成24年７月１日発行第43巻第７号
販元　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

質

技術提案に好適!!
デンカの特殊混和材

急結剤
がバツグン
アショット》
KT-080020
トミックLSA
トミックUSS
付けが可能
長期強度発現性
ね返りが少ない
の吹付け性状

優れた低粉じん吹付け
《デンカスラリーショット》
デンカナトミックUS-32
デンカナトミックUS-50
《粉じん低減剤》
デンカクリアップ２
・安定した低粉じん吹付けが可能
・確かな初期強度、長期強度発現性
・付着性が大きく、跳ね返りが少ない

急結剤
品質吹付け
クTYPE-5
吹付け
クTYPE-10
高強度吹付け
TYPE-10S
ョットS
長期強度発現性
ね返りが少ない

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

24年７月１日発行(毎月１回７日発行)　第43巻第７号　通巻503号　ISSN 0285-631X

トンネルと地下 7

vol. 43
no. 7
2012

Tunnels and Underground

造と施工方法の変更でJES函体工期を半減
面切羽で低強度地山の全断面掘削に挑戦
造物直下の双設トンネルを早期閉合により施工
曲した狭隘な道路下をシールド切替型推進工法で掘進
速化を目指した自由断面掘削機の改良

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9.5m
- 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　〒105-0012　東京都港区芝大門2丁目5番5号　住友不動産芝大門ビル　TEL 03-5733-9444
カスタマーサービス 相模事業所　〒252-0328　神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号　TEL 042-767-2586
大阪支店　〒564-0063　大阪府吹田市江坂町1丁目23番地20号TEK第二ビル　TEL 06-6387-3371
西部支店　〒812-0016　福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号　ボイス博多　TEL 092-411-4998
三重工場　〒514-0396　三重県津市雲出長常町1129番地11　TEL 059-234-4111

トンネル工事用 電気集じん器

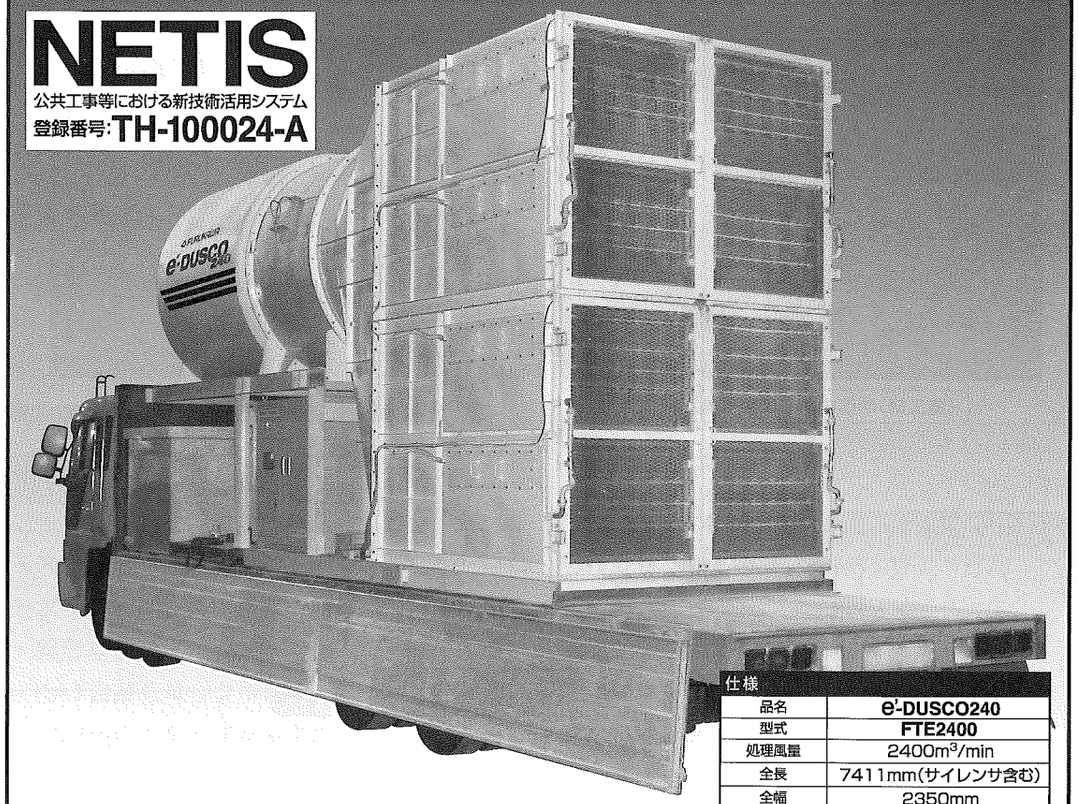
e-DUSCO 240

イーダスコ・ニーヨンマル

究極の省エネ

70%も節電

NETIS
公共工事等における新技術活用システム
登録番号:TH-100024-A



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

微細粉じんも逃さない電気式
電気式だから人体に有害な微細粉じん(0.2~5μm)も捕集できます。

現場メンテナンスは手間いらず
放電電極は丈夫で長持ちするブレード式により断線故障無く安心して御使用頂けます。
捕集した粉じんもラクラク処理。

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

仕様

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

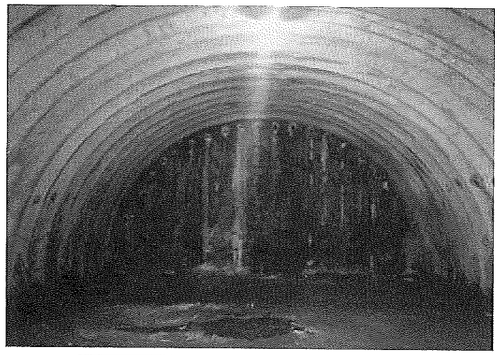
※1　車両高さは含まれていません。
※2　JIS Z 8808により測定した値です。

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

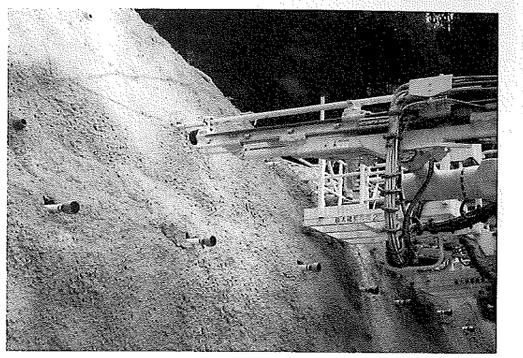
本社
〒100-8370　東京都千代田区丸の内2-2-3
営業第3グループ　☎03-3212-6575
大阪支店　☎06-6344-2532　名古屋支店　☎052-561-4580　札幌支店　☎011-784-1179
東北支店　☎022-221-3532　九州支店　☎092-741-5193　小山工場　☎0285-23-8662

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

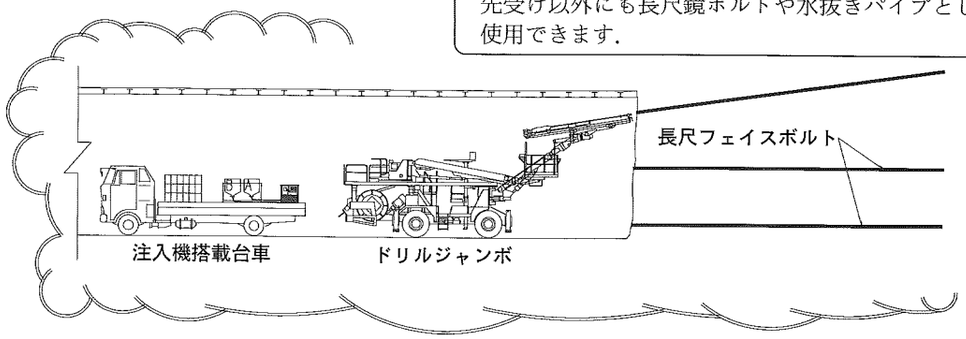
施工性や経済性を追及して，注入式フォアポーリングとAGF工法の間を埋める工法！

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)

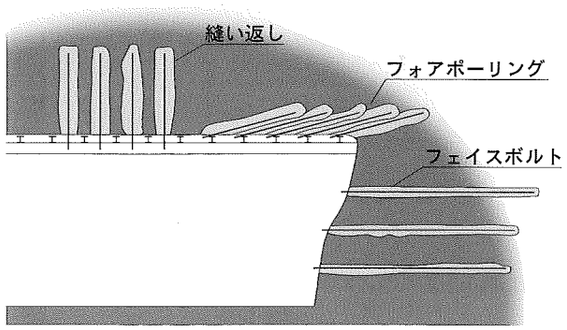
■ウレタン注入材
- ガンバンスーパーS

■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

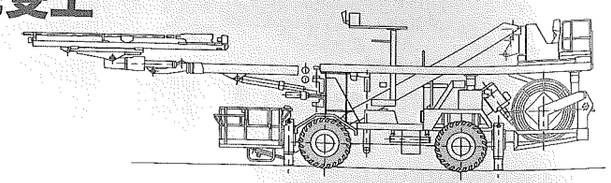
KATECS　株式会社 カテックス
建設資材事業部
ホームページ http://www.katecs.co.jp/

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

環境対応型長尺鋼管先受工

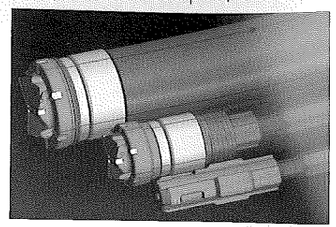
TOHO AGF System

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

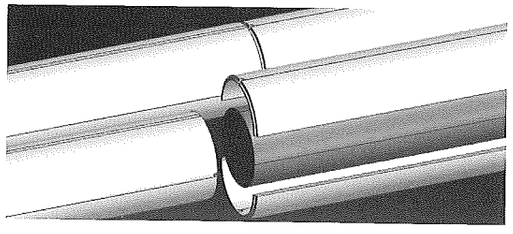


AGF-Me工法

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



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



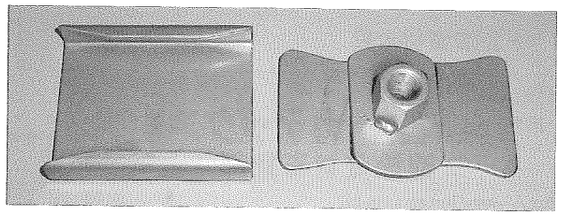


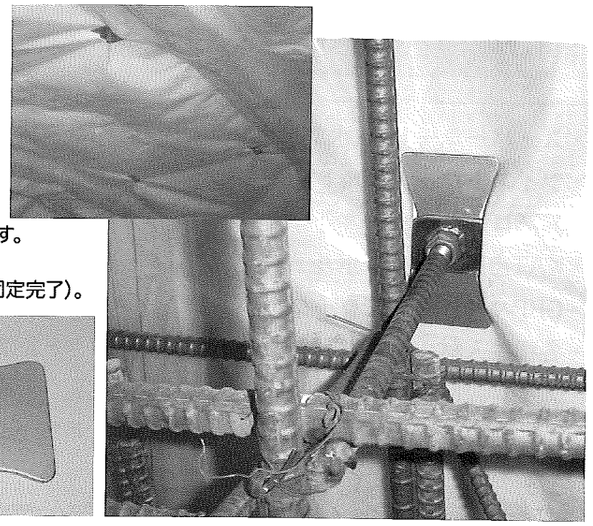
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

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





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

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

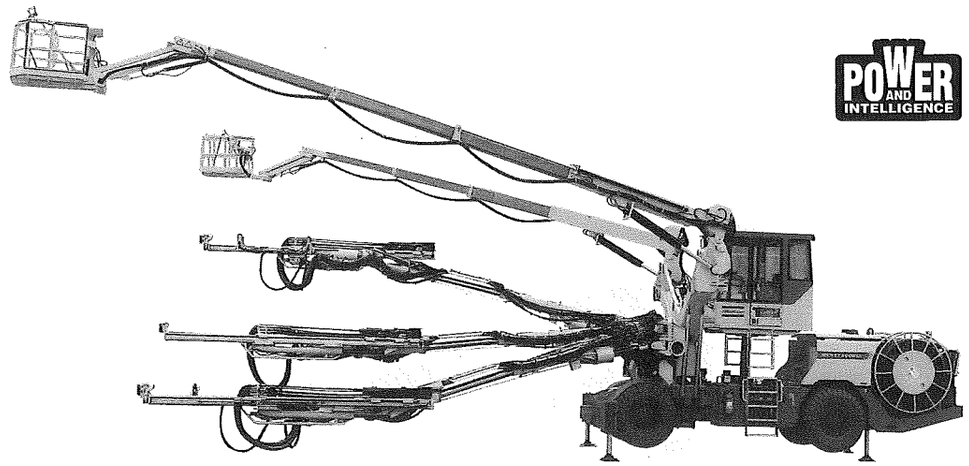
アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

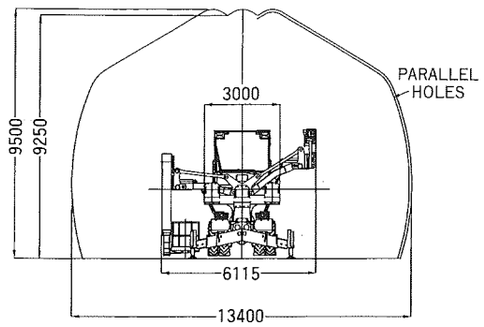
The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

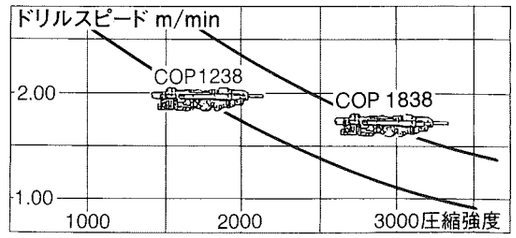
COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット

POWER AND INTELLIGENCE







ドリルマシン株式会社
DRILL MACHINE CO.,LTD.

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

ウォータータイトトンネル 防水システム

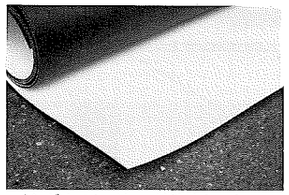


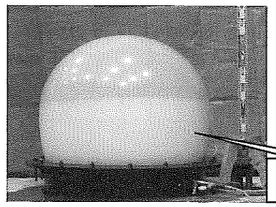
シート防水材

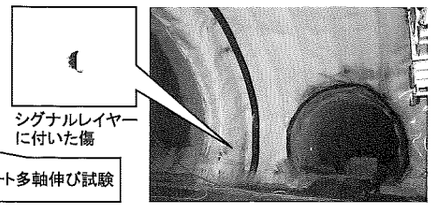
■ **KFCタイトライナー**
追随性・溶着性・耐破損性の優れた防水シート

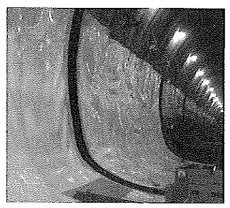
■ **シグナルレイヤー**
防水シート損傷部の発見が容易なシグナルレイヤー付防水シート

■ **裏面緩衝材**
長繊維不織布から透水性の優れた立体網状体まで豊富なバリエーション


シグナルレイヤー付防水シート







基本システム

■ **ウォーターバリア**
打継目からの漏水防止および漏水範囲の限定

■ **コンタクトグラウト**
被圧された地下水から防水シートの損傷防止

漏水対策システム

■ **ストリップグラウト**
打継目からの漏水対策
漏水発生ブロックの特定

■ **リペアシステム**
クラックや打継目からの恒久止水対策

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー
土木資材事業部（東京） TEL(03)3570-5223 FAX(03)3570-5233
土木資材事業部（大阪） TEL(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755

1本1本が大切！ だから

次世代 防食 ロックボルト

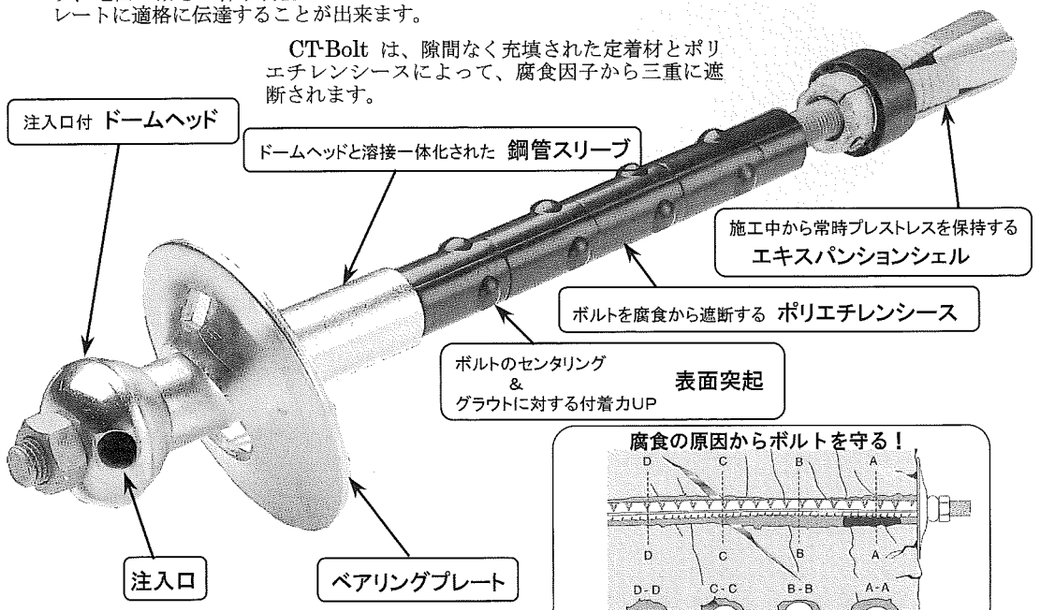
CT-Bolt

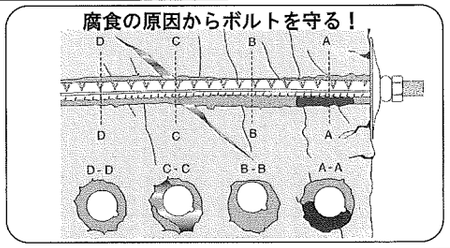
Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

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

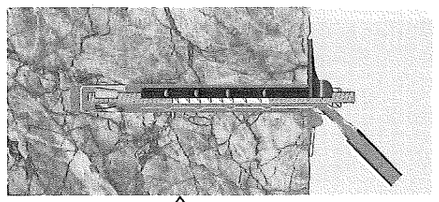
CT-Bolt は、隙間なく充填された定着材とポリエチレンシースによって、腐食因子から三重に遮断されます。





CT-Bolt の定着は・・

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



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

完全充填

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

総発売元
Your Fastening Partner
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー
〒135-8073 東京都江東区青海2丁目4番32号タイム24ビル
お問い合わせ先 TEL：03-3570-5182
技術部 FAX：03-3570-5191

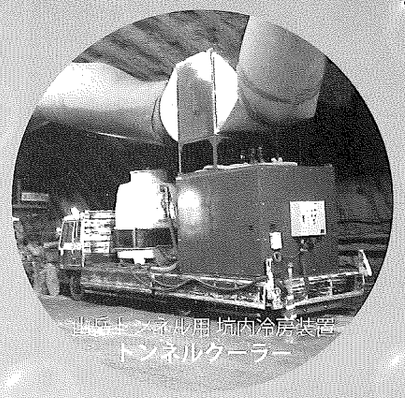
そろそろ夏の対策を考えてみませんか？
快適環境を応援します！



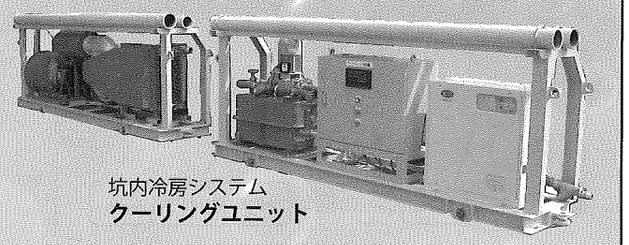
冷房除湿も暖房も可能
モービルエアコン



大風量ミストファン
FA-COOL



地盤上・トンネル用 坑内冷房装置
トンネルクーラー



坑内冷房システム
クーリングユニット

さまざまな冷房ニーズにお応えします。

- 地下工事、建築工事、除湿冷房、環境改善
- 大型テントなどイベント会場、海の家など仮設冷房
- 大型店舗、工場、倉庫の夏場ピーク冷房
- ホール・体育館の冷房、オフィスビル故障時対応
- 船舶キャビン、大型船槽、タンク内冷房
- ブラスト、塗装の品質向上、除湿、防錆
- 電力ケーブル洞道、変電所点検時冷房
- 農事園芸ハウス温度のピークカット冷房
- 空港整備ハンガー内、スポット冷房、機内冷房

※その他幅広くお客様のニーズに合わせた冷房の設計・ご提案をさせて頂きます。

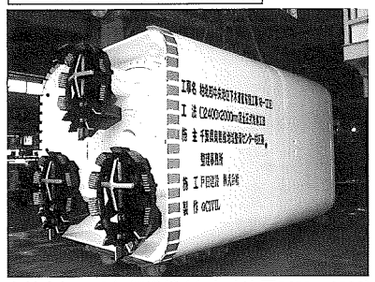
最適環境を創造する
株式会社流機エンジニアリング

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

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

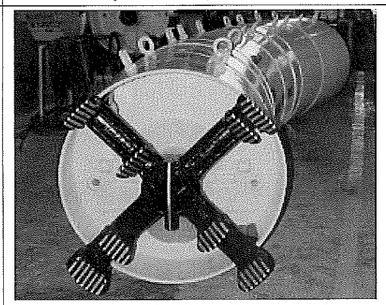


φ1500mm破砕型掘進機

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

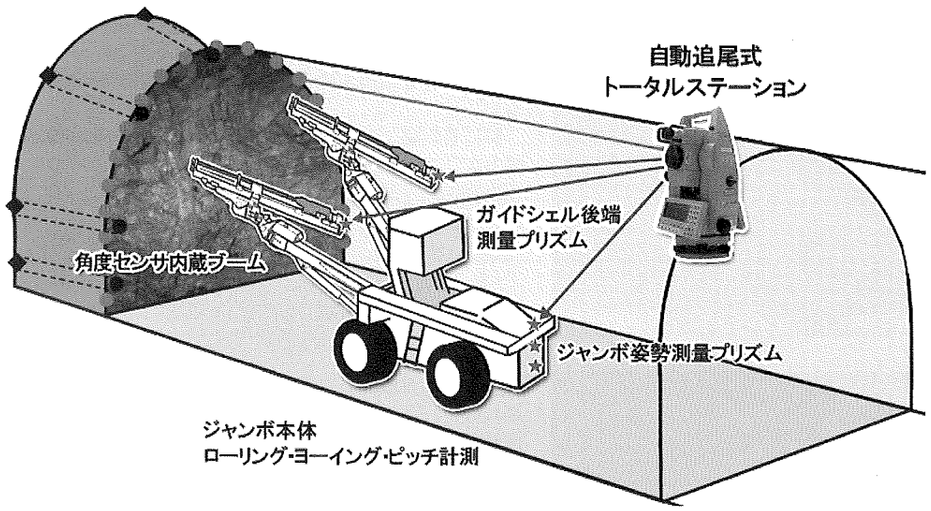
建設コンサルタント登録番号：建18第8677号
測量登録番号：登録第(1)-30507号
建設許可番号：国土交通大臣許可(特-18)第19193号

NETIS登録番号:KK-100049-A

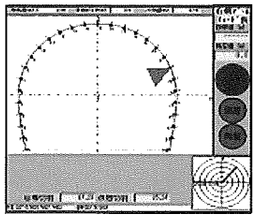
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省　公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

1. 最も重要な外周孔(追尾視準範囲)に限定することにより、従来のナビゲーションと比較し低コストを実現しました。

2. ガイドシェルの後端のターゲットを自動追尾することにより常に高い精度を得る事ができます。

3. 自動測量により本体セットアップが簡単に行なえます。

4. 操作方法が簡単でオペレータへの特別な教育を必要としません。

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832　千葉県市川市曽谷8-16-3

TEL:047-371-3191　FAX:047-371-3190

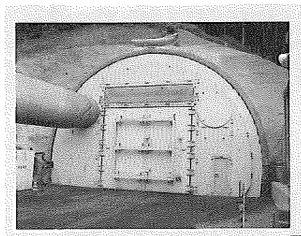
古河機械金属グループ
FRD FURUKAWA 古河ロックドリル株式会社

〒103-0027　東京都中央区日本橋1-5-3
特機部

TEL:03-3231-6966　FAX:03-3231-6993

快適な作業環境を提供する騒音対策システム

～25年の実績が最大級の安心をご提供いたします～



【防　音　扉】

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



防音扉には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。

『防音扉マークⅡ』の音響性能

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

『防音扉マークⅡ10s』の音響性能

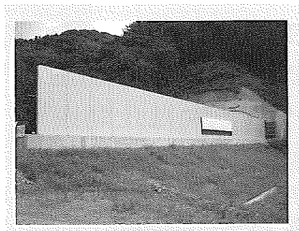
対　策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	16 dB
2基設置	29 dB(A)	25 dB

『防音扉マークⅡ10c』の音響性能

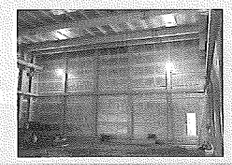
対　策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	20 dB
2基設置	29 dB(A)	33 dB

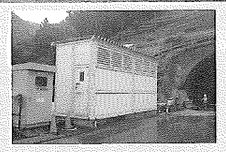
『防音扉マークⅡ15c』の音響性能

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



【防　音　壁】
【防 音 ハ ウ ス】
【防音シェルター】
【防 音 ボ ッ ク ス】







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

『防音パネルSタイプ』の音響性能

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

『防音パネルDタイプ』の音響性能

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

『防音パネルHタイプ』の音響性能

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

【建設騒音対策協会】

株式会社 牛尾商店　株式会社 カテックス　株式会社 ティーエムシー　日豊 株式会社
株式会社 野佐和商会　株式会社 ビーエスアイ　古河ロックドリル 株式会社

E-mail : souon@fuse-ind.co.jp

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

E2008 株式会社ヒューズ

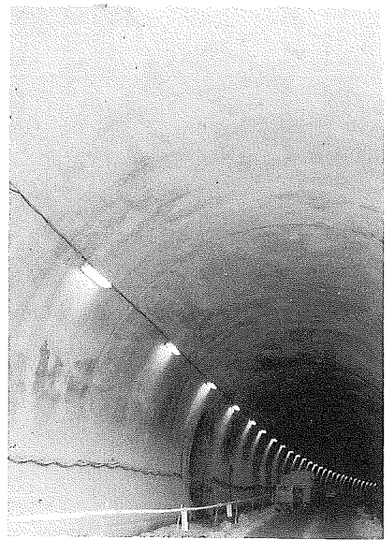
□本　社　〒132-0035　東京都江戸川区平井 6-35-5　TEL. 03-3617-8111　FAX. 03-3617-7565
□大阪営業所　〒531-0072　大阪府大阪市北区豊崎 3-4-14 ショーレイビル　TEL. 06-6359-2611　FAX. 06-6359-2288

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

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

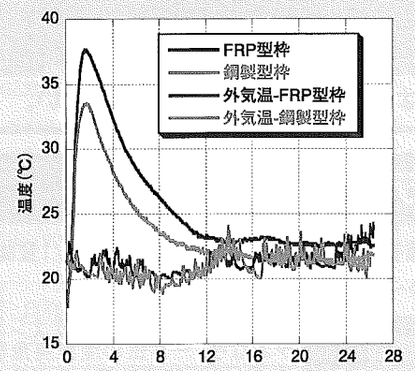
◆土木資材の綜合プランナー◆

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

覆工コンクリート革命

◎型枠脱型時の強度が15～20%向上
⇒コンクリート剥離の低減

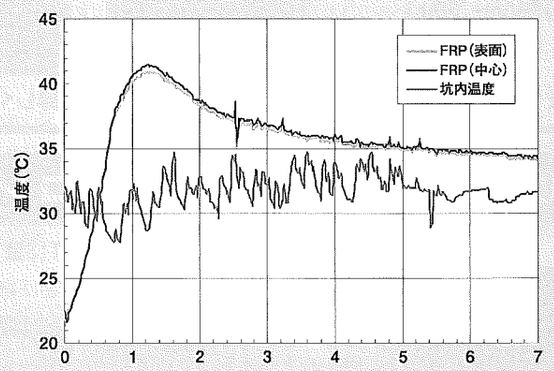
［宮崎大学との共同研究により、㈱フジタ 古江トンネル南にて測定］



■覆工コンクリート温度の比較

◎コンクリート中心温度と型枠背面の温度差が1～2℃
⇒温度ひずみによるクラック低減

［㈱フジタJV宮崎県野地トンネルにて計測］



■コンクリート中心温度と型枠背面の温度差

特 徴

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

保温養生FRPセントル ハイパーフォームG



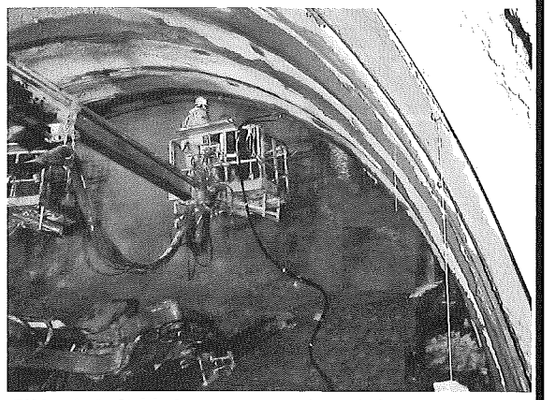
MKE 株式会社 エムケーエンジニアリング

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

補助工法・注入材のことならティーエムシー

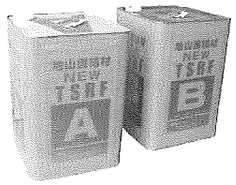
■AGF-OFP工法

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）



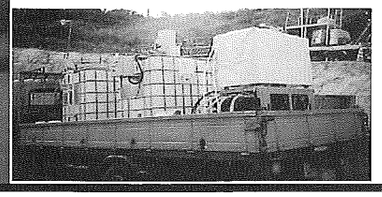
※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧下さい。

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム

NETIS登録番号　：　KK-100048-A　（2011/1登録）



◎リサイクルコンテナ（左）と現場への搬入風景

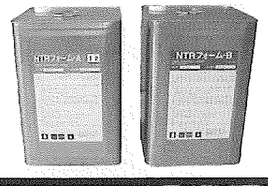


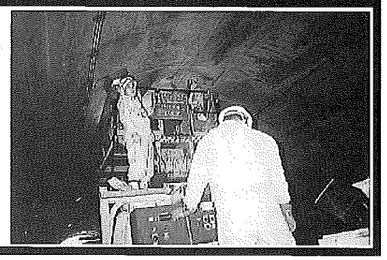
当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

トンネル補修もティーエムシーにお任せください

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

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





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

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

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

月刊推進技術
定期購読のご案内



定期購読料金12,000円（@1,000円/月×12ヶ月　税・送料込）

わが国のライフラインなどのインフラ整備またはその再構築や新たな地下空間の築造に、掘削残土量やCO_2排出量を抑制し、なおかつ耐震性の高い推進工法のニーズが高まっています。月刊推進技術では、円滑かつ適正に推進工事を行っていただくため、必要とされる技術情報をわかりやすく解説をしております。また、推進関連のニュースはどこよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管渠埋設の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっています。

申込方法

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

定期購読のお申し込みは
右のQRコード
または本誌ホームページから

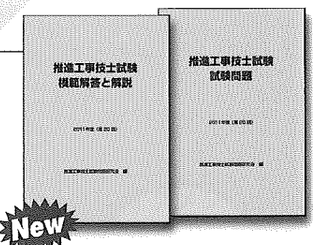
http://www.lsweb.co.jp/micro-tunnelling/　月刊推進技術　検索

お問い合わせ先
月刊推進技術 編集室
http://www.lsweb.co.jp/micro-tunnelling/
〒135-0046　東京都江東区牡丹2-2-3-105　株式会社 LSプランニング内
電話 03-5621-7850　FAX 03-5621-7851　E-mail akasaka@lsweb.co.jp

推進工事技士試験　過去10年間（平成14～23年度）

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編



平成23年度版発売中!!

推進工事技士試験は、推進工法に係わる技術、技能を適正に認定することを目的に㈱日本下水道管渠推進技術協会（現㈶日本推進技術協会）が平成4年度より実施している制度で、管渠施工の安全性と品質を確保する上で有益な制度です。
解答付きの解説書に対する受験者の皆様からのご要望に応えて、この程、推進工事技士試験過去問題集を刊行しました。受験対策書としてご活用いただければ幸いです。

1．内容と特長
○過去10年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
○各年度の試験問題と模範解答・解説集は別冊になっており実力テストに最適
○解説には設問に採用された図書（推進工法体系）の出典箇所を明記

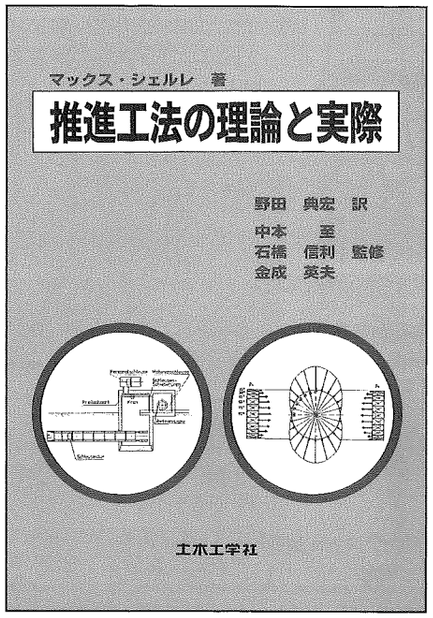
2．価格
各年度単位に1set 2,000円（消費税・送料込）

3．申込方法
本図書のお申込は前金でお願いしています。
ご購入ご希望の方は、郵便局備え付けの払込取扱票に①「通信欄」に購入したい年度と冊数②「ご依頼人」欄に発送先の郵便番号、住所、会社（団体）名、氏名、電話番号を記入して郵便局からお申込下さい。
これらのことをインターネットでご案内しています。　推進工事技士試験　検索

お問い合わせ先
株式会社 LSプランニング
http://www2.ocn.ne.jp/~ls_siken/
〒135-0046　東京都江東区牡丹2-2-3-105
電話 03-5621-7850　FAX 03-5621-7851　E-mail oda@lsweb.co.jp

推進工法の理論と実際

マニュアルを超えて推進工法の理解をさらに深める一冊



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

推 薦 の 言 葉

中本　至・石橋信利・金成英夫

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

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

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

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

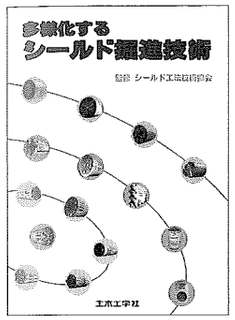
株式会社 土木工学社

好評発売中

多様化するシールド掘進技術

監修　シールド工法技術協会

B５判　141頁　　本体価格2,500円



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

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

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

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

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

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

【好評発売中】

セグメントの新技術

監修　小泉　淳

B5判　132頁　本体価格 2,000円　送料 290円

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

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

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

このため「トンネルと地下」の編集委員会では過去10年間に開発され，実用化されたセグメントを中心に開発中のものも含めてアンケート調査を実施し，また，土木学会の年次学術講演会における発表状況も参考にして34件のセグメントを抽出し，「セグメントの新技術」の連載講座を設けてこれらのセグメントを順次紹介した．セグメントの名称，特徴，開発目的，適用範囲などは同じフォーマットで掲載され，また，最終回では，そこで紹介されたセグメントを整理分類し，新しいセグメントの開発の動向や今後の展望を総括した．

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

〈セグメントの新技術〉

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

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

き---り---と---り---線

《ご　注　文　票》

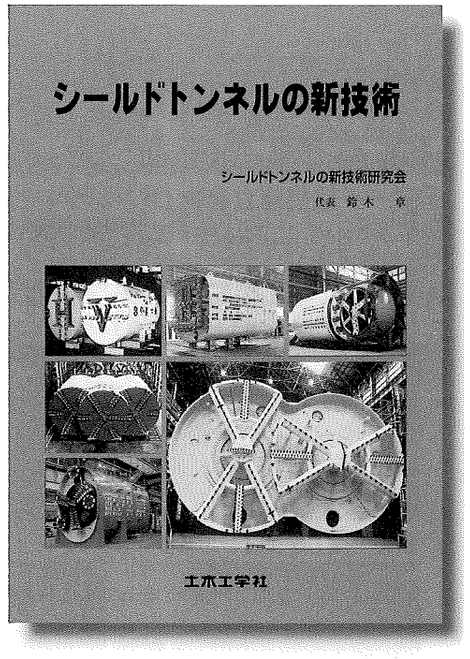
セグメントの新技術 _____ 冊　申込みます．

所在地　〒(　　)

事業所名　　☎

部課名　　申込者名　　㊞

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

B5 判　280 頁　定価：4,660 円＋税

進化を続けるシールド工法．その誕生から技術の変遷，将来の技術開発の動向までをまとめ，最先端の技術について理論と実際にいたるまで記載した．
豊富な設計・施工例を掲載し，応用のしやすい的確な解説を加えた好評の一冊．

主　要　目　次

第1章　概説
1．シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性
シールド工法の歴史／わが国におけるシールド工法の歴史／今後の技術開発の方向性

第2章　調査・計画編
1．シールド工法の調査技術
シールド工事における調査の取り組み方／基本計画時の調査(予備調査)／設計時の調査(基本調査，詳細調査)／施工時の調査(確認調査，管理調査)／施工後の調査(追跡調査)
2．断面および線形計画
断面および線形／鉄道用シールド／下水道用シールド／断面と線形における今後の展開
3．シールド機種の種類と選定
シールド機の構造と装備／現状のシールド機種の種類と選定方法
4．新しいシールド工法
大断面化，大深度化，長距離化への展望

第3章　設計・施工編
1．覆工
一次覆工の設計／二次覆工の設計と施工／シールドトンネルの防水技術
2．立坑の設計と施工設備
立坑の設計と施工
3．仮設備
仮設備の計画
4．シールド工事の自動化
掘進管理システム／方向制御システム／セグメント自動組み立てロボット／自動搬送システム／その他の自動化技術
5．掘進と施工管理
シールド掘進と施工管理／シールド機の発進と到達／裏込め注入工法と注入効果／曲線施工と地中接合／補助工法の種類と選定
6．近接施工と環境対策
近接工法と対策／アンダーピニングおよび支障物対策／シールド工事と環境対策
7．新工法の現状と将来展望
自由断面シールド掘進(縦楕円断面)／異形断面シールド／分岐・接合シールド／球体シールド(ホルン)工法／複円形，矩形および拡大シールドの開発動向／ECL工法
8．切羽の安定と地盤変状防止
切羽安定の理論と実際／泥水式シールド工法の切羽安定／土圧式シールド工法の切羽安定／特殊条件下の切羽安定
9．地盤変位の理論と実際
地盤変位の実態／地盤変位の予測解析

