トンネルと地下　平成25年11月１日発行第44巻第11号
出版元　株式会社土木工学社　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

信頼の品質

技術提案に好適!!
デンカの特殊混和材

デンカの液体急結剤
《デンカクリアショット》
NETIS:KT-080020A
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
(Fc=18N/mm²)
デンカナトミックHSS
(Fc=36N/mm²)
・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 & ３
・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SH & 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
ポリプロピレン短繊維
GRACE Microfiber
・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
・PFモルタルTYPE-K･･･小断面，TBM・シールド工事用吹付けモルタル
・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
・デンカクリーングラウト･･･非エア系可塑性モルタル

DENKA
電気化学工業株式会社
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
本体価格1,500円
雑誌06619-11
4910066191139
01500

25年11月１日発行(毎月１回１日発行)　第44巻第11号　通巻519号　ISSN 0285-631X

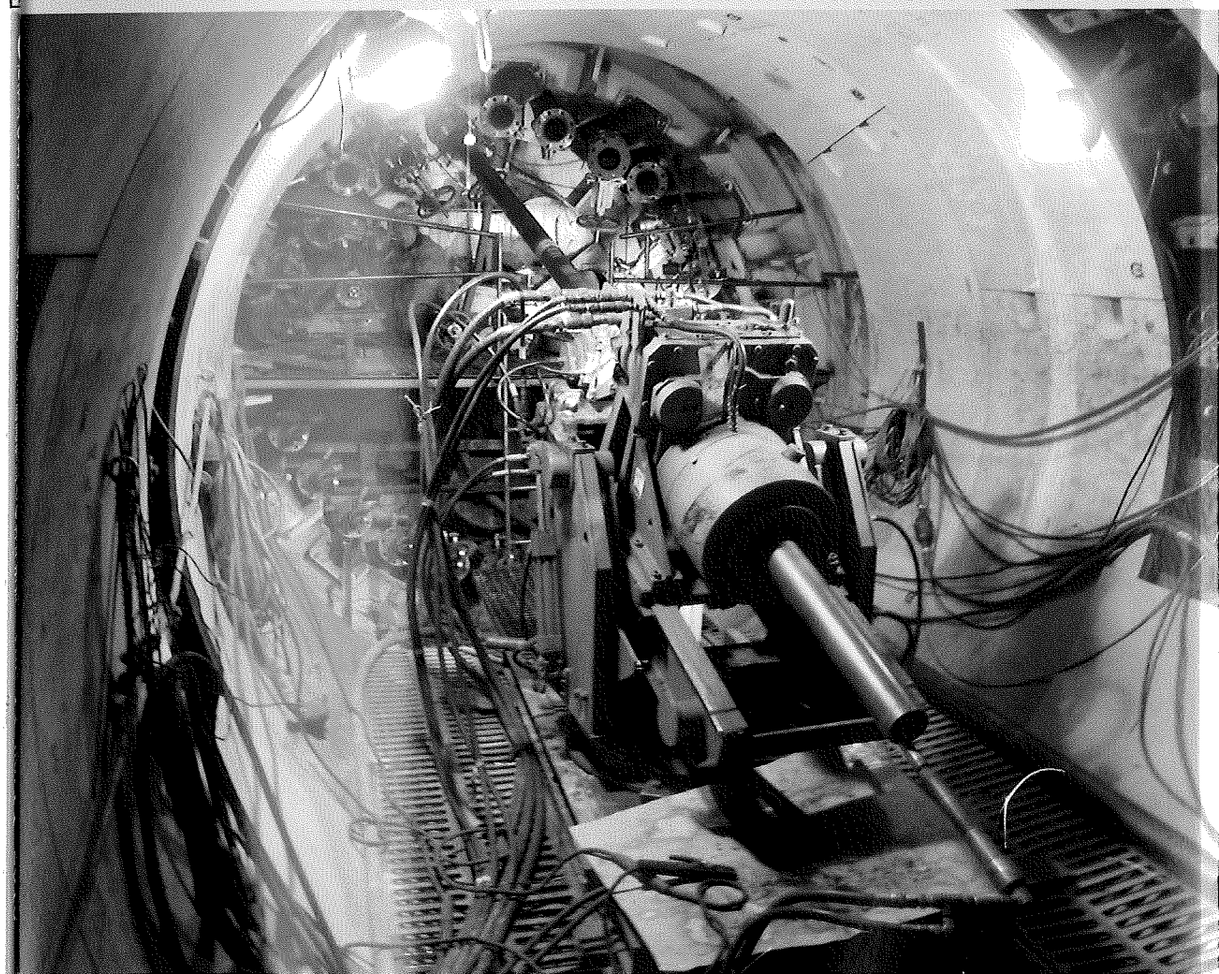
トンネルと地下 11

vol. 44
no. 11
2013

Tunnels and Underground

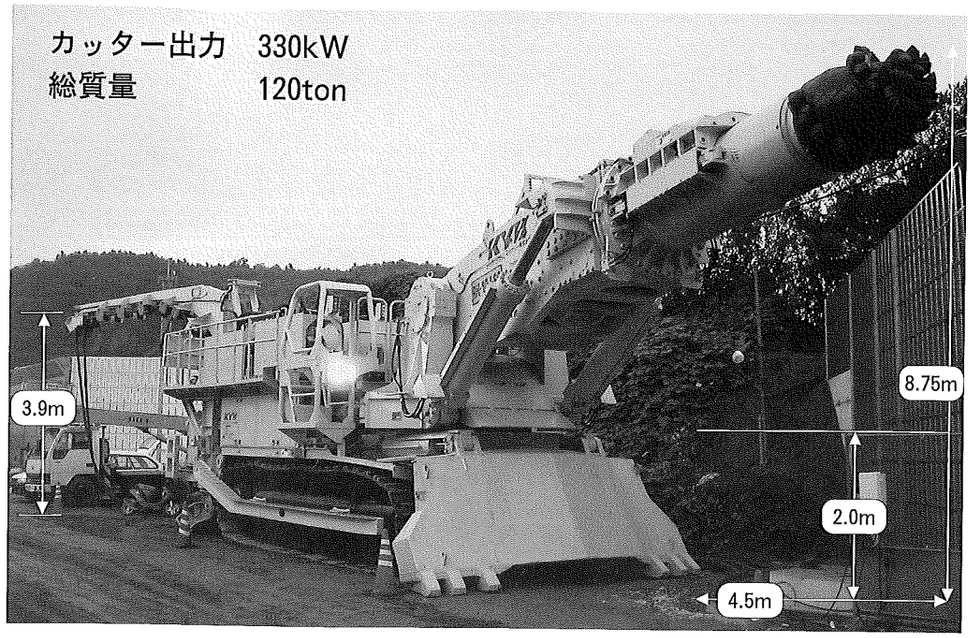
熱水変質軟弱層による施工中の盤膨れを縫返し工で克服
地すべり地形のトンネル坑口部を対策工と動態観測で突破
住宅密集地における営業線直下を横断するEV通路の築造
市街地の地下30mでの凍結工法による既設管渠との地中接合
高速道路トンネルにおける中流動覆工コンクリートの標準化

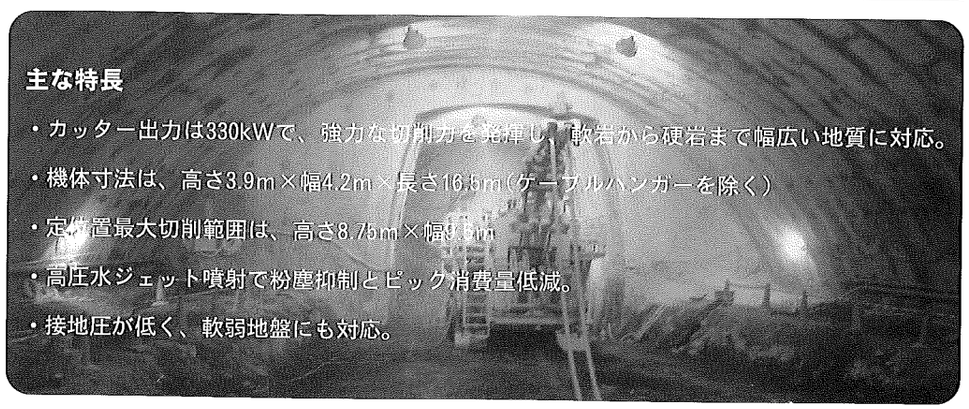
日本トンネル技術協会誌



ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー





KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業	〒105-0012	東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル	TEL 03-5733-9444
カスタマーサービス相模事業所	〒252-0328	神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号	TEL 042-767-2586
大阪支店	〒564-0063	大阪府吹田市江坂町1丁目23番地20号TEK第二ビル	TEL 06-6387-3371
西部支店	〒812-0016	福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多	TEL 092-411-4998
三重工場	〒514-0396	三重県津市雲出長常町1129番地11	TEL 059-234-4111

トンネル工事用 電気集じん器

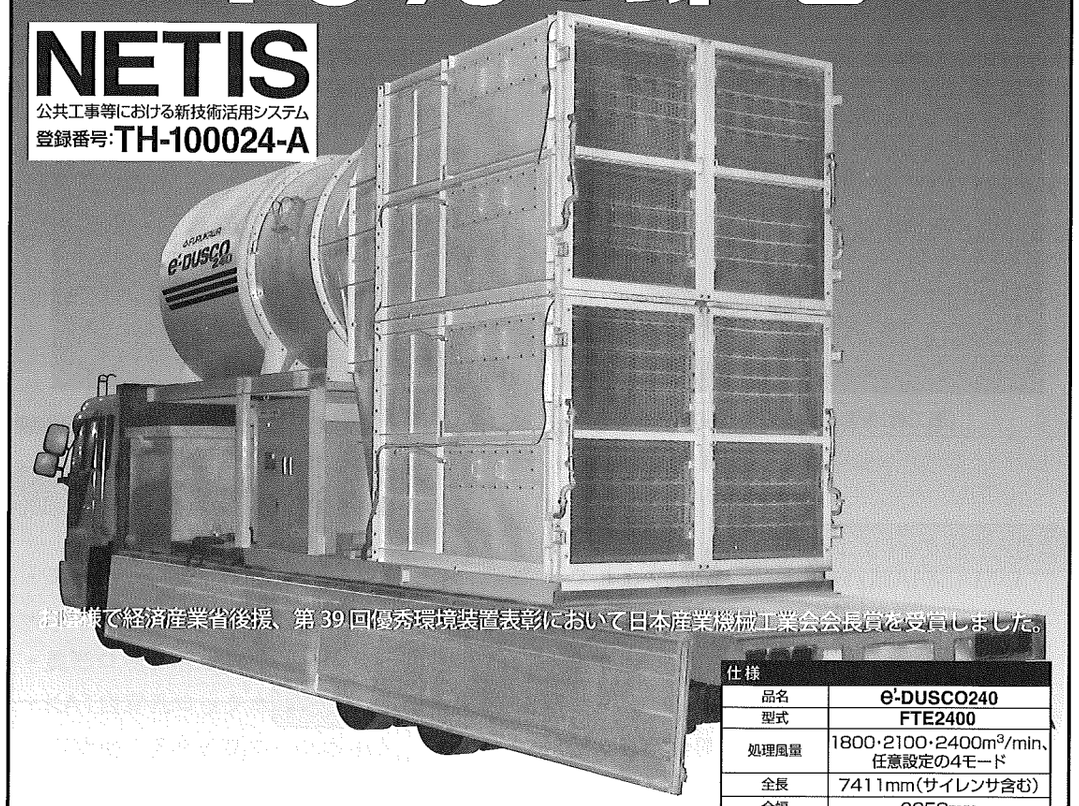
e-DUSCO 240

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



経産機で経済産業省後援、第39回優秀環境装置表彰において日本産業機械工業会会長賞を受賞しました。

仕様

品名	e-DUSCO240
型式	FTE2400
処理風量	1800・2100・2400m³/min、任意設定の4モード
全長	7411mm(サイレンサ含む)
全幅	2350mm
全高※1	3700mm
本体重量	10t
電源仕様	3相3線400V58kVA
ファン動力	30kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意
洗浄水	2.4m³/回
捕集ダストの処理	湿式
集じん効率※2	95%以上

※1 車両高さは含まれていません。
※2 JIS Z 8808により測定した値です。

クラス最高の集じん効率95%
従来の電気式では達成できなかった95%以上の高集じん率を確保。

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CO_2削減を実現するエコ製品です。

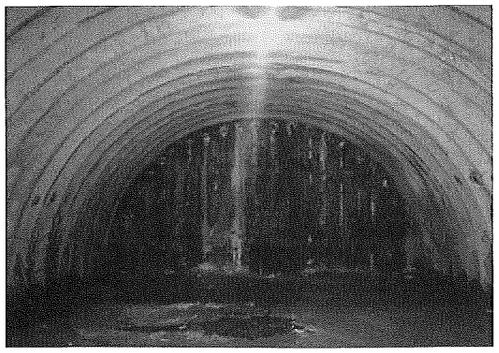
古河機械金属グループ
古河産機システムズ株式会社 URL:http://www.furukawa-sanki.co.jp/

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

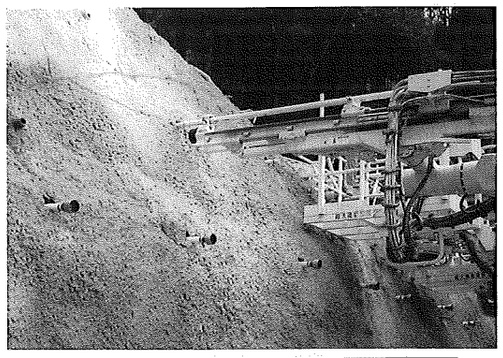
大阪支店 ☎06-6344-2532 名古屋支店 ☎052-561-4580 札幌支店 ☎011-784-1179
東北支店 ☎022-221-3532 九州支店 ☎092-741-5193 小山工場 ☎0285-23-8662

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

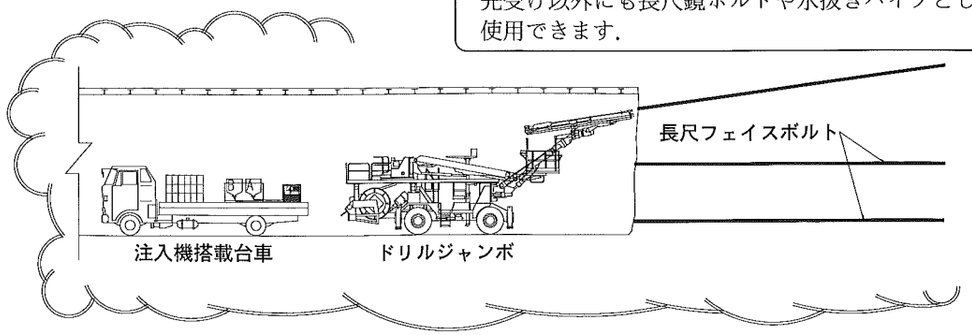
AGF工法のバリエーション

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！

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φ89.1㎜～60.5㎜まで対応ができ，鋼管・スリット管・特殊樹脂管が選べます．
↓↓
先受け以外にも長尺鏡ボルトや水抜きパイプとして使用できます．



注入材のバリエーション

■シリカレジン注入材
- スーパーSRF(標準タイプ)
- スーパーSRF(Sタイプ)
- スーパーSRF(低粘度タイプ)

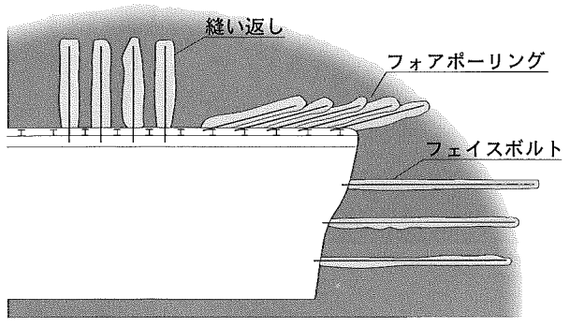
■ウレタン注入材
- ガンバンスーパーS

■無機系注入材
- シリカセーフ



（施工例）固結状況

注入ボルトのバリエーション



注入式フォアポーリングや鏡ボルト等に使用する注入ボルトとして，
- PUボルト
- KATアンカー
- GPRマルチタイプロックボルト

等があり，地山条件や使用目的に応じて選択できます．

主　要　営　業　品　目

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

KATECS

株式会社 カテックス
建設資材事業部

ホームページ http://www.katecs.co.jp/

技術営業部
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164

中部営業部
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164

東京支店
TEL)03-3260-8321 FAX)03-3266-1648

関西営業所
TEL)06-6578-3235 FAX)06-6578-3237

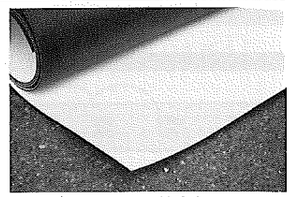
九州営業所
TEL)092-574-0856 FAX)092-574-0846

北海道地区(㈱エイチ・アール・オー)
TEL)011-821-5868 FAX)011-821-6644

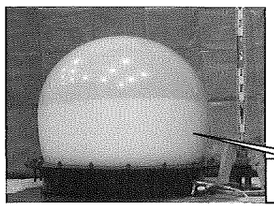
ウォータータイトトンネル 防水システム

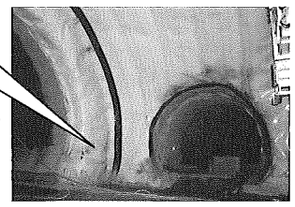


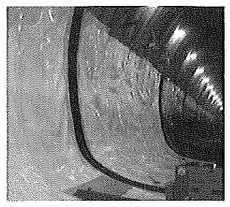
シート防水材


シグナルレイヤー付防水シート

- **KFCタイトライナー**
  追随性・溶着性・耐破損性の優れた防水シート
- **シグナルレイヤー**
  防水シート損傷部の発見が容易なシグナルレイヤー付防水シート
- **裏面緩衝材**
  長繊維不織布から透水性の優れた立体網状体まで豊富なバリエーション


シート多軸伸び試験





基本システム

- **ウォーターバリア**
  打継目からの漏水防止および漏水範囲の限定
- **コンタクトグラウト**
  被圧された地下水から防水シートの損傷防止

漏水対策システム

- **ストリップグラウト**
  打継目からの漏水対策
  漏水発生ブロックの特定
- **リペアシステム**
  クラックや打継目からの恒久止水対策

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー
土木資材事業部(東京) TEL(03)6402-8251 FAX(03)6402-8255
土木資材事業部(大阪) TEL(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755

1本1本が大切！ だから

次世代 防食 ロックボルト

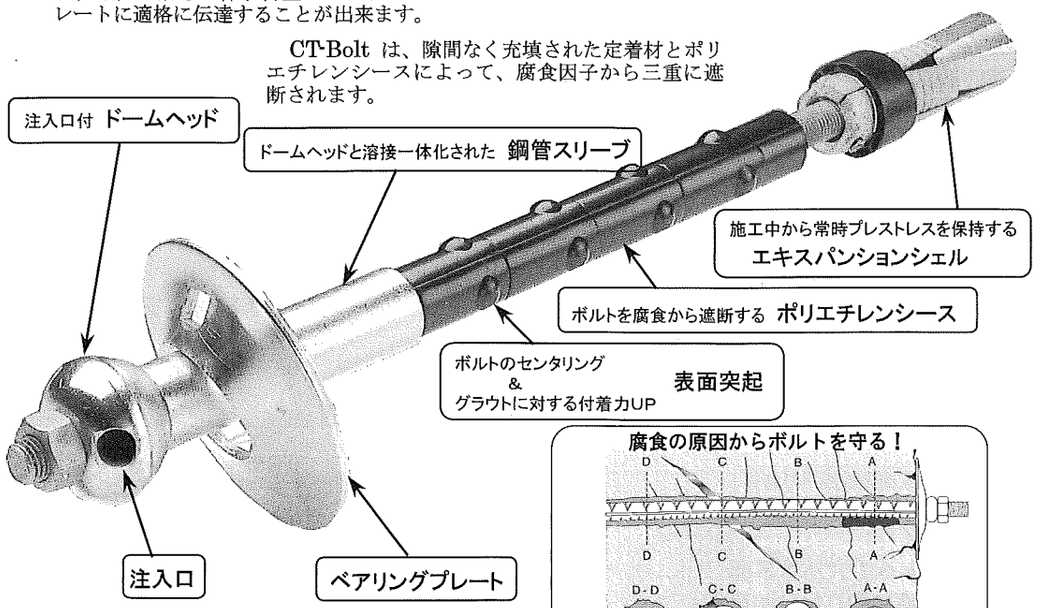
CT-Bolt

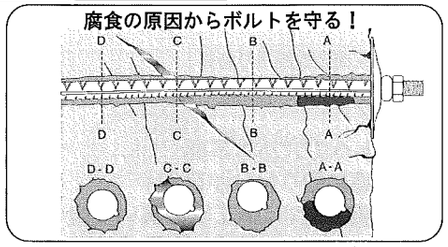
Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

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

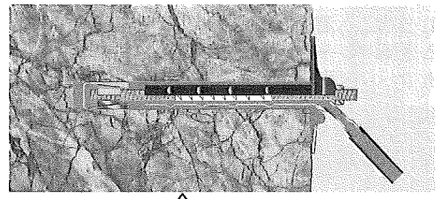
CT-Bolt は、隙間なく充填された定着材とポリエチレンシースによって、腐食因子から三重に遮断されます。





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

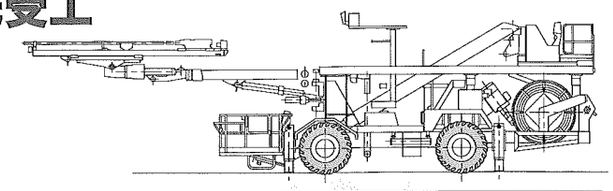
CT-Bolt は、広い範囲の粘度のグラウト注入が可能です。グラウトはポリエチレンスリーブ内に充填された後、先端部から孔壁とスリーブの間を充填して戻り、リターンによって全面定着が確認出来ます。

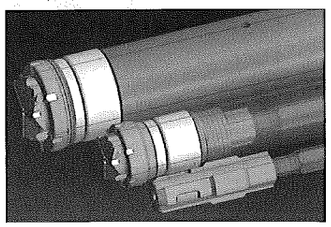
総発売元 Your Fastening Partner
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー
〒105-0011 東京都港区芝公園2丁目4番1号
お問い合わせ先 TEL:03-6402-8256
技術部 FAX:03-6402-8255

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO AGF System

All Graund Fastening;
Long-Distance,.Fore-Pilling Method

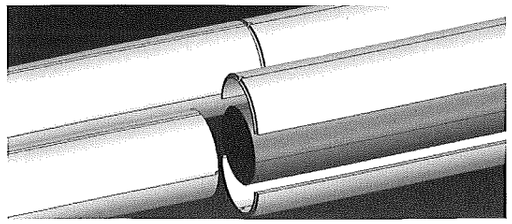


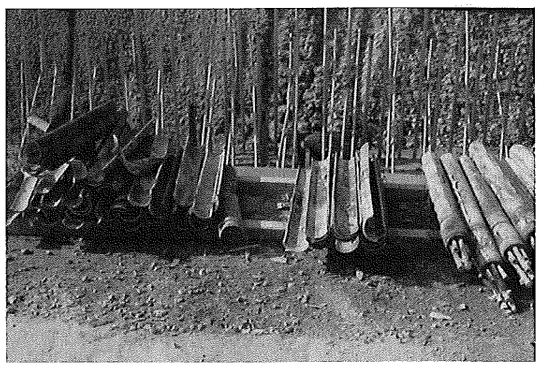


AGF-Me工法

- トンネル掘削時に露出した端末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。





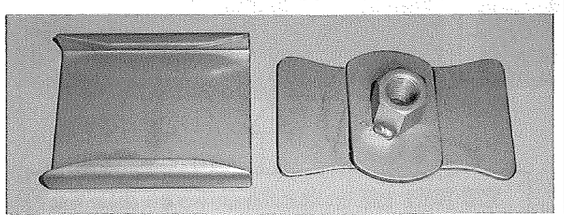
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

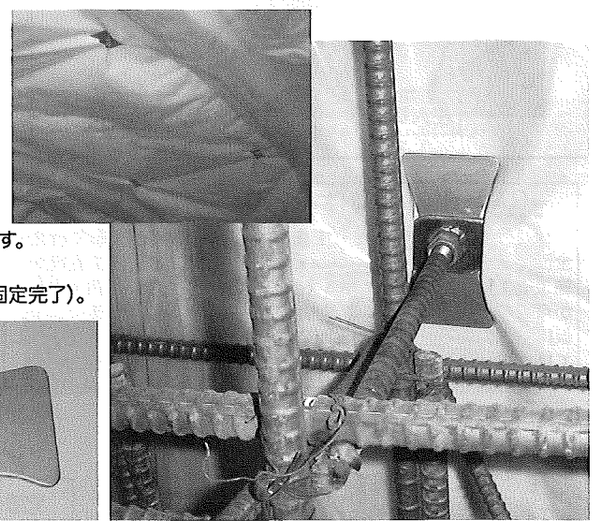
TKグリッパー

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

This May Debut

TAG Navi－V（換気自動制御）

Automatic Ventilation Control System

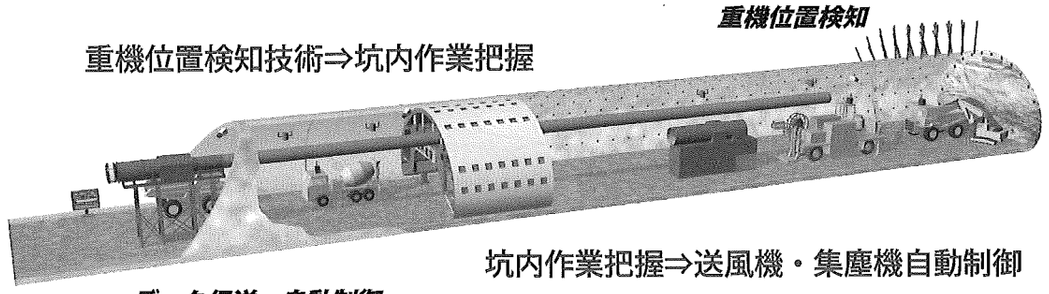
CYBER NATM

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

地球の為に出来ること

重機位置検知

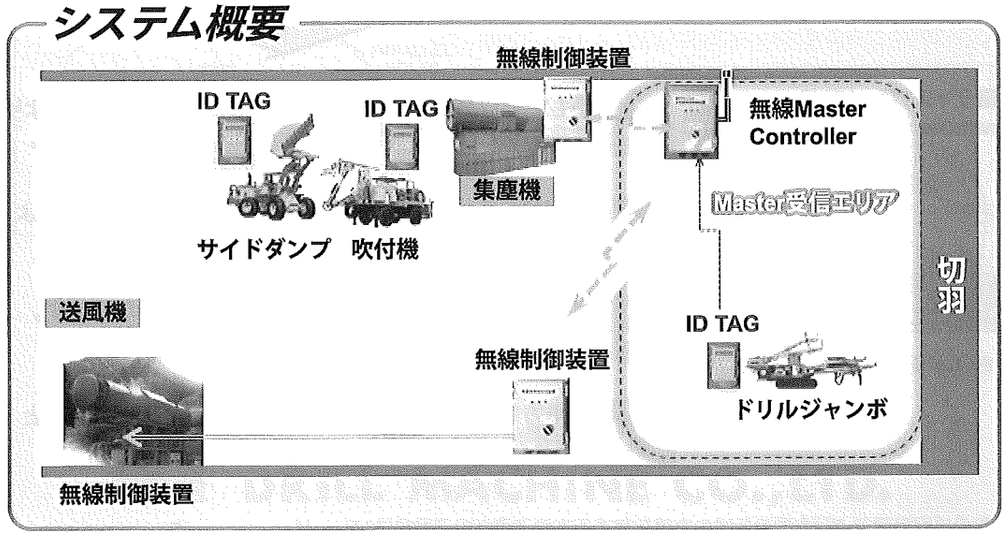
重機位置検知技術⇒坑内作業把握



坑内作業把握⇒送風機・集塵機自動制御

データ伝送・自動制御

システム概要



株式会社流機エンジニアリング

enzan koubou

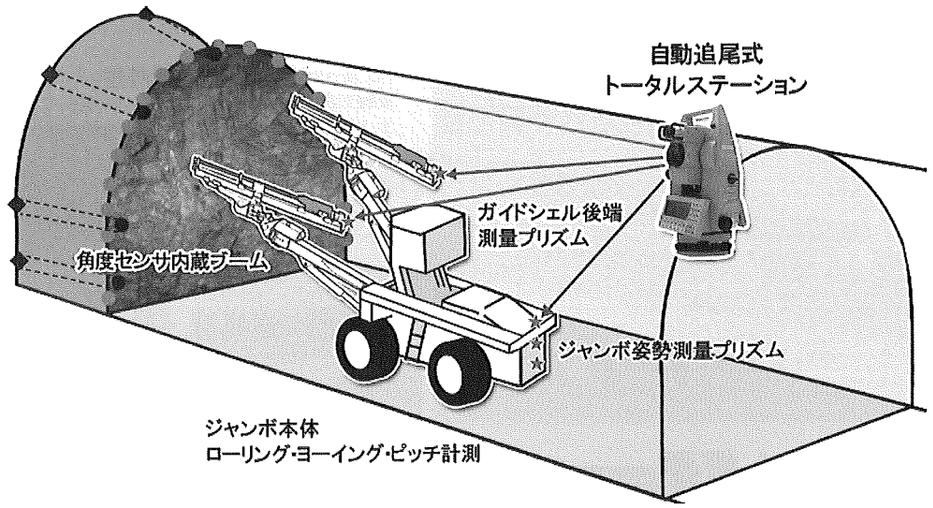
株式会社 演算工房 *ENZANKOUBOU CO.,LTD.*
■京都本社 〒602-8268 京都府京都市上京区智恵光院通中立売下ル山里町237番地３
TEL:075-417-0100 FAX:075-417-0200

NETIS登録番号:KK-100049-A

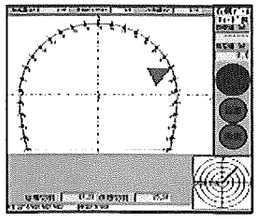
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省　公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832　千葉県市川市曽谷8-16-3

TEL:047-371-3191　FAX:047-371-3190

FRD FURUKAWA 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

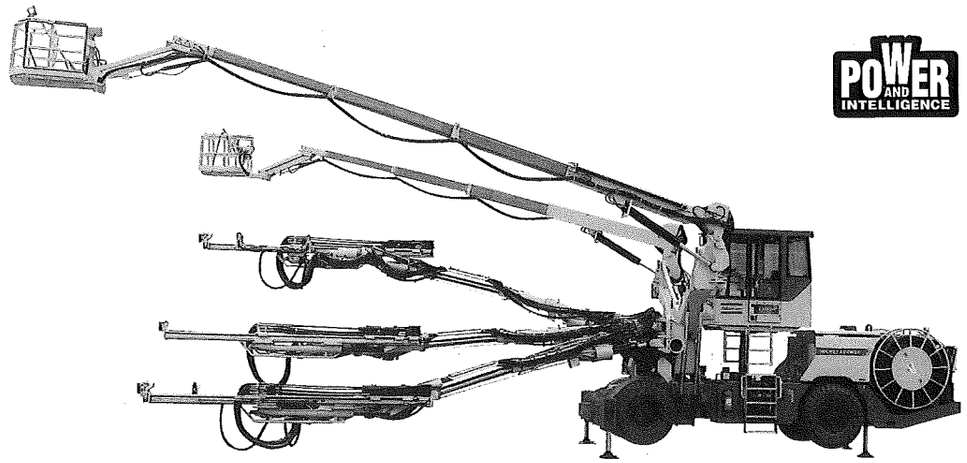
TEL:03-3231-6966　FAX:03-3231-6993

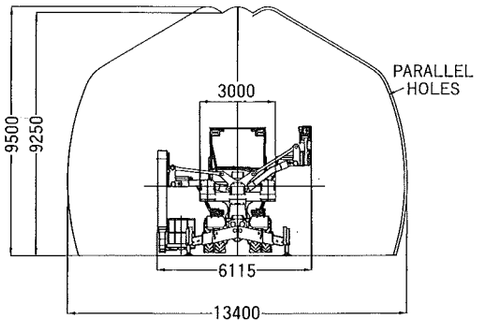
アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

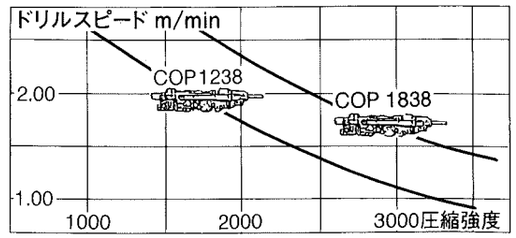
The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

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楢原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

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



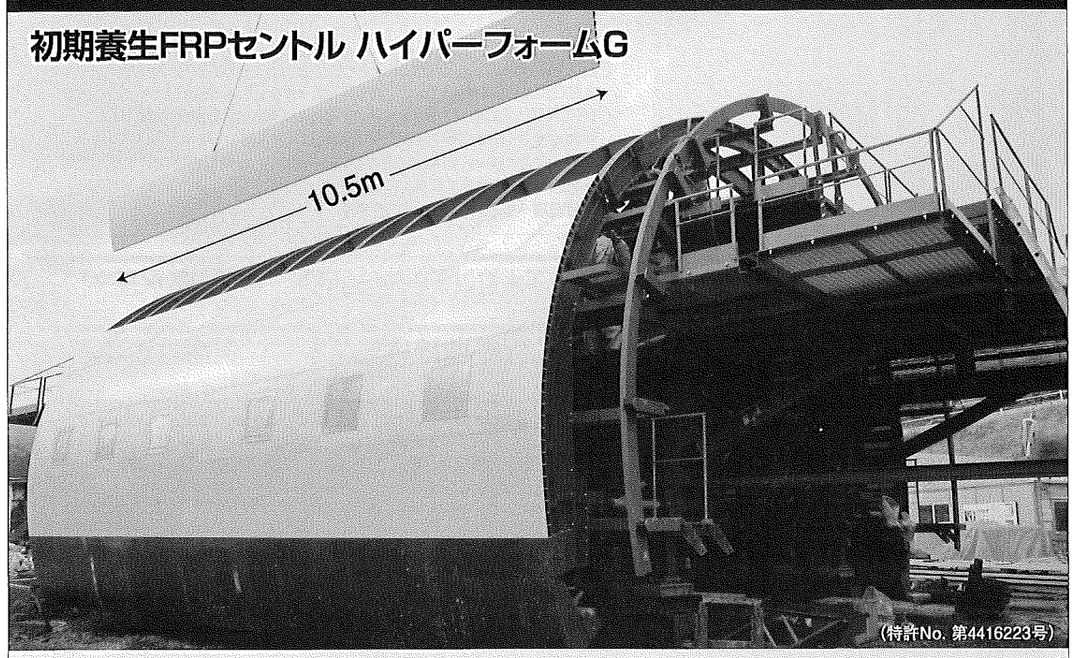
◆土木資材の綜合プランナー◆

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

新着ニュース

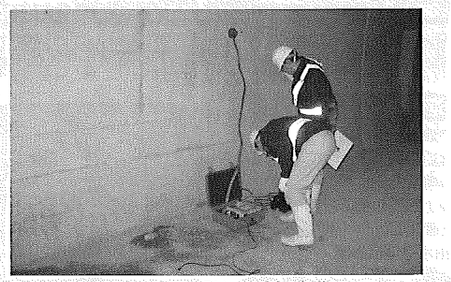
FRPセントルによる覆工コンクリートの密実性を検証

初期養生FRPセントル ハイパーフォームG



(特許No. 第4416223号)

■透気試験状況



国土交通省東北地方整備局楢這トンネル (株)フジタ施工

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

特徴

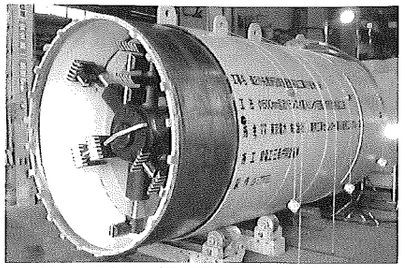
1. すぐれた断熱効果により、保温養生を実現(鋼製型枠に対し熱伝導率1／150以下)
2. 外気の温度変化に対する影響が少なく、寒冷地に最適
3. 剥離性がよく、ケレン作業が低減

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

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

超流バランスセミシールド工法　超流セミシールド協会

貫入リング押出し回転切削型接合工法



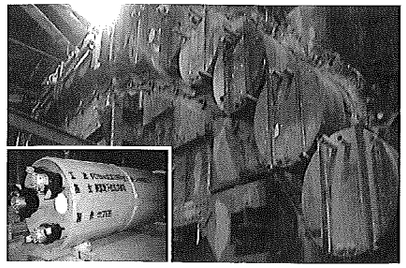
φ1500mm 貫入リング回転切削型掘進機（接合切削時）

① 人孔直接到達　② 到達作業省略形
③ 到達地盤改良省略　④ 急曲線・高深度施工

貫入リング回転切削型接合工法の特徴

- 呼び径φ800～φ1500に対応可能（それ以上はMELIT）
- PC・RC・鋼製セグメント等の既設構造物を直接切削接合可能
- 大規模な到達地盤改良が不要（掘進機内注入可）
- 人孔等の直接到達後、内部駆動装置を発進側へ迅速に引戻しが可能（駆動装置引き戻し再設置可能）
- 急曲線・高深度施工に対応可能
- 軟弱層～玉石・砂礫層に対応可能

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法



φ1016mm鋼管対応リターン回収機能付掘進機

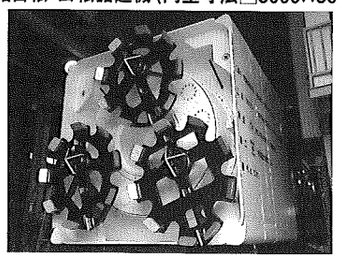
① 地下水位以下の施工が可能　② 高水圧対応
③ 長距離・曲線施工　④ 到達立坑不要

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法の特徴

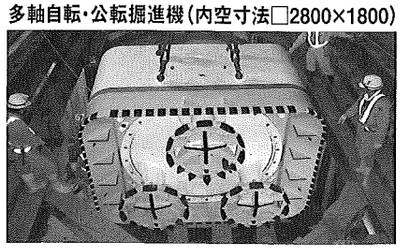
- JIS鋼管φ812～φ1216に対応可能（角鋼管も対応可能）
- 密閉型掘進機のため、高水圧下においても施工可能
- 長距離・急曲線推進が可能
- 軟弱層～粘性土層～硬質土層に対応可能
- 到達回収立坑がない場合でも、迅速な引き戻し回収が可能

ボックス推進工法　ボックス推進工法協会　NETIS　QS-100019-A

多軸自転・公転掘進機（内空寸法□3000×3000）



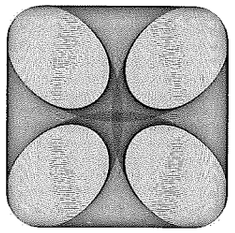
多軸自転・公転掘進機（内空寸法□2800×1800）



① 経済性　② 工期短縮　③ 狭路施工技術
④ 地表面への影響低減　⑤ 短距離からの施工

ボックス推進工法の活用例

- 電力函路や通信函路の構築
- 開かずの踏切の解決策として、軌道下の人道通路の構築
- 高速道路盛土区間の横断通路の構築
- 必要流量を確保した下水函渠・雨水函渠の構築
- 先受け大断面アンダーパス工事の構築



カッタービット軌跡

ボックス推進工法の特徴

- 低土被り推進が可能
- 長距離・曲線推進が可能
- PC・RCボックスカルバート函体および角鋼管に対応可能
- 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
- 高トルク掘進機のため、多用な土質に適用可能
- 工場製品のボックスカルバート函体を直接推進するため、迅速な施工が可能

協会事務局・技術本部　株式会社 アルファシビルエンジニアリング

αCIVIL

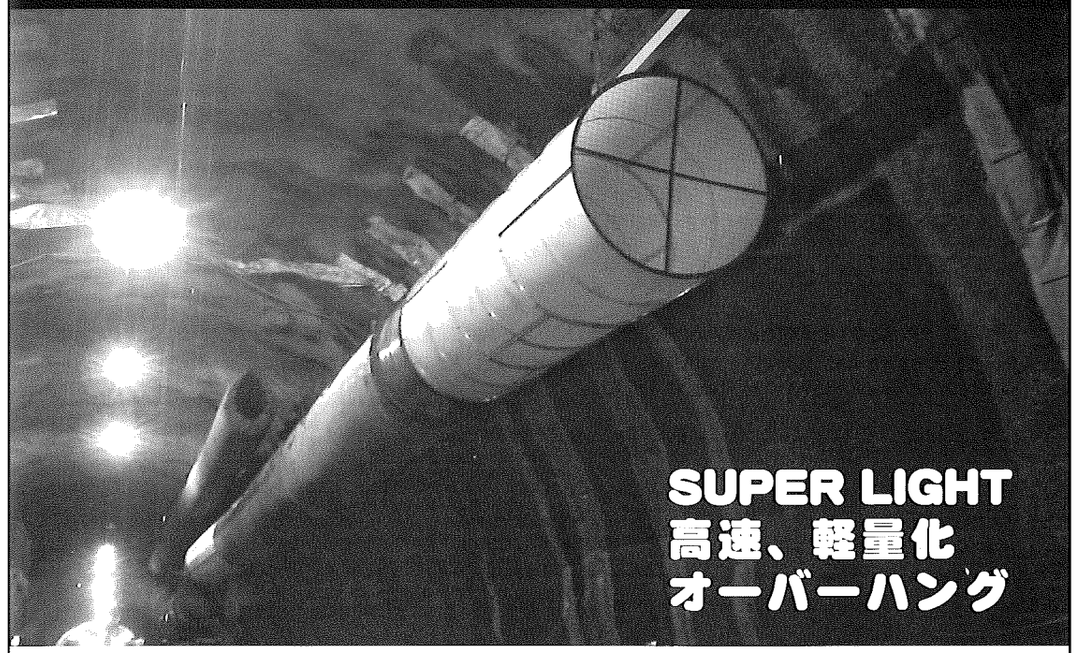
〒812-0015福岡市博多区山王1丁目1番18号
TEL（092）482-6311　FAX（092）482-6363
E-mail:arfa@oregano.ocn.ne.jp
URL http://www.alpha-civil.com

建設コンサルタント登録番号：建23第8677号
測量登録番号：登録第(2)-30507号
建設許可番号：国土交通大臣許可（特-23）第19193号

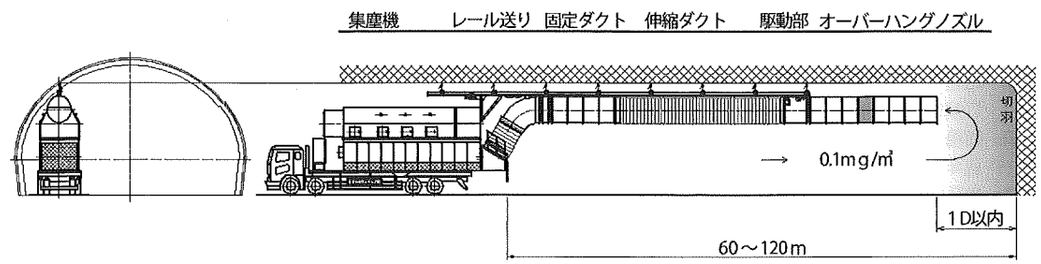
※各工法協会員名簿については、ホームページをご参照下さい。

時代は吸引捕集方式へ・・・

トンネルじん肺を根絶できる最良の方法です



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



最適環境を創造する
株式会社 流機エンジニアリング

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

(PC・スマホ専用)

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CO_2排出量を抑制し、なおかつ耐震性の高い推進工法のニーズが高まっています。月刊推進技術では、円滑かつ適正に推進工事を行っていただくため、必要とされる技術情報をわかりやすく解説をしております。また、推進関連のニュースはどこよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管渠埋設の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっています。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039加入者名：株式会社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。

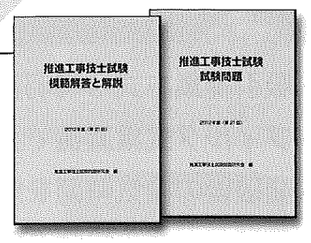
詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたしております。

定期購読のお申し込みは
右のQRコード
または本誌ホームページから

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

お問い合わせ先
月刊推進技術 編集室
http://www.lsweb.co.jp/micro-tunnelling/
〒135-0033　東京都江東区深川2-12-4-201　株式会社 LSプランニング内
電話 03-5621-7850　FAX 03-5621-7851　E-mail akasaka@lsweb.co.jp

推進工事技士試験　過去11年間(平成14～24年度)
試験問題と模範解答・解説集
推進工事技士試験問題研究会編



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

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

平成24年度版発売中!!

