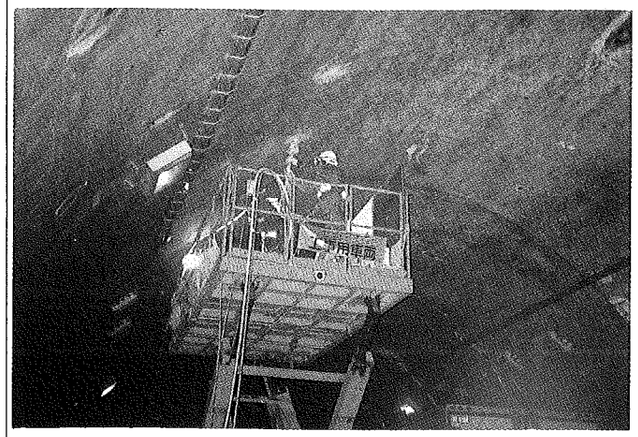
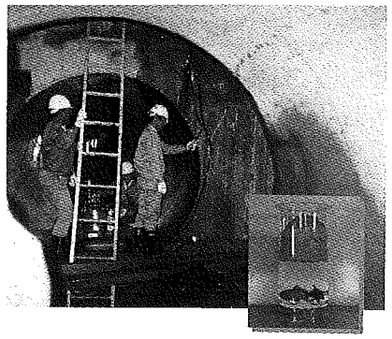
トンネルと地下　平成21年9月1日発行第40巻第9号　昭和45年11月18日第3種郵便物認可
出版元　株式会社土木工学社　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

硬質発泡ウレタン
セットフォーム工法
急結性・高性能空隙充填材



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

漏水を瞬時にストップ!
SF-A工法
長期耐久性に優れた
無溶剤タイプの
ウレタン系止水材



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

ケミカルフォーム協会会員

アルス株式会社	〒950-0944 新潟市中央区愛宕1-4-25	TEL 025-280-0337
株式会社内田工業	〒332-0032 埼玉県川口市中青木2-12-2	TEL 048-257-0848
エコシビックエンジ株式会社	〒135-0047 東京都江東区富岡1-12-4みつきビル	TEL 03-3643-7241
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0023 東京都中央区日本橋本町3-6-2小津本館ビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共ショウ	〒103-0014 東京都中央区日本橋蛎殻町1-12-6	TEL 03-3668-8416
株式会社共和	〒462-0832 名古屋市北区生駒町7-148-1	TEL 052-911-3984
四国リニューアル株式会社	〒780-0815 高知市二葉町3-5	TEL 088-878-0050
ショーレジン株式会社	〒104-0032 東京都中央区八丁堀3-14-4直平ビル	TEL 03-3551-8391
成和リニューアルワークス株式会社	〒163-0610 東京都新宿区西新宿1-8-1	TEL 03-5326-0720
日本綜合防水株式会社	〒171-0022 東京都豊島区南池袋3-11-10ペリエ池袋	TEL 03-5950-8211
林建設工業株式会社	〒998-0023 山形県酒田市幸町1-6-6	TEL 0234-23-3322
フジモリ産業株式会社	〒141-0022 東京都品川区東五反田2-17-1オーバルコート大崎マークウエスト	TEL 03-5789-2206
前田産業株式会社	〒755-0032 山口県宇部市寿町3-5-23	TEL 0836-21-2666
株式会社マシノ	〒733-0822 広島市西区庚午中1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒007-0870 札幌市東区伏古10条2丁目11-8	TEL 011-782-4441
株式会社マノール	〒142-0043 東京都品川区二葉1-18-8	TEL 03-3787-1131
株式会社三原工業	〒531-0074 大阪市北区本庄東1-22-3四本ビル	TEL 06-6371-9947

協会事務局
〒289-2505　千葉県旭市鎌数9163-13
日清紡ケミカル(株) 断熱事業部 内　TEL 0479-60-3555

製造元　日清紡ケミカル株式会社　断熱事業部
〒289-2505　千葉県旭市鎌数9163-13　TEL 0479-60-3555

定価1,575円
本体価格1,500円
雑誌06619-9
4910066190996
01500

昭和45年11月18日第3種郵便物認可　平成21年9月1日発行(毎月1回1日発行)　第40巻第9号　通巻469号　ISSN 0285-631X

トンネルと地下 9

vol. 40
no. 9
2009

Tunnels and Underground

坑口を延伸したトンネル一体型の押さえ盛土で大規模斜面を防護
地表に達する天端崩落箇所の対策と地すべり坑口部の施工
世界最長150mのパイプルーフで道路立体交差化
短距離併設トンネルにおけるシールド転用の一形態
都市部に適応した上向きシールド工法と発進部セグメント

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



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.4m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とビック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

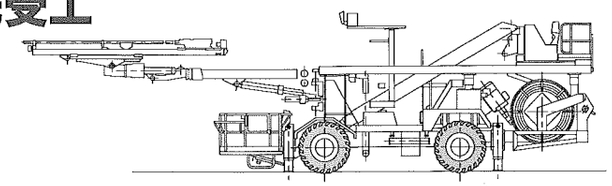
KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

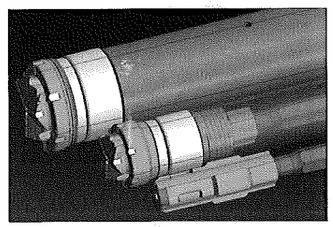
本社・営業 カスタマーサービス　〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル　TEL 03-5733-9444
中部支店　〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2　TEL 059-234-4139
西部支店　〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル　TEL 092-411-4998
三重工場　〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2　TEL 059-234-4111

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO AGF System



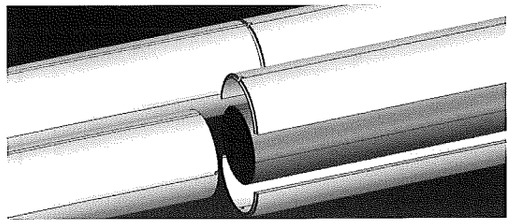
All Graund Fastening;
Long-Distance,.Fore-Pilling Method

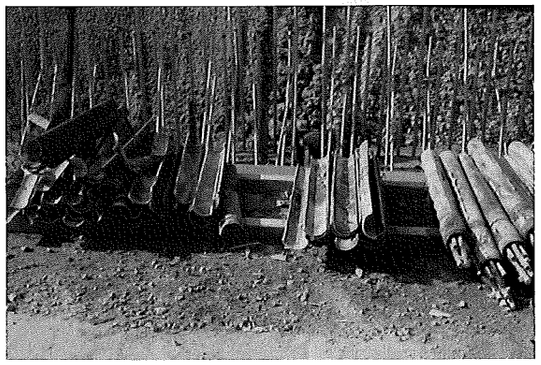


AGF-Me工法

- 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。



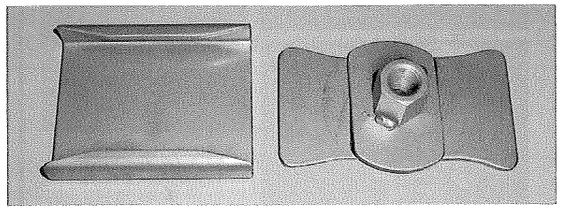


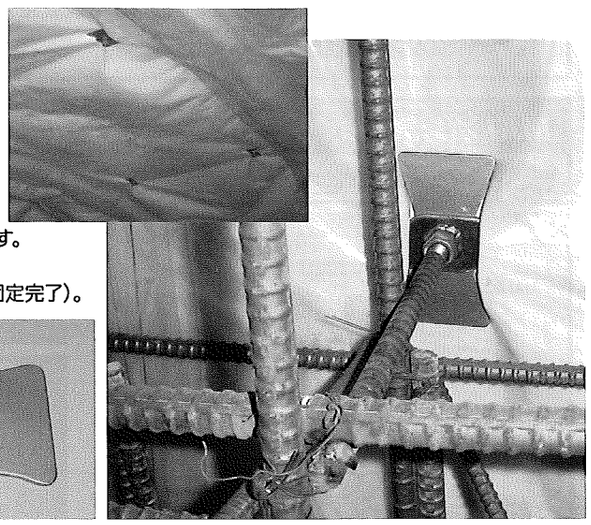
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

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
〒105-0003
東京都港区西新橋3丁目2番1号　共同ビル(西新橋)10F
Tel:03-5401-6211　Fax:03-5401-6218
URL:http://www.tohokinzoku.co.jp

株式会社 トーキンオール
〒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）

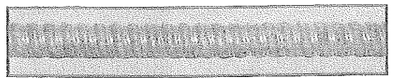
— NATMを支える —

技術と信頼！

ケー・エフ・シーの ロックボルト

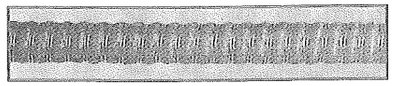
全ネジFRPロックボルト

CG22S

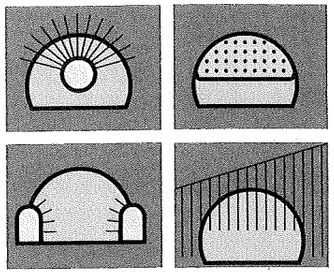


（中実タイプ）

CGR32

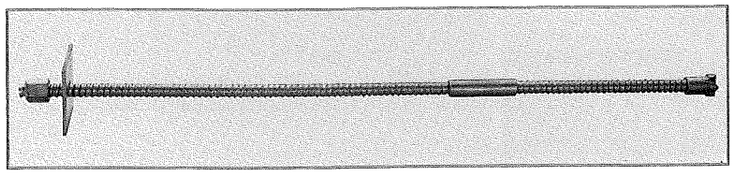


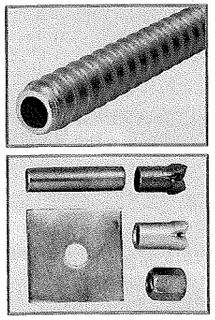
（中空タイプ）



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

自穿孔IBOアンカー



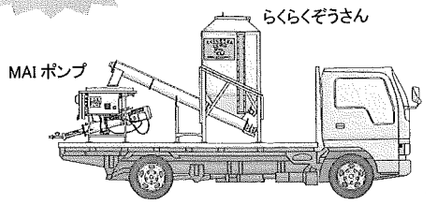


現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって転造した中空ロックボルトです。

MAIポンプ&らくらくぞうさん（モルタル投入システム）

特許第 3256532 号（らくらくぞうさん）

ECOシステム！









環境にやさしいパッケージ
「ふたたびくん」

現場ゼロエミッションに貢献します。

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

ホームページ http://www.kfc-net.co.jp/

1本1本が大切！ だから

次世代 防食 ロックボルト

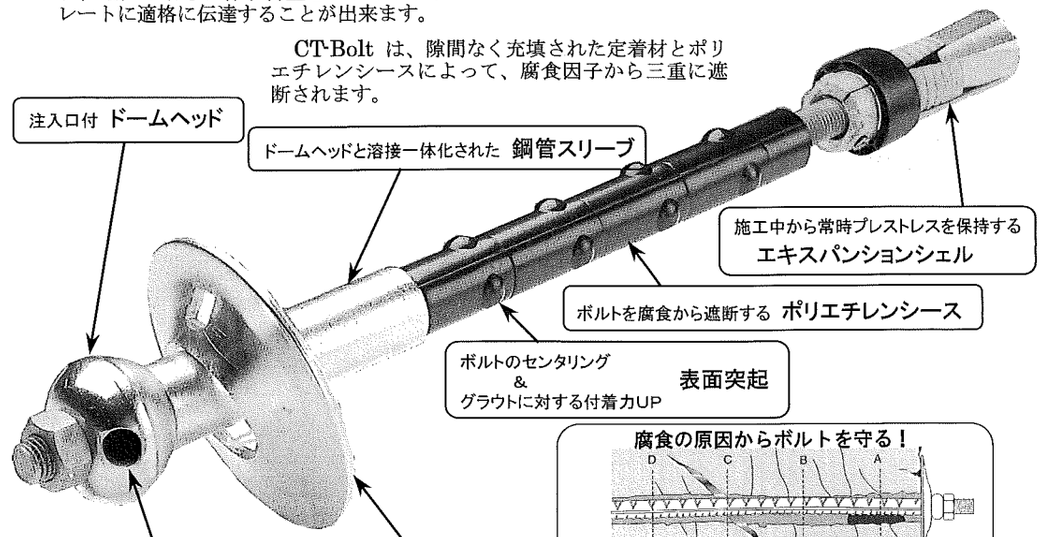
CT-Bolt

Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

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

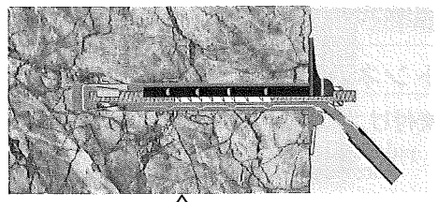


腐食の原因からボルトを守！



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

〒135-8073 東京都江東区青海2丁目45番タイム24ビル
お問い合わせ先 TEL：03-3570-5182
技術部 FAX：03-3570-5191

吹付けコンクリートシステム

Sika® PM Putzmeister
Experts on Sprayed Concrete

コンクリート吹付機
Sika®-PM500 PC
by Putzmeister

当社はこのたびコンクリートポンプ・コンクリート吹付機で世界的実績を誇るputzmeister社と契約し，今までの吹付機の発想をことごとく変え，さらにその実績と技術ノウハウの基に製造されたputzmeister・Sika®-PM500PC を国内に導入しました.

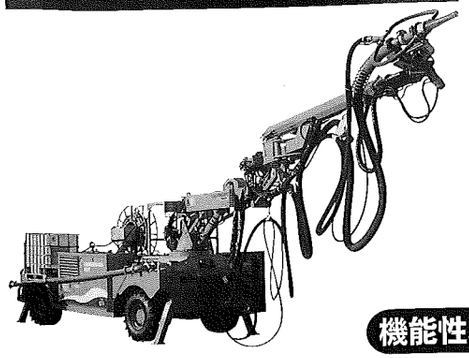


特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです.

プツマイスター圧送ポンプの特長

①シリンダーが他社機と比較して長い
　プツマイスター　　L＝1000㎜
　他　社　機　　L＝600～700㎜
②S型揺動管の切替速度が他社機と比較して速い
　プツマイスター　　0.15sec
　他　社　機　　0.20～0.30sec
③油圧回路に特許FFH(フリーフロー回路)機能を採用

この三大特長によって，吹付け時の脈動が非常に少なく，またそのことに関連して息つぎが防止され，コンクリートの付着性が著しく向上，作業時間の短縮，飛散リバンドの減少，さらに部品の消耗，油圧ホース，油圧ポンプ等々を含めコストダウンその減額を可能とします.



コンパクトで群を抜く使いやすさ！

機能性，機動性の基に理想的な機械化を実現！

総販売元　東友エンジニアリング㈱　製造輸入元　プツマイスタージャパン㈱

トンネル関連製品

吹付けコンクリートシステム
putzmeister・Sika®-PM500PCコンクリート吹付機
Putzmeister S.A.
一体型吹付機・特殊型吹付機
設計・製作：東友エンジニアリング株式会社

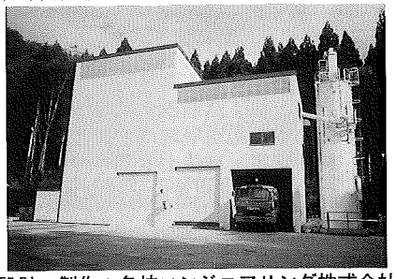
VOLVOダンプトラック
(A25C-TS，A25C-TR，A20/30C-T)



Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他，トンネル施工機械全般

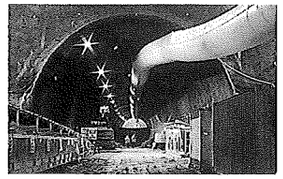
バッチャプラント
(全自動式，3槽クラム式，簡易型，特殊型)



設計・製作：名岐エンジニアリング株式会社

トンネル換気システム

ABC VENTILATION SYSTEMS





●ファスナー式風管　●ツインダクト風管
●スパイラル風管　●帯電防止型風管

総代理店　東友エンジニアリング株式会社

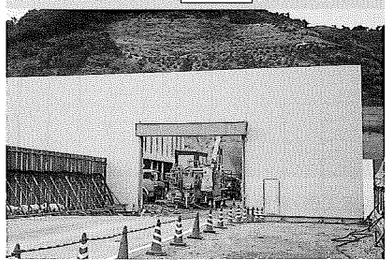
騒音防止システム

エコフラット　－35db　Cタイプ



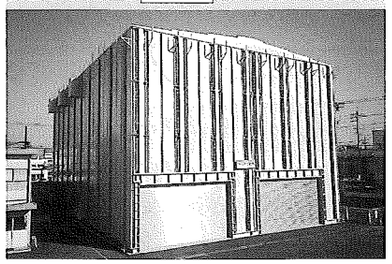
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁　－15db　Aタイプ



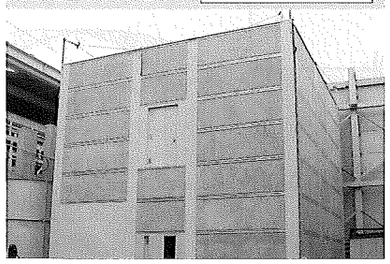
適応性の優れた防音パネル

エコユニット　－30db　Bタイプ



組立て容易な標準型防音ハウス

スーパーエコハウス　超低周波音－25db



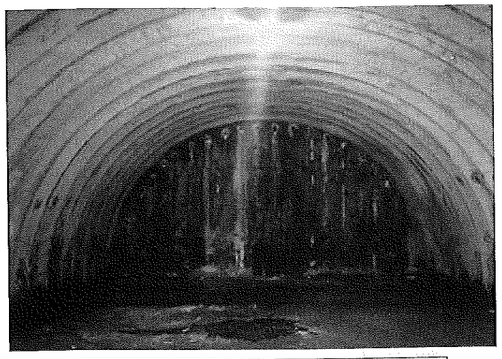
超低周波音対策に適した防音ハウス

設計施工　株式会社トーユーエコサポート

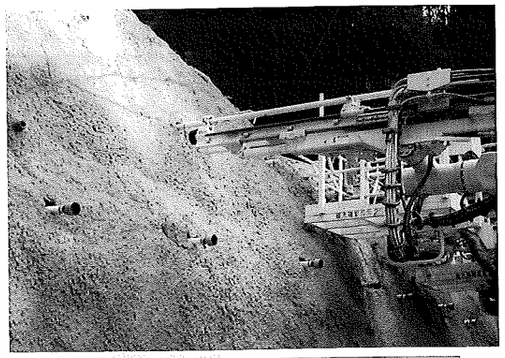
建設業界に貢献するTOYU GROUP
東友エンジニアリング株式会社
http://www.toyu.co.jp
〒101-0032　東京都千代田区岩本町3-2-1　TEL：03-5829-8901　FAX：03-5829-8902
株式会社トーユーエコサポート　TEL：03-5809-2171　FAX：03-5809-2172
トーユーサービス株式会社石岡工場　TEL：0299-27-6211　FAX：0299-27-6233

日本で生まれ、世界へ広がる。
NATMの補助工法

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



（施工例）断面内からの無拡幅AGF工法



（施工例）鏡面への小口径二重管削孔システム

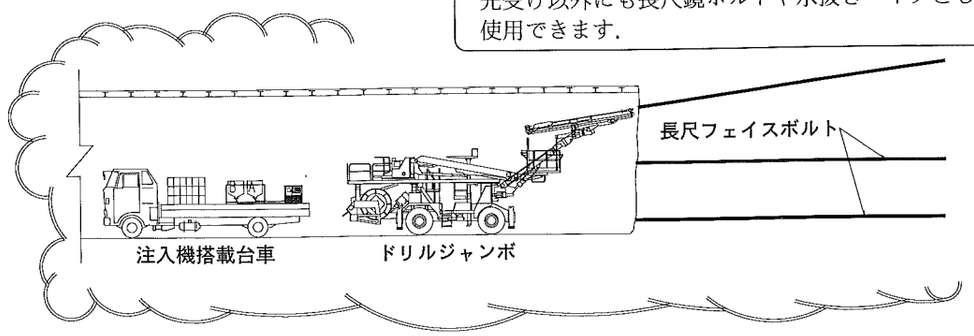
AGF工法のバリエーション

プロトタイプ
無拡幅タイプ
最小拡幅タイプ

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

小口径二重管削孔システム

鋼管径φ89.1㎜～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)

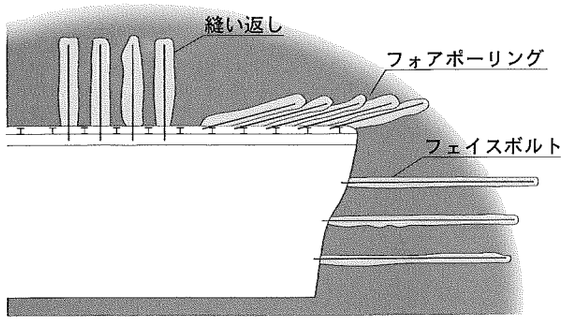
■ウレタン注入材
- ガンバンスーパーS

■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

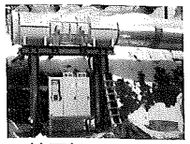
北海道地区(㈱エイチ・アール・オー)
TEL)011-821-5868　FAX)011-821-6644

ホンモノしか残らない…

…1960～　1970～　1980～　1990～　2000……



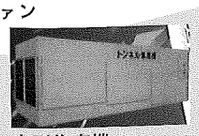
大容量ファン



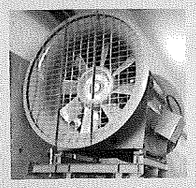
二軸反転
サイレントファン



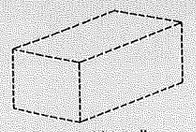
可変翼やインバーターでの風量制御ファン



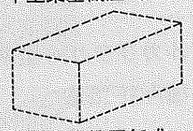
中型集塵機
ノッカー払落し式



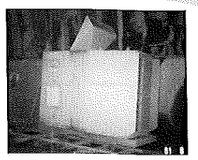
単段ファン



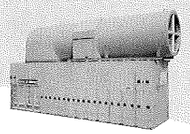
中型集塵機湿式



中型集塵機電気式



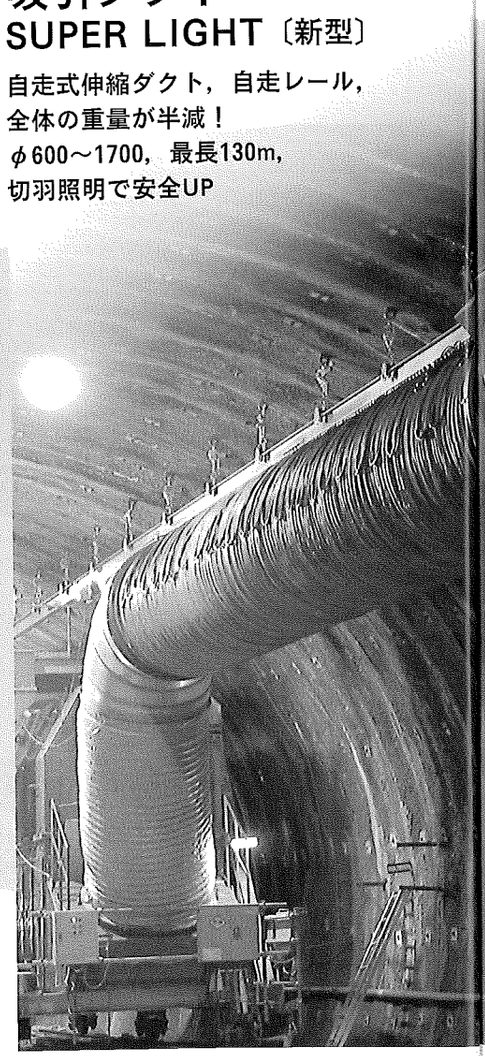
中型集塵機
フィルタ交換型

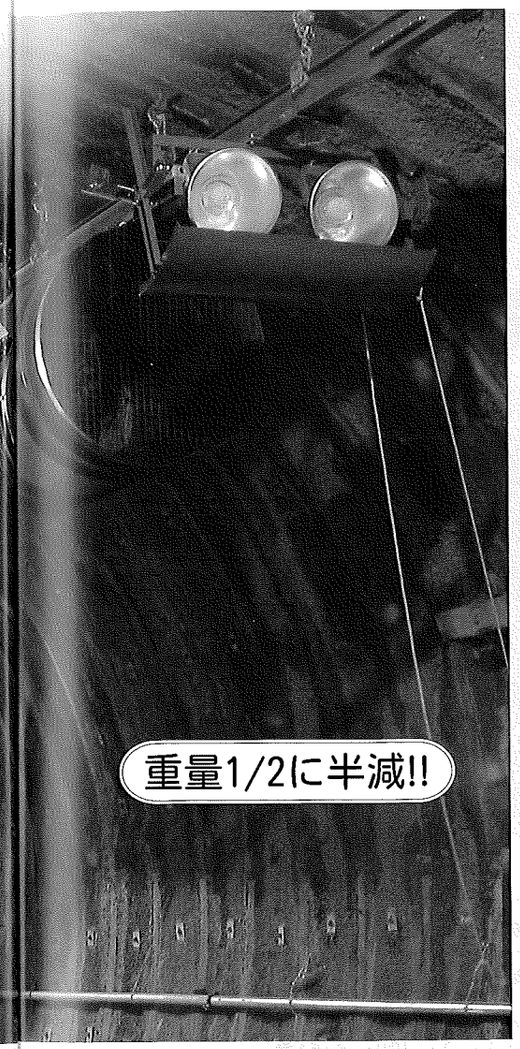


大型集塵機
1000～4000m³/min
30000hメンテナンスフリー，トンネル用は清浄度0.1mg/m³以下保証

吸引ダクト
SUPER LIGHT〔新型〕

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





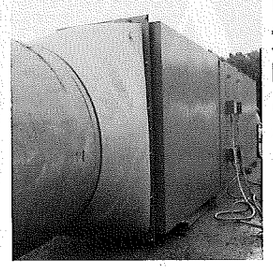
最適環境を創造する
株式会社流機エンジニアリング
URL：http://www.ryuki.com　E-mail：eigyobu@ryuki.com
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル　TEL：03(3452)7400

換気・環境技術は進化しています

2009……



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



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

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

2010……



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

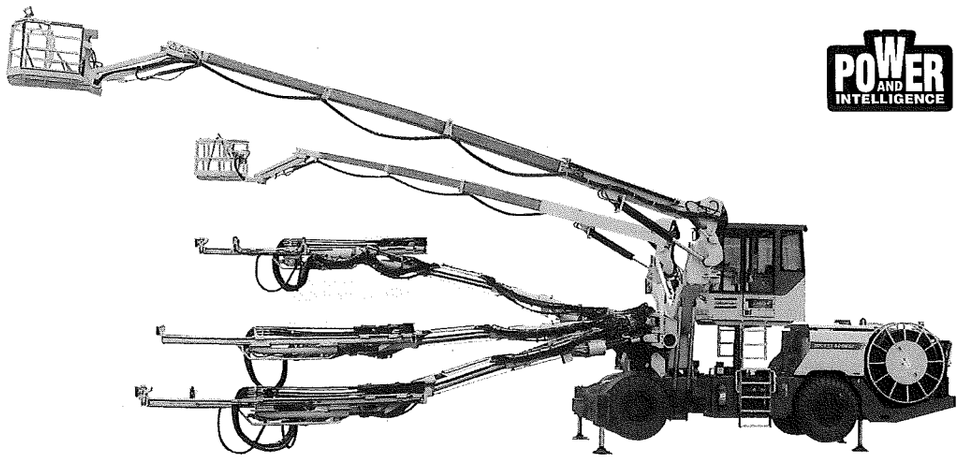
アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

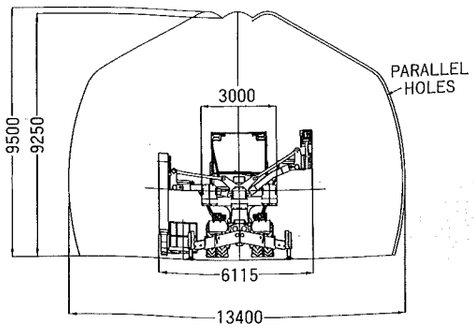
The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

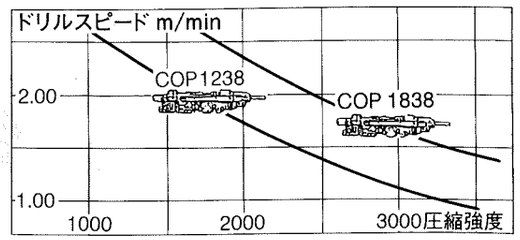
COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット

POWER AND INTELLIGENCE







DRILL

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

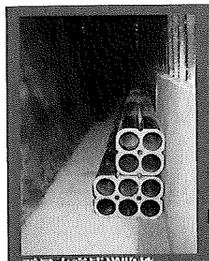
焼津営業所　〒425-0072　静岡県焼津市大住638-1
TEL(054)620-7301番　FAX(054)620-7303番

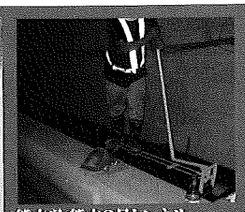
兵庫工場　〒679-1332　兵庫県多可郡多可町加美区大袋川端454-3
TEL(0795)36-0461番　FAX(0795)36-0467番

長年の多くの実績から得た豊富なノウハウという「宝物」を新しい技術に。
いらなくなった物で必要な物を作り出す。それが私たちの技術です。
トンネル、電線共同溝、空港、工場敷地内、ありとあらゆるニーズにお答え出来ます。
資源循環型リサイクル製品「セラダクトA（エース）」。

トンネル内専用として

セラダクトA（エース）ネオ neo

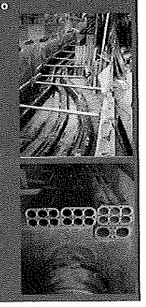

西日本高速道路株
第二名神 栗東トンネル


熊本県 熊本3号トンネル


名四国道事務所
足助バイパス 足助トンネル


高山国道事務所
中部縦貫道 前原1号トンネル





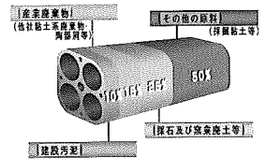
－特長－

標準管の長さは65cmの新規格
※従来のセラダクトAは60cm。

接続はカップリング方式で簡単スピーディー
※従来のセラダクトAはパッキン介在ボルト締め

ちきゅうにやさしい
再生材料を使用
採石および産業廃土、再資器等 50%以上
セラダクトAはエコマーク認定商品です
第 04 131 014 号

セラダクトAシリーズは「エコマーク認定基準」に適合し、財団法人 日本環境協会から「エコマーク商品」として認定されました。



ISO 9001:2000取得

sugie 杉江製陶株式会社

本社・工場　愛知県知多郡武豊町字上山一丁目76番地　〒470-2387
TEL(0569)35-2360(代)　FAX(0569)35-4087

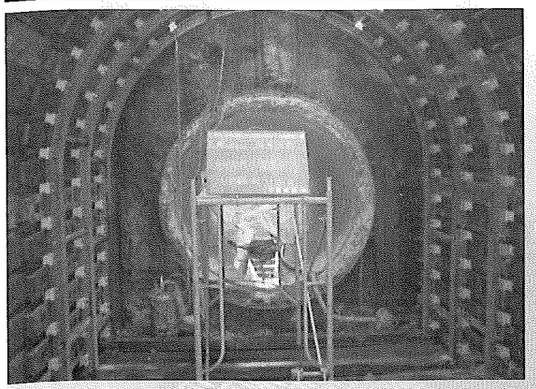
東京支店　東京都渋谷区恵比寿一丁目21番8号セラ51ビル　〒150-0013
TEL(03)3442-6181　FAX(03)3442-1691

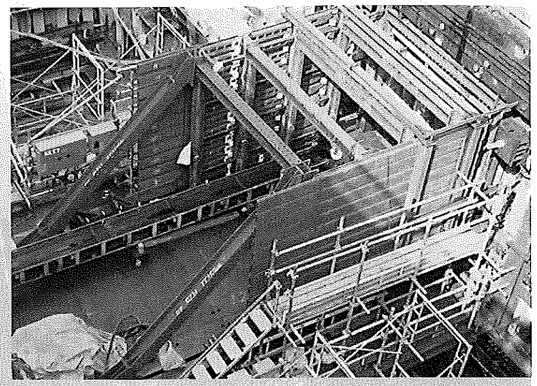
大阪支店　大阪市都島区御幸町1丁目3番1号　〒534-0012
TEL(06)6922-6991　FAX(06)6922-2498

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

アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法
Stabilizer System Messer





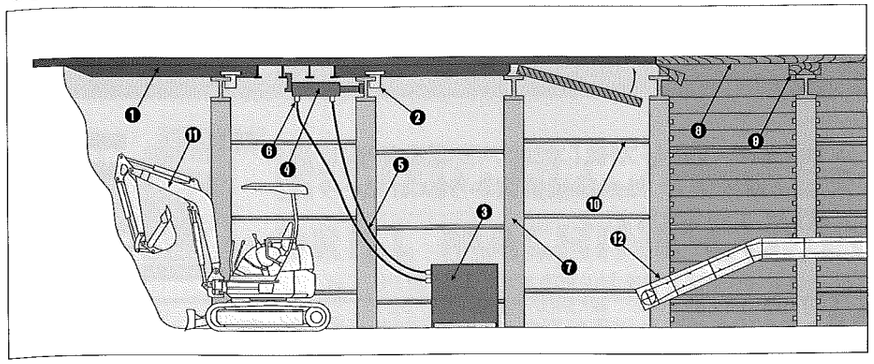
特徴

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

実績

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

SS-メッセル工法概略図



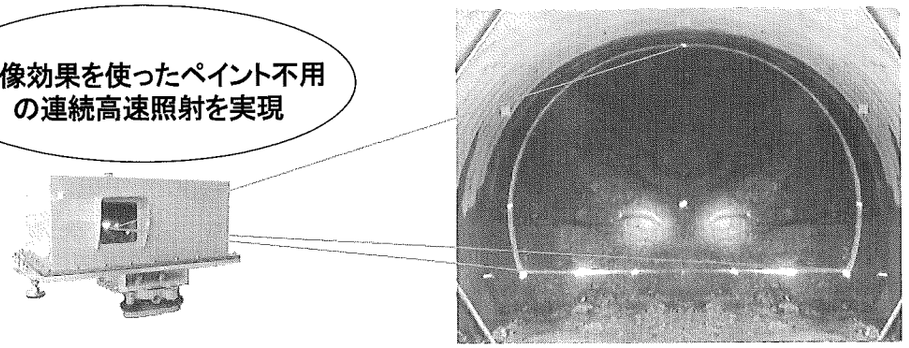
❶SS-メッセルプレート
❷スタビライザ
❸油圧ユニット
❹油圧ジャッキ
❺油圧ホース
❻油圧手許切換装置
❼支保工
❽木矢板
❾木製キャンバー
❿径間パイプ、タイロットボルト
⓫バックホウ
⓬ベルトコンベア

株式会社シーテック
URL http://www.sietech.co.jp
〒102-0074 東京都千代田区九段南3丁目8番10号 TEL.(03)3263-7457(代) FAX.(03)3262-0915

レーザーマーキングシステム

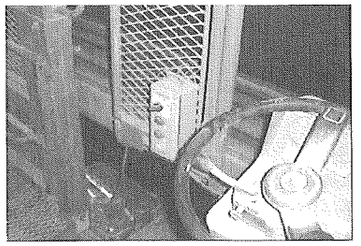
国内、海外特許取得済み

残像効果を使ったペイント不用の連続高速照射を実現



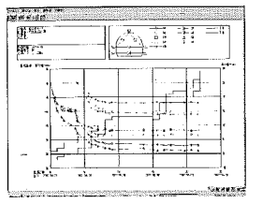
現場環境に耐え得る頑強なコントローラー



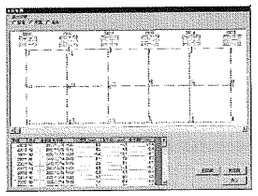


ジャンボに取付けて使用可 AC200V対応

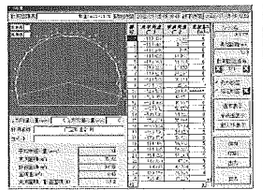
各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



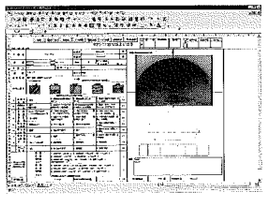
A計測データ処理



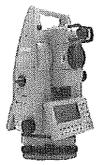
支保工立込精度、変形量



内空、巻厚検査



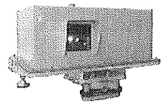
切羽観察、etc















豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。

MAC マック株式会社
〒272-0832 千葉県市川市曽谷8−16−3
TEL(047)371-3191 FAX(047)371-3190

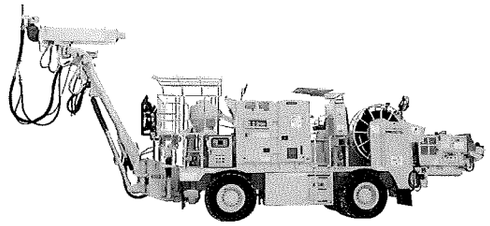
〖販売元〗
古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

T&M
Tunnel & Mining

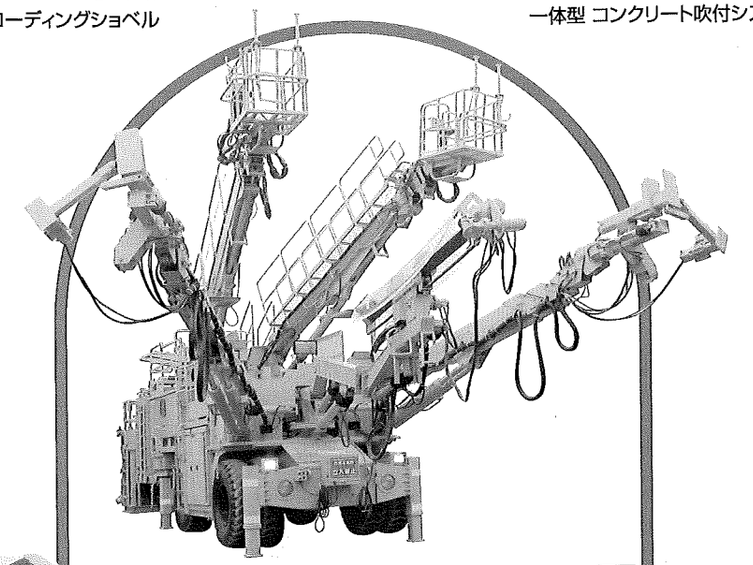
2009年1月 新会社誕生！
（旧三興レンタルと旧新ケービーシーが一体化）



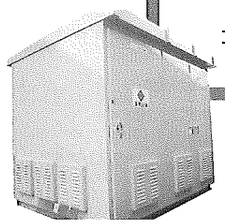
油圧ローディングショベル



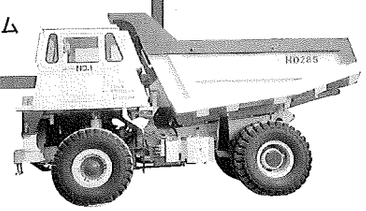
一体型 コンクリート吹付システム



コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム
開発商品



フリッカ対策機（インバータ方式）:SVG
※西尾レントオールの旧本社営業課が電気機器営業部となります



ダンプトラック

山岳トンネル施工機械、鉱山・採石機械の総合レンタル企業

ニシオ ティー アンド エム株式会社

東日本営業本部
電気機器営業部 0133-75-8240
東北支店 0197-77-4101
関東支店 04-2928-3270

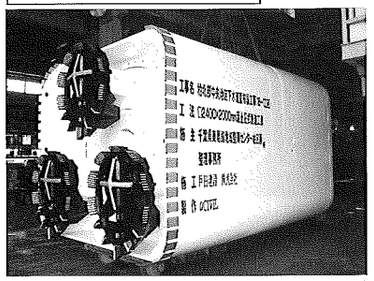
本社 大阪府高槻市唐崎西2-26-1
TEL 072-677-2127 FAX 072-677-2109
石狩工場 高槻工場 宮崎工場
0133-72-3715 072-677-4736 0982-22-8701

西日本営業本部
大阪支店 072-677-2101
九州支店 0982-26-2111

超流バランスセミシールド工法

ボックスカルバート推進工法

施工場所：千葉県柏市若柴地内



多軸自転・公転掘進機（内空寸法□2400×2000）

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

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

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

リターン回収掘進工法

施工場所：東京都渋谷区神宮前



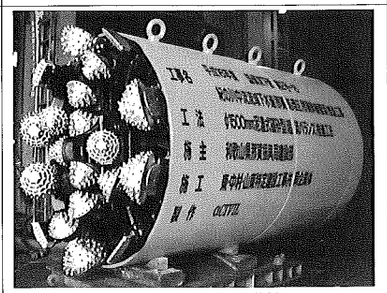
φ1016mm長距離パイプルーフ掘進機（リターン回収型）

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

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

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

巨礫・岩盤破砕型掘進工法

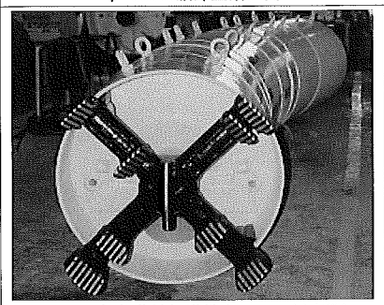


φ1500mm破砕型掘進機

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

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

長距離・急曲線推進工法



φ800mm超急曲線掘進機（R=9.3m対応機）

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

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

認証取得
ISO 9001
ISO 14001

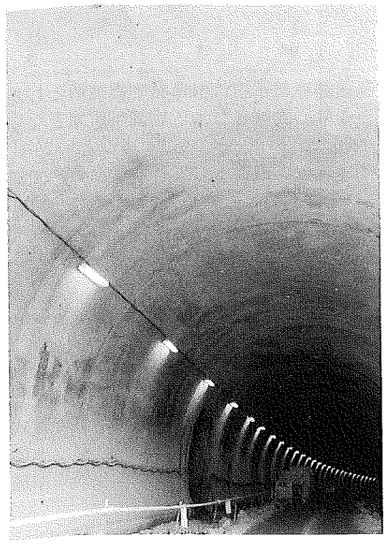
株式会社アルファシビルエンジニアリング（超流セミシールド協会）
〒812-0015福岡市博多区山王1丁目1番18号
TEL(092)482-6311 FAX(092)482-6363
E-mail:arfa@oregano.ocn.ne.jp
URL http://www.alpha-civil.com

建設コンサルタント登録番号：建18第8677号
測量登録番号：登録第(1)-30507号
建設許可番号：国土交通大臣許可（特-18）第19193号

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

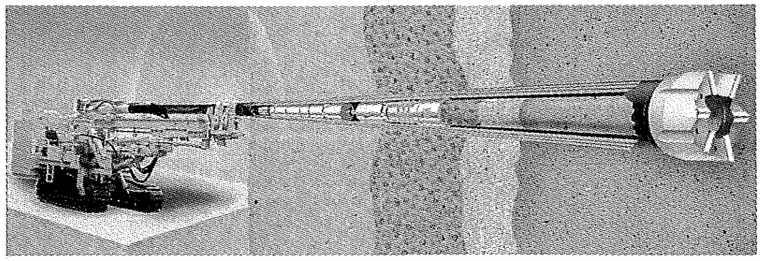
◆土木資材の綜合プランナー◆

株式会社 マノール

〒142-0043 東京都品川区二葉1丁目18番8号
TEL 03 (3787) 1131 (代)

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

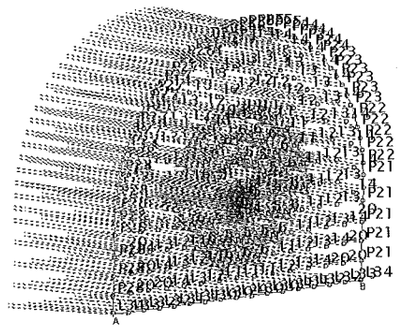
0～20（約2年） 20～30（1年6か月）
30～40（約1年） 40～50（6か月）

【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 土田義弐

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㈹

トンネル専用電子雷管　eDev™





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

ORICA MINING SERVICES

オリカジャパン株式会社
代表取締役社長　安藤　宏

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

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



機械掘削ツインヘッダ

1.0m³クラス　322C 他

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

klea　株式会社 ケイ・リー
仙　　台：TEL.022-359-5331
東　　京：TEL.03-3661-5651
大　　阪：TEL.06-6838-1372
尾　　道：TEL.0848-56-1124
機材センター：TEL.022-359-4951
URL　http://klea.catrent.com



（社）建設コンサルタンツ協会会員　ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会　　長　田島　利男　　代表取締役社長　清水　洋（技術士）
（技術士・土木学会フェロー会員）
取締役副社長　山田　憲夫　　常務取締役　堀内　浩三郎（工学博士）
大阪支店長　亀甲谷　義高（技術士）　福岡支店長　朽網　新

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

21世紀の地球環境を見つめる土木専門図書

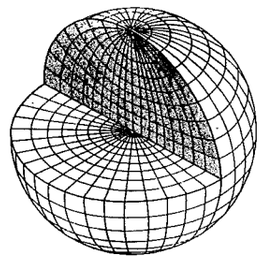
ブロック理論と岩盤工学への応用
R.E.グッドマン，G.H.シー著／吉中龍之進・大西有三訳
A5判　360頁　税込5,097円　送料340円

建設工事の保安地質学【改訂版】
石井康夫　著
A5判　474頁　税込6,300円　送料340円

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

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
B5判　444頁　上製本　税込10,290円　送料450円

山岳トンネルの新技術
ジェオフロンテ研究会　編纂
B5判　500頁　税込15,301円　送料450円



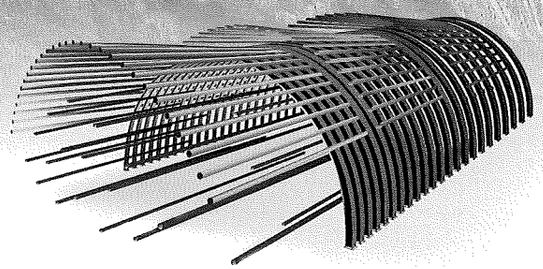
わかりやすいトンネル力学
福島啓一　著
B5判　286頁　税込6116円　送料340円

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

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

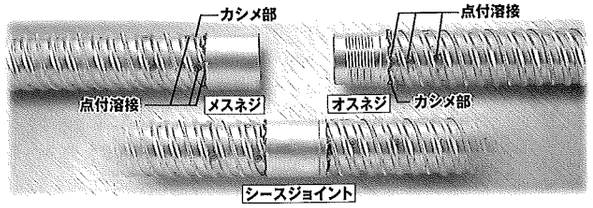
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂　**土木工学社**　振替00110-8-190072　☎03(3267)2888

ユニークな発想と高品質・自信の価格



FIXチューブ工法

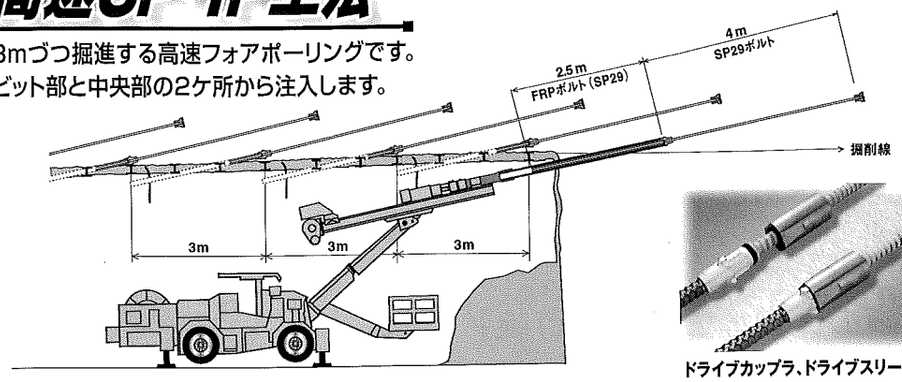
※天端にφ76.3長尺鋼管、鏡部に連続突起を有する長尺鋼製シースを引込み薄肉鋼管を挿入して注入。周辺地山にしっかりと“**FIX**”します。

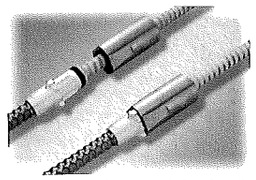




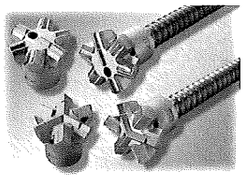
高速SP-IF工法

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



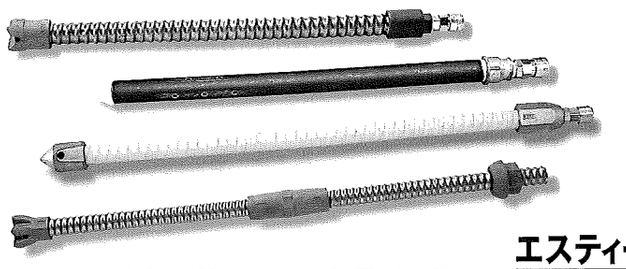


ドライブカップラ、ドライブスリーブ



φ65mm ロストビット(SP29)

自穿孔ボルト&注入管

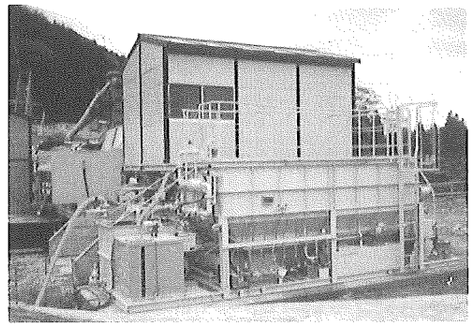


※他にも脚部や坑口周りに利用できる各種の補強土工法、マイクロパイル工法を準備しております。

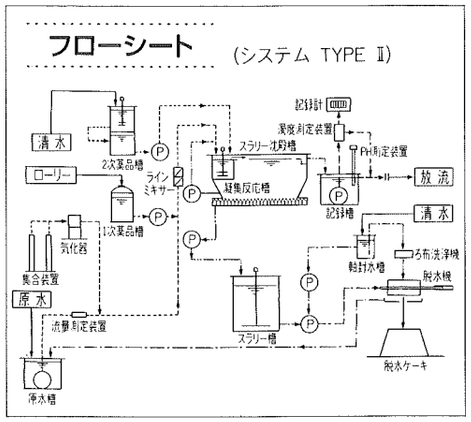
STE
エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION
〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251
http://www.st-eng.co.jp

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力



フローシート (システム TYPE Ⅱ)



特　長

1．基礎、土木工事の期間が短く安価である。
設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。

2．運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合せにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いＳＳ処理が出来る。複式沪板型の脱水機を採用していることから沪布等の消耗費が少ない。
又、加圧型脱水方式の為無薬注で脱水出来る。

3．シックナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。

4．運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。

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

5．多種多様な原水に対応出来る。
凝集反応槽攪拌機及び集泥用レーキにインバーターを採用し、水量及び濃度に幅広く対応する。

6．豊富なオプション装置
高分子凝集剤の自動溶解装置
処理水返送装置（異状警報装置と連動）
炭酸ガス後中和処理装置
鉄分除去処理装置（エアレーション装置等）
スラリー再濃縮装置
脱水助材添加装置
自動沪布洗浄装置

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

Waste Water Treatment System

詳細資料請求、お問い合わせは

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

トンネルと地下　9月号目次

Vol.40, No.9, 2009 Sep.