付録
1．セグメントの設計例
セグメントの設計例／外国の設計手法との比較／有限要素法を用いたシールド覆工設計例
2．地盤変位予測解析手法の例
地盤変位の一般的性状／予測解析手法の例
3．シールド工事の施工計画
施工計画書とは／施工計画立案手順／シールド工事施工計画書の参考例

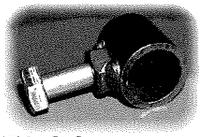
参考文献／索引

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

コストダウンを可能にする
Kリング・Kプレート

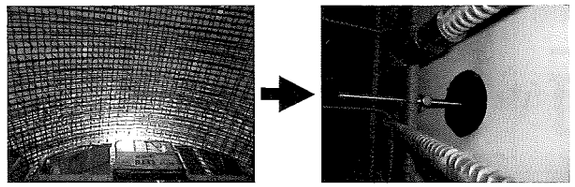
施工方法等詳細については下記までご連絡ください
製造・販売元 **静岡スチール**
〒436-0342 静岡県掛川市上西郷 765-1
TEL：0537-24-3886 FAX：0537-24-3859
Mail：ktk@r5.dion.ne.jp

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



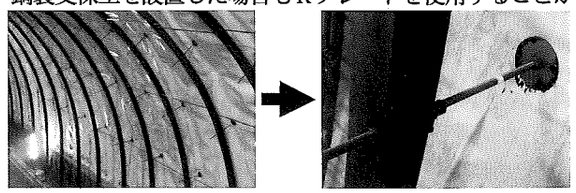
トンネル覆工工事におけるアーチ鉄筋組立金物。
コストダウン、安全、工期、品質の向上を可能にします。

②トンネル覆工鉄筋防水シート接着ジベル筋組立（Kプレート）
円型プレートを直接支保工下地防水シートに接着して使用します。Kリングと併用します。

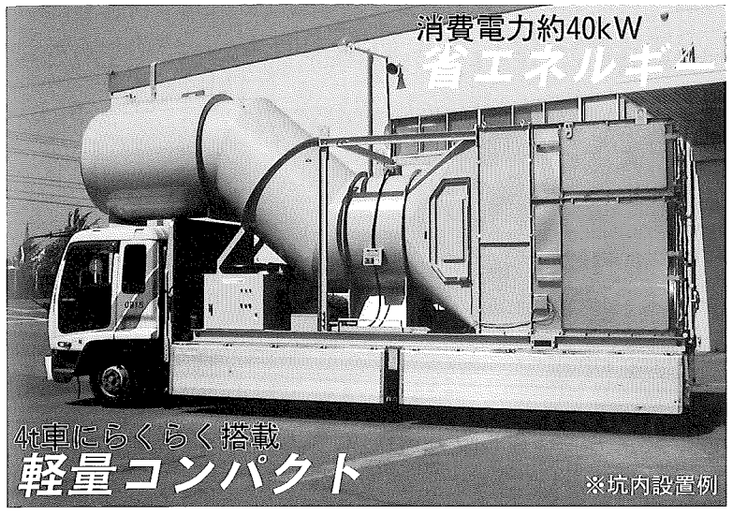


ウォータータイト(全周止水)トンネルにおいて覆工コンクリートの鉄筋を自立させることによって、鉄筋受け架台の鋼製支保工コストの大幅削減を可能にすることができます。

鋼製支保工を設置した場合もKプレートを使用することが可能です。



Kプレートで鋼製支保工を固定。
架台の鋼製支保工の固定にも使用できます。



National電気集塵機クリンジェット（2,000m³/minタイプ）

RENT

取扱レンタル商品

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

株式会社 レ ン ト 特機営業課 担当者 工藤

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-12-9 NIビル 8 階 TEL：03-5642-6750 FAX：03-3249-0415
URL：http://www.rent.co.jp E-mail：kudo.yuji@rent.co.jp

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ



特許第1610830号

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

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

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

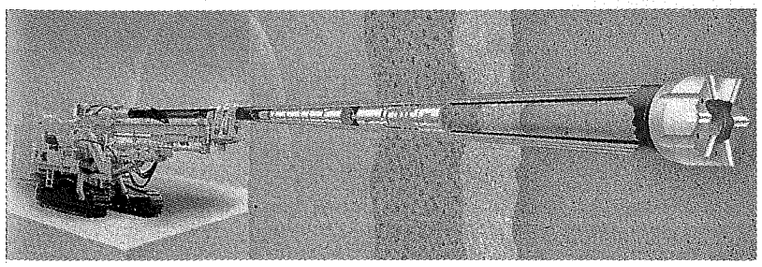
【営業品目】 複層タイヤ／油圧ホース／マテリアルホース／各種中古車／触媒／線路（中古）

中濃産業株式会社
代表取締役 土 田 義 式

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

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

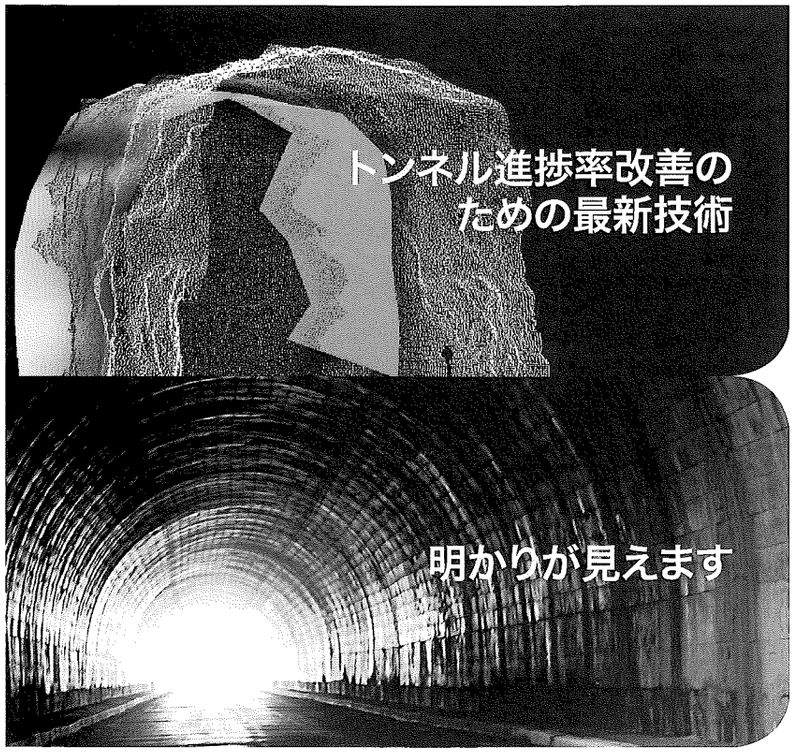


（社）建設コンサルタンツ協会会員　ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会長　田島利男　　代表取締役社長　清水　洋（技術士）
（技術士・土木学会フェロー会員）
常務取締役　堀内浩三郎（工学博士）　大阪支店長　亀甲谷義高（技術士）
福岡支店長　朽網新

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



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

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

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

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

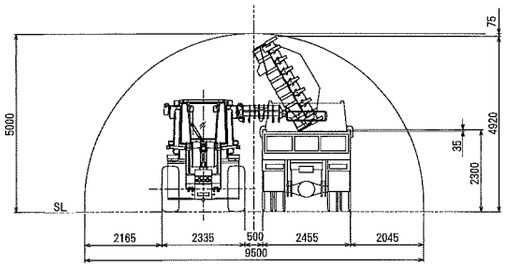
ORICA
MINING
SERVICES



サイドダンプ

CAT 924H

1.5m³



klea 株式会社 ケイ・リー

仙台：TEL.022-359-5331
東京：TEL.03-3661-5651
大阪：TEL.06-6838-1372
尾道：TEL.0848-56-1124
機材センター：TEL.022-359-4951

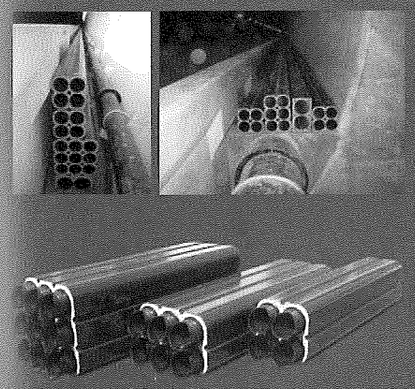
URL http://klea.catrent.com

万が一のトンネル火災でもセラダクトAネオは燃えることはありません。

「安全・安心」な道路建設にトンネル内地中埋設管路

セラダクトA（エース）ネオ

『不燃材』



－特長－

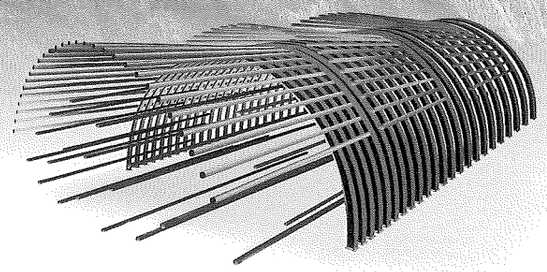
標準管の長さは65cmの新規格
接続はカップリング方式で
簡単スピーディー

neo

杉江製陶株式会社
http://www.sugie.co.jp/

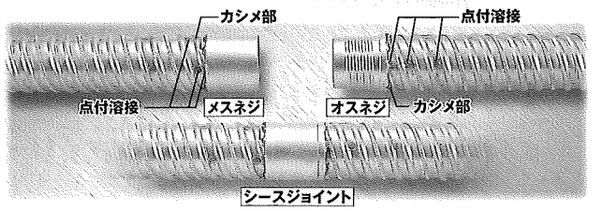
本社・工場　愛知県知多郡武豊町字上山一丁目76番地　〒470-2387
TEL(0569)35-2360(代)　FAX(0569)35-4087
東京支店　東京都渋谷区恵比寿一丁目21番8号セラ51ビル　〒150-0013
TEL(03)3442-6181　FAX(03)3442-1691
大阪支店　大阪市都島区御幸町1丁目3番1号　〒534-0012
TEL(06)6922-6991　FAX(06)6922-2498

ユニークな発想と高品質・自信の価格



FIXチューブ工法

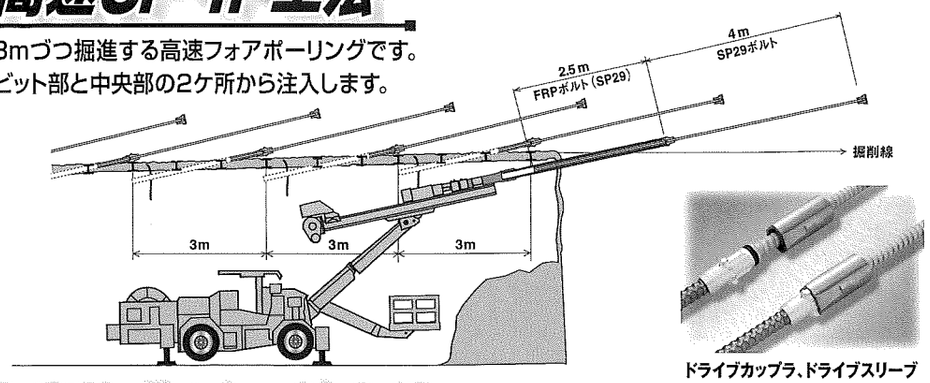
※天端にφ76.3長尺鋼管、鏡部に連続突起を有する長尺鋼製シースを引込み薄肉鋼管を挿入して注入。周辺地山にしっかりと“FIX”します。

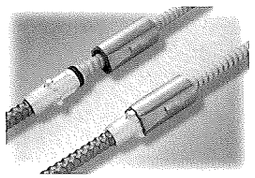




高速SP-IF工法

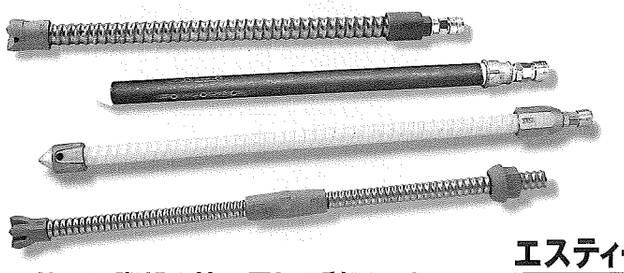
※3mづつ掘進する高速フォアポーリングです。
ビット部と中央部の2ケ所から注入します。

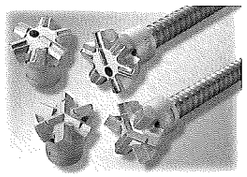




ドライブカップラ、ドライブスリーブ

自穿孔ボルト&注入管





φ65mm ロストビット(SP29)

※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。

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

濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

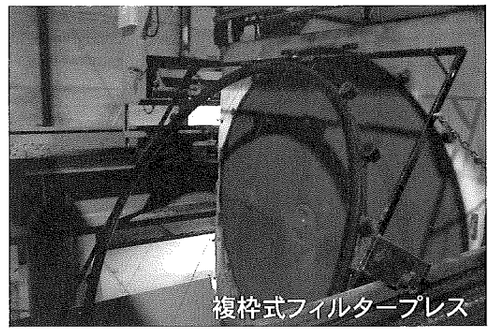
環境にやさしい

TWS型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

≪汎用車輌全般≫



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





10T ミキサー



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車輌 取り扱っております

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

トンネルと地下　7月号目次　Vol.43, No.7, 2012 Jul.

■巻　頭　言

技術者マインド
岸本　良孝……5

■研　　究

高速化を目指した自由断面掘削機の改良
木内　　勉・大久保誠介・福井　勝則・西　　恭彦……49

■施　　工

構造と施工方法の変更でJES函体工期を半減
―奥羽本線　新青森こ道橋―
古宮堅太郎・福島　啓之……7

曲面切羽で低強度地山の全断面掘削に挑戦
―中部横断自動車道　八之尻トンネル―
佐藤　　淳・細野　泰生・真下　義章・木村　厚之……13

構造物直下の双設トンネルを早期閉合により施工
―岸谷生麦線トンネルⅡ期線(国道１号行き)―
多田　浩治・津野　和宏・石丸　　潔・亀谷　英樹……23



CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

屈曲した狭隘な道路下をシールド切替型推進工法で掘進
―東京都下水道　豊島区駒込五丁目，北区西ケ原三丁目付近再構築―
和田　　淳・吉安　法道・中村　　浩……43

■連 載 講 座

トンネル技術者のための地相入門(３)
―地形から読み取る情報(２)―
「地相入門」連載講座小委員会……59

■現場だより

「漁業と林業の町」尾鷲市より
田辺　洋一……12

■語り継ぎ　言ひ継ぎ行かむ

進んで手を挙げたトンネル人生
本河　経男……35

■資　　料

土木情報
編　集　部……34

トンネルジャーナル
編　集　部……58

Tunnel Wall
河田　孝志……56

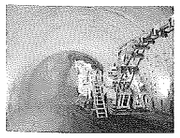
工法・技術・製品ニュース
編　集　部……70

■会　　報

会　　報
日本トンネル技術協会……71

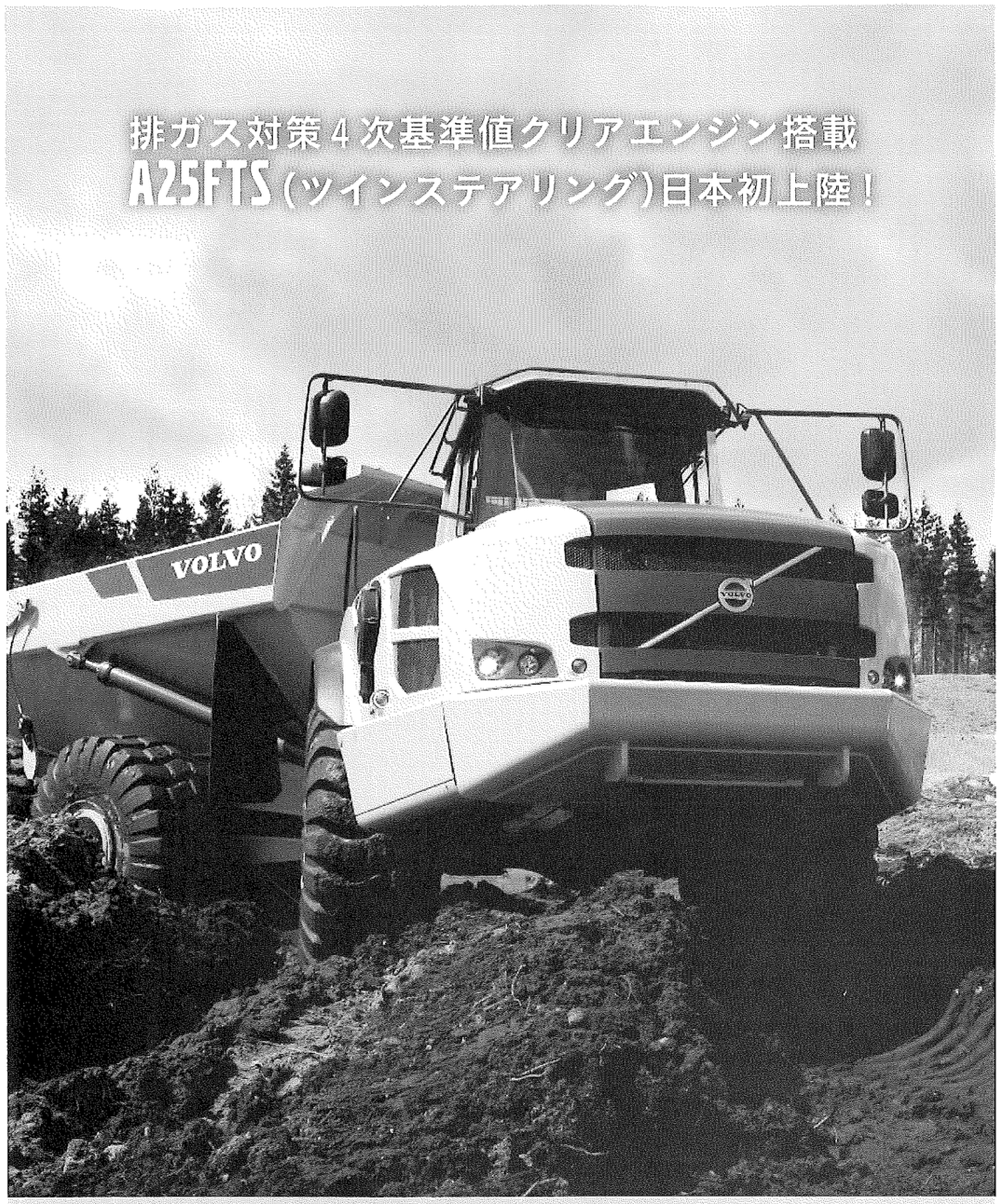
【表紙説明】

曲面切羽で低強度地山の全断面掘削に挑戦
―中部横断自動車道　八之尻トンネル―



中部横断自動車道八之尻トンネルは，延長2,469mの２車線トンネルである．トンネル延長の22%は，地山強度比が0.5を下まわる低強度や押出し性地山の出現が予想されたため，切羽安定形状の曲面切羽に300kW級軟岩トンネル掘進機を用いた全断面機械掘削の早期閉合を採用し，北側坑口220m間の地すべりを含む低強度地山を施工した．写真は，軟岩トンネル掘進機による掘削状況である．

〔**写真提供**：中日本高速道路(株)〕(本文13頁参照)



山崎マシーナリー株式会社
ボルボ事業部　担当：浅野
住所：静岡県磐田市飛平松216番地1
電話：0538-66-1215　FAX：0538-66-6162

ボルボ アーティキュレートダンプトラック
1955年、世界初のアーティキュレート式トラックの誕生以来、この画期的な搬送車は瞬く間に世界に拡がり、その生産性の高さは常に業界をリードしてきました。
環境・安全・品質 ---- 設立以来揺るがぬボルボのコアバリュー。
長く、逞しく、自然と戦うためのマシンです。

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT

総務委員会広報小委員会会誌WGの構成（五十音順・敬称略）

〔主　　査〕

大　島　洋　志　　国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹　　事〕

居　相　好　信
株式会社大林組生産技術本部統括部長

岩　田　美　幸
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

大　石　敬　司
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部次長

大　津　敏　郎
株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部
トンネル専門主幹

金　山　洋　一
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部計画部計画課長

久多羅木　吉治
東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長

小　松　敏　彦
前田建設工業株式会社土木事業本部土木部
トンネルグループ長

志　岐　　寛
清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部
部長

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

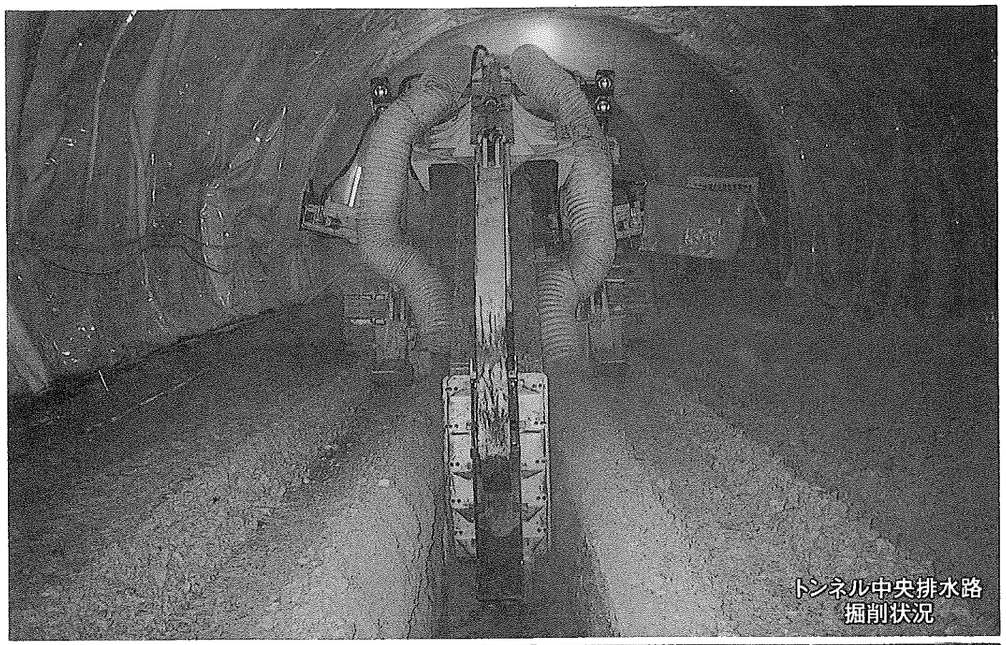
松　原　利　之
飛島建設株式会社建設事業本部
エンジニアリング事業推進部長

三　浦　　克
株式会社竹中土木常務執行役員

吉　富　幸　雄
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル技術室室長

トレンチャー

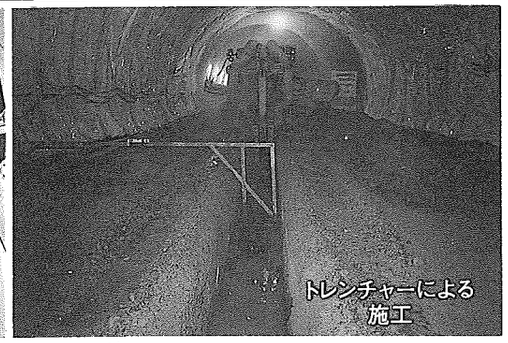
硬質地盤の溝堀はトレンチャーをお試し下さい。



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㈹　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〕

木谷日出男
国際航業株式会社技術センター
地盤研究室長

今田徹
東京都立大学名誉教授

高橋良文
東京都下水道サービス株式会社専務取締役

橋本定雄
（元）東京都公営企業管理者下水道局長

濱建介
株式会社ANET取締役

三浦克
株式会社竹中土木常務執行役員

〔委員〕

大津敏郎
株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部
トンネル専門主幹

亀山勝
東京地下鉄株式会社鉄道本部鉄道統括部
移動円滑化設備推進担当課長

坂口淳一
東京都交通局建設工務部計画改良課長

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

清水満
JR東日本研究開発センター
フロンティアサービス研究所次長

新谷康之
東京都下水道局建設部設計調整課長

高田武
東京都水道局建設部工務課長

高橋晃
東京電力株式会社電力流通本部工務部
地中送電グループ課長

真下英人
独立行政法人土木研究所
道路技術研究グループ長

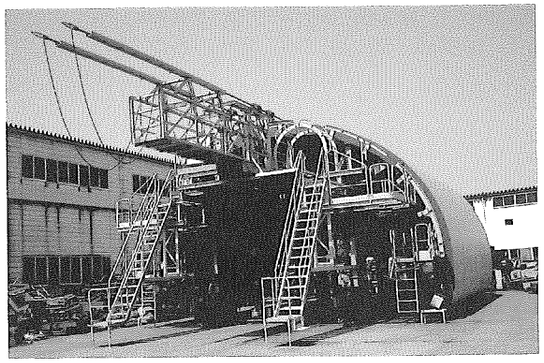
焼田真司
公益財団法人鉄道総合技術研究所
構造物技術研究部トンネル研究室主任研究員

要求性能を満たす
覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-A

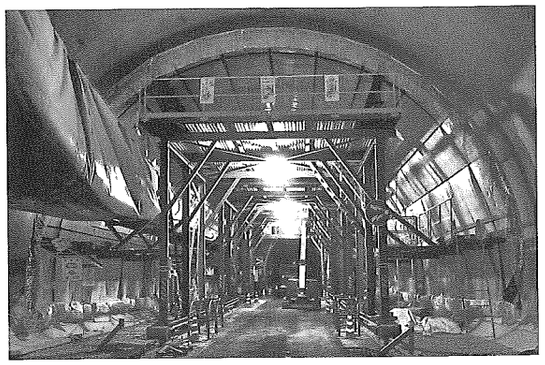


期待される効果・特徴

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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.HR-080002-A



期待される効果・特徴

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

北陸鋼産株式会社

(旧社名　株式会社 佐賀)

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

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

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

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

トンネルと地下　VOL. 43　No. 7　掲載概要

掲載頁 7

構造と施工方法の変更でJES函体工期を半減

—奥羽本線　新青森こ道橋—

東日本旅客鉄道(株)　古宮堅太郎

本工事は，鉄道線路直下を横断する道路を非開削工法により構築するものである．断面は，片側２車線・両側歩道を有する１層２径間で全幅28.1m，全高8.29mである．

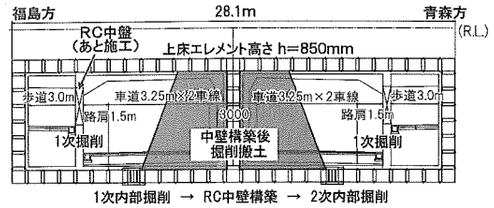
函体の構築では，函体の構造形式を４径間から２径間に変更するとともに，線路を挟んだ両側の立坑からエレメントをけん引する方法を採用し，効率的な施工に取組んで工期短縮を図った．

Change Structure and Work-method to Shorten Work Period by Half—Shin-Aomori Underpass, Ou Main Line—

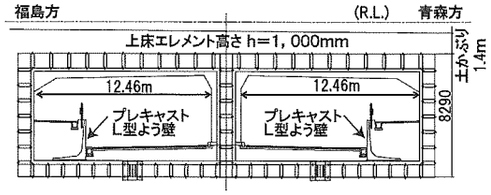
By Kentaro Komiya, East Japan Railway Company

These works were conducted to construct a road that passes under a railway line with trenchless technique. The cross-section of tunnel was designed as one story, two spans with two lanes and a footway on each span. The tunnel has a total width of 28.1 m and a total height of 8.29 m.

Before the tunnel construction, we changed the box structure from four to two spans and employed the method of jacking the members of box from both shafts across the railway embankment, to create efficient works and to shorten the period.



当初計画(１層４径間)



変更(実施)計画(１層２径間)

掲載頁 13

曲面切羽で低強度地山の全断面掘削に挑戦

—中部横断自動車道　八之尻トンネル—

中日本高速道路(株)　佐藤　　淳

八之尻トンネルは，中部横断自動車道の増穂ICと六郷IC間に位置し，延長2,469mの２車線トンネルである．地質は，地すべり崩積土，泥岩，玄武岩溶岩，玄武岩質火砕岩などからなる．トンネル延長の22%は，地山強度比が0.5を下まわる強度不足や押出し性地山の出現が予想されたので，高耐力仕様の早期閉合トンネルを設計した．施工法は，切羽安定形状の曲面切羽に300kW級軟岩トンネル掘進機を用いた全断面機械掘削の早期閉合を採用し，北側坑口220m間の地すべりを含む強度不足地山を施工した．

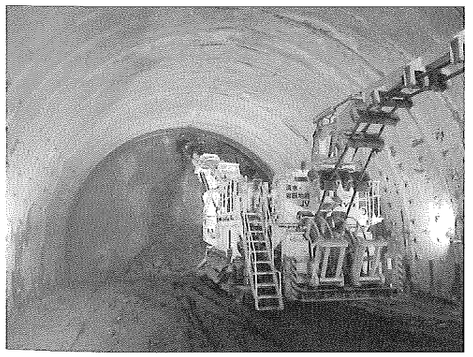
その結果，早期閉合トンネルの設計と施工法の有効性が示されたので，早期閉合トンネルの挙動特性，力学的安定性などとともに報告する．

Attempt at Curved Full Face Excavation in Weak Ground—Hachinoshiri Tunnel, Chubu Odan Expressway—

By Jun Sato, Central Nippon Expressway Company Limited

Hachinoshiri Tunnel is located between Masuho interchange and Rokugo interchange on the Chubu-Odan Expressway and is a two-lane tunnel of 2,469 m in length. Geological conditions are composed of colluvial deposit, mudstone, basalt lava and basaltic pyroclastic rock. It was predicted that 22% of the ground was weak in competence factor of the ground of less than 0.5 with squeezing potential so supports invert with high quality material was designed with early-casting-invert technique as counter-measure. We excavated weak ground of 200 m from north entrance where landslide block was contained while cutting full face curved with 300 kW class road header

The results showed the effectiveness of design and construction technique of early casting invert. Moreover so we report on the behavioural characteristics and dynamic stability of this technique.



写真は軟岩トンネル掘進機による掘削状況

掲載頁 23

構造物直下の双設トンネルを早期閉合により施工
—岸谷生麦線トンネルⅡ期線(国道1号行き)—

首都高速道路(株)　多田　浩治

岸谷生麦線生麦トンネルは，都市部の土砂地山に建設される近接した双設トンネルである．土かぶりは最大でも約13.5mと全線にわたって小さく，地表には中学校校舎，グラウンドおよび体育館が近接して存在している．

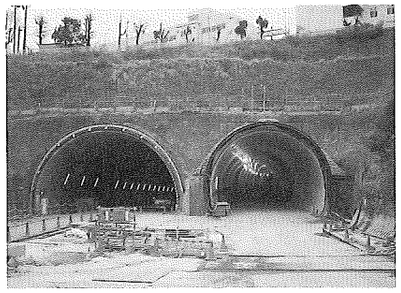
過去の施工実績から考えると，トンネル間のピラー部に側壁コンクリートによる大規模な支持力対策工などが採用されるような厳しい現場条件であったが，当該工事では，先行トンネルの覆工コンクリートの一部に軽微な補強を施すことと，後行トンネルに全断面掘削・早期閉合による掘削工法と先受け工法などの補助工法を適用することによって，先行トンネルや近接構造物に変状を発生させることなく，安全かつ合理的にトンネル掘削を行った．

本稿は，後行(Ⅱ期線)トンネルの掘削による先行(Ⅰ期線)トンネルおよび中学校校舎への影響解析と実施工での現場計測結果について報告するものである．

Double Tunnel beneath Buildings with Early Casting Invert Technique—Kishiya-Namamugi Line (connecting to National Route 1) Tunnel Works—

By Koji Tada, Metropolitan Expressway Company Limited

The Namamugi Tunnel on the Kishiya-Namamugi Line is double tunnel that was built through weak ground near to an urban area. Depth of overburden was small in both tunnels with a maximum of approx. 13.5 m and the ground surface was close to the buildings, sports ground and gymnasium of a junior high school.



写真はトンネル起点側坑口部の全景

According to past construction result under condition like this site, large bearing structures between the tunnels seemed to be required. But in these works, we installed slight reinforcement on part of lining concrete of preceding tunnel and employed auxiliary methods for following tunnel such as full face cutting, early casting invert technique and forepoling to prevent preceding tunnel and surface buildings from deformation. We succeded to excavate the tunnels both safely and rationally.

This report gives information on the analysis of the effects of the excavation of the following tunnel (Part 2 line) on the preceding tunnel (Part 1 line) and the junior high school buildings and on-site measurement results from the construction.

掲載頁 43

屈曲した狭隘な道路下をシールド切替型推進工法で掘進
—東京都下水道　豊島区駒込五丁目，北区西ヶ原三丁目付近再構築—

東京都下水道局　和田　淳

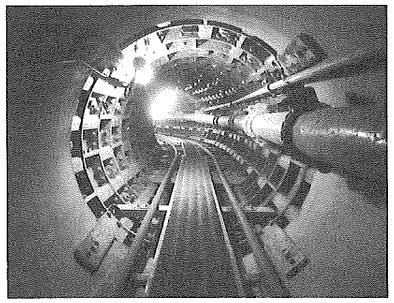
東京都豊島区駒込付近は，低地と高台で形成された市街地であり，近年，局地的な集中豪雨の頻発により一部の地区で浸水被害が多発している．

本工事は，豊島区駒込五丁目，北区西ヶ原三丁目付近の雨水排除能力の増強を図る目的で再構築工事(管渠の新設)を施行するものである．

本稿では，市街地狭隘道路におけるシールド切替型推進工の優位性とともに，効率的に工事を進めるために実施した工夫について詳述する．

Dual Mode TBM (Pipe-jacking/Shield tunnelling) Driving under A Winding and Narrow Road—Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government Reconstruction of in The Vicinity of Komagome 5-chome, Toshima-ku and Nishigahara 3-chome, Kita-ku—

By Atsushi Wada, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government



写真はシールド区間と推進区間の切替え状況

The Komagome area in Toshima-ku in Tokyo is an urban area convoluted with high and low ground and, in recent years, there has been inundation damage in one part of the area due to frequent localized cloudburst.

These are re-structuring works (new installation of sewerage pipes) with the aim of strengthening storm water drainage capacity in the vicinity of Komagome 5-chome, Toshima-ku and Nishigahara 3-chome, Kita-ku.

This report gives details of innovations used in order to make efficient progress with these works as well as the predominance of dual mode TBM (shield tunneling/pipe jacking) beneath narrow roads in urban areas.

掲載頁 49

高速化を目指した自由断面掘削機の改良

清水建設(株)　木内　勉

トンネルの高速化を目指して，地山の一軸圧縮強度10MPaで150m³/hの掘削能力を有し，80m²の断面を全断面掘削でき，4mの補助ベンチ形成が可能な自由断面掘削機を改良した．改良した自由断面掘削機は重量1,180kNで，切削電動機350kWを搭載しながら，小型化を図った．模擬岩盤による性能確認試験の結果，目標どおりの掘削能力を示した．

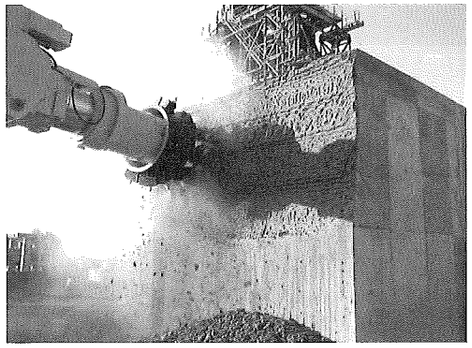
さらに，余掘り防止システム，初期高強度吹付けコンクリート，新支保パターン，掘削・ずり積込み同時施工法，エアーカーテン換気システムを開発した．これらを軟岩地山のトンネルに適用して，平均月進170m，最高月進304mの実績を得た．

Development of A Refined Boom Header for Rapid Tunnel Excavation

By Tsutomu Kiuchi, Shimizu Corporation

Aiming for the speeding up of tunnel excavation, we have developed a boom header that has the ability to excavate the rock of 10 MPa (unconfined compression strength) at 150 m³/h, that can cut the full face up to 80 m² and that can also make 4 m short bench. This is compact, weighing only 1,180 kN and equipped with a 350 kW cutting motor. The results of performance validation tests on imitation rock showed that it attained excavation ability goals.

Further, we have developed an anti-overbreak system, high performance shotcrete, new tunnel support patterns, a simultaneous excavation and muck loading method, and a ventilation system with air curtain. We applied these to a tunnel through soft rock ground and obtained results of an average monthly progression of 170 m and a highest monthly progression of 304 m.