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

2．価格

各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

3．申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

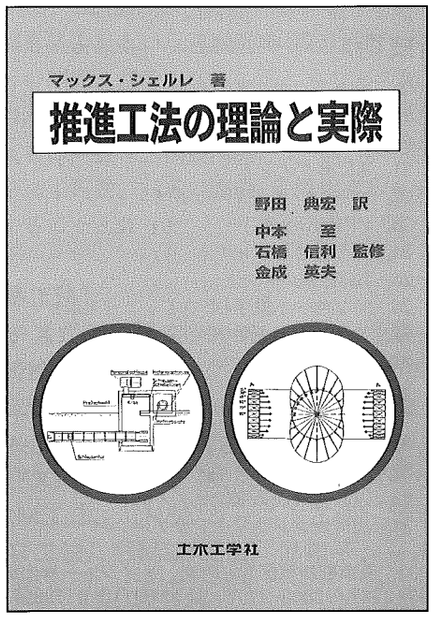
ご購入ご希望の方は、郵便局備え付けの払込取扱票に①「通信欄」に購入したい年度と冊数②「ご依頼人」欄に発送先の郵便番号、住所、会社(団体)名、氏名、電話番号を記入して郵便局からお申込下さい。

これらのことをインターネットでご案内しています。　推進工事技士試験　検索

お問い合わせ先
株式会社 LSプランニング
http://www2.ocn.ne.jp/~ls_siken/
〒135-0033　東京都江東区深川2-12-4-201
電話 03-5621-7850　FAX 03-5621-7851　E-mail oda@lsweb.co.jp

推進工法の理論と実際

マニュアルを超えて
推進工法の理解を
さらに深める一冊



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

推薦の言葉

中本　至・石橋信利・金成英夫

推進工法によって、下水道をはじめ多くの管渠が布設されている。下水道については一九六〇年にはわが国の普及率は十五％にすぎなかったが、今日では六〇％近くになっている。当初、一五〇〇キロしか施工実績がなかったが、近年の施工延長は年間一五、〇〇〇キロになっている。下水管渠の施工方法の選定にあたって、施工条件や建設環境、地下埋設物や地盤条件などの関係から、開削工法より推進工法などの特殊工法が選定されることが多くなり、その中でもとくに推進工法の適用は多くなった。ところが、わが国では推進工法に関する実務書は多いが理論面を記述したものはあまり見当たらず、推進工法の一層の発展のためにも理論書が求められていた。

本書では、ドイツで推進工法の研究開発で著名なマックス・シェルレ博士が推進工法における様々な疑問について理論的に解明した古典的な名著である。博士は理論面のみではなく、実際の施工にも従事し、実務にも精通していたので、実務面の良さも持っている。

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

〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
tel: 03-3567-2888　fax: 03-3267-2807　http://www.tunnel.ne.jp
株式会社 土木工学社

【好評発売中】

セグメントの新技術

監修　小泉　淳

B5判　132頁　本体価格 2,000円　送料 290円

いわゆるバブルがはじけたここ数年，コスト縮減はすべてに優先する至上命題となっており，シールド工事もその例外ではない．シールド工事の直接費に占めるセグメント費の割合は約４割程度と言われているが，シールド工事費の縮減のためにはセグメントの製造コストの縮減は避けて通ることのできない課題の一つとなってきている．

このような状況を受けてここ10年ほどの間に，急激にいろいろなセグメントが提案され実用化された．

これらのセグメントのうちにはよく似たものも多く，名称もバラエティに富み，その特徴や適用範囲などが明確でないため混乱が起きている例もある．

このため「トンネルと地下」の編集委員会では過去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，「セグメントの新技術」の連載講座を設けてこれらのセグメントを順次紹介した．セグメントの名称，特徴，開発目的，適用範囲などは同じフォーマットで掲載され，また，最終回では，そこで紹介されたセグメントを整理分類し，新しいセグメントの開発の動向や今後の展望を総括した．

本書はこの連載講座をもとに新たに「セグメントの新技術」編纂委員会を作り，個々のセグメントに加筆，修正を加え，より充実した内容にまとめたものである．

〈セグメントの新技術〉

1．薄型化・高強度セグメント
2．サンドイッチ型合成セグメント
3．矩形トンネル用合成セグメント
4．NM セグメント
5．二次覆工省略型ダクタイルセグメント
6．リングシールド工法用セグメント
7．コンクリート中詰め鋼製セグメント
8．DNA シールド
9．ガイドロックセグメント
10．ウイングセグメント
11．ハニカムセグメント
12．CONEX-SYSTEM
13．スパイラルセグメント
14．コッター・クイックジョイントセグメント
15．ワンパスセグメント
16．AS セグメント
17．マルチブレード式継手セグメント
18．シンプロセグメント
19．WB セグメント
20．リングロックセグメント
21．KL セグメント
22．コーンコネクターセグメント
23．FRP-Key 継手
24．ほぞ付きセグメント
25．HOT セグメント
26．インサート継手(その１：アーチ形)
27．インサート継手(その２：NF 型)
28．CPI セグメント
29．PPC セグメント
30．FBR セグメント
31．NRT セグメント
32．タイドアーチセグメント
33．遠心力締固め RC セグメント
34．高流動コンクリートセグメント

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

き---り---と---り---線

《ご　注　文　票》

セグメントの新技術＿＿＿＿＿冊　申込みます．

所在地　〒(　　)

事業所名　　☎

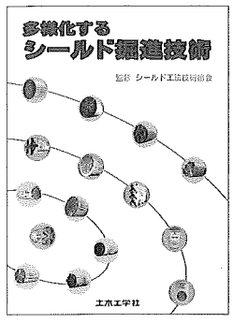
部課名　　申込者名　　㊞

好評発売中

多様化するシールド掘進技術

監修　シールド工法技術協会

B５判　141頁　　本体価格2,500円



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

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

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

〔掲載工法〕

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

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

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

好評発売中

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい
トンネルの発破技術

監修 山田隆昭　　B５判　76頁　定価 1,500円＋税（送料別途）

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで！
振動や騒音の環境問題を詳述!!

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

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

〈主要目次〉

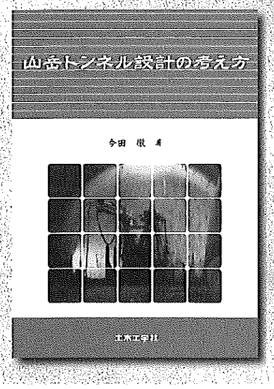
第１章　現状と展望，第２章　火薬類の基礎知識，第３章　発破技術の基本，
第４章　新しい発破技術，第５章　発破と環境問題，資料

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

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

好　評　発　売　中

山岳トンネル設計の考え方



東京都立大学名誉教授
今田　徹　著

B５判　183頁　上製本　定価3200円＋税

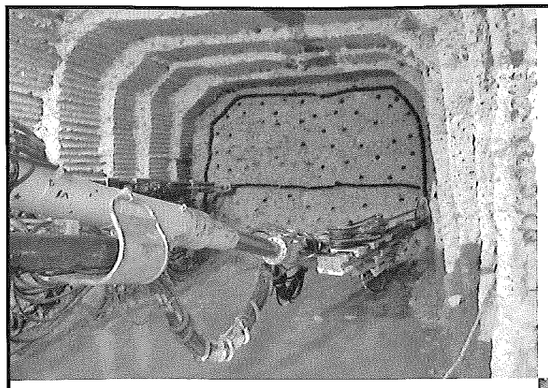
山岳トンネルを設計するうえでの考え方は勿論，
設計の留意点などを平易にまとめている．
山岳トンネル工事に携わる諸兄の必携書である．

《主要目次》

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

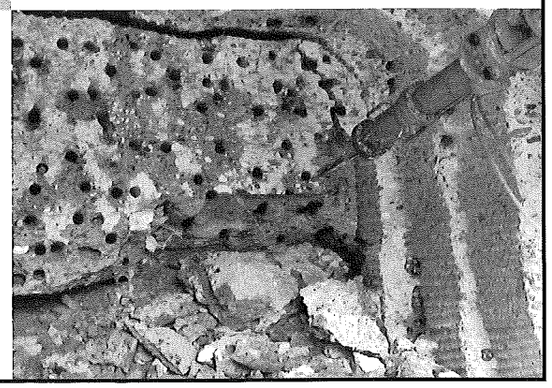
お申し込みは当社へ FAX，または，お近くの書店にてお申し込みください．FAX(03-3267-2807)
にてお申し込みの方は，書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記の上，お申し込みください．

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



コンクリートを静かに掘る！

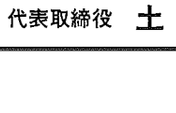
荒瀬ダム本体等撤去工事（熊本県企業局発注）において、ＦＯＮドリル工法を用いた割岩掘削により、コンクリートダム堤体を傷めずに仮排水トンネルを構築しました。



ＦＯＮ工法協会（NETIS：KT-980302-A）

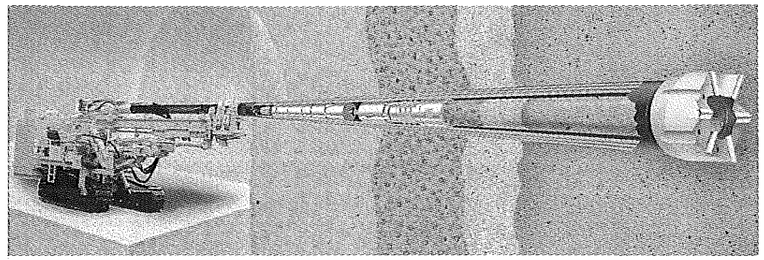
住所：東京都武蔵野市吉祥寺東町2-17-1
TEL：0422-21-3177
ＨＰ：http://www.fon-drill.jp/index.html

正 会 員：㈱フジタ、㈱大本組、藤友工業㈱、
日本ロックエンジニアリング㈱、㈱福田組
賛助会員：ヤマモトロックマシン㈱、
ドリルマシン㈱、カヤク・ジャパン㈱



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もなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行え、施工時間が大幅に短縮できます。

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

KOKEN 鉱研工業株式会社

本社 〒171-8572 東京都豊島区高田2-17-22 目白中野ビル１Ｆ
TEL（03）6907-7888（大代表） FAX（03）6907-7527

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

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ



特許第1610830号

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

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

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

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

中濃産業株式会社
代表取締役 土 田 義 式

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

ゴムクロ・ミキサー車

国土交通省排ガス2次トンネル工事用指定

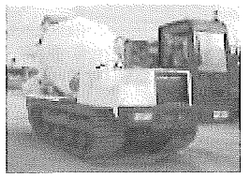


クローラーだから小旋回
斜路、軟弱路盤等悪路に強い!!
後部運転席付。小断面でも前後進が可能!!

【仕様】	ゴムクローラ式ミキサー車 TGM-MR45T 上部ミキサー:カヤバ製(混合容量4.5m³)		
全長	7,500mm	タンブラ中心間距離	3,870mm
全幅	2,690mm	クローラ全長	9,800mm
全高	3,620mm	クローラ幅	700mm
最低地上高	530mm		(100ピッチ×98リンク)
空車質量	11,000kg	セメント積載時質量	22,000kg
形 式	三菱6D-TLE2B	定格出力	165kw/2,700min
排気量	7,545cc	最大トルク	700N・m/1,300min
速度1段	最大 7.6km/h		
速度2段	最大 20.0km/h		
空車時接地圧	20kpa	搭載時接地圧	40kpa

【TGM-MR45T Ⅱ 仕様】

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



T&M
Tunnel & Mining
ニシオティーアンドエム株式会社
山岳トンネル施工機械等の総合レンタル企業
http://www.nishio-tm.co.jp

〒569-0836
大阪府高槻市唐崎西2-26-1

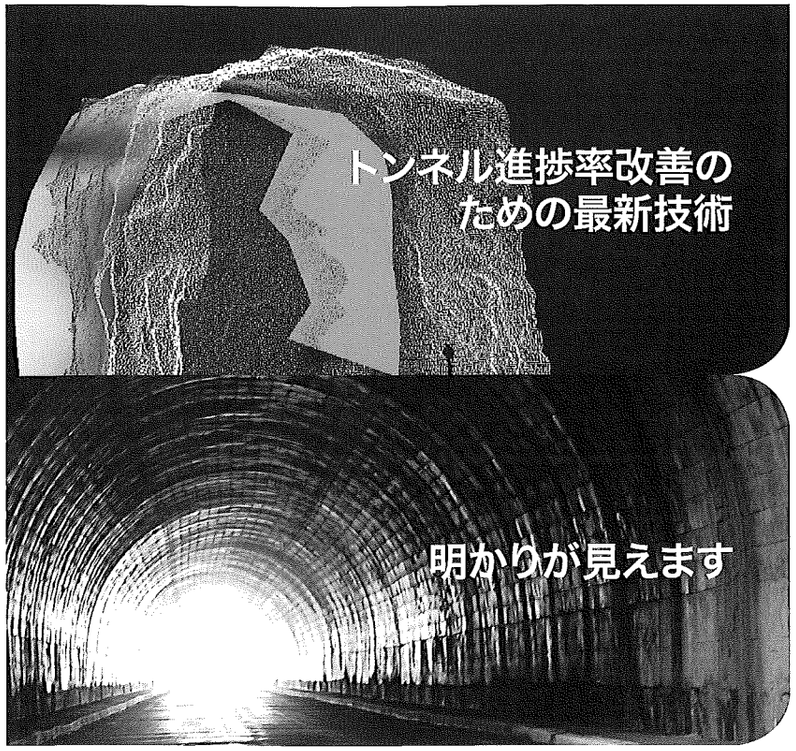
■北海道営業所
tel：0133-72-3715
fax：0133-72-3716

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

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

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

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



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。

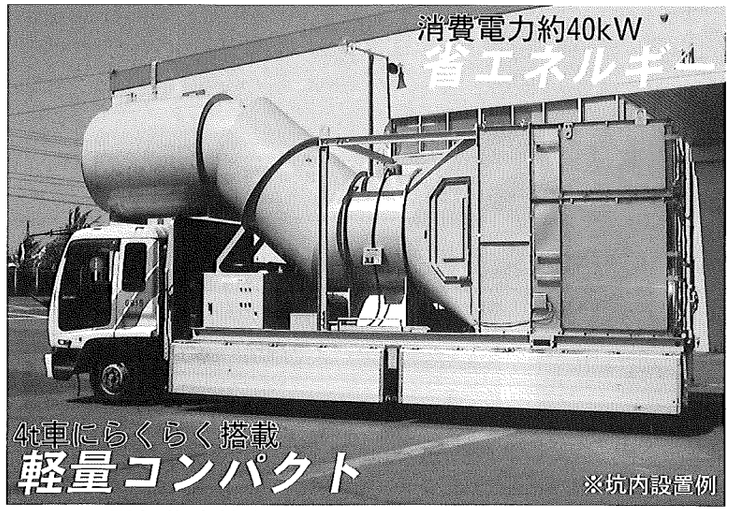
オリカ社は、今まで積み重ねてきた研究開発と技術力を駆使して、お客様が毎日直面する課題の解決策をご提供することができます。自由に延時設定可能なトンネル専用電子雷管eDev、トンネル発破デザインソフト New SHOTPlus-T™、高エネルギーエマルション爆薬の結果をご覧になることができます。これらはすべて、お客様のご要望に沿って全てのプロジェクトに最適な技術サービスとサポートをご提供した結果です。

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。

ORICA
MINING
SERVICES





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）

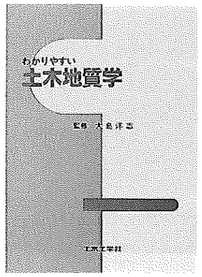
National電気集塵機クリンジェット（2,000m³/minタイプ）

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

〔好評発売中〕

わかりやすい **土木地質学**



大島洋志 監修
Ｂ５判　209頁　本体価格2,500円　〒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

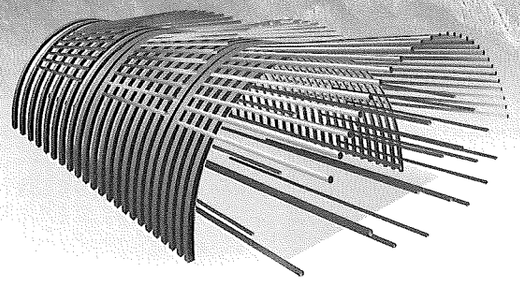
第Ⅳ編　工事を対象とした地質調査の進め方
1.調査の基本　2.地山条件の調査の流れ　3.トンネル工事のための地山評価法　4.調査の成果

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

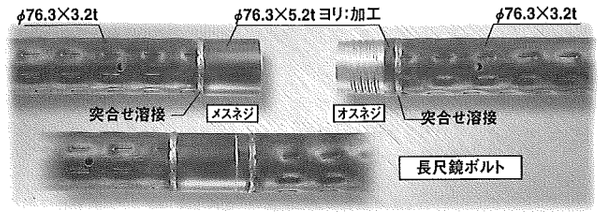
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話　(03)3267-2888（代）　振替00110-8-190072

ユニークな発想でVEを提案



FIXチューブ(S型)（ストロング）

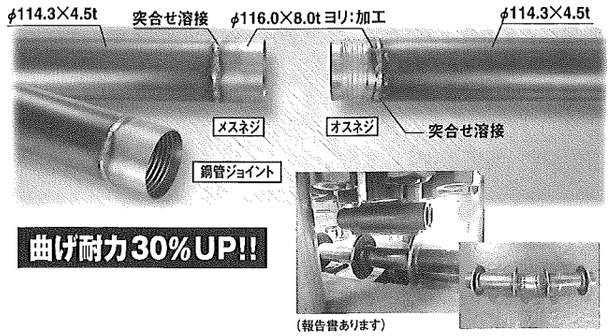
※長尺鏡ボルトは凹み面状の鋼管で周辺地山をしっかりとFIXします。
※長尺フォアパイリングのねじ強度改善!
※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!





AGF-STD工法

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



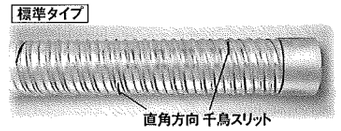
曲げ耐力30%UP!!

（報告書あります）

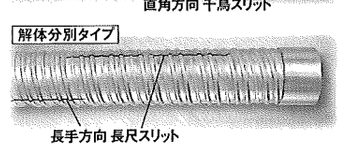
接続部の抗折力試験

撤去管の選択

標準タイプ



解体分別タイプ





STD BITS (ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングビット径
100A	φ114.3	φ124

注入材・その他工法

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

STE
エステ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.072-990-0250 FAX.072-990-0251
http://www.st-eng.co.jp

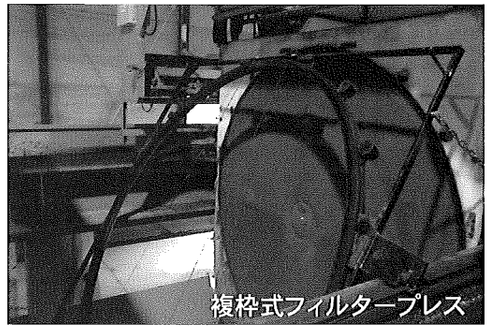
濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

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


100.0㎥/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】

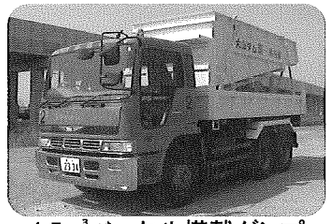
1. シックナーを大型化し，沈降面積を増やし槽内流速を抑えています
2. 複枠式フィルタープレスにより，確実な自動運転を実現しています
3. 砂ろ過装置，高分子自動溶解装置等豊富なオプション設備で様々な条件に対応します

≪汎用車輌全般≫


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




10T ミキサー


4.5㎥ベッセル搭載ダンプ


10T 低床ダンプ


10T ダンプ

各種車輌 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

トンネルと地下　11月号目次　Vol.44, No.11, 2013 Nov.

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻　頭　言

求む!!　未来の優秀な技術者
見波　潔……5

■研　究

高速道路トンネルにおける中流動覆工コンクリートの標準化
岩尾　哲也・水野　希典……43

■施　工

熱水変質軟弱層による施工中の盤膨れを縫返し工で克服
―国道231号　新送毛トンネル―
佐々木　隆・宇治川徳夫・石黒　聡……7

地すべり地形のトンネル坑口部を対策工と動態観測で突破
―国道49号　新揚川トンネル―
横山　一星・武藤　正広・本間　宏記・中村　伸也……17

住宅密集地における営業線直下を横断するEV通路の築造
―東京メトロ丸ノ内線　中野新橋駅―
伊藤　聡・田端二三夫・北山　由奈・三宅　英晴……27



CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

市街地の地下30mでの凍結工法による既設管渠との地中接合
―名古屋市下水道　権現通第2雨水幹線―
尾宮　邦昭・羽根　康演……33

■連載講座

トンネルにおける地下水対策（4）
―シールドトンネルと地下水―
「地下水対策」連載講座小委員会……61

■現場だより

世界遺産熊野古道「長井坂ルート」に沿って
黒見　正彦……16

■語り継ぎ　言ひ継ぎ行かむ

技術への挑戦と作業所内の和で難工事を克服
鶴谷　武憲……53

■資　料

土木情報
編　集　部……52

トンネルワールドニュース
JTA国際委員会……70

トンネルジャーナル
編　集　部……60

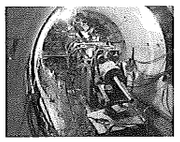
海外文献速報
JTA国際委員会……71

工法・技術・製品ニュース
編　集　部……69

■会　報

会　報
日本トンネル技術協会……73

【表紙説明】　市街地の地下30mでの凍結工法による既設管渠との地中接合
―名古屋市下水道　権現通第2雨水幹線―



名古屋市では，平成12年に東海地方を襲った東海豪雨や平成20年に発生した豪雨で著しい浸水被害を受けた地域や都市機能が集中している地域を対象に緊急雨水整備事業を実施し，現在，浸水対策事業を進めている．

今回，既設雨水貯留管渠に新設雨水貯留管渠を接続するにあたり，管接合の補助工法として，当局で初めて凍結工法を採用した．写真は，凍結管埋設状況である．

〔**写真提供**：名古屋市〕（本文33頁参照）

最新型・電気集じん機

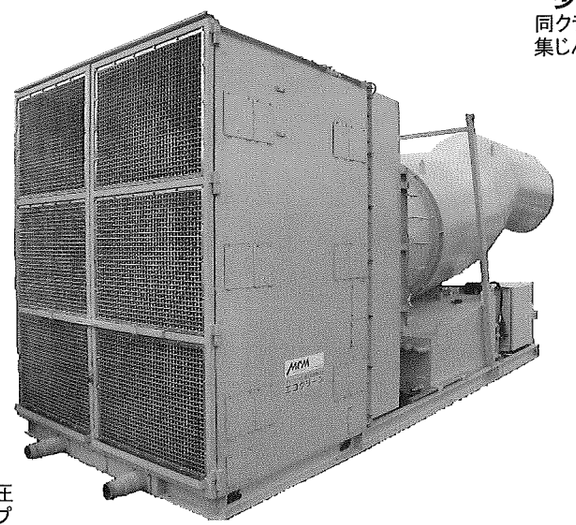
エコクリーンX

NETIS登録番号：KT-040047-A

このたび、弊社エムシーエムは1999年にクリンジェット1号機を現場納入して以来、
培ってきたノウハウを結集し、電気集じん機の大幅な性能アップを図った
「エコクリーンX」を開発いたしました。

極板放電方式
放電線をなくし消耗品の
削減と断線トラブルの撲滅

少ない消費電力
同クラスのフイルター方式
集じん機に比べおよそ1/4



コンパクト
同クラス集じん
機の中で最小

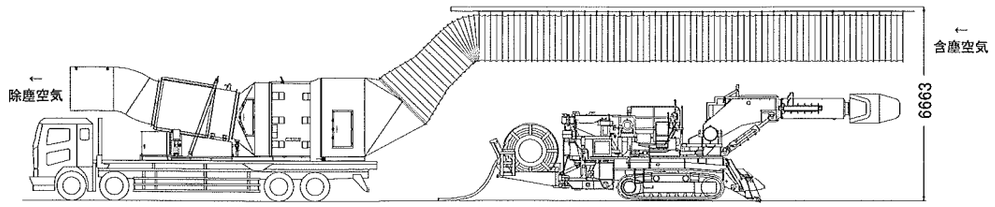
処理風量
750㎥/minから3000㎥
/minまで製作実績あり

貯水タンク
自動洗浄が
随時可能

高圧電源分割
集じんユニット毎の個別電圧
印加により集じん効率アップ

オプション
自走クローラ台車
自走ホイール台車
伸縮風管...etc.

伸縮風管(軽量型Φ1500,Φ1600製作実績あり)



伸縮風管接続例

弊社では「エコクリーンX」以外にTBM用吹付け"サブショットシステム"等、多様なトンネル工事用システムを開発ご提供しております。
機器に関するお問合せはご遠慮なく下記までどうぞ。

株式会社エムシーエム

http://www.mcmcm.jp

本　　社：愛知県名古屋市天白区植田東2丁目1014番地
tel.052-804-9633　　fax.052-804-1505
北陸センター：富山県高岡市福岡町下老子43番地2号
tel.0766-64-0351　　fax.0766-64-0352

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開発センター最高技術顧問
首都大学東京客員教授

〔幹　　事〕

居　相　好　信
株式会社大林組生産技術本部統括部長

岩　田　美　幸
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

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

荻　野　竹　敏
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
改良建設企画課長

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

小　松　敏　彦
前田建設工業株式会社土木事業本部土木部
トンネルグループ長

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

西　岡　和　則
鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部
トンネルグループ長

長谷川　雅　彦
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部計画部計画課長

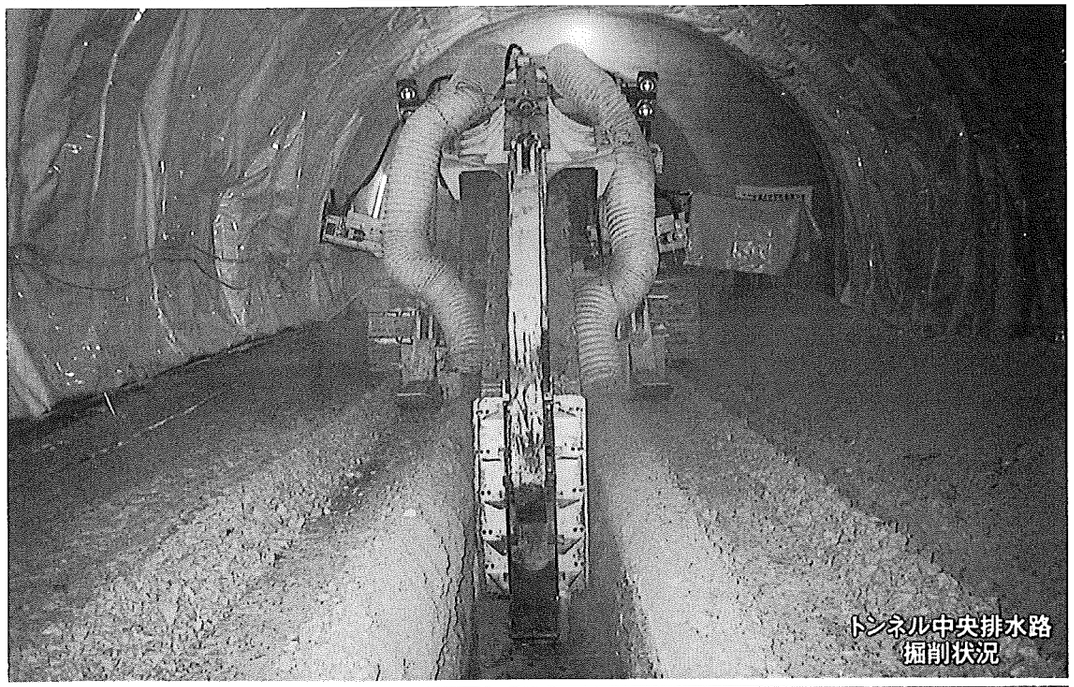
藤　井　義　文
株式会社竹中土木執行役員

松　原　利　之
飛島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

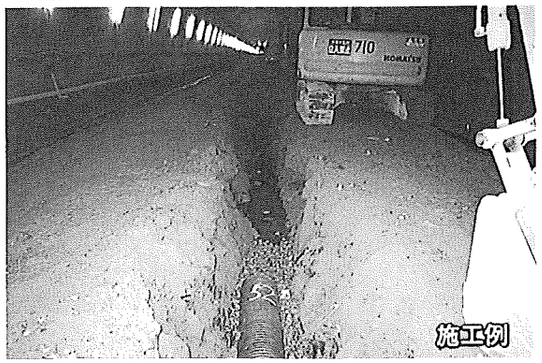
吉　富　幸　雄
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル技術室室長

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/D6	40/30	60/30
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 cm	60	75	70	70
掘削岩の硬さ(最大)	500kg/cm²	700kg/cm²	700kg/cm²	1000kg/cm²
重量 t	36	40	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。

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)213-7024(代) FAX(026)282-5803　http://www.wkk.co.jp/

編集委員会の構成（五十音順・敬称略）

〔編集委員長〕

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

〔編集参与〕

木谷日出男
国際航業株式会社技術開発センター
地盤研究室長

小山幸則
立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

今田徹
東京都立大学名誉教授

高橋良文
東京都下水道サービス株式会社専務取締役

濱建介
株式会社ANET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

亀山勝
東京地下鉄株式会社鉄道本部鉄道統括部
移動円滑化設備推進担当課長

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

清水満
東日本旅客鉄道株式会社建設工事部兼設備部
構造技術センター次長

高田武
東京都水道局建設部工務課長

高橋晃
東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー
工務部流通土木グループマネージャー

谷内雅之
東京都交通局建設工務部計画改良課長

真下英人
独立行政法人土木研究所
道路技術研究グループ長

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

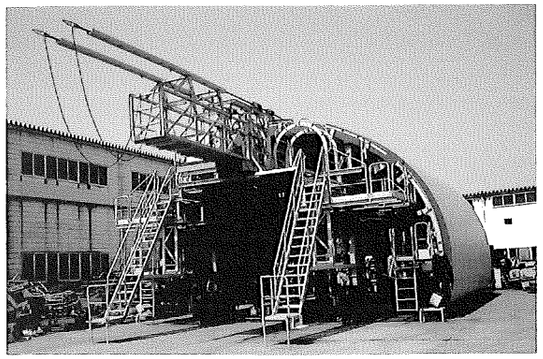
柳雄
東京都下水道局建設部設計調整課長

要求性能を満たす
覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-V

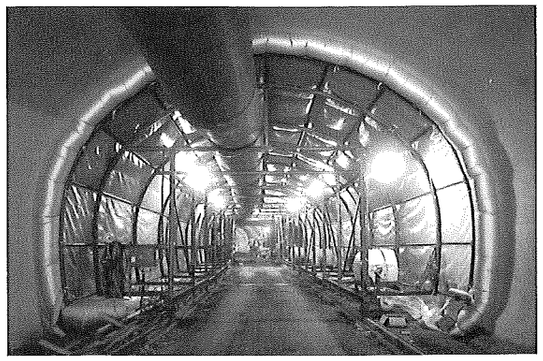


期待される効果・特徴

- トンネルクラウン部の締固めと密充填が出来る
- 高品質な覆工コンクリートが形成出来る
- 鉄筋区間で一部主筋をずらして使用することが出来る
  （但し，カーブ区間はケーブル式を推奨します）
- 覆工表面の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.CG-080012-A （製造：株式会社マシノ）



期待される効果・特徴

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

北陸鋼産株式会社

（旧社名　株式会社 佐賀）

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

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

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

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

トンネルと地下　VOL. 44　No. 11　掲載概要

掲載頁 7

熱水変質軟弱層による施工中の盤膨れを縫返し工で克服
—国道231号　新送毛トンネル—

国土交通省　佐々木　隆

国道231号は，北海道の中枢都市である札幌市を起点とし，石狩市を経由し，留萌市に至る総延長約129kmの主要幹線道路である．新送毛トンネルは昭和52年に開通した送毛トンネルを大きく迂回するように路線設定された延長2,995mの道路トンネルで，既設トンネルの劣化が進行しているため，早期の開通が望まれている．

掘削は，札幌側と留萌側の両坑口から進めた．途中，留萌側切羽鏡面全体から２t/minを越える突発湧水が発生するなど困難な状況を克服し，平成24年５月に札幌側より1686.4mの地点で貫通した．ところが，貫通直後に貫通点に近い２か所において盤膨れが発生し，縫返し掘削が必要となった．

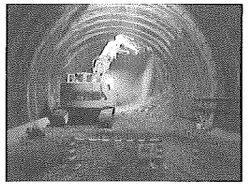
本稿は，トンネル変状区間における縫返し工の施工について報告する．

Overcoming Ground Heaving of Soft Hydrothermal Alteration Clay during Construction with Replacing Invert

—National Highway, Route 231, Shin-Okurige Tunnel—

By Takashi Sasaki, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

National Highway of Route 231 is a trunk road of approximately 129 km in length starting in Sapporo City, the central city of Hokkaido, and ending in Rumoi City via Ishikari City. The Shin-Okurige Tunnel is a road tunnel of 2,995 m in length that was designed to widely bypass the Okurige Tunnel which was put into service in 1977 and is hoped to open as soon as possible because of gradually deterioration in the existing tunnel.



写真は上半縫返し掘削状況

Excavation began from both portals on the Sapporo side and the Rumoi side. We overcame difficult situations such as unexpectable water inflow more than two t/min from the whole cutting face on the Rumoi side. Breakthrough was done at the 1,686.4 m point from the portal of Sapporo side in May, 2012. However, just after breakthrough, there was ground heaving at two points close to the breakthrough point and it was necessary to replace invert structure.

This report gives information on invert replacement works in the deformed tunnel sections.

掲載頁 17

地すべり地形のトンネル坑口部を対策工と動態観測で突破
—国道49号　新揚川トンネル—

国土交通省　横山　一星

国道49号揚川改良新揚川トンネル工事は，新潟県東蒲原郡阿賀町谷花～黒岩に位置し，延長398mの２車線道路トンネル工事である．終点側坑口部の149m区間は土かぶりが2D以下で，地質は脆弱な強風化泥質凝灰岩が主体である．坑口周辺には地すべりブロックが存在し，トンネルは地すべり圧縮部を通過する設計である．そのため，トンネル掘削に伴うゆるみや地山変位に起因した地すべりブロックの滑動が懸念された．そこで，地すべり挙動の連続監視を行い，トンネルの安定性と施工方法の妥当性を確認しながら施工した．その結果，適切な各種対策を迅速に実施することができ，終点側坑口部を無事突破した．

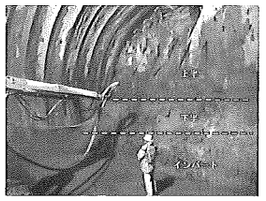
本稿では，この情報化施工について報告する．

Building Tunnel Portal in Landslides Topography with Countermeasure Works and Dynamic Observation

—National Highway, Route 49, Shin-Agekawa Tunnel—

By Issei Yokoyama, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

The Shin-Agekawa Tunnel works as part of National Highway, Route 49 Improvement Project in Agekawa Area was executed at between Yabana and Kuroiwa in aga-cho, Higashi-Kanbara-gun, Niigata Prefecture. The tunnel is a two-lane road tunnel of 398 m in length. The section of 149 m from the tunnel end portal had cover of less than 2*D* and is located in fragile, strongly weathered muddy tuff. There were landslide blocks in the area around the tunnel end portal and it was designed to pass through a compressed area on sliding surface. For these reasons, there was concern about loosening ground due to the excavation and the sliding of landslide blocks caused by ground deformation. Therefore, consecutive observation of landslide behaviour was conducted and construction proceeded while checking the stability of the tunnel and the validity of the countermeasure works against deformation. As a result, it was possible to quickly implement the appropriate measures and to succeed in the building of end portal without problem. This report gives information on this observational construction.



写真は早期閉合区間の施工状況

掲載頁 27

住宅密集地における営業線直下を横断するEV通路の築造
—東京メトロ丸ノ内線　中野新橋駅—

東京地下鉄(株)　伊藤　聡

東京メトロ丸ノ内線は，池袋～荻窪間を結ぶ本線と中野坂上～方南町間を結ぶ分岐線からなり，1962年３月の全線開業から約50年が経過した．現在，1日平均輸送人員が100万人を超える首都東京を支える重要鉄道路線となっている．また，現在，東京メトロではバリアフリー関連法規にもとづき，エレベータ，エスカレータなどの各種バリアフリー設備の整備を進めているところであるが，本工事を行った中野新橋駅は，丸ノ内線のうち分岐線の住宅密集地に位置する駅であり，バリアフリー設備整備として営業線の直下を横断する地下連絡通路の設置が計画された．本稿は，住宅密集地の狭隘な道路において，既設構築への影響を考慮しながら営業線の直下および近接箇所の施工を行った事例について報告する．

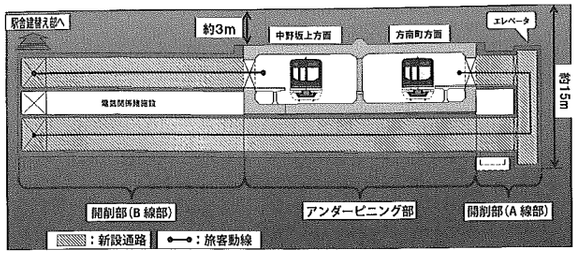
Build an EV Passage Crossing Directly under a Subway Line in Operation at Crowded Area —Tokyo Metro Marunouchi Line Nakano-Shinbashi Station—

By Satoshi Ito, Tokyo Metro Co., Ltd

The Tokyo Metro Marunouchi Line consists of the main line linking Ikebukuro and Ogikubo and the branch line linking Nakano-Sakaue and Honan-cho. Over 50 years has passed since all the lines opened in March, 1962. This line is currently a major railway line supporting the capital, Tokyo by carrying more than a million passengers a day on average.

Tokyo Metro is currently pushing ahead with the installation of facilities for accessibility such as elevators and escalators based on regulations related to accessibility. Installation works of an underground connecting passage for accessibility were planned at Nakano-Shinbashi Station of the Marunouchi Line. The station is located in a densely populated area and the path was designed to cross directly underneath the subway line in operation.

This report gives information on an example of underpinning subway tunnel structures and cut-and-cover works adjoining existing structure under a narrow road at crowded area while taking into consideration of the effects on existing structures.



図はバリアフリー通路縦断図

掲載頁 33

市街地の地下30mでの凍結工法による既設管渠との地中接合
—名古屋市下水道　権現通第２雨水幹線—

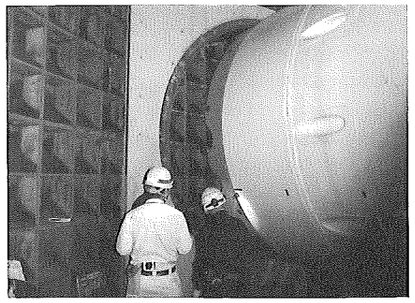
名古屋市　尾宮　邦昭

名古屋市では，平成12年９月に東海地方を襲った東海豪雨や平成20年８月末に発生した豪雨で著しい浸水被害を受けた地域や都市機能が集中している地域を対象に緊急雨水整備事業を実施し，現在，シールド工法や推進工法などによる雨水貯留管渠の築造などの浸水対策事業を進めている．

今回，既設雨水貯留管渠に新設雨水貯留管渠を接続するにあたり，管接合の補助工法として，当局で初めて凍結工法を採用した．そこで，本工法を採用するにいた至った経緯や本工法の概要・設計について，また，準備から後片付けまでの施工状況や施工における各種工夫点などについて報告するものである．

Thirty Metres Underground Connecting Works in Artificially Frozen Ground under Urban Area —Nagoya City Waterworks & Sewerage Bureau, Gongen-tori No.2 storm water trunk line—

By Kuniaki Omiya, Nagoya City



写真は発進前のシールド

Nagoya City implements an emergency project of measurement against stormwater for areas with concentrated urban functions and areas that sustained considerable flood damage in the torrential rain that occurred at the end of August, 2008 or the torrential rainfall disaster that struck around the Tokai region in September, 2000. Currently, the inundation prevention project is making progress with the construction of stormwater storage pipes using the shield TBM or pipe jacking, etc.

We adopted the artificial ground freezing to assist underground connecting a Shield tube to an existing rainwater storage pipe. Accordingly, this report gives background of the adoption as well as their outline, design and techniques of artificial freezing.

掲載頁 43

高速道路トンネルにおける中流動覆工コンクリートの標準化

(株)高速道路総合技術研究所　岩尾　哲也

山岳トンネルの覆工コンクリートの施工の問題点を材料によるアプローチから解決するために，高速道路会社は，石粉や石炭灰を用いた中流動覆工コンクリートを開発し，平成20年８月に施工管理要領を制定した．しかし，石粉や石炭灰については，流通事情やプラントの設備の都合から，中流動覆工コンクリートの標準化には至っていない．本研究は，現地条件に左右されない混和剤を用いた中流動覆工コンクリートの性状および品質確認を行い，標準仕様としての適用性を検証したものである．また，中流動覆工コンクリートの長期耐久性検証のため，石炭灰を用いた中流動覆工コンクリートの施工後５年経過時における追跡調査についても実施し，従来の覆工コンクリートよりも密実で高品質な状態であることを確認した．

Standardization of Middle-Performance Lining Concrete for Expressway Tunnels

By Tetsuya Iwao, Nippon Expressway Research Institute Company Limited

In order to resolve the issue of concrete lining works in mountain tunnels through an approach with materials, expressway companies developed a middle-performance lining concrete using stone powder and fly ash and established its construction management manual in August, 2008. However, due to the distribution conditions or plant equipment of stone powder or fly ash, we have not achieved to standardize middle-performance lining concrete.

This study confirmed the characteristics as well as quality of middle-performance lining concrete using easily-obtainable admixture to verify applicability as standard specifications. In addition, in order to verify the long-term durability of middle-performance lining concrete, a follow-up survey was implemented with middle-performance lining concrete using fly ash after five years from construction. This confirmed that it is tighter and of a higher quality than conventional lining concrete.

