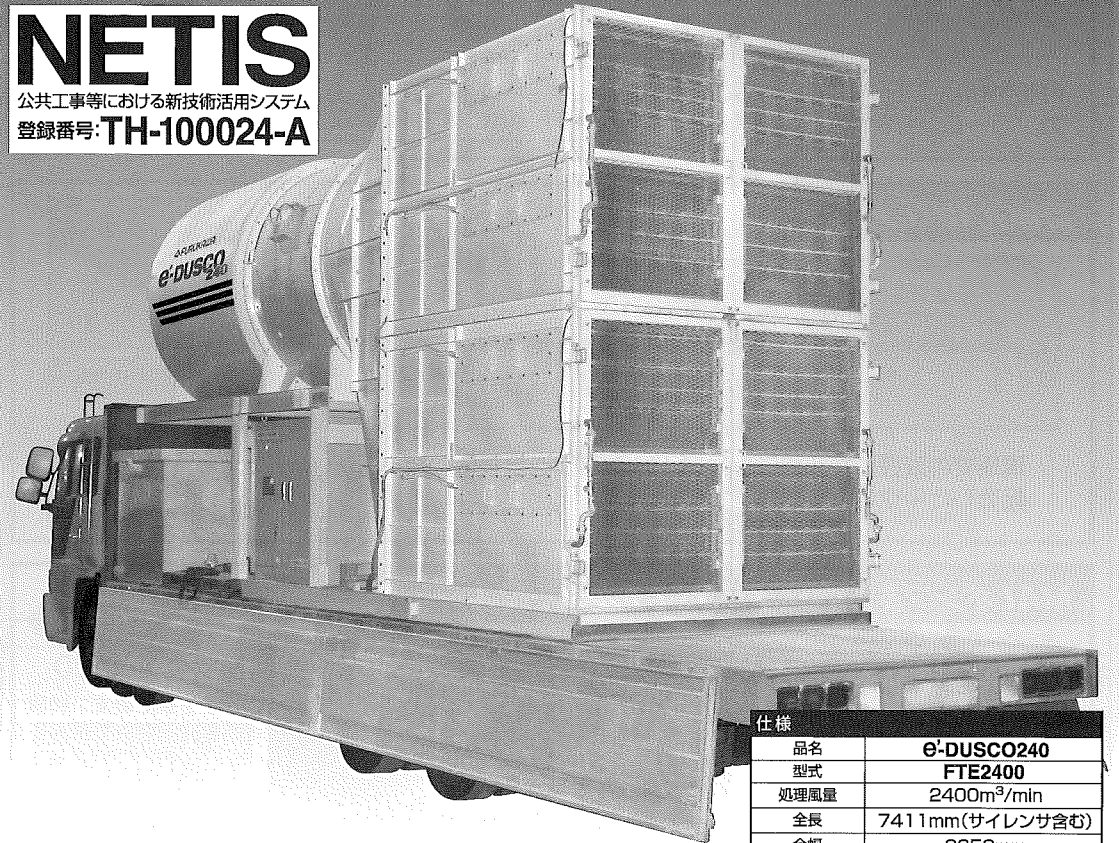
イーダスコ・ニーヨンマル

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。

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。

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。

大風量と省エネを同時に実現

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

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	10t
電源仕様	3相3線400V58kVA
ファン動力	30kW
消費電力	33kW
洗浄水	2.4m ³ /回
捕集タストの処理	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!

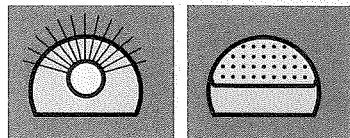
ケー・エフ・シーの ロックボルト

全ネジ FRP ロックボルト

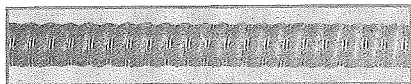
CG22S



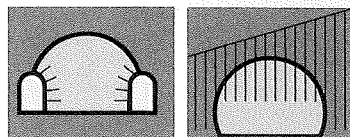
(中実タイプ)



CGR32

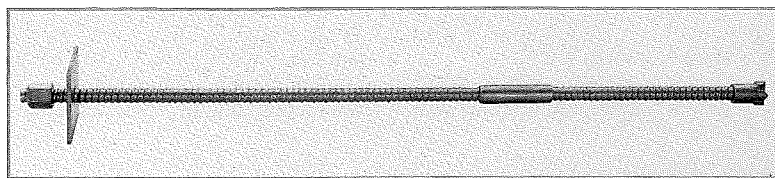


(中空タイプ)

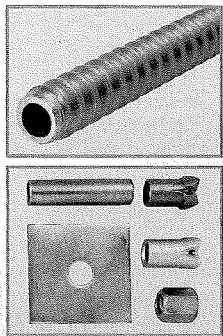


FRP ボルトに全ネジ加工することによって、ナット取付け、カプラー接続が簡単にできます。

自穿孔 IBO アンカー

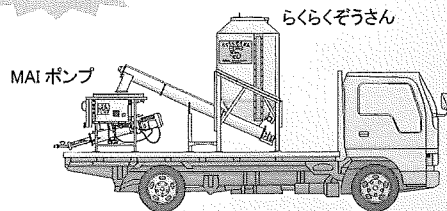


現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって転造した中空ロックボルトです。

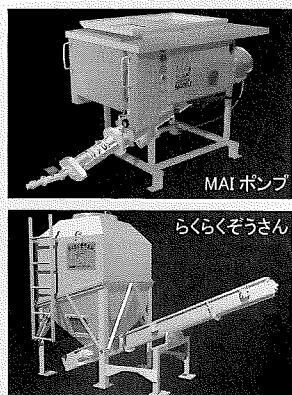


MAI ポンプ & らくらくぞうさん (モルタル投入システム)

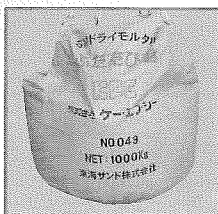
ECO システム!



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

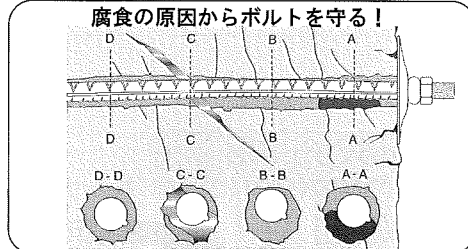
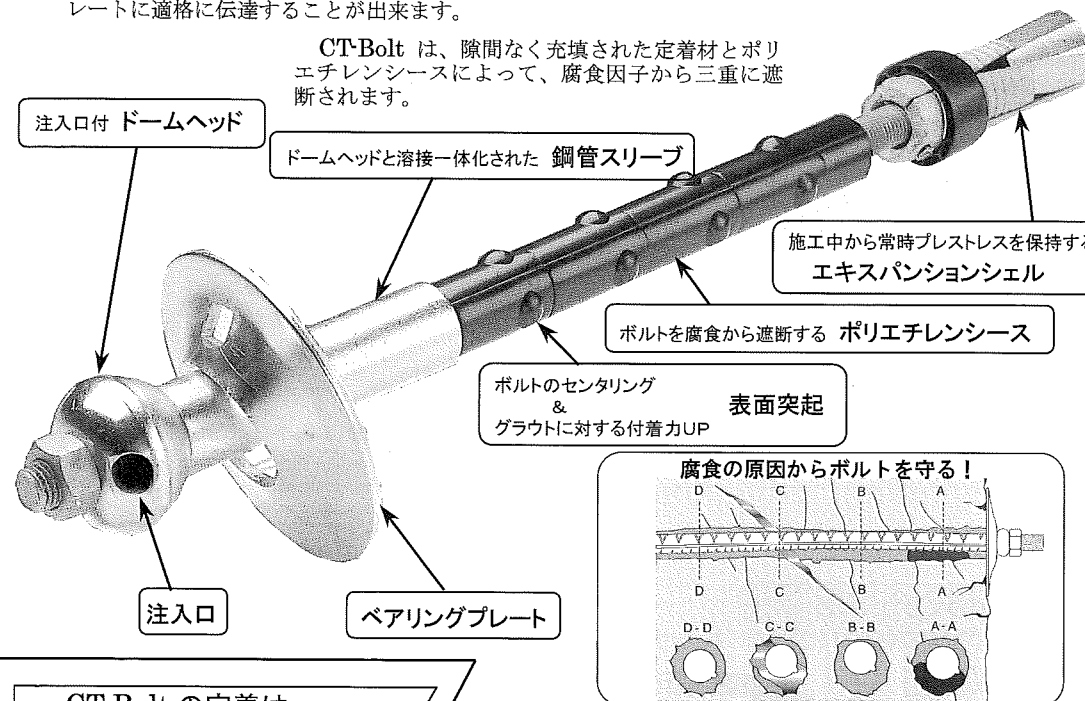
CT-Bolt



通常施工により超長期支保

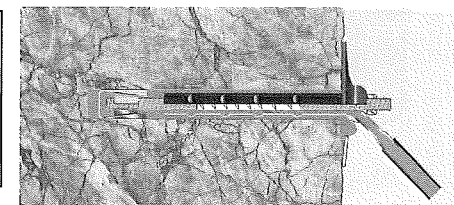
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

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 腐食対策の必要な地盤に

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、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

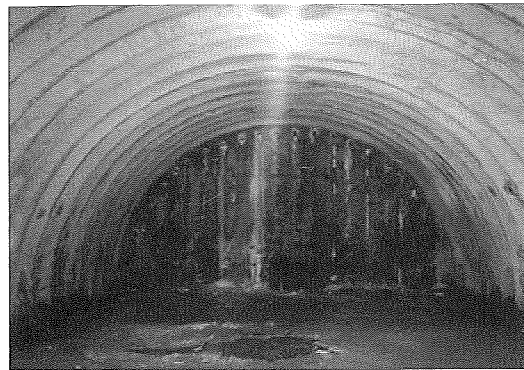
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒135-8073 東京都江東区青海2丁目4番32号タイム24ビル

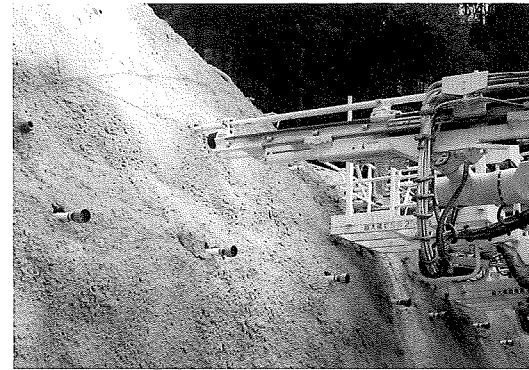
お問い合わせ先 TEL: 03-3570-5182
技術部 FAX: 03-3570-5191

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

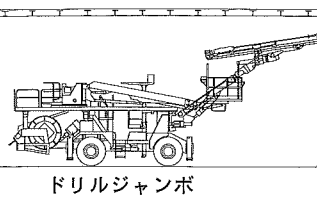
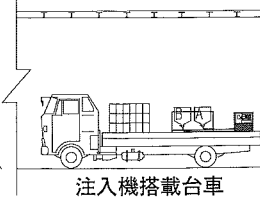
プロトタイプ
無拡幅タイプ
最小拡幅タイプ

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。

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！



長尺フェイスボルト

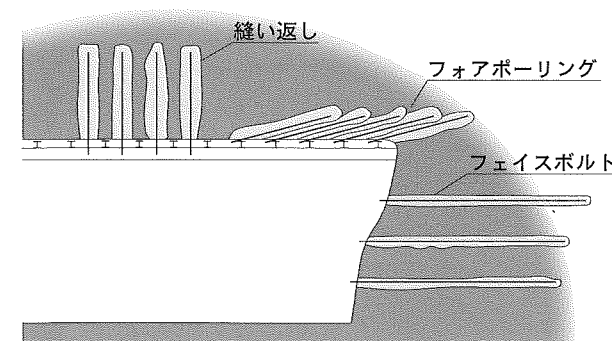
注入材のバリエーション

- 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(株エイチ・アール・オー)
TEL)011-821-5868 FAX)011-821-6644

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：千葉県柏市若菜地内



多軸回転・公転掘進機(内寸法φ2400×2000)

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躯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



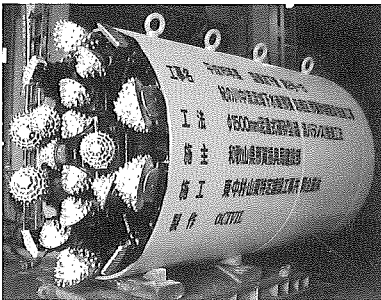
φ1016mm長距離パイプルー掘進機(リターン回収型)

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

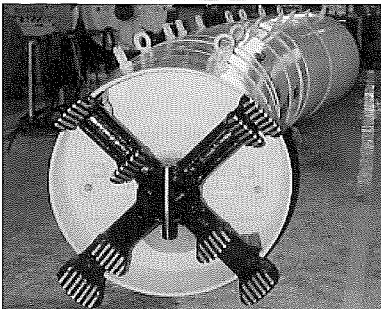


φ1500mm破碎型掘進機

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
- ◆排土口径が大きいため、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

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>

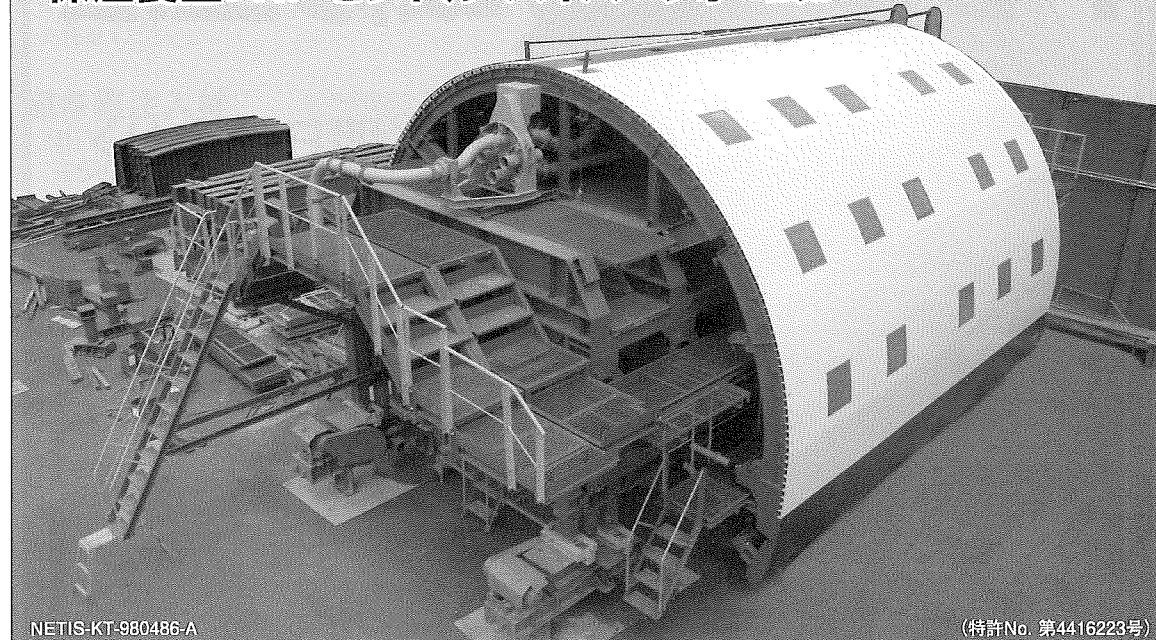
建設コンサルタント登録番号：建18第8677号

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

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

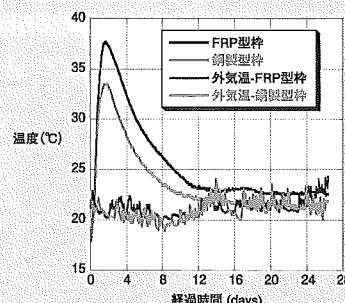


NETIS-KT-980486-A

(特許No. 第4416223号)

■覆工コンクリート温度の経時変化

【宮崎大学との共同研究により、橋フジタ 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. 剥離性がよく、ケレン作業が低減

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

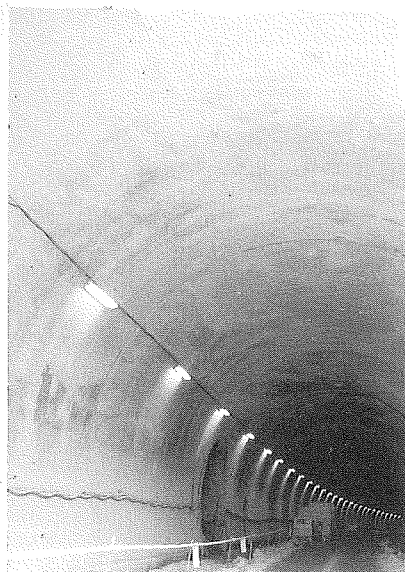
※九州営業所は下記の住所に移転しました。

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

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〉

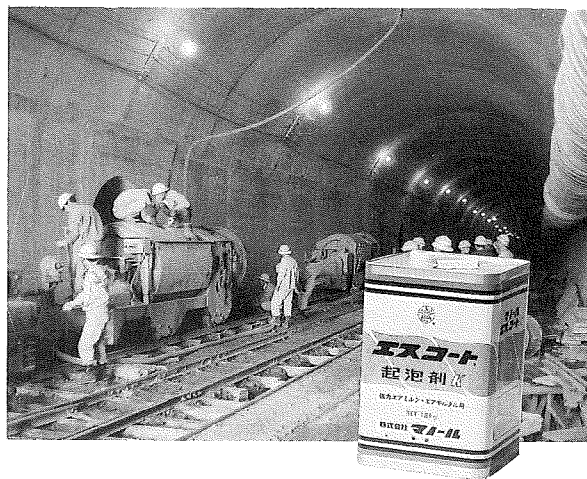
プレミックス急硬モルタルと
特殊ラテックスの
複合材で
短時間で実用強度が得られる
即日補修工法です。

- 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 ◆



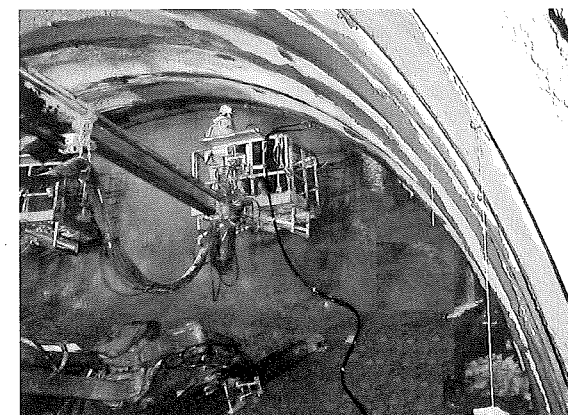
株式会社 **マニール**

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

補助工法・注入材のことならティーエムシー

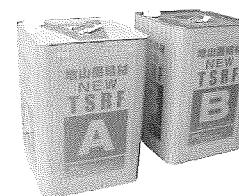
AGF-OFP工法

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

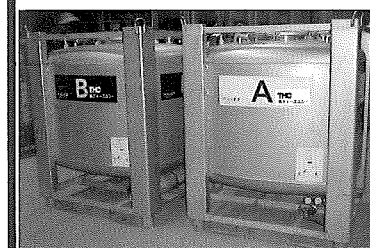
NEW-TSRF
(シリカレジン)
NEW-TBU
(ウレタン)



※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



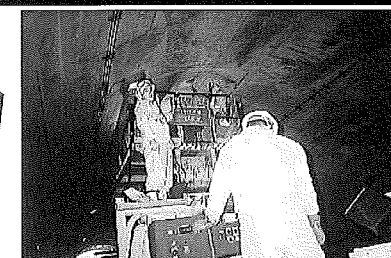
当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

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。



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

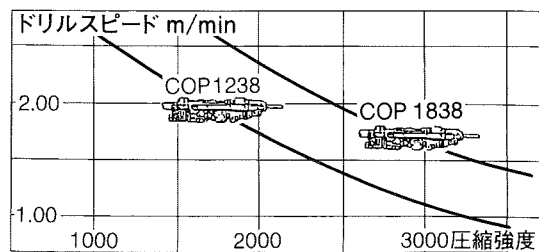
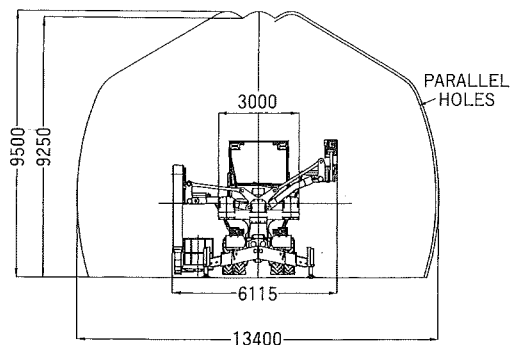
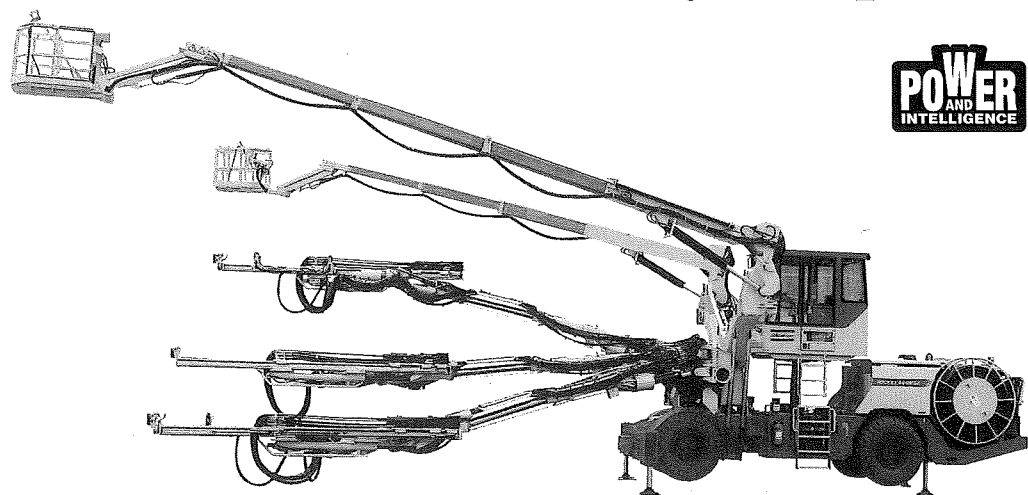
本社	〒116-0013	東京都荒川区西日暮里5-23-3	冠第二ビル5F	TEL : 03-3891-8211
大阪支店	〒578-0903	大阪府東大阪市今米1-2-1	中辻第3ビル3F	TEL : 072-966-6280
名古屋営業所	〒486-0844	愛知県小牧市大字下末1648-10		TEL : 0568-65-7745
九州営業所	〒839-0809	福岡県久留米市東合川3-12-40	アイソリューションビル1F	TEL : 0942-40-8151
小牧物流センター	〒485-0825	愛知県小牧市大字下末1636-9		TEL : 0568-44-7786

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榎原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

流機エンジニアリングだから出来ること お客様の「できたらいいな」を実現します

吸引ダクト SUPERLIGHT
[重量 1/2+オーバーハンダノズル 新型]

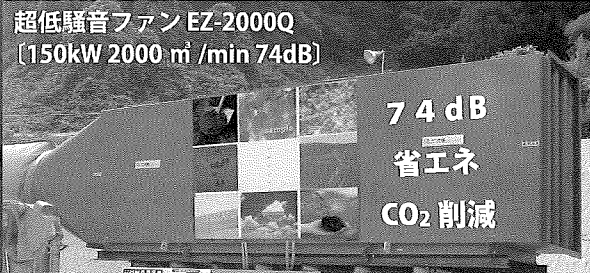
コンクリート密着養生システム



正圧用 (ビニール)
ノンリークダクト

~漏風 "0" の风管シリーズ~

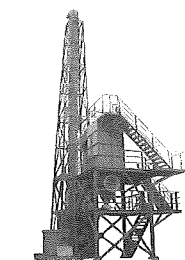
超低騒音ファン EZ-2000Q
[150kW 2000 m³/min 74dB]



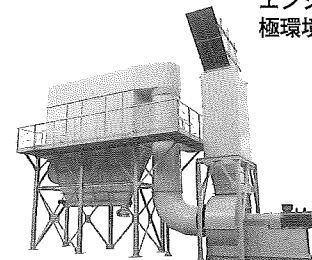
トンネルに止まらず特殊な一品モノにもお応えします

〈産業用集塵機 1シリーズ〉

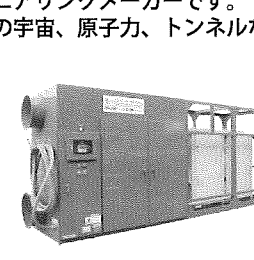
集塵、脱臭、除湿、水処理など環境装置を主とする、
エンジニアリングメーカーです。
極環境の宇宙、原子力、トンネルなどの装置開発も手がけています。



400m³/min
コークス・マンガ



1500m³/min スラブ研削



工業用大型エアコン



急結剤補給やコンクリート
補強繊維の自動定量送り機



最適環境を創造する

株式会社流機エンジニアリング

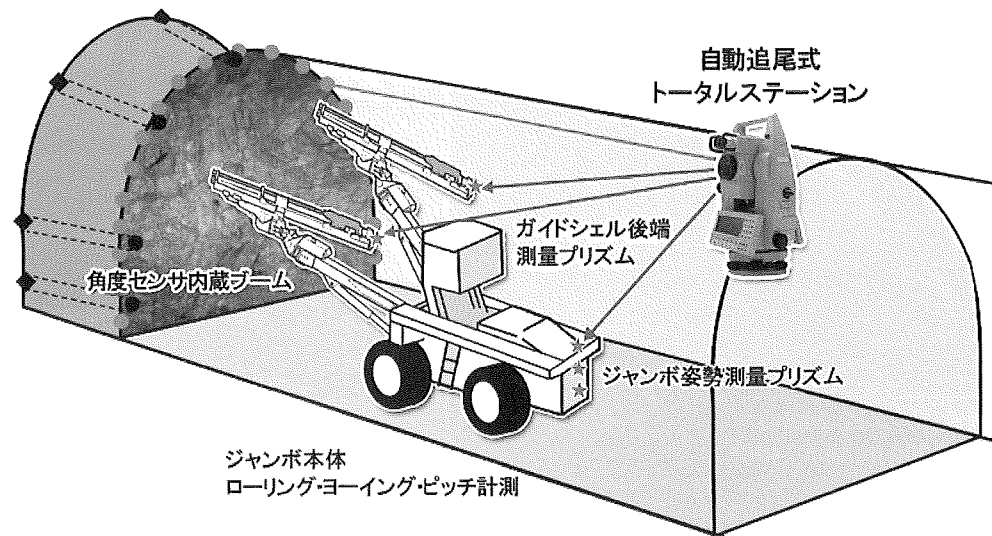
〒108-0073 東京都港区三田3-4-2 COI 聖坂ビル
TEL: 03-3452-7400
URL: <http://www.ryuki.com/>
E-mail: eigyobu@ryuki.com

NETIS登録番号:KK-100049-A

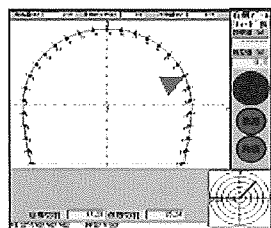
自動追尾式余掘り低減システム

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。余掘り量の低減に効果を発揮し、余吹き・覆工コンクリート量を低減することが可能です。



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社

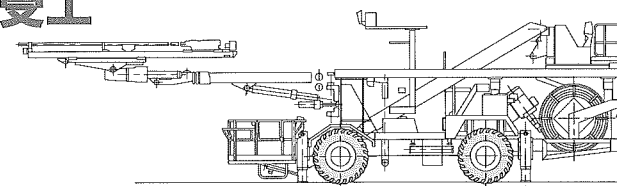
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

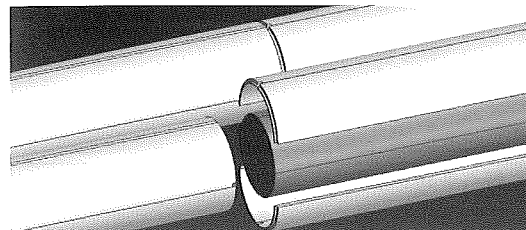
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Filling Method



AGF-Me工法

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

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



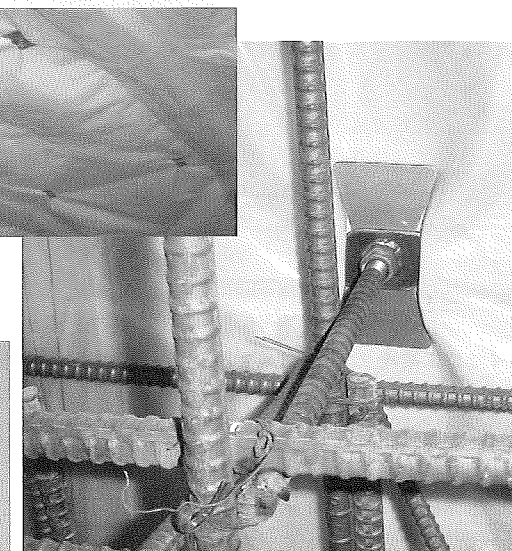
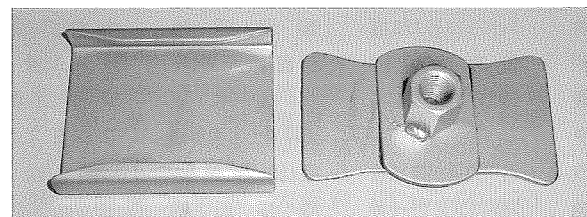
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

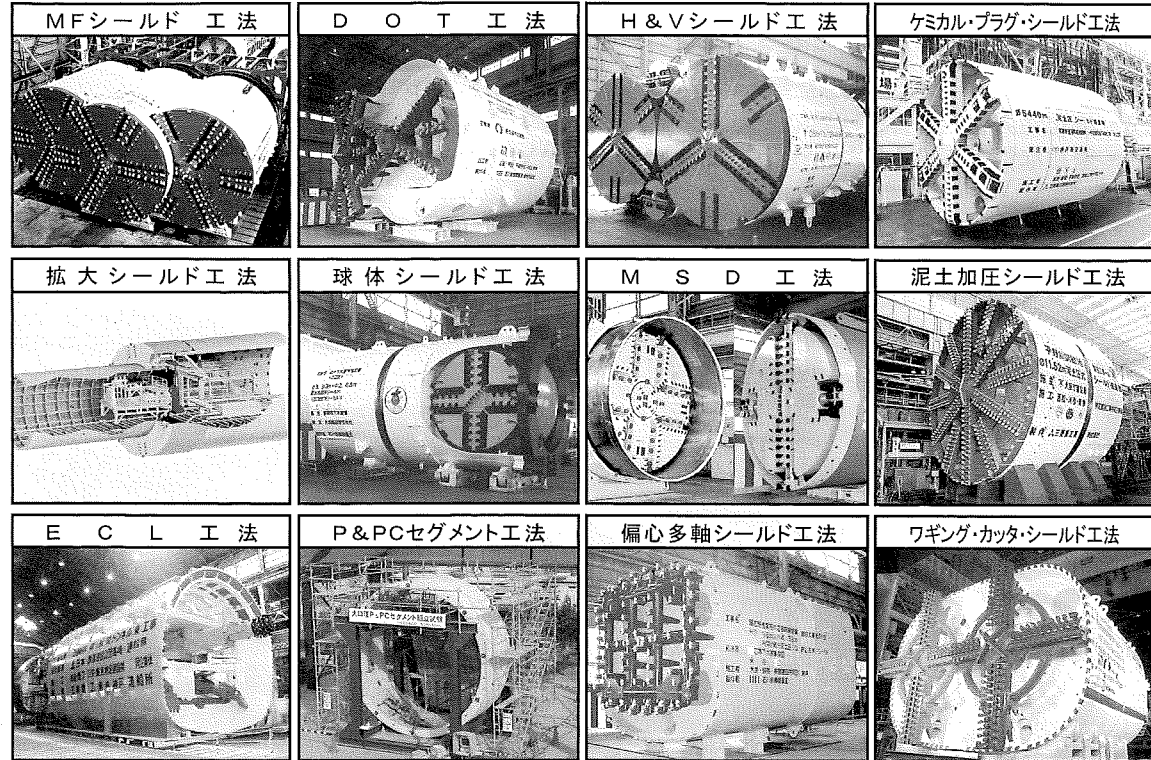
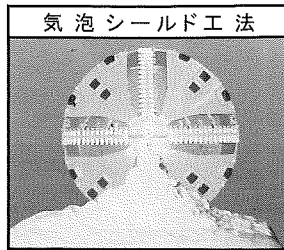
〒107-0052
東京都港区赤坂2-19-8 赤坂2丁目アネックス6F
Tel: 03-5545-7900 Fax: 03-5545-7905
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

株式会社 トーキョーオール

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

地下の空間を創る

近年、都市部の基礎整備には地下の利用が不可欠です。シールド工法は、地下空間を創造する方法として一段と重要性を増しています。ここに集まった13のシールド工法は、実績があり信頼できる最先端技術です。



シールド工法技術協会

事務局 108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティB棟
株式会社大林組本社 土木本部門
TEL 03-3348-6322 FAX 03-3348-7125
URL: <http://www.shield-method.gr.jp> e-mail: sta@shield-method.gr.jp

正会員

アイサワ工業(株)
青木あすなる建設(株)
安藤建設(株)
岩田地崎建設(株)
(株)大林組
(株)大本組
(株)奥村組
オリエンタル白石(株)
鹿島建設(株)
(株)熊谷組
(株)鴻池組
五洋建設(株)

佐藤工業(株)
清水建設(株)
西武建設(株)
(株)銭高組
大成建設(株)
(株)竹中土木
大日本土木(株)
大豊建設(株)
大和小田急建設(株)
鉄建建設(株)
東亜建設工業(株)
東急建設(株)
東洋建設(株)
戸田建設(株)

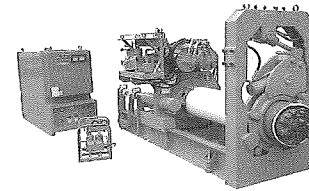
飛鳥建設(株)
西松建設(株)
日本国土開発(株)
(株)間組
(株)ピーエス三菱
(株)フジタ
(株)不動テトラ
(株)本間組
前田建設工業(株)
三井住友建設(株)
村本建設(株)
(株)森本組
りんかい日産建設(株)
若築建設(株)

川崎重工業(株)
(株)小松製作所
ジャパントネルシステムズ(株)
日立造船(株)
三菱重工業(株)
石川島建機工業(株)
SMCコンクリート(株)
J F E 建材(株)
ジオスター(株)
都築コンクリート工業(株)
日本コンクリート工業(株)

賛助会員

(株)立花マテリアル
(株)タック
中央工業(株)
(株)テルナイト
東洋工業(株)
フジミ工研(株)
(株)浅沼組
伊藤組土建(株)
(株)植木組
奥村組土木興業(株)
坂田建設(株)
(株)福田組
(株)アクティオ
ガママトロエンジニアリング(株)
新日本製鐵(株)
成和リニューアルワークス(株)
太平洋シールドメカニクス(株)

THパイプルーフ工法

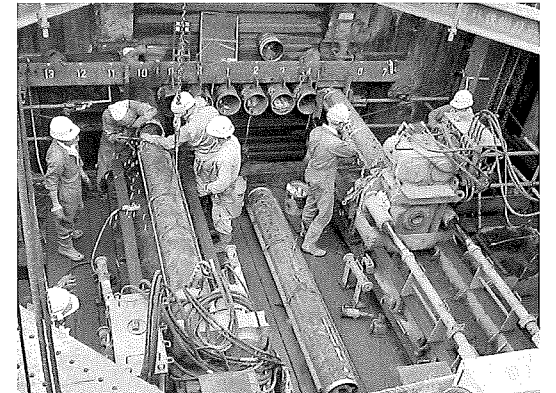


空間を確実に確保

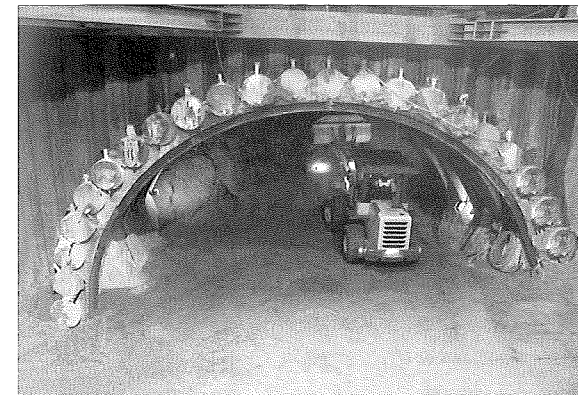
高精度・全地盤型 水平鋼管圧入システム

★特徴★

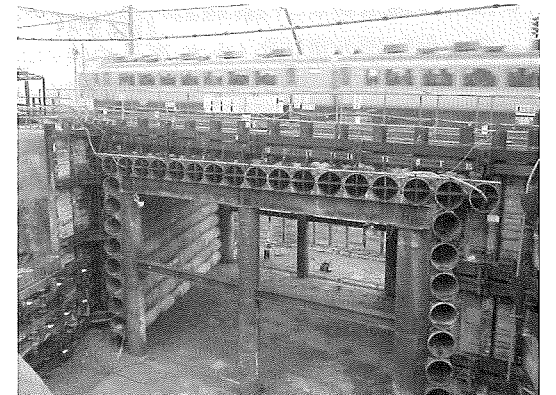
- ・本体掘削時の沈下抑制補助工法です
- ・常時管芯チェックが可能で、方向修正方式を採用(精度が良いため支保作業が容易)
- ・オーガ中掘り掘削、地山との空隙に同時注入も可能
- ・推進途中でのビットの交換が可能で地層変化に対応
- ・適応管径は、φ200A～φ1200A
- ・最大推進長は、約70～100m
- ・推進機は、推力1000kN(100t) 2000kN(200t) 3000kN(300t)



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
東洋地工(株) 福井県 TEL 0776-53-5335
日特建設(株) 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.piperroof.jp> (ホームページです。ここから資料が取り出せます。)

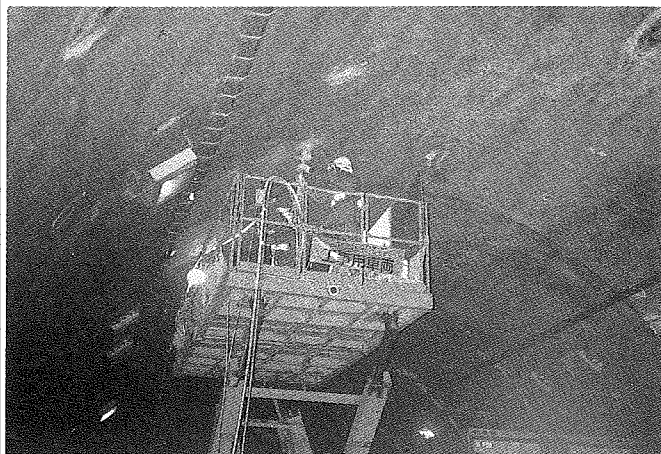


THパイプルーフ技術協会

〒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@piperroof.jp

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



- シールドにおける滯水層、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 み満きビル	TEL 03-3643-7241
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-2-10 イトーピア日本橋SA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
日本総合防水株式会社	〒171-0022 東京都豊島区南池袋 3-11-10 ベリエ池袋	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 オールバ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

〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町 1-2-10 イトーピア日本橋SA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

月刊推進技術

定期購読のご案内



定期購読料金 12,000円 (@1,000円/月×12ヶ月 税・送料込)

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

12
月号
(2011)

特集 / 小断面並列施工で地下空間を築造

(Vol.25 No.12 通巻 294号)

総論

地下空間築造

に利用される推進技術の進化と今後の動向

(株)イセキ開発工機 佐藤徹 九州大学大学院 島田英樹・笹岡孝司・松井紀久男

解説

● COMPASS(コンパス)工法による **線路下横断** 構造物の構築 東日本旅客鉄道(株) 本田 諭

● 新小金井街道と京王線との **立体交差** のアンダーパス構築に地中梁工法としてハーモニカ工法を採用 東京都建設局/京王電鉄(株)/大成・京王建設共同企業体

● 地下鉄コンコース **連絡通路** 築造における問題点と解決策 大林道路(株) 佐々木寿彦

● 小断面連続施工にて **東名高速道路直下** に地下空間を構築 一切掘削しない工法(SFT工法)の施工事例 中日本高速道路(株) 榎本登・榎片平エンジニアリング 大竹俊一・榎奥村組 安部正則

● 非開削アンダーパスにおける施工技術 PCR工法 **箱形トンネル形式** (ダブルエレメント置換推進工法) 日本ケーモア工機(株) 丸山芳之・オリエンタル白石(株) 佐藤祐輔

● 道路直下に **連絡通路** を築造 都市部における地下空間を安全に確保する THパイプルーフ工法 東邦地下工機(株) 関根 克宏

● 台湾の主要 **高速道路下** 土被り 80cm の地下空間築造に挑む 三興建設(株) 越智 俊之

● **世界最長** のパイプルーフを実現するパイプルーフ施工技術 ~地中を支える技術アンクルモールパイプルーフ工法~ (株)イセキ開発工機 橋本 健二

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号:00130-3-576039 加入者名:株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間購読料金12,000円(毎月1冊×12ヶ月 税・送料込)をお支払いください。詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたしております。

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

検索

無料お試し購読キャンペーン 実施中!! (12月末迄)

この機会にぜひ、「月刊推進技術」をお手にとってご覧ください。お申し込みは右のQRコードまたは本誌ホームページから



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

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

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

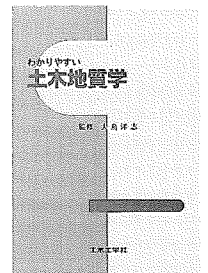
土木工学社の地質学書

[好評発売中]

わかりやすい 土木地質学

大島洋志 監修

B5判 209頁 税込2,625円 予340円



主要目次

序編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

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

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

〔その他の既刊図書〕

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

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

地下水の科学 P.A.ドミニコ・F.W.シュワルツ 共著 大西有三 監訳

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

第II巻 地下水環境学 B5判 252頁 税込4,485円 送料340円

第III巻 地下水と地質 B5判 197頁 税込3,873円 送料340円

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

B5判 444頁 税込10,290円 送料450円

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

A5判 360頁 税込5,097円 送料340円

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

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

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

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

株式会社 **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



トンネル進捗率改善の
ための最新技術

明かりが見えます

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

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

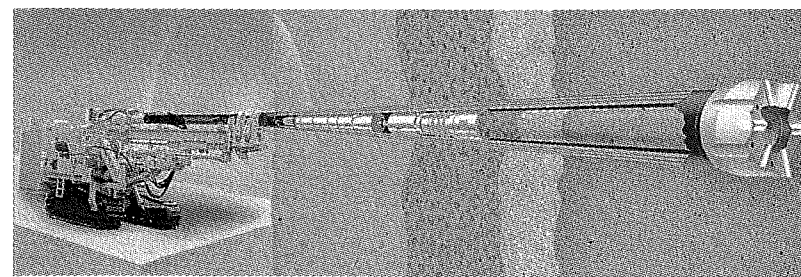
これこそがオリカ社が提案する「Power of Partnership (パートナーシップの力)」です。

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



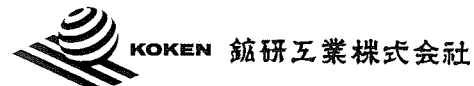
トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

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



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

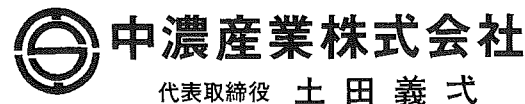


建設車両のタイヤのパンク、磨耗、破損を大幅に低減、車両の有効利用、修理に伴う人件費の削減等、工事の進捗に大いに貢献します。

- 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

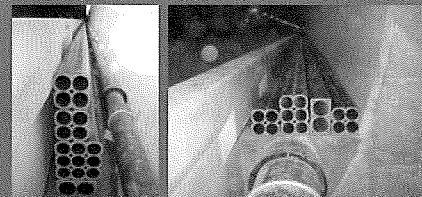
0~20 (約2年) 20~30 (1年6か月)
30~40 (約1年) 40~50 (6か月)

【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)



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/

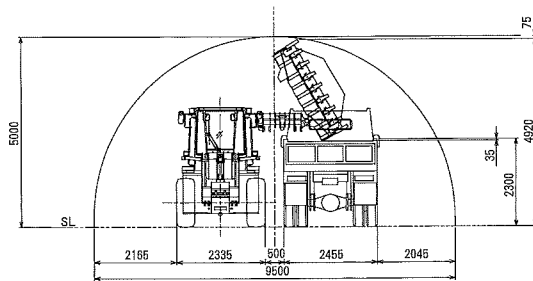
本社・工場 愛知県知多郡豊田町宇上山一丁目76番地 〒470-2387
TEL(0569)35-2360(代) FAX(0569)35-4087
東京支店 東京都渋谷区恵比寿一丁目21番8号セラ51ビル 〒150-0013
TEL(03)3442-6181 FAX(03)3442-1691
大阪支店 大阪府都島区御幸町1丁目3番1号 〒534-0012
TEL(06)6922-6991 FAX(06)6922-2498



サイドダンプ

CAT 924H

1.5m³



klea 株式会社 ケイリー

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

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

コストダウンを可能にする Kリング・Kプレート

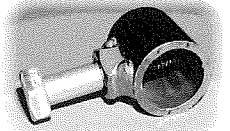
施工方法等詳細については下記までご連絡ください

製造・販売元 **静岡スチール**

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

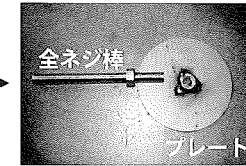
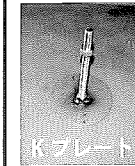
①アーチ鉄筋組立金物 (Kリング) 特許出願中 (特願 2001-309314 号)

トンネル施工時の覆工工事におけるアンカー筋に段取り筋を設置する際のコスト、安全、工期、品質の向上を可能にすることができます。



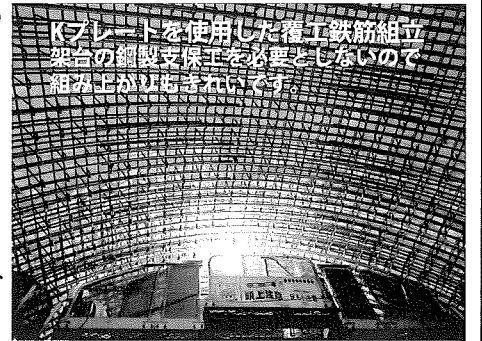
②防水シート接着ジベル筋 (Kプレート) 組立

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

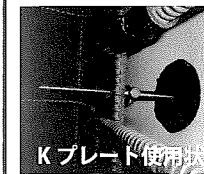


コンパクトサイズ

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

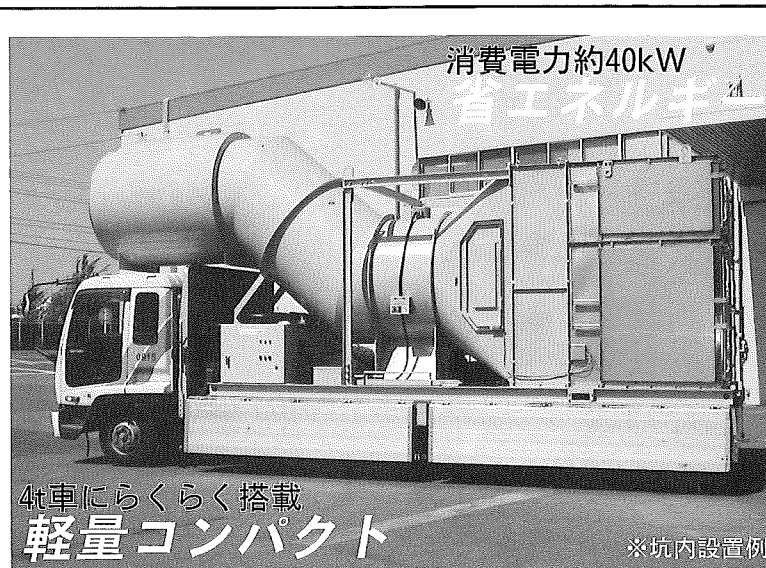


Kプレートを使用した覆工鉄筋組立架台の鋼製支保工を必要としないので、組み立てが迅速です。



設置は簡単

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



消費電力約40kW

省エネルギー

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)

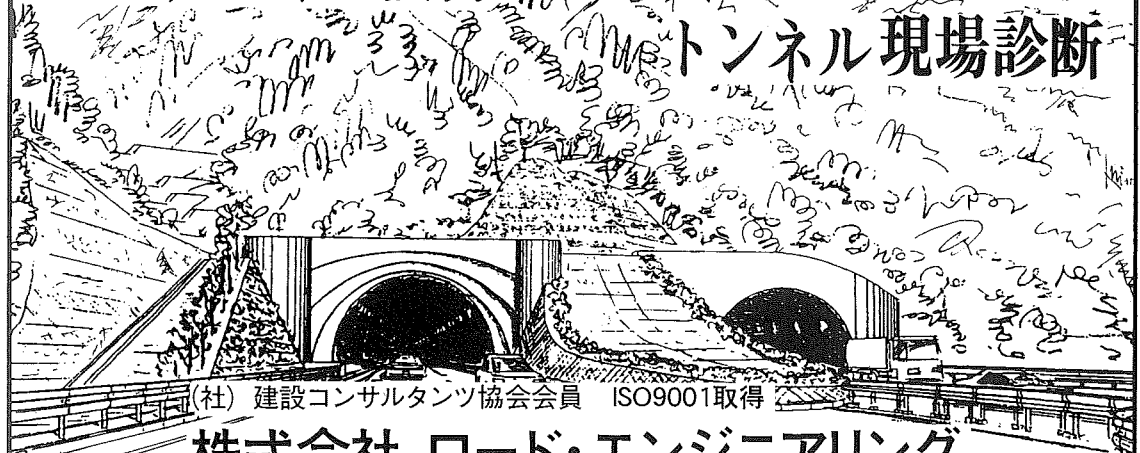
株式会社 **レント**

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 (本体工、換気、防災、照明、施工管理他)



トンネル現場診断

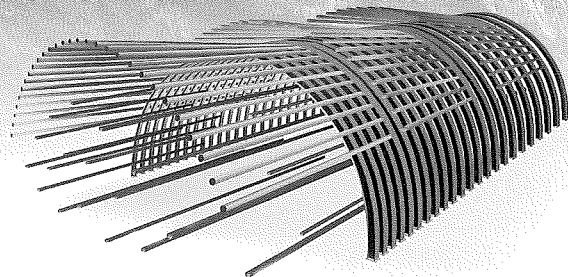
(社) 建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会 長 田 島 利 男 代表取締役社長 清水 洋 (技術士)
(技術士・土木学会フェロー会員)
常務取締役 堀 内 浩 三 郎 (工学博士) 大阪支店長 亀 甲 谷 義 高 (技術士)
福岡支店長 朽 網 新