写真は自由断面掘削機SLB-350Sによる模擬岩盤の切削試験

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)



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。

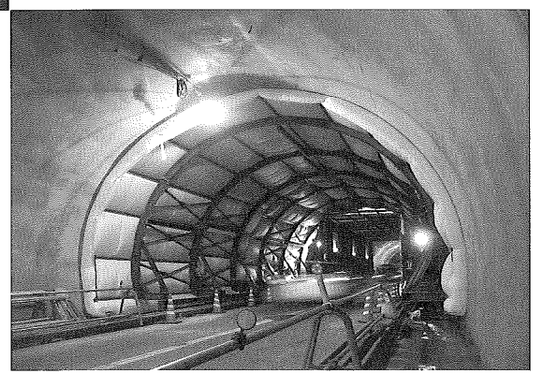
【特徴】
1．若材齢時に温度管理をすることで初期強度が向上します。
2．高品質コンクリートの確保が可能です。
（脱型時コンクリートの付着が減少します）
3．サイクルタイムの短縮が可能です。
4．洗い水が車両通行部に落ちません。

特許出願中

覆工養生バルーン

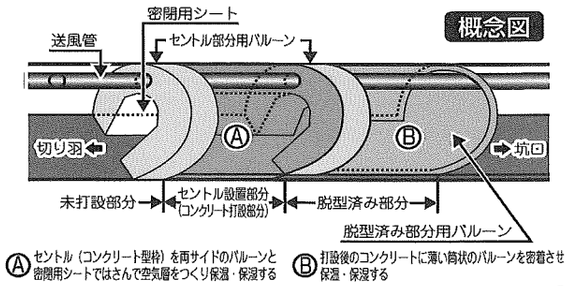
脱型後の覆工コンクリートを覆います。

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



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

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

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

巻頭言
（題字　佐藤信彦会長）



技術者マインド

本州四国連絡高速道路(株)取締役常務執行役員(本協会理事)
岸本良孝

本州四国連絡橋の完成が間近であった十数年前，ポスト本四の国家的プロジェクトとして海峡横断道路が提唱されていた．北から列挙すると，北海道と下北半島を結ぶ津軽海峡架橋．東京湾口架橋，伊勢湾口架橋，大阪湾口である紀淡海峡架橋．四国の佐田岬から大分へ架ける豊予海峡架橋．長崎，熊本，鹿児島を結ぶ三県架橋など，阪神淡路大震災の教訓がまだなまなましく，国土軸のリダンダンシーの確保のための大規模プロジェクトが調査計画されていた．多くはスパン2,000mを超える吊橋建設を含む橋梁案が検討の中心であったが，海洋環境問題の観点から海底トンネルの検討も橋梁案と並行して進められてもいた．土木技術的な優劣比較はともかく，当時，心配されたトンネル案の弱点は換気と防災であり，数十kmもの海底トンネルが安全に運営できるのかが懸念されていた．もちろん，鉄道トンネルではすでに青函トンネルもあり，ユーロトンネルもあったが，ガソリン自動車が走る道路トンネルならではの課題であった．最近では都市高速では地下利用以外の選択肢が少なく，大規模な道路トンネルが建設されており，首都高速都心環状線の大規模更新でも大深度地下の利用が議論されているようだ．現在では技術者の努力によって，換気装置や防災技術も進歩しているし，さらに電気自動車が普及すれば，専用地下トンネルは，ガソリン車を走らせることに比べれば格段に合理的かつ経済的な都市構造物になるだろう．

このような建設技術は，人の社会経済活動を支えるインフラ整備には不可欠なものであるが，これを維持・継続・発展させることはたやすいことではない．われわれ本四会社の公団時代からの歴史を振り返れば，建設事業が完了し，維持管理世代になるとともに，必要な技術は継承されるが，管理段階ではあまり使われない技術は継承が難しく，技術者の確保も難しくなるものである．本四連絡橋の建設事業においては，鷲羽山の道鉄四ツ目トンネルや，都市トンネルの舞子トンネルなど，技術的にみてもかなり高度な

トンネルを建設してきたが，管理段階では，土木的には覆工コンクリートの健全性を点検する以外は，換気や防災設備の維持更新がその管理の大きなウエイトを占めている．このため，維持管理事業としてはトンネルの維持管理は重要ではあるが，技術者としてみた場合にはトンネル技術者と呼べるエキスパートは，高齢化とともにわが社にはいなくなりつつあるのが現状である．もちろんわが社にいなくても，日本国として専門家が育成されていればそれで良いのであるが，残念ながらトンネルや橋梁など分野にかかわらず，プロジェクトがなければ技術者は育たないのである．橋梁の分野で見れば，先に触れた海峡横断道路プロジェクトの調査が行われなくなり，それとともに民間での橋梁技術，とくに長大吊橋に必要なケーブル技術の担い手がいなくなりつつあるのが現状である．建設事業がなければ育たなくても良いのではないかとの議論もありえるが，わが国の現状は，社会基盤が十分整備され，新たなものが必要なくなったのではなく，将来のために今のうちに手を打っておくだけの経済的余裕がない状態ではないかと考える．まだまだ必要なインフラ整備は多く残されているし，先に述べた首都高速のように，既設インフラであっても，新設に等しい大規模更新の必要性はこれからもますます増えていくだろう．技術の継承発展を意識して行うことが重要であろう．

さらに，従来より重要視されていた地震に対する安全性の確保に加え，昨年の震災の教訓としての津波対策が求められており，最近公表された東海，東南海，南海地震が発生した場合の津波想定はそれまでのものと比べて，格段に大きなものとなっている．「想定外」ということが許されないとすれば，土木技術者はこのような想定にどのように向き合い，対応していくのかを考えなければならない．古来より築土構木といい，civil engineeringと呼ばれる技術は人々の暮らしを安全，安心，快適にするための技術にほかならない．もう一度このことを思い起こし，土木技術者として社会に果たすべき役割を果たしていきたい．

施工

構造と施工方法の変更でJES函体工期を半減

—奥羽本線　新青森こ道橋—

東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所青森工事区施設技術係　古宮　堅太郎
東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所工事管理室課員　福島　啓之

1　はじめに

青森県が計画施行した都市計画道路3・2・2号内環状線は，青森都市計画マスタープランにおいて骨格幹線道路として位置づけられ，平成22年12月に開業した東北新幹線新青森駅と市街地を連絡する機能を有するとともに，青森ICへのアクセスルートである．当該道路は，奥羽本線新青森・青森間直下で立体交差する(**図-1**)．

この道路と交差する鉄道の線路下と営業線近接となる範囲のこ道橋(総延長L＝64.8m)(**図-2, 3**)について，事業主体である青森県より委託を受け設計・施工した．当現場では，①線路を挟んだ両立坑からエレメントをけん引する方法と，②函体構造形式を4径間から2径間に変更することで工期短縮・コストダウンを図った．

以上の2点についての検討と実施結果について報告する．

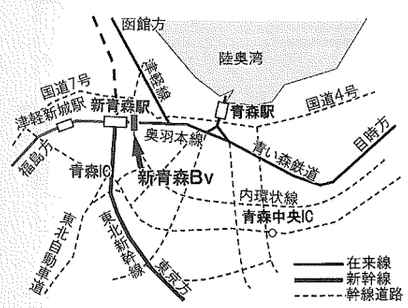


図-1　位置図

2　工事概要

本こ道橋の構造形式は，奥羽本線直下のB2は，非開削工法(HEP工法)によるJES函体，隣接するB1，B3，B4は開削工法による場所打ちのRCボックスカルバートである．道路の断面構成は，片側2車線・両側歩道で全幅28.1mである(**図-4**)．

地質は，地下水位がGL－0.7m付近であり，上床エレメント(GL－2.0～3.5m)付近は，N値4～

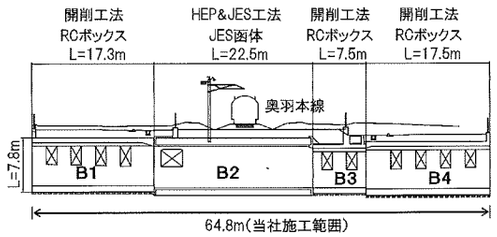


図-2　側面図

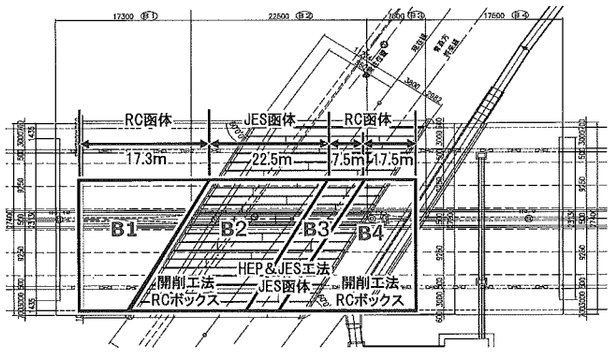


図-3　平面図

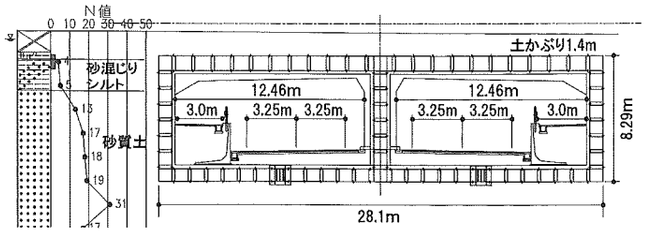


図-4　断面図

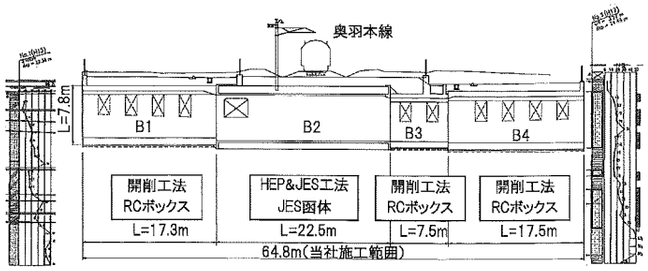


図-5　地質縦断図

5の砂混じりシルトで，GL－3.5m以深は，N値15～20程度の砂質土(**図-5**)が主であり，比較的均一な土質であった．

3　施工方法の検討

3-1　函体の構造形式の変更

構造形式は，当初RC中壁を有する1層4径間で計画した．この構造を構築するための施工順序は，1次内部掘削，RC中壁構築，2次内部掘削の順となり，内部掘削が分割施工となるうえ，中壁構築の養生期間を含めた工期を要することが課題であった(**図-6**)．そこで工期短縮を図るため，構造形式を1層2径間とするため上床エレメント高さを850㎜から1,000㎜に変更し，歩車道間のRC中壁をL形のプレキャスト擁壁に変更した(**図-7**)．これにより内部掘削を一括施工でき，RC中壁の施工を省略できるため，工期短縮が可能となる．

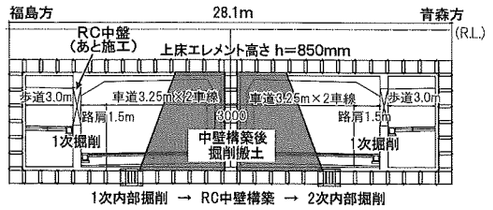


図-6　当初計画(1層4径間)

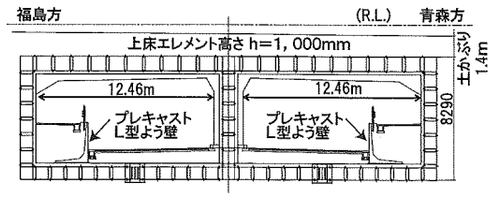


図-7　変更(実施)計画(1層2径間)

3-2　けん引方法の変更

当初は，エレメント搬入に有利と考えられた線路南側の立坑からエレメントを発進する計画であった．しかし，立坑が**図-8**に示す平面配置となるため，延長17.3mのエレメントを3分割する必要があった．

そこで作業時間内に効率的にエレメントけん引を行うため，南北両側の立坑の長辺側を発進側とし，両側からエレメントをけん引する方法に変更

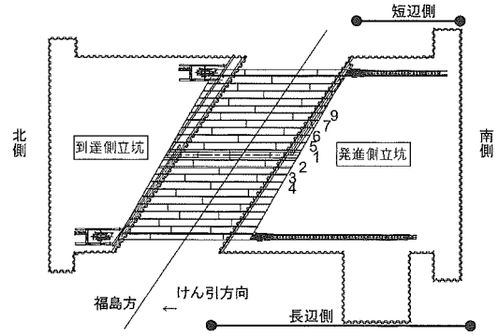


図-8　エレメントけん引方向平面図(当初)

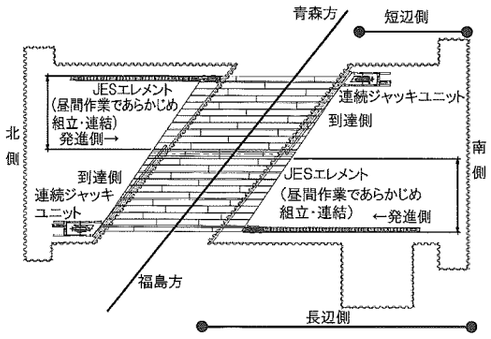


図-9　エレメントけん引方向平面図(変更後)

した．これにより，けん引作業中での連結作業が不要となり，夜間線路閉鎖時間内でのエレメント(L＝17.3m)の連続けん引が可能となった(**図-9**)．

4　施工時の検討

4-1　機械掘削

当初は，玉石などで支障するおそれがあると考えていたため掘削方式が人力掘削であったが，追加ボーリング調査で玉石などの支障のおそれもなく，また，土質条件が良く，太平寺Bv(機械掘削)の施工箇所と似ているため基準エレメントと調整エレメントを除くエレメントを人力掘削から機械掘削に変更し，さらに前述したとおり，両立坑からの同時けん引へと変更した．その結果，上床エレメントでは104日間短縮できる計画とした．このほか，構造形式の変更と施工順序の見直しにより側壁エレメントで8日間，中壁エレメントで9日間，下床エレメントで12日間，函体内掘削で57日間短縮できる計画とし，合計で約6か月の工期短縮を計画した．工期短縮に関する検討結果を**表-1**に示す．

4-2　設定けん引速度

図-10に施工区分図，**図-11**に線路閉鎖間合(列車が進来しないために手続きし作業をする)を示す．軌道へ影響を与えるおそれのある範囲である約8mを線路閉鎖作業で施工することとし，第1間合い(100分)で5m，第2間合い(60分)で3mを施工することとした．そのため，上床エレメン

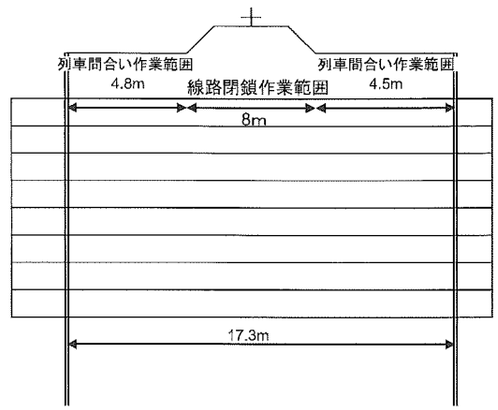
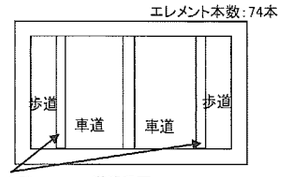
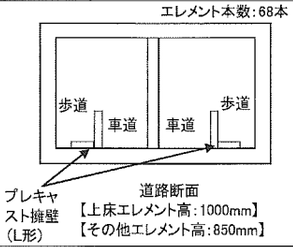


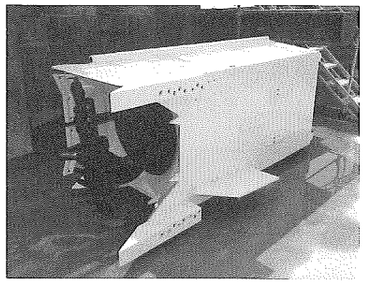
図-10　上床エレメントの施工区分

表-1　工期比較

		当　初	変　更
概要			
掘削方式	上床版エレメント	人力	人力(基準エレメント)，機械(標準エレメント)
	側壁・中壁エレメント	人力(最上段のみ)，機械(2段目以降)	機械
	下床エレメント	人力(調整エレメント)，機械	人力(調整エレメント)，機械
工期	上床版エレメント	基準エレメント：10日，標準エレメント：140日	基準エレメント：10日，標準エレメント：36日
	側壁・中壁エレメント	側壁エレメント：32日，中壁エレメント：26日	側壁エレメント：24日，中壁エレメント：17日
	下床エレメント	標準エレメント：66日，調整エレメント：8日	標準エレメント：54日，調整エレメント：8日
	函体内掘削	①一次掘削：15日 ②RC中壁工：55日 ③二次掘削：15日 小　計：85日	①一次掘削：28日 ②プレキャスト擁壁工：工期に影響なし ③手摺工：工期に影響なし 小　計：28日
合計		367日	117日
評価		△	○

時間	23	0	1	2	3	4	5	6
間合い	列車間合い作業 60分	線路閉鎖作業 100分	※1:30 ～ 3:30 は，貨物列車が通過するため作業ができない			線路閉鎖作業 60分		

図-11　線路閉鎖間合い



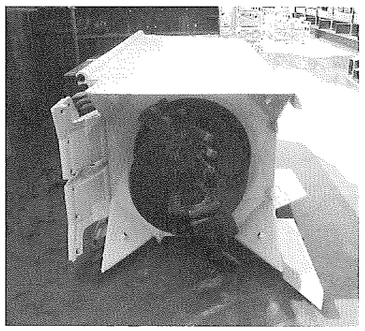


写真-1　掘削機

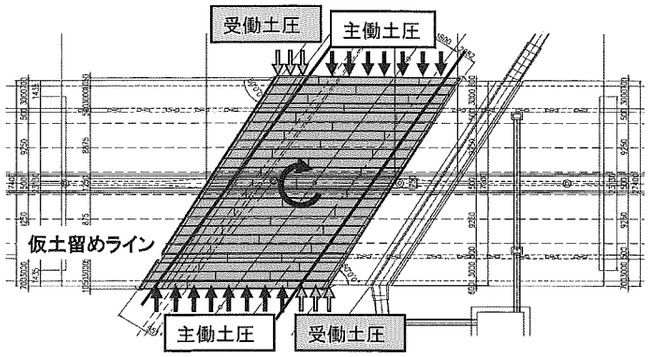
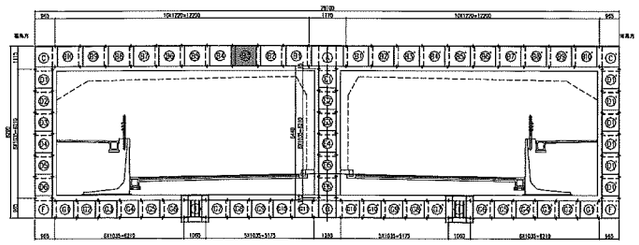


図-12　函体回転概念図



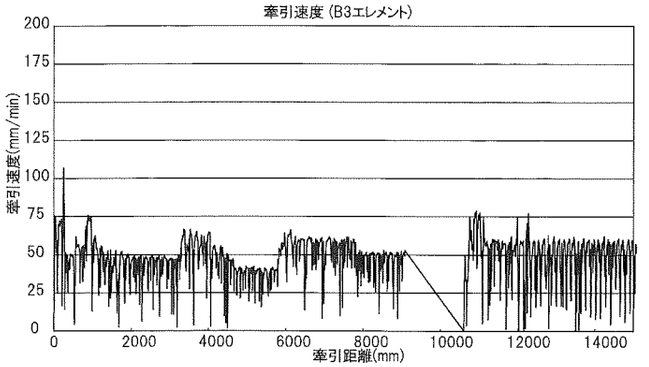


図-13　けん引速度(B3 エレメント)

トのけん引速度は，線路閉鎖作業範囲を50㎜/min，列車間合作業範囲(作業箇所で列車通過後，次の列車が通過する前の，列車が通過しない時間で作業をする)を80㎜/minに設定した．使用した掘削機械(**写真-1**)は，太平寺Bvでも実績がある，土砂の取り込み量が多く，当該土質に対応できる刃口形状を有するものとした．

4-3　エレメントけん引時の課題

道路は，線路と斜角60°で交差しており，主働土圧による函体の回転(**図-12**)の検討を実施した．照査の結果，線間部の主働土圧に対して切羽面下床版下面のせん断抵抗が小さく，対策工が必要となった．対策工は，下床エレメントと切羽面下部の鋼矢板を鋼材で結合し，エレメントの回転に対して，鋼矢板で反力をとり抵抗することにした．

5　施工と実績

5-1　けん引速度

前述した図-10の施工区分のとおり，列車間合い作業範囲と線路閉鎖作業範囲と施工ができる条件が決っている．エレメントの平均けん引速度は

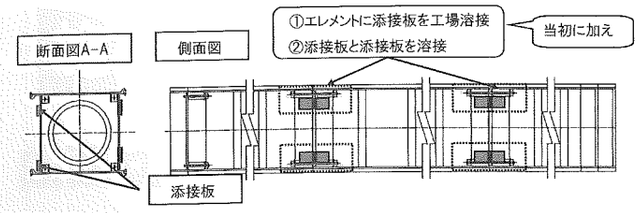


図-14　エレメント連結部の強化

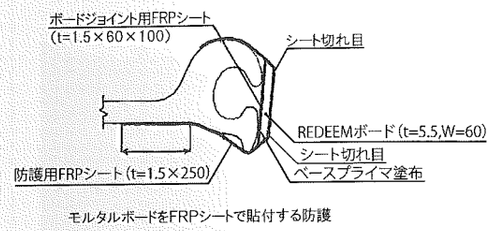


図-15　継手部防護方法

50㎜/minであった(**図-13**)．エレメントの実績けん引は，上床エレメントけん引時で，列車間合い作業範囲(4.8m)での作業時間60分を２回，第１線路閉鎖作業範囲，第２線路閉鎖作業範囲を60分，そして列車間合い作業範囲(4.5m)を作業時間55分でけん引ができた．その結果，上床エレメントは，１本１日，上床エレメント以外も１本１日のペースでエレメントのけん引ができた．

5-2　工期短縮

上床から下床エレメントのけん引日数は，変更計画で149日に対して，実績では115日(上床エレメントで49日，鉛直・下床エレメントで66日)となった．これは，上床エレメントの施工結果を踏まえ，鉛直エレメント以降の施工では，エレメントのローリング対策としてエレメント連結部は，添接板どうしを結合連結し，強化した(**図-14**)．

継手防護方法は，継手部をリディームボードとFRPシートで覆う変更(**図-15**)を行い，手戻りなく施工できたためと考えられる．

6　ま　と　め

本稿では，HEP＆JES工法を用いた線路下横断構造物の構築において，エレメントを効率的にけん引する方法と構造形式の見直しにより，工期短縮を実現した事例を報告した．施工を進めるなかで工期短縮に繋がる課題を抽出し，常に効率的な施工を目指すことは重要である．本工事は，平成20年８月に着手し，平成22年度末に完成，平成23年11月に道路の供用開始を迎えた．本報告が今後のHEP＆JES工法を用いた線路下横断工事の参考になれば幸いである．

参　考　文　献

1) 古宮堅太郎：奥羽本線新青森・青森間新青森こ道橋新設の設計施工，第21回東北技術研究会，2010.10.
2) 澤村里志・福島啓之・玄順貴史・徳本毅：JESと鋼板挿入工法の組み合わせによるアンダーパスの急速施工，東北本線　太平寺こ道橋，トンネルと地下，Vol.40，No.12，2009.12.

『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)



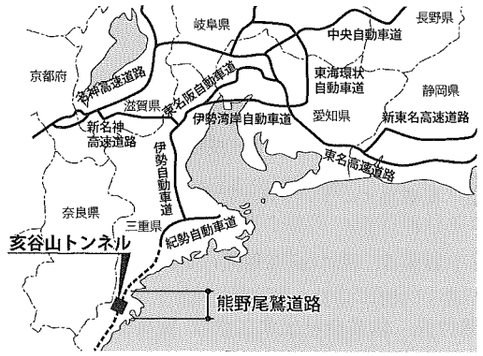
「漁業と林業の町」尾鷲市より

田　辺　洋　一

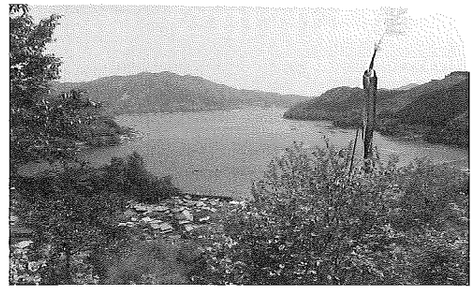
尾鷲市は三重県南部，東紀州地域の中央に位置する．温暖多雨な気候と黒潮の恵みにより，豊かな自然に囲まれ，古くから林業や漁業が栄えたまちである．また，いにしえより熊野詣や伊勢詣の旅人が往来した，熊野古道を含む「紀伊山地の霊場と参詣道」が，平成16年7月7日に世界遺産リストに登録された．これは「熊野三山」「吉野・大峯」「高野山」の3つの霊場と，これらを結ぶ「熊野参詣道(熊野古道)」「大峯奥駈道」「高野山町石道」からなり，三重・奈良・和歌山の3県に広がっている世界遺産である．

熊野古道は，熊野三山(熊野本宮大社，熊野速玉大社，熊野那智大社)に参るための道で，伊勢から，吉野から，高野山から，そして京都からと幾筋かのルートがあった．代表的なものが紀伊半島を西回りする「紀伊路」と東回りの「伊勢路(東熊野街道)」であった．紀伊路は平安中期から鎌倉期にかけて盛んに行われた法皇や上皇らの御幸ルートで，道筋には熊野権現の末社として九十九王子社が祀られていた．これに対して，江戸時代以降，盛んに歩かれるようになった伊勢路は，伊勢参宮を終えた旅人や，西国三十三か所めぐりの巡礼たちが辿った，いわば庶民の道．起点の田丸で巡礼装束に身を改めた旅人が，いくつもの険しい峠を越えて，あこがれの地・熊野をめざした道である．

一般国道42号熊野尾鷲道路は，熊野市と尾鷲市を結ぶ自動車専用道路である．近畿自動車道伊勢線の勢和多気から尾鷲市に向けて急ピッチで整備が進められて



位　置　図



賀田湾を望む

いる近畿自動車道紀勢線と一体となり，東紀州地域に高速道路ネットワークを実現する．

東紀州地域は日本で有数の豪雨地域(年間降雨量約4,000㎜)であり，熊野尾鷲道路と並行する一般国道42号や311号の熊野市から尾鷲市に至るほとんどの区間は，急峻な山間部を通過するため道路線形が悪く，地質も良くない．そのため，大雨による土砂崩れなどの災害が発生する危険性が高く，これまでにも大雨や土砂災害による通行止めがたびたび行われ，日常生活や経済活動に大きな支障が生じてきた．昨年9月の台風12号による災害も記憶に新しいところである．

このような東紀州地域の状況の中で，熊野尾鷲道路は，異常気象時や災害時に一般国道42号の代替路線としての交通機能を確保し，地域の生活基盤を支える「命の道」としての大きな役割を担い，地域の医療，福祉，防災など地域住民の安心・安全を守る，一日も早い開通が望まれている道路である．

熊野尾鷲道路亥谷(いがたにやま)山トンネルは尾鷲市の賀田町と三木里町を結ぶ全長3,197mのトンネルで，当社は起点側(熊野市側)1,511mの施工を担当している．工事は，平成22年6月に避難坑，8月には本坑の掘削に着手し，平成23年7月に避難坑，11月に本坑が貫通した．覆工コンクリートも平成24年4月に完了し，現在は明かり部土工事を施工中である．

地域住民のご理解とご協力，発注者のご支援を賜りながら，平成24年7月の竣功まで鋭意努力する所存である．

(鉄建建設(株)名古屋支店尾鷲作業所所長)

施工

曲面切羽で低強度地山の全断面掘削に挑戦

—中部横断自動車道　八之尻トンネル—

中日本高速道路(株)東京支社南アルプス工事事務所副所長　佐　藤　　淳
中日本高速道路(株)東京支社南アルプス工事事務所工事長　細　野　泰　生
清水建設・岩田地崎建設特定建設工事共同企業体現場代理人　真　下　義　章
清水建設・岩田地崎建設特定建設工事共同企業体監理技術者　木　村　厚　之

1　はじめに

中部横断自動車道(静岡・山梨区間)は，新東名新清水JCTから中央自動車道双葉JCTを結ぶ延長74kmの高速道路である．八之尻トンネルは，増穂ICと六郷IC間に位置し，内空断面積71.3m²，トンネル延長2,469mの2車線道路トンネルである(図-1)．本工事では，切羽鏡の自立性が高く，作業性がよい曲面切羽を併用する300kW級軟岩トンネル掘進機を用いた全断面機械掘削の早期閉合を採用し，地山強度比が0.5を下まわると予想された北側坑口220m間の地すべりを含む低強度地山を施工した．

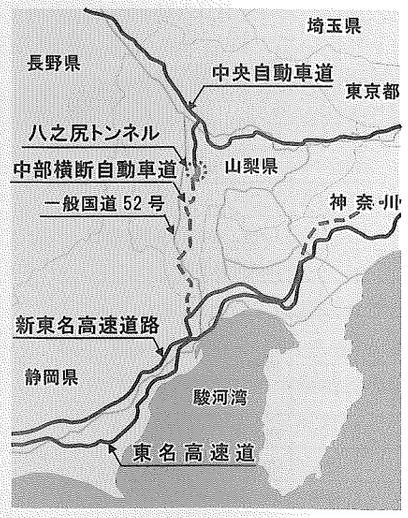


図-1　八之尻トンネル位置図

本稿は，ここで採用した早期閉合トンネル設計と施工方法について述べるとともに，施工状況，早期閉合トンネルの挙動特性，力学的安定性などについて得られた知見を報告する．

2　工事概要

八之尻トンネルは，当初，機械掘削方式で計画した．この方式では，200kW級軟岩トンネル掘進機を用いた上半工法[1]で計画されていたが，硬質玄武岩溶岩での掘進機の能力不足，強度不足や押出し性地山でのトンネル支保構造の変状や破壊，過大変位の発生[2]などが懸念されたため，これらの解決方法として，300kW級軟岩トンネル掘進機による全断面機械掘削に計画変更し，下り線を北側坑口から南側坑口に向けて，片押し施工とした．また，トンネル延長の22%は，地山強度比が0.5を下まわる強度不足や押出し性地山の出現が予想され，作用土圧に見合う高耐力仕様の早期閉合パターンとした．

トンネル施工は，2011年8月29日より掘削を開始し，2012月4月末時点の切羽は，TD.586m位置にあり，2015年12月末の貫通を目指している．

3　地　質　概　要

地質は，礫層，地すべり崩積土，泥岩，玄武岩溶岩，玄武岩質火砕岩からなる(**図-2**)．北側坑口の220m間は，地山の一軸圧縮強度は0.1N/mm²以下で地山強度比は0.2を下まわると予想され，小土かぶりで地すべりを含む低強度地山である．トンネル中央付近には，土かぶり高はh＝155mで，地山強度比が0.1を下まわる押出し性地山の出現が予想された．南側坑口の180m間は，地山強度比が1を下まわる押出し性地山である．このように，全延長の22%は，標準支保パターンによる標準施工では，トンネルの安定確保は困難であり，支保構造部材の変状や破壊，過大変位の発生などが懸念された．

4　北側坑口220m間掘削計画

北側坑口の220m間は，固結度の低い礫層，地すべり崩積土，脆弱で自立困難な泥岩地山のトンネル施工である(**図-3**)．坑口36m間のDⅢc-1-K，地

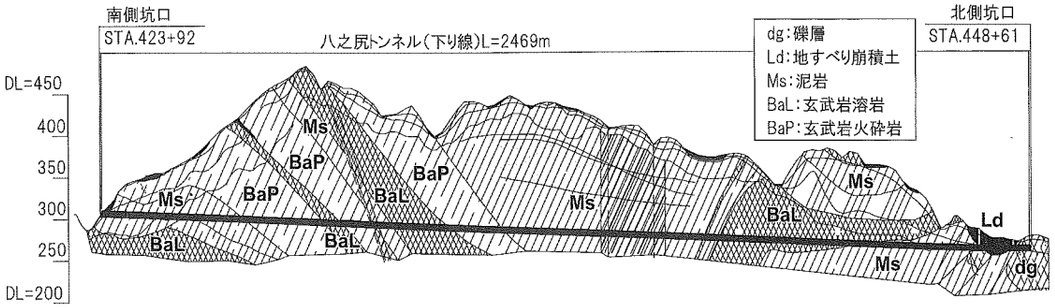
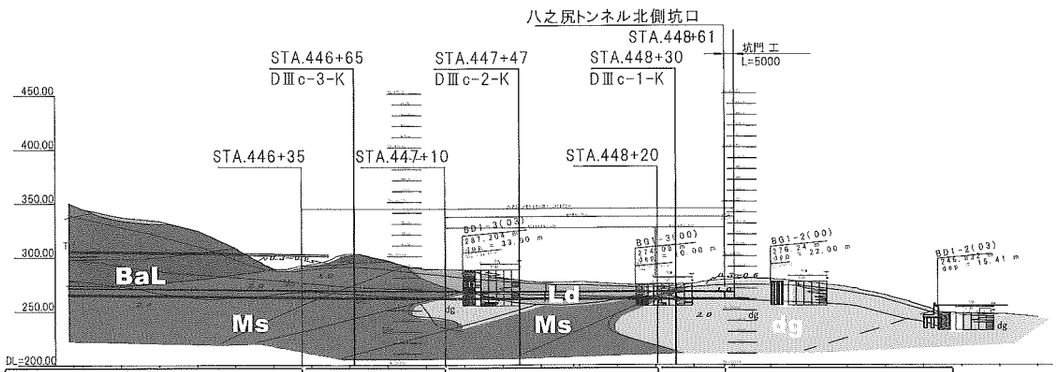


図-2　地質縦断図



早期閉合パターン		DⅢc-3-K		DⅢc-2-K			DⅢc-1-K	備考
区間距離 (m)		3	72	47	51+1	11	36	
掘削工法・切羽形状	全断面，直平面				(↓)③			1m施工後曲面切羽に移行
	全断面，曲面	⑥	⑤	④	③			機械掘削標準
	補助ベンチ，直平面					②	①	
早期閉合距離 Lf	6m			○				
	9m	○	○		○	○	○	標準
掘削補助工	長尺鏡ボルト							
	長尺先受け工		○	○	○	○	○	注入式
構造半径比(r3/r1)		2.0		2.5			2.5	R3は早期閉合構造半径
地山特性		強度不足		小土かぶり，地すべり			礫層	地山強度比<0.5

図-3　北側坑口区間の断面区分と掘削計画概要

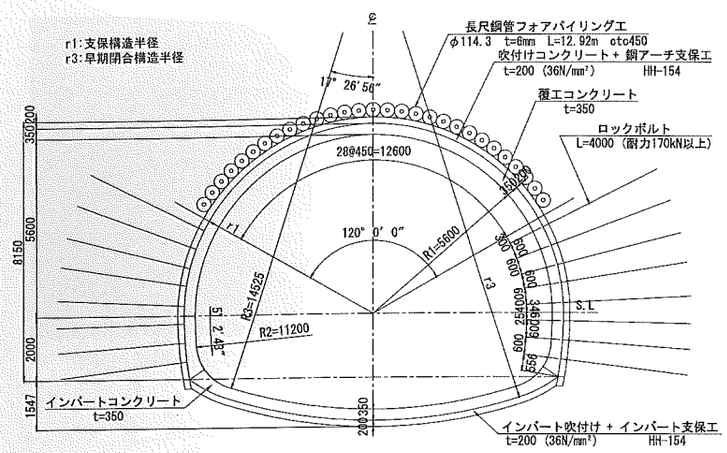


図-4　早期閉合パターン(DⅢc-2-K)

表-1　早期閉合パターン構造仕様

支保パターン名		DⅢc-3-K	DⅢc-2-K	DⅢc-1-K
地山強度比		<0.5		
1掘進長(m)		1.00		
変形余裕量(cm)		0		
支保構造	吹付け厚(cm)	20		
	圧縮強度(28d)	36N/mm²		
	鋼アーチ支保工	HH-154(SS590)		
	ロックボルト工	L＝4 m，170kN (8/16/8本)		
閉合	早期閉合部材	上・下半と同様		
	半径比 r_3/r_1	2.00	2.50	
覆工厚(cm)		30	35	35

すべり崩積土110m間のDⅢc-2-Kは，最大土かぶり高h＝17m，地山強度比0.3以下が想定され，吹付けコンクリートには，土かぶり20m相当の土圧作用[3]が予想された．また，地すべり隣接DⅢc-3-Kの75m間は，最大土かぶり高はh＝34m，地山強度比0.5以下が想定され，土かぶり25m相当の土圧を想定[3]した．

これらから，トンネル支保構造として，坑口設計パターンDⅢaを基本とする早期閉合パターン(**図-4**，**表-1**)を採用し，土かぶり高hが$2D$を超えるDⅢc-3-K区間はインバート部構造半径比をr_3/r_1＝2.0とし，トンネルの安定性の向上を図った．

補助工法は，切羽作業の安全確保と掘削素掘り面および切羽鏡面の自立性保持のための鏡吹付けと注入式長尺鋼管フォアパイリングの先受け工を採用した(**表-2**)．

表-2　補助工法仕様

補助工法	仕　様
長尺先受け工	φ114.3，t=6，L=12.5m，上半120°，p=450，シリカレジン
鏡吹付け	t= 3 cm

5　施　工　方　法

5-1　早期閉合施工方針

早期閉合のための掘削工法は，これまでの施工実績より「補助ベンチ付き全断面掘削は，切羽鏡の押さえ効果は期待できるが，自由面である補助ベンチ部は，低強度地山では，大きく変位しやすい」「全断面掘削は，ベンチでの切羽作業がなくなり，安全性が向上する」「三車線トンネル上半断面と高速道路二車線トンネル全断面の掘削高さは同等である(**図-5**)」などから，全断面工法による施工を基本とすることとした．なお，坑口部の約50m間は，試験施工区間とし，補助ベンチ付き全断面掘削で施工を開始した．

5-2　掘削機械

主要施工機械は，**表-3**に示す．全断面工法の機械掘削は，300kW級軟岩トンネル掘進機を使用する．インバートは，大型油圧ブレーカ掘削とする．また，ずり搬送は，連続ベルトコンベヤ方式を採用するが，北側坑口の220m間はタイヤ方式とする．

5-3　切羽形状

DⅢc-2-K区間の地すべり崩積土の掘削に入って最初の長尺先受け工注入開始時に，切羽鏡の約120度の範囲が，進行方向側に凸の曲面状に崩壊した(**写真-1**)．このため，以降の切羽鏡の安定確保を目的として，不安定な部分は取り除き，曲面形状に仕上げ，切羽鏡の自立性を高めた安定形状の曲面切羽を採用することにした．

この曲面切羽[4]は，曲面と直平面で形成し，鏡の前面は直平面とする(**図-6**)．これの掘込み長の

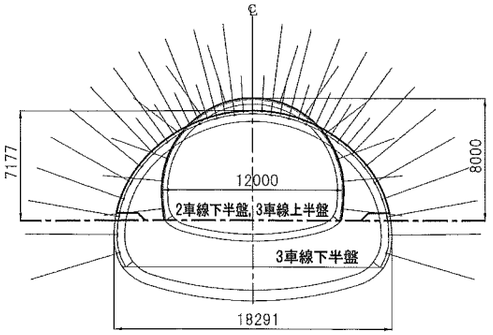


図-5 トンネル掘削高の比較

表-3 主要施工機械一覧

用途	機械名称	能力，出力	台数
上・下半掘削	軟岩トンネル掘進機	300kW級	1
インバート掘削，掘削補助	大型油圧ブレーカ	1,300kg級，バックホウ0.8m³級	1
	バックホウ	0.5m³級	1
ずり積込み	トラクターショベル	サイドダンプ2.3m³級	1
ずり搬出	ダンプトラック*1	10t (max.200t/hr)	2
鋼アーチ支保工建込み	支保工エレクタ	1t級，2ブーム	1
吹付けコンクリート工	コンクリート吹付け機	20m³/h	1
	トラックミキサ車	4.5m³	2
ロックボルト工，長尺先受け工	油圧ホイールジャンボ	2ブーム，HD150kg級	1

※1 連続ベルコン方式を基本とする．

目標は，1掘進長の2倍の2.0mに支保工建込み余裕の0.3mを加えたL_s=2.3mとした．曲面の半径中心は，トンネル中心において，主働崩壊線と直平面の交点位置をとおる下半盤に平行する直線上に設けており，曲面の半径r_fは，r_f/r_1=1.8である．