種別	材齢28日における圧縮強度 (N/mm²)	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプおよびスランプフロー (cm)	加振変形試験 (cm)	U形充填性高さ(障害なし) (mm)	空気量 (%)	セメントの種類	最低単位セメント量 (kg/m³)	単位水量 (kg/m³)	最大塩化物含有量 (Cl⁻) (g/m³)
粉体系	24	20 25	21±2.5 35～50	10秒加振後のスランプフローの広がり10±3加振後の広がったコンクリートにおいて，中央部に粗骨材が露出した状態を呈することなく周囲部に２cm以上のペーストや遊離した水の帯がないこと	280以上	4.5±1.5	普通ポルトランドセメント（FAの場合高炉セメントB種の使用不可）	270	LS・175以下 FA・180以下	300
増粘剤系							普通ポルトランドセメント，高炉セメントB種	320	175 以下	300

表は中流動覆工コンクリートの配合決定のための基準(案)

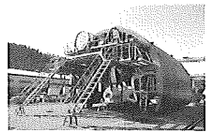
管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.CB-120032-A

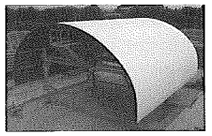
コンクリートトータル養生システム



加温しながら初期強度を上げる
加温養生（型枠）



加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



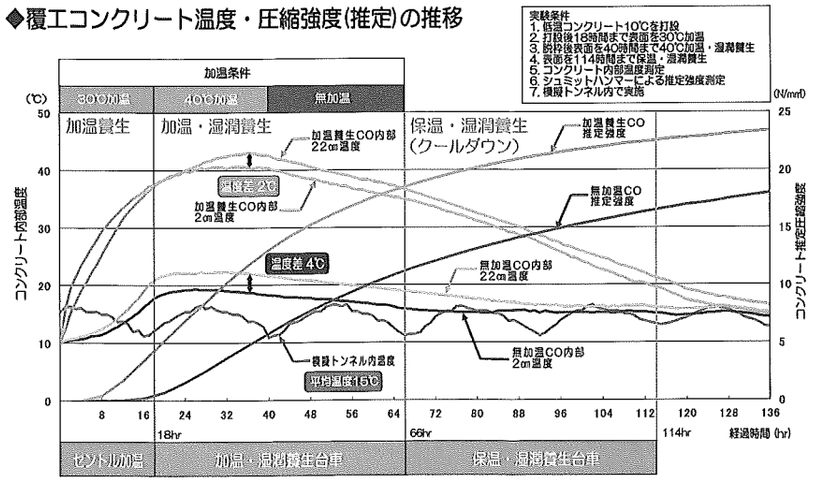
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



コンクリートの強度を予測管理
養生管理システム

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

◆覆工コンクリート温度・圧縮強度(推定)の推移



岐阜工業株式会社

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

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

【製作・販売協力】
TECHNO テクノプロ株式会社
TOUKOU 株式会社 東宏

巻頭言

（題字　佐藤信彦会長）



求む!!　未来の優秀な技術者

（一社）日本建設機械施工協会　業務執行理事兼施工技術総合研究所長
見波　潔

静岡県富士宮市にある富士教育訓練センター（全国建設産業教育訓練協会）にお邪魔をすると，壮大な富士山の麓で将来の建設工事現場の中心的役割を担うであろう若い人達が真剣に訓練を受けている風景に出会います．技術を習得するためのさまざまな技能講習や教育が規律正しい合宿生活の下で行われており，訓練生の表情を見ていると，将来に向けての明るさを感じると同時に，優秀な技術者に育って欲しいと願わずにはいられません．訓練生の数も年々増加しているとのことです．それぞれ所属する会社が違っても，将来は「富士の卒業生」という意識を持って欲しいとの熱意で指導に当たられている教職員の方々にも敬意を表します．

建設の分野ではこのような教育訓練が重要なことは言うまでもありません．このほかにも建設工事に従事する優れた技術者を育成するために，学校，産業界，行政のそれぞれの立場でさまざまな取り組みを行ったり，制度が作られたりしています．その一つとして，国の技術検定制度があります．建設業法にもとづく技術検定は６種目あり，そのうちの「建設機械施工」という種目については，筆者が所属する日本建設機械施工協会が試験の実施機関として指定されています．一定の実務経験を積むと受検資格があり，検定試験に合格すると「建設機械施工技士」という国家資格を取得することができます．

「建設機械施工」という技術検定種目は，「建設工事の実施にあたり，建設機械を適確に操作するとともに，建設機械の運用を統一的かつ能率的に行うために必要な技術」を検定するものです．すなわち，自ら建設機械の操作ができるとともに，施工技術を有する者として指導監督的実務に従事する能力を必要とされ，学科試験と実地試験に合格する必要があります．建設機械という個々の動きがわかり，なおかつ現場全体のマネジメントを行う力も合わせた総合力が求められていると言えるでしょう．

最近，受検者の数は増加する傾向にあり，平成25年度の学科試験の受検者数は１級が3,203人，２級が7,325人で，どちらも５年前に比べて約35％増えました．公共事業が減

り，建設従事者の人数や賃金も減る状況の中で，この資格取得を目指す技術者が増えているということは，「技術」に対する考え方，見方が変わりつつあるのでしょう．資格は，自己の能力を第三者に客観的に評価してもらい，技術向上と自己研鑽に努めるという側面と，責任ある業務に就くための最低限の条件をクリアするという側面があります．技術者としての地位を高め，外部からも評価されるために「資格」を適切に活用していくことが必要であり，さらには資格を取得した技術者がより技術力を高め，資格にふさわしい実績を積み上げることが必要になります．

ここまでに述べた教育訓練や資格は，技術者にとって入口にしか過ぎません．建設工事現場で技術者としての総合力を発揮するようになるためには，さまざまな経験を積み重ねる必要があります．建設工事には熟練技術者の見る目や判断力が必要となる場面が必ずあります．想定外の現場条件への対応，変化する自然条件への対応，危険事象の察知，周辺環境への対処など，優れた技術者に求められる能力は多様であり，経験を積むための時間も必要となります．そして，熟練技術者は仕事を通じて若い技術者に技術や判断能力，意志決定能力を伝授する必要があります．

ここで，建設産業の就業者の年齢構成を見てみると，平成23年度には55歳以上が33%となっており，この比率は全産業平均28.5%よりも高く，高齢化が進行しています．高齢化比率が高まっている要因は，新規入職者数が激減していることであり，次世代の建設産業を担う人材がどのようになるのか，技術の継承ができるのか，大いに危惧されています．

将来の中核となる若い人達を確保し，優秀な技術者として育成するためには，建設産業が国の基盤となる社会資本整備という重要な使命を有しているという使命感だけでは不十分であり，どのような社会を作りたいか，どのような社会に住みたいか，から出発しなければならないと思います．建設の分野は，夢があると同時に，それを実現する力もある世界です．その一方で，現実論としては労働者の立場から見て魅力ある職場でなければならないことは言うまでもありません．そのためには，適正な賃金，労働条件が確保されることや，建設業のイメージの悪さを払拭することなどが重要であり，業界全体としての取り組みが望まれます．

社会全体が建設業界を「未来のために正しく」見る風土，業界内にあっては先輩技術者が若い技術者を「厳しくも暖かく」育てる風土を醸成したいものです．

施工

熱水変質軟弱層による施工中の盤膨れを縫返し工で克服

—国道231号　新送毛トンネル—

国土交通省北海道開発局札幌開発建設部滝川道路事務所(〈現〉同　帯広開発建設部広尾道路事務所係長)　佐々木　隆
清水・岩田地崎・伊藤特定建設工事共同企業体所長　宇治川　徳　夫
清水・岩田地崎・伊藤特定建設工事共同企業体　石　黒　聡

1　はじめに

国道231号は，北海道の中枢都市である札幌市を起点とし，石狩市を経由し，留萌市に至る総延長約129kmの主要幹線道路である．

新送毛(おくりげ)トンネルは，防災点検要対策箇所や特殊通行規制区間などの解消を目的にした雄冬防災事業の一環として建設されている．**図-1**に示すように，昭和52(1977)年に開通した送毛トンネルに並行する延長2,995mの2車線道路トンネルで，早期の開通が望まれている．

掘削は，平成22(2010)年6月に札幌側より開始し，平成22(2010)年12月には留萌側からの掘削も開始した．途中，留萌側切羽鏡面全体から2t/minを越える突発湧水が発生するなどの困難な状況を克服し，平成24(2012)年5月に貫通した．

ところが，貫通直後に貫通点に近い2か所において盤膨れが発生し，縫返し工が必要になった．

本稿では，有識者を交えた対策検討会の提言を受けたトンネル変状区間における縫返し工および覆工の設計と施工について報告する．

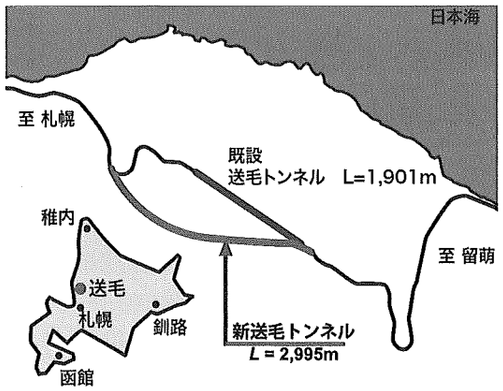


図-1　新送毛トンネル位置図

2　工事概要

工事概要を**表-1**に示す．また，**図-2**にトンネル全体の地質平面図および縦断図を示す．

新送毛トンネル周辺の主な地質は，留萌側の新第三紀の安山岩溶岩(非変質)Ba(ℓ1)が，札幌側の安山岩溶岩・自破砕溶岩(弱～中変質)Ba(aa)，安山岩溶岩・自破砕溶岩(非～弱変質)Ba(a)を覆うように分布している．

安山岩溶岩(非変質)Ba(ℓ1)は，亀裂の発達が顕著であるものの，硬質な新鮮岩盤である．安山岩溶岩・自破砕溶岩は全体に非～中程度の変質を被っており，部分的に脆弱な泥岩層や火砕岩層が介在する．

実施支保パターンはCⅡ，DⅠ，DⅡであり，48

%がCⅡパターンであったが，スレーキングを起こし路盤の泥濘化も著しいことから，長期的なトンネルの安定性確保のため，全線にインバートを設置した．

表-1　工事概要

工事名称	一般国道231号石狩市新送毛トンネル工事
工事場所	北海道石狩市浜益区送毛
発注者	国土交通省北海道開発局札幌開発建設部
施工者	清水・岩田地崎・伊藤特定建設工事共同企業体
工期	平成22年2月3日～平成25年3月22日
工事内容	トンネル延長：2,995m(掘削延長2,980m) 掘削断面積：CⅡ，61.804m² 道路種別：第3種第2級，B交通 縦断勾配：i=1.52% 平面線形：R2,000　L=1,529.4m 直線　L=1,077.26m 坑門工：15.0m(起点 9.0m，終点 6.0m) 非常駐車帯：4か所(26m) 掘削方法：発破掘削 インバート：L=2,980m 覆工・防水工：L=2,980m 運搬方式：起点側(札幌側)　延伸ベルコン方式 終点側(留萌側)　タイヤ方式 補助工法：AGF，注入式FP，鏡ボルト

3　変状と発生要因

札幌側からTD 1,600m付近(起点側，土かぶり330m)，TD 1,715m付近(終点側，土かぶり290m)のCⅡ区間のインバートにおいて，コンクリート打設翌日から徐々に躯体が隆起し，最大で101㎜の隆起が観測された(**写真-1**，**図-3**)．

ボーリング調査の結果，主にインバート下面に出現した熱水変質を受けた膨張性の自破砕溶岩に起因していることがわかった．

当該区間は，本トンネルの中でももっとも土かぶりが大きく(図-2)，施工時には比較的軟質な火砕岩，自破砕溶岩が一部に出現している．切羽で観察された軟弱層は断面全体に分布しておらず，軟弱層は層状(**図-4**)に出現している．

先進ボーリングコアの岩石試験から，一軸圧縮強度は1.8～62.7N/㎟であり，強度の比較的小さな火砕岩，自破砕溶岩の介在割合によっては，地山強度比が1を大幅に下回る．また，スメクタイトの含有率は30%を超えるものが多い．

以上のことから，過大な変位の発生要因は，周辺地山の強度不足に粘土鉱物の吸水膨張圧が複合

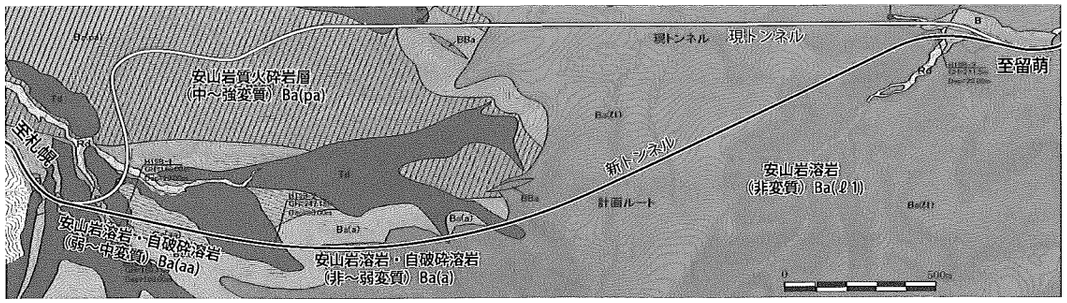


図-2　地質平面図および縦断図

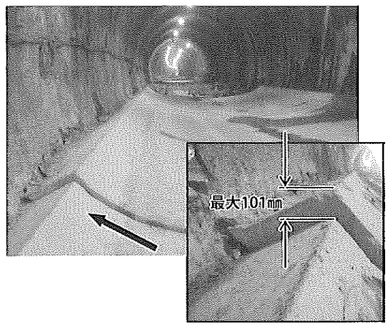


写真-1　インバートコンクリートの盤膨れによる隆起

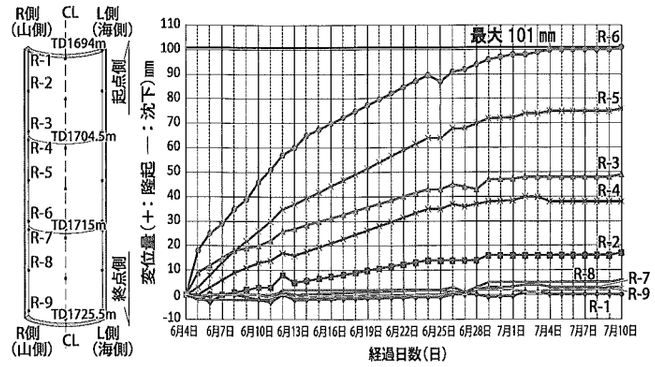


図-3　インバートコンクリートの隆起

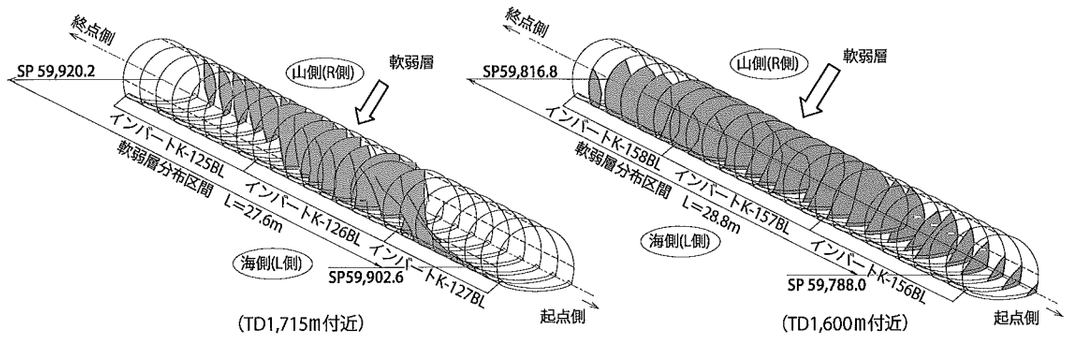


図-4　変状区間の軟弱層分布図

的に作用したものと推測される．

4　変状区間の支保構造の設定

4-1　作用土圧の推定

これまでの不良地山帯におけるトンネル掘削の経験から，支保工に作用する土圧として「掘削影響範囲を土かぶりと見立てた換算土圧」を推定する手法[1]が提案されている．

図-5に示すように，掘削に伴い発生する半径方向の再配分応力$\Delta\sigma_r$は，掘削面からL離れると$R_f=r_1^2/(r_1+L)^2$に減衰すると考えると，$\Delta\sigma_r=K_o(f_o-q_u)R_f$で概算できる．ここに，$f_o$は土かぶり圧，$K_o$は静止土圧係数である．

支保工に作用する換算土圧P_oは，$P_o=\gamma H$(γは地山の単位体積重量，Hは掘削影響範囲幅)で仮定する．掘削影響範囲幅Hは掘削に伴い発生する$\Delta\sigma_r$の値が0.05N/㎟以下となる掘削面からの距離(L)と考える．土かぶりh=300m，K_o=1，γ=25.4kN/m³，トンネル半径r_1=5.0m，地山強度q_u

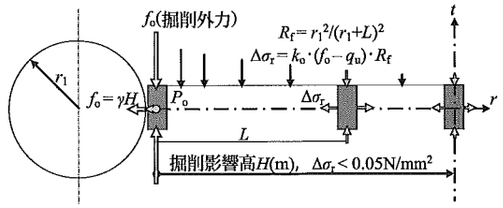


図-5　掘削影響高Hと推定土圧P_o[1]

=2.0N/㎟の場合には，H=48mとなり，支保工に作用する換算土圧はP_o=1.22N/㎟と推定される．

4-2　必要支保耐荷力

トンネル支保工の耐荷力は，吹付けコンクリートと鋼製支保工が発生軸力を分担すると想定し，両者の最大許容軸力から吹付けコンクリートの軸力分担率を求めた．吹付けコンクリート軸力分担率は，支保工軸力の0.62となる(**表-2**)．

アーチ構造のトンネル支保工に土圧P_oが作用した場合のトンネル周方向支保工応力σ_θは，厚肉円筒の式(1)を用いて計算する．

$$\sigma_\theta=\frac{a^2b^2(p_o-p_i)}{b^2-a^2}\cdot\frac{1}{r^2}-\frac{p_i a^2+p_o b^2}{b^2-a^2}\qquad(1)$$

ここで，p_iは内圧力で$p_i=0\ \mathrm{N/mm^2}$，aはトンネル内空半径で5.0m，bは掘削面の位置，rはトンネル周方向応力計算位置で$(a+b)/2$，換算土圧$p_o=\gamma H=1.22\mathrm{N/mm^2}$である．インバート部については$a$を2倍にして計算した．

この式より，土かぶり高さ$H=48$m相当の土圧を保持するのに必要な支保工耐荷力を計算し，吹付けコンクリート軸力分担率0.62を考慮すると，支保工の必要部材は，鋼製支保工H200(SS400),吹付けコンクリート$f'_{ck}=36\mathrm{N/mm^2}$の必要吹付け厚$t=35$cmとなる．

表-2　トンネル支保工仕様と軸力分担率

吹付けコンクリート	$f'_{ck}=36$MPa	断面積	$A_c=0.35\mathrm{m^2}$
		許容応力	18MPa
		弾性係数	$E_c=6.0\times10^{-3}$MPa
鋼製支保工	H200 SS400	断面積	$A_h=6.353\times10^{-3}\mathrm{m^2}$
		許容応力(降伏点)	245MPa
		弾性係数	$E_c=2.0\times10^{5}$MPa
吹付けコンクリート軸力分担率	$F_c/(F_c+F_h)=A_cE_c/(A_cE_c+A_hE_h)=0.62$		

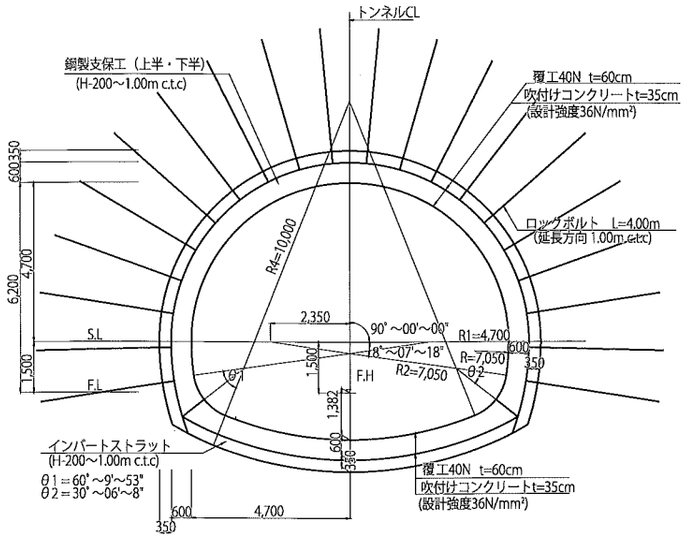


図-6　変状対策工標準図

4-3　トンネル構造

必要支保耐荷力の計算から，吹付けコンクリート設計強度$f'_{ck}=36\mathrm{N/mm^2}$，吹付け厚さ35cm，鋼製支保工H200@1mが支保規模となる．支保部材はインバート部についても適用される(図-6)．

5　膨張現象の同定

変状区間のTD 1,717m断面のA計測データ(図-7)を対象に，天端沈下(V)と水平変位(H_1, H_2)を再現可能な不良地山の岩盤条件を，FEM再現解析で求めた(図-8，表-3)．解析手法は，2次元弾性解析である．

再現断面TD 1,717mの変形モードの特徴を把握し，変形モードが再現断面の変位挙動と類似するように，試行錯誤的に軟弱層分布を修正し，不均質モデルを設定した．本ケースで天端沈下(V)および上半水平変位(H_1)はほぼ再現できている．

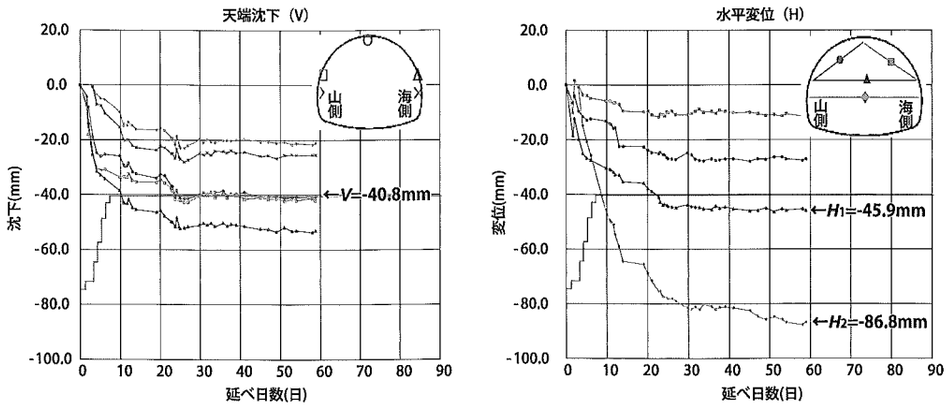


図-7　変状区間(TD 1,717m)のA計測データ(天端沈下，水平変位)

ただし，このモデルにおいても下半水平変位(H_2)は解析値が計測値の約半分で，H_2と盤膨れがとくに大きくなる傾向が計算では表現されなかった(図-9，表-4)ことから，変質部の膨張圧の影響について考察を加えた．

すなわち，弱層部のコア試験では，吸水膨張率(自由膨張)は最大18%にもなるため，下半内空変位の増分H_2が上半H_1より40mm以上大きいこと，インバート面が101mm盤膨れしたことは，掘削後トンネル断面が閉合していなかったため，上半の水分が下半・インバートに移動し，吸水膨張(自由膨張)したと考えると，現場の実現象とつじつまが合う．

また，当該箇所は地山強度比が0.2程度と非常に小さいため，掘削直後に緩み域ができ自由膨張が起きる状況にあったと考えられる．

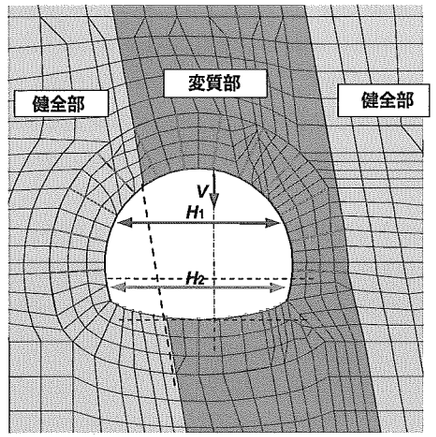


図-8　不均質岩盤モデル

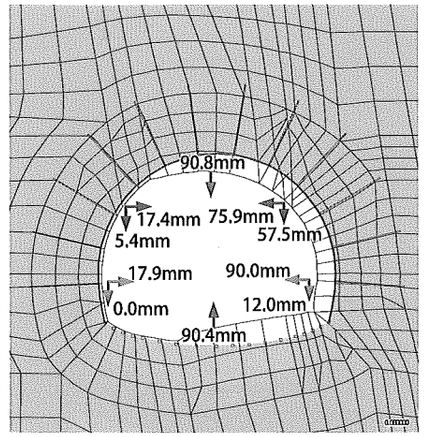


図-9　不均質岩盤モデル解析結果変形図(絶対変位)

表-3　不均質岩盤モデル

岩盤	岩盤物性値 変形係数 E(MPa)	ポアソン比 ν	せん断強度 c(MPa)	内部摩擦角 ϕ(度)	側圧係数 K
健全部	6,000	0.25	3.0	50	1.5
変質部	300	0.35	0.5	35	

表-4　不均質岩盤モデル解析結果(相対変位)

	計測値 (TD 1,717)	解析値(相対変位) 非線形解析
V(mm)	−40.8	−47.6
H_1(mm)	−45.9	−41.8
H_2(mm)	−86.8	−40.6

縫返し掘削では，この膨張域を掘削してすぐに断面閉合するので，掘削後に変質部が吸水すれば支保工・インバートストラットに膨張圧がかかる可能性が生じる．コアの吸水膨張応力試験では，最大値で530kN/m²の応力が発生している．

ただし，縫返し掘削時には地山の水分は失われており，他区間の排水がインバートに流入することで吸水膨張が起こると考えられる．

以上の考察から，インバートの変質部に0.5MPaの膨張圧が作用する条件で健全性を確保できる支保構造を検討することとした．

6　縫返し工の挙動予測

変状区間の不均質モデルを用いて，縫返し掘削の予測解析を行い，縫返し掘削終了時の支保構造を検証した．

さらに，縫返し掘削終了後にインバートの変質部に膨張圧0.5MPaを作用させ，膨張圧作用時の支保構造の安定性を照査した(図-10)．

その結果，支保部材としてアーチ部は吹付けコンクリート設計強度$f'_{ck}=36\mathrm{N/mm^2}$，吹付け厚さ35

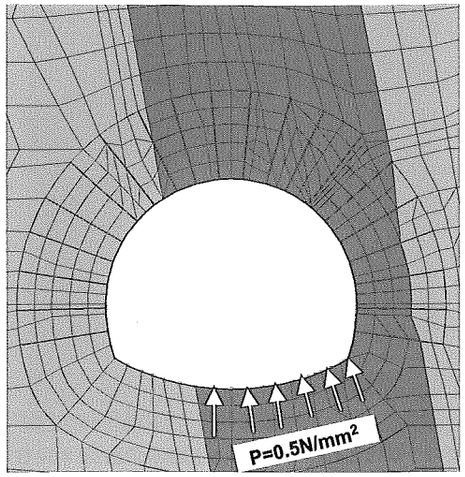


図-10　膨張圧作用不均質モデル

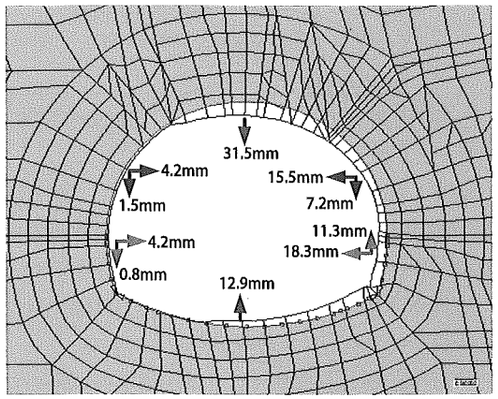


図-11　縫返し後の増分変位

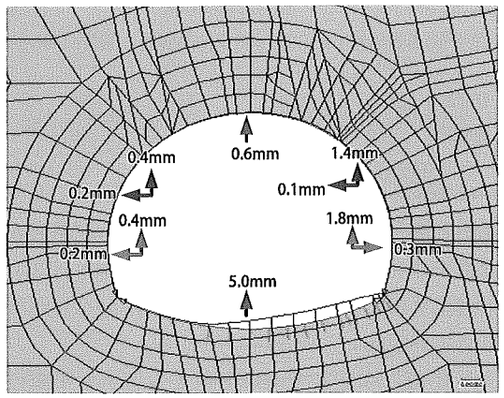


図-12　膨張圧による増分変位

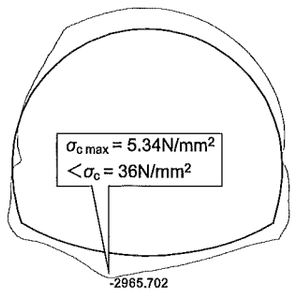
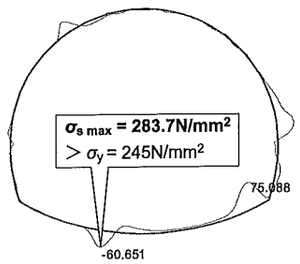
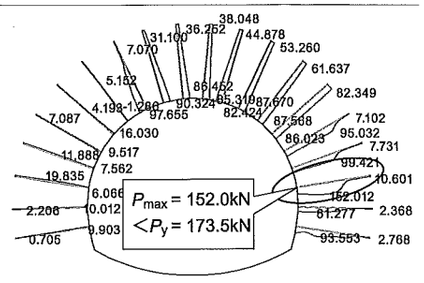
合成梁(鋼製支保工+吹付けコンクリート)断面力図		ロックボルト軸力(kN/本)図
軸力(kN/m)	曲げモーメント(kN・m/m)	
		
$\sigma_{c\,max}$ ：合成梁軸力 σ_c ：吹付けコンクリート設計基準強度	$\sigma_{s\,max}$ ：合成梁曲げモーメント σ_y ：鋼製支保工許容曲げ応力度	P_{max} ：ロックボルト軸力 P_y ：ロックボルト降伏耐力

図-13　予測解析結果(縫返し後膨張圧を作用)

7　縫　返　し　工

7-1　施工状況

切羽の観察結果からは，軟弱層分布区間は起点側で28.8m，終点側で27.6mであった．影響範囲として，軟弱層出現区間の前後約５mを対策区間とし，起点側，終点側ともに延長40.8mを縫返し工の施工区間と設定した．上半縫返し完了後，変状した既設のコンクリートを３～４mの範囲で取壊し，下半・インバートストラットを並行して施工した(**写真-2, 3**)．

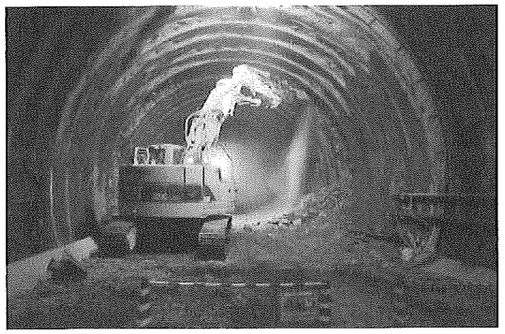


写真-2　上半縫返し掘削

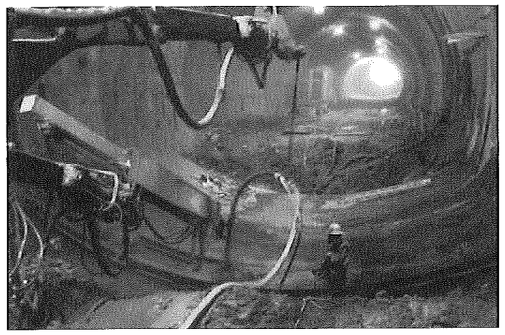


写真-3　断面閉合状況

7-2　トンネルの安定性

図-14にTD 1,714mのA計測結果を示す．１次管理値以下で収束し，FEM解析による縫返し後の解析値と近い値となった．さらに縫返し工の効果を確認するために，B計測(地中変位計×２，吹付け応力計×５，支保工応力計×５，覆工応力計×５)を設置した(**図-15**)．設置位置は，もっともインバートの隆起が大きいTD 1,600m付近およびTD 1,715m付近の２断面とした．

吸水膨張応力試験をみると，応力増加は１か月

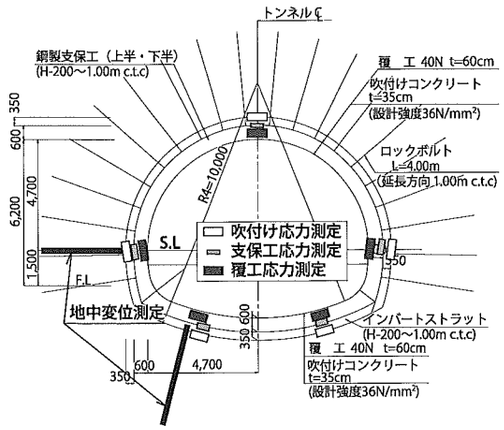


図-15　縫返し工区間B計測断面

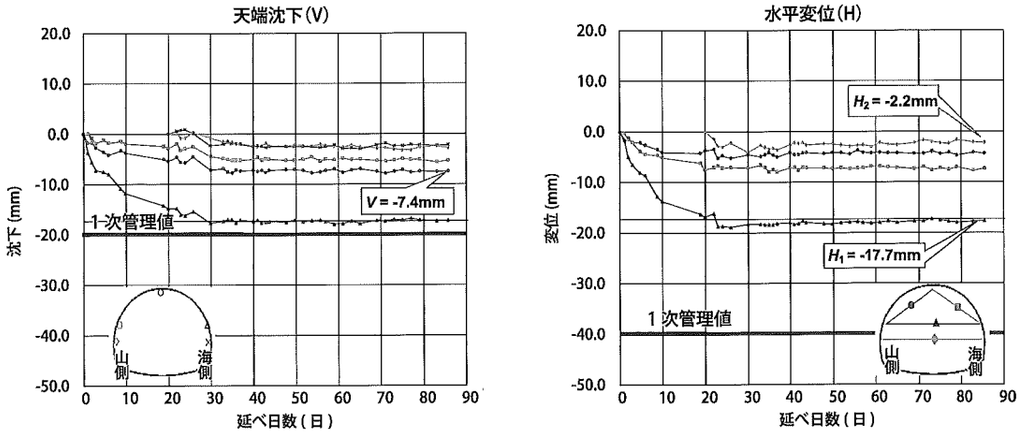


図-14　TD 1,714mの縫返し中のA計測データ(天端沈下，水平変位)

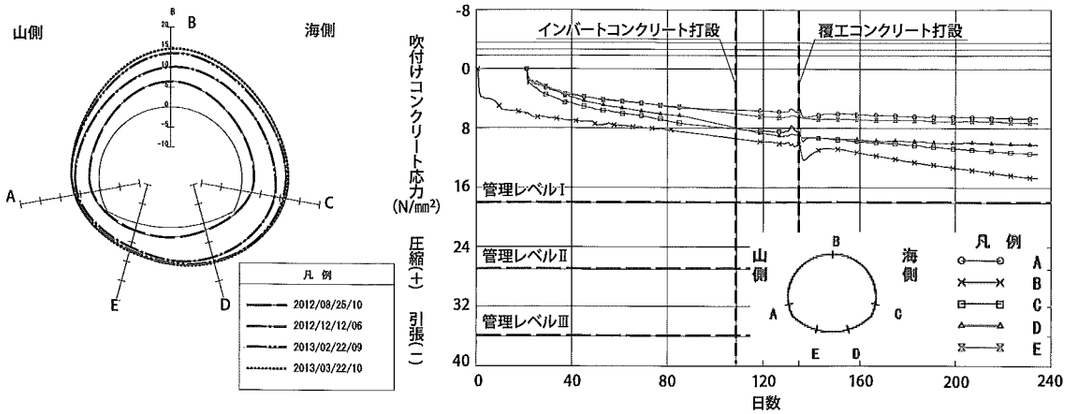


図-16　吹付けコンクリート応力(TD 1,714m)

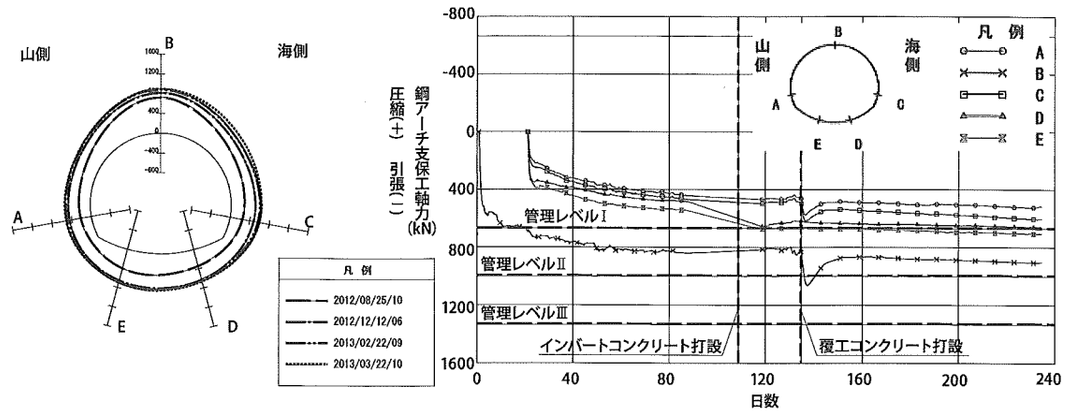


図-17　鋼製支保工軸力(TD 1,714m)

以上も継続するものがあった．今回の支保構造の検討で，吸水膨張圧試験結果の最大膨張圧0.5MPaがインバートの変質部に作用しても十分健全性を確保できる支保構造としたものの，吸水膨張によって何らかの地山挙動が継続する可能性が考えられる．そこで，計測は長期に行い，挙動の収束を確認することとした．

TD 1,714mの吹付けコンクリートの応力分布と経時変化を図-16に示す．一様に圧縮状態にあり，漸増傾向である．最大応力は天端部の14.6N/㎟で設計強度の40.6%である．次にTD 1,714mの鋼製支保工の軸力分布と経時変化を図-17に示す．天端の軸力が，901.5kNと設計軸力の67.6%の発生率で，収束傾向にある．

図-18に地中変位計で計測した地中ひずみ分布を示す．インバート部で，量的には0.9%以下の

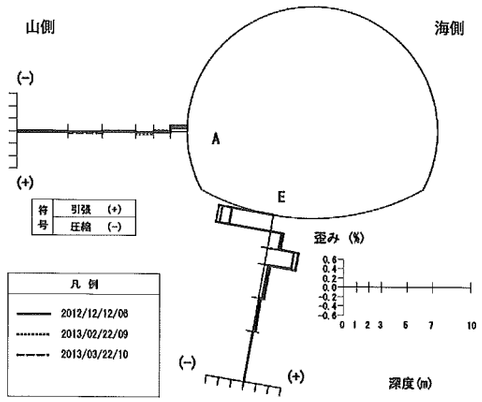
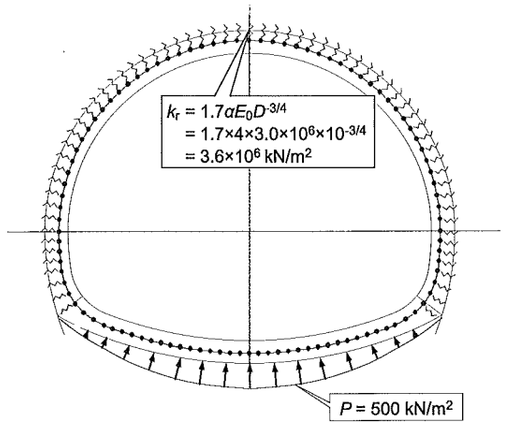


図-18　地中ひずみ分布(TD 1,714m)

値であるが，掘削面近くで圧縮，掘削面から2～3mの深さで引張(膨張)が生じている．これは，支保の内圧効果により，掘削面近傍の緩み域が圧縮されたと考えられる．



k_r　：法線方向地盤反力係数(kN/mm²)
α　：E_0の算出方法および荷重条件に対する補正係数(=4)
E_0　：岩盤の変形係数法線方向地盤反力係数(=3,000MPa)
D_h　：トンネル図新幅(解析モデルとし=10m)

図-19　フレーム解析モデル

8　覆工コンクリート構造

変状区間の支保構造検討では，縫返し区間において膨張圧がインバートに作用しても，十分に健全性を確保できる支保構造を設計した．覆工構造においては，長期的なトンネルの安定性を担保するため，吸水膨張応力試験結果にもとづき変状区間の覆工構造の検討を行った．吸水膨張応力試験結果は，最大値で530kN/m²の応力が発生している．そこで，覆工構造の検討にあたっては，インバートに最大0.5MPaの膨張圧が作用することを仮定した．フレーム解析のモデルを図-19，解析結果を図-20に示す．

膨張圧(0.50MPa)がインバート下面に作用した場合について，地山物性を変形係数が安全側となる掘削解析時の健全岩盤の1/2 (3,000MPa)として解析を行った．

作用する膨張圧は，地下水供給の状態を考慮し，インバートの最下底部で最大圧となる三角形分布と仮定した．解析にあたっては，コンクリートの設計強度を40N/㎟とした．

膨張圧(0.50MPa)がインバート下面に作用した場合の，内側引張と外側引張の最大曲げモーメント発生位置での許容応力度法による照査の結果，鉄筋をD32@150(複鉄筋)とした場合，厚さ600㎜

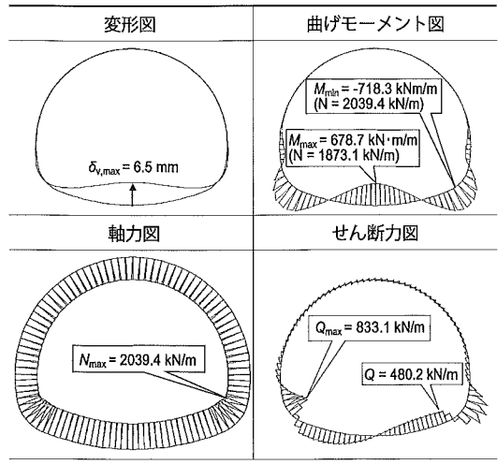


図-20　フレーム解析結果

の覆工を成立させるためには，コンクリートの設計強度は40N/㎟となる．

9　おわりに

熱水変質自破砕溶岩に起因する特異な変状を各種計測，観測，調査ボーリングならびに室内試験で捉えるとともに，厚肉円筒の式を用いて支保構造を設定し，FEM予測解析により吸水膨張圧作用時の支保部材の健全性を照査することで，変状区間の合理的な支保設計を行った．その結果，安全かつ効率よく縫返し工を実施できることが確認できた．

最後に，本工事の設計・施工にあたり，藤井義明・北海道大学大学院教授，児玉淳一・同准教授をはじめ北海道土木技術会トンネル研究委員会の皆様，ならびに関係各位より，格別のご指導賜りましたことを，ここに記し謝意を表する次第です．

参考文献

1) 小川澄・楠本太：早期閉合の効果を施工事例および数値解析より検討，トンネルと地下，Vol.43，No.2，pp.51-59，2012.2.
2) 佐藤嘉高・多田和広・佐々木隆・石黒聡・宇治川徳夫・福田和寛：熱変質を受けた自破砕溶岩によるトンネル変状部の設計・施工，2013トンネル技術研究発表会論文集，北海道土木技術会トンネル研究委員会，pp.21-32，2013.