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻　頭　言

夢こそ実現する
福田　直利……5

■施　　工

坑口を延伸したトンネル一体型の押さえ盛土で大規模斜面を防護
—北海道新幹線　新茂辺地トンネル東工区—
齊木　　功・竹下　昭博・緒方　明彦・堂藤　和雄……7

地表に達する天端崩落箇所の対策と地すべり坑口部の施工
—北海道横断自動車道　下トマムトンネル—
井貝　武史・鶴間　敏雄・小澤　隆二・安藤　武義……19

世界最長150mのパイプルーフで道路立体交差化
—国道９号　京都西立体千代原トンネル—
島田　哲博・玉木　秀幸・山田　淳一・田中　啓之……31

短距離併設トンネルにおけるシールド転用の一形態
—名古屋市営地下鉄桜通線延伸　大塚工区—
吉田　和徳・稲垣　秀規・上林　佳樹……43



CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

都市部に適応した上向きシールド工法と発進部セグメント
—名古屋市　名駅南雨水幹線—
中村　隆良・杉藤　哲也・原　　信行……51

■連 載 講 座

沈埋トンネル（５）
—防災設計—
久保田　真・滝本　孝哉……59

■現場だより

「美食と歴史の町，若狭おばま」福井県小浜市より
白石　雅嗣……18

■資　　料

トンネル千夜一夜(57)
小野田　滋……28

土木情報
編　集　部……30

トンネルジャーナル
編　集　部……42

工法・技術・製品ニュース
編　集　部……50

トンネルワールドニュース
JTA国際委員会……58

海外文献速報
JTA国際委員会……68

■会　　報

会　報
日本トンネル技術協会……74

【表紙説明】　**世界最長150mのパイプルーフで道路立体交差化**
—国道９号　京都西立体千代原トンネル—



本工事では，平均交通量50,000台/日の幹線道路である国道９号の直下において，パイプルーフを用いた非開削工法を採用した．パイプルーフの延長150mは世界最長である．当初設計においては上半，下半の２段階での掘削が計画されていたが，安全性，施工性および経済性について検討した結果，全断面掘削工法へ変更した．写真は，掘削後のトンネル坑内の状況である．

〔**写真提供**：国土交通省〕（本文31頁参照）

Kanaflexの電力・通信ケーブル保護管

都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多条保護管　特許出願中

カナレックスML

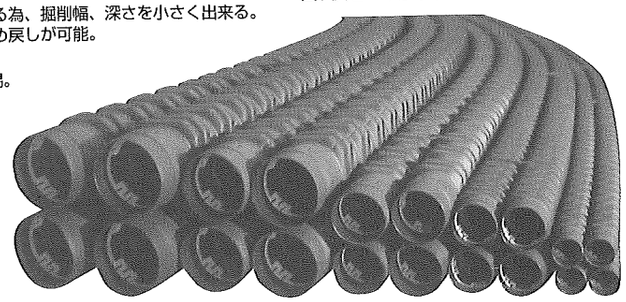
電線共同溝をはじめとする
電力・通信ケーブルの埋設管工事
情報化時代に伴う
光ファイバーの多条敷設
都市部での電線地中化工事を
省力化・効率化

1.独自構造（波付き管と管台一体型リブの連続構造）
- リブに平面部があり、管を密着させて敷設できる為、掘削幅、深さを小さく出来る。
- 従来品に比べ、良好な砂の充填ができ、一括埋め戻しが可能。

2.可とう性に優れる
- 上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。

3.優れた性能
- 軽量で、全サイズワンタッチ接続の採用により、工事の省力化が図れる。
- ワンタッチ式のロングベルマウス、ベルブロックを採用することによりハンドホール接合部の省力化が図れる。
- JIS C3653（附属書1及び3）の圧縮強度試験、難燃性試験をクリア。

4.摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ



ハンドホール工事の工期短縮・工費削減に現場の加工作業を大幅に軽減できる

ワンタッチ継手付ハンドホール



※特許・
意匠出願中



管路に継手差口をねじこみ　継手受口に差しこむだけ　これで接続完了。

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

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

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

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

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

総務委員会広報小委員会会誌WGの構成（五十音順・敬称略）

〔主　　査〕

大　島　洋　志　　国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹　　事〕

池　田　豊　人
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

大　石　敬　司
東京地下鉄株式会社建設部工事課課長

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

城　間　博　通
株式会社高速道路総合技術研究所
道路研究部トンネル研究担当部長

高　瀬　昭　雄
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部計画部計画課長

千　葉　　隆
清水建設株式会社土木技術本部
地下空間統括部部長

長　島　芳　雄
株式会社竹中土木常務取締役

濱　　建　介
（元）日本鉄道建設公団理事

福　家　佳　則
鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部
トンネルグループ長

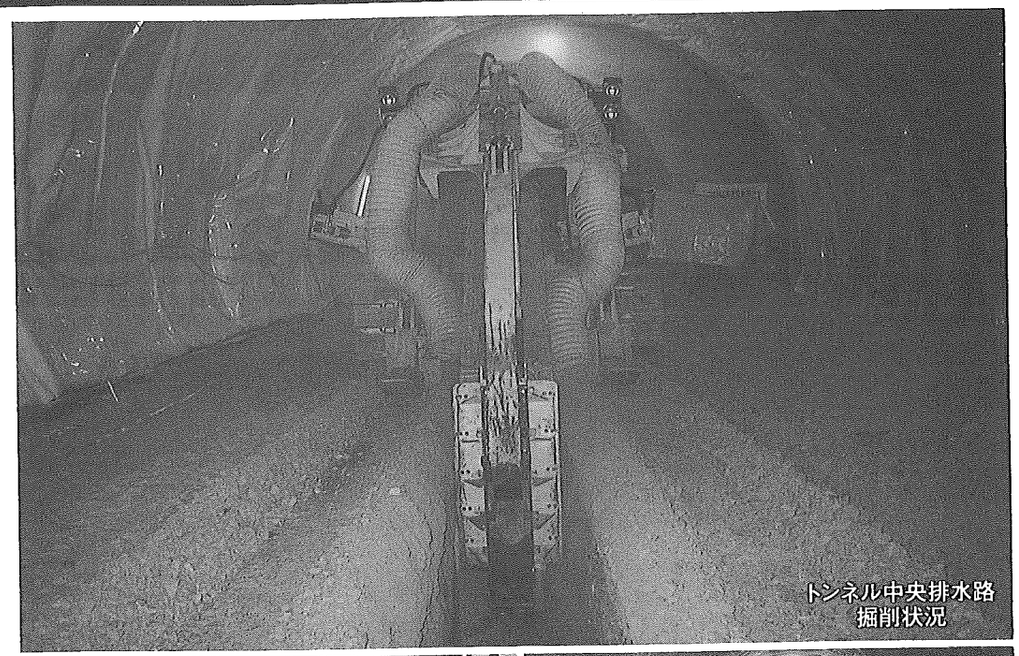
松　原　利　之
飛島建設株式会社土木事業本部技術統括部
トンネル技術グループ部長

山　道　哲　二
株式会社大林組東京本社生産技術本部
統括部長

領　家　邦　泰
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル技術室参与

トレンチャー

硬質地盤の溝堀はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路
掘削状況



施工例



トレンチャーによる
施工

トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	TRS-985	1175/D7	40/30	60/35
メーカー名	テスメック	テスメック	マステンブルグ	マステンブルグ
掘削幅(最小)cm	45	75	70	70
掘削幅(最大)cm	60	100	110	110
掘削岩の硬さ(最大)	500kg/cm²	700kg/cm²	700kg/cm²	1000kg/cm²
重量 t	36	53	50	59
長さ m	13.0	10.8	14.0	15.4
幅 m	2.5	3.2	2.95	2.98
高さ m	3.30	2.86	3.00	3.20
エンジンの出力 PS	300	402	450	600

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

ワールド開発工業株式会社

●本社/営業部　〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484

☎(026)282-3671(代) FAX(026)282-5803

http://www.wkk.co.jp/

編集委員会の構成（五十音順・敬称略）

〔編集委員長〕

大島洋志　国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田　徹
東京都立大学名誉教授

定塚正行
日本シビックコンサルタント株式会社
参与・技師長(山岳トンネル担当)

高橋良文
東京都下水道サービス(株)管路部長

橋本定雄
(元)東京都公営企業管理者下水道局長

濱　建介
(元)日本鉄道建設公団理事

〔委員〕

池田匡隆
東京都下水道局建設部設計調整課長

今井　滋
東京都水道局建設部工務課長

葛城真治
東京電力株式会社電力流通本部工務部
地中送電グループ課長

亀山　勝
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
計画担当課長

木谷日出男
財団法人鉄道総合技術研究所
防災技術研究部部長

清水　満
東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所
立体交差課長

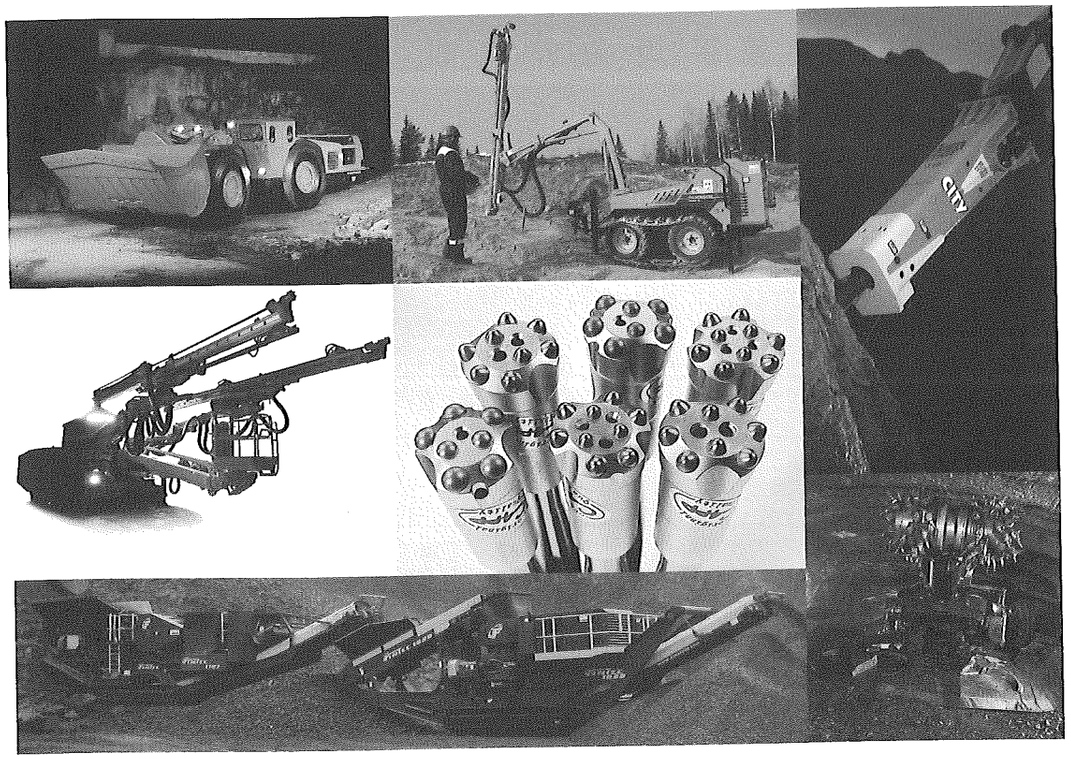
城間博通
株式会社高速道路総合技術研究所
道路研究部トンネル研究担当部長

中本忠道
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐

真下英人
独立行政法人土木研究所
道路技術研究グループ長

両角幸範
東京都交通局建設工務部計画改良課長

SANDVIK



Productivity
in Action

サンドビック マイニング アンド コンストラクションは、鉱山、建設業界においてトータルソリューションをご提供する世界のリーディングカンパニーです。
私たちの製品は、鉱山機械、建設機械、一般土木機械に広く対応し、製品群は、掘削機、クラッシャー、油圧ブレーカ、スクリーン、及びその消耗品類と広くカバーしております。
それらは、長い歴史で培った経験と知識が生かされた優れた設計に基づいた製品であり、また万全のアフターセールスサポートにより貴社を強力にバックアップいたします。
長い歴史を持つサンドビックは、お客様とのパートナーシップを大切にします。
私たちは、お客様とのより密なパートナーシップにより、お客様の生産性、収益性を改善する斬新なソリューションを絶えず提案し続けます。

サンドビック マイニング アンド コンストラクション ジャパン株式会社
〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6階TEL045-478-0662/FAX045-478-0661
URL http://www.miningandconstruction.sandvik.com/jp/

トンネルと地下 VOL.40 No.9 掲載概要

掲載頁 7

坑口を延伸したトンネル一体型の押さえ盛土で大規模斜面を防護
—北海道新幹線 新茂辺地トンネル東工区—

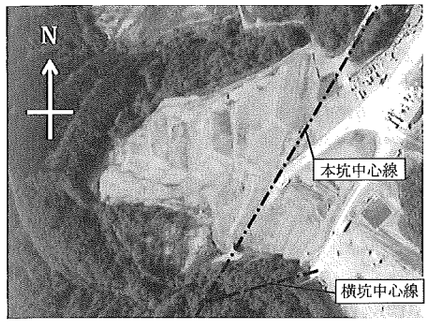
鉄道・運輸機構 齊木 功

北海道新幹線の新茂辺地トンネルの坑口付近は，近年，採掘を完了した採石跡地となっており，坑口に近接する明かり区間は，高低差約100mに達する長大法面の法尻に沿って，新幹線構造物を建設しなければならない状況となっている．しかし，この長大法面には古い大規模な地すべり性崩壊跡が確認されており，地山の堆積構造から地すべり崩壊の危険性が指摘されていた．このため，トンネル坑口部の詳細な調査・検討を実施し，この長大法面の影響が将来にわたって新幹線構造物に及ばない設計をする必要があった．本稿では，長大法面を包括するトンネル坑口部周辺地山の詳細な地質調査から地すべり対策工の検討までを報告するものである．

Tunneling in Counterweight Fill for Protection of Large Slope—Hokkaido Shinkansen, Shin-Moheji Tunnel East Section—

By Isao Saiki, Japan Railway, Construction, Transport, and Technology Agency

The vicinity of the portal of the Shin-Moheji Tunnel on the Hokkaido Shinkansen Line is a quarry site in which mining was completed in recent years. It is the current situation that Shinkansen structures near the portal must be built along the foot of a large slope with a height difference of approximately 100 meters. However, it has been confirmed that there are old, large-scale landslide scars on the slope and a danger of landslide was noted because of the sedimentary structure of the bedrock. For this reason, it was necessary to investigate the ground near the portal in detail and to create a design in which the slope does not affect the Shinkansen structures in the future. This report gives information from the detailed geological survey of the bedrock surrounding the portal including the slope to the investigation into landslide countermeasures.



写真は新茂辺地トンネル坑口部

掲載頁 19

地表に達する天端崩落箇所の対策と地すべり坑口部の施工
—北海道横断自動車道 下トマムトンネル—

(株)福田組 井貝 武史

下トマムトンネルは，北海道横断自動車道(夕張～十勝清水間)のうち，占冠IC～トマムIC間の山間部に位置する延長754mの山岳トンネルである．トンネルの施工は，発破掘削方式による補助ベンチ付き全断面掘削工法を採用し，平成19年12月に坑口付けを行い，東側坑口より片押しにて掘削を開始した．平成20年７月30日に，STA.903＋64付近(西側坑口までおよそ60m地点)で，地表面にまで達する天端崩落が発生した．その後，各種補助工法を用い，短期間で崩落部の復旧，その後の地すべり地の施工を完了することができた．

本稿は，崩落発生とその対策工および西坑口部の地すべり地でのトンネル施工について報告する．

Measures for Collapse Reaching the Surface and Construction of Portal in Landslide Area—Hokkaido Odan Expressway Shimo-Tomamu Tunnel—

By Takeshi Igai, Fukuda Corporation

Shimo-Tomamu Tunnel is a mountain tunnel of 754 meters in length situated in the mountainous region between Shimukappu and Tomamu interchanges on the Hokkaido Odan Expressway (between Yubari and Tokachi-Shimizu). The tunnel construction employed the full face method with auxilliary bench by blasting. Portal-in was carried out in December, 2007 and one direction excavation started from the eastern portal. On July 30th, 2008, in the vicinity of STA. 903＋64 (the point roughly 60 meters to the western entrance), collapse that reached the ground surface occurred. Following this, using all types of auxiliary methods, the collapsed section was restored in a short period of time and it was possible to complete the works in landslide area after this.

This report gives information on the occurrence of the collapse and its counter-measure and construction of western entrance in landslide area.


写真は崩落した切羽状況

掲載頁 31

世界最長150mのパイプルーフで道路立体交差化
—国道９号　京都西立体千代原トンネル—

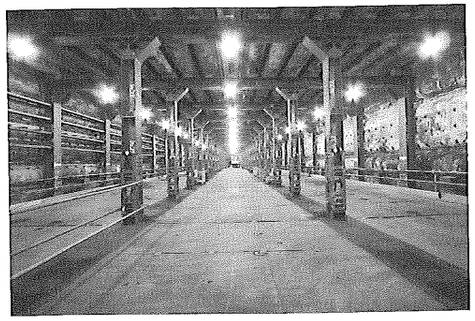
国土交通省　島田　哲博

国道９号の立体交差事業として進められている９号京都西立体千代原トンネル本体工事において，交通渋滞が激しい交差点部では地上の道路交通へ影響を与えないことが施工条件として求められ，パイプルーフを用いた非開削工法を採用した．本工事では，平均交通量50,000台/日の幹線道路である国道９号の直下において，延長150mの世界最長のパイプルーフ工を門形に施工し，その内部を掘削した．当初設計においては上半，下半の２段階での掘削が計画されていたが，安全性，施工性および経済性について検討した結果，全断面掘削工法へ変更した．本稿は，全断面掘削工法による非開削トンネル工事の施工事例を報告するものである．

Construction of the Underpass with World's Longest Pipe Roof of 150 m—National Highway 9 Kyoto Nishi Rittai, Chiyohara Tunnel—

By Tetsuhiro Shimada, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

In the works for the Chiyohara Tunnel of Highway 9 Kyoto Nishi Rittai which is in progress as an underpass project on National Highway 9, it was required as a condition of construction that there was no influence on above-ground road traffic in the intersection that had heavy traffic congestion and the tunnelling using a pipe roof was employed. In this construction, in the area directly under National Highway 9 which is a trunk road with average traffic of 50,000 vehicles/day, the world's longest pipe roof of 150 meters was constructed in a gate shape and the inside was excavated. The first design planned to excavate the upper section and the lower section in two steps but as a result of investigation into safety, constructing workability and economy, this was changed to the full face method. This report gives information on construction examples of tunneling using the full face method.



写真は掘削後の坑内の状況

掲載頁 43

短距離併設トンネルにおけるシールド転用の一形態
—名古屋市営地下鉄桜通線延伸　大塚工区—

名古屋市交通局　吉田　和徳

名古屋市営地下鉄桜通線は，名古屋市都心部を東西に貫通し，名古屋市東南部地域に至る路線で中村区役所駅～野並駅までの14.9kmを営業している．今回，建設延長4.1kmの延伸工事を行っている野並～徳重間は，沿線に大規模な住宅団地があり，多くの土地区画整理事業が行われるなどの人口増加の著しい地域となっており，通勤・通学の新しい足となるとともに，野並交差点付近の交通渋滞の緩和なども期待されている．

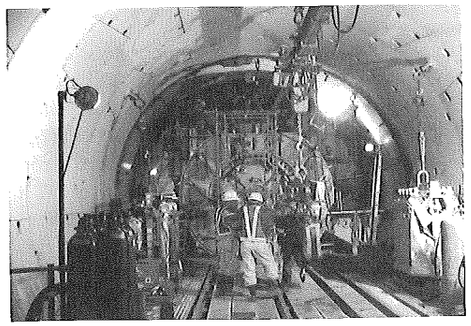
本稿では，主にシールド工法で行う野並駅～鳴子北駅(仮称)間の施工区間である大塚工区のシールド転用と施工実績およびFEM解析による地盤変位予測と実測結果などについて報告するものである．

A Form of Reuse of Shield in Short Distance Tunnels Next to Each Other—Nagoya City Subway Sakuradori Line Extension, Otsuka Section—

By Kazunori Yoshida, Nagoya City Bureau of Transportation

The Nagoya City Subway Sakuradori Line passes from the centre to the southeastern district of Nagoya City and is in operation over the 14.9 km from Nakamura Kuyakusho Station to Nonami Station. The section between Nonami and Tokushige of the 4.1 km extension project has a district along its line which has shown a remarkable increase in population. The new line is expected to supply traffic for commuting to work and school and also to ease traffic congestion in the Nonami intersection.

This report gives information on the reuse of the shield, the construction results, FEM analysis for settlement and its results of actual measurements of the Otsuka section between Nonami and Naruko-kita Stations.



写真はカッタ駆動部引抜状況

掲載頁 51

都市部に適応した上向きシールド工法と発進部セグメント
—名古屋市　名駅南雨水幹線—

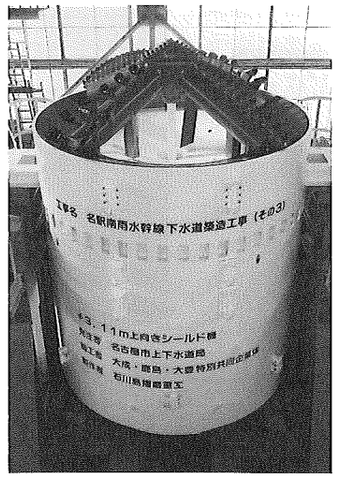
大成建設(株)　中村　隆良

名駅南雨水幹線は，名古屋市が進めている「緊急雨水整備事業計画」のうち，名古屋駅周辺の約76haを計画区域とした浸水対策事業の一部である．雨水貯留管となる横坑は，土かぶり約30mに位置し，名古屋駅の南側を東西に横断しているシールドトンネルである．横坑の到達場所としている地上付近は，道路が狭隘で交通量も多く，商業施設が密集しているため，事前に到達立坑を設けることが困難であった．そのため，横坑を掘進したシールドを地中残置とし，別のシールドで地下から地上へ向けて立坑を掘るという，全国で２例目となる上向きシールド工法を採用し，雨水流入用，排水用の２つの立坑を施工した．上向きシールドは，横坑のセグメントを直接切削して発進するという特徴がある．今回は２種類の特殊セグメントを切削して発進した．

Upward Shield Method Adapted for Urban Areas and Segments for Starting Point —City of Nagoya, Meieki-minami Storm Sewage Main—

By Takayoshi Nakamura, Taisei Corporation

The Meieki-minami storm sewage main, in the 'Emergency Rainwater Development Project' under progress by Nagoya City, is part of the anti-inundation measure project that has its object area as approximately 76 ha surrounding Nagoya Station. The tunnel that is to be the storage of stormwater reservation is buried under an overburden of 30 meters and is excavated from east to west of the southern part of Nagoya Station. The surface of the arrival point has narrow streets and a lot of traffic and as commercial facilities are in close formation, it was difficult to install an arrival shaft in advance. For this reason, the shield that excavated the tunnel was left in the ground and a shaft was excavated with another shield from underground to surface for only the second time in Japan. Two shafts, one for rainwater afflux and one for drainage, were constructed by upward shield method that has the characteristics of directly cutting the segment of the tunnel and departing. This time two types of unique segments were cut and shields were departed.

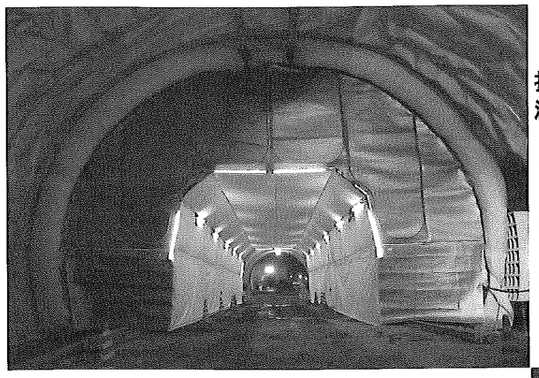


写真は上向きシールド

トンネルバルーン覆工コンクリート
トータル養生工法

長期耐久性に優れた高品質な覆工コンクリート施工を実現します！

NETIS登録
(No.HR－040005)



特許出願中

セントル温度養生バルーン

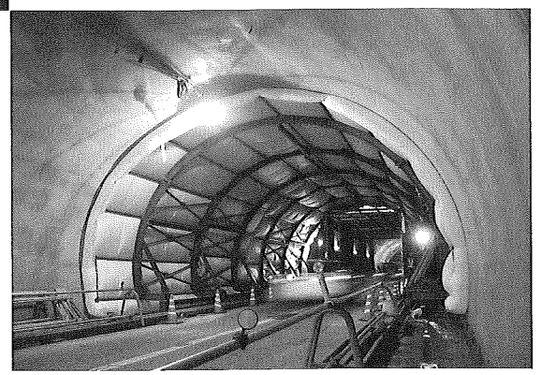
打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い温度養生をします。

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

覆工養生バルーン

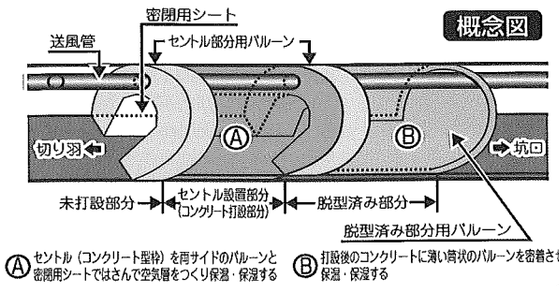
脱型後の覆工コンクリートを覆います。

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



特許3811478号

概念図



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

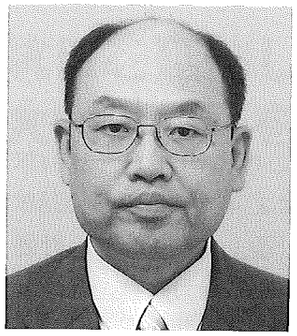
実　績	セントル温度養生	覆工養生バルーン
新幹線	５現場	２現場
高速道路	２現場	２現場
国土交通省	３現場	８現場
地方自治体	７現場	５現場
ＪＲ東日本	２現場	１現場
合　計	19現場	18現場

２００５年『日経ＢＰ技術賞　建設部門』受賞

岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO., LTD.
本社・工場　岐阜県本巣市十四条１４４番地
TEL 058(323)2000(代)　Fax 058(323)1176
東京支店　TEL 03(5836)0531　Fax 03(5836)0532
仙台営業所　TEL 022(259)2239　Fax 022(259)3664
九州営業所　TEL 092(713)5265　Fax 092(714)3028
URL http://www.gifukogyo.co.jp/

toukou 株式會社 東宏
本　社　北海道札幌市東区北２０条東５丁目１番７号
TEL 011(742)3331　Fax 011(742)3333
東京支店　TEL 03(3683)8011　Fax 03(3683)8028
道東営業所　TEL 0155(34)6311　Fax 0155(34)8494
URL http://www.k-toukou.jp/

巻頭言
（題字　佐藤信彦会長）



夢こそ実現する

電源開発(株)水力エンジニアリング部長(本協会監事)
福田直利

昨年，揚子江支流の漢江(漢水)の水力調査のため，陝西省西安(かつての長安)から漢中へと向かった．直線距離では200km余りだが，その間は標高2,000～3,000mに及ぶ秦嶺山脈に遮られている．三国志の時代，諸葛孔明に率いられた数万の蜀の軍隊は五度の北伐の際，この山脈を越えるため，断崖絶壁に孔を穿ち，支柱を打込んだ木製の通路(蜀の桟道)を歩んだと言われる．後に李白が「蜀道の難きは青天に上るよりも難し」と表した，この険しい山脈に阻まれ，諸葛孔明の中原制覇の夢はついに成就することはなかった．現在，両都市間にはトンネル技術を駆使した高速道路が建設され，所要時間は3時間に満たない．

20世紀初頭，1901(明治34)年正月の報知新聞に100年後の社会・科学について，23項目の「豫望」(予想)が掲載された．土木技術では，高速鉄道，市街鉄道，自動車社会の到来，自然災害の制御など，また私が専門としている電力分野では，電気エネルギーの普及や長距離送電技術，電力による野菜栽培工場など，その他に国際通信，画像伝送，通信販売などが挙げられ，当時の科学技術に寄せる期待と夢が感じられる．この記事はフランスの小説家でSFの開祖，ジュール・ヴェルヌの著作に触発されたとのことである．少年少女時代に彼の作品の虜になった方は多いかと思われるが，私もその一人である．『月世界旅行』『海底二万マイル』『八十日間世界一周』『十五少年漂流記』等々．地下に関するものとしては，『地底探検』なる奇想天外な作品もある．これは，ある科学者とその甥がアイスランドの火山のカルデラから地底に入り，地下100km以深で古生代の生態系がそのまま維持された大空洞に遭遇，その後，アイスランドから約5,000km離れたイタリアの火山の噴火口から脱出するという物語である．

振り返って見ると，100年間にわたる先輩技術者たちの叡智と努力の結果，「アポロ計画」による月面着陸，「かいこう7000」による深海探査，旅客機による世界一周など，ヴェルヌの予測，夢のほとんどが実現されたことに驚きを感じざるを得ない．またわが国で建設されたトンネルは，鉄道，道路，水路など，総延長は1万kmを超えており，『地底探検』のアイスランドからイタリアまでの往復距離をはるかに凌駕し，地下利用

の進展にも目を見張るものがある．

一方，国内外の代表的なインフラ施設を見てみよう．英仏海峡トンネルは18世紀中頃にそのアイディアが生まれ，19世紀末に初めて試掘を実施，その後100年を経た1994年に完成した．青函トンネルは，1923年に函館の商人，阿部學治によって発案され1988年に営業を開始した．新幹線は1939年の鉄道省による「弾丸列車計画」に端を発し，計画中の整備新幹線全線が開通するには約１世紀を要するであろう．電力分野では，世界最大の水力発電所である中国の三峡水力発電所は，1919年の孫文による構想から，やはり約１世紀を経て1,820万kWの発電所が完成，さらに増設工事を実施中である．

このように夢の実現には長い時間を要するが，夢を夢に終わらせず，それを支え続けてきたのは技術者の粘り強い取り組みであり，より安全で安心できる社会，より豊かな社会を目指そうとする人々の希望，期待に応えようとする技術者としての使命感ではなかったろうか．翻って現在に視点を移して見ると，大地震や暴風雨などの自然災害の続発，地球温暖化の進展，貧困層の増加など世界共通の課題が山積する中，技術者に対する期待はこれまで以上に高まっている．それらの課題の解決に向けて，トンネルや地下空洞に関する技術の重要性も一層，増大してくるだろう．

これまでの歴史が教えてくれることは，「夢は必ず実現する」，逆に「夢がなければ何も実現しない」ということであり，夢の実現に主体的に関与し，貢献してきたのは幾世代にもわたる技術者たちの研鑽と情熱，そしてチームワークであった．私たち技術者は，今，改めて，未来の社会，子孫に向けた新たな夢を描くべきではなかろうか．日本機械学会では，2000年に，「100年後の夢アンケート」を実施し，その結果を公表している．「トンネルと地下」でも広く一般に「地下の夢」を募集してみてはどうだろうか．そう，夢こそ実現するのだから．

22世紀を迎えたとき，日本とユーラシア大陸は結ばれているだろうか？　地震の予知技術は確立しているだろうか？　マグマのエネルギーの活用は進んでいるだろうか？　二酸化炭素の地下貯留は？　廃棄物の地層処分は？　地下ダムや地下水路による砂漠緑化は？……

三国時代が過ぎ，４世紀の晋，一人の漁師が川の水源の山腹に，人がやっと通り抜けられるだけの穴を見つけ，中に入って見ると，その先には美しく，豊かな田園地帯が広がっていたという(桃源郷)．『黒部の太陽』では，破砕帯との想像を絶する困難な戦いの末，大町トンネルが貫通したとき，黒部峡谷は工事関係者を祝福するかのような太陽の輝きに満ち溢れていた．100年後のトンネル技術者たちは，一体，どんな光を浴びているのだろうか？

施工

坑口を延伸したトンネル一体型の押さえ盛土で大規模斜面を防護

—北海道新幹線　新茂辺地トンネル東工区—

鉄道・運輸機構北海道新幹線建設局工事第二課長　齊木　功
鉄道・運輸機構北海道新幹線建設局北斗鉄道建設所長　竹下昭博
熊谷組土木事業本部土木設計部長　緒方明彦
熊谷・東急・札建特定建設工事共同企業体所長　堂藤和雄

1　はじめに

北海道新幹線新茂辺地(しんもへじ)トンネルは，北海道北斗市内に位置する全長3,355mのトンネルで，本工区は東側(終点側)から，延長2,705mを施工するものである(**図-1**)．

本工区の特徴としては，トンネル坑口付近が，近年，採掘を完了した採石跡地となっており，トンネル坑口に近接する明かり区間は高低差約100mに達する長大法面の法尻に沿って，新幹線構造物を建設しなければならない状況となっている．

この区間の設計にあたっては，法面の影響が新幹線構造物に及ばない構造とすることが必要不可欠であるが，地質構造(層理面の方向)が法面に対し見かけ30～40度の流れ盤を呈していることと，この影響による大規模な地すべり跡が確認できることから，詳細な地質調査が必要と判断した．

本稿では，長大法面の地質調査結果から，施工中の安全から将来にわたる地すべり防護対策の設計計画について報告する．

2　工事概要

本工事は，全長2,705mの新幹線複線トンネルなどを終点側からNATMで施工するもので，延長205mの明かり区間と延長2,500mの山岳NATM区間に大別される．

トンネル掘削は，長大法面から十分な離隔を確保した位置から作業横坑(断面約26m²)を施工し，本坑坑口から60mの位置を交点として本坑掘削を行った(**図-2**)．

現在は，200kW級自由断面掘削機を使用して上半先進ショートベンチカットで施工中である．

3　坑口部現況調査

3-1　調査内容

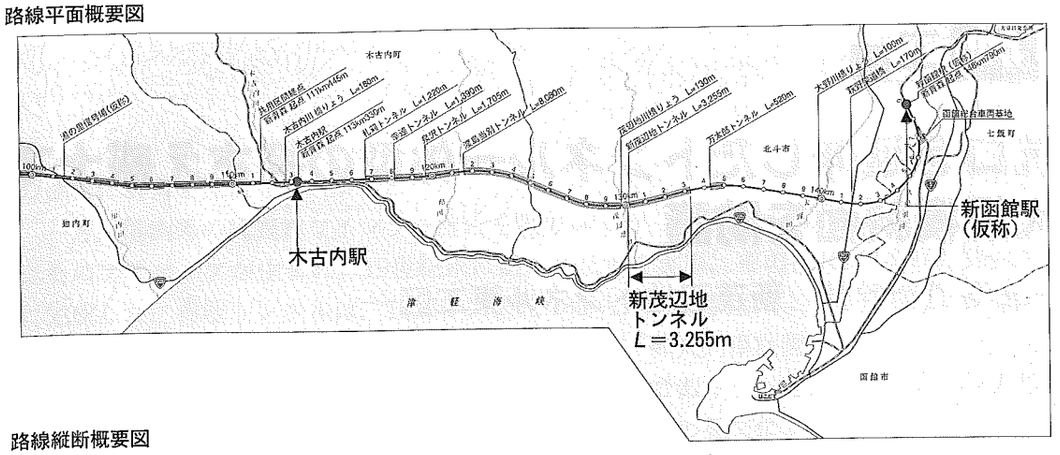
当該地区の現況を把握するため，坑口部長大法面を包括する現況地山を正確に調査し，現況地形，地質状況，地山物性値を把握することを目的とした現地調査を実施した．

今回実施した調査目的と内容は次のとおりである．

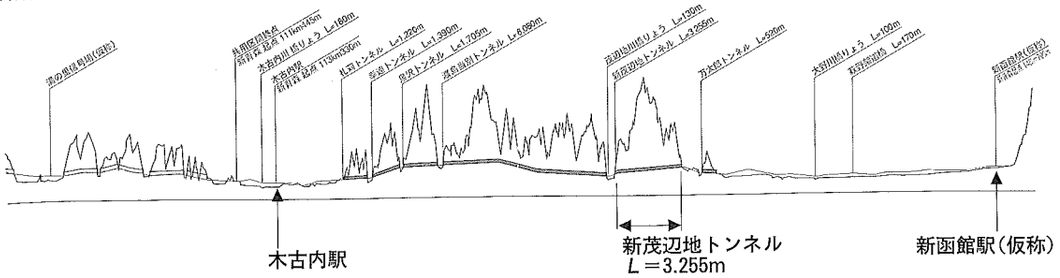
① 地すべりブロック範囲の特定
- ヘリ航空レーザー測量による高精度地形測量
- 地表地形地質踏査

② 地すべり面の特定と深さの把握

路線平面概要図



路線縦断概要図



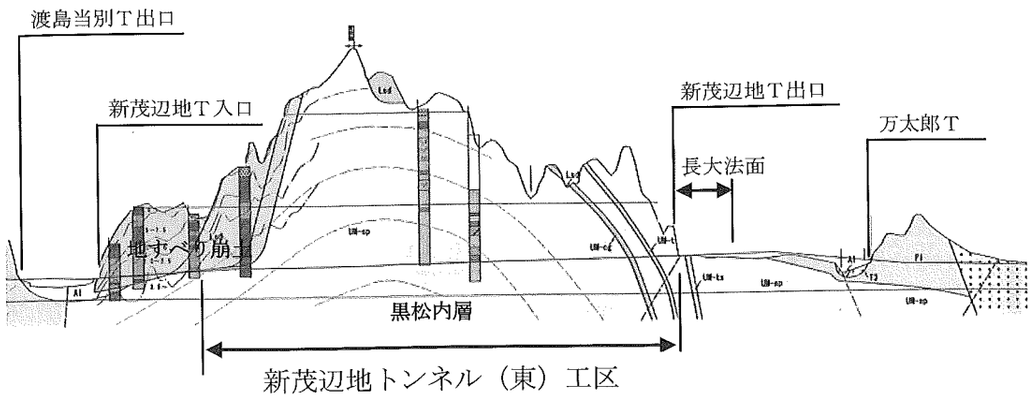


図-1　新茂辺地トンネル位置図

・ボーリング調査の計画実施(図-3)

③　地すべり変動状況の把握

・地盤伸縮計，移動杭観測および，ボーリング孔に設置したパイプ歪計，地中伸縮計による地すべり動態観測(図-3)