5-4 早期閉合手順

早期閉合距離はL_f=9mを基本とし，初期変位速度に応じて，L_f=6mを選択することとした．早期閉合施工単位は，施工性と施工速度を考慮し，L_c=3mとした．早期閉合の施工ステップ概要を**図-6**に示す．また施工要領は，以下のとおりである．

1掘進長は1mとし，全断面で①～③の3mを

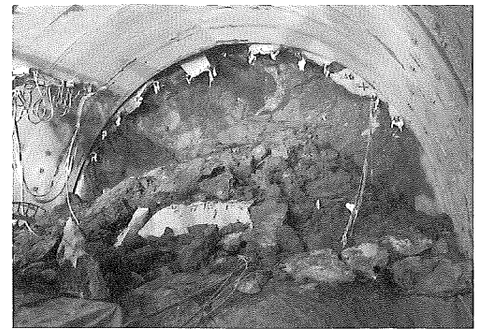


写真-1 長尺先受け工注入開始時切羽崩壊

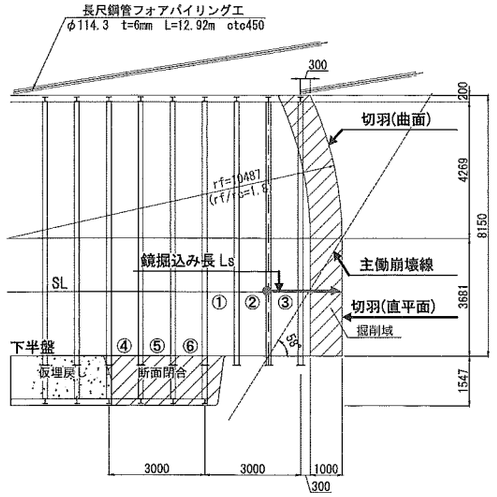


図-6 曲面形状切羽と早期閉合概要(r_f/r_1=1.8，L_f=6m，L_c=3m)

施工する．その後，インバート④～⑥を1度に3m掘削・整形，鋼インバート支保工3基設置，吹付けコンクリートで3間吹付け，掘削ずりでインバート部3mの仮埋戻しを行い，早期閉合の1サイクルを終える．全断面掘削と早期閉合は，3m進行の交互施工である．

6 計測工概要

6-1 計測工A・B

早期閉合トンネルの安定性評価と挙動特性の把握および地すべりへの掘削影響評価などを目的に，計測工A，Bを実施する．

計測工A断面は，トンネル進行方向10m間隔に測点を設け，切羽通過時に初期値をとり，6～24時間ごとに三次元自動測量・計測システムを用い

表-4 計測工B測定環境

閉合パターン	測点番号	土かぶり高 h(m)	切羽評価点	地山強度比	早期閉合距離 L_f(m)
DⅢc-2-K	STA.447+47	14	12	1.4	6，9
DⅢc-3-K	STA.446+65	32	10	1.2	9

表-5 トンネル変位管理基準値

管理項目	管理値	備考
天端沈下V	−30mm	−沈 下(施工余裕50mm)
内空変位H	−50mm	−内空側(施工余裕100mm)

表-6 支保部材管理基準値

管理項目	管理値	備考
吹付けコンクリート応力	36N/mm²	圧縮強度
鋼アーチ支保工応力	440N/mm²	SS590降伏強度

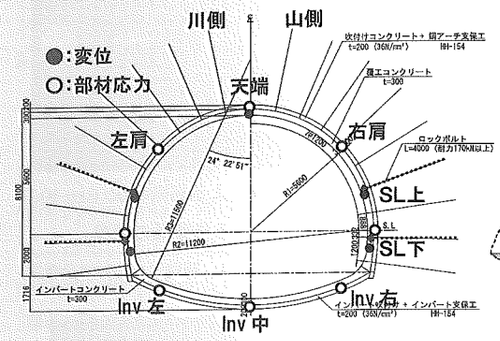


図-7 測点配置概要

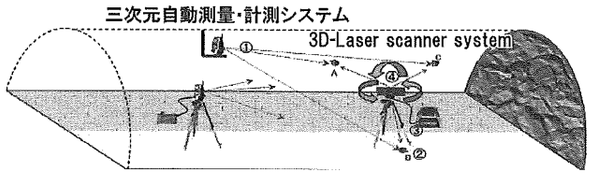


図-8 3D-Laser scanner system 概要

て自動測定することとした．計測工Bは，DⅢc-1-K区間とDⅢc-3-K区間にそれぞれ1断面，地すべりのDⅢc-2-K区間には，地すべり主測線に対応して，2断面を設けることとした(図-3)．計測工B測定環境を**表-4**に示し，測点配置の基本を**図-7**に示す．

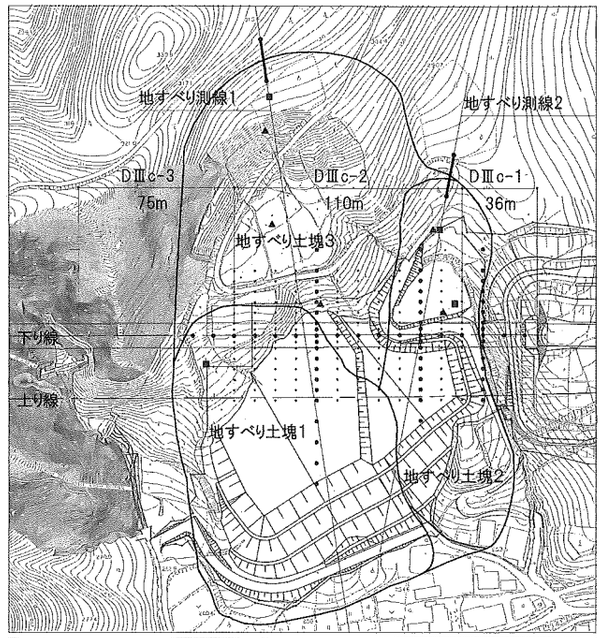
トンネル変位の天端沈下Vと内空変位Hの管理基準値は，**表-5**のように定めた．なお，初期変位速度が20mm/dayを超える場合は，早期閉合距離L_fを短くすることとした．

トンネル支保構造の安定性評価で用いる支保部材管理基準値は，**表-6**に示すとおりである．

6-2 切羽形状測定

切羽形状は，3D-Laser scanner system(TOPCON，GLS-1500)を用いて，切羽画像として測定する(**図-8**)．

測定対象は，鏡吹きされた切羽表面とし，測定精度は4mmである．測定した画像は，剝落の規模や曲面切羽形状をあらわす最大剝落深さ，主働崩壊線，鏡掘込み長などとして数値化し，これらの測定値を参考に，曲面切羽形状を評価および，設定を行うこととした．



●	地表沈下測定A,B	A:1測線 B:3測線	⟷	地表面伸縮計	2基
·	地表沈下測定C	10測線	■	孔内水位計	4箇所
▲	孔内傾斜計	5箇所			

図-9 地すべり計測工

7 地すべり対策

地すべりは3ブロックからなり(**図-9**)，その規模は，おおよそ長さ280m，幅150m，深さ約30m

表-7　地すべり管理基準値

測定項目	点検・要注意，観測強化	対策の検討	警戒・応急対策	厳重警戒・一時避難
地表面変位速度	5㎜以上/10day	5～50㎜/5day	10～100㎜/1day	100㎜以上/1day
すべり面付近変位速度	1㎜以上/10day	5～50㎜/5day	—	—

と想定される(図-17)．想定地すべり線は，トンネル断面内に現れ，地下水位は，すべり面の上側にあると想定されるが，常時あるかどうかは不明であった．トンネル施工前の地すべり土塊は，停止状態であることから，地すべり対策として，トンネル施工前の押え盛土の施工を実施した．押え盛土高は，上段EL280m，下段EL276.5mで，トンネル施工に先行して，この高さまで押え盛土を施工した．

地すべり計測は，地すべり土塊へのトンネル掘削影響把握，地すべり土塊の安定性評価を目的として，地すべり測線1，地すべり測線2を中心にして，それらの頭部に地表面伸縮計，地すべり測線上に孔内傾斜計を設置し，地表面と地中変位を観測することとした．これに加えて，DⅢc-1-Kと地すべりDⅢc-2-Kの地表では，トンネル中心と横断方向に測線を設け，三次元自動測量・計測システムを用いて，地表変位を自動測定した．

測定頻度は，トンネル計測工A，Bに同調させ，測定間隔を1hrとする同時自動測定である．地すべり動態計測の管理基準値は，(財)高速道路調査会で示されている施工段階のものを採用した(表-7)．

8　施　工　結　果

8-1　施工状況

未固結状礫層DⅢc-1-Kの36m間と地すべりDⅢc-2-Kの11m間は，補助ベンチ付き全断面掘削の早期閉合で施工した．地すべり崩積土や脆弱な泥岩地山のDⅢc-2-K，DⅢc-3-Kは，全断面掘削の早期閉合で施工し，トンネル支保構造体の力学的安定を確保し，地すべりへの影響を抑制を図った．

軟岩トンネル掘進機による曲面切羽の全断面掘削は，右側半断面の掘削を先行させる(写真-2)．ずり出しは，左側半断面の掘削開始と同時に右側のずり出しを開始する同時作業とし，サイクルタイムを短縮した．この曲面切羽の全断面掘削に対する作業員の意見を表-8に示す．

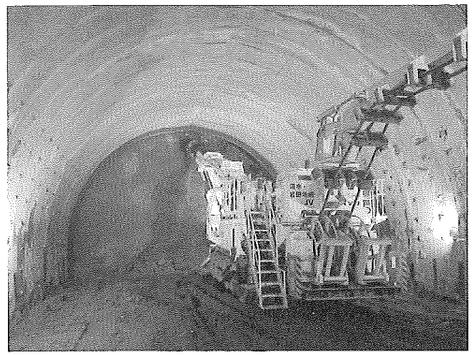


写真-2　軟岩トンネル掘進機による掘削状況(RH-10J)

表-8　曲面切羽に対する作業員の意見

利点	・曲面切羽による全断面掘削は，補助ベンチ付き全断面掘削に比べて，施工性がよい． ・切羽から離れた作業となり，鋼アーチ支保工建込み時に，安心感がある． ・鋼アーチ支保工根足掘削がしやすい． ・ロックボルトが施工しやすい． ・早期閉合施工時に安心感があり，切羽直近での早期閉合が可能である．
留意点	・脆弱地山では，鏡吹付けコンクリートの付きが悪くなり，剥落しやすい． ・切羽に湧水があると，剥落規模が拡大する． ・強度不足地山では，直平面部を掘り込むと，その上側の曲面部は，前方まで剥落が進行しやすい． ・固結度が低いと，ずり出し時に，鏡面からの剥落が生じやすい．



写真-3　早期断面閉合状況(L_f＝9m，L_c＝3m，r_3/r_1＝2.5)

早期閉合距離L_f＝9m，早期閉合施工単位L_c＝3mでの曲面切羽による全断面掘削の早期閉合施工状況を写真-3に示す．注入式長尺先受け工を併用しながらのCycle-3方式早期閉合の全断面機械掘削の掘進速度は62m/月，同条件での補助ベンチ付き全断面機械掘削は48m/月であった．

8-2　切羽の安定性

切羽の成形は，まず強度不足で剥落しやすい岩塊，岩盤ブロックは，切羽鏡面から取り除いてから，目標とする曲面形状[4]を目指して成形を行う．曲面切羽形状は，地山性状の違いや作業員の技量により異なるが，曲面切羽画像22データから，曲面切羽の鏡掘込み長の平均はL_s＝2.9mであった．

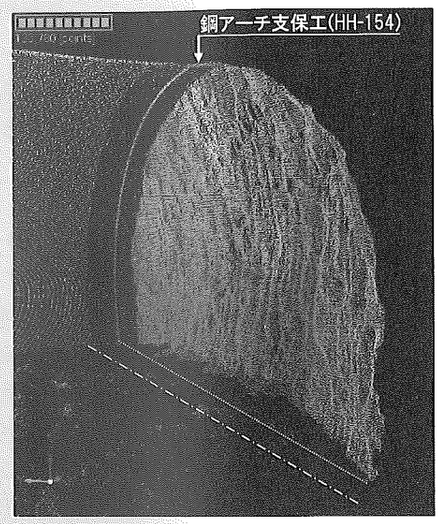


図-10　曲面切羽画像(STA.447+94，最大剥落深さ2.57m)

このことからおおむね計画どおりの切羽形状の施工が可能であり，切羽鏡の自立性は高まり，切羽作業の安全性は向上したといえる．二次吹付けコンクリート直前の切羽鏡周辺の3D-scanner画像を図-10に示す．

8-3　変形挙動特性

北側坑口の220m間の早期閉合パターンDⅢc-1-K，DⅢc-2-K，DⅢc-3-Kにおける天端沈下V_1と上半内空変位H_1および下半内空変位H_2の収束値を図-11に示す．

これから，以下のことがわかる．なお，この区間は切羽評価点は15以下で，地山強度比が2以下の自立安定が困難な強度不足地山である．

- 天端沈下V_1は-25㎜以下で，管理基準値の-30㎜以下で収束している．内空変位は，H_1，H_2ともに-45㎜以下で，管理基準値の-50㎜以下で収束した．
- 天端沈下V_1は，早期閉合距離L_fの違いによる有意な差はない．
- 内空変位Hは，早期閉合距離L_fが6mから9mに長くなると大きくなる．(r_3/r_1)の違いによる変位差の有無は，不明である．

8-4　トンネルの安定性

地すべり崩積土のDⅢc-2-Kと脆弱泥岩DⅢc-3-Kの吹付けコンクリート軸応力と鋼アーチ支保工縁応力を，それぞれ図-12, 13に示す．吹付けコンクリート軸力N_cと鋼アーチ支保工軸力N_sを合計した支保構造軸力N(＝N_c＋N_s)に対するN_cの比の吹付けコンクリート軸力分担率(＝N_c/N)を図-

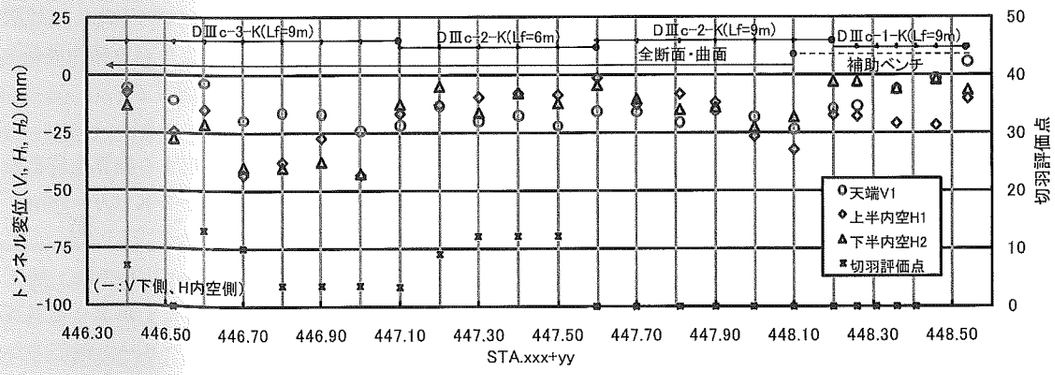


図-11　トンネル変位

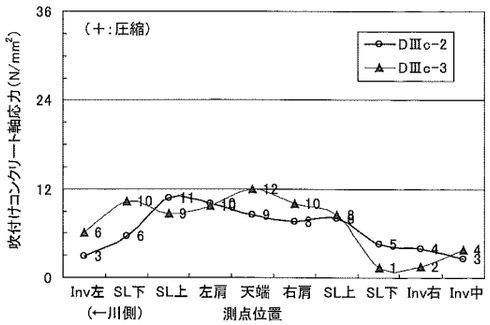
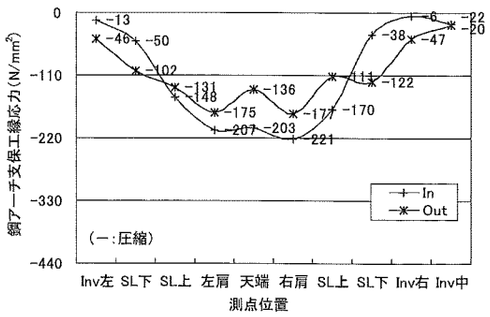
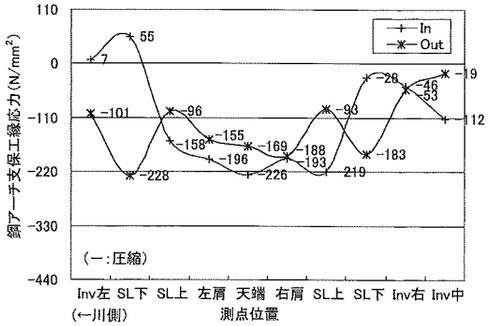


図-12　吹付けコンクリート軸応力



(1)　DⅢc-2-K



(2)　DⅢc-3-K

図-13　鋼アーチ支保工縁応力

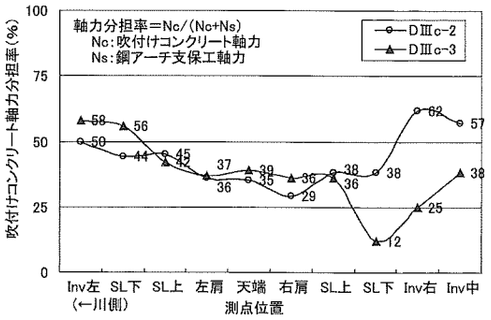


図-14　吹付けコンクリート軸力分担率

14に示す．

これらから，以下のことがわかる．

- DⅢc-2-Kの吹付けコンクリート軸応力の最大は，川側SL上に発生し，11N/㎟の圧縮である．DⅢc-3-Kは，天端部に発生し，12N/㎟の圧縮である．ともに圧縮強度の1/3以下となり，吹付けコンクリートの安定性は高い．
- DⅢc-2-Kの鋼アーチ支保工縁応力の最大は，右肩のトンネル内空側に発生し，-221N/㎟の曲げ圧縮である．DⅢc-3-Kは，川側SL下に発生し，-228N/㎟の曲げ圧縮である．ともに降伏強度の約1/2以下となり，支保構造部材としての安定性は高い．
- 鋼アーチ支保工縁応力，吹付けコンクリート軸応力は，早期閉合距離が短いL_f＝6m(DⅢc-2-K)の方が連続的，滑らかに分布し，早期閉合トンネルの安定性は高い．
- 吹付けコンクリート軸力分担率は，天端，肩部では，DⅢc-2-Kは30～36%，DⅢc-3-Kは36～39%となり，作用土圧の分担は鋼アーチ支保工の方が高い．これに対して，インバート部は，吹付けコンクリートの方が高くなり，早期閉合距離の短いL_f＝6mは50～62%とさらに高くなる．

8-5　吹付けコンクリート作用土圧推定

吹付けコンクリート作用土圧P_o(＝N_c/r，rは構造半径)を岩盤の単位体積重量γで除して算定する土かぶり相当高H(＝P_o/γ)をDⅢc-2-KとDⅢc-3-Kについて，**図-15**に示す．また，計画時に地山強度比から想定した土かぶり相当高Hの想定と施工後の実績を**図-16**に示す．

これらから，以下のことがいえる．

- 吹付けコンクリートに作用する換算土圧P_oの土かぶり相当高は，DⅢc-2-KはH＝18m，DⅢc-3-KはH＝22mとなる．
- 土かぶり高hが3D(＝36m)以下では，施工前に地山強度比から推定した土かぶり相当高Hの推定値は，吹付けコンクリート軸応力から算定した実績値と同等レベルである．

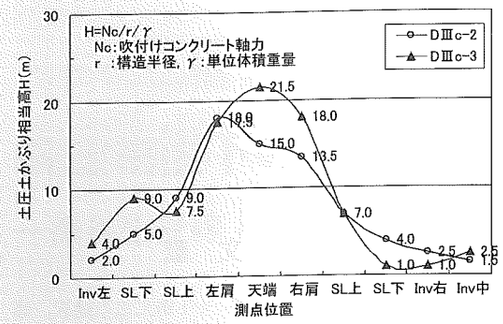


図-15　吹付けコンクリート作用土圧の土かぶり相当高 H

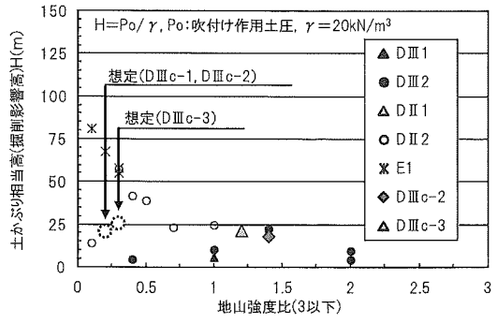


図-16　土かぶり相当高 H の想定と実績

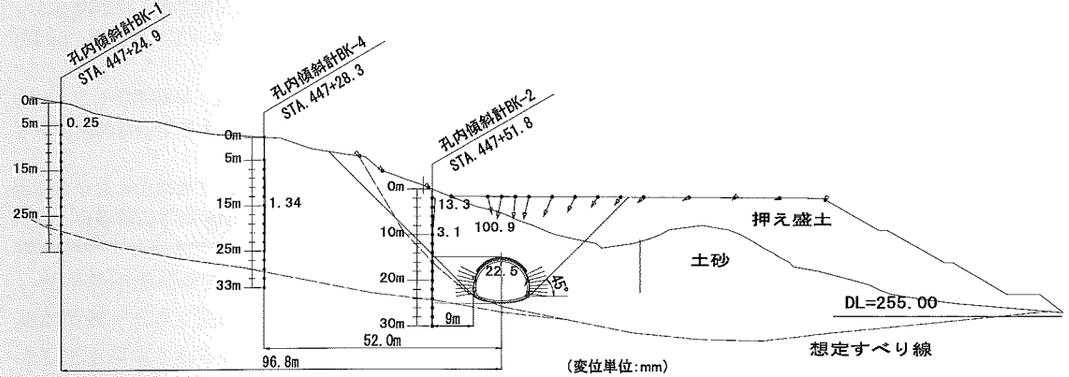


図-17　地すべり測線1変位ベクトル(STA.447+50)

8-6　地すべりの安定性

地すべり測線1における地表面変位，孔内傾斜計からの地中水平変位，トンネル変位のベクトル図を**図-17**に示す．

これからわかるように，トンネル施工前の押え盛土による地すべり滑動の抑止と早期閉合による過大変位の抑制効果が現れ，地すべり土塊の山側から川側に向かって移動する地すべり挙動は見られない．また，トンネル周辺地山は，押え盛土の鉛直変位が卓越するトンネルに向かう変位として現われ，トンネル掘削に伴う掘削外力の再配分挙動の範囲で，周辺地山を含めたトンネルの安定が確保できた．

9　ま　と　め

土かぶり高が3D以下で，地山強度比が0.5を下まわると予想された北側坑口220m間の地すべりを含む低強度地山のトンネル施工に，切羽鏡の自立性が高い曲面切羽を採用，300kW級軟岩トンネル掘進機を用いた全断面機械掘削の早期閉合で施工を行った．

その結果，得られた知見は，以下のようにまとめられる．

① 全断面工法の機械掘削は，補助ベンチ付き全断面工法に比べて，作業の安全性，施工性が向上し，サイクルタイムが短縮できた．

② 不安定な岩盤ブロックなどを取り除き，切羽鏡の掘込み長の目標をL_s＝2.3mとする曲面切羽は，鏡止めボルトなしで，切羽鏡の自立安定が確保できた．

③ 早期閉合距離L_f＝9m，早期閉合施工単位L_c＝3mとし，全断面掘削と早期閉合を交互施工する早期閉合方法は，安定が低い低強度地山のトンネル施工を確実にする．

④ L_f＝9mとし，初期変位速度に応じてL_f＝6mや3mを選択する早期閉合方法は，管理基準値を天端沈下-30㎜，内空変位-50㎜とするトンネル施工ができた．

⑤　内空変位Hの抑制は，早期閉合距離L_tの短縮が有効である．

⑥　早期閉合トンネルの安定性は，早期閉合距離が短いL_t＝６mの方が高い．

⑦　支保工の作用土圧分担は，天端，肩部では，鋼アーチ支保工の方が高い．インバート部は，吹付けコンクリートの方が高くなり，早期閉合距離の短いL_t＝６mはさらに高くなる．

⑧　土かぶり高hが3D以下で，地山強度比が1.5を下まわる低強度地山では，吹付けコンクリート軸力から換算した作用土圧の土かぶり相当高は，H＝18m，22mであった．計画時地山強度比から推定した土かぶり相当高Hの推定値と同等レベルである．

以上に，北側坑口220m間の強度不足地山における早期閉合トンネル施工結果について述べた．現在，地山等級CⅡ，DⅠ地山を対象にして，球面切羽による全断面機械掘削で施工しており，この成果を含めて，山岳トンネル切羽形状と掘削工法について，別の機会に報告する予定である．

最後に，曲面切羽や全断面機械掘削などの施工方法の採用にあたり，今田徹先生，西村和夫先生をはじめ関係各位にご助言をいただき，ここに感謝の意を表します．

参　考　文　献

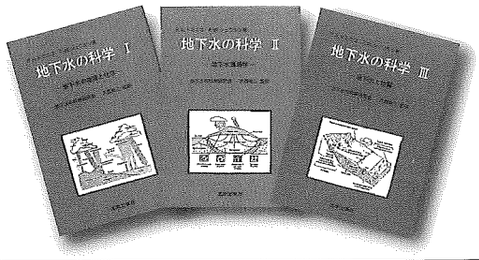
1) 設計要領第三集トンネル編：4-1 施工法の選択，高速道路総合技術研究所，pp.50-51，2009.
2) 中野清人・小川澄・楠本太・樽井稔：早期閉合トンネルの現状と挙動特性，トンネル工学報告集，pp.151-162，2010.
3) 西村和夫・城間博通・楠本太：早期閉合トンネル力学パラメータに関する考察，土木学会第66回年次学術講演会，第Ⅵ部門，2011.
4) 佐藤淳・細野泰生・楠本太：DⅡ地山における切羽の安定形状，土木学会第67回年次学術講演会，第Ⅵ部門，2012.

■図書案内

地　下　水　の　科　学　— 全３巻 —

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

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



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

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

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

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

施工

構造物直下の双設トンネルを早期閉合により施工

—岸谷生麦線トンネルⅡ期線（国道１号行き）—

首都高速道路(株)神奈川建設局生麦工事グループ工事長　多田浩治
首都高速道路(株)神奈川建設局設計グループ担当課長　津野和宏
横浜市道路局横浜環状道路調整部事業調整課課長　石丸潔
西松建設(株)土木設計部設計課課長代理　亀谷英樹

１　はじめに

都市計画道路岸谷生麦線は，全長約1,200mの横浜市道であり，完成後は横浜環状北線の出入口としても利用される関連街路である．このうち，岸谷生麦線の国道１号側約300m区間は都市部山岳工法の双設トンネルで建設する計画である（**写真-1，図-1～3**参照）．

双設トンネルのうち，生麦行きトンネル（以下，「Ⅰ期線トンネル」）は，他工事との関係から施工を先行し，平成19年８月に覆工コンクリートの施工までが完了している．平成24年２月現在においては，後行の国道１号行きトンネル（以下，「Ⅱ期線トンネル」）の覆工まで完了し，坑門工の施工中である．

一般に，山岳工法で併設する道路トンネルを構築する場合には，過去の施工実績や数値解析の実績から，中心離隔を掘削幅の約３倍としている場

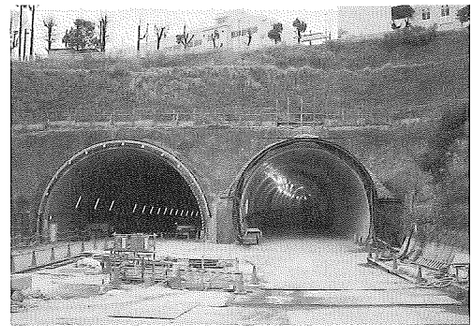


写真-1　トンネル起点側坑口部の全景

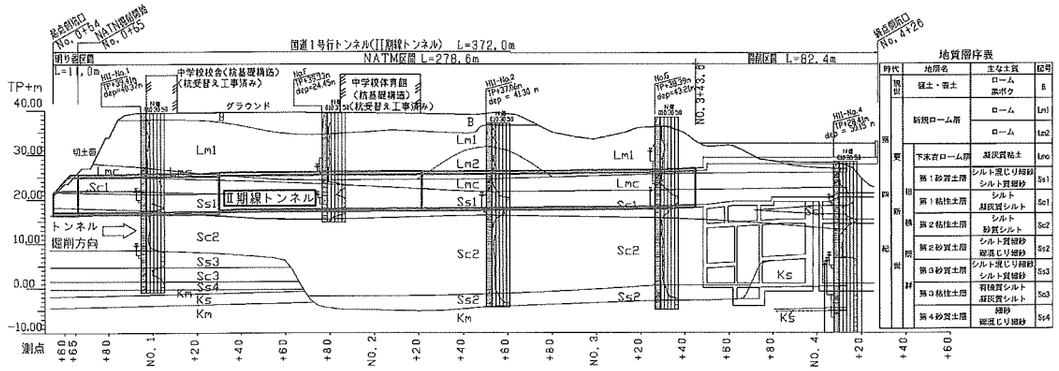


図-1　Ⅱ期線トンネル縦断図

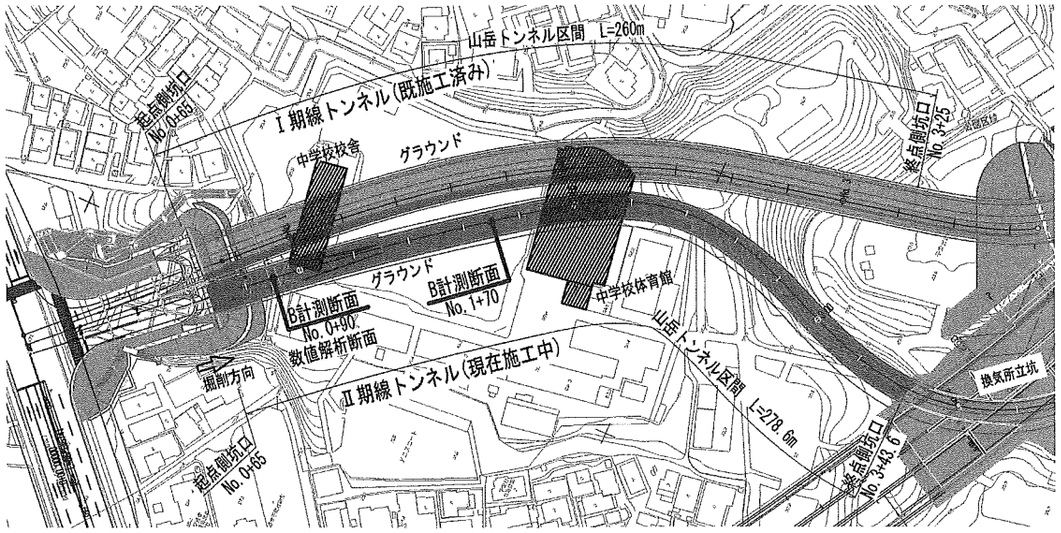


図-2 トンネル平面図

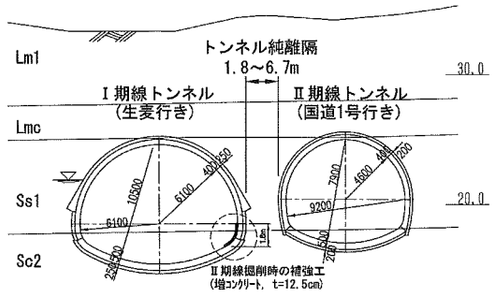


図-3 トンネル断面図

2 地形・地質概要

当該トンネルの掘削地山は，標高約40mの洪積台地に位置する土砂地山であり，上総層群を基盤として，その上位を相模層群の下末吉層ロームと新規ロームが覆う地層層序である．

Ⅱ期線トンネルの切羽に出現する地質は，更新世の新規ロームLm1と相模層群の凝灰質粘土Lmc，シルト質細砂Ss1および砂質シルトSc2である．このうち，切羽上方に出現するLm1，Lmcは比較的硬質であった．トンネル肩部以深に出現するSs1はN＝4～75で，比較的よく締まった砂質土であるが，強度のバラツキが大きい特徴を有していた．Sc2は下半以深に分布する硬質粘性土である．

3 事前の数値解析

3-1 解析概要

Ⅱ期線トンネル掘削前に，Ⅰ期線トンネルと地上構造物への影響評価のために数値解析を実施した．数値解析は，まず，Ⅰ期線トンネル掘削時の計測データから逆解析により，地山物性値を推定し，その結果を用いて，Ⅱ期線トンネル掘削時の影響解析を行った．

合が多い[1]．しかしながら，市街地に建設される当該トンネルでは，現場の諸条件より，掘削を開始する起点側坑口から約150m区間では両者の純離隔を1.8～6.7m程度しか確保できなかった．さらに，土かぶり約13.5mの地表部直上には中学校校舎，グラウンドおよび体育館が存在している．中学校校舎と体育館は杭基礎構造であり，アンダーピニングによる受替え杭の施工を行って，トンネル掘削時には切羽に出現する既設杭を撤去しながら施工を行った．受替え工事およびⅠ期線トンネルの設計・施工については，文献2),3)にて報告済みである．

本稿は，Ⅱ期線トンネルの掘削によるⅠ期線トンネルおよび中学校校舎などへの影響解析と実施工での現場計測結果について報告するものである．

3-2 解析条件

（1） 解析コードと解析モデル

本解析では，有限差分法をベースとしたFLAC[3D]を用いて，二次元平面ひずみ問題・微小変形問題として解析を行った[4]．本検討での解析モデルを図-4に示す．

地山の構成則は，降伏条件をMohr-Coulomb則とした完全弾塑性モデルとした．解析断面は，土かぶりが最大で，中学校校舎手前のNo.0＋90断面とした．

（2） 土質定数

Ⅰ期線トンネルのA計測結果と地表面沈下の計測結果を用いて逆解析した結果，地山の変形係数は表-1の値となった．その他の物性値は地質調査結果などから固定値として設定した[5]．

（3） 支保部材と補助工法

Ⅰ期線では，鋼製支保工H200@1m(SS400)と吹付けコンクリートt＝25cm(σ_{ck}＝18N/mm²)，Ⅱ期線は同様にH150@1mと吹付けt＝20cmをトンネル全周に施工した．数値解析では，吹付けと鋼製支保工を合成梁としてモデル化した．また，本工事ではシステムロックボルトを省略している．Ⅰ期線の覆工・インバート(σ_{ck}＝30N/mm²，t＝60cm，複鉄筋構造)は梁部材としてモデル化した．長尺先受け工法などの補助工法の対象範囲の物性値は，参考文献3),5)を参考にして設定した．また，Ⅱ期線トンネルの掘削影響対策工として，Ⅰ期線のⅡ期線側の覆工脚部に増コンクリート(σ_{ck}＝30N/mm²，t＝12.5cm)を考慮した(図-3参照)．

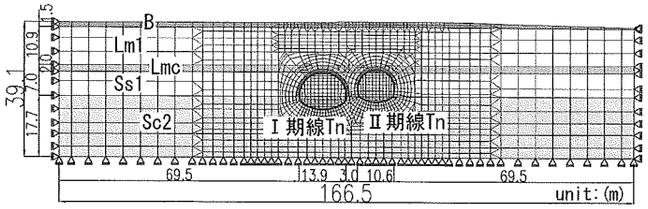


図-4 数値解析モデル図(No.0＋90)

表-1 数値解析に用いた地山物性値

	代表N値	単位体積重量γ(kN/m³)	地山変形係数D(MN/m²)	ポアソン比ν	粘着力c(kN/m²)	内部摩擦角ϕ(deg)
B	1	14	3.44	0.35	8	5
Lm1	5	13	55.9	0.35	35	20
Lmc	3	15	43.0	0.35	55	15
Ss1	32	19	73.1	0.35	4	35
Sc2	7	15	68.8	0.35	140	20

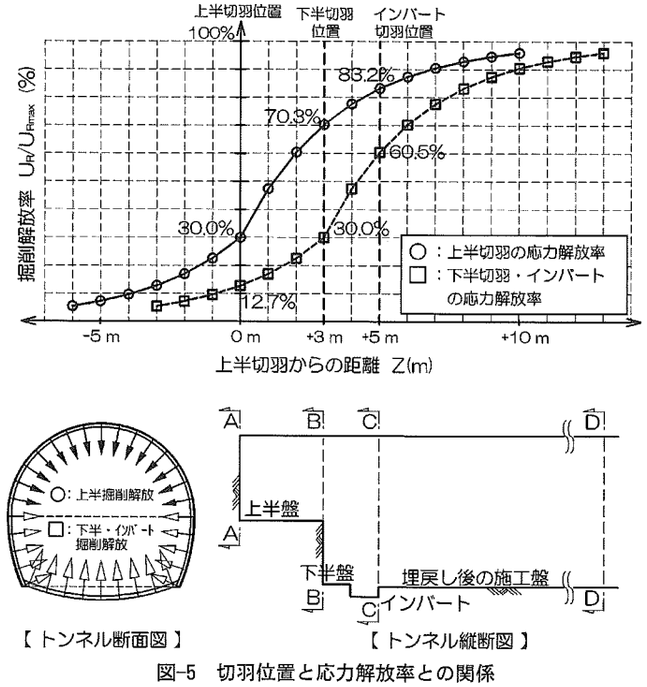


図-5 切羽位置と応力解放率との関係

3-3 全断面掘削・早期閉合の掘削解放率

Ⅱ期線トンネルは全断面掘削・早期閉合による掘削工法を採用した．二次元数値解析において，当該掘削工法の地山応力の解放過程や解放率に関する確立されたモデル化の手法は見当たらない．そこで，本業務では，M.Panet[6]による式(1)の考え方をもとにして，図-5に示すように上半と下半・インバートに関する2本の特性曲線で応力解放をモデル化することとした．例えば，上半切羽到達時(図-5中のA-A断面)では，上半部で30.0%，下

表-2　解析手順と応力解放率

解析ステップ	施工箇所	施工段階	応力解放率※(%) 上半	下半	インバート
STEP1	—	初期応力解析	—	—	—
STEP2	Ⅰ期線トンネル（上半先進掘削工法区間）	上半掘削	30.0	—	—
STEP3		上半支保設置	70.0	—	—
STEP4		下半掘削	—	30.0	—
STEP5		下半支保設置	—	70.0	—
STEP6		インバート掘削	—	—	30.0
STEP7		インバート打設	—	—	70.0
STEP8	Ⅱ期線トンネル（全断面掘削・早期閉合区間）	Ⅰ期線覆工打設 上半掘削(A-A) (先行解放)	30.0	12.7	12.7
STEP9		上半支保設置 下半掘削(B-B)	40.3	17.3	17.3
STEP10		下半支保設置 インバート掘削 (C-C)	12.9	30.5	30.5
STEP11		一次インバート設置，トンネル完成(D-D)	16.8	39.5	39.5