現場だより 2013 トンネルと地下

世界遺産熊野古道「長井坂ルート」に沿って

黒　見　正　彦

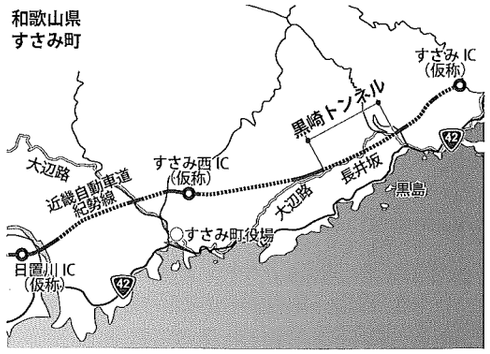
和歌山県西牟婁郡すさみ町は，紀伊半島の南南西に位置し，日本でも有数の温泉地を有する白浜町と，本州最南端にある潮岬で有名な串本町に隣接し，雄大な太平洋に面している．海岸線は豪壮なリアス式海岸で熊野枯木灘海岸県立自然公園に指定されており，すさみ八景と呼ばれる荒磯や熊野古道大辺路街道，広瀬渓谷など自然の見所がたくさんある．休日には釣り，ダイビング，ハイキングなどを楽しむ多くの観光客でにぎわっている．

その中でも黒島の浅瀬で海流がぶつかり合う「夫婦波」と呼ばれる奇観は，晴れた休日には眺めているだけでストレスが解消される，私の一番好きなスポットである．



黒島の夫婦波

近畿自動車道紀勢線は，大阪府松原市を起点とし，和歌山県を経由して三重県多気郡多気町の伊勢自動車道勢和多気ICに至る延長約335kmの高速自動車国道である．本事業は，南紀田辺ICからすさみIC(仮称)間の約38kmにわたって工事を行うもので，地域を支える「命の道」として，移動や救急搬送の時間短縮，交通渋滞の緩和，観光客の増加などに寄与するとともに，近年クローズアップされている，東海・東南海・南海地震による津波災害に対する救急・緊急時の通行ルートとして周辺住民の安全で安心できる暮らしの確保のために整備が進められている．とくに平成24年3月に内閣府が発表した最大津波高は，すさみ町で約18mと予測されており，東海地震の30年発生確率は88%と非常に高い予測である．このため，防災上の急務として，22か所のトンネル，43か所の橋梁ほか，すべての工事が急ピッチで行われている．



位　置　図

黒崎トンネルの本坑はL＝2,841mで，今回事業の中ではもっとも規模が大きい工事である．

工事の特徴として起点，終点ともに坑口は切り立った渓谷の中腹(地上高30～40m)に計画されており，現状は狭小な道しか存在していない．このため，起点側は本坑トンネル接続部まで473mの作業坑を掘り，接続部から起点に向け461m掘削して貫通させ，折り返し接続部から終点に向けて1,500m掘削する．一方，終点は隣接工区が造った工事用道路を利用し，その最頂部から高さ40m，長さ100mの仮桟橋・構台を構築し，880m掘削する計画である．トンネルの線形とほぼ平行して世界遺産熊野古道大辺路街道の長井坂ルートがあるため，ハイカーが間違って工事域に進入しないよう，案内看板の設置や交通整理による誘導を行っている．

現在，掘削長は作業坑と本坑を合わせ約1,100mで全工程の33%である．起点坑口は既に貫通したので，隣接工事が作業坑を共用して近々に残土搬出を行う計画になっている．起点，終点とも複数の業者が同時に作業するため，相互連絡を密にし，社員一丸となって無事故竣工を遂行する所存である．

(三井住友建設(株)黒崎トンネル作業所長)

施工

地すべり地形のトンネル坑口部を対策工と動態観測で突破

—国道49号　新揚川トンネル—

国土交通省北陸地方整備局新潟国道事務所工務第一課長　横　山　一　星
(前)国土交通省北陸地方整備局新潟国道事務所津川出張所長　武　藤　正　広
(前)五洋建設(株)北陸支店新揚川トンネル工事事務所現場代理人　本　間　宏　記
(前)五洋建設(株)北陸支店新揚川トンネル工事事務所監理技術者　中　村　伸　也

1　はじめに

一般国道49号は，福島県いわき市と新潟市を結ぶ主要幹線道路であり，磐越自動車道を補完し，沿線市町村と新潟市を結ぶ幹線道路としても重要な役割を果たしている．このうち，新潟県東蒲原郡阿賀町大牧～黒岩区間は道路線形が悪く，土砂災害・落石・雪崩の危険箇所が存在し，連続雨量150㎜での事前通行規制区間に指定されている．

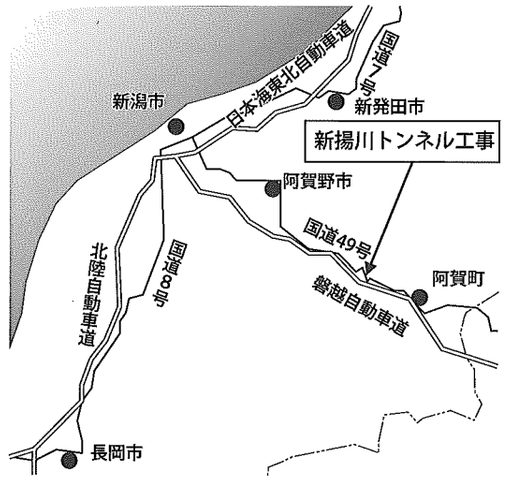


図-1　位置図

揚川改良事業(延長7.5km)は，この問題点の解消を目的に計画し，平成25年3月に全線開通した．

新揚川トンネル工事は，改良事業区間のもっとも新潟側に位置する(図-1)．掘削起点となる終点側坑口部は，小土かぶりで，かつ，地すべり地形を呈する土砂地山であり，トンネル掘削に伴う地山のゆるみや地山変位に起因した地すべりブロックの滑動が懸念されていた．

地すべりの発生は，工事の安全をはじめ，近接する国道への影響，トンネルの安定性低下，事業工程の大幅遅延，工事費の増加などのリスクが顕在化する．

一方，地すべり対策にも工事工程の遅延や工事費の追加が発生するため，工程への影響や費用対効果が対策選定の判断指標になる．

本トンネルでは，当初設計の地すべり対策工(押え盛土，水抜きボーリング)を実施するとともに，地すべり挙動の監視を行い，トンネル安定性と施工方法の妥当性を確認しながら施工した．その結果，適切な対応策を迅速に行うことができ，工程を遅延させることなく，坑口部を無事通過できた．本稿では，終点側坑口部での情報化施工について報告する．

2　工　事　概　要

新揚川トンネル工事は施工延長640mで，このうち延長398mの２車線道路トンネル(黒岩トンネル)を施工する工事である．工事概要を**表-1**に示す．改良事業終盤の当工事は，着手前から供用開始の時期が決定しており，トンネルの早期完成が望まれた．

3　終点側坑口部の地形・地質概要

終点側坑口部の平面図，地質断面図をそれぞれ**図-2, 3**に示す．本トンネル終点側の平面線形は曲線R＝340m(R：半径)で，トンネル進行に従って地すべりブロックから離れる位置関係にある．

なお，坑口部はトンネル掘削時の問題点を抽出・整理するために，初期掘削区間①(No.367＋10～No.365＋10)，小土かぶり区間②(No.365＋10～No.363＋10)，地すべり重複区間③(No.364＋10～No.358＋15)の３つに区間設定した．

表-1　工事概要

工　事　名	国道49号揚川改良新揚川トンネル工事
発　注　者	国土交通省北陸地方整備局
工　　期	平成23年１月22日～平成24年12月25日
施工延長	640.0m
トンネル延長	398.0m
掘削断面積	79.4～82.8m²(盤下げ除く)
掘削方式	機械掘削

3-1　地形概要

坑口付近の斜面勾配は15°未満と緩やかで，土かぶり２D(D：トンネル掘削幅(＝13m))以下の延長は149mに及ぶ．このうち土かぶり１D以下の区間は112mに達し，最小土かぶりは押え盛土・埋土区間での５mである．また坑口付近は偏圧地形であり，No.364以奥の斜面は地すべり地形を呈している．

3-2　地質概要

終点側坑口部の地質は，風化部と新鮮部に二分される．風化部は，N値10～50程度の強風化泥質凝灰岩(Dt 2)であり，最大20m程度の層厚で堆積している．一方，新鮮部には，本トンネルの基盤岩である泥岩(Ms)，凝灰岩(Tf)および礫岩(T-Cg)が層状に分布し，トンネル進行に伴って下方から出現する．また既往の地質調査では，地下水位がG.L－4mと高いことが報告されている．

3-3　地すべり概要

既往の地質調査ならびに現地踏査の結果より，地すべりブロックはトンネル坑口以奥に３か所存在し，トンネルは地すべり末端部を通過する設計になっている(**図-4**)．この地すべりは沢地形に沿った狭長な崩積土地すべりで，現在は活動停止状態

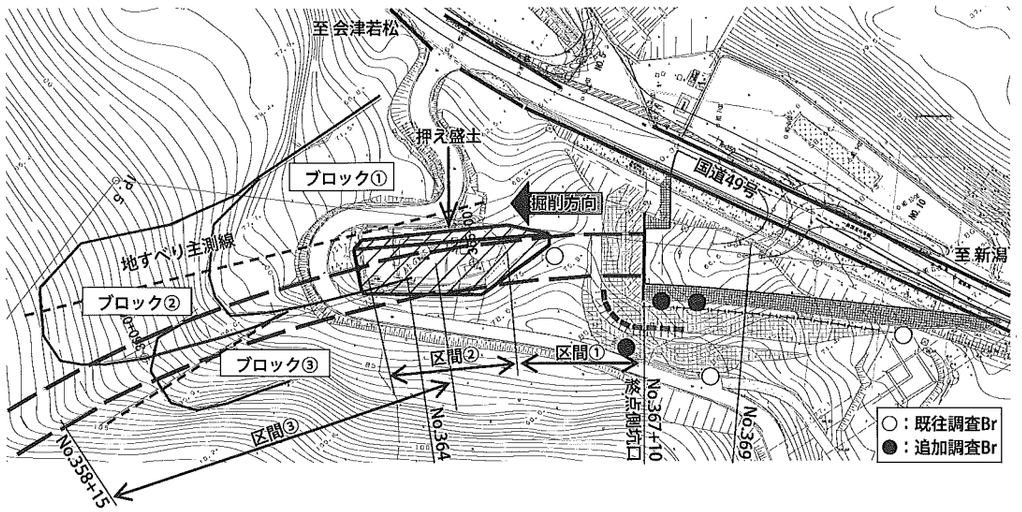


図-2　終点側坑口部の平面図

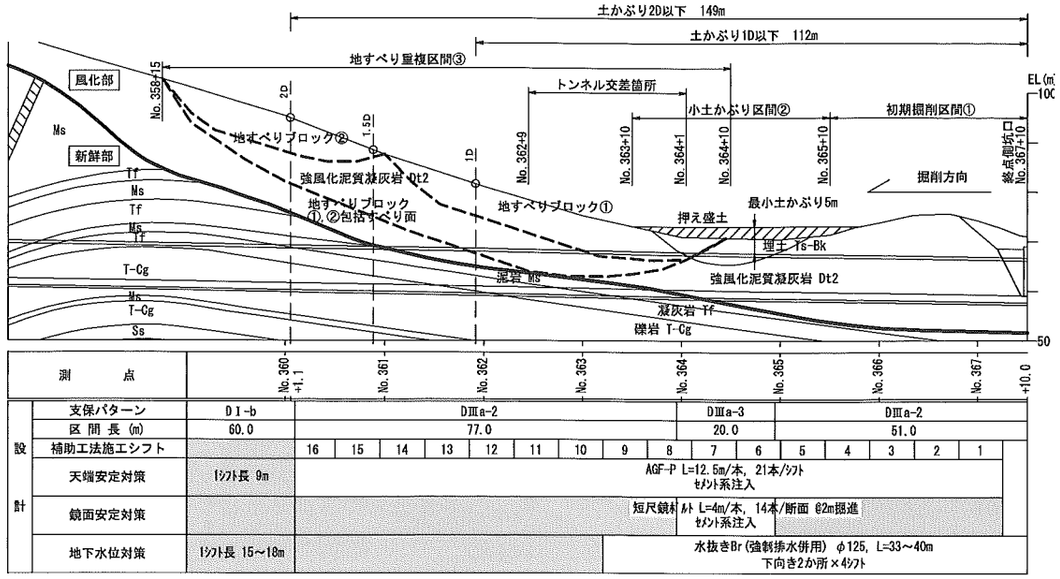


図-3　終点側坑口部の地質縦断図

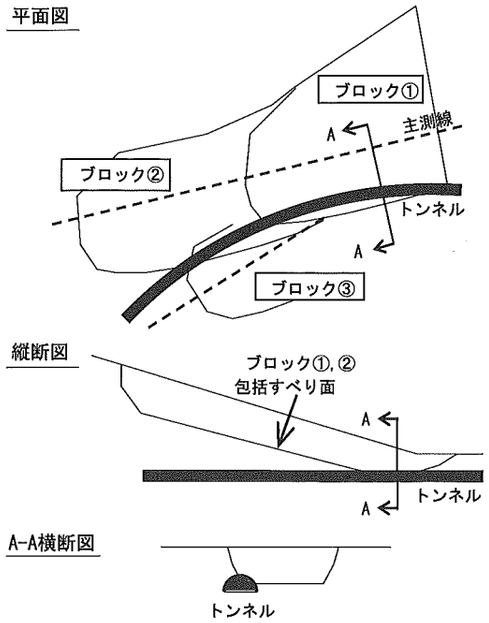


図-4　トンネルと地すべりの位置関係

にある．同一主測線の地すべりブロック①と②においては，これらを包括する深層すべりも想定されている．そのため，設計段階から，トンネル掘削による地すべりへの影響が懸念されており，押え盛土や水抜きボーリングの対策工を計画していた．

4　情報化施工の計画

4-1　坑口前の切土施工実績

本線切土区間No.369付近での３段目(最下段)の切土時に，当初想定の軟岩よりも脆弱な地質が出現し，法肩の小崩壊が発生した．追加地質ボーリング(図-2の●印)を行ったところ，N値20～30程度の強風化泥質凝灰岩(地すべり崩積土)が道路計画盤の下まで厚く分布することが判明した．そのため，これ以降の切土を無対策で実施した場合には，法面崩壊を発生させる危険性が高いことから，法面安定対策を検討した．

検討の結果，恒久対策としてグラウンドアンカー(４段×11本)を追加した．また，坑口法面はモルタル吹付けと鉄筋挿入工(L＝３m@1.5m)で補強し，さらにAGF-boring工法でAGFを施工した．

いずれの対策も直高２～３mごとの逆巻き施工で，法面挙動の動態観測を行いながら段階的に施工した．その結果，本線切土区間を無事に切土した．

4-2　地すべりの再評価と情報化施工の経緯

切土施工の結果，坑口部に分布する強風化泥質凝灰岩(Dt 2)は当初の想定に比べて地山状態が悪

く，区間①のトンネル掘削時には切羽崩壊をはじめ，ゆるみ範囲の拡大や地耐力不足による地山変位・変状が懸念された．

さらに，地すべりブロック下端の強風化泥質凝灰岩(Dt 2)も坑口部と同様な状態と予想されることから，地すべりを誘発させない慎重な施工が求められた．

トンネル施工に先立ち，地すべりブロックのすべり面を特定するために，追加調査ボーリングを4か所実施し，包括する深層すべりのすべり面(粘土層)を確認した(**図-5**の●印)．

地すべりブロックでの追加調査の結果を踏まえ，トンネル掘削の影響を考慮した地すべりの安定解析を見直した．その結果，トンネル掘削時の安全率は目標安全率1.05に対して1.04であった．しかしながら，安全率は目標安全率を下回るものの，その差がわずかであるため，直接的な対策工は追加せず，計測監視を強化することとした．計測監視は，トンネル掘削時に地すべり挙動を監視するとともに，地すべり対策工および補助工法などの妥当性を評価しながら逐次施工にフィードバックする方法とした．

4-3　計測管理

(1)　追加計測工

計測工Aに加え，追加計測工として，坑口部周辺での地すべり動態観測工および坑内計測工Bを計画した(**図-5, 6**)．この目的は，①地すべりブロック監視による安全確保，②変位発生時における対策工の迅速な検討，③設計の妥当性検証による経済性向上，④トンネルの長期安定性確認である．計測管理基準値は，(財)高速道路調査会の研究報告書[1]に準拠して設定し，各管理レベルに応じた体制で管理した(**表-2**)．

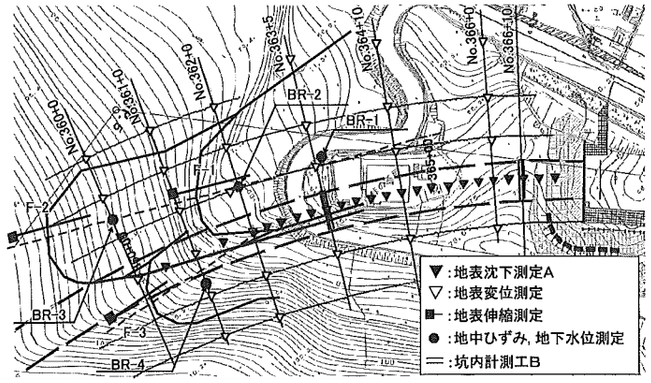


図-5　地すべり動態観測工の配置図

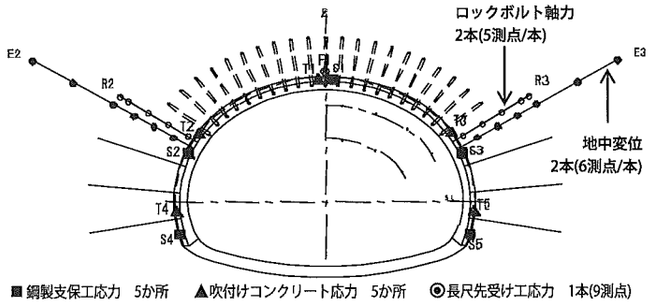


図-6　坑内計測工Bの配置図

表-2　管理基準値および管理体制

管理体制	管理レベル	坑内作業	計測管理基準値				実施事項
			地すべり動態観測工		計測工A		
			地表面伸縮計 地表面変位	パイプひずみ計※	天端沈下	内空変位 地表面沈下	
通常	—	通常	5 mm/10日未満	1 mm/10日未満 10^{-4}未満	25mm未満	50mm未満	①通常の動態観測体制 ②1回/週，観測結果を整理・分析
注意	I	通常	5 mm/10日以上	1 mm/10日以上 10^{-4}以上	25mm以上	50mm以上	①計測頻度強化 ②作業員への注意強化 ③挙動分析，軽微な対策工の検討
要注意	II	作業中断 軽微な対策工	100mm/10日以上	5～50mm/5日以上 10^{-3}以上	38mm以上	75mm以上	①計測体制強化 ②軽微な対策工の実施 ③挙動分析，対策工法の検討
厳重注意	III	坑外へ避難	1,000mm/10日以上	———	50mm以上	100mm以上	①施工の停止 ②挙動分析，対策工法の再検討 ③対策工の実施

※　上段：換算変位，下段：累積値

(2)　周辺地山挙動の見える化

本トンネルの地すべり動態観測工では，自動計測したデータの収集は計測担当者が手動で行った．注意体制(管理レベルI)以降の計測管理では，各計測項目の連続的な監視と迅速な対応が必要であるが，不測の変状が発生した場合には，即時に変状を捉えることは難しく，作業員への作業中止・退避の周知が遅れるおそれがある．そこで，OSV(On Site Visualization)技術を用いて，地すべり挙動を連続監視する地表面伸縮計およびパイプひずみ計の計測データを「見える化」し，すぐに周知できるようにした(**写真-1**)．

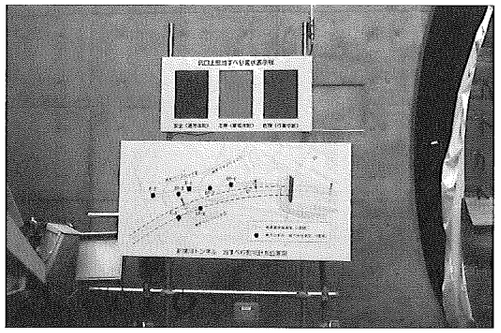


写真-1　OSV技術を用いた地すべり変状表示板

5　坑口部のトンネル掘削

本トンネルは，トンネル進行に従って地山条件や地すべりとの位置関係が変化するため，坑口部の初期掘削区間①(No.367＋10～No.365＋10)，小土かぶり区間②(No.365＋10～No.363＋10)，地すべり重複区間③(No.364＋10～No.358＋15)におけるトンネル掘削時の問題点を**表-3**に抽出・整理した．

以下に，各区間における施工検討，施工状況および計測結果と対応策を，**図-7**の施工実績総括にもとづき詳述する．

5-1　初期掘削区間①の施工

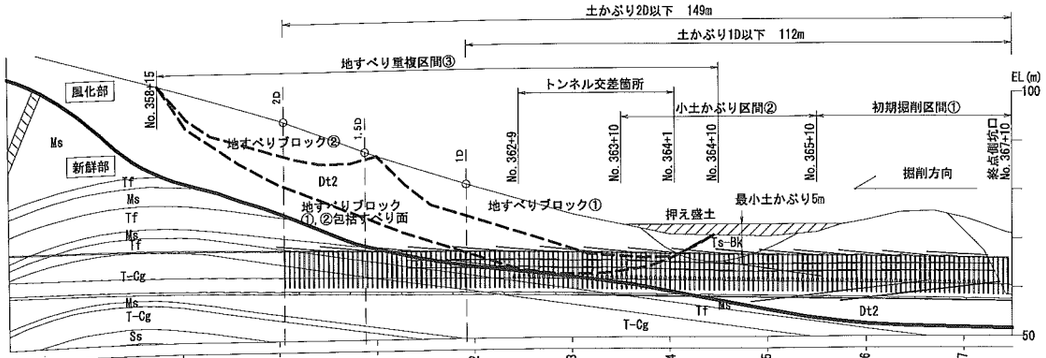
(1)　施工検討

区間①は，大規模な法面崩壊の危険性があった本線切土区間に隣接し，地すべり崩積土も分布すると想定される．土かぶりは最大0.7*D*程度で，グラウンドアーチの形成が期待できない．よって，トンネル掘削時の切羽の自立は困難で，崩壊の危険性が高い状況であった．また，坑口前での平板載荷試験では，地耐力不足を確認した．降雪期の施工となり，地表からの浸透水や湧水による地山の軟弱化や施工基面の泥ねい化によって，トンネルの安定性をさらに損ねる恐れもある．掘削にあたっては，設計や施工方法の妥当性を検証しながら進める必要があった．

切羽の安定は，9 m掘進ごとに，AGF-Pと長尺鏡補強工(FIT)を併用して確保することにした．

表-3　坑口部の各区間における施工上の問題点

	区間①	区間②	区間③
土かぶり(土かぶり比) (*D*：掘削幅)	6～9 m(0.5～0.7*D*)	5～6 m(0.4～0.5*D*)	5～26m(0.4～2*D*)
トンネルの地山条件	強風化泥質凝灰岩 (切土箇所での地すべり崩積土)	強風化泥質凝灰岩，埋土	強風化泥質凝灰岩，基盤岩 (下方より出現)
地すべりとの位置関係	地すべり末端部から離れる	地すべり末端部に隣接する	地すべり末端部に位置する (トンネルが地すべり面を切除する)
トンネル掘削時の問題点	・湧水による地山の軟弱化，泥ねい化 ・トンネル変位や地表面変位(沈下)の増大 ・地耐力不足 ・切羽崩壊	・湧水による地山の軟弱化，泥ねい化 ・トンネル変位や地表面変位(沈下)の増大 ・地耐力不足 ・切羽崩壊，地表面陥没 ・地すべりブロック近傍への影響	・湧水による地山の軟弱化 ・トンネル変位や地表面変位(沈下)の増大 ・地耐力不足 ・切羽崩壊 ・地すべりブロック滑動の誘発



	測点	No.360 +1.1	+12.1	No.361	+10.1	No.362	+8.1	No.363	+1.1	+15.1	No.364	No.365	+11.1	No.366	No.367	+10.0
設計	支保パターン	DI-b	DIIIa-2								DIIIa-3	DIIIa-2				
	区間長(m)	60.0	77.0								20.0	51.0				
	補助工法施工シフト		16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	天端安定対策	1ｼﾌﾄ長 9m	AGF-P L=12.5m/本, 21本/ｼﾌﾄ セﾒﾝﾄ系注入															
	鏡面安定対策		短尺鏡補ｽﾄ L=4m/本, 14本/断面 θ2m掘進 セﾒﾝﾄ系注入															
	地下水位対策	1ｼﾌﾄ長 15～18m	水抜きBr(強制排水併用) φ125, L=33～40m 下向き2ヶ所×4ｼﾌﾄ															
実施	支保パターン	DI-b	DIIIa-2	DIIIa-9		DIIIa-8		DIIIa-7	DIIIa-6		DIIIa-5				DIIIa-4			
	区間長(m)	205.0	11.0	18.0		18.0		13.0	14.0		36.0				38.9			
	補助工法施工シフト		16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	天端安定対策	1ｼﾌﾄ長 9m	AGF-P L=12.5m/本, 21本/ｼﾌﾄ ｼﾘｶﾚｼﾞﾝ注入			AGF-P L=12.5m/本, 27本/ｼﾌﾄ ｼﾘｶﾚｼﾞﾝ注入					AGF-P L=12.5m/本, 21本/ｼﾌﾄ ｼﾘｶﾚｼﾞﾝ注入				AGF-boring L=12.5m/本 21本/ｼﾌﾄ ｼﾘｶﾚｼﾞﾝ注入			
	鏡面安定対策	1ｼﾌﾄ長 9m				FIT L=12.5m/本, 16本/ｼﾌﾄ ｼﾘｶﾚｼﾞﾝ注入			12本増打, ｼﾘｶﾚｼﾞﾝ注入		FIT L=12.5m/本, 13本/ｼﾌﾄ セﾒﾝﾄ系注入							
	脚部補強対策		ｳｲﾝｸﾞﾘﾌﾞ付き鋼製支保工															
	沈下抑制対策		補助ﾍﾞﾝﾁ付き全断面工法						早期閉合(ｲﾝﾊﾞｰﾄ吹付厚15cm)						ｲﾝﾊﾞｰﾄ一次閉合(吹付厚15cm)			
	地下水位対策	1ｼﾌﾄ長 16～18m (DIIIa-4での水抜きBrのみ)				水抜きBr φ75, L=20m 上向き1か所					水抜きBr φ75, L=20m 上向き2か所				水抜きBr(強制排水併用) φ125, L=33～40m 下向き2か所×2ｼﾌﾄ			

図-7 終点側坑口部の施工実績総括図

脚部補強対策は，ウイングリブ付き鋼製支保工を採用した．また地下水位の低下は，当初計画の水抜きボーリング(φ125，L=33～40m)で行うことにした．

(2) 施工状況

切羽は全面に脆弱な強風化泥質凝灰岩が出現し，天端部には土砂化した箇所が認められ，滴水程度の湧水が発生した．掘削時には，部分的な肌落ちが発生する状況が続いたため，早期に素掘り面や鏡面を吹付けて切羽を安定化させた．また，湧水による施工基面の泥ねい化は著しく，水抜きボーリングやインバート施工時の仮設ポンプで強制排水し，路盤の置換えを行いながら施工した．

しかしながら，No.366＋13では，切羽通過15m(1.15D)時に天端沈下が急増して，管理レベルⅡ(38㎜以上，50㎜未満)に達した．さらに，No.365＋17では，掘削開始直後に天端沈下と右側脚部沈下が約20㎜/日を超える変位速度で沈下した．このまま無対策で掘削を進めた場合，これらの沈下は早い段階で管理レベルⅢ(50㎜以上)に達すると想定され，これ以上の変位の許容は内空断面の欠損や支保部材の健全を損なう恐れがあるため，対策が必要となった．

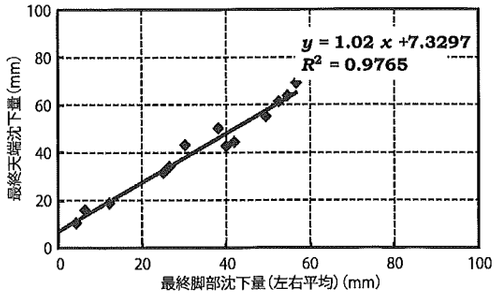


図-8 脚部沈下と天端沈下の関係

(3) 計測結果と対応策

地すべり動態観測工の結果，地表面変位はトンネル周辺で局所的に発生し，地表面伸縮(F-1～3)はすべて0㎜であった．また，地中ひずみ(BR-1～4)は累積値0.1～0.3×10^{-4}(管理レベルⅠ未満)で，換算変位速度もごくわずかであった．よって，地すべり挙動は認められないと判断した．

坑口部のトンネル変位は，内空変位よりも沈下が卓越するモードで，天端沈下と脚部沈下がおおむね同量の傾向を示していた(図-8)．

16m手前のNo.366＋13の坑内計測工Bは，支保部材や長尺先受け工の応力がすべて管理レベルⅠ以下であった．よって，支保部材には過度な荷重が作用しておらず，設計の妥当性を確認した．

以上より，沈下を早期に抑制する対策が有効であると判断した．インバートを分割掘削し，吹付けコンクリート(t=150㎜)により一次閉合する早期閉合によって沈下を抑制することとした．その結果，天端沈下および右側脚部沈下は管理レベルⅢ(50㎜以上)に達したが，切羽離れ1D程度で収束し，無事当該区間を通過することができた(図-9)．

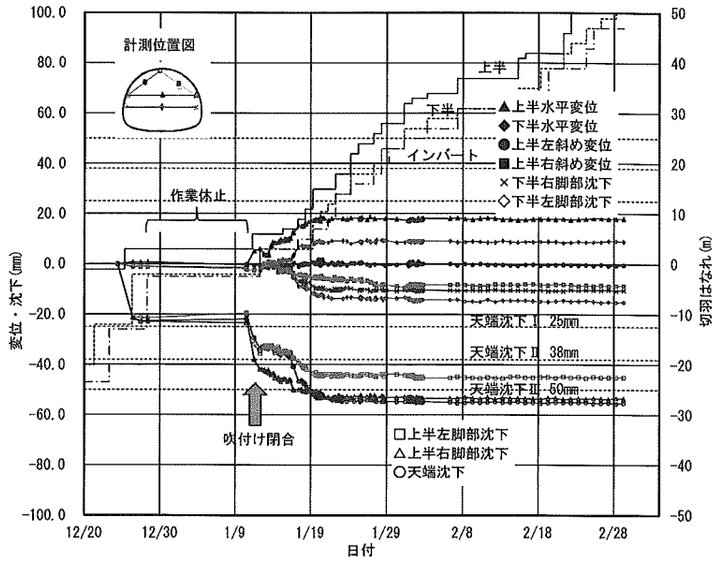


図-9 計測工A経時変化図(No.365＋17)

5-2 小土かぶり区間②の施工

(1) 施工検討

区間②は，土かぶりが0.4～0.5Dと，きわめて小さく，沢部の軟弱な埋土(Ts-Bk)と強風化泥質凝灰岩(Dt 2)で構成されている．切羽は，トンネル進行に伴い，天端部の土砂化部分や埋土の脆弱層が下方へ拡大する．そのため，トンネル掘削時には天端の抜落ちをはじめ，鏡面の崩落や地山変位(沈下)の増加が懸念され，トンネルの安定性や地すべりブロックに対して悪影響を及ぼす可能性がある．区間①の施工実績より，沈下は急激に増加すると想定される．また，地形が旧沢地形であり，地表面水が流入しやすい状況であった．

図-10 早期閉合時の支保パターン(DⅢa-5)

沈下の増加を抑制するために，ウイングリブ付き鋼製支保工を継続し，さらに切羽直近でのトンネル断面の閉合をすることにした．切羽近くでトンネル断面を閉合するために，掘削工法は上半先進ベンチカット工法から補助ベンチ付き全断面工

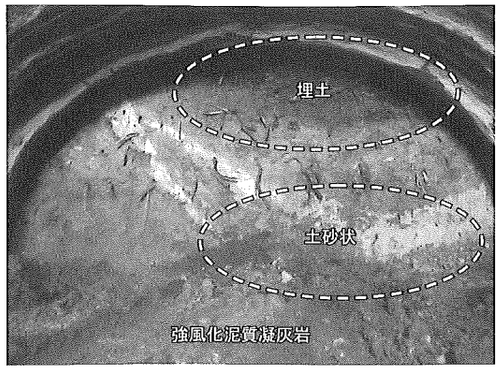


写真-2　切羽状況(No.364＋2)

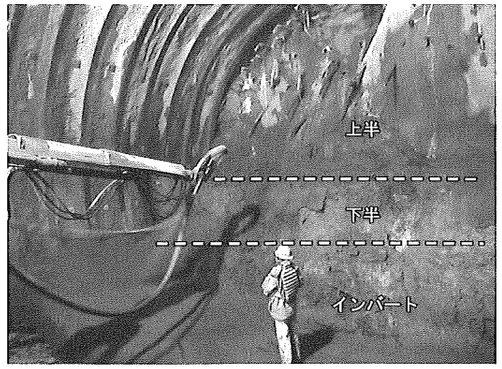


写真-3　早期閉合区間の施工状況

法に変更した．

本トンネルでは，切羽からの閉合距離は0.5*D*程度とし，上半掘削および下半掘削をそれぞれ2～4m進めたあとにインバートを閉合した．早期閉合の支保仕様は，区間①での一次閉合と同様，吹付けコンクリート(*t*＝150㎜)とした(**図-10**)．

天端抜落ちおよび鏡面崩壊の防止対策は，AGF-PとFITを継続して施工することにした．このうち，AGF-Pは，先の区間でAGF鋼管の間からの抜落ちが発生したため，打設本数を21本から27本に増やして鋼管間隔を狭くした．

また水抜きボーリングは，切羽近傍の湧水を確実に排除するために，当初計画の長尺ボーリング(φ125，*L*＝40m)から短尺(φ45，*L*＝3～4m)の水抜き孔に変更して対応することにした．さらに，埋土付近での地下水位の低下を目的に，地山と埋土の層境を狙った水抜きボーリング(φ75，*L*＝20m)を行うことにした．

(2)　施工状況

切羽に埋土が出現してから，層境付近からの湧水を伴う切羽崩壊が多発した(**写真-2**)．そのため，切羽の安定確保のために水抜き工を追加し，長尺の補助工法(AGF-P, FIT)，ウイングリブ付き鋼製支保工および早期閉合を計画どおりに実施した(**写真-3**)．

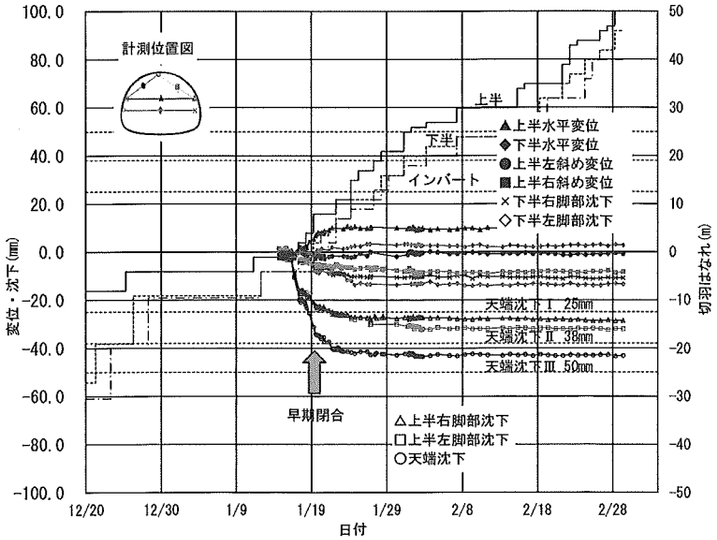


図-11　計測工A経時変化図(No.365＋10)

No.365＋10では，早期閉合の実施後からトンネル変位・沈下は収束傾向を示し，天端沈下は管理レベルⅡ(38㎜以上，50㎜未満)，脚部沈下は管理レベルⅠ(25㎜以上，38㎜未満)にそれぞれ抑制した(**図-11**)．しかしながら，地表面沈下は先行沈下量が54㎜で，切羽離れ2*D*時に管理レベルⅢ(100㎜以上)に達した．早期閉合や補助工法の追加にもかかわらず，このように地表面沈下が顕著に発生し，支保部材の健全性の低下や地すべり挙動の発生が懸念されたため，対策の見直しが必要であった．

(3)　計測結果と対応策

地すべり動態観測工の結果，地表面変位はトンネル周辺で局所的に管理レベルⅠ(5㎜/10日以上，100㎜/10日未満)となったが，インバート施工後は収束傾向を示した．地表面伸縮(F-1～3)はすべて0㎜であり，地中ひずみ(BR-1～4)は累積値0.1～0.3×10^{-4}(管理レベルⅠ未満)で，換算変位速度もごくわずかであった．よって，地すべり挙動は認められないと判断した．

計測工Aの結果より，管理レベルⅢになった計測項目は地表面沈下だけであった．また，23m手前のNo.366＋13での坑内計測工Bは，計測項目すべてが管理レベルⅠ以下であり，切羽後方のトンネル変状も認められなかった．そのため，トンネルの健全性も確保されており，地すべりへの影響もないことから，対策工を追加するのではなく，計測工の測定頻度を増加し施工を続けることとした．

その結果，これ以降の計測断面においても，地表面沈下は管理レベルⅢ(100㎜以上)に達したが，切羽離れ1*D*程度で収束し，支保部材の健全性を損なうことなく，また地すべり挙動を誘発することなく掘削できた．

5-3　地すべり重複区間③の施工

(1)　施工検討

区間③は，地すべりブロックとトンネル線形が重複する．とくに，No.364＋1～No.362＋9では，地すべりブロック末端の圧縮領域をトンネル掘削で切除する．そのため，切除箇所でのトンネルの著しい不安定化をはじめ，すべり面近傍での脆弱な地質や湧水に起因する切羽崩壊が懸念された．これらの事象は，地すべりブロックの滑動を誘発する危険性を持つため，対策が必要であった．

そこで，切羽崩壊の防止対策はAGF-PとFITを，沈下抑制対策はウイングリブ付き鋼製支保工と早期閉合を継続することにした．また，地すべり圧縮部との交差区間では，湧水に起因する切羽崩壊を防ぐために，注入前の長尺補助工法(AGF-P，FIT)を水抜き孔として活用することを追加した．

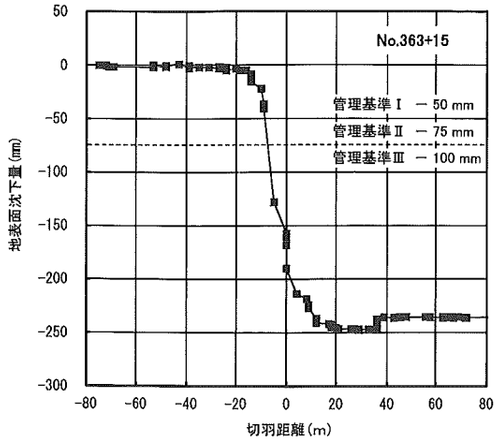


図-12　地表面沈下経距変化図(No.363＋15)

(2)　施工状況

地すべり圧縮部との交差箇所は，脆弱な地質が続くとともに，切羽左側から硬質な岩塊が出現した．No.363＋15付近では，切羽左側の踏前部から30～60L/minの湧水が発生したため，切羽面や切羽後方で水抜き工を追加した．トンネル掘削時には湧水に起因する肌落ちが発生し，鏡吹付けを行いながら切羽の安定を図った．

しかしながら，直後のNo.363＋13では，層境からの湧水が急増し，鏡面の崩壊が発生した．また，崩壊箇所直近のNo.363＋15の地表面沈下は，切羽到達前に管理レベルⅢ(100㎜以上)に達した(**図-12**)．鏡面の崩壊や地表面沈下の顕著な先行沈下量の発生により，トンネルの健全性を損ねることや地すべり挙動が懸念されたため，対策の見直しが必要であった．

(3)　計測結果と対応策

地すべり動態観測工の結果，地表面変位はトンネル周辺で局所的に管理レベルⅠ(5㎜/10日以上，100㎜/10日未満)となり，地表面伸縮(F-1～3)は0～0.1㎜(管理レベルⅠ未満)であった．また地中ひずみは，切羽直近BR-1の深度17.5mで累計値－2.6×10^{-4}(管理レベルⅠ)となったが，これ以外の深度やBR-2～4では管理レベルⅠ未満であった．発生した変位や地中ひずみは局所的であり，地すべり挙動は認められないと判断した．

また計測工Aの結果では，No.363＋15の地表面

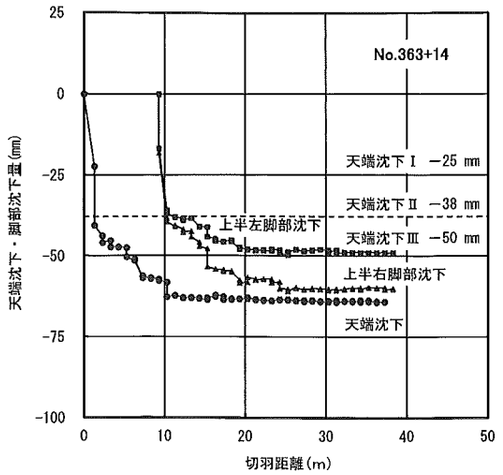


図-13　天端・脚部沈下経距変化図(No.363＋14)

沈下以外の変位は発生していなかった．そのため，地すべり挙動ではなく，トンネル掘削について対策を講じる方が有効である．よって，地すべり対策工は追加せずに，補助工法で切羽の安定を確保し，動態観測工で地山挙動を確認しながらの施工であれば対応可能と判断した．

鏡面崩壊の原因は，湧水による注入材の逸走と特定し，注入材をモルタルからシリカレジンに変更した．さらに，鏡面の補強範囲を広げるために，FITを12本増し打ちして鏡面の安定を確保した．その結果，切羽離れ１～２D時には，地表面沈下をはじめ，天端沈下および脚部沈下は収束傾向を示した(図-12, 13)．

No.363＋６以奥(10～13シフト)のFITは，鏡面の補強範囲を広げて16本打設し，鏡面の安定を図った．その結果，No.363＋５の天端沈下および脚部沈下は，管理レベルⅠ(25㎜以上，38㎜未満)に抑制した．また，No.363＋５の坑内計測工Bは，支保部材の応力がすべて管理レベルⅠ以下であった．

その後の切羽からの湧水は，No.362＋17のFIT施工時に注入前の補強管全数から約399L/min発生し，さらにNo.362＋14の水抜きボーリング(ϕ 75，L＝20m)では約230L/min発生した．その結果，地すべりブロックの地下水位は，すべての測定箇所で10～15m程度低下した．

No.362＋８以奥は，基盤岩がトンネル進行に伴って下方から切羽全体に広がった．それに伴い，坑内外の計測結果は管理レベルⅠ以下となり，地すべり挙動も認められなかった．そのため，施工方法や補助工法の見直しを順次行った．掘削工法は標準の上半先進ベンチカット工法に戻し，補助工法は計測結果にもとづいて，脚部補強対策→鏡面安定対策→天端安定対策の順で段階的に削減した．

6　おわりに

新揚川トンネル工事の終点側坑口部において，トンネル掘削に起因する地すべりブロックの滑動を誘発させないために，当初計画の地すべり対策工(押え盛土，水抜きボーリング)に，計測監視を強化した情報化施工を追加した．地すべり挙動の連続監視を行い，トンネル安定性と施工方法の妥当性を確認しながら施工した．一部の区間で切羽崩壊や管理レベルⅢを超える地山変位(沈下)が発生したが，情報化施工とすることで適切な対応策を迅速に行うことができた．その結果，掘削を中断することなく，小土かぶり・地すべり地形の坑口部を無事突破し，工期内にトンネルを完成することができた．

最後に，工事施工にあたり，ご協力いただいた関係各位に誌面を借りて謝意を表します．

参考文献

1) 高速道路調査会：地すべり危険地における動態観測施工に関する研究(その３)報告書，日本道路公団委託，1988.