④　土質定数(すべり面強度)の把握

・くり返し定体積一面せん断試験の実施

これらの結果をもとに当該地すべりの機構解析を行い対策工法検討の基礎資料とした．

3-2　地すべりブロック範囲の特定と調査結果

地形測量および地表踏査結果から不安定化が懸念される地すべりブロックは，Aブロック，A′およびBブロックの３ブロックと考えている(写真-1, 図-4)．

以下に各ブロックの調査結果について述べる．

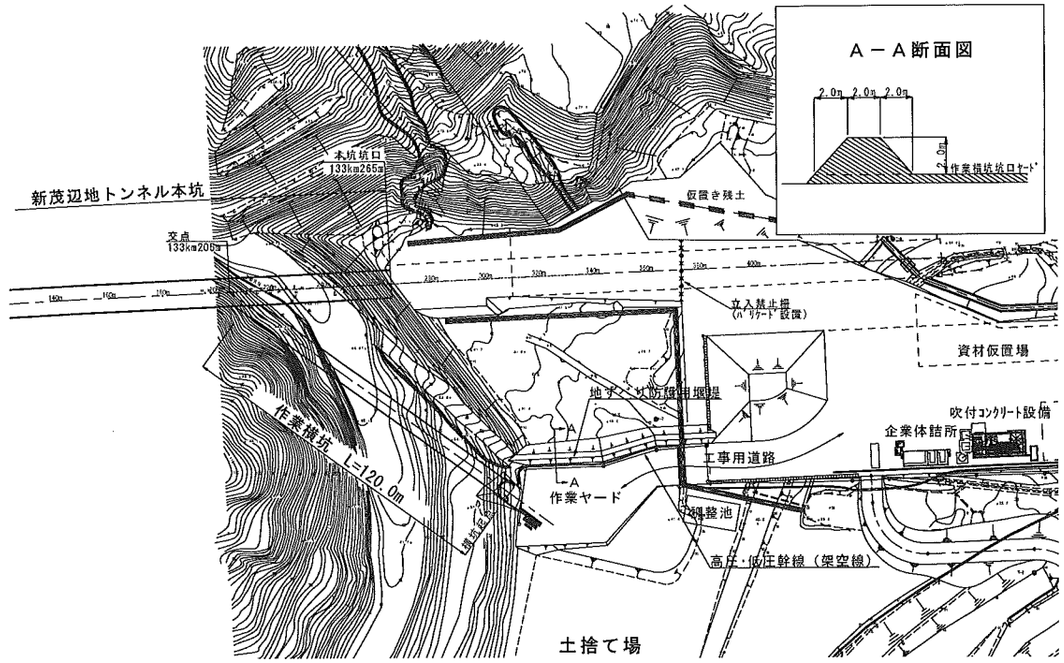


図-2　坑口部平面図

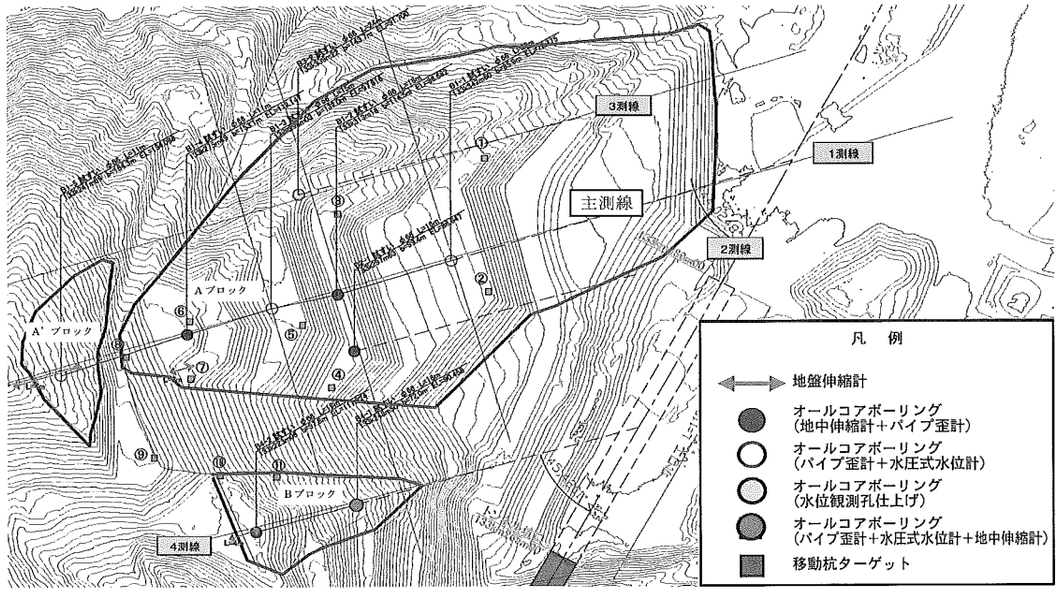


図-3　調査箇所平面図

3-2-1　Aブロック

Aブロックは，新幹線構造物に対し将来的に影響を与える可能性のあるもっとも大きいブロックである．

頭部排土した北側の斜面には明瞭な地すべり地形(溝状地形)が認められ，過去に地すべりが発生していたと考えられる．

すべり面は，古い地すべり性崩壊面と連続して

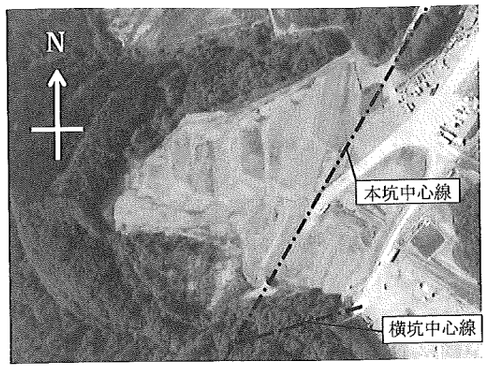


写真-1　新茂辺地トンネル坑口部航空写真

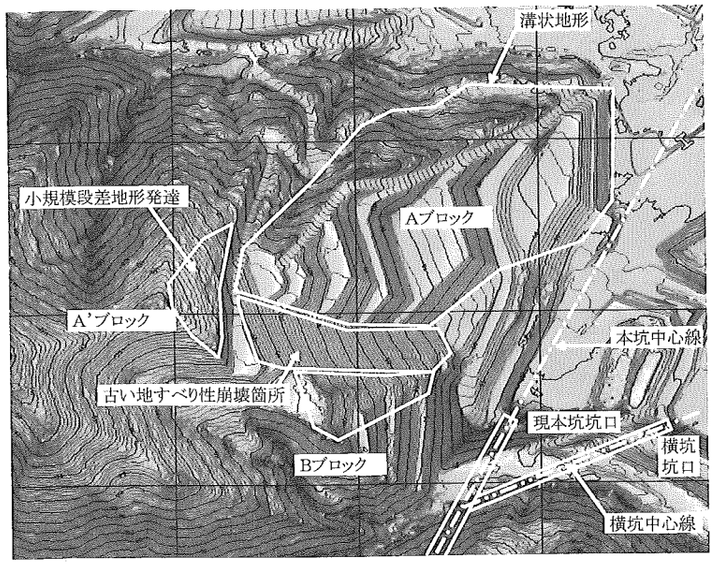


図-4　地すべりブロック特定図

層理面と平行に発達し，坑口東側に傾斜する約30度の流れ盤を呈しており，末端部のすべり面は，地形状況から層理を切って破壊し地表に抜けていると考えられるが，押さえ盛土が施工されており確認はできない．

動態観測では現在有意な変動は認められないが，新幹線トンネルに対し長期的な安全性を確保する必要があるため恒久的な地すべり対策工が必要である．

3-2-2　A′ブロック

A′ブロックは，深度2.45mの凝灰質シルト岩まで亀裂が発達し，軟質なため地すべりが発生しやすいブロックと考えられる(図-6)．

もともとAブロックの頭部を構成していたが，地権者の切土掘削によりAブロックから分離され末端の押さえが取り除かれた不安定形状を示している(写真-2)．このため，動態観測では現在有意な変動は認められないが，突発的な集中豪雨や融雪に伴って不安定化する可能性が高く早急な対策が必要なブロックである．

3-2-3　Bブロック

Bブロックは，古い地すべり

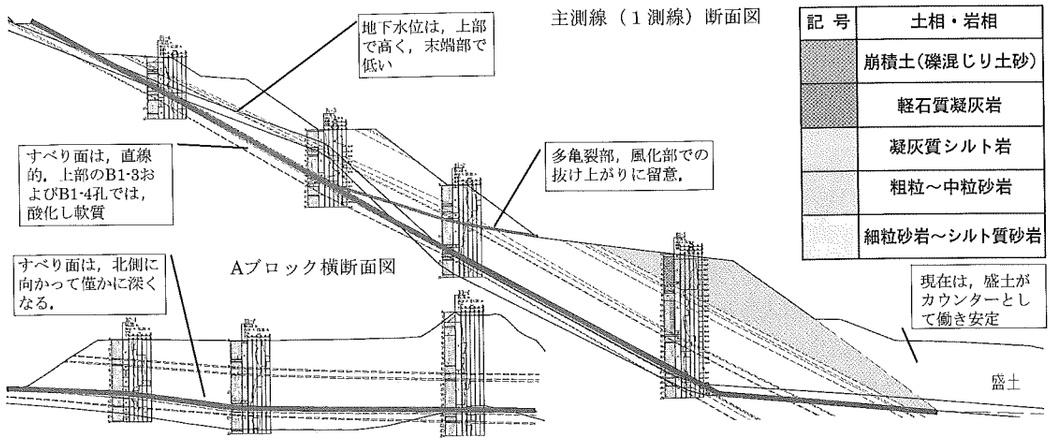


図-5　Aブロック地質断面図

性崩壊箇所の坑口南側上部斜面に位置しており，深度１～３ｍまでの軟質な土砂状を呈しており，地すべりが発生しやすいブロックと考えられる(図-7)．

このブロックは，片側の側面のない三角状の地形を呈し不安定な形状を示しており(写真-3)，動態観測でも深度１ｍで微小な歪の累積傾向が認められる．

このため，突発的な集中豪雨や浸食に伴う小崩壊の発生に伴ってブロック全体が不安定化する可能性が高く，A′ブロック同様に早急な対策が必要なブロックである．

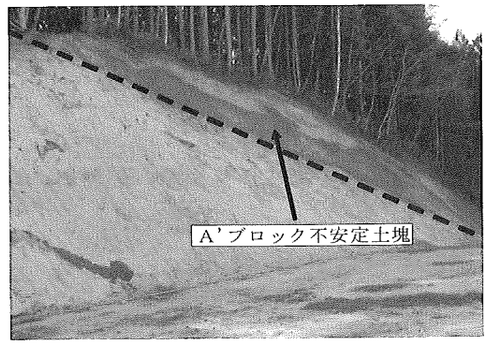


写真-2　A′ブロック不安定土塊

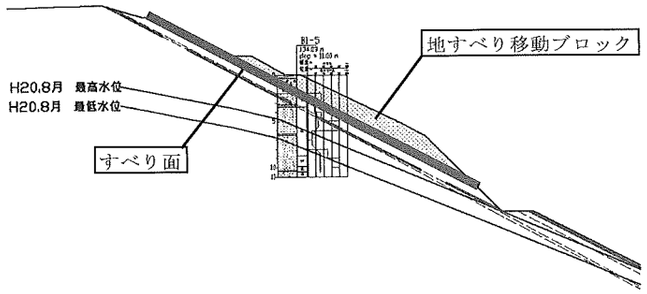


図-6　A′ブロック地質断面図

3-3　Aブロックの現形状での安定検討

3-3-1　土質定数の設定

Aブロックで採取した試料によるくり返し一面せん断試験の結果を表-1に示す．

計算モデルは，もっとも勾配のある断面を代表断面として行い，すべり面においてもっとも劣化が進行した状態での検討を行うこととし土質定数は表-2のとおり設定した(図-8, 9)．

3-3-2　現形状での劣化時安全率

試験値から求められた安全率は１以下であり，「断続的に変動している」状況に相当する数値となったが，もっとも劣化が進行した場合の物性値による計算であるため，現状の安全率を示すものではない．

また，解析では除外したが，現状では長大法面下に仮設の押さえ盛土が施工されている状況にあるため，動態観測で確認されているとおり現況の斜面は安定を保っていると考えられる(図-10)．

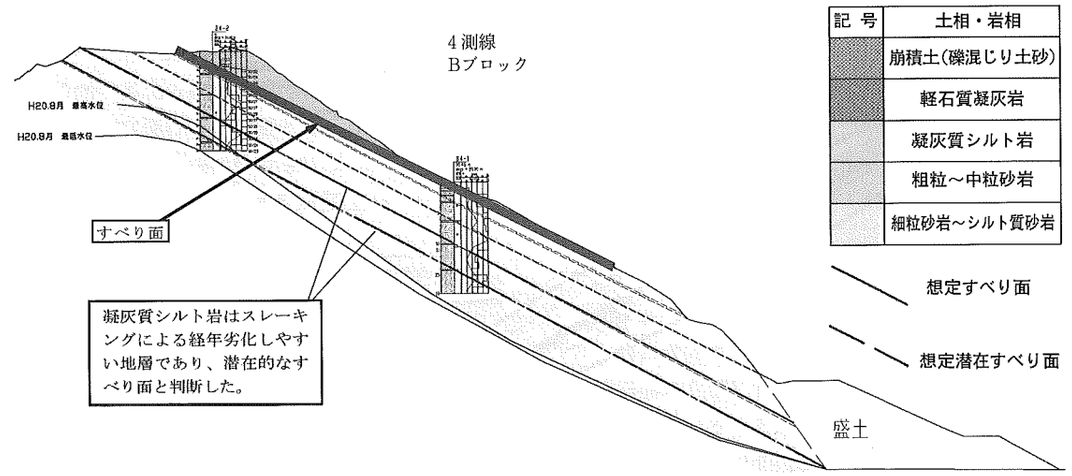


図-7　Bブロック地質断面図

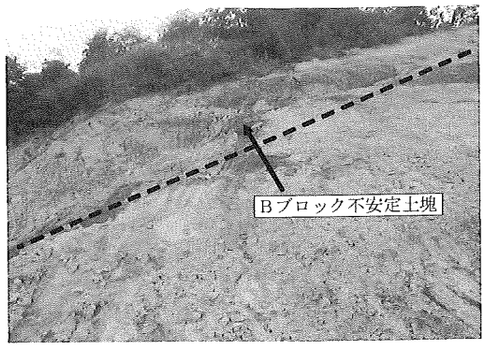


写真-3　Bブロック不安定土塊

表-1　くり返し一面せん断試験結果

	粘着力C(kN/m²)	せん断抵抗角ϕ(°)
残留強度	0.0	7.0
ピーク時強度	13.0	41.6

表-2　採用土質定数

	単位体積重量 kN/m³	すべり面強度	
		粘着力C (kN/m²)	せん断抵抗角ϕ (°)
流れ盤部	21.0	0.0	7.0
末端水平部	21.0	13.0	41.6

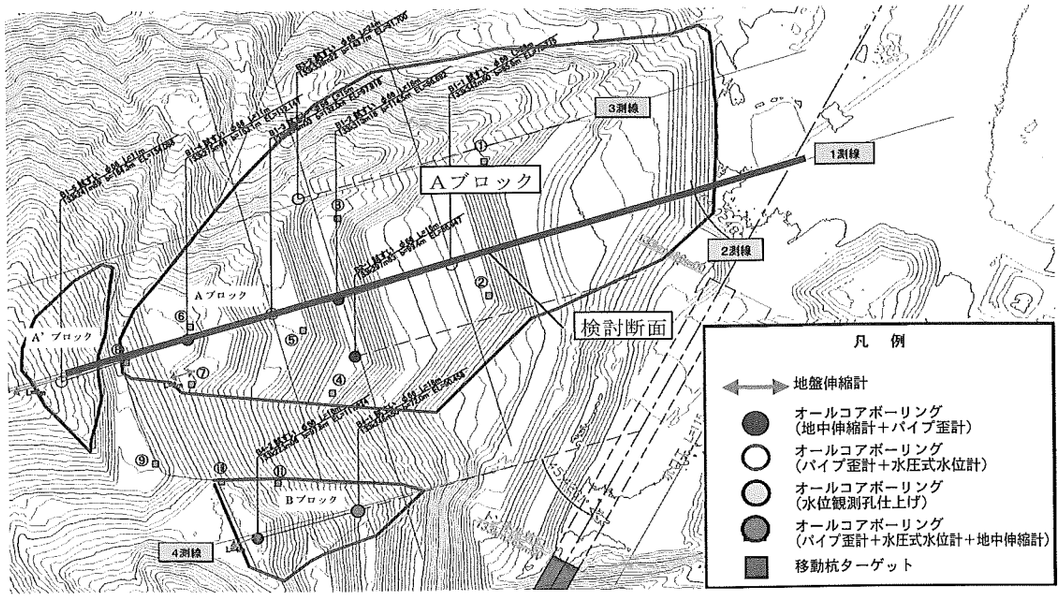


図-8　検討断面位置図

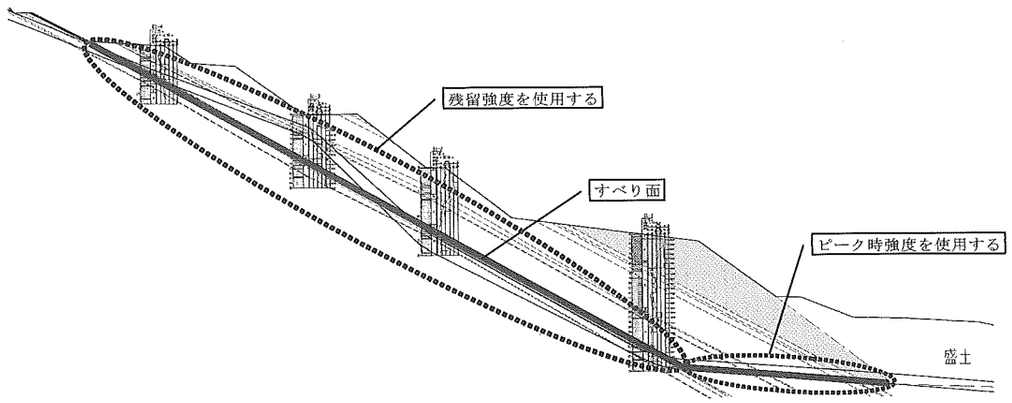
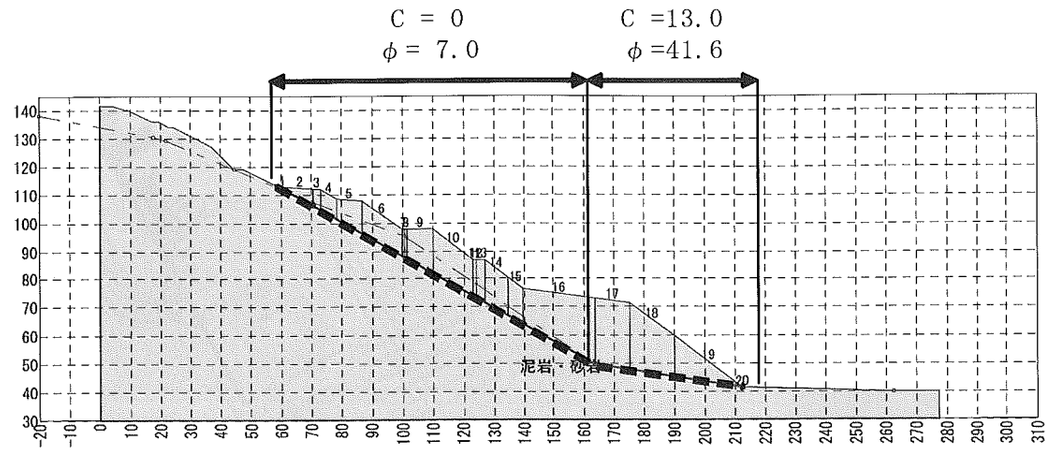


図-9　検討断面図



種別	記号	単位	条件と結果
計算式	—	—	修正Fellenius法(道路土工式・湛水なし)
安全率	F_s	—	0.985
計画安全率	p.F_s	—	1.200
抑止力	P_t	kN/m	3,492.5

図-10　Aブロック全体すべり安定計算

4　対策工法の検討

4-1　対策工法の考え方

これまでの調査結果から，当法面における崩壊(層すべり)発生のメカニズムは，図-11のとおりと考えられる．

このことから，対策工法としては，雨水による浸食および層境への浸透を抑制することと，全体に必要な安全率を確保することを目的に，恒久対策についての全体の提案を行う．恒久対策のうち，すべり面の劣化の進行を抑えるための早期の対策と，将来的な運行時に問題とならないような対策とに分けた対策工法の検討を行う．

4-2　各ブロックにおける対策工

4-2-1　A′およびBブロック部

A′およびBブロックの地すべり対策工については，

① 大規模な掘削撤去は，現状斜面より奥の新たなすべりを誘発させる可能性が高い

② 地すべりブロック下部が砕石跡の長大切土法面のため押さえ盛土が不可能

③ 用地境界外となるため構造物を残さない

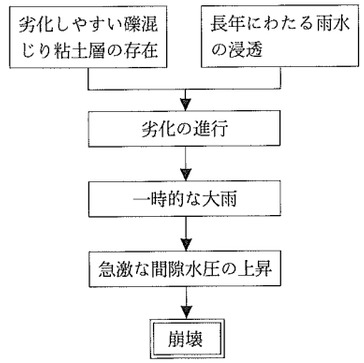


図-11　崩壊発生メカニズム

の3点から，もっとも本線への影響の高い上部崩積土砂部を除去することとする．また，除去後に表面保護を目的とした緑化工法を行うこととする(図-12)．

4-2-2　古い地すべり性崩壊箇所

先に述べたように，とくに問題となる土砂はないものの表面の劣化が進行している．このため，崩壊斜面の北側V字部分に雨水が集中し浸食が大きくなっていること，雨水の浸入により新たなすべりを誘発する可能性があることなどから，この部分に吹付けモルタルによる側溝(排水溝)を施工

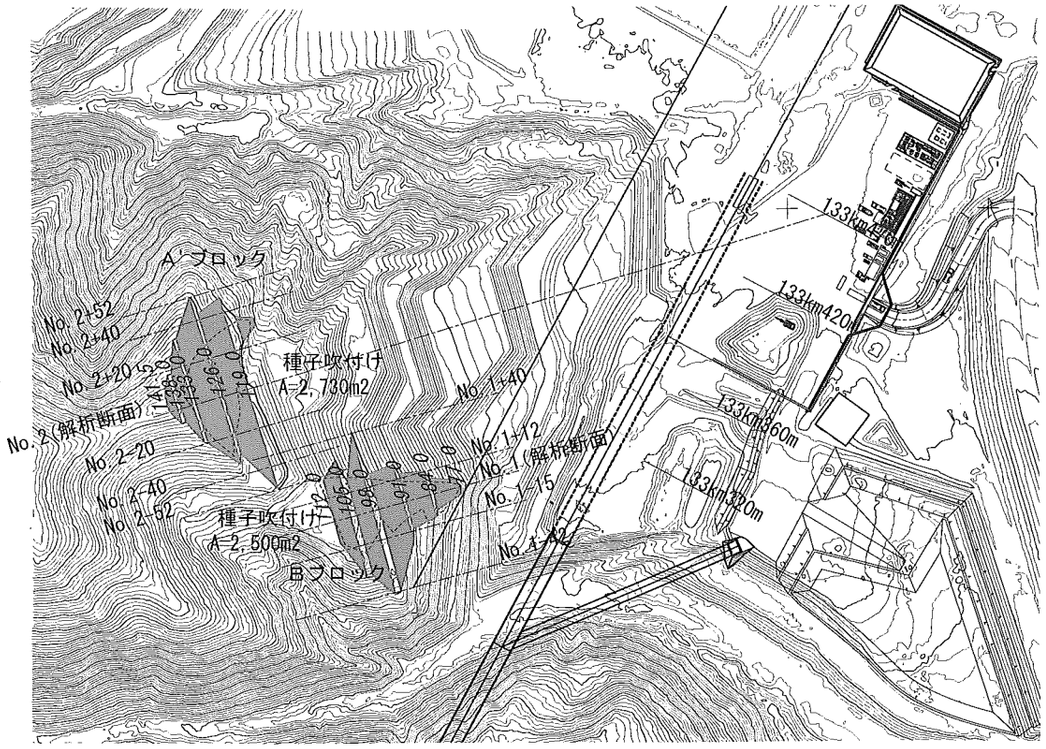


図-12 A', Bブロック切土計画平面図

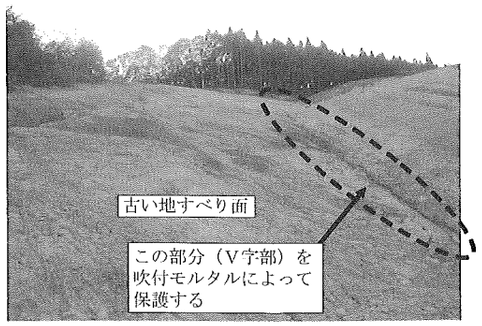


写真-4 崩壊斜面北側V字部

し雨水による浸食の拡大と浸入を防止する(**写真-4**).

また，今後の落石などを防ぐため，表面の保護を目的とした緑化工を行うこととする.

4-2-3 Aブロック部

この部分における対策工法として大きく分けて，以下の3パターンが考えられる.

① グラウンドアンカーや抑止杭など構造物によりすべりを抑える工法(抑止工)

② 不安定化する可能性のある部分をすべて除去する(排土工)

③ すべりに対して押さえ盛土を行う(押さえ盛土工)

この3工法の中で，工事費，工期，維持管理を比較して，①(抑止工)は，現在の用地境界外に構造物を残すこととなり，開業後にもメンテナンスが必要なことから，②(排土工)または③(押さえ盛土工)の対策工法が採用可能である.

しかし，排土工法では，

① 計画安全率を確保するための排土量は，約170,000m³に達する

② 掘削範囲と新たな小規模すべりを抑制するための表面保護(吹付けモルタル，緑化工など)の範囲が非常に大きくなる

③ 排土土砂の土捨て場確保が必要

などのことから，恒久対策として採用するにはさまざまな障害が指摘された.

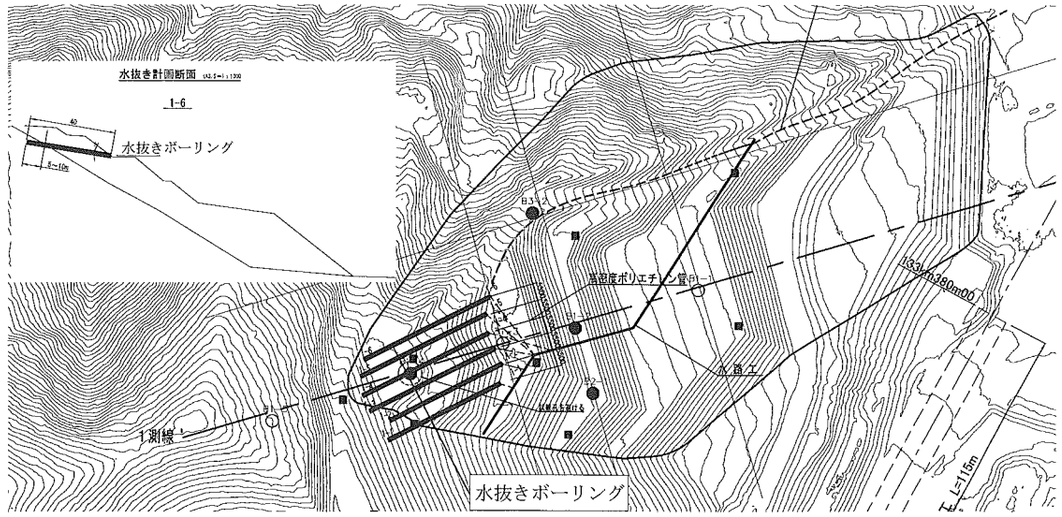


図-13 水抜きボーリング配置図

したがって，本工事では将来的なメンテナンスが必要なく，トンネル発生土を有効に利用できる押さえ盛土工法を主体とした対策工を実施することとした.

また，すべり面の安定に対して，雪解け時期の湧水の浸透によるすべり面の劣化や間隙水圧の上昇を防ぐ目的から，水抜き工についてはどの対策を行う場合でも必要である(**図-13**).

5 Aブロック押さえ盛土工法の検討

押さえ盛土工法については，長大法面のすべりの発生を抑制するとともに，斜面に近接する新幹線ルートが押さえ盛土内を通過することで，トンネル構造となり，更なる新幹線の安全の確保も図られる構造と考えている.

5-1 計算条件(検討仮定)

すべり計算における盛土の形状については，現設計を踏襲することとして次のとおりとした.

① 地震時の検討を実施することとし，一般的に使用する地表面の最大加速度200gal(設計水平震度0.2)を用いる.

② 計画安全率は，標準的な地すべり対策工としての安全率を確保することとし，常時で$p.F_{s1}=1.2$，地震時で$p.F_{s2}=1.0$以上とする.

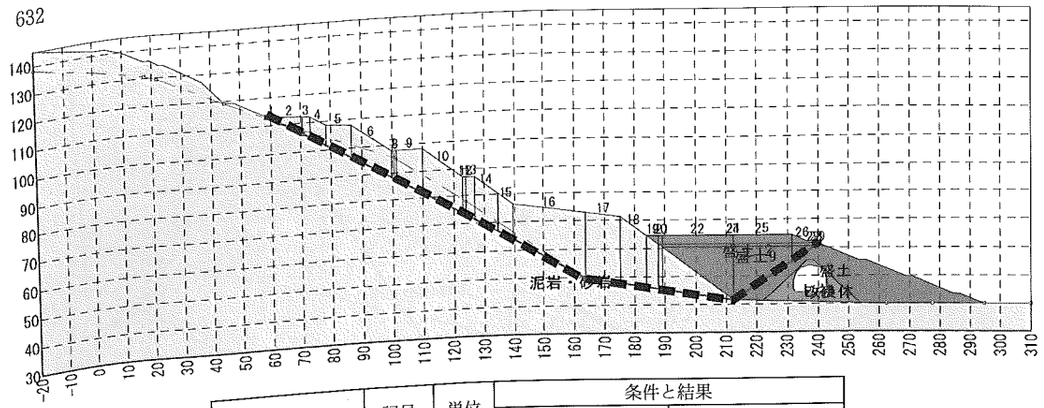
表-3 計算条件

地層	地質	単位体積重量 γ (kN/m³)	粘着力 C(kN/m²)	内部摩擦角 ϕ (°)
盛土部	盛土	17.00	0.00	35.00
流れ盤部	泥岩・砂岩	21.00	0.00	7.00
末端水平部	泥岩・砂岩	21.00	13.00	41.60

③ 盛土の物性値は，トンネル発生土で標準的な盛土を行った場合を想定し$\gamma=17kN/m^3$，$\phi=35°$とする.

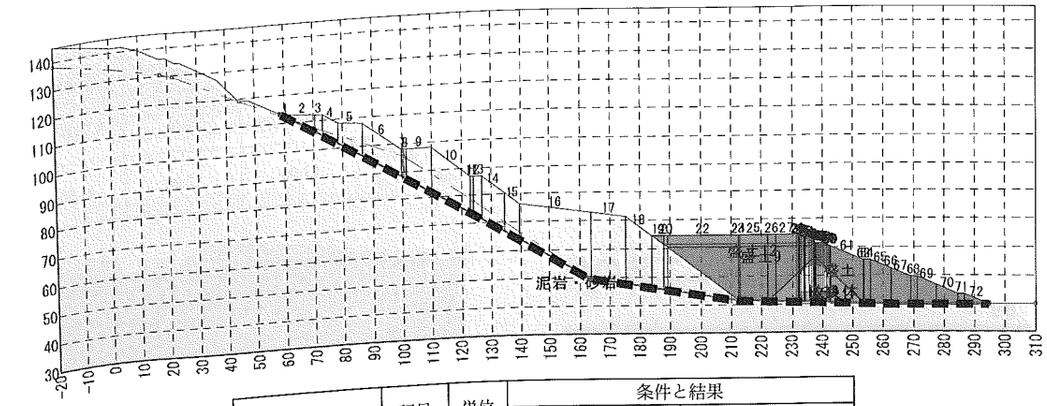
④ トンネル周辺の改良体は，トンネルとの最小かぶり2.0mを確保し勾配は1：1.0の形状とする.

⑤ 地すべりの検討については，地すべりの末端部で，地すべり想定線が押さえ盛土内の改良体を避けて通過するケースがもっとも危険であると考えられるため，斜面部から押さえ盛土の普通盛土内を通過して発生する場合(跳ね上げケース)を想定した．また，押さえ盛土と現況地山との人工的な弱点部となる境界面を通過する地すべりを想定し，地すべり土塊の荷重により押さえ盛土全体が滑動する場合(水平ケース)の2ケースについて検討を行った.



種　別	記号	単位	条件と結果	
			常　時	地震時
計　算　式	—	—	修正Fellenius法(道路土工式・湛水なし)	
地盤水平震度係数	K_h	—	—	0.200
安　全　率	F_s	—	1.757	1.018
計画安全率	$p.F_s$	—	1.200	1.000
抑　止　力	P_r	kN/m	−7,709.4	−437.2

図-14　計算結果(跳ね上げケース)



種　別	記号	単位	条件と結果	
			常　時	地震時
計　算　式	—	—	修正Fellenius法(道路土工式・湛水なし)	
地盤水平震度係数	K_h	—	—	0.200
安　全　率	F_s	—	2.099	1.201
計画安全率	$p.F_s$	—	1.200	1.000
抑　止　力	P_r	kN/m	−15,949.1	−6,074.5

図-15　計算結果(水平ケース)

これらの計算条件を表-3に示す.

5-2　計算結果

地すべり想定線が盛土内を通る場合の計算結果を図-14に，押さえ盛土下を通る場合の計算結果を図-15に示す.

上記の計算結果から決定したAブロック押さえ盛土工の全体図を図-16, 17に示す.

6　おわりに

引続き，トンネル本体構造の検討を行い最終的な地すべり対策を伴う覆工コンクリートなどの設計を行っていく予定である．施工については，現在施工中のA′およびBブロックの撤去工が終了次第，本格的なAブロック押さえ盛土工に着手する．この施工終了後に，押さえ盛土内を本坑で使用している掘削機などによりNATMでトンネル掘削を行っていくこととなる.

本トンネルの東側坑口部は，各関係機関の方々の適切なるご指導とご協力によって地すべり対策工の設計計画を進めることができた．ここに深く感謝の意を表したい.

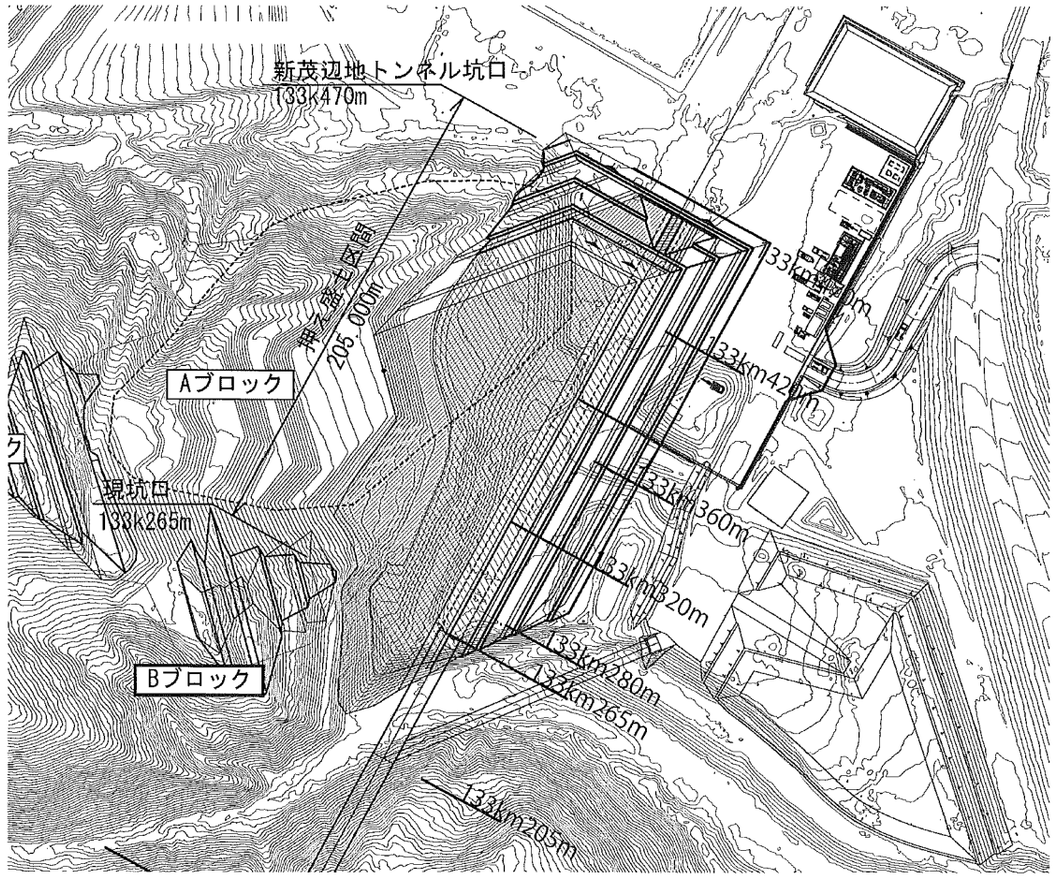


図-16　押さえ盛土計画平面図

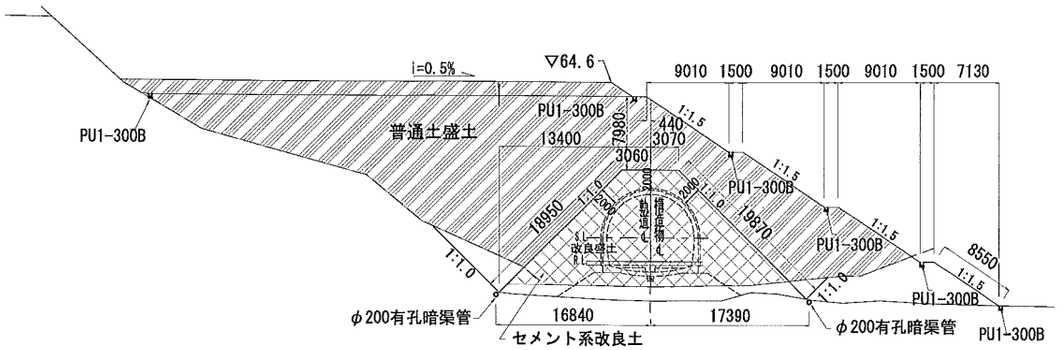


図-17　押さえ盛土標準断面図

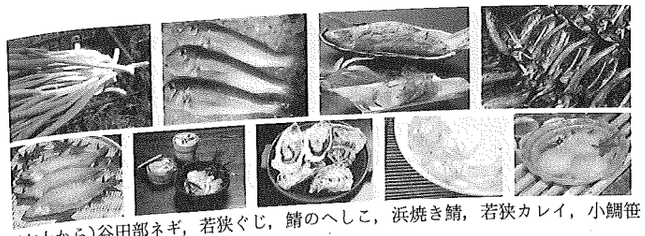
本研究を進めるにあたり，国土交通省北海道開発局帯広開発建設部の方々には，本トンネルの設計計画，施工計画，地すべり対策工の設計計画を進めるにあたり，多大なご指導とご協力をいただいた．ここに深く感謝の意を表したい.