※応力解放率は各ステップの増分量を示す．

半・インバート部で12.7%の掘削相当外力を解放することとした．解析手順と各ステップの応力解放率を**表-2**に示す．

なお，下半とインバートの特性曲線を同一としたが，これはインバートの掘削深さが図-5の断面図のように浅いため，下半掘削時にインバート部の地中応力も同時に解放されると考えたためである．

$Z \geqq 0$(切羽後方)：

$$U_R/U_{Rmax} = c_0 + c_1(1 - e^{-|Z|/(0.7r)})$$

$Z < 0$(切羽前方)：

$$U_R/U_{Rmax} = c_0 - c_0(1 - e^{-|Z|/(0.7r)}) \quad (1)$$

ここで，

U_R/U_{Rmax}：壁面変位率(掘削解放率)

Z：切羽距離(m)

r：トンネル半径(＝5 m)

c_0：先行変位率(＝0.3)

c_1：$1-c_0$

表-3　トンネルの内空変位と沈下量の解析結果

（単位：mm）

施工過程	Ⅰ期線トンネル 天端沈下 N1	Ⅰ期線トンネル 水平変位 N2-N3	Ⅱ期線トンネル 天端沈下 N1	Ⅱ期線トンネル 左壁沈下 N2	Ⅱ期線トンネル 右壁沈下 N3	Ⅱ期線トンネル 水平変位 N2-N3
Ⅱ期線上半(Step 9)	−7.8	1.3	−9.3	−8.5	−7.5	−0.1
Ⅱ期線下半(Step10)	−5.8	0.9	−7.2	−6.3	−5.1	−1.2
Ⅱ期線インバート(Step11)	−2.0	−1.3	−4.2	−2.0	−0.7	−0.4

※正値は隆起と伸長，負値は沈下と収縮を示す．計測変位相当を示す．

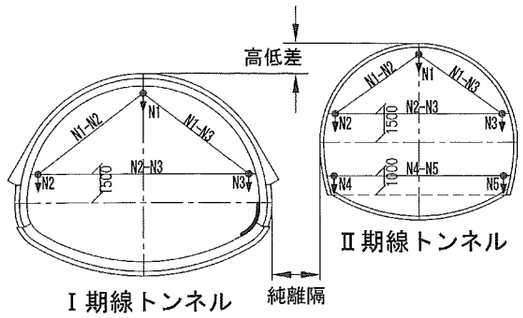
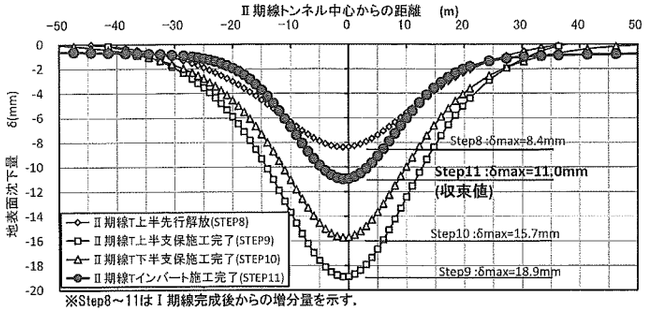


図-6　A計測工の測点位置とトンネル位置関係



※Step8～11はⅠ期線完成後からの増分量を示す．

図-7　地表面沈下の解析結果

3-4　数値解析の結果

（1）　Ⅰ・Ⅱ期線トンネルの変位量と地表面沈下量

Ⅱ期線トンネルの掘削前後におけるⅠ・Ⅱ期線トンネルの変形量・沈下量と地表面沈下量を**表-3**(計測点の位置は**図-6**を参照)と**図-7**に示す．トンネルの変形量は微小であり，地表面沈下に関しても過去の施工事例などから決めた管理基準値(δ＝30mm)を十分満足する結果となった．

（2）　Ⅰ・Ⅱ期線トンネルの断面力図と断面力の照査

Ⅰ・Ⅱ期線の覆工と支保工の断面力図(Step11)

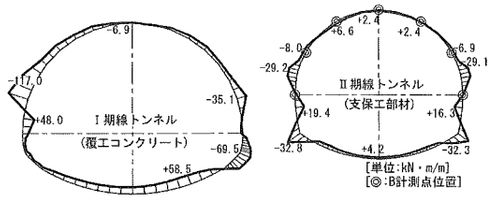


図-8　Ⅰ・Ⅱ期線の支保工と覆工の曲げモーメント（STEP11）

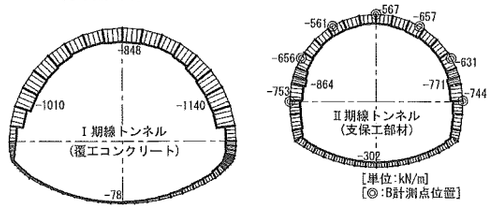


図-9　Ⅰ・Ⅱ期線トンネルの支保工と覆工の軸力（STEP11）

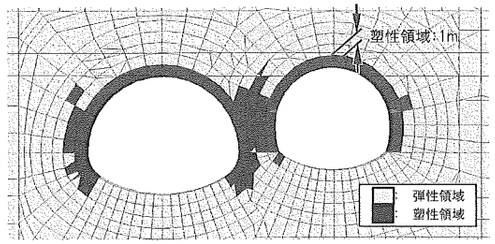


図-10　地山の塑性領域の分布(Ⅱ期線トンネル掘削後，Step11)

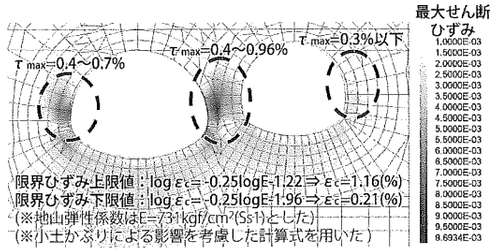


図-11　地山の最大せん断ひずみ分布(Ⅱ期線トンネル掘削後，Step11)

を**図-8, 9**に示す．両トンネルの断面力図では，顕著な偏圧とは言えないが，ピラー側の断面力がやや大きいことがわかる．

なお，これらの断面力は許容応力度以下であることを確認した．

（3）　地山の塑性領域と最大せん断ひずみ

塑性領域と最大せん断ひずみの分布図を**図-10, 11**に示す．同図より，Ⅱ期線トンネル掘削完了後の地山は，トンネルのアーチ周辺1m程度とトンネル間のピラー部が塑性化している．また，最大せん断ひずみもピラー部に集中しており，櫻井ら[7]の限界ひずみγ_{max}＝0.21～1.16%(計算式は図-11参照)をおおむね超過している．

これらの地山状態は，後述する計測結果において，Ⅱ期線トンネルにピラー部からの側圧が卓越したことの原因になっていると考えられる．

4　トンネル掘削状況と計測結果

4-1　Ⅱ期線トンネルの施工状況

Ⅱ期線トンネル掘削時の切羽は，軽微な肌落ちが発生したものの，長尺鏡ボルトなどの補助工法の効果によって，切羽全体が不安定化することはなかった(**写真-2**参照)．中学校校舎および体育館直下では，既設杭が切羽に出現し，その都度，切羽にてワイヤーソーを用いて撤去を行った(**写真-3, 4**参照)．既設杭はφ0.8～1.1m程度のRC杭であり，校舎下4本と体育館下4本の合計8本を撤去した．また，このほかに仮設のH形鋼杭も多数出現し，同様に撤去を行った．撤去作業時には，鏡吹付けコンクリートによる切羽養生を行って安全性を確保したが，杭の出現する場所によっては作

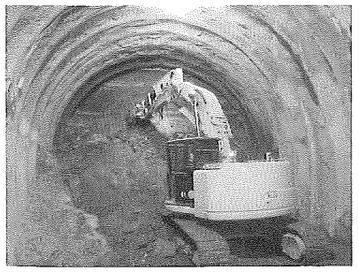


写真-2　Ⅱ期線トンネル掘削時の状況

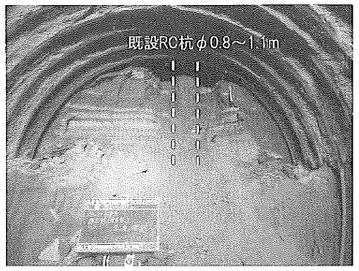


写真-3　Ⅱ期線トンネルの切羽における既設杭の出現状況



写真-4　Ⅱ期線トンネルの切羽での既設杭の撤去状況

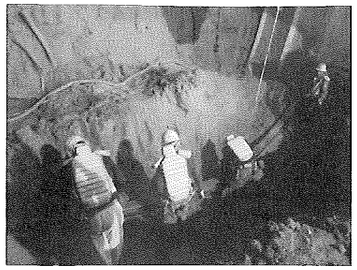


写真-5　一次インバートの鋼製支保工の設置状況

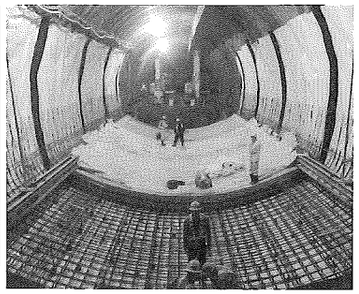


写真-6　本インバートの施工状況

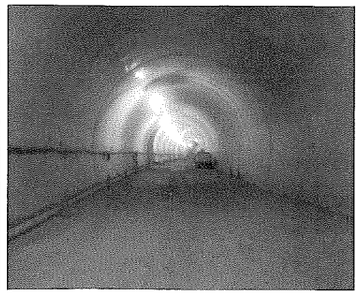


写真-7　覆工打設完了

業性が大きく低下し，狭隘な作業場所での撤去作業が長時間に及ぶことも多かった．

早期閉合による一次インバートは上半切羽の後方５mで施工した(**写真-5**参照)．インバート部の地質は主として相模層群の硬質粘性土Sc2であり，施工中に周辺地山が不安定化することはなかったが，少量の湧水が発生することもあり，その場合は泥濘化により作業性が大きく低下した．一次インバートの施工後，本インバートと覆工を順次施工した(**写真-6, 7**参照)．

一次インバートの断面閉合による変位抑制効果は非常に高く，後述するように閉合後の変形・沈下量の増加は微少で，Ⅰ期線トンネルの覆工コンクリートや地上構造物にひび割れなどの変状は発生しなかった．

4-2　Ⅰ・Ⅱ期線トンネルのA計測結果

実施工におけるNo.0＋90(解析断面)のA計測結果を**表-4**に示す．同表に記載した解析結果と比較すると，符号が反転しているところもあるが，その差は数㎜程度の小さいものであった．

図-12, 13に，Ⅱ期線トンネルの測点とⅠ・Ⅱ期線トンネルのA計測結果(沈下量と内空変位)の収束値との関係を示す．なお，A計測工の計測点の位置は前記した図-6に示す．図-12, 13において，No.0

表-4　トンネルA計測結果と解析結果との比較(No.0＋90,単位:㎜)

	Ⅰ期線トンネル		Ⅱ期線トンネル			
	天端沈下 N1	水平変位 N2-N3	天端沈下 N1	左壁沈下 N2	右壁沈下 N3	水平変位 N2-N3
計測値	＋1.1	＋1.0	－2.2	－2.2	－4.0	－3.0
解析値 (Step11)	－2.0	－1.3	－4.2	－2.0	－0.7	－0.4

※正値は隆起と伸長，負値は沈下と収縮を示す．計測変位相当を示す

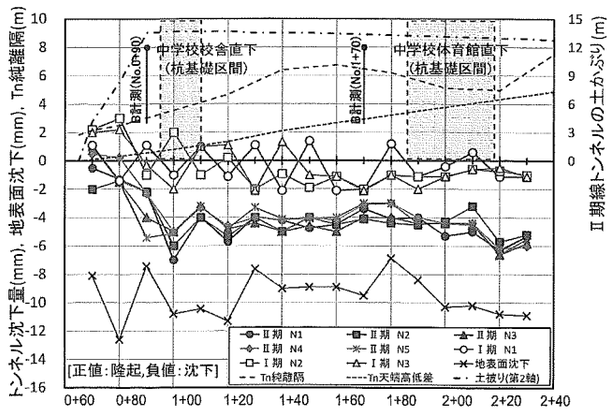


図-12　Ⅱ期線トンネル測点と沈下量との関係

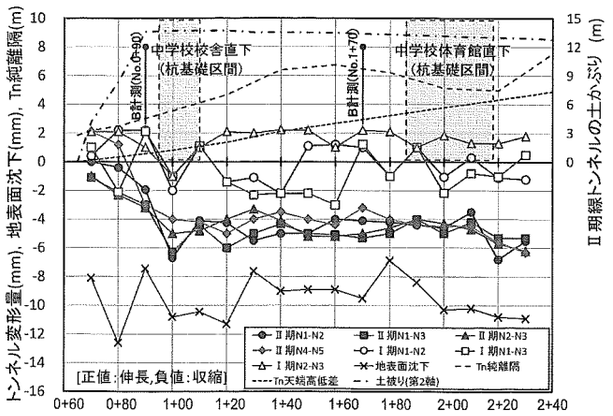


図-13　Ⅱ期線トンネル測点と内空変位との関係

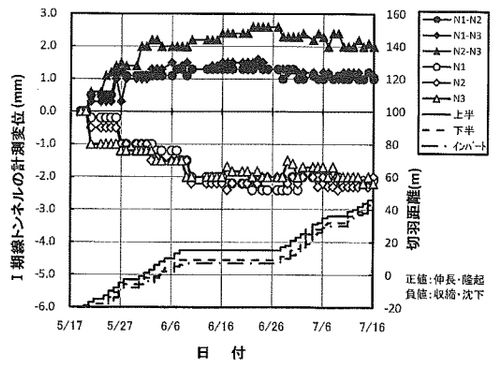


図-14　Ⅰ期線のA計測結果(No.1＋70：グラウンド下のB計測断面(図-2参照))

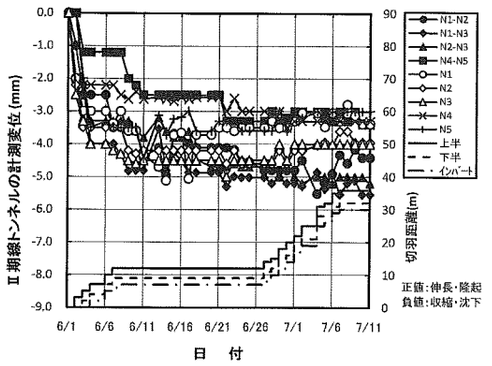


図-15　Ⅱ期線のA計測結果(No.1＋70：グラウンド下のB計測断面(図-2参照))

＋90付近までは内空変位・沈下量は土かぶりとともに徐々に大きくなるが，それ以降，土かぶりが一定になるとおおむね一定の値を示した．

Ⅱ期線トンネルの沈下量は，天端から下半脚部までおおむね－４㎜と同程度の沈下量を示しており，トンネルは全体的に沈下する傾向となった．また，内空変位は－3～－６㎜程度でほぼ一定値を示した．Ⅰ期線トンネルでは，多くの計測断面で水平測線N2-N3が約＋2㎜の伸長となり，横つぶれモードを示した．これらの計測区間では，両トンネルの純離隔が約4.0～6.5m，天端の高低差は約1.0～3.5m(Ⅱ期線の方が高い)で変化しているもののA計測結果に有意な傾向は確認できなかった．なお，図-12, 13のNo.1＋00とNo.2＋20付近で，変位量や地表面沈下量が若干大きくなっていることは，切羽に出現し撤去した既設杭が多かったことに起因していると考えられる．

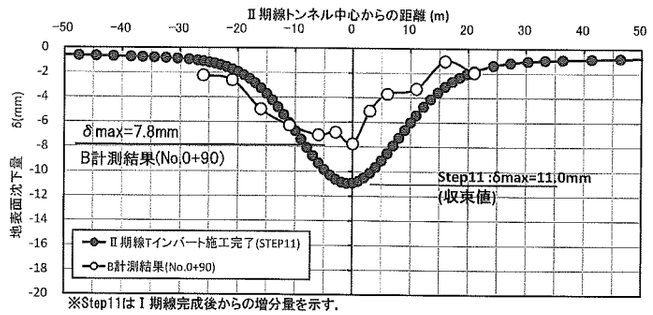
図-14, 15にⅠ・Ⅱ期線のA計測の経時変化図を示す．同図より，トンネル閉合後(上半切羽後方５m以降)に増加する変位・沈下量は１～２㎜と微小であり，早期閉合による変位抑制効果が有効に発揮されたと評価できる．

4-3　地表面沈下の計測結果

解析断面(No.0＋90)における地表面沈下(計測結果)のトンネル横断方向の分布を**図-16**に示す．同図において，数値解析の収束値(Step11)と計測値を比較すると，両者の分布傾向はおおむね等しく，最大沈下量は計測値の方が解析値よりも約30%小さい結果となった．また，計測値は管理基準値(δ＝30㎜)に対して約26%と小さく，十分安全な施工を行うことができた．

トンネル縦断方向の地表面沈下(Ⅱ期線直上の計測値)を図-12, 13に示す．同図より，土かぶりが一定になるNo.0＋90以降は，地表面沈下が安定し，Ⅱ期線直上の収束値は6.9～11.3㎜となった．これらの値に関しても管理基準値に対して，十分小さなものであり，トンネル全線にわたって地表部の安全性を確保できたと評価できる．

Ⅱ期線トンネル直上の地表面沈下比率と上半切羽距離との関係を**図-17**に示す．同図は，上半切羽の進行に対応した計測沈下量を各測点の収束値で正規化したものである．同図から，切羽前方は後方に比較してバラツキが大きいことがわかる．



※Step11はⅠ期線完成後からの増分量を示す．

図-16　地表面沈下の計測結果と解析結果との比較(No.0＋90)

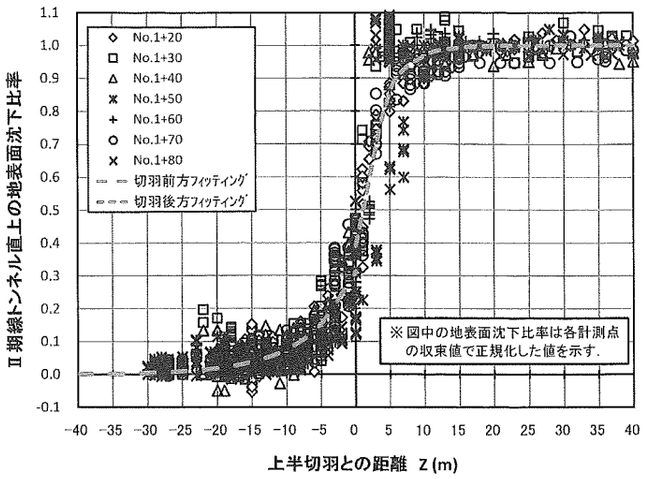


図-17　地表面沈下比率と上半切羽距離との関係

表-5　地表面沈下計測値による変形特性値の推定

	先行解放率 c_0	収束係数 $0.7r$	相関係数 R
切羽前方のフィッテイング	0.311	7.068	0.760
切羽後方のフィッテイング	0.391	3.408	0.958
数値解析の設定値	0.300	3.500※	—

※トンネル掘削半径を $r=5.0$mとして計算した.

これは，先受け工法や鏡ボルトの施工時の影響，鏡ボルトのラップ位置の影響および土質条件そのものの不均一性などによってバラツキが大きくなっていると考えられる．一方，切羽後方は全断面掘削による早期閉合の効果によって，地山の安定性が向上し，計測値のバラツキも小さくなっていると考えられる．

図-17において，前述したM.Panet[6]の式(1)でフィッティングを試みた．推定パラメータは先行解放率に相当する c_0 と変位収束の挙動に関係する係数$0.7r$(r：トンネル半径)の２つとした．その結果を**表-5**に示す．同表より，計測結果から算出した変形特性値は，数値解析での設定値におおむね近い値となった．また，相関係数Rの評価は，「$R=\pm0.7\sim\pm0.9$：強い相関がある」「$R=\pm0.9\sim\pm1.0$：きわめて強い相関がある」と言われており，M.Panet[6]によるモデル化と事前数値解析の特性値によって，実現象を精度よく再現できていることがわかった．

当該現場では，上半切羽後方５mでインバート閉合しているが，この近似曲線によると，断面閉合後に発生する地表面沈下は全体の約14%，上半切羽10m(＝1D)通過後では全体の約３%との結果になった．一般に，変位の収束は切羽後方2D程度と言われていることを考えると，早期閉合の効果によって，変位収束性が向上していると評価できる．

4-4　Ⅱ期線トンネルのB計測結果

Ⅱ期線トンネルのB計測工は，No.0＋90(校舎手前)とNo.1＋70(グラウンド下)の２断面で実施した(図-2参照)．両断面におけるトンネルの純離隔はそれぞれ3.0mと6.5m，トンネル天端の高低差はそれぞれ0.6mと2.9m(Ⅱ期線の方が高い)である．Ⅱ期線の土かぶりは両者ともに約13.5mである．

両断面のB計測結果を**図-18～23**に示す．図中の計測時期は，下半掘削時，インバート閉合時および変位収束時の３点とした．これは，図-5中のB-B，C-CおよびD-Dにそれぞれ対応している．

(１)　No.0＋90のB計測結果

図-18の鋼製支保工の曲げモーメントは，上半全体が弱い外曲げとなっており，天端と左肩部はとくに外曲げが集中している．一方，解析結果(図-8参照)では，天端に若干の内曲げが発生し，肩部は外曲げを示していた．計測結果と比較すると，曲げモーメントの方向が逆転している箇所もあるが，その差は10kN･m/m以下と小さい．

同様に，吹付けコンクリートと鋼製支保工の軸力の合計について，図-19と図-9で比較する．天端，左肩および左側壁の軸力は，計測結果の方が解析結果よりもかなり大きい結果となった．とくに天端の軸力が卓越している．曲げの方向から考えると，ピラー部からの側方土圧により，Ⅱ期線が縦長変形となって，天端に外曲げと軸力が集中したと考えられる．図-20の地中変位計においても，掘削進行に伴って，徐々に天端測点(E1：破線部)が地山側へ変位し，縦方向へ伸長していることがわかる．

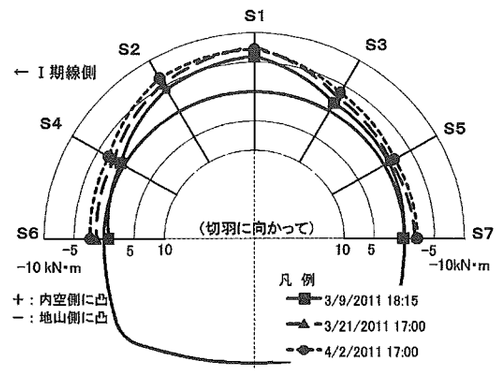


図-18　鋼製支保工の曲げモーメントの計測値
(No.0＋90)

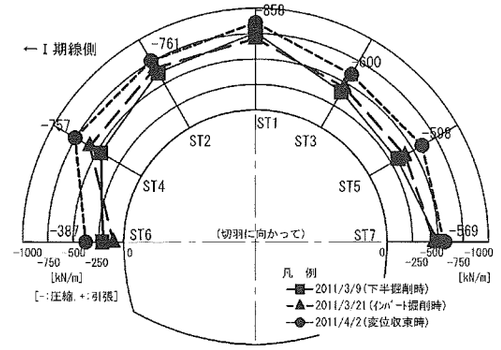


図-19　吹付けと鋼製支保工の軸力の計測値の合計
(No.0＋90)

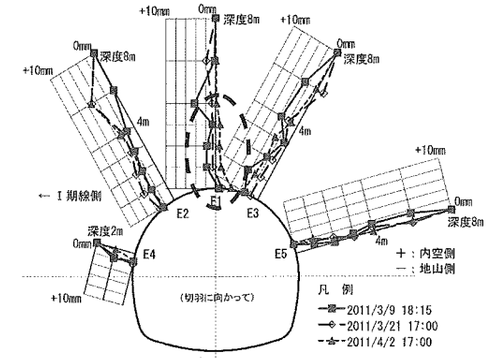


図-20　地中変位計測結果(No.0＋90)

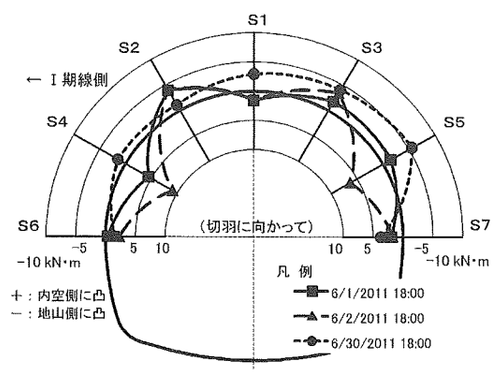


図-21　鋼製支保工の曲げモーメントの計測値
(No.1＋70)

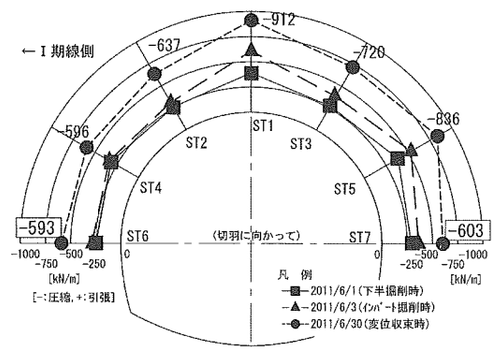


図-22　吹付けと鋼製支保工の軸力の計測値の合計
(No.1＋70)

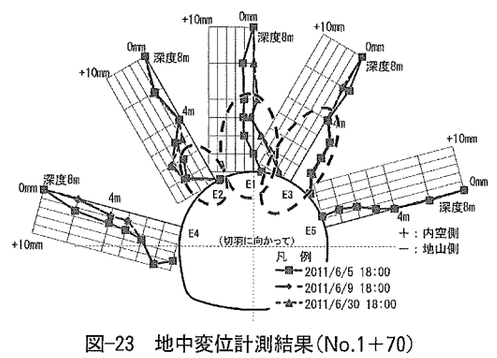


図-23　地中変位計測結果(No.1＋70)

(２)　No.1＋70のB計測結果

図-21より，断面閉合するまでは側方土圧を受けている傾向があるが，閉合後は右肩方向に伸長する傾向がある．これは，Ⅰ期線側であるⅡ期線の左肩方向からの偏圧の影響であると考えられる．このため，図-22の軸力図では，天端から右肩部にかけての軸力が大きくなっている．図-23の地中変位計でも天端E1と左右肩部E2，E3(図中の破線部)が地山側へ変位している結果となった．とくに，右肩部E3の地山側への変位が大きい傾向にある．

5　双設トンネルの変形形態と数値解析の問題点

5-1　双設トンネルの変形形態の整理

一般に，近接した双設トンネルでは，ピラー部の地山に応力集中が発生することが知られている．当該トンネルにおいても数値解析でピラー部の地山が塑性化することが確認され，実施工でもピラー側からの側圧が作用していると推察される．しかし，前述した２つのB計測断面では，計測結果に明確な差異があった．その一因として，トンネルの純離隔，高低差の変化が考えられる．

すなわち，純離隔と高低差がともに小さいNo.0＋90の場合では，ピラー部に応力集中が発生して側圧が大きくなり，以下の理由によって，Ⅱ期線トンネルに側圧の影響が顕著に表れたと考えられる(**図-24**参照)．

① 覆工打設済みのⅠ期線よりもⅡ期線の方が支保剛性が小さい．

② Ⅱ期線の方がⅠ期線よりも比較的縦長形状であるため，側方荷重による変形が大きくなる．

③ 早期閉合による支保部材のリング効果によって，側方荷重を縦方向へ伝達しやすい．

ただし，この側圧によってトンネルの沈下や変形量が小さくなったことが，地表面沈下を小さく抑制できた一因とも考えられる．

一方，No.0＋90よりも純離隔と高低差がともに大きいNo.1＋70の場合では，断面閉合後に左肩部からの偏土圧が卓越し，右肩方向への伸長と当該部に断面力が集中したと考えられる(**図-25**参照)．この原因として，Ⅰ期線とⅡ期線のゆるみ域が干渉したことが考えられる．

ここで，図-22のSL部の軸力から，ゆるみ荷重相当のⅡ期線のゆるみ高さh_{o2}を式(2)のように算出した．また，その値とⅠ・Ⅱ期線のトンネル幅比からⅠ期線のゆるみ高さh_{o1}を式(3)のように計算したところ，両者のゆるみ域が図-25のように干渉する結果となった．このゆるみ域の干渉によって，左肩部からの偏土圧が卓越したと考えられる．

$$h_{o2}=(N_{st6}+N_{st7})/(B_2\times\gamma)$$
$$=(603+593)/(9.7\times14)=8.81\text{m} \quad (2)$$
$$h_{o1}=h_{o2}\times B_1/B_2=8.81\times13.9/9.7=12.62\text{m} \quad (3)$$

ここで，

h_{o1}, h_{o2}　：Ⅰ・Ⅱ期線トンネルのゆるみ高さ(m)

N_{st6}, N_{st7}：図-22中のSL部の軸力(＝593，603kN/m)

γ　：地山の平均単位体積重量(＝14kN/m³)

B_1, B_2：Ⅰ・Ⅱ期線トンネル幅(＝13.9, 9.7m)

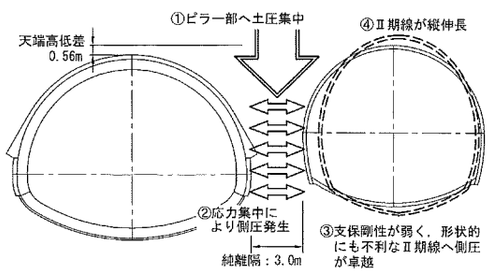


図-24　No.0＋90(解析断面)での変形形態の推定

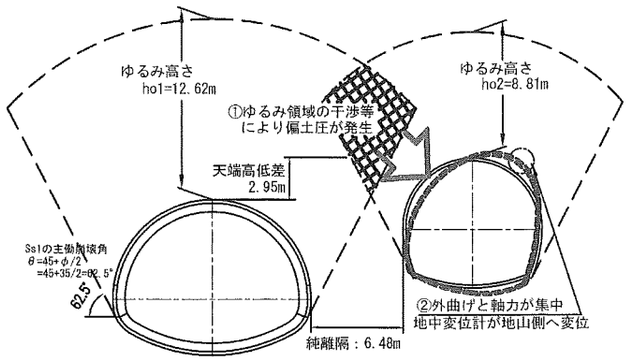


図-25　No.1＋70での変形形態の推定

5-2　全断面掘削・早期閉合に関する数値解析の問題点

本数値解析では，Ⅰ期線トンネルや近接構造物への影響について，大局的に安全側の評価を行うことができた．しかしながら，支保部材の偏圧傾向や変形モードを精度よく再現することはできなかった．その原因として考えられる事項を以下に整理する．

① 偏圧傾向を表現するためには，ピラー部の挙動をより正確に再現する必要がある．本解析では，地山を完全弾塑性体としたが，ひずみ軟化モデルなどの高精度な構成則を適用する必要があると考えられる．

② 全断面掘削・早期閉合は，上半，下半およびインバートが近接しているため，「応力解放率の干渉」や「地山や支保部材のトンネル軸方向の拘束」が発生する．通常の二次元解析ではこれらを考慮することはできないが，本検討では，独自の手法で前者のモデル化を行った．しかし，後者のモデル化までには至らなかったため，表-3や図-7のように，各解析ステップでトンネル変形量やリバウンド量および地表面沈下量が極端に変化する結果になったと考えられる．しかし，実現象としては，トンネル軸方向への支保工と地山の剛性や拘束によって，これらの変形量は中間的なものになると考えられる．この影響を厳密に考慮するためには，三次元解析手法の適用が必要であるが，実務上では，二次元解析で新たな手法を開発することが望ましいと考えられる．

6　ま　と　め

当該工事では，地上構造物に近接した双設トンネルという過酷な現場条件下で，適切な掘削工法と補助工法を採用し，多様な計測管理を併用することによって，安全で合理的かつ経済的な設計・施工を行うことができた．

全断面掘削・早期閉合による掘削工法は，トンネルや地表面の変形・沈下抑制効果が大きく，その収束性も良好であった．

地表面沈下は，数値解析による予測よりもやや小さく，管理基準値に対して十分余裕のある値で施工することができた．トンネルの変形や断面力に関しては，数値解析によって，偏圧傾向や変形モードを精度よく予測することはできなかったが，大局的に安全側の評価を行うことができた．

本工事の設計・施工は，土木工事の実務レベルでは十分な精度であったと考えられるが，今後は，その信頼性の向上のために，数値解析による予測精度の向上と，施工実績の積み重ねによるさらなるデータ分析が必要であると考える．

さいごに，本業務の実施に際しては，「岸谷生麦線トンネルの設計施工に関する小委員会」(委員長：今田徹・東京都立大学名誉教授)をはじめとする関係各位に多大なるご指導とご協力をいただいた．ここに，深く感謝の意を表する次第である．

参　考　文　献

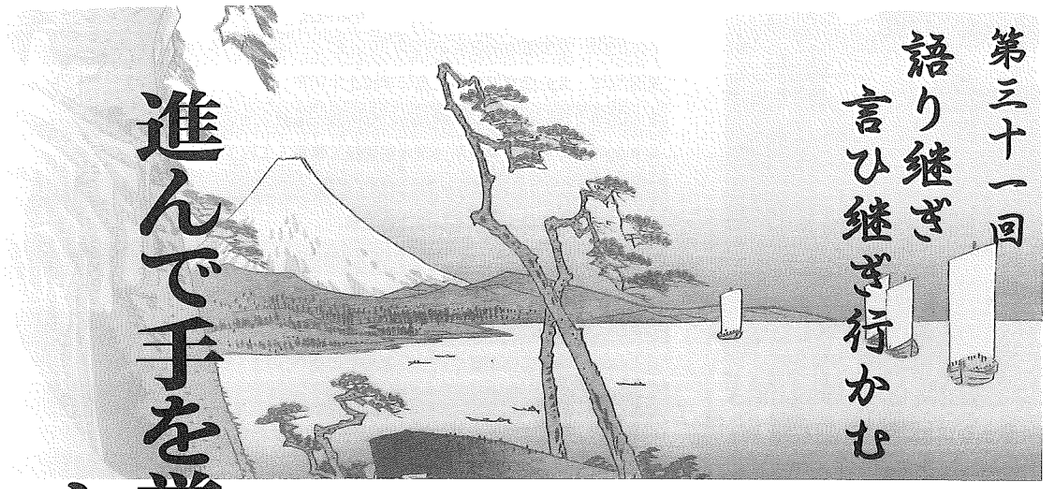
1) 例えば，日本道路協会：道路トンネル技術基準(構造編)・同解説，pp.88-89，丸善，2003.
2) 寺山徹・津野和宏・石黒順一・守山和郎：横浜市道岸谷生麦線トンネル建設に伴う生麦中学校校舎アンダーピニング工事の設計・施工概要，基礎工，Vol.35，No.5，pp.60-64，2007.5.
3) 津野和宏：全断面早期閉合による都市部山岳工法トンネル安定対策，トンネル工学報告集，Vol.17，pp.43-49，2007.11.
4) Cundall, P.A. and Board M.: A Microcomputer Program for Modeling Large-Strain Plasticity Programs, Proc. of the 6th International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, 1988.
5) 首都高速道路神奈川建設局：岸谷生麦線トンネルの設計施工に関する小委員会報告書(案)，2007.6.
6) M. Panet：Time-dependent deformation in underground works，Proceedings International Congress on Rock Mechanics 4th, 790902, Vol.3, pp.279-289，1979.
7) 桜井春輔・足立紀尚：都市トンネルにおけるNATM，鹿島出版会，p.35，1988.12.