施工

住宅密集地における営業線直下を横断するEV通路の築造

—東京メトロ丸ノ内線　中野新橋駅—

東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部第二工事事務所所長　伊藤　聡
東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部第二工事事務所技術課長　田端二三夫
東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部第二工事事務所改良建設係　北山由奈
大日本土木(株)東京支店M中野新２作業所現場代理人　三宅英晴

1　はじめに

丸ノ内線は1962年３月の全線開業から約50年が経過した現在，１日平均輸送人員は100万人を超え，首都東京を支える重要鉄道路線となっている．池袋～荻窪間を結ぶ本線と中野坂上～方南町間を結ぶ分岐線からなり，総営業キロは27.4kmにわたる．そのうち分岐線については，3.2kmの延長があり，閑静な住宅街および道路下を通っている(図-1)．

中野新橋駅は相対式ホーム形式の駅であり，出入口および改札が中野坂上駅方に集約されている．また方南町駅方には，２方向の避難経路を確保するため，ホームから地上までの非常用避難通路を設置する工事が行われ，平成23年度に完成している．

当該駅ではバリアフリー設備設置計画が進められてきたが，近隣用地の取得ができたことから，平成23年より中野坂上方の出入口および改札口方のリニューアルと，エレベータおよび地下連絡通路設置工事を行っている(以下「本工事」(図-2))．

本稿は上記のうち住宅密集地の狭隘な道路にお

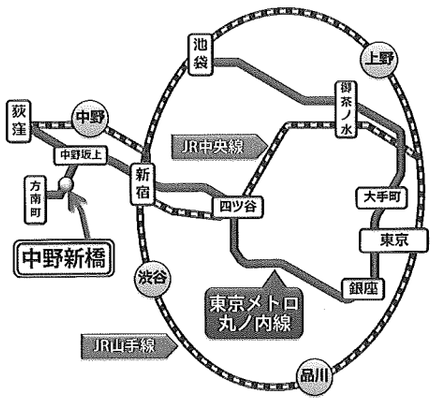


図-1　丸ノ内線中野新橋駅位置図

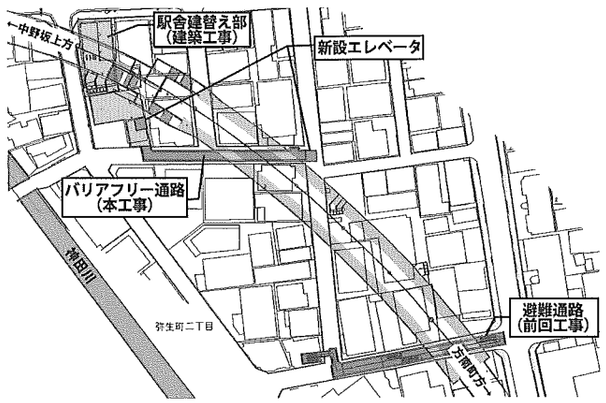


図-2　中野新橋駅周辺図

いて，地下鉄営業線への影響を考慮しながら既設構築直下を横断するバリアフリー通路の設置工事について報告する．

2　工　事　概　要

当該駅はホーム部延長約120m，地下１層２径間構造であり，土かぶり３mほどの道路下に位置している．本工事は既設ホーム部の両側に地下３階層の構築を開削工事にて築造する開削部と，営業線直下を横断する通路をアンダーピニングにて施工するアンダーピニング部に分かれている．また本工事と並行して建築により既存駅舎(出入口，改札など)の建替え工事が行われている．なお工事に際しては既設構築物および軌道における変位量の計測を行い，営業線への安全管理に努めた．

アンダーピニング部は開削部の掘削が完了した時点で，両側の開削部坑内をアンダーピニング工事の施工ヤードとして使用することで計画した．

構造を図-3～5に示す．

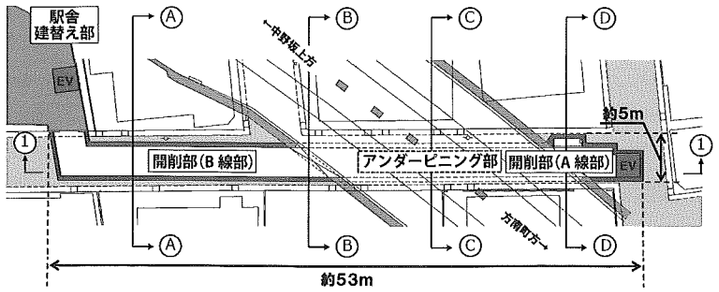


図-3　バリアフリー通路平面図

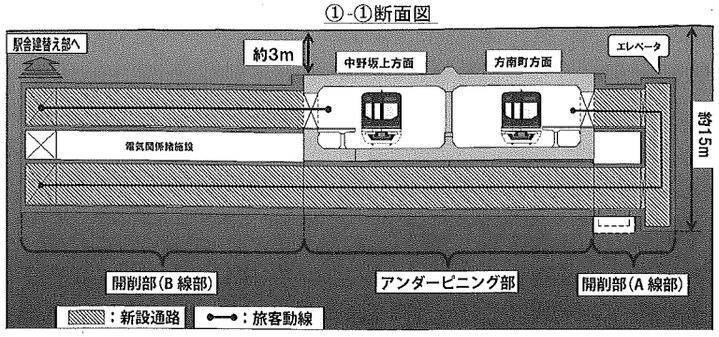


図-4　バリアフリー通路縦断図

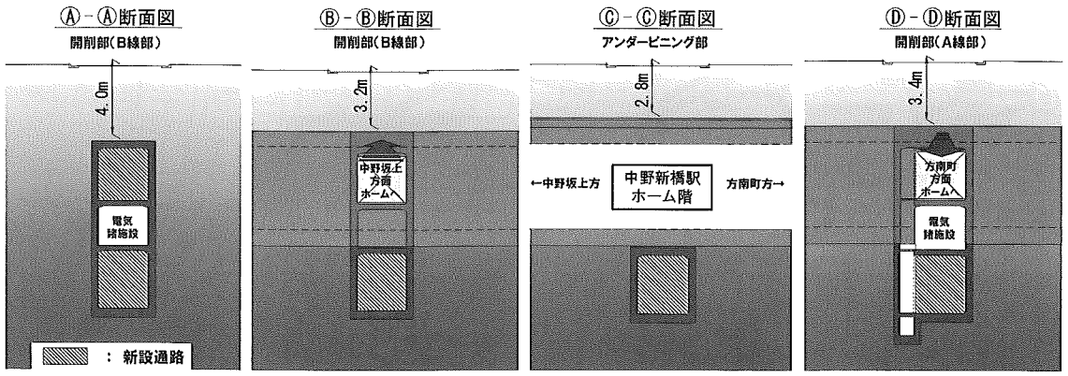


図-5　バリアフリー通路横断図

3　開　削　部　施　工

本工事場所は，道路幅員約５mの狭隘な道路下であり，周辺の商店への影響を軽減しながらも限られた施工スペースを活かし，効率の良い施工を行うことが求められた．近くには神田川が位置し，地下11m付近に東京礫層(透水係数4.9×10^{-3})が介在し，地下水位がGL－2.5mと比較的高い位置にあることから地下水対策もあわせて考慮する必要があった．

開削部の施工法を図-6，7に示す．

3-1　土留め工法

開削部の土留め壁は，杭長約17～18mのせん孔鋼杭の接円による柱列式地下連続壁とした．狭隘な道路においての施工であり，作業高さも架空線により制限されていたため，機械が小型で騒音振動も非常に少ないBH工法により芯材のH形鋼を３mごとに継いで施工を行った．土留め杭の施工にあたっては，杭位置が官民境界に近いため，覆工設置後の端部埋戻しが不要であるL形の鋼材を用いるOLY工法(図-8)を採用した．

当該工事箇所付近は，騒音規制基準において第三種区域に定められており，近隣に病院もあることから，作業時間帯である８：00～18：00における騒音規制基準値は55dBであった．このことから土留め工の施工に先立ち，プラント設備から発生する騒音を緩和する目的で防音ハウスの設置を行った(写真-1，2)

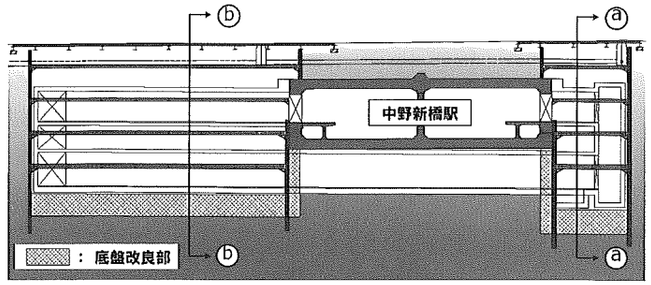


図-6　開削部掘削工法標準図(縦断)

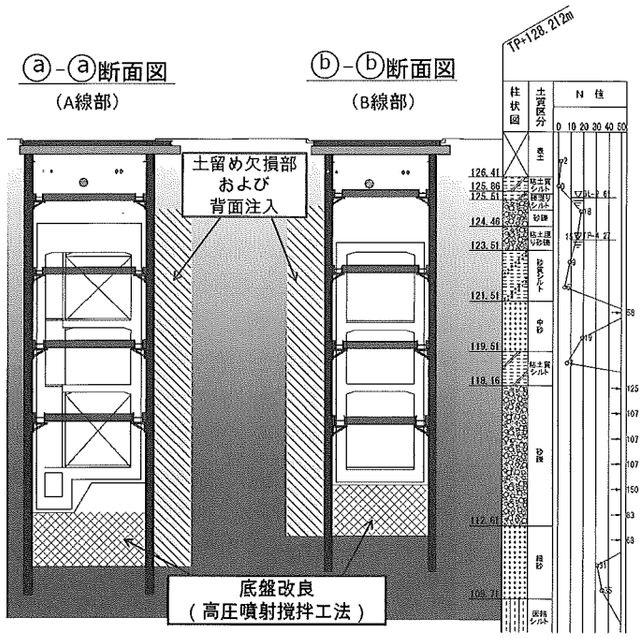


図-7　開削部掘削工法標準図(横断)

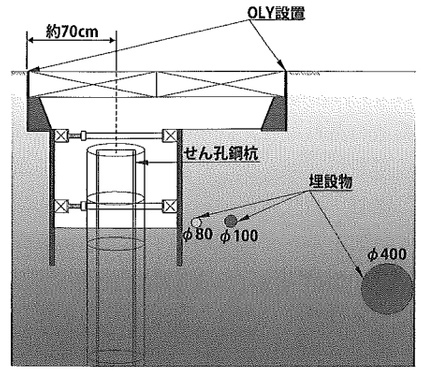


図-8　OLY工法仮覆工断面図

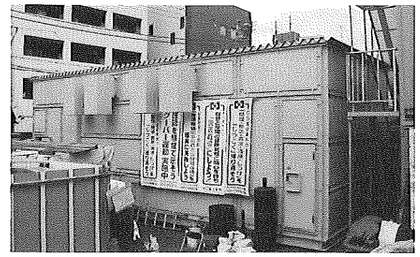


写真-1　防音ハウス外観

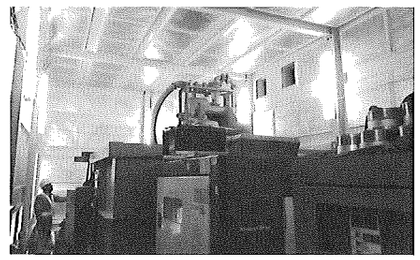


写真-2　防音ハウス内部

3-2　地盤改良

前述したように本工事では地下水の影響についてとくに留意する必要があることから，開削部の施工にあたり土留め杭の止水対策およびボイリング・盤ぶくれ対策のため，地盤改良を行うこととした．

本工事場所は砂質土の透水係数が高く，礫層には径の大きい玉石なども多く混在しており，せん孔鋼杭施工難度が高いことが地質調査および施工などにより判明した．よって遮水性を高めるため，埋設物による土留め欠損部への薬液注入に加え，

土留め背面への薬液注入を掘削前に行った．

注入範囲には丸ノ内線既設構築近接箇所も含まれていたため，近接箇所に注入を行う際には漏水・薬液の漏れなど，異常の有無を駅構内にて目視で監視を行った．また，掘削底面は地下水位の高い砂礫層で構成されているため，ボイリング・盤ぶくれ対策として，掘削底盤の安定性確保のため高圧噴射攪拌工法による底盤改良を行った．今回選定した工法は改良径と強度を任意に設定できることから，大口径の円柱の造成が可能であり，工期短縮の観点から削孔数を減らす狙いで採用した．

4　丸ノ内線アンダーピニング部施工

アンダーピニング部の掘削は，不測の出水の際に開削部のA線側掘削坑内からも薬液注入などの止水対策が施せるよう，B線側からの片押しで進めることとした．工法については側部地山の開放時間の短縮により既設構築への影響の低減を図ることができると考え，ベンチカット工法を採用した．施工順序を図-9に示す．

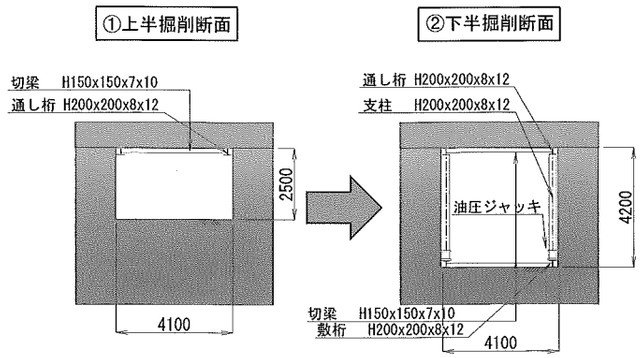


図-9　アンダーピニング部掘削工法標準図

掘削ピッチおよび側部支柱のピッチは，既設構築への負担を考慮し，1mとした．各ステップの下半掘削完了後には，土かぶり圧，丸ノ内線躯体荷重，列車荷重を用いて算出した軸力の最大70%を，プレロードとして油圧ジャッキにより通し桁と支柱に段階的に導入し，不等沈下の防止を図った．

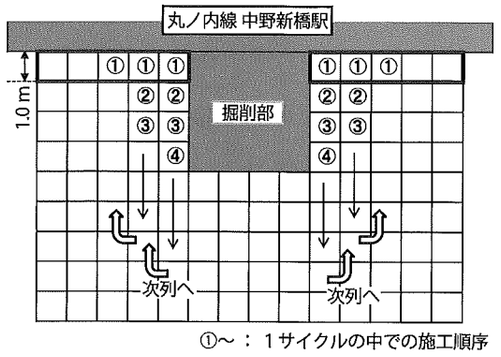
4-1　薬液注入

アンダーピニング部を掘削するにあたり，周辺地盤への影響防止と，地下水流入による掘削面の崩壊および営業線への影響を生じさせないよう事前に掘削箇所周辺の地盤改良を行った．

工法選定にあたっては，二重管ストレーナ(複相式)工法とダブルパッカー工法について検討した．これらの2つの工法は，あらゆる土質に対応可能であること，また砂質土に対して浸透効果が高く，周辺地盤に与える変状が少ないという利点がある．本工事においては，地下水が豊富な礫層を水平ボーリングするため湧水管理が重要となることから，作業工程が少なく，使用機械もより小型である二重管ストレーナ(複相式)工法を採用することとした．

地盤改良については原則として昼夜間で作業を行ったが，既設構築最直下1.0mについては，注入による営業線への影響がとくに大きいと考えられることから，施工時間を終車後から始発列車までのき電停止時間中に限定した．注入はA線側・B線側の開削部掘削坑内にそれぞれ上下2段に別れて，計4か所ステージを設け，削孔および注入を両方向から行った．また注入プラントに関しても，開削部B線側切梁上にステージを設け，設置位置を路下にすることより，作業による沿道への騒音などを少しでも軽減できるよう配慮した．

施工順序の概要を図-10に示す．アンダーピニング部掘削箇所を中心として同列下向きへの注入を優先しながら，



①～：1サイクルの中での施工順序

1. 既設構築最直下（1.0m）に，夜間のき電停止中に注入を行う〔▭内〕
2. 同列下部に向けて施工を進める　〔→〕
3. 中心より外側に向けて次列に進む〔↳〕　} 昼夜間作業

図-10　注入順序図

徐々に外側に注入を進めることにより注入圧を外側および下方向に拡散させ，既設構築方向へかかる注入圧の軽減を図った．

4-2　計測管理

アンダーピニング部施工中における既設構築変位量の管理については，丸ノ内線駅構内ホーム床下に水盛式沈下計を6か所設置し(図-11, 12)，自動計測を行った．計測データは24時間自動収集し現場事務所のパソコンに表示した．そのデータを施工管理に反映することで，営業線の運行時間帯の施工も可能とした．さらに計測値が管理値を超えた際には，警報転送装置により現場担当者に音声にて通報されるよう設定することで，緊急時の対応に遅れが生じないよう配慮した．

また軌道の変位量については，左右のレール間隔の変位を計測する「軌間」，左右のレール高低差の変位を計測する「水準」，前後5mのレールの水平相対変位を計測する「通り」，前後5mのレールの鉛直相対変位を計測する「高低」(図-13)の4項目(以下「軌道四項目」)の測定およびレール頭部の水準測量をき電停止時間中に随時実施し，列車の安全走行への影響がないことを確認した．薬液注入時には常時駅構内に監視員を配置し，土留め欠損部および背面への注入時同様，クラック発生による漏水や薬液の漏れに対して目視による監視も行った．

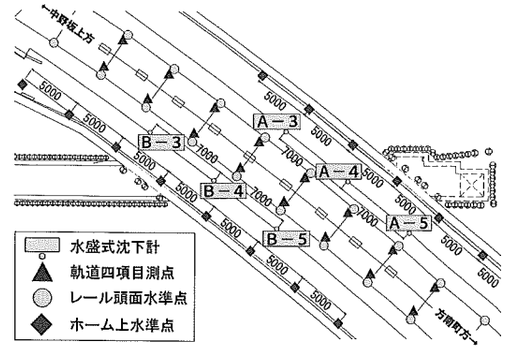


図-11　計測管理位置図(平面)

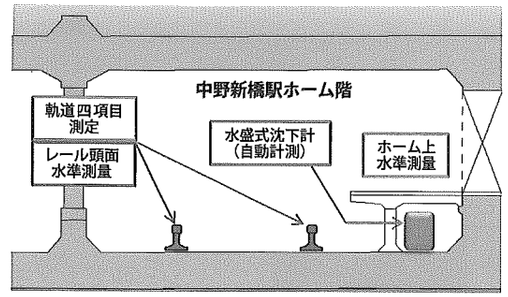


図-12　計測管理位置図(横断)

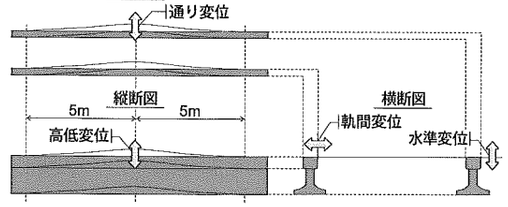


図-13　軌道四項目概要図

5　施　工　結　果

丸ノ内線既設構築の変位については，10m範囲の相対変位で1次管理値を±3.5㎜，2次管理値を±5.0㎜と定めた．薬液注入時は隆起傾向にあったが，アンダーピニング部の掘削を進めるにつれて徐々にではあるが沈下傾向となり，掘削が完了した現在，相対変位量はいずれも約2～4㎜程度で収束している．

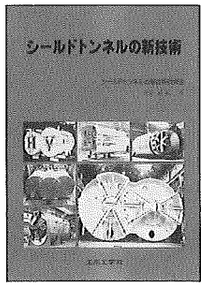
軌道四項目の管理値は保守管理部門との協議の結果，高低，水準，軌間，通りのすべてにおいて±2㎜としたが，大きな変位がみられる箇所はなく，すべて管理値以内で推移している．

6 おわりに

アンダーピニング部の掘削が終わり，現在は構築工を進めているところであるが，適切な施工方法と各種施工管理および安全管理により営業線運行への影響もなく現在も作業が進捗している．

土木工事の完成は来年の春ごろを目指しているが，施工順序や施工方法，使用材料などの検討により今後も工程短縮を図る予定である．

また建築・電気工事との工程調整についても定期的に行い，本工事の施工にあたって種々のご理解・ご協力いただいている沿道の方々のためにも1日も早い供用開始にむけて尽力していく所存である．



シールドトンネルの新技術

シールドトンネルの新技術研究会編　代表　鈴木　　章

B5判 285頁　本体価格4,660円　〒340円

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

〔目　次〕 **第一章　概説**　1．シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性○シールド工法の歴史○シールド工法誕生以前のトンネル工法○シールド工法の登場　2．わが国におけるシールド工法の歴史○シールド工法の導入と発展の経緯○シールド工法の現況　3．今後の技術開発の方向性　**第二章　調査・計画編**　1．シールド工法の調査技術　2．断面および線形計画　3．シールド機種の種類と選定　4．新しいシールド工法　**第三章　設計・施工編**　1．覆工○一次覆工の設計○二次覆工の設計と施工○シールドトンネルの防水技術　2．立坑の設計と施工設備○立坑の設計と施工○シールド機の構造と装備○仮設備の計画○シールド工事による自動化　3．掘進と施工管理○シールド掘進と施工管理○シールド発進と到達○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状防止○切羽安定の理論と実際○泥水式シールド工法の切羽安定○土圧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メイジャー神楽坂　電話 (03) 3267-2888 (代)　振替 00110-8-190072

施工

市街地の地下30mでの凍結工法による既設管渠との地中接合

—名古屋市下水道　権現通第2雨水幹線—

名古屋市上下水道局技術本部建設部工務課設計第二係技師　尾　宮　邦　昭
名古屋市上下水道局技術本部建設部建設工事事務所工事第一係技師　羽　根　康　演

1 はじめに

本市では，昭和54(1979)年に「名古屋市総合排水計画」を策定し，1時間50㎜の降雨に対応する施設整備を進めてきた．しかし，近年では下水道の雨水排水能力を超える集中豪雨が頻発し，各地で浸水被害が発生している．なかでも，平成12(2000)年9月に東海地方を襲った東海豪雨は，時間最大97㎜という記録的な降雨をもたらし，本市区域の約4割が浸水する甚大な浸水被害が発生した．また，平成20(2008)年8月末に発生した豪雨においても，広範囲にわたって浸水被害が発生している．

このため，本市では，著しい浸水被害を受けた地域や都市機能が集中している地域において，原則として，1時間60㎜の降雨に対応する施設整備を行う緊急雨水整備事業を実施し，現在，シールド工法や推進工法などによる雨水貯留管の築造などの浸水対策事業を進めている．

今回，名古屋駅周辺地区における緊急雨水整備事業である権現通第2雨水幹線と名駅南雨水幹線を接続するにあたり，管接合の補助工法として，当局で初めて凍結工法を採用した．本稿は，本工法を採用するに至った経緯，本工法の設計，施工状況および施工における工夫点について報告するものである．

2 工事概要

権現通第2雨水幹線，名駅南雨水幹線および権現通雨水幹線は，既設下水管の排水能力を超えた雨水を一時的に貯留することによって浸水被害を軽減する雨水貯留管である．整備水準は1時間60㎜降雨(10年確率降雨)対応で，貯留量は合計で約23,700m³である．

今回の工事は，権現通第2雨水幹線(仕上り内径2,950㎜，外径3,350㎜，以下「新設シールド」という)の築造であり，当該路線南側の発進立坑(直径10.5m，深さ約37m)からシールド工法にて名駅南雨水幹線(仕上り内径4,250㎜，外径5,100㎜，以下「既設シールド」という)の手前まで約400m掘進した後，凍結工法を用いて管接合を行ったものである．**図-1**に位置図を，**表-1**に工事概要を示す．

管接合を行う場合，既設管の開口率が大きいと構造上および施工上不利となる．開口率が既設管内径の60%を超えると補強部材面が大きくなり，構造検討が複雑になるため，開口率は最大60%以内に収めることを原則としている．

今回のケースでは，二次覆工(一般的にシールド工法で行う厚さ250㎜程度のコンクリートによる仕上げ)を行うと開口率が既設管内径の約89%



図-1　位置図

表-1　工事概要

工法	泥土圧式シールド工法
管径	仕上り内径2,950㎜(外径3,350㎜)
接続先管径	仕上り内径4,250㎜(外径5,100㎜)
延長	401.5m
土かぶり	30.4～30.9m
土質	シルト
管接合部補助工法	凍結工法

と非常に大きくなるため，二次覆工を行わず，防食層として厚さ50㎜のコンクリートが増打ちしてある二次覆工一体型セグメントを採用する．これにより，二次覆工を行う場合に比べて新設シールドの外径を約400㎜小さくし，開口率を79%まで低減した．依然として開口率は60%を超えているものの，既設管および補強部材の構造検討を行い，管接合を可能としている．

3　凍結工法の採用について

3-1　現場条件

新設シールドと既設シールドの接続部は，名古屋駅南側の幹線道路下に位置するため，重要地下埋設物が多く，接続部の土かぶりが約30mと大きいために，地上からの掘削工事は非常に困難である．また，交通量が多く，当該シールド路線周辺には大規模病院やショッピングセンターが立地していることから，道路占用に伴う交通規制により生じる周辺交通環境への影響を最小限に抑える必要がある．

3-2　管接合部の工法選定

前述の現場条件から，新設シールドと既設シールドの接続については地中で接合する方法を採用

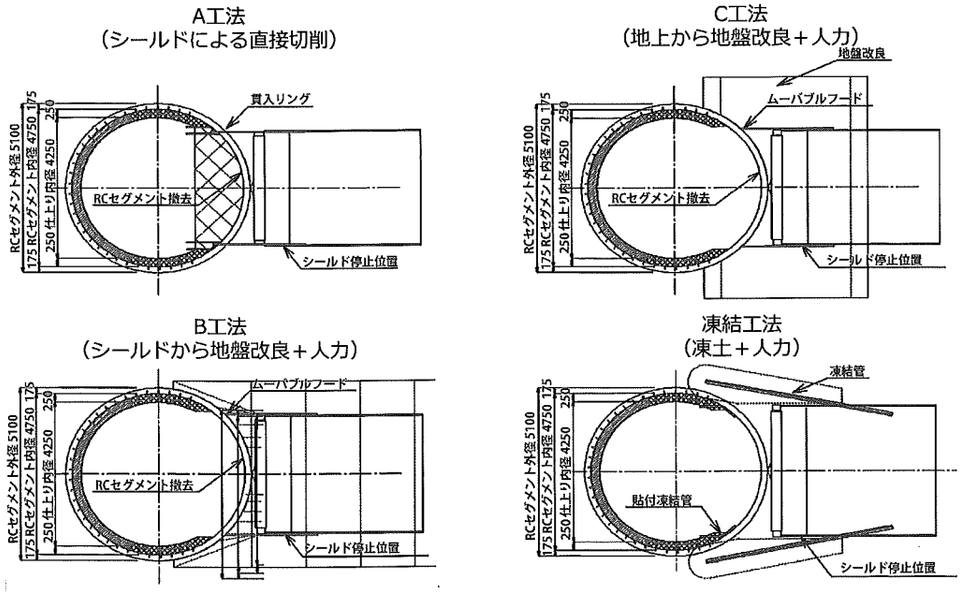


図-2　地中接合工法概要比較図

表-2　工法選定表

工法名	A 工 法（シールドによる直接切削）		B 工 法（シールドから地盤改良＋人力）		C 工 法（地上から地盤改良＋人力）		凍結工法（凍土＋人力）	
工法概要	シールドに装備した特殊切削ビット付き鋼製リングをカッタヘッドのトルクを利用して回転させ，既設管に直接切削・貫入し，新設トンネルをT字形に機械接合する工法.		シールドの面盤に装備した超高圧噴射ノズルを用いて，シールド内から超高圧地盤改良を行う工法.		固可材などを高圧で地盤に噴射しながら切削・攪拌することにより地盤を改良する工法.		シールドの外殻に凍結管を削孔・設置し，凍結プラントから冷却液を循環させて凍土を成長させ，強固な固結体を造成する工法.	
			養生後シールドを解体し，地盤改良部分をムーバブルフードでスライド防護しながら人力掘削し，セグメントを撤去して接合する.		シールドを解体し，地盤改良部分をムーバブルフードでスライド防護しながら人力掘削し，セグメントを撤去して接合する.		十分な凍土厚と止水状況を確認してからシールドを解体し，凍土部分とセグメントを撤去して接合する.	
施工性	地上部を占用しないため周辺環境への影響は小さい．また，地山を開放することがない.	○	地上部を占用しないため周辺環境への影響は小さいが，既設シールドとの接続作業は人力となる.	△	地上に施工ヤードを確保する必要があるが，交通量が多い幹線道路であるため施工ヤードの確保は困難である.	×	地上部を占用しないため周辺環境への影響は小さいが，既設シールドとの接続作業は人力となる.	
	機械的な接合工法のため，施工日数は約10日と非常に短い.		シールド内から地盤改良を行うため，施工日数は約１か月と短い.				凍結プラントからの配管工事が必要なうえ，凍土育成・凍結維持・解凍に日数を要するため，施工日数は約６か月と長くなる.	△
施工実績	施工実績は少ない.	△	凍結工法ほど多くはないが，施工実績はある.	○	一般的な施工方法で施工実績は非常に多い.	◎	施工実績は多い．今回の施工箇所付近でも同工法の施工実績がある.	○
経済性	約1.6億円	○	約 2.6 億円	△			約1.3億円	○
総合評価	機械的な接合工法のため安全性が高く，施工日数も短いが，施工実績が少ない.	△	シールド内から地盤改良を行うため施工日数は短いが，経済性にたいへん劣る.	△	現場状況より，施工ヤードの確保が困難である.	×	施工日数は長いが，一番経済的で，施工実績も多く，信頼性も高い.	○

した．

地中接合時の防護方法としては，シールドに地山防護の機構を組込んだものと，シールド掘進後に地山を防護する方法に大別できる．前者としては，A工法(シールド内部から既設シールド切削用の鋼材を発進させる)とB工法(シールド前部から地盤改良を実施する)が挙げられ，後者としては，高圧噴射系の地盤改良を地上から行うC工法とシールド到達後に周辺地盤を凍結工法により防護する方法が挙げられる．

これらの工法について比較検討し，工法選定を行った．**図-2**に各工法の概要図，**表-2**に工法選定表を示す．

接続部の土かぶりが約30mと大きいことも考慮し，比較検討した結果，施工実績も多く，安全性も確保でき，かつ，経済的な凍結工法を採用することとした．

4　凍結工法の設計について

4-1　凍土の設計強度

今回の凍結対象となる地盤は，ボーリングデータから粘性土であり，地下水の塩分濃度は０%である．凍土の平均温度を設計基準の－10℃とすると，凍土の圧縮強度は**表-3**から3,000kN/m²である．補助工法としてよく用いられる高圧噴射攪拌工法の場合，粘性土での設計圧縮強度は1,000kN/m²であることから，凍土の強度が高いことがわかる．

表-3　凍土強度(kN/m²)

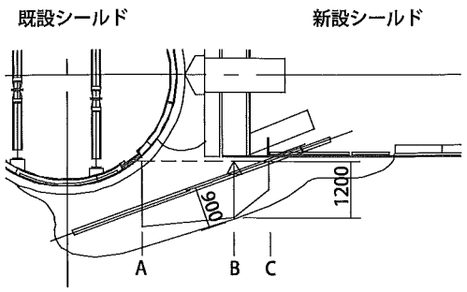
	粘性土	砂質土
圧縮強度	3,000	4,500
曲げ強度	1,800	1,800
せん断強度	1,500	2,700

(凍土温度-10℃，　塩分濃度 0%)

4-2　凍土厚の算定

造成される凍土は既設シールドと新設シールド隔壁手前で固定され，かつ，チャンバ内の躯体で支持された両端固定中間1点支持梁と考えることができる(図-3)．

凍土の上部および下部には土かぶり荷重，側部には側圧が作用する．固定端，支持点それぞれの曲げモーメントは，凍土に作用する荷重をp (kN/m²)，固定端と支持点の長さをl_1(m)，l_2(m)とすると，



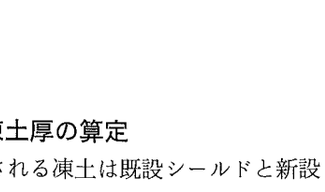


図-3　計算モデル

$$M_A = -\frac{pl_1^2}{8} + \frac{p(l_1^2 - l_1l_2 + l_2^2)}{24} \text{ (kN・m)}$$

$$M_B = -\frac{p(l_1^2 - l_1l_2 + l_2^2)}{12} \text{ (kN・m)}$$

$$M_C = -\frac{pl_2^2}{8} + \frac{p(l_1^2 - l_1l_2 + l_2^2)}{24} \text{ (kN・m)}$$

となる．

凍土厚tは，設計基準強度をσ_u，安全率をF=2.0，曲げモーメントをM，断面係数をZとすると，

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{6M}{t^2}$$

$$F = \frac{\sigma_u}{\sigma_{max}} \geqq 2.0 \text{より，}$$

$$t = \sqrt{\frac{2.0 \times 6 \times M}{\sigma_u}} \text{ (m)}$$

から求められる．

凍土の上部，側部，下部における各支点の曲げモーメントと凍土の曲げ強度σ_u=1,800kN/m²から必要凍土厚を求めると，A点で1.4m，B点で1.2m，C点で0.6mの厚みが必要であるという結果が得られた．

4-3　凍結管の配列

必要凍土厚を満足するため，シールド内から放射状に埋設する凍結管により凍土造成を行う．凍結管は施工性を考慮して口元の間隔で約0.4m，

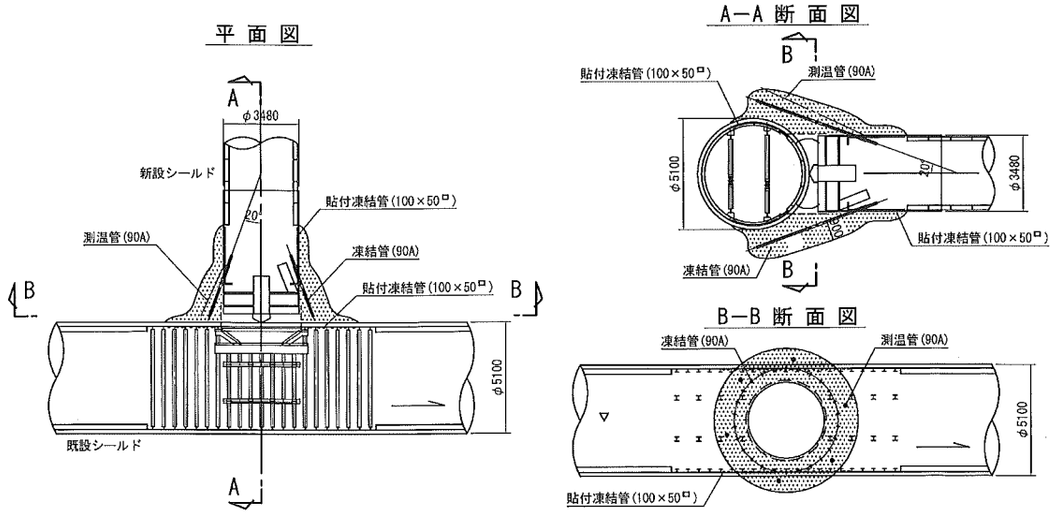


図-4　凍結管配置図

埋設角度20度で26本を埋設する．先端の間隔は最大約0.8mとなる．この凍結管列の間隔が0.6mとなるB点付近で片側0.9mの凍土を造成することにより，必要凍土厚(A点：1.4m，B点：1.2m，C点：0.6m)を確保できることになる．

また，凍結管により造成した凍土と，既設シールドのセグメントおよび新設シールドとの凍着を強化するために，各部内面には貼付凍結管を設置する．図-4に凍結管配置図を示す．

4-4　凍土の造成日数

本工事における凍結パターンは，凍結管サイズ90A(外径約100㎜)の管を0.4～0.8m間隔で列状に埋設した凍結管列の凍結である．

凍結速度と負荷は，凍結開始から隣接凍結管の凍土とつながるまでは単管凍結理論を，凍土壁が形成されたあとは，凍結管列の平均温度を冷却温度とした平板凍結理論を用いて求められる．

今回のケースでは，地盤の容積含水率を0.6m³/m³，初期地中温度を一般的な＋18℃，冷却温度を－27.5℃，地下水の氷点を0℃として，凍結管列P_f=0.6mの片側に0.9mの凍土を造成する期間を求めると，図-5から27＋3日(クールダウン)＝30日となる．なお，このとき造成される凍土の体積は約90m³である．

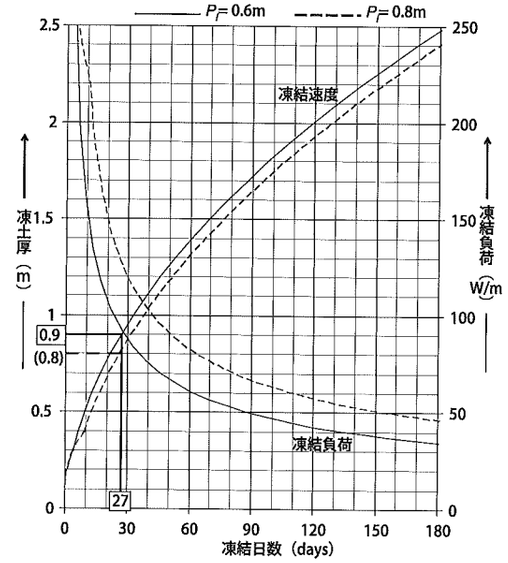


図-5　凍結速度および負荷図

5　凍結工法の施工について

5-1　凍結工法の工法概要

凍結工法とは，地盤を凍結状態にして，遮水性と強度の優れた地盤を一時的に作る工法であり，国内においても地下掘削工事を安全に行う補助工法として，数多くの実績を持つ工法である．

冷却方式には，ブライン方式と低温液化ガス方式の2種類があり，凍土造成が安定していること，期間の長さや範囲の広さなどから，一般的に土木工事の補助工法にはブライン方式が用いられている．ブライン方式(図-6)とは，地盤内に埋設した

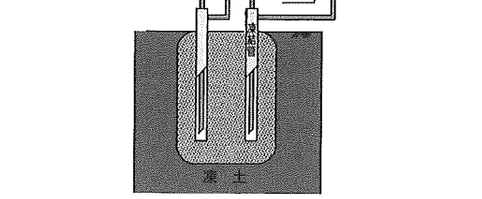


図-6　ブライン方式の概略図

凍結管にブラインと呼ばれる不凍液を循環させて周辺地盤を凍結させる方式であり，このブラインは一般的に塩化カルシウム水溶液を用いる．

今回の工事における凍結工法は，所定の位置に到達した新設シールド内から放射状に凍結管を埋設して，ブラインを循環させることにより凍土を造成し，地下30mの高水圧下で既設シールド側面に新設シールドを接続させる作業を防護するものである．

5-2　凍結工法の施工

5-2-1　準　備

新設シールド内から凍結工法を行うため，シールド到達後，不要なシールド設備は事前に解体搬出しておく．

既設シールド内部から二次覆工コンクリートの取壊しを行い，凍結による膨張圧に耐え得るよう鋼材による補強を行った(**図-7**，**写真-1**)．

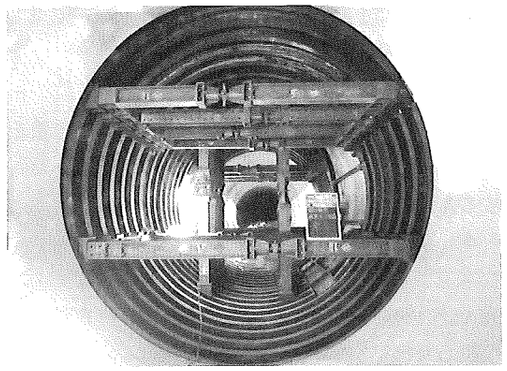


写真-1　既設シールドの補強

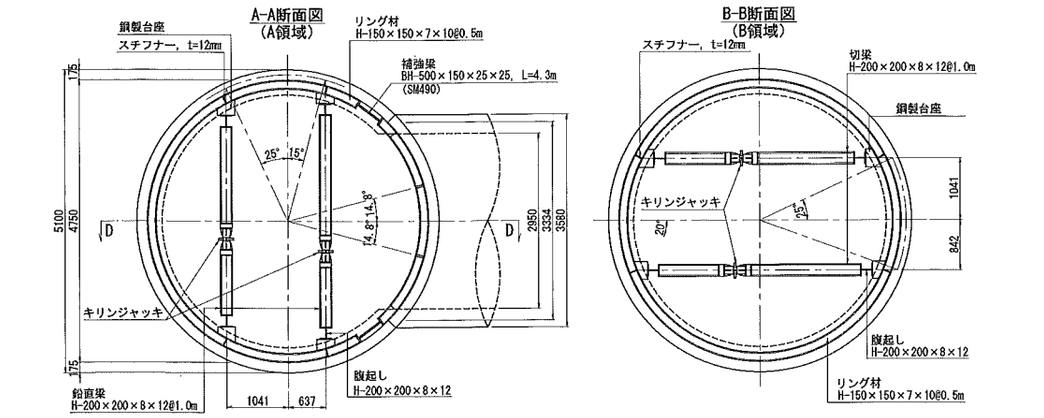


図-7　既設シールドの補強

一方，新設シールド内では，凍結管を26本，温度を測定するための測温管を６本，シールド内から放射状に埋設した(**写真-2**)．

また，シールド内に凍結ユニットを，地上には計測管理・運転管理を行う管理室を設営した．

そのほか，凍結効果を高めるため，既設シールド壁面および新設シールドの壁面を冷却させる貼付凍結管の設置を行った(**写真-3，4**)．

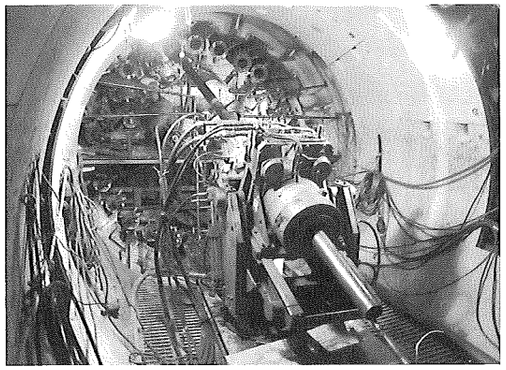


写真-2　凍結管埋設状況

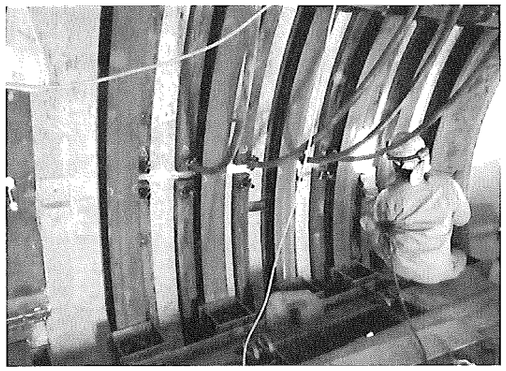


写真-3　貼付凍結管の設置状況

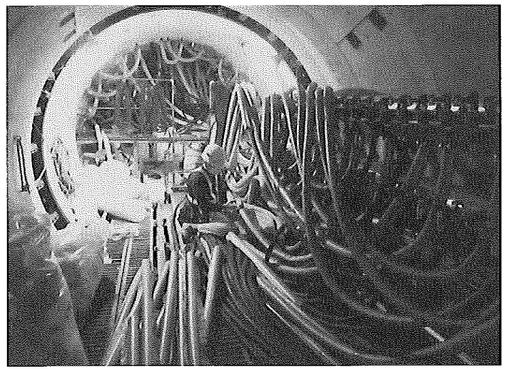


写真-4　防熱材の取付け状況

これらの準備には，約３か月間を要した．

5-2-2　凍土の造成と維持

準備が整ったら，凍結ユニットで－31℃に冷却したブラインを各凍結管に循環させて凍土の造成を始める(**写真-5**)．

凍土の造成とともに温度計測を開始するが，この温度計測が凍土造成においてもっとも重要な部分である．

測温管からの温度データを管理室で集中監視し，凍結速度のチェックや凍土の予想(**図-8**)を随時行うとともに，地下水流などの影響および不自然な

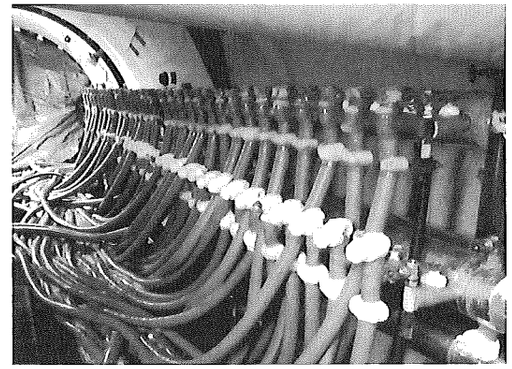


写真-5　凍土造成状況

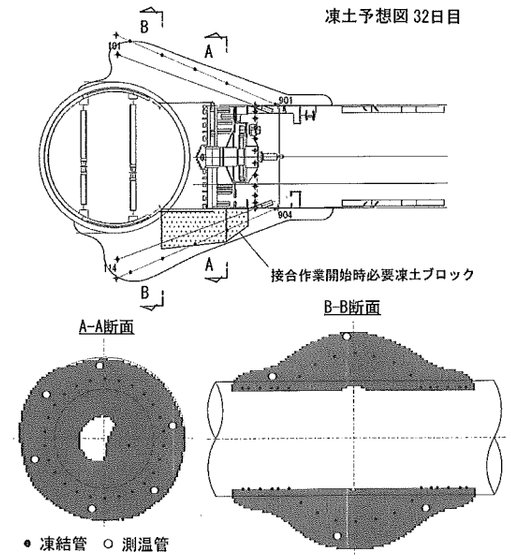


図-8　凍土予想図

付凍結管を設置し，むき出しの配管に防熱材を取付けて凍結準備完了となる(**写真-3，4**)．

表-4　温度管理値

測温点	管理値		対策
地盤内部	一次	−11℃	監視頻度増
	二次	−7.5℃	接合作業中断
	三次	−5.5℃	接合作業中止，防熱・凍結増強

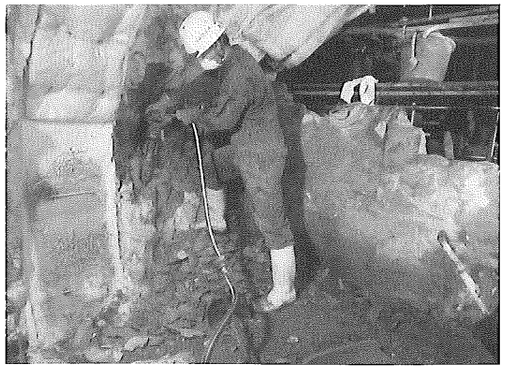


写真-6　凍土掘削状況

部分の有無などを調べ，常に凍土が正常に成長または維持しているか確認を行う．

凍土温度が−10℃以下になると，設計強度を持つ凍土が造成されたものとして接続作業を開始するが，凍土の強度不足による掘削面の崩壊などが起こらないように，温度変化には十分注意する必要がある．測温管で計測した温度に対する管理値は**表-4**のとおりである．

凍土の造成と止水を確認したあと，残ったシールドの解体，凍土の掘削(**写真-6**)，既設セグメントの取壊し，接続部材の取付け，裏込め注入など，管接合にかかわる作業を行った．

なお，凍土造成に約1か月，接合作業に約2か月間を要し，その間は凍結ユニットの運転を続けていたが，一度も管理値を上回ることはなかった．

5-2-3　解凍と片付け

管接合作業の完了後，凍結ユニットの運転を停止し，凍結設備を搬出したあとに解凍に必要な設備を搬入する．

解凍は，凍結に使用した凍結管をそのまま加熱管として転用し，＋60℃の温水を循環させて強制解凍を行う．解凍状態は，凍結時と同様に測温管にて把握する．

地盤は凍結すると膨張し，解凍すると収縮するため，凍上・沈下が生じ，周辺に影響を与える可能性がある．検討結果によると，無対策の場合，地表面の変位は凍上で0.4㎜，沈下で0.9㎜，シールド接合部下端では凍上で約34㎜，沈下で約34㎜という結果であった．

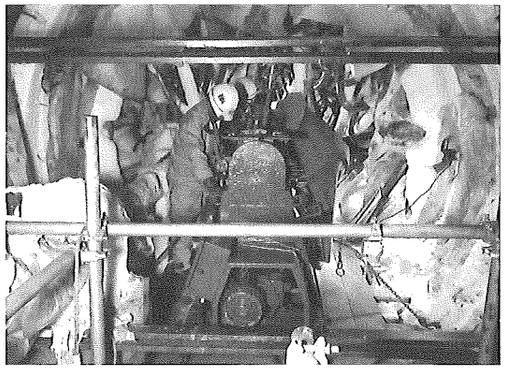
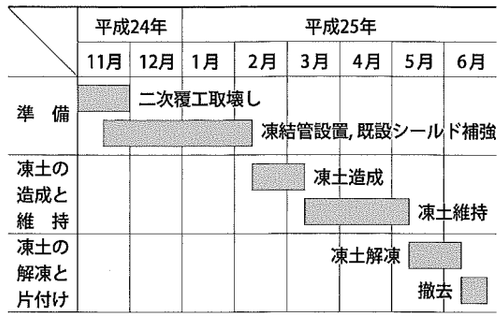