「美食と歴史の町，若狭おばま」福井県小浜市より

白石雅嗣

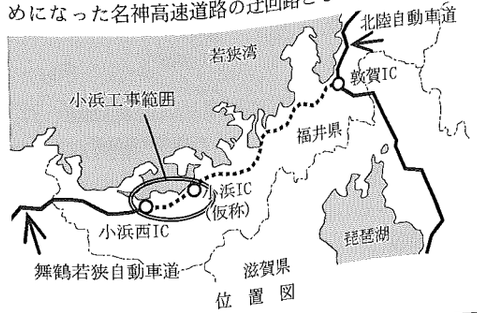
当作業所は，福井県西部の若狭地方中央に位置し，舞鶴若狭自動車道の小浜工事区間の建設を進めている．NHK連続テレビ小説「ちりとてちん」の舞台にもなった小浜市は，主人公の実家の家業であった「若狭塗箸」が名産であるとともに，多くの歴史と伝統，文化のある町である．また，最近では米大統領オバマ氏にエールを送り，小浜市の知名度をアップしようという作戦を行っている．



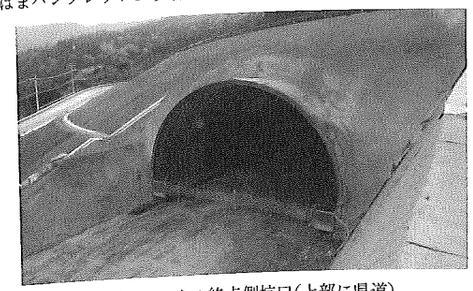
(左上から)谷田部ネギ，若狭ぐじ，鯖のへしこ，浜焼き鯖，若狭カレイ，小鯛笹漬，若狭かき，いさざ，くずまんじゅう
出展：御食国若狭おばまパンフレットより(若狭おばま観光協会)

小浜市は，大陸と京都を結ぶ海陸交通の要衝として栄え，国宝「明通寺」を代表とする寺社や，奈良東大寺二月堂の「お水取り」に先がけて，毎年3月2日に神宮寺で行われる「お水送り」など，数多くの祭礼や芸能が現在に伝承されている．また，焼き鯖，若狭カレイ，若狭ぐじなど海産物の宝庫であり，御食国(みけつくに)として都に豊かな食を供した歴史を持っている．御食国とは，古来，朝廷に「御贄(みにえ)」(「御食(みけ)」：天皇の御食料を指す)を納めた国を示す．小浜市の海岸線は，名勝若狭湾国定公園の一部で，数多くの海水浴場があり，毎年，大勢の観光客やレジャー客が訪れている．

舞鶴若狭自動車道は，大阪府吹田市を起点として，中国自動車道の吉川ジャンクションから分岐し，京都府福知山市，舞鶴市，福井県小浜市を経て敦賀市の北陸自動車道に至る高速道路である．若狭湾沿岸を走る一般国道27号線は，海水浴シーズンになると，交通混雑が発生する．また，阪神淡路大震災の際は，通行止めになった名神高速道路の迂回路として利用された．



位置図



谷田部トンネル終点側坑口(上部に県道)

地元としても，交通混雑の緩和とともに，産業の振興，文化交流のルートとして期待している．

工事は小浜西ICから小浜IC間$L=11.4$kmのうち延長7.2km区間で，937,000m³の大規模な切盛土工や，橋梁下部工22基，トンネル(谷田部トンネル1,052m，加斗トンネル390m)などの建設を進めている．

谷田部トンネルは，終点側53mは明かり巻きの計画であったが，直上県道の安全確保，工程の短縮を目的に，ソイルセメントで人工地山を造り，トンネル掘削を行った．現在は，トンネル貫通後，覆工およびインバートを施工している．また，2009年5月より加斗トンネルの掘削に着手し，2本目のトンネル貫通を目指している．

本工事は，小浜市の西部を縦断しており，地元の関心も高く，地域の方々をはじめ，多くの方々が現場見学会に来られている．歴史と伝統，文化のある小浜市をはじめとし，若狭周辺の活性化を図るという使命感を持ち，今後，発注者・関係各位のご指導のもと，竣工に向けて，無事故・無災害で工事を進めていく．

((株)錢高組舞鶴若狭自動車道小浜工事現場技術員)

施工

地表に達する天端崩落箇所の対策と地すべり坑口部の施工

—北海道横断自動車道　下トマムトンネル—

(株)福田組下トマムトンネル作業所　井貝武史
(株)福田組下トマムトンネル作業所所長　鶴間敏雄
東日本高速道路(株)北海道支社帯広工事事務所技師　小澤隆二
東日本高速道路(株)北海道支社帯広工事事務所工事長　安藤武義

1 はじめに

下トマムトンネルは，北海道横断自動車道(夕張～十勝清水間)のうち，占冠IC～トマムIC間の山間部に位置する延長754mの山岳トンネルである．下トマムトンネルの位置を図-1に示す．

トンネルの施工は，発破掘削方式による補助ベンチ付き全断面掘削工法を採用し，平成19年12月に坑口付けを行い，東側坑口より片押しにて掘削を開始した．平成20年7月30日に，STA.903＋64付近(西側坑口までおよそ60m地点)で，地表面にまで達する天端崩落が発生した．その後，各種補助工法を用いて，平成20年9月に無事貫通した．

本稿は，崩落発生とその対策工および西坑口部の地すべり地でのトンネル施工について報告する．

2 施工概要

2-1 地形・地質

本トンネルは日高帯に位置し，基盤岩は玄武岩質のハイアロクラスタイトを主体としている．ハイアロクラスタイトは，比較的新鮮な箇所では堅硬緻密な塊状岩であり暗緑灰色を呈する．

西側坑口付近の地表は，礫質の崖錐堆積物が厚く堆積し坑口より約100mの区間は，地すべり地となっている．また同付近は，トンネルに斜交して断層が存在し，その付近は破砕されて亀裂の多い地山が分布し，事前調査時には水平ボーリング孔から最大毎分800ℓの湧水が確認されていたが，施工時には最大

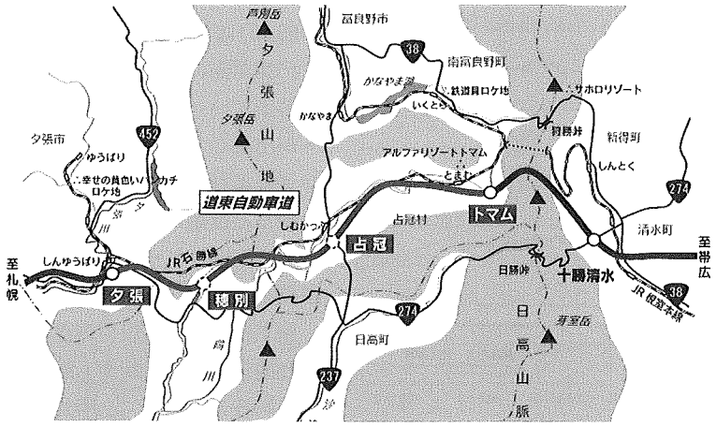


図-1　位置図

で毎分80ℓ程度であった．

本トンネル西坑口部は，この地すべり底部を掘削することになる．

2-2　地すべり対策工

西側坑口付近の地すべり対策は，図-2に示すように，河川付替えを伴う約2万m³の押さえ盛土および集水井4基を設置する計画であった．施工は，押さえ盛土と集水井(φ3.5m)2基(W-1およびW-3)，集水ボーリング約1,940mを施工した段階で，図-3に示すように，地すべりBブロックでは地下水位が22m低下し，トンネル完成時における地すべりの安全率が，目標安全率F_s=1.20を上回る結果となったため，当初計画の残り2基(W-2とW-4)の集水井と集水ボーリングの施工は行わないものとした．

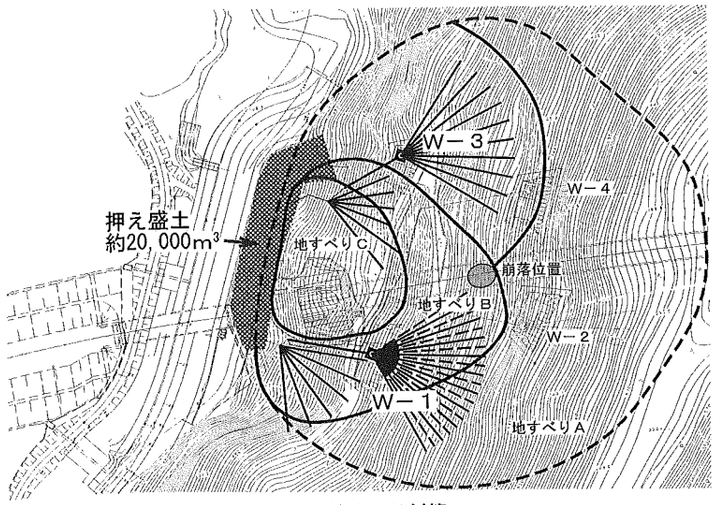


図-2　地すべり対策

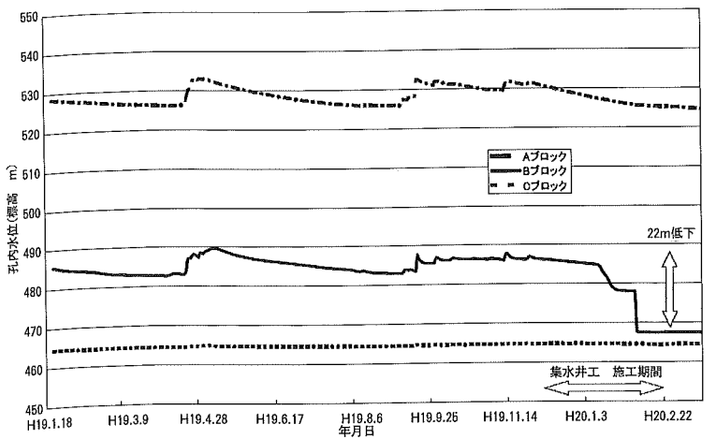


図-3　地下水位経時変化

3　天　端　崩　落

3-1　先進ボーリング調査

事前調査時の坑外からの水平調査ボーリングでは，断層の範囲やその周辺の破砕などの地山状況，地下水状況が明確でなかったため，これらを確認すべく，STA.904+47のトンネル切羽より水平に73mの調査ボーリングを実施した．これによれば，切羽より20m付近までは現切羽と同様な，風化・変質の少ないC_H～C_M級の岩盤であり，それ以降の52m区間は，亀裂が多くなり緑褐色の変質部も増加したC_M級，それ以深はC_L級となる．このC_L級岩盤が断層破砕帯かどうかは明らかでないが，削孔方向に低角度で交わる亀裂でスリッケンサイド(鏡面)が多くみられ，不連続なずれ変位があった兆候が確認された．また，ボーリング孔からの湧水は全体で毎分80ℓと事前調査時と比べ多くないことから集水井の効果が確認された．

3-2　崩落前の施工状況

写真-1に崩落直前(STA.903+65.35)における切羽写真を示す．切羽面には比較的堅硬で亀裂の少ないハイアロクラスタイトが出現しており，調査ボーリングにより同様の地質がしばらく続くと推定されていたことから，CII-aパターンでの掘削を継続した．

施工は，西側坑口付近が地すべり地に位置し，断層も想定されていることから，上半先進ベンチカット工法とし，爆薬の使

用量を抑え，発破振動を測定しながら掘削した．また，地すべりに対しては，固定式傾斜計と挿入式傾斜計，トータルステーションによる地表面計測で，地すべりブロックの変位を計測しながら，坑内ではA計測の頻度を密にして，慎重に施工を行った．

3-3　崩落状況

STA.903+64.15の切羽において掘削・ずり搬出を終了して，吹付けコンクリートの準備中に，トンネル天端部より第1回目の崩落が発生した．この崩落は，掘削直後のスパン1.2mとその直前のスパン1.2mの2スパン延長約2.4m間の天端が崩落したものである．

第1回目の崩落から約1時間後，崩落土砂への応急的な吹付けコンクリートの施工準備中に，第2回目の崩落が発生した．崩落範囲が拡大し，切羽(STA.903+64)より後方の10スパン12mが崩落して，切羽後方23m付近まで崩落土砂が流出した．

この2回の崩落によって，トンネル坑内に約800m³の土砂が崩落・堆積した．土かぶりが約36

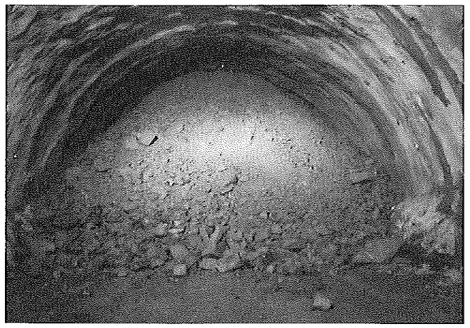


写真-2　崩落切羽

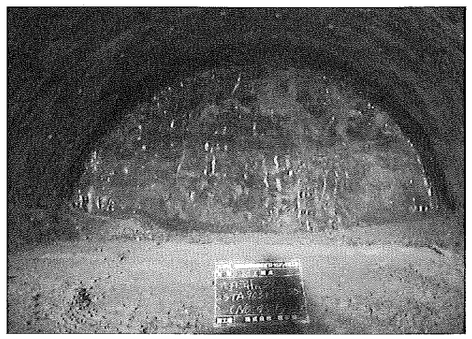


写真-1　切羽状況(STA.903+65.35)



写真-3　地表面陥没

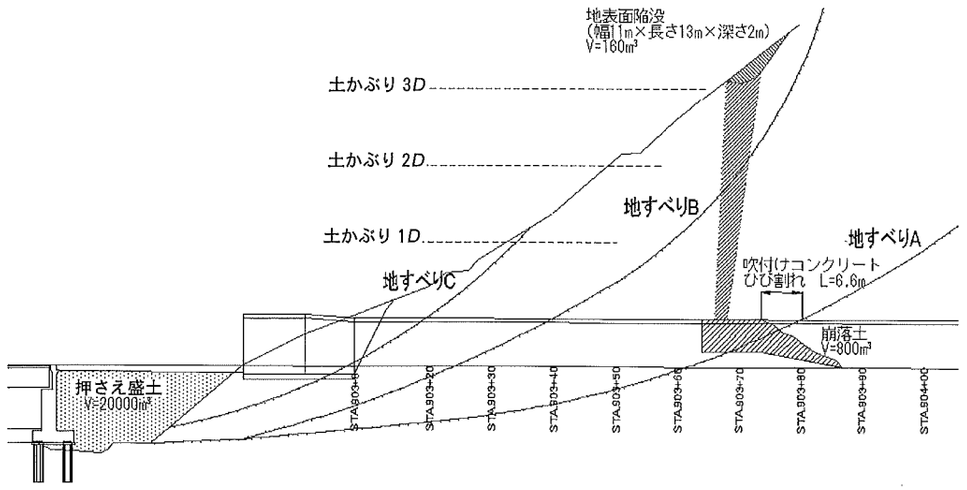


図-4　崩落状況

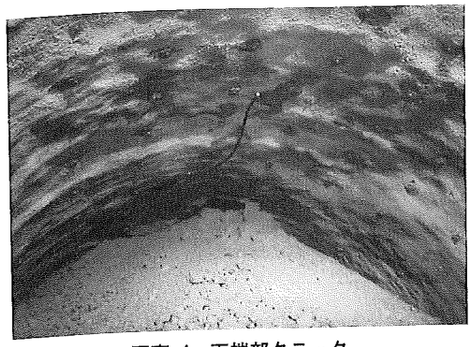


写真-4　天端部クラック



写真-5　崩落部直下の大塊のハイアロクラスタイト

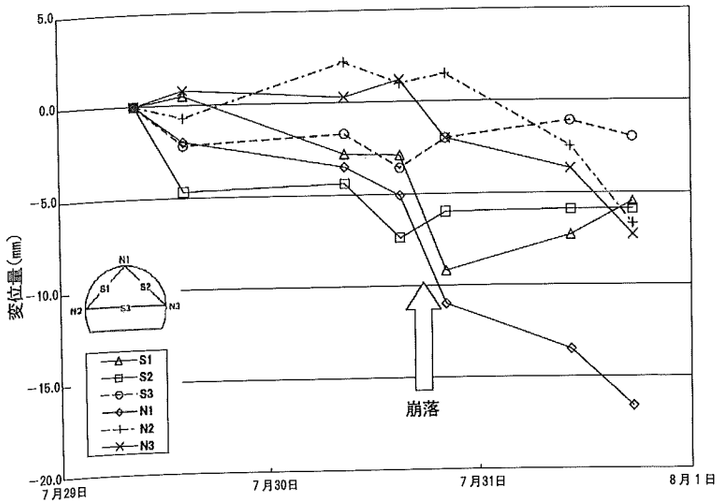


図-5　崩落直後の計測A経時変化図(STA.903＋83)

測結果を図-5に示す．また，写真-4に示すように崩落箇所より既施工区間後方6.6mまでの吹付けコンクリート天端部に縦断方向のクラックが発生した．

3-5　崩落原因

崩落部付近の地山状況は，切羽面では比較的堅硬で亀裂の少ないハイアロクラスタイトが出現していたものの，トンネル上部では崖錐堆積物や断層の影響による基岩であるハイアロクラスタイトの亀裂の発達が顕著であったものと思われる．

崩落土砂が細粒分混じり砂質礫であること，また，写真-5に示すように崩落切羽直下の崩落土には比較的大塊のハイアロクラスタイトがあったことから，切羽天端の数m上には崖錐堆積物があり，これが天端直上の薄くて亀裂の多いハイアロクラスタイト層を破って落下したものと考えられる．

3-6　緊急対策

第２回目の崩落後，再度の崩落がないことを確認しながら，崩落土砂表面に吹付けコンクリートをt＝20～30cmの厚さで吹付け，土砂表面の動きを抑えた．その後，崩落土砂の法尻を押さえるために，崩落部後方15m間を上半盤まで盛土した．

4　対　策　工　法

トンネル掘削の再開にあたり，崩落部およびその前後の区間について以下の対策工を計画，施工した．

4-1　既施工区間の補強工

既施工区間のうち，崩落に伴い急激な天端沈下やクラックの発生した範囲は，支保背面のゆるみやクラックによる吹付けコンクリートの支保能力の低下などの変状が発生しており，荷重増加に伴うクラックの進展や開口，新たなクラックが発生することが考えられる．また崩落に伴い，長さ３mのパターンボルトの範囲以上に地山のゆるみが波及している可能性もあることから，トンネル上半120°範囲に４mの注入式補強ロックボルトを1.2m×1.2mピッチで打設し，ウレタン系注入材により地山補強を行った．

また，支保については，崩落部直近の１D区間はＤⅠパターンに，続く１D区間はＣⅡ-bパターンに補強した(上半鋼製支保工の追加)．

4-2　上部崩落地山の空隙対策工

崩落部上部は，崩落によって地山が大きくゆるみ，空隙のある状態であると考えられる．そこで，崩壊した岩塊の空隙を注入改良し固結させることとし，水ガラス系懸濁型材(LW)による薬液注入工を施工した．

薬液注入量は約213,000ℓである．

4-3　トンネル掘削補助工法の追加

崩落箇所を再度掘削するにあたり，天端部の安定を確保するために，トンネルの天端部120°範囲に手前から上下３段の注入式長尺鋼管先受け工(AGF)を施工した．これによって，鋼管間からの抜け落ちは多少みられたものの，崩落区間を再掘削することができた．注入式長尺鋼管先受け工の施工断面を図-6に示す．

崩落部以降は，天端部に礫混じりの土砂(崖錐堆積物)が出現したため，上半120°範囲への注入式長尺先受け工の施工を坑口まで継続した．

5　トンネル掘削の進行に伴う対策工

崩落箇所の復旧を終え，トンネル掘削を再開したが，トンネルの全体的な沈下(共下がり)が発生し，地表面も沈下の値(谷側へのずれ傾向)を示した．

当該箇所は，地すべり土塊の中にあり，トンネルの沈下が地表部の沈下(表層土塊のずれ)を助長させ，地すべりの誘発が懸念されるため，沈下抑制の対策工を行った．

5-1　上半インバート仮閉合

上半施工時に，ロックボルトのプレートの変形や，共下がりが発生したため，内空変位の抑制とトンネルの沈下防止対策として，吹付けコンクリートによる上半インバート仮閉合を実施した(吹付け厚20cm)．

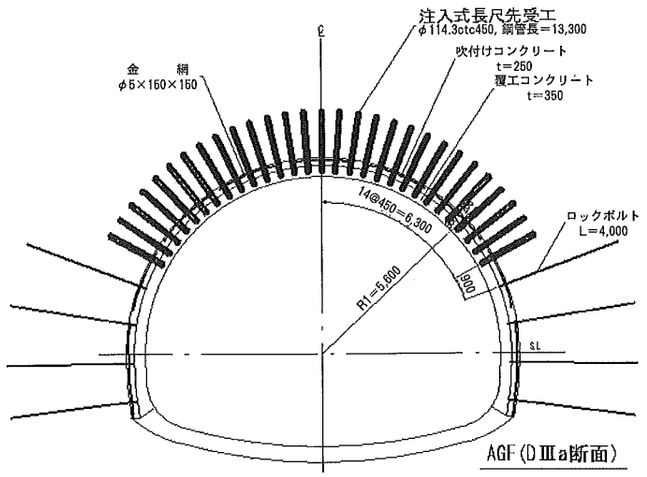


図-6　AGF断面

写真-6にロックボルトのプレートの変形状況を，図-7に内空変位計測結果を示す．

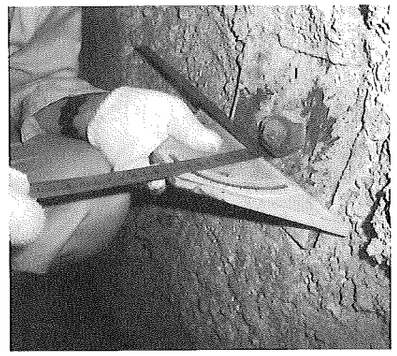


写真-6　ロックボルト座金変形

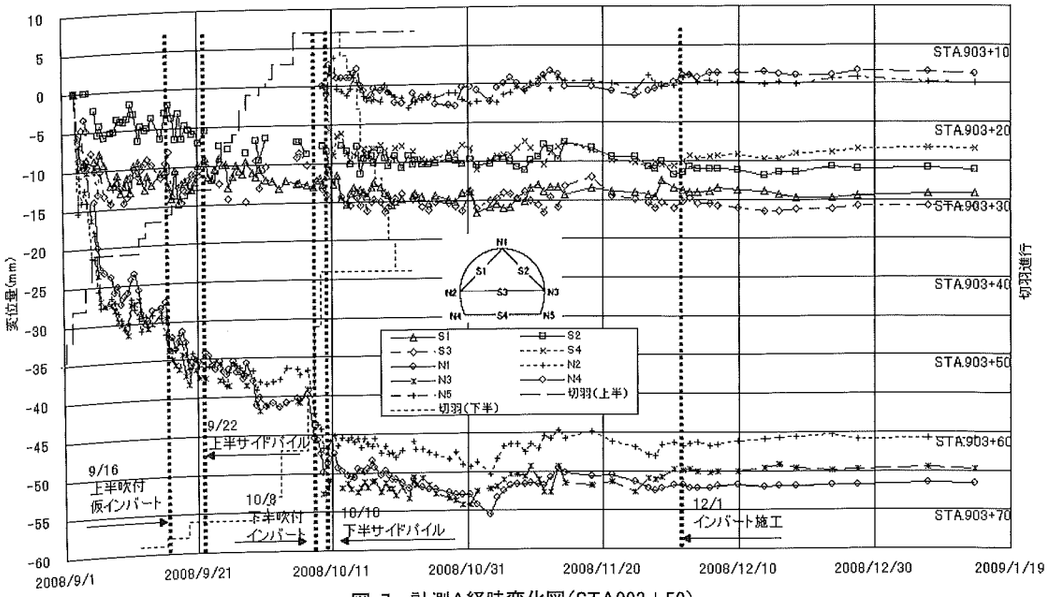


図-7 計測A経時変化図(STA903＋50)

5-2 サイドパイル工

上半断面を吹付けコンクリートで仮閉合した以降も，トンネルの全体的な沈下が継続し，地表面の沈下も収束しなかった．

そこで，剛性の大きい鋼管を使用する長さ6.5mのサイドパイルを上半側壁部に1m間隔で施工した．

その後，上半断面でのインバート仮閉合掘削時に，上半作用荷重の先行先受けとしてサイドパイルを施工したほうが沈下抑制に効果が大きいことが判明した．また，下半掘削時にも，下半インバートとともに沈下対策として有効であったため上・下半サイドパイルを施工した．

5-3 注入式長尺ボルトによる鏡補強工(FIT)

トンネル掘削が地すべりブロックBのすべり面付近に至り，切羽に礫混じり土砂(崖錐堆積物)が出現すると，切羽および核の安定性が低下した．さらに，上記の上半仮閉合をできるだけ切羽に近い位置で施工するために，核を小さくすると切羽の崩壊が発生した．

切羽の安定を確保し，切羽近くで上半断面を仮閉合するために，注入式長尺ファイバーボルトによる鏡補強工を施工した．

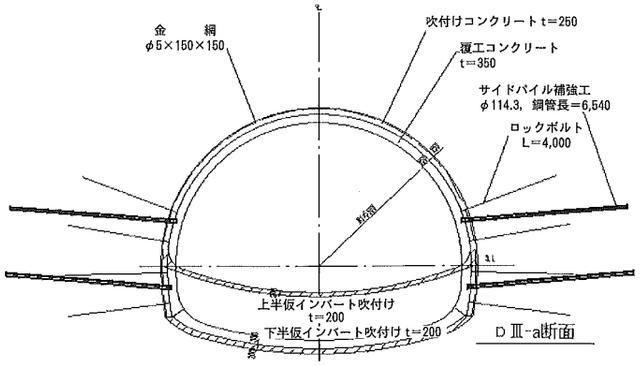


図-8 沈下対策工図

5-4 インバート仮閉合

下半掘削では，上半で施工した仮インバートを掘削することになる．これによって，さらに沈下を招く恐れがあることから，下半掘削とインバート掘削を交互に実施し，インバート掘削後ただちに吹付けコンクリートで仮閉合した．

仮閉合とサイドパイルによる沈下対策の施工断面を図-8に，各種補助工法の施工位置を図-9に示す．

崩落発生から，各種の補助工法を駆使して，崩落部および地すべり帯のトンネルを施工した．迅速な判断と対応により，崩落より2か月後の9月30日に，無事トンネルの貫通を迎えることができた．

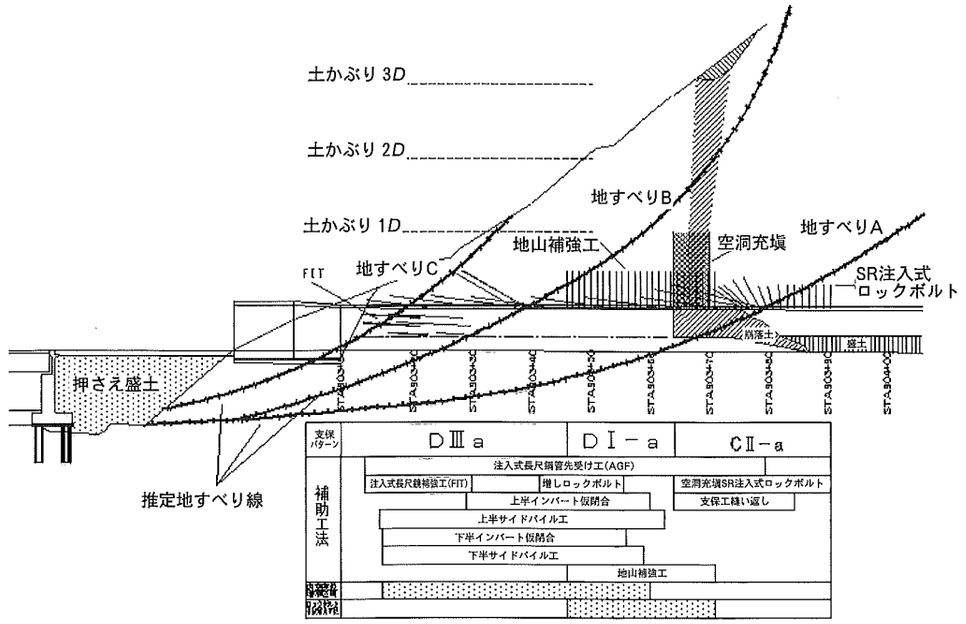


図-9 補助工法一覧

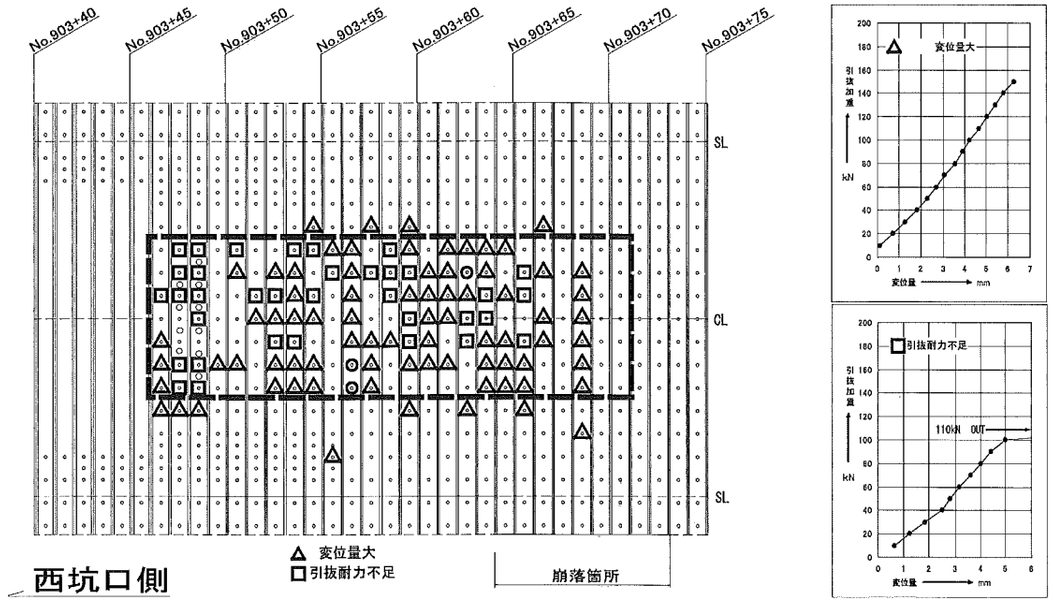


図-10 ロックボルト展開図

6 恒久対策工

6-1 崩落後の施工状況

崩落箇所から西坑口側約25m範囲のDⅠ-aパター

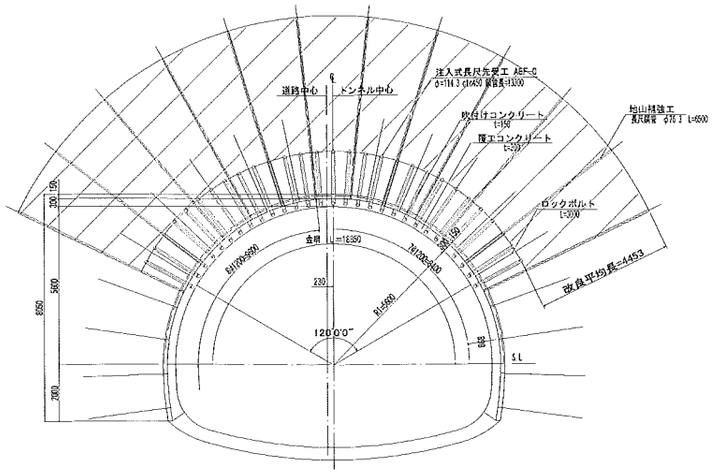


図-11　地山補強工

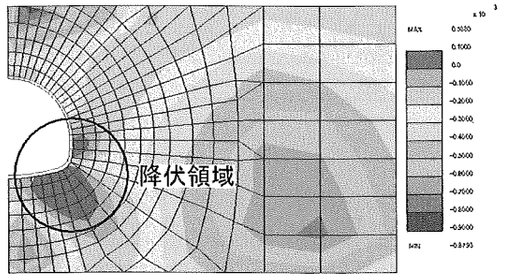


図-12　FEM解析結果(補強前)

補強範囲

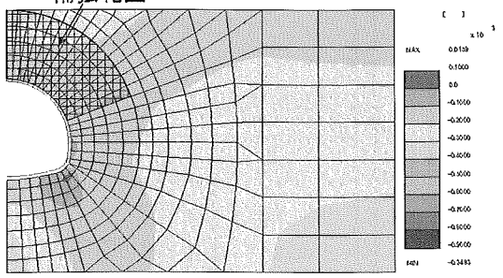


図-13　FEM解析結果(補強後)

ンの天端付近で，定着が不完全で引抜き耐力が不足したロックボルトや，所定の引抜き耐力は得られるものの引抜き試験時の変位が大きいロックボルトが多発した．図-10にロックボルトの展開図を示す．これより，トンネル上部にゆるんでいる地山が存在している可能性が大きいと考えられた(ボルト長は3.0m)．

6-2　地山補強工

トンネル上部のボーリング結果より空隙の大きい地山であることから，DI-aパターン区間では，将来的にもグラウンドアーチが形成されるか懸念された．そこで長期的なトンネルの安定を確保するため，トンネル上部0.5*D*のゾーンを，注入による地山補強工を実施した．

注入材には，寒冷地における施工では液温の低下・変動によりゲルタイムにばらつきが生じる懸念があったため，注入設備が簡易で温度管理も容易であるウレタン系を用い，φ72㎜の鋼管を打設し，鋼管の先端・中間部にパッカーを設置することで0.5*D*ゾーンの地山改良効果を上げるようにした．

地山補強工の断面を図-11に示す．

実施に先立ち行ったFEM解析による検討では，補強前のトンネル周辺地山をDII相当とし，補強工によってDI地山相当に補強・改良されるものと仮定した．将来的にゆるみ荷重が作用した場合，補強を行わないケースでは，インバート部分に応力が見られ，一部降伏領域となっている．補強を行った場合では，ゆるみ荷重が作用しても，改良によって上部からの荷重が分散されて，覆工コンクリートに過度な応力が発生しないことがFEM解析より確認できた．

FEM解析結果を図-12, 13に示す．

7　地表面陥没部の復旧

切羽崩落により発生した地表の陥没部に対しては，現地が急斜面であること，周囲の地表が礫主体のゆるい堆積状態であることから，地山へのなじみを考慮し，客土による吹付けで陥没部の復旧を行った．

8　おわりに

北海道横断自動車道の占冠IC～トマムIC間は，

平成21年の秋に開通予定である．トンネル掘削は順調な進捗をみていたが，突然の崩落という事態であった．迅速な対応で，短期間で崩落部の復旧，その後の地すべり地の施工を完了できた．地すべりブロックの挙動については，現状では収束傾向にあるが供用を迎えるにあたり，引き続き計測を実施する予定である．

最後に，本工事にあたっては，関係各位に多大なご協力をいただきました．この紙面をお借りして感謝申し上げます．

P.A.ドミニコ，F.W.シュワルツ著

地下水の科学　各B5判 全3巻

地下水の科学研究会　　大西　有三　監訳

第Ⅰ巻	地下水の物理と化学	価格4,281円　〒340円
第Ⅱ巻	地下水環境学	価格4,485円　〒340円
第Ⅲ巻	地下水と地質	価格3,873円　〒340円

本書は様々な環境問題を地下水理学の立場から本格的に取り扱うため，水の物理学・化学的性質，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多岐にわたっており，地質学者，水理地質の実務者，地球化学者ならびに流体力学に関心のある地球物理学者，または，地質学を学ぶ学生など広範に満足させる内容となっている．

＜第Ⅰ巻　主要目次＞

■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

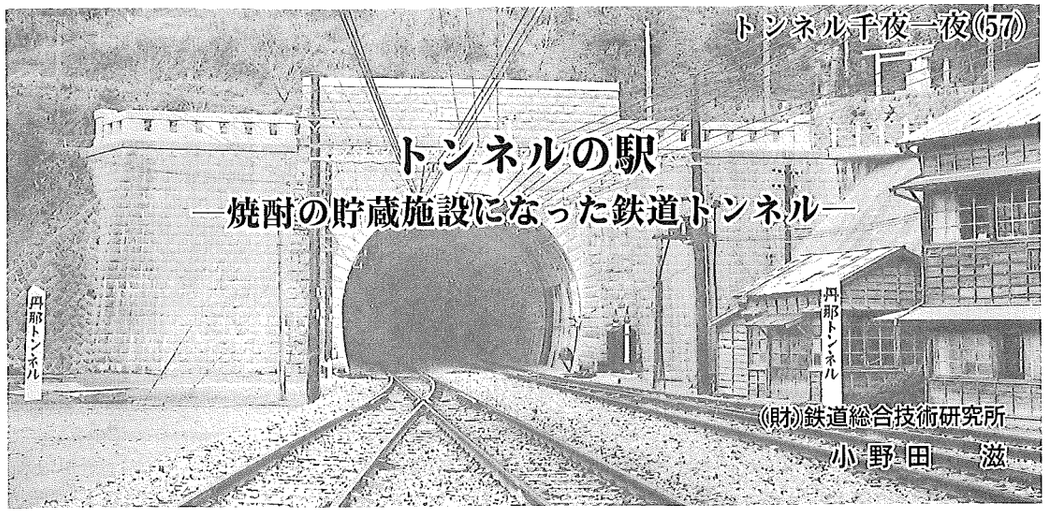
＜第Ⅱ巻　主要目次＞

■地下水の化学■化学反応■物質輸送の数字理論■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■水質浄化の対策

＜第Ⅲ巻　主要目次＞

■水資源■堆積盆水環境における地下水■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
電話　(03)3267-2888（代）　振替00110-8-190072



■トンネルの駅

近ごろ，何かと話題の多い宮崎県に，「トンネルの駅」という名の観光施設がある(**写真-1**)．県北の高千穂町に本社がある神楽酒造が経営する施設で，レストランや地元の特産品をそろえた物産館として賑わっているが，ここでの人気は何と言ってもトンネルで造られた焼酎である．

トンネルの駅の名の由来は，かつて熊本県と宮崎県を結ぶ予定であった未成の鉄道トンネルを，焼酎の貯蔵施設として再利用していることにちなんでおり，一部ではあるがトンネルの内部を見学することも可能である．今回は，トンネルの駅として再利用されたトンネルの沿革と，その現状について紹介してみたい．

■幻の九州横断鉄道

熊本方面と宮崎県の延岡を結ぶ九州横断鉄道の計画は，1922(大正11)年の改正鉄道敷設法で定められ，高森から延岡に至る鉄道として公布された．建設工事は，まず久大本線の立野で分岐し，高森へ至る延長17.7kmの高森線の建設が進められることとなり，1923(大正12)年４月に着手し，1927(昭和２)年６月に竣功，翌年３年２月12日に全通した．一方，延岡方は，とりあえず延岡～日ノ影間の延長37.8kmを建設することとなり，1932(昭和７)年10月に着手して1938(昭和13)年３月に竣功，翌年10月11日に日ノ影線として全通した．



写真-1　トンネルの駅

残る日ノ影～高森間は，1961(昭和36)年５月に調査線となり，翌年５月に工事線に編入されて，1964(昭和39)年３月に発足したばかりの日本鉄道建設公団に継承された．そして，1966(昭和41)年１月に着工し，1972(昭和47)年７月22日には，日ノ影～高千穂間の13.0kmが開業して，延岡～高千穂間を高千穂線と改称した．

工事はさらに高森をめざして残る23.0kmの建設が進められ，路線では最長となる高森トンネル(延長6,480m)の工事も開始されたが，1975(昭和50)年２月に坑内で異常出水があり，周辺の井戸水が涸れるなどの被害が発生した．このため，1976(昭和51)年９月にいったん工事を中断し，その他の工区についても，国鉄の経営悪化とともに1981(昭和56)年８月に工事を休止した．

その後，高森線は特定地方交通線として，国鉄時代の1986(昭和61)年４月に第三セクターの南阿蘇鉄道となり，JR九州に継承された高千穂線も，1989(平成元)年４月に第三セクター化されて高千穂鉄道となった．高千穂鉄道は，2005(平成17)年９月に，この地域を襲った台風14号によって橋梁や路盤の流失など甚大な被害を被り，運転を再開できないまま2007(平成19)年９月に延岡～槇峰間，翌年12月に槇峰～高千穂間の廃止申請が認められた．

一方，工事中止となった未開業区間は，1990(平成２)年５月に日本鉄道建設公団から国鉄清算事業団へ承継された．このうち，高千穂町内の土地(高千穂～河内間)については，1997(平成９)年11月に高架橋や一部の橋梁を撤去し，橋梁17か所，トンネル５か所を含む総延長9.4km，面積4.8haが地元に払い下げられた．

■焼酎貯蔵庫としての利活用

高千穂町内のトンネルは，延岡方の葛原(かずらわら)トンネル(延長1,115m)，第一坂ノ下トンネル(延長125m)，第二坂ノ下トンネル(延長60m)，第一上野トンネル(延長1,360m)，第二上野トンネル(延長300m)の５か所が完成し，田原トンネル(延長1,995m)，河内トンネル(5,340m)の２か所は未完成であった．貯蔵庫として利用されているのは，葛原トンネルと第一上野トンネル，第二上野トンネルの３トンネルで，1999(平成11)年にあいついで地元の酒造業者に譲渡された．

のちに，トンネルの駅となった葛原トンネルは，日本鉄道建設公団下関支社の設計，鉄建建設の施工により1978(昭和53)年10月１日に着手し，1980(昭和55)年９月３日に竣功した単線断面のトンネルで，断面は特１号型と呼ばれる交流電化に対応したものを用いた(高千穂線は非電化であったが，将来の電化に備えた)．

トンネルの内部は，温度17度，湿度70%でほぼ一定しており，樽約5,000本，甕約1,000本，１升瓶約10万本が収められた．一般に公開されているのは，このうち高森方の坑口の数十m区間のみで，トンネルの入口あたりからアルコールの芳香が漂っている(**写真-2, 3**)．ここでは，神楽酒造の「くろうま」(麦)，「天照」(蕎麦)などの長期貯蔵酒(３年以上を樽や瓶で貯蔵した焼酎で，香りがよく味がまろやかになるとされる)が製造されており，トンネルの駅で試飲もできる．ちなみに，トンネルの駅は，国道325号線に沿った高千穂町大字下野字赤石にあり，路線バスの坂の下停留所からもほど近い．

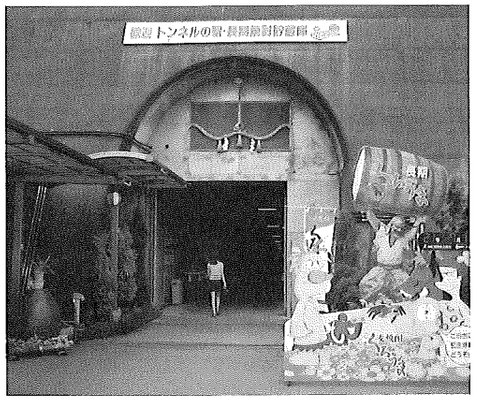


写真-2　葛原トンネルの入口

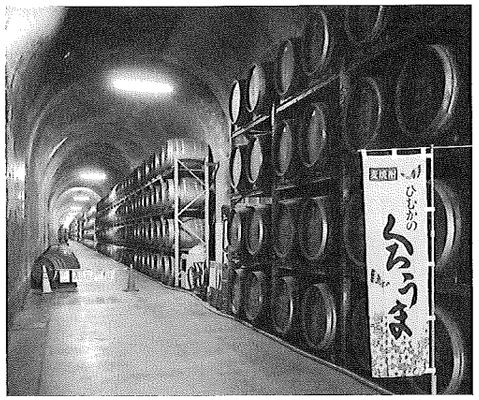


写真-3　葛原トンネルの内部

なお，第一上野トンネルと第二上野トンネルは，宮崎市に本社のある雲海酒造の「雲海・神々の里トンネル貯蔵庫」として利用されており，長期貯蔵酒の「マヤンの呟き」(蕎麦)，「那由多の刻」(蕎麦)などがここで製造されている(内部は非公開)．

土木情報 No.435 今月の主な入札結果

（7月10日～8月9日）

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位百万円
関東農政局	両総農業水利事業南部幹線用水路進入路	フジタ	310
〃	〃 〃 その44	東急建設	513
〃	〃 〃 その45	東急建設	536
〃	〃 〃 その46	大本組	407.9
〃	〃 〃 その48	飛島建設	385.8
〃	〃 〃 その49	戸田建設	400
北陸農政局	佐渡（二期）農業水利事業外山幹線用水路羽茂工区（その2）	大豊建設	401
北陸地整	能越道大泊構造物その5	姥浦・林JV	134.8
〃	〃 佐々波構造物その2	千場建設	132.3
〃	両鬼函渠工事	谷村建設	240
〃	289号9号Tその4	西松・熊谷JV	1,150
都市再生機構	八潮南部中央地区大正調整池（右岸）その1ほか3件	清水建設	955
〃	福間駅東地区1工区A7-1外雨水排水その他工事他3件	鴻池組	887
西日本高速道路	東九州自動車道丸目T（その2）	三井住友・不動テトラJV	5,619
群馬県	梅田小平線忍山T補助公共森林居住環境整備事業	佐田建設	250
山梨県	一般国道137号（吉田河口湖BP）新倉T（仮称）建設	早野・秋山・大森JV	2,308
都・財務局	環2地下T（仮称）築造工事（21一一環2新橋第二工区）	鹿島・鉄建・泉JV	2,960
都・水道局	町田市相原町2781番地先から同市相原町1241番地先間送水管（1500㎜）用T築造	清水・不動テトラJV	649
都・下水道局	台東区台東一丁目，千代田区神田和泉町付近再構築	イチフジ	480
〃	荒川区荒川二，五丁目付近再構築	奥村組	494
〃	北区神谷二丁目付近再構築	大起建設	251.8
〃	豊島区目白三丁目，新宿区下落合二丁目付近再構築	りんかい日産建設	577.5
〃	練馬区中村一丁目，豊玉中一丁目付近枝線その2	佐田建設	1,190
〃	第二戸山幹線その5	清水建設	1,299
〃	鮫洲ポンプ所雨水貯留池その6	鹿島建設	705
〃	第二溜池幹線及び勝どき幹線	間・大豊・安藤JV	6,220
愛知県	新川西部流域下水道事業管きょ布設（寺野工区）	徳倉・中日・秋田JV	1,035
〃	〃 〃 （須ヶ口工区）	徳倉・中日・秋田JV	596
〃	日光川下流流域下水道事業管きょ布設（篠田第2工区）	加藤・海部・大篠JV	990
広島県	国道487号（藤脇BP）道路改良（仮称・藤脇第2T工区）	フジタ	528.38
岡山県南部下水道企業団	福井地内2号送水本管敷設替	清水・三宅JV	771.52
越谷市	公下築造（御料堀第1号雨水幹線の支線）21-1	山崎建設	102.3
川口市	荒川左岸南部第4-5処理分区汚水幹線築造	河辺工務所	105.5
入間市	（仮称）4号公園地下調整池設置	フジタ	1,328.82
千葉市	中央雨水ポンプ場流入渠・放流渠外築造	森本・大同JV	469
船橋市	高瀬・飯山満幹線管渠築造	大豊・京葉都市JV	976.4
川崎市	五反田川放水路T部築造他（合併）	清水・飛島・鴻池・馬淵JV	6,880
横須賀市	日の出ポンプ場雨水滞水池築造	フジタ・日建JV	639.3
藤沢市	国補第26工区円行上河内地内雨水管渠築造	入内島・雄飛JV	173
名古屋市	下之一色雨水調整池築造工事	土屋・光建JV	376.3
広島市	宇品雨水滞水池建設	大日本土木	590

施工

世界最長150mのパイプルーフで道路立体交差化

—国道9号　京都西立体千代原トンネル—

国土交通省近畿地方整備局京都国道事務所南丹国道出張所所長　島田哲博
国土交通省近畿地方整備局京都国道事務所南丹国道出張所技術係長　玉木秀幸
鹿島・鴻池特定建設工事共同企業体現場代理人　山田淳一
鹿島・鴻池特定建設工事共同企業体監理技術者　田中啓之

1 はじめに

国道9号は京都市内中心部から京都府北西部へと続く道路として重要な役割を担うものである．しかし，近年の交通量の増大により渋滞が発生するなど，幹線道路としての機能低下が生じている．この交通渋滞の緩和と沿道環境の改善などを図るため，「9号京都西立体交差事業」を進めている．本工事は，延長約1.0kmの立体交差化工事のうち千代原口交差点を中心とした延長370mの区間に地下構造の道路トンネルを構築するものである（図-1, 2）．とくに交通渋滞が激しい千代原口交差点付近では，地上の道路交通へ影響を与えないことが施工条件として求められた．

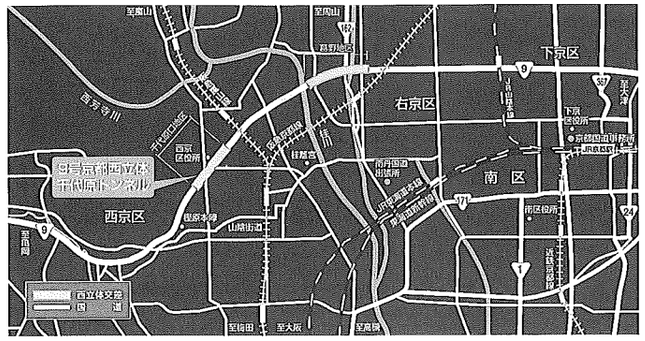


図-1　位置図

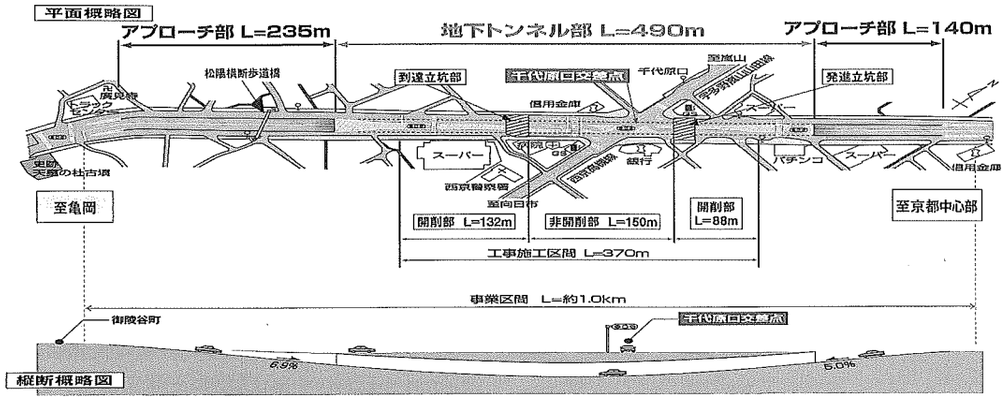


図-2　全体計画図

このような条件を満足するために，パイプルーフによる非開削施工法を採用した．本工事におけるパイプルーフ工法は延長150mであり，世界最長となる[1)~4)]．

2　工　事　概　要

2-1　全体工事概要

工 事 名：9号京都西立体千代原トンネル本体工事
発 注 者：国土交通省近畿地方整備局京都国道事務所
工　　期：2006(平成18)年3月15日～2009(平成21)年12月20日
施 工 者：鹿島・鴻池特定建設工事共同企業体
工事場所：京都市西京区上桂三ノ宮町～御陵塚ノ越町地先
工事内容：ボックスカルバート工　L=370m
・非開削部(パイプルーフ工法)　L=150m
・開削部(全面路面覆工)　L=220m

表-1に主要工事数量を示す．

2-2　非開削部工事の特徴と施工条件

発進立坑と到達立坑の間にパイプルーフ工(水平部・垂直部　計36本)を施工し，トンネル支保工を架設しながら掘削した後，道路構造物を構築する．非開削工法では，原則的に地上の道路規制が必要ないため，一般の道路交通へ影響を与えない施工が可能となる．

2-2-1　地上交通条件

国道9号の平均交通量は約50,000台/日であり，慢性的な道路混雑を生じている状況下において工事を施工するため，通行車両ならびに歩行者の安全確保が最優先課題であった．