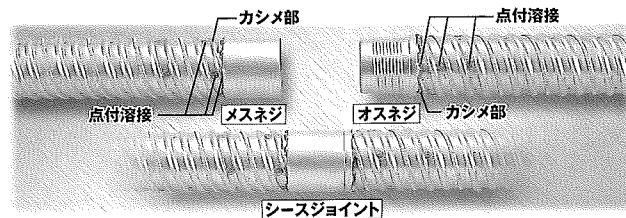
本 社：〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 5 丁目 24 番 7 号 電話 (03) 3891-0711
大阪支店：〒569-1133 大阪府高槻市川西町 2 丁目 21 番 38 号 電話 (072) 691-0711
福岡支店：〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前 4 丁目 25 番 14 号 電話 (092) 436-1588
沖縄営業所：〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客 4 丁目 16 番 9 号 電話 (098) 870-6411

ユニークな発想と高品質・自信の価格



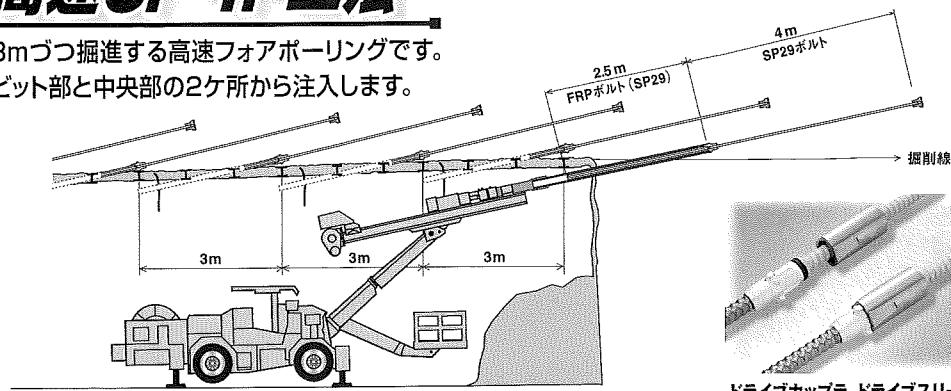
FIXチューブ工法

※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。

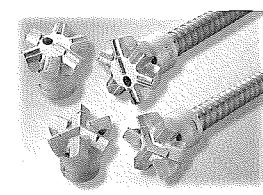


高速SP-IF工法

※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。

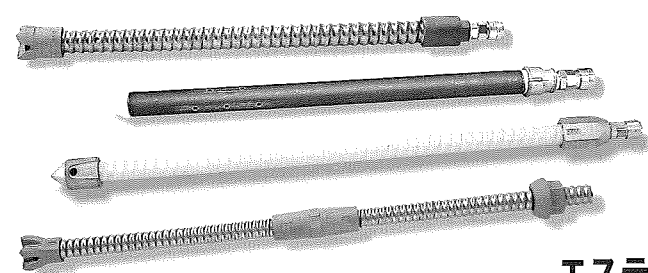


ドライブカップラ、ドライブスリーブ



φ65mm ロストビット (SP29)

自穿孔ボルト&注入管



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

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

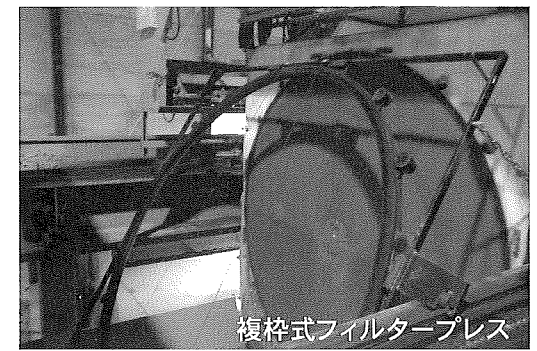
〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
 TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251
<http://www.st-eng.co.jp>

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ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車両 取り扱っております

株式会社 フジテックス

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

■巻頭言

年頭のご挨拶

佐藤 信彦5

■研究

点検データの不足を補うトンネル劣化予測手法

小川 能克・大嶽 剛志・蔭 宇静49

■施工

矢板工法トンネルでの老朽化対策および背面空洞注入工の取り組み

—常磐自動車道 日立地区トンネル群—

宮沢 一雄・石田 慎治7

橋桁直下および橋梁基礎杭に近接したトンネル

—東京電力 新豊洲連係管路—

小峰 隆幸・齋藤 勝・永尾 龍大19

老朽化した下水道管を自由断面SPR工法で長寿命化

—東京都下水道 砂幹線再構築—

伊藤 雄二・新谷 康之39

■連載講座

最新推進工法技術(8)

—超大口径管推進工法—

「最新推進工法技術」連載講座小委員会57

■現場だより

「はじまりの場所」港まち敦賀より

森川 淳司48

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

関越の国境を穿つ

乾 仁29

■資料

土木情報

編集部56

工法・技術・製品ニュース

編集部68

トンネルジャーナル

編集部67

海外文献速報

JTA国際委員会69

■会報

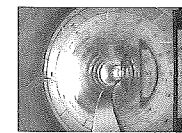
会報

日本トンネル技術協会72

【表紙説明】

橋桁直下および橋梁基礎杭に近接したトンネル

—東京電力 新豊洲連係管路—



本工事は、川崎火力発電所から新豊洲変電所までの約22kmの区間うち、ケーブル収容設備が未整備である国357東雲共同溝と新豊洲変電所間1.3kmに洞道を建設するものである。当該箇所は、首都高晴海線、道路橋、共同溝などの重要構造物が存在するため、シールド工事では既設構造物への近接施工や運河横断、立坑工事では圧入オープンケーソン工法の採用、開削工事では橋梁桁下空間5mでの施工を行った。写真は、トンネル完成状況である。〔写真提供：東京電力(株)〕(本文19頁参照)

ヤマモト 破がんき 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

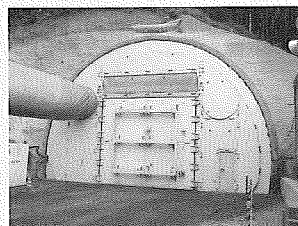
ヤマモトロックマシン株式会社

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)

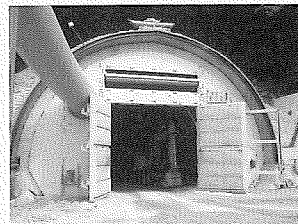
仙台営業所 (022) 262-4531(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (0888) 22-1367(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)

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



【防音扉】

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



防音扉には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。

『防音扉マークII』の音響性能

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

『防音扉マークII 10s』の音響性能

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

『防音扉マークII 10c』の音響性能

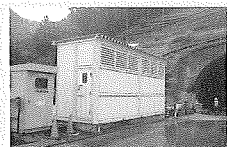
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	20 dB
2基設置	29 dB(A)	33 dB

『防音扉マークII 15c』の音響性能

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



【防音壁】
 【防音ハウス】
 【防音シェルター】
 【防音ボックス】



『防音パネルSタイプ』の音響性能

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

『防音パネルDタイプ』の音響性能

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

『防音パネルHタイプ』の音響性能

項目	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失【dB】	32	32	38	46	50	53
吸音率【%】	57	48	61	76	86	91

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

【建設騒音対策協会】

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

◆防音設備の設計、製造、施工、リース
 ◆建設業登録 東京都知事 許可 般-20 第130153号

株式会社ヒューズ

□本社 〒132-0035 東京都江戸川区平井 6-35-5 TEL.03-3617-8111 FAX.03-3617-7565
 □大阪営業所 〒531-0072 大阪府大阪市北区豊崎 3-4-14 ショーレイビル TEL.06-6359-2611 FAX.06-6359-2288
 E-mail : info@fuse-ind.co.jp http://www.fuse-ind.co.jp

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
株式会社大林組生産技術本部統括部長 | 志 岐 寛
清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部
部長 |
| 池 田 豊 人
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官 | 濱 建 介
株式会社ANET取締役 |
| 大 石 敬 司
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
改良建設企画課課長 | 福 家 佳 則
鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部
トンネルグループ長 |
| 大 津 敏 郎
株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部
トンネル専門主幹 | 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 |
| 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 | 三 浦 克
株式会社竹中土木常務執行役員 |
| 久多羅木 吉治
東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長 | 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 |

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



施工例

トレンチャーによる施工

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専務取締役	三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員

〔委員〕

大津 敏郎 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル専門主幹	新谷 康之 東京都下水道局建設部設計調整課長
亀山 勝 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 計画担当課長	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
坂口 淳一 東京都交通局建設工務部計画改良課長	藤村 和彦 東京都水道局建設部工務課長
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	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
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	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

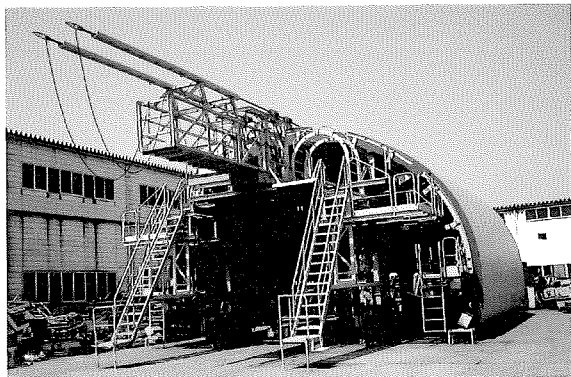
●本社/営業部 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484
☎(026) 282-3671(代) FAX(026) 282-5803
http://www.wkk.co.jp/

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-A



期待される効果・特徴

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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.HR-080002-A



期待される効果・特徴

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

北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社 佐賀)

URL <http://www.hokuriku-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 東北営業所・工場：TEL0223(32)2420 FAX0223(32)2423

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

トンネルと地下 VOL.43 No.1 掲載概要

掲載頁

7

矢板工法トンネルでの老朽化対策および背面空洞注工の取り組み

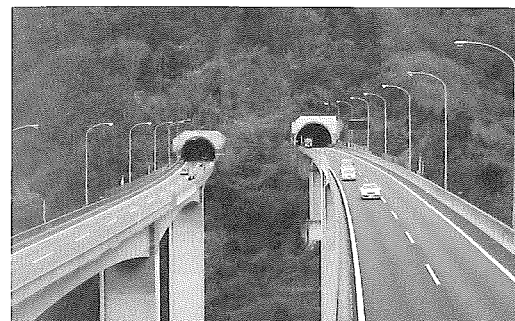
—常磐自動車道 日立地区トンネル群—

東日本高速道路(株) 宮沢 一雄

常磐自動車道日立南太田IC~いわき勿来IC間に位置するトンネル群は、15トンネル、総延長25kmに及ぶトンネル連続区間である。ほとんどのトンネルが在来工法で建設されており、供用後25年が経過している。本稿では、同地区のトンネル群におけるトンネル補修の取り組みのうち、背面空洞対策として新たなトンネル背面空洞調査法である「PVMシステム」(Percussive-drilled Void Measuring)を利用したトンネル覆工背面空洞注工の取り組みについて報告するものである。

Countermeasures against Deterioration and Grouting into Cavity behind Concrete Lining of Tunnels Built with Laggings—Joban Expressway Tunnels in Hitach Area—

By Kazuo Miyazawa, East Nippon Expressway Company Limited



写真は日立地区のトンネル群

The Hitachi tunnel group comprises 15 tunnels which exist along 25 km between HitachiMinami-Ota and Iwaki-Nakoso interchanges on the Joban Expressway. Almost all the tunnels were constructed with conventional methods and it has been over 25 years since they were put into service. This report gives information on approaches for grouting works into cavity behind the lining using the PVM(Percussive-drilled Void Measuring) System which is a new investigation method against the cavity behind the lining. It is explained in connection with measures against water leakage and deterioration of lining.

掲載頁

19

橋桁直下および橋梁基礎杭に近接したトンネル

—東京電力 新豊洲連係管路—

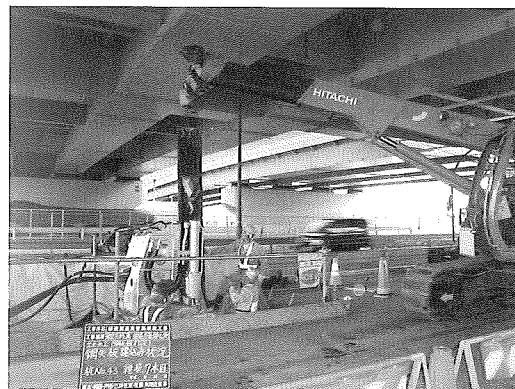
東京電力(株) 小峰 隆幸

東京電力では、川崎火力発電所から新豊洲変電所までの約22kmの区間に超高圧地中送電ケーブルの敷設を実施している。そのうち、ケーブル収容設備が未整備である国357東雲共同溝と新豊洲変電所間の地中送電線用管路建設工事を実施した。

本工事は、巨長1.2kmのシールド工事、深さ40m程度の立坑工事、発進立坑から共同溝間を80mの開削工事を行うものであり、シールド工事では既設構造物への近接施工や運河横断、立坑工事では圧入オープンケーソンによる施工、開削工事では橋梁桁下空間5mでの施工や共同溝の改造などの施工実績について報告する。

Tunnel adjacent to Pile Foundation of Viaduct—TEPCO Shin-Toyosu Electric Pipeline—

By Takayuki Komine, Tokyo Electric Power Company



写真は鋼矢板打設状況

TEPCO is installing underground ultrahigh-voltage power transmission cable of 22 km between Kawasaki Thermal Power Station and Shin-Toyosu Transformer Station. This report covers underground electric pipeline between the Shin-Toyosu Transformer Station and Shinonome Public Utility Conduit of this project.

These works involved shield tunneling of 1.2 km, shaft building of a depth of approximately 40 m and cut-and-cover work of 80 m between the starting shaft and the public utility conduit. This report contains information on construction results such as works adjacent to existing structures and crossing a canal in shield tunneling, shaft building using an open caisson with pressing-in technique and cut-and-cover works 5 m under a bridge and renovation works of the public utility conduit.

東京都下水道局では、普及100%概成を迎えつつあった昭和60年ごろより、民間企業と連携して、下水の流れをとめることなく、非開削で施工が可能な工法として、SPR工法を開発した。当初は小口径の円形管を対象としていたが、平成10年代には大口径の非円形管に適用可能な自由断面SPR工法を開発した。

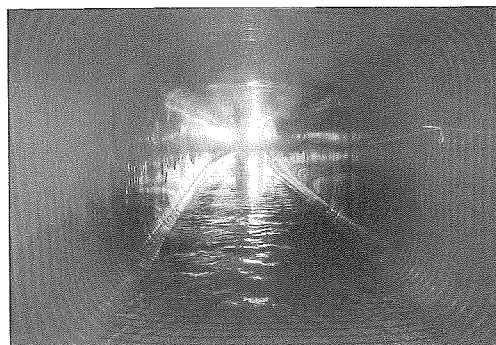
本稿では、この自由断面SPR工法による再構築の一例として、主要な下水道管の幹線のひとつである、砂幹線の再構築工事を紹介する。

Sewer Pipe Life Extension with the Free Section SPR Method—Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government Reconstruction of Suna Sewer Main—

By Yuji Ito, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

Since 1985 when 100 % diffusion of sewerage was more or less achieved in Tokyo, the Tokyo Metropolitan Government Bureau of Sewerage has developed, in partnership with private enterprises, the SPR method that does not stop the flow of sewage and not dig overburden. Initially, small diameter circular pipes were targeted and the free section SPR method for large non-circular pipes was developed in the 2000s.

This report gives information on the Suna sewer main reconstruction which is one of the major sewers main as an example of reconstruction using this free section SPR method.



写真はSPR工法施工完了状況

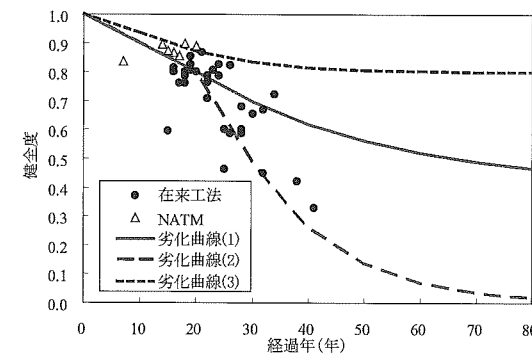
トンネル構造物は一般的に更新を行うことが困難であり、劣化や損傷が生じた場合には、大規模な対策が必要となり、多額の維持管理費用が必要となる。そのため、過去の点検記録などを活用した予防保全型の維持管理へ転換を図る必要があると考えられる。しかし、構築後数十年以上経過したトンネルでは、必要な情報が紛失しているなど、活用できる情報が少ないのが現状である。本研究では、長崎県の道路トンネルを対象にひび割れ、漏水、うき・剝離などの数少ない情報をもとに、トンネルのスパンごとに健全度を判定し、全スパンに占める損傷スパンの割合に着目して遷移確率を設定して、マルコフ過程による劣化予測モデルを提案した。その結果、健全度と劣化予測モデルが比較的良好に一致することが確認され、情報が少ない道路トンネルの劣化予測手法としての有効性が確認され、今後の効率的・効果的な維持管理に適用できるものと考えられる。

Tunnel Deterioration Prediction to Compensate for Lack of Inspection Data

By Yoshikatsu Ogawa, Kiso-Jiban Consultants Co., Ltd.

In general, it is difficult to conduct renewals of tunnel structures. In cases where deterioration or damage has occurred on them, massive countermeasures are essential and these require high operation and maintenance costs. For that reason, it is considered that there is a need to convert to preventive operation and maintenance by utilizing such things as past inspection records. However, it is the current situation that the usable information is scarce for tunnels aged dozens years and older due to such things as missing of necessary information.

The subject of this study was a road tunnel in Nagasaki Prefecture. The degree of soundness of the tunnels was judged for each span of concrete form based on scarce information on such things as cracks, water leakage, exfoliation, etc. We set the state transition probability with a focus on the ratio of damaged spans to total and proposed a deterioration prediction model based on the Markov probability theory. As a result, it was confirmed that degree of soundness and evaluation by deterioration prediction models match comparatively well. It is thought that it will be possible to apply this to future efficient and effective operation and maintenance for tunnels because the method's validity was confirmed as a deterioration prediction for road tunnels which information is scarce.

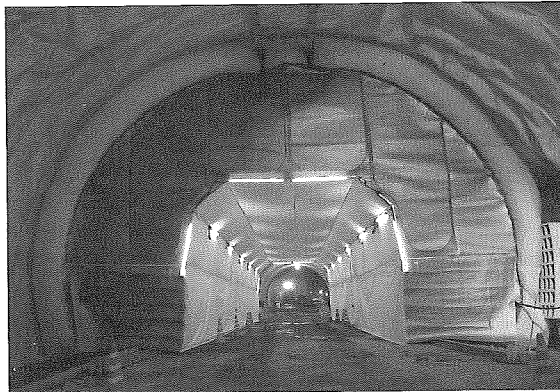


図はトンネルの健全度、劣化曲線と経過年との関係

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
覆工コンクリート施工を実現します！**

NETIS登録
(No.HR-040005)



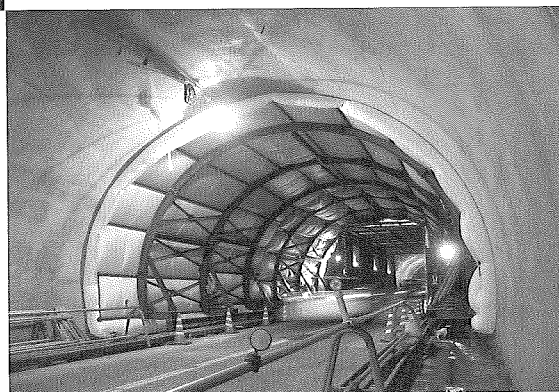
特許出願中

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. 洗いが車両通行部に落ちません。



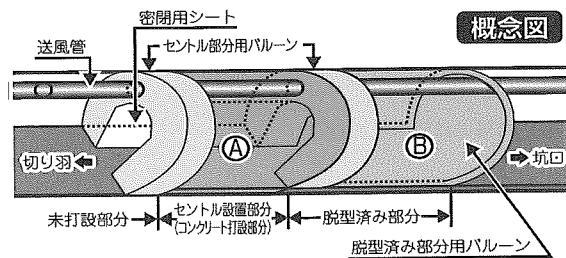
特許3811478号

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润状態に保ちます。
(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く⇒
温度応力の低減)



Ⓐ 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囲って空気を溜め、乾燥・保湿する
Ⓑ 打設後のコンクリートに薄い形状のバルーンを密着させ、乾燥・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.

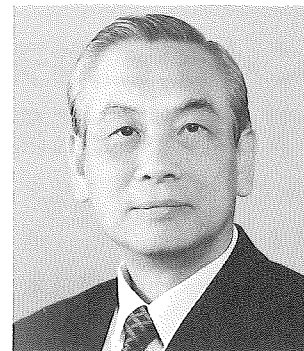
本社・工場 岐阜県本巣市十四条144番地
Tel. 058(323)2000(代) Fax 058(323)1176
東京支店 Tel. 03(5836)0531 Fax 03(5836)0532
仙台営業所 Tel. 022(259)2239 Fax 022(259)3664
九州営業所 Tel. 092(713)5265 Fax 092(714)3028
URL <http://www.gifukogyo.co.jp/>

TOUKOU 株式会社 東 宏

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)



年頭のご挨拶

(社)日本トンネル技術協会会長

佐藤信彦

昨年、東日本大震災で被災された皆様方には謹んでお見舞い申し上げます。また、年頭に当たり、新年のお祝いを申し上げます。

皆様方には、日本トンネル技術協会(JTA)の諸活動について、格段のご支援、ご協力をいただきまして、ありがとうございます。本年も引き続きよろしくご指導、ご鞭撻を賜りますよう、お願いいたします。

振り返りますと、昨年は後半になって円高やTPPなど、政治・経済面で大きなうねりが感じられる動きがありましたが、今もって印象に残るのは3月11日の東日本大震災に尽きると思います。それ以前で大震災と言えば平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災が思い浮かびます。このときも大変な驚きと同時に復旧・復興へ向けた対応およびその後の来るべき自然災害に向けた対策など、大いに議論・検討し、備えを整備してきたと思います。

東日本大震災では、加えて津波の発生とその被害、さらに福島第1原発の事故、さらにはその後の復旧・復興の実施手法について、新たな課題が多く提供されたと思います。

そんな中で、トンネルに目をやると、鉄道、道路では崩壊などの報告はなく、技術的な面での耐震性は確保されていたと確認できますが、仙台空港トンネルに津波による甚大な被害がありました。

従来われわれが対応してきた「トンネル防災」と言えば、トンネル本体の地震に耐えられる構造物としての耐久性、トンネル内事故への備えなど、鉄道、道路に限らず利用安全に主眼がおかれたものがほとんどでした。これらについては、最近の事例を見れば、例えば首都高速道路の山手トンネルのようにトンネル防災技術の面では、かなり高度なレベルにまで達していると思います。

ひるがえって思い起こしますと、道路に付随するものとして防災時に寄与するものに、今回の震災時にも大きな役目を果たした「道の駅」の機能の拡大があります。本来の

「道の駅」は基本機能として「休憩機能」、「情報発信機能」、「地域連携機能」がありますが、新潟県中越地震において「道の駅」の防災機能が注目されました。その後、「道の駅」に防災を含め多様な機能を付加する動きが全国的に広がっており、今回の東日本大震災でも、その果たした役割は小さいとはいえません。

そういった見方からトンネルを見たとき、従来の「トンネル防災」という観点から「防災トンネル」といった見方も可能ではないか、またそういった観点からの政策的、あるいは技術的な面からの機能付与を考えると良いのではないのでしょうか。もちろんこういった発想のもとに作られた「防災トンネル」がないわけではありません。横須賀市にある「船越トンネル」や「汐入トンネル」など、避難通路としてのトンネルがいくつか建設されています。この「防災トンネル」発想の原点は、「地域が災害時に孤立するのを防ぐ」といったところにあります。緊急時以外は歩行者専用で、単に存在するだけでなく、「山崎ふれあいトンネル」のように、トンネル内をギャラリーにして地域の連携・コミュニケーションを図るといった対応をしているところもあります(トンネル名は俗称)。

すなわち、「防災」の範囲を、「作る技術」、「使う技術」から「発想の技術」まで広げていく、言い換えるとわが国のトンネルの原点である「青の洞門」建設にもう一度思いを馳せるということも、これからのアプローチとして必要ではないのでしょうか。東日本大震災を受け、今後備える技術的な対応検討だけでなく、今回の巨大な複合災害が、われわれに何を問いかけ何を求めているのか、発想の原点まで掘り下げた議論の活発化が期待されることです。

当協会では、従来から技術委員会において各種の調査研究を行っており、現在5つの小委員会があります。技術委員会では、各小委員会の全体掌握、今日的な課題や会員のニーズを把握するため情報収集を行い、各小委員会の調査研究への反映に努め、図書資料の頒布や会報『トンネルと地下』誌に掲載し、会員相互およびトンネル技術者の技術向上を図っています。会員各位におかれましても、現場からの発想として、どしどし委員会にご意見をお寄せいただき、当協会を軸としてトンネル技術の発展に努力していこうではありませんか。

施工

矢板工法トンネルでの老朽化対策および背面空洞注入工の取り組み

—常磐自動車道 日立地区トンネル群—

(現)東日本高速道路(株)東北支社福島管理事務所福島工事長 宮沢 一雄
東日本高速道路(株)関東支社水戸管理事務所改良担当課長 石田 慎治

1 はじめに

常磐自動車道の日立南太田～日立北間に位置するトンネル群は、昭和55～58年に建設され、昭和60年に開通して供用後25年が経っている。この区間には15のトンネルがあり、そのほとんどが矢板工法で建設されている。矢板工法で建設されたトンネルでは、矢板が支障となり、覆工コンクリートと背面地山との間に空洞が生じる場合がある。覆工背面に生じた空洞は、トンネル構造の弱点となり、変状が発生しやすく、耐震性に劣ることから¹⁾、将来的な機能保全および耐久性向上を図るために空洞をモルタルなどで充填するトンネル背面空洞注入工による対策工を計画的に行っている。

対策工にあたっては、覆工コンクリートの厚さや背面の状況を高速かつ高精度で調査するために開発された「PVMシステム」を本格的に採用している。また、当該トンネル群では経年による漏水箇所増加や漏水対策部材の劣化、建設当初から更新されず急激に劣化や破損が顕著になった内装工など膨大なトンネル延長の劣化対策に苦慮している。

本稿では、常磐自動車道の日立地区トンネル群におけるトンネル補修とPVMシステムを導入した背面空洞注入工の実施工の取り組みについて報告する。

2 トンネル概要

常磐自動車道の日立南太田～いわき^{なごみ}勿来間は、太平洋と阿武隈山地の最南端である多賀山地に挟まれた狭隘な市街地、工場群を避け、急峻山地、溪谷を通過してトンネルと橋梁が連続する区間である(写真-1)。地質は、鮎川層群と呼ばれている古生層で、岩質は珪質粘板岩、黒色粘板岩、緑色片岩および石灰岩より構成されている。この間には15トンネル、総延長が約25kmに及ぶトンネル連続区間があり、全国でも有数のトンネル群である(図-1)。

ほとんどのトンネルが在来工法で建設されており、建設後20年以上経過した時点で、内装板、覆工コンクリート剥落、漏水などの劣化対策が必要となり、年度計画を立て補修、改良を行っている。

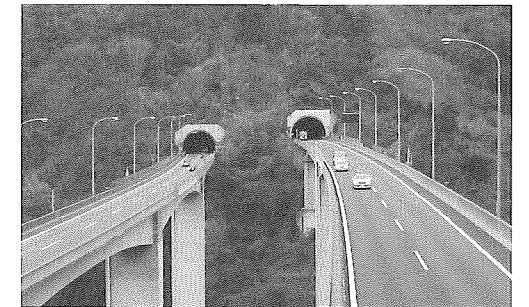


写真-1 日立地区のトンネル群

背面空洞対策では、空洞注入が必要な在来トンネルが11トンネル、延長が21kmと対象数量が膨大であり、実施にあたっては、全体の状況を把握したうえで対策順位を定め、覆工コンクリートにひ

び割れが多く、漏水が比較的多いトンネルから順次対策を進めている。

2001年から対策を開始し、2003年より助川トンネルにてPVMシステムを導入した背面空洞注入

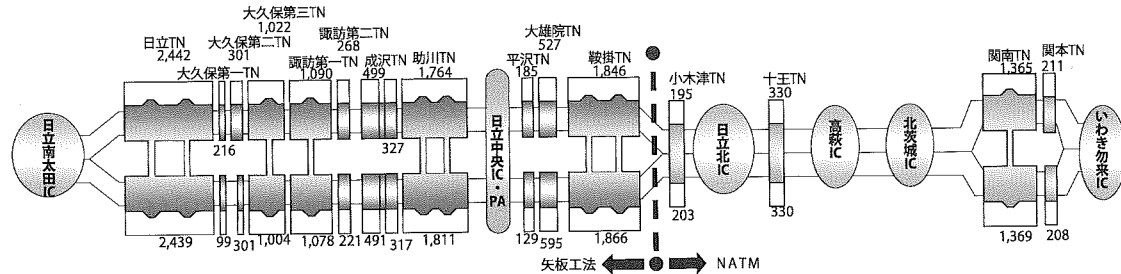


図-1 日立地区のトンネル群位置図

表-1 トンネル概要と注入状況

No.	トンネル名	延長 (m)		掘削工法		岩質	供用経年	実施状況
		上り線	下り線	上り線	下り線			
1	日立	2,439	2,442	上部半断面	上部半断面 (坑口側壁導坑)	粘板岩, 緑色片岩, 石灰岩	26	2010下り
2	大久保第一	99	216	側壁導坑	上部半断面 (坑口側壁導坑)	珪質粘板岩	26	
3	大久保第二	187	301	上部半断面 (坑口側壁導坑)	上部半断面 (坑口側壁導坑)	珪質粘板岩, 石灰岩	26	
4	大久保第三	1,004	1,022	上部半断面	上部半断面 (坑口側壁導坑)	珪質粘板岩, 石灰岩	26	
5	諏訪第一	1,078	1,090	上部半断面	上部半断面	黒色珪質粘板岩, 石灰岩	26	2007下り
6	諏訪第二	221	268	上部半断面 (坑口側壁導坑)	上部半断面 (坑口側壁導坑)	黒色粘板岩	26	2007下り
7	成沢第一	491	499	上部半断面 (坑口側壁導坑)	上部半断面 (坑口側壁導坑)	黒色粘板岩, 石灰岩	26	2001下り
	成沢第二	317	327	上部半断面 (坑口側壁導坑)	上部半断面	黒色粘板岩, 石灰岩	26	2003下り・2005上り
8	助川	1,811	1,764	上部半断面 (坑口側壁導坑)	上部半断面 (坑口側壁導坑)	黒色粘板岩, 石灰岩	26	2003下り・2005上り
9	平沢	129	185	側壁導坑	上部半断面 (坑口側壁導坑)	珪質片岩	26	
10	大雄院	595	527	上部半断面	上部半断面	珪質岩, 石灰岩	26	
11	鞍掛	1,866	1,846	上部半断面	上部半断面	緑色片岩, 石灰石	26	2008・2009上り
12	小木津	203	195	NATM (坑口中央導坑)	NATM (坑口中央導坑)	圧砕性花崗閃緑岩	26	
13	十王	330	330	NATM (坑口側壁導坑)	NATM (坑口側壁導坑)	緑色片岩, 花崗岩質砂岩	23	
14	関南	1,359	1,359	NATM	NATM	凝灰質泥岩, 泥岩	23	
15	関本	211	211	NATM	NATM	凝灰質泥岩, 泥岩, 細粒砂岩	23	
計		12,340	12,582	在来工法計 20,724m		注入済計 10,384m (50.1%)		
上下線計		24,922		NATM計 4,198m				

工を施工し、現時点では約5割が対策済である(表-1)。

トンネル連続区間で他トンネル工事と輻輳施工となるため、トンネル群全体の劣化対策計画を策定してブロックごとの集中工事方式にて工事を実施している。

3 トンネル補修の取り組み

3-1 漏水対策

漏水による変状は、供用後の間もない時期に異常豪雨により、日立トンネルにおいて異常出水のためコンクリート舗装版や監視員通路が4か所で全延長650mにわたり最大高さ18cmの浮き上がりが発生した。被圧水の対策としては、舗装版、路盤とも打替えを行い、ブローンアスファルトを注入し、水抜き工としてウィーブホールを設け円形水路から下向きに集水を行っている²⁾。

また、通行車両に支障をきたす、車線上に滴水する漏水が石灰岩の分布する日立、成沢、助川、鞍掛トンネルで覆工コンクリート継目およびクラッ

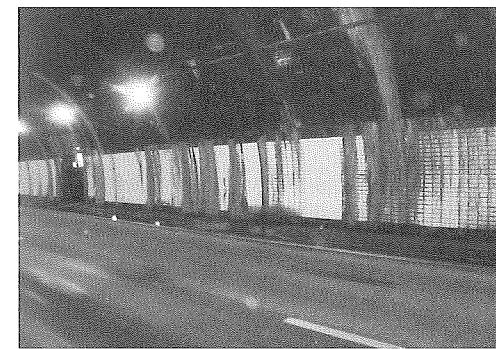


写真-2 漏水状況



写真-3 透明導水樋

クから多く発生している(写真-2)。覆工からの漏水は、経年、季節により漏水箇所が変わるため、日常点検により発見されしだい、随時塩化ビニール製の平形の樋(W=0.3m)を取り付けて線導水を行っている。

導水樋は、経年による劣化および遊離石灰や細砂の流出により樋より再漏水することがあり毎年多くの更新が必要となっている。その対策の一つとしての透明導水樋を設置して遊離石灰などの目詰まりや導水状況を随時把握できるようにした(写真-3)。

また、内装工改良時には上半アーチと側壁コンクリートの継目からの漏水に覆工面にV形の導水溝工および防水シート工を行っている。

3-2 内装工劣化対策

(1) 劣化状況

建設当初に設置された胴縁固定式「石綿板」の内装工は、約15年が経過した段階から、経年劣化と湧水による板の破損や胴縁および取付金具の腐食により内装板が垂れ下がる損傷が生じた。内装板の変状が著しい箇所は、覆工の側壁部とアーチ部の接合部から縦断方向にカーテン状の漏水と遊離石灰が発生している箇所であり、漏水が多いトンネルでは全長の50%以上の内装板を劣化損傷により撤去しなければならなかった。

また、15年以上経過した内装工は、漏水がなくともトンネル内の過酷な条件下での劣化進行が早く、日常点検とは別に交通繁忙期前に定期的に点検を行い、破損した内装工を撤去する必要があった(写真-4)。

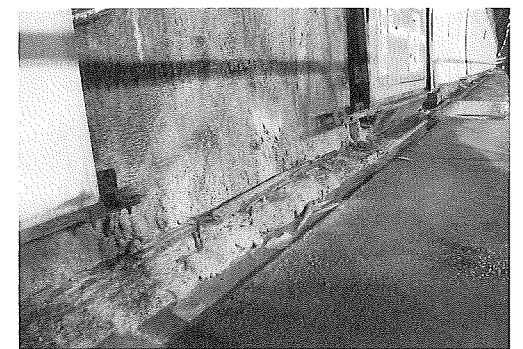


写真-4 内装工背面漏水と劣化状況

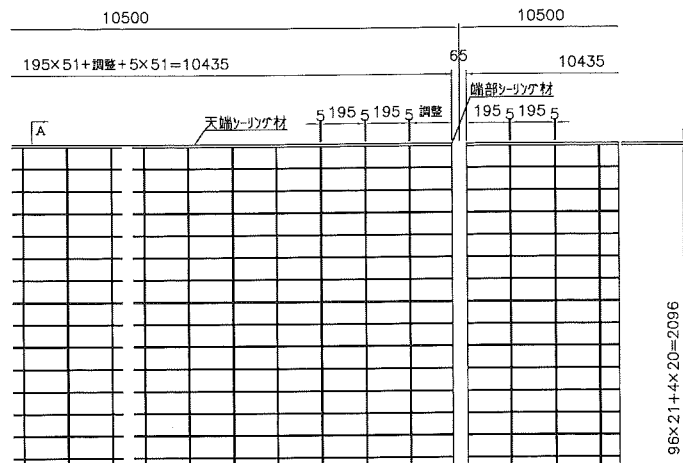


図-2 タイル直張り内装工正面図

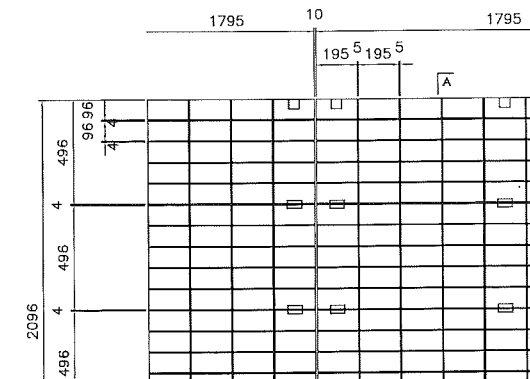


図-3 タイルパネル浮かし張り内装工正面図

(2) 対策

内装工の劣化対策は、既設の内装板をすべて撤去し、長期的な耐久性および洗浄回復性が優れているタイル直張り(図-2)による改良を基本としたが、漏水、覆工面の状態、非常用設備の配線・配管の設置状況から直張りができない場合はタイルパネル浮かし張り(点支持方式)を併用した(図-3)。

既設内装板の設置高さは路面より3.5mであったが、近年の白色照明の採用により坑内視環境が向上したことから、2.5mとした。対象トンネルが多数で工事量が膨大であることから、全体の劣化・損傷状況から対策の優先度および対策工法、工事規制方法などを含めた検討を行い、対策計画を策定した。

計画策定するうえでもっとも配慮した点は、トンネル連続区間の工事規制が限られたブロック工

事規制のなかで実施しなければならない点である。

したがって、2~3チューブ/年の工事は原則同一ブロック規制内での工事を基本とし、工事期間である7~翌2月までの約半年間は、繁忙期間を除きほぼ連日工事規制を行う集中工事方式をとった。

平成13年度より下り線成沢トンネルより改良を始め、12トンネル、24チューブ、トンネル総延長24kmに及ぶ内装工劣化対策を、10年間に要して平成22年度に完了した。

施工方法としては、既設の内装板を撤去した後、剥落調査および漏水調査を行い、必要に応じコンクリートの浮き・剥離部を撤去し、遊離石灰を除去したうえで漏水箇所に導水シートを設置するなどの処理を行い、内装工の施工を行った。具体的な施工フローを図に示す(図-4)。

留意点としては、既設内装板撤去に伴い覆工コンクリートの剥落対策および漏水処理を徹底して行ったこと、石綿板の撤去に伴う取り扱いを、労働安全衛生法に則り、施工および撤去後の管理・処分を厳重に行ったこと、また、内装板に付着した煤煙や覆工の下地処理による粉塵により、作業環境および坑内通行環境が極悪にならないようにバキューマー付きディスクサンダー、送風機の使用やトンネルに備わったジェットファンの稼働などの対策を行ったこと、などが挙げられる。

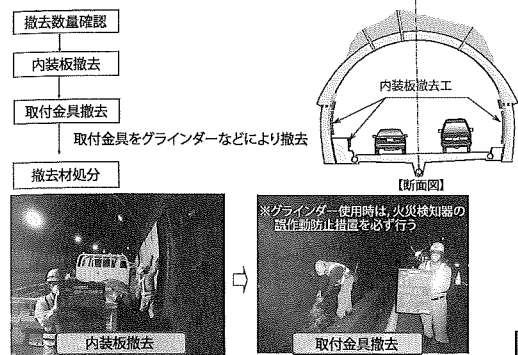
4 背面空洞対策

4-1 背面空洞の現況

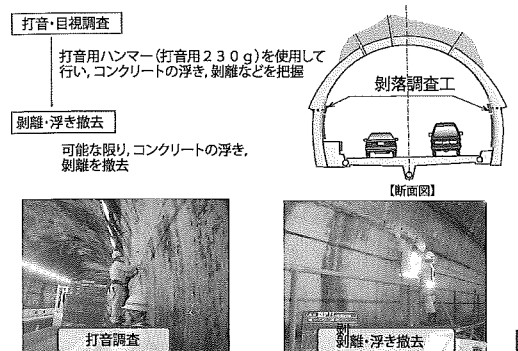
覆工背面空洞の有無は、覆工コンクリートの耐力に大きく影響する³⁾。とくに、矢板工法で施工されたトンネルでは、その多くの覆工背面に空洞が存在することが多い。空洞は、トンネル構造の長期安定性を確保する点から空洞充填することが得策である。

NEXCO東日本では、矢板工法で施工されたトンネルを対象として、背面空洞を計画的に充填す

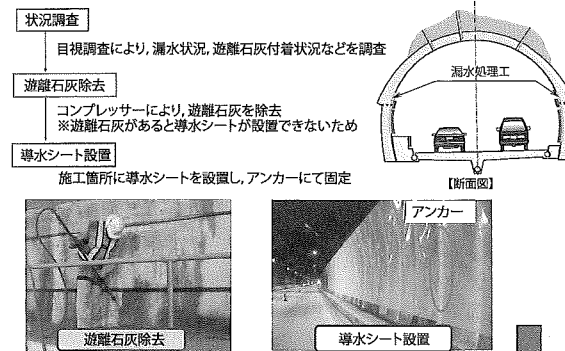
1.既設内装板撤去



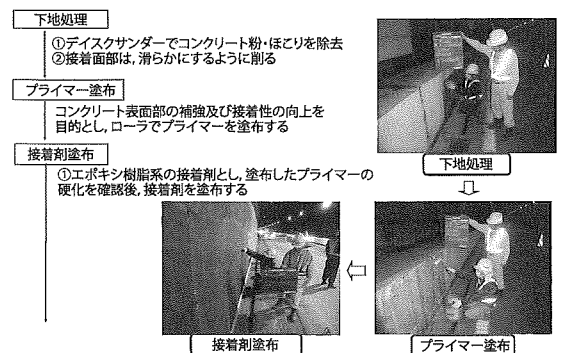
2.コンクリート剥落調査工



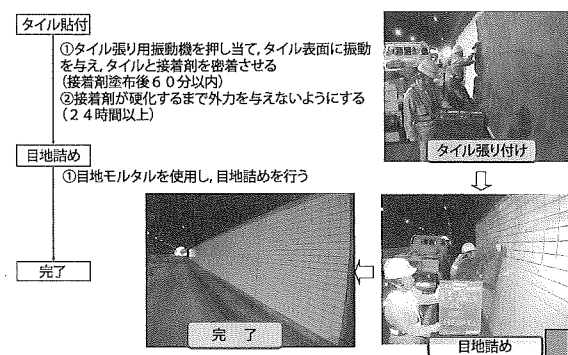
3.漏水処理工



4-1タイル直張り



4-2タイル直張り



5.タイルパネル

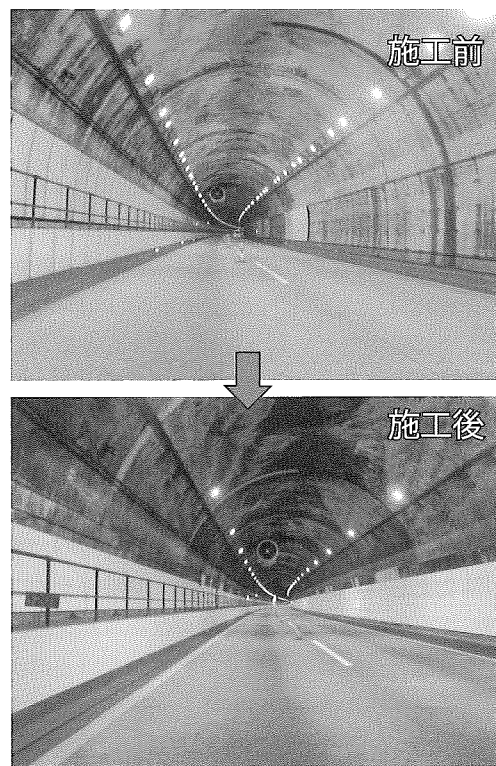
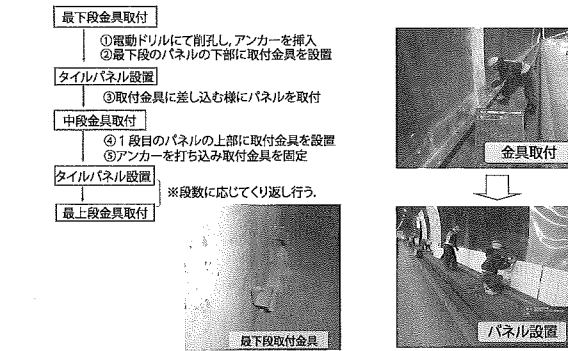


図-4 内装工施工フロー図

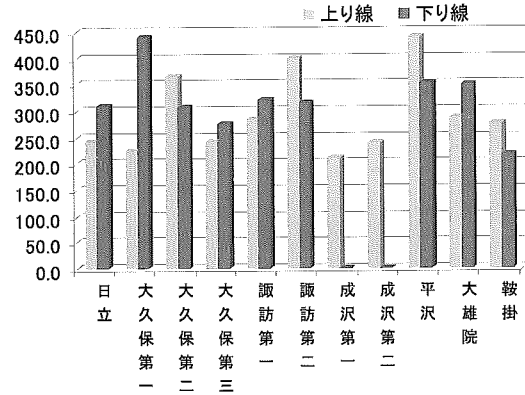


図-5 背面空洞率

ることとしている。日立地区のトンネル群には、矢板工法トンネルが多数あり、経年により覆工コンクリートの劣化やひび割れ、漏水などの変状が増えてきており、空洞注入が必要な矢板工法トンネルが11トンネル、延長が21kmと対象数量が膨大である。対策実施にあたっては、全体の状況を把握したうえで優先度の高いトンネルを選定するため、トンネル延長方向20mごとに天端部で削孔空洞調査を行った。

孔数からのトンネル別空洞率は最大90%に及び、平均で60%(図-5)、平均空洞高282mmで、最高空洞高940mmであった。

4-2 施工のための空洞調査

(1) PVMシステム

一般に、既設トンネルの覆工背面空洞調査には、電磁波などの物理探査手法が用いられることが多いが、PVMシステムは空洞調査において、高速削孔と同時に空洞を検知できるシステムを目指し、(旧)日本道路公団、清水建設(株)、古河機械金属(株)が共同開発したシステムである⁹⁾。削孔方式は、従来用いられているコアドリルに代えて岩盤削孔に用いる掘削技術に着眼し、先端にφ33mmのビットを設けた「のみ」に回転と打撃を同時に加えて削孔するロータリーパーカッションドリルの技術を採用している(図-6)。これにより高速削孔が可能となった。

削孔中は、削孔速度、打撃圧、回転圧、フィード圧、打撃数、エアフラッシング圧などの機械データをリアルタイムに採取して、覆工コンクリート

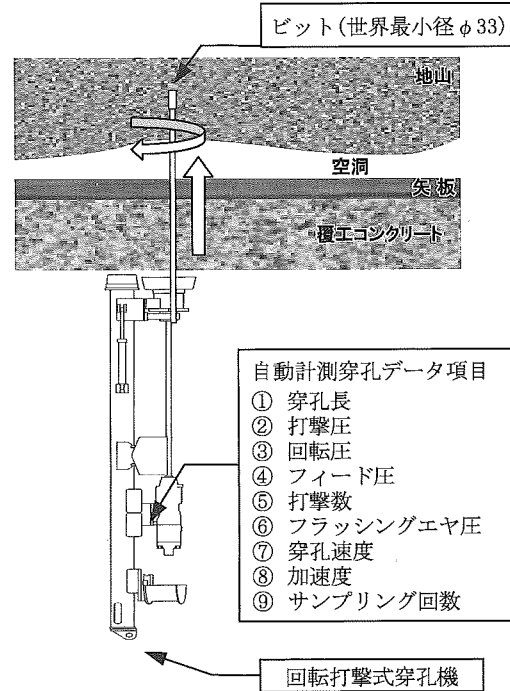


図-6 削孔方式

背面の空洞量や覆工コンクリートの厚さ、地山状況を客観的に把握できるシステムである。また、調査の結果、空洞が判明した場合には、その場でビットを交換することで、削孔した調査孔(φ33mm)を注入孔(φ65mm)に拡張する機能を兼ね備えている。

PVMシステムの主な特徴としては、①調査に必要な機材をすべてトラックに搭載しており、高い機動性を持って測定場所に自走が可能。②高速掘削により調査時間が短い。③機械データを自動記録するために調査精度が高い。④削孔径が33mmと最小のためトンネル構造や管理面への影響が最小限に抑制され、空洞ありと確認されれば即時拡張が可能、などが挙げられる。

PVMシステム調査専用機は、トンネル車線規制内での調査を配慮して8tトラックに削孔装置、発電機、コンプレッサ、ダストコレクタ、そして記録・解析用コンピュータユニットを搭載している(図-7)。

(2) 空洞調査と注入孔拡張

トンネル補修工事において調査削孔工として

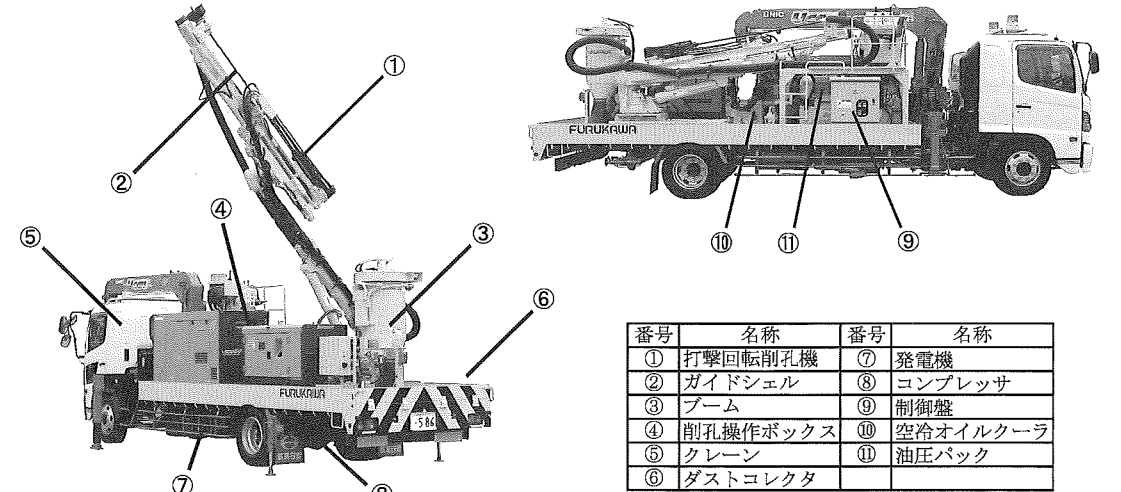


図-7 PVMシステム調査専用機の概要

番号	名称	番号	名称
①	打撃回転削孔機	⑦	発電機
②	ガイドシエル	⑧	コンプレッサ
③	ブーム	⑨	制御盤
④	削孔操作ボックス	⑩	空冷オイルクーラ
⑤	クレーン	⑪	油圧バック
⑥	ダストコレクタ		