写真-7　空隙充塡状況

表-5　凍結工法にかかわる工程



地表面の変位については，微少で影響はないものと思われるが，シールド接合部下端の変位については，即時沈下はないと思われるものの約68㎜の空隙が発生する可能性があった．

この対策として，解凍を進めながら懸濁型無機注入材で空隙充塡を行った(**写真-7**)．注入対象はシールド接合部下の粘土層で，計画10.3m³に対して12.3m³を注入しており，沈下などの影響は出ていない．

解凍および空隙充塡の後，各配管，解凍設備などの撤去搬出を行い，凍結工法は終了となる．解凍と片付けには約1.5か月を要した．今回の凍結にかかわる一連の作業は半年間を超えるものであった(**表-5**)．

5-3　施工における工夫点など

5-3-1　既設シールド補強における工夫

地盤の中で凍土が成長していくと，凍結による膨張に伴って土圧が変化し，シールドに影響を与える．計画段階では，既設シールドに対する凍結膨張圧は，181.6kN/m²という結果が出ていたが，既設シールドの補強は，この膨張圧も考慮して検討しているため，既設シールドに影響が出ることはなく，無事に接合作業を終えている．

この既設シールドの補強材は，搬入が入口の狭い既設シールド北側のマンホールであることや，既設シールド内では人力による運搬設置が必要であることから，施工性を考慮し，鋼材を加工したものを分割搬入して現地で組立てを行った．

しかし，総重量は15tを超えており，地下約30mまではクレーンを使用したが，既設シールドの中を台車で約200m運搬し，重機の使えない内径4,250㎜の中でチェーンブロックを使いながら組立てを行った．中には小さくできない部材もあり，数十〜数百kgになる部材を人力で扱うのはたいへんな作業であった(**写真-8**)．

5-3-2　凍結管設置の効率化

今回の凍結工法では，シールドから26本の凍結管を放射状に埋設した．

凍結管の埋設は，シールド内に持ち込んだボーリングマシンによりシールドのスキンプレート(厚さ22㎜の鋼鈑)を穿孔し，鋼管を溶接してつなぎながら埋設する．

狭いシールド内における作業であったため，シールド設備に支障のない場所に配置される12本の凍結管については，容易に凍結管の設置が行えるように，シールド製作時に準備穴を設けており，作業の効率化を図る工夫を行った(**写真-9**)．

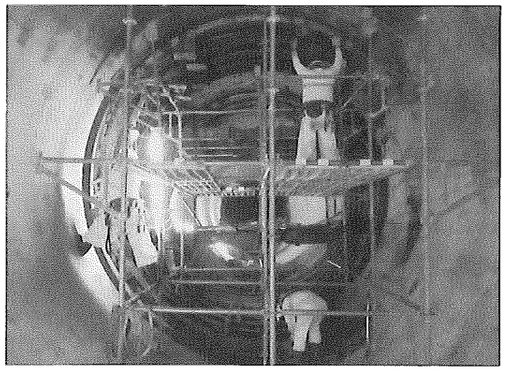


写真-8　補強材の設置状況

5-3-3　管接合部における工夫

管接合部は，T字形に接続することになるが，既設シールドの手前で停止した新設シールドとの隙間(約20m²)を塞ぐ必要がある．設計では仮設覆工としてリング状に加工した厚さ19㎜の鋼鈑を巻立て，鉄筋コンクリートで仕上げることになっていたが，19㎜の鋼鈑は150kg/m²と重量があるため，人力による組立てを考えると小分割になってしまい溶接が増える．また，凍結による低温状態では部材の温度が上がらず，溶接に手間取ることになり，さらに工期を要してしまう．

そこで，セグメント形状の小型の鋼製部材(**写真-10**)を製作し，1ピースが30kg以下となるように軽量化するとともに，溶接ではなくボルト締め

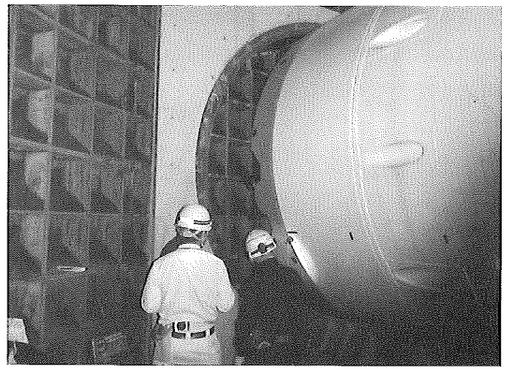


写真-9　発進前のシールド

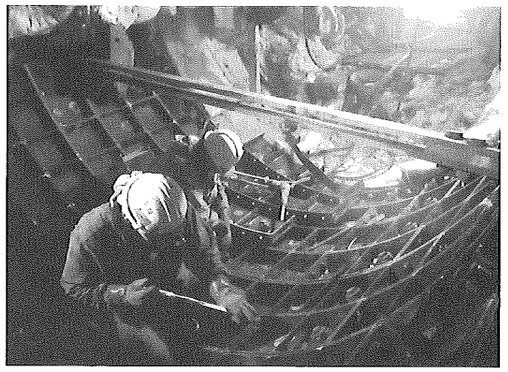


写真-10　小型鋼製部材の設置状況

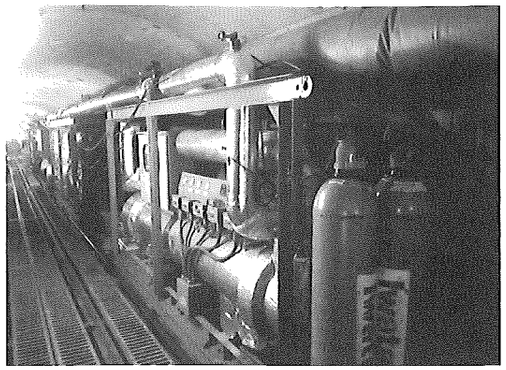


写真-11　シールド内に設置した凍結ユニット

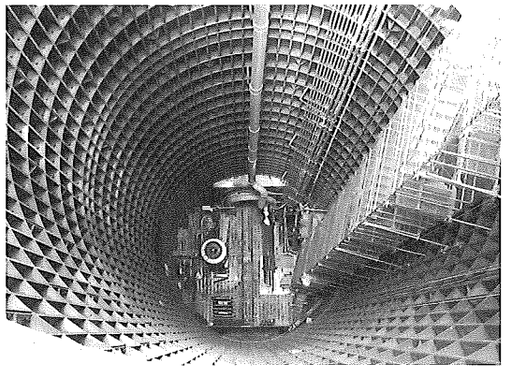


写真-12　発進立坑

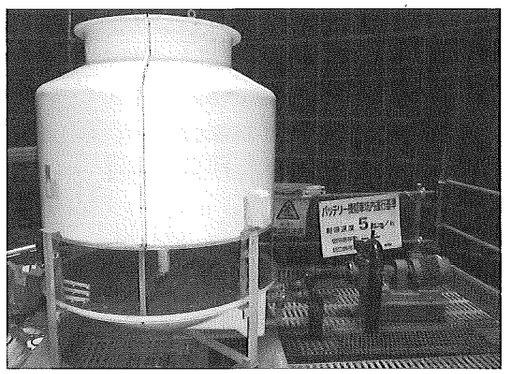


写真-13　立坑底部に設置したクーリングタワー

にすることで，施工性の向上を行った．

5-3-4　凍結設備配置による工夫

機械室は，凍結ユニットが高圧ガス保安法などの関係法令により規制されているため，広さ・強度・騒音対策・設備などの条件や規制がある．

通常は地上に防音仕様の機械室を設置して，中に凍結ユニットを収めるが，今回の現場では凍結ユニットを新設シールド内に設置する工夫を行い，凍結ユニットが稼働する３か月間，24時間連続稼働でも地上での騒音問題は発生しなかった(**写真-11**)．

また，クーリングタワーは大きな設備であるため，シールド内に設置できず，通常は地上に置くことになるが，地下30mの立坑下に置くことにより，周辺家屋への騒音防止に努めた(**写真-12, 13**)．

6　おわりに

シールド内という限られたスペースにおける施工であったため，既設シールドの補強，管接合部材の取付けなど，さまざまな課題もあったが，凍結工法自体はトラブルもなく計画どおりに完了した．７月中旬現在，凍土の解凍も終わり，管接合部ではコンクリートの打設も終了し，工事も竣功に向かっているところである．

今回採用した凍結工法は，通常の地盤改良などに比べ，準備・造成・解凍に時間を要するが，綿密な計測管理による凍土造成量の予測が容易であり，強度のある地山の自立と止水が確実に行えるため，今後も大深度による施工が想定されるなか，道路交通事情や地下埋設物状況を考慮すると，きわめて有効な工法であると考える．

続　きみの庭にも温泉が出る
その後の温泉開発と建設の考え方
石井康夫・俣野恭寛 共著　新書判 217頁　本体定価 1,200 円（〒 210 円）
株式会社 土木工学社　〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888（代）　振替 00110-8-190072

研　究

高速道路トンネルにおける中流動覆工コンクリートの標準化

(株)高速道路総合技術研究所トンネル研究室室長　岩　尾　哲　也
(株)高速道路総合技術研究所トンネル研究室主任研究員　水　野　希　典

1　はじめに

山岳トンネルの覆工コンクリートの施工の問題点として，とくに天端部の締固め不足によるコンクリートの密実性の低下，横流しによる材料分離，充填不足による背面空洞の発生などの懸念があった．これら問題解決のため，東日本高速道路(株)，中日本高速道路(株)，西日本高速道路(株)(以下「NEXCO」という)は，石粉や石炭灰(以下「粉体系」という)を用いた中流動覆工コンクリートを開発し，平成20年８月には施工管理要領を制定し，現場での採用事例も増加してきている．しかしながら，粉体系の流通事情やプラント設備の都合から採用可能な地域が限定され，標準化にまで至っていない状況にある．

本稿は，中流動覆工コンクリートの標準化に向けて実施した，高性能AE減水剤などの混和剤(以下「増粘剤系」という)を用いた中流動覆工コンクリートの品質確認試験の結果と，中流動覆工コンクリートの耐久性の評価を目的として実施した，粉体系中流動覆工コンクリートの施工後５年経過時における追跡調査結果を報告するものである．

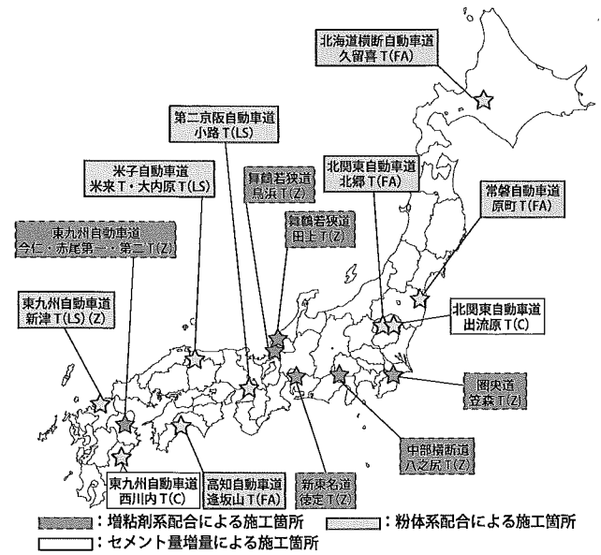


図-1　中流動覆工コンクリート採用箇所

2　中流動覆工コンクリートの課題

中流動覆工コンクリートは，従来の覆工コンクリートに混和材として粉体系を加えることで，材料分離抵抗性や適当な流動性を確保することができ，高コストとならないよう配慮されたものである．しかし，地域によっては粉体系混和材の流通事情およびプラントに混和材をストックできるサイロの確保が困難などの理由から，粉体系を用いた中流動覆工コンクリートの製造・施工ができない状況が見受けられる．

一方で，近年，混和剤メーカー各社により高性能AE減水剤と界面活性剤系の増粘剤を一液化した高性能AE減水剤(増粘剤一液タイプ)が開発され，**図-1**に示すとおり増粘剤系を用いた中流動覆工コンクリートを採用する事例が増えてきている．

この増粘剤系の配合を粉体系の配合と併せて基準化することにより，現地条件に左右されることなく中流動覆工コンクリートの製造・施工が可能になる．

3 室内試験

3-1 室内試験の概要

増粘剤系を用いた中流動覆工コンクリートの施工実績の中から，混和剤メーカー4社の増粘剤系を選定し，それぞれの増粘剤系を用いた中流動覆工コンクリートについて試験練りを実施し，フレッシュコンクリートと硬化コンクリートの性状および品質確認を行った．また，今回比較対象として粉体系(石炭灰)を用いた中流動覆工コンクリート，従来覆工コンクリートについても試験練りを実施した．試験項目を**表-1**に示す．

3-2 フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリート性状確認のための室内試験結果を**図-2～5**に示す．

表-1 室内試験項目

試験	項　目	基準値
フレッシュコンクリート	スランプ	21±2.5cm
	スランプフロー	35～50cm
	10秒加振後のスランプフローの広がり	10± 3 cm
	U形充填性高さ	28cm以上
	ポンプ圧送性	標準曲線BとCの範囲内
	最適エネルギー	3.0～4.0J/L
硬化コンクリート	圧縮強度	18N/mm²
	曲げ靭性	・設計基準線(m_o=4.1kN)を下回らない ・品質管理曲げ靭性係数(σ_{bk}=1.4N/mm²)を下回らない

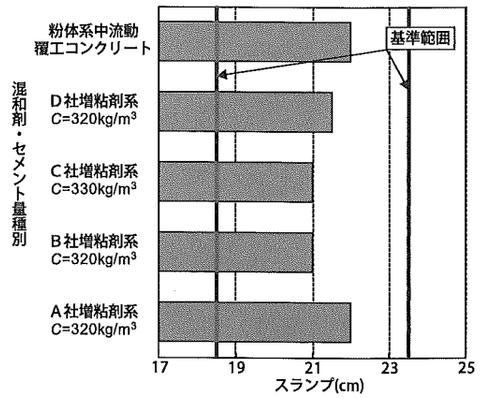


図-2 スランプ

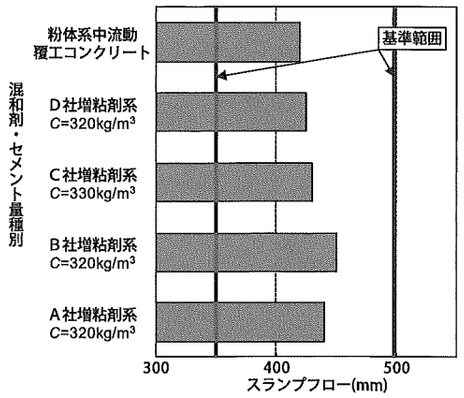


図-3 スランプフロー(加振前)

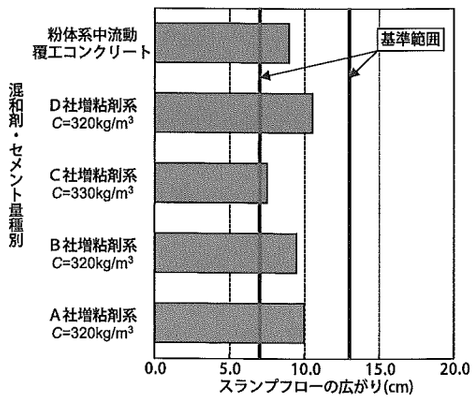


図-4 加振後のスランプフローの広がり

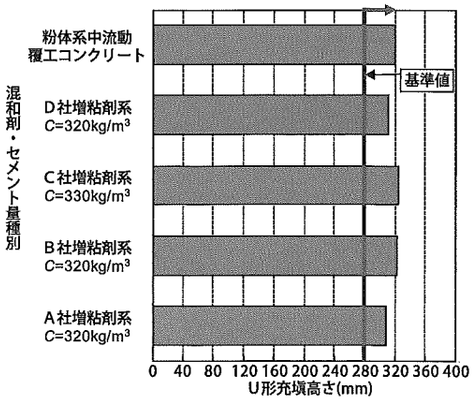


図-5 U形充填高さ

粉体系と増粘剤系のいずれの配合においても基準値を満足しており，同様の性状を示すことが確認できた．

3-3 ポンプ圧送性の確認

ポンプ圧送性の確認は，**写真-1**に示す試験機を用いて加圧ブリーディング試験(JSCE-F 502-2010)にてフレッシュコンクリートのポンパビリティーを事前に評価するものである．試験対象コンクリートの経過時間と脱水量の曲線が，標準曲線BおよびCの範囲内にあれば，ポンパビリティーが良好であると言われている．

試験結果を**図-6**に示す．

今回の試験結果では，各配合とも範囲内にあり，ポンパビリティーは良好である．とくに，増粘剤系の配合は，範囲の中心にあることから，よりポンプ圧送性に優れていると考えられる．

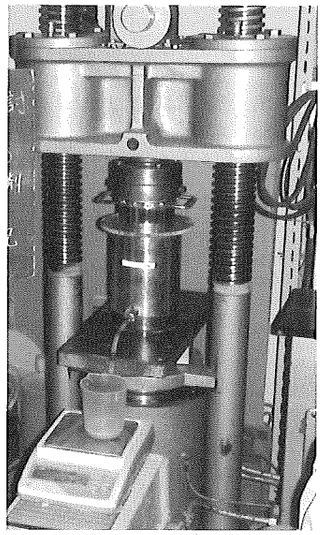


写真-1 加圧ブリーディング試験機

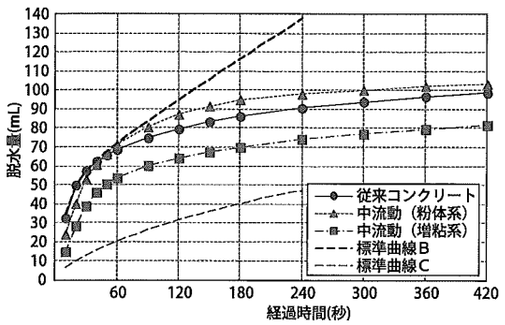


図-6 ポンプ圧送性

3-4 最適エネルギー試験

中流動覆工コンクリートの締固めは，移動式型枠セントルに配置した型枠バイブレータを用い，型枠の振動によりコンクリートを型枠内にて流動・充填させるため，振動後(振動時)のコンクリートの流動性が重要となる．そのため，型枠を通じてコンクリートを振動させる最適な振動エネルギーの設定が必要である．

フレッシュコンクリートの加振変形試験(**写真-2**)は，粉体系の中流動覆工コンクリート配合決定基準の一つとして用いている．その際のコンクリートに与える最適振動エネルギーは，約3.7J/Lになるように設定し，加振後の広がりが10± 3 cmと規定している．しかし，このコンクリートに与える振動エネルギーは，粘性が異なると思われる増粘剤系の中流動覆工コンクリートに用いて同様に評価できるかは明確ではない．そこで増粘剤系を用いた中流動覆工コンクリートの最適振動エネルギーの確認試験を行った．

試験は，振動数を変動させて締固めた供試体を作製し，養生後それぞれの供試体の上段と下段の位置で「透気性試験」と「水分吸着試験」および，供試体の上部・中部・下部から採取したサンプル片にて「細孔径分布試験」を実施し，最適な振動エネルギーの値を確認した．

この結果，**図-7～12**に示すとおり，粉体系にて定めた最適振動エネルギーの範囲である3～4J/Lの範囲とほぼ同等な範囲内において，増粘剤系も密実な状態になることが確認できた．

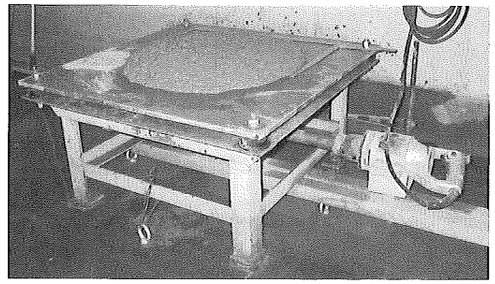


写真-2 加振変形試験機

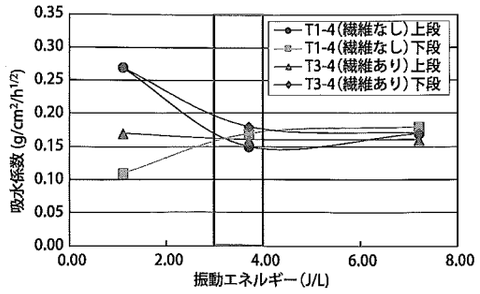


図-7 水分吸着量試験結果(増粘剤系)

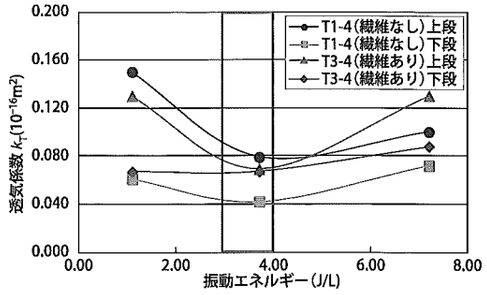


図-8 透気性試験結果(増粘剤系)

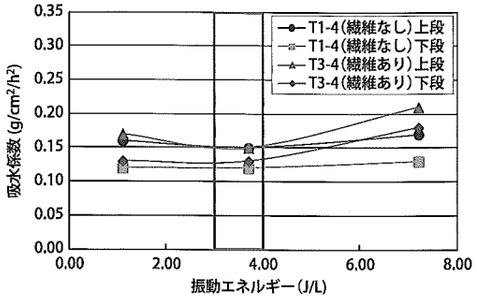


図-9 水分吸着量試験結果(粉体系)

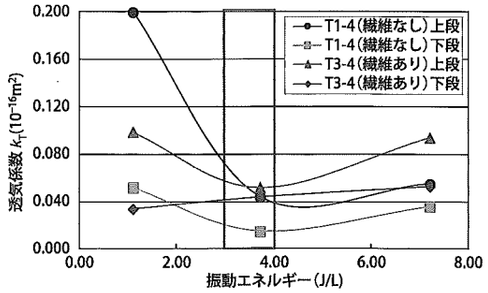


図-10 透気性試験結果(粉体系)

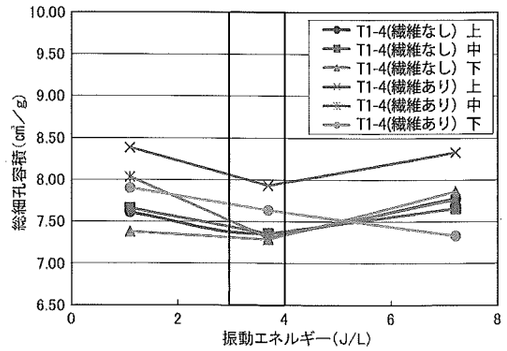


図-11 細孔径分布試験結果(増粘剤系)

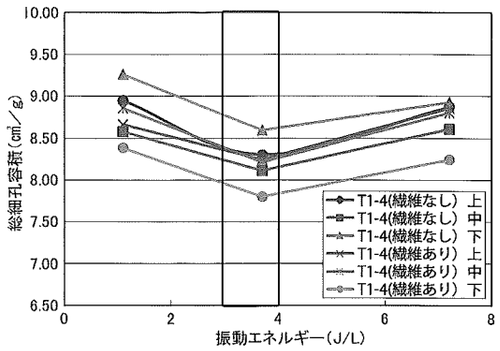


図-12 細孔径分布試験結果(粉体系)

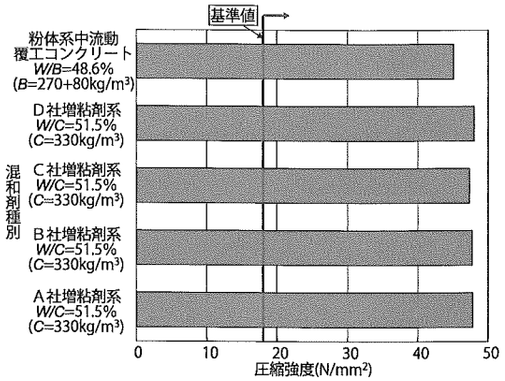


図-13 圧縮強度(繊維無：材齢28日)

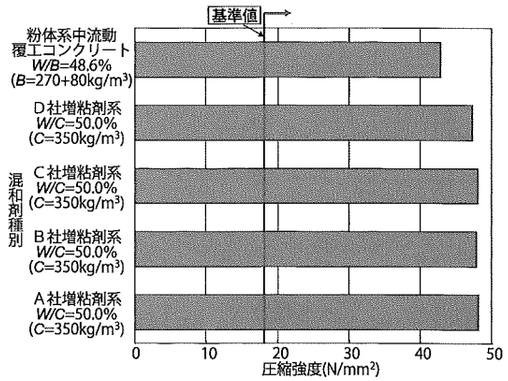
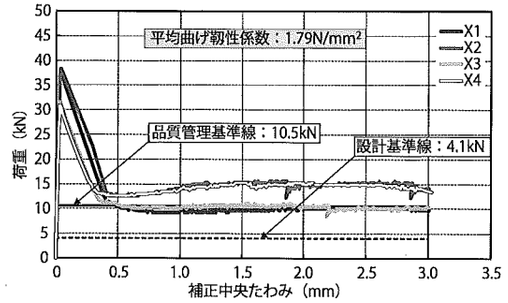
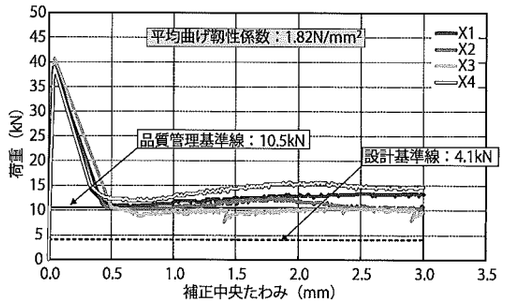


図-14 圧縮強度(繊維有：材齢28日)

3-5 硬化コンクリートの品質

材齢28日における圧縮強度と曲げ靱性については，粉体系および増粘剤系の配合とも，圧縮強度18N/mm²，曲げ靭性の設計基準線4.1kN，品質管理基準線10.5kN(品質管理曲げ靱性係数1.40N/mm²)を十分上回ることが確認できた．





①品質管理供試体４本各々の曲げ靭性曲線を X1 ～ X4 として，X1 ～ X4 $\geqq m_o$=4.1kN(設計基準線を下回らないこと)
②品質管理供試体４本１組の曲げ靭性係数の平均値を X として，$X=\sigma_{bk}$ =1.40N/mm²(品質管理曲げ靭性係数を下回らないこと)

図-15 材齢28日における曲げ靱性試験結果

4 品質管理基準の提案

4-1 材齢28日圧縮強度の設定

粉体系および増粘剤系の中流動覆工コンクリートの配合は，適度な流動性を確保しつつ材料分離抵抗性を得るためには，従来の覆工コンクリートよりも多くの粉体量を必要とし，単位水量にあっては，従来の覆工コンクリートの単位水量の限度推奨値のままとする必要があった．

結果，中流動覆工コンクリートの性能を確保することで水セメント比の低減が図られ，材齢28日における圧縮強度が30N/mm²以上を確保できる中流動覆工コンクリートが実現した．水セメント比の低減が図られたことは，覆工の品質を向上させ，トンネル構造物の耐久性向上に寄与するものである．水セメント比は，強度との間に相関があることが知られており，品質管理として設計基準強度を引き上げることで水セメント比の低減が図られることになる．また，中流動覆工コンクリートでは，試験のばらつきを考慮しても，品質管理で要求する性能である材齢28日の圧縮強度を18N/mm²から24N/mm²に引き上げることが可能であることから材齢28日の圧縮強度を24N/mm²と設定して管理することが望ましい．さらに，トンネル覆工においても鉄筋コンクリート区間が存在することから，NEXCOが鉄筋コンクリート構造物として品質管理を実施している最低強度が24N/mm²という

表-2 中流動覆工コンクリートの配合決定のための基準(案)

種別	材齢28日における圧縮強度 (N/mm²)	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプおよびスランプフロー (cm)	加振変形試験 (cm)	U形充填性高さ(障害なし) (mm)	空気量 (%)	セメントの種類	最低単位セメント量 (kg/m³)	単位水量 (kg/m³)	最大塩化物含有量 (Cl⁻) (g/m³)
粉体系	24	20	21±2.5	10秒加振後のスランプフローの広がり10±3加振後の広がったコンクリートにおいて，中央部に粗骨材が露出した状態を呈することなく周囲部に２cm以上のペーストや遊離した水の帯がないこと	280以上	4.5±1.5	普通ポルトランドセメント(FAの場合，高炉セメントB種の使用不可)	270	LS：175以下 FA：180以下	300
増粘剤系		25	35～50				普通ポルトランドセメント，高炉セメントB種	320	175 以下	300

こともあり，材齢28日の圧縮強度を24N/㎟で設定することとした．

4-2　配合決定のための基準

増粘剤系の中流動覆工コンクリートの性状および品質を確認することができたことから，今回の試験結果を反映させた，増粘剤系も含めた中流動覆工コンクリートの配合決定のための基準を**表-2**に示す．

5　中流動覆工コンクリートの経年評価

5-1　現地試験施工の追跡調査概要

中流動覆工コンクリートの健全性と効果を検証・評価するために，平成19年に施工されたトンネルにおいて，近接して同時期に施工された従来の覆工コンクリートと粉体系(石炭灰)を用いた中流動覆工コンクリートの繊維有無のそれぞれの配合ケースについて，施工直後から供用後５年経過時点での経年変化を調査した．

評価方法は，**表-3**に示す試験項目について，各ケースのコンクリート経過材齢28日，３か月，１年，５年時点での覆工コンクリートの性状について調査した．

5-2　外観観察結果

材齢１か月後のひび割れ状況では，従来覆工コンクリートと中流動覆工コンクリートともに各部位において乾燥収縮による軽微なひび割れが発生しており大きな差はない．材齢１年後から従来覆工コンクリートについては，既存のひび割れが拡大したり，新たなひび割れが発生しているのに対し，中流動覆工コンクリートは，ひび割れの拡大はなく，１か所程度の新たなひび割れが発生しただけに留まっている結果となった．さらに材齢５年後でも，従来覆工コンクリートのスパンでは，無数のひび割れが発生およびひび割れが拡大しているが，中流動覆工コンクリートのスパンでは，新たに軽微なひび割れが確認されただけであった．とくに繊維入りの中流動覆工コンクリートにおいては，材齢３か月以降ひび割れの進展や新たなひび割れの発生がない結果となった．

なお，いずれのひび割れも構造体に影響を及ぼすようなひび割れではなかった．

表-3　調査・試験項目

種　別	試験項目	試験方法	検証内容
外観観察	目視	・施工スパン表面	ひび割れ，あばた，繊維の露出，剝離などの変状の有無
密実性試験	透気試験	・Proceq 社製のトレント法	・材齢５年
	水分吸着試験	・Proceq 社製のポロジテスター	・材齢５年
コア試験	中性化深さ	・コア採取 φ10×20cm	・材齢５年

表-4　外観観察総括表

スパン名	材齢３か月検証	材齢６か月検証	材齢１年検証	材齢５年検証
35R_T 1-1 従来覆工	・天端部中央および壁・肩部：主に軸方向0.04～0.06㎜の軽微なひび割れ ・坑口側天端部に軽微な表面ペーストの剝離あり	材齢３か月と変化なし	・天端：0.3㎜および0.04㎜のひび割れ発生 ・側壁部：数か所0.04㎜のひび割れ発生	・天端中央：ひび割れが無数に発生
36R_T 3-1 従来覆工（繊維入）	・肩・アーチ部：軸方向に0.04～0.08㎜の軽微なひび割れ ・天端部：亀甲状の0.04～0.08㎜の軽微なひび割れ	材齢３か月と変化なし	・天端：ひび割れ拡大 ・側壁部およびアーチ部：0.04㎜のひび割れ発生	・天端全体：ひび割れ拡大 ・妻側肩部：0.04㎜のひび割れ発生
37R_T 1-4 中流動覆工（石炭灰）	・天端・肩・アーチ部：軸方向に0.04～0.10㎜の軽微なひび割れ ・天端部検査窓近傍：亀甲状の0.04㎜の軽微なひび割れ	材齢３か月と変化なし	・天端：１か所0.04㎜のひび割れ発生	・天端妻側・坑口側：0.04㎜のひび割れ発生
38R_T 3-4 中流動覆工（石炭灰）（繊維入）	・天端・肩部：軸方向に0.04～0.10㎜の軽微なひび割れ ・坑口側天端部：軽微な表面ペーストの剝離	材齢３か月と変化なし	・材齢６か月と変化なし	・材齢１年と変化なし

5-3　密実性試験結果

5-3-1　透気性試験結果

透気性試験は，覆工コンクリート表面の透過性を測定する試験機を用いて，覆工コンクリート表面から空気を吸引し，コンクリートに一定時間負圧を与えたのち，この圧力が回復するまでの経時的変化を測定することによって算出する透気係数から，覆工コンクリート表面の透気性を評価する試験であり．透気係数が小さいほど密実と評価される．

透気性試験は，トンネル延長方向として覆工打設スパンの坑口側，中央部，妻部側で，横断方向として，側壁部，肩部，天端部において試験を実施した．

図-16に従来覆工コンクリートの試験結果を，**図-17**に中流動覆工コンクリートの試験結果を示す．

従来覆工コンクリートの場合，初期材齢において約1～100×10^{-16}㎡の値を示し，材齢５年後もほぼこの範囲内であるのに対し，中流動覆工コンクリートは，初期材齢では従来覆工コンクリートと同程度であったが，材齢５年後では約0.1～10×10^{-16}㎡の範囲値が多くなっており，ほとんど

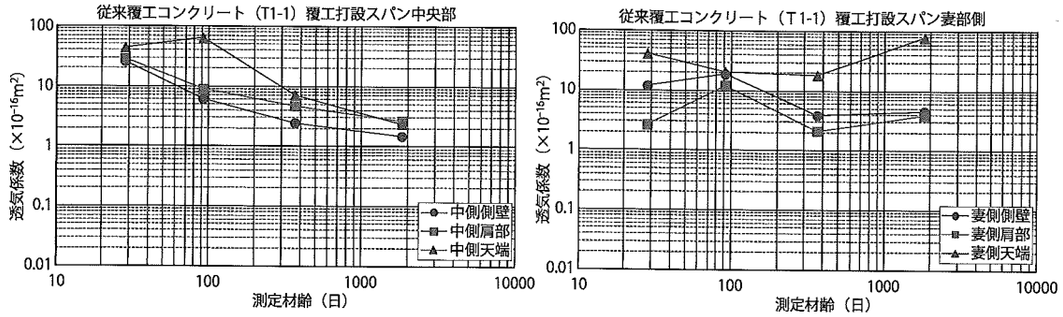


図-16　透気試験結果(従来動覆工コンクリートの代表例)

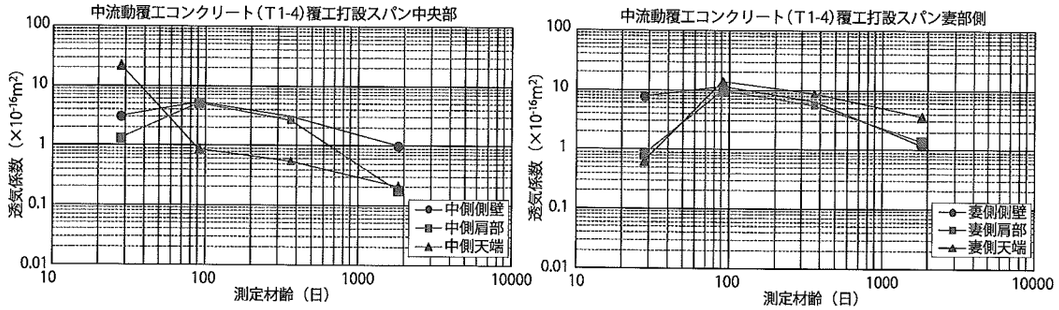


図-17　透気試験結果(中流動覆工コンクリートの代表例)

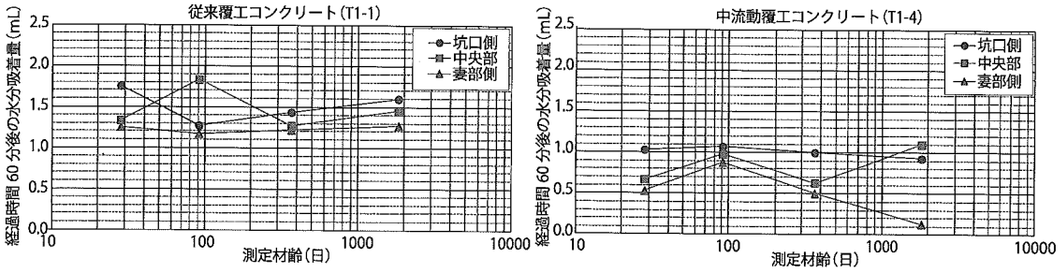


図-18　水分吸着試験結果(代表例)

の試験箇所で材齢経過に伴って透気係数が小さくなる傾向が見られた．

また，トンネル延長方向と横断方向での透気係数について，従来覆工コンクリートは覆工打設スパンの中央部が小さく妻部側が大きな値を示し，側壁部が小さく天端部が大きな値を示す傾向でバラツキがあったのに対し，中流動覆工コンクリートはトンネル延長方向と横断方向での透気係数はほぼ同様の値を示しており，密実で均一な品質のコンクリートといえる．

5-3-2　水分吸着試験結果

水分吸着試験は，覆工コンクリート表面に設置した容器に水を溜め，コンクリートと水が接する部分からコンクリート中へ浸透する減水量を測定する試験であり，1時間の水分吸着量が少ないほど密実と評価される．

水分吸着試験は，覆工打設スパンの坑口側，中央部，妻部側の側壁部において試験を実施した．**図-18**に調査結果を示す．

材齢経過による変化については，ほぼ変化なしもしくはやや小さくなる傾向を示した．また，従来覆工コンクリートは，材齢5年で約0.5～1.5mLの範囲の値を示しているのに対し，中流動覆工コンクリートは，約0.0～1.5mLの範囲の値を示し，初期材齢も含めて全体的に小さい値であり，従来覆工コンクリートに比べ密実性が高いことが認められた．トンネル延長方向の相違は，いずれの配合でも認められなかった．

5-4　コア試験結果

材齢5年後の覆工コンクリート側壁部より採取したコア供試体について，中性化深さを測定した結果を**表-5**に示す．

従来覆工コンクリートの中性深さは6.9～9.2㎜，中流動覆工コンクリートは6.0～9.6㎜であり，明確な差は認められなかった．

材齢5年後における中性化深さと透気係数および経過時間60分後の水分吸着量の関係について確認を行った．

図-19に中性化深さと透気係数の関係を，**図-20**に中性化深さと経過時間60分後の水分吸着量の関係を示す．

今回の試験では，中性化深さと透気係数には明確な関係は認められないが，中性化深さと経過時間60分後の水分吸着量では，中性化深さが大きくなるに従って水分吸着量も大きくなる傾向が確認できた．

表-5　中性化深さ実測結果

種別		スパン	W/C (%)	中性化深さ (㎜) 実測値
従来覆工コンクリート	T1-1	35R	59.7	9.2
	T3-1	36R	50.3	6.9
	T3-1	52R	50.3	8.1
中流動覆工コンクリート	T1-1(FA)	37R	66.3 (51.1)	6.7
	T3-1(FA)	38R		6.8
	T1-1(FA)	50R		6.0
	T1-1(FA)	53R	66.3 (51.1)	7.6
	T3-1(FA)	54R		9.6

※コンクリート種別の(FA)は石炭灰
※中流動覆工コンクリートのW/Cのカッコ内の数値は，石炭灰を含めた場合の値を示す

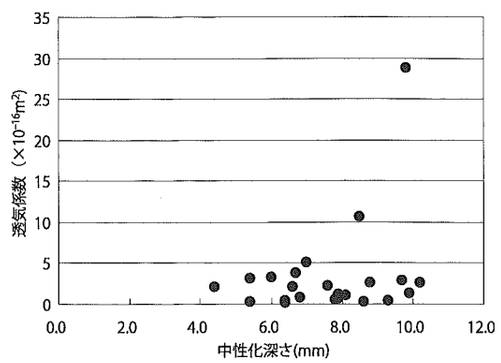


図-19　透気係数と中性化深さの関係

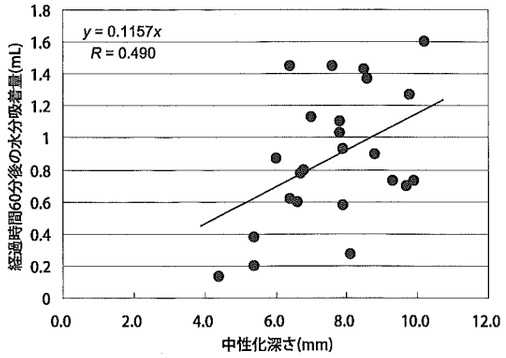


図-20　経過時間60分後の水分吸着量と中性化深さの関係

5-5　追跡調査結果の考察と今後の計画

施工から5年経過した従来覆工コンクリートと中流動覆工コンクリートを比較した結果，外観観察，密実性試験(透気性試験・水分吸着試験)において，中流動覆工コンクリートは，長期の品質確保に優れていることが確認できた．しかし，今回の追跡調査における中流動覆工コンクリートの配合は，石炭灰を使用したものであり，ポゾラン反応の効果による強度増進，密実性向上などが考えられる．

中性化深さにおいても，石炭灰を用いた中流動覆工コンクリートが，ポゾラン反応の効果により従来覆工コンクリートと同程度になったと推測される(一般に，石炭灰を用いたコンクリートは，中性化速度が速くなると言われている)．

このため，今後は，粉体系の石粉および増粘剤系の施工箇所において，経年変化の品質確認を実施する計画である．

6　おわりに

今回の研究の結果，増粘剤系を用いた中流動覆工コンクリートの品質を確認でき，粉体系とあわせて基準化することで，現地条件に左右されることなく，全国各地のトンネル覆工に中流動覆工コンクリートを標準的に採用することが可能となった．

現在，NEXCOにおいて，高速道路の長期健全性を確保するための長期保全および更新のあり方について議論されている状況において，当然ながら今後建設される道路構造物には，安全かつ長期耐久性に優れる高品質なものが求められる．そのような中で，中流動覆工コンクリートの標準採用は，トンネル構造物の耐久性および品質向上の一助になると考えている．

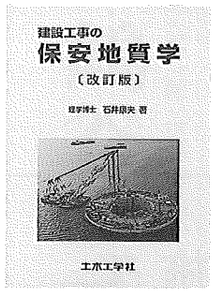
中流動覆工コンクリートの長期耐久性に関しては，今後も引き続き検証を実施してく予定である．

最後に，中流動覆工コンクリートの開発に携わってこられた関係者の方々，また，現地試験施工において貴重な施工データを提供いただいた方々，現地展開に努めてご協力いただいた方々に深く感謝の意を表します．

参考文献

1) 東日本高速道路・中日本高速道路・西日本高速道路：設計要領第三集，トンネル本体工建設編，2013.
2) 東日本高速道路，中日本高速道路，西日本高速道路：トンネル施工管理要領，2013.

ユニークな手法を駆使!!　建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!