表-1　主要工事数量

工　種	規　格	単位	概要数量
パイプルーフ工	ϕ812.8mm，L=150m	スパン	27
	ϕ1,016mm，L=150m	スパン	9
パイプルーフ支保工		t	1,971
掘削工	開削部	m³	31,900
	非開削部	m³	22,500
コンクリート工		m³	12,244
路面覆工		m²	4,000
地下水位低下工	ディープウエル	本	9

2-2-2　地質条件(玉石砂礫地盤)

工事場所の地盤は，最大径約30～40cm程度の玉石を含む沖積砂礫層(Ag層)が，地表面から約9mの深さまで分布しており，非開削部掘削断面の約6割を占める．掘削施工済の法面(開削部)において，約40°の勾配で安定していたもののAg層表層のすべり現象が見られたことから，非開削部掘削法面の設計勾配(64.5°)の確保は困難であった．

また，地下水位は地表面より約7mで，施工中はディープウエルにより施工基盤レベル以下に下げる必要があった．

2-2-3　小土かぶり

地表面から水平部パイプルーフまでの土かぶりは約3.5mと小さく，地表面へ影響が及びやすいため，路面沈下が懸念された．

パイプルーフの内部を掘削するにあたっては，支保脚部の沈下，パイプルーフの変形を最小限に抑える必要があった．

2-2-4　地下埋設物との近接施工

国道下にはさまざまな地下埋設物(ガス・上下水道・電力・通信)が存在する(ガスとパイプルーフの最小離隔が700mm)．その直下で掘削工を実施するため，地下埋設物への影響を最小限にする必要があった．

3　当初設計における技術上の課題

3-1　施工方法と支保構造

当初設計においては，非開削部はパイプルーフの内部を上半，下半の2段階で掘削する計画であった(**図-3**)．

まず，1.25mずつ上半部を掘削しながら支保を建て込み，上半貫通後に下半部を同様に掘削する手順とした．また掘削が全断面完了した後には，1.25m間隔の3組の支保工のうち2組を撤去し，3.75m(=1.25m×3)間隔の支保工でパイプルーフを支持する構造とした．支保工の構造は**図-4**のとおりである．まず，パイプルーフからの上載荷重を主桁で受け，その桁を5本の支柱(端部2本，中間部3本)が支持し，下部桁を介して地盤で反力をとるといった上下対称の構造となっている．

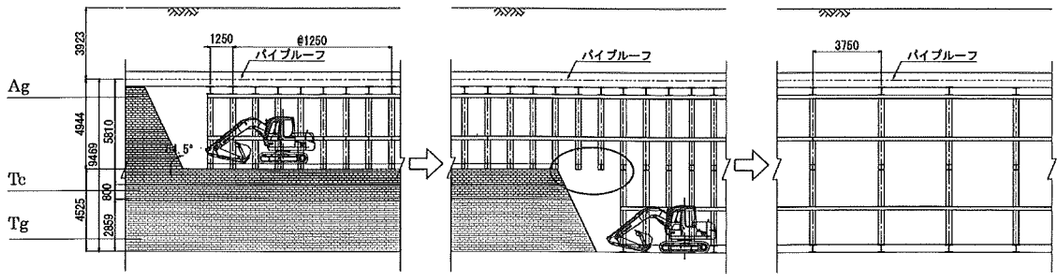


図-3　当初設計における施工方法

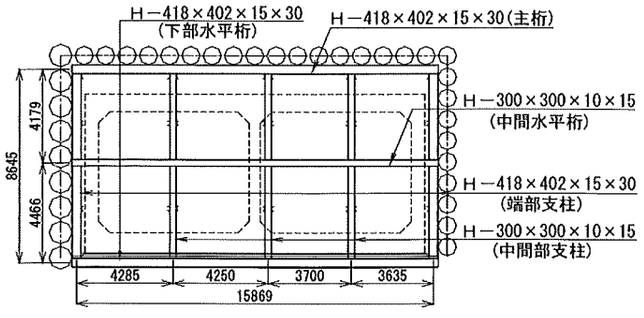


図-4　当初設計における支保工断面図

3-2　技術的課題

3-2-1　施工上の課題

上下半掘削の場合，支保工を建て込みながら上半部を掘削，貫通させた後に，下半部を同様に掘削する必要があり，工期の面で課題があった．また，それぞれの断面内で掘削，ずり出し，支保の建て込みを行う必要があり，狭い空間での作業が錯綜するという点でも，その効率性，安全性の面で改善が望まれた．

また下半掘削時には，パイプルーフを支持している支保の支持地盤を掘削することになり，下半掘削法面近傍では，数スパンの支保が宙に浮いた状態となるため，安全を十分確保できる対策を講じる必要があった．

3-2-2　設計上の課題

当初設計においては，**図-5**のモデルでパイプルーフの設計がなされていた．

すなわち，支保工と法肩から$1/\beta$の位置の仮想固定点を両支点とした単純梁モデルで断面力，および変位を評価していた．

この手法は簡易であり，また法面が自立するような地盤において実績もある．

工事着手前のボーリング調査結果によれば，当該地盤(Ag層)の平均N値は41あり，自立性の十分高い地盤であると定性的に評価されていた．

しかし，開削部における土留め逆解析から得られたAg層の地盤物性値を用いてパイプルーフの地盤反力を算出し，円弧すべり計算によって法面の安定性を定量的に評価した結果，当初設計の法面勾配(64.5°)では安定性を確保できないことがわかった．

3-3　原位置土質調査による物性値の把握

前述のとおり，設計にあたっては法面の安定性を適切に評価することが重要であるため，Ag層の原位置土質調査(SBIFT試験)を実施した．SBIFT試験とは，従来からの孔内水平載荷試験と直接せん断試験(室内試験)を組み合わせた試験方法である．

試験結果を**表-2**に示す．

土留め逆解析から得られた値とSBIFT試験結果では粘着力cおよび内部摩擦角ϕでは大きな違いは見られなかったが，変形係数Eは当初設計より小さいことがわかった．なお当初設計では，Ag層のN値(=41)よりϕ(=$\sqrt{15N}+15$)，E(=2,800N)を設定している．

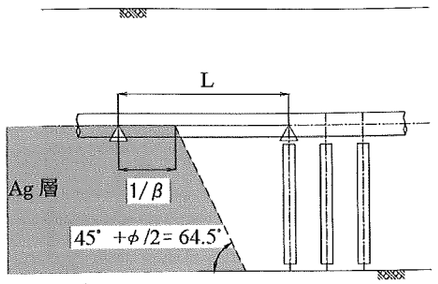


図-5　当初設計におけるパイプルーフ評価モデル

表-2　SBIFT試験結果(Ag層)

	当初設計	SBIFT試験結果	逆解析結果※
内部摩擦角φ(°)	39.0	38.5	39.0
粘着力c(kN/m²)	0.0	13.7	10.0
変形係数(MN/m²)	114.8	14.1	—
地盤反力係数(MN/m³)	161.2	79.2	—

※開削部掘削時に得られたデータ(土留め壁の変位・土留め支保工の軸力)から，土質定数を逆解析した結果である．

4　施工方法および支保構造の変更

4-1　設計手法の見直し

掘削時の法面の安定性を評価でき，またパイプルーフの変形量をより正確に評価できる手法として，弾性逐次解析と斜面安定解析を組み合わせた設計手法を採用した(図-6)．

4-2　合理的な施工方法と支保構造の選定

工期・工費などを比較し，掘削工法・支保仕様(ピッチ，本数)に関して最適な実施工案を選定した．その結果，

- 掘削工法：全断面掘削(Ag層の法面安定対策あり)
- 中間支柱本数：2本
- 支保工ピッチ：1.875m

を最適実施工案として抽出した．

表-3に，当初設計と実施工案の比較検討結果を示す．実施工案ではAg層のみの地盤改良で法面が安定するが，上下半掘削の場合，上半掘削法面，下半掘削法面の双方において，地盤改良を行わなければ法面が安定しないことがわかったため，全断面掘削の方が工期・工費について有利という結果となった．また，実施工案では，当初設計に対し鋼材数量を18%削減できた．選定した実施工案の横断面図・縦断面図をそれぞれ図-7, 8に示す．

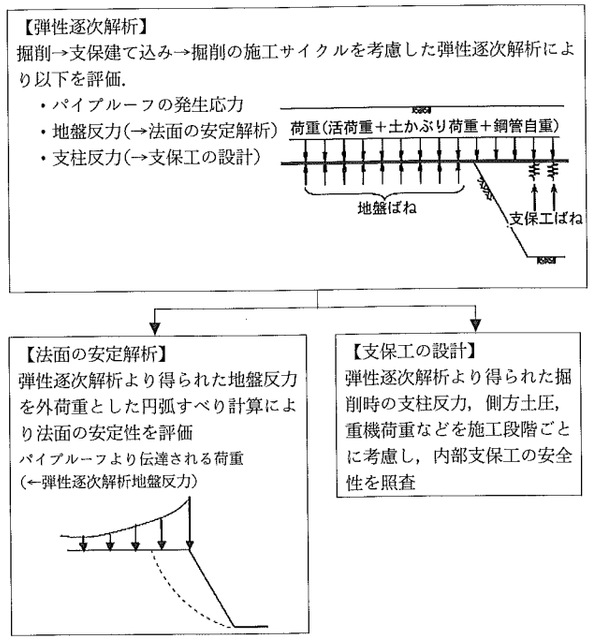
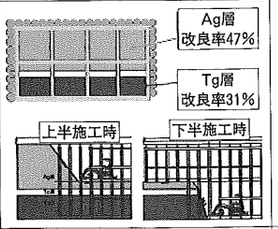
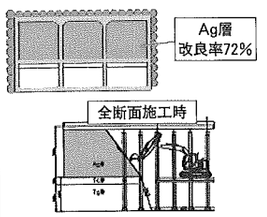


図-6　設計フロー

表-3　実施工案の選定における比較検討結果

	①当初設計にもとづく案	②実施工案
掘削工法	上下半掘削工法	全断面掘削工法
支保間隔	1.25m	1.875m
概要図		
薬液注入工(改良率)	Ag層：47%，Tg層：31%	Ag層：72%
実施工日数	約500日	約384日
(工費)	(1)	(0.77)
総合評価	△	○

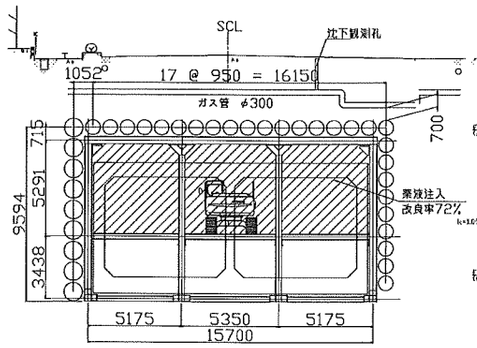


図-7　実施工案の横断面図

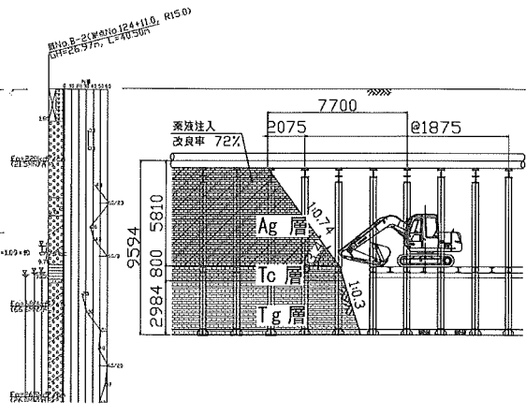


図-8　実施工案の縦断面図

5　法面安定対策工

5-1　施工条件

本工事の施工条件として次の3点が挙げられる．

① 法面安定対策工の対象となるAg層は透水性の高い($k=2\times10^{-2}$cm/sec)玉石砂礫地盤(無水)である．そして，上部と側部はパイプルーフで，下部は段丘粘土層(Tc層)で囲まれている．このような地盤であるため，均質でかつ確実な改良効果を得ることができる工法を選定する必要があった．

② 国道(土かぶり約3.5m)直下での施工であり，パイプルーフ上部には地下埋設物が近接する．地盤改良注入圧力による路面および地下埋設物への影響を最小限に抑える必要があった．

③ 法面安定対策工は全体工程においてクリティカルとなるため，できる限り工程を短縮することが求められた．そのため，1回あたりの水平削孔長の長距離化と大型改良体造成による削孔本数の低減を図る必要があった．

5-2　薬液注入工法の選定

今回選定したマックスパーム工法は二重管ダブルパッカー工法の原理をもとに開発された注入工法である(図-9)．注入工法の基本である浸透注入により，できるだけ土の骨格構造を壊すことなく注入材を土の粒子間に浸透させる工法である．本工法の特徴として①大型改良体(最大直径4m)の造成が可能であり，注入孔間隔が大きいため，削孔本数が少なくなる，②大きな注入速度でかつ低い圧力で注入を行うため，周辺への影響を抑えられる点が挙げられ，本現場の施工条件に非常に適合した工法であった．

5-3　削孔機械の選定

薬液注入工は非開削部全長150mに対して3回に分けることとした．そこで，原地盤においてロータリパーカッションドリル(表-4)により延長55mの水平削孔を行い，削孔精度を確認した．精度確認はジャイロ測量による孔曲がり計測を実施した．

高い施工精度で長距離削孔するために①二重管ロッドの使用(内管径：73㎜，外管径：118㎜)，②削孔土砂のリターンルート確保(二重管内から送水し，外管外周より削孔水を回収)，③逸水防止剤を混合したベントナイト泥水(削孔水)の使用を対策として実施した．

5-4　削孔精度

図-10に孔曲がり計測の結果を示す．鉛直および水平誤差の双方とも管理値の1.10m以内に収まっていることを確認した．しかし，鉛直および水平誤差は削孔距離の延長に伴い，一定方向へ増大する傾向(鉛直上向き，水平右向き)が見られた．

5-5　注入工

5-5-1　注入孔配置

上段5本，下段6本の千鳥配置(トンネル方向間隔，注入孔間隔とも2,750㎜)とした(図-11)．また，改良体造成径はϕ2,820㎜とした．

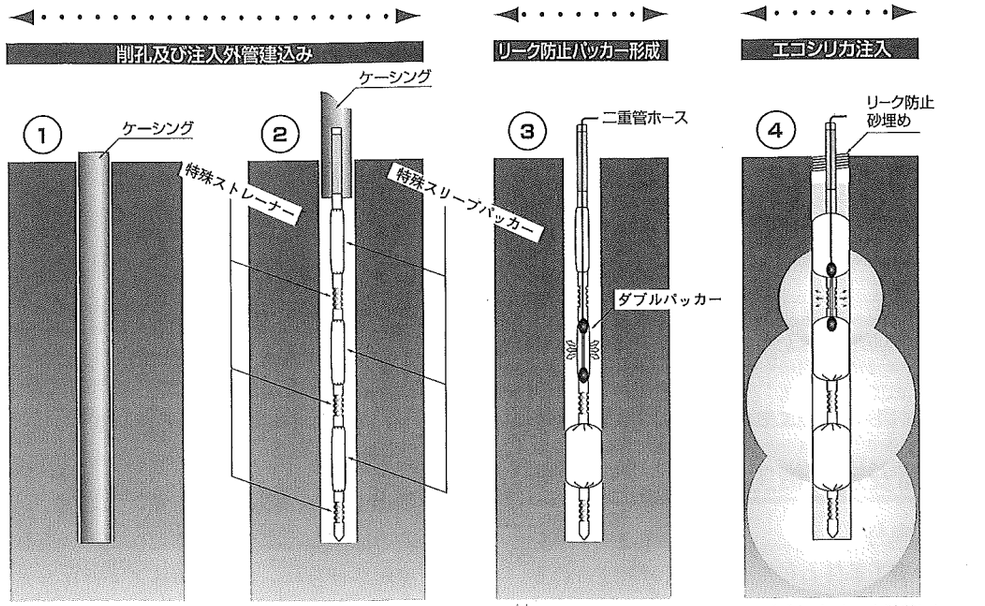


図-9　マックスパーム工法概要図

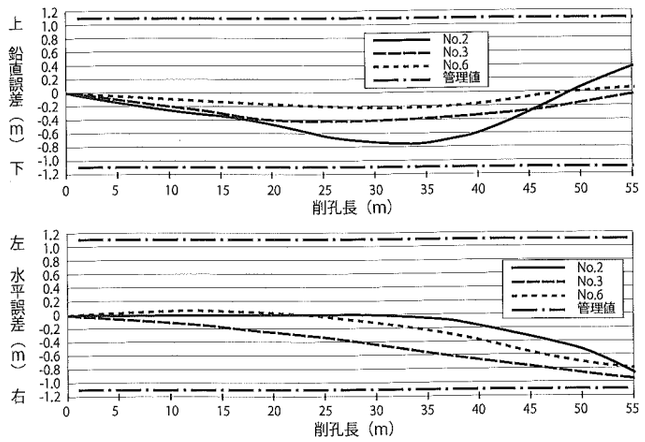


図-10　孔曲がり試験結果(上：鉛直方向，下：水平方向)

表-4　ロータリパーカッションドリル仕様

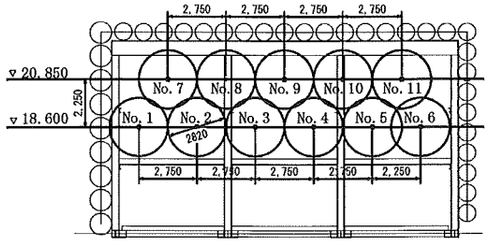
形　式	RPD-75-SL-H2（Ⅱ）
標削口径	101～157㎜
標準ロッド	89～146㎜×1.5m
回転数	0～40rpm
トルク	6 kN-m
打撃数	2,200bpm
打撃エネルギー	500N-m
機体寸法（$L \times W \times H$）	3,250×1,890×1,370㎜
重量	2,500kg

5-5-2　注入材料・注入率

1次注入としてセメントベントナイトを注入した．2次注入では薬液の仕様を決定するため，Ag層の現地採取土で水ガラス配合を変えて試験練りを行い，一軸圧縮試験を実施した．標準仕様の薬液では必要強度が得られなかったため，**表-5**に示す配合の薬液を採用した．

5-5-3　改良効果の確認

改良対象地盤は玉石砂礫であるため，不攪乱試料の採取や一軸圧縮試験による強度確認が困難である．そこで，改良効果の確認としてシリカ含有量試験を採用した．シリカ含有量試験とは，配合試験時に求めたシリカ含有量増加分～一軸圧縮強度の相関関係と注入後地盤のシリカ含有量増加分から一軸圧縮強度を推定する試験である．



※改良体は千鳥配置とする

図-11　改良体配置計画図

表-5　注入材料・注入率仕様

	1次注入		2次注入	
注入率	3％		33％	
注入材	セメントベントナイト		シリカライザー（溶液型無機長結タイプ）	
ゲルタイム	24時間		60分	
配合	材料名	1 m³あたり	材料名	1 m³あたり
	セメント	250kg	SL珪酸ソーダ（水ガラス）	300 ℓ
	ベントナイト	60kg	ECリアクター（希硫酸）	58 ℓ
	水	897 ℓ	水	642 ℓ

6　非開削トンネル施工計画

6-1　施工フロー

掘削工は，発進側・到達側の両方から全断面掘削工法で行った(昼夜間作業)．

6-2　鏡切り工

既存の立坑(発進・到達)部からトンネル掘削工に着手する前に門型に配置されたパイプルーフに囲まれた範囲の地中連続壁(SMW)を撤去した．ステージ上を3段階，ステージ下を1段階の計4段階に分け，法面の地山を安定勾配で掘削しながら，芯材切断，掘削の作業をくり返し行った(**図-12**)．

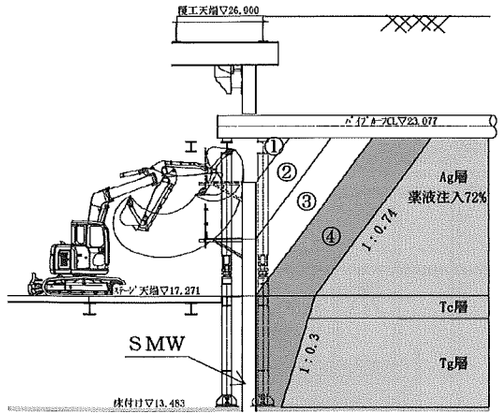


図-12　鏡切工計画図

表-6　掘削工使用機械一覧(1編成あたり)

作業内容	使用機械	規格	台数	備考
掘削	バックホウ	スライドアーム 0.4m³級	1台	ステージ上作業
〃	小型バックホウ	超小旋回型 0.12m³級	1台	ステージ下作業
〃	〃	超小旋回型 0.14m³級	1台	〃
坑内運搬 集土	ホイールローダ	0.4m³級	2台	〃
〃	バックホウ	0.2m³級	1台	〃
揚土	クラムシェル	テレスコピック式 0.7m³級	1台	地上

6-3　掘削工

ステージ上段に0.45m³級スライドアーム式バックホウ1台，下段に小型バックホウ2台を配置し法面上部から順次掘削を行った(**表-6**，**図-13**)．掘削は上載荷重を均等に支保工に伝達するため，掘削法面中央部から掘削を行い，法面勾配はAg層を1：0.74(53.4°)，Tc・Tg層を1：0.3とする．1スパンあたりの掘削土量は275m³となる．床付け作業は小型バックホウおよび人力にて行った．ステージ下にためられた掘削土は，0.4m³級ホイルローダを2台使用して立坑近くの土砂搬出開口下部まで運搬した．夜間規制時に，掘削土を土砂搬出開口より0.7m³級テレスコクラムにて10tダンプトラックに積み込み，場外へ搬出した．

6-4　支保工設置・間引き工

6-4-1　支保工概要

支保工は1,875㎜間隔ごとに設置し，支保パターンは残置部(主桁H418×402×15×30)と撤去部(主桁 2-H350×350×12×19)の2種とした(**図-14**)．

軸力・路面沈下などの計測値が収束したのを確認のうえ，撤去部支保工上部を解体し部材を順次

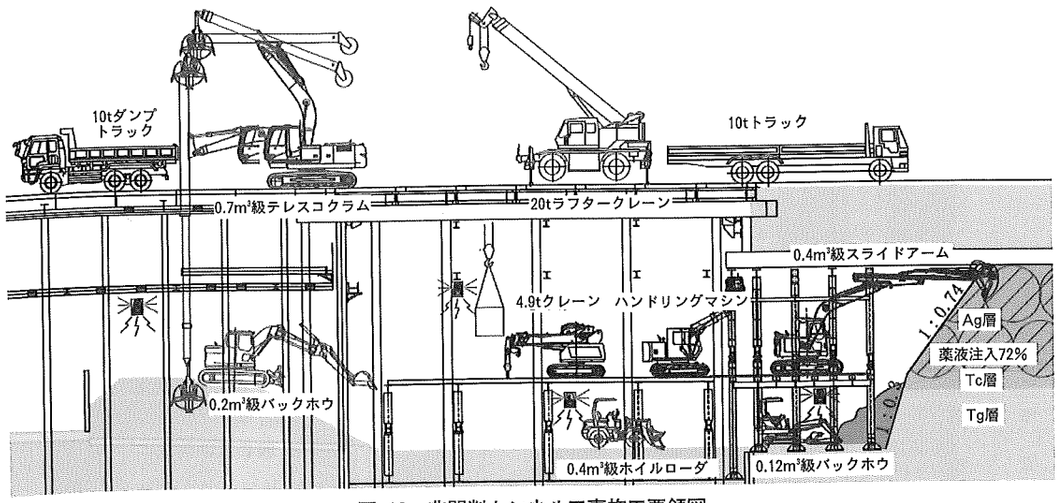


図-13　非開削トンネル工事施工要領図

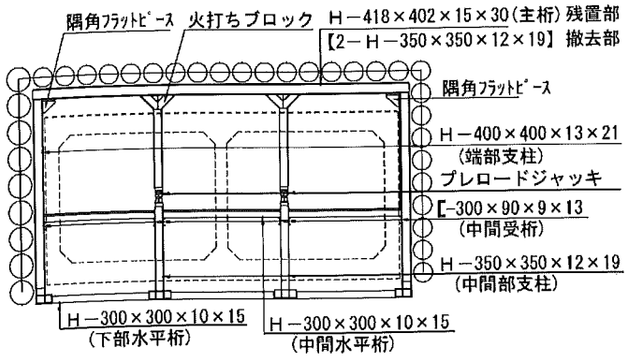


図-14　支保工断面図

表-7　支保工使用機械一覧(1編成あたり)

作業内容	使用機械	規格	台数	備考
支保工組立て・解体	ハンドリングマシン	EX60CLK(日立) 揚重能力1.6t	1台	ステージ上作業
〃	クローラクレーン	4.9t吊り	1台	〃
〃	高所作業車	6m垂直式	2台	〃

転用した．最終的にはH418を主桁とする支保工のみが残置(支保間隔3,750㎜)される．支保工使用機械一覧を表-7に示す．

6-4-2　設置工

ステージ上段より4.9tクローラクレーンを使用し，中間水平桁までの支保工下部を組み立てた．支保工上部はハンドリングマシンと高所作業車を使用して，支柱→主桁の順序で組み立てた．そして，パイプルーフ鋼管と支保部材の間へ裏込め材を設置した後，中間支柱1本あたり980kN(間引き工前に支保工に作用している実際の荷重程度)までプレロード荷重をかけた．

6-4-3　間引き工

支保工間引き時のパイプルーフ変形を最小限に抑えるため，撤去するスパンと前後のスパンの計3スパンの支保工を同時にプレロードジャッキでジャッキアップした．その後，撤去する支保工のジャッキダウンを行った．裏込め材を撤去した後，ハンドリングマシンを使用し，主桁→支柱の順序で撤去した．撤去した部材はステージ上に仮置きし，順次転用した．

6-5　トンネル貫通部の接続工

トンネル掘削貫通時の対策工として，流動化処理土を掘削法面(発進立坑側)に打設し，地山を安定させた．そして，反対側の到達立坑側から掘削しトンネル接続を行った(図-15)．

7　計　測　工[5)]

7-1　計測工の計画

路面計測だけでなく，パイプルーフや支保工の主要な箇所に計測器を配置し，トンネル掘削に伴う影響などを早期に把握し，施工の安全性を確保しつつ周辺への影響を合理的に抑制することを目的とした計測工を実施した．

7-2　計測項目と管理基準値

計測項目を表-8，計測工断面図を図-16に示す．計測工のトンネル縦断方向の間隔は，小土かぶり，未固結地盤であることを考慮し，10m間隔を基本とした．管理基準値の設定にあたっては，各部材の曲げ応力，軸力の管理基準値については，短期許容応力度にもとづく値を管理限界値とし，その管理限界値の8割，9割の値をそれぞれ1次管理値，2次管理値として設定した．また，路面変位量については設計値(パイプルーフ変位量)を参考に決定した．

表-9に管理値を示す．

7-3　計測結果

7-3-1　パイプルーフ変位量

パイプルーフの変位は最大で40㎜程度となり，



写真-1　支保工組立て状況

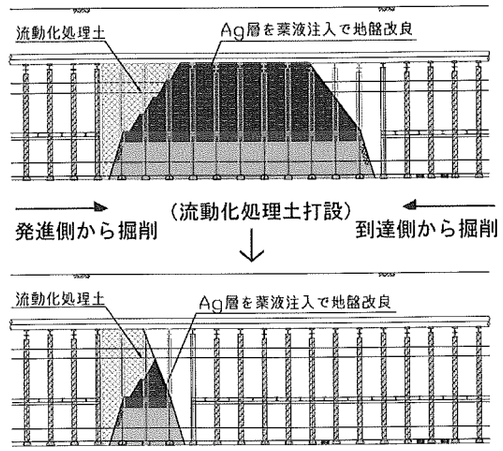


図-15　トンネル貫通部の接続工概念図

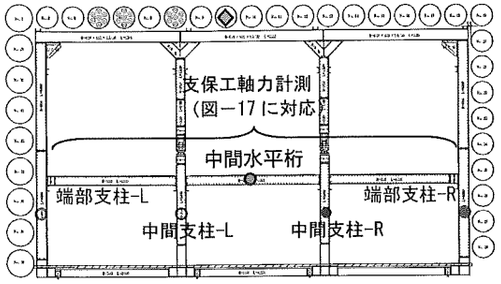


図-16　計測工断面図

表-9　管理基準値

		1次管理値	2次管理値	(管理限界値)
支保工	軸力(kN)	許容値×0.8	許容値×0.9	短期許容応力度
パイプルーフ	曲げ応力(N/㎟)			
	沈下量(㎜)	40(設計値)	45	－
路面	沈下量(㎜)			

表-8　計測項目

計測項目	使用計器	型式	数量	備考	目的
パイプルーフ沈下計測	ELセンサー		63台	両立坑より2.4mピッチで設置	パイプルーフの沈下量・発生応力を監視
支柱軸力計測	溶接型防水ゲージ(測温機能付き)	KM-100B	80台	4か所×20測線	支柱発生軸力の監視
中間水平桁軸力計測	溶接型防水ゲージ(測温機能付き)	KM-100B	20台	1か所×20測線	中間水平桁の発生軸力の確認
路面沈下レベル測量			48点	3か所×16測線	地表面への影響を監視

設計と同程度となった．また，掘削面(法肩)から3～4 m手前で変位が発生し始め，約10m後方で変位が収束する傾向が見られた．

7-3-2　路面変位量

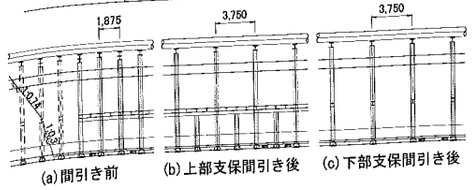
パイプルーフ上部の地盤はパイプルーフと別の挙動を示し，路面変位量は最大で30㎜程度となり，全体的にパイプルーフ変位を下回る結果となった．

7-3-3　支保工軸力

トンネル貫通後の支保の軸力一覧を**表-10**に，支保工軸力の経時変化の一例を**図-17**に示す．

表-10　支保軸力計測結果(トンネル貫通後)

	状態	設計値(kN)	計測値(kN) max	min	avr
端部支柱	(a)	460	668	117	351
	(b)	913	689	83	439
	(c)				
中間支柱	(a)	869	1,529	465	881
	(b)	1,724	1,816	556	1,502
	(c)				
中間水平桁	(a)	356	495	39	240
	(b)	553	580	176	248
	(c)	711	595	186	298



(1)　支保間引き前(a)

端部支柱および中間水平桁の軸力値はバラツキがあるものの，平均値は設計値を下回る値となった．また，中間支柱は全体的に設計値前後の値となっており，平均値は設計値と同等である．

(2)　上部支保間引き後(b)

中間支柱については支保を間引いたことにより想定される荷重の増分相当(分担幅増加分の荷重相当)の変化が見られるのに対し，端部支柱および中間水平桁については，支保を間引いた影響が小さく，設計値を大きく下回った．これは，間引き前後ともに，地盤のアーチ効果により地盤の変形により応力が再配分され，端部支柱および中間水平桁に作用するはずの荷重を地盤が受け持っていることが原因であると考えられる．



写真-2　トンネル全景

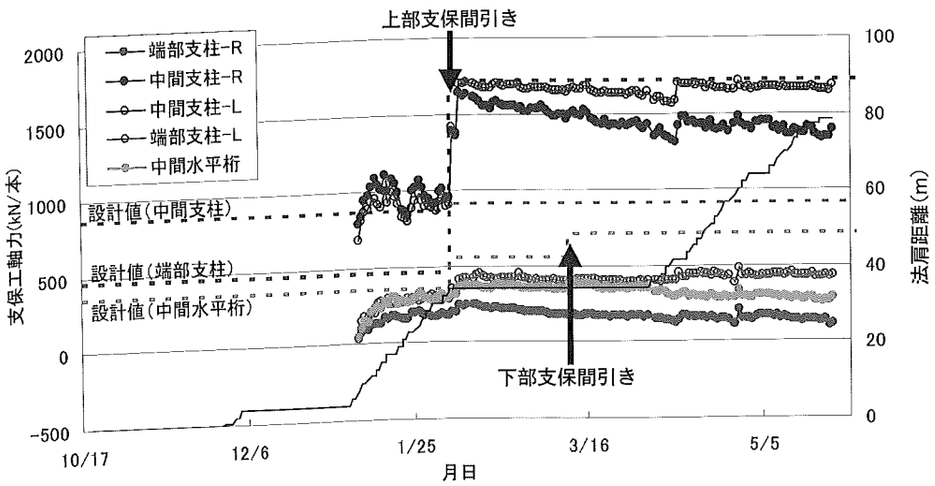


図-17　支保軸力時系列の一例

(3)　下部支保間引き後(c)

下部支保を間引いたことにより，中間水平桁の軸力に変化が見られたが，(b)と同様に設計値を大きく下回っており，(b)の状態でアーチ効果が十分に発揮されているものと考えられる．

8　おわりに

本工事のパイプルーフ非開削トンネルにおいて，現地条件へ対応した設計手法の提案，法面安定対策工を踏まえた支保構造の見直し，全断面掘削工法への変更，さらに計測工による安全性確認とフィードバック検証など，与えられた制約条件下において大幅な施工の合理化を図ることができた．これらの施工実績ならびに得られた技術的知見は，今後の同種工事へ適用可能であると考えられる．本稿が参考になれば幸いである．

参　考　文　献

1) 栗林正明・瀬戸清・田中啓之：地上の道路交通へ影響を与えずに交差点を立体交差化，建設の施工企画，No.684，pp.18-25，2007.2.
2) 島田哲博・山本鉄二・山田淳一・田中啓之：幹線国道直下における国内最長150m門型パイプルーフ工による道路立体交差化，土木学会土木建設技術シンポジウム，2008.11.
3) Tetsuhiro Shimada, Junichi Yamada, Hiroyuki Tanaka, Atsushi Yokoo, Fumihiro Sahara：Construction of an urban arterial road tunnel by a non-open-cut method using a long pipe roof, ITA World Tunnel Congress, 2009.5.
4) 島田哲博・玉木秀幸・山田淳一・田中啓之・北原秀樹：長距離パイプルーフ鋼管中詰め工へ適用した特殊エアモルタル工法，土木学会第64回年次学術講演会論文集，2009.9.
5) 島田哲博・玉木秀幸・橋本麻未・田中啓之：長距離パイプルーフによるアンダーパス工事の設計と施工，土木学会第64回年次学術講演会論文集，2009.9.

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

(注：「現場だより」の投稿は受付けしておりません)

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)

油良・間室トンネル貫通

兵庫県が整備する国道178号余部道路(鳥取豊岡宮津自動車道)に位置する油良，間室の両トンネルが貫通し，7月11日式典が開かれた．

同道は兵庫県美方郡香美町香住区森と余部を結ぶ延長5.3kmの地域高規格道路．同区間には3本のトンネルと7橋が計画されており，9割弱を構造物がしめる．今回貫通したのは，間室トンネル(延長416m)と油良トンネル(延長245m)で，船越トンネル(延長2,983m)は2008年に貫通している．全体の完成は2010年度を予定している．

荻平トンネル安全祈願祭

東北地整が整備する国道115号阿武隈東道路の荻平トンネル工事の安全祈願祭が7月17日，山上地内の現地で行われた．同トンネルは延長1,024m．一般国道115号の改築事業として山上・東玉野間に建設される阿武隈東道路の荻平地区に建設され，2011年の完成を予定している．

国道162号 奈胡崎トンネル開通

福井県が整備する国道162号阿納尻(あのじり)～田烏(たがらす)バイパスが7月17日開通し，同バイパスに位置する奈胡崎(なござき)トンネル入口で式典が催された．

同トンネルは延長1,027m，幅員9.75mのNATMトンネルで，今回開通した延長1,655mのうちの大半を占める．

開通を祝って地元の観光協会では，9月30日までに周辺地区の民宿に宿泊した162名に若狭湾の干物をプレゼントするキャンペーンを始めた．

金八トンネルが供用を開始

北海道が整備する道道紋別丸瀬布線・金八トンネルが7月27日開通し，紋別市・遠軽町の主催で式典が開かれた．

同トンネルは，延長1,752m，掘削断面積59.6m²のNATMトンネルで発破掘削により補助ベンチ付き全断面工法や上半先進ベンチカット工法を用いて掘削された．

同道は，紋別市から金八峠を越えて遠軽町丸瀬布へ至る幹線道路で，道路改良区間の延長が約5.78km．2001年度から事業着手している．遠軽町と紋別市を最短で連絡する路線で，未改良で幅員が狭く，急勾配・急カーブなど危険な区間が連続し，冬季間は通行止めになっていた区間が年間を通じて安全かつ円滑な道路交通を確保することが可能になるものと期待されている．

蒲郡バイパス 坂野トンネル貫通

中部地整が整備する名豊道路で初のトンネル貫通となる坂野トンネル(仮称)が貫通し，7月30日式典が行われた．

同トンネルは蒲郡IC(仮称)と幸田芦谷IC間に位置し愛知県蒲郡市と幸田町を結ぶ．延長は蒲郡市側が180m，幸田町側が310mの合計490mで掘削方式は発破掘削によるNATMにより施工された．

中央環状線山手トンネル 平成22年3月開通

首都高速道路は7月30日，同社が整備する中央環状線山手トンネル(3号渋谷線～4号新宿線)が2010年3月に開通すると発表した．

同トンネルは大橋ジャンクションで3号渋谷線と接続し，同トンネルと高架橋の高低差が約70mあることから，壁で覆われたジャンクションをループ状に2周して接続する．そのためループ内を安全・円滑に走行できるよう同社では初の試みとなる“色による走行支援対策”を施すこととしている．

夢咲トンネル開通

大阪市の夢洲と咲洲を結ぶ夢咲トンネルが8月1日に開通した．

同トンネルは延長2,138m(海底部806m)の沈埋トンネルで，開通により，此花区(北港・常吉)～舞洲～夢洲～咲洲～住之江区(平林)/港区(築港)を結ぶ道路網が完成し，交通利便性の向上が期待される．

道路トンネルの新しい耐震設計技術について共同研究の募集を開始

首都高速道路は8月4日，道路トンネルの新しい耐震設計技術について共同研究の募集を開始したと発表した．

今回募集する共同研究は，①分合流部を有する道路トンネルの耐震設計技術に関する研究，②都市内での既設橋梁の更新技術，③既設構造物の長寿命化技術などで，①については，本線トンネルと出入口トンネルが接続している道路トンネル構造の耐震性能を分析することを目的に，同トンネルの耐震性能評価および耐震設計技術を開発するものとしている．

建設・維持管理にあたっては，構造および施工の多様化に加え，既設構造物の劣化の進展にともない，安全性，使用性，耐久性の効率的な確保が求められており，同社が保有する技術に加え，大学，研究機関，民間企業などが保有する幅広い分野に関する技術・ノウハウを活かし，最新の知見を積極的に取り入れ，効率的かつ効果的に高度な技術を開発することを目的としている．

施工

短距離併設トンネルにおけるシールド転用の一形態

—名古屋市営地下鉄桜通線延伸　大塚工区—

名古屋市交通局建設部工事事務所長　吉　田　和　徳
名古屋市交通局建設部工事事務所第一工事係長　稲　垣　秀　規
五洋建設(株)名古屋支店地下鉄大塚工区工事事務所所長　上　林　佳　樹

1　はじめに

名古屋市の地下鉄は，昭和32年11月に営業を開始し，その後順次路線を延ばし，現在では，6路線89.1kmの営業を行っている．

地下鉄桜通線は名古屋市都心部を東西に貫通し，名古屋市東南部地域にいたる路線で，現在中村区役所駅～野並駅までの14.9kmを営業している．

今回，建設延長4.1kmの延伸工事を行っている野並～徳重間の沿線は大規模な住宅団地が集まり，多くの土地区画整理事業が行われるなどの人口増加の著しい地域となっており，通勤・通学の新しい足となる路線である(図-1)．

また，桜通線の延伸は野並交差点付近の交通渋滞の緩和など，安全・快適で環境にやさしい交通を実現するために大きな役割を担うことが期待さ

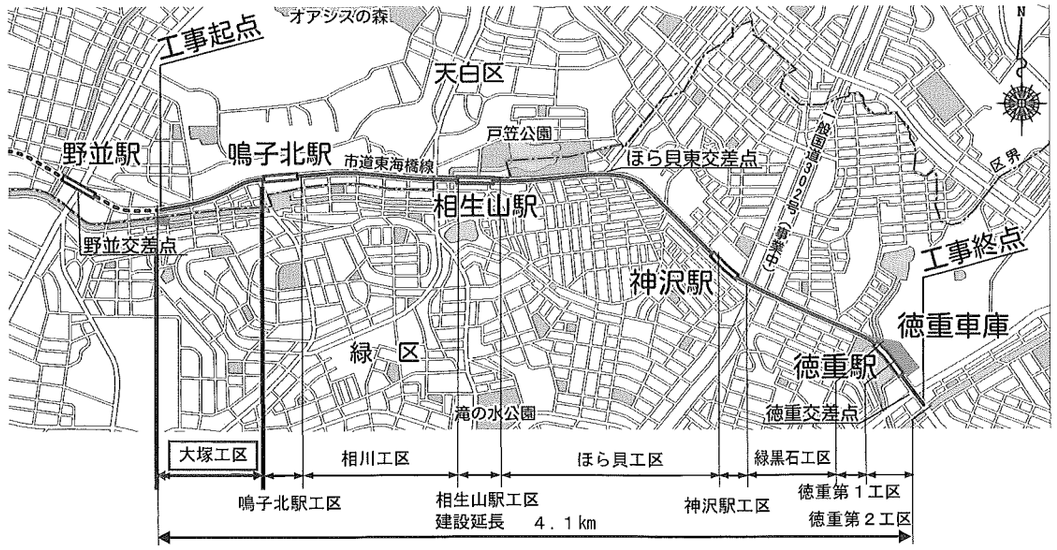


図-1　事業区間

れている．

本稿では，主にシールド工法で行う野並駅から鳴子北駅(仮称)間の施工区間である大塚工区のシールドの転用・施工実績およびFEM解析による地盤変位予測と実測結果などについて報告する．

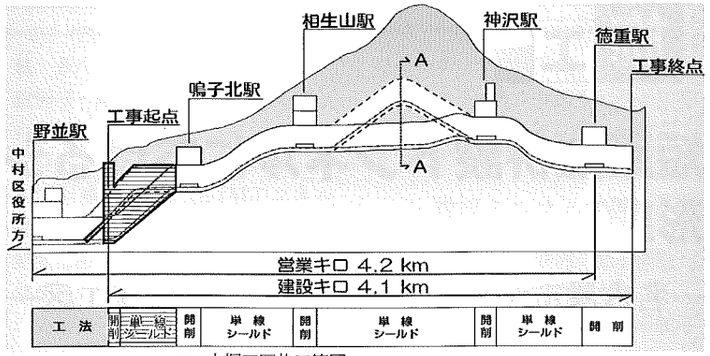


図-2　縦断図

2　工事概要

当該工区は，総延長の505mのうち，野並駅側の約51mを開削工法で施工し，それ以東の約454mをシールド工法で施工する区間である．そのほかに営業中の野並駅終端留置線部約250m区間の改造工事(B3階からB2階へ地下鉄車両が通過するための軌道床版築造など)がある(図-2)．

野並駅とシールドトンネルをつなぐ開削区間の構造物は，2層2径間(躯体幅9.5～9.65m，躯体高さ12.95～13.9m，掘削幅13m，掘削深さ23.5m)であるが，上層階は1径間の構造になっており，シールドの到達立坑にもなっている(図-3)．

シールドトンネルは，シールド外径φ6,900㎜(泥土圧)，土かぶりは17.3～8.8m，上下2本の並列トンネルで，RCセグメント幅W=1,500㎜の6ピースにより構成される外径φ6,750㎜の2次覆工省略型のトンネルである(図-4)．

工事は平成19年6月から着工し，現在開削部の躯体が完了した．シールド部は2番線側トンネルの掘削が完了した状況である．

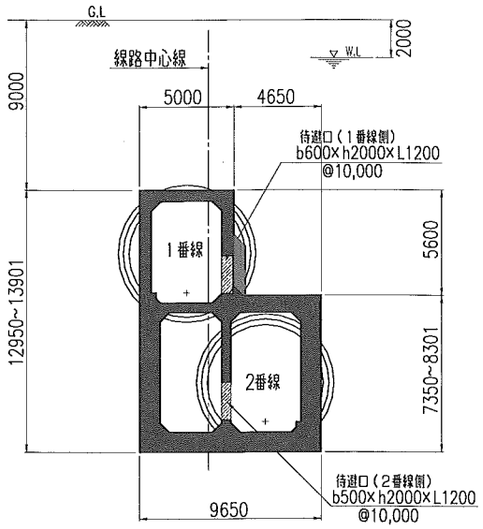


図-3　構造断面図(開削区間)

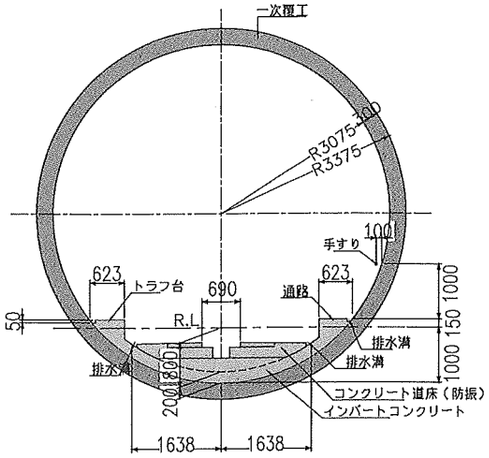


図-4　構造断面図(シールド区間)