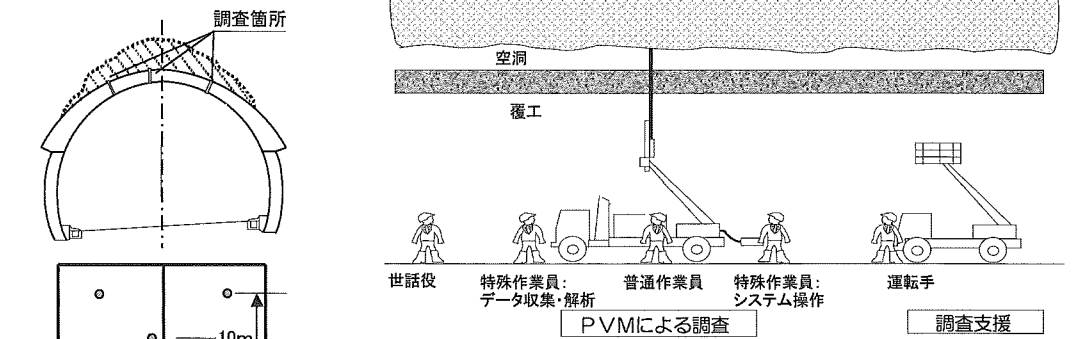


図-9 作業編成

PVMシステムを採用した、主に覆工背面への注入工事の基礎データの収集を目的として『矢板工法トンネルの背面空洞注入工設計・施工要領』⁹⁾により10m間隔で天端と両肩部の空洞調査を実施した(図-8)。空洞調査の結果、空洞が認められた場合は、将来的にこの空洞に対して注入が必要となるため、調査したφ33mmの孔を有効利用して、その場で直ちにφ65mmビットに交換したのち拡張を行い、注入管の取り付けまで行った。

(3) 調査方法

作業編成は、5人編成とした(図-9)。また、削孔中に湧水が発生した場合の処理や削孔調査後の処理として、空洞なしの場合は調査孔閉塞、空洞ありの場合には注入管設置など所要の作業に必要な高所作業車を後部に配置した。

調査は、作業フロー(図-10)⁹⁾により工事規制



写真-5 PVM調査状況

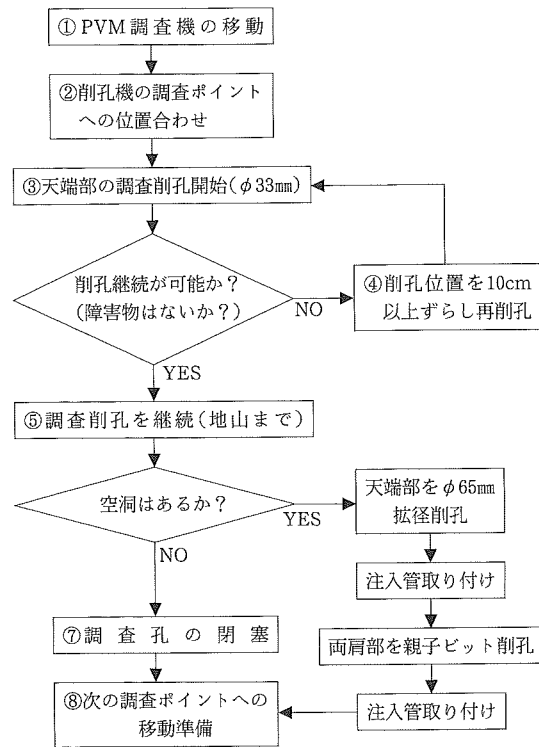


図-10 調査作業フロー

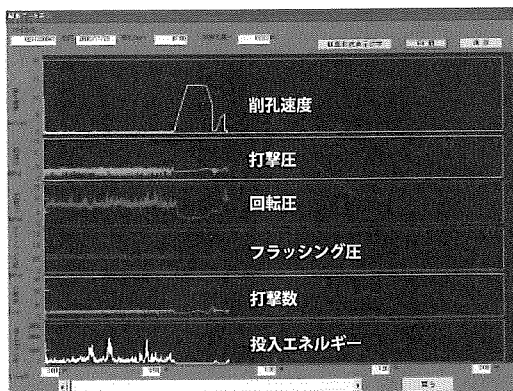


図-11 計測データ表示画面

を行ったトンネル内に専用機を移動し、天端部の調査削孔をφ33mmで開始する。鋼製支保工、鉄筋などにより削孔ができない場合はブームスライド機構により削孔位置を10cm以上ずらし、再削孔を行う。

削孔データを分析、判定し、空洞ありと判定された場合は、φ65mmに拡張削孔を行い、続けて肩部を親子ビットでφ65mmに削孔し、空洞なしの場合は調査孔の閉塞を行った。

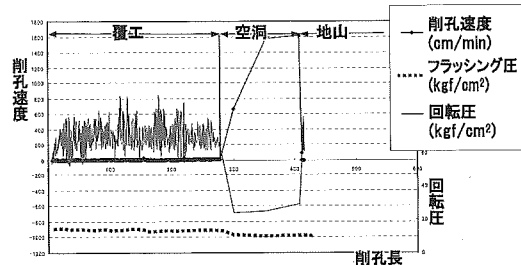


図-12 計測データグラフ

(4) データ処理と判定

小型油圧ドリフタにより覆工と背面地山を回転削孔したときの削孔速度、打撃圧、回転圧、フラッシング圧などの機械データは、パソコンで処理され、現場においてリアルタイムに計測データが判読できる(図-11)。このグラフの横軸は削孔長である。空洞の有無や背面地山の状況は、主に削孔速度、回転圧、フラッシング圧の変動を読み取ることにより判読する(図-12)。

4-3 背面空洞注入工

(1) 注入材

背面空洞に充填する注入材は、十分に空隙が充填され、適度な流動性を維持し、注入後に材料収縮・分離がなく、覆工のクラックや目地から逸送しない性能が必要とされた。今回の施工で使用した注入材は、湧水が存在し施工規模が大規模であることから可塑状注入材を採用した(図-13)。そのなかでも体積収縮が少なく、局所的な大規模の空洞に適しているエアモルタルに可塑剤を加えた注入材を使用し、湧水が多量であった助川トンネル下り線では、近傍IC付近に仮設プラントを設置してポリマーセメント系の注入材を使用した。品質規格を表-2に示す。

(2) 注入工の施工

背面空洞注入工は、『矢板工法トンネルの背面空洞注入工設計・施工要領』²⁾にもとづき実施している。PVMシステムにより空洞調査が行われ、注入孔が削孔され注入管および取付金具を設置されたトンネルより、順次、背面空洞注入工の施工を行った。

PVMシステムでは調査削孔・拡張削孔・注入孔削孔の利用にも適用できる機能を有しているた

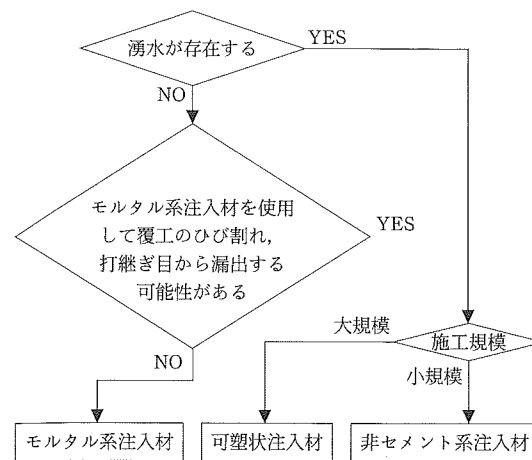


図-13 注入材選定フロー

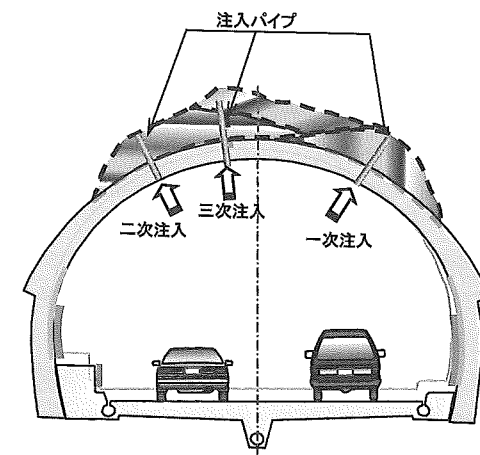


図-14 背面空洞注入工断面図

表-2 背面空洞注入材の品質規格

種別	モルタル系注入材	可塑状注入材						非セメント系注入材
		TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3	TYPE 4	TYPE 5	TYPE 6	
材料種別	エアモルタル	エアモルタルに可塑剤を加えたもの		ポリマーセメント系のもの	モルタルに特殊増粘材を加えたもの		可塑性セメントに可塑剤を加えたもの	発泡ウレタン(シリカレジン含む)
比重(kN/m³)	9~15程度	11~12程度	11~12程度	13~15程度	13~15程度	13~15程度	13~15程度	1~2程度
フロー値(豊)	200±20	80~150	80~150	180±25	130±25	100±20	100±20	—
	試験方法	JHS313(シリンダ法)	JHS313(シリンダ法)	JIS R 5201	JHS313(シリンダ法)	JHS313(シリンダ法)	JHS313(シリンダ法)	—
空気量(%)	51±5	43±5	40±5					
圧縮強度	1.5N/mm²以上							

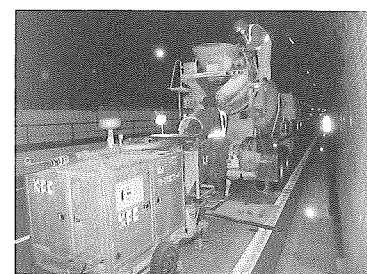


写真-6 エアモルタル圧送ポンプ

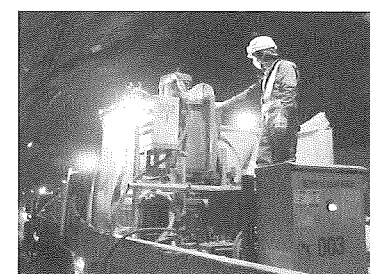


写真-7 可塑圧送ポンプ・ミキサー

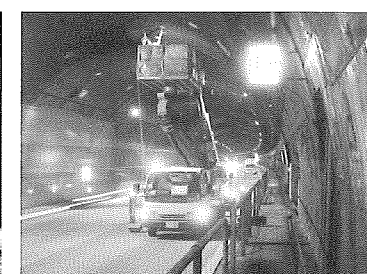


写真-8 注入高所作業車

め、延長が1,000mを超えるトンネルでは、前年度に調査のみを行い、空洞状況を十分に把握したうえで次年度注入工事を発注する運用が可能であり、工事数量・費用管理に有効であった。

注入の順序は、日々の1車線交通規制を行ったうえで、まず追越し車線側の肩部より一次注入を行い、次に走行車線側の肩部に二次注入を行う。

充填を確認できなかった天端注入孔から三次注入を行い、充填を完了させた。充填の確認は隣接注入孔からのリークもしくは注入圧力が0.2MPaに達するまでとした(図-14)。

(3) 効率化の工夫

施工機械編成は、高所作業車(注入作業、リーク監視)、4tユニック車(発電機、混合機械、流

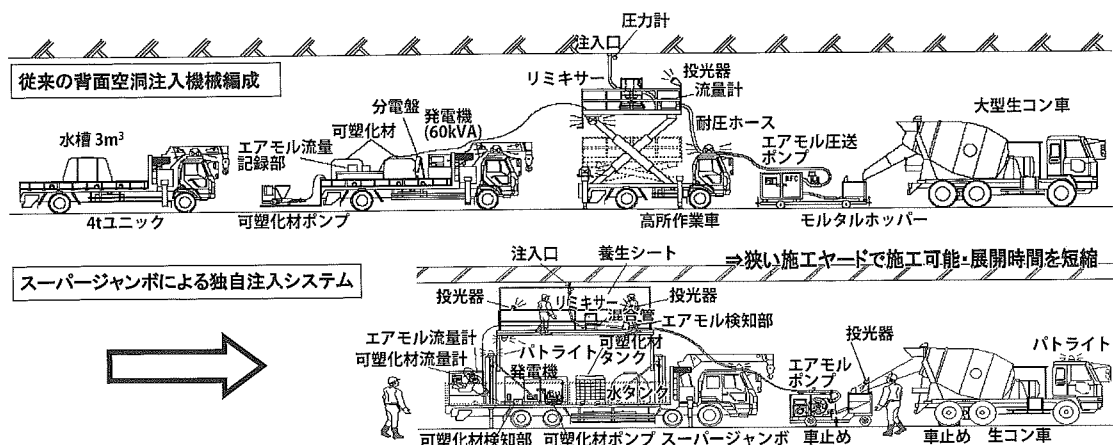


図-15 背面空洞注工機械配置

量計、圧送ポンプ、水槽など積載)、アジテータ車、そのほかに給水車や材料運搬車など関係車両が多いため(写真-6~8)、施工ヤードが広く必要である。施工開始までおよび撤去完了までにそれぞれ1時間程度要しており、交通規制時間など条件の制約がある高速道路上の施工において課題がある。

そこで過年度工事においては、公道走行可能なユニック付き超大型トラックに可塑状注入機械を搭載した独自注入システム(スーパージャンボ)を採用して、注入機械の工事規制への搬入・搬出時の展開や工事規制内において1日あたり一次注入で10~20回、二次・三次注入で20~40回の移動展開の時間を短縮するとともに、施工の効率化を図ることで、制約が多い高速道路上の交通規制内での施工において安全性および施工性が向上した(図-15)。

(4) 注入管理手法の試み

背面空洞注工においては、注入規模を想定することは、交通規制計画や施工計画を立てるうえで重要である。背面空洞を正確に予測することは困難であるが、当初計画と実注入量が大幅に異なることは、全体計画に手戻りが生じるため避けなければならない。

従前の背面空洞調査には調査精度の低い電磁波などの物理探査法が用いられていたり、注工のなかでコアドリル削孔調査が行われており、工

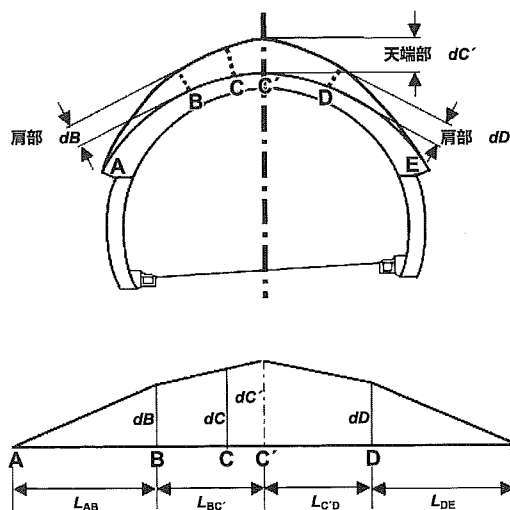


図-16 想定注入量の算出要領図

事発注後に大幅な工事数量および費用の増減が生じた。PVMシステムを導入後は、工事発注前年度に調査を行い、注入量を測定空洞高さから断面積を算出し(式(1))、より正確な想定注入量を求めることができた(図-16)。

$$\text{断面積} = (1/2) \times \{L_{AB} \times dB + L_{BC} \times (dB + dD) + L_{BC'} \times (dB + dD) + L_{CD} \times (dD + dE) + L_{DE} \times dE\} \quad (1)$$

2010年に施工した日立トンネル下り線の工事からは充填確認の項目としてリークと注入圧力のほかに、箇所あたり想定注入量を加えた。これは従前の工事においてリーク、圧力上昇が認められず想定注入量を大幅に超える箇所があり、全体注入量が3~4割増となったため、一次注入では想定

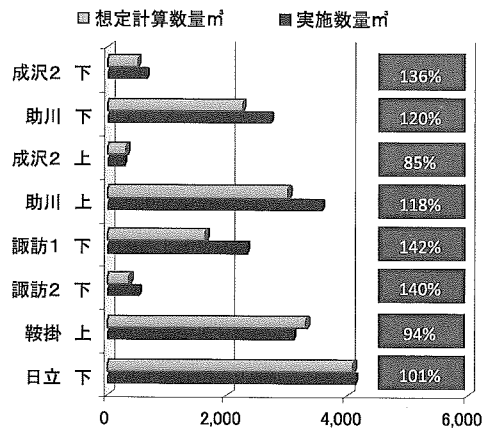


図-17 注入量の想定と実施の比較

注入量、二・三次注入では想定注入量の1.5倍を定量として注入管理を行った。

これにより、想定計算注入量と実注入量の比較は従前工事に比べ大幅に改善され、日立トンネル下り線においては、想定注入量4,098m³に対し実注入量が4,121m³と23m³増(0.6%増)であった(図-17)。

4-4 湧水処理

PVM削孔中に漏水が発生した場合は(写真-9)、通行車両に支障がないよう水受けを行ったうえで、ホースで導水した。湧水が切れない箇所は、注工が施工されるまで導水シートにより湧水対策を行った(写真-10)。

また、PVM調査において削孔し設置した注入管から注工が実施されるまでの間に発生

したゲリラ的な豪雨により湧水が発生し、湧水処理を余議なくされた。効率的な注工の実施および安全快適な走行環境のためには現地状況に応じた湧水処理に留意する必要がある。

注入管は注入管および取付金具を設置し、ネジプラグで閉塞する構造となっている。注入管の先端は竹割り構造となっており、地山から50mm程度はなして固定するものとなっているが、空洞厚が小さい場合は、注入直後に急激な圧力上昇が生じ注入ができないこともあることから、竹割り構造ではなく覆工厚に合わせた設置としている(図-18)。

5 まとめ

トンネル補修の取り組みにおける内装工劣化対策では、経年劣化と湧水により取付金具、胴縁などに破損、欠落または著しい腐食があることから、内装板の脱落の恐れがあり、通行車両の安全確保のため一部で早急な補修が必要となった。全体の劣化、損傷状況から対策の優先度、対策工法や工

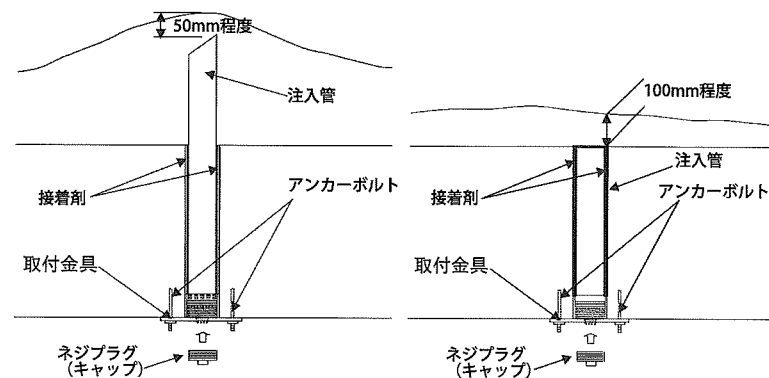


図-18 注入管と取付金具

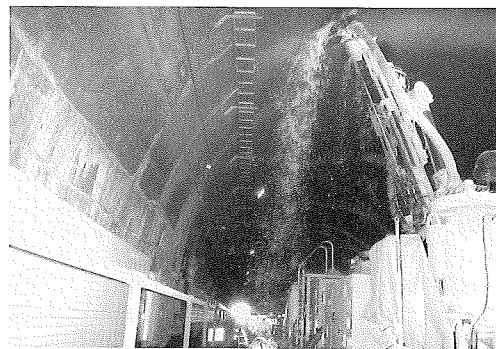


写真-9 PVM削孔中の湧水



写真-10 導水シートによる湧水対策

事規制方法の検討を行い、年度補修計画を策定した。

タイルによる対策工事を開始したがすべての内装工劣化対策を完了するために10年を要した。15年以上を経過した内装工はトンネル内の過酷な条件下で劣化進行が早く、対策工事の進行を上回り、点検により破損した内装工を大量に撤去する必要がある、トンネルにおけるアセットマネジメントの必要性を強く感じた。

背面空洞対策においては、新たな空洞調査法であるPVMシステムを本格採用し、これまでの工事における実績により同システムは高速度、高精度で調査が可能であることが検証され、経済性、現地における実用性、高所作業の低減による安全性向上についても確認できた。よってPVMシステムは、今後の新しい空洞調査手法として位置づけられると考えられる。

今後の課題は、多くの時間を費やした湧水処理作業に関する対策を開発・導入することによって、さらに能力向上による合理化が可能と考えられる。PVMシステムにより前年度に調査のみを行い、空洞状況を十分に把握したうえで次年度注入工事を発注する運用が可能であり、工事数量・費用管理に有効であった。

注入の施工では、注入機械の工事規制への搬入・搬出時の展開や工事規制内での移動展開の時間を短縮するとともに、施工性を向上するために独自注入システムを採用し、条件の制約が多い高速道路上の工事規制内での施工において安全性および施工性を向上させ効率化を図った。

また、注入管理においては、PVMにより得ら

れた高精度の想定空洞量から充填確認に想定注入量を新たに採り入れ、工事において検証することができた。

日立地区のトンネル群における背面空洞注入の進捗率は2010年度末で約50%である。今後さらに現地での実績の積み重ねと技術開発を実施することで制約条件のなか、効率的・計画的に背面空洞注入を進めていきたい。社会資本ストックの有効利用の時代を迎え、社会資本ストックを、LCCを把握したうえで効率的に維持することや長寿命化するためには調査技術、それにもとづく補修・補強技術の確立が必要である。このような観点から、予防保全として必要とされているトンネルのアセットマネジメントにおいて、今回紹介した現場での取り組みが一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 東日本高速道路：設計要領第三集(1)トンネル本体工保全編(変状対策)，2006.7.
- 2) 林崎・篠崎・諫山：豪雨によるトンネル舗装版の浮上がりと復旧工事，常磐道日立トンネル群，日本道路公団技術情報，No.91，pp.59-64，1988.1.
- 3) 小島・津野・佐野・伊藤・馬場・松岡・川島：三次元効果を考慮したトンネル覆工のひび割れ進展と力学特性，土木学会論文集F，Vol.62，No.1，pp.53-66，2006.3.
- 4) 大島・伊藤・城間・西村・若林：既設トンネルの覆工背面空洞調査法の開発について，トンネル工学研究論文報告集，第14巻報告(46)，pp.313-317，2004.11.
- 5) 東日本高速道路：矢板工法トンネルの背面空洞注入工設計・施工要領，2006.10.
- 6) 日本道路公団：トンネル覆工背面の空洞調査法(PVMシステム)マニュアル(案)，2004.7.

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)



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

施工

橋桁直下および橋梁基礎杭に近接したトンネル

—東京電力 新豊洲関係管路—

東京電力(株)工務部送変電建設センター川崎新豊洲管路グループ 小峰 隆 幸
東京電力(株)工務部送変電建設センター千葉葛南管路グループグループマネージャー 齋藤 勝
清水・前田・戸田・三井住友・佐藤共同企業体監理技術者 永尾 龍 大

1 はじめに

東京電力(株)では、電力供給ネットワークの強化を目的として、川崎火力発電所から新豊洲変電所までの約22kmの区間に超高压地中送電ケーブルの敷設を実施している。

このルートは送電ケーブルを収容するための設備が整備されている国土交通省の共同溝や当社既設設備を主に活用しているが、国357東雲共同溝から新豊洲変電所間については、送電ケーブルを収容する設備が未整備となっていた(図-1)。

当該箇所は、都市計画に伴う整備が完了間近で、すでに首都高晴海線や道路橋などの重要構造物は完成し、運用開始されている。また、国道部は共同溝の整備も完了している。

このような環境の中で、調査を含め約3年間で

洞道工事を完成させた。本稿では、図-2の工事概要図に示す未整備区間1.3kmに洞道を建設した施工実績について報告する。



図-2 工事概要図

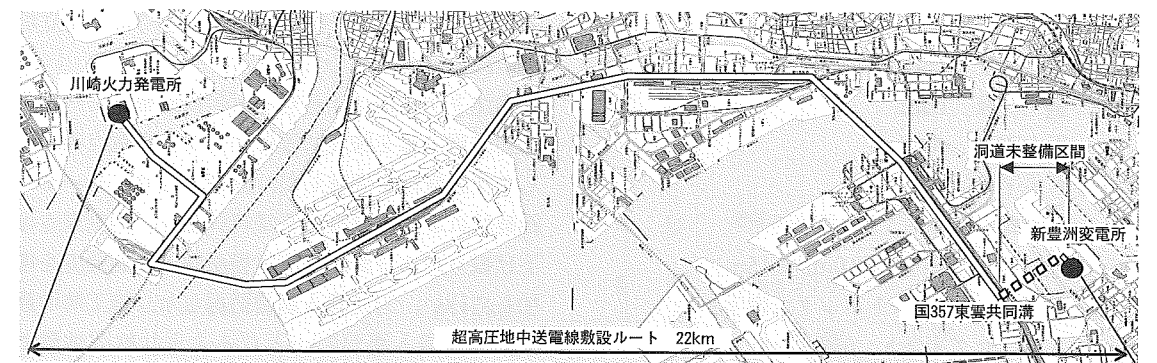


図-1 ルート概要図

2 工事概要

2-1 工事概要

工事件名：新豊洲連係管路新設工事
 工事場所：東京都江東区有明二丁目～
 豊洲六丁目
 工事期間：平成21年7月～平成23年12月
 企業者：東京電力(株)工務部送変電建設セン
 ター

施工会社：清水・前田・戸田・三井住友・佐藤
 共同企業体

2-2 ルート・工法選定

本工事のルート選定にあたっては、整備済みの
 国357東雲共同溝と新豊洲変電所とを最短で結ぶ
 首都高晴海線直下の都道放射34号支線1をルート
 とした。

設備形成における工法選定は、首都高速橋脚基
 礎の存在ならびに東雲運河横断を考慮してシールド
 工法とし、国道357号に隣接する都港湾局用地
 を買収・借地して発進立坑ヤードとした。この発
 進立坑と既設共同溝との連係は、一部国道車道部
 の横断が必要となったが、施工延長を勘案し掘削
 工法を選定した。

2-3 工事内容

- ・発進立坑(円形)
 - 圧入オープンケーソン工法
 - 内径 10m
 - 壁厚 1.3m
 - 圧入深さ 47m
- ・到達立坑(矩形)
 - 圧入オープンケーソン工法
 - 内空 8.6m×13.9m
 - 壁厚 1.4m
 - 圧入深さ 40m
- ・シールドトンネル
 - 泥水式シールド工法
 - 外径 3.5m(内径3.0m, 3.15m)
 - セグメント(ボルトボックス継手)
 - RCセグメント 592リング
 - 複合セグメント 585リング

掘進距離 1.2km
 土かぶり GL-25～-29m
 最小半径 R=30m

- ・共同溝連係洞道
 - 掘削工法
 - 内空 2.5m×3.0m
 - 施工延長 80m
 - 土かぶり GL-2.3～-6.8m

3 施工

3-1 発進立坑(円形圧入オープンケーソン)

発進立坑は首都高晴海線と湾岸線の分岐箇所近
 傍に用地を確保し、シールド発進基地とした。

シールドの縦断線形から発進立坑の深度が決定
 し、地質、工程、コストから圧入オープンケーソ
 ン工法を採用した。

3-1-1 施工条件

当該地点の地質はGL-72m付近まで沖積層が
 存在しており、ケーソン沈設にあたっては過沈下
 防止策が重要であった。また、上空18.5mに存在
 する首都高晴海線に対するクレーン作業時の近接
 施工にも注意が必要であった。

3-1-2 施工状況

(1) ケーソン沈設

シールド発進に向けてケーソンの沈設を早期に
 完了させることが求められた。そこで、当社施工
 実績のケーソンロッド高さを2割程度大きくし、
 最大ロット高さ6.2mの8ロットと設定した。

圧入力はGL-78.8mまで打設したグラウンド
 アンカー4本を反力として、圧入ジャッキ(総圧
 入力12,000kN)により沈設した。図-3に発進立坑
 構造図を示す。

過沈下防止策は、各ロットの構築重量に対応し
 た刃先貫入量を確実に確保することを重点項目と
 して沈設管理を実施した。管理方法は、レーザー
 距離計により刃先深度を常時計測し、掘削深さは
 下げ振りによる測定を測定箇所数と計測頻度を増
 加して行い、刃先貫入量を把握した。施工時の最
 大で刃先貫入量が8.9mとなるような軟弱地盤で
 あったが、慎重に圧入・掘削を実施し、確実に沈

設できた。また、シールド発進、ケーブル敷設に
 悪影響を及ぼさない沈設精度を確保した。

以下に沈設結果を示す。

- ・沈設精度：傾斜量 53mm(1/237)
 偏心量 90mm
- ・施工時最大圧入力：10,400kN(設計10,940kN)

(2) 首都高晴海線との近接施工(写真-1)

ケーソン工事に使用する80tクローラクレー
 ンと首都高橋桁との接触を防止するために、首都
 高桁から3.0mを近接制限範囲として以下の対策

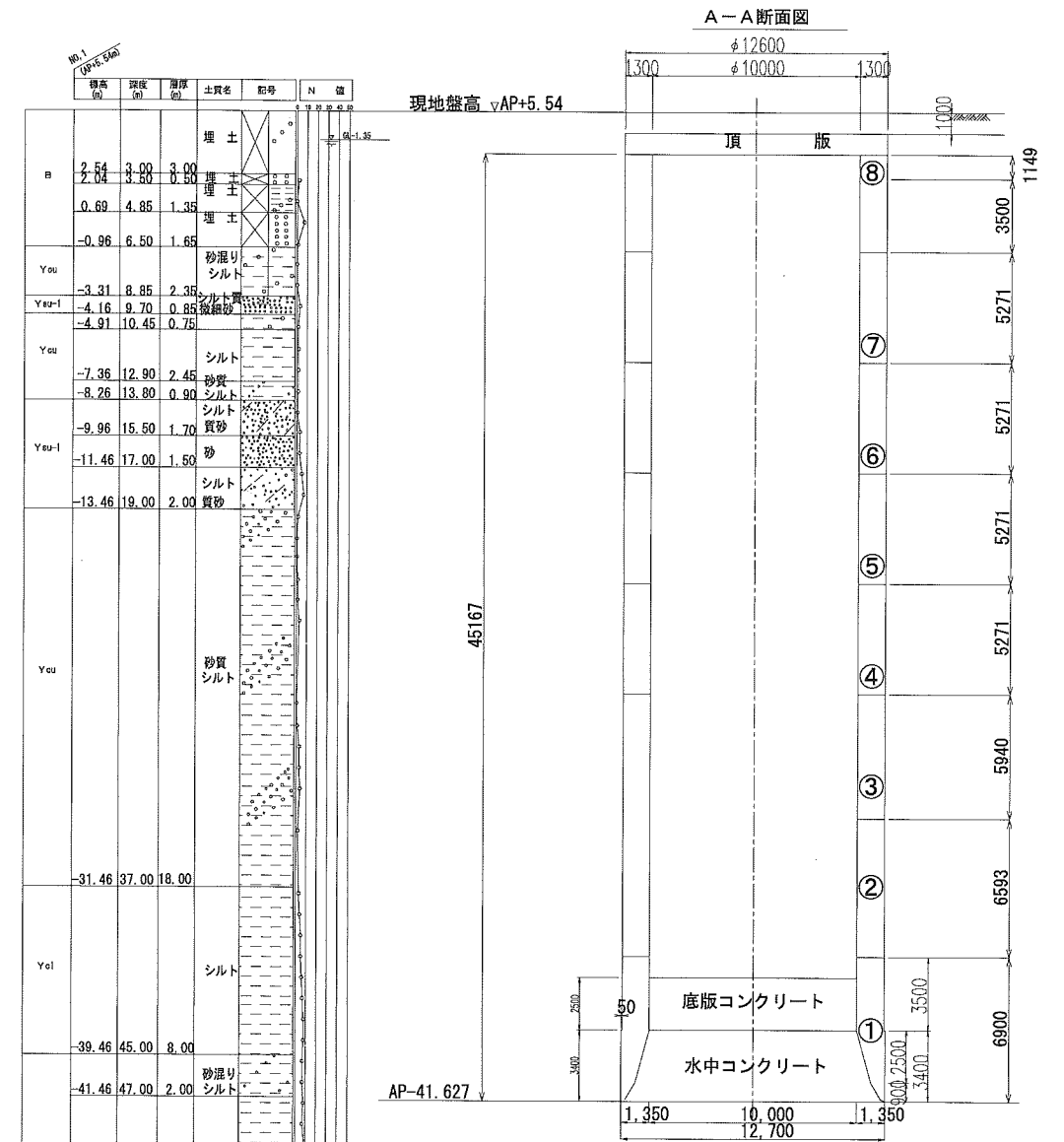
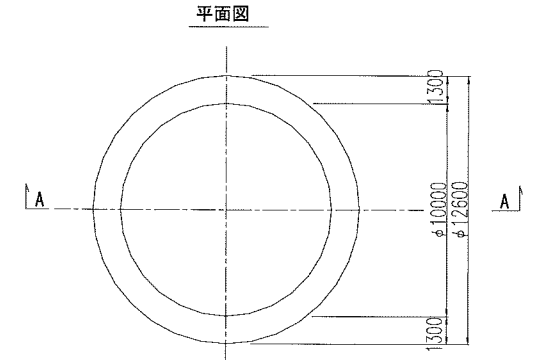


図-3 発進立坑立構造図



写真-1 発進立坑施工状況

を実施した。

- ① 近接制限範囲のライン上にレーザーセンサーを設置し、そのラインを重機の一部が越えると警報が発生する。
- ② クレーンのブーム先端にマイクロ波センサーを設置し、離隔が3.0m以内になると警報が発生する。
- ③ 専任監視員を配置し、近接状況を監視するとともに、近接制限範囲を地上に表示することで監視員が容易に判断できるようにした。

3-2 到達立坑(矩形圧入オープンケーソン)

到達立坑は、新豊洲変電所内に用地を確保したが、用地の制約条件から立坑形状は矩形となり、立坑内部には2か所の補強梁が必要となった。

シールドの縦断線形および変電所の連係位置から到達立坑の深度が決定し、発進立坑と同様に、地質、工程、コストから圧入オープンケーソン工法を採用した。

3-2-1 施工条件

当該地点の地質は、発進立坑部とは大きく異なりGL-14m付近から洪積層が存在することから、先行削孔を併用することとした。

3-2-2 施工状況

(1) 先行掘削の実施

ケーソン圧入深さ40mのうち下部24mが硬質地盤であるため、クラムシェルによる掘削不能と矩形形状による沈設精度の低下対策として、オールケーシング工法(φ2.0m)により原地盤を砂に置き換えることとした。

置き換え箇所は、掘削が難しく圧入抵抗が大き



写真-2 到達立坑掘削状況

いと考えられる矩形ケーソン隅角部およびケーソン本体と補強梁の接続部とした。

(2) ケーソン沈設

作業用地の制約条件などから、ロット高さ5.4m程度の7ロットと設定した。

圧入力はGL-58.5mまで打設したグラウンドアンカー8本を反力として、圧入ジャッキ(総圧入力25,000kN)により沈設した。図-4に到達立坑構造図を示す。

硬質地盤の箇所では部分的な置き換えであったため日沈設量が20cm以下となる状況も発生したが、シールド到達工程に影響を与えることなく、さらに、シールド到達、ケーブル敷設に悪影響を及ぼさない沈設精度を確保した。

また、ケーソン沈設時は、クラムシェルバケットによる補強梁の損傷防止対策として、鋼材による仮設補強梁を設置・施工し、本設用のRC補強梁は沈設完了後に構築した(写真-2)。

以下に沈設結果を示す。

- ・沈設精度：傾斜量 13mm(1/877)
偏心率 162mm
- ・施工時最大圧入力：19,040kN(設計17,246kN)

3-3 シールドトンネル(泥水式)

3-3-1 施工条件

平面線形は、発進から都道放射34号支線1を占用し、ルート中間地点に位置する東雲運河木遣り橋橋脚基礎を半径30mの曲線部を設けて下部通過を回避し、東雲運河、江東区公園下を占用して新豊洲変電所に至るルートとした(図-5)。この間、首都高晴海線橋脚基礎、道路橋基礎(角乗り橋、

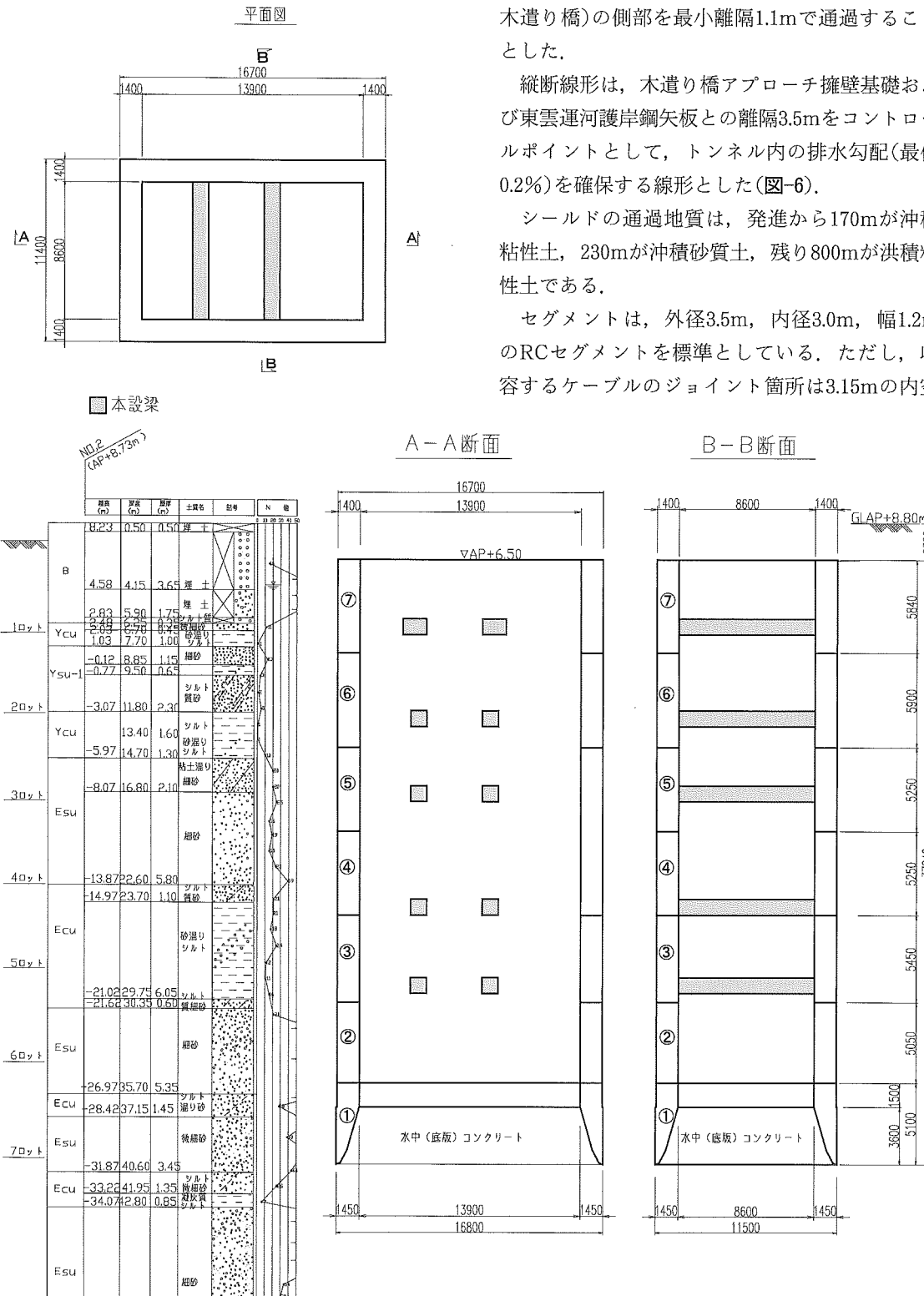


図-4 到達立坑構造図

木遣り橋)の側部を最小離隔1.1mで通過することとした。

縦断線形は、木遣り橋アプローチ擁壁基礎および東雲運河護岸鋼矢板との離隔3.5mをコントロールポイントとして、トンネル内の排水勾配(最低0.2%)を確保する線形とした(図-6)。

シールドの通過地質は、発進から170mが沖積粘性土、230mが沖積砂質土、残り800mが洪積粘性土である。

セグメントは、外径3.5m、内径3.0m、幅1.2mのRCセグメントを標準としている。ただし、収容するケーブルのジョイント箇所は3.15mの内空

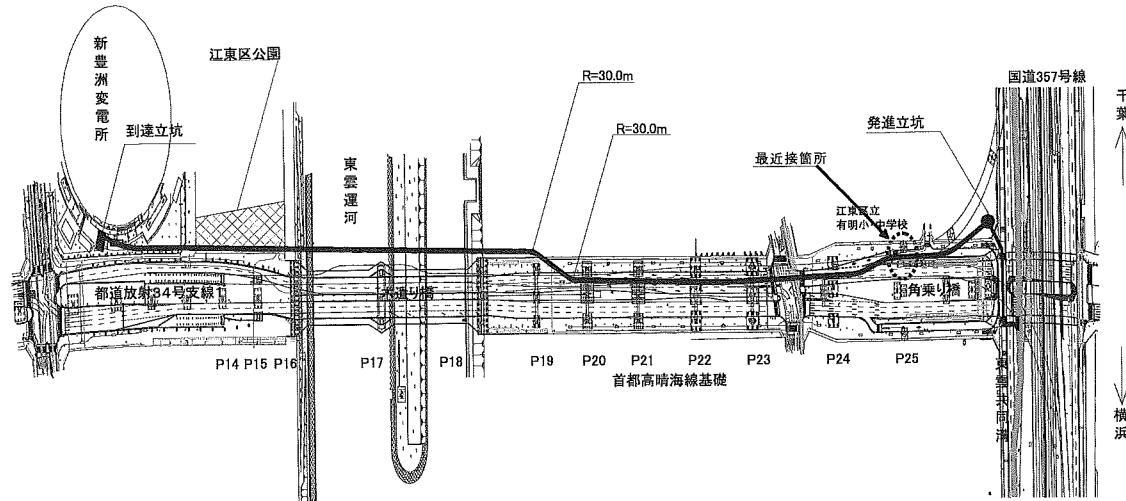


図-5 平面線形図

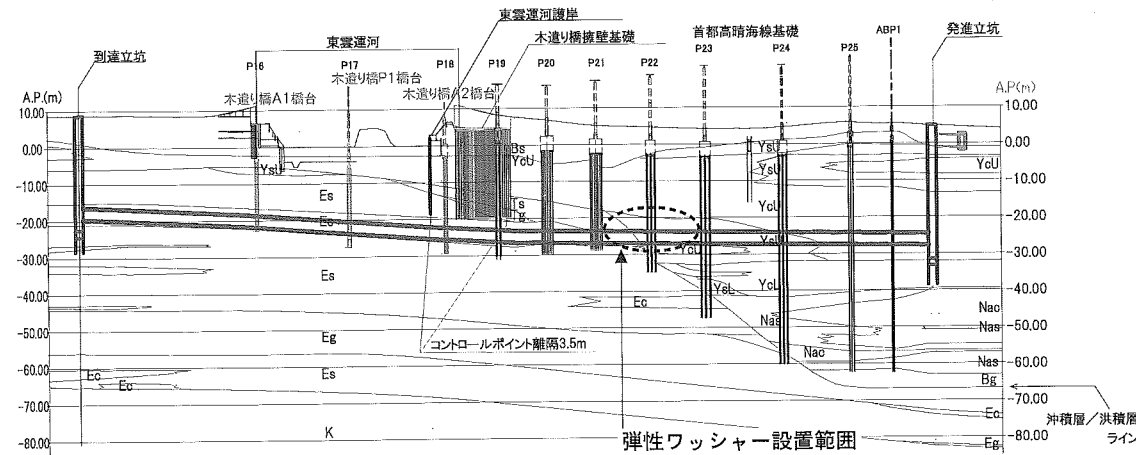


図-6 縦断線形図

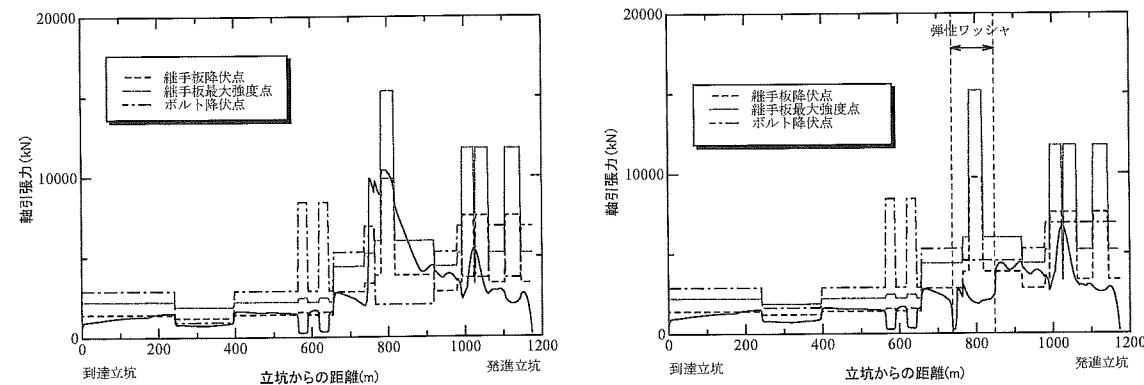


図-7 照査結果図

(1) 対応前

(2) 対応後

表-1 弾性ワッシャー仕様

弾性ワッシャー φ75/φ26×15.0t					
外径	内径	高さ	ばね定数	初期締付軸力	地震時軸力
75mm	26mm	21mm	92.1kN/mm	50.5kN	331.8kN

が必要なため桁高縮小(外径3.5m)を目的として複合セグメントを採用した。また、半径30m、80mの曲線部にも二次覆工省略を目的に複合セグメントを採用している。さらに、沖積層と洪積層との境界の110m区間には、継手部に弾性ワッシャーを設置して地震時の挙動に対応できる構造とした。この地点におけるトンネル縦断方向の構造設計は、2次元動的FEM解析(等価線形)によりトンネル軸芯位置の応答変位を算出し、トンネル縦断方向のはりモデル(2次元フレーム解析)に地盤バネを介して応答変位を作用させる手法で行った。設計に用いた地震波形は以下のとおりである。

- ・長周期型 南関東地震 ラユニオン位相
- ・最大加速度 260gal

この設計の結果、レベル2地震時において、セグメント構造設計で得られた軸方向継手では、引張耐力が不足する結果が得られたため、弾性ワッシャーの設置による発生軸引張力の低減、およびボルト耐力の増加(強度区分8・8→10・9)で対応した。照査結果図を図-7、弾性ワッシャー仕様を表-1に示す。

3-3-2 重要構造物への影響

シールドが近接する11か所の構造物に対しては、現地踏査、竣工図・施工図の入手、施工会社へのヒアリングなどの事前調査を実施した。また、基礎杭打設時に実施している超音波による孔壁計測データも確認し、基礎杭の施工精度も考慮した。

施工に先立ち、もっとも近接する基礎杭に対し、磁気探査、チェックボーリングにより基礎杭の位置が事前調査結果と相違がないことを確認するなど、シールド掘進時におけるリスク管理を徹底した。

図-8に再近接箇所の通過断面図を示す。

シールド掘進に伴う近接構造物への影響については、関係管理者との協議結果により、以下の内容を実施することで構造物の健全性が確保できた。

首都高晴海線基礎杭 場所打ち杭 φ1.2m L=61.5m
都道角乗り橋擁壁基礎杭 SC-PHC杭 φ0.7m L=68.0m

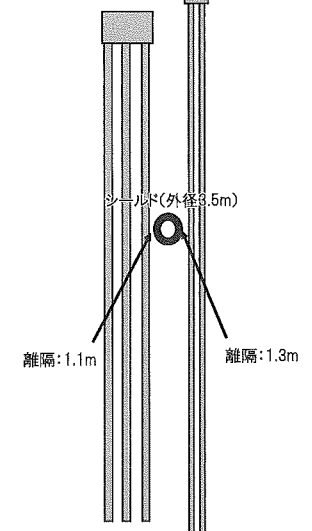


図-8 最近接箇所通過断面図

(1) 設計時

- ① 2次元FEM解析によりシールド掘進時の地盤変位量を算出。
- ② 地盤変位量を荷重に換算して構造物に作用させ、発生断面力を算出。
- ③ 設計時の断面力にシールド掘進時の断面力を追加して応力度照査を行い、許容応力度以内であることを確認。

(2) 施工時

- ① 近接構造物にトータルステーションシステムを設置して自動計測を実施。
- ② 一次管理値(鉛直5mm, 水平3mm×80%)を設定し、リアルタイムに計測管理を実施。
- ③ 管理値を超える場合には、電話回線を利用し工事担当者の携帯電話に情報を転送。

3-3-3 東雲運河の通過

東雲運河部には、近年に実施された橋梁工事の仮設栈橋基礎杭の撤去跡があり、その跡からシールド掘進に伴う泥水が運河に逸泥してしまうことが懸念された。このため、海上保安庁、東京都港湾局から許可を得て、運河上よりシールド通過周辺の基礎杭撤去跡に地盤改良を実施した。

地盤改良は、シールド掘進時の泥水圧が割裂状態で作用する応力と考え、それに抵抗できるもの

とし、杭抜き跡に一次注入として急結CBを実施し、その周辺に二次注入として薬液注入を実施した。図-9に薬液注入縦断面図を、図-10に薬液注入断面図を示す。

シールド通過にあたっては、運河部通過前に掘進時の切羽泥水圧の変動状況を確認したところ、掘進開始時からシールドジャッキ速度の上昇に伴い泥水圧が40kPa程度変動することが判明したため、泥水圧の急激な上昇を抑えるため、シールドジャッキの速度管理を実施し、変動圧を10kPa以下で掘進した。また、運河面の目視管理も実施し、トラブルもなく東雲運河部を通過した。