土木情報 No.469 今月の主な入札結果

（5月10日～6月9日）

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
関東地整	渋谷駅東口地下広場(南東部)出入口	大和小田急建設	246
〃	北国分堀之内改良その3	共立建設	238.7
〃	R246渋谷ポンプ室新設等	東急建設	389
近畿地整	丹波綾部道路瑞穂T大簾地区	西松建設	3,220
九州地整	宮崎218号蔵田第1T新設	前田建設工業	1,877.88
〃	東九州道(佐伯～蒲江)蒲江T北新設	大本組	2,473.7
東日本高速道路	関越自動車道関越T(下り線)はく落防止対策	ショーボンド建設	154
西日本高速道路	新名神高速道路箕面T西	鹿島建設	6,780
都・下水道局	港区赤坂六，九丁目付近再構築	ティーディーイー	228.1
都・水道局	港区港南三丁目地先から同区港南四丁目地先間配水本管(800㎜)布設替	岩田地崎・須藤JV	1,136.8
〃	新座市本多一丁目地内から朝霞市泉水一丁目地先間原水連絡管(2000㎜)用T築造	大日本・あおみJV	1,579.47
高知県	県道足摺岬公園線社会資本整備総合交付金(松尾T(松尾工区))	生田・田邊・新谷JV	1,041.8
東京都新都市建設公社	町田市公下小山4号雨水幹線その4	古久根建設	207.9
〃	〃 木曽東四丁目雨水枝線	多摩住起建設	197
足利市	公下福居町地区溢水対策	石橋・中村JV	155.7
江戸川区	都計道補助第286号線(中央)街路及び雨水貯留管整備(その1)	大達土木	290
〃	〃 (その2)	星見建設	330
横浜市	南部処理区初音雨水幹線下水道整備(その2)	青木あすなろ・みらいJV	383.1
〃	戸塚駅前地区中央土地区画整理事業都計道柏尾戸塚線道路本体築造(その13)	東海道本線戸塚駅付近こ道橋新設JV	326
相模原市	公下大野台地区雨水幹線整備(1工区)	アコック	103.79
新潟市	東下7号横越排水区枝線A14～A15下水道	ノガミ	111.3
長岡市	浸水補東1号浸水対策下水道(貯留管)	河田・曙・サンケンJV	406.88
〃	〃 三1号浸水対策下水道	河田・稲建・曙JV	183.67
上越市	公汚補24-10-22号稲田汚水幹線1412	草間・宮沢JV	100
〃	〃 24-10-21号稲田汚水幹線1437	田中・草間JV	107
春日井市	勝川公園雨水調整池築造	大幸・アサヒJV	313
京都市	塩小路幹線(その1)公下	竹中土木・東亜・益田・植田JV	3,261
倉敷市	川入地内ほか配水管新設(その1)	奥村・横本・堀JV	920
高知市	江ノ口雨水貯留管築造	戸田・新進・啓大JV	3,238.5
〃	南部1号汚水幹線管渠築造	福留・晃立JV	241.5

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



進んで手を挙げたトンネル人生

(元)(株)フジタ
本河 経男

はじめに

会社に入って最初の現場がトンネルだった．それからの会社人生を卒業するまでズーッとトンネルだった．大小あわせて26本，20km程度を掘ってきた．トンネルの話があれば自分から手を挙げた．今から考えると，それは，ひとつとして同じトンネルはなく，常に新しいものへの挑戦であり，失敗もあればうまくいったものもあり，「次はきっとうまくやる」という気持ちから，進んで手を挙げたものと思う．だから全部のトンネルにそれぞれの思い出がある．

今回の依頼の趣旨を聞くと「後輩に伝えたいこと」を書いてくれとのことだったので，特徴のある工事を振り返り，思うところを書いてみる．

最初の工事(木製支保工を使用した当社最後の工事)

なんといっても最初に思い出すのは会社に入って最初のトンネル現場で，昭和36年，中国地建国道9号線大峠地内道路改良工事である．木製支保工最後の工事で123mと141mの2本のトンネルを同時にやっていた．同じ路線でK組が823m，T建設が151mと95mのトンネルをやっていたが，この時期は機械が日進月歩で進化する時代でK組は8tのバッテリーロコと鋼車を使用しており，T建設はディーゼルロコを使用していた．それなのに，わが社はウインチ式の0.3m³積み木製トロで上り勾配はウインチで引張り，下りはウインチを緩め，平地は人力で押すという次第で，後発会社のレベルの違いをまざまざと感じた．

掘削方法も木製支保工で底設導坑から頂設導坑を掘り，後光梁を張りながら上から下へと下がってくる．国道断面だから60m²程度あり，30m²くらいの単線鉄道断面に用いていた木製支保工の工法を持ってきたわけだから，おそらく変位も大きくなっていたものと思う．コンクリートを打つころは



著者近影

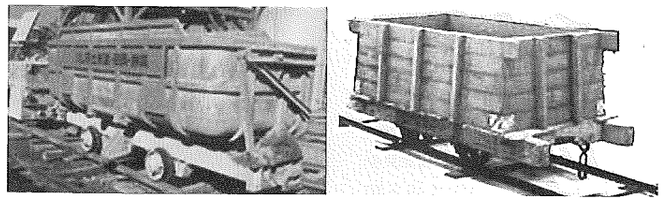
山が押してきてビシッバキッと山がなり，いつ山が来るかと気持ち悪かった．コンクリートを打っていると巻厚がない箇所があり，下の方のコンクリートが固まってから縫い直すという次第で，一向に進行が行かなった気がする．木製支保工は生の松丸太で重いし，また，コンクリートは尻鍬（しりくわ）と呼ばれる作業員がスコップを使って人力で跳ね上げていたので，坑夫は大男しか務まらない作業だった．

大峠の片番は20人程度いた（切羽は底設導坑６人，頂設導坑４人，丸型４人，中割・土平６人）．今からは想像できない人海戦術だった．そんななか，コンプレッサー番の夫婦がいた．コンプレッサーはこのころのトンネルの心臓だった，これが止まると仕事が止まった．削岩機も，ピックもロッカーショベルもエアーだった．コンプレッサーも大きかった．潤滑油も手差しだったし，調整が必要で，すぐオーバーヒートした．コンプレッサー番の夫婦とは言ったが旦那の方は昼間，鍛冶屋をやって，そのあいだ，奥さんがコンプレッサーを見ていた．鍛冶屋はビットの研磨，木製支保工をつなぐカスガイ作り，ロットの折れたやつを圧接したりと大忙しだった．

今から考えると，1961（昭和36）年からの10年間は所得倍増計画に乗って驚異的に経済成長した時代で，トンネルも機械化が進み，同じ時期に片方では0.3m³の木製トロを人力で押しているかと思うと，片方では８tバッテリーロコで鋼車を引張っているという光景が同時に見られ，時代の変化の激しさを物語っている．

著者略歴

昭和15年	東京都本郷区生まれ
昭和34年	大分県立日田林工高等学校土木科卒
昭和36年	（株）藤田組（現（株）フジタ）入社　国道９号線大峠地内道路改良工事
昭和39年	加茂第１発電所加茂水路建設工事第１工区工事
昭和41年	国道181号線四十曲隧道第１工事
昭和44年	窪江線大保木トンネル他工事
昭和46年	国道191号人形トンネル第２，須佐トンネル，大刈トンネル第２工事
昭和51年	岩日北線第１須川ずい道工事　以後，現場代理人
昭和53年	智頭線高倉山ずい道（北）その他工事
昭和56年	常磐自動車道成沢トンネルその他（その１，その２）工事
昭和59年	近畿自動車道丹南第１トンネル工事
昭和62年	津江導水路鳳来工区（一期～三期）工事
平成５年	耶馬渓導水路トンネル築造工事（７工区）
平成９年	九幹鹿，小畑T外他１，２工事
平成12年	定年　現在に至る



3 m³鋼車と0.3m³木製トロ

ウラン鉱石

昭和39年，岡山県企業局加茂第一発電所加茂水路建設工事第一工区は，圧力ずい道による水路トンネルでH組の第２工区が上口，フジタが下口で下口の最後が高さ42.5mのサージタンク，それより下流はO組が鉄管路と発電所工事であった．横坑で入り，右側は下口サージタンクへ，左は上口へ向かって掘った．上口側は地山が良かったが，下口側はウラン鉱石が出るわ，風化が進んでいるわで，60％が素掘りのはずが７％しかない．工事は県が発電所を作り，売電してまかなうもので，予算はとっくに使い果たし，設計変更はできない．最後は少しでも早く売電するため，当初予定の３月末を２か月前倒しするものだから，12月31日まで仕事し，元旦１日だけ休んで３日には通水試験をするというハードな工事で，上流から高圧グラウトしたセメントノロが流れてきて水路底に溜り，硬く固結したのをハツリとって土嚢につめ，手押し車でサージタンクまで運んで吊り上げて持ち出すという次第で，大赤字の現場だった．ウラン鉱石は赤茶色の粘土のようなもので，ほかの重金属同様，マグマが上がってきたときに熱水とともに上がってきたものらしい．何回か原子燃料公社人形峠鉱業所から切羽を調べにきたが，含有量が少なく，使い物にならなかったようだ．

おそらく多少なりとも放射線を発していたものと思うが，調査に来た人たちも防護服を着ていたわけでもなく，私自身，現在も当時もとくに変化がないところを見ると問題なかったものと考えられる．

しかし，今回のように放射線が注目を集めるようになってきたら，重金属を含む熱水変質部が現れた際は，一応，線量計なりを持って測定するくらいはしなくてはならないのかもしれない．

一次巻きとロックボルト

昭和41年，国道181号線四十曲隧道工事は全長約1,863mで，当時，日本の国道トンネルでは４番目に長いトンネルだった．

前述したように，ほんの５年前は0.3m³の木製トロで仕事していたのに，もう10指に入るトンネルをやっていたが，下手ばっかりやっていた．今から考えると会社自体も勉強していた時代だったのだろう．

場所が裏大山の標高630mのところで２mも雪が積もり，雪崩で交通遮断になったり，生コンプラントが凍結してコンクリートが打てなかったり，レールも滑って，電車が谷底に落ちたり，偏圧を食らって導坑が押しつぶされたりした．そんな中で，初めて使った鋼製支保工の前に矢板を張り，中にコンクリートを流し込んで固める一次巻きを施工した．それでも押されるとロックボルトを打った．ロックボルトを打つという感覚は当時は一般的になかったが，先端を行く他社に早く追いつくために会社全体が新しい機械や技術を貪欲に探しては試みていた．ロックボルトは先端固定型（先端にクサビがついていてたたきこんで固定するもの）で，長さはサポート付き削岩機だったので1.8mとか1.5mであったが，思いのほか効いた．

この現場で当社の第１回トンネル委員会が開催され，全国のトンネル屋とのつながりができ，前述の一次巻きとロックボルトは押される山に効果があるということを全国のトンネル屋に伝えた．

この現場には当時法面のコンクリート吹付けに使われたトルクレットという機械も置いてあった．これは逆巻き（上半コンクリートを先に打設し，その後，下半のコンクリートを打設する工法）の際，上半覆工と，足付けや中間コンク

NATM でトンネルを掘る！



ご出席者（敬称略，順不同）

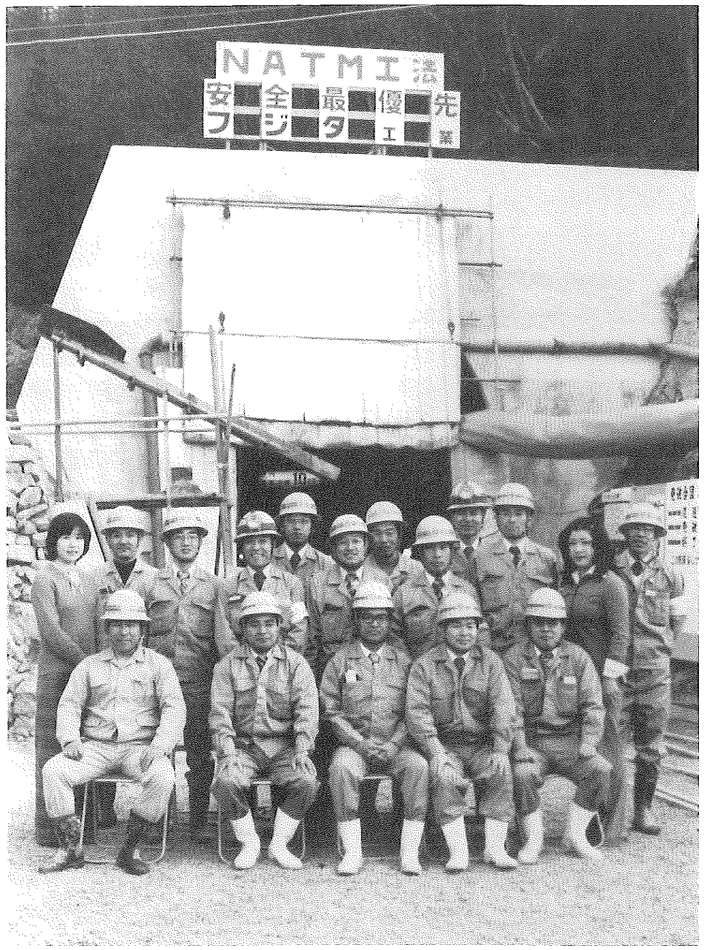
斎木長英	（日本国有鉄道信濃川工事局土木課補佐）
米原耕造	（日本鉄道建設公団大阪支社大原鉄道建設所副所長）
須賀　武	（日本国有鉄道仙台鉄道管理局施設部工事第一課長）
乾　登志夫	（日本国有鉄道仙台新幹線工事局二本松工事区助役）
瀬戸勝男	（鉄建建設〈株〉北陸支店会津向山作業所所長）
本河経男	（フジタ工業〈株〉大阪支店智頭線作業所長）
矢木康照	（〈株〉熊谷組北関東支店中山作業所長）
門脇昭二	（飛島建設〈株〉仙台支店工事長）
〈司会〉	桑原嗣介（日本国有鉄道建設局）

当時の専門誌に掲載されたNATM経験者の座談会形式投稿（懐かしい名前があるのではないだろうか）

リートの隙間を埋めるのに，人力で施工していたものを，なんとか早くびっしりと埋められないかと考えて，隙間充填用に持ってきたものであったが，吹付け機とロックボルトが昭和41年のトンネル現場にあったのは今から考えると不思議な気がする．

初めてのNATM

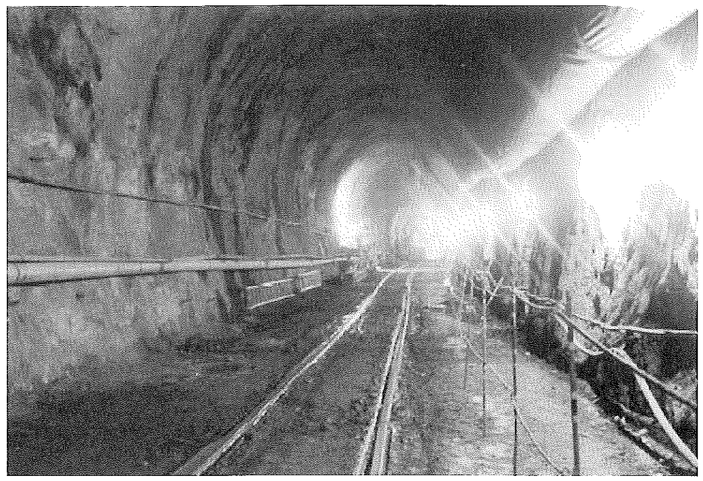
そして実際にNATMをやったのはそれから約10年後の昭和53年智頭線高倉山ずい道(北)その他工事であった．当時，上越新幹線中山トンネルが最初の本格的なNATMの現場で，次が会津線大戸トンネルと，東日本で上がったのろしに，なんとか西日本でも早くNATMをやりたいというトンネル技術者の声から，智頭線高倉山トンネルに白羽の矢が当たった．設計が間に合わないから在来工法で発注され，発注後，会社の上層部が鉄道建設公団に呼ばれ，1か月時間をやるから，このトンネルをNATMでやれるか検討してくれと言われて，NATMでやることになった．すでに在来でやるために仮設にかかっていたが，急遽やめて，NATMの検討に入った．普通なら3人も職員がいればできる工事ではあるが，西日本で最初のNATMということで，実験現場の様相を呈し，儲け度外視で多くの職員が配置された．地質，計測担当で坂本氏を呼び，外注計測で井鳥氏が来て，賑やかな現場になった．工事はかぶりが小さく，地表部は蓮田で，水が抜けるのはわかっていたから，地表部は買収済みだった．そのため，



日本鉄道建設公団大阪支社主催　智頭線高倉山ずい道(北)工事NATM見学会を補佐したフジタスタッフ一同(撮影　荒二井隆志)
(後列左から)女性，小坂明生，井上博之，坂本俊二，磯山良一，谷川豊，福泉博，著者，井鳥史一，吉野耕一，女性，渡辺正
(前列左から)小松若夫，村地正雄，河西三朗，畑中源蔵，佐藤礼一

実際にトンネルが近づくころには水が抜けており，地表部は粘土の固まった地山になり，沈下はしたが流れ出すような状態ではなかった．計測も坑内，地表でいっぱいやった．どこがゆるむか見当がつかなかった．それまでの在来工法では経験と勘と度胸の世界で，計るということがなかなかなかったからNATMは知的で楽しかった．

施工ではロックボルトが困った．空圧のジャンボはそれまで発破削孔にだけ使っていたので，側壁に向かって直角に曲がらない．ムリヤリ向けても80°位だから仕方がない．動きも今ごろの油圧とは大違いで，ぎこちない動きだった．ロックボルトのモルタル充填も職員が付きっきりで指導した．吹付けは乾式でメイコの吹付け機を持ってきて1か月くらい外人の指導のもと，粉体と液体と急結材を変え



はじめてやるNATMの割にはうまくいった掘削状況

たりしながら，施工と管理を覚えた．貝殻の入った砂だったので，付着が悪く，リバウンドが多くて半分捨てているように感じた．

坑夫さんも最初は心配して，ところどころ鉄矢木で押さえながら吹付けた．鋼製支保工のないところは5cmの吹付けだけで地山は見えなくなるため，心配でしっかりロックボルトは施工させた．

当初は手吹きだったが，これもあっという間にロボットになった．

めずらしい山

26本もトンネルを掘るといろんなものに遭遇する．前述したウラン鉱も珍しいが，人形トンネル第2工事の山も花崗岩の柱状節理のような山で，下を掘ると上がストンと落ちてくるような危険な状態だった．

昭和44年，ふじランド内排水トンネル(民間，広島県，5㎡，L=120m)では，掘るときにはサクサクと掘れ，自立していたマサ(花崗岩の風化砂)が洪水で浸水した際に流れ出し，あわやトンネル全線崩壊になるところだった(このときはすんでのところで排水を確保し，わずかの浸水で食い止めることができた)．

また，昭和56年常磐自動車道成沢トンネルその他工事(道路公団，92㎡，L=1,602m，茨城県)ではドリーネ(本来は地下の鍾乳洞が崩れ，できた窪地を言うらしいが，当時は「崩れた鍾乳洞」というような意味で使用していた)がトンネルの足元に現れたり，天端に現れたりした．小さいものが多かったので，ずりを押し込み，トンネルに接する部分をコンクリートで固めて処理した．

もっとも最悪だったのは昭和62年津江導水路鳳来工区工事(九州地方建設局竜門ダム工事事務所，6.3㎡，熊本県)で現れた300t/㎡の圧力で押してくる断層粘土であった．工事は大分県の下筌ダムと熊本県の竜門ダムをつなぐ総延長12.2km，直径が2.85m程度の水路トンネルである．

鳳来工区は4工区のうちの熊本県側の工区で，長さが4,167mあり，1期工事が2,150m，2期が1,300m，3期が717mで，レール方式で施工した．

ここではHD100を2ブーム搭載した油圧ジャンボとシャフローダで順調に掘った．

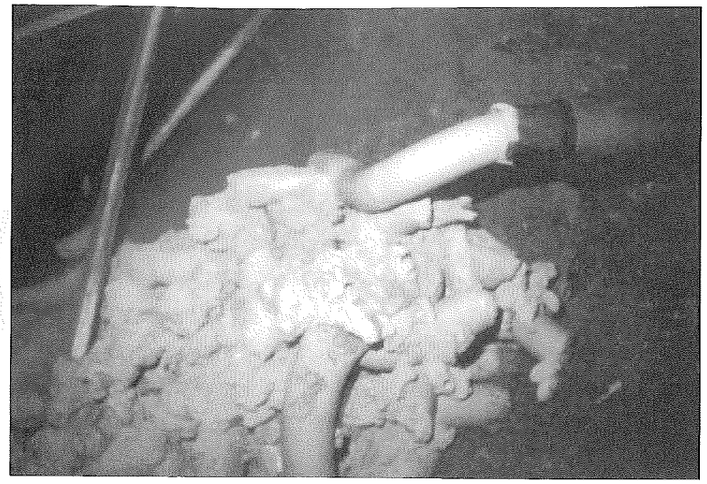
このまま順調に竣工すると思われた残り400m(土かぶり300m)のところで300tf/㎡の高圧断層に遭遇した．

最初は3,750m付近で湧水とともに切羽が崩壊した．バルクヘッドを設けて調査ボーリングを行うと破砕帯が70m程度続いており，崩落箇所にCB注入やLW注入を行い，また，破砕帯の補助工法にウレタン注入を行いながら掘削した．

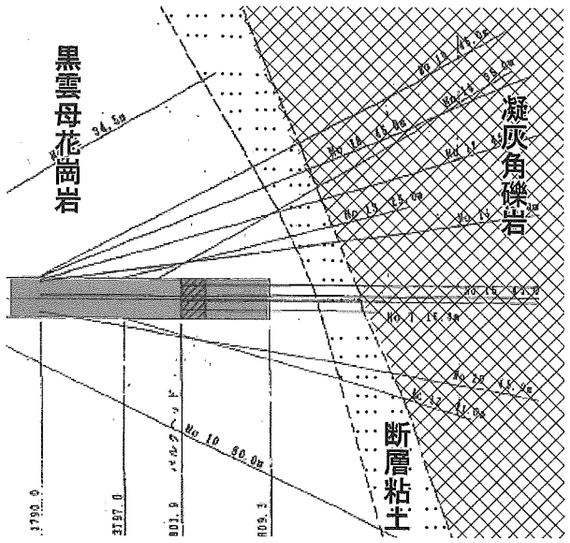
3,809mまで掘り進んだところで土圧が大きくなり，支保工が変状しだしたため，追加のウレタン注入や支保工の一次巻きを行い，一時的に止め，調査ボーリングを実施したところ，5mも削孔しないのに，ケーシングは回らなくなり，切り離すと，ケーシングから粘土が勢いよく飛び出してきた(次頁写真参照)．

その後，切羽側の支保工の変状が著しいため，7m手前に2m厚のコンクリートバルクヘッドを設け，切羽までの間をエアモルタルで充填した．

強力なマシンに変え，バルクヘッド手前からさらに調査ボーリングを実施すると，粘土につかまるところもあれば，そのまま粘土層を突き抜けることができる孔もあり，15本実施してやっとその正体が判



ケーシングから飛び出した断層粘土（こんな写真めったに見られない）



調査ボーリング概要図

明した．

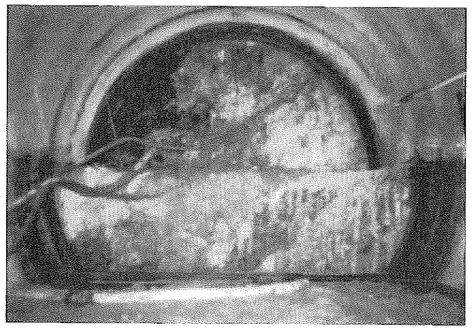
湧水量は140L/min，湧水圧は29kgf/cm²で断層粘土の幅は約4mあり，粘土を突き抜けた側には比較的良好な凝灰角礫岩がある．

正体はわかったものの，そのあまりにも大きな土圧に，当時，解決策がなかなか思いつかない．そんなとき，あの有名な北越北線鍋立山トンネルの近くでトンネル工事している者から「鍋立山が同じ30kgf/cm²（＝300tf/m²）の土圧を100kgf/cm²の高圧注入で克服した．」との情報をもらい，竜門ダム（鍋立山トンネルと同じN建設）の所長に口を聞いてもらって鍋立山を見学させてもらった．

見学後，山の上のレストランで食事しているときに，鍋立山トンネルの担当者から「ここの地盤は150m下で注入しているときは10cmくらい上がります．それから掘進すると元に戻ります．」というのを聞いて，「これだ，これなら大丈夫だ」と確信した．

早速，高圧注入の段取りに入り，約半年を要して注入を完了し，その後の仕様は鍋立と同様にNATMによる円形断面で突破した．

この工事は3,750mを掘削するのに2年半を要したが，残りの400mを掘削するのにも約2年を要した．



円形断面掘削状況



円形断面掘削状況

しかし，同時期に，鍋立山の成功例があったおかげで無事完了できた工事であり，おそらく，高圧注入以外であったら挑戦しては跳ね返され，最終的に迂回路を検討し，はたして完成に至っていたかもわからない．

ひどい話で，対策に悩んでいる時期に20本近く調査ボーリングを実施したことについて，「フジタはボーリングしては山に水を送り，乱している．」という話になり，会社の営業の上層部から注意を受けたことがあった．普通の人には300tf/m²の圧力というものが「山に水を送れるような土圧ではない．」ということがなかなか理解してもらえず困ったものであった．

私の工事の進め方

私の仕事の進め方としては必ずテーマをもってやってきた．

当初は漠然と「何か良い方法はないか？」と疑問を持ち，改善案を模索し，実際に試験し，結果を次に活かすという方法であった．

例えば昭和41年，四十曲トンネルでは覆工担当となったが，当時，覆工コンクリートの天端は鋼製支保工にキックアップを設け，妻側から配管し，流し込むというものであった．

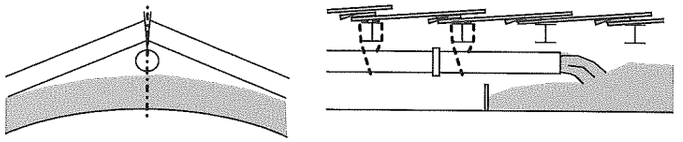
そのため，巻厚不足が生じることもあり，いかに天端を充填するかが課題であり，考えた末に，吹上げ式を開発した．人形トンネルでだいたい使い物になるようになったものを，山陽新幹線畦倉トンネルにもっていき，当時の当社トンネルの第一人者であった神尾所長に使ってくれとお願いしたら，これは良いということになり，特許もとれということで特許をとろうとしたが，明かり工事で似たようなものを他社が特許出願しており，特許出願はできなかった．

そのアイデアはあっという間に広がり，5年後にはトンネル工学ハンドブックの打設方法が吹上げ式に変わっていた．当時は逆巻きだったので，その工法を下半の側壁にも応用した．

次のテーマは配管切替えだったが，これは自分が考えるよりセントル屋が考える方が早かった．

覆工から掘削にテーマが移り，削岩機の能力，ボタンビットの損耗など，考えることがいっぱいあった．

当初の発見というか検討結果は水圧が肝心であること．ビットの損耗にもクリコの排出にも，最終的に削孔速度にも影響しているのは削孔水圧，水量であること．そのためにはジャンボにブースターポンプを付けること（現在では当たり前についているが，当初はなかった））．



覆工コンクリート打設図

テーマはその後，水路トンネルでの長孔発破になり，シリンダーカットなどの削孔方法やHD100の2ブームレールジャンボやHD150の1ブームレールジャンボなどの機械の配置を試した．

テーマには技術的な面だけでなく，社外的な表彰も加わり，計画的に「この現場では火薬の五団体本部表彰を取ろう」とか，「交通部会賞をもらおう」とか，当初に宣言して取り組むことで安全面でも目的意識を持たすことを考えた．

測量間違いについて

測量はもの作りの基本である．

仮BMを設けるときレベルの読み1.296を野帳に移すとき1.926と書き間違い，63cmトンネル高さを間違った例．障害物があり，そこだけ15cmセンターをずらしたのを忘れたためにボックスカルバートが15cmずれた例．シフトを右左間違った例などなど．測量間違いは自分の現場でもあったし，人がやったのも見てきた．

一番肝心なことは，けっしてなめないこと．間違わないと思われる人ほど，大きな間違いを犯したのを何回か見てきた．そういうときは必ずチェック漏れがある．

日常の対策としては必ず，目通りを見る習慣を付けること（支保工の通りを見るとか）．基本測量は2人でチェックすること．測量成果簿を必ず作成させ，確認すること（計算間違い，往復誤差確認，左右の勘違いなどをなくす．基本的なことだが，案外やっていない）．

2度の火薬事故について

昭和49年の須佐トンネルで土平掘削の1本の当たり発破において，また，昭和54年，高倉山トンネルの大背の隅踏前助の親ダイ装薬中に2号榎ダイナマイトの暴発事故を起した．悲惨な火薬事故のあと，昭和60年，成沢トンネルでは日本油脂の協力で試験生産中の含水爆薬を全量供給してもらった．その後，急速に感度の高いダイナマイトから含水爆薬に代わり事故は激減した．定年までの10年間，五団体の九州支部の火薬部会で指導員に当たれたことが少しは罪滅ぼしになったのではと思う．

おわりに

昔の作業員集めの苦労から，「いかに下請けに儲けさせるか」が自分にとっては根本のテーマであったと思う．そのためには機械の選択を十分考え，サイクルを考え，果ては人員配置まで下請けの所長と相談した．

時代は変わり，安全面でも技術的にも機械的に処理する時代になり，現場のスタイルもスマートになってきているようだが，反面，事務的処理能力はあっても，想定外の事態には対応不能になっているのではないか．今回の企画もそんな時代を反映して「伝承」がテーマになっていると思うが，技術の伝承だけでなく，実は，精神的なものだと思う．うまく言えないが，毎日切羽を見ていると微妙な変化がわかる．坑夫さんに声かけると山の変化や機械の異常の兆しを感じ取れる．そこが肝心なのではないかと思う．

取り止めなく書いてきたが，この歳になって自分のトンネル人生を再度見つめなおす機会を作っていただき感謝するとともに，この投稿が少しでも役立ってくれれば幸いである．

施工

屈曲した狭隘な道路下をシールド切替型推進工法で掘進

—東京都下水道　豊島区駒込五丁目，北区西ケ原三丁目付近再構築—

東京都下水道局北部下水道事務所建設課長　和田　淳
(株)不動テトラ駒込作業所現場代理人　吉安法道
デュアルシールド工法協会事務局長　中村　浩

1　はじめに

東京都豊島区駒込付近は，低地と高台で形成された市街地であり，近年，局地的な集中豪雨の頻発により一部の地区で浸水被害が多発している．

本工事は，豊島区駒込五丁目，北区西ケ原三丁目付近の雨水排除能力の増強を図る目的で再構築工事(管渠の新設)を施行するものである．

本稿では，市街地狭隘道路におけるシールド切替型推進工の優位性とともに，効率的に工事を進めるために実施した工夫について詳述する．

2　工事概要

工事件名：豊島区駒込五丁目，北区西ケ原三丁

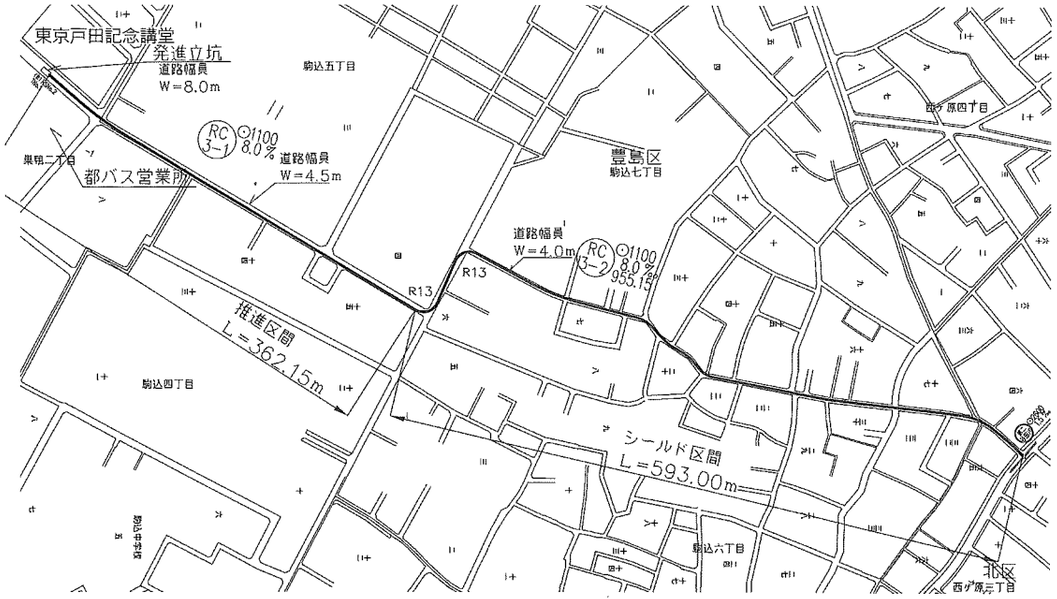


図-1　平面線形図

目付近再構築工事
発 注 者：東京都下水道局
施 工 者：(株)不動テトラ
施工場所：豊島区駒込五丁目，北区西ケ原三丁目地先
施工区分：夜間施工(発進立坑は即日開放)
22時～翌朝６時まで
仕上内径：内径1,100㎜
施工延長：全　延　長＝955.15m
推 進 区 間＝362.15m
シールド区間＝593.00m
曲線箇所：11か所，曲線区間＝249.55m
曲線条件：R＝13×2，23×1，30×3，60×2，200×2，300×1
土質条件：砂礫，N＝22
工　法：シールド切替型推進工法

3　施工環境と課題

3-1　立坑作業スペース

本工事場所はJR山手線巣鴨駅より徒歩５分程度の場所で，建物が密集しており，ほぼ全域が幅員４m程度の生活道路となっている．したがって，立坑用地や作業用地に適当なヤードが少なく，道路上で作業を行うこととした．

発進立坑箇所の両側には大型バス50台程度の駐車スペース(夜間駐車)を有する都バス営業所と収容人員1,000名程度の東京戸田記念講堂(大規模宗教施設)が存在しており，一時的にも通行止めとすることが不可能となっている．このため，「限られた道路下空間の中でいかに有効なプラントを設置するか」が課題となった．

都営バスの営業および戸田記念館に支障とならないために，施工は東京戸田記念講堂閉館後の22時から都営バス営業開始の翌朝６時までとする必要があった．作業終了後は道路上の作業帯を撤去して完全に道路解放する必要があり，実働時間は５時間(作業帯設置・撤去－２時間，休憩時間－１時間とした場合)となる．このため，「制約された作業時間内でいかに効率良く作業するか」が課題となった．

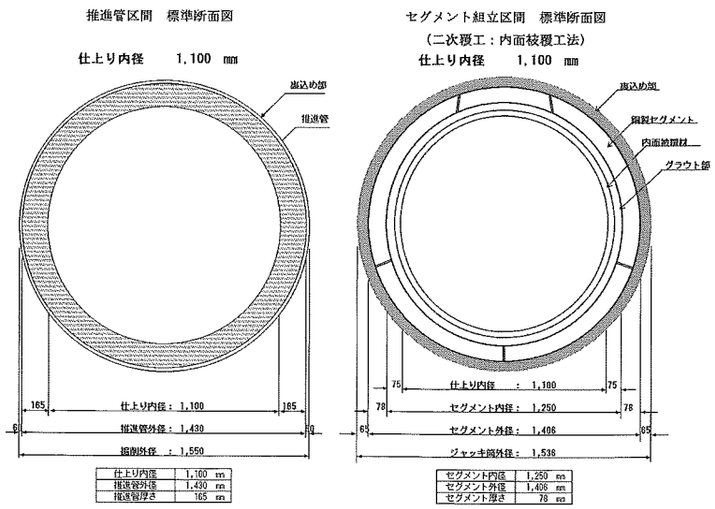
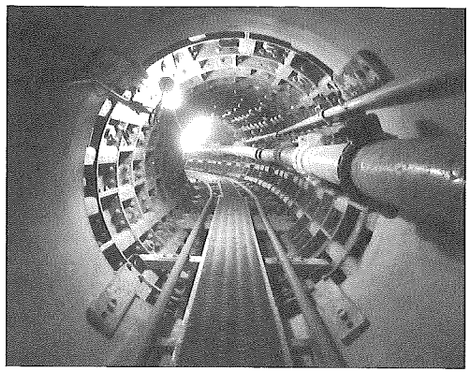
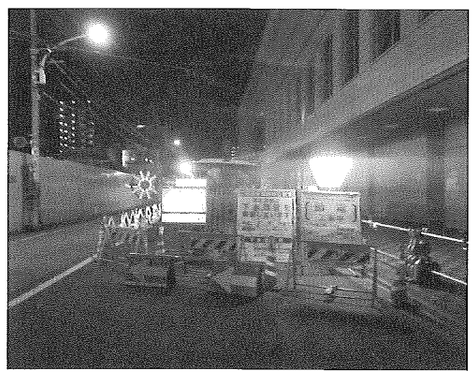


図-2　施工断面図(仕上内径1,100㎜)


写真-1　シールド区間と推進区間の切替え状況


写真-2　作業帯および規制状況

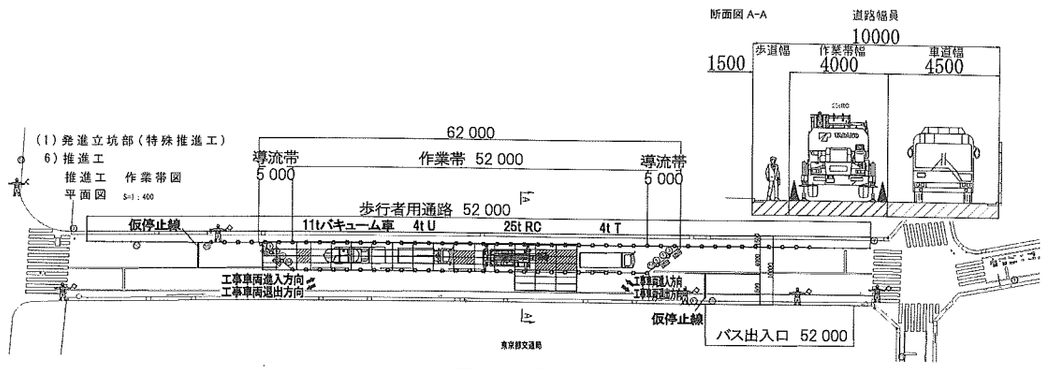


図-3　作業帯図

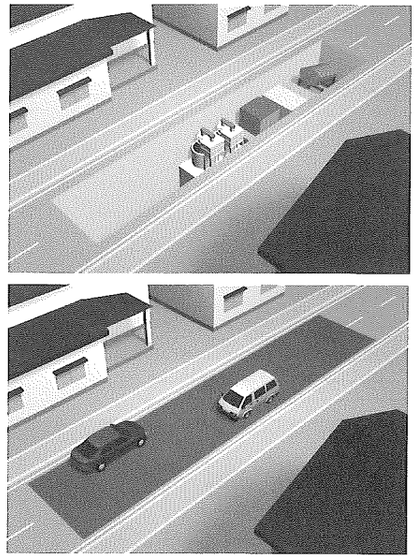

図-4　道路下プラント図イメージ図

表-1　課題と対応策

課　　題	対　応　策
①プラント設置	泥濃式を用いた道路下プラント
②作業性の向上	測量時間の短縮 ・自動測量システムの活用 ・掘進機測量システムの活用
③急曲線の施工	掘進機 ・掘進機本体 ・コピーカッタの設置 ・スタビライザの設置

3-2　急曲線部

新設する管路は狭隘な道路下を２か所の13Rでクランク状になる線形となっている．急曲線部は線形上のキーポイントであると同時に推進工区とシールド工区の切替え位置であり，この施工の良否が工事全体の良否を決める．したがって，「いかに急曲線を精度よく確実に施工するか」が課題となった．

4　道路下でのプラント設置

推進・シールド工事では，切羽に注入する作泥材作成や排土作業のためプラントが必要となる．3-1節で示した施工環境条件より，すべてのプラントを道路下に収納することとした．

シールド切替型推進工法は「泥濃式」であることから，他工法(泥土圧式，泥水式)よりも省スペースで作業が可能である．道路下プラントは**図-3, 6**に示すように設置した．

具体的には，発進立坑は本立坑(立坑深＝12.50 m)とそれに隣接した副立坑(立坑深＝4.50m)で形成し，副立坑内にプラントヤードを収納した．

5　作業性の効率化(測量時間の短縮)

3-2節で示したように，本施工は作業帯設置・撤去時間などを考慮すると実働時間が５時間程度となる．標準的な作業サイクルは**表-2**に示すように推進管１本分(L＝2.43m)を施工するために5.84時間必要となる．そのうち，測量に要する時間が0.94時間(全体作業時間の16%)となっている．したがって，この測量時間の縮減を図ることとした．

測量時間の縮減のため，「自動測量」と「推進

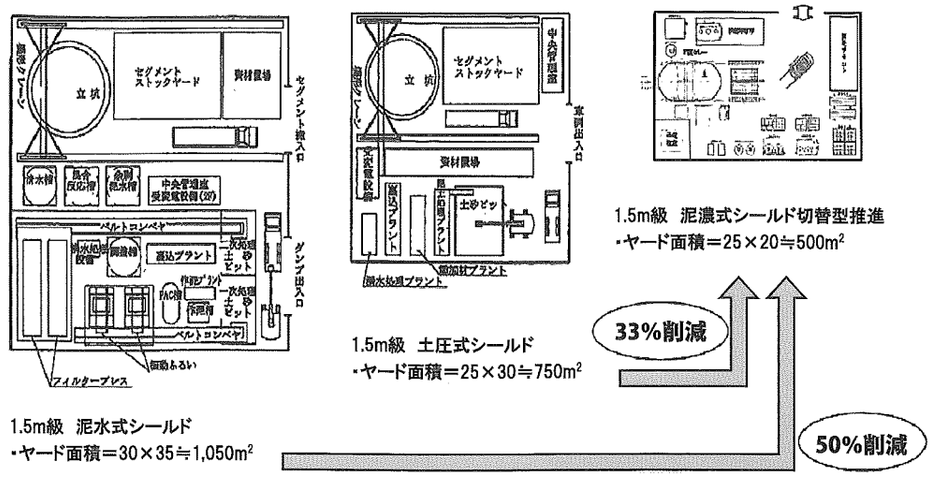


図-5　作業ヤードの面積比較(定置式)

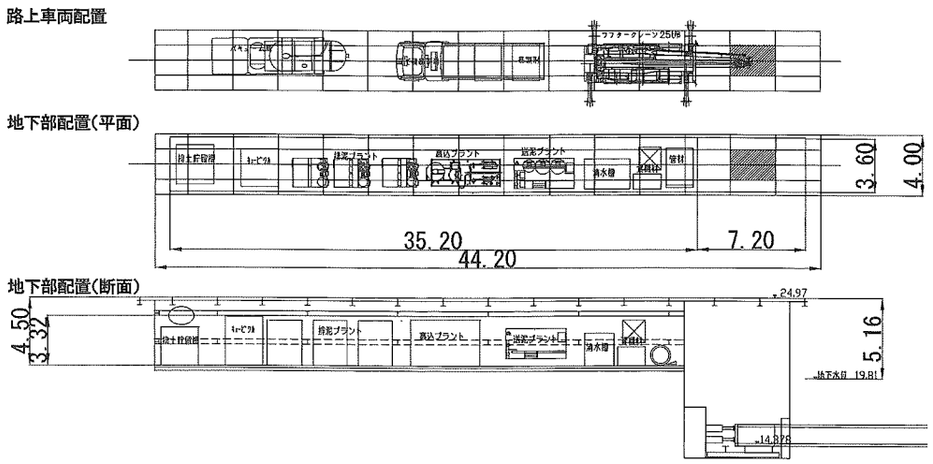


図-6　道路下プラント図

表-2　作業サイクル表(曲線後の直線部分)

作業項目	時間	
管据付け工		
送排泥管・ケーブル取外し	0.4	
管吊下ろし調整工	0.1	
小計	0.5	
各種操作，管理工		
ジャッキ，ストラット操作など	0.6	
泥水管理	1.1	
小計	1.7	
掘削および推進	2.7	
測量工	0.94	←ゼロにすれば16%の短縮
計	5.84	

機の測量システム」を導入し，推進・シールド工区ともに活用した．

5-1　自動測量の活用

曲線の測量は測量機の視準が十分に取れないため，頻繁に測量機の盛替えを行う必要があり，測量時間が長時間化する原因となっている．自動測量システムは，後方の基準点より見通し可能な範囲の位置に自動追尾式トータルステーションを配置し，お互いの位置を自動的に計測して掘進機の基準点の位置を計測するシステムである．このシステムを活用することで測量時間の縮減を図った．

ただし，このシステムでは次項で述べる理由により掘進機先端位置までは計測できないため掘進機測量システムと併用して活用した．

5-2　掘進機測量システムの活用

本工事の掘進機は機長10mであり，内部は非常に狭隘な環境である．前胴部は駆動機などにより先端を見通すことは困難であり，中胴，後胴も操作盤や油圧機器などの機器で見通すことは困難である．このため，ジャッキ筒の一定箇所を既設セグメント部より自動測量にて視準することで，掘進機先端の位置を自動的に算出する測量システムを導入した．

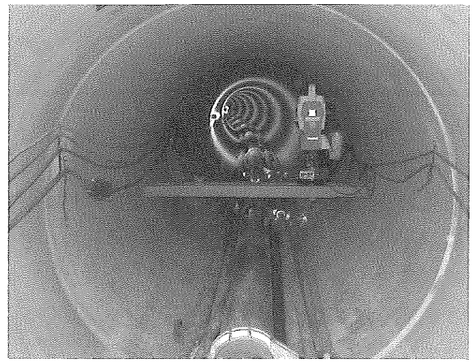


写真-3　自動測量設置状況

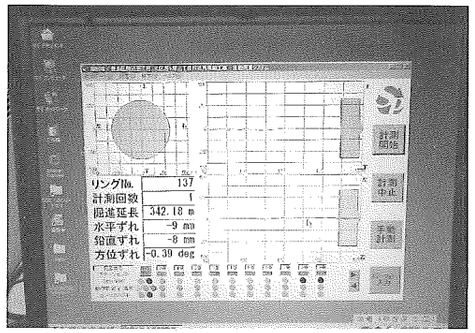


写真-4　掘進機測量システム

6　急曲線の施工

6-1　掘進機本体

本工事の急曲線(R＝13m)に対応するために，中折れ能力が各14度ある「前胴，中胴，後胴，ジャッキ筒から構成される4胴中折三段式掘進機」(**写真-5, 6**)を採用した．

図-7, 8に掘進機全体図および施工シミュレーション図を示す．

6-2　コピーカッタの設置

施工シミュレーション図に示すように本施工の

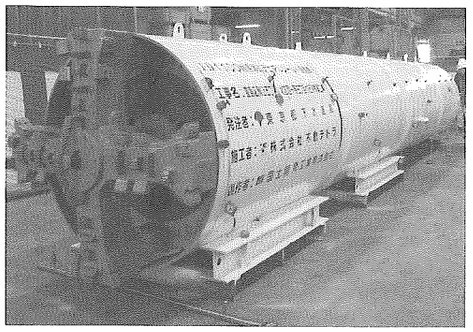


写真-5　掘進機本体



写真-6　掘進機急曲線稼働状況

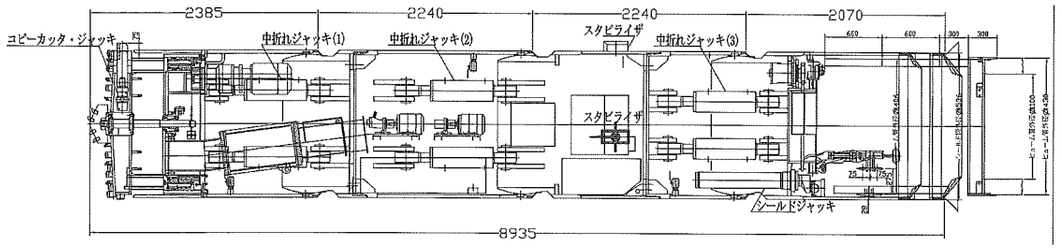


図-7　掘進機全体図

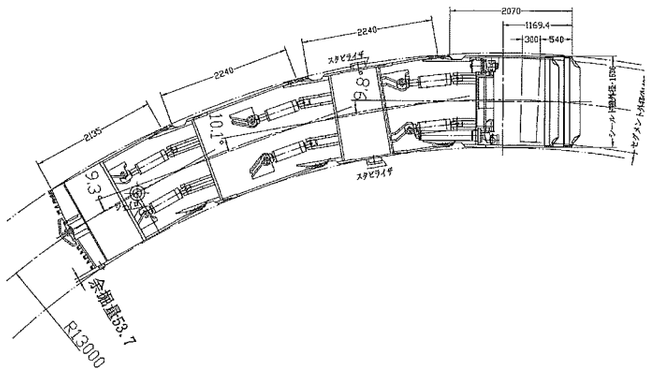


図-8　施工シミュレーション図

R＝13mでは掘進機側面に「54㎜の余掘り」が必要となる．

本掘進機は泥濃式掘進機であるため，他方式の掘進機と比較するとカッタの回転速度が速いため，1基での施工では「出・引きの作業」を何回も行う必要があり，機械的に負担が大きくなる．このため，コピーカッタを1回転ごと交互に「出・引きの作業」をさせるため，最大100㎜の吐出量の能力を備えたコピーカッタを2基設置した．

6-3　スタビライザの設置

本掘進機は「前胴・中胴・後胴・ジャッキ筒」を合わせると機長が10mとなり，掘進機外径に比較して極端に細長い掘進機である．このため，掘進機のローリングを抑えるため，掘進機の両側面に1か所ずつローリング対策用のスタビライザ(手動式)を設置した．

7　施工結果と考察

現在，本工事は推進区間，急曲線部(R＝13m)2か所を通過し，直線部を掘進中である．この段階での途中施工結果について記載する．

道路下でのプラントは防音と防振動に非常に効果的であり，夜間施工であるにもかかわらず近隣住民からの苦情はない．

作業性向上については，2つのシステム活用により測量時間が作業性を阻害することもなく，16%以上の日進量向上を達成している．

急曲線施工に関しては，ほぼ施工シミュレーションの軌跡を許容値内で施工することができている．このような良好な精度を得られているのは，コピーカッタが良好に作動し掘進機の稼働範囲を拡げ，中折れ角度を保持できているためであり，スタビライザによって掘進機のローリング制御が完全にできているものと考える．

8　おわりに

今日，推進工法やシールド工法は地下インフラ整備事業として欠かせない施工技術である．とくに管路構築においては，過密した都市地域の狭隘な道路下での地域住民への環境負荷の低減がひとつの課題である．

このような施工環境の中，今回紹介した事例は狭隘で屈曲した道路下での急曲線施工や道路下空間を活用したプラント設置など，シールド切替型推進工が持つ多様な技術を活用して施工できた好例であると考えている．

現時点で掘進は管路延長の約半分まで進んでいる．安全管理と品質管理に努める所存である．

最後に，本工事にかかわった多くの方々に深く感謝申し上げる．

参考文献

1) 土木学会：トンネル標準示方書「シールド工法」・解説．
2) 日本下水道協会：シールド工事用セグメント(下水道シールド工事用セグメント)．
3) 日本下水道協会：下水道用設計積算要領(管路施設推進工法編)．

研　究

高速化を目指した自由断面掘削機の改良

清水建設(株)土木技術本部地下空間統括部担当部長　木内　勉
東京大学工学系研究科教授　大久保誠介
東京大学工学系研究科准教授　福井勝則
鉄道・運輸機構設計技術部設計技術第一課担当係長　西　恭彦

1　はじめに

山岳トンネルを高速で掘進することは，工期の短縮とコスト縮減に寄与する．高速掘進の実績では，硬岩を対象とした発破掘削に比べ，軟岩を対象とした機械掘削の実績値は大きく劣っている[1]．そのため筆者らは，高速化を目指した自由断面掘削機の改良を行い，これを軟岩地山のトンネルに適用して，平均月進170m，最高月進304mの実績を得た．これは掘削断面が70～80m²程度の新幹線トンネルや2車線の道路トンネルの機械掘削方式の最高平均月進133m，最高月進191m[1),2)]を大きく上回るものであり，改良した自由断面掘削機の実用性を明らかにすることができた．

高速化にあたっては，自由断面掘削機のほかに，吹付け直後の10分で3 N/㎟の強度を発現して支保効果を発揮する初期高強度吹付けコンクリートの開発に重点を置いた．また，軟岩地山の支保部材として標準的に用いられている鋼製支保工を省略した新支保パターンの開発，サイクルタイムを短縮するために掘削とずり積込みの同時作業を行う掘削施工法の開発，切羽の進行とともに送排気管が追随し高速掘進時に顕著となる切削粉じんを効率的に除じんするエアーカーテン換気システムの開発も行い，高速仕様の自由断面掘削機と合わせて適用した．

本稿では，高速化にもっとも重要な位置を占める自由断面掘削機に重点を置いて，その改良経緯と使用結果について述べることにする．

2　改良経緯と仕様

図-1は，軟岩トンネルにおける自由断面掘削機の実掘削能力の現状を示したものである[1),2)]．一軸圧縮強度2.5～25MPaの地山の切削実績は40～120m³/hで，平均月進にすると58.2～120m/月であった[1),2)]．

これらの実績を上回る高速化を達成するためには掘削機の大幅な能力アップが必要と考えて，その仕様を次のように決定した．

①　地山の一軸圧縮強度は10MPa程度で150m³

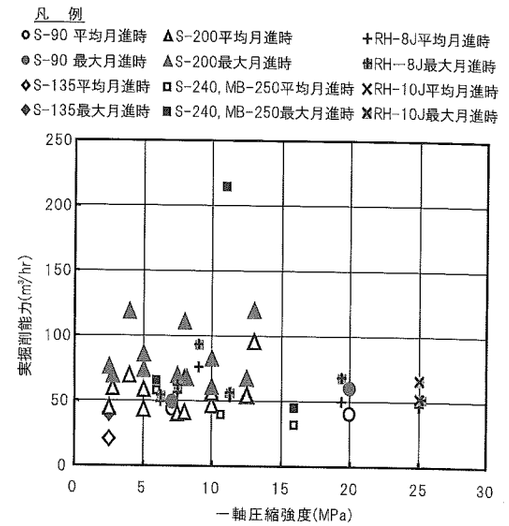


図-1　軟岩地山トンネルにおける自由断面掘削機の実掘削能力

/hの掘削能力を有する

② 70～80m²のトンネル断面を全断面で掘削できる

③ 4m程度の補助ベンチを形成することができる

④ 切羽で掘削機とずり積み機が併用して作業できる

切削電動機350kWを搭載し，上記の要求を満足する自由断面掘削機をSLB-350S型と呼ぶことにする．SLB-350Sは，Selective Long Boom cutting motor power 350 kW Single drumの略であり，その概要は以下のとおりである．

① 切削電動機出力を350/350kW-4/6Pの定格出力とし，三井三池製作所の最大機種SLB-300型(300/200kW-4/6P)と比較してトルクを約175%に増加した．

② 最大8.8mまでの切削高さを有し，新幹線や高速道路トンネルの全断面掘削および上部半断面掘削が可能とした．切削部は中折れブームを使用し，ベンチ長は最大4mまで確保可能な仕様とした．中折れブームを取り外しても，全断面および上部半断面掘削が可能とした．

③ 機体重量をSLB-300型の約95t(930kN)から120t(1,180kN)とし，自重による切削反力の支持力を増加させた．また，設置圧を従来機と同様にするため，クローラ長を3.8mから5.0mに延長して走行時の機体の安定度を増した．さらに，ドーザとアウトリガとの間隔も延長して，掘削時の支持力を増した．

④ 機体の支持力が増加するため，旋回力がSLB-300型より20%増加した．そのため，ドラムの左右のシリンダ径をφ200㎜からφ220㎜に，ブーム上下およびドーザ上下シリンダ径はφ220㎜からφ250㎜とし，支持力を増加した．

⑤ ドラムを軟岩用(5～10MPa)，中硬岩用(10～100MPa)の2種類用意した．2速切換式電動機の組合わせにより広範囲の岩質に対応できるようにした．軟岩用には平ビットを採用し，同一断面(条痕)2本のビット配列が可能となり，切削速度を2倍に増加させることを図った．

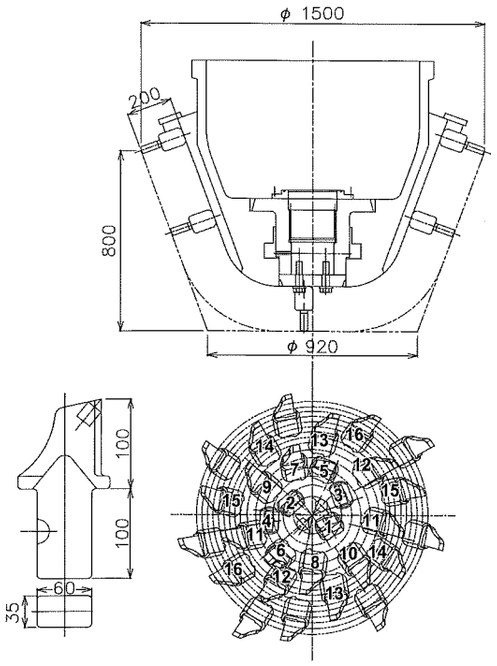


図-2 軟岩用ドラムおよびビット

⑥ ビット先端への高圧水噴射により，粉じん抑制とビット消耗の低減を図った．

⑦ リモートコントロールにより，どの場所からも運転操作を可能とした．

⑧ ケーブルリールおよびケーブルハンドラーの装備により，機体移動時の電源ケーブルの取扱いの省力化を図った．

⑨ モニタリングディスプレイの表示により各部の状況を確認しやすくし，メンテナンスを容易とした．

⑩ 切削電動機の負荷状況を検知して切削シリンダ作動速度を自動的に制御し，切削部への過負荷を防止しながら高効率な連続掘削を図った．

⑪ 油圧駆動用ディーゼルエンジンを搭載し，坑内電源移設時や電源ケーブルの取回しが困難な場合など，ケーブルを切離し無電源状態で自走することを可能とした．

表-1 従来の最高機種とSLB-350S型との比較

型式	単位	従来の最高機種	SLB-350S型		備考
全長	m	約16.5	約18		ケーブルハンドラなしの場合
全幅	m	4.7	3.4		ドーザ幅
機体幅	m	3.5	3.2		
全高	m	約4.7	約4.4		
全備質量	10^3kg	約120	約120		
切削高	m	8.7	8.8		
切削幅	m	9.2	10.0		
下盤切削深さ	m	0.58	0.45		
切削断面積	m²	74	100		
ドラム伸縮量	㎜	850	850		
切削電動機	kW×P	330×4(1時間定格)	350/350×4/6(連続定格)		動力6%アップ(連続定格)
ビット形状	—	丸ビット	丸ビット(標準ドラム)	平ビット(軟岩用ドラム)	
ドラム外形	㎜	1,000(平均)	980(平均)	1,200(平均)	
ドラム回転数	1/min	50/29	46/31		
ドラム軸トルク	kN・m	64/111	74/110		
ビット切削力	kN	128/222	151/224	123/183	
ドラム押し付け力	kN	160	160(210)		( )内数値は中間フレームなし
ドラム送り速度	m/min	8	15		
積み込み方式	—	ドーザ	ドーザ		
走行速度	m/min	12/6.3/2.1/0.5	12.5/6.3		
クローラ部幅	m	3.5	3.2		本体一体型で輸送可
接地圧	MPa	0.15	0.15		
登坂角度	度	14	15		
油圧電動機	kW	55×2	110		
オイルタンク	L	1,500	1,200		
作動圧力	MPa	21	21		
水圧	MPa		10		
吐出流量	L/min	38×2	50×2		
供給電源電圧	V	400	400		
ケーブルリール	—	あり	あり		
ケーブルハンドラ	—		あり		ケーブル捌きが容易

上記のような機能と特徴を持ったSLB-350S型自由断面掘削機の軟岩用ドラムおよびビットを**図-2**に示す．

また，従来の最高機種の一つとSLB-350S型との比較を**表-1**に示す．SLB-350S型の特徴は，性能的には従来の最高機種とほぼ同程度であるが，小型化を図り，切羽における並行作業をやりやすくした点にある．

3 模擬岩盤による性能確認試験

模擬岩盤を作り掘削能力の検証を行った．掘削機と模擬岩盤掘削中の状況を**写真-1**に示す．模擬岩盤としてコンクリートブロックを製作し，一軸圧縮強度13.8MPaのブロックを2回，33.2MPaのブロックを1回掘削して掘削能力を調べた．テスト結果は，

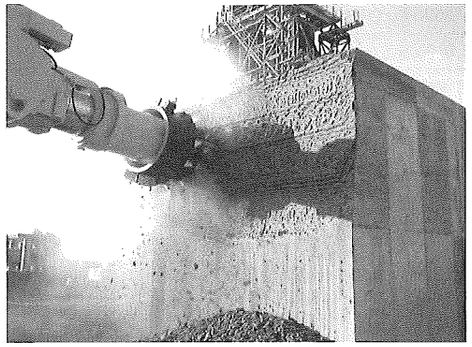


写真-1　自由断面掘削機SLB-350Sによる模擬岩盤（コンクリートブロック）の切削試験

- 13.8MPa下部掘削時　304m³/h
- 13.8MPa上部掘削時　278m³/h
- 33.2MPa中央部掘削時　151m³/h

であったので，一軸圧縮強度10MPaにおける掘削能力150m³/hは可能と判断した．

4 余掘り防止システムの改良

機械掘削工法では，掘削能率や掘削精度がオペレータの熟練度に大きく依存する．とくに高速掘進を行う場合は，従来の2倍以上の切削能力で掘削するため，わずかな操作のズレが余掘りを増大させる．余掘りによる掘削土量の増加は，ずり運搬サイクル，吹付けコンクリートの余吹き，覆工コンクリート余巻きなど，サイクルにもコストにも影響を与える．今回開発した新しい支保パターンでは，軟岩地山で多用されている鋼製支保工を省略して掘進サイクルの短縮を図った．従来，発破掘削工法や機械掘削工法では，あらかじめ設置された鋼製支保工が，次に掘削する断面の定規の役割を果たしていた．鋼製支保工が省略されることによる掘削時の余掘りも懸念されることから，オペレータの熟練度に左右されず，最適掘削および最小余掘りの仕上げ精度を確保でき，平滑な一定の断面形状のトンネルを掘削するシステムを検討した．

従来，鋼製支保工を用いない地山での掘削作業は，掘削前に設計掘削断面を切羽にマーキングする作業と，掘削終了後に設計断面の確認計測が行われていた．この目的は，①設計断面が確保されているか，②必要以上の余掘りがないか，をチェックするためであった．そのため，マーキング作業や，掘削終了直後の無支保状態の切羽での測量や計測が必要であり，時間と安全性に課題が残っていた．これらの作業を自由断面掘削機の制御で解決する開発が近年行われ，掘削サイクルタイムの短縮と安全性に貢献している．

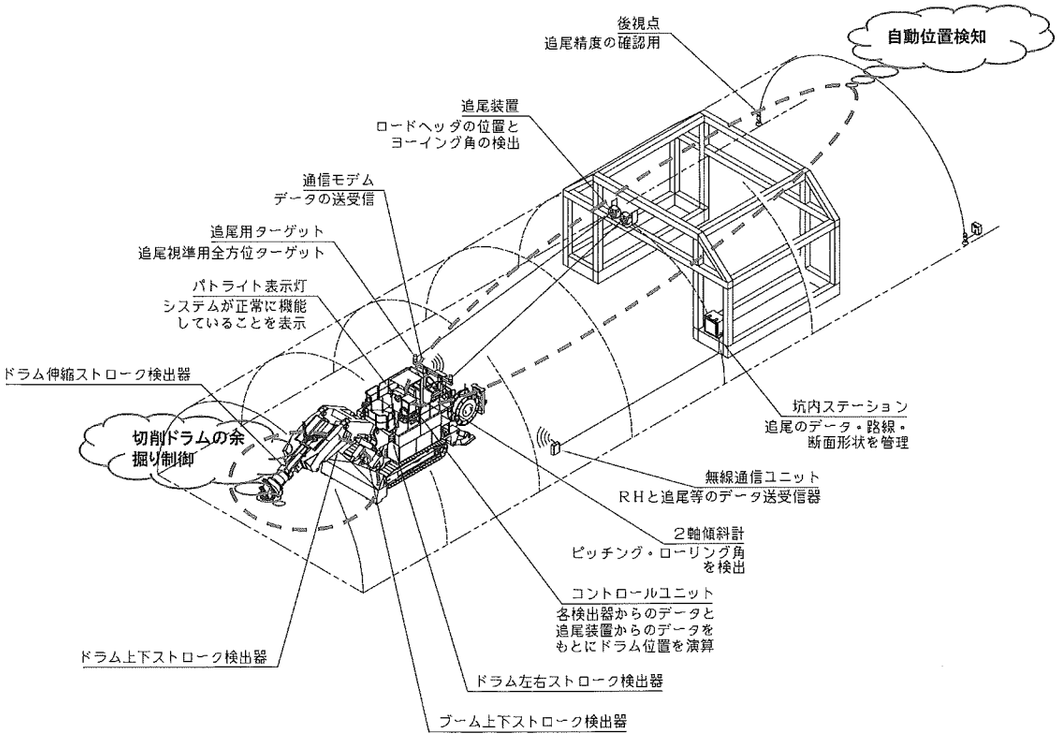


図-3　余掘り防止システムの概念図[3]中の図を修正

余掘り防止システムの掘進精度については，±5cm程度までコントロールが可能で実績もあることからそのままとし，以下に示すシステムの運用上の改良を図り，測量待ちや掘削断面変更に伴うプログラム入力時に，掘削機が停止することのないようにした．

① 追尾装置座標計算機能の改良
② 切削断面管理機能の改良
③ 路線データ管理機能の改良
④ 追尾装置電源の入切を遠隔操作に改良
⑤ レーザ電源の入切を遠隔操作に改良
⑥ 追尾装置手動運転機能の追加
⑦ 坑外監視パソコンの追加
⑧ 最長切削距離の管理機能の追加
⑨ 切削稼働時間の管理機能の追加
⑩ 切削距離の管理機能の追加

改良した余掘り防止システムの概念図を図-3[3]に示す．

5 現場での使用実績

5-1　適用現場の概要

新たに改良した自由断面掘削機を北陸新幹線峰山トンネル(西)工区に適用した．峰山トンネルは，新潟県上越市と糸魚川市のほぼ中間の能生町地内に位置する全長7,090mの新幹線トンネルであり，西工区の延長は3,742mである．そのうち，自由断面掘削機を西工区のほぼ全長に適用した．また，前述の高速掘進のために開発した新技術を高速仕様の自由断面掘削機と合わせて適用した区間は2,240mである．

5-2　地形・地質

地質は，新第三紀中新世～鮮新世初期の能生谷層，鮮新世の川詰層および名立層からなり，いずれも泥岩を主体とする地層である．年代の古い順に能生谷層および川詰層となっている．調査坑における能生谷層の一軸圧縮強度は7～13MPaの範囲で推移し，自立性の高い地山であった．本坑においても同様の地質が想定されたが，本坑掘削の測定では，一軸圧縮強度は10～24MPaの範囲で推移した．

年代の新しい名立層については，地山の自立性が低く変位が大きくなると推定されたので，従来の地山等級の標準支保とした．図-4に地質縦断図

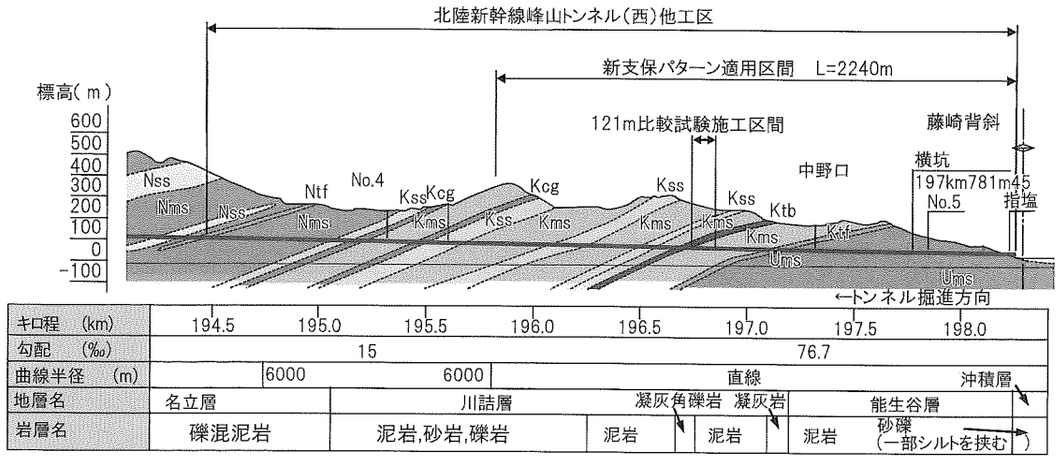


図-4　峰山トンネル(西)の地質縦断図

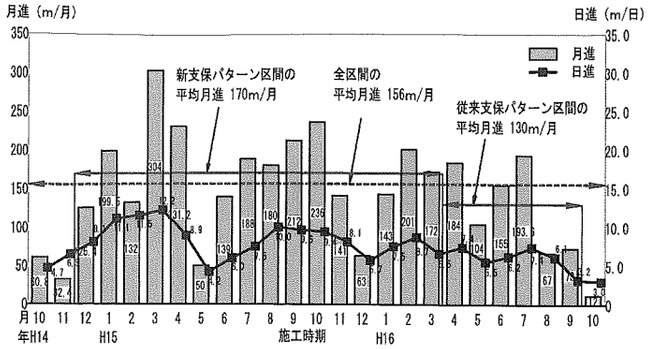


図-5 峰山トンネル(西)の掘削実績[4)中の図を修正]

を示す.

5-3 適用実績

本坑の掘削月進実績を図-5[4)]に示す. 図からわかるように, 平均日進は全区間にわたり標準サイクル[5)]を日進に換算した2.7mを上回る実績を残しており, SLB-350Sと新技術の組合わせで行った2,240m区間では平均月進170m/月の記録を達成した. 長期休暇を除く全区間平均月進も156m/月の実績であり, 標準サイクルの62m/月[5)]を大幅に上回った. なお, 5月と12月における月進が小さいのは長期休暇による稼働日数の減少が主因である. 平成16年10月は切羽到達であり, 稼働日は4日間である.

掘進効率を上げるため, ドラム径1,200㎜/平ビットとドラム径980㎜/丸ビットを用意し掘削を行った. 平ビットと丸ビットの使い分けは当初一軸圧縮強度で10MPaを想定したが, 実際には切削状況から判断しおおむね20MPaを境とした. 西工区全長3,742mの内訳は, 平ビット2,799m, 丸ビット943mであった.

平ビットを用い, 地山の一軸圧縮強度が10MPa程度で150m³/hrの切削能力を有する機械を目標に改良を行った. 10MPa程度の地山が約300m続いた197k370m付近では, 93m³/hr(目標値の62%)の実績となった. 切削抵抗の低減を図って平ビットを同一断面2本配置とし, 掘削能力の倍増を目指したが, ドラム全体として期待したほど切削抵抗は減少せず, 掘削能力の倍増には至らなかった. 試験的に同様な地山条件の区間で, ビットの数を44個から32個とした同一断面1本の配列で行ってみたが97m³/hrから82m³/hrと掘削能力が15%程度低下した. 掘削能力が期待したほど得られなかった主原因として, ビット配列の設計がある. この点については古くから多くの研究[6)~10)]がなされているが, 依然不明な点が多く今後の課題である. また, 余掘り防止システムの改良による掘削精度については, 覆工コンクリートの設計厚さ300㎜に施工余裕65㎜を加えた365㎜を, 覆工コンクリート内空面からの掘削線として設定した. 覆工コンクリートの実打設量から換算厚を求めると360㎜となり, ほぼ計画どおりの掘削線が確保されている結果となっている. これは余掘り防止システムの導入により, 高い掘削精度が得られることを示し, 施工余裕の縮小につながるものと考えられる.

6 まとめ

軟岩トンネルの標準工法によるサイクルタイムと, 高速化技術を適用した2,240m区間の平均月進170m/月の平均的サイクルタイムを図-6に示す.

1サイクルに占める掘削時間の比率が標準サイクルで56%に対し, 高速化施工では65%となっており, 掘削・積込み同時施工法など高速化仕様の自由断面掘削機と一緒に用いた技術が有効に機能したことが確認された. 1サイクルの短縮も, 標準サイクル400分に比較し136分となっており, 264分, 66%の短縮となった. 適用した各々の技術のサイクル短縮に対する寄与度, すなわち高速

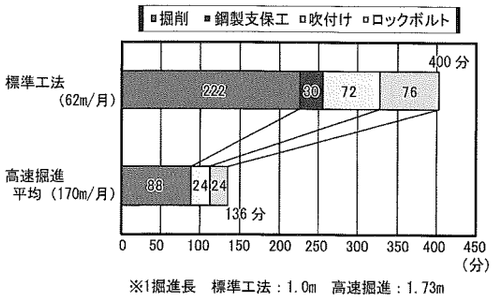


図-6 サイクルタイム(進行1mあたり)の比較

化に対する貢献度も, 掘削51%, 初期高強度吹付けコンクリートを用い鋼製支保工を省略した新支保システムが30%と掘削機の貢献度がもっとも大きいことが確認された.

この高速化システムを, 延長2,000mの軟岩トンネルに適用した場合の標準工法との比較では, 工期で約35%短縮, コストで10%の縮減が可能な試算結果となった[11)]. 適用実績においてもほぼ同様の結果となった.

最後に, 本研究を行うにあたりご協力いただいた, (前)清水建設(株)和田利彦氏と西崎晶士氏, (株)三井三池製作所, カヤバシステムマシナリー(株)ならびに, 関係各位に厚く感謝の意を表します.

参考文献

1) 日本トンネル技術協会：山岳トンネルの高速掘進工法の調査研究1～4報告書, 1998～2001.
2) 木内勉：自由断面掘削機による軟岩トンネルの高速掘進システムの研究, 学位論文, pp.41, 103, 160, 196, 210, 239, 259, 260, 2007.11.
3) 田中健一・森直樹：初期高強度吹付けを用いたNATM新支保パターン, 北陸新幹線 峰山トンネル西工区, トンネルと地下, Vol.34, No.10, p.14, 2003.10.
4) 木内勉・西崎晶士・栗林勇二・森直樹：新開発の吹付けコンクリートを用いた軟岩地山トンネルの高速掘進, コンクリート工学, Vol.45, No.4, p.37, 2007.4.
5) 鉄道・運輸機構鉄道建設本部：8 新幹線トンネルNATM(機械タイヤ方式), 土木関係積算標準・積算要領 6-3 平成16年度版, p.45, 2002.
6) E. Andraskay, E. Ramer, E. Berger：Choice of rock excavation method for tramway tunnel in Zurich, Rock Mechanics and Rock Engineering, Vol.16, No.1, pp.3-17, 1983.
7) Marvin D. Simmons：Performance of roadheaders at Harlan, Ky, diversion tunnels, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol. 30, No.7, pp.1491-1496, 1993.
8) N. Bilgin, T. Dincer, H. Copur, M. Erdogan：Some geological and geotechnical factors affecting the performance of a roadheader in an inclined tunnel, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.19, No.6, pp.629-636, 2004.
9) E. Mustafa Eyyuboglu, Naci Bolukbasi：Effects of circumferential pick spacing on boom type roadheader cutting head performance, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.20, No.5, pp.418-425, 2005.
10) J. Torano Alvarez, M. Menendez Alvarez, R. Rodriguez Diez：Experimental results of a low-power roadheader driving a gallery with different types of rock at the face, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.18, No.4, pp.395-404, 2003.
11) 鉄道・運輸機構：山岳トンネル設計施工標準・同解説, p.381, 2008.4.

わかりやすい土木地質学
大島洋志 監修 B5判 209頁 本体価格 2,500円 〒340円
本書は, 平成11年3月号より17回にわたって「トンネルと地下」に連載した「トンネル技術者のための応用地質学入門」をベースに, 加筆および整理してまとめたものである. 本書では, 最新のトンネル技術, 地質学, ならびに, 地質調査法などを挙げ, 学生から実務者まで広範に満足させる内容となっている.
株式会社 土木工学社
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888(代) 振替00110-8-190072

Tunnel Wall

台湾人に愛されたトンネル技術者「吉次茂七郎」

清水建設(株)国際支店パハンセランゴール導水トンネル建設所建設所長　河　田　孝　志

2011年７月，台湾東海岸蘇花公路応札業務のため，台湾に出張する機会を得た．台湾東海岸蘇花公路は急峻な東海岸側の山地をトンネル群で貫く路線であり，長大トンネル工事が順次発注されている．清水建設台湾営業所辻上修士所長から，台湾の農業水利事業におおいに貢献した土木技術者「八田與一」とほぼ同じ時期，鉄道単線トンネルの草嶺隧道(全長2,166m)の建設に命を掛けた技術者「吉次茂七郎」がいたことを，後藤芳顯・名古屋工業大学教授がホームページ(http://www.cm.nitech.ac.jp/civil/CEkai/H21CE_1.pdf)で紹介していると知り，現地視察に出向いた次第である．同じトンネル技術者として草嶺隧道を視察して感銘を受けたことについて報告させていただく．

草嶺隧道は1921年に着工し，1924年10月に竣工した．その当時台湾における最長のトンネルであった．吉次茂七郎は30歳台前半の若さにして草嶺隧道工事の責任者として工事を指揮し，３年という短い工期で2,166mの長大トンネルを完成に導いた．その手腕は驚きに値する．残念なことに完成を見る前の1923年１月17日，マラリアを発病，わずか４日後に逝去した．草嶺隧道が完成した1924年，記念碑が台湾総督府の手で建立された(**写真-1**)．工事途中で現場の第一線から離れたこと，また帰らぬ人となったことの吉次茂七郎の無念はいかほどであったか，計り知れないものがある．吉次茂七郎の碑は戦後日本人の記念碑が破壊されるなか，地元住民の反対で残されたとのことである．

複線断面の新草嶺隧道が供用されるまでの64年間，鉄道単線トンネルとして用いられたのち，20年あまりのあいだ封鎖されていたが，2008年８月にサイクリングロード(**写真-3**)として，周辺地区を含めて蘇った．

現在は台湾人観光客が大勢訪れ，吉次茂七郎の



写真-1　吉次茂七郎の石碑(左から辻上所長，北副支店長，河田)

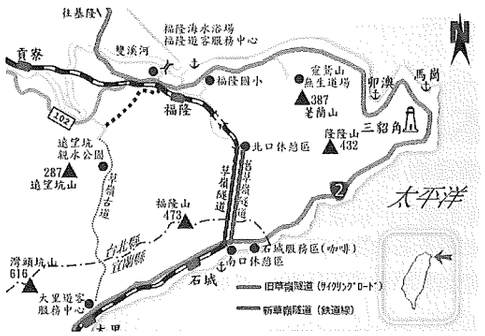


図-1　草嶺隧道位置図

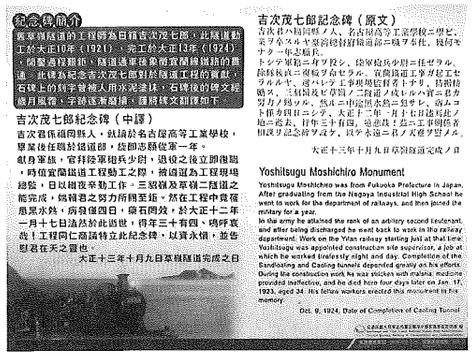


写真-2　記念碑の紹介

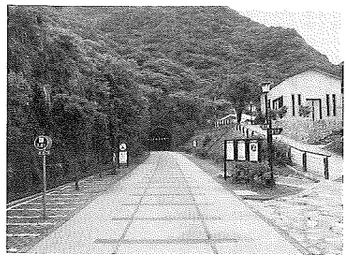


写真-3　草嶺隧道サイクリングロード

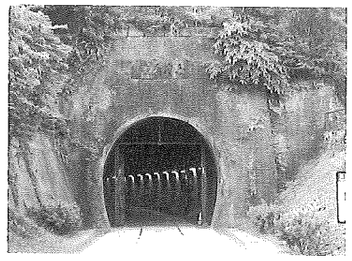


写真-4　草嶺隧道南側坑口

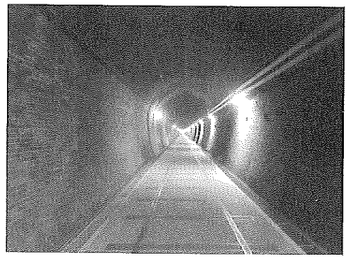


写真-5　草嶺隧道坑内

功績も知られるようになっている．

草嶺隧道を訪れた際，まず感じたことは，掘削工法は発破，ピック．ずり出しはレール工法であろうがどの程度の大きさ？　作業員は日本人それとも台湾人？　作業員は何人ぐらい？　スキルは？　測量はどうやって行ったのか？　レンガはどこで製作したのか？　工事金額はいくらだったのか？　当初予算に比べ，予算内に収まったのか？……色々なことが頭をよぎるとともに，同じトンネル技術者として以下の３点におおいに感銘を受けた．

トンネル線形がとにかく美しい．**写真-4, 5**を見ていただくとわかるように，トンネルセンターがきちんと通っている．現在，GPS，光波測距儀の発達によりトンネル測量は各段に進歩したが，測量の間違いによる不具合は生じている．線形の美しさは工事を監督する技術者の意気込みによるところが大きいのではないかと思っている．

覆工はレンガ積みで施工されている．完成後90年以上経過しているが，一部吹付けコンクリートで補強されてはいるものの，ほとんどの部分は当初施工のレンガ積みのままである．若干風化は進んでいるが，サイクリングロードとして人が行き来するのに十分安全が確保できる状況である．一つ一つレンガを積み上げていく職人と吉次茂七郎の品質に対するこだわりを垣間見させていただいた．

八田與一と彼が指揮した烏山頭ダムと１万６千キロに及ぶ灌漑用水路と同じように，インフラ整備は地元住民が熱望したものであるとともに，工事を指揮監督する土木技術者も地元住民から愛され，尊敬されていた．ある意味，現在の土木技術者からすれば羨ましいかぎりである．

現在，東南アジアにおいてインフラ整備が急ピッチで進められている．日本企業が海外インフラ整備へ進出することを国を挙げてバックアップする体制として，平成22年６月に新成長戦略が閣議決定された．現在これに沿って，パッケージ型インフラを海外展開するための活動が官民一体で実施され，産学官が連携して開発援助とビジネスをシームレス化することが期待されている．

私も現在マレーシアにおいて東南アジアにおける最長トンネルとなる延長44.6kmのパハン導水トンネルの責任者として従事している．台湾から帰った翌日，126名のスタッフ，836名の作業員に，草嶺隧道の写真を見せながら，先人の偉業について朝礼時に話をした．

吉次茂七郎，八田與一のように地元住民から愛され，尊敬されることを望むのは難しいにしても，同じ日本人として先人に負けないように，100年先まで品質が確保できるトンネル，さらには１日も早く，安全に工事を完成させる意気込みを語った．

草嶺隧道サイクリングロードは，台湾人観光客は大勢訪れているが，日本人観光客への知名度は低い．本稿を読んでいただいた方は，ぜひ周りの方に「吉次茂七郎」の功績を紹介していただき，台湾を訪れた際には足を延ばしていただければ幸いである．

トンネルジャーナル

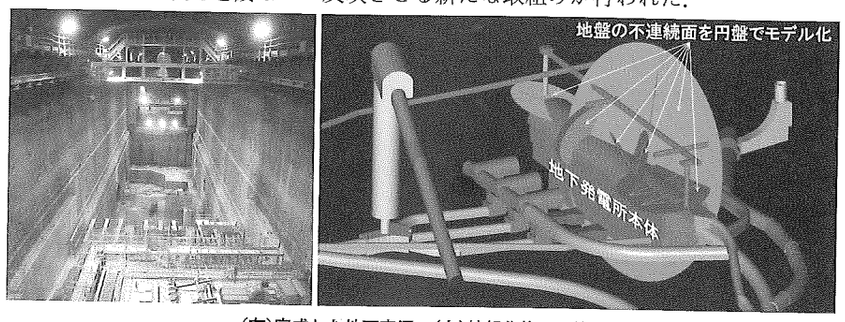
土木学会北海道支部技術賞に京極発電所ほか２件

土木学会北海道支部は2011年度の技術賞を選定し，通常総会で授与した．技術賞に選ばれたのは，「情報化施工を駆使した京極発電所大規模地下空洞」(北海道電力)，「ホタテ貝殻を活用した舗装混合物の採用について」(東日本高速道路)，「釧路港東港区－9.0m岸壁耐震・旅客船バース」(北海道開発局釧路開発建設部)の３件．

このうち，京極発電所は北海道虻田郡京極町に北海道電力が建設する純揚水式発電所．本倶登山東側の台地に上部調整池，尻別川水系ペーペナイ川と美比内川の合流点に京極ダム(下部調整池)を建設し，この落差369mを利用して発電する．水車発電機などを収容する発電所は，土かぶり約430mの地下に造られた高さ約46m，幅24m，長さ141mの弾頭形の大規模空洞に設置される．

地下空洞は情報化施工を駆使したNATMで建設された．2009年１月から2010年12月の約２年で掘削を完了している．基本となる支保パターンは，事前の地質調査をもとに，標準部，断層部，変質部に大別して解析モデルを設定し，逐次掘削解析により決定した．

そのうえで施工にあたっては切羽の地質を観察するとともに周辺岩盤の挙動を計測し，周辺岩盤の挙動が確認された場合には，その要因に応じて最適な支保を検討し施工に反映した．また，地質情報の管理では，三次元地質情報・施工状況可視化システムを導入し，地質情報を素早く三次元的に可視化することで，他の計測結果と組み合わせて迅速に施工へ反映させる新たな取組みが行われた．



(左)完成した地下空洞　(右)情報化施工の管理画面　資料提供：北海道電力

鳳来トンネル(仮称)上り線が貫通

中日本高速道路が整備する新東名高速道路鳳来トンネル(仮称)上り線が６月３日に貫通した．

同トンネルは，2014年度の開通を目指す新東名浜松いなさJCT～豊田東JCTにある17本のトンネルの一つ．愛知県新城市乗本と下吉田を結び，延長は2,528mと同区間では最長となる．

施工は清水建設が請け負い，2009年９月に掘削に着手，主に三波川結晶片岩からなる地山を，発破掘削を用いた補助ベンチ付き全断面掘削工法により掘進し，33か月で貫通を迎えた．最大月進は125m．

TD600～1,300m付近では押出し性を呈する地質不良部に遭遇．過大な変位や支保部材の変状が発生し，一部の区間では縫返しを余儀なくされた．対策として早期閉合支保パターンを採用してこれに対処するとともに，掘削時に切羽の自立安定が懸念された区間においては，補助工法として注入式フォアパイリングを採用した．

現在掘削中の下り線は，今年秋ごろに貫通を迎える予定で，覆工コンクリートなどを含めたトンネル本体工事は2013年の完成を見込んでいる．



連載講座

トンネル技術者のための地相入門(３)

—地形から読み取る情報(２)—

「地相入門」連載講座小委員会

① 空中写真とレーザ地形図

1-1　空中写真

地形学において，微地形とは10^2mオーダーの広がりを持つ地表の起伏形態をいう．微地形はおよそ10^2～10^3年程度の形成時間のスケールをもつ．この時間スケールは，通常の社会基盤施設の耐用年数から見るとやや長いが，わが国で発生する大規模な自然災害の頻度としては普通である．したがって微地形の分布や性状を知ることは，大規模な自然災害や，安定した土地利用の激変に結びつくような自然の営力を理解することに役立つ．微小な地形を判読・計測する従来の手法には，地形図や空中写真を用いた地形判読がある．わが国では，ほぼ全国土の1/25,000地形図が1983年までに航空写真測量により作成され，随時更新されている．1/25,000地形図からは，10^1mオーダー以上の規模を持つ微小な地形を読み取ることができる．また，空中写真については，林野庁(1952年～)および国土地理院(1960年～)による全国の1/8,000～1/20,000の空中写真の撮影が行われ，変化の激しい地域については現在まで経年的に再撮影が行われている．大縮尺空中写真の空間分解能は，1/25,000地形図よりも細かく，10^1mオーダー以下の地形の判読も可能である．

1-2　レーザ地形図

航空レーザ計測は，高精度の位置情報をもつ航空機から高周波数で照射する近赤外波長域のレーザビームの反射を受光して得られる高密度の点群標高データを用いて，植生などの地被を取り除いた裸地状態の高解像度の３次元地形モデルが詳細な地形モデルを作成するものである．原理的に，人工衛星などによるマイクロ波を用いたレーダ画像の三次元地形計測とは，異なる手法である．

航空レーザ計測によって作成される地形モデルは，1/1,000～1/2,500地形図に対応するスケールであり，従来の航空測量地形図の等高線図法では描画できなかった数m～十数mより小規模な極～超微地形も再現できる．地形には階層性があり，微地形よりも更に規模の小さい地形の詳細を知ることによって微地形がよりよく理解できる．

高解像度の数値標高モデルから作成したラスター型のグリッドデータ(DEM)は，地形量の演算や画像化が容易であり，立体情報を人間の視覚に馴染みやすく画像化できる．そのため，空中写真では実現不可能な，情報の強調や均一化を施した地形画像による立体認識と「デジタル地形判読」も現実的になった．地形図読図，空中写真判読，レーザ計測地形画像判読の各々の特徴を，**表-1**に示す．また，航空レーザ計測によって作成した詳細な地形図と同地域の1/25,000地形図との表現の違いを，**図-1, 2** に示す．

② 地形から得る具体的な情報

地形を調べることで，地下の断層位置，地質やその構造，地すべりをはじめとする斜面災害に関

係する情報を得ることができる．ここではいくつかの具体的な事例について説明する．

2-1 断層および破砕帯

トンネル施工にとって大敵は湧水と地圧である．断層や破砕帯に遭遇しての大湧水は施工困難になるし，大きな地圧の作用はトンネル建設後も尾を引いて維持管理に問題を残す場合がある．また，断層が活断層である場合には活動時にトンネルを破壊することもある．

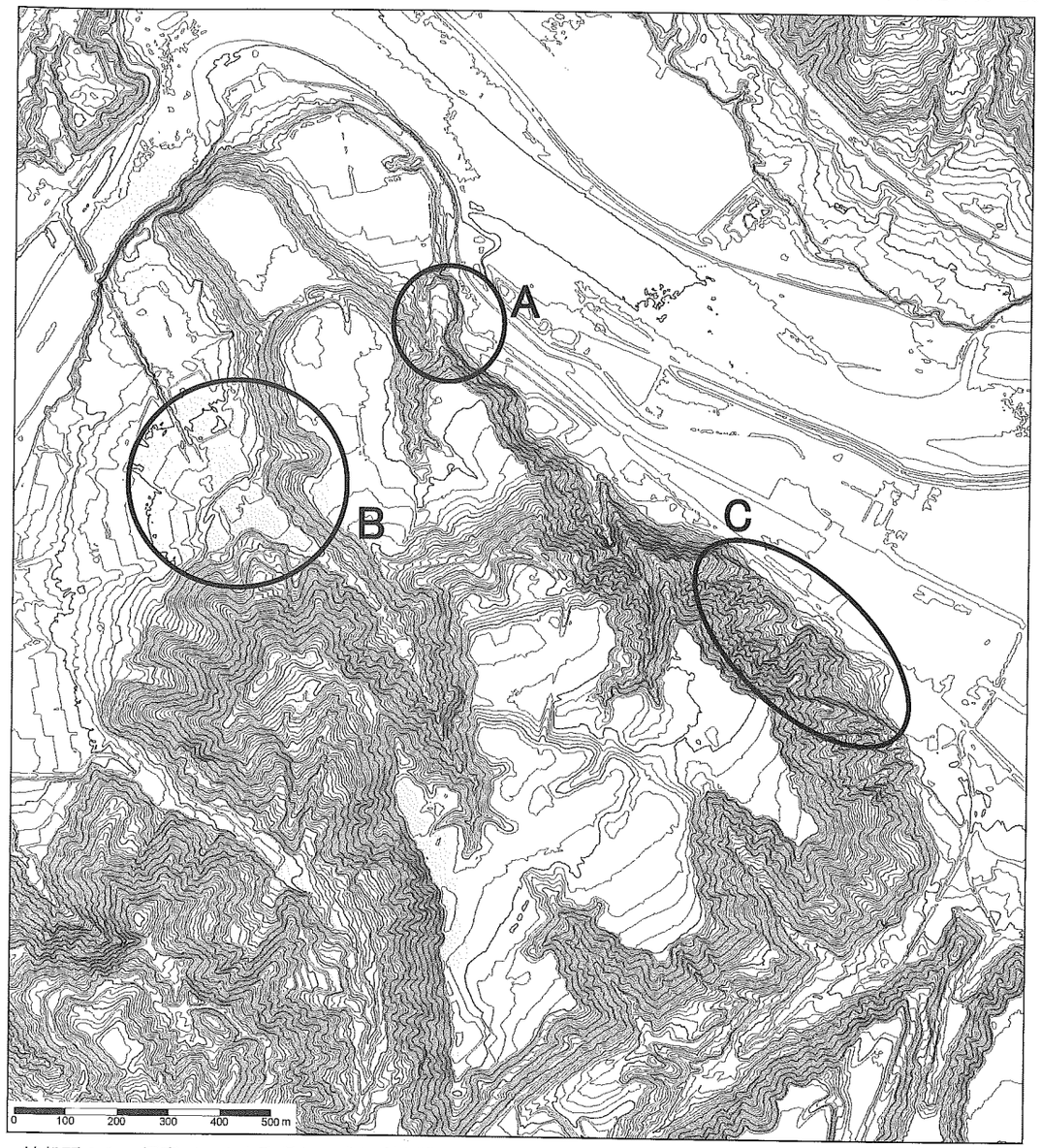
断層は岩盤のせん断破壊面であるから，破砕さ

表-1 地形図読図(1:25000地形図)，空中写真判読と，レーザ計測地形画像判読との比較
(鈴木(1997)[b]の項目および記載に一部加筆し，レーザDEM判読に関する記述を追加)

		地形図の読図	空中写真判読	レーザ計測地形画像判読
必要品	素資料	地形図	空中写真	地形表現図
	器具等	何も要らない	何も要らない もしくは実体鏡	何も要らない またはDEMビューア
	価格 (1 km²)	コーヒーより安い (1:25000地形図 1図葉)	国内ビジネスホテル宿泊代以上 (1実体視モデル：数千円以上)	国内線往復航空運賃以上 (既存販売データ：数万円以上)
	補助資料	空中写真	地形図	空中写真，地形図(地物情報)
作業時間の桁		数秒ないし数分	数分ないし数時間	数秒以下ないし数十分
論理的基礎		科学技術一般	同左	同左
得られる情報の例	種類	人間が取捨選択して地形図に描写した事象(静止物体)とそれから判読しうる事項	空中写真画像に写っているすべての物体およびそれから判読される事項，移動体の瞬間像	植生を含む地表面あるいは人間が選択認定した任意の表面におけるすべてのレーザ光反射点の位置情報，反射状況． 位置情報から作成した地形量，各表面間差分量およびそれらを加工表現した画像
	精度	縮尺に制約され，等高線の間の地形は推論するのみ． 等高線の描画位置はオペレーターの判断に依存する要素あり． 描画は許容誤差や省略を含む．	どこでも同じ精度であり，写真画素の分解能のみに制約される 通常は写真画像としての歪みを持つ	選択した任意の表面の，計測点群密度に制約される． 通常は数m～数十cm間隔に1点以上 計測点間は各種の手法で補間される 縮尺の制約はない
	同時性	一般的には図葉内の同時性はないが，原資料(空中写真など)の情報に依存する描画対象に応じて任意に選択変更可能である	単写真ごとに同時性を持つ瞬間画像であるが，各画像間は不連続時間差を持つ	数万m²中に1秒程度の連続的内部時間差を持つ
	定量的な情報	高度，距離，方位，傾斜，面積などを容易に計測できる	高価な機器を用いれば高精度で可能であるが，実体視だけでは不可能	比較的安価なソフトウェアを用いて，高度，距離，方位，傾斜，面積などを，きわめて容易に短時間で計測できる またそれらの多様な表現の可視化が可能
	地域の歴史的な変化	明治時代以降，測量年次の異なる地形図があれば可能であるが，短期間における詳細な変化の認識は困難	1946年以降について撮影年次の異なる写真があれば可能 短期間に複数回の撮影によって高精度で認識可能	任意の表面標高の変化についてのみ，取得年次の異なるデータがあれば可能 短期間に複数回の取得により極高精度で認識可能
得られない情報の例		地形図に記入されていない地物，標高値，動態など	地名，行政区画，構造物管理者，地下構造物など	地物・地被物の種類，地下構造物など 地名，行政区画，構造物管理者など(これらのデータがGISデータ化されていれば対照は容易)
入手可能範囲		全国あり，web版入手可能	全国あり，web版(時期および解像度限定)入手可能	全国の約45%の範囲が公共事業の目的で取得されており，近い将来に5 mメッシュデータとして公開予定．
その他		描画対象に対する誤認情報を含まない	被写体に対する誤認情報は含まないが，画質上判別困難な情報を含む	計測対象に対する誤認情報を若干含む

れて角礫化や粘土化した部分を挟む．この破砕部分が厚くなると破砕帯と呼ばれ，周囲の岩盤に対して強度的に弱く浸食されやすい．破砕帯は，割れ目が発達して透水性が良く，大量の地下水を貯留する場合や粘土化して透水性が悪い場合がある．

地形図から断層を抽出するには，断層部分の浸



地盤面のみの標高データを取得し，盛り土を除く人工構造物を排除して作成した地形図．河川沿いの低地とその上に重なる扇状地，丘陵地内に分布する平坦～緩傾斜の段丘面とその周囲の急斜面，斜面内部の細かい谷地形が鮮明に把握できる．A地点では，南側からの小渓流が，和南津トンネル抗口斜面には流入せず北方に流下しているが，トンネル直上斜面との分水界までの渓岸の高さは2 m以下であることがわかる．B地点では，1/25,000地形図では平坦にみえる段丘面上を，小規模な扇状地が覆っていることがわかる．C地点では，北堀之内駅の南西側の斜面には細かい谷地形が刻まれていること，さらにその南東では，斜面からの崩落した土砂が，路線の敷地に押し出した形跡が認められる．

図-1 航空機レーザ計測による新潟県川口市～魚沼市堀之内付近の地形図(1 m間隔の等高線のみによる表示)

食によって現れる断層鞍部や断層突起，断層線谷のような特徴的な地形，あるいは断層崖や水系の屈曲などの断層変位地形に着目する．

図-3に山陽新幹線新神戸駅周辺の地形図に２本の断層位置を矢印で示す．北側の断層は，布引貯水池を斜めに横断する布引断層で，断層鞍部(○)

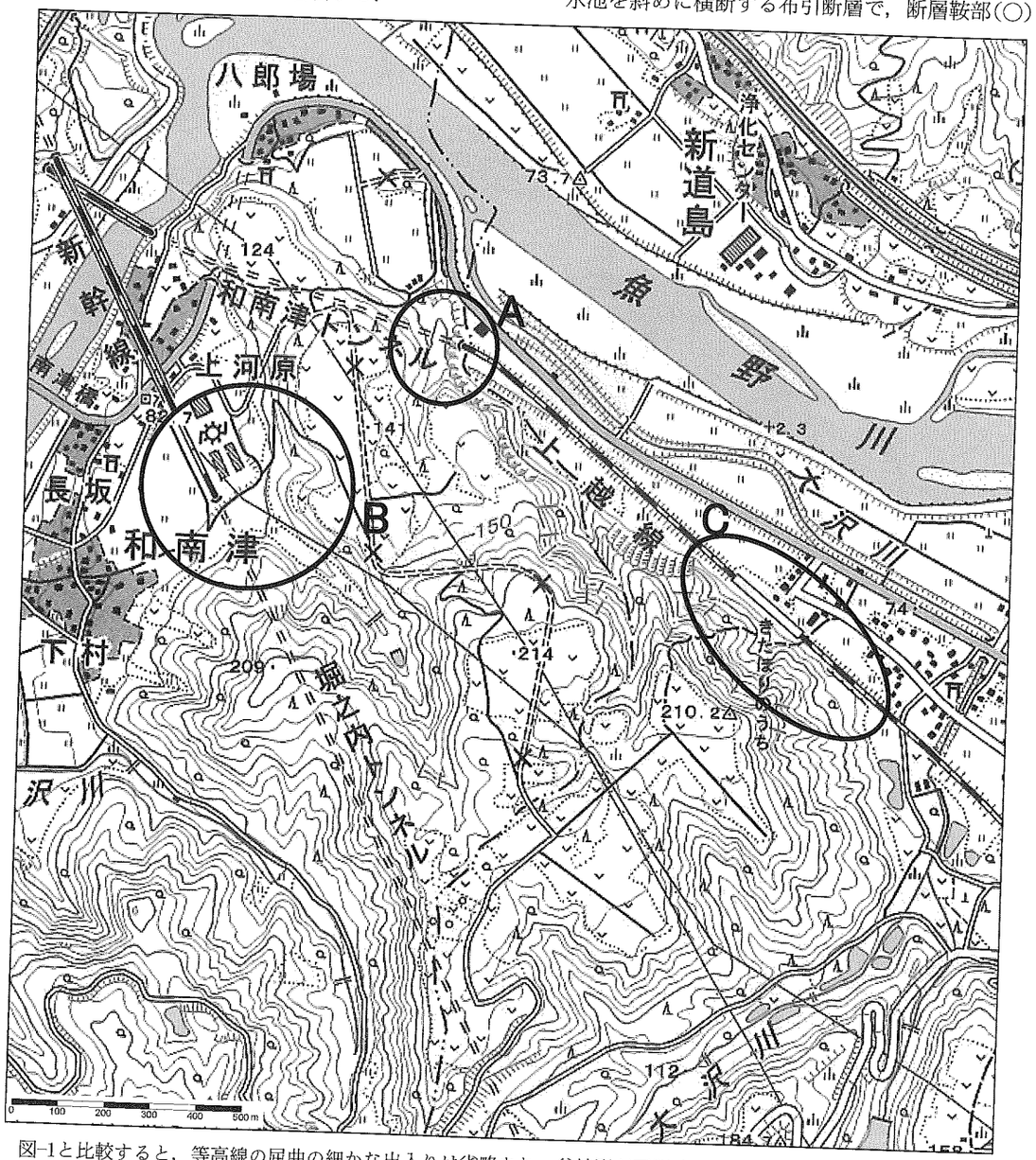


図-1と比較すると，等高線の屈曲の細かな出入りは省略され，谷地形が不明瞭になっている．上越線北堀之内駅南東方の斜面からの土砂崩落の痕跡はこの地形図でも認められ，擁壁が設置されていることがわかる．またB地点の新幹線堀之内トンネルの北側坑口は，水田の広がる平坦地に位置するように見えるが，図-1でわかるように実際には傾斜した扇状地上にある．

図-2　新潟県川口市～魚沼市堀之内付近の地形図(1：25,000「小平尾」　平成18年更新　新潟県中越地震対応版　×印のある道路は復旧未定の道路不通区間)

や断層突起の特徴から断層を推定することができる．南側の断層は，六甲山地と市街地を画する諏訪山断層で，直線状に連続する明瞭な崖(断層崖と呼ぶ)からその存在を推定することができる(本連載(1)のp.82参照)．

図-4は中国自動車道建設前の地形図に活断層と

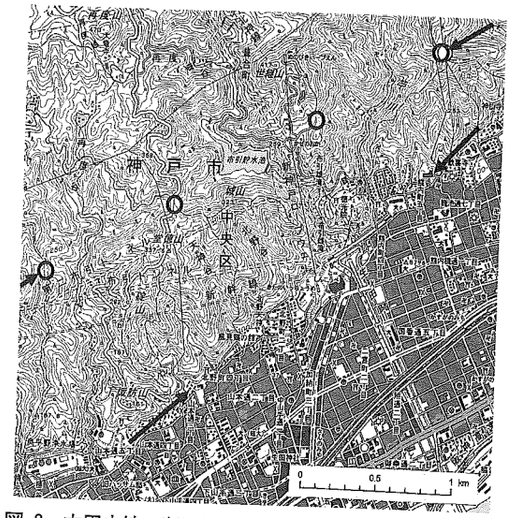


図-3　六甲山地の断層地形(1：25,000地形図「神戸主部」平成15年更新)

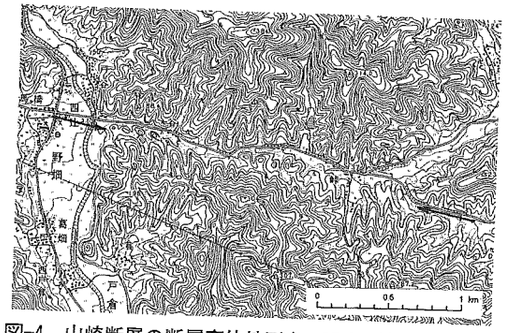


図-4　山崎断層の断層変位地形(1：25,000地形図「前之庄」昭和42年改測)

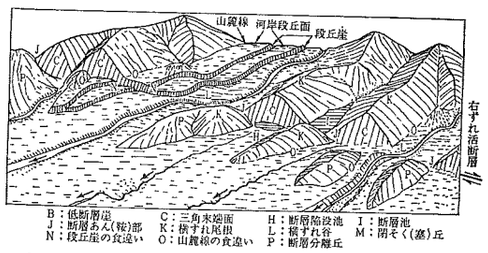


図-5　断層変位地形の諸例(岡田(1979)を改訂)[2]

される山崎断層の位置を矢印で示したものである．矢印を結ぶ線上に明瞭に連続する直線状の谷の存在から断層を推定することができる．断層線の北側にはいくつもの小山がある．この小山は南側の南北に延びる小さな尾根の続きであったものが断層で引きちぎられて西側(左側)に変位したことを示す地形である．高速道路は断層の上に建設されたため，切土施工時には法面に断層破砕帯が現われ法面変状や崩壊が発生した．

図-5は，ずれの方向が逆であるが断層の変位地形の諸例を示したものである．

2-2　流れ盤と受け盤を示す地質構造

堆積岩や結晶片岩などでは剝離しやすい層理面や片理面などの不連続面が発達する．不連続面は一般に傾斜するため，浸食によって図-6に示すように，地質構造を反映した流れ盤と受け盤からなる緩急斜面が形成される．この地形はケスタと呼ばれる(本連載(1)のpp.88-89参照)．緩傾斜の流れ盤斜面では不連続面に沿った地すべりの分布，切土法面の不安定化が発生しやすく，急傾斜の受け盤斜面では崩壊や落石が発生しやすいといった特徴がある．

図-7は香川県の讃岐山地でのケスタの例である．東北東-西南西方向の破線で示す尾根や水系を境に，等高線の濃淡が認められる．濃い部分は等高線間隔が密で急傾斜の受け盤斜面，淡い部分は等高線間隔が疎な緩傾斜の流れ盤斜面で，直線ABは図-6の模式図に対応する．地質は中生代に堆積した和泉層群の砂岩と頁岩の互層で南東方向に傾

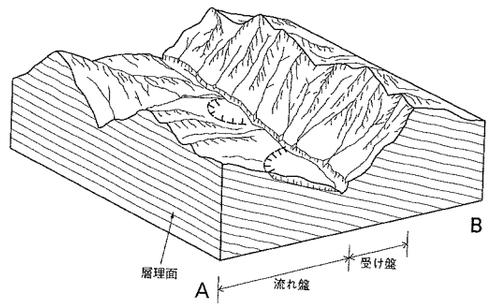


図-6　緩傾斜の流れ盤と受け盤斜面からなる地形(ケスタ)の模式図

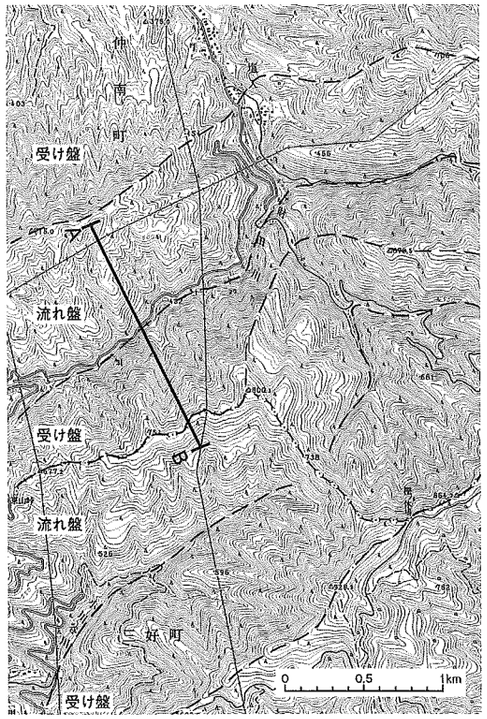


図-7　等高線の濃淡が示す緩傾斜の流れ盤と急傾斜の受け盤斜面の地形(ケスタ)(1：25,000地形図「内田」昭和59年修正測量)

斜し，流れ盤斜面は不安定化しやすく，数箇所で地すべりが発生している．

2-3　地すべり

地すべり移動層を貫通したトンネルでは，掘削対象の地山が硬軟入り乱れて切羽が自立しない場合や湧水を伴い断層と見誤るようなすべり面に遭遇して掘削に苦労することがある．とくに地すべり頭部の引張り領域に陥没帯が形成されている場合は，陥没帯がルーズな岩塊や土砂で埋められており大量の地下水が貯留されていることがあるため，こういう箇所にトンネルを計画することは避けるべきである．地すべり地形は**図-8**に示すように特徴ある形状を呈するため，比較的見つけやすい地形である．

しかし，一般には図示するような地すべり地形の全容が認められることは少なく一部が認められるにすぎない．また，地すべりの移動量が小さい場合や，移動が停止して浸食を受けた地すべりなどは地すべりとしての認定が難しい場合がある．このようなケースでは地すべりの存在に気がつかずにトンネル施工に入った例がある．ただし，現地踏査と合わせて地形を丁寧に見れば，地すべり地形を確認できるものと思われる．一方，地すべりの存在が明らかにされていながら，すべり面の下にトンネルを計画したつもりが，すべり面が想定以上に深かったため，地すべり移動層にトンネルが入った例がある．

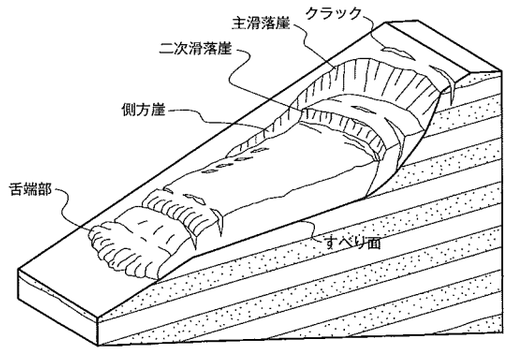


図-8　地すべり地形の模式図

地すべりの存在が明らかであれば，**図-9**に示す地すべりの幅と深さの関係をもとに，地すべりの幅からすべり面深度を推定し，地すべり面より十分下位にトンネルを計画できる．

図-10は大阪府と奈良県の境に位置する亀の瀬地すべり付近の地形図である．地すべり地は，周辺に比べて水系が未発達なこと，頭部の急斜面と末端に至る緩斜面(幅，奥行きともに約1 km)，末端を北東から南西に流れる大和川が200m程度南東に屈曲する部分として抽出できる．

JR関西線は明治時代に大和川の右岸側にトンネルを設けて敷設された．しかし，昭和初期には地すべり移動によって破壊されたため，地すべり地を避けて大和川を左岸側に渡って地すべりの対岸をしばらく走ったのち，再び右岸に戻るという線路付け替えを行って現在に至っている．地すべりは昭和40年代にも顕著な変動を示し，河床や対岸の国道を隆起させたため，多彩な対策が行われている．

図-11は上信越自動車道の群馬・長野県境日暮

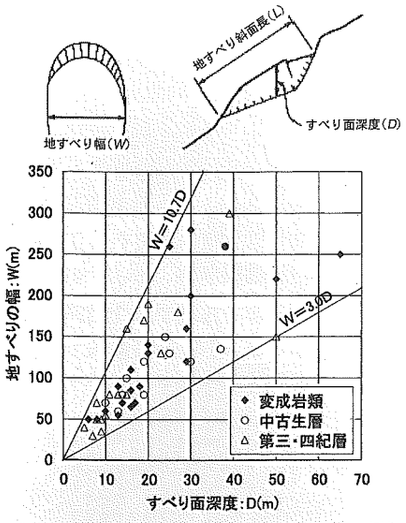


図-9　地すべりの幅とすべり面深度の関係[3]

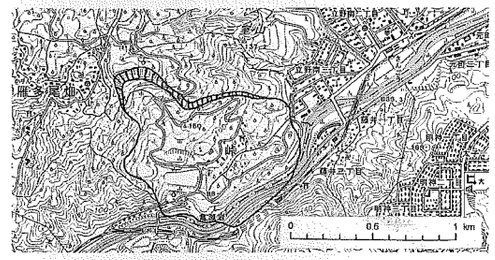


図-10　亀の瀬地すべりの地形(1:25,000地形図「信貴山」平成18年更新)



図-11　地すべり陥没帯に遭遇したトンネル(1：25,000地形図「南軽井沢」平成9年部分修正に南側のII期線ルートを追記)

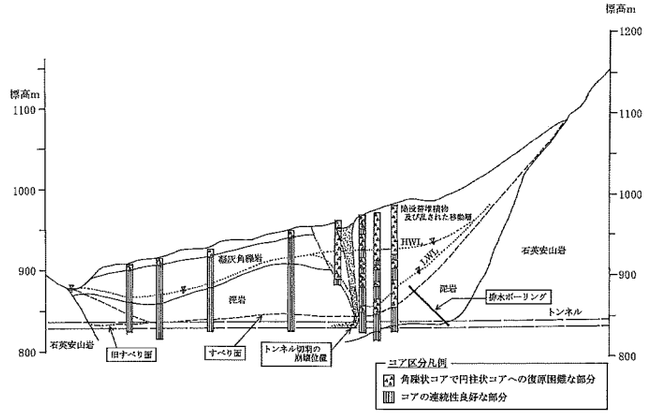


図-12　トンネル断面図と切羽崩落位置[4]

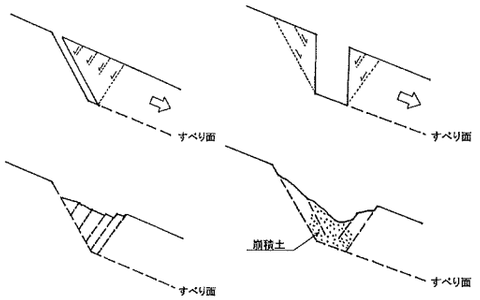


図-13　地すべり頭部陥没帯の形成機構[4]

山トンネル付近の高速道路トンネルの地形図である．図の中央に水系が未発達な緩斜面がある．この地形が南東斜面を滑落崖とする地すべりである．II期線トンネル施工がこの滑落崖直下に到達時に切羽が崩落し，土かぶり130mの地表には直径30mの陥没孔を生じた．この位置は地すべり頭部の陥没帯(**図-12**)にあたり，陥没帯はルーズな岩塊と地下水で満たされていたため，多量の岩塊が地下水とともにトンネル内に流入したものである．

このような陥没帯はすべての地すべりに存在するわけではなく，大きく移動した地すべりの頭部に形成されている．参考までに陥没帯の形成機構(2ケース)を**図-13**に示す．

2-4　岩盤崩壊

岩盤崩壊は，浸食の盛んな峡谷部や海食崖の発達する海岸線で多発する．岩盤崩壊の発生した斜面の傾斜は大半が60度以上の急崖であり，トンネルが被災した代表的な例では平成8年の北海道の

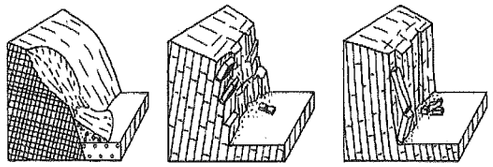


図-14　岩盤崩壊の形態[5]

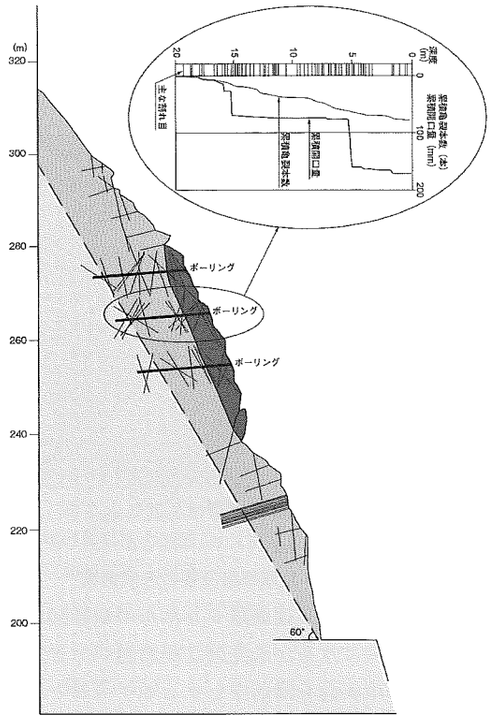


図-15　岩盤斜面の緩みの調査[6]

国道229号豊浜トンネル坑口部の崩壊，翌年の同じ国道第２白糸トンネル坑口部の崩壊がある．崩壊形態としては**図-14**に示すような形態がある．

岩盤斜面の傾斜が60度以上になると引張応力領域が岩盤表面に発生することは斜面の応力解析で知られている．この点に関連して現地での岩盤斜面の緩み領域を調査した事例が**図-15**である．岩盤の急崖斜面で足場を仮設してボーリング調査を３本実施し，ボアホールカメラで割れ目の本数や開口幅などを調べた．結果の一部を拡大して示す．割れ目の間隔に大きな変化はないが，開口割れ目の位置が５mと15mの位置に認められた．５mの位置の開口割れ目は不安定岩塊を取り巻く開口亀

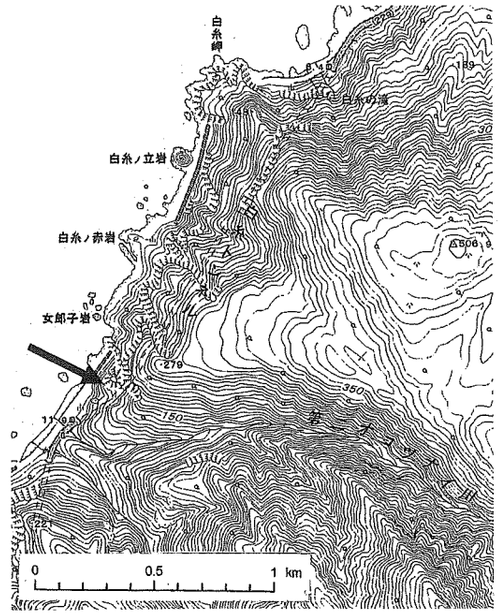


図-16　旧トンネル岩盤崩壊箇所周