3　工事の特徴

本工事の特徴としては，これまでの名古屋市営地下鉄が道路幅30m以上の幹線道路下に施工されていたのに対して，本路線は道路幅20mと非常に狭い幹線道路下の施工となる．

また，到達部の道路占用条件が厳しく，構造物も最小限の幅に制約され，上下線2本のトンネル位置関係が斜め45°の併設状態になっている(図-3)．また，トンネル延長が454mで，それぞれのトンネルが上下の位置関係であるため，通常おこなわれる1機のシールドによるUターン施工が不可能である．この不利な条件を考慮し，シールドを2機製作するのではなく，1機のシールドともう1機はシールド外殻のみを製作し，シールド設備を転用することで経済性を高めている(写真-1,2)．また，シールド発進部の土留め杭としては，シールドカッタビットで切削可能なFFU材(ガラス長繊維入り硬質発泡ウレタン樹脂)とし，シールドが安全に発進・到達できる構造となっている．

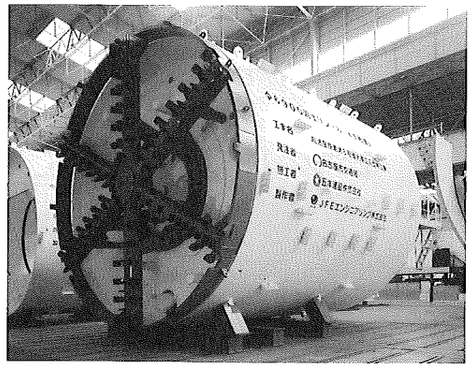


写真-1　シールド1号機

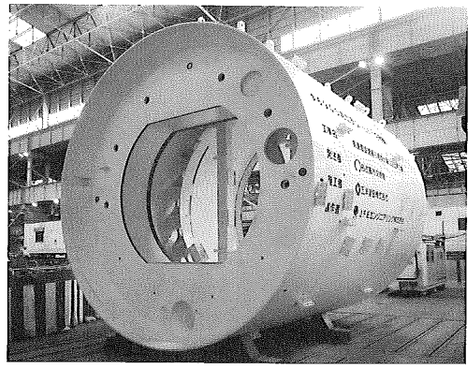


写真-2　シールド2号機(外殻のみ)

4　地形・地質および地下水概要

名古屋市の地形は，西から東に向かって沖積平野，台地，丘陵と3種類に分類される．当区域は，東部丘陵地域で，南北を山に挟まれた路線上で，道路面の標高はNP+12～+20mとなだらかな丘陵地形であり，最西の野並駅へ向かって沢が流下するような地形となっている(NP：名古屋港基準面)．

地層は，八事・唐山層の下位に分布する東海層群矢田川累層で，地表より4mは盛土(B)，その下位に砂礫層($D_{1,2g}$)，固結シルト(Pc)，礫質土層(Pg)，固結シルト層(Pc)が分布しており，いずれもN値20～50以上の堅固な状態である(表-1，図-5)．また，固結シルト層に挟まれた砂礫層は豊富な地下水を蓄える被圧帯水層(水頭圧約11m)である．

なお，シールド通過土質を既存ボーリングデータにもとづき，1,2番線ごとに分析したものを表-2に示す．これによると1番線では，砂礫層主体地盤から固結シルト主体の地盤を通過するかたちとなっている．これに対して2番線は，おおむね砂礫地盤を通過するかたちである．これによりカッタビットの形状，配列を考慮した．

表-1　地質層序表

地層時代			地層名	記号	土質
新世代	第四紀	完新世	盛土	B	砂質土 粘性土 礫質土
			沖積層(南陽層)	Ac	粘性土
				As	砂質土
		更新世	中位段丘層(熱田層相当層)	D_{2g}	礫質土
			高位・最高位段丘層(八事・唐山層)	$D_{1,2g}$	礫質土
	第三紀	鮮新世	東海層群(矢田川累層)	Pc	粘性土
				Ps	砂質土
				Pg	礫質土

表-2　シールド通過土質の比率一覧表

番線	土層名	N値	到達立坑よりの距離(m)		
			0～150	150～300	300～450
1番線	砂質土層	20～40	14%	—	—
	固結シルト層	20～40	72%	35%	20%
	砂礫土層	30～40	14%	65%	80%
2番線	砂礫土層	30～40	85%	98%	85%
	固結シルト層	30	15%	2%	15%
シールド掘進方向			←	←	←

※土層順序は上層位よりの順列で示す．

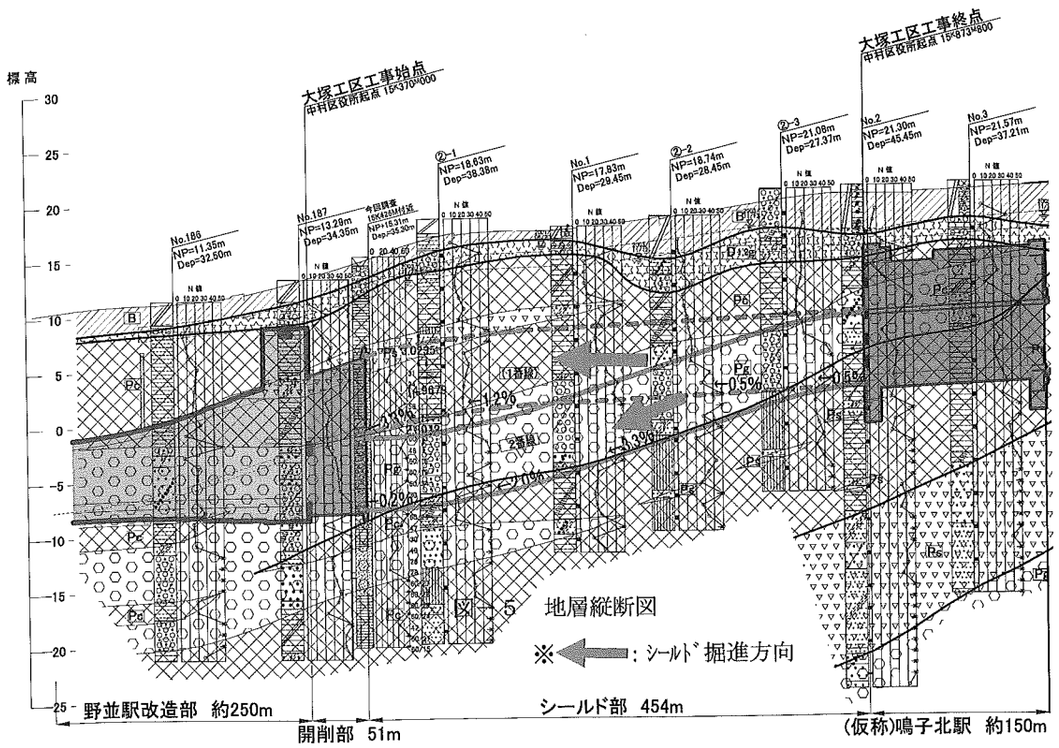


図-5　地層縦断図

※←：シールド掘進方向

5　シールド転用

5-1　シールド転用のための課題

シールド施工順序は，近接施工の影響を考慮し，下側の2番線トンネル施工後，1番線トンネルを施工する順序とした．よって，2番線施工後のシールドの転用部分を1番線へ組み込むこととした．そこで，転用のために下記の4点の課題を解決する必要があった．

① すべての転用部品が2番線のトンネルを通過できるように分割できること．

② 2番線勾配3.3%を通常シールド施工の資機材(軌条レール30kg/m，枕木H250@1.5m，12tバッテリ機関車2台の重連式)で運搬でき，セグメントへ影響のないこと．

③ シールド解体時にカッタ駆動部のベアリングに損傷を与えないこと．

④ シールド解体時にスキンプレートの真円度を確保できること．

ここで，当工区のシールド構造図と主要設備一覧表を図-6に示す．

5-2　シールド転用のための工夫点

前述の課題克服のため，以下の工夫を行った．

① カッタスポークに分割部を設け，解体および再組立てを容易にできる構造とした(図-7)．

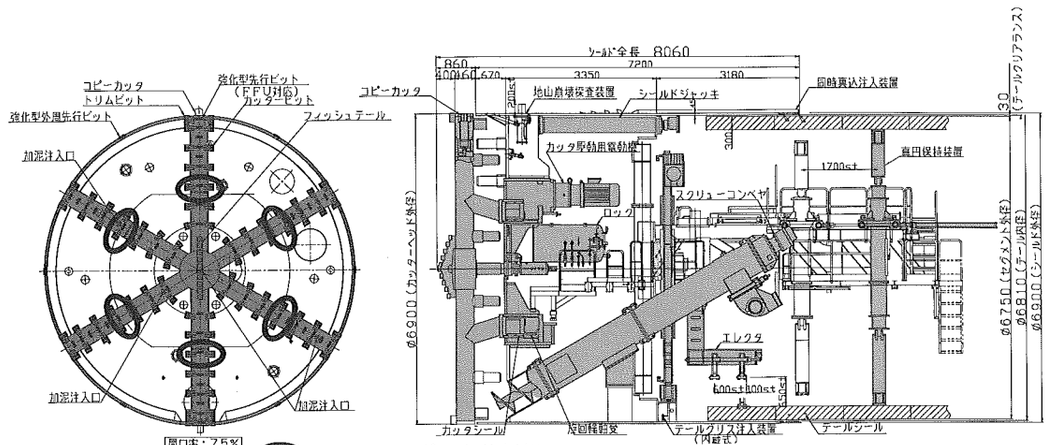
② 駆動部のサイズを極力小さくし，解体時の運搬荷重を36t以下にした．また，搬送台車は車輪数を12輪とし，レールゲージを広げ，このうち，内側8輪に12tチルタンクを使用しレールへの摩擦抵抗を低減した(図-8)．

③ カッタ駆動部のカッタ支持脚取り付け部をボルト接合のみとした(図-9)．

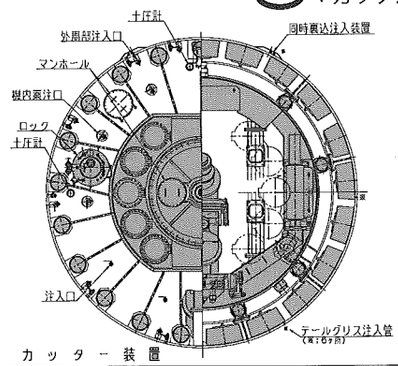
④ カッタ駆動部の引き抜き時の荷重がスキンプレートへ直接掛からないように解体中のバルク板を一部残置し，ウインチを掛ける構造とした(写真-3)．

5-3　シールド転用によるコスト効果

シールドの転用機器は，図-6の着色部であり，



：カッタスポーク分割部



カッター装置

形式	中間支持(電動駆動)
トルク	常用(100%)：5791kN・m(α=17.6) 最大(120%)：6950kN・m(α=21.1)
回転数	0.76min^{-1}
電動機	45kw x 6p x 440v x 60Hz x 10台 1/186.6 x 69.89kN・m x 6.30min^{-1}

スクリューコンベヤ(回転系)

形式		軸付き型 (Φ670 x 450ピッチ)
ケーシング外径 x 基数		Φ724mm x 1基
回転数		0 ~ 22 min^{-1}
回転トルク		41800N・m
搬送能力		181.8 m^3/h (η=100%)
パワーユニット	油圧モータ	MS125-0 x 1台 12.5/rev x 41800N・m(21MPa)
	油圧ポンプ	K3VG112-0E x 2台 170.0/min (21MPa) x 1台 105.0/min (21MPa) x 1台
	電動機	75kw x 4p x 440v x 60Hz x 1台 45kw x 4p x 440v x 60Hz x 1台

シールドジャッキ

ストローク		2150 mm
推力 x本数=総推力		2000kN x 21本 = 42000kN
切羽単位面積当り推力		1123 kN/m^2
伸長速度		v = 6.0 cm/min
パワーユニット	油圧ポンプ	K3VG63-0E x 1台 74.8/min (35MPa)
	電動機	55kw x 4p x 440v x 60Hz x 1台

図-6　シールド構造および主要設備一覧表

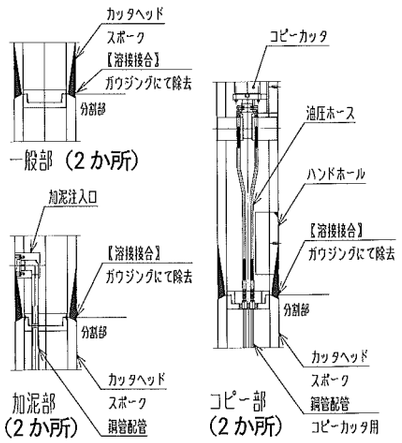


図-7　カッタスポーク分割構造

スキンプレート・地山崩壊探査・裏込め装置・テールシール以外のものである．

これによって，シールド本体製作(写真-1,2)および1号機の現地組立ておよび2号機の現地引き出し～再組立てによるコストは，同じ仕様のシールド2機を製作するよりも経済的に有利であった．

6　シールド工事の施工実績

6-1　シールド設備

6-1-1　土砂圧送設備

比較的安定した地盤であるため，安価な鋼車方式を検討したがヤードが8m×75mと狭く，セグメント置場や土砂ピット・揚重作業を考慮し土砂

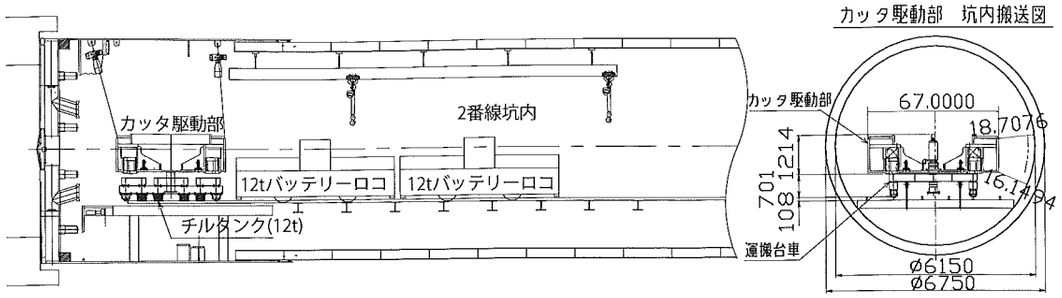


図-8　カッタ駆動部坑内搬送状況

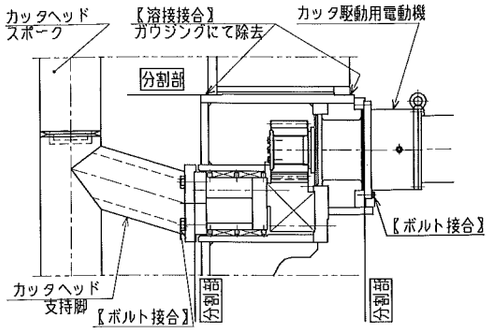


図-9　カッタ駆動部ボルト接合図

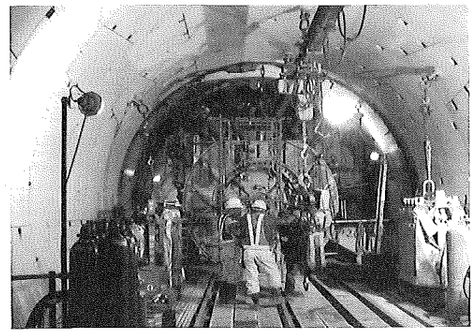


写真-3　カッタ駆動部引抜状況

圧送方式を採用した．スクリューコンベヤの後方にノンタックホース18mを配置し，後方台車の圧送ポンプ(P1)を介して，土砂ピットまで圧送した．中間地点約200mに中継ポンプ(P2)を設置した．なお，土砂ピットは，土砂の流出防止などを考慮し，ホッパ方式ではなく，覆工板下に路下ピット700m³(10リング相当)を設置した．土砂搬出には，天井クレーンに3 m³クラムバケットを2台設置し，同時に2台のコンテナダンプに積み込みを可能にし，排出効率を上げた．なお，土砂はすべて産業廃棄物として処理した．

6-1-2　裏込め・加泥注入設備

裏込めおよび加泥注入設備は，地上の防音ハウス内に設置し，配管によりシールドまで供給した．裏込め注入材は，注入1時間後の初期強度が0.1N/㎟の2液可塑状型注入材を使用し，左右上部に配置した注入管より注入した．注入圧は，チャンバ圧＋0.1MPaとし，初期注入率を130%とした．

加泥材については，礫質土と固結シルト層があるため，前者はベントナイトと凝集材を主体とし，後者は分散材を主体とした．その配分については，排土状態を考慮して決定した．

6-1-3　計測設備

切羽土圧を管理するため，土圧計をバルクヘッドに3台設置(上部1台，SL左右各1台)した．この土圧計は壊れた場合に交換可能な構造とした．また，地山崩落防止を監視するために，崩壊探査装置での確認と排土量管理を行い，排土量管理は，スクリューコンベヤの回転数と圧送ポンプのポンピング回数にて管理した．

6-1-4　立坑揚重設備

門形クレーン15tを設置し，セグメントおよび資機材の搬出入を行った．

6-2　発進・到達防護

発進・到達防護は，薬液注入工法を行い，土留め壁の欠損部は，高圧噴射攪拌工(SJM工法など)を施工し，注入の改良長はシールド全長に相当する8.5mとした．

6-3　掘進実績

掘進実績は，最大10R/日であり，初期掘進では平均5.3R/日，本掘進では平均7.2R/日であった．

裏込め注入率は，110～130%となった．

掘進の課題は，1番線トンネルの粘性土層を掘進するとき粘性土がP1ポンプのホッパから圧送室に取り込めず，掘進速度を10㎜/分程度しか出せず，掘進量が4R/日に落ち込んだことである．これに対して，シルトミキサを追加搭載することで対応し，現在8R/日まで掘進量が回復している．

7　地盤の沈下予測と実際の挙動

当工事においては，FEM解析により地盤の沈下予測を行っている．シールド区間の地盤変位の解析モデルについて，予測条件は**表-3**に示すとおりである．予測条件については，構造物条件および土質構成をモデル化し，各土層について，*N*値，単位体積重量，土の変形係数，ポアソン比を設定した．

また，トンネル掘削時の応力解放率は，『都市高速鉄道名古屋市高速度鉄道第4号線(大曽根～名古屋大学間)環境影響評価書』(名古屋市，平成6年2月)と同『事後調査結果報告書(工事中)』の結果を考慮し10%とした．

解析モデル(**図-10**)と地盤条件(表-3)および地表面沈下予測(**図-11**)を示す．これによると併設トンネル掘削後の地表面沈下量は，最大5㎜となる．現在2番線トンネルの掘進完了後の最大沈下量は3㎜である．

8　おわりに

現在(平成21年6月時点)，当工事は，2本目の本掘進に入っている．これから併設トンネルの影響が出てくるものと思われる．先行トンネルの計測を行いながら，安全に2本目のトンネルを掘進完了させるまで注意し，工事を進める．

今後とも，この事業にかかわる関係者の皆様のご協力をお願いいたします．また，シールドを現地にて転用した1例として，本稿が同種工事の一助となれば幸いである．

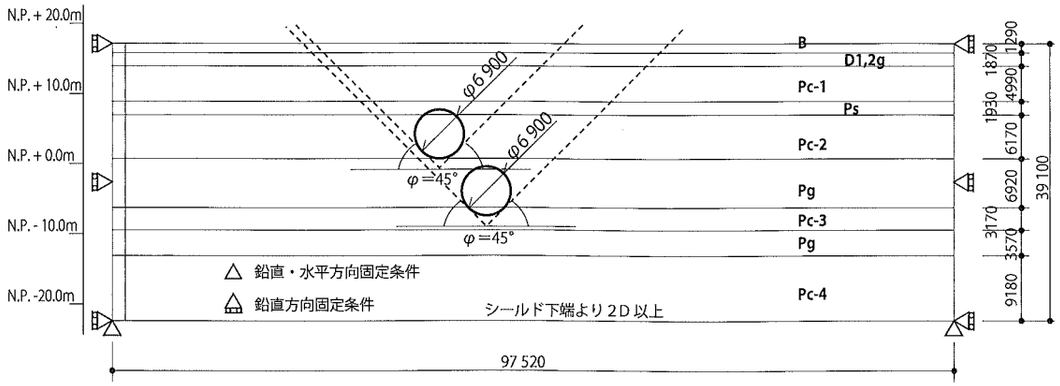


図-10　解析モデル図(沈下予測)

表-3　解析モデル条件一覧表

土層番号	土質記号	*N*値(回)	単位体積重量 γ (kN/m³)	土の変形係数 *E* (kN/m²)	ポアソン比 ν
1	B	4	18.0	2,800.0	0.350
2	$D_{1,2g}$	12	19.0	8,400.0	0.350
3	Pc-1	13	18.5	9,100.0	0.400
4	Ps	50	19.0	35,000.0	0.350
5	Pc-2	23	18.5	16,100.0	0.400
6	Pg	47	19.5	32,900.0	0.350
7	Pc-3	12	18.5	8,400.0	0.400
8	Pc-4	30	18.5	21,000.0	0.400

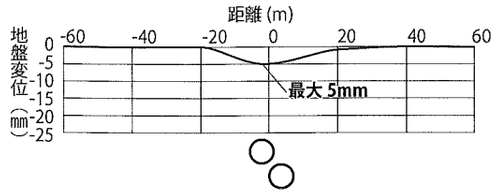
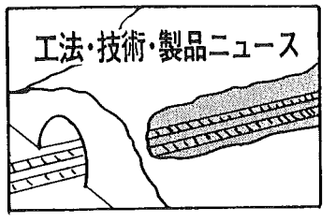


図-11　解析結果(沈下予測)

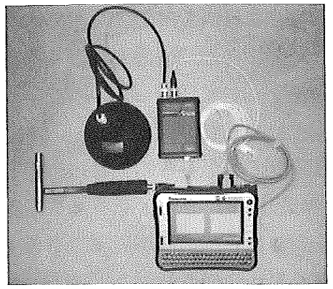


コンクリート表層部の健全性を容易に診断

佐藤工業は，コンクリート表層部の健全性を容易かつスピーディーに診断するシステム「健コン診断ポータブル」を開発した．

同システムは，叩き点検にもとづいた打撃音を定量的に評価してコンクリート表層部の健全性を診断する「打音法」による評価システムをベースに，機器構成のコンパクト化とシステムの簡略化を図ったもの．携帯性が向上し，1人で測定ができるほか，診断プログラムの改良により診断結果の表示スピードを向上させた．

叩き点検者のような熟練がなくても高精度かつ迅速にコンクリート表層部の健全性を診断できることから，コンクリート構造物の品質確認に有効な手段となる．同社では今後，各種施設管理者に対して維持・管理業務への有効なシステムとして採用を働きかけていくとともに，構造物の種類，診断結果に応じた補修方法のメニューを整備する．また，大学や他の研究機関と，打音法の利用に関する共同研究も行っていることから，新たな適用分野の開拓も図っていくとしている．



MB 750油圧ブレーカ

アトラスコプコは，油圧ブレーカMB 750の販売を開始した．

同機は，従来の製品と比べて打撃性能を最大54%向上させた．打撃力の向上により，同じ作業に小さなブレーカやベースマシンを使用できるようになり，生産性の向上とともに，ライフサイクルコストの削減が可能となるとしている．また，きわめて長いリテーナパーを採用することにより，ツールおよびハンマー下部との接触面が広く，両サイドを使用できるため耐用年数の延長も期待できるとしている．環境性能についても音響出力レベル118dB(A)(指針2000/14/EC)が保証されている．

油圧ブレーカのライフサイクルコストの3分の2は，運転コスト，エネルギーおよび燃料消費，サービスおよびメンテナンスコストといった要因によるもので，近年，市場では，機器およびツールのライフサイクルコストを削減したいというニーズが高まっている．

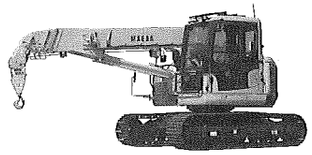


クローラークレーン発売

前田製作所は，従来機のフルモデルチェンジとなるクローラークレーンLC1385M-8の販売を開始した．

同機は4.9t吊りクローラークレーンでは国内最大の4.9t×3.2mの吊り上げ荷重を，また同クラスで国内最大の16.095m×0.43tの最大作業半径と16.7mの最大地上揚程を備えた．

ブームヘッド形状変更により，頭上に制約がある現場での作業性を向上させ，ブーム先端のワイヤ間隔を広げてワイヤの絡みにくさも向上させたほか，車両後方カメラの標準装備や7インチ大型TFT液晶モニタで後方の視界を確保するなど，安全性の向上にも努めた．



近隣の住環境を守る「統合環境計測システム」

フジタは，騒音・振動といった作業所で発生するさまざまな環境要因の変化や異常などをいち早くキャッチする「統合環境計測システム」を開発し(特許出願中)，作業所への適用を進めていたが，このたびその有効性を確認したと発表した．

開発したのは，環境機器(センサー)や監視カメラで計測したデータを，パケット通信網を介してコンピュータで一元管理し，それらの変化や異常などをリアルタイムでインターネットなどを利用して配信する汎用システム．現場の要所に備え付けられた各種センサーからの情報を，携帯電話のパケット通信網を介してデータセンターの統合環境計測サーバーに送信，一元管理を行う．

データはインターネット経由で24時間リアルタイム監視できるほか，基準値を超えると警報を鳴らし，担当者にメールでの通知を行う．また，性質の違う計測データを，時間軸をそろえて比較可能とするため，汎用通信盤と表示プログラムの開発を行っている．使用するセンサーなどの機器はレンタル品で調達が容易であり，パケット通信網を利用したデータ送信とすることにより機器の設置が簡単にできる．

施工

都市部に適応した上向きシールド工法と発進部セグメント

—名古屋市　名駅南雨水幹線—

大成建設(株)土木本部土木技術部都市土木技術室室長　中村隆良
大成建設(株)名古屋支店土木工事作業所作業所長　杉藤哲也
大成建設(株)名古屋支店土木工事作業所課長　原信行

1 はじめに

名駅南雨水幹線は，名古屋市が進めている「緊急雨水整備事業計画」のうち，名古屋駅周辺の約76haを計画区域とした浸水対策事業の一部として施工するものである(図-1)．

雨水貯留管となる横坑は，名古屋駅の南側を東西に横断する延長1,296mの路線で，土かぶり約30mの地下を泥土圧式シールド工法で施工している．

シールド工法は，二つの立坑間を横方向に掘進し，貫通させるのが一般的だが，今回立坑を設ける地上付近の道路は，狭隘で交通量も多く，商業施設が密集しているため，占用面積の縮小や工事期間を短縮し，近隣への影響を低減する必要があった．よって，横坑を掘進したシールドは地中到達後残置し，別のシールドで地下から地上へ向けて立坑を掘るという上向きシールド工法を採用し雨水流入用，排水用の二つの立坑を施工した．

本稿では，このような都市部に適応した上向きシールド工法の施工実績について報告する．

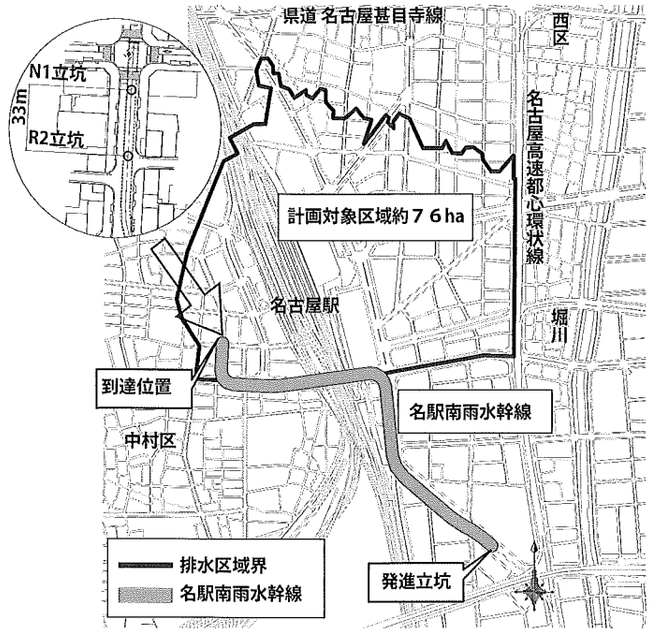


図-1　全体平面図

2 工事概要

2-1 工事概要

工事件名：名駅南雨水幹線下水道築造工事(その3)

施工場所：名古屋市中村区椿町

工　　期：平成17年10月24日～
　　平成19年３月16日

工事内容：

シールド一次覆工

１本目N1流入用立坑

延長　19.44m

２本目R2排水用立坑

延長　24.44m

セグメント外径　φ2,960mm

シールド外径　φ3,110mm

立坑工(到達立坑)

深礎(φ4,500mm)　２か所

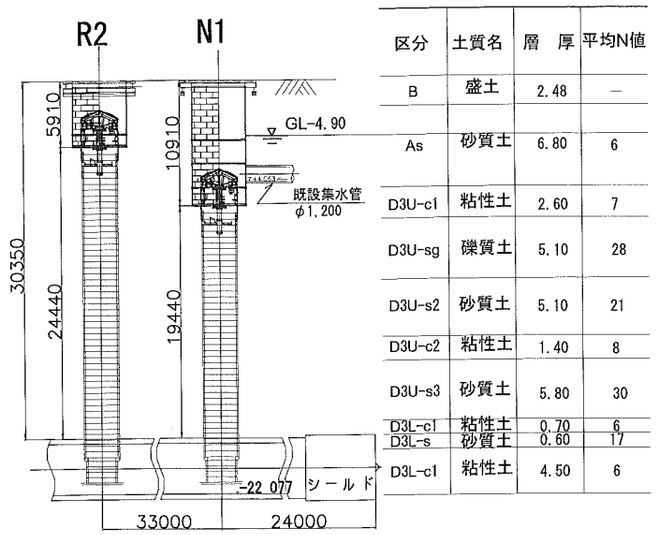
深礎掘削深さ

N1流入用立坑　10.91m

R2排水用立坑　5.91m

2-2　土質条件

上向きシールドで掘進する該当地層の土質は，地質時代第四紀洪積世に属する熱田層の上部層で，最大礫径20mm程度の礫質土(D3U-sg)，粒子均一な細砂を主体とした砂質土(D3U-s2，D3U-s3)，シルトを主体とした粘性土(D3U-c1，D3U-c2，D3L-c1)が互層となっている．地下水位はGL－4.9mである(図-2)．この地層を下から上に向かって掘進するため，数メートル単位で変化する土質に短時間で掘進管理を適合させていくことがポイントとなる．掘進管理については後述する．また，N1流入用立坑はシールド到達部が地下水位以下，R2排水用立坑は，ほぼ地下水面付近ということも到達方法の検討が必要となる要素である．結果として，N1流入用立坑は水中到達を採用した．



区分	土質名	層　厚	平均N値
B	盛土	2.48	—
As	砂質土	6.80	6
D3U-c1	粘性土	2.60	7
D3U-sg	礫質土	5.10	28
D3U-s2	砂質土	5.10	21
D3U-c2	粘性土	1.40	8
D3U-s3	砂質土	5.80	30
D3L-c1	粘性土	0.70	6
D3L-s	砂質土	0.60	17
D3L-c1	粘性土	4.50	6

図-2　土質構成断面図

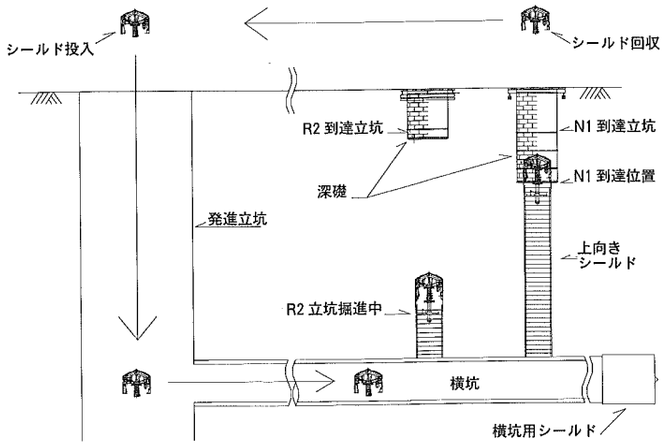


図-3　上向きシールド工法全体概要図

3　上向きシールド工法の概要

3-1　全体概要

上向きシールド工法の施工に先行して，シールド回収用の立坑を地上から深礎掘削する．深礎工法を採用した理由は，円形の上向きシールドに深礎のライナープレート形状をあわせることができること，地上での施工占用面積が最小限で施工できることなどがある．掘削深さは，機長＋路面覆工施工深さ程度で十分に回収可能であるが，今回は将来構築する人孔の形状を考慮した掘削深度としている．また，地下水位以下のライナープレート土留め範囲とシールド到達部を防護工として薬液注入工(二重管複相式)を施工している．

上向きシールドは，製作工場から横坑発進基地まで路上運搬し，発進立坑から投入する．投入したシールドを横坑掘進時に使用した軌条設備を利用して所定の場所まで運搬・セットし，深礎掘削した到達立坑まで上向きに掘削する．

シールド到達後，テール部を止水のため残置し，前胴部だけを回収して発進立坑まで地上を運搬し，点検整備後に再び坑内を運搬して２本目の上向きシールドに転用する(図-3)．

3-2　上向きシールドの特性

3-2-1　上向きシールドの能力

本工事で採用した上向きシールドは，外径3,110mmで，700kNのシールドジャッキ12本を搭載した総推力8,400kNの泥土圧式シールドである．地下水や土砂の侵入防止のため，テールブラシを２段設置し，テールグリス自動給脂装置を装備している．土圧計は，カッタチャンバ内に固定型を２台装備している．

カッタは，あらかじめ横坑に設けた開口用セグメントを直接切削して発進するため，横坑の内面線形に合わせた形状にしている(写真-1)．シールドジャッキについても切削対応として微速制御装置を搭載し，セグメントとカッタとの微妙な離間を調整しながら切削できるようにした．開口用セグメントの詳細については後述する．

セグメント組立ては，機内にいる作業員の安全性を考慮してエレクタを採用せず，人力による組立て方式とした．

シールドは，坑内運搬，および組立て作業を考慮して，６分割とした．

バルクヘッドは，上向きに掘進するため，中心に向かってすり鉢状にし，土砂の取り込みを容易にしている(図-4)．排土機構としてピンチバルブを１個装備している．ピンチバルブの詳細については後述する．

3-2-2　施工フロー

上向きシールドの前胴部セット以降の施工フ

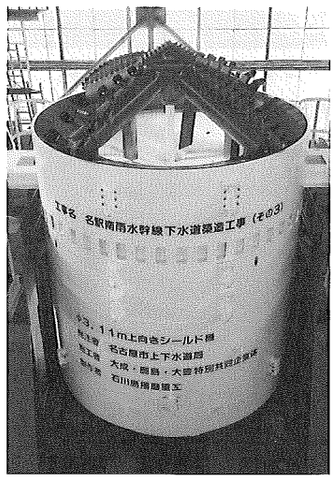


写真-1　上向きシールド

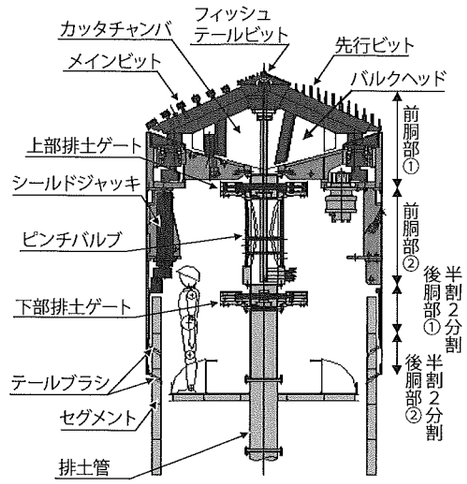


図-4　シールド断面図

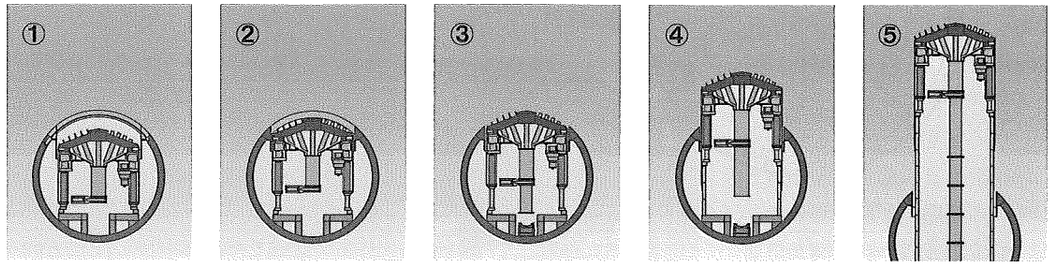


図-5　施工フロー図

ロー[1]は以下のとおりである(図-5).

① 前胴部を所定の位置に据え付け
② 前胴部を開口用セグメントまで押し上げ
③ 開口用セグメントを切削して，前胴部のみで掘進
④ 掘進を行い，前胴下部にスペースができた段階で後胴部を組立て
⑤ 掘削深度や地層変化に対応させ，切羽土圧を管理しながら到達まで掘進

4 施 工 実 績

4-1 セグメント

4-1-1 一般部セグメント

エレクタを装備していないため，人力で組立てが可能な重量，寸法とし，セグメントは鋼製で1リング12分割，外径2,960㎜，厚さ128㎜，長さ500㎜，重さ約50kgと細分軽量化した(図-6).

4-1-2 仮組みセグメント

横坑シールドの場合，発進立坑内でシールドと反力架台との間に仮組みセグメントを組立てながら仮掘進を行い，セグメント周面摩擦抵抗力が推力以上となった時点で仮組みセグメントを解体し，通常のセグメントとして転用する.

上向きシールドの場合は，掘進延長が短く，到達するまで推力以上のセグメント周面摩擦抵抗力

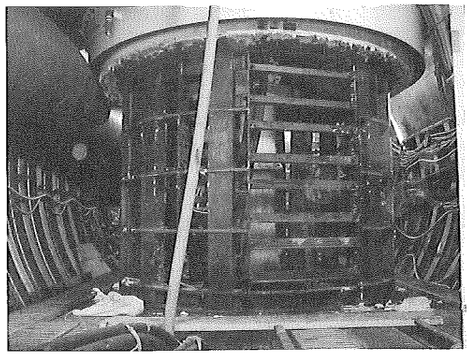


写真-2 仮組みセグメント

が得られないため，仮組みセグメントを転用することができない．このため，土水圧を受けない範囲の仮組みセグメントには，スキンプレートがないスチールセグメントを採用した(写真-2)．これに伴い，次に挙げる効果が得られる.

① 資機材の投入口の確保
② 換気のための空気取入口の確保
③ 電線，油圧ホースのルート確保
④ シールド後胴部材の溶接スペース確保

4-1-3 開口用セグメント(上向きシールド発進部)

開口用セグメントとは，上向きシールド発進前に人力による鏡切り作業を行うことなく，上向きシールドのカッタで直接切削が可能な材料，構造とした特殊セグメントである．これを採用することで，人力で鏡切り作業をする場合と比べ，施工性や安全性が向上する．そのため，横坑施工時に上向きシールド発進部となる施工地点には，開口用セグメントを設置した.

開口用セグメント切削部周囲の鋼枠には，エントランスリング取り付け用のプレートをあらかじめ設置しており，これにエントランスリングを溶接接合して上向きシールド発進時の止水を行っている.

また，上向きシールドの施工に先立ち，開口用セグメント切削部の周囲とリング構成している鋼枠の周長方向を鋼材により開口補強を実施している.

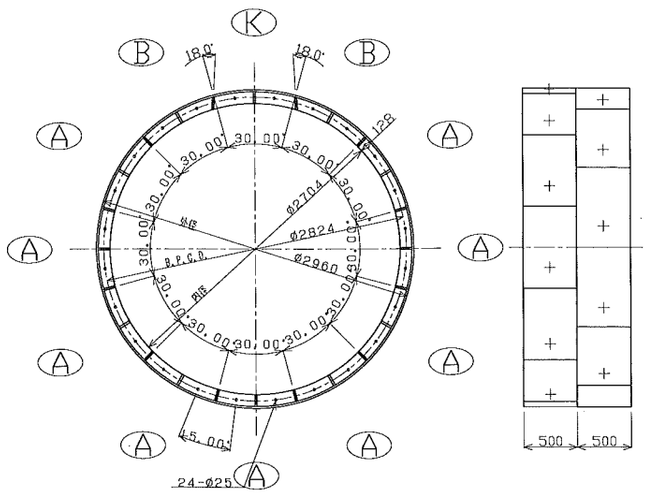


図-6 一般部セグメント構造図

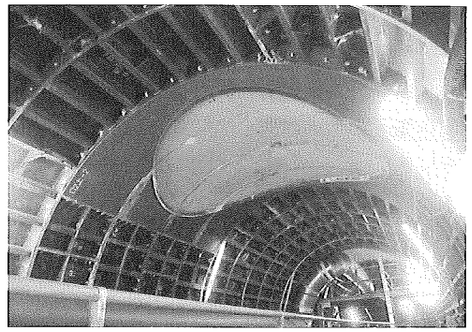


写真-3 NOMSTセグメント

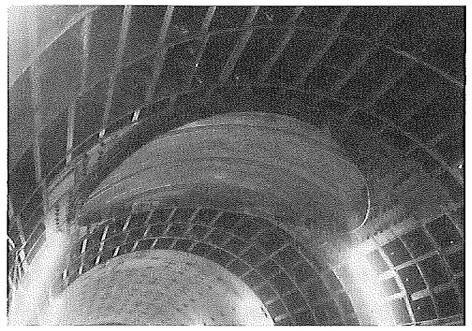


写真-4 FFUセグメント

N1立坑に使用した開口用セグメントは，コンクリートとそれを補強する炭素繊維ロッドから構成されるNOMST部材である(写真-3).

R2立坑には硬質発砲ウレタンをガラス長繊維で強化した合成木材を積層して形成したFFU部材からなるセグメント(以下「FFUセグメント」)を使用している(写真-4).

FFUセグメントはコンクリートに比べると，次のような特徴がある.

① FFU部材は繊維質で柔らかいため，切削する際，カッタビットの磨耗に対する抵抗が非常に小さい.
② 削られた部材は木くずまたは木を削ぎ取った形状になるため，大割れする可能性は低い.
③ FFU部材の比重は1.0以下と軽量であるため，コンクリートに比べて扱いが容易になる.

4-2 排土設備

4-2-1 ピンチバルブ

ピンチバルブは，排土管内部にゴムスリーブを内蔵しており，このゴムスリーブにエアーを供給し，膨らませることによって，排土管内を閉塞させる構造である．この機構により切羽土圧や排土量の管理を行うことができる(図-7).

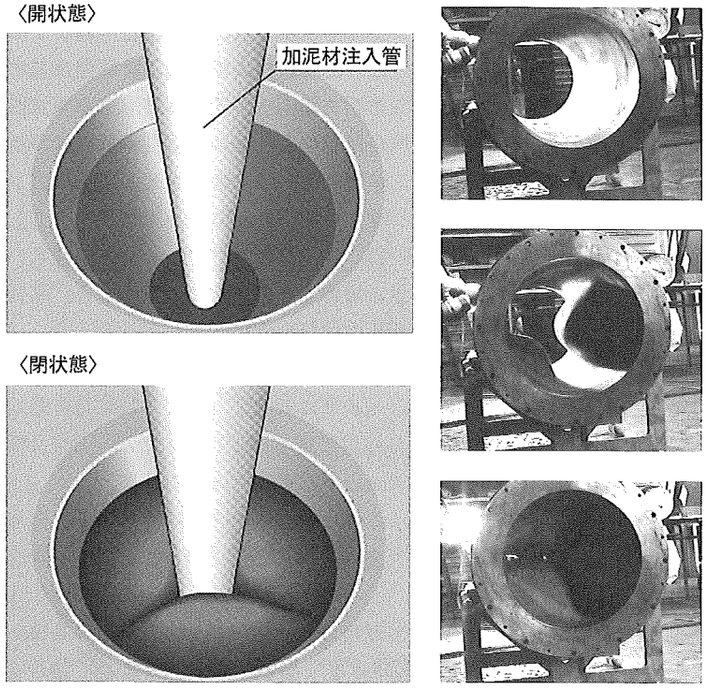


図-7 ピンチバルブ概念図

4-3 掘進管理

4-3-1 土圧設定と掘進管理

横坑では，主働土圧から静止土圧の範囲で定めるところが一般的であるが，上向きシールドの場合，施工実績が少ないため，切羽上面(前面)の土荷重負担範囲が不確定要素であった．事前検討段階において，全土かぶり荷重は受けないことを前提とし，土の緩み範囲[2]を想定して目標となる土圧を設定した(図-8).