建設工事の
保安地質学
〔改訂版〕
理学博士　石井康夫 著
A5判　上製本　475頁　価格6,300円　〒340円

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

株式会社 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.485 今月の主な入札結果

（9月10日～10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	深川留萌自動車道留萌市留萌T	岩田地崎建設	2,115
〃	日高自動車道日高町厚賀T	清水・北興JV	2,977.97
関東地整	中部横断和田T	安藤ハザマ	2,251.1
〃	〃 一色T	清水建設	2,567.5
近畿地整	和歌山岬道路平井地区函渠他	藤平組	268
四国地整	H25-27橘川T	鴻池組	2,123
九州地整	大分212号三光第2号T	アイサワ工業	625.6
鉄道・運輸機構	九州新幹線(西九州)，新長崎T(西)他	鹿島・梅林・長崎西部JV	7,756
千葉県	江戸川左岸流域下水道管渠(市川幹線502-1工区)	岡本組	402.5
都・財務局	環状2号線アンダーパス接続部	鹿島・新日本JV	1,257
都・下水道局	台東区北上野二丁目，松が谷四丁目付近再構築その2	エムテック	577
〃	江東区北砂五丁目，南砂一丁目付近再構築	前田・東洋・りんかい日産JV	1,360
神奈川県	一級河川矢上川地下調節池中間立坑本体	大林・西松・大本JV	3,385
三重県	R260(南島BP)道路改良(2号T＜仮称＞)	稲葉・南建JV	674
仙台市	第3南蒲生幹線1	大豊・森本・高工JV	3,441.27
水戸市	国補公下桜川上流右岸第5排水区枝線(1工区)	株木・昭和JV	114.5
さいたま市	鴨川第38処理分区下水道工事(南建-25-40)	カタヤマ	151.86
〃	〃 (南建-25-43)	佐伯工務店	182.73
船橋市	臨海1号幹線管渠(その4)	三ツ和総合建設業協組	104.57
野田市	次木親野井調整池	上原建設工業	118.9
横浜市	南部処理区新磯子幹線下水道	西松・福田・森本JV	2,557.75
相模原市	県道522号維持補修(沢井隧道)	防長土建	109.49
燕市	都事工25-4号井土巻三丁目9号線調整池	水倉・青山JV	124.5

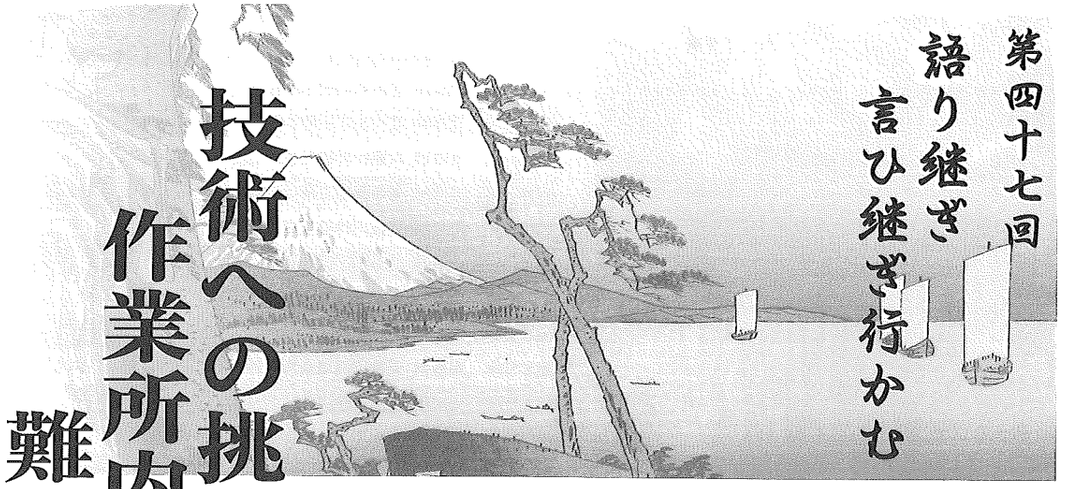
E. フック・E. T. ブラウン共著

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



技術への挑戦と作業所内の和で難工事を克服

(元)(株)フジタ
鶴谷 武憲

はじめに

昭和41(1966)年，東京都水道局発注のφ2,000㎜配水本管新設工事に配属となり，初めてシールド工事に従事することとなった．そこでのシールド工事体験者の言動が具体性に富んでいてたいへん勉強になり，無知の恐ろしさ，体験の大切さを実感した．以後，工事未経験者が配属になったときには，このときの自分の体験を生かして接してきた．

また，当社発進立坑に他施工業者が到達する際に発生した陥没事故に遭遇し，陥没事故の恐ろしさと復旧の大変さを痛感した．

土木工事は自然との闘いである．先輩たちが2度と同じ失敗をくり返すことなく，より確実に施工するための工夫や技術開発を行ってきた．シールド工事では施工条件の厳しいなかで，これからも安全・品質・省力化・高速施工などのための技術開発は進むものと考える．私の体験がシールドの施工管理に少しでもお役に立てばとの思いで述べさせていただきたい．

シールド工事の原点は手掘り式

シールド工事に関連した事故は，社会的影響が大きく，新聞，テレビなどで報道されるたびに，明日はわが身と緊張が走ったものである．

坑内水没，死亡事故発生，○名行方不明．陥没事故発生，水道管・ガス管破裂，一時交通止め，○km渋滞といった内容で報道されるが，原因と事故後の対策について詳しく報道されることはない．事故につながる兆候はなかったか，事前に察知し対策を講じることができなかったのだろうか．事故後の打つ手の原則はどうなっていたのだろうかなど，知りたい事項がたくさんあるが詳しい情報は得られない．他人事とせずに自分の現場を基本に立ち返ってチェックし，施工管理のあり方を見直す機会にしたいものである．

切羽の土砂崩壊は，土質と地下水の状況によってどのように発生



著者近影(新宿の発進立坑付近)

著者略歴

昭和37年	(株)藤田組(現(株)フジタ)入社
昭和41年	東京都 北区赤羽配水本管新設工事
昭和43年	東京都 亀戸配水本管新設工事
昭和44年	東京都 六郷川幹線工事，以後現場代理人
昭和47年	東京都 葛西幹線工事
昭和49年	東京都 残堀川幹線工事
昭和52年	新潟県 信濃川下流域工事
昭和54年	川崎市 井田下水幹線工事
昭和55年	川崎市 多摩幹線その13工事
昭和58年	鳥取県 天神川流域倉吉幹線工事
昭和63年	川崎市 三沢幹線工事
平成２年	東京都 城南河川の清流復活事業導水施設工事
平成５年	日本下水道事業団 八王子市由井・東浅川幹線管渠建設工事
平成８年	(株)フジタ退職，現在に至る

するのか．また，地上と坑内にどのような被害が生じるのか．正確な状況判断はできないが，開放型シールド工法(手掘り式など)の経験者であれば多少はその状況を知り得る機会があったと思う．

近年のシールド工法は，密閉型シールド工法(土圧式，泥水式)が多くなり，開放型のように切羽状況を直接目視できる機会は皆無に近くなってきた．シールド工事担当者は，推進工事を含めて手掘り式などの切羽を目視できる機会があれば，逃さずに現地に行き，切羽の自立状況などを確認し，工事関係者がどのような危機感を持って対応しているかを知ることは，自分の現場を見直す良い機会になると思う．私自身，昭和41(1966)年から昭和55(1980)年まで手掘り式(圧気併用含む)が主体で，切羽がどのように自立し，変化し，そして出水・崩壊したかを体験してきた一人であり，その手掘り式の体験がのちの密閉型シールド工法の施工と技術開発に生かされていると自負している．

変化する切羽を克服するシールド工事の原点は，手掘り式シールド工法である．

新工法で崩壊性帯水巨石層を掘る(リボンスクリュ式泥漿シールド)

昭和55(1980)年９月，川崎市下水道局発注の多摩幹線その13工事を担当した．シールド工事は，川崎市多摩区生田地内の主要幹線道路川崎府中線600m区間を掘削径φ2,480㎜，土かぶり9.5mで掘進する．施工区間は多摩川の沖積低地に位置し，土質は旧多摩川による氾濫性堆積物(砂礫)でN値は20～50，透水係数$k=10^{0}\sim10^{-2}$cm/sec，想定最大礫径450㎜の崩壊性帯水巨石層である．【岡部三郎・高杉武司・鶴谷武憲：リボンスクリュ式泥しょうシールドによる玉石混じりれき層の掘進，川崎市多摩下水幹線，トンネルと地下，Vol.13, No.9, pp.21-27, 1982.9.より】

■着工時の課題

本工事下流の世田町線から等々力環境センターまでの約10km区間では，泥水式シールド工法で施工に当たっていたが，予想以上の礫量と巨石(φ300㎜以上)のため施工が難しく，苦労していた．本工事では，次の課題を克服するために巨石をそのまま円滑に排出できるリボンスクリュ式泥漿シールド工法を開発・実用化した．

① 切羽の安定：路線が道路幅員6.6mと狭く，片側１車線で交通量の非常に多い(15,000台/日)主要幹線道路川崎府中線である．迂回路がないため，切羽崩壊による陥没事故は絶対に起こせない．

② 巨石の排土：切羽の安定を保持しながら，巨石を円滑に連続排出する．

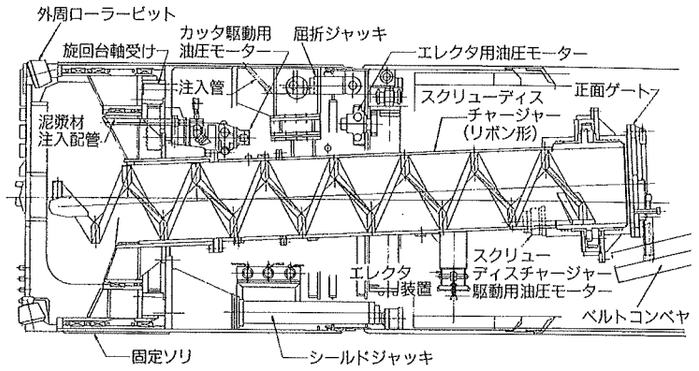
③ カッタの摩耗：全線が巨石，礫層のためカッタの摩耗・破損が懸念された．カッタは十分な耐久性を有する材質・構造とする必要がある．

④ 地下水の汚濁防止：この地域の水道は，浅井戸により地下水を集水して水源としているため，切羽泥水の逸泥などによる地下水汚濁を防止する必要がある．

■実用化までの経緯

シールド外径φ2,480㎜での巨石(最大径φ450㎜)の排出可能なスクリュコンベヤの検討をしたところ，従来の軸付きスクリュコンベヤでは排出不可能であるとの結論を得たため，軸なしのリボンスクリュコンベヤの承認を得て次のような実験・検証を行った．

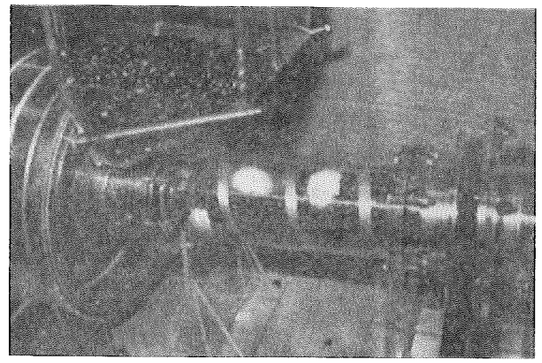
土木工事でリボンスクリュコンベヤを使用した例がないため不明な点が多く，これを解明するために1/10の模型を作成した．チャンバとスクリュコンベヤ部分は内部が目視できるように透明のアクリル板を使用し，ビーズ大小，ビー玉，ゴルフボールをチャンバ内に投入し，スクリュコンベヤを回転させて排出状況を確認後，実際の地山に相当する砂，砂利および流木を投入して実験した．はじめのうちはスクリュコンベヤの入口と



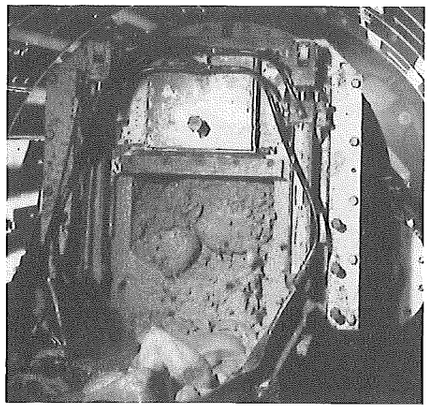
リボンスクリュ式泥漿シールド構造図



リボンスクリュ式泥漿シールド掘進機



リボンスクリュ式掘進機模型による巨石排出テスト



リボンスクリュからの巨石の排出状況



リボンスクリュコンベヤ，右下はスムーズに排出された巨石(出典：日立造船(株))

内部で絡み合いが生じ排出不能となったが，正逆回転をくり返すことで排出することができ，泥漿材を注入してみるとさらにスムーズに排出することができた．

リボンスクリュコンベヤに軸がない点を利用して正面ゲート式排土装置を開発し，従来の下部ゲート式排土と比較して次のような利点を確認できた．

・排土前の掘削土の塑性化状態が目視確認できる．
・掘削土の粒度状況も確認でき，泥漿の濃度，注入量などタイムリーに対応することができる．
・正面ゲート付近で絡み合っている巨石，流木などを鉄筋棒などで容易に排出することができる．

■新工法の開発での考察

本工法の開発では，発注者からの情報を共有させていただいたことが以下の点で非常に役立った．

・長年，地元で工事管理されているため，地質・地下水・地山崩壊などの情報が豊富である．
・設計時の調査資料などを手元に保管されている．
・現場巡回などで来られたときに，隣接する他工区の状況を知ることができる．

今回の開発成功の要因は，このような貴重な情報とともに，前述した手掘り式シールド工法で，切羽の土質と地下水，崩壊の状況を数多く経験してきたことである．

手掘り式では，切羽で作業員がスコップ，ツルハシ，ピックなどを使用して掘削し，シールドを前進させて掘進をくり返している．

掘進中に切羽崩壊が発生した場合には，切羽を山留めできる機構がシールドにあり，ここに角材・矢板を設置し空隙を最小にするために土俵などを詰め込み，崩壊と出水量の程度に応じて，裏込め注入・薬液注入などで対処してきた．この切羽崩壊を数多く目視し，出水の恐ろしさを体験してきたことが今回の技術開発におおいに役立ったと考えている．

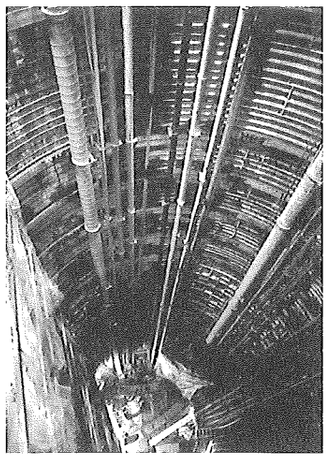
小口径・大深度・長距離掘進の施工と安全管理

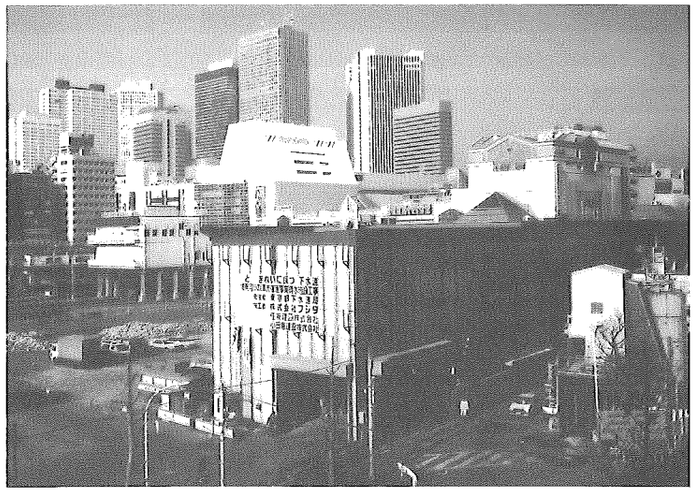
東京都下水道局発注の城南河川の清流復活事業導水施設工事は，掘削外径φ2,140㎜の泥水式シールド工法で3,497mを掘進し，到達後坑内にφ1,000㎜の送水管を布設するものである．

■施工管理

発進基地は，新宿駅南口の明治通りに面した空地（写真，現在高島屋が営業中）である．発進立坑は明治通りにφ6.5mの深礎工法で築造し，発進基地から開削にて横坑を築造して，工事関係者の出入り・掘削土搬出・資機材などの搬出入を行った．

都心の幹線道路のため，地下には地下鉄・地下道・上下水道本管・通信ケーブル・ガス管などが数多く埋設されている．シールド路線は，この既存構造物と将来計画の地下空間を上下左右に避けるように設計されているため，最小曲率半径が30m，土かぶりは最小21m，最大47mであった．また，掘進勾配が一定でなく，逆V字形になる





城南河川の清流復活事業導水施設工事（下）発進基地，（上）発進立坑，深度35m

箇所では，排水・換気に特段の注意が必要であった．

空気弁室構築部とカッタビット点検用地盤改良部の2か所で地上からの施工を実施したが，施工場所は広い歩道と中央分離帯（緑地帯）の良好な立地になっており，設計者に感謝しながらの施工であった．

■安全管理

本掘進が順調となり，約150m掘進した時点で，坑内からの救助方法および坑内安全設備についての教育・指導を消防署から受けた．

指導員から「救助に向かうため，横坑・発進立坑・坑内へと入っていくが，トンネル内が狭く距離も長いため救助隊を3班編成で対処します．第1班が救助に向かい酸素ボンベの残量不足，その他の障害で戻れなくなったときに第2班が第1班から要求された資機材を持って救助に向かう．それでも戻って来られないときは，最後の手段として第3班が救助に向かう．防護服を着て重い酸素ボンベを背負って狭い坑内の進入はわれわれでも危険を伴います．事故が発生した場合，作業所の方々は坑内に入らないようにして，一刻も早く消防署に救助の要請をしてください．これは，現場を管理される人たちの大事な責務だと考えて行動して下さい．」との指導を受けた．

実際に防護服・酸素ボンベを背負って体験したが，とても狭い坑内を歩ける状態ではなかった．安全対策を基本から見直す絶好の機会となり，結果，無事故・無災害で竣功することができた．

シールド工事は昼夜連続作業のため，昼夜の職員間で業務の引継ぎが必要となる．作業所には業務日誌（作業日誌）ノートがあり，毎日記録されていく．

内容は，①月日・天候，②作業内容・作業時間・出面，③出来高，④施工上の問題と解決策，⑤外部との協議・打合せ内容，⑥申し送り事項，⑦申し送り事項の回答などである．

この手法は，昼夜勤務者の引継ぎが正確，短時間に終了することができる．また後日，あのときはどうであったかを知り得るのにおおいに役立った．文書による報告，作業指示は確実性があり，施工・安全管理に良い手法である．

昼の休憩後，協力会社と打合せを行う．打合せボードを3つに仕切り，「あさって作戦」と称して当日・明日・明後日の作業予定が記入されていく．明後日までの作業予定を知って今日の作業を進めることは，とても大事なことである．ある日，作業員数人が1階にある打合せ室のボードをのぞいて「明日○○を施工するが△△もないし，明日はできないよ！」と話していた．以後，ボードは打合せ後，窓際に移動して作業所に勤務する全員が確認できるようにした．

1日1回の作業打合せに参加する協力会社の作業長は，現場で作業している仲間の中で，一番の経験・技術力を持った人間とは限らない．したがって，あさって作戦の打合せボードを全員が目視できる所に配置しておくことはとても有効であった．

作業員との人間関係を大切に

一般の土木工事現場では，現地に行くとその場で広範囲にわたって工事の状況を把握することができるが，シールド工事では現地に足を運んでもその足元付近しか状況を把握できない．したがって，作業員も職員と同様に施工と安全の管理に参加してもらう必要性がある．

私が作業員との接し方，対応に大きな変化が生じたのは30才後半に，山形県出身の作業員が多く働いていた現場からである．山形県出稼ぎ労働者組合の職員の方が現場に来られる機会があった．そのときに小学生が書いた『つづりかた集』を頂いた．その中に今でも記憶に残っている作文が2つある．

① 「明日，お父さんが東京に働きに行きます．家族全員で夕食のときにお父さんとたくさんお話がしたかったけれど，みんながだまって食事をしているので僕もだまって食事をした．」

② 「学校に行くためA君は，いつものようにB君を迎えに行った．出てきたB君は怒った顔をして機嫌が悪かった．『どうしたの』と聞いたらB君は『何も悪いことをしてないのに，お父さんにたたかれた』．これを聞いたA君は『僕も一度でいいからお父さんにたたかれてみたいな！』」父を工事現場で亡くした子供さんのつづり方である．

たくさん稼いで元気に帰ってく

るのを楽しみに，故郷の家族もがんばっている．職員と作業員が一丸となって安全で効率の良い施工管理に努めなければならない原点がここにある．

現場では，朝礼・夕礼・月１回の安全大会など，作業員とともに行う行事がある．また，工事が一区切りついたときに，慰労会を開催する．

バタ角の上に敷かれた足場板に座っての焼肉パーティーである．民謡を歌う人，それに合わせて踊りだす人，カラオケですばらしい声で歌う人など，皆さんが芸達者であった．作業中・朝礼・安全大会・慰労会時に写真を撮り，帰省するときに最低でも５枚と決めて持ち帰ってもらった．写真を見ながら，家族の皆さん，とくにお子様と話しあう機会になればとの思いであった．帰省先から戻ってきた作業員から，お土産をいただき，「写真を見てみんなが喜んでいました」と語っていた．次の帰省が近づいてきたころ，「また，写真をお願いします」と頼まれるようになった．作業所内の和と信頼関係を築くことが大切である．

孤独に耐えて一人前の技術者となる

現場技術者は，発注者からの指示事項・地元対策・施工上の問題点と改善策・工事原価・工程管理などの業務を担当者と期日を決めて結論を出さなければならない毎日である．担当者は，良い案・アイディアが浮かばず結論を出せず孤独におちいることが多々ある．これを乗り切って，初めて一人前の技術者に育っていく．

行き詰まったときでも『トンネルと地下』などの技術・品質・安全に関する専門誌，新聞，社内報や業者さんなどとの会話の中に解決策があるものである．私も解決策に役立った記事と言葉をメモ・コピーして大事に保存し，悩んだときに読むようにした．このメモとコピーの一部を紹介する．

■プロとアマの違い

- アマは単純なことを複雑にしてしまい，セミプロは単純なことは単純に，複雑なことは複雑なままにしか取り組めず，プロは複雑なことを単純化できる能力を持つ者である．
- アマはマイナス要素が発生するとそれに輪をかけさらにマイナス要素を引き出してしまい，プロはマイナス要素が発生すると力まず，いつの間にかプラス要素に変えていってしまう．
- アマは素人，評論家，峠を過ぎたプロの意見にすぐ左右されてしまう．プロは他人の意見に素直に耳を傾けるが，その内容，価値基準は自ら判定し決断する．
- アマはこれがあるからできないと思い，プロはこれさえ乗り越えれば大丈夫と考える．

私の経験から２点付け加えると，プロには「礼儀正しさ」といつどこででも「幸せな気持ち」になれる想像力が重要だと思っている．

■管理者とは……

理想的な管理者や担当者像を追求していくと，あらゆる知識を有し優秀な能力を持つスーパーマンになっていく．人間はなにかに優れた才能を持ち，その分野では百点に近いスペシャリストになりえる．そのようなスペシャリストたちを束ねて正しい方向に動かすのが組織の運用である．このような運用に長けた人間が上級管理者である．必要なことは，正しい成果に結びつけようとする正しい習慣の蓄積であり，それは自己トレーニングで可能である．ちょうど九九の掛け算の暗記と同じように，くり返し努力するなかで身につくものである．正しくない習慣をテクニックとか応用問題と勘違いして一生懸命努力しても，いずれ誤りが露呈するばかりである．

■若い職員へのアドバイス

建設現場に出て接する多くの職人さんは皆さんより年長であり，作業についてはベテランだ．しかし，その職人さんたちに何をやらせ，何をやってもらうか．

効率よく仕事をやってもらうための知恵やアイディア，工夫といったものは皆さんがつくらなければならない．

■大先輩より戴いた教訓で心に残っているもの

- 胃が痛くなるような苦労をしない人間に何ができる．人間関係はどす黒くて陰惨なものであることと，それを乗り越えなくてはならないことを教えよ．
- 人間は，決断できなければ一人前ではない．決断には経験が必要だ．経験のない人間，または物事より逃げている人間は決断できない．

「生涯，勉強・努力，これが人生だと思っている．」

おわりに

作業所には，社長・支店長・安全管理者の方針が額縁入りで掲示されているが，私は作業所長方針の掲示も大事だと思っている．私は工事写真用の大きさの黒板に次の５項目の方針を記入して，現場間を持ち歩いてきた．

「私は現場管理者です」

① 仲間意識を持って作業します．
② 製品造りの基本を厳守します．
③ 時代に即応した価値観を持ちます．
④ 計画・実施・検討を励行します．
⑤ 物事には妥協しません．

これは私自身に言い聞かせている方針であるが，作業所全員にも知ってもらいたく掲示したものである．

シールド工事は，都市部の幹線道路下において24時間体制で施工されることが多い．したがって，地元対策・交通規制・環境対策など，シールド施工管理以上に心遣いが必要となり，職員と作業員は一致団結して物事に対処しなければならない．

最近では，自分が担当していた現場近くに出かけると，発進基地の場所などへ足を運ぶようにしている．他の土木工事と違ってマンホールの鉄蓋しか目視できない場合が多いが，その蓋を見ながら当時を思い出す．お世話になった地元関係者，監督員，職員，作業員の顔が浮かんできて，そのときの苦労を思い浮かべ，現地を去るころには「あの頃は緊張感があって楽しかったなー」と自然と笑顔になる嬉しいひとときである．

取り留めなく書いてきましたが，日夜良好な掘進を目指してご苦労されている皆さん，今の苦労と経験は必ず今後役に立つと信じ，施工法の改善，新技術への挑戦に前向きに努力されることと，現場で働く皆さんの家族のことまで考えて意志の疎通を図り，一致団結し初期の目標を達成されることを願ってやみません．

最後にこのような機会をいただいたことに感謝し，関係の皆様に心よりお礼申しあげます．

トンネルジャーナル

鹿児島東西道路は全区間シールドトンネルに

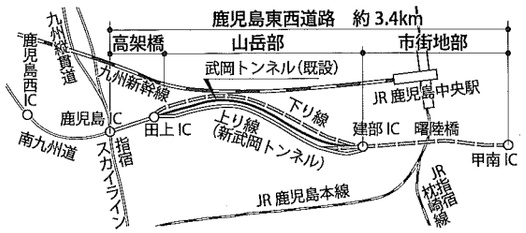
九州地整鹿児島国道事務所が設置した鹿児島東西道路整備検討会は，鹿児島東西道路の未整備区間について，全区間をシールド工法により施工する計画へ変更するとした検討結果をとりまとめた．

同事務所では，同道路の未整備区間について，2000年度に都市計画決定された内容を再検討するため昨年８月に検討会を設置，事業費の縮減，NATMによる新幹線トンネルへの近接施工，市街地部における開削工法による施工時の周辺交通への影響，JR線との交差部を施工(ボックス推進工法)するさいの曙陸橋から仮橋への交通切替えによる影響，施工時間の制約などについて検討を行ってきた．

とりまとめの結果，山岳部をNATM，市街地を開削工法とした計画を，全区間をシールド工法によるものとした．これにより新幹線トンネルおよび現武岡トンネルへの近接施工による影響が最小限になるとともに，JR線への影響も軽減されるほか，開削工法区間で生じる交通規制も回避される．また，終点部の甲南ICの設置に伴い，市街地を同道路と並行して流れる荒田川は該当区間が暗渠化される．

事業費の軽減策として，山岳部のトンネル構造をシールド工法により新設する案(約600億円)に対し，一般道である既設の武岡トンネルを，東西道路に転用のうえ自動車専用道とし，整備するトンネルを武岡トンネルから分岐するランプトンネルのみとする案(約570億円)を，代替案として挙げていたが，検討の結果，既設トンネルに分岐部を施工するさいに約40か月もの長期間にわたり供用停止を要することなどから経済損失が大きく，採用には至らなかった．

鹿児島東西道路は，九州縦貫自動車道，南九州西回り自動車道，指宿スカイラインの結節点となる鹿児島ICと中心市街地とのアクセス機能を強化するとともに，重要港湾である鹿児島港と連結することで効率的な物流ネットワークを形成し，都市交通の円滑化と交通渋滞の緩和を目的とする．早期の事業効果の発現のため上り線の新武岡トンネルが９月29日に開通しており，早期の全通が期待されている．





(上)鹿児島東西道路の計画概要　(下)９月29日に行われた鹿児島IC～建部IC間(新武岡トンネル)開通式の様子

日本学術会議　現時点でのILC計画実施は時期尚早

日本学術会議は，国際リニアコライダー(ILC)計画について，現時点では，同計画を実施するには時期尚早との見解を示した．

同会議はILC計画に関する学術的見地からの検討を文部科学省からの依頼にもとづき今年５月から行ってきた．発表された所見では，ILC計画は，学術的意義は十分に認められるものの，巨額の投資に見合うだけの，説得力のある説明がなされておらず，国民的な合意に至っていないこと，また，国内の実施体制，海外からの研究者の参加見通し，必要経費の国際分担の見通しなどの重要事項に関して不透明な点が多いことなどを指摘し，現時点でのILC計画の実施は時期尚早とした．同会議は諸課題の検討を２，３年かけて集中的に行うよう政府に提言しており，これをうけて文部科学省では，省内に作業部会を設置し計画の可否判断に向けた準備をすすめる．

ILCでは，加速器を設置するために地下100mの深さにに50kmの直線トンネルや中央研究所を置くキャンパスなどを整備し，数千人規模の研究者とその家族による都市が形成される．整備費は2007年のレートで7,700億円，建設国の負担はその1/2程度と想定されている．

連載講座

トンネルにおける地下水対策(４)

—シールドトンネルと地下水—

「地下水対策」連載講座小委員会

① はじめに

シールドトンネルと地下水を論じる場合に，２つの観点から整理する必要がある．すなわち，地下水対策という観点，次に地下水に関係する環境保全の観点である．

地下水対策(施工時)

- シールド切羽部
- シールドテール部
- シールド発進・到達時鏡開き部
- セグメントリング切拡げ部，その他

地下水対策(完成後)

- 継手からの漏水
- セグメント本体からの漏水
- 立坑取付け部その他からの漏水

周辺環境の確保

- 施工時の地下水汚染
- 地下水位低下
- ダムアップダムダウン現象

シールド工法で構築されるトンネルにおいて，トンネル内外が接する箇所は，施工過程においては，シールド切羽部分およびシールドテール部分が主である．また，シールドの発進および到達時では，出水事故が発生する可能性があり十分に注意をしなければならない．

一方，永久構造物であるセグメントでは，プレキャストまたは鋼製品を現場で組み立てて構築するため継手が存在し，漏水の多くは，この部分から発生している．セグメント本体部では，セグメントがコンクリート製の場合では，ひび割れや裏込め注入パイプ周辺からの漏水が考えられる．また，そのほかには，立坑とシールドトンネルの接続部，単線シールドトンネルにおいて相互を連結する連絡横坑部またはセグメントの切拡げ部などで，地下水が流入する弱点となる．

開削工法では，地下水が掘山内に流入しないよう遮水の土留めを構築し，またボイリングや掘削底面の盤ぶくれが発生しないよう，その先端を不透水層の地山に貫入することもある．そこで，地下水の流れが阻害され，地下水の流れの上流部ではダムアップ，下流ではダムダウン現象となることもある．シールド工法では，例えばトンネル下半部が不透水層，上半部が透水層に連続して構築される場合などでは，ダムアップダウン現象が生じることもあるが，まれな状況であろう．このようなことから，完成後のシールド工法は，周辺地下水への影響，地下水の低下や流動阻害など環境保全への影響が比較的出にくい工法である．

シールド工法では，切羽圧力を確保する観点から，ベントナイトまたは高分子系の添加材を使用，また，テールボイドによる沈下防止や地山とセグメントの一体化を図るために裏込め注入材を充填する．このような材料は，基本的には無機質系材料や時間の経過とともに消散する材料を使用することから地下水汚染に関して大きな問題とはならない．また，近接構造物の防護工を目的として薬

液注入を併用することもある．薬液注入工法においては，『薬液注入工法による建設工事の施工に関する暫定指針』を遵守するので大きな問題となることはない．そこで，本稿では，施工時および完成後における地下水対策を主に述べるものである．

② 施工時における地下水対策

2-1　シールド切羽部における対策

シールド工法の採用実績(2002～2011年)を図-1に示す．これによると，泥土圧工法および泥水工法，すなわち密閉型シールド工法の採用が95%を超えており，開放型シールド工法は現在ではごくまれな工法となっている．開放型シールド工法では，切羽からの出水を防止するため圧気を用いることが多く，漏気の噴発現象がまれに発生していた．しかし，現在においてシールドトンネルは密閉型シールドを採用することが多く，適切な切羽圧管理，裏込め注入量および圧力の管理を行えば周辺の地下水位を低下させることなく施工が可能となっている．

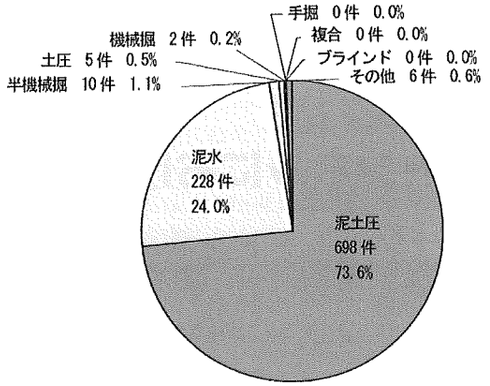


図-1　シールド工法実績[1)]

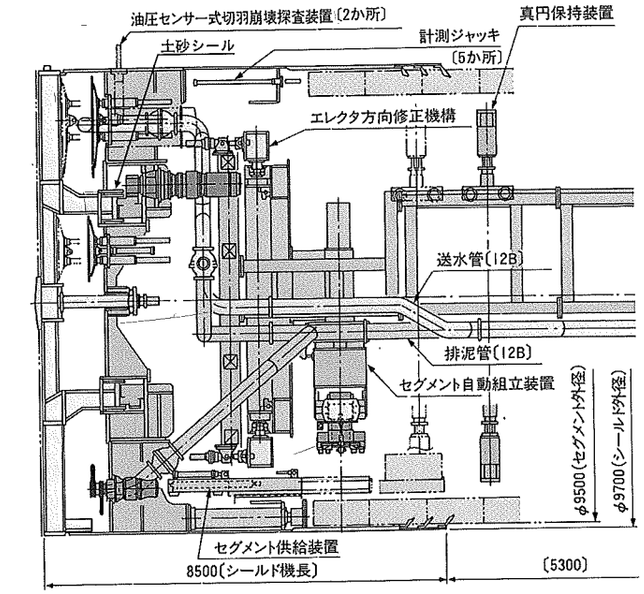


図-2　泥水シールド[2)]

シールドの発進および到達部では，地山部分と大気部分が接する箇所であり，出水事故が発生する可能性が高い部分である．立坑側壁とシールド鋼殻または構築されたセグメントリングのクリアランスからの地下水の流入を防止するため一般にエントランスパッキンを配置している．エントランスパッキンには，写真-1に示すようなフラッパー型エントランスパッキンが用いられることが多い．

図-5は3連マルチシールドの例であるが，このような多円形シールドの場合では，曲率が反転する部分があるためエアチューブが使用されることもある．

鏡切り時には，地下水だけではなく土圧も鏡面に作用するため，その対策工として，地盤改良工法や直接切削工法がある．地盤改良工法には，止水注入工法，高圧噴射攪拌工法，凍結工法などがある．また，直接切削工法では，立坑の鏡箇所に，シールドで直接切削可能な材料を配置して地盤改

泥土圧シールド工法では，土砂搬出口から地下水や土砂が噴発することもあるが，スクリューコンベヤのプラグ効果を評価し，その長さを適切に与えることで，その問題を回避することができる．プラグ効果の計算例を式(1)および式(2)に示す．隔壁とスクリューコンベヤの接続部分には，切羽圧が作用するが，泥土を排土するためには，その排土口で大気圧まで減圧しなければならない．スクリューの羽根内に存在する泥土がその減圧に寄与するが，経験的にその効果は羽根数に比例する．

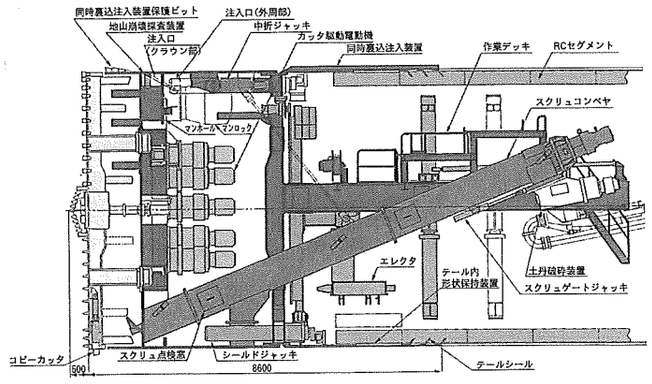


図-3　泥土圧シールド[3)]

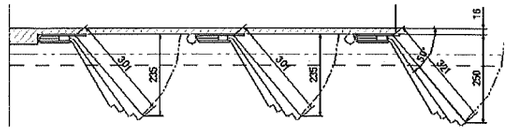


図-4　テールブラシの例

$$\Delta P = P_s \times n \quad (1)$$

$$L_s = P \times 0.8D / P_s \quad (2)$$

ここに，

ΔP：減衰水圧(MPa)

P_s：スクリューの羽根1ピッチあたり減衰圧力(MPa)(0.02～0.03MPa/ピッチ)

n：スクリュー羽根ピッチ数

L_s：スクリュー長(m)

P：切羽圧(MPa)

D：スクリュー径(m)

大深度のように水圧が高い場合には，二次スクリューなどの採用でプラグ効果の十分な発現を期待する場合や土砂圧送を行うことで噴発を防止していることが多い．また，チャンバ内の掘削土砂に補助材を，スクリュー内に薬材を投入してよりプラグ効果を高めるCPS工法(Chemical Plug Shield Method)という工法もある．

2-2　シールドテール部における対策

シールド工法の特徴として，シールドテール内でセグメントを組み立てるため，シールドテール部分から地下水が坑内に流入する可能性がある．テール部では，ワイヤブラシおよびテールグリス封入圧により地下水やまだ固まらない裏込め注入がトンネル内に流入することを防止している(図-4)．

また，セグメントの継手のトンネル周方向(リング継手)には面取りを設けるが，トンネル軸方向(セグメント継手)の地山側には，大きな面取りを設けず，その部分から漏水することのないよう対策を行っている．

2-3　発進・到達部における対策

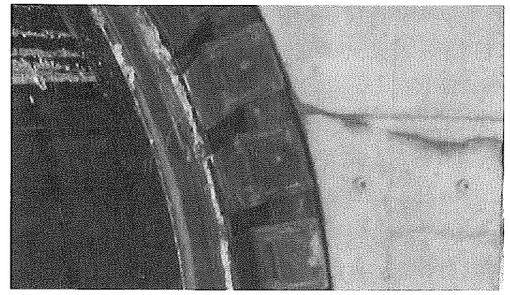


写真-1　フラッパー型エントランスパッキン

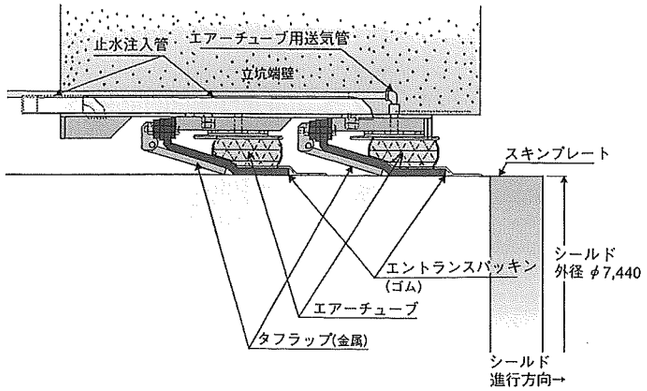


図-5　エアチューブ型止水[4)]

良を最小限とするものである．NOMST工法は，土留め壁の鋼製芯材の代わりに炭素素材，通常のコンクリートの代わりに石灰石粗骨材を使用したコンクリートを配置して，シールドのビットの摩耗を抑制するものである．また，SEW工法は，土留めの一部にFFU材料(Fiber reinforced Foamed Urethane)を配置するものである．直接切削工法では，止水注入工法を最小限にできる一方，条件によって素材の大割れが発生して，シールドの排泥部で閉塞を起こす可能性もあるので注意をしなければならない．

地盤改良工法と地下水の関係を論じる場合，凍結工法は，とくに地下水と重要な関係にある．粘性土地盤では凍結する過程において凍土が膨張するいわゆる凍土現象が発生する．砂質土の場合は，排水型凍結となり，凍結領域の間隙水を外に排出することとなるが，粘性土の場合は，周辺の地下水を吸収して凍土内部で膨張し，周辺の地山に凍結膨張圧力が作用することとなる．そのメカニズムは**図-7**および以下に示すとおりである．間隙水は，氷点温度で凍結するが，土粒子の周辺には吸着水が存在し，この吸着水は凍結工法で使用される－20℃程度の温度では，氷結することはない．そのため，未凍結地盤内の地下水を凍土内に吸引しアイスレンズを造るため，凍結膨張が発生する．この膨張率は，粒度構成や凍結時間にもよるが，5％以上，場合によって10%以上となり，近接構造物の変状や立坑に作用する荷重を増長させることもある．このような場合には，凍土の周辺の地盤に応力解放孔を設けるなどの対策工法を実施しなければならない．

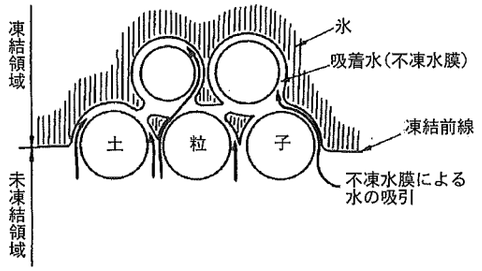


図-7　凍結膨張のメカニズム[6]

2-4　セグメント形状における注意点

平成24年２月に倉敷市のシールド工事現場で発生したシールドトンネルの水没事故は，シールドの安全神話を崩壊させる重大な出来事であった．密閉型であれば先に述べたように軸受けシール部，シールドテール部に，また泥土圧式シールドであればスクリュー排土口からの止水対策を行って適切な管理をしておけば，出水事故はおおむね防止できていた．この事故を受けて国土交通省では，「シールドトンネル施工技術安全向上協議会」を開きその原因究明と今後の対策を議論して『中間とりまとめ』が発表されている．現状では原因を特定するに至っていないが，『中間とりまとめ』で，「コスト低減・工期短縮を優先としたと考えられる設計と様々な現場条件の中での施工により，設計で想定できていない不確定な要素が事故の誘因となっていると考えられる．」[7]と記載されている．これは，適用されたセグメントの寸法形状の不適切さを示唆していると思われる．東京メトロにおける鉄筋コンクリート製セグメントの設計では，小泉淳・早稲田大学教授のセグメント幅の研究や東京メトロによる現場計測などから，セグメント幅(B)とセグメント厚さ(h)の比(B/h)を５以下としている．$B/h=5$を大きく逸脱する鉄筋コンクリート製のセグメントの適用にあたっては，セグメントのねじり剛性低下や版としての挙動に関してその安全性を十分に検証しなければならない．上記のようなことから，副都心線のセグメントは，施工性と経済性の両者を鑑み，セグメント厚さ320㎜に対してセグメント幅1,600㎜の寸法形状としている．

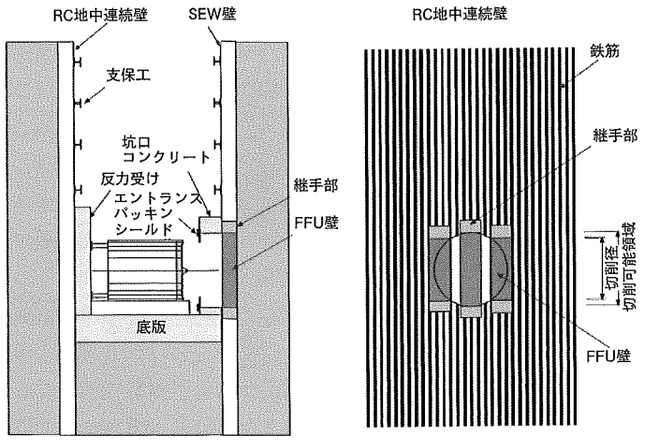


図-6　直接切削工法の例[5]

③ 完成後における地下水対策

3-1　水がトンネルの耐久性に与える影響

コンクリートの中性化は，空気中の炭酸ガスによる影響でアルカリ性から酸性に移行するもので，コンクリートの強度に大きな影響は与えないものの，経年的には鉄筋の不動態被膜が破壊され鉄筋の腐食が速くなるという現象につながる．コンクリートの中性化は，湿度50～70%でその進行速度が速くなると言われている．この炭酸化反応は，細孔溶液中に存在する炭酸イオンあるいは重炭酸イオンと水和物との反応とされている．その進行には水分が必要になるということである．また，鉄筋コンクリートにおける鉄筋の腐食は，あるトンネルの調査では，漏水がある箇所とない箇所では，あきらかにその腐食度は前者が高いという結果が出ている．上記の事象は，トンネルのデザインライフを長くするという観点からは，中性化や鉄筋腐食の抑制のため極力漏水を少なくしてトンネル内の絶対湿度を少なくしたほうが良いことを示唆している．そこで，貴重な財産である社会資本をより長く使用するためにもトンネル内に流入する地下水を抑制すべきである．

3-2　セグメントの防水対策

完成後における地下水対策を行う箇所は，大きく分けて，セグメント一般部と立坑取付け部に区分できる．セグメント一般部における漏水は，**図-8**に示すように，裏込め材，セグメントの継手部またはセグメント本体部，二次覆工を経る．裏込め材は，経年による材料の収縮もあり完全な防水層として期待はできないが，地下水とセグメントの緩衝材としての効果は発揮する．最近では二次覆工を省略することが多いので，防水トンネルを目指すには，セグメントにおける止水を十分としなければならない．鉄筋コンクリート製セグメントの場合，ひび割れがないものと仮定すれば，その透水係数は，10^{-11}cm/secオーダーであり，おおよそ不透水層とみなすことができ，高炉スラグ微粉末を混入させることで，さらに透水係数を小さくすることが可能である．一方，裏込め注入孔や継手金物周辺では，コンクリートの収縮によりひび割れが生じやすく，水みちになりやすい．そこで，その部分にあらかじめ止水材を配置するなどの対策を行う必要がある．上記のように漏水のその多くは，継手を経由するものがほとんどであり，継手部分の止水対策がより重要なものとなる．継手部分の止水はシール材を貼付することで，その性能にその効果を期待をしている．シール材の形状や材料の変遷を**図-9**に示す．従来は非水膨張型が主流であったが，1980年頃からそれに代わり水膨張型が採用されはじめてきた．水膨張型は，シール材が水膨張を行うことでシール材とセグメントの接着面に圧縮力が生じ，水圧がその圧縮力