3-3-4 施工状況

シールド発進は、ケーソン構築時にあらかじめFFU部材(硬質発泡ウレタン樹脂をガラス長繊維で強化した部材)を配置し、シールドカッタによ

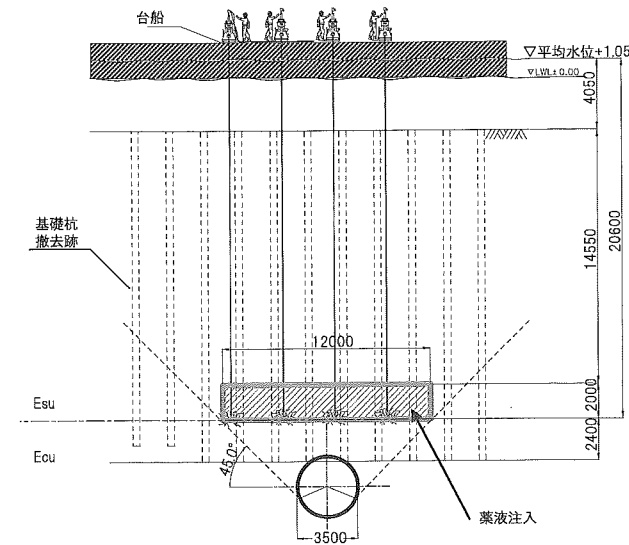


図-9 地盤改良縦断面図

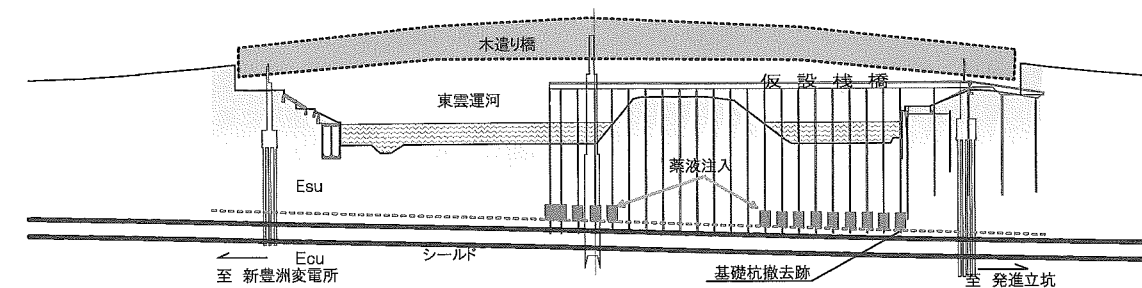


図-10 地盤改良縦断面図

る直接切削発進とした。当該地盤が沖積層であるため、シールドカッタによるケーソン壁切削時のコンクリート大割れ防止対策として、セメント系の地盤改良をあらかじめ実施した。

平成22年10月5日に発進し、約120mの初期掘進区間は11月23日に完了した。その後シールド設備の段取り替えを行い、12月10日に本掘進を開始した。掘進中は、重要構造物の近接や東雲運河の逸泥など種々のリスクを克服した。また、3月11日には東日本大震災が発生し、燃料調達などの資機材の手配に苦慮する期間もあったが、設備的な影響はなく、平均日進量約14m(最大19m)で無事に平成23年4月11日に到達した。

3-4 開削洞道

3-4-1 施工条件

発進立坑と国357東雲共同溝間の約80m区間は開削洞道により施工した。土留めは鋼矢板工法を採用したが、当該地盤は地震時に液化化している可能性があるため、対策は既設共同溝ですでに実施している鋼矢板による締切工法を採用し、鋼矢板の杭長を24.5mとした。

当該箇所は、①都道角乗り橋の桁下空間5

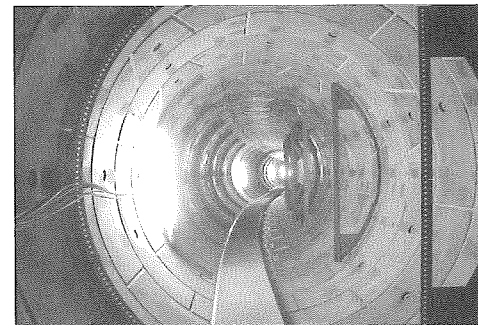


写真-3 トンネル完成状況

mでの施工、②交通量が非常に多い国道357号の横断施工、③共同溝の大規模な改造、などを伴うため安全面、施工効率面、共同溝への影響に対する検討が必要であった。

3-4-2 角乗り橋桁下での施工

都道角乗り橋の桁下空間5mでの施工は、橋桁と重機との接触を防止するため、桁下0.5mを近

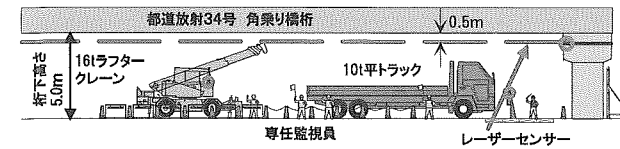


図-11 レーザーセンサー概要図

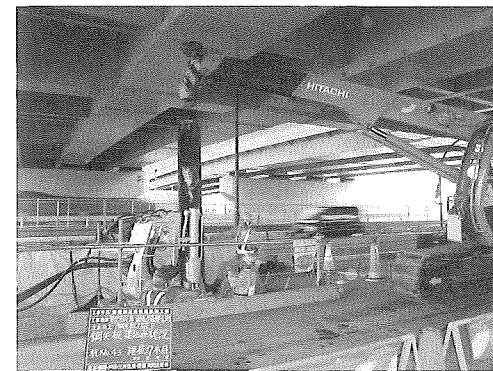


写真-4 鋼矢板打設状況

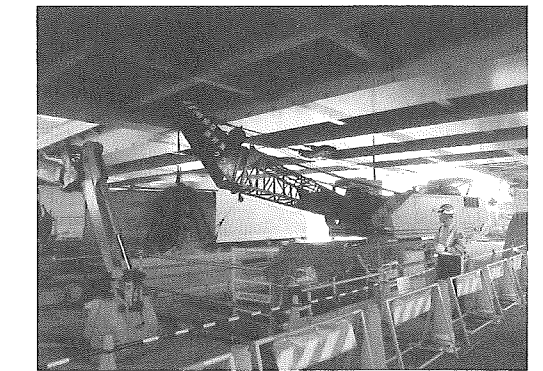


写真-5 クラムシェル(低空頭仕様)による掘削状況

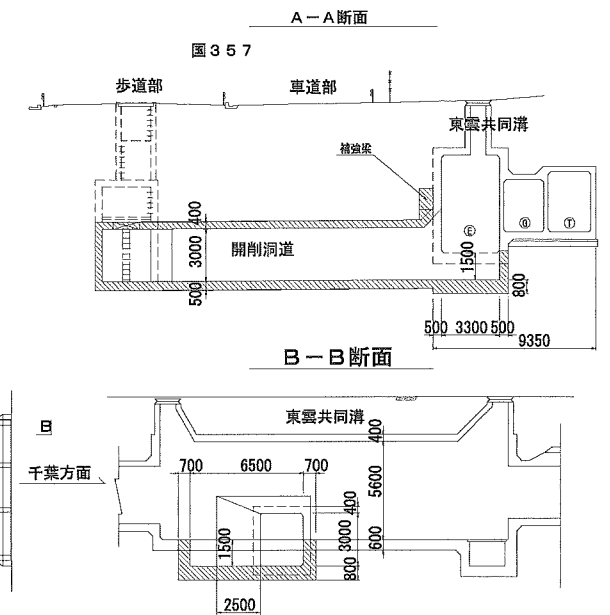
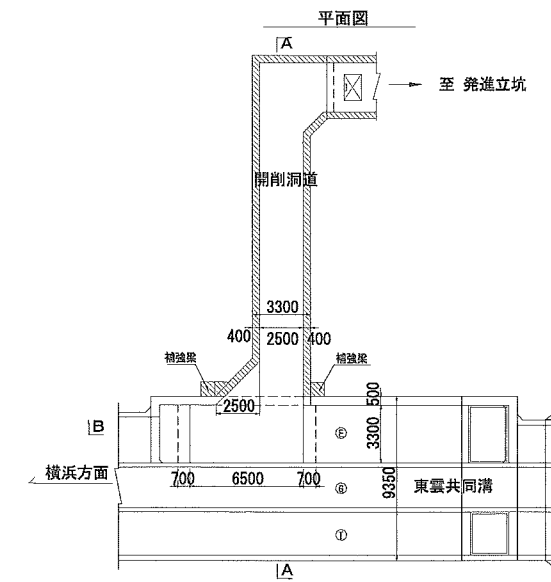


図-12 共同溝改造構造図

3-4-3 共同溝の改造

国357東雲共同溝と開削洞道との接続は、超高圧地中送電ケーブルの収容形態からT形分岐となるため、既設の共同溝底盤部を撤去して、下方に拡幅・改造し、収容空間を新たに確保した。図-12に共同溝改造構造図を示す。

共同溝の改造にあたっては、共同溝側部を地上からセメント系の地盤改良、共同溝下部は共同溝内から薬液注入により地盤改良を実施した。

また、共同溝壁の撤去は、あらかじめ補強梁を設置し、①側壁はコア抜きとワイヤーソーの併用、②底版部はコア抜きとウォールソーを併用して切断撤去した。その後、共同溝下部を2.0m掘り下げ、改造部を構築した。施工中は、水盛式沈下計にて共同溝内部を自動計測し、構造物の挙動を監視した。

安全面では、狭隘な作業環境のため、補強梁の設置撤去、コンクリート壁の切断、切断片の移動・搬出などにおける災害リスクの抽出、安全対策、管理方法を策定し、施工した。

4 おわりに

平成21年7月に本格的に工事着手し、平成23年12月に用地復旧まで順調に工事が完了した。また、平成23年7月からは土木工事と平行して超高圧地中送電ケーブルの敷設工事も開始されている。

都市計画整備完了間際の新たなシールドトンネルの建設や共同溝の改造にあたっては、国土交通省、東京都、首都高速道路(株)をはじめとし、関係者の方々の多大なるご理解、ご協力により、短期間で目的を達成することができた。あらためて関係者の皆様に感謝申し上げます。

シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会編 代表 鈴木 章

B5判 285頁 本体価格4,660円 円340円

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

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

株式会社 土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072第二十五回
語り継ぎ
言ひ継ぎ行かむ

関越の国境を穿つ

乾 (株) 間組社友

仁

はじめに

私は、昭和22年、間組に入社、昭和26年に日本発送電(株)夏瀬ダムの水圧トンネルを、木製支保工と手押しトロリーで施工したのがトンネルとかかわった始まりで、昭和34年に新丹那トンネルを施工したあと、昭和48年まで、続けて4本の国鉄のトンネルを施工し、昭和49～60年まで、日本道路公団の2本のトンネル工事を経験しました。

この一文は「技術の継承を意識して」というご依頼なので、丹那トンネル工事は思い出話程度にとどめ、最後に8年間、JV所長として施工した関越トンネルについて詳しく述べたいと思います。

新丹那トンネル

新丹那トンネル工事が開始されたのは昭和16年に遡る。元々は戦前の弾丸列車計画にもとづくものであったが、第二次大戦の戦況悪化にともない中止された。中止の

時点で熱海口は647mの先進導坑が掘削され、200m程度の覆工も完成していた。施工位置は東海道本線丹那トンネルの北側50m、高さは約5m上である。

着工からしばらくの間は、底設導坑を掘削し、次に頂設導坑、逐次丸形を切抜けて、上半断面に拡大していく工法であった。昭和35年春からは底設導坑の掘削後、一気に上半断面を掘削する工法に切り替えられた。そのためには国鉄の30キロ古レールを加工して、上半断面の支保工として使用したが、古レールなので、どこかに傷でもあれば折損することもあって、危険であった。しかし、静岡幹線工事局長として赴任された坂本貞雄局長(工学博士)によりH形鋼が設計され、以来古レールに代わってH形鋼を上半断面に使用するという、底設導坑先進上半断面工法が定着した。

工事は「温泉余土」といわれる膨張性地山の出現で難航した。この地質は旧丹那トンネルでも困難

著者略歴

- 昭和22年 4月 (株)間組入社
- 昭和26年 4月 日本発送電夏瀬発電所水圧トンネル工事
- 昭和34年 10月 東海道新幹線新丹那トンネル工事
- 昭和38年 12月 中央本線新笹子トンネル工事
- 昭和41年 12月 東海道本線新野中山トンネル工事
- 昭和44年 11月 東京駅地下乗降場工事工事主任
- 昭和45年 10月 山陽新幹線五日市トンネル工事工事主任
- 昭和49年 2月 中国自動車道布瀬トンネル工事所長
- 昭和52年 4月 関越自動車道関越トンネル工事所長
- 昭和60年 10月 土木本部トンネル部長
- 昭和63年 5月 (株)間組退社
- 平成 2年 4月 宮建設(株)専務取締役
- 平成 4年 12月 宮建設退社
- 平成 5年 1月 日東建設(株)土木部技師長
- 平成10年 5月 日東建設退社



関越トンネル貫通式(右が著者)

を極めたところである。坑口から2,400m地点から約200mを側壁導坑で掘削し、側壁コンクリートの上に上半の鋼製支保工を建てないとアーチ部の維持は困難であった。縫地工法ではH-200以上の鋼製支保工を使用すると鋼製支保工の間隔が狭いため、矢板の先が上を向き過ぎるので、日本鋼管に依頼して特殊な肉厚のH-200形鋼を製作して使用した。しかし、掘削したあとに湧水が多量に発生し、鏡の維持は困難を極めた。

温泉余土区間以奥にも、工区境まで1,000mほどの距離があったので、温泉余土区間に中央導坑を単線で掘削したが、サイロット区間は側壁導坑と中央導坑との間が1m以下となり、中央導坑・側壁導坑ともに変形し断面の維持に苦労した。

温泉余土区間以奥の1,000mの区間の掘削も湧水が多く、幸いに旧丹那トンネルで掘削された水抜

き坑が丹那トンネルの下まで来ていることがわかったので、この水抜き坑に立坑を掘って、湧水を流すことができて助けられた。

当トンネルは、次に述べる関越トンネルとともに、湧水に悩まされたトンネルであった。

関越トンネル

■関越トンネルのあらまし

関越トンネルは関越自動車道の中ほど、群馬県と新潟県の県境に位置する谷川連峰を貫く延長約10.9kmの道路トンネルである。

関越自動車道は上下線各2車線の4車線であるが、関越トンネルだけは建設費が大きいため、当座の交通量と経済性を考慮して、当初は下り線のみ施工し、対面交通で供用し、交通量の増加に伴い、上り線をもう1本建設する計画であった。

関越トンネル全体平面図(次頁)のうち、施工したのは点線(将来

の上り線、および連絡坑)を除いた部分である。

■水上側工事

関越トンネル延長10,885mのうち、群馬県側5,243mを施工した。

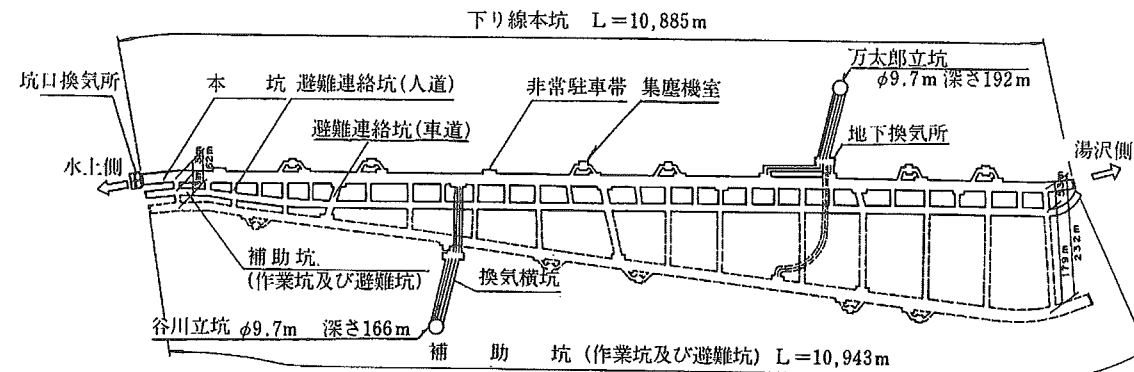
ここでは、①補助坑、②本坑、③作業立坑、④本立坑について述べる。

本工事の特徴

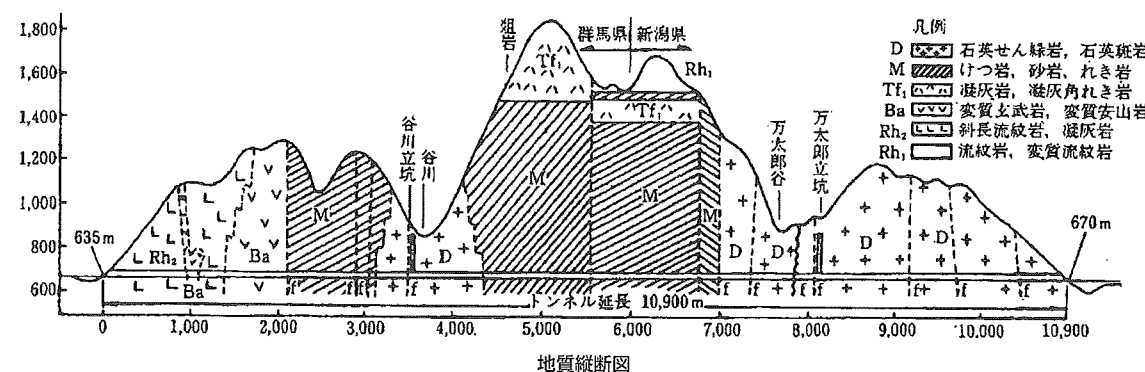
(1) 総延長10.9kmのうち、水上側施工分5,243mを水上側坑口から片押しで施工した。本坑はタイヤ方式、補助坑(作業坑および避難坑)と避難連絡坑はレール方式で施工した。

(2) 85m²の本坑と116m²の非常駐車帯は、油圧式8ブームガントリージャンボによる全断面掘削を行い、ずり出しは世界最大級のロードホウルダンプと20tダンプトラックを、わが国ではじめて採用した。本坑断面図を次頁に示す。

(3) 支保工の形式は、岩盤が良好な場合は全面接着タイプのロッ



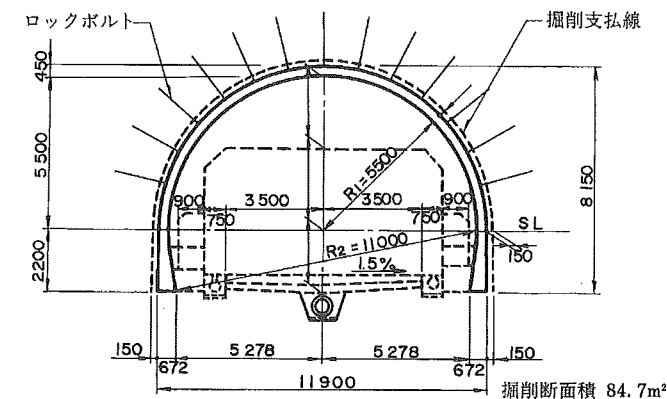
関越トンネル全体平面図



地質縦断面図



水上側坑口



本坑断面図

クボルトと金網により地山を支保し、岩盤が不良な場合は矢板工法による鋼製支保工とした。

(4) NATMの採用については、昭和53年春、補助坑において試験施工を行ったが、1.5t/分の湧水のため断念した。

(5) 本坑施工中の路盤は、アス

ファルトコンクリート舗装を行い、路盤、および走行車両などの維持管理費の節減を図った。

(6) トンネルの坑内換気は、補助坑と避難連絡坑を利用した坑道換気を行った。

(7) トンネルで使用するコンクリートと路盤材については、現場

に骨材プラントとパッチャプラントを建設し、掘削ずりを破碎して、粗骨材、細骨材の製造と本舗装の路盤材(0~40mm)についても製造し、本工事のみならず他社工事の生コン、路盤材まで供給した。

(8) トンネル掘削については大量の湧水に悩まされ、補助坑の

2,000m地点では2か月間進行が止まった。

(9) 大量の湧水は坑口で最大40t/分に達し、濁水処理設備の節約を図る目的で、坑内湧水を清水と濁水に分離して処理した。

(10) 作業立坑は、アリマック・クライマーによる切上がり掘削を行った。

(11) 本立坑の導坑掘削は、岩質不良のため、ビッグ・マンによる機械掘削を行った。

(12) 本立坑の切上げ掘削において、あと7mで貫通というときに、一次巻きコンクリートにクラックと剝離を生じ、その補強に2か月を要した。

(13) 本立坑の二次覆工は、スリップフォーム工法で打設した。

(14) 作業立坑のエレベーター設備が稼働するまでの物資輸送はへ

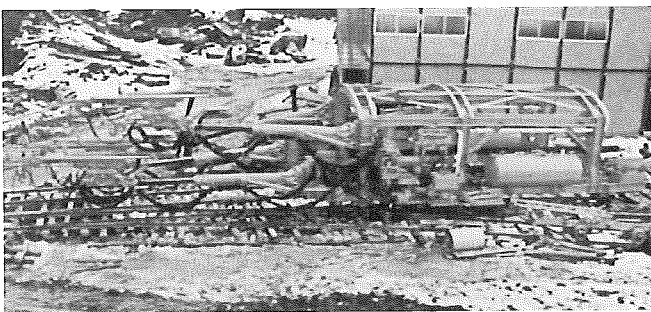
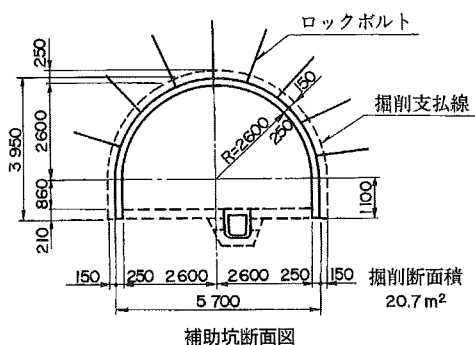
リコプターで行い、その数量は4,500tにも達した。

■補助坑

補助坑は、昭和52年11月に坑口付けを行い、約39か月を要して昭和56年2月に貫通した。谷川本谷直下(坑口から3,700m)を過ぎるまでは予想を超える多量の湧水に悩まされ、順調な掘削ができたのは、工区境部まで最後の1,000m足らずであった。

この工事が作業坑、換気横坑(合流坑)、作業立坑などの工事に影響を及ぼし、工程上苦勞する原因となった。補助坑断面図は下に示した。

補助坑は当初、本坑施工前の地質調査を目的としていたが、結果的には多量の湧水に悩まされた反面、本坑の湧水を減少させるという好結果をもたらした。



補助坑用4ブーム空圧ジャンボ



補助坑湧水状況



52年当時、わが国では研究開発途上にあり、実用化の一手手前で、参考となる実績データはなかった。しかし、ヨーロッパでは1960年代に実用化され、実績もあった。

著者とほか2名は、前年フランス・スイス・オーストリア3国に1か月、研究の目的で各国のジャンボの使用状況を見学して廻った。その結果、油圧式は空気式に比べ穿孔スピードが2倍、運転動力費が3分の1、穿孔マン数は約5分の3であり、また運転操作が容易であることなどから、未知の分野もあったが、油圧式削岩機を採用した。右にガントリー型油圧式8ブームジャンボを示す。

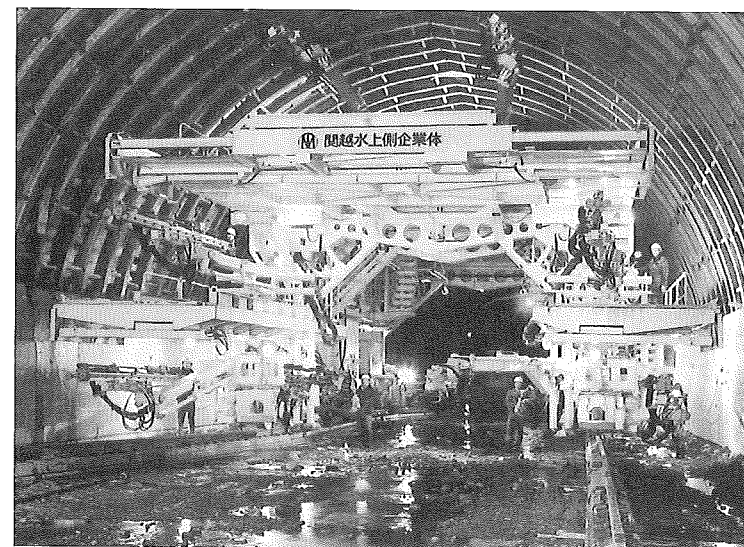
LC方式

従来、長大トンネルの施工は、換気が難しいためレール工法を採用するのが一般的であったが、掘削断面積が広く地質が安定している場合は、設備投資、および施工能率の面で有利なタイヤ工法が多くなっていた。

(1) 概要

当現場の施工条件は、タイヤ工法として必ずしも適しているとはいえなかったが、工費を節減するため試験的にその1工事の800mをガントリージャンボ8ブームと、汎用機械の積込み機・運搬機を使ったタイヤ工法で施工した。

その結果、掘進途中で地質不良箇所にも遭遇することもあったが、とくに大きな問題は少なく、また、懸念された換気についても、補助坑を利用した坑道換気を採用することで、最大風量4,500m³/分を確保する見通しがつき、その2工事



ガントリー型油圧式8ブームジャンボ



ロードホウルダンプ(7.6m³級)

以降は全面的にタイヤ工法で施工した。

その2工事では、施工能率をさらに向上させるため、ロードホウルダンプ(以下「LHD」と呼ぶ)を用いたロード&キャリア：ずり仮置き方式(以下「LC方式」と呼ぶ)を採用することにした。

以下はLC方式による長大トンネルの施工概要について述べるものである。

(2) ダンプトラックの使用計画 その1工事で試験的に11t車、

20t車を使用した。ボルボ社の20tダンプが、経済比較の結果、有利と判断されたので、地下工事専用開発されたボルボBM860を使用することに決定した。

(3) LHDの使用計画

20tダンプを使用しても、5km地点のずりを掘削サイクル内で処理するためには、12台もの台数(予備とも)が必要となるが、これの稼働時間は日進6m程度の進行では、片番10時間のうち3~4時間で、残り6~7時間は待機時間

となる。また車両の管理、運転手の人数、宿舎などいろいろと問題があり、ダンプトラックの数が少なければ少ないほど上記の問題が解決されるばかりでなく、換気設備も少なく済む利点がある。

したがって、ダンプを有効に活用して台数を減らすためには、常時ずりを運搬できる状態を作る必要がある。そのためには切羽のずりを後方に運搬・仮置きし、これをダンプトラックで坑外へ搬出する工法を採用することとした。

この結果、大型のLHDを採用することとし、アイムコ社の920C(バケット容量;山積7.6m³)に決定した。

(4) LHDの施工状況

実際にはLHDの稼働中にペイローダでダンプにずりを積込むと、LHDとペイローダが交錯して危険であり、またこの2台が同時に稼働すると、切羽の換気能力をオーバーし、換気不良となったので、LC作業中はペイローダによるダンプへのずり積みは行わず、LC作業の終了を待ってダンプへのずり積込みを開始した。

LHDの重量が40tもあるわりにはタイヤ方式のせい、あるいはバケットの長さが長いせい、突込み力が不足で、バケット一杯に積込むには時間がかかった。走行速度は前後進とも12km/hr程度で、これ以上の速度は狭い坑内では無理であったろう。

昭和54年3月、本坑切羽1,500m地点から水上側区5,243mまでの3,700m(地山量35万m³)、実運転時間4,000時間を使用した。

路盤工

タイヤ工法の問題点は、換気、および路盤の維持管理である。路盤の維持管理は湧水が多いときは、路盤の荒れにもとづく走行車両のスピードダウンによる経費増、および濁水の増加による処理薬品の増加が加わり重大問題である。

本トンネルでは路盤の維持修理費を削減するため、および余分な濁水の発生を防止する目的で、仮舗装工(サブベース150mm、アスファルトコンクリート75mm)を施工した。これにより路盤の維持補修費は皆無となり、走行車両の修理費の削減、運転手の疲労の低減に大

きな効果があった。

工事中換気

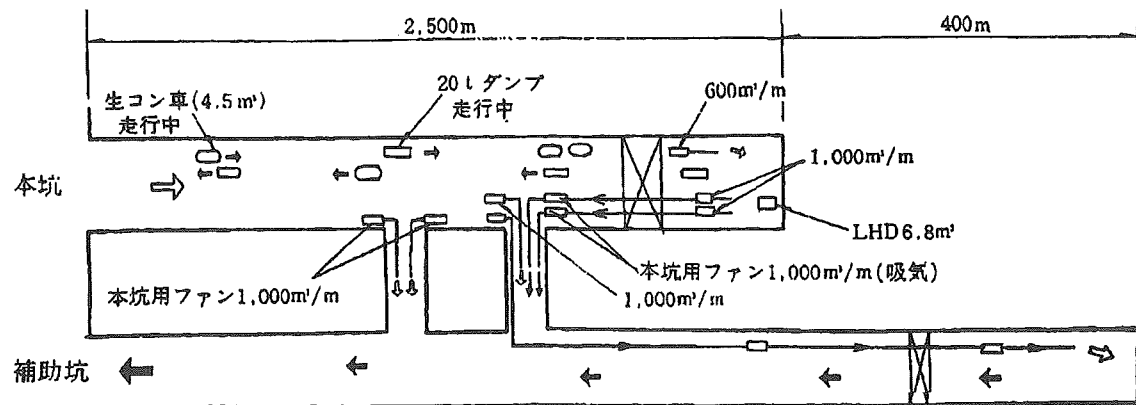
換気量の計算は、下記の3つのうち、最大のものを対象として処理すれば足りるとされていた。

- ① 発破の後ガス
- ② 内燃機関の排気ガス
- ③ 坑内作業員の呼気

関越トンネルの場合は工事中各種機械の排ガスが最大であったので、これを対象として計画した。

また、風管による換気については、送気式が良いか、排気式が良いか議論の分かれるところである。送気式の場合、本坑断面が大きいので、2,000m³/分の空気を切羽に送っても、汚染した空気の排出風速は約40cm/secであり、甚だ緩慢である。このためダンプトラックや生コン車の運転手の視界が不良になる。

一方、排気式では、新鮮な空気が坑内を切羽に向かって流れるので、風速は同じでも本坑内の視界は常に良好である。よって、排気式を採用し、φ1,000mm風管2列を設備することとした。1列は切羽の汚れた空気を、もう1つは生コン車



坑道換気方式概念図

のアイドリングなどで排出される汚染空気を対象にした設備とした。

坑道換気を行うようになって、最初のうちは空気の汚染は、それほどひどくなかったため、排気式(本坑入気、補助坑排気)を行っていた。

補助坑入気・本坑排気は、本坑切羽が2,500mを過ぎた時点で切り替えた。その理由は後方で集塵機室の掘削を行うようになり、走行車両も増え、それまでのような本坑からの入気では、本坑を走行中の車両の排気ガスが、いったん全部切羽に集まってから風管に吸い込まれるため、切羽でのLHDの使用とも重なって、切羽環境が徐々に悪化してきたからである。

風量としては、設備容量7,500m³/分、稼働率75%で5,500m³/分を計画実施した。

工事中排水

工事中排水で大きな問題は濁水処理である。本工事中ではシクナー能力10t/分でスタートしたが、昭和55年10月(進行2,200m時点)ごろが最大で、補助坑とあわせて30t/分となった。この大量の湧水に対して、シクナーの増設を最小限に抑えるため、濁水と清水を分離することにした。

清水と濁水の分離作業には、清水の強制排水と濁水の強制排水の2案が考えられる。前者は湧水の出現する場所も刻々変わり、事実上困難である。後者については、濁水の発生場所は掘削切羽、覆工箇所、排水工施工箇所の3か所に限られるため、これを強制排水した。掘削切羽でのまとまった湧水

(清水)は、清水としての処理が困難なので、切羽から排水工工事箇所までの約550m間は、すべて濁水として、強制排水を行い、覆工背面から排水工(補助坑ではU字溝、本坑では有孔ヒューム管)に流入する自然水は、pH処理だけを行った。

濁水の強制排水は当初φ250mm鉄管で行ったが、流量が10t/分しかないので開水路にすることを考え、薄鋼板4尺×8尺(1,200mm×2,400mm、厚さ=1.6mm)をU字形に加工し、40cm×40cmの水路を確保した。ジョイントにはコンプリバンドを使用した。

開水路は、本坑の方が仮舗装したこともあり、広さもあるので、安全と設置の簡易さから本坑に敷設した。

この鋼板水路は、濁水の最盛期には2列とした。補助坑内の濁水は、非難連絡坑の補助坑口側に水槽を作り、濁水をいったんこの水槽に送り込んで、この水槽からさらに本坑の鋼板水路にポンプアップした。

■谷川立坑

アプローチの困難性

谷川立坑は国立公園内にあり、工事中道路を作ることができないため、作業立坑を設置して、人員・資機材を輸送する計画であった。作業立坑は坑口から4,000m以上の位置にあり、その地点に到達するのに相当な日数を要し、かつ施工そのものも容易でなく、エレベーターが完成したのが昭和56年11月であった。それまで立坑広場の作業に必要な資機材は、ヘリコプター

で空輸せざるを得なかった。

豪雪地帯で冬期積雪は5~6mに達するので、作業期間は5月中旬にハウスを空輸建設し、11月中旬には解体撤去し下山するという非常に厳しい条件下での工事であった。

したがって、立坑工事は昭和54年に開始し、昭和59年末までの6年間を費やす困難な工事となった。

地質

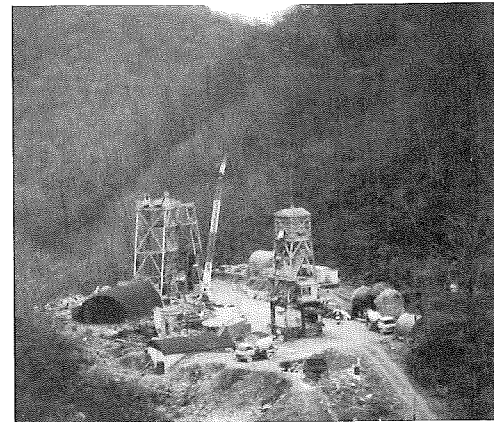
地質ボーリングの調査結果によると、本地点は谷川河床面に位置し、そのうえ上部約42mは未固結の崖錐および旧河床砂礫層があり、その中を2~6m³/分の伏流水が流れていると推定された。この区間を除き、深度150mまでは石英閃緑岩で良好であるが、坑底付近180mまでは破碎帯があり、非常に亀裂が多く、粘土も多く、コア採取率は20%、RQDは0%であった。砂礫堆積層への地盤注入

上記のような地層であり、この砂礫層には伏流水があるため施工が困難と考えられた。そこで立坑周辺の地山の強化と止水を図るために地盤注入を行った。

この地盤注入工法として、くり返し注入ができ、また再注入が可能な2重管ダブルバッカー注入工法を採用し、カーテングラウトの注入管理を適用して施工した。

立坑掘削工法の選定

立坑掘削については、国立公園であることから地表に大量のずりを処理することは許されない状況であったので、導坑を掘削し、切上げ掘削のずりを、この導坑を通して下部トンネルに落下させ、トロ



谷川立坑全景



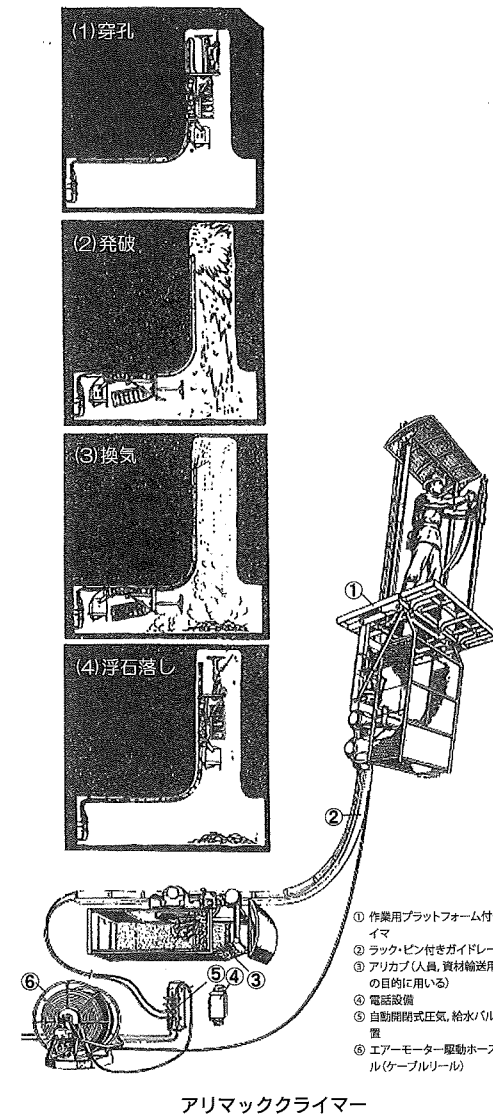
立坑資材ヘリ輸送

リーで坑外へ搬出することとした。地表部40mの崖錐は地上から迎え掘りを行い、岩盤部はアリマック・クライマーによる切上がり掘削を行うことにしたが、本坑は地質不良による不安があったため、水抜き孔からの地質再調査を実施した。その結果、かなり悪いことがわかり、安全性と施工性の問題から本立坑についてはレイズボラ工法、作業立坑はアリマック・クライマー工法で施工することに決定した。

作業立坑の掘削

クライマーによる切上がり作業要領は右の図のとおりである。掘削は1発破1.0m、昼夜2方で37日を要した。掘削延長は125.4m、断面積は2.3m×2.3mで切拡げのない1回掘削である。

測量が困難であったため貫通誤差が大きく、修正はロックボルトと金網張りで行ったが、1か月を要した。加えて金網にずりもたれかかり、大きな亀裂が発生し、湧水も多く、以後の長期間使用に対する不安があったのでモルタル吹付け(厚さ8cm)を行った。



関越トンネル水上側坑口

本立坑ずり落とし用導坑掘削

導坑掘削のうち、地表部から37mの崖錐層は深礎工法で迎え掘りを行い、それ以深は大口径岩盤掘削機(ピックマン, BM100N)を使用する機械掘削を行った。その施工方法は、立坑上部に機械を据え、下向きにφ250mmのパイロットボーリングを施工し、貫通後にリーミングカッタに取り替えて、上向きにφ1,450mmの拡孔掘削を行う方式(パイロットダウン・リーミングアップ)によって施工した。

しかし、リーミング孔が残り5.8mの位置でスクエアスタビライザーとクロスオーバーサブとの接点が破損し、ビットが坑底部に落下し、使用不能となった。そこで、残りの5.8mは人力による迎え掘りによって貫通させた。

重量4tものリーミングビットが坑底まで落下したことは不幸中の幸いであった。これが途中でひっかかってでもいたら、処理するのに苦労したことであったろう。

貫通後、立坑上部からヘリコプターで空輸した鋼管(外径1,200mm,

t=9mm, L=5.0m/1本)をクレーンで吊り下げ、溶接しながら下部トンネルまで下降させ、岩盤との隙間にはコンクリートを充填した。

本立坑の切拡げ

本立坑の掘削は、ショートステップシンキング工法で施工した。崖錐層では鋼製支保工(H-175の6ピース)で、建込み間隔1.2mごとのショートステップシンキング工法を、硬岩に入ってから鋼製支保工なしで1.5mごとのショートステップシンキング工法の施工を行った。

ジャンボは補助坑の空圧4ブームジャンボのドリフターを改造して転用した。

掘削ずりはバックホウ(0.4m²級)で鋼管から下部トンネルへ落とし、ペイロダでトロリーに積込み、坑外へ搬出した。

一次巻き覆工の変状と対策

切拡げ掘削が残り7mという地点で一次覆工にクラックが発生した。対策としてはクラック周辺地山の安定、および巻立てコンクリートの脱落防止を目的としてロック



谷川換気塔

ボルト(φ25mm, L=3m)約40本をクラックを取り囲むように打設した。クラックの発生箇所には鋼材により補強を行った。

掘削を再開したところ、クラックは広がりを見せ、さらに発破によりクラックは一次巻き覆工の最下段にまで達し、下部トンネル崩壊の危険すら感じられたため、以後の掘削を断念し、下記のような全面的な補強を行った。

- ① 6mと3mのロックボルトによる補強
- ② 下部トンネルの一次巻きコンクリートによる補強
- ③ 下部トンネル覆工背面への裏込め注入
- ④ クラック発生箇所背面への注入
- ⑤ 立坑と水平坑の接合部へのコンクリート充填とロックボルト(φ25mm, L=6m)の補強

このような補強工事を行い、昭和58年11月ようやく貫通した。

本立坑の二次覆工

二次覆工はスリップフォーム工

法で行った。

引き続き換気塔地上部(38m)の打設を行い、以後、傘部施工を行い、換気塔工事を完了した。

あ と が き

トンネル工事での湧水は厄介なものである。両トンネルともに湧水に悩まされたトンネルであった。

新丹那トンネルはレール工法であり、300mmのスパイラル管2本で排水したが、最後には管の中が泥で半分も埋まっていた。走行中の横転トロリーのドアからは、こぼれた泥水が線路を埋め、トロリーが脱線することが少なかった。

関越トンネルでは、この苦い経験から4×8鋼板で開水路を作り、

本坑の仮舗装上に設置したので、切羽での湧水そのものには悩まされたが、排水については成功したと思っている。

立坑の湧水は、どこまでもついてくるので厄介である。なにか良い工法はないものかと思っている。

今後のトンネル技術者の方々の工夫に期待したい。

施工

老朽化した下水道管を自由断面SPR工法で長寿命化

—東京都下水道 砂幹線再構築—

東京都下水道局第一基幹施設再構築事務所工事第一課長 伊藤 雄二
東京都下水道局建設部設計調整課長 新谷 康之

1 都における下水道管の再構築工法の開発

東京では、明治17(1884)年に神田地域に下水道管が敷設されてから、平成6(1994)年度末に区部で普及100%概成を達成するまで、100年以上もの年月をかけて整備されてきた。しかし今日では、初期に整備された施設を中心に、老朽化が進行している。このため、東京都下水道局では、老朽化対策および雨水排除能力の向上などを合わせて行う、下水道施設の再構築に取り組んでいる。

下水道施設の中でも、家庭や事業所から排出された下水の流れる下水道管は、道路下に敷設されており、都民にとってもっとも身近な下水道施設といえる。その一方、老朽化が進めば、下水道管が腐食、破損し、その破損部分から土砂が下水道管内に引き込まれ、地上の道路が陥没する恐れがある。実際に、東京都区部では年間約1,000件もの道路陥没が発生しており、その対策が求められている。

しかし、都市部における下水道管の老朽化対策は容易ではない。下水道管は自動車などの交通量の多い道路下に埋設されており、開削工事を行えば、交通や沿道住民に少なからず影響を及ぼすこととなる。さらに、24時間、都市活動や都市生活が営まれており、下水の流れを長時間止めて工事を行うこともできない。とくに、幹線とよばれる大口径の下水道管は、その規模の大きさから、開削

工法による更新・改築は非常に困難な状況である。

東京都下水道局では、普及100%概成を迎えつつあった昭和60年ごろより、民間企業と連携して、下水の流れを止めることなく、非開削で施工が可能な工法として、SPR工法を開発した。当初は小口径の円形管を対象としていたが、平成10年代には大口径の非円形管に適用可能な自由断面SPR工法を開発した。この自由断面SPR工法は、その後今日に至るまで、大口径の下水道管の再構築にとって欠かせない工法となっている。

本稿では、この自由断面SPR工法による再構築の一例として、主要な下水道管の幹線のひとつである、砂幹線の再構築工事を紹介する。

2 工事概要

2-1 工事概要

工事件名：砂幹線再構築工事

工事場所：東京都足立区千住東一丁目、千住関屋町、千住曙町

工期：平成23年2月14日～

平成23年12月7日

2-2 工事内容

砂幹線は、東京都区部の東部に位置する足立区や墨田区、江東区の下水を收容し、水再生センターへと流下させる大口径の下水道管の幹線である(図-1)。

おおむね昭和30年代に整備され、内径500～

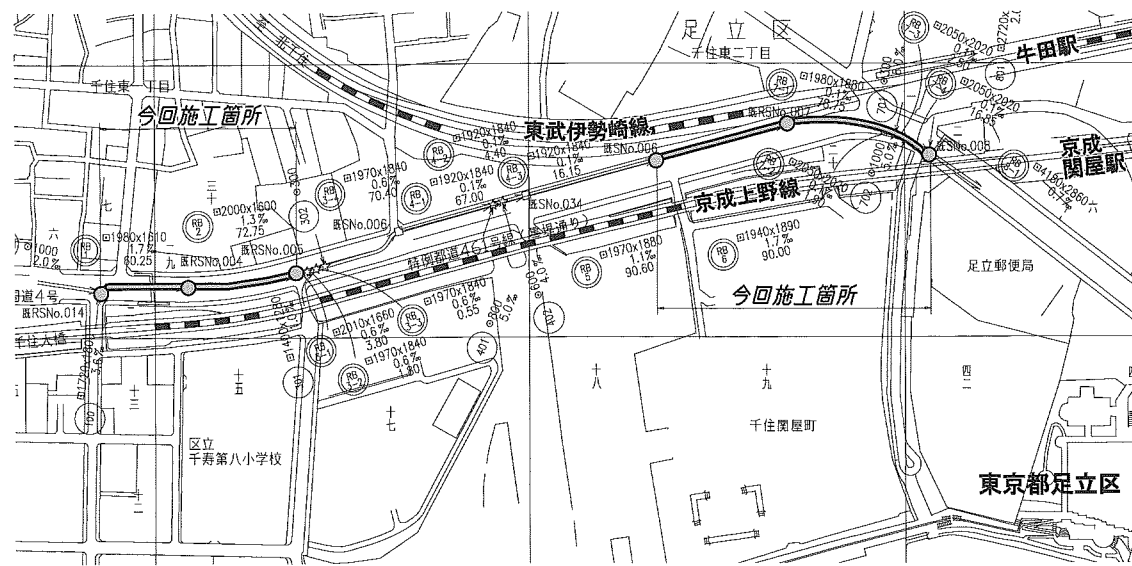


図-1 系統図

表-1 工事内容

工 法	管渠内面被覆工法-製管工法 (自由断面SPR工法)
路 線 延 長	約322.50m
製 管 延 長	約318.00m
既 設 管 断 面	矩形 2,130mm×1,860mm~ 矩形 2,390mm×2,220mm
更 生 管 断 面	矩形 1,980mm×1,610mm~ 矩形 2,050mm×2,020mm
FRP 積層仕上げ工	7か所
既設人孔改造工	5か所
取付管およびます工	2か所

6,000mm, 延長は約12kmである。整備後、既に耐用年数50年がほぼ経過し老朽化が進んでおり、その対策が必要な状況となっていることから、平成22年度より自由断面SPR工法による再構築工事を進めている。本稿では、そのうち現在進行中の工事を紹介する(表-1)。

3 自由断面SPR工法とは

自由断面SPR工法は、矩形、馬蹄形、石積み渠、卵形など、あらゆる断面形状の下水道管に対して更生することが可能な工法である(表-2)。既設管と相似のガイドフレームに沿って自走式製管機のローラーが回転しながら既設管内を自走し、プロファイル(W形またはU形スチール補強材併

表-2 自由断面SPR工法の適用範囲

既設管の断面形状	非円形管
既設管の適用管径	900~6,000mm
製管可能延長	~500m

用)を所定の断面に製管形成する。資機材などは既設のマンホールから投入し、更生工事自体、非開削で行うことができる。さらに、水深30cm程度までの下水が流下するなかであっても、プロファイルの嵌合などの施工を着実に行うことができる工法である。

4 施 工

4-1 施工環境

- ① 当工事の施工区域は、足立区千住東一丁目、千住関屋町、千住曙町にあり、都道(墨堤通り)に位置している。墨堤通りは、昼間の交通量が多く、その幅員は、15~16mの片側2車線である。施工箇所の道路は昼間の交通量が多いため全路線、深夜間施工とした。
- ② 工事始点付近は、千寿第八小学校が近くにあり通学する児童が多く、工事終点付近は、京成本線京成関屋駅および東武伊勢崎線牛田駅がある。とくに朝夕は乗換えの通勤客で混雑している。
- ③ 墨堤通りは他企業の工事も頻繁に行われて

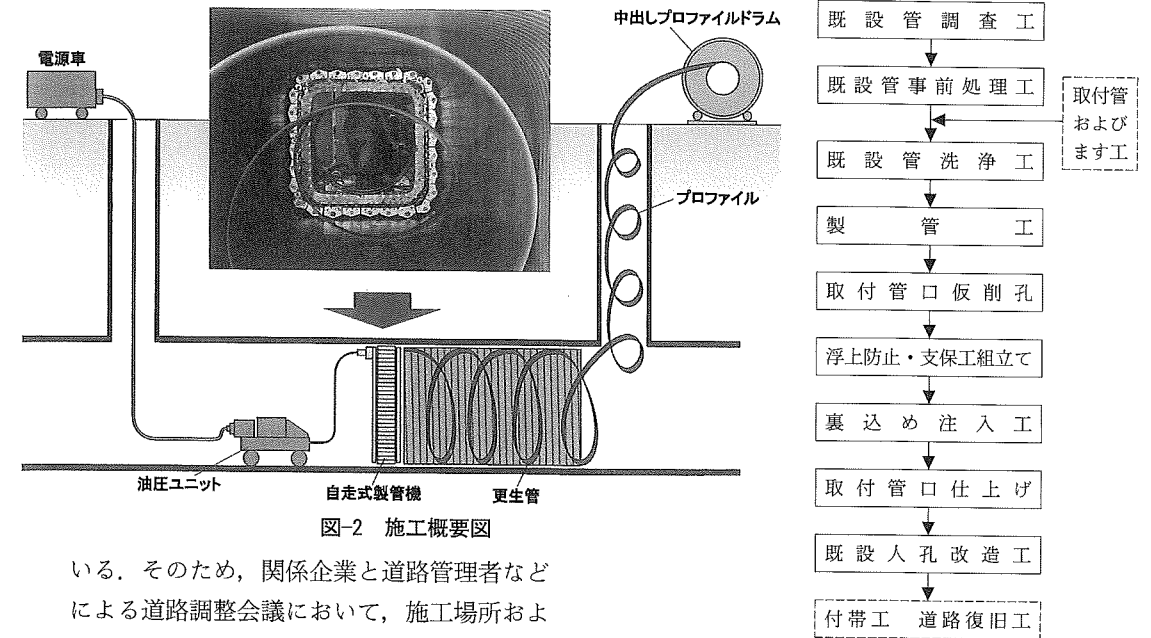


図-2 施工概要図

いる。そのため、関係企業と道路管理者などによる道路調整会議において、施工場所および施工時期を綿密に調整したうえで施工している。

- ④ 管内の水位は、平常時でも水深約20~30cm程度ある。下水道管の更生工法のうち、汚水を流しながら既設管を更生することができる工法として、SPR工法での施工が適している。