この設定値は，掘進中に地中変位計測を行うことにより検証した．地中変位計測は傾斜計，

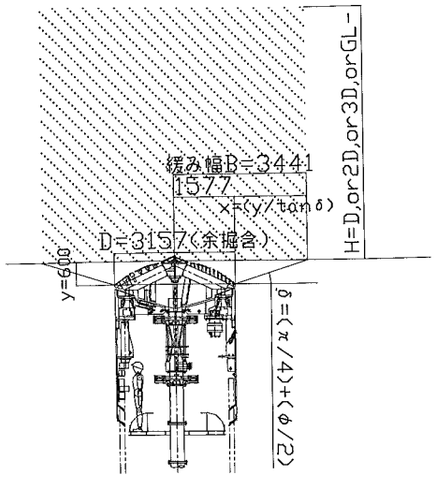


図-8　土圧検討モデル図

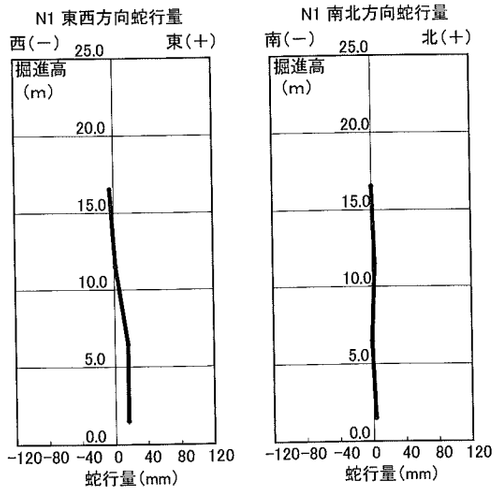


図-10　蛇行量測定結果(N1立坑)

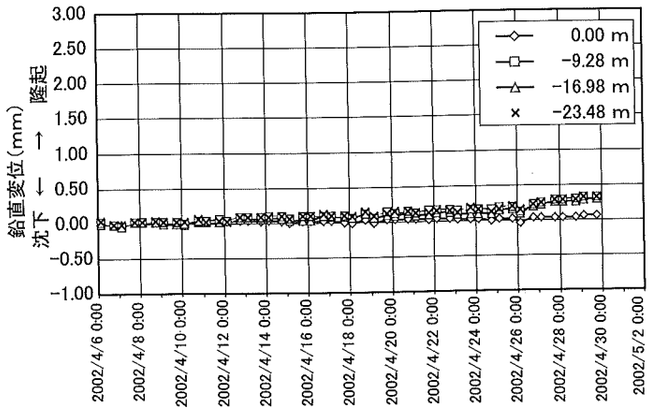


図-9　沈下計測経時変化図(N1立坑)

表-1　加泥材計画表

区 間 No.	加泥溶液粘性 c_p	注入率(%)
Ⅰ粘性土D3L-c1	50～100	12.0
Ⅱ砂質土D3U-s3	200～300	24.0
Ⅲ粘性土D3U-c2	80～200	18.0
Ⅳ砂質土D3U-s2	200～300	24.0
Ⅴ礫質土D3U-sg	1,300～2,700	39.6
Ⅵ粘性土D3U-c1	50～100	12.0
合　計(平　均)		26.4

層別沈下計を設置して行った．計測データは通信回線を利用し，シールド運転席で常時監視できる方式とした．

結果としては，目標土圧を大幅に変更することなく掘進を行い，地中変位計に大きな影響を与えることはなかった(図-9)．

4-3-2　加泥材と排土管理

ピンチバルブでの排土は，切羽土圧とエアー圧との差圧だけで土砂がピンチバルブ内を流れるようにすることが必要であった．そこで，各土層ごとにおける加泥材の設定は，計画値を基本として施工を開始し，ピンチバルブ内を通過する土砂の性状を確認しながら粘性と注入率を変化させ，排土の流下状態が適正となるように調整することとした(表-1)．加泥材の選定では，変化の著しい土層へ早急に対応できることに重点を置き，高分子ポリマー系の材料を使用した．

4-3-3　施工精度

上向きシールドによる立坑掘削時の蛇行管理基準値は，発注者管理基準値100㎜に対し管理目標値として50㎜以下と定めて線形管理を行った．

掘進時における蛇行量の計測方法は，下げ振りによって実施し，計測頻度を1回/方として管理した．

各立坑掘進時の最大蛇行量は，N1立坑で16㎜，R2立坑で27㎜と，ともに管理目標値内で収めることができた(図-10)．

5　今後の課題

都市化の進展に伴う周辺環境の変化や地下埋設物の輻輳化などにより，今後は大深度下での施工が予想される．大深度下において，上向きシールド工法を採用した場合，以下のような課題がある．

① 機内への安全な昇降方法
② 機内での人力による作業を省略したセグメント組立てや自動裏込め注入装置の確立
③ 掘削土の落下エネルギーを減少させるための土砂搬送方法
④ 資機材の搬送方法

これらの課題を解決するためには，更なる技術検討や実施検証を重ねていく必要がある．

6　おわりに

今回の工事では，雨水貯留管への雨水流入用，および排水用立坑の構築に上向きシールド工法を採用した．本工法は，地上より立坑構築を行う方法と比べて，占用面積の大幅な縮小と占用期間の短縮が可能となる工法であることから，例えば道路下に構築される共同溝や電力地中管に接続する立坑を構築する場合など，地上部に十分な広さの建設用地を確保することが困難な都市部において，新たな需要が見込まれる工法であると思われる．

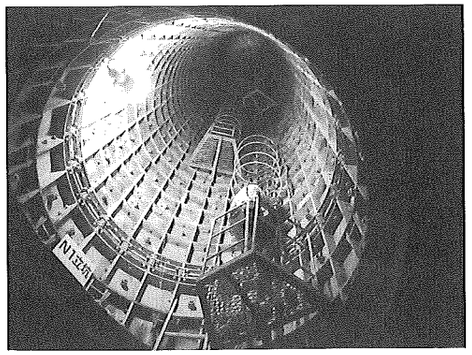


写真-5　完成(N1立坑)

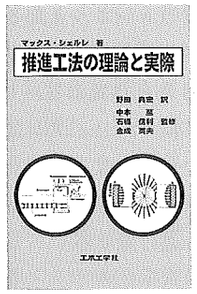
本工法の採用による立坑の構築は，2例目となる施工であった．施工にあたっては，発注者，協力業者，およびJV構成会社など，多くの方々の支援を受け，大きなトラブルもなく無事に工事を完了することができた．

ここに，ご指導，ご協力をいただいた方々に深く感謝したい．

参考文献

1) 上向きシールド工法研究会：上向きシールド工法パンフレット，施工手順(シールド方式)．
2) 土木学会：トンネル標準示方書[シールド工法編]・同解説　平成8年版，解説図2.2　緩み土圧，p.43，1996.

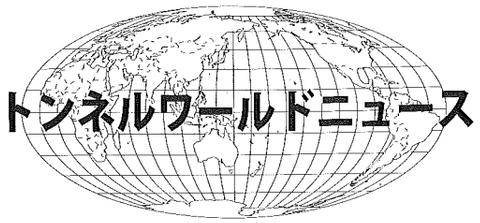
推進工法の理論と実際



B5判　437頁　価格8,925円　送料450円
マックス・シェルレ　著
野田典宏 訳　中本　至・石橋信利・金成英夫 監修

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

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



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

ニュージーランドでHobson湾下を通過する下水道トンネルが貫通

ニュージーランドのOrakei下水道更新工事でHobson湾下を掘進していたLovat社製の土圧式TBMが，平均週進114mを記録して貫通を迎えた．施工者であるMcConnell-Dowell社は，径4.35mのミックス（泥水・土圧兼用）シールド型TBM（RME170SE Series 23700）を使用して，Auckland市で延長2,900mのトンネルを完成させた．このTBMは，最大カッタヘッド回転速度6.4rpm，最大トルク2,460kNmであり，交換可能な15.5インチのディスクカッタとリッパーを備えている．また，このTBMは，3 barの水圧下で稼働できるように設計された．

Orakei山とHobson湾を通過するトンネル沿いの地質は，主に，粘土分を多く含む脆弱な砂岩とシルト岩で，時おり沖積層や火山噴火物を伴う．トンネルの土かぶりは約70mで，発進場所は住宅地域の下であり，到達場所は供用中の下水道に近接していた．Lovat社によると，最大進行は週進157mとのことである．2008年6月に掘進を開始し，1週あたりの作業時間は5日間で112時間であった．この内訳は，12時間の2シフトが4日間，8時間の2シフトが1日間である．また，土曜日に実施される計画的なメンテナンスを除けば，週末作業は全くなかった．

内径3.7mのこのトンネルは，ニュージーランドの上下水道事業者であるWatercare社が，Hobsonプロジェクト（事業費5,960万USドル）の一環として整備しているものである．下水道の更新工事は，2007年中頃から開始されている．

このプロジェクトには，ポンプ場となる径22m，深さ36mの立坑の掘削も含まれており，この立坑は2009年後半に完成予定である．プロジェクトがすべて完了するのは，2010年中頃になる見込みである．

（T&TI　'09.3　担当：伊藤彰・(株)間組）

Wirth社がドイツでのトンネル掘削を完了

Wirth社は直径10.24mのTBMでドイツのSchluchternerトンネルに併進し，4km近く掘削したと報じた．つまり，本TBMは技術的に困難なプロジェクトに値する330,000m³の岩盤を掘削したということである．

トンネル路線は中央ドイツFulda近郊のDistelrasen山脈の下を通過しており，地質は硬質の砂岩と軟弱な粘土が細かく入れ替わる互層構成である．Wirth社はこのような複雑に連続する互層岩盤に対応し，良好な掘進速度を実現できるデュアルモードTBM*を設計した．長さ110m，重量1600tの巨大TBMはドイツのWirth社Erkelenz工場にて製作された．

1914年に建設された既存トンネルは現在まで1本のトンネルを複線として営業してきた．しかし構造的な劣化と新しいトンネル法規により2.5億米ドルの路線改修事業の一環としてトンネルの新設が必要となった．完成後は旧トンネルの改修を進めるため，ひとたび新設トンネルに複線を敷設する．どちらのトンネルも最終的には十分な救助用のスペースを持った単線のトンネルとなる．

当該トンネルはドイツでもっとも利用される鉄道路線のひとつになると考えられており，1日あたり270列車を輸送する．本プロジェクトはドイツの鉄道高速近代化計画の一部となる．

本計画は2013年に完了予定で，最終的にはドイツ鉄道網においてもっとも通行量の多いトンネルとなる．

＊排土機構にベルトコンベヤとスクリューコンベヤの双方の方式を装備したTBM

（WT　'09.4　担当：石岡賢治・大成建設(株)）

連載講座

沈埋トンネル（5）

—防災設計—

「沈埋トンネル」連載講座小委員会

日本シビックコンサルタント(株)開発企画室課長　久保田　真
日本シビックコンサルタント(株)開発企画室長　滝本孝哉

はじめに

河川や港湾の河床から1.5～2.0mの小土かぶりで敷設できる沈埋トンネルは，緩やかな道路縦断勾配を採用できることからもわが国では道路用途に用いられる場合が多い．しかし，トンネルが見通しの悪い閉鎖空間であることや沈埋トンネルが水底下に位置することからトンネル内の火災事故は大規模災害や二次災害へつながりやすい．

国内外で沈埋トンネルの火災事故は報告されていないが，道路または鉄道トンネルでは2000年以降で20件[1]もの火災事故が発生している．

このようなことから，トンネルの防災設計は，安心で安全な走行環境を担保し，貴重な道路社会資本の保護と維持のための重要な設計項目の一つと言える．

ここでは，道路用沈埋トンネルの防災設計における「非常用施設」および「トンネル火災に対する耐火工設計」について，最近の設計の概要と動向を紹介する．

① 非常用施設

沈埋トンネルの非常用施設は，『道路トンネル非常用施設設置基準・同解説』（(社)日本道路協会）に準じて設計している．わが国の沈埋トンネルの延長は1～2km程度と比較的短いトンネルが多く，ドライバーにとっては短時間での周辺の輝度の変化が激しいことと下に凸の縦断線形であることによる見通しの悪さが，走行安全性を悪くしている．また，水底トンネルであることから，より高い防災安全性を確保するためにトンネルの防災等級をトンネル延長と交通量から定まる等級よりも1ランク上の等級区分に設定する場合が多く，ほとんどの道路沈埋トンネルはAA等級の施設を配置している．さらに，トンネルの防災安全度を高めるために，次に示すような設計検討や研究などが行われているので以下に紹介する．

1-1　火災時の煙の遡上に対する避難時間の検討

トンネル内で火災が発生した場合は，非常時の対応が図-1に示す時間的な流れで行われる．トンネル内の利用者が避難を開始するまでに必要な時間は，既往の事例などから事故発生時刻よりおおむね2分間を要する（バスの場合は乗客全員が避難を開始するまでに4分間を要する）と言われており，避難終了までの時間はおおむね10分間を目標としている．この避難開始時刻を早くする，または避難終了までの時間を短くする，または避難余裕時間を長くする非常用施設の効果的な設置と配置が防災設計の重要な観点である．

「濃い煙に巻き込まれない場合の避難者の避難速度は一般の場合で1.7m/s程度と考えられてい

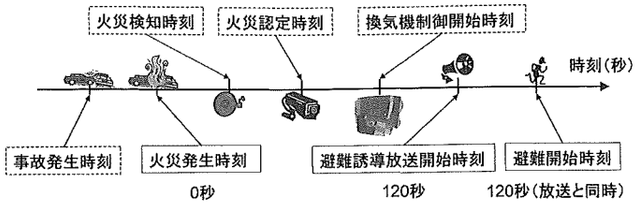


図-1　非常時の対応の時間的イメージ

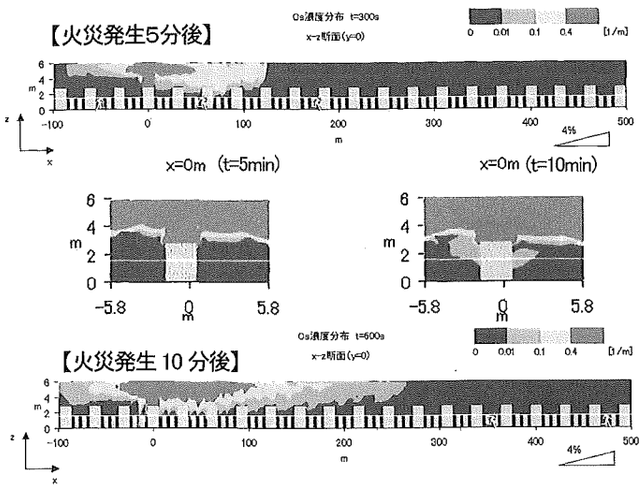


図-2　煙遡上のシミュレーション例

る．ただし，老人などの場合はもっと遅くなることもありうるし，煙に巻き込まれたときは1.0m/s以下の走行速度になる」と報告されている(消防研究所報告，No.42，1976)．避難中に火災の煙に巻き込まれた場合は，周辺の照明が暗くなり，避難口の位置や警報表示板，避難誘導指標の視認性が悪くなり，心理的な不安も重なって避難速度が遅くなる．煙の拡散速度は，火災の規模ならびにトンネル内空の大きさと形状，停車している自動車の種類と台数(＝大型車混入率)，道路の縦断勾配などの影響を受ける．火災が斜路部で発生した場合には煙が斜面に沿って昇る遡上現象が起こり，煙の拡散速度は早くなる．このような現象を踏まえて最近は，縦断勾配を有するトンネルの避難口の設置間隔について，図-2に示すような煙の遡上のシミュレーション解析を行い，避難者が煙に巻き込まれる前に非常口に到達できるかどうかの照査を行っている．図-2は，縦断勾配４％の矩形の２車線トンネル内で30MW相当の火災が発生した場合の火災発生から５分後と10分後の煙濃度C_sを示した計算例である．C_sは煙の濃度を表す指標で，人間の目の高さの1.5mで次の４段階の目安で判定している．

0　＜C_s＜0.01：煙として感知できない
0.01＜C_s＜0.1：煙の存在に気づく
0.1＜C_s＜0.4：煙は濃いが避難は可能
0.4＜C_s：避難が困難

避難者が火災発生から５分間で避難できる距離(L)は，火災発生から避難開始時刻までに要する２分間(バスから降車する場合は４分間)を差し引き，L＝1.0m/s×(5－2)min×60sec＝180m(バスの場合はL＝60m)，同様に火災発生10分後はL＝480m(バスの場合はL＝360m)となる．図-2の結果は，避難が困難とされるC_sが0.4以上の煙は10分間後でも火災発生地点(X＝0m)で道路面から1.5mの高さ位置まで降りてきていないため，４％の勾配を有する斜路部でも非常口が250～400m間隔で設置されていればおおむね避難は可能であると言える．

1-2　トンネル内の火災事故時における人間行動

トンネル利用者の火災時における行動を加味して非常用施設の仕様や配置間隔を決めることは，防災設計の重要な観点と言える．欧州では，トンネル内で火災事故が発生した場合の人間行動について種々の研究がされている．例えば，実際のトンネルを使用した模擬火災実験では，徐々に煙が充満する状況下で自動車内の人間がどのような行動をとったかについて次のように報告している(第６回世界年次トンネル会議，2004)．

①　前方で炎上している車両があっても自分の車から離れて避難する行動をなかなか起こさない(周辺が煙で充満してきても車の中の方が安全と思っている)．
②　いったん避難しても自分の車に忘れ物をとりに戻るなどトンネル内火災に対する危機感が少ない．
③　ラウドスピーカーによる避難勧告のアナウンスの内容は，「爆発するぞ」が避難行動を起こさせるのにもっとも有効であった．

このような研究成果をもとにして，1999年に被災を受けたモンブラントンネルでは，利用者の火災時における行動を記載した冊子をドライバーに配布するなどの広報活動や，火災時にもわかりやすい非常口の表示(**写真-1**)の工夫などに努めている．

同様の活動として，首都高速道路(株)は，中央環状線のトンネル防災活動として『防災ハンドブック』や『もしもトンネル内で火災にあったら』などの冊子によるトンネル利用者への広報活動に加えて，バイク隊の巡回による事故そのものの発生を予防する安全活動に努めている．

1-3　地球環境に優しい消火剤への移行

フロン類のハロンは消火性能に優れ人体への影響も少ないことから消火剤として多用されてきた．しかし，オゾン破壊効果および地球温暖化効果を引き起こす可能性が高いことから現在は世界的に全廃の方向にある．消火設備の仕様の設定において留意することが必要である．

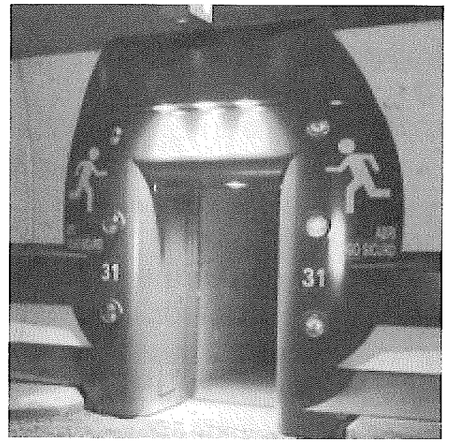
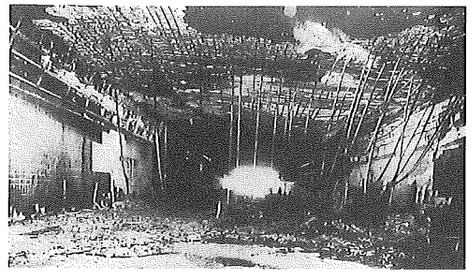


写真-1　モンブラントンネルの非常口
(出典：モンブラントンネル広報用パンフレット)



[火災によって鉄筋が垂れ下がっている]
写真-2　ドイツのモアフリートトンネル
(開削トンネル)の火害事例(1968)

②　トンネル火災に対する耐火工設計

わが国のトンネルの耐火工は，火災時ならびに消火活動時，火災鎮火後のトンネル内にいる利用者ならびに消火活動に従事する消防隊，道路管理者の安全を確保するために，トンネル空間を形成する壁や梁などの構造部材に対して，次の２通りの考え方で設計を行っている．

①　トンネルが崩壊しないまでの構造部材の損傷を許容する耐火工の設置または耐火機能を構造部材に付加する(被災後は大規模な補修や補強が必要となり，相当の期間にわたってトンネルの通行を禁止する必要が生じる(**写真-2**))．
②　構造部材の軽微な損傷は許容するが，火災後に大規模な補修や補強をしないで供用が再開できる耐火被覆工を設置する(被災後は耐火工や内装工などのトンネル設備の修復と交換が必要となるため，トンネルの通行をその間は制限する必要がある)．

沈埋トンネルは水底下に位置することから，被災後の補修や補強の工事が容易ではない．また，ゴム材を止水材として使用している可撓性継手部は，ゴム材の耐火許容温度が約70℃と低いことから，低い火災温度で沈埋函内への浸水が始まりトンネルの水没に至る事態が想定される．また，わが国の沈埋トンネルは重要路線が多く，火災事故後の早期の復旧が重要である．これらのことなどから，沈埋トンネルの耐火工は上記の②の考え方を適用している．RC構造の沈埋トンネルには，

可撓性継手部分のみを対象として耐火工を設置している場合もある．

耐火工の設計は，当該トンネルに発生が想定される火災規模を定め，その火災作用に対する構造部材の許容耐火温度を定め(沈埋函の型式がRC構造と合成構造では許容耐火温度が異なる)，各材料が許容耐火温度よりも高温にならない性能を有する耐火被覆材の種類と厚さおよび設置方法を経済性や施工性を加味して選定する手順で行う．また，トンネル内の諸設備(照明設備，換気設備，非常用設備など)との取り合い箇所は，隙間が生じないように充填系の耐火材で防護する必要がある．

2-1　トンネル火災規模の設定

トンネル内で発生する火災の規模は，**図-3**に示す火災温度時間曲線から当該トンネルの重要度，ならびに交通量，通過交通の種別(小型車，大型車，危険物積載車両など)，トンネル火災時に隣接する消防署から消防隊が駆けつけるまでの所要時間，迂回路の有無と周辺環境などを総合的に考慮して選定する[1)~3)]．国内の道路沈埋トンネルは，水底トンネルであることを理由(道路法45条)に危険物積載車両のトンネル内の通行を禁止または制限している場合が多いが，通行を制限することで港湾区域の物流への寄与効果が大幅に減少する場合や迂回路での火災事故がトンネル内での事故よりも甚大であると想定される場合などでは，危険物積載車両のトンネル内の通行を前提とした火災温度時間曲線を選定しなければならない．

図-3中で用いている名称(日本で用いている通称)について下記に示す．

ISOは，常設国際道路会議協会(PIARC: Permanent International Association of Road Congresses)が定める標準時間温度曲線(ISO834)で，小型車専用道路などに適用している．

JISは，JIS A 1304-1004の建築構造部分の耐火試験方法で用いられておりISOにほぼ相当する．

HCは，炭化水素燃焼曲線(Hydrocarbon Curve)で，油火災を想定した曲線である．

RABTは，ドイツの道路トンネルの装備および稼働に対する基準(RABT，1994)で，家具を満載したトレーラーの火災実験から定めている．最高温度1,200℃の継続時間は，30～90分の範囲で当該トンネルの重要度や消火活動開始可能時間などから，当該トンネルの管理者が総合的に判断して決めている．

HCMは，修正炭化水素燃焼曲線で，大型トラックによる火災，とくに可燃性物質・液体・液化物質が積載されている場合に適用している．

RWSは，オランダ運輸公共事業省治水本局の曲線で，オランダ応用科学研究機関(TNO)による火皿実験で確立した(1979)．

表-1にわが国の道路沈埋トンネルの火災規模の設定事例を示す．

わが国の当初の耐火工設計では，危険物積載車両がトンネル内を通行するか否かを火災温度時間曲線の選定の大きな判断指標としていた．そのため，水底トンネルであることを理由に危険物積載車両の通行を制限する沈埋トンネルは，最高温度が1,000℃以下の火災温度時間曲線(HCまたはISO曲線)を選定する場合が多かった．しかし，1999年のモンブラントンネルの火災事故(**写真-3**)が，小麦粉とマーガリンを積載したトラックを火源として1,000℃を超える火災温度が報告されたことを契機として，世界的

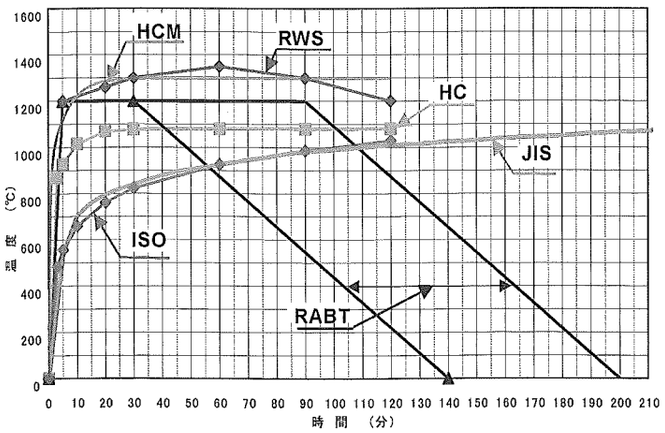


図-3　国内外で用いている火災温度時間曲線

表-1　火災規模の設定事例

	トンネル名称(開通年)	沈埋函の覆工型式	危険物車両の通行制限	火災温度時間曲線	備　考
供用中	臨海トンネル(2002)	RC	通行規制(時間制限付きエスコート方式)	RABT 60分	コンクリート：350℃ 鋼材：350℃ 止水材：100℃
供用中	東京港第二航路海底トンネル(2002)				
供用中	神戸港港島トンネル(1999)	フルサンドイッチ合成	通行禁止	JIS A 1304 60分	コンクリート：500℃ 鋼材：350℃ 止水材：70℃
供用中	大阪咲洲トンネル(1997)	オープンサンドイッチ合成			
供用中	新潟みなとトンネル(2002)	RC		HC30分＋100分(徐冷)	コンクリート：500℃ 鋼材：350℃ 止水材：75℃
建設中(2009.2現在)	那覇臨海道路(仮称)	フルサンドイッチ合成	未定	RABT-30	設計中 (耐火試験はRABT-60で実施)
建設中(2009.2現在)	新若戸通路(仮称)				設計中
建設中(2009.2現在)	大阪港夢咲トンネル				合成部材：250℃ PCケーブル：150℃ クラウンシールゴム：70℃ 二次止水ゴム：75℃ (耐火試験はRABT-60で実施)

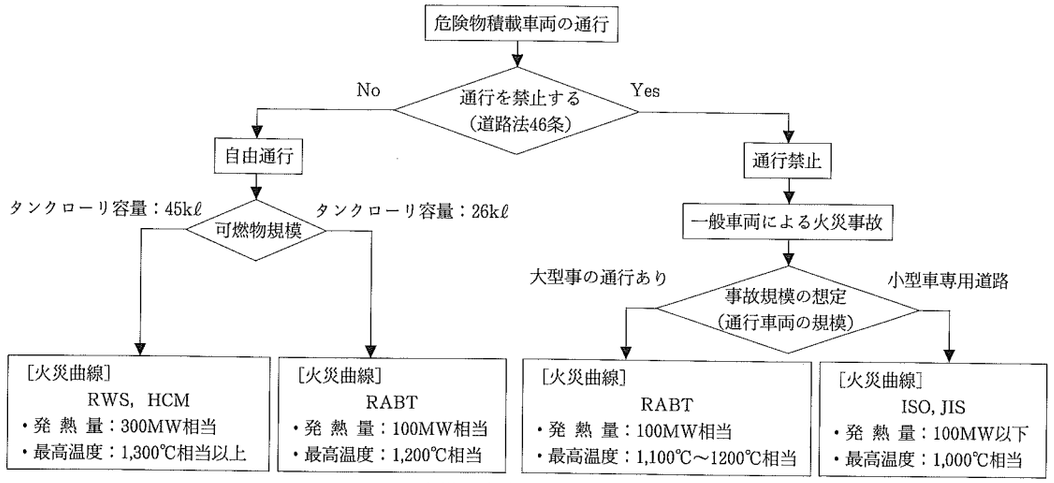


図-4　火災温度時間曲線の選定の目安



写真-3　モンブラントンネルの火害事例

に危険物積載車両の通行の有無を火災規模の選定の判断指標から除く傾向になってきたことを受けて，大型車両が通行するトンネル内の火災規模は1,200℃以上の火災温度時間曲線を採用するようになった．また，国内で現在公道を走行しているタンクローリーの最大危険物積載容量は26kℓである．そのため，発熱量が300MW級を対象とするRWSとHCMは過大と考えられることから，多くの沈埋トンネルの耐火工設計はRABTを採用

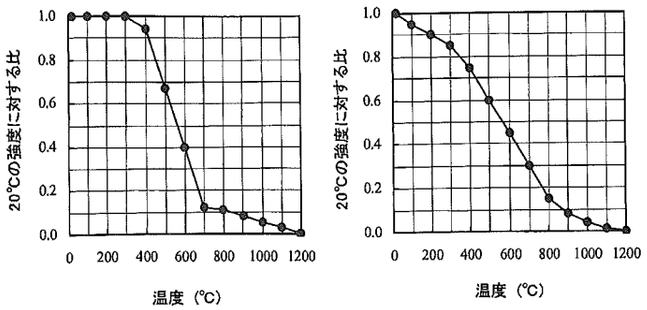


図-5 RC材料の温度依存性

表-2 RC構造部材の許容耐火温度

材 料	許容耐火温度(℃)
コンクリート	250～380
鋼 材	250～350
ゴ ム 材	70～100

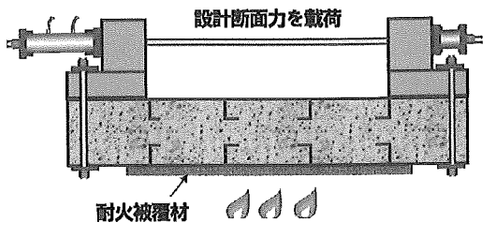


図-6 合成部材の火災実験イメージ

している．以上の経緯から，わが国の道路沈埋トンネルでは，2000年前後からおおむね図-4の流れでRABT曲線を多く採用している．

RABTの最高温度1,200℃の継続時間に30分を多く採用している理由は，日本の沈埋トンネルの延長がおおむね２km以内と短いことと，近隣の消防署から消防隊が到着して消火活動に着手できるまでの時間を調査した結果が30分以内である都市内域のトンネルが多いことから設定している．なお，火災の原因は交通事故による車両火災を対象とし，テロ行為による火災は一般に考慮していない．

2-2 構造部材の許容耐火温度の設定

鋼材やコンクリート材料は，図-5に示すように温度上昇によって強度が低下する．これより，RC構造の沈埋函の許容耐火温度は，表-2に示す値を多く採用している．

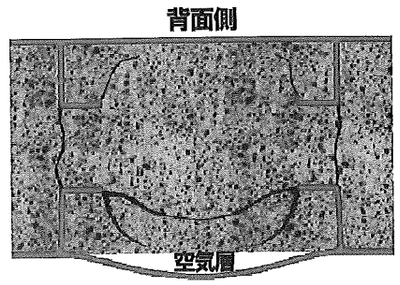


図-7 合成部材の損傷イメージ

コンクリートの許容耐火温度は，設計強度が30 N/㎟程度の現場打ちコンクリートを対象としており，加熱により爆裂しないことを前提としたものである．そのため，高強度コンクリートを使用した場合は，加熱の温度勾配にもよるが，爆裂現象が発生しやすくなるため，許容温度の設定に留意する必要がある．

合成構造の部材は，RABT-60分の耐火実験[4)~6)]によって(図-6)，損傷のメカニズムが次に示すように明らかにされた(図-7)．

① 加熱による鋼板の伸びは，せん断補強鋼板と補強鋼材を介して部材全体に曲げを発生させ，加熱面側および背面側のコンクリートにひび割れを発生させる．

② 加熱面側の鋼板は，充填されたコンクリートから250℃前後で発生する水蒸気の圧力によってコンクリートから剝離して，その程度によって座屈する．また，加熱面側の鋼板が剝離するとコンクリートとの間に生じた空気層が均一な熱伝達を妨げるために部材内に温度勾配が生じてコンクリートに水平方向のひび割れを発生させる．

③ 加熱試験終了後の合成部材は，内部にさまざまなひび割れが発生していても，曲げ載荷試験を行った結果では設計終局曲げ耐力を保有している．

火災後に大規模な補修や補強工事を行わないで供用を再開するためには，部材の耐荷力を低下させないことが条件となる．そのため，加熱面側の鋼板が降伏しないおおむね250℃以下に許容耐火

温度を設定する必要がある．なお，柱や壁などの部材に作用する軸力が大きい場合や，補強鋼材が少ないために加熱面側の鋼板が剝離しやすい構造の場合は，鋼板を降伏させないために，更に許容耐火温度を下げる必要がある．

2-3 耐火工の設計および施工計画

道路沈埋トンネルの耐火被覆材には，ボード系，吹付け系およびブランケット系の３種類が多く用いられている．それらは，天井部または壁部は単独で，可撓性継手部には組み合わせて使用されている．どの耐火被覆材を用いるかは，表-3に示す得失を踏まえて経済性と施工性を総合的に評価して選定する．耐火工の設計および施工計画では，次の点に留意する．

① 耐火被覆材の厚さは既往の耐火実験から得られた諸定数を用いた熱伝導解析で設定する．耐火被覆材は，耐火実験を行って照査しなければならない．同じ耐火被覆材を用いた耐火実験を過去に実施している場合は，その実験値を用いて数値解析で検証する．

② 設置時のボルトなどはSUS材を使用する．その理由は，高温下における強度の低下率が一般鋼材に比較して少ないためである．また，合成構造部材の鋼板へのSUSアンカーは，沈埋函の構造用鋼板とは異種金属のため，打ち込み式のステンレススタッドを採用する場合が多い．吹付けの場合はスタッドが吹付け材で被覆されているため，経済的なフェルール溶接を使用した事例もある．

③ ボード系は背面に配管や突起物などがある場合には浮かし貼りにする．ただし，耐火工を含む内装代の余裕は一般に100㎜であるため，浮かし量は50㎜程度以内である(写真-4, 5)．

④ 内装材を併設する箇所(道路面から2.5～3.5 m高さ)は，内装機能付きボード系耐火材を採用することで設置金具を共有でき経済的に

表-3 沈埋トンネルに用いられている耐火工の得失

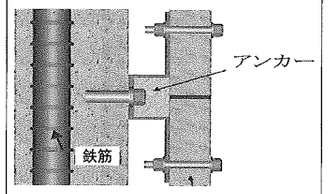
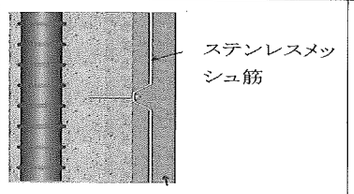
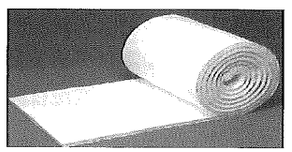
種 類	ボード系	吹付け系	ブランケット系
参考図			
概 要	・板状に成型した製品が多い(曲面成型も可能である)． ・設置金具で，直貼りと浮かし貼りの両方に対応できる． ・表面に内装板を一体成型した内装機能付きの製品もある． ・RC構造の場合は，部材の打設時に型枠内にあらかじめ設置する方法もある．	・吹付け面が曲面や凹凸があっても施工できる． ・耐火性能は吹付け厚さに比例するため，要求仕様に応じたこまめな調整が可能である．	・被耐火物の変位量の余裕をもたせて覆うことで被耐火物の可撓に対応できる． ・可撓部にボード系耐火材またはカバープレートと組み合わせて使用する．
留意点	・重量があるので，取扱いに注意を要する． ・可撓部への適用は重ね構造で対応する(重ねは，トンネル内の空気の流れで下流側を自由端にする．重ねるボードの薄い板を内側にする)．	・付着強度の確保には，吹付け面の事前処理(プライマー選定)が重要である．吹付け後は養生期間が必要． ・乾燥収縮してひび割れるため，落下防止などのフェールセーフ対策が重要である． ・施工時に粉塵が生じるので，十分な換気対策が必要である．	・形状が自立しないので取付金具の配置を細かくする． ・水分や湿気を吸水し保水するので，被耐火物の耐久性対策が必要となる． ・吸引しても人体に影響のない材質を選定する．
適用部位	・天井および壁，可撓性継手	・天井および壁	・可撓性継手
適用事例	・臨海T，東京第二航路T，大阪港咲洲T，神戸港港島T	・神戸港港島T，夢咲T	・臨海T，夢咲T



写真-4　ボード系耐火被覆材の施工状況

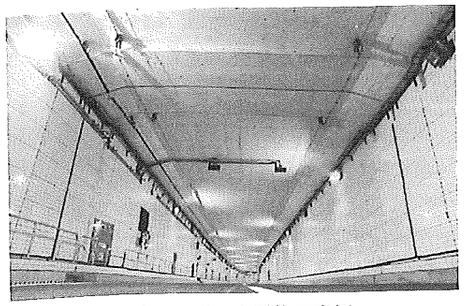


写真-5　ボード系施工事例

なる(**写真-6**).

⑤　ジェットファンやITVなどの耐火工よりも内空側に設置する設備に対しては，その設置金具部分を切り欠いて間詰め用耐火材で充填するなどの工夫が必要である.

⑥　吹付け系は，吹付け面が曲面やコーナー部でも，あるいは多少の凹凸があっても効率的に施工できることが特徴である．ただし，凹凸が大きいと無駄な吹付け量が増えるため経済性に劣る場合がある．吹付け面の汚れや，濡れは付着強度を低下させるので，吹付け前に十分な清掃と乾燥が必要である．また，鋼材面へ吹付ける場合は，防食塗装がされているので，付着強度を確保するために相性の良いプライマーで事前処理をしなければならない.

⑦　吹付け機は，ノズルの先端部分で粉体と液体を混合して吹付ける型式と，あらかじめ混合した材料を吹付ける型式がある．粉塵の飛散率が少ないことおよび混合むら



写真-6　多種の耐火被覆材施工例



写真-7　吹付け系耐火被覆材の施工状況例

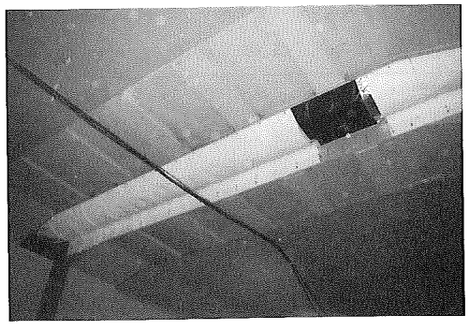


写真-8　ブランケット系耐火工の継手部施工例

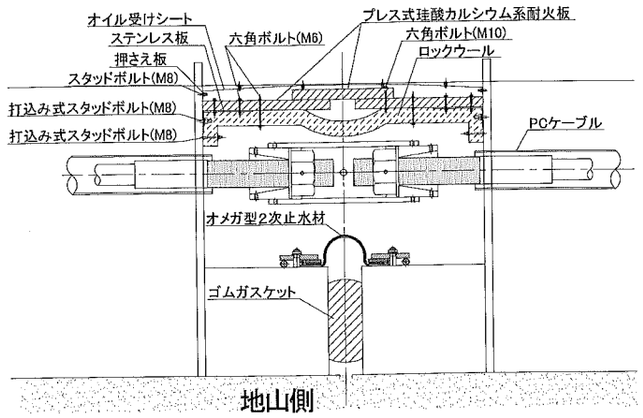


図-8　継手部耐火工の設置例

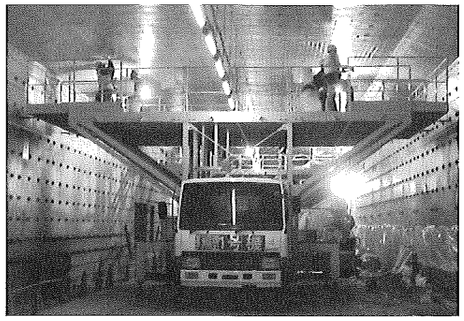


写真-9　吹付け耐火工の足場台車例

表-4　耐火工に要求する性能

項目		要求性能
常時	使用性	・自重および車両による風荷重などで落下しない．万が一の場合のフェールセーフ機能を有する. ・温度と湿度変化ならびに漏水，凍結融解，自動車排気の化学的作用などに対して十分な耐久性を有する.
	維持管理性	・割れや剝離に対して交換や補修が容易である. ・清掃や洗浄に対して十分な耐久性を有する.
	安全性	・人体に有害な物質を含まない.
火災時	落下	・割れおよび剝離などが生じても落下しない.
	爆裂	・覆工が爆裂しない温度以下に制御できる.
	耐火	・覆工の表面温度を許容耐火温度以下に制御できる.
	安全性	・人体に有害な物質(ガスと煙)を発生しない.
火災後	落下	・温度低下に伴う収縮ひび割れおよび剝離などが生じても落下しない.

が少ないことから後者が多く採用されている(**写真-7**).

⑧　ブランケット系は自立しないため，一般的には可撓性継手部に限り使用されている．継手部の内面側に可撓構造のSUSプレートなどを設置し，ブランケット系耐火材が露出しないようにカバーする．また，水分や湿気を保水して重量が増すので，設置金具で密に固定するなどの工夫が必要である(**写真-8**，**図-8**).

⑨　耐火工の施工は，**写真-9**に示すような台車を用いて効率的に実施する．耐火工の施工にあたっては十分な換気を行い，結露やカビの発生などに留意しなければならない.

⑩　設置金具を含む耐火工は，**表-4**に示す要求性能を満足しなければならない.

おわりに

最近の防災施設には，トンネル内の落下物などの危険な状況を迅速に把握し即座に利用者にアナウンスする監視システムや，広域的なネットワーク幹線全域で円滑な交通流を管制するなど，事故そのものの発生を防ぐ技術が導入されており，トンネル利用者にも防災施設とその機能や使い方を知ってもらう広報活動が積極的に行われるようになってきている．その背景には，防災は管理者が提供するのみではなく，トンネル利用者も自己責任の範囲で一緒になって貴重なインフラを大切に運用して欲しい思いがある.

わが国の耐火工を設置した沈埋トンネルは，幸いにも大規模火災の洗礼を受けていないので，耐火工の効果の現場検証はされていないが，わが国の交通運用に対応した火災温度時間曲線の設定や，より品質と性能に優れた施工性の良い経済的な耐火被覆材の研究・開発は，今後とも望まれるところである．このように，利用者ならびに管理者，施設製作者が事故の発生防止と火災時の被災規模の抑制に取り組むなかで，今回紹介した防災の技術や動向を少しでもトンネルの防災施設の設計者に活用していただければありがたい.

参考文献

1) 土木学会：コンクリート技術シリーズNo.63，コンクリート構造物の耐火技術研究小委員会報告ならびにシンポジウム論文集，2004.10.
2) 清宮理・飯田博光・滝本孝哉：沈埋トンネルの車両火災への対策，トンネルと地下，Vol.31，No.4，2000.4.
3) 大塚・滝本：トンネル構造物の耐火技術，コンクリート工学，Vol.42，No.8，2004.8.
4) 工藤・山本・清宮：沈埋トンネルでの車両火災を想定した合成構造部材の耐火実験，土木学会，第6回複合構造の活用に関するシンポジウム，2005.11.
5) 中井・清宮・工藤・山本：サンドイッチ合成構造部材の耐火実験への有限要素法解析の適用，土木学会構造工学論文集，Vol.52A，pp.1131-1138，2006.3.
6) 清宮・工藤・上田・滝本：大阪港夢洲トンネルでの車両火災に対する設計許容温度の設定，Techno-Ocean，2006.10.