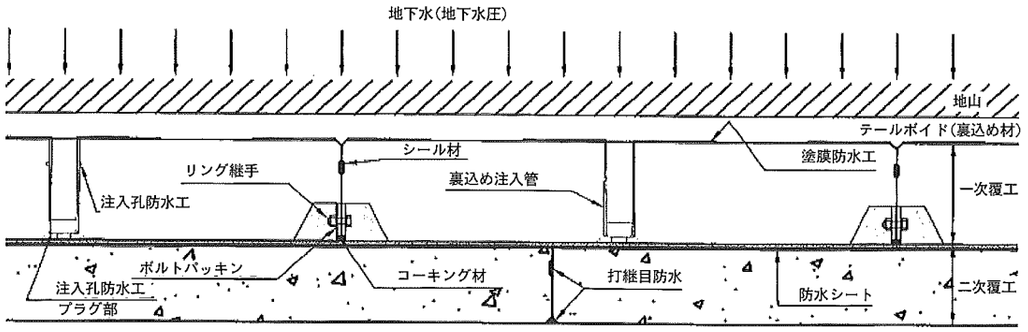


図-8　セグメント部の防水[8]

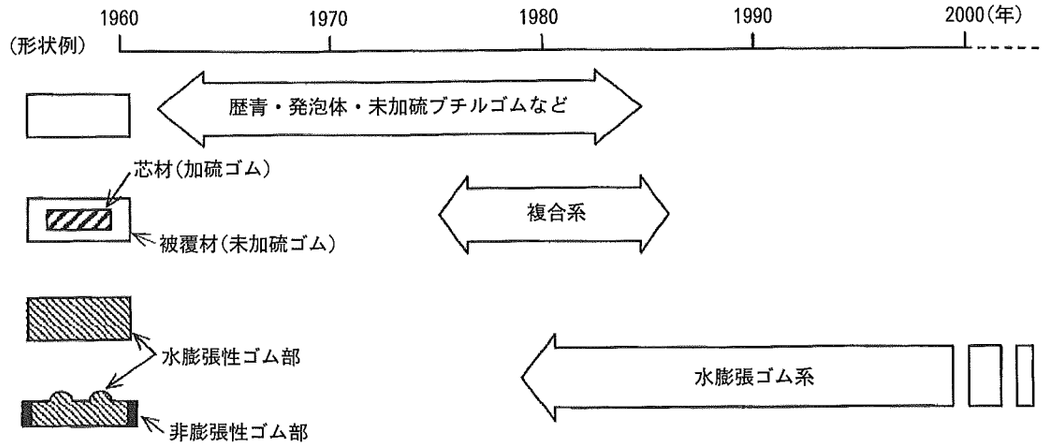


図-9　シール材の変遷[9]

以下であれば止水効果を発揮するという考えのもとに開発されたものである．これに移行する段階で，水膨張シール材の耐久性，すなわち，シール材が膨張している状態での膨張成分(例えば，高吸水性ポリマーなど)の溶出に問題があるのではないかという指摘があった．その後の長期耐久性実験結果がなされているものの，実現場に適用されたのが約30年前で，未だ50年以上経過していないため，その課題が解決されたとは言いがたい．水膨張シール材は，接着面の圧縮力で止水効果を発揮しているため，セグメントの止水設計では，継手の目開きと膨張率を制御しなければならない．通常使用されているシール材では，目開き３㎜程度であれば，１MPa程度の水圧に十分耐えうる．また，シール材の膨張率とシール溝の配置箇所の関係も重要である．シール溝が極端に外(内)縁側に配置され，そこに必要以上に膨張するシール材を貼付すると，その膨張圧力により，セグメント外(内)縁部で直線押し抜きせん断破壊が発生して，止水機能が失われ重大な出水事故につながることもある．止水設計の段階で，接着面の圧縮力と押し抜きせん断抵抗値の関係を照査する必要があるが，膨張率300％を超えるシール材の使用は避けたほうが良いと考えられる．シール材の配置は，セグメント厚さとの関連もあるが，可能であれば２段配置とするほうが望ましい．止水設計を行う場合，このように二重の対策を行うことが基本となる．ある漏水箇所に止水対策を行うと，次の箇所から漏水が新たに発生するように，次々と弱点から漏水が発生する．そこで，第一次止水対策に加え，第二次止水対策を考えるべきである．このようなことから，東京メトロにおいては，継手面のシール材の配置は，２段配置を標準としている．一方，セグメント内面側のコーキング溝には，従来，必要に応じて止水材を施工していた時期もある．しかし，止水材の脱落や他の箇所に漏水が新たに発生することから，防水に関しては２段のシール材で対応し，それでも漏れてくる水は，導水を行うこととしている．導水構造を形成するために，**図-11**に示すような逆M字形のばね用ステンレス鋼材(材質SUS304)を配置する．なお，図中の点線は製作時の形状，実線はコーキング溝内へ定着時の形状を示している．

3-3　トンネルと立坑との接合部の対策

シールドトンネルと立坑との接続部は，その構造の違い，また，施工の違いから地下水が流入しやすい弱点箇所となる．**図-12**にその接続部の取付け構造の例を示す．セグメントと場所打ちコンクリートの間にシール材を配置した止水対策を基本とするが，あらかじめ有孔導水管を配管しておき，トンネル上部からの滴水を防止する．なお，このような配管をしておけば，この配管から止水ウレタン材などを注入すれば，止水は可能となる．このように，止水上の弱点が明確な箇所には，施工に先がけて，有孔管を配管しておくと，将来，役に立つ場面もある．

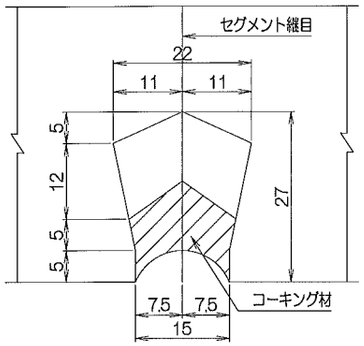


図-10　コーキング溝の導水[10]

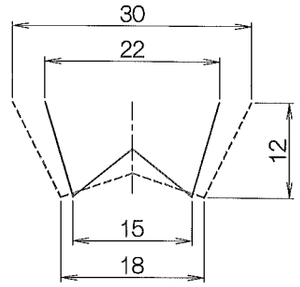


図-11　導水形成用ばね[10]

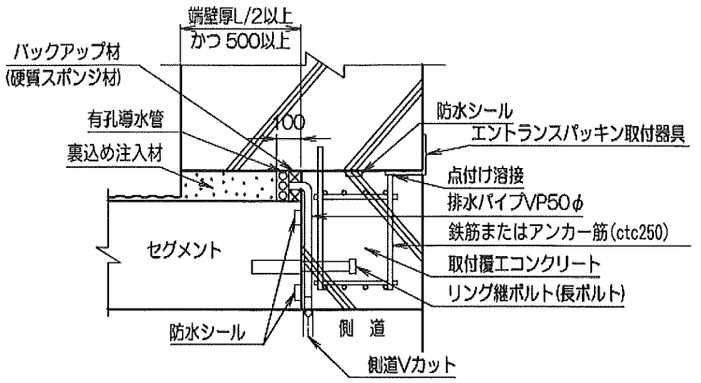


図-12　立坑取付け部構造の例[10]

④　地下水位とセグメントに発生する応力

セグメントリングに発生する曲げモーメントは，むしろ地下水位が低い方が大きくなる傾向にある．これは，トンネルが受ける鉛直方向荷重と水平方向荷重のバランスに起因する．すなわち，その両方向の荷重が等しければ，曲げモーメントは発生せず，トンネルは軸力のみを受ける部材となるからである．このように，トンネルが受ける水圧とセグメントの断面形状には，密接な関係がある．地層構成で粘性土層と砂質土層の互層となっている場合，表面地下水位，第１帯水層や第２帯水層の地下水位がそれぞれ異なることが多い．そこで，シールドトンネルの設計を実施する場合の事前土質調査では，シールドが通過する土層の間隙水圧を正確に把握することが肝要となる．

⑤　おわりに

トンネルの施工は，一般に地下水との戦いと言われている．今後，３大都市圏を対象とする「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」の法律を適用するトンネルでは，さらに高い水圧を受けることとなり，従来の浅いトンネルの感覚で設計や施工を行うと，大きな事故を起こす確率は高いと考えられる．これは，セグメントの設計で言えば，従来は常時の土水圧でセグメントの形状・寸法が定まっていたが，地下水圧が高くなるとともに，切羽圧，シールドジャッキ推力や裏込め注入圧も高くなり，このような施工時荷重でセグメントの断面が決まってくる可能性が高くなる．言い換えれば，深いトンネルでは，土圧よりも水圧の影響が大きく，また想定水圧はバラツキがなく必ず作用するということである．また，最近では，密閉型シールドがほとんどであるため，その施工の現場は，土木工事の現場と言うよりも，むしろ機械を使用する工場という印象が強い．そこで，トンネル屋は，トンネル施工の基本である常に変化する地山や地下水の状態を把握するということを忘れがちになってはいないかと危惧している．切羽や裏込め注入の状態を監視するとともに，セグメントの組み立て状況やその組み立て精度を十分に見ることが，良いトンネルの構築につながることを再認識したい．

(文責：水上博之・メトロ開発(株))

参　考　文　献

1)　シールド工法技術協会：シールド工法実績グラフ（ホームページより抜粋）．

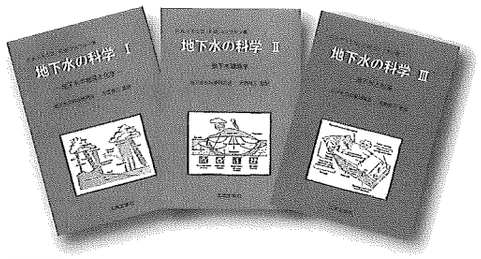
2）帝都高速度交通営団：営団地下鉄７号線向丘工区土木工事，パンフレット．
3）東京地下鉄株式会社：地下鉄13号線高田B線工区土木工事〔泥土圧シールド工法〕，パンフレット．
4）帝都高速度交通営団：地下鉄11号線(半蔵門線)清澄工区(仮称清澄駅)，パンフレット．
5）錢高組・積水工業：シールド発進到達用土留め壁(SEW)工法，設計施工指針，p.10，1999.6.
6）日本建設機械化協会：地盤凍結工法，計画・設計から施工まで，p.17，1981.12.
7）国土交通省大臣官房技術調査課：シールドトンネル施工技術安全向上協議会中間とりまとめ，p.14，2013.3.
8）地盤工学会：シールド工法，地盤工学・実務シリーズ29，p.191，2012.2.
9）地盤工学会：シールド工法，地盤工学・実務シリーズ29，p.68，2012.2.（営団施工時期にあわせて，ブチルゴムの使用年代を修正）
10）東京地下鉄：一般設計図並びに標準図，p.75，2008.4.

■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などをわかりやすく解説した．



第Ⅰ巻　地下水の物理と化学
4,078円＋税　B5判
■序論■岩石における空隙の起源と透水性■地下水の動き■岩石の弾性的な性質と流れの方程式■水理試験（モデル，方法と応用）■溶質と粒子の輸送■汚染物質の水理地質学入門

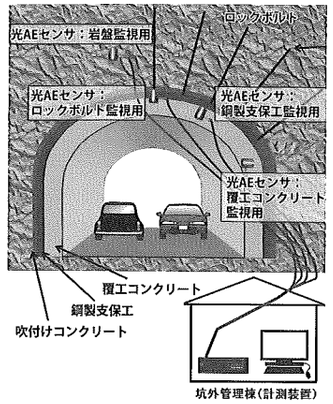
第Ⅱ巻　地下水環境学
4,272円＋税　B5判
■地下水の化学■化学反応■物質輸送の数学理論■地下水による物質輸送（水質編）■地下水による物質輸送（地質編）■物質の輸送のモデル■輸送プロセスとパラメータ同定■水質浄化対策

第Ⅲ巻　地下水と地質
3,689円＋税　B5判
■水資源■堆積盆水循環における地下水■地殻における地下水■地下水流動における熱輸送

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

工法・技術・製品ニュース

製品　トンネルなどの維持管理用モニタリングツール



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

大林組は，トンネルなどインフラ構造体の維持管理を対象に長期にわたりモニタリングができる「光式AEセンサー」をレーザックと共同開発したと発表した．

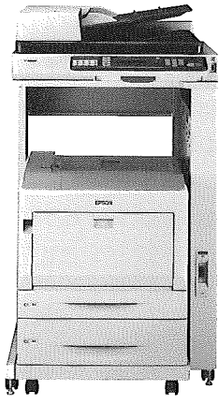
トンネルや大規模地下空洞工事では，発破や掘削によって岩盤は大なり小なり「ゆるみ」と呼ばれる損傷を受ける．掘削完了後，年を経ることで地震や地下水変動，さらには岩盤の微小な変位によって「ゆるみ」が拡大したり，断層などの脆弱な箇所に力が集中したりすることがある．その結果，覆工コンクリートの亀裂や岩盤崩落が生じる原因となる．

岩盤やコンクリートの損傷範囲状況を面的・立体的に捉える技術として，アコースティック・エミッション(AE)が知られるが，従来のAE計測技術は電気式であるため，高湿度条件下や可燃性ガス噴出環境下での適用が課題で，施工から維持管理に至る長期間での適用は難しかった．

今回，両社ではセンサー素子と信号経路に光ファイバを利用することで電気を全く利用しない新しいタイプのAEセンサーを開発．その結果，高湿度条件下や可燃性ガス噴出環境下など監視が困難な場所でも特別な処置を施すことなくAE計測ができるようになり，長期モニタリングが可能となった．

波方国家石油ガス備蓄基地の岩盤健全性モニタリングに「光式AEセンサー」を適用し，その信頼性を確認した結果，設置後５年を経過した現在も，正常に稼働しており，伝送トラブルなどもないとしている．

製品　30枚/minの高速印刷を実現したA3カラー複合機新登場



LP-M8040PS

EPSONプリンター購入ガイド
インフォメーション
TEL 050-3155-8100
http://epson.jp/bizprinter/

エプソンはA3カラーページ複合機の新商品として，「LP-M8040シリーズ」を発売した．

同機は，プリント，コピー，スキャン，ファクスを１台で行うことができる複合機で，従来モデルから，カラー出力を30枚/minに向上させ，共有プリンターとしてストレスなく使える印刷スピードを実現した．また，60万枚の耐久性により，印刷枚数が多い事業所でも安心して使える．設計図や完成予想図などの図面を取扱う建設業などにも使いやすい．

また，パソコンから直接ファクス送信が可能な「PC ファクス」機能に，Excel や MicrosoftR Word など異なるアプリケーションで作成した複数のファイルを１度にまとめて送信できる「まとめてファクス」機能を追加し，より使いやすくなった．ファクス搭載モデルはLP-M8040F，LP-M8040PSとなっている．

コピー機能には，裏写りがなく見やすく鮮明にコピーができる「高精度背景除去機能」を搭載しており，両面原稿や下地に色のある原稿でも，背景の裏写りや用紙の地色を除去して見やすくコピーすることが可能．

Adobe純正PostScript 3 対応のPost Scriptモジュールがオプションで用意され(LP-M8040PSは標準添付モデル)，プラットホームを問わない高い互換性で高度なイメージ処理を実現できる．

トンネルワールドニュース

（社）日本トンネル技術協会
国際委員会

Herrenknecht社の掘削機がスイスの水力発電トンネルの掘削を完了

Herrenknecht社のTBMは，スイスLimmernにある揚水発電所の２本目となる傾斜40度の導水路トンネル掘削を成功裏に完了した．同社は同国Marti Tunnelbau社と共同開発した安全機構により，急峻な地形における工事を遂行した．発電機（海抜1,700m）からMuttsee湖畔の取水口（海抜2,300m）まで延長1,030mのトンネル２本を直径5.2mのTBMが硬岩を掘削した．岩種は主にQuintner石灰石で強度は120MPa，40度の傾斜（84.7%）は複雑な支保や岩安定処理が必要であり，さらに130m，800tのTBMがグリッパが外れたときに滑り落ちないような安全機構も必要であった．これは特別に開発した冗長性の高い突張りを備えた二重の逆送防止装置である．同社は，掘進・静止・グリッピングのいずれのときでも３つの逆送防止装置のうち最低でも２つが独立に作用して地山に突張ることで人・機械・構造物のいずれの安全性も確保できたと述べている．

同機は2010年から１本目の掘削を開始し，最大掘進速度130m/週で2011年に完了している．そしてカッタヘッドが取り外され土圧チャンバから予備ヘッドが引き出され，2012年から２本目の掘削にかかり，最速133m/週で2013年３月に掘削を終えた．同発電所は2015年から稼働する予定で，現在のところスイス最大の水力発電プロジェクトである．

（WT　'13.5　担当：清水健志・鉄道・運輸機構）

湾岸横断道路掘削にφ14.5mのTBMを採用

５月初旬，ニュージーランド運輸局（NZ Transport Agency's）は，延長2.5kmのオークランド湾横断道路双設トンネル掘削に使用するTBMメーカーと協定を結んだ．このことで工事進捗がさらに前進した．外径14.5mのTBM掘削はニュージーランドで初めてであり，世界でも10台の大型マシンの１台となる．TBMは工事金額11億6000万USドルのトンネルのために特注された．もちろんニュージーランドの歴史上最大級の道路工事だ．「このサイズのTBMとこのサイズのトンネルはニュージーランドではかつて見たことがない．」と運輸局の道路マネージャは言った．2012年の中旬に深さ30mの南行き線坑口トレンチ掘削工事（道路アプローチ斜路区間）とTBM発進立坑掘削を開始した．掘削開始から深さ15mまでは火山性の硬岩層で発破掘削により施工した．それぞれ2.5kmのTBM南北線トンネル掘削はその硬岩層下部の湾岸東側の軟弱粘土層を掘進する．南行き線TBMは約１年で到達坑に到着する．その姿はまるで海中から顔をだすようだ．その後，到達坑で回転し，さらにオークランド湾を望む帰りの北行き線掘進をする．既に到達坑の工事も開始している．

（T&T　'13.5　担当：篠原慶二・前田建設工業（株））

建設工事の地質診断と処方

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

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

海外文献速報

（社）日本トンネル技術協会
国際委員会

Nick Barton からのWittke氏とSommer氏への意見/A measured response

World Tunnelling, Sep, 2011, pp.13–17

『World tunneling 2011年８月号』に掲載された「Designs in Jointed Rock」の中で，Wittke氏とSommer氏はQシステムの欠点について指摘しているが，これに対するNick Bartonの反論を以下に紹介する．

（１）　*RQD*の評価（Wittke & Sommer）

*RQD*は，*Q*値算出のための重要なパラメータであるが，その評価はボーリングの手法に依存し，不連続面と穿孔方向により全く異なる評価となるため，*RQD*による岩盤評価は非常に限られた範囲となる．

実例として，同地点におけるボアホールカメラで撮影した写真（*RQD*＝100%）と採取したコアの写真（*RQD*＝０%）を比較している．

■Bartonの意見

*RQD*の評価に使用したコア写真では，コアの回収方法に問題があったか岩石の強度不足により100㎜以下に割れているように見受けられる．また，評価に関してはDeereの提案に従い再考する必要がある．

（２）　支保部材選定のあいまいさ（Wittke & Sommer）

経験的に求められた*Q*値とロックボルト間隔の関係図からは，両者に明瞭な相関が見られないにもかかわらず設計時にはロックボルト間隔を決定する必要があるため，Qシステムによる支保部材の選定は信頼性に欠ける．

■Bartonの意見

トンネルの支保の設計に際しては，さまざまな支保の組み合わせによりバランスのとれた設計を行っており，*Q*値のみでロックボルト間隔を決めているものではない．また，多くの設計者はボルト間隔に関してさまざまな手法を用いており，系統的な設計手法は確立されていない．

*Q*値にもとづいて支保を選択するのは保守的であり，信頼性は低いかもしれないが，Qシステムで設計したトンネルで崩壊した例はなく，逆にドイツ国外でFEMによって設計されたNATMトンネルが崩壊した例がいくつかある．

（３）　節理の方向性を考慮していない（Wittke &Sommer）

Qシステムでは節理の方向性を考慮しないため，同じ条件では節理の方向性にかかわらず同一の支保パターンとなる．

節理が水平の場合と鉛直の場合ではトンネル周辺のせん断応力に大きな違いが生じ，吹付けコンクリートに発生する応力も異なる．

■Bartonの意見

写真-1の写真（左）に示す水平な節理を持つ岩盤では*SRF*＝5

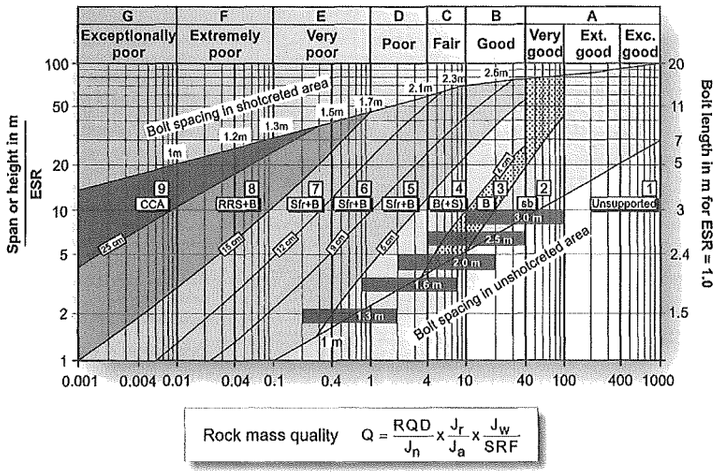


図-1　支保工選定表

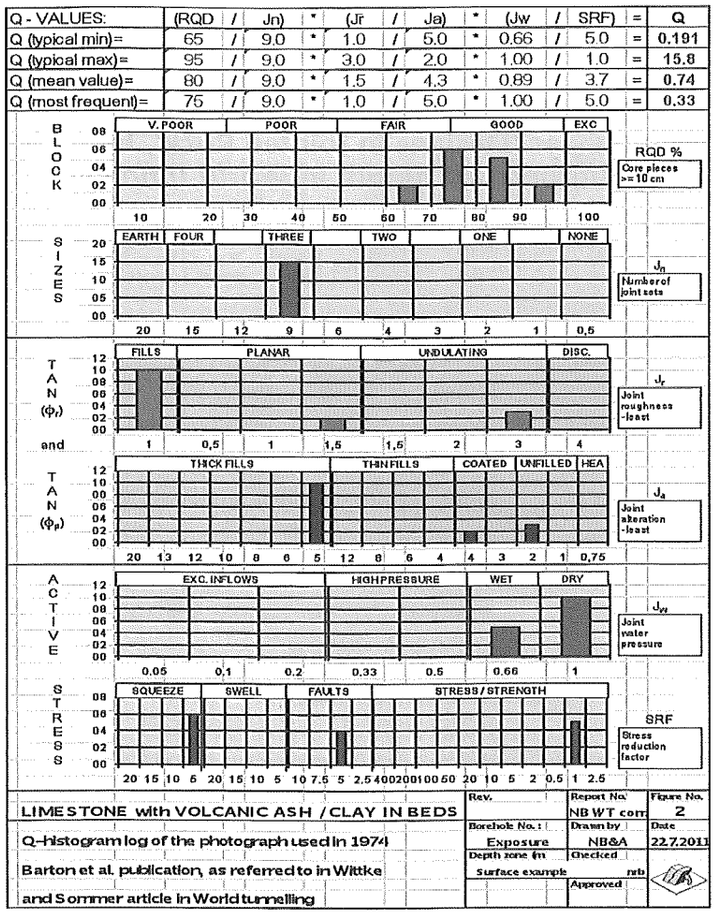
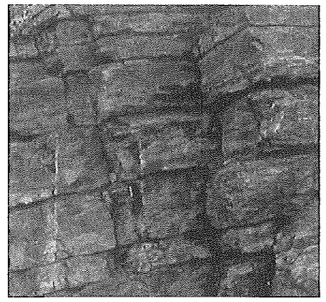


図-2　Qヒストグラム



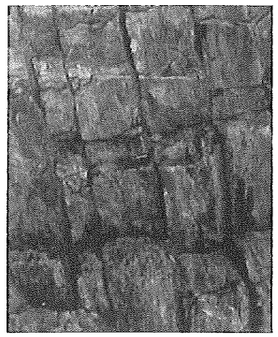


写真-1　水平な層状岩盤(上)
90度回転させた写真(下)

また，Q値は深度によっても異なるので注意が必要である．

Q値が節理の方向の影響を受けないというのであれば，主観性を持ってその証拠をFEM解析で示すべきである．トンネルであるが，これを100度回転させた場合は，低強度の介在物の影響でトンネルアーチ部に大きな荷重が作用すると考えられるため$SRF>5$となる．トンネルの設計は，経験と知性をもって行うことに留意する必要がある．

（文責：林　伸幸・佐藤工業(株)）

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

1. 原稿は弊社ホームページ(http://www.tunnel.ne.jp)に掲載されている投稿規定により執筆して頂きます．
2. 原稿のボリュームは，原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む)．
3. 原稿掲載の採否は，本誌編集委員会で審査のうえ決定します．
4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお支払いいたします．
5. 原稿は，原則として返却いたしません．

（注：「現場だより」の投稿は受付けしておりません）

送付先　株式会社土木工学社 編集部 投稿係
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16　メイジャー神楽坂
電話（03）3267-2888(代)

一般社団法人
日本トンネル技術協会
会　報

1. 会員の現状

	9月30日現在
団体会員	209名
個人会員	873名
推薦会員	212名
特別会員	14名
名誉会員	0名
賛助会員	128名

2. 委員会の開催状況（9月1日～30日）

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会会誌WG(9/4)

大島洋志主査ほか11名，10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(9/13)

清水健志主査ほか12名，トンネル工事の現況2014年度版作成方針を検討

海外文献小委員会海外ニュースWG(9/27)

清水健志主査ほか6名，英文原稿を査読

◎40周年記念事業実行委員会

40周年記念事業実行委員会(9/3)

木村宏委員長ほか17名，設置趣旨および実施方針・項目を検討

40周年記念事業実行幹事会(9/18)

久多羅木吉治幹事長ほか12名，統一テーマおよび実施項目を検討

計　5回開催　63名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

安全環境小委員会シールドトラブル事例調査WG(9/17)

石村利明主査ほか6名，報告書(案)を検討

安全環境小委員会自然由来重金属文献調査WG(9/18)

津金昭一主査ほか9名，報告書(案)を検討

◎受託研究特別委員会

シールドトンネル補修補強対策検討委員会(9/17)

小泉淳委員長ほか23名，作業方針を検討

広域地盤隆起対策特別委員会(9/30)

小泉淳委員長ほか20名，安全性と対策工を検討

計　4回開催　62名出席

合計　9回開催　125名出席

3. 国際会議の開催予定

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

＊論文募集に関する詳細は事務局(担当：関)までお問い合わせください．TEL：03-3524-1755　FAX：03-5148-3655

4. 平成25年度催物開催現況

(平成25年９月現在)

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(現場研修会)				
横浜市下水道トンネル工事現場研修会 —中部処理区本牧第二幹線—	2013. 5.16	20	神奈川県	2.5
東北道路トンネル現場研修会 —国道106号新川目トンネル—	2013. 5.27	25	青森県	2.0
中部地区道路トンネル現場研修会 —県道牛川トンネル(仮称)，新東名乗本トンネル—	2013. 6. 7	27	愛知県	3.5
中国地区道路トンネル現場研修会 —東広島・呉道路金剛山トンネル—	2013. 7.18	16	広島県	1.8
北海道道路トンネル現場研修会 —道道西野真駒内清田線(こばやし峠)トンネル—	2013. 8. 1	16	北海道	1.8
相鉄・JR直通線西谷トンネル現場研修会 —西谷トンネル—	2013. 9. 3	30	神奈川県	2.5
五反田川放水路トンネル現場研修会	2013.10.11	30	神奈川	2.0
(施工体験発表会)				
第72回(山岳)「課題克服に取り組んだ工事—周辺環境への配慮，創意工夫，効率化—」	2013. 6.25	155	東京都	4.6
第73回(都市)「都市における創意工夫・新技術による地下構造物の施工事例」	2013. 6.26	93	東京都	5.3
(講演・講習会)				
第15回ステップアップ研修会(シールド部門)	2013.10. 2, 3	26	東京都	13.0
第16回ステップアップ研修会(山岳部門)	**2013.12. 5, 6**	**30**	**東京都**	**9.9**

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

第16回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)

事業委員会

山岳トンネルの経験が，５年から10年程度の新進気鋭の中堅技術者を主な対象とし，トンネルに関する技術力の向上を図るとともに，若い技術者同士の交流の機会を提供する場として，トンネル技術ステップアップ研修会を下記のとおり開催いたします．少数を対象とした実践的な講義内容となっており，大変有意義な研修になると存じますので，奮ってご参加下さいますようご案内申しあげます．

開 催 日：平成25年12月５日(木)，６日(金)
会　　場：日本印刷会館２階「201会議室」　住所：中央区新富１丁目16番８号
研修内容：初　日：調査と実際の乖離，設計と実際の乖離，補助工法とトラブルなどについての講義と討論会(主として現場での課題について)
二日目：「膨張性地山，崩落性地山，大湧水地山，地質想定困難な地山でのTBM施工」におけるトンネル工事で学んだこと，類似工事で対応すべきことの講義
定　　員：30名
参 加 費：会員36,000円，一般60,000円(教材代，消費税含む)
そ の 他：研修内容のプログラム，申込方法，支払方法の詳細はwebサイトをご参照願います．

「シールド工事格言集(シールド技術者心得)」の紹介

技術委員会都市トンネル小委員会

本会のホームページには，会員からご提案いただいたシールド工事にかかわる格言491件を50件に集約し「シールド工事格言集(シールド技術者心得)」として格言(心得)とその解説をPDF形式で掲載しています．シールド技術の伝承に大いに役立てていただきたいと思います．一例として格言(心得)を下記に列記します．

なお，協会団体会員加入会社には特典として，希望者に対し加工できるデータ(Excel, Word)を提供いたします．希望者はメールでご連絡願います．

＜一例＞
No.3　先輩の，耳に痛いが役立つ小言！　多々はずれ，しかし斬新，若者思考！
No.41　目開き，目違い漏水の元！　セグメント組みで決まる止水の良否．
No.42　土丹にも水あり！
No.43　泥水品質管理は，比重と粘性のみにあらず！
No.44　塩分，セメント成分の混入が招く泥水劣化！　掘進前にリフレッシュ！
No.45　地盤改良，過信は危険！　忘れずに効果の確認，対策準備．
No.46　気をつけろ！　凍土解凍，地盤の緩み．
No.47　一次覆工，出来栄えでわかる腕の違い．
No.48　セグメント，大事に扱え「箱入り娘」．
No.49　二次覆工，気を緩めずに最後まで！
格言(心得)集は，番号により整理され解説も記載しています．
http://www.japan-tunnel.org/kenkyuu_toshi

12月号予告[12月1日発売予定]

- ●シールド工事用二次覆工一体型セグメントの開発とその実用化に関する研究
- ●東海道線　戸塚こ道橋
- ●上信越道　日暮山トンネル
- ●京浜急行大師線連続立体交差
- ●電気防食を適用した地中送電洞道の劣化対策事例

【連載講座】

- ●トンネルにおける地下水対策(5)

＊内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆9月の連休に家族で沖縄を訪れた際，沖縄初の海底トンネル「那覇うみそらトンネル」を通過しました．このトンネルは2010年10月号に本誌で紹介いたしました．開通は翌年の2011年8月です．トンネル名は那覇港(うみ)と那覇空港(そら)を結ぶという意味で県民からの一般公募で決定したそうです．那覇港と那覇空港間のアクセスが大変便利になったと思います．通過のわずかな時間に「このトンネルは『トンネルと地下』に載ったんだ」とか，「このトンネルは海の下を通っているだ」などと家族へ説明しましたが，あまり私の感動は伝わらなかったようです．

◆台風は平均で毎年25,6個発生します．この編集後記を書いているときも大型の台風26号が発生し関東地方に風雨をもたらしました．今年も平年並みに台風が発生したことになります．沖縄から帰った翌日の9月16日に台風18号が東海地方や関東地方を通過したため，羽田空港発着の飛行機の多くが欠航となりました．私の知人は16日に佐賀空港から羽田空港に向かいましたが，羽田空港直前で佐賀空港に引き返す羽目にあい，「1日早く帰れてよかった」と安堵しました．

◆ところで台風の名前は何個あるかご存知ですか．全部で140個あります．日本も加盟している台風委員会が14か国からなり，各国10個ずつ命名し，合計140個あります．140個目に到達するとまた1番目の名前に戻ります．平年は台風の名前が多く紹介されることなく被害の少ない年になることを祈ります．

(I.Y)

★購読の申し込み，または，送付先変更などの問い合わせは(株)土木工学社までご連絡ください．
★(一社)日本トンネル技術協会会員の方の住所(送付先)変更は直接(一社)日本トンネル技術協会へご連絡ください．

トンネルと地下
第44巻 第11号〔通巻519号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成25年10月20日　印刷
平成25年11月1日　発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会
会長　佐藤　信彦
〒104-0045　東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)
TEL：03-3524-1755
FAX：03-5148-3655
http://www.japan-tunnel.org
発行所　株式会社土木工学社
〒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．

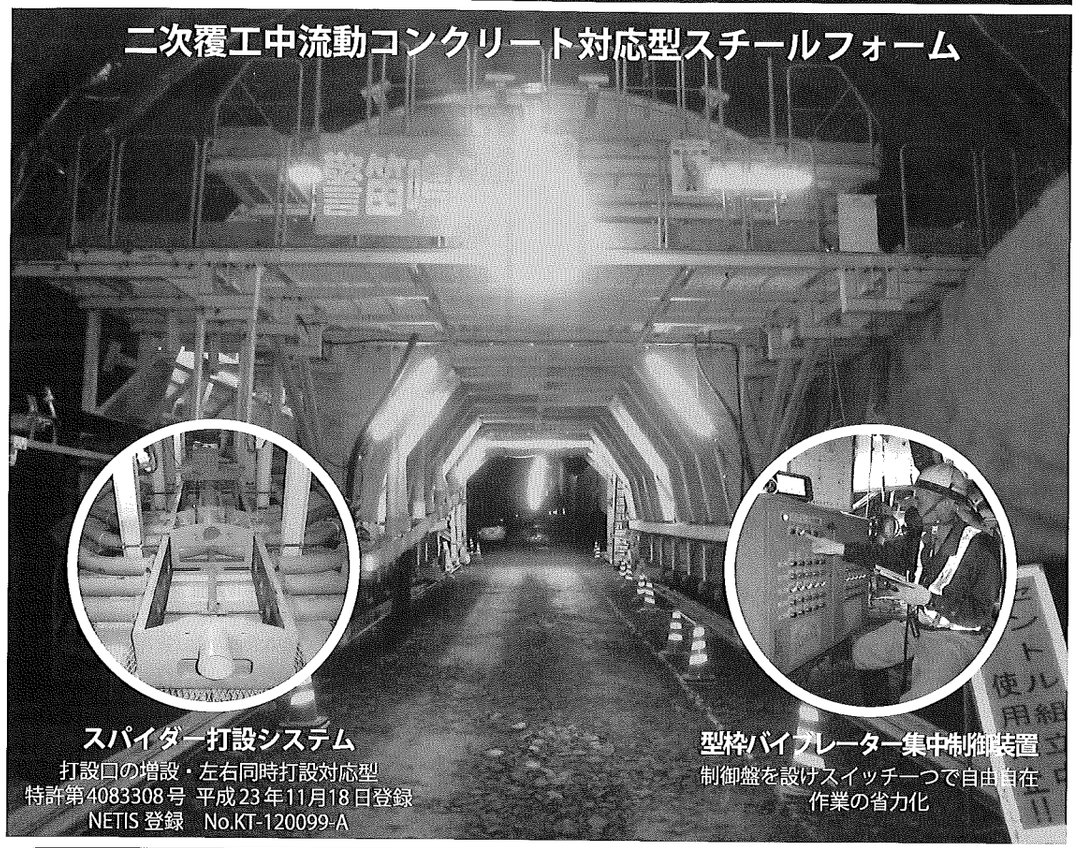
購読料
1冊　1,575円(送料108円)
　　(本体価格　1,500円)
1年　15,000円(前納)
振替　00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

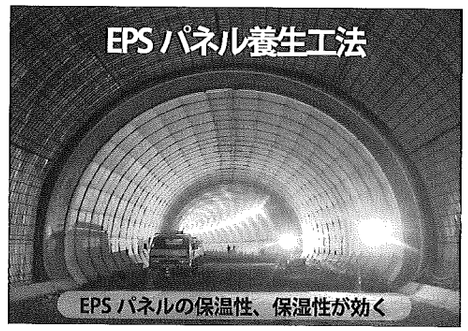
本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください．
TEL：03-3267-2888

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．

トンネル二次覆工型枠総合メーカー



新しいタイプの覆工コンクリート養生システム



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

平成25年6月30日　現在

実施権許諾第 10396 号
NETIS 登録　(No.CB-090003-A)

一歩前進！　～限りない未来への挑戦～
大栄工機株式会社
本社　〒526-0842　滋賀県長浜市春近町90番地
TEL 0749-64-0246 ／ FAX 0749-63-6765 ／ URL http：//www.daieikouki.co.jp/
営業品目　各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売　※詳しくはホームページを御覧ください

図書案内

株式会社 土木工学社

山岳トンネル設計の考え方



今田　徹　著
3,200円＋税　B5判

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

続 きみの庭にも温泉が出る



石井康夫・俣野恭寛　共著
1,200円＋税　新書判

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

わかりやすいトンネルの発破技術



山田隆昭　監修
1,500円＋税　B5判

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

建設工事の保安地質学〔改訂版〕



石井康夫　著
6,000円＋税　A5判

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

多様化するシールド掘進技術



シールド工法技術協会　監修
2,500円＋税　B5判

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

地質工学概論



菊地宏吉　著
4,757円＋税　B5判

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

推進工法の理論と実際



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

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

シールドトンネルの新技術



シールドトンネルの新技術研究会　編
4,660円＋税　B5判

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

わかりやすい土木地質学



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．

地下水の科学Ⅰ～Ⅲ（全3巻）

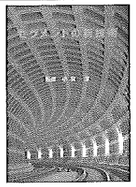


P.A.ドミニコ・F.W.シュワルツ　共著，
地下水の科学研究会・大西有三　監訳

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，地下水の水理学的特性とその調査方法などをわかりやすく解説した．

第Ⅰ巻　地下水の物理と化学
4,078円＋税　B5判
第Ⅱ巻　地下水環境学
4,272円＋税　B5判
第Ⅲ巻　地下水と地質
3,689円＋税　B5判

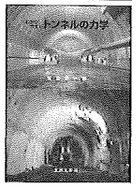
セグメントの新技術



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．

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．

トンネル工事の衛生と環境保全



臼谷三郎・橋本康孝・友田　孝　共著
3,200円＋税　A5判

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

ブロック理論と岩盤工学への応用



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

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

岩盤の計測と解析



鈴木　光　著
4,200円＋税　A5判

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

山岳トンネルの新技術



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．

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．

ジオテキスタイル設計マニュアル



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

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

海洋資源開発



稲田善紀　著
3,400円＋税　A5判

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

岩盤地下空洞の設計と施工



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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した．

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．

建設工事の地質診断と処方



石井康夫・矢嶋壯吉　共著
4,300円＋税　A5判

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

書籍のお申し込み

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

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

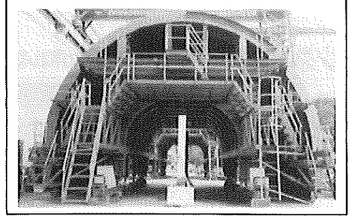
各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー

東和機電工業株式会社 顕田（かいた）工場

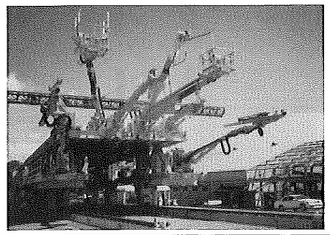
〒820-1111 福岡県飯塚市勢田（せいた）2594番地の18
電　話：(09496)2-3500(代表)
ＦＡＸ：(09496)2-6310
E-mail：towakiden@yahoo.co.jp
ホームページ　http://www.geocities.jp/towakiden/

トンネル用鋼製型枠はもとより，
各種鋼構造物の設計・製造をおこなっております．

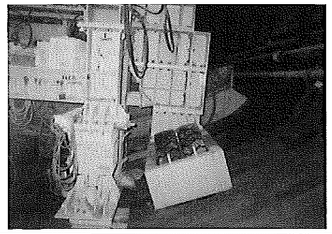
高流動コンクリート対応型
全断面ステンレスフォーム



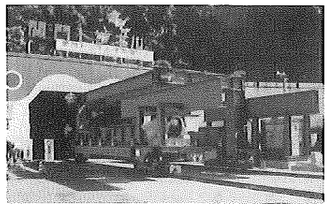
ワークステーション架台



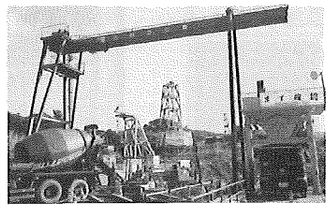
全輪タイヤ式インバート桟橋



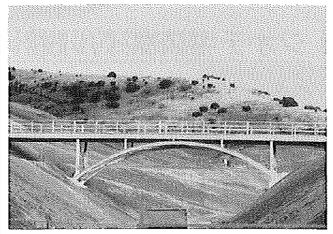
勾配対応全輪駆動式
トンネル床版撤去架台



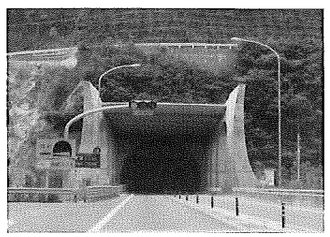
立坑ズリ出し設備
(4.5t×60m)



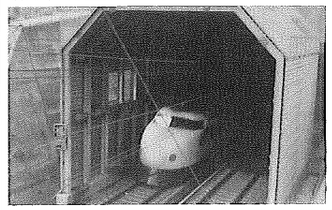
林道橋



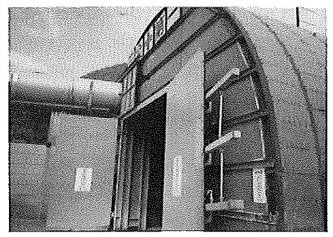
トンネル坑口修景ルーバー



新幹線微気圧伝播鋼製緩衝工
(総溶融亜鉛メッキ)

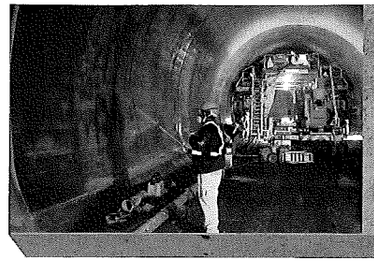


防音シェルター



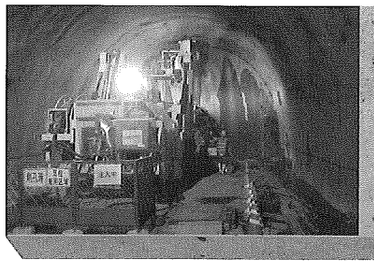
離島を含む九州一円中国四国圏内におきましては，
地の利を生かした営業・打合せ・納品・対応を行ってまいります．

代表取締役社長 故福田隆彌の生前中は 格別なるご厚誼を賜りましたことに深く感謝し謹んで御礼申し上げます
今後共相変わりませず御付き合いの程宜しくお願い致します　　新代表取締役社長　福田雄介



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）





様々な現場で力を発揮する注入材、裏込材“最適な選択をご提供”

- 注入材
  - 超微粒子注入材　太平洋アロフィクスMC
  - 瞬結工法用無機懸濁型 土質安定材・下水道止水材　太平洋アロフィクスMC2号
  - 注入式長尺先受工法用注入材　太平洋スーパーハード
  - 注入式長尺先受工法用注入材　太平洋スーパーファスナー
- 裏込材
  - プレミックス裏込用充填材　太平洋フォルトカバー

太平洋マテリアル株式会社
営業本部
〒135-0064東京都江東区青海 2-4-24　青海フロンティアビル 15F
http://www.taiheiyo-m.co.jp
TEL.03-5500-7510　FAX.03-5500-7542