4-2 工事の流れ

工事の流れを説明する(図-3)。

- (1) 既設管調査工
工事の着手にあたり、既設管渠の調査を行う。路線延長、内空寸法、高さ、老朽化の程度(漏水およびクラックなどの有無)および管内の障害物などを確認する。同時に取付管および流入管の有無、その状態も確認する。
- (2) 既設管事前処理工
既設管調査で確認された漏水およびクラックの処理などを行い、また、管内堆積土砂などを撤去する。既設管渠の管底の凹凸についてレベリング処理を行い、製管工に支障がない状態にする。
- (3) 既設管洗浄工
高圧洗浄車により、既設管の表面の付着物を取り除き、目視により突起物および障害がないことを確認する。

(4) 製管工

製管機を人孔から搬入し内部で組立てを行い、既設管内にプロファイル(硬質塩化ビニル製の帯)を巻きつけ(嵌合)ながら製管を行う。原則として上流から下流に向かって施工する。

(5) 取付管口仮削孔

製管機が通過後、ただちに取付管および流入管部分を仮削孔して汚水の流入を阻害しないように、また、既設管と更生管のクリアランスに汚水が流入しないようにする。

(6) 浮上防止・支保工組立て

裏込め注入による更生管の浮上および変形防止のために支保工を組立てる。

(7) 裏込め注入工

車上プラントで練り混ぜたSPR裏込め材2号を注入ホースで管内に圧送して既設管と更生管のクリアランスに注入圧を管理しながら注入する。1スパン長約30mごとに3回に分けて注入する。

(8) 取付管口仕上げ

仮削孔した取付管および流入管部分を塩ビ管で

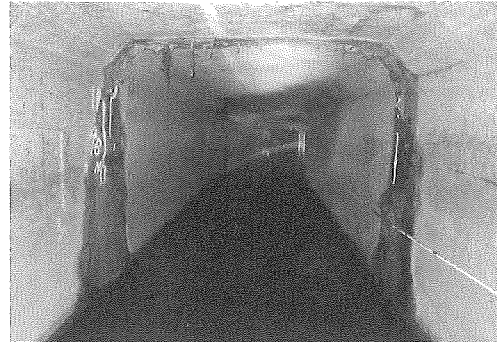


写真-1 施工前

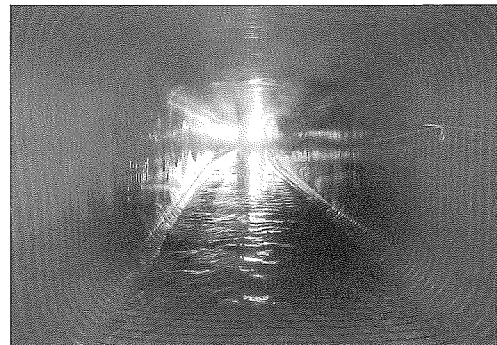


写真-2 施工後

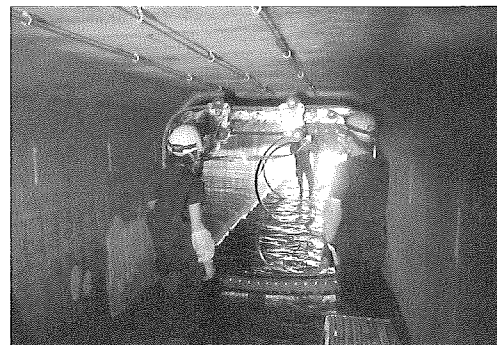


写真-3 製管状況(管内)

接続し、更生管内面に飛び出さないように仕上げる。

(9) 取付管およびます工

地上部から埋設物に注意しながら路面を掘削し、取付け管および汚水ますを撤去・新設する。

5 当該現場における課題と対応策

5-1 劣化した下水道管への対応

砂幹線は完成してから約50年経過した現在も活躍している。



写真-4 製管状況(地上)



写真-5 支保工組立て完了(管内)

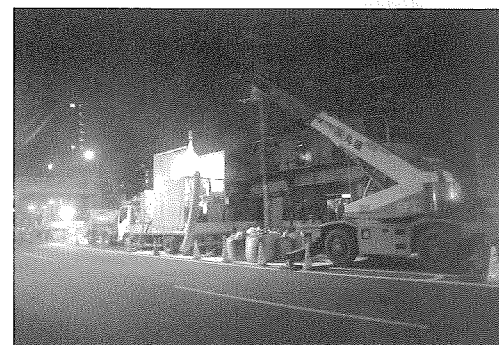


写真-6 裏込め注入状況(地上)

約50年経過しているため、打継ぎ目からの漏水、鉄筋の露出、躯体表面のクラックなどが多く確認された。下水道管を更生するにはこの劣化を事前に補修する必要がある。

5-1-1 事前処理工(図-4)

(1) クラック処理

コンクリート表面をVカットし、急結セメントで仕上げる。

(2) 鉄筋露出処理

鉄筋表面をブラッシングして防錆剤を塗布する。

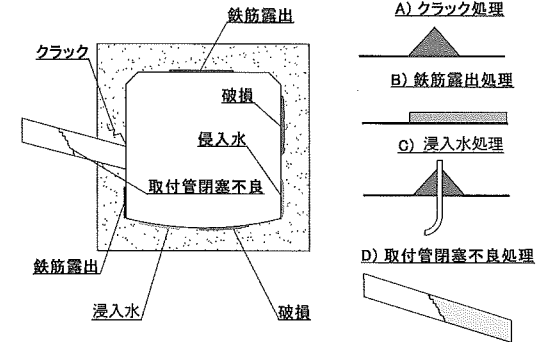


図-4 事前処理の概要図



写真-7 打継ぎ目からの漏水



写真-8 鉄筋の露出

(3) 浸入水処理

コンクリート表面をVカットし、急結セメントでシールしてゴムホースに導水する。内面被覆完了後、ゴムホースにウレタン系止水剤を注入して止水する。

(4) 取付管閉塞不良処理

既設管に型枠を取り付けて発泡モルタルを注入する。

その際、エア抜き管を取り付けて、そこから発泡モルタルをリークさせて充填を確認する。



写真-9 クラック状況



写真-10 止水処理状況

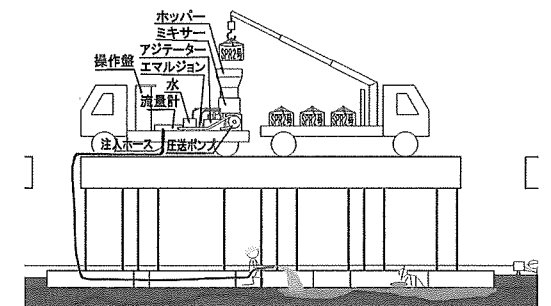


図-5 レベリング工の概要図

5-1-2 レベリング工(図-5)

既設管のインパート部が不等沈下および老朽化などの影響で凹凸(5~10cm程度)があり、製管工の勾配調整のため、SPR裏込め材2号を打設した。

下水道管内において、レーザー照射器を用いて高さを測量し、一定勾配になるように高さを調整した。

5-2 活着している下水道管での施工

既設下水道幹線での施工であるため、堆積した土砂や流れている汚水への対応が必要であった。

5-2-1 堆積土砂の撤去(図-6)

管内にある堆積土砂を人力で集積し、バキューム車で吸上げ処理を行った。

5-2-2 流れている汚水への対応(図-7)

既設管の底盤部の作業にあたり、汚水の流れを阻害しないように片側ずつ仮締切りを行い、水替えしながら施工している。

1回の施工延長を30~40mとし、2日間で1スパンを施工している。

5-3 周辺環境への配慮

当該路線は交通量の多い墨堤通りでの施工であり、道路交通および沿道住民への配慮が重要な課題となっていた。そのため、以下のような対応を進めた。

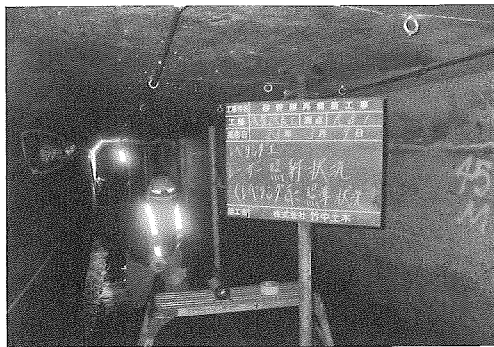


写真-11 レーザー照射状況

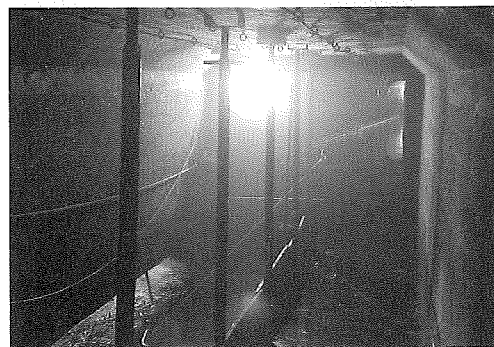


写真-12 レーザー照射状況

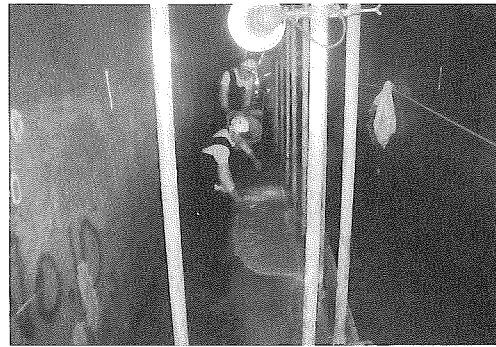


写真-13 レベリング状況

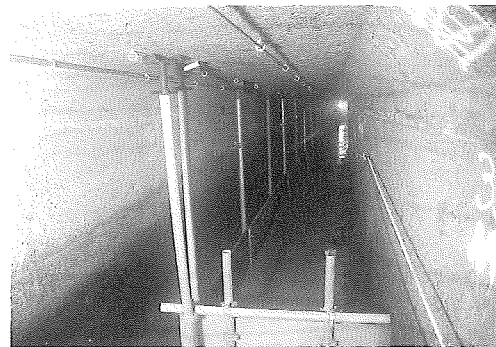


写真-14 レベリング完了

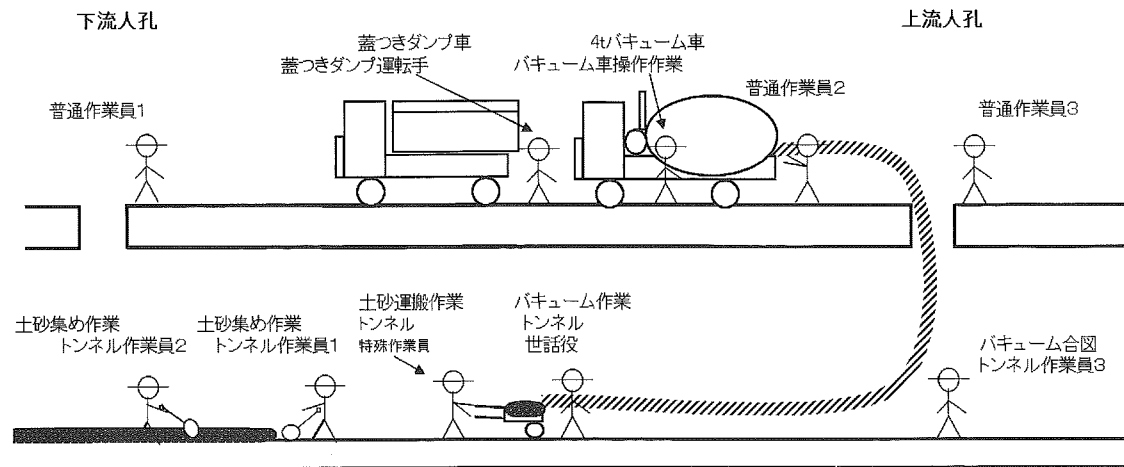


図-6 堆積土砂撤去の概要図

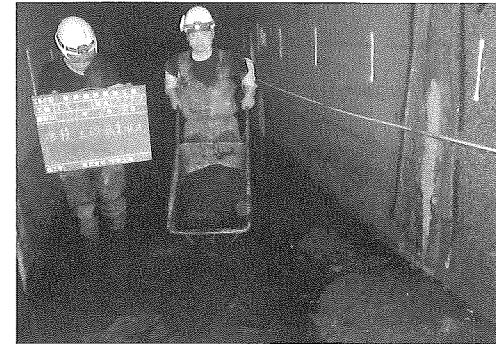


写真-15 集積状況

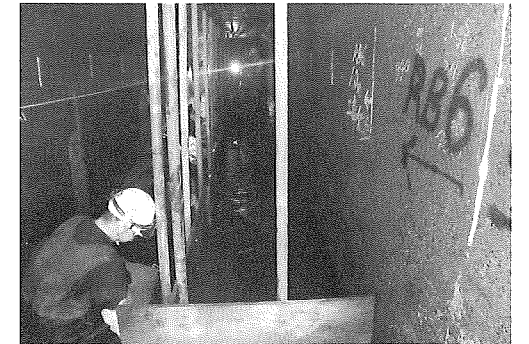


写真-17 仮締切りの状況

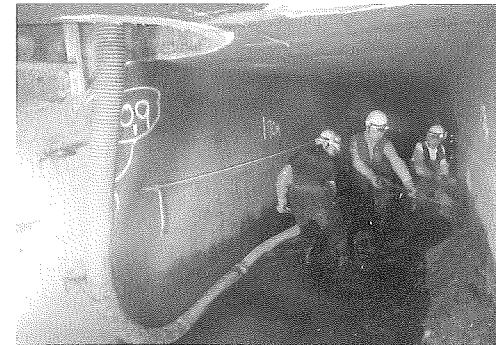


写真-16 吸引状況

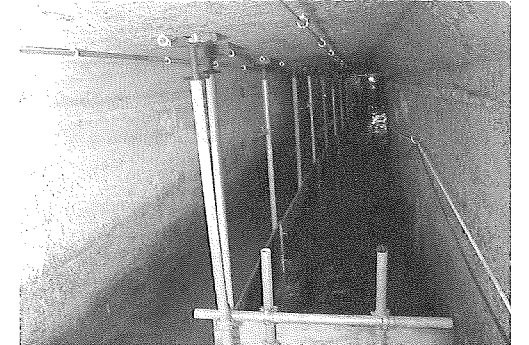


写真-18 仮締切り完了

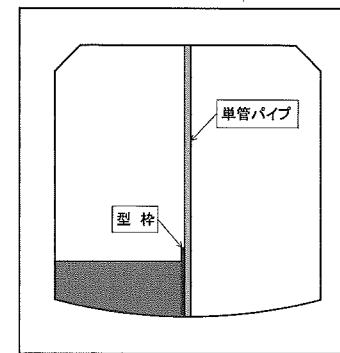


図-7 締切り図



写真-19 防音シート設置状況

- ① SPR工法の特徴である路面掘削を行わないで施工できるということから、開削工事による埋設物の損傷および舗装面の沈下などがなく、工事後の即時解放が可能になった。
- ② 墨堤通りの昼間の交通量は非常に多く、東武伊勢崎線の踏切もあるため、昼間施工では交通渋滞を引き起こす可能性が多いと考えられた。そこで施工を夜間に行うことで交通がスムーズになった。
- ③ 工事着手前に地元住民に「工事のご案内」

を配布して工事に対するご理解をいただいた。

- ・近隣への騒音対策として、高圧洗浄車に防音シートを取り付けた。
- ・モルタルの飛散防止対策として、集塵機の設置、飛散防止シートおよびカバーを取り付けた。

5-4 雨天時の安全確保

東京都区部の下水道管はその8割が汚水と雨水を同時に収容する合流管であり、雨天時には急激に幹線の水位が上昇する。雨天時には、作業員の



写真-20 集塵機設置状況



写真-21 飛散防止シート

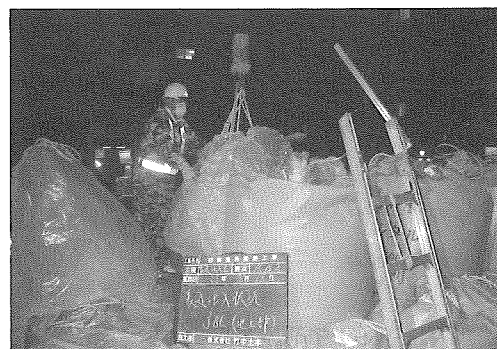


写真-22 モルタルカバー

避難が水位上昇の前に行われるなどの安全対策が必要である。

東京都下水道局は、雨天時の安全対策を徹底するため、雨天時に雨水の流入・増水による影響を受ける地下工事を対象に「一滴ルール」を確立し、

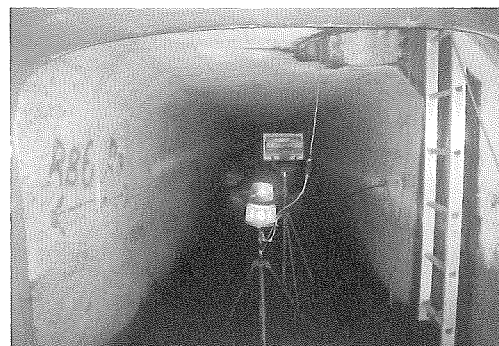


写真-23 ブザー付き回転灯



写真-24 自動水位センサー

実施している。本工事は「一滴ルール」適用工事として、この基準を遵守している。

5-4-1 一滴ルールとは

- ① 当該施工箇所一滴でも雨が降っていれば、作業は開始しない。また、作業中であれば即時作業を中断し、一時地上に退避する。
- ② 当該施工箇所にかかわる気象区域に、注意報または警報が発令された場合、作業は開始しない。また、作業中であれば即時作業を中断し、一時地上に退避する。
- ③ 工事の開始および再開にあたっては、当該施工箇所一滴でも雨が降っていないこと、また、該施工箇所にかかわる気象区域に、注意報または警報が発令されていないこと。また、平常水位と変わらないことが確認できた場合を条件とする。

5-4-2 現場における安全対策

東京都下水道局および施工者が合同で安全施工検討会議を行い、事前に想定される危険因子を抽出し、その対策を立案した。

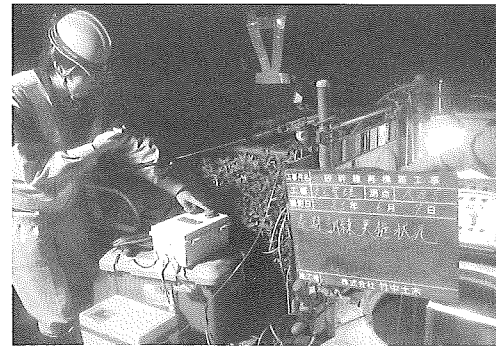


写真-25 退避訓練

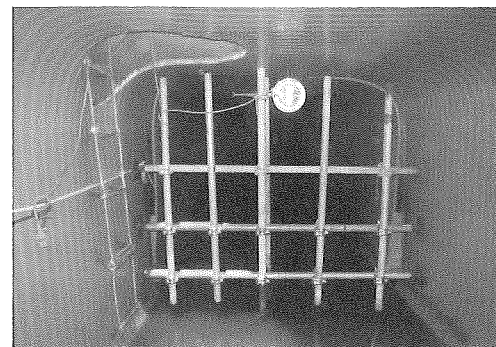


写真-26 流出防止柵

集中豪雨などにより管内水位の急激な上昇(平常水位+10cm以上)に伴う人員退避の遅れ(人的災害)や資材などの流出災害(物的災害)が考えら

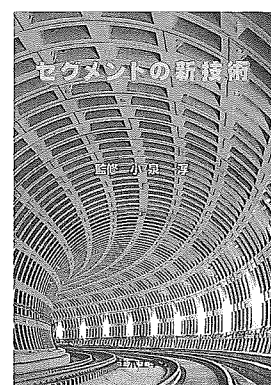
れるため、以下の内容により雨天時の安全を確保することとした。

- ①作業中止基準の明示、②地上気象監視員の配置、③気象監視用携帯電話による気象情報の早期入手、④ブザー付き回転灯の設置、⑤自動水位センサーの設置(平常水位+10cm)、⑥下流側退避人孔に流出防止柵の設置、⑦月1回以上の退避訓練の実施

6 今後の課題と取り組み

非円形管を対象とする自由断面SPR工法をはじめ、下水道管の更生工法として、SPR工法は広く国内で使われている。平成22年度末までに、東京都区部で約280kmを含め、全国で約700kmの施工実績がある。さらに、最近では水ビジネスの国際貢献として、シンガポールなど8の国と地域で約50kmの実績もあげている。当局が開発に関与した技術が国際的に活用されていることは、技術で現場の職務に携わる者として誇らしいものと考えている。

今後も、さまざまな課題に対して、創意工夫、技術開発を進め、東京の下水道の老朽化対策などに取り組んでまいり所存である。



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。



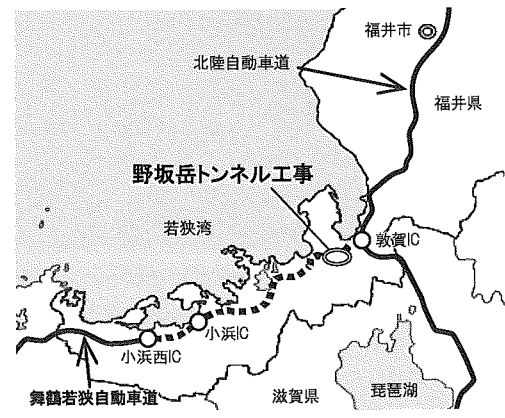
「はじまりの場所」港まち敦賀より

森川 淳 司

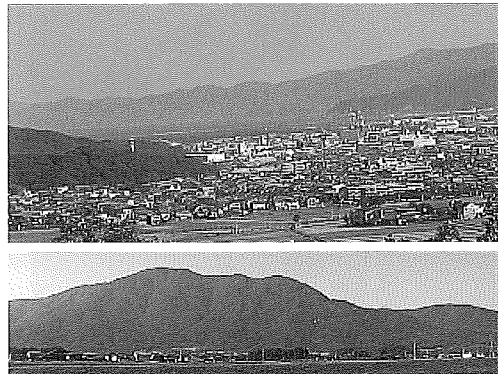
敦賀の「はじまり」。それは敦賀が海と人をつなぐ位置にあることが大きくかかわっている。古代から朝鮮半島や中国大陸との交流が盛んで、古代三関の一つ「愛発の関」や渤海国からの使節を迎えるための「松原客館」が置かれるなど、海陸交通の要地として、また、江戸時代には流通の要として北前船が往来し、明治後期から昭和初期には、大陸や日本海沿岸の地域を結ぶ玄関口として栄えた、異国情緒漂う面影を色濃く残す街である。なお、近代において、日本海側で最初に鉄道が開通したのも敦賀だそうだ。そして現代では港と中京・京阪神を結ぶ拠点として更なる発展が期待されている。

現在建設中(一部区間供用中)の舞鶴若狭自動車道は、大阪府吹田市を起点として、中国自動車道の吉川ジャンクションから分岐し、福知山市、舞鶴市、小浜市を経て、福井県敦賀市の北陸自動車道に至る高速道路である。若狭湾沿岸を走る一般国道27号は、海水浴シーズンになると交通渋滞が発生し、また、阪神大震災の際には、通行止めとなった名神高速道路の迂回路として利用された。この高速道路建設事業は、地元としても交通混雑の緩和とともに、産業の振興、文化交流のルートとして期待されている。

本工事は、舞鶴若狭自動車道のうち、福井県三方郡美浜町太田～敦賀市長谷間において総延長4,137m区間を建設するもので、そのうち延長2,270mのNATM



位置図



(上)現場から敦賀市街・若狭湾を望む (下)野坂岳

トンネルが主体の工事である。

今回トンネル工事を行っている野坂岳は、野坂山地に属する同山脈の主峰であり「敦賀三山」(野坂岳、西方ヶ岳、岩籠山)の一つである。敦賀市南西部にそびえ、市内どこから見てもその姿を変えないことから自然のランドマークになっている。

俗に「敦賀富士」とも呼ばれ、名勝・柴田氏庭園ではその姿が借景されている。富士山を思わせる山容は、往来する人々にも強い印象を与えたようで、平重盛らが野坂岳について歌を詠んでいる。また、野坂岳は山岳信仰の対象となっていた時代があり、今も山頂には野坂権現の祠が祀られているそうだ。

工事は現在、トンネル延長2,270mのうち1,600m付近を掘削中だが、脆弱な地質と大量湧水により山の最深部に至っても各種補助工法を併用しながらの掘削を余儀なくされている。

トンネル掘削を開始した平成21年4月より約2年半が経過したが、残延長670mには小土かぶり区間、沢地形など、現状よりはるかに悪い地質が想定される。

今後は、これまでに得られたデータを解析、掘削にフィードバックさせることにより適切な補助工法を選定しながら掘削を進めていくとともに、発注者、関係各位のご指導をいただき、残り工事、無事故無災害で竣工を迎えるべく作業所職員・作業員一同全力で取り組んでいきたい。

(株)銭高組舞鶴若狭自動車道野坂岳トンネル作業所長)

あけまして おめでとうございます

平成24年 元旦

- | | | |
|-----------------|-------------------|-----------------------------------------|
| 青木あすなろ建設株式会社 | 日本基礎技術株式会社 | 株式会社小松製作所 |
| 岩田地崎建設株式会社 | 株式会社間組 | サンドビックマイニング
アンドコンストラクション
ジャパン株式会社 |
| 株式会社大林組 | 前田建設工業株式会社 | JFEシビル株式会社 |
| 株式会社奥村組 | 吉岡建設株式会社 | 株式会社ジャベックス |
| 鹿島建設株式会社 | | 株式会社スターロイ |
| 株式会社キハラコーポレーション | 株式会社演算工房 | 大栄工機株式会社 |
| 木部建設株式会社 | 国際航業株式会社 | 電気化学工業株式会社 |
| 株式会社熊谷組 | 株式会社ドーコン | 日豊株式会社 |
| 佐藤工業株式会社 | パシフィックコンサルタンツ株式会社 | 古河ロックドリル株式会社 |
| 清水建設株式会社 | メトロ開発株式会社 | 北陸鋼産株式会社 |
| 新日本開発株式会社 | 株式会社ロード・エンジニアリング | 株式会社マシノ |
| 大成建設株式会社 | | 株式会社三井三池製作所 |
| 大豊建設株式会社 | アトラスコブコ株式会社 | 三菱重工メカトロシステムズ株式会社 |
| 株式会社竹中土木 | カヤク・ジャパン株式会社 | 三菱マテリアル株式会社 |
| 戸田建設株式会社 | カヤバシステムマシナリー株式会社 | ヤマモトロックマシン株式会社 |
| 飛鳥建設株式会社 | 株式会社ケー・エフ・シー | |
| 西松建設株式会社 | | |

(掲載順)

謹 賀 新 年

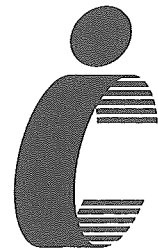


青木あすなる建設

AsunaroAoki

代表取締役社長 市木 良次

〒105-0014 東京都港区芝二丁目14番5号 Tel (03)5419-1011



IWATA CHIZAKI

岩田地崎建設株式会社

代表取締役社長 岩田 圭剛

本 社 札幌市中央区北2条東17丁目2番地 TEL (011)221-2221

支 店 東北・東京・名古屋・大阪・広島・九州

営業所 旭川・函館・帯広・釧路・苫小牧・横浜・千葉・新潟・神戸・四国・台湾

URL <http://www.iwata-gr.co.jp/>

謹 賀 新 年

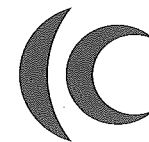


株式会社キハラコーポレーション KIHARA CORPORATION SINCE 1899



代表取締役社長 塚谷 秀男

《本 社》 福井県越前市大虫町第7号2番地 TEL.0778-24-2200 (大代)
《東京支店》 東京都港区西新橋三丁目4番1号 TEL.03-3436-4900 (代表)
《URL》 <http://www.kihara-corp.co.jp/>



木部建設株式会社

代表取締役社長 木部信敏

〒180-0005 東京都武蔵野市御殿山1丁目6番10号
TEL 0422-48-7221 FAX 0422-47-6967



URUP工法 発進!

地上発進・地上到達! シールド工法が変わる!

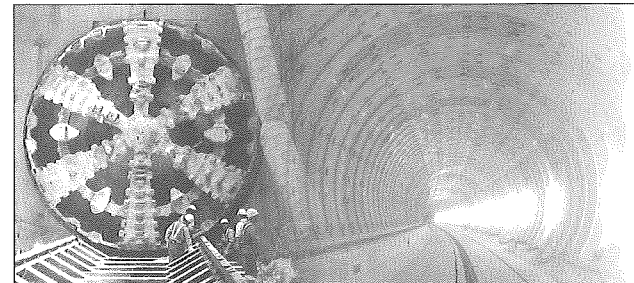
- さがみ縦貫川尻トンネル工事
- 中央環状品川線大井地区トンネル工事
- 東関東自動車道 谷津船橋インターチェンジ工事
- 田原第2幹線三河湾横断シールド工事



地球に笑顔を

大林組

代表取締役社長 白石 達
〒108-8502
東京都港区港南2-15-2
TEL.03-5769-1111
URL <http://www.obayashi.co.jp>



奥村組

OKUMURA CORPORATION

代表取締役社長 奥村 太加典

本社:大阪市阿倍野区松崎町2-2-2 TEL:06(6621)1101 東京本社:東京都港区芝5-6-1 TEL:03(3454)8111 www.okumuragumi.co.jp

人と地球の未来を考える



熊谷組

取締役社長 大田 弘

〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2番1号 TEL:03-3260-2111

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

お渡しするのは「建設品質。」です。



佐藤工業

代表取締役社長 山田 秀之

〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-19 TEL (03)3661-0502

100年をつくる会社。

鹿島

代表取締役社長 中村 満義

本社 東京都港区元赤坂1丁目3番1号

電話 東京 03 (5544) 1111 (代)

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

子どもたちに誇れるしごとを。



清水建設

取締役社長 宮本 洋一

〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3(シーバンスS館) TEL (03) 5441-1111

謹 賀 新 年

新しい技術とコストの提案/次世代への挑戦



新日本開発株式会社



新日本エンジニア株式会社

グループ代表 箕 井 伸

大阪本社 〒550-0012 大阪市西区立売堀 2-4-19 代表Tel06-6543-1175
(営業所/出張所)和歌山・兵庫・東京・沖縄 (工場/倉庫)大阪・沖縄

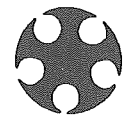


大成建設株式会社

代表取締役社長 山 内 隆 司

〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 電話 (03) 3348-1111

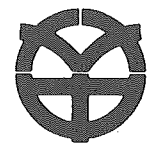
信頼に応える確かな技術



大豊建設株式会社

代表取締役 水 島 久 尾

〒104-8289 東京都中央区新川1丁目24番4号
電話 東京 03(3297)7000



人と地球の架け橋に

株式会社 竹 中 土 木

取締役社長 竹 中 康 一

〒136-8570 東京都江東区新砂1-1-1 TEL.03(6810)6200
<http://www.takenaka-doboku.co.jp/>

人がつくる。人でつくる。



戸田建設株式会社

代表取締役社長 井 上 舜 三

本社/〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1 Tel:(03)3535-1354 <http://www.toda.co.jp/>

謹 賀 新 年

防災のトビシマ

建ててから始まる真のお付き合い

飛島建設株式会社

代表取締役社長 伊藤 寛治

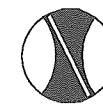
本社/〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 Tel.044-829-6750 URL <http://www.tobishima.co.jp>



西松建設

代表取締役 近藤 晴貞

東京都港区虎ノ門1丁目20番10号 TEL 03(3502)7648 〒105-8401



日本基礎技術株式会社

JAPAN FOUNDATION ENGINEERING CO.,LTD.

代表取締役社長 中原 巖

東京本社 〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町15番17号 TEL 03(3476)5701 FAX 03(3476)4551
本 社 〒530-0037 大阪市北区松ヶ枝町 6 番22号 TEL 06(6351)5621 FAX 06(6355)2077
URL : <http://www.jafec.co.jp>

Hazama

代表取締役社長 小 野 俊 雄

〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5 Tel. 03(3588)5700



前田建設工業株式会社

代表取締役社長 小 原 好 一

本 社/東京都千代田区猿楽町 2-8-8 猿楽町ビル ☎ 03 (3265) 5551 (大代)

謹 賀 新 年

吉岡建設株式会社

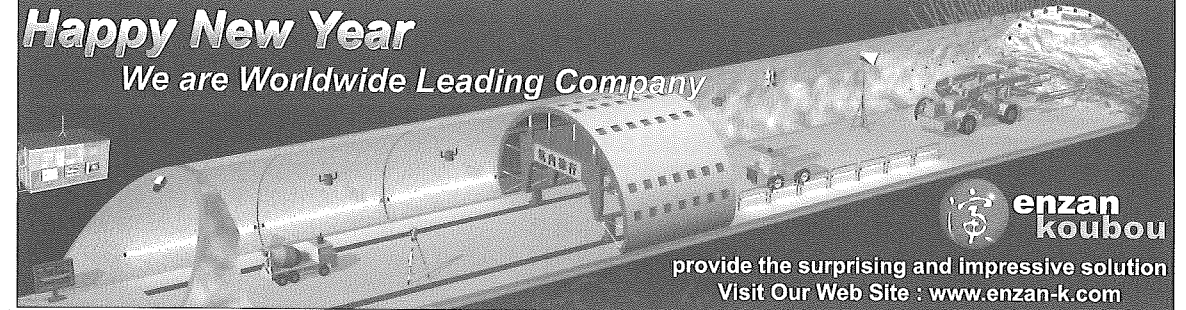
代表取締役社長 吉岡 隆一

〒569-1136 大阪府高槻市郡家新町41番2号
TEL 072(681)1861(代) FAX 072(681)1866

謹 賀 新 年

Happy New Year

We are Worldwide Leading Company



enzen
koubou

provide the surprising and impressive solution
Visit Our Web Site : www.engan-k.com



国際航業株式会社

「地球とずっと。」語り合い、「地球とずっと。」生きる。

代表取締役社長 中原 修

本 社 〒102-0085 東京都千代田区六番町2番地 TEL 03-3262-6221(代)

総合建設コンサルタント



Docon

株式会社ドーコン

代表取締役社長 平野 道夫

本 社 〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号 TEL.011-801-1500 FAX.011-801-1600
<http://www.docon.jp>

総合建設コンサルタント



パシフィック コンサルタント株式会社

代表取締役社長 長谷川 伸一

本 社 〒206-8550 東京都多摩市関戸1丁目7番地5 TEL 0423(72)0111



Metro Kaihatsu

メトロ開発株式会社

代表取締役社長 矢萩 秀一

都市トンネル 土木・建築・設備の 海外都市鉄道の 近接施工の 流動化処理土の 構築補修
に関する 設計・施工監理 コンサルタント業務 設計・計測管理 製造販売 土木工事

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町11番9号日本橋小伝馬町ビル 電話03(5847)7800

謹 賀 新 年



トンネル本体工設計・設備設計, トンネル点検・補修設計, トンネル現場診断

株式会社 ロード・エンジニアリング

本 社	〒116-0013	東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号	TEL 03(3891)0711	FAX 03(3891)0701
大 阪 支 店	〒569-1133	大阪府高槻市川西町2丁目21番38号	TEL 072(691)0711	FAX 072(691)0711
福 岡 支 店	〒812-0011	福岡市博多区博多駅前4丁目25番14号	TEL 092(436)1588	FAX 092(436)1589
仙 台 営 業 所	〒981-0962	仙台市青葉区水の森2丁目8番23号	TEL 022(727)9591	FAX 022(727)9590
新 潟 営 業 所	〒951-8062	新潟市中央区西堀通3丁目719番1号4F	TEL 025(201)8143	FAX 025(201)8144
沖 縄 営 業 所	〒901-2122	沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号	TEL 098(870)6411	FAX 098(870)6412

謹 賀 新 年



アトラスコプコ株式会社

土木鉱山機械事業部

取扱製品: トンネルジャンボ, クローラドリル, ロッド・ビット, ロックボルト, 油圧ブレーカ
〒105-0014 東京都港区芝2-13-4 住友不動産芝ビル4号館11F ☎(03)5765-7890

産業用火薬類の製造・販売

アルテックス、ランデックス、ANFO爆薬、耐静電気雷管
EDD、導火管付き雷管、黒色火薬、NRC (非火薬破砕剤)



カヤク・ジャパン株式会社

東京都墨田区横網1-6-1 TEL. 03-5637-0901

北海道営業部: 0125-55-2323 東北営業部: 022-265-0203 東日本営業部: 03-5637-0903
名古屋担当: 052-586-1373 西日本営業部: 06-4863-7821 九州営業部: 092-526-2112



カヤバシステムマシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

代表取締役社長 石井 英勝

〒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) 5733-9441

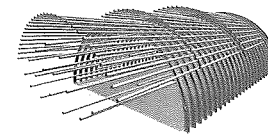
[取扱製品] ブームヘッダー型トンネル掘削機, ミゼットマイナー型トンネル掘削機,
ブームカッターシールド掘進機, シャフトヘッダー(立坑掘削機), HEP

ロックボルト FIT工法 Me工法 防水シート



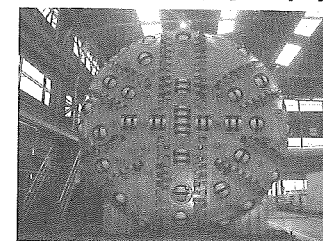
株式会社 ケー・エフ・シー

土木資材事業部



〒135-0064 東京都江東区青海2丁目4-32 TEL03-3570-5223 FAX03-3570-5233
〒530-0047 大阪市北区西天満3丁目2-17 TEL06-6363-1884 FAX06-6313-0755
<http://www.kfc-net.co.jp/>

地下空間を開拓するコマツのトンネル機械



国内販売本部地下建機営業部
〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6
TEL03(5561)2725
FAX03(5561)2905

KOMATSU

謹 賀 新 年



サンドビック マイニング アンド
コンストラクション ジャパン株式会社

〒222-0033 横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6F
TEL.045-478-0662 FAX.045-478-0661

取扱製品：トンネルジャンボ、クローラドリル、ブレーカ、ローダ、ロードヘッダ、ツインヘッダ、ロッド・ビット ほか

謹
賀
新
年



JFE シビル 株式会社

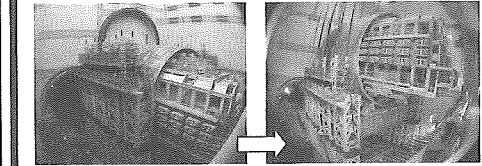


スーパージャックシステム

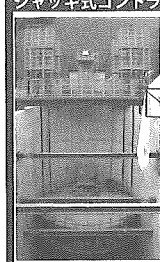
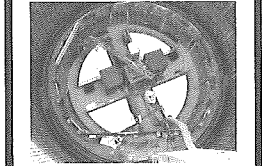
〒111-0051 東京都台東区蔵前2丁目17番4号
都市基礎営業部 特殊工法営業グループ
TEL.03-3864-5293 FAX.03-3864-3735
http://www.jfe-civil.com/tokkou/index.html

立坑向け
ジャッキ式ゴンドラ

1500tシールドマシンリフトアップ



立坑スリップフォーム工法



JAPEX
株式会社ジャペックス

取扱製品

- 爆薬 ■含水爆薬 ■ダイナマイト ■硝安油剤爆薬
- 火工品 ■電気雷管 ■導火管付き雷管 ■導爆線



URL : <http://www.highjex.jp> お問い合わせメールアドレス : japex-staff@highjex.jp

【本社】 北海道営業部 TEL.011-241-6411 中部営業部 TEL.0569-73-7962
 〒105-0003 東京都港区西新橋1-11-5 新橋中央ビル4F 東北営業部 TEL.022-215-9001 関西営業部 TEL.06-6454-6561
 TEL.03-3506-9061 FAX.03-3580-8244 東京営業部 TEL.03-3506-9061 九州営業部 TEL.092-735-2977



シールド・TBM用カッタビット・ローラカッタ

株式会社 スターロイ

営業本部 〒545-0053 大阪市阿倍野区松崎町2-10-22
 TEL 06-6621-1734 FAX 06-6621-1867
 本社・工場 〒709-3612 岡山県久米郡久米南町上弓削1317-1(久米南工業団地)
 TEL 0867-28-4511 FAX 0867-28-4512
 HP/<http://www.starloy.com/> E-mail/starloy@starloy.com



大栄工機株式会社

代表取締役 古儀 信幸

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

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

仙台営業所
 〒981-1104 宮城県仙台市太白区中田5丁目16-8-313号
 TEL 022-796-4510 FAX 022-796-4505



謹 賀 新 年



デンカケミカル

電気化学工業株式会社

代表取締役社長 吉高 紳介
本社セメント・特混事業部特殊混和材部長 辻 均

〒103-8338 東京都中央区日本橋室町2-1-1 電話(03)5290-5358

トンネル用機械販売・リース, 土木資材販売



日豊株式会社

代表取締役社長 野崎 正和

本社/〒150-0002 東京都渋谷区渋谷1-20-24 渋谷スカイレジタル206号 TEL 03(3409)8041
 九州事務所/〒841-0026 佐賀県鳥栖市本鳥栖町615-6 アーバンコート2F TEL 0942(82)1703

未来への確かな技術

次世代型ホイール式ドリルジャンボ・コンクリート吹付け機・トンネルワークステーションなど、様々なトンネル工事に挑戦し実績を積み重ねてきたトンネル各種製品。全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。



古河ロックドリル株式会社

代表取締役社長 猿橋 三郎

〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号
 特機部 TEL.03-3231-6966 FAX.03-3231-6993 URL: <http://www.furukawarockdrill.co.jp/>



トンネル建設機械 設計・製造・販売
北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社佐賀)

取締役社長 中川 一勝

射水工場 : 〒934-0056 富山県射水市寺塚原720番1 TEL 0766-82-1500 FAX 0766-82-1501
 滑川工場 : 〒936-0808 富山県滑川市追分3545番地5 TEL 076-476-0333 FAX 076-475-9121
 東北営業所・工場 : 〒989-2301 宮城県亶理郡亶理町遠限中泉字八幡41 TEL 0223-32-2420 FAX 0223-32-2423
 東京支店 : 〒101-0024 東京都千代田区神田和泉町1番地6-1 TEL 03-3851-1016 FAX 03-6908-6789
 大阪支店 : 〒542-0076 大阪府大阪市中央区難波2丁目3番11 TEL 06-4963-3520 FAX 06-4963-3521

URL <http://www.hokuriku-kenko.co.jp> E-mail:info@hokuriku-kosan.co.jp

トンネル補修工事・鋼アーチ支保工・ロックボルト



株式会社 マシノ

代表取締役社長 増野 裕人

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

ロードヘッド, ツインヘッド, トンネル換気設備 <http://www.mitsuimiike.co.jp>

株式会社 三井三池製作所

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

ジオフロントに技術と実績で迫る 三菱トンネル掘削機(シールド, TBM)

三菱重工メカトロシステムズ株式会社
都市開発部
兵庫県神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 〒652-0863 TEL. 078(672)2873
東京都港区港南二丁目16番5号 〒108-8215 TEL. 03(6716)4092 **三菱重工メカトロシステムズ株式会社**

MITSUBISHI
DIABIT

三菱マテリアルの建設工具
MEET YOUR REQUEST!!



東京支店 03-5819-5263 大阪支店 06-6355-1053 海外グループ 03-5819-8723

HCD-101・301・401 油圧クローラードリル YTB-1120 トンネルビッガー

ヤマモトロックマシン株式会社

代表取締役 山本勝俊

東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル713区

TEL(03)3201-0701 FAX(03)3201-5702

URL <http://www.yrm.co.jp> E-mail: tokyo@yrm.co.jp

研究

点検データの不足を補うトンネル劣化予測手法

基礎地盤コンサルタンツ(株)長崎支店技術課課長 小川能克
長崎県土木部道路維持課主任技師 大嶽剛志
長崎大学工学部社会開発工学科教授 蔣宇静

1 はじめに

高度経済成長期に整備されたトンネルは、供用後数十年以上経過して老朽化が進んでいるものも多く、財政状況が厳しいなかで効率的・効果的な維持管理が望まれている。一般的にトンネル構造物は、橋梁や舗装のように更新という概念が当てはまらず、構築後は半永久的に使用していく必要がある。

これまでの覆工コンクリートの剥落事故などに見られるように、トンネル内の事故などによって道路が寸断された場合には、道路利用者はもとより、社会・経済的損失が大きく、このような事故を未然に防ぐためにも定期的な点検により変状の早期発見が重要となる。そのためには、調査・設計・施工時の記録やこれまでの点検データを活用し、計画的な維持管理を行っていく必要がある。しかし、これまでの道路トンネルの維持管理は、変状が顕著になってから対策を行う事後保全型の維持管理が主流であったため、定期的な点検が実施されていないことが多く、そのうえ、構築後数十年以上経過したトンネルについては、調査・設計・施工記録などが残されていないのが現状である。

このように、道路トンネルは、維持管理の際に必要な情報が少なく、このような少ない情報からトンネル構造物の劣化を予測し、効率的な維持管理を行っていく必要がある。

本稿では、長崎県内の道路トンネルを対象として、既存の点検・調査記録をもとに、限られてい

る点検データを活用した劣化予測モデルの提案について検討した。

2 道路トンネルの維持管理

2-1 道路トンネル維持管理の流れ

道路トンネルの維持管理の流れを図-1に示す。道路トンネルの維持管理は、大きく分けて点検、調査、対策の3種類に考えられ、建設後は日常点検、定期点検、臨時点検などの点検を実施しながら、トンネルに生じる変状の有無を把握する。これらの点検時は、通常、目視点検による覆工表面の変状を把握することになるが、変状の程度によって、対策工の必要性や対策箇所の特定を目的として、より詳細な調査が実施される。

2-2 点検および調査

(1) 点検

点検は、トンネルに生じる変状の有無を発見し、変状の程度によって、調査や応急措置または応急対策の必要性を判定する。点検は、実施内容や実施時期、頻度などにより、日常点検、定期点検、

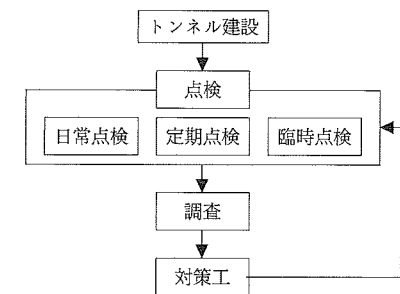


図-1 トンネル維持管理の流れ

臨時点検などに分類される。日常点検は通常の巡回パトロール時に車中から目視によって行う点検である。定期点検はおおむね1～5年に1回程度の頻度で徒歩によって目視観察を主体とした点検、臨時点検は地震や台風、豪雨などの自然災害やトンネル内事故などが発生した場合や日常点検で異常があった場合に行う点検である。これらの点検では、トンネル覆工や坑門、内装板、天井板、排水設備、舗装路面などに対して、目視観察を行い、変状の程度に応じて、表-1のように判定区分を実施する。そして、点検による判定区分に従い、調査や対策の必要性について評価する¹⁾。

(2) 調査

点検によって調査や対策の必要性がある場合には、より詳細な調査を実施する。調査では、覆工コンクリート表面の変状状況に加え、コンクリートの強度や中性化試験、覆工背面空洞の有無を確認するレーダ探査などを行う。調査結果の判定は、表-2のように変状の程度や対策の緊急度、通行者、通行車両の安全性などに着目して行われる¹⁾。

表-1 点検による判定区分¹⁾

判定区分	判定の内容
A	変状が著しく、通行車両の安全を確保することができないと判断され、応急措置や対策を必要とするもの
B	変状があり、補修や補強をするかどうかの検討のために異常時点検あるいは標準調査を必要とするもの
S	健全なもの(変状がないか、あっても軽微)

表-2 調査による判定区分¹⁾

判定区分	判定の内容
3A	変状が大きく、歩行者・通行車両に対して危険があるため、直ちに何らかの対策を必要とするもの
2A	変状があり、それらが進行して、早晚、通行者・通行車両に対して危険を与えるため、早急に対策を必要とするもの
A	変状があり、将来、通行者・通行車両に対して危険を与えるため、重点的に監視をし、計画的に対策を必要とするもの
B	変状がないか、あっても軽微な変状で、現状では通行者・通行車両に対して影響はないが、監視を必要とするもの
S	健全で機能的にも問題がない

3 長崎県の道路トンネルの健全度

3-1 道路トンネル整備状況

図-2には、長崎県における道路トンネルの工法別整備本数の推移を示す。長崎県の道路トンネルは、1960年代から高度経済成長期にかけて急速に整備が進められ、2010年現在では計123本が供用されている。また、1980年代以降NATMの導入に伴い、それまでの山岳トンネルの主流であった在来工法は1980年代前半をピークに減少傾向に転じ、1995年以降はほとんどがNATMによって建設されている。

3-2 対象トンネルの概要

長崎県の道路トンネルでは、変状が顕著になってから対策を行う事後保全型の維持管理が主流であったため、定期的な点検などは実施されておらず、対策工を実施する前に点検・調査が行われていた。しかし、平成23年3月に道路トンネル維持管理計画²⁾が策定され、従来の事後保全型の維持管理から予防保全型の維持管理へ方針転換を図り、定期的な点検や調査による効率的・効果的な維持管理が計画されている。

本研究では、長崎県が管理する計123本の道路トンネルのうち、変状展開図や覆工背面空洞の分布などの調査データが残されている45本のトンネルを抽出・分析した。トンネルの概要を表-3に示す。対象トンネルのうち、在来工法は38本、NATMは7本であり、供用開始から50年以上経過したトンネルでは、覆工の巻立て材料が石材や煉瓦、コンクリートブロックで構成されている。

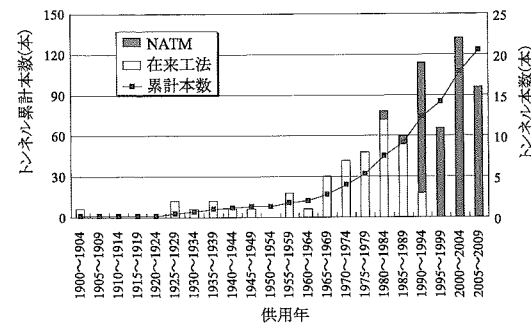


図-2 工法別の道路トンネルの整備推移

表-3 トンネルの概要

トンネル番号	供用年	巻立材料	工法	経過年	調査実施年
A	1926	Coblock	在来工法	73	1999
B	1927	吹付Co	在来工法	76	2003
C	1933	Co煉瓦	在来工法	70	2003
D	1949	Co煉瓦	在来工法	54	2003
E	1955	石材	在来工法	54	2009
F	1955	石材	在来工法	54	2009
G	1955	石材	在来工法	54	2009
H	1967	Co	在来工法	32	1999
I	1968	Co	在来工法	32	2000
J	1968	Co	在来工法	41	2009
K	1969	Co	在来工法	34	2003
L	1971	Co	在来工法	38	2009
M	1973	Co	在来工法	28	2001
N	1973	Co	在来工法	28	2001
O	1974	Co	在来工法	28	2002
P	1975	Co	在来工法	25	2000
Q	1977	Co	在来工法	25	2002
R	1979	Co	在来工法	24	2003
S	1979	Co	在来工法	24	2003
T	1979	Co	在来工法	30	2009
U	1980	Co	在来工法	23	2003
V	1980	Co	在来工法	22	2002
W	1981	Co	在来工法	22	2003
X	1981	Co	在来工法	21	2002
Y	1983	Co	在来工法	20	2003
Z	1983	Co	在来工法	26	2009
a	1983	Co	在来工法	26	2009
b	1984	Co	在来工法	19	2003
c	1984	Co	在来工法	18	2002
d	1985	Co	在来工法	18	2003
e	1987	Co	在来工法	16	2003
f	1987	Co	在来工法	22	2009
g	1988	Co	在来工法	18	2006
h	1988	Co	在来工法	15	2003
i	1990	Co	在来工法	19	2009
j	1990	Co	在来工法	19	2009
k	1990	Co	在来工法	16	2006
l	1992	Co	在来工法	17	2009
m	1989	Co	NATM	20	2009
n	1991	Co	NATM	18	2009
o	1992	Co	NATM	17	2009
p	1993	Co	NATM	16	2009
q	1994	Co	NATM	15	2009
r	1995	Co	NATM	14	2009
s	2002	Co	NATM	7	2009

なお、表中の経過年、供用年から調査実施までの期間を示す。

3-3 健全度の算定方法

(1) 判定区分方法

調査では、目視観察による覆工表面のひび割れ、うき・剝離、漏水の変状程度、レーダ探査とコア削孔による覆工背面空洞や覆工厚などが確認されている。

調査結果は、これらの変状程度に応じて、それ

変状項目	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6	...	SPn
ひび割れ	B	A	S	S	S	3A	.....	S
うき・剝離	A	B	B	B	2A	B	.....	B
漏水	S	B	S	A	S	S	.....	S
覆工背面空洞	2A	S	S	A	S	S	.....	S
覆工厚さ	A	S	S	3A	S	S	.....	S
総合判定	2A	A	B	3A	2A	3A	.....	B

図-3 調査によるトンネルの判定区分方法

表-4 判定ポイント

判定区分	判定ポイント
3A	0
2A	0.4
A	0.8
B	0.9
S	1

ぞれの変状項目ごとに表-2に示す判定区分に従い、スパンごとに健全性が評価される。また、スパンごとの判定は、図-3のように、変状項目のうち、もっとも低い判定結果(図中の網かけ部)をそのスパンの判定結果とした。

(2) 健全度の算定方法

本研究では、調査結果にもとづくトンネルの健全度を(1)式により算定するものとした。つまり、表-4に示す判定区分ごとの判定ポイントを設定³⁾し、全スパンの判定結果の平均をトンネルの健全度とした⁴⁾。

健全度 =

$$\frac{n_S \times 1 + n_B \times 0.9 + n_A \times 0.8 + n_{2A} \times 0.4 + n_{3A} \times 0}{n_S + n_B + n_A + n_{2A} + n_{3A}} \quad (1)$$

ここに、 n_S 、 n_B 、 n_A 、 n_{2A} 、 n_{3A} は、トンネルのスパンごとに判定されたS、B、A、2A、3A判定のスパン数である。

3-4 各トンネルの健全度

(1)式によって算定された各トンネルの健全度と経過年との関係を図-4に示す。一般に、トンネルの健全度は、供用開始から時間が経過するに従い健全度も低下するものと予想されるが、比較的新しいトンネルでも健全度が低いものもあり、大きくばらつく結果となる。また、50年以上経過し

たトンネルでは健全度が0.5以上と高い値を示している。50年以上経過したトンネルの健全度が高い理由は、これらのトンネルの覆工材料がコンクリートブロックや煉瓦、石材で構成されており、コンクリート材料に比べ、ひび割れやうき・剝離が生じにくいこと、構築後数十年以上経過しているため過去に何らかの対策が実施されていること、などが考えられる。

一方、比較的新しいトンネルのうち健全度が低いトンネルでは、うき・剝離の判定で3Aとなっている場合が多い結果が得られている。アーチ部に生じるうき・剝離の判定は、万一コンクリート片などが落下した場合に交通利用者への影響が大きいため、うき・剝離の恐れがある場合には3A判定となる。そのため、打音検査で異常音があった場合などは、現状では問題はなくても3A判定としている場合が多いものと考えられる。

図-5は、うき・剝離の判定結果を除いた場合の各トンネルの健全度と経過年の関係を示す。これによると、構築後50年未満のトンネルの健全度は、経過年に応じて低下していることがわかる。

以上のことから、長崎県の道路トンネル健全度は経過年に関係なく大きくばらつくが、うき・剝

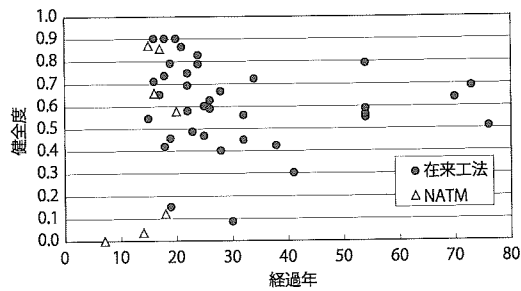


図-4 各トンネルの健全度

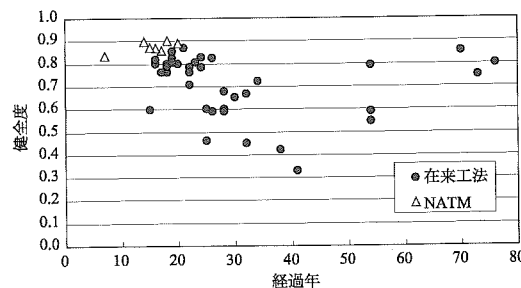


図-5 うき・剝離結果を除いた健全度

離の判定を除いた健全度は、経過年に応じて低下する傾向があることが確認される。

4 劣化予測

4-1 劣化予測モデル

劣化予測モデルは、現状に至るまでの劣化過程を反映することが望ましいが、構築後数十年以上経過したトンネルでは、過去の点検・調査記録などの情報が残されていないケースも多い。また、交通量の少ないトンネルや予算の制約などの理由によって、対処療法的な維持管理がなされ、点検や調査が実施されていない場合もある。

そこで、本研究では、もっとも単純で実用的なマルコフ過程に従う劣化予測モデルを用いることとした。マルコフ過程は、過去の過程に関係なく、現状のみで決定される確率モデルである。図-6には、マルコフ過程による劣化予測モデルを示す。

ここで、 $P_i (i=1, 2, 3, 4)$ は、次の判定区分に劣化が進行する確率(遷移確率)、 $T_i (i=1, 2, 3, \dots, n)$ は、劣化が進行するのに要する時間(遷移時間)である。例えば、判定区分Sのトンネルが確率 P_1 で判定区分Bに劣化が進行すれば、残りの確率 $(1-P_1)$ で劣化は進行せず判定区分Sに留まることとなる。

4-2 遷移確率の設定方法

マルコフ過程に用いる遷移確率は、対象となるデータが多く、定期的に採取されたデータをもとに算定することが一般的であり、橋梁や舗装の分

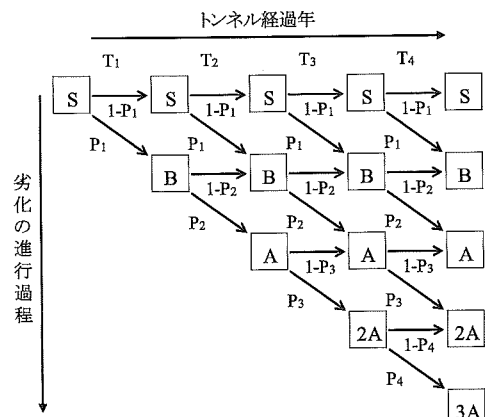
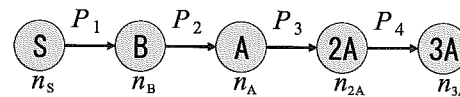


図-6 マルコフ過程にもとづく劣化予測モデル

野^{6)~7)}では、さまざまな算定方法が提案されている。しかし、本研究のように、トンネル1本に対して1つのデータしかない場合やデータ数が少ない場合には、どのように遷移確率を設定するかが問題となる。本研究では、スパンごとの判定結果の発生割合から、次のように遷移確率を設定することを提案する。

調査による判定区分は、スパンごとにS, B, A, 2A, 3Aの5段階により判定されるが、全スパンに対するB判定以上, A判定以上, 2A判定以上, 3A判定の損傷スパン数の割合が、それぞれB, A, 2A, 3Aの発生し得る確率と考え、この値を遷移確率とした。

図-7には遷移確率の考え方を示す。マルコフ過程では、劣化の進行過程はS, B, A, 2A, 3Aと順に進行していくと仮定している。そのため、例えばS判定からB判定へ P_1 の確率で劣化が進行した場合、Sに留まる以外はすべてB判定であると判断される。したがって、S判定以外の判定結果は必ずB判定を通過することになるため、全スパン数に占めるB, A, 2A, 3A判定の損傷スパンの総数がB判定を通過する確率と考え、これを遷移確率 P_1 とした。同様に、BからA判定へ劣化が進行する場合も、全スパン数に占めるA, 2A, 3A判定の損傷スパン総数の割合を遷移確率 P_2 とした。以降の P_3, P_4 についても同様に、全スパン数に占める損傷スパン総数の割合を求めた。



$$P_1 = \frac{n_B + n_A + n_{2A} + n_{3A}}{\sum n}$$

$$P_2 = \frac{n_A + n_{2A} + n_{3A}}{\sum n}$$

$$P_3 = \frac{n_{2A} + n_{3A}}{\sum n}$$

$$P_4 = \frac{n_{3A}}{\sum n}$$

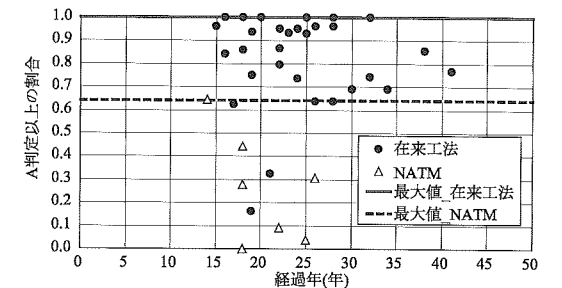
図-7 遷移確率の考え方

4-3 調査結果にもとづく遷移確率の設定

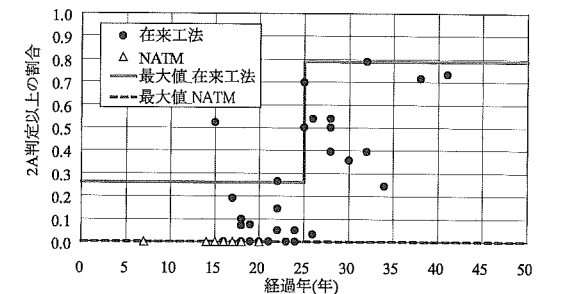
図-8には、各トンネルに対して、調査結果をもとに算定したA判定以上, 2A判定以上, 3A判定の割合と経過年との関係を示す。なお、本研究で対象としたトンネルではS判定のトンネルがなかったため、B判定以上の割合は算出されていない。また、本研究では、うき・剝離の判定を除いた場合の判定結果を採用した。これは、うき・剝離の判定結果は、総合判定に大きく影響するため、トンネル健全度と経過年に比較的よい相関が得られる劣化項目のみを採用したものである。以下に工法別の特徴を示す。

(1) 在来工法

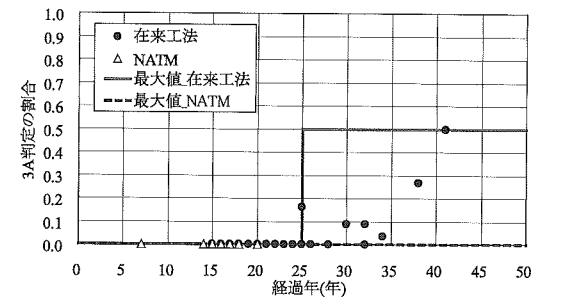
在来工法では、A判定以上の割合は一部で0.3



(1) A判定以上



(2) 2A判定以上



(3) 3A判定

図-8 判定の割合と経過年との関係

表-5 調査結果にもとづく遷移確率

遷移確率	在来工法		NATM
	25年未満	25年以上	
P_1	1.00	1.00	0.64
P_2	1.00	1.00	0.64
P_3	0.26	0.79	0.00
P_4	0.00	0.50	0.00

未満の低い割合を示すものの、大半は0.6~1.0の範囲にある。2A判定以上や3A判定の割合は、経過年25年を境に割合の分布が異なり、25年未満のトンネルでは、2A判定以上の割合は0.3未満、3A判定の割合は0.0であるのに対し、25年以上経過したトンネルでは、2A判定以上の割合は0.3~0.7、3A判定の割合は0.0~0.5となっている。このことは、長崎県の道路トンネルでは、構築後25年を経過すると、劣化の進行速度が速くなる可能性もあることが指摘される。

なお、25年未満のトンネルで2A判定以上の割合が0.5程度と大きな値が得られているが、このトンネルでは、既設の導水工の損傷により漏水が多く認められたためであり、遷移確率を設定するにあたっては、除外するものとした。

(2) NATM

NATMでは、トンネルの経過年は26年未満であり、そのうち、A判定以上の割合は0.0~0.65、2A判定以上、3A判定以上の割合は0.0である。

以上から、調査結果における判定割合をもとに遷移確率を設定するが、ここで、遷移確率は工法別に判定割合の最大値を採用した。また、在来工法では、構築後25年を境に劣化の割合が異なることから、それぞれについて遷移確率を設定した。さらに、本研究で対象としたトンネルは、S判定が存在しないため、遷移確率 P_1 を設定できないが、提案した遷移確率は、 $P_1 \geq P_2 \geq P_3 \geq P_4$ となることから、ここでは $P_1 = P_2$ と仮定した。表-5には調査結果にもとづく遷移確率を示す。

4-4 劣化予測結果

本研究で提案した方法により設定した遷移確率をもとに、マルコフ過程による劣化予測を行った。

図-9には、トンネル健全度と経過年および劣化

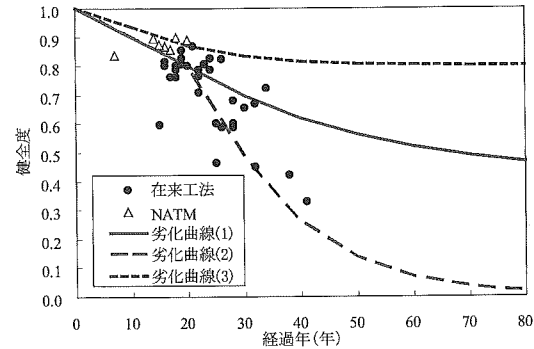


図-9 トンネルの健全度、劣化曲線と経過年との関係曲線との関係を示す。図中の劣化曲線は、遷移時間を5年、10年、15年、20年と変化させ、もっとも調査結果の健全度と一致する遷移時間10年の場合を表している。また、劣化曲線(1)は在来工法で構築後25年未満のトンネル、劣化曲線(2)は在来工法で構築後25年以上経過したトンネル、劣化曲線(3)はNATMのトンネルにおける劣化曲線である。遷移時間の設定については今後の課題として残るが、在来工法、NATMともに、今回設定した遷移確率による劣化曲線は、調査結果による健全度とよく一致することが確認される。

このように、在来工法で構築された道路トンネルでは、25年未満のトンネルに対しては劣化曲線(1)、25年以上経過したトンネルに対しては劣化曲線(2)をもとに将来の劣化過程を予測することが可能であり、実務でも比較的容易に作成でき、今後の効果的な維持管理に反映できるものと考えられる。なお、NATMについては、データ数が非常に少ないことや経過年数が比較的新しいことなどから、今後のデータ蓄積によって信頼性を向上させていく必要がある。

5 ま と め

個別の道路トンネルについて複数回の点検データがあればそれらを比較検討することにより、トンネルの劣化傾向を定性的に推定することが可能であるが、現状では点検データが十分に蓄積されていないわけではないので、本論では、長崎県の道路トンネルを対象に実施された調査結果をもとに遷移確率を設定し、マルコフ過程による簡易な劣

化予測手法を示した。

本研究の結果を要約すると以下のとおりである。

- ① トンネルのスパンごとの判定結果をもとに健全度を算定した結果、うき・剝離の判定結果を加えた場合には、健全度に大きなばらつきがみられるものの、うき・剝離の判定結果を除いた場合には、経過年とともに健全度も低下し劣化の経過を再現できた。
- ② 長崎県の道路トンネルのうち、在来工法のトンネルでは、経過年25年を境に損傷スパン数の割合が異なり、構築後25年を経過したトンネルは25年未満のものに比べ劣化速度が速くなる可能性があることが確認された。
- ③ 損傷スパン数の割合に着目して遷移確率を設定し、マルコフ過程によって劣化曲線を作成した結果、劣化曲線は、判定結果から得られる健全度とよく一致した曲線が得られ、調査結果をもとに劣化曲線を作成することが可能であり、実務でも容易に作成でき、今後の維持管理に反映できるものと考えられる。

今後はより多くのデータを蓄積し、劣化曲線の精度を向上させていく必要がある。また今後は、うき・剝離の判定結果をどのように劣化過程に反映させていくか、遷移時間をどのように設定するかが課題である。

さらに、トンネルの劣化は、地山条件、地質条件、気候などの自然的要因や材料や施工条件などの人為的要因などさまざまであり、これらの要因

が劣化予測にどのように影響するかを解明していくことも必要となる。本研究では、長崎県の道路トンネルに対して、これまでの事後保全型から予防保全型の維持管理のための劣化予測手法について提案したが、将来的には計画的・継続的な点検・調査・対策によって、道路トンネルの効果的な維持管理を行っていく必要があると考える。

最後に、点検データ分析と処理において、元長崎大学大学院生小坂悠樹氏にご協力を頂いた。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧，1993。
- 2) 長崎県土木部道路維持課：長崎県道路トンネル維持管理計画，2011。
- 3) 道路保全技術センター：山岳トンネルの劣化予測に関する検討報告書，2007。
- 4) 小坂悠樹・蔭宇静・棚橋由彦・李博・杉本知史・小川能克・大嶽剛志：点検データを考慮した道路トンネル劣化予測手法の検討，土木学会西部支部研究発表会，pp.431-432，2010。
- 5) 竹田俊明・大島俊之・佐藤誠・三上修一：橋梁点検実測データに基づく橋梁資産劣化予測方法評価の検討，構造工学論文集，Vol.51A，pp.1157-1167，2005。
- 6) 小林潔司・熊田一彦・佐藤正和・岩崎洋一郎・青木一也：サンプル欠損を考慮した舗装劣化予測モデル，土木学会論文集F，Vol.63，pp.1-15，2007。
- 7) 武山泰・嶋田洋一・福田正：マルコフ連鎖モデルによるアスファルト舗装の破損評価システム，土木学会論文集，第420号/V-13，pp.135-141，1990。

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

土木情報 No.463

今月の主な入札結果

(11月10日～12月9日)

事業主体	工 事 名	請 負 会 社	請負額 単 位 百万円
北海道開発局	北海道横断自動車道釧路市カラマン別T	伊藤・田中・堀口JV	1,291.94
関東地整	圏央道北本地区函渠その1	大成建設	3,302.9
中部地整	42号紀宝T整備	大日本土木	366.2
〃	広島南共同溝江波幹線共同溝第5	伏光組	231.7
〃	〃 第6	肥海建設	241.7
九州地整	東九州道(佐伯～蒲江)山口第2T新設	前田建設工業	2,319.95
都市再生機構	柏北部東地区H23公下他	加藤建設	368.
高エネルギー 加速器研究機構	高エネ研KEKB高度化施設(陽電子低エミッタンス入射システム用T)新営土木	清水建設	495
中日本高速道路	中部横断自動車道樽峠T南	清水建設	4,263
〃	新名神高速道路野登T西	大林・鴻池JV	8,045
千葉県	江戸川第一終末処理場主ポンプ棟土木・建築	清水・東亜JV	2,682.75
都・下水道局	千代田区永田町一丁目, 港区赤坂一丁目付近再構築	東急建設	1,234.4
〃	港区新橋五丁目, 芝公園一丁目付近整備	大林組	719.85
〃	台東区清川二丁目, 荒川区南千住三丁目付近再構築	浅沼組	619
〃	墨田区石原二丁目, 本所四丁目付近再構築	大和小田急建設	823.95
〃	世田谷区千歳台一丁目, 桜丘五丁目付近枝線	日特建設	433
〃	豊島区目白三丁目, 新宿区下落合二丁目付近再構築その2	りんかい日産建設	1,042
〃	〃 南大塚二丁目付近再構築	青木あすなる建設	288
新潟県	緊地改122-5号主地上越新井線(山麓線BP)農道Box	田中産業	159
静岡県	H23西遠(地域A)流域下水道事業馬込幹線2条目管渠(第6工区)	鹿島・須山JV	1,400.4
愛知県	第2犬山幹線第7工区(その1-3)送水管布設	徳倉・松浦・可見JV	933
愛媛県	R197千丈T建設	西松・東急・四国通建JV	4,345
大阪広域水道 企業団	上小阪立坑築造(上小阪枚岡系統連絡管・東大阪市)	中林建設	295.9
〃	配水管布設(BP・堺市)4工区	森組	714.4
前橋市	本庁管内・永明地区天川町雨水滞水池建設(国合改第3号)	佐田・岩上・大島JV	460
〃	〃 南町雨水貯留管建設(国合改第2号)	三原・品川・塩原JV	463
川口市	芝排水区雨水函渠	中原建設	178.3
野田市	南部4号幹線管渠築造(その4)	不動テトラ	121.2
横浜市	都筑処理区本村地区下水道整備(その28)	新栄重機土木	101.69
〃	西部処理区本郷地区下水道整備(その4)	奈良建設	114.89
川崎市	川崎港海底T本体改良その15	東亜建設工業	109.3
逗子市	逗子第5分区雨水渠整備公共第1号	森本組	155
伊勢崎市	市道(境)5476号線道路改良その2	萩原土建	131.5
広島市	江波地区下水道築造23の6号	浅沼・田村JV	354.78
〃	二葉の里地区下水道築造23の13号	浅沼・田村JV	1,540.66

連載講座

最新推進工法技術(8)

—超大口径管推進工法—

「最新推進工法技術」連載講座小委員会

① はじめに

今まで通常推進工法では、規格化された内径φ3,000mmまでの推進管を施工領域とし、内径φ3,000mm超についてはシールド工法、開削工法により施工されていた。この理由として、道路法による制約から、推進管を一体化した状態での輸送が外径寸法や単体重量から困難なことや、推進時の推進力増大の問題が挙げられる。また、内径φ3,000mmを超える推進管は二分割の運搬・組立となり、この組み立てられた推進管は接合部を有するため、推進管としての機能を満足するかどうか確認する必要があり、接合部が推進管全体に与える影響や接合部自身の強度性能および止水性能の確保が問題となっていた。しかし、3,000mm超の径でも延長が短いトンネルの場合、推進工法を適用し機器や施工設備の転用を適正に標準化すれば、シールド工法、開削工法と比較した場合、コスト縮減の可能性があるため、3,000mm超の径の推進工法の開発を開始し、現在施工を行っている。この3,000mm超の推進工法を超大口径管推進工法という。超大口径管推進工法に使用される管は、二分割部の接続にコッター(接続金具)を使用するRC構造のものと、PC鋼材を通して緊張することにより一体化する方法の2種類の管がある。

今回は、推進管の性能試験とRC構造二分割推進管、PC鋼材による緊張構造二分割推進管を使用した施工事例を紹介する。

② 超大口径管の性能試験

超大口径管推進を施工するためには、二分割の推進管接合部が推進管全体に与える影響や接合部自身の強度性能および止水性能を確認する必要がある。今回性能試験対象とした推進管は、内径φ3,500mm、管厚270mmのRC構造推進管であり、接合部はコッター継手により強度性能を付与し、接合部の端部処理をシール材と止水剤により止水性能を付与した。試験は実物大の供試体を用いて推進管耐力や接合部耐力および止水性能を確認するために実施した結果を述べる。

2-1 推進管構造

図-1に二分割推進管の構造図と端部処理を工夫した止水構造を示す。また、推進管本体の仕様は一例の土かぶり、土質条件より推進管の断面設計を行い、管本体の仕様を決定した。

- ① コンクリート強度：80N/mm²
- ② 管 厚：270mm
- ③ 鉄 筋 量：1,910mm²(D19@150)

2-1-1 接合構造の仕様

曲げ応力に対して、推進施工時のローリングを考慮し、水平面から45±15°の範囲で生じる最大曲げモーメントおよび耐震設計時破壊荷重に対してコッターの仕様とコッター数を決定した。

- ① コッター仕様：15t用
- ② コッター数：8か所/面×2面=16か所
(推進管1本あたり)

せん断応力に対して、接合面を一体と考えた場合のコンクリートの許容せん断強度と同等なせん断キーの仕様と本数を決定した。

- ① せん断キー仕様：直径55mm(SS400)
- ② せん断キー数：3か所/面×2面=6か所(推進管1本あたり)

2-1-2 接合面の止水性の確保

水膨張性シール材の両端部に止水剤を塗布し、ゴム輪および鋼製カラー背面部の止水を面的に補うことにより、分割推進管の水密性向上を図った(図-1)。

2-2 外圧試験および接合部水密試験

写真-1に外圧試験を、写真-2に接合部水密試験状況を示す。

2-2-1 外圧試験結果

外圧試験時の載荷重-載荷点内空変形量の関係を図-2に、載荷重と接合部目開き量の関係を図-3に示す。

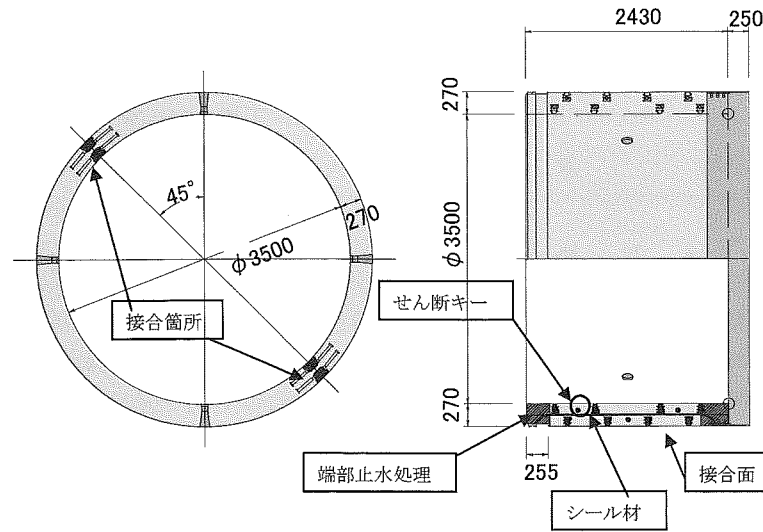


図-1 RC二分割推進管

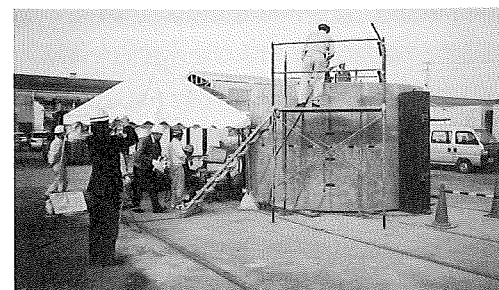


写真-1 外圧試験

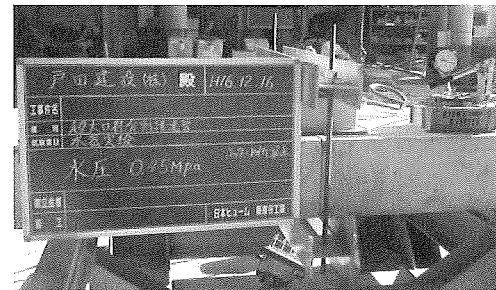


写真-2 接合部水密試験

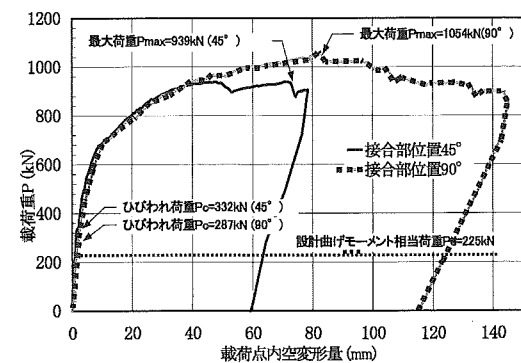


図-2 載荷重-載荷点内空変形量

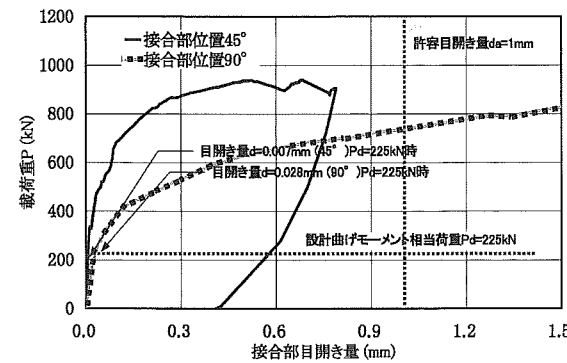


図-3 載荷重-接合部目開き量

所要の性能を有している。

90度供試体：同じく $P_c/P_d=287\text{kN}/25\text{kN}=1.27 > 1.2$ であり所要の性能を有している。

(2) 目開き量(止水シールの許容目開き量1mm)
45度供試体：許容目開き量1mmに対し、設計曲げモーメント相当荷重時の目開き量は0.007mmであり止水性を確保できる。

90度供試体：設計曲げモーメント相当荷重時の目開き量は0.028mmであり止水性を確保できる。

(3) 耐力

45度供試体：設計荷重に対する最大荷重の安全率は $P_{max}/P_d=939\text{kN}/225\text{kN}=4.17$ であり十分な耐力を有している。

90度供試体：同じく $P_{max}/P_d=1,054\text{kN}/225\text{kN}=4.68$ であり十分な耐力を有している。

2-2-2 接合部水密試験結果

写真-2に示すように、コッター継手を有する実物大平板供試体を用いて接合部の水密試験を行い、0.4MPaまでの水圧に耐え得ることを確認した。

また、管継手部の止水性能は水平水密試験ではJA以上、曲げ水密試験および複合水密試験ではJC以上の水密性能を有することを確認した。

③ 施工実績

上述のような試験性能結果をもとに施工した実績を報告する。

3-1 RC構造二分割推進管を使用した施工事例

3-1-1 工事概要

本工事は、低地区の浸水解消を目的とした下水道整備工事の一環として内径φ3,500mm、延長194.5mの下水道幹線を整備する工事である。

超大口径管推進工法の選定理由は、延長約10kmの最下流工区で既設の幹線はシールド工にて内径φ3,500mmの管渠が築造されているため、経済性を考慮するとシールド工にての施工は高価になり、推進工法が選定された(図-4)。

土質は、上層の沖積層と下層の洪積層に2分され、沖積砂礫層ではφ30mmほどの垂円礫を主体とし、N値は18~37と中程度の締まりであるが崩壊性が激しい層である。上部は、有機質シルト層で含水量が多く、N値=1~2と軟弱な層である。洪積砂礫層では主としてφ20~80mmの垂円礫からなり礫間は粘土質の中粗砂である。N値は50以上

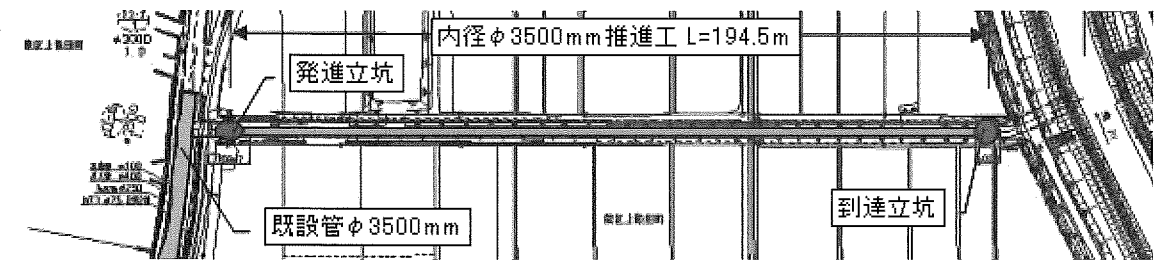


図-4 平面図

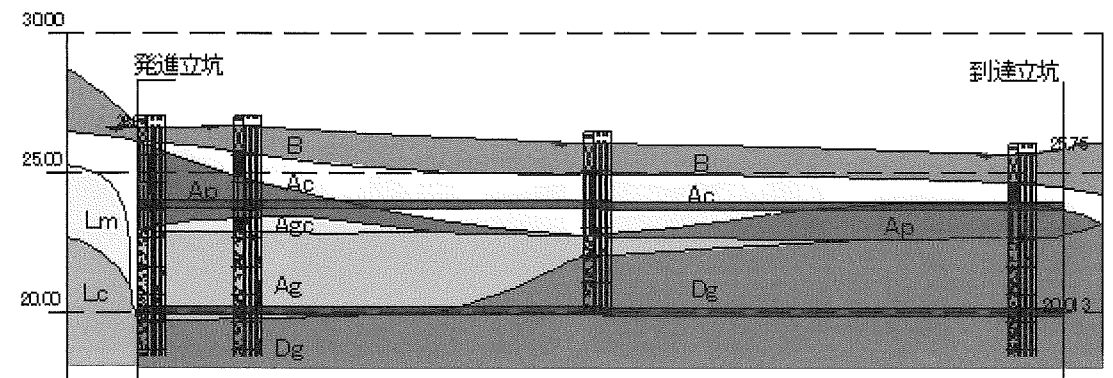


図-5 縦断面図

と非常に締まっている。施工土かぶりは、発進部で2.9m、到達部で2.0mと小土かぶりの施工となった(図-5)。

3-1-2 組立式推進機

推進機は掘削土質から泥土圧式を選定した。推進機は推進後の再利用を考慮し、部材すべての接合をボルト継手とした。

現場の立地条件から分割は、主要部で10分割、重量は10t/個以内に抑え、接合部はインロー型に加工し、止水性の確保、組立・解体の簡易性を図った(図-6、写真-3)。

3-1-3 施工

(1) RC構造二分割推進管の現場組立

発進基地は狭く、分割管の搬入車両は入場できないため、道路上での荷取りとなった。二分割推進管の現場組立手順は以下のとおりである(写真-4)。

- ① 二分割推進管を現場に搬入
- ② 発進基地に配置したクレーン(60tラフタークレーン)にて下部材(9.7t)を組立回転架台

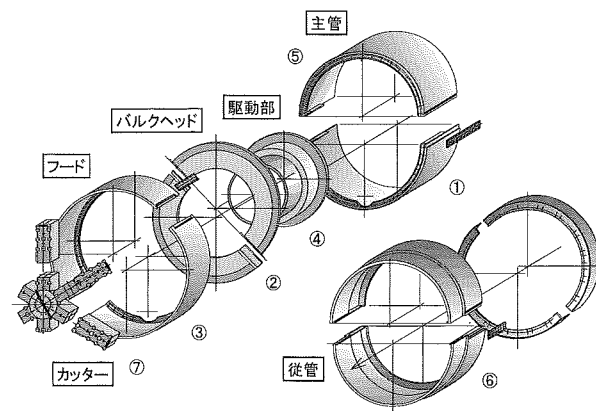


図-6 組立式推進機

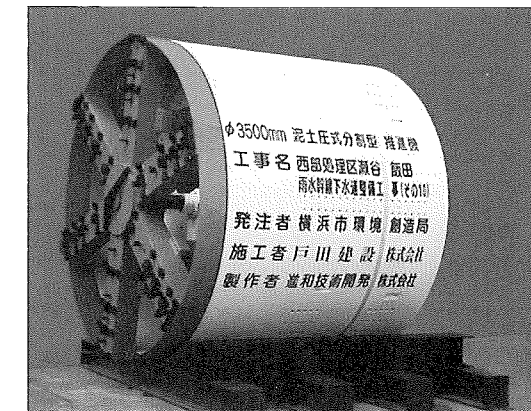
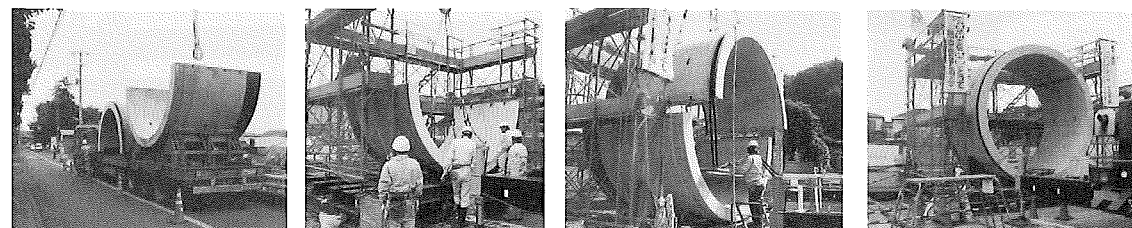


写真-3 組立式推進機



①二分割推進管現場搬入 ②下部材セット ④上部材を締結 ⑥完成

写真-4 RC二分割推進管組立状況

- にセット
- ③ 下部材に止水剤、水膨張シール材を取り付けた後、上部材(9.7t)を搬入
- ④ せん断キーをガイドにして上部材を下部材に合わせ、コッター(接合金具)にて内面、外面を締結
- ⑤ ゴム輪を接着後、鋼製カラー部内面、外面とも溶接
- ⑥ 組立回転架台にて45°回転させ完成

(2) 現場での課題点

当現場においては、推進反力方向に既設管渠およびガス(中圧φ400)・水道(φ200)などの地下埋設物が存在し、最大推進反力が管路に及ぼす影響を、事前にFEM弾性解析で求めた結果、推進力が13,000kNを超えると既設管渠(セグメント)主桁部の応力度が降伏点を超過、またガス管のX方向変位量も20mmを超過することが判明した(図-7)。しかし、推進力は(下水道協会式・修正式をφ3500に準用して計算)26,216kNとなる。その対策として下記の項目を検討し施工した。

1) 推進力の対策

元押推進力を13,000kNを最大とし、中押し1段(13,000kN)を装備した。

2) 滑材の選定

施工管理として元押推進力の上限を最大推進力の80%に抑えるため、滑材の注入管理および滑材を選定した。滑材は、注入した滑材が地山への逸散、地下水による希釈、劣化を防止するため滑材注入を二段階によって行う方式を選定した。

一次滑材は流動性に富み、地下水の希釈影響を受けにくく、テールボイドの維持が可能な二液型流動性可塑性を選定した。二次滑材は、一次滑材の劣化や補足として、高粘性滑材を選定した。注入管理は、一次滑材を推進の進行に合わせ、推進機の後方1本目より推進力の増加や蛇行管理などの状況に合わせて上下左右より注入した。二次滑材は、後方20mピッチの上下左右から管表面全周に行きわたるよう自動注入を行った(図-8)。

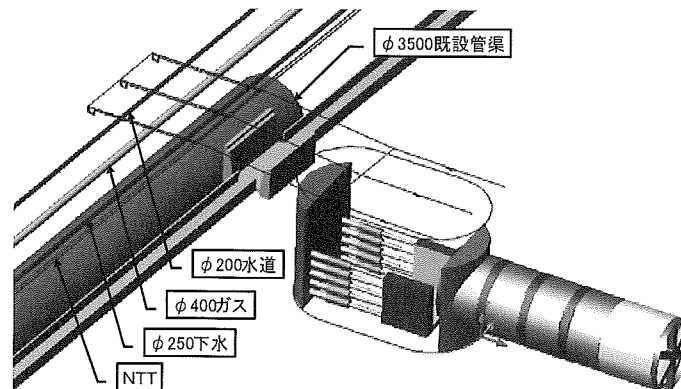


図-7 既設管と推進施工図

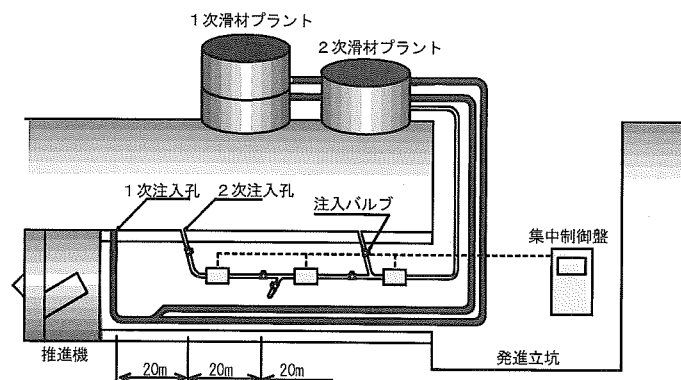


図-8 滑材注入管理図

(3) 施工結果

1) サイクルタイム

実施工のサイクルタイムを検証する。二分割推進管の現場での組立所要時間は240分(4時間)で、推進準備工は105分(1時間45分)、推進工は226分(3時間45分)であり、管セットから推進完了までの所要時間は331分(5時間30分)であった。工程上、問題となったのは掘削土の搬出である。当現場は、掘削土質が礫主体であるため、土砂圧送ポンプなどの連続排土装置の設備が難しく、排土は切羽から立坑までベルトコンベヤを使用した。しかし発進立坑が狭いため2m³容積のベッセルしか設置できず、約14cmの掘進で一時的推進を停止しなければならず時間を要した。

2) 推進管理

推進工法での掘進中における管理は、一般的には、掘進オペレーターの経験によることが多く、また、施工中における事象への対応は、これまで

は、掘進操作盤計器の表示機能、または掘進中・後にオペレーターが手書きにより記入する推進日報の分析により行われてきた。しかし、超大口径管推進工は初施工のため、これまで想定し得なかった事象が発生することも考えられる。それらの事象に対して正確かつ即時に対応するために各種データをもとに分析対応し、掘進状況を効率よく把握するために、リアルタイムでの掘進管理とデータ収集を掘進管理システムにて実施した。

3) 滑材注入と推進力

滑材注入管理については推進時の推進力増加傾向を把握し、リアルタイムに滑材注入を行った。一次滑材の注入量平均は計画時の180%増の量を圧力管理を行いながら注入し、二次滑材の注入量平均は計画時の3倍の注入を行った。その結果、計画推進力26,216kNに対し、最終推進力が6,700kNと約1/4の推進力で推進することができ、当初

懸念された後方の既設管への影響もなかった。また、推進力を低減することで小土かぶり施工であったが、路面変状も最小限に抑えることができた。注入量については多量となったが、地表面の変状などがなくと推進力の多大な低減が図れたことから適切な施工であったと考えられる(図-9)。

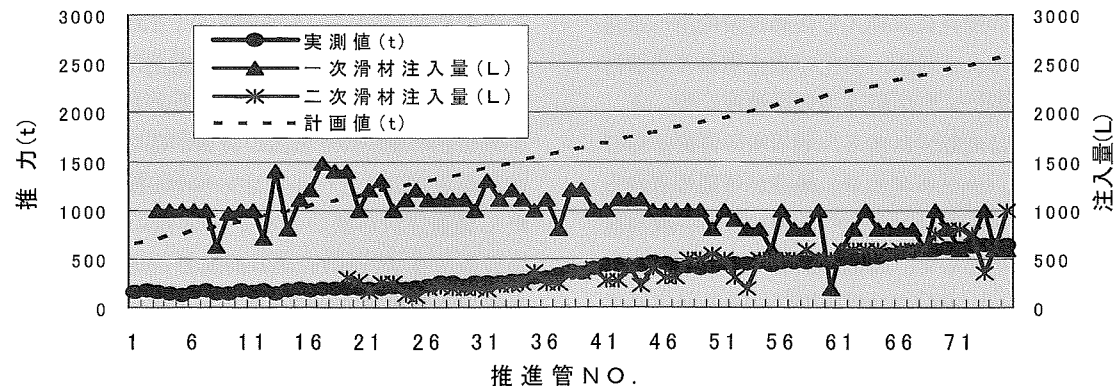


図-9 滑材注入量と推力

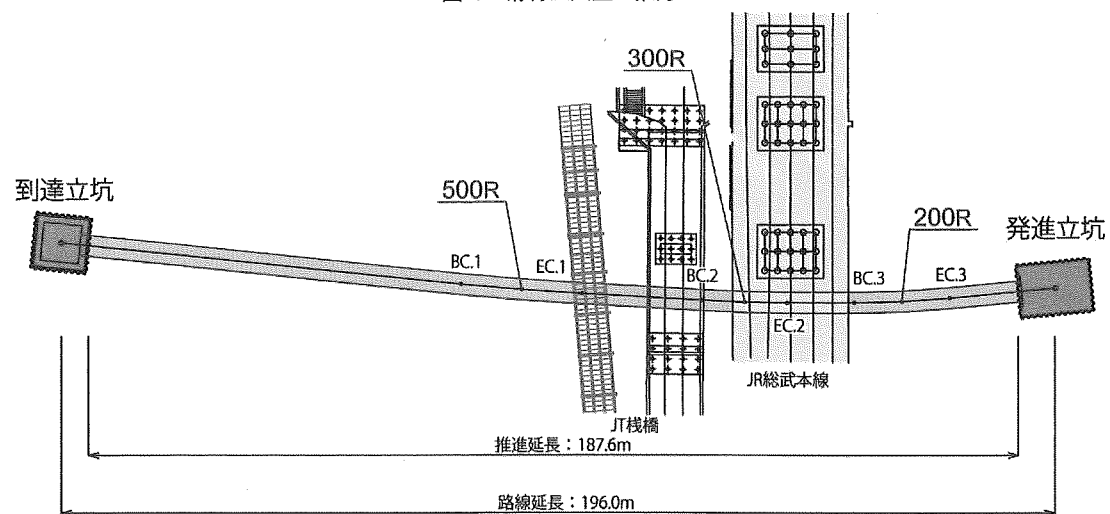


図-10 平面図

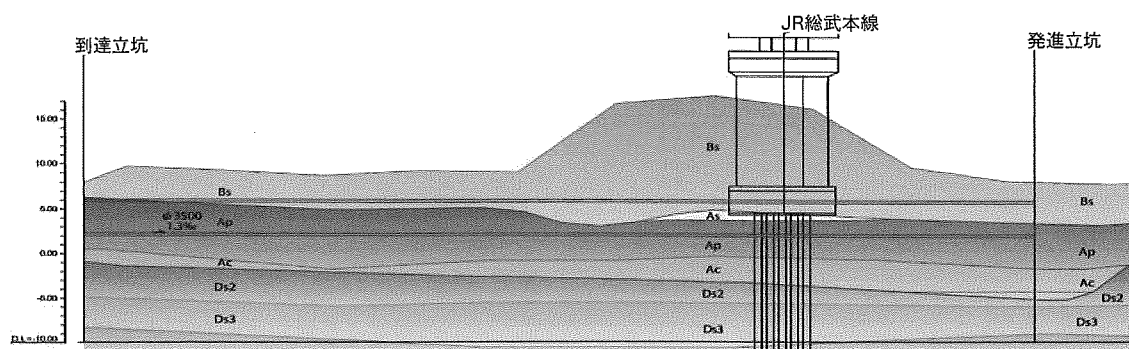


図-11 断面図

3-2 PC鋼材による緊張構造二分割推進管を使用した施工事例

3-2-1 工事概要

本工事は、都市計画道路の整備に伴う下水道幹線の移設工事として、内径3,500mm、路線延長196.0mを泥土圧推進工法にて築造するものであ

る。土質は、洪積層の上に沖積粘性土層と腐植土層が5m程度堆積し、地表付近の2~3m程度が埋土層となっている。このうち掘進位置は埋土層と腐植土層部分にあたる(図-10, 11)。

当工事は、特徴として

- ① 道路法による輸送時の制約を回避するため、二分割組立式PC推進管を採用する。
- ② 掘進機を分割搬入し、発進架台上で組立てを行う。また到達立坑への大型重機搬入ができないため、到達後分割解体し、掘進機駆動部は発進立坑まで管内を引き戻し回収する推進機を採用する。
- ③ 超大口徑管推進のため、推進力増大対策として二層滑材注入方式を採用し、推進力の低減と地盤変状防止を図る。



写真-5 分割回収型推進機

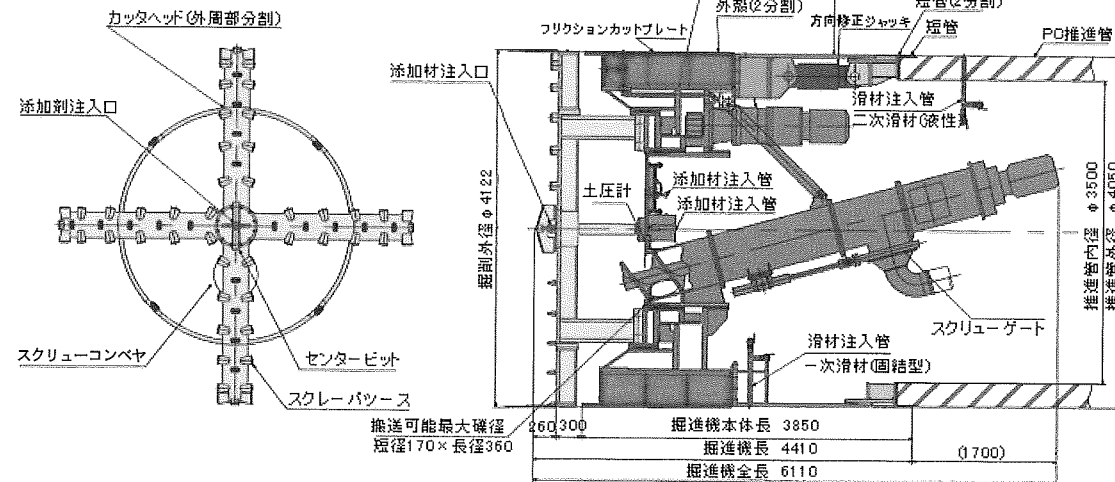


図-12 分割回収型推進機

3-2-2 分割回収型推進機

推進機計画時の問題点は以下のとおりである。

- ・掘進機外径が4mを超え、総重量80tとなる。
- ・到達部への進入路が狭隘で急坂部があるため、大型重機の進入が困難である。
- ・転用に配慮した構造とする。

などの課題があり、分割回収型掘進機とし、輸送時の制約を回避するとともに、組立および解体、搬出時の容易性と転用性の向上を図った(写真-5, 図-12)。

3-2-3 施工

(1) PC構造二分割推進管

1) 構造および仕様

PC構造二分割推進管は、本体に埋め込むシース内5か所の円周方向にPC鋼材を通して緊張することにより一体化し、供用時のひび割れを許容しないフルプレストレストコンクリート構造としている。分割部の継ぎ手面には接合キー4本を配備し、位置合わせとせん抵抗を図る(図-13, 表-1)。

2) 管接続部目地開口長の検討

現場の特異性として、曲線施工を含んでおり、

表-1 PC推進管仕様

設計基準強度 (N/mm ²)	PC鋼材	緊張力 (kN/ケーブル)	カラー長 (mm)
50	PC鋼より線 1A15.2 N=5	185	190 205(200R区間)

最小曲線半径200m区間で目地開口が約54mmになる。今回工事では施工時の目地開口長に加え、地震時レベル2までの目地開口長をR=200m区間で検討し、安全性を確認した。表-2に各段階の目地開口長を示す。なお、レベル1での目地開口長は許容値内であるが、施工のバラツキにより許容値を超える恐れがあるため、R=200m区間についてはカラー長を15mm延伸し205mmとした。

(2) PC構造二分割推進管の組立手順

- ① 二分割推進管を現場に搬入
- ② 組立回転架台にセット

- ③ PC鋼材挿入および緊張
- ④ ゴム輪を接着後、鋼製カラー部内面、外面とも溶接

表-2 目地開口長および屈曲角

	レベル1 (mm)		レベル2 (mm)	
	開口長・屈曲角		開口長・屈曲角	
	計算値	許容値	計算値	許容値
曲線施工時	54.3	60.0	54.3	120.0
地震時	2.0		29.1	
目地開口長	56.3		83.4	
屈曲角	0°1'12"	0°51'0"	0°4'1"	1°42'0"

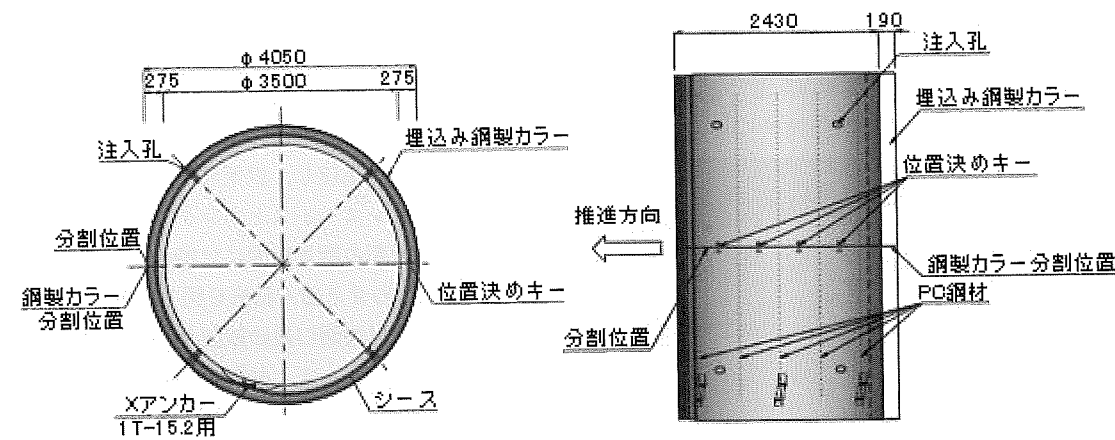
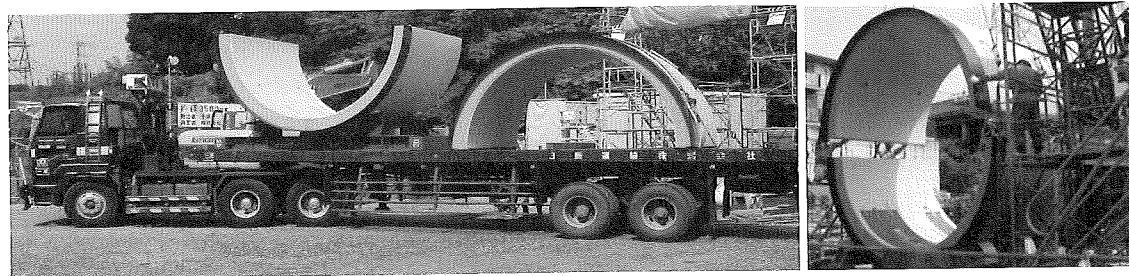


図-13 PC構造二分割推進管



①二分割推進管を現場に搬入

②回転架台にセット



③PC 鋼材挿入および緊張

④鋼製カラー部溶接

⑤完成

写真-6 PC二分割推進管組立状況

⑤ 組立回転架台にて37回転させ完成(写真-6)

(3) 施工結果

1) サイクルタイム

掘進は初期掘進6本に実働13日間、本掘進に38日間を要し、当初目標日進量3本/日の半分1.5本/日(12h)の結果となった。これは、掘進中はほぼ全線にわたってコンクリートガラや木材などの障害物が出現し、排土装置の改良や障害物撤去作業を実施したことに起因する。したがって、特殊な事情(障害物)がないものとするれば2本/日(12h)の施工は十分可能である。

現場での管の組立作業においてもっとも時間を要した作業は、カラーの溶接であった。組立作業の効率化のため、さらなる接合方法の検討が必要である。

2) 滑材注入管理

超大口径管推進では、実績がなく、推進力の上昇時は大きなリスクが伴うため滑材注入は二層式滑材注入工法を採用した。当工法は、推進管の周囲に縁切り層を形成する方式で、本掘進機は後胴径を推進管外径より大きくし、さらに前胴外径を後胴径より拡径しておく。推進時には前胴と後胴のボイド部に固結型の一次注入を行うとともに、後胴と推進管のボイド部に液性の二次注入を行うとともに、後胴と推進管のボイド部に液性の二次注入を実施する。これにより一次滑材層により二次滑材の地下水への希釈や地山への逸散を防止し、液性滑材の効果を十分に発揮させ推進力の低減を図るものである。

また、当工法は一次滑材に固結型滑材を使用することで管の周辺地山に浸透してサンドゲル状態

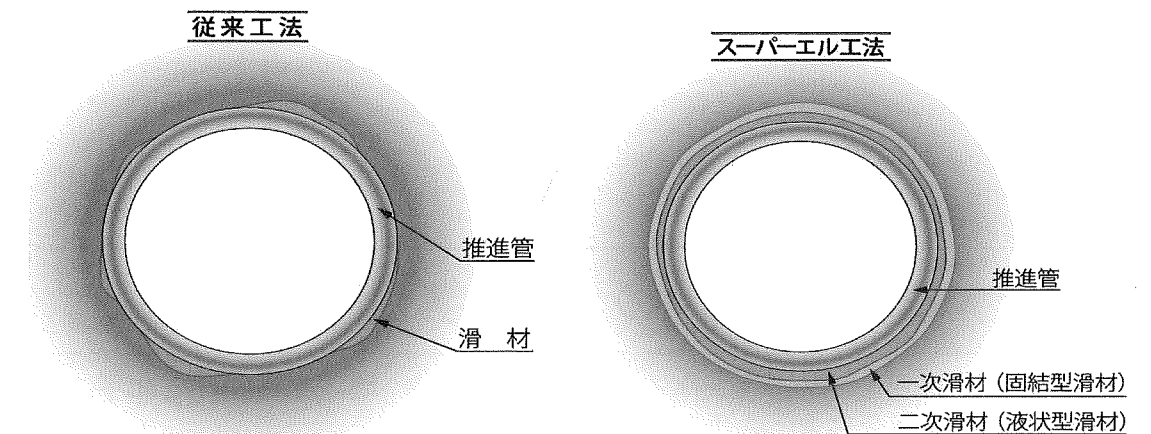


図-14 二層式滑材注入工法

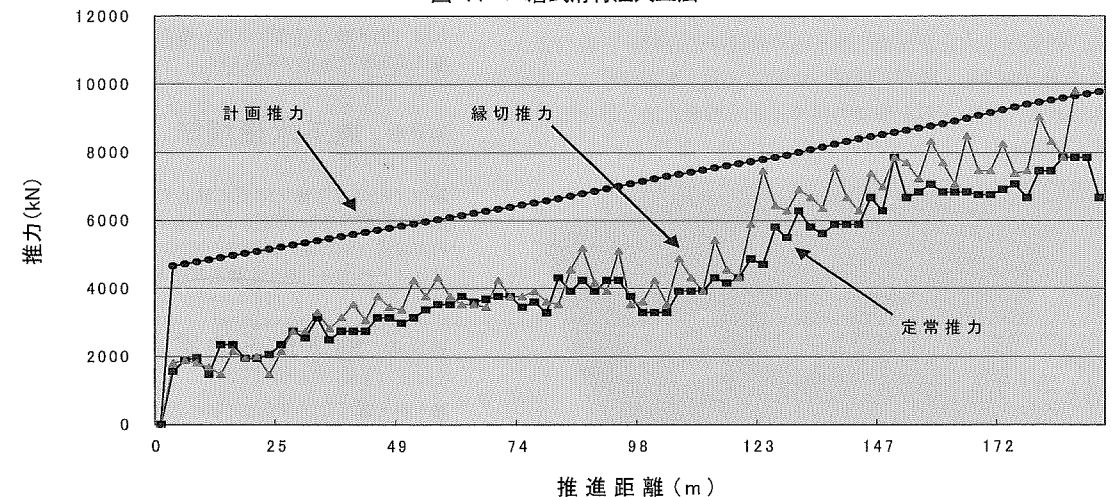


図-15 推力の推移

となり、地山の緩み防止にも寄与する(図-14)。

3) 推進力の推移

施工総推進力は9,780kNとなり、ほぼ計画どおりの結果となった。推進力の推移を図-15に示す。

4) PC構造二分割推進管適用結果

施工に伴うPC構造二分割推進管の割れ欠け、クラック、漏水ともに全く認められず、良好な施工結果を得た。

④ 今後の課題と展望

RC構造、PC構造二分割推進管を使用した超大口径管推進は現場で施工について試行錯誤の結果、いずれも大きなトラブルなく施工を完了した。今後、さらに大口径、長距離、曲線施工の推進工が予想されるが、分割式推進管、推進機、施工管理などの研究、開発が急務であると考えられる。しかしながら超大口径管推進工法はシールド施工では不経済とされていた箇所や、雨水貯留管としても経

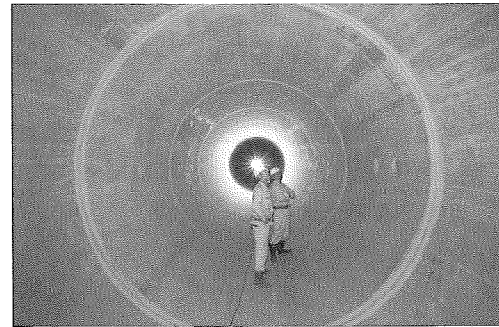


写真-7 φ3,500mm坑内全景

済的に施工できる技術として確立していくであろう工法である。最後に本施工報告が同種工事の参考になれば幸いである。

(文責：市川政美・戸田建設(株))

参考文献

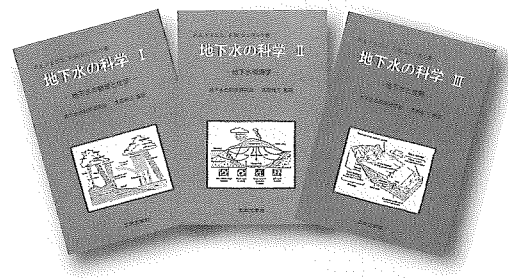
- 1) No-Dig Today, No.55, pp.17-23, pp.24-30, 2006.4.

■ 図書案内

地下水の科学 — 全3巻 —

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

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



第I巻 地下水の物理と化学

4,078円+税 B5判

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

第II巻 地下水環境学

4,272円+税 B5判

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

第III巻 地下水と地質

3,689円+税 B5判

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

株式会社 土木工学社

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

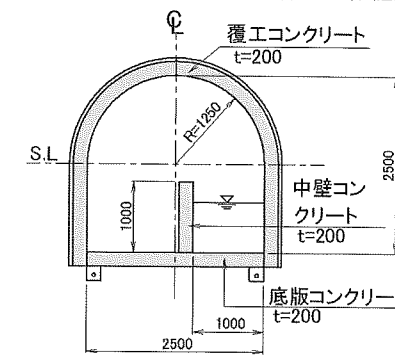
トンネルジャーナル

津軽ダム 木戸ヶ沢連絡トンネルが貫通

東北地整津軽ダム工事事務所が施工する木戸ヶ沢連絡トンネルが貫通し、11月4日、工事関係者、地区代表者などが出席して貫通式が執り行われた。

同トンネルは、津軽ダム堤体下流部と貯水池右岸部を結ぶ、全長551.7m、内幅2.5m、内高2.5mの幌形トンネル。貯水池右岸の呑口部は、旧尾太鉾山(銀・銅などを産出)の鉾滓堆積場かん止堤と、かん止堤下流に建設する貯水池保全施設の間に位置する。このため、かん止堤の管理用通路と、かん止堤下流域の雨水排水処理の水路としての機能を併せ持つ必要があり、断面中央に擁壁が備えられている。

凝灰岩主体の地山を、掘削断面面積8.3m²で全断面発破NATMにより掘削した。今年3月に掘削を開始、およそ9か月をかけて貫通に至った。最大日進はCⅡ区間で7.5m、最大月進は



106mだった。

一部にスレーキングしやすい凝灰岩などが混じっており、これが全面に出現したさいには、数mにわたって急激に支保工変位が生じたため、支保工をストラットで補強するなどの対策を行った。また、吐口部が集落に近いことから、発破にあたっては、防音扉を設置したほか、坑口から200m区間は騒音振動調査を行いながら制御発破を実施するなどして環境保全に配慮した。



図版・写真提供：津軽ダム工事事務所

永平寺大野道路 浅見トンネル貫通

近畿地整福井河川工事事務所が整備する中部縦貫自動車道永平寺大野道路の浅見トンネルが貫通し、11月4日、貫通を祝う会が催された。式典には地域住民や関係者が集まり、永平寺神楽保存会永楽会による舞いや永平寺中学校と上志比中学校の吹奏楽部による演奏が披露され、貫通を祝った。

同トンネルは、福井県吉田郡永平寺町轟と同町浅見を結ぶ暫定2車線の道路トンネル。おもに糸生累層の凝灰岩と安山岩からなる地山を、79.5~86.1m²の断面で、発破NATMにより貫いた。延長936mを約16か月かけて突破し、最大日進は4.8m、最大月進は91.2mだった。

事前の調査で、地山内にリニアメントが5か所ほど確認され、また、膨張性鉱物の貫入の可能性が指摘されていたことなどから、掘削においては、切羽前方探査を採用。TSPと穿孔探査システムを併用することで、切羽前方約100mの地質を調査し、地質状況を詳細に把握しながら掘進した。この調査で予見された破砕帯などの脆弱な岩層に対しては、注

入式および充填式フォアポーリングを施すなどして、崩落を防止し順調に掘進した。

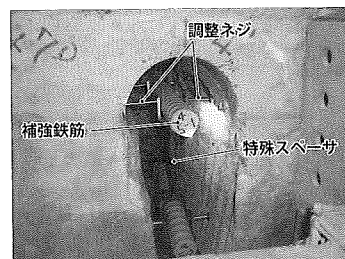
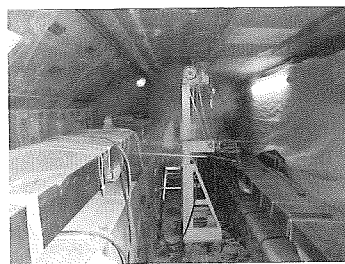
永平寺大野道路は、大野市から福井市に至る26.4kmの自動車専用道。交通渋滞の緩和、高度医療施設へのアクセス向上、災害時における安定した交通の確保や沿線地域の活性化を図ることなどを目的に整備される。同トンネルの位置する永平寺東IC(仮称)~上志比IC間はミッシングリンクとなっており、一日も早い供用が期待されている。



写真提供：福井県

工法・技術・製品ニュース

工法 ボックスカルバートの耐震補強を機械化施工



(上)自動ウォータージェット切削機
(下)特殊スペーサーで位置決めした補強鉄筋

(株)奥村組 東日本支社環境技術部
TEL : 03-5427-8536
http://www.okumuragumi.co.jp/

奥村組は、ボックスカルバート(C-Box)の耐震補強工事における機械化施工技術を開発し、その施工性と安全性を実証したと発表した。

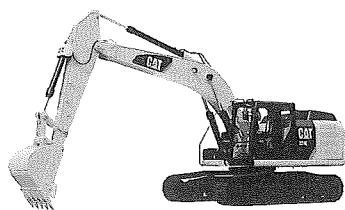
同技術は、自動ウォータージェット切削機によりC-Box壁部に縦長のスリットを形成、遠隔操作ができる専用の鉄筋挿入装置を用いて、既設の鉄筋を避けながらスリット内に補強鉄筋を特殊スペーサーと一体化させながら多段配置する。その後、鋼製型枠を設置し、スリット内に下方から無収縮モルタルを密実に充填して完了となる。C-Box内部に管やケーブルなどが布設され、作業スペースに制約がある場合にその効果をとくに発揮するとしている。

近年、大規模地震の頻発にともない重要地下構造物の耐震補強の必要性が増している。C-Boxにたいしては、せん断補強のため壁部に水平孔を削孔し、鉄筋を挿入したうえで、

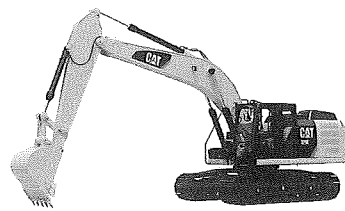
隙間をモルタル充填することで補強する工法が数多く採用されている。しかし、供用中の地下構造物では、壁部に布設されている管やケーブルなどが補強にさいして支障となるケースが多く、移設を要するような場合には、工事費の増加と工期の長期化につながるため、こうした問題に対処できる施工方法の確立が求められていた。

自動ウォータージェット切削機の採用により、手動によるウォータージェット切削と比べ、スリットを精度よく形成でき、充填モルタル量が大幅に低減されるほか、鉄筋挿入装置や鉄筋組付けユニットの採用により、従来の手作業に比べ、補強鉄筋の設置時間を2割程度短縮でき、大径の補強鉄筋の設置も容易になることが確認されている。狭隘な空間における作業者の安全性の向上と省力化できるなどの効果もある。

製品 オフロード法適合の中型油圧ショベル4機種を新発売



Cat 324E L油圧ショベル



Cat 329E油圧ショベル

キャタピラー・ジャパン(株)広報グループ
TEL : 03-5717-1122
http://japan.cat.com/

キャタピラー・ジャパンは、オフロード法2011年基準をクリアする環境性能と、パワーシステムの統合制御などによる優れた生産性を両立した中型油圧ショベル4機種を発売した。

今回発売されたのは、Cat 324E油圧ショベル(バケット容量 1.0m³、運転質量24.6t)、Cat 324E L油圧ショベル(同1.1m³、25.6t)およびCat 329E油圧ショベル(同1.1m³、27.7t)、Cat 329E L油圧ショベル(同1.2m³、28.8t)で、それぞれCat 324D(L)油圧ショベルおよびCat 329D(L)油圧ショベルのフルモデルチェンジ機となる。

今回のモデルチェンジでは、新型の環境対応パワーユニットを搭載し

た。これは、燃料噴射などのエンジンメカニズムを最適に制御する「Cat 電子制御システム」、高効率燃焼を実現し排出ガス成分を抑制する「燃料噴射システム」、10年を超える開発期間を経て投入される「NOxリダクションシステム」および二段階で排出ガスを浄化する「アフタートリートメント技術」からなり、排出ガスに含まれる有害物質を大幅に削減し、低燃費を実現する。加えて、作業負荷によらずエンジン回転を一定に維持する制御システムを搭載して軽負荷時のエンジン回転を抑制するなど、高い生産性を確保しつつ、燃料消費量を約10%低減(従来機比)するなどの特長がある。



(社)日本トンネル技術協会 国際委員会

地下炭鉱掘削実績にもとづいた石炭層掘削時のメタン排出解析/Analysis of methane emissions in a tunnel excavated through Carboniferous strata based on underground coal mining experience

By R. Rodriguez, C. Lombardia: Tunnelling and Underground Space Technology, Nos.4, July, 2010, pp.456-468

本研究ではトンネル掘削におけるメタン排出状

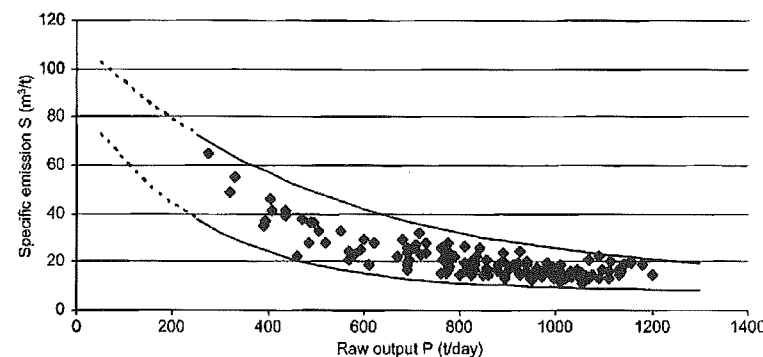


図-1 掘削土量1tあたりのメタン排出量

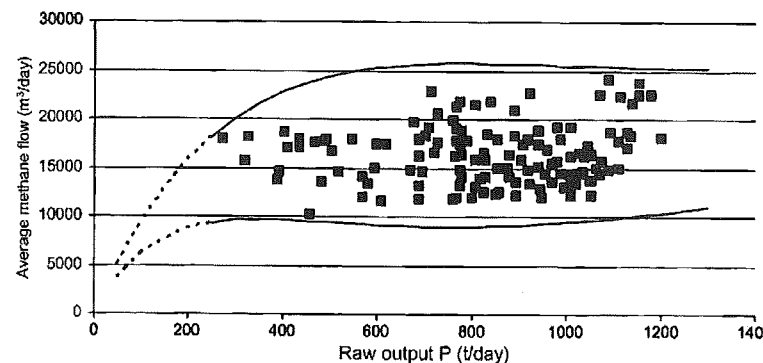


図-2 1日あたりの掘削土量に対するメタン排出量

況が炭鉱掘削の状況と類似しているという事実にもとづいて炭鉱実績を利用して石炭層掘削時のメタン排出量(掘削土量1tあたりのメタン排出量および1日あたりの土量に対するメタン排出量)の予測手法を提案することを目的としている。

炭鉱における実績からそれぞれの排出量は図-1, 2に示すとおりであり、またこれを式に示すと次のとおりとなる。

掘削土量1tあたりのメタン排出量S(m³/ton)

$$S(P)_{up} = 12 + 100 \times (0.998)^P$$

$$S(P)_{low} = 8 + 80 \times (0.996)^P$$

1日あたりの掘削土量に対するメタン排出量q(m³/day)

$$q(P)_{up} = P \times (11 + 89 \times (0.998)^P)$$

$$q(P)_{low} = P \times (9 + 90 \times (0.996)^P)$$

また、これはスペインの鉄道トンネルであるVariante de Pajaresトンネルでも同様の傾向となっており、現時点では炭鉱のみの実績しかないが、実績を重ねることにより土木トンネルにも適用可能なことを示している。

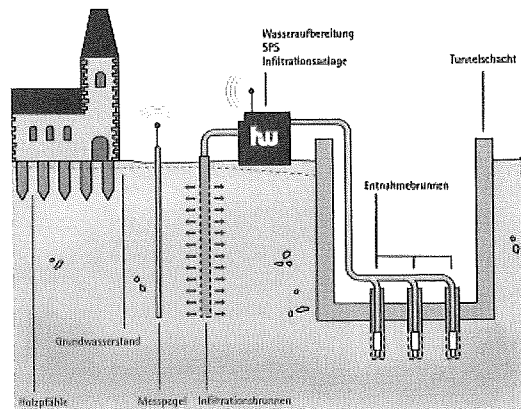
これらの予測値からガスを希釈するために必要な送気量を求めることができ、換気計画に適用することができる。

(文責:満尾 淳・東急建設(株))

コペンハーゲンの地域暖房トンネルのための地下水管理/Groundwater Management for district-heating Tunnel in Copenhagen

Tunnel, August, 2010

コペンハーゲンでは、都市の暖房用(温水・蒸気)として、氷河起源のモレーン(25~40m厚の砂、砂利)で覆われた白亜紀の石灰岩層内(土かぶり30~40m)に径5.8m、長さ4.1kmのトンネルを土圧バランスシールド



掘削するため、TBMの発進基地として径15～25m、深さ40mの立坑を3本掘削した(石灰岩部の支保は吹付けコンクリート)。付近の地下水位は地表面下2mである。図に示すように、市内の主な構造物基礎は木製の杭を用いているものが多いため、トンネル掘削中に地下水位が低下し杭基礎が乾燥しないような地下水位管理をすることが重要であった。そのため、市では管理プラントを建設することとした。

地下水管理のため、30～45m深さの汲み上げ井戸を立坑内に、立坑の外に注入井戸を50mの深さまで掘削した(汲み上げ、注入井戸とも掘削径300mm、中に径200mmのフィルターパイプを挿入。水平方向の透水係数が鉛直方向のその3～10倍であることが確認されている)。また径200mmの観測井戸を40か所で掘削し、ツインゲージタイプの観測機器を設置した。データの収集用に立坑付近の観測井戸からは直接コントロールセンターにケーブルを、離れた井戸ではバッテリー式のGPRSデータロガーを使用した。そしてSPS(Storage-programmable control system)と呼ばれるシステムを用いて地下水位、注入レート、累積注入レートなどを記録・管理することで、地下水位の変動を数cmの単位で制御している。

また、当初注入には高価な飲料水を用いる予定をしていたが、実際は立坑内に水質浄化プラントを建設し、汲み上げた地下水を処理して飲料水と同レベルの水質を有する水を注入することで、建設コストを抑えている。リアルタイムの計測デー

タをオープンにし、週報(管理用)と月報・季報(報告用)を定期的に発行することで、安全確保とともに施主側・一般市民の信頼感も得ている。

(文責：小川豊和・大成建設(株))

防水工の構造的な役割/Membranes act structurally

World Tunnelling, September, 2010, pp.20-25

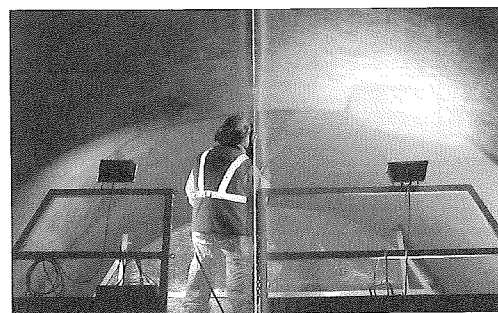
吹付けコンクリートに防水材を吹付けることは、トンネル構造上大きな利点がある。ただし、吹付け防水は、以下の5つの重要事項を満たしていなければならない。

ひび割れ抵抗性：コンクリートにひび割れは避けられないものであり、防水材には、ひび割れ追従性だけでなく、十分な引張強度も必要である。

シームレス：防水シートの漏水の大半は継ぎ目からのものである。吹付け防水の漏水は、化学的な問題であり、設備面から対応でき、継ぎ目からの漏水の問題はない。

適性：防水性に加えて、毒性がなく耐久性に優れていることが前提である。防水工の前にいくらかの地下水の浸入があることは避けられず、そのような環境でも十分な品質が確保されることが必要である。建設中の補修作業は、簡単かつ低コストでなければならない。

管理：吹付け防水では、厚さ管理が重要である。また、防水層は1層よりも2層のほうが効果的である。それは、1層目の欠点や不具合部を2層目で改善できるからである。また、材料は現場製造でも品質が一定であり、ポンプ圧送性に優れ



吹付け防水の早期施工

ている必要がある。

根拠：ウォータータイトであるためには、シート防水や吹付け防水にかかわらず100%の防水性能が必要となる。防水シートの場合では、現場で設置完了後に継ぎ目やその他すべての部分の水密性を試験することは難しい。吹付け防水では、10万m²に1つのピンホールを見つけ出すことも可能なスパーク試験を行い、最終吹付けコンクリート施工前に補修できる。

シート防水は、最終覆工が現場打ちコンクリートの場合には有効である。一方で吹付け防水は、最終覆工が吹付けコンクリートの場合に有効である。吹付け防水のもうひとつの特性は、一次吹付けコ

ンクリートと二次吹付けコンクリートを密着させる役目を果たすことである。イギリスの研究によると、吹付け防水により結び付けられた円形の吹付けコンクリートは、一体構造として考えられるという。これは、一次吹付けコンクリートが、構造体として評価できるとすれば、最終の覆工厚を小さくでき、掘削量やコンクリート量の低減に伴う材料費や施工費の削減につながる。さらに、工期の短縮、環境面やCO₂削減にも効果がある。吹付け防水は、不可能とされてきたドライなトンネルを可能にするとともに環境面や経済面での可能性を大きくするものである。

(文責：関本 昇・佐藤工業(株))

わかりやすい トンネルの力学

B5判 286頁 本体価格 5,825円 円340円

福島啓一著

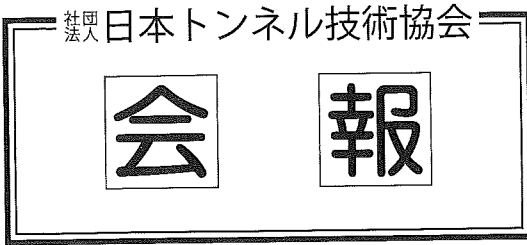
NATMの導入以来、トンネル工事の現場に計測が大幅に取り入れられるようになって、トンネルの力学がますます重要視されるようになった。

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

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

株式会社 土木工学社

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



1. 会員の現状

	11月30日現在
正会員	1,625名
団体会員	368名
個人会員	1,257名

2. 第207回理事会, 第72回顧問・評議員会

日時: 平成23年11月16日(水) 12:00~13:00
 場所: 東京商工会議所 8F「東商スカイルーム」
 出席者: 理事23名, 監事3名, 顧問2名, 評議員17名
 議事:

①入退会

団体会員5名, 個人会員7名の計12名の入会と団体会員8名, 個人会員40名の計48名の退会を承認。

②評議員の交替

<評議員>

旧	新	所属役職
石井 信隆	遠山 雄一	首都高速道路(株)建設事業部長
松浦 将行	黒住 光浩	東京都下水道局計画調整部長
大本 榮一	大本 万平	(株)大本組代表取締役社長

③新公益法人の移行手続き(方針)

「一般社団法人(非営利型)」を目指して移行準備を進めることについて承認

④第38回通常総会開催日を平成24年5月28日(月)とした。

3. 委員会の開催状況(11月1日~30日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

総務委員会(11/10)

宮林秀次委員長ほか7名, 新公益法人への移行方針を検討

広報小委員会誌WG(11/1)

大島洋志主査ほか9名, 12月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会対外広報WG(11/30)

早坂治敏主査ほか10名, 「現況2012年版」の和文原稿を査読

海外文献小委員会海外ニュースWG(11/30)

早坂治敏主査ほか8名, 海外ニュースを翻訳

◎事業委員会

事業委員会(11/8)

桑原彌介委員長ほか16名, 催物開催結果および今後の事業計画

計 5回開催 55名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

都市トンネル小委員会打合せ会(11/8)

五十嵐明委員ほか6名, 作業計画(案)を検討

保守管理小委員会(11/15)

伊藤泰司委員長ほか14名, 保守困難なトンネルの維持管理事例を検討

◎受託研究特別委員会

効率的掘削工法特別委員会高速施工WG(11/9)

領家邦泰主査ほか9名, 施工データを検討

効率的掘削工法特別委員会覆工養生WG(11/18)

西村和夫主査ほか5名, 調査内容および方法を検討

効率的掘削工法特別委員会補助ベンチWG(11/29)

鈴木雅行主査ほか9名, 報告書取りまとめ方針を検討

土砂処理特別委員会切羽安定対策WG(11/14)

中村俊明主査ほか5名, 取りまとめ方針を検討

土砂処理特別委員会土砂改質処理WG(11/16)

河本武士主査ほか6名, 取りまとめ方針の検討

土砂処理特別委員会土砂運搬WG(11/17)

滝本邦彦主査ほか4名, 調査内容を検討

小田急下北沢地区線増連立事業技術委員会

(11/15, 16)

小山幸則委員長ほか16名, 仙台市地下鉄現場視察および下北沢地区工事の進捗資料を検討

計 9回開催 83名出席

合計 14回開催 138名出席

4. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第38回ITA総会およびコンGRESS 「Tunnelling and Underground Space for a Global Society」	2012. 5. 18~24	バンコク(タイ)	International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) Thailand Underground & Tunnelling Group http://www.wtc2012.com/
第39回ITA総会およびコンGRESS 「Underground - the way to future -」	2013. 5. 10~17	ジュネーブ(スイス)	International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) Swiss Tunnelling Society http://www.wtc2013.ch/
第40回ITA総会およびコンGRESS 「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: 03-3524-1755

5. 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
(現場研修会)				
舞鶴若狭自動車道トンネル建設工事現場研修会	2011. 7.29	26	福井県	2.8
小田急下北沢地区複々線化工事建設現場研修会	2011.10. 7	16	東京都	2.0
横浜環状北線シールドトンネル工事現場研修会	2011.11. 4	36	神奈川県	2.0
大師線連続立体交差事業(地下化)工事建設現場研修会	2011.11.28	29	東京都	2.0
(施工体験発表会)				
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	126	東京都	5.1
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」	2011.10.14	74	東京都	4.6
(講演, 講習会)				
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	23	東京都	17.3
第14回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2011.12.14,15	24	東京都	9.3
山岳トンネルの地質に関する講演会	2012. 1.24	100	東京都	2.6

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,〈http://www.japan-tunnel.org/event_japan〉の入力で辿りつけます。

WTC(国際トンネル会議)会場から得られた資料の紹介

- 当協会は, ITA(国際トンネル協会)の日本の代表機関として積極的に協力していますが, 過去に開催されたITAのWTCの会場に設置されたブースやポスターセッションなどで集めた資料を協会会議室で閲覧することが可能です。希望者はあらかじめご連絡のうえ, ご来訪くださいますようお願いいたします。なお, 会員の方には貸し出しも行います。
- 協会ホームページでは, 収集した資料目録を掲載しておりますので, ご興味のある方はアクセスしてください。出展内容をチェックすることで世界のトンネル事情や, どの国が, どの会社が, どのような部門に注力しているか, ビジネスの考え方などを知る機会になれば幸いです。
- 保管資料: 2011年フィンランド(ヘルシンキ), 2010年カナダ(バンクーバー), 2009年ハンガリー(ブタペスト), 2008年インド(アグラ)

施工体験発表会審査結果報告および最優秀賞論文の紹介

第68回(山岳)ならびに第69回(都市)施工体験発表会にかかわる発表者の表彰について審査した結果、下記のとおりとなりましたので報告します。また、両発表会の最優秀賞を受賞した論文をここに掲載・紹介いたします。

第68回(山岳)施工体験発表会 「様々な課題克服に取り組んだ山岳トンネル工事」 〈最優秀賞〉

未固結地山における大断面トンネルの施工
—鹿児島3号 新武岡トンネル新設工事—

(株)間組 米田 新

〈優秀賞〉

全断面早期閉合の合理化施工の取り組み
—能越自動車道七尾トンネルおよび氷見第8トンネル—

西松建設(株) 鬼頭 夏樹

情報化施工による未固結地山近接施工について
—金沢東部環状道路卯辰トンネル(Ⅱ期線)工事—

前田建設工業(株) 賀川 昌純

第69回(都市)施工体験発表会 「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」 〈最優秀賞〉

都市部における合理的なシールド発進立坑の施工事例
—東京電力飯倉芝公園管路新設工事—

(株)奥村組 木下 茂樹

〈優秀賞〉

長距離高速・地中接合シールド工事における工期短縮の施工事例について
—伊勢湾横断ガスパイプライン設置工事—

鹿島建設(株) 恒川 照康

今までに例のない地上発進・地上到達を可能としたシールド技術の施工事例
—中央環状品川線大井地区トンネル工事—

大林・西武・京急建設共同企業体 井澤 昌佳

第68回(山岳)施工体験発表会最優秀賞

未固結地山における大断面トンネルの施工

—鹿児島3号 新武岡トンネル新設工事—

間・銭高特定建設工事共同企業体新武岡トンネル作業所工事主任 米田 新
間・銭高特定建設工事共同企業体新武岡トンネル作業所工務課長 多宝 徹
(株)間組土木事業本部技術第三部長 鈴木 雅行

1. はじめに

鹿児島東西道路は、鹿児島市の中心部と郊外を結ぶ延長3.4kmの道路で、そのうち2.7kmがトンネルとなる。約2.7kmのトンネルのうち、郊外側の約1.5km区間が比高30~80mのシラス台地を貫く山岳トンネルで、残りの約1.2kmが市街地直下の沖積層に構築される都市トンネルとなる。最終的に、山岳トンネルと都市トンネルはつながった一本のトンネルとなるが、山岳トンネルの中間付近に、ランプトンネルを接合させ、市街側の坑口からアプローチする。

都市トンネル部分の施工は、将来計画であり、今回の新武岡トンネル新設工事では、ランプトンネル(2車線)を用いた山岳トンネル区間(約1,500m)の暫定供用をめざす。

新武岡トンネルの掘削は主に郊外側から実施しており、平成23年9月1日時点で郊外側から818m地点まで、市街地側からランプトンネルの迎掘りが約300m地点まで到達している。

図-1に位置図、図-2に鹿児島東西道路概念図を示す。

2. 工事概要

工事名称：鹿児島3号新武岡トンネル新設工事
同(2期)工事
発注者：国土交通省九州地方整備局
施工者：間・銭高特定建設工事共同企業体
施工場所：鹿児島県鹿児島市田上地区内
工期：平成18年2月21日～
平成24年12月25日(1期, 2期)
工事内容：トンネル掘削(図-3~5, 表-1参照)



図-1 位置図

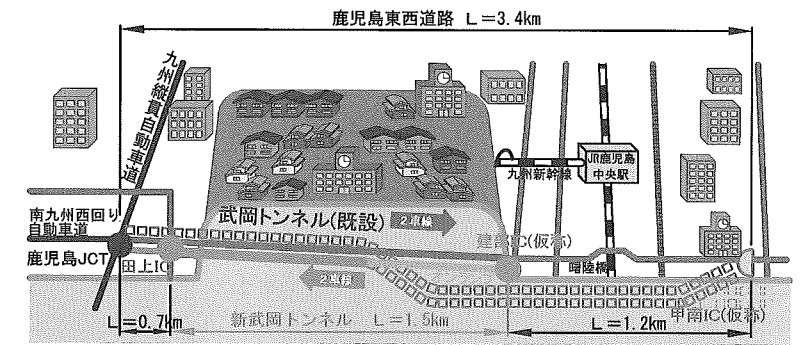


図-2 鹿児島東西道路概念図

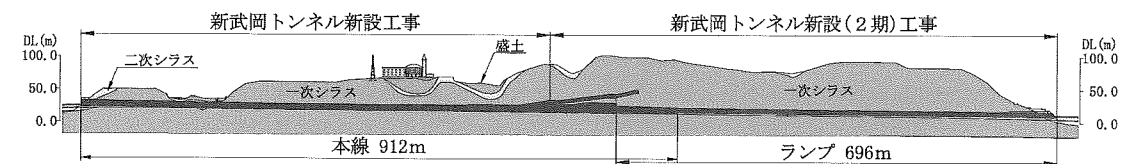


図-3 新武岡トンネル地質縦断面図

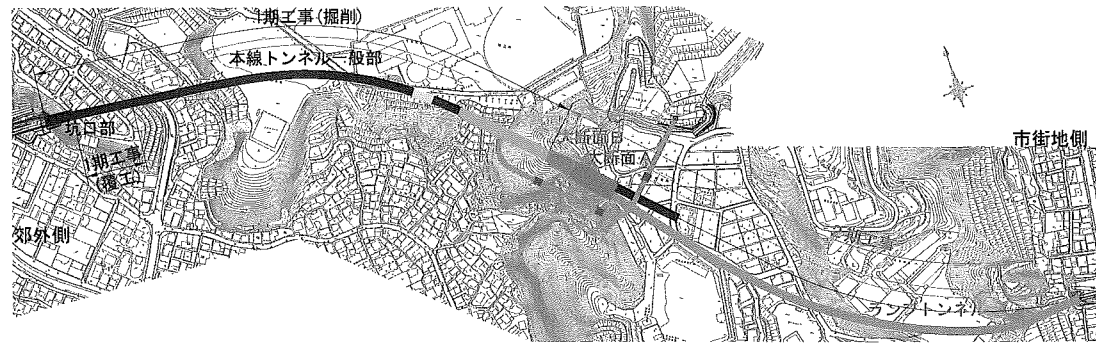


図-4 新武岡トンネル平面図

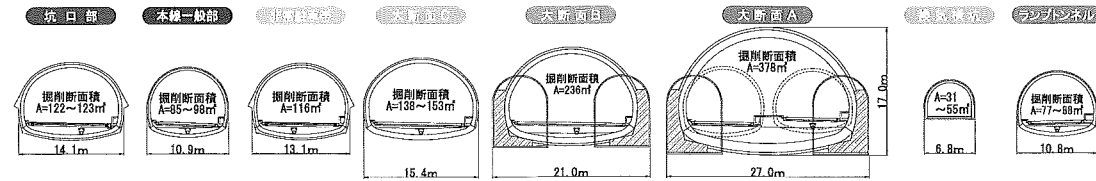


図-5 トンネル断面図

表-1 掘削延長および掘削断面積

掘削箇所	掘削延長(m)	掘削断面積(㎡)
本線	一般部	685
	大断面C	136
	大断面B	41
	大断面A	50
ランプ	969	77~89
換気横坑	370	31~56

本線：L=912m
 ランプ：L=696m
 換気横坑：L=370m

3. 地形・地質概要

南九州の地形は、新第三紀以前の堆積岩や火山岩類を基盤として、後期鮮新世以降(およそ400万年前以降)に鹿児島地溝から噴出した多数の火砕流堆積物が積み重なって形成されている。これらの火砕流のうち、入戸火砕流は南九州における後期更新世大規模火砕流のうち最大のもので、すでにあったカルデラを現況のように整形するとともに、カルデラから半径約100kmもの広大な地域に広がり堆積して、大きな地形変化をもたらした。

一般にシラスと呼ばれる地質は、この入戸火砕流堆積物の未固結部分をいう。新武岡トンネルはこのシラス台地を貫くかたちで計画されている。本トンネルの地質はほぼ全線がシラス(一次シラス)で、土砂状を呈する(写真-1参照)。

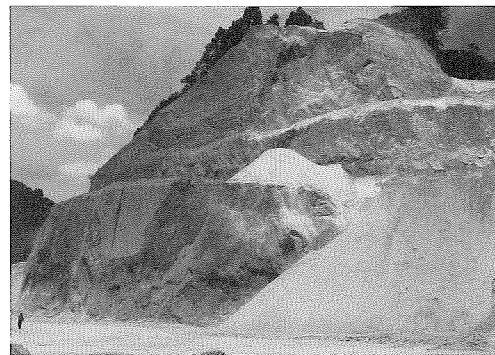


写真-1 一次シラス露頭

4. 一般区間の施工を通じたシラスの性状の確認

シラスは、N値40、一軸圧縮強度0.05N/mm²程度の砂質土で、スコップでの人力掘削も可能なほど軟質である。一方で、風化の進んでいないシラス地山は、比較的トンネル切羽の自立性が高く、支保などの変状なども少ないといわれており、経験的に比較的軽い支保パターン(DI相当など)で施工が行われてきた。しかしながら、本トンネルでは、これまでに経験したことのない超大断面トンネルを施工することから、過去の実績のみにとらわれず、一般断面区間(2車線および3車線)で、シラス性状の確認、シラストンネルの支保の安定性の検証を行ったうえで、大断面の設計・施工へフィードバックすることとした。

表-2に本トンネルの一般断面区間(2車線および3車線)の計測結果および計測結果から推定した緩み荷重を

表-2 一般断面区間(2車線および3車線)の計測結果および緩み荷重

	一般地山区間		小土かぶり偏土圧区間	
	2車線	3車線	2車線	3車線
横断面図	No.53+10	No.68+10	No.58+10	No.64+10
支保パターン図	DI相当H125	DI相当H150	DIIIa相当H200	DIIIa相当H200
天端沈下	9mm	24mm	16mm	32mm
脚部変位	10mm	22mm	12mm	17mm
内空変位	6mm	7mm	4mm	-9mm(拡大)
支保工軸力 [※]	吹付け	231kN	1,820kN	308kN
	H形鋼	133kN	650kN	746kN
	合計	364kN	2,470kN	1,054kN
緩み荷重	67kN/m ²	321kN/m ²	188kN/m ²	319kN/m ²
単位体積重量で除した換算緩み高さ	4.3m	20.7m	12.1m	20.6m



写真-2 切羽崩壊(1)

示す。表-2より、比較的土かぶりの小さい2車線トンネルでは、トンネルの変位や発生する緩み荷重が小さいが、3車線トンネルで土かぶりが大きくなると、トンネルの変位や発生する緩み荷重が極端に大きくなることから、表-2には、小土かぶり偏土圧区間の計測結果をあわ

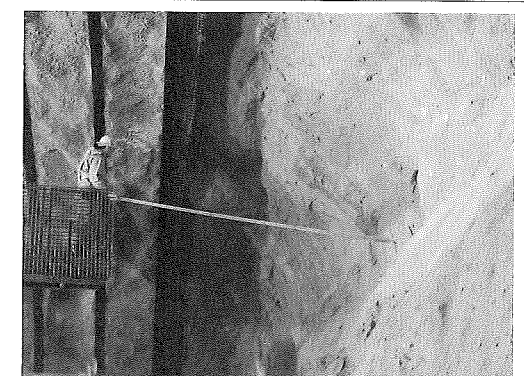


写真-3 切羽崩壊(2)

せて示しているが、こちらからもトンネルの掘削断面積が大きくなるにつれて、緩み荷重が増大している様子がわかる。また、本トンネルにおいては、比較的良好的なシラス区間においても、写真-2,3に示すように切羽の崩落が頻発する状況が確認された。

5. 超大断面区間の施工

5.1 超大断面区間の概要

図-6に大断面部のトンネル横断面を示す。この位置での土かぶりりは80m程度と未固結地山としてはあまり例のない層厚となる。

新武岡トンネルの超大断面部の特徴を以下にまとめる。

【超大断面部の特徴】

- 超大断面トンネル：大断面Aは、山岳トンネルとして日本最大級の掘削断面積となる(掘削断面積380m²)。
- 未固結地山：地山が未固結のシラスである($q_u = 0.05N/mm^2$)。
- 都市部山岳工法：都市部に位置し、トンネル上部が住宅、学校、墓地などにより平地利用されており、都市部山岳工法のトンネルに位置づけられる。

5.2 掘削工法の検討

一般部のトンネル施工結果から、2車線断面トンネルでは換算緩み高さとして0.4~1.1D(D：トンネル掘削幅)の荷重、3車線断面トンネルでは1.4D程度の荷重が載荷されていることがわかった。仮に超大断面部に載荷される荷重を1.4Dの換算緩み高さ相当に抑えることができたとしても、500kN/m²を超える大きな荷重が支保に載荷されることになる。そこで、超大断面区間では、荷重をできるだけ周辺地山に分担させて、支保に載荷する荷重を低減させる必要があった。そのためには、トンネルの掘削に伴う先行緩みや、切羽到達後のトンネルの沈下に伴う緩み荷重を抑制することが重要となる。

トンネルの安定対策として、補助ベンチ付き全断面工法にてインバート一次閉合を早期に実施して、沈下を抑制するケースが増加している。しかし、超大断面部につ

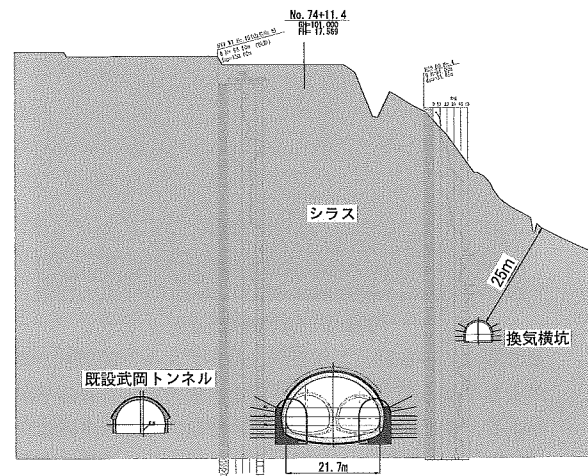


図-6 トンネル横断面図

いては、補助ベンチ付き全断面工法に適合する重機が一般には存在しないため、早期のインバート一次閉合はできない。また、施工できたとしても、一般断面であれば、切羽とインバート閉合の距離を5m程度まで縮めて、脚部沈下を抑制することができるが、大断面A区間では、切羽の自立性を考慮すると切羽面とインバート閉合の距離を大きく取る必要があり、効果的な沈下防止対策とはならない。そこで、超大断面部では、トンネルの沈下防止、沈下に伴う緩み荷重の増大の防止などを目的として、インバート一次閉合よりも効果的で、かつ、汎用機で施工可能である側壁導坑先進工法を採用した。

5.3 加背割りの検討

大断面Aの側壁導坑の大きさは、下記事項を考慮し、総合的に判断した。

- ① 側壁導坑掘削の作業性
- ② 側壁コンクリートの規模(幅、高さ)
- ③ 本坑上半掘削断面積など

側壁導坑の掘削幅は、側壁コンクリートの必要幅を包

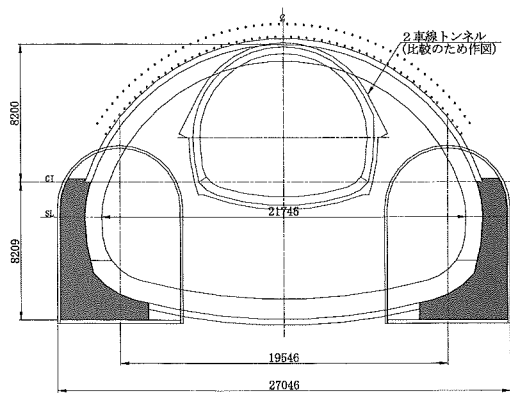


図-7 側壁導坑高さ上半掘削高さの設定

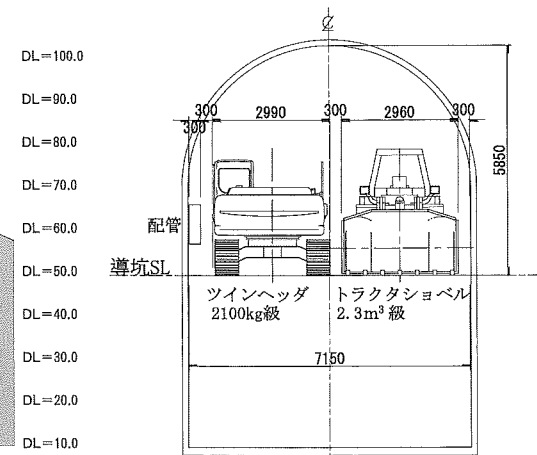


図-8 側壁導坑内空幅の設定図

含し、汎用機を用いてトンネル掘削が可能な幅(7.15m)とした。また、大断面A区間の掘削断面は、上半切羽の安定確保、汎用重機の施工を考慮して決定した($H=8.5m$, 図-7, 8参照)。

5.4 基礎コンクリートの検討

本トンネルの大断面部の基礎コンクリートに作用する荷重は、著しく大きいものとなる。さらに、基礎コンクリートの大きさも高さ8.4mと大きいものとなる(図-9参照)ため、上載荷重に耐えるように基礎コンクリートの補強が必要となる。

コンクリートの補強については、通常はRC構造が考えられるが、本トンネルの場合、

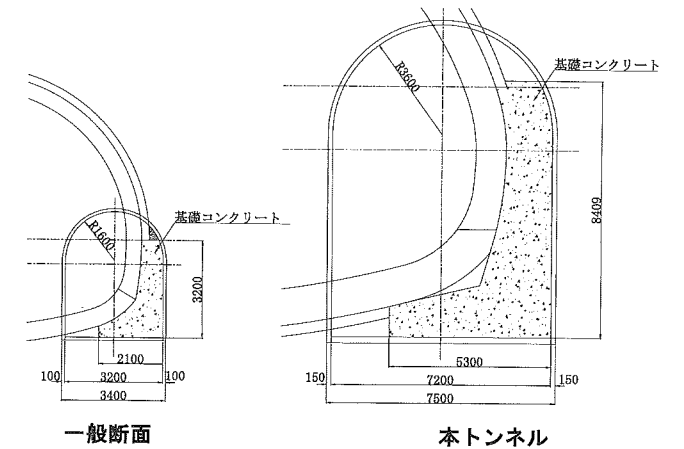


図-9 基礎コンクリート比較

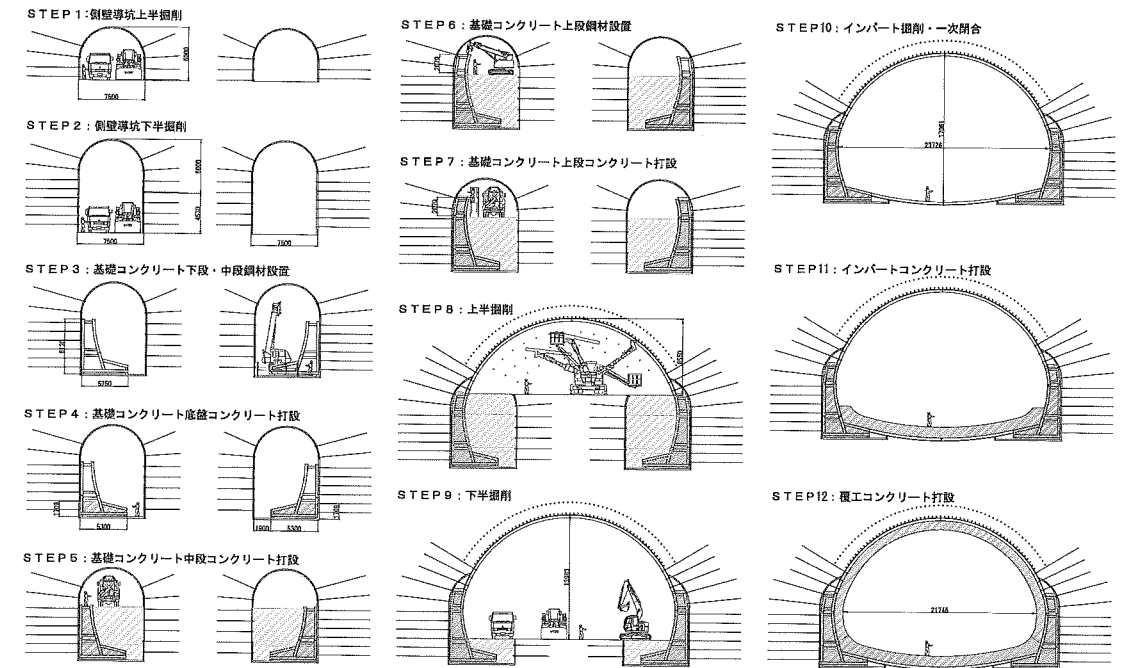


図-10 側壁導坑先進工法施工フロー図

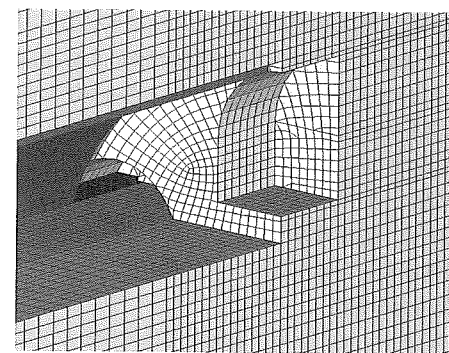


図-11 連続体解析概念図

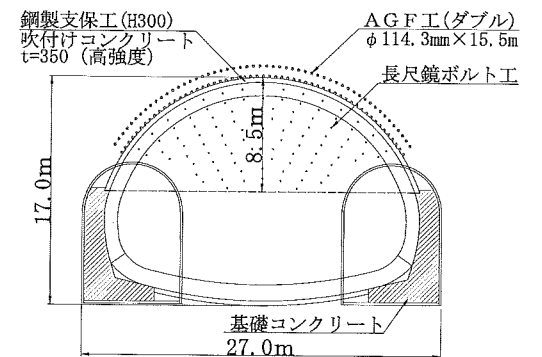


図-12 大断面A諸元

上半支保工に載荷される巨大な軸力の伝達がうまくいかない。また、過去の事例では、RCでの基礎コンクリートの構築は、狭小な側壁導坑内の鉄筋組立に多大な時間を要し、工程面のデメリットも大きい。そこで、本トンネルでは、1断面3ピース(上段・中段・下段)にプレキャスト化した鉄骨部材を現地で組み立てる鉄骨コンクリート構造を採用した。図-10に施工フローを示す。

5.5 支保および切羽面の安定検討

トンネル掘削前に得られていた室内試験や地盤調査の結果からは、トンネル工学的に有意なシラスのせん断強度パラメータや変形係数は不明であった。しかし、トンネル掘削時の計測データをもとに、三次元の連続体解析による逆解析を実施し、定数を設定することができた。その結果から、三次元連続体解析の順解析を行い、支保部材や鏡安定に必要な補助工法を設定した。図-11に連続体解析の概念図を、図-12に大断面Aの諸元を示す。

6. 施工結果

6.1 支保応力の検証

実施工においては、計測工によりトンネル支保の応力状態を確認しながら掘削を進めた。図-13にA計測による

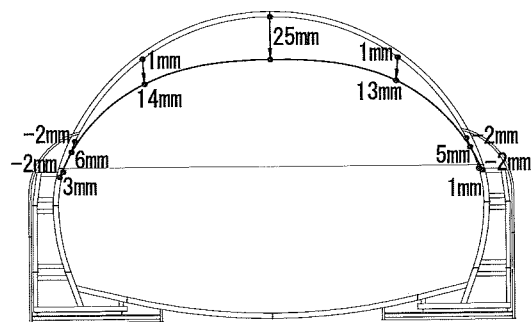


図-13 A計測(トンネル変位)

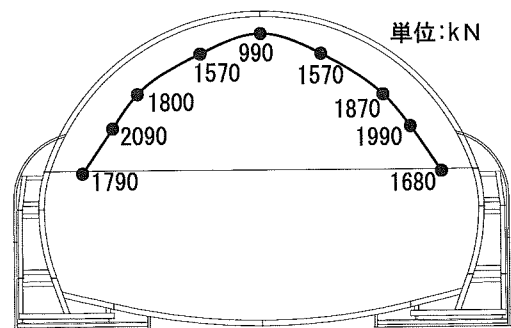


図-14 B計測(H形鋼軸力)

表-3 発生断面力および発生応力

測点	発生断面力(軸力:kN)				発生応力(N/mm ²)			
	鋼製支保工(H-300)		吹付けコンクリート(t=35cm)		鋼製支保工(SS400)		吹付けコンクリート(36N/mm ²)	
	A計測	B計測	A計測	B計測	A計測	B計測	A計測	B計測
TD770m	2,220	1,890	1,980	2,450	188	192	5.7	7.0
TD795m	2,780	2,130	2,470	2,800	236	207	7.1	8.0

るトンネル断面変位を、図-14にB計測結果の支保工軸力を示す。

当該区間のA計測では、上半の測点を7点設けて支保の変位モードを把握している。これをフレーム解析により再現することにより発生断面力、発生応力を再現している。また、B計測からは、鋼製支保工のひずみから直接、発生応力を推定している。これらの値をあわせて表-3に示す。B計測で直接測定した値は、A計測による推定値より20%程度小さいものの、A計測、B計測による計測結果はよく一致していると判断できる。

A計測の結果から推定した鋼製支保工の発生応力は236N/mm²、B計測による鋼製支保工の発生応力は207N/mm²であり、鋼材の短期の許容応力度程度の値となっている。

一方、吹付けコンクリートの方は、最大発生応力が7.1N/mm²と、許容応力に対して余裕のある結果となっている。これは、鋼材とコンクリートの剛性(ヤング率)が10倍以上の差を有することから、剛性の高い鋼材が小さな面積にもかかわらず大きな断面力を分担してしまうことによる。吹付けコンクリートの高強度化は、両者の剛性の差を小さくすることで、鋼製支保工の分担率を低減する効果が認められる。

6.2 鏡面の安定性の検証

上半断面は掘削幅22m、掘削高さ8.5mときわめて大きくなることから、鏡面の安定性を鏡ボルトの軸力計、切羽前方の地中変位計により確認した。その結果、緩みは、切羽前方5m程度から先より発生していることがわかった。そこで、鏡ボルトの最小の残尺を6.5m確保することを目標とし、長さ12.5mのものを6mシフトで打設することとした。また、ボルトの打設ピッチは1.5mとしていたため、ボルト間地山の小規模な抜け落ちが確認されていたが、6mシフトとすることで、ボルトがラップするため、見かけの本数が倍となり、局所的な切羽の安定性も改善された。

6.3 支持力の検証

計測結果からトンネルに載荷している荷重を逆算すると土かぶり換算で25m程度となる。

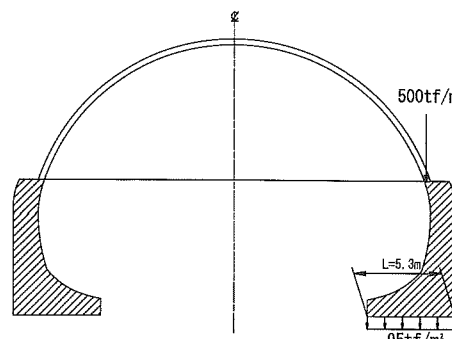


図-15 支持力の確認(側壁導坑先進)

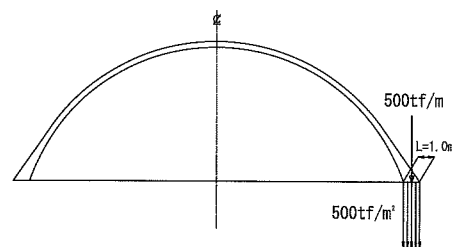


図-16 支持力の確認(上半先進)

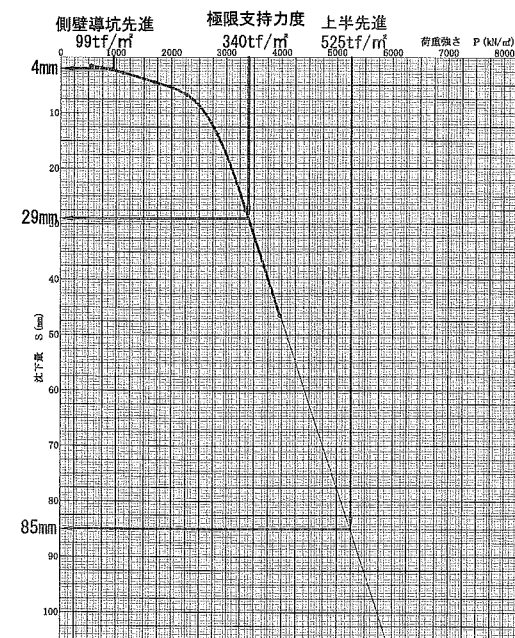


図-17 支持力の確認



写真-4 側壁導坑上半掘削

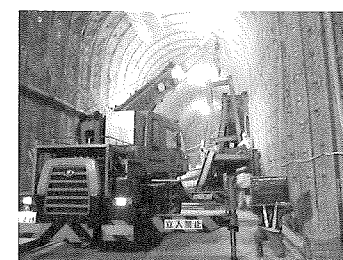


写真-5 基礎コンクリート鋼材組立

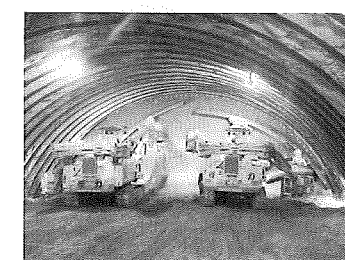


写真-6 上半掘削

この荷重は、支保工の軸力(5,000kN)として上半脚部に載荷される。これを基礎コンクリートの底盤幅で分担させたものが図-15である。

また、上半先進の上半脚部(ウイング幅1m考慮)で分担すると考えると図-16のようになる。これらを、トンネル坑内で実施した平板載荷試験のデータにプロットすると図-17のようになる。

図-17から、側壁導坑先進工法の場合、脚部の沈下量が抑制されており、全体の沈下量も抑えられることがわかる。一方、上半先進工法の場合、脚部が80mmほど沈下し、天端沈下は計測されている25mmに加えて、100mmを超えることが予想される。その結果、トンネルに載荷されている緩み荷重は増大し、さらに脚部沈下が増大するという状態に陥りトンネルの安定が確保できなかったと考えられる。

6.4 施工性の検証

写真-4~6に大断面部の施工状況を示す。側壁導坑先進工法を採用し、加背を適切に分割することにより(図-12参照)、施工の各ステップにおいて、大型の汎用重機を用いることができ効率的な施工ができた。

7. おわりに

今回、掘削を終えた大断面部の掘削断面積は、道路トンネルとして日本最大級のものである。このような超大断面トンネルの掘削を、未固結の土かぶりの大きなシラス地山で無事に終えることができた。今後、類似の超大断面トンネルの参考となれば幸いである。

また、工事にあたっては、国土交通省九州地方整備局鹿児島国道事務所を始めとする関係各位には多大なるご指導・ご協力をいただいた。厚く御礼申し上げます。

第69回(都市)施工体験発表会最優秀賞

都市部における合理的なシールド発進立坑の施工事例 —東京電力飯倉芝公園管路新設工事—

(株)奥村組東日本支社土木技術部課長代理 木下茂樹

1. はじめに

近年、都市部での通信・ライフラインなどの地下インフラ整備事業が積極的に推進されており、その主役を担うシールド・推進工法によるトンネル築造には、発進・到達立坑が必要となる。とくに、中・大口径推進工法やシールド工法において立坑を構築する場合は、掘進機の全長などの関係から□9.0m程度の矩形立坑、もしくはφ9.0m程度の鋼製圧入ケーソンが採用されるケースが多い。一方、環境負荷低減、コスト削減、工期短縮といった社会的ニーズも高まっており、それらに応える新しい立坑構築方法が必要となってきた。

本工事では、「交通量の多い東京の中心部において、道路を規制して発進立坑を築造する」必要があることから、上記の社会的ニーズを踏まえた合理的な施工方法が求められた。

そこで、立坑の築造方法は、構造の優位性から立坑形状を円形とすること、コスト削減の観点から山留め材に鋼矢板を使用すること、環境負荷低減の観点から鋼矢板の打設には油圧圧入工法(写真-1)を採用することとした。

以下に、本工法の開発の経緯、実施工への適用事例、計測工による設計の妥当性の検証結果を示す。



写真-1 鋼矢板の円形打設

2. 施工方法の開発経緯

2.1 角度補正プレートの開発

鋼矢板のセクションは、その適合性能からメーカーが推奨する継手回転角度の限界が6°である。したがって、鋼矢板円形立坑の直径はφ7.64m(図-1)までの省面積化が可能である。しかし、通常の圧入機による施工では、油圧圧入機(サイレントパイラー)の機械的性能から、反力把持部の開口幅に制限があり、施工可能な円形打設の最小直径をφ16m(図-2)としている。そこで、油圧圧入機の反力把持部が、鋼矢板の継手角度に追従できるように角度を補正する治具の開発を進めた。

治具(以下、「角度補正プレート」(図-3)とする)は、

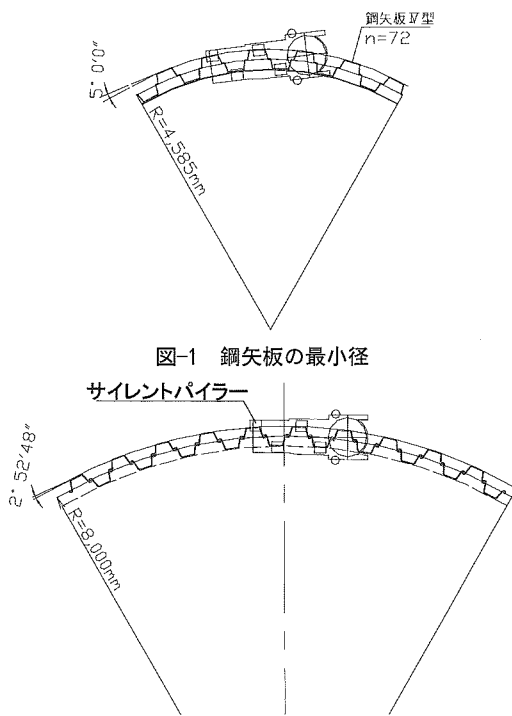


図-2 圧入工法での最小径

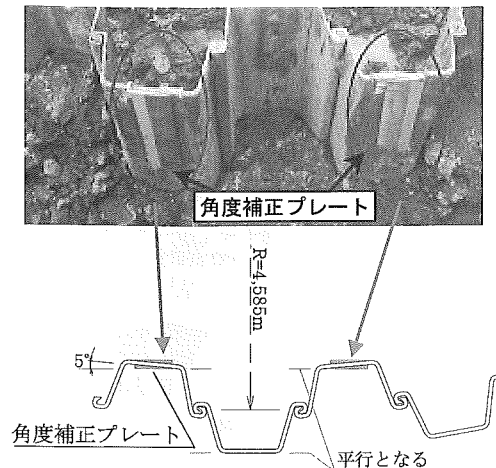


図-3 角度補正プレート

くさび形状とし、鋼製の削り出し加工で製作した。また、実施工の円形立坑の直径が9.17m(鋼矢板72枚)であることから、5°(360°/72枚)の補正角を持たせた。

2.2 施工管理手法の確立

円形打設では、各鋼矢板が角度を持って打設されるため、1つ前に打設した鋼矢板の精度(向き・倒れ)が、次施工の鋼矢板の打設位置・方向に影響する。よって、施工精度は1打設ごとに座標による確認が必要となり、リアルタイムの測量管理が要求される。そこで、本工法では、NATMトンネルなどの測量に使用する座標管理レーザー照射技術(写真-2)を取り入れ、打設位置管理・出来形管理手法に応用した。

座標管理では、あらかじめ設置した基準点を使ってレーザートランシットに後方交会法で機械座標を与え、すべての鋼矢板の位置を入力したコンピュータと連動させた。この方法で、狭隘な作業ヤードでもレーザートランシットを任意の場所に設置でき、打設した鋼矢板の測量結果は、進行・半径方向の位置を自動演算することにより、その場で瞬時に確認ができた。

2.3 試験ヤードにおける実験施工

実施工に先立ち、角度補正プレートを用いて施工実験を実施し、曲線造形・応力状態を確認した。油圧圧入機は、既打設の鋼矢板を反力として新たな鋼矢板を打設する方法を採用しているため、反力となる鋼矢板の荷重分布をひずみゲージで計測した(写真-3、図-4)。打設位置から1枚目、2枚目、3枚目、4枚目の荷重分布は角度補正プレートを採用した状態でそれぞれ圧入荷重の80%、40%、-20%、0%となり、圧入荷重を超える過重負担、および圧入荷重と反力の不均衡は発生しなかった(図-5)。

このことから、角度補正プレートに起因する反力把持部の滑動などの不具合は発生しないと判断した。また、反



写真-2 測量管理状況

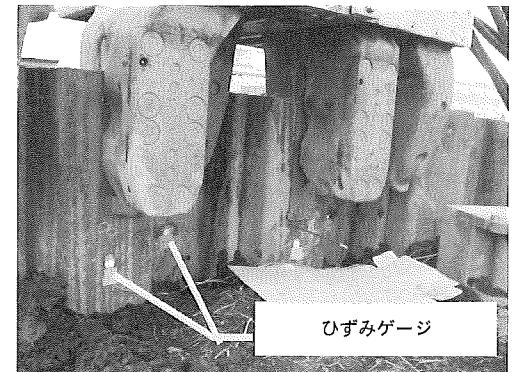


写真-3 ひずみゲージによる応力計測

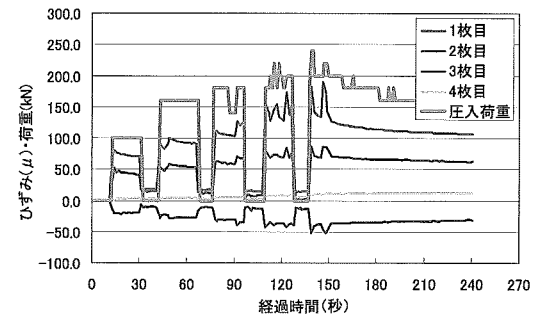


図-4 鋼矢板の荷重-時間関係

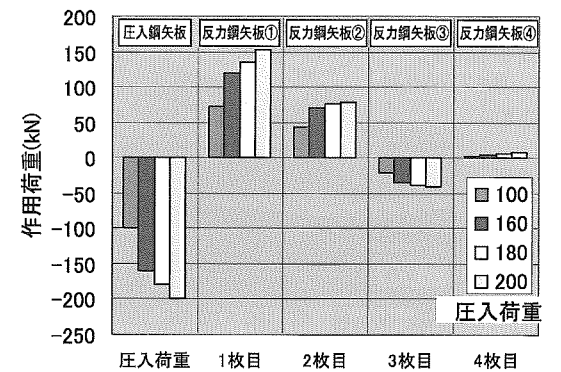


図-5 鋼矢板の荷重-反力分布関係

力の分布がおおむね直線的で圧入荷重によらず変化しないといった結果から、弾性域であれば作用荷重と反力分布の関係は上記の比率になると推定され、実施工時の反力分布、角度補正プレートの耐久性の確認に応用できる。

3. リング支保工の設計手法

図-6に土留め設計のモデル、図-7にリング支保工の設計モデルをそれぞれ示す。

土留めの設計には一般的な弾塑性法を用いた。また、支保工は3分割したH-300のリング支保工であり、確立された設計法がないため、『ライナープレート設計・施工マニュアル』¹⁾に準拠した設計法を採用した。これは、リング支保工に半径の1%相当の初期たわみを与え、土留め設計で計算される支保工反力を等分布荷重としてリング周囲から加えたときの軸力、および曲げモーメントに対する安全性を照査する方法である²⁾。

4. 本工法の実施工適用

4.1 工事諸元

本工法を、電力洞道シールド工事の発進立坑(直径φ9.17m、深さ17.7m)に採用し、工法の成立性(工程・精度・工費など)を確認した。表-1に工事概要、図-8に工事全体の地質縦断面図、図-9に円形立坑構造図をそれぞれ示す。

4.2 施工結果

(1) 鋼矢板打設歩掛り

角度補正プレートを用いて鋼矢板(IV型、L=22.5m、72枚、図-9)を打設した。油圧圧入機は、GL-10.5m以下にN値50以上の東京礫層が存在する地盤条件であったため、硬質地盤クリア工法を採用している。施工結果と

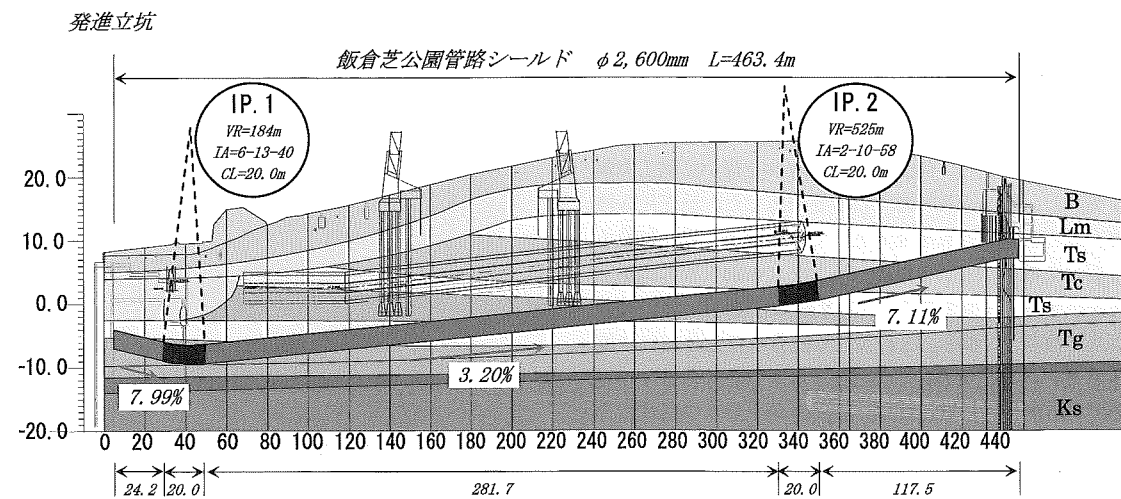


図-8 地質縦断面図

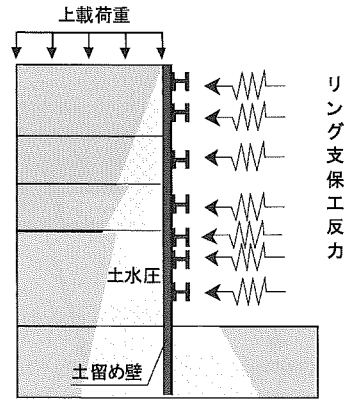


図-6 土留めの設計モデル

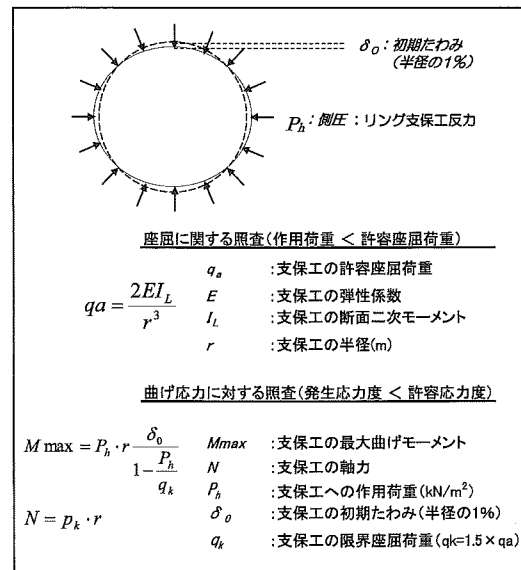


図-7 リング支保工設計モデル

して、円形打設は通常の直線打設に対して歩掛りの低下もなく、効率的に施工できている。

(2) 鋼矢板打設精度

円形立坑では、地中の鋼矢板の内空精度に大きく影響する³⁾鋼矢板の向きや倒れに加えて、最終的な締め切りにおける周長の調整も必要となるため、鋼矢板の位置・傾斜を常に確認しながら慎重な施工を行った。図-10, 11はそれぞれ、打設時と掘削終了時の鋼矢板の内空出来形を示している。

図で「打設時に傾斜計で予測した床付け部の内空精度(図-10)」が、「掘削後の出来形が約100mm内空側に変形している(図-11)」理由として、GL-8.5m以下の東京礫層通過時に鋼矢板の逃げが発生したと考えられる。しかしながら、結果として内空出来形を管理値内に収めることができている。

(3) 工費

本工法は、汎用性のある油圧圧入機と鋼矢板による低コストの施工が特徴である。参考に当該工事の立坑を、鋼製ケーシング圧入工法で施工した場合と本工事の施工結果を比較したところ、直接工事費で約25%のコスト縮減となった。これは、鋼矢板円形打設のうち約2/3が常設作業帯内で施工できたこと、工程調整の結果、残りの鋼矢板の打設を

表-1 工事概要

工事名	飯倉芝公園管路新設工事
シールドトンネル	φ2.6m, L=440m
工事概要	発進立坑(円形) 1か所 連続立坑 1か所 既設立坑 2か所
立坑形状	円形鋼矢板IV型 φ9.17m, H=17.7m 円形腹越し H300-7段

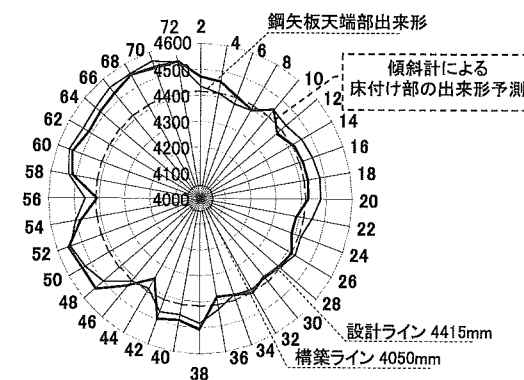


図-10 打設時の鋼矢板出来形

休日に拡幅作業帯内で連続施工できたことによる施工の合理化も寄与している。

5. 計測結果と設計の妥当性

5.1 施工時の計測方法

(1) 変位計測

立坑から800mm離れた位置に埋設したコアチューブ内に埋設型傾斜計を設置し、地盤の水平変位を鉛直深度で1~2mおきに計測した(図-12)。また、計測値と土留め壁の距離から、土留め壁平面の水平変位を推定した³⁾。

(2) 応力計測

各リング支保工(H鋼)の円周方向応力を、ひずみゲージを用いて計測した。ゲージは分割された各支保工の中

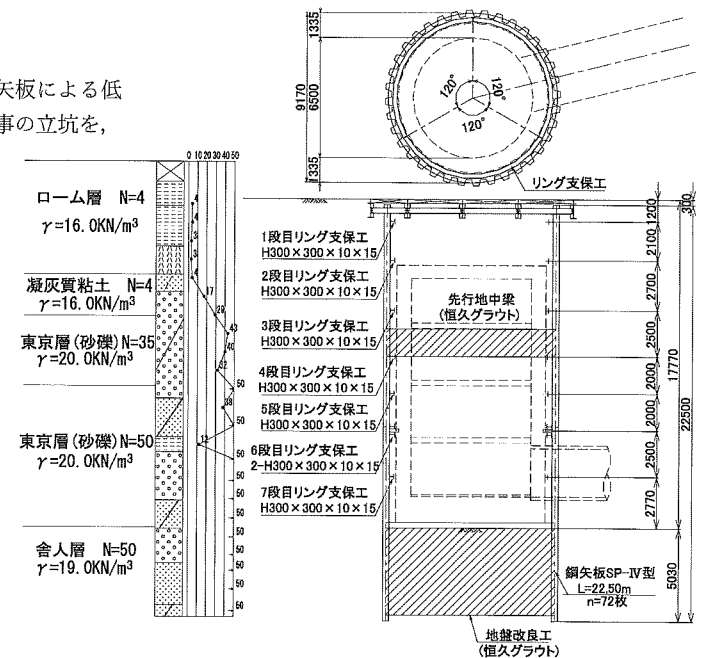


図-9 円形立坑構造図

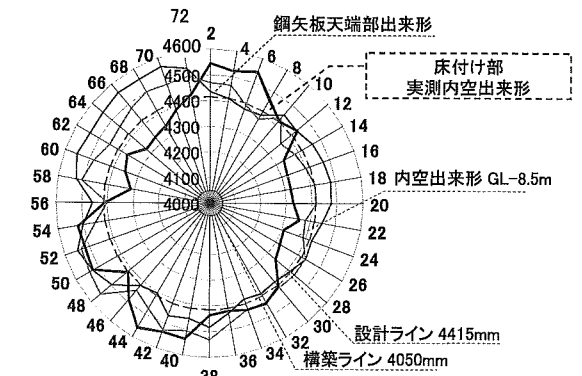


図-11 掘削後の鋼矢板出来形

点に設置し、1か所あたりフランジ下側の内面2か所、1リングあたり合計6点とした(図-12)。計測はリング支保工の設置直後(掘削前)から開始した。

5.2 リング支保工の応力計測結果

(1) リング支保工応力(深度方向)

リング支保工に発生した軸応力の深度方向の分布を図-13, 14に示す。また、リング支保工の設置状況を写真-4に示す。

ここで設計値とは、現場近傍における既往のボーリングデータなどを参照した物性値を用いて当初の設計時に弾塑性法で計算したものである。これに対し再計算値とは、以下の2点について設計条件を現場での調査結果に整合させたケースである。

- ① 地下水位：近傍の観測井戸による計測から当初設計より3m低く設定した。
- ② 地盤改良部剛性：底盤改良部の変形係数測定から原地盤と同等に設定した。

実測値は、設計値を2段目以降ですべて下回り、支保工の全数で許容応力度が210(N/mm²)以下となっていることから、構造上の安全を確保できている。また、実測

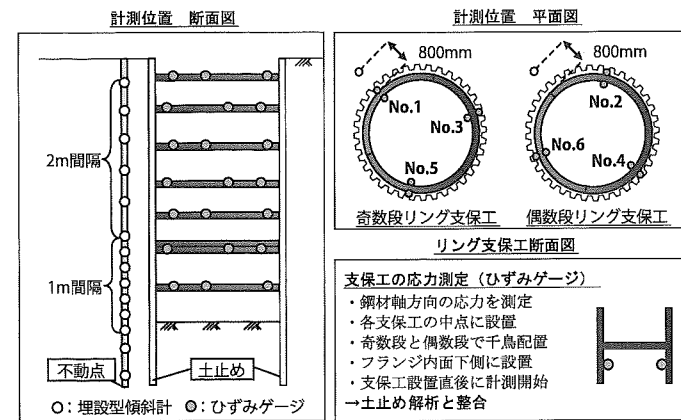


図-12 計測位置図

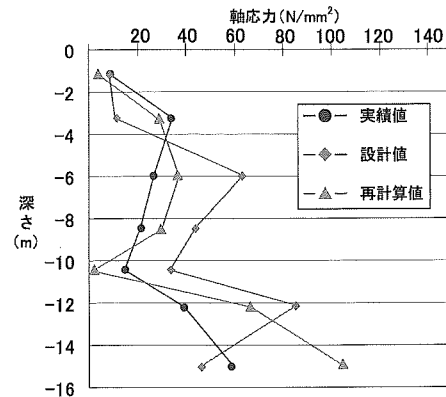


図-13 軸応力分布(掘削完了後)

値は応力値の大きさ、ならびに分布性状が設計値で大きく異なる結果となった。そこで、現地条件から再計算した結果、実測値に近い分布形状で近似ができた。

(2) リング支保工応力(円周方向)

各測点における軸応力と、それに対する曲げ応力の関係に着目したのが、図-15である。軸応力に対する曲げ応力の比は最大で80%となっており、傾向として軸応力が卓越するのに伴い曲げ応力の占める割合は低下している。また、支保工設計に支配的となる6, 7段リングでは、軸応力に対する曲げ応力の比が40%以下となっている。このことは、前述のリング支保工の設計における初期たわみの大きさとして1%以下に相当する(図-16)。実際の初期たわみは、立坑内に設置した直後の計測で0.2%程度と小さかったが、荷重や形状の不均一性などによって生じる曲げ応力相当を見込んで設計する場合、リング支保工の初期たわみを1%として設計する方法はおおむね妥当と思われる。

5.3 土留め壁の変位計測結果

土留め変位の設計値および計測結果を図-17に示す。これを見ると支保工応力と同様に、実測値は設計値を大きく下回っていることがわかる。また、5.2(1)①, ②と同様に、土質条件や地下水位を見直し、土留めの剛性を上げて再計算した場合、上部の変位分布は近似す

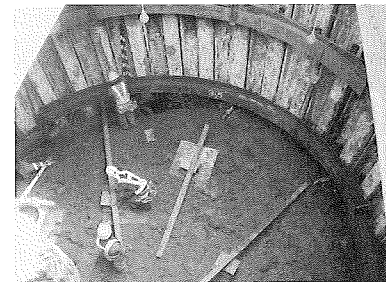


写真-4 リング支保工設置状況

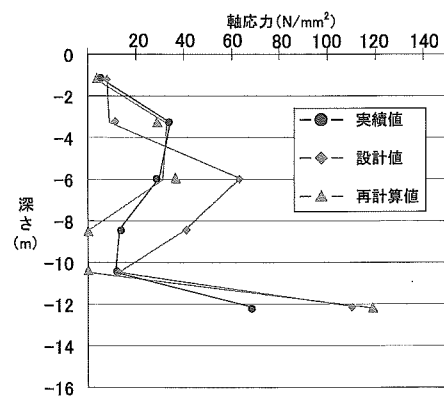


図-14 軸応力分布(7段支保工撤去後)

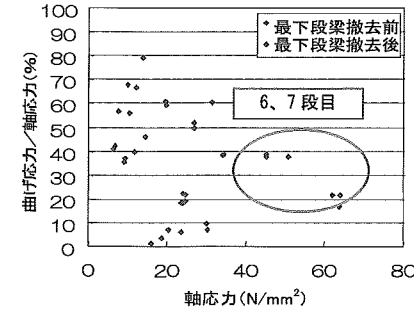


図-15 曲げ応力/軸応力比

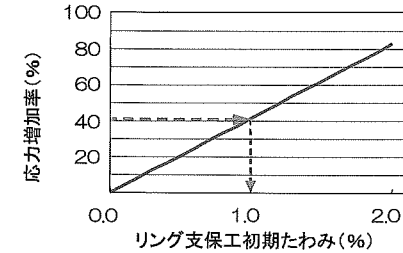


図-16 初期たわみと応力増加率

るものの、GL-12mから-21mにかけてのピーク位置における変位の違いは大きい。

一方、土留めの打設がオーガ併用の硬質地盤クリア工法であることから、地盤に先行緩みが生じていることを考慮すると、傾斜計の実測値は土留め下部の変位を的確に捉えていない可能性が高いと判断できる。このため、7段目リング支保工撤去の際、撤去位置(GL-15.0m)における鋼矢板の内径の変位を直接測定した結果を各解析値と比較した(表-2)。結果は設計値におおむね一致するため、土留めの構造上の安定性は確保されている。

5.4 計測結果と設計の妥当性に関する考察

リング支保工の応力計測、土留めの変位計測の結果から、下記のことが明らかになった。

- ① 実測値は解析値を大きく下回ったことから、今回の施工条件では、設計が充分安全側となっている
- ② リング支保工については、実際の設置精度とは合致しないが、荷重や形状の不確実性を考慮して、初期たわみを1%として設計することは妥当である
- ③ 土留めの変位は、地中変位測定では実測値が解析値を大幅に下回るため、内空変位の実測も合わせて計測し、設計の妥当性の判断することが肝要である

6. おわりに

都心部で小口径円形立坑を合理的に築造する方法について、施工方法および設計方法の確立と実施工への適用を行い、工法が成立することを確認した。

鋼矢板の円形圧入に関しては、角度補正プレートの採

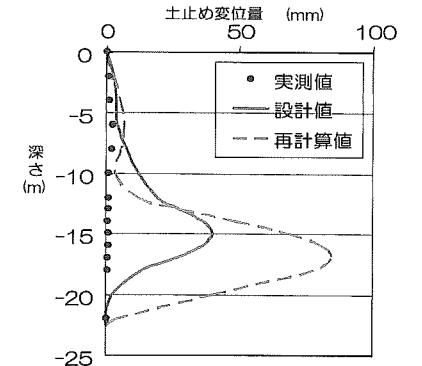


図-17 土留め変位量

表-2 7段目リング撤去時の土留めの変位

7段目支保工	変位量(mm)
実測値(直接計測)	8.0
設計値	7.8
再計算値	30.2

用によって所要の施工精度を確保しつつ、工費の縮減・工期短縮を図れることを確認できた。なお、実施工から、角度補正プレート挿入時の安全性の向上、打設精度のさらなる向上などが課題として挙げられる。今後、実績を積み重ねることで課題を克服し、工法の高度化を図る。

次に、計測による設計法の確立に関しては、リング支保工の応力、土留め変位の両側面からアプローチし、円形である構造上の優位性から、実測値は解析値を大きく下回る結果を得ている。また、リング支保工は、ライナープレートと同様に、半径の1%相当の初期たわみを考慮する方法により、安全に設計可能なことが確認できた。今後、施工条件および適用範囲を整理し、工法の普及・展開に向けた取り組みを行う。

なお、開発を行うにあたり、東京電力(株)をはじめとして、ご指導、ご協力いただきました関係各位に、誌面を借りまして心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) コルゲート・ライナー技術協会：ライナープレート設計・施工マニュアル、2000.6.
- 2) 福岡正巳：新四ッ木橋事故調査報告、土と基礎、No. 153、1970.11.
- 3) 近接施工技術総覧編集委員会：近接施工技術総覧、産業技術サービスセンター。
- 4) 木下茂樹ら：鋼矢板による小口径円形立坑(その1)、第66回土木学会年次学術講演会。
- 5) 前原健治ら：鋼矢板による小口径円形立坑(その2)、第66回土木学会年次学術講演会。

2月号予告[2月1日発売予定]

- 早期閉合の効果を施工事例および数値解析より検討
- 国道156号岐阜東バイパス 岩田山トンネル
- 圏央道 笠森トンネル
- 東京都下水道 世田谷区等々力三丁目付近枝線【連載講座】
- 最新推進工法技術(9)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

新年あけましておめでとうございます。

昨年10月末に、道東自動車道が開通しました。日勝・勝狩という険しい峠を回避し、道央と道東を結ぶこの道は、永らく道民に待望されていたものです。札幌の知人は「帯広が日帰り圏内!」と喜び、早々に帯広名物・豚丼を食べてきたそうです。

20年ほどまえの初秋、当時、札幌で学生生活を送っていた私は、友人と定食屋で晩飯をとっていました。店のテレビには夕方の道内ニュースが流れ、釧路のサンマの初水揚げを報じていました。それを見ていた友人は、唐突に、釧路行かない?と問いだしました。釧路に行けばサンマを刺身で食べられるとのこと、今でこそ珍しくないサンマ刺ですが、当時の札幌(の学生街の居酒屋)では見たことがありません。これを聞いて私も乗り気になり、翌日の釧路の朝市に向かうことに。札幌-釧路は、日勝峠を越えておよそ300km。6,7時間あれば着く距離です。札幌を出て、しばらくは順調に進みましたが、峠に近づくにつれ雨足が強くなり、そして暗闇の中に明かりを振る人と通行止め標識。多雨により峠は封鎖とのことで、やむなく南下し、襟裳岬周りのルートに変更しましたが、岬に着いたときには300kmを過ぎ、山道の運転疲れもあり仮眠をとりました。夜が明け、釧路までさらに200kmの道のりをへて到着したものの、肝心のサンマ刺の味の記憶はなく、今となっては、この大迂回だけが思い出です。

学生の思い出作りには最適な日勝峠でしたが、流通や緊急路としては、かなり脆弱なものだったと言えます。このたびの開通により、地域の安全が確保され、道東の豊かさが日本中でいっそう身近に感じられるようになると思うと、嬉しいかぎりです。

★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43巻 第1号 [通巻497号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成23年12月20日 印刷

平成24年1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

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL: 03-3524-1755

FAX: 03-5148-3655

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

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

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

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

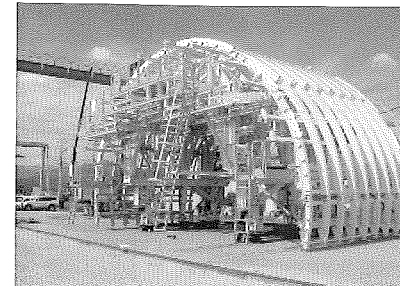
本誌掲載記事を無断で複写(コピー)および転載することは、著作権上での例外を除き、禁じられております。本誌から複写または転載を希望される方は、小社(03-3267-2888)までご連絡ください。

トンネル 二次覆工用型枠 総合メーカー

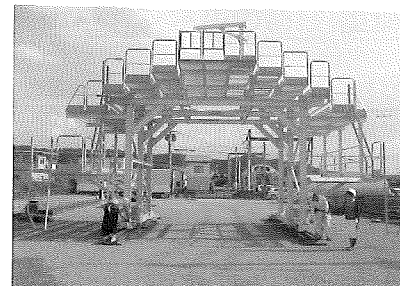
一歩前進!

~限りない未来への挑戦~

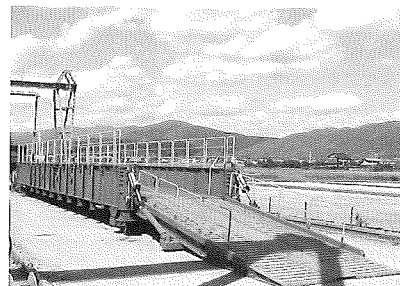
 大栄工機株式会社



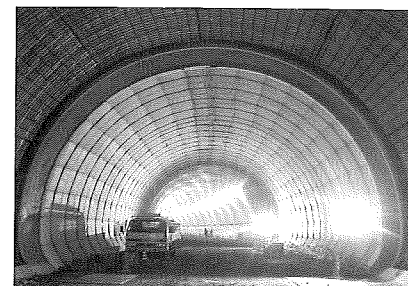
スライドセントル



作業台車



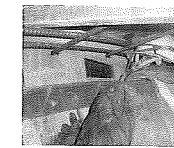
移動栈橋



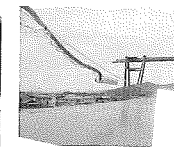
NETIS登録番号 CB-090003-A
EPSパネル養生



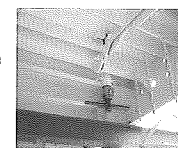
スチールフォーム(中流動コンクリート対応型)



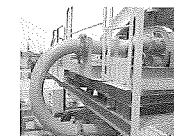
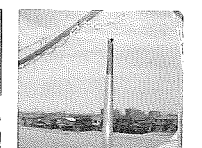
MC矢板



天端引抜パイプレタ



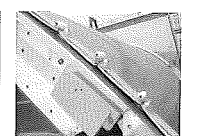
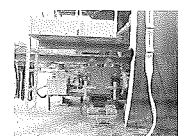
エア抜き金具



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

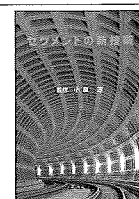
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた。



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・保野恭寛 共著
1,200 円+税 新書判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000 円+税 A5 判

建設技術者に必要な地質・岩石・岩盤などの基礎知識と酸欠・有害ガス・ガス爆発・湧水などの建設災害について、著者の経験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

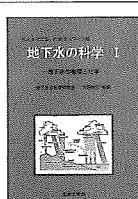
シールド工法について変遷から将来の開発の動向にいたるまで広範にわたり掲載した。シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた。



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学の立場から取り扱うため、水の物理的・科学的性質、地球の状況、水資源としての地下水の状況、地下水の水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際が統一されることを願って記された一冊。



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573 円+税 B5 判

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



ジオテクスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



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・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

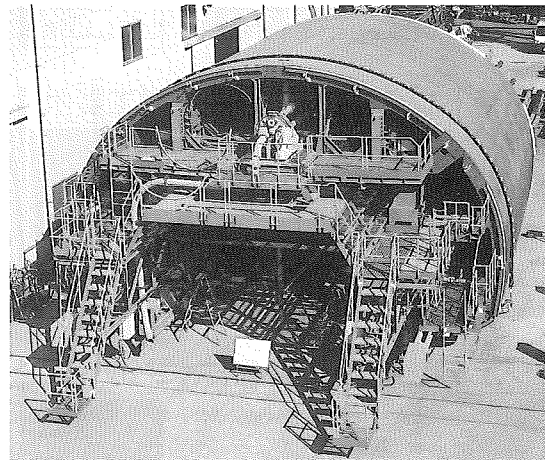
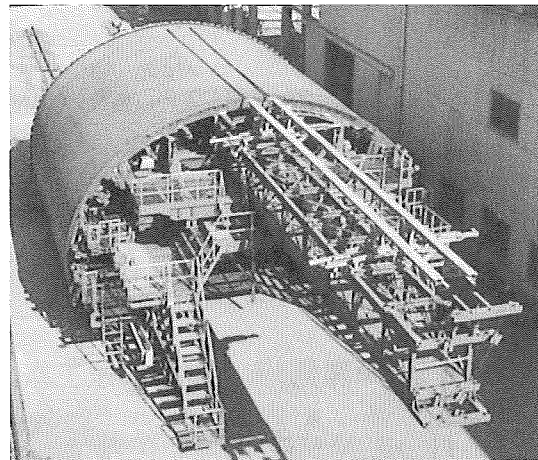


東和機電工業株式会社 かいた 穎田工場

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

創業昭和29年，設立昭和39年，昭和42年にセトル業界へ参入して，
 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。

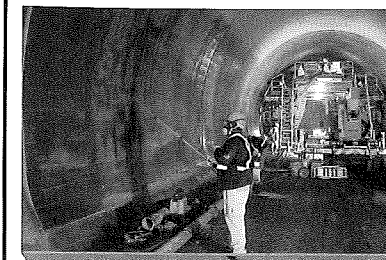
● 自動ケレン装置



- 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トル
- 横移動式栈橋
- 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

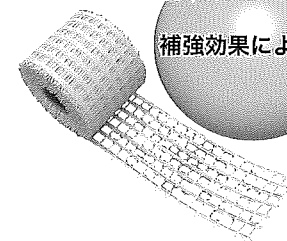
常に顧客のニーズに応えるため，安全性と施工効率を追求し，
 高品質な製品を納めさせて頂きます。



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



補強効果によるひび割れ幅低減



コンクリート混入・コンクリート用膨張材
ハイパーエクパン

NETIS登録番号 QS-020033-V

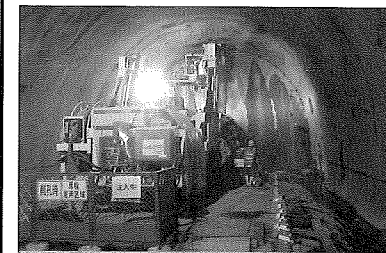
コンクリート収縮抑制

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ター

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