海外文献速報

(社)日本トンネル技術協会 国際委員会

トンネル掘削により発生する地盤変位に対する建物剛性の影響/Effect of building stiffness on tunnelling-induced ground movement

By Paul Simon Dimmock, Robert James Mair: Tunnelling and Underground Space Technology, Nos.4, July, 2008, pp.438–450

本論文は，トンネル掘削時に発生する地盤変位に対して，その上に建つ2～3階建ての石造り住宅が自身の持つ剛性によりどのような変形形状となるかについて，ロンドンにおけるJubilee線延伸プロジェクトにおいて計測・解析された例などにもとづいて，その予測法を提案するものである．

上記プロジェクトでは，計画線直上にNeptune house, Murdoch house, Clegg house また Ben smith way, John roll way などの建物が図-1に示すように存在し，これらの基礎に沈下計および水平変位計を取り付けて，2本の土圧バランスシールド通過時の変位を測定した．

地盤は，盛土層，沖積粘性土層，礫層，砂・シルトの互層などからなり，地下水位は，トンネル天端から約3m上に位置する．

計測結果より建物の曲げ剛性を逆算すると，Mair & Taylorの方法に比べて，下に曲げられるモード(sagging mode)では1オーダー，上に曲げられるモード(hogging mode)では2オーダー低い，すなわち柔軟であるという結果が得られた．その原因としては

① 建物を梁要素と仮定しているが，実際の建物のひずみ分布は複雑であり，モデル化の問題がある．

② 弾性係数を仮定する際にひび割れ分布あるいは開口などを考慮していないため，剛性を過大評価している．

③ とくに上に曲げられるモード(hogging mode)では石積部は引張に抵抗しないため剛性が低い．

などが考えられ，これらに対して，建物のドアや窓などの開口の存在などを考慮して，Mair & Taylorの方法に対してさらに剛性を低下させる，また石積み部は引張抵抗はないものとして剛性を求めるなどの補正を行うことにより，実際の現象を説明することができる．

(文責：満尾　淳・東急建設(株))

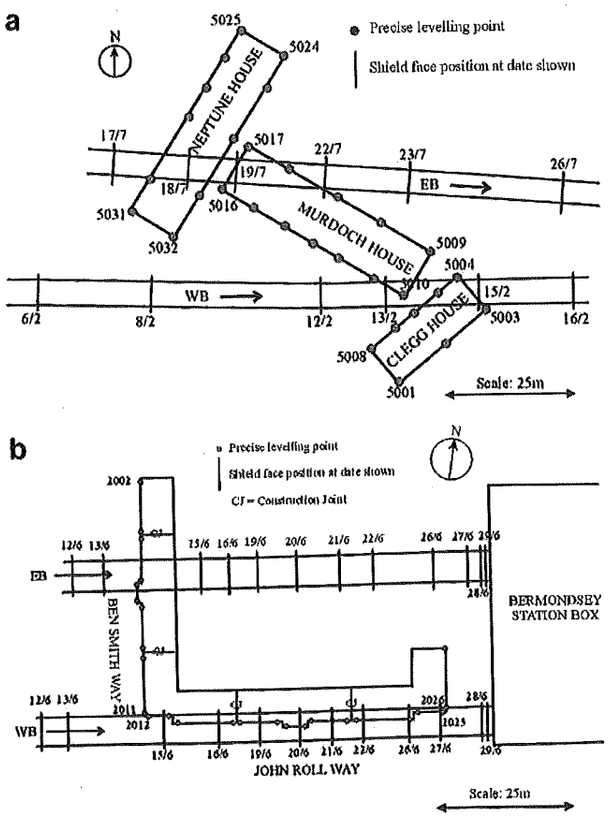


図-1　Moodkee Streetビル(a)およびKeetons Estate(b)におけるトンネル通過ラインおよび計測ポイントの平面図

若材令における繊維補強吹付けコンクリートの耐荷力/Early-age load resistance of fibre reinforced shotcrete linings

By Erik Stefan Bernard: Tunnelling and Underground Space Technology, Nos.4, July, 2008, pp.451–460

鉱山やトンネル掘削において，繊維補強吹付けコンクリートが硬化して安全に作業開始(再入坑)できるまでの時間が全体サイクルに大きく影響する．

しかしながら若材令における繊維補強吹付けコンクリートの安全性は今まではエンジニアの個々の経験や判断に任せられることが多く，工学的なアプローチが欠けていた．しかしながら工事中のトラブルを合理的に防止するためには，荷重条件や吹付けの破壊モード，時間依存特性などを考慮した若材令吹付けコンクリートの定量的な評価手法が必要となる．

本研究内容は大きく二つに分けられ，第一は室内実験および破壊事例の検証による若材令繊維補強吹付けコンクリートの破壊モードの特定，第二はオーストラリア鉱山における現地実験による繊維補強コンクリート性能データの収集である．

室内実験では，①プルアウト試験，② 押し抜きせん断試験，③若材齢圧縮試験，④付着試験などが実施された．図-1に圧縮強度の経時変化図を示す．しかしながら室内実験では，実際の岩盤の凹凸などの影響を考慮できないことから，さらに現地実験を行い検証した．繊維補強材としては，鋼繊維あるいはポリプロピレン材を用い，吹付け厚は50～60㎜厚とした．

得られた結果は以下のとおりである．

① プルアウト試験によると若材令においては，せん断破壊モードとなるが，強度発現に従い，曲げ破壊(地盤との剥離)モードに移行する．その変化点は，地盤との付着力に依存する．

② 若材齢においてもせん断強度と圧縮強度は明確な相関があるが，図-2に示すように硬化したコンクリートとは関係式が異なる(硬化コンクリート式ではせん断強度を過大評価する)．

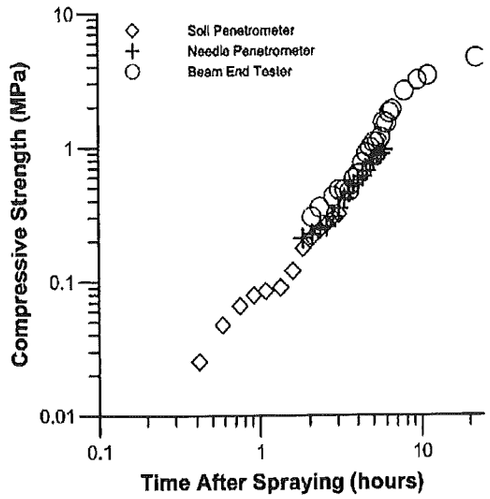


図-1　吹付け後の圧縮強度の経時変化

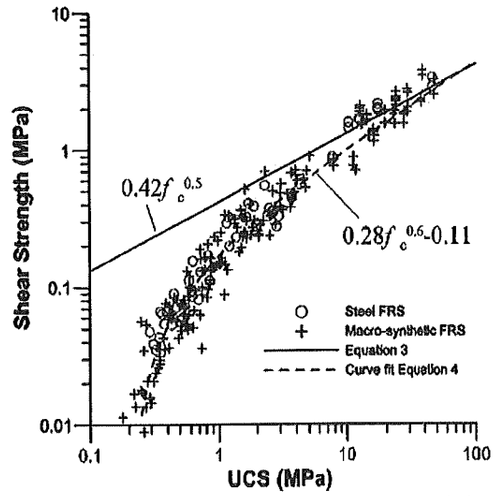


図-2　実験結果から得られた圧縮強度とせん断強度の関係

③ せん断強度は，繊維の種類には依存しない．

以上の結果にもとづいて，再入坑できるための安全な時間は，若材令の圧縮強度⇒せん断強度⇒吹付けのせん断抵抗を求めた後，想定荷重がせん断抵抗をある安全率をもって超えないことで確認することができる．

ただし，このとき付着強度が十分でせん断破壊よりも曲げ破壊先行であることを付着試験により確認しておく必要がある．

(文責：満尾　淳・東急建設(株))

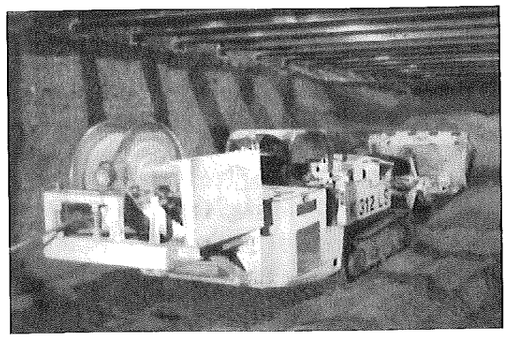
ケルンLRT南北線―圧気工法によるトンネル掘削/Cologne's North-South light urban Railway, Part V—Tunnelling with compressed Air Excavation

Tunnel, September, 2008, pp.15–26

ケルンLRTの新しい地下路線である南北線は，ケルンフィルハーモニーホールおよびルードビッヒ博物館直下のトンネル建設により全路線が完成する予定である．本地下路線は，主にシールドで掘削されたが，シールド区間に挟まれた区間に位置する延長約100mの本トンネルは，圧気工法による機械掘削で工事を進められた．

フィルハーモニーホールの建設に際して，本トンネル区間の両脇に7m離隔の土留め壁が事前対策として施工されていた．シールドの外径は6.8mであるため片側10cmの余裕があるが，土留め壁間でシールドが傾いて動けなくなる危険性や，土留め壁の施工精度を勘案して，シールドによる掘削は困難と判断した．また，本トンネルはライン川の脇に位置しており，非常に地下水位が高くなっている．このような施工条件を考慮して，圧気工法による機械掘削を採用することとした．

チャンバ内の掘削作業では，掘削された土砂を，電動のサイドチッピングローダーを用いてホッパーに運搬し，さらに，ベルトコンベヤを介して掘削ずり搬出用のマテリアルロックに運搬した．また，掘削に伴ってトンネル側部に土留め壁が露出すると，強度が不足するため，掘削一間ごとに鋼製のストラットをトンネル上部に建て込んだ．圧気の制御については，1日に数回地下水位を観測し，その結果に応じて調整を行った．



サイドチッピングローダー

フィルハーモニーホールの一部は，上記の土留め壁を介して本トンネルと接しているため，騒音が発生する作業は，夜および早朝のみに限定した．同時に，騒音・振動の影響については，すべての作業中に計測を実施し，得られた計測結果とコンサートの予定から，作業時間の調整を適宜行った．また，将来的に，現状より効果的な騒音防止システムを任意に設置できるように，トンネル計画高を50cm下げて，トンネル内部にクリアランスを確保した．

本トンネルでは，2007年10月に準備作業を開始し，6か月の掘削期間を経て，2008年3月に圧気を解放することができた．

（文責：小池真史・大成建設(株)）

数値解析(DEM)を用いてトンネルの支保や補強効果のメカニズムをより深く理解する/Numerical analysis to better understand the mechanism of the effects of ground supports and reinforcements on the stability of tunnels using the distinct method

Tunnelling and Underground Space Technology, September, 2008

本論ではDEMをもちいて，土かぶりが小さい砂地盤のトンネルの挙動をシミュレートした．砂

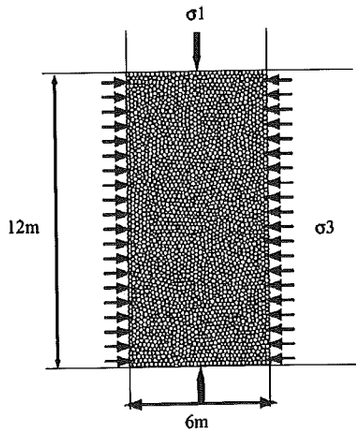


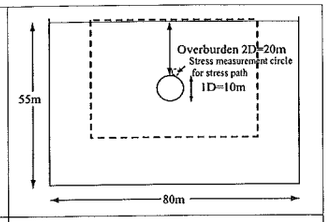
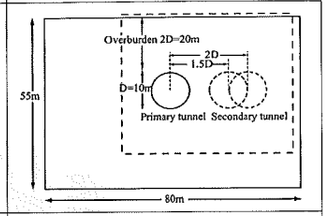
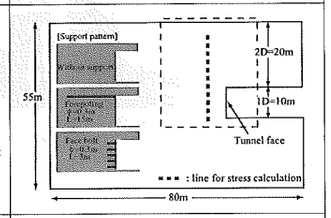
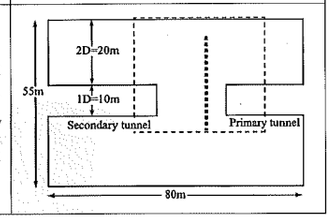
図-1 Model for the biaxial tests

地盤のように粘着力がない地盤では，トンネル掘削による変形がそのまま崩壊につながる場合もあり，連続体解析でこれを検討することは困難である．今回は粒状体モデルを使用したプログラム(PFC2D)を用いた．トンネル挙動のもっとも基本となる要素は弾性係数とポアソン比であるが，粒状体モデルでは粒子および粒子間物性(粒子間の結合条件)に支配されており，これらを関連づける必要がある．そこで，掘削解析に先立って，図-1に示すようなモデルで二軸圧縮状態をPFC2Dでシミュレートし，粒子の大きさ，粒子間の接触剛性，摩擦係数などのパラメータが弾性係数やポアソン比にどのような影響を与えるか感度分析を実施した．

表-1 Input parameters for (a) ground, (b) liner and (c) dowel and face bolt

Parameters	Value
(a) Input parameters for ground	
Size of area (m^2)	55×80
Radius of particles (m)	0.1–0.2
Normal spring stiffness (ball–ball) (MN/m)	100
Shear spring stiffness (ball–ball) (MN/m)	50
Normal spring stiffness (ball–wall) (MN/m)	100
Shear spring stiffness (ball–wall) (MN/m)	50
Friction coefficient	0.5
Density of a particle (kg/m^3)	2000
Contact bond (MN)	0
(b) Input parameters for liner	
Thickness (m)	0.4
Normal contact bond (MN)	1000
Shear contact bond (MN)	500
Normal spring stiffness (ball–wall) (MN/m)	1000
Shear spring stiffness (ball–wall) (MN/m)	500
(c) Input parameters for dowel and face bolt	
Length (m)	0.4
Parallel bond normal stiffness (GPa/m)	1000
Parallel bond shear stiffness (GPa/m)	500
Parallel bond normal strength (GPa)	1000
Parallel bond shear strength (GPa)	500

表-2 検討ケース

ケース1	単線トンネルにおけるロックボルトとライニングの効果	
ケース2	併設トンネルにおけるロックボルトとライニングの効果	
ケース3	単線トンネル切羽におけるフォアポーリングと鏡ボルトの効果	
ケース4	トンネル接続におけるフォアポーリングと鏡ボルトの効果	

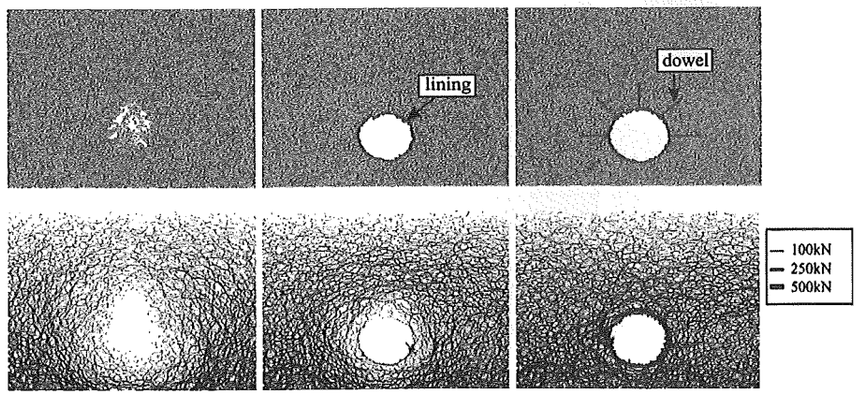
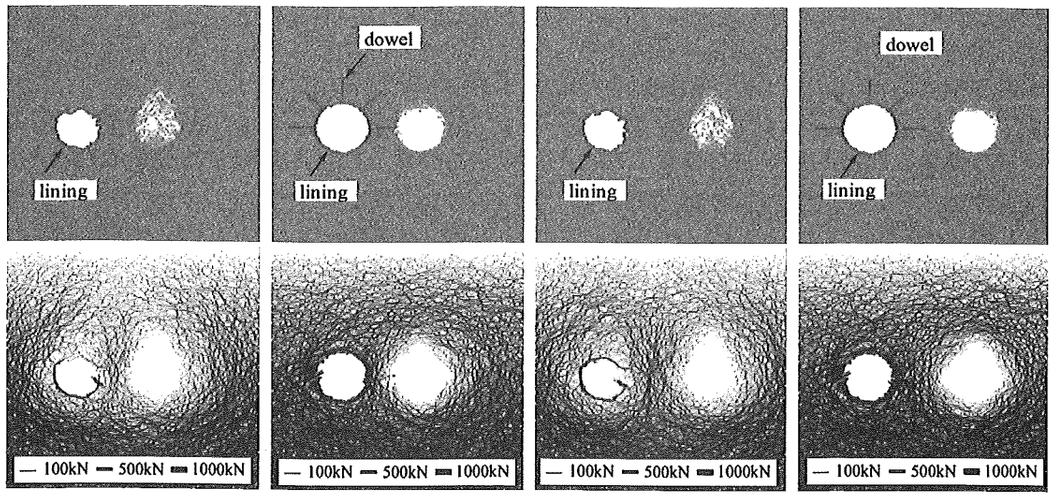


図-2 Distributions of the particles (top) and of the contact force (bottom).

そして，地盤物性が弾性係数50MPa，ポアソン比0.3となる粒子および粒子間物性を設定した．支保については，接触剛性を地盤の10倍とし結合力を100MNと設定した．この値は，弾性係数280MPa，一軸圧縮強度47MPaに相当する．地盤物性，支保物性，ボルト物性を**表-1**に示す．これらの物性を用いて，**表-2**に示す四つのケースにおいて掘削解析を実施した．

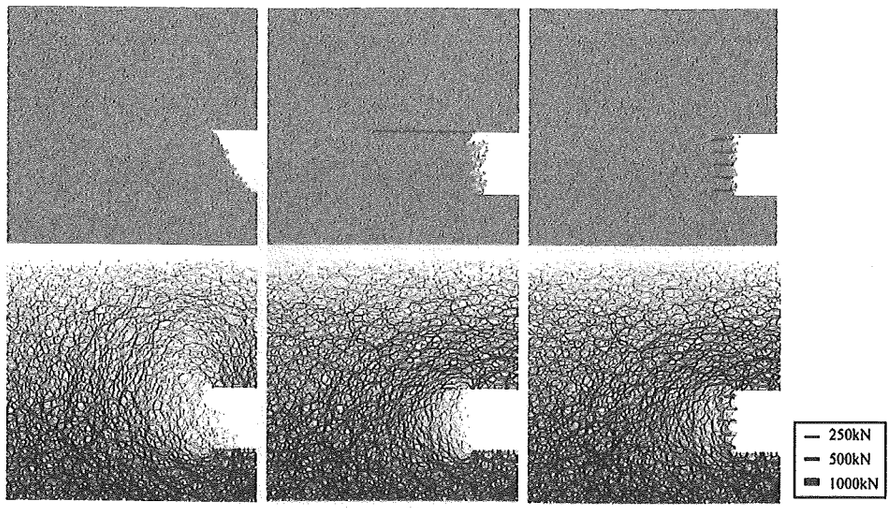
図-2にケース１の解析結果を示す．上段が粒子の変形状態で下段が粒子間結合力(粒子間の圧縮応力)を示している．支保を設置しなければトンネルが崩壊することがわかる．

図-3にケース２の解析結果を示す．後行トンネルは無支保なのでトンネル天端部での粒子結合力



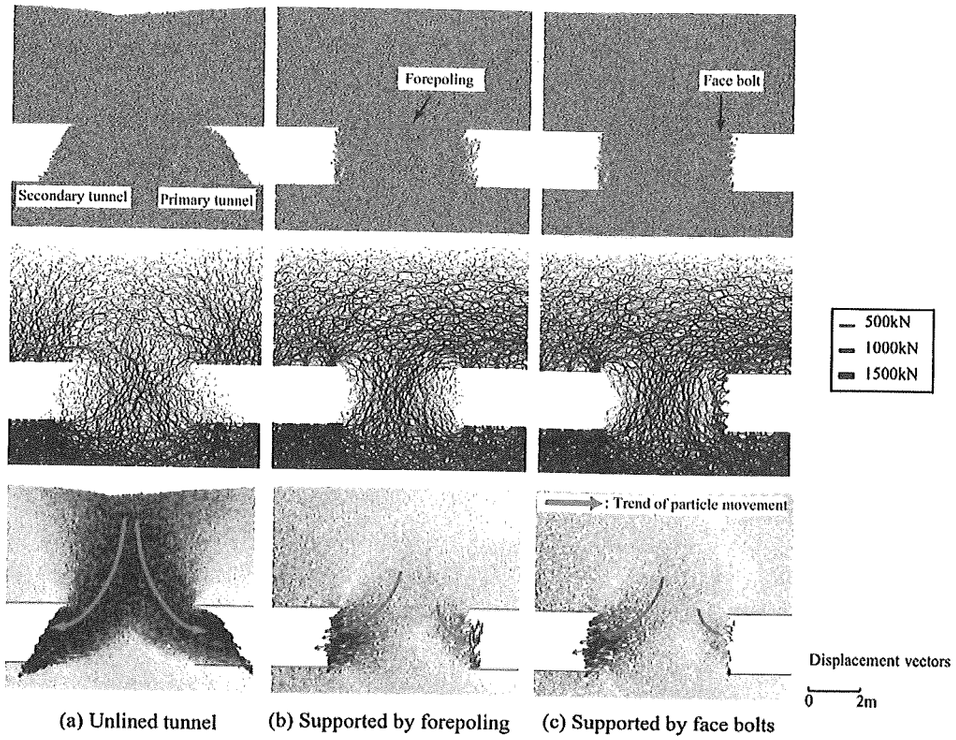
(a) Support of primary tunnel : lining Distance between centers of two tunnels: 1.5D
(b) Support of primary tunnel : lining and dowels Distance between centers of two tunnels: 1.5D
(c) Support of primary tunnel : lining Distance between centers of two tunnels: 2D
(d) Support of primary tunnel : lining and dowels Distance between centers of two tunnels: 2D

図-3　Distributions of the particles (top) and of the contact force (bottom).



(a) Unlined tunnel　(b) Forepoling　(c) Face bolts

図-4　Distributions of the particles (top) and of the contact force (bottom).



(a) Unlined tunnel　(b) Supported by forepoling　(c) Supported by face bolts

図-5　Distributions of the particles (top), the contact force (middle), and the displacement vectors (bottom) by the secondary tunnel excavation.

が弱まり崩壊に至っているが，その度合いは先行トンネルの支保によって異なっている．先行トンネルの支保をライニング＋ボルトとした場合は先行トンネル周辺に強固なグラウンドアーチが形成されており，先行トンネルと後行トンネルの相互干渉が小さいことがわかる．

図-4にケース３の解析結果を示す．無補強では切羽が崩壊するが，先受けや鏡ボルトをモデル化すると切羽が安定する．グラウンドアーチは緩み領域の外にできていることがわかる．鏡ボルトをモデル化したケースでは鏡ボルト間に小さなグラウンドアーチが形成され，その奥に大きなグラウンドアーチが形成されている．

図-5にケース４の解析結果を示す．先行，後行トンネルとも無支保であれば，切羽は崩壊し地表面沈下が発生するが，先行トンネルを先受けや鏡ボルトで補強すると切羽の変位を抑制することができる．

(文責：横尾　敦・鹿島建設(株))

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

社団法人 日本トンネル技術協会 会報

1. 会員の現状

	7月25日現在
正会員	1,749名
団体会員	307名
個人会員	1,442名

2. 委員会の開催状況（7月1日～31日）

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会会誌WG(7/8)

大島洋志主査ほか12名，8月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会海外ニュースWG(7/21)

早坂治敏主査ほか7名，海外ニュースを翻訳

◎事業委員会(7/3)

桑原彌介委員長ほか16名，催物事業計画を検討

打合せ会(7/1)

秋本幸久委員ほか7名，発表会応募概要を選考

打合せ会(7/2)

久多羅木吉治委員ほか4名，発表会応募概要を選考

ステップアップ研修会（シールド部門）打合せ会(7/27)

小山幸則講師ほか9名，実施方針を検討

計　6回開催　61名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

保守管理小委員会(7/9)

水野光晴幹事ほか14名，データ活用の取りまとめ方針を検討

都市トンネル小委員会格言WG(7/29)

福居雅也幹事ほか7名，作業方針を検討

◎受託研究特別委員会

都道JR立体交差特別委員会(7/8)

小山幸則委員長ほか29名，現場視察ほか

計　4回開催　53名出席

合計　10回開催　114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36回ITA総会およびコングレス「Tunnel vision towards 2020」	2010. 5. 14～20	バンクーバー（カナダ）	The Tunnelling Association of Canada（カナダトンネル協会） International Tunnelling and Underground Space Association（国際トンネル協会） http://www.wtc2010.org
第37回ITA総会およびコングレス「Underground spaces in the Service of a Sustainable Society」	2011. 5. 21～25	ヘルシンキ（フィンランド）	Finnish Association of Civil Engineers RIL（フィンランド土木学会） International Tunnelling and Underground Space Association（国際トンネル協会） http://www.ril.fi/web/index.php?id=641

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

4. 平成21年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
（見学会）				
HEP&JES工法現場研修会	2009. 4.20	8	東京都	2.0
国道9号京都西立体交差現場研修会	2009. 4.27	17	京都府	2.0
首都高速中央環状新宿線現場研修会	2009. 6.25	18	東京都	2.0
新東名島田第一トンネル現場研修会	2009. 7.13	20	静岡県	4.5
調布駅付近連続立体交差現場研修会	2009. 7.17	25	東京都	2.5
北陸地区トンネル現場研修会	2009. 8. 7	20	福井県	7.0
国富トンネル現場研修会	2009. 9.18	20	福井県	2.5
（施工体験発表会）				
第64回(山岳)「新たな発想により課題を克服した施工事例」	2009.10. 7	200	東京都（77頁参照）	6.6
第65回(都市)「都市トンネル工事における創意工夫・新技術」	2009.10. 8	200	東京都（78頁参照）	6.8
（講演，講習会）				
第11回トンネル技術ステップアップ研修会（シールド部門）	2009.10.29～30			
第12回トンネル技術ステップアップ研修会（山岳部門）	2009.11. 5～ 6			

第64回(山岳)，第65回(都市)施工体験発表会開催のご案内

恒例となりました施工体験発表会を下記により開催することといたしました．今回の発表会テーマは，第64回(山岳)「新たな発想により課題を克服した施工事例」，第65回(都市)「都市部トンネル工事における創意工夫・新技術」であり，トンネル工事関係者にとりましては，施工における各種の現場事例を通じて技術力向上のよい機会であると存じますので，多数ご参加下さいますようご案内申しあげます．

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

―記―

開催場所：北の丸公園　科学技術館地下「サイエンスホール」(案内図参照)
千代田区北の丸公園2-1　TEL：03-3212-8485
地下鉄東西線「竹橋」駅下車徒歩約7分

開催日：第64回(山岳)施工体験発表会　平成21年10月7日(水)
第65回(都市)施工体験発表会　平成21年10月8日(木)

定員：各200名

参加費：第64回，第65回それぞれ個人会員12,000円，団体会員15,000円，一般18,000円

申し込み方法：この案内文書添付の申し込み用紙に記載のうえ，郵送またはFAXをもってお申し込み下さい．電話での申し込みは受付けませんので，ご了承願います．
〒104-0041 東京都中央区新富2－14－7　新光第一ビル
社団法人日本トンネル技術協会　施工体験発表会係
TEL：03-3553-6174　　FAX：03-3553-6145

支払い方法：上記お申し込みののち，郵便振替用紙通信欄に行事名と参加者名記入のうえ，下記にお振込み願います．現金書留でも結構です．
郵便振替口座00160－7－196331　日本トンネル技術協会

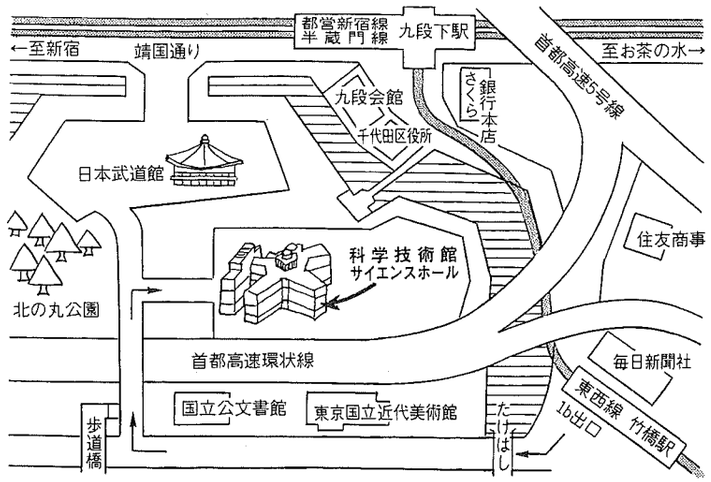
そ　の　他：①参加費の払い戻しはいたしかねますが，代理出席は差し支えありません．
②テキストを事前に送付いたしますので，住所等は必ず記載して下さい．

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

第64回，65回施工体験発表会参加申込書（参加する回を○で囲んで下さい）

ふりがな 氏　名		年齢	才	TEL	－ －
会社名					
所属役職					
会社住所	〒　－				

〔案　内　図〕



第64回（山岳）施工体験発表会

開　催　日：平成21年10月7日(水)

プログラム：

司　会　(株)間組土木事業本部技術第三部部長〈事業委員会委員〉　寺内　伸
09：30　開会挨拶　日本交通技術(株)相談役〈事業委員会委員長〉　桑原　彌介
09：35　小土かぶりで連続する河川・民家・道路直下のトンネル施工と計測結果について
清水建設(株)北陸支店第2魚津トンネル作業所工事長　藤野　晃
10：00　住宅隣接地域でのⅡ期線トンネル工事
(株)間組名古屋支店賤機トンネル作業所副所長　横山　英樹
10：25　長大トンネルにおける地山調査と環境対策の適用事例―渡島当別トンネル西工区―
鉄建・伊藤・岩田地崎・松本特定建設工事共同企業体監理技術者　小林　文和
10：50　複雑な大断面交差部にプレキャスト部材を用いた覆工の急速施工―稲荷山トンネル―
(株)大林組東京本社生産技術本部トンネル技術部専門技師　谷口　信博
11：15　休　憩
司　会　清水建設(株)土木技術本部地下空間統括部担当部長〈事業委員会委員〉　志岐　寛
11：20　祝森トンネル工事における制御発破の実績
戸田建設(株)四国支店土木部工事課係員　小杉　洋平
11：45　大土被り蛇紋岩地山における最善管理型二重支保の適用
鴻池・飛島特定建設工事共同企業体穂別トンネル西工事主任　古瀬　裕司
12：10　地すべりに配慮した大断面トンネル施工
(株)大林組第二東名高速道路大和田トンネル工事主任　狭間　稔司
12：35　昼　食
司　会　鹿島建設(株)土木管理本部土木工務部トンネルグループ長〈事業委員会委員〉　福家　佳則
13：20　トンネル工事火薬遠隔装填システムの適用―北海道横断自動車道大夕張トンネル東工事―
鹿島・熊谷・みらい特定建設工事共同企業体　秀島　賢保
13：45　付加体地山でのトンネル施工―熊本3号新佐敷トンネル新設1期工事―
五洋建設(株)土木部門土木本部土木設計部　前田　智之
14：10　急峻な斜面斜交型坑口への貫通における支保構造の変更―北海道横断自動車道上庶路トンネル工事―
東亜建設工業(株)土木事業本部土木技術グループ　中田　和明
14：35　トンネル掘削ずりのコンクリート骨材への有効利用
飛島建設(株)高丸山トンネル作業所副主任　前田　和也
15：00　休　憩
司　会　大成建設(株)土木本部土木技術部トンネル技術室参与〈事業委員会委員〉　領家　邦泰
15：10　栗子トンネル東避難坑工事～大量湧水・D地山をTBMで貫通
東日本高速道路(株)東北支社福島管理事務所福島工事区工事長　宮沢　一雄
15：35　急傾斜山間地の坑口部における安全で合理的なトンネル施工―九州横断自動車道大平トンネル工事―
(株)大林組東京本社生産技術本部トンネル技術部専門技師　岡山　栄
16：00　発破振動に起因する地表建物内の騒音を制御した合理的なトンネル施工
前田建設工業(株)・(株)三幸工務店建設工事共同企業体湯郷トンネル作業所所長　松原　健
16：25　既設トンネルから分岐する地下鉄トンネル(ドラガン接続トンネル)の施工―ブルガリア・ソフィア地下鉄延伸工事―
大成建設(株)土木設計部設計計画室課長代理　加藤　隆
16：50　閉　会

第65回(都市)施工体験発表会

開　催　日：平成21年10月８日(木)

プログラム：

司　会　東亜建設工業(株)土木事業本部技術部長〈事業委員会委員〉　久多羅木吉治

09：30　開会挨拶　日本交通技術(株)相談役〈事業委員会委員長〉　桑原　彌介

09：35　住宅密集地の周辺環境を配慮した大断面シールドの施工―寝屋川流域下水道飛行場南増補幹線―　(株)奥村組西日本支社土木部主任　植田　和博

10：05　特殊条件下における大断面シールドの発進・到達及び急曲線施工―博多駅地区緊急浸水対策事業・比恵９号幹線築造工事―　(株)錢高組九州支店比恵９号幹線築造工事作業所　濱田　雅孝

10：35　輻輳する埋設物下での大断面分割シールド工法の施工(ハーモニカ工法)　大成建設(株)関西支店土木部技術部技術室課長　小倉　崇敬

11：05　休　憩

11：10　開削工法による道路シールドトンネル分合流部の築造―首都高速中央環状新宿線―　(株)間組土木事業本部技術第一部　三木　章生

11：40　輻輳した埋設物を抱えた開削工事　東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部第一工事事務所統括改良建設係　瀧賀　昇太

12：10　狭隘地における大規模地下連続壁の施工―首都高速中央環状品川線―　(株)間組関東土木支店土木部大橋出張所工事課主任　岩倉　孝幸

12：40　昼　食

司　会　東京電力(株)建設部土木・建築技術センター都市土木技術グループマネージャー〈事業委員会委員〉　竹内　信次

13：20　φ1000㎜を超える巨石の点在する砂礫層における泥土圧シールドの施工　戸田建設(株)関東支店土木工事部工事課作業所長　後藤　芳隆

13：50　開放型機械掘式兼用泥土圧シールド機による泥岩層での施工実績　(株)熊谷組首都圏支店土木事業部土木部吉の浦シールド作業所副所長　清水　直博

14：20　シールド工事における腐植土層(ピート層)対策―大田区馬込地区浸水対策―　東京都下水道局基幹施設再構築事務所工事第二課工事第一係　西　秀樹

14：50　休　憩

司　会　戸田建設(株)土木本部土木工事統轄部土木工事技術部部長〈事業委員会委員〉　多田　幸司

15：00　シールド新工法による地下鉄工事の実績―超近接併設シールドの諸対策とアポロカッター工法の開発―　鹿島建設(株)関西支店西大阪延伸線汐見橋JV工事事務所工事課長　真鍋　智

15：30　泥土圧シールドで最小土被り0.66Dの河川横過―中之島新線建設工事―　西松建設(株)鶴見出張所副所長　神谷　拓生

16：00　ハイブリッド式親子シールドによる長距離掘進と親子分離方法―桂川流域雨水対策事業―　(株)大林組東京本社土木本部生産技術本部シールド技術部専門技師　河田　利樹

16：30　小規模構造物を対象とした新しい非開削工法による営業線下での歩道新設―JR鳥山線―　鉄建建設(株)関越支店東鷲宮駅作業所工事主任　村田　浩平

17：00　閉　会

ずり出し方式調査WG報告書のホームページ掲載のご案内

共通技術小委員会ずり出し方式調査WGでは，長大トンネルで採用実績の増えている連続ベルトコンベヤに着目し，実態を調査し，タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式を比較した．その成果をホームページに掲載し，会員の閲覧に供することとした．

内容はアンケートによる実態の分析を主としている．

アンケートは委員会幹事会社がおおむね過去10年以内に施工した延長1,000m以上のトンネルを対象として実施し，タイヤ方式84現場，連続ベルトコンベヤ方式33現場より回答を得た．

アンケートではトンネルの条件(延長，地質，作業坑，換気量など)や採用したずり出し方式(タイヤ方式と連続ベルトコンベヤ方式など)，採用理由などを調査した．

その分析をとおし，連続ベルトコンベヤ方式とタイヤ方式を比較することで採用条件などについて実態を明確にした．また自由意見として記述された採用条件や課題，問題点などについても調査をし，現場ごとのずり出し方式に関する考え方を整理した．さらにずり出し方式に関係する必要な換気量や環境を考慮して方式ごとのCO_2排出量についても試算をした．

報告書の目次は以下のとおり．

1章　概要
2章　ずり出し方法の概要
3章　アンケート結果によるずり出し方式の実態
4章　ずり出し方式のまとめ
参考資料1　連続ベルコン工法
参考資料2　換気量について
参考資料3　ずり出し方式とCO_2排出量

今回の調査で明らかになった主な事項を列挙する．

- 連続ベルトコンベヤ方式の採用はトンネル延長が2,000m付近から増える．
- 連続ベルトコンベヤ方式の採用にあたって地質状況による差はみられない．
- 作業坑の有無によりベルコン工法の採用の差はみられない．
- 換気量は主に粉じん対応で決まり，ずり出し方式に影響されない．
- CO_2の発生量はずり出しに限定すればダンプ方式のほうが連続ベルトコンベヤ方式より大きい．

詳細は日本トンネル技術協会のホームページ（http://www.japan-tunnel.org）をご覧ください．

10月号予告[10月1日発売予定]

- ●JR東日本におけるトンネルの耐震対策
- ●東北中央自動車道　栗子トンネル東避難坑
- ●さがみ縦貫道路　愛川トンネル
- ●仙台市高速鉄道東西線　青葉山トンネル
- ●東京都下水道　第二溜池幹線・勝どき幹線
- ●ITA総会報告

【連載講座】

- ●沈埋トンネル(6)

＊内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆郵政民営化法案の是非を問うかたちで行われた前回の衆議院選挙から4年が経過しました．この選挙では，民営化に反対した議員が離党して新党を結成，「刺客」と呼ばれた小泉チルドレン達の躍進がありました．その後，小泉→安倍→福田→麻生と総理大臣が代わりました．今回の各党のマニフェストによると高速道路の無料化を掲げる民主党，10年後の所得を経済対策により1世帯あたり100万円アップさせる自民党，子育て支援の方法など有権者にとって関心が高い選挙になることでしょう．本誌がお手元に届くころには選挙結果がでています．果たして，政権交代が行われたのか，与党が過半数を維持できたのか……．

◆裁判員裁判がはじまりました．今まで裁判官によって裁かれていた裁判が，選出された裁判員によって被告人を裁かなければなりません．最初の裁判では，この新しい裁判がどのように行われているのか大きく報道されました．今までの法廷では法律用語が飛び交う場であったようですが，検察も弁護人も一般の方にもわかるような言い回しを使うなど今までにない裁判になったようで，裁判が一般の方にも身近に感じられるようになったことは大きな変革だと思います．

◆今年も九州や山陰地方で局地的な大雨で多くの被害が出ました．老人ホームの中を濁流がまるで川のように流れていた映像を見ると改めて自然の力に驚かされます．昨年は，ゲリラ豪雨が都市部を中心に発生し，予測が難しい都市型の集中豪雨に震撼させられました．時代が変革するように気象条件も数年前には想像もできなかったようなことがおきています．このような気象条件に対応できるインフラ整備が急がれます．弊誌で紹介された技術がより安全な国土形成のために少しでも貢献できればと考えております．

(K.Y)

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

トンネルと地下
第40巻 第9号〔通巻469号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成21年8月20日　印刷
平成21年9月1日　発行

社団法人日本トンネル技術協会
会長　佐藤　信彦
〒104-0041　東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)
TEL：03-3553-6174
FAX：03-3553-6145
http://www.japan-tunnel.org
発行所　株式会社土木工学社
〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂
TEL：03-3267-2888
FAX：03-3267-2807
http://www.tunnel.ne.jp
発行人　山本 育徳
編集人　山本 勝誉
印　刷　新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は，書店または土木工学社へ直接お申し込みください．

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

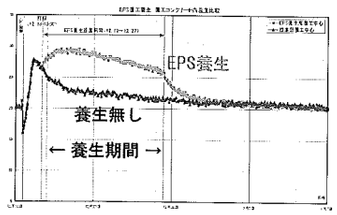
購読料
1冊　1,575円(送料108円)
　　(本体価格　1,500円)
1年　15,000円(前納)
振替　00110-8-190072

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．





温度測定結果

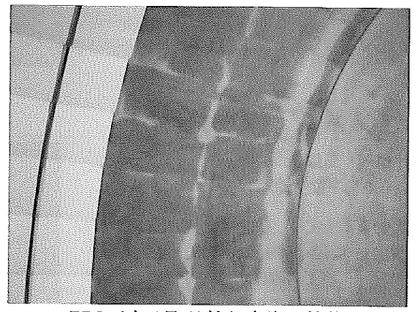
	養生無し	EPS養生
反発度(平均)	33.8	36.3
推定強度 N/mm²	24.9	28.1
強度比	1.0	1.13

強度測定結果
(シュミットハンマー)

実績および採用決定(平成21年7月1日現在)

施主	実績	採用決定
国土交通省	4	4
NEXCO	3	2
地方自治体	5	1
合　計	12	7

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


EPSパネル取り外し直後の状態

FUDOTETRA
株式会社 不動テトラ
建設本部
〒103-0016　東京都中央区日本橋小網町7番2号
TEL　03-5644-5025　FAX　03-5644-8576
特許登録番号第3977849号

大栄工機株式会社
〒526-0842　滋賀県長浜市春近町90番地
TEL　0749-64-0246　FAX　0749-63-6765
【営業品目】
各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売
トンネル用機材一般/土木資材の販売
鋼製支保工の製造販売
実施権許諾第10396号
QJ 01466/ISO 9001:2000

図書案内

株式会社 土木工学社

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.

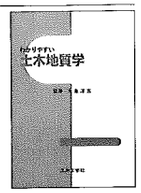
シールドトンネルの新技術



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.

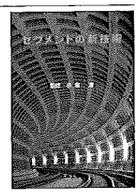
わかりやすいトンネルの力学



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.

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.

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

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.

ブロック理論と岩盤工学への応用



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

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

山岳トンネルの新技術



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.

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.

岩盤地下空洞の設計と施工



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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した.

建設工事の地質診断と処方



石井康夫・矢嶋壯吉　共著
4,300円＋税　A5判

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

トンネル工事の衛生と環境保全



臼谷三郎・橋本康孝・友田孝　共著
3,200円＋税　A5判

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

岩盤の計測と解析



鈴木光　著
4,200円＋税　A5判

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

わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉



橋本定雄・松本崇義・松本正敏　共著
2,800円＋税　A5判

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

海洋資源開発



稲田善紀　著
3,400円＋税　A5判

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

トンネルと地下



1,500円＋税　B5判　月刊(毎月1日発売)

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

書籍のお申し込み

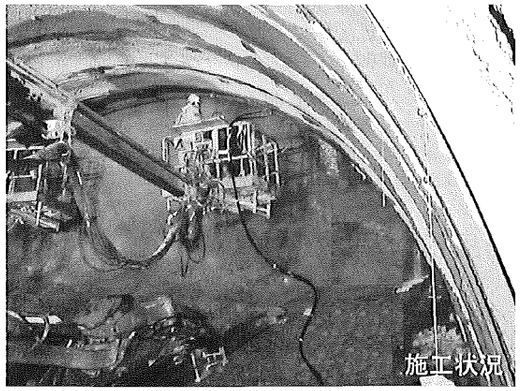
ご注文は当社へFAXまたは，書店にてお申し込みください．FAXでご注文の際は，書名，部数，送り先，氏名，電話番号を明記のうえ下記までお送りください.

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

補助工法・注入材のことならティーエムシー

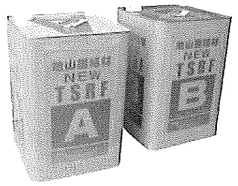
■AGF-OFP工法

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



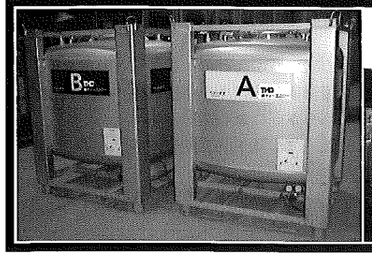
■各種注入材

NEW－TSRF
（シリカレジン）
NEW－TBU
（ウレタン）

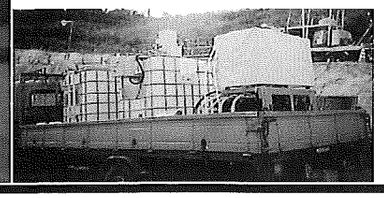


※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧下さい。

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム



◎リサイクルコンテナ（左）と現場への搬入風景



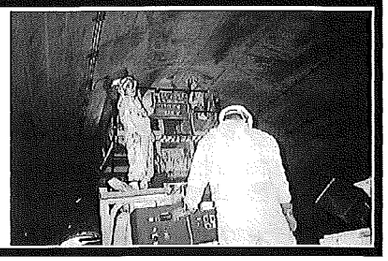
当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

トンネル補修もティーエムシーにお任せください

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

NTRフォーム12（12倍発泡）
NTRフォーム30（30倍発泡）
NTRフォーム40（40倍発泡）
※強度等詳細は当社ホームページにてご確認ください。

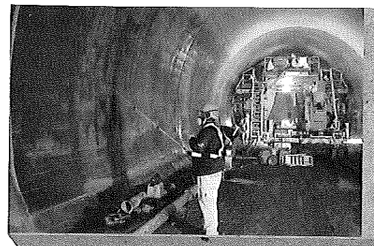




上記の各種注入材の他、ドリルジャンボ、集塵機をはじめ各種機械も取り扱っております。お気軽にお問い合わせください。

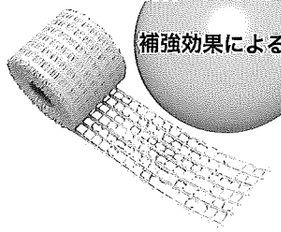
TMC 株式会社ティーエムシー ホームページ ： http://www.tmc-net.com/
お問合わせ・お見積のご相談はお近くの当社事務所まで

本社	〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5-23-3 冠第二ビル5F	TEL：03-3891-8211
仙台支店	〒984-0826 宮城県仙台市若林区若林2-5-5 SKビル3F	TEL：022-286-5111
名古屋支店	〒486-0844 愛知県春日井市鳥居松町4-165 春日井中央ビル4F	TEL：0568-56-4288
大阪支店	〒578-0903 大阪府東大阪市今米1-2-1 中辻第3ビル3F	TEL：072-966-6280
富山営業所	〒933-0806 富山県高岡市赤祖父707 古川ビル2F	TEL：0766-28-8355
九州営業所	〒839-0809 福岡県久留米市東合川3-12-40 アイ・ソリューションビル1F	TEL：0942-40-8151



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

コンクリート打設前設・耐アルカリ性ガラス繊維ネット
ハイパーネット60
NETIS登録番号 SK-080003-A



補強効果によるひび割れ幅低減



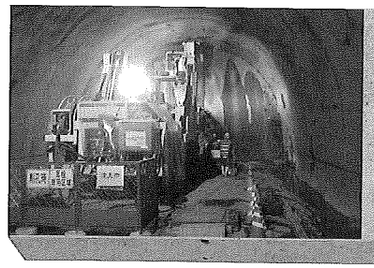
コンクリート混入・コンクリート用膨張材
ハイパーエクスパン
NETIS登録番号 QS-020033

コンクリート収縮抑制

養生効果



硬化後塗布・塗布型高性能収縮低減剤
クラックセイバー
NETIS登録番号 SK-080001-A



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 高機能建材営業部
〒135-0064 東京都江東区青海二丁目43番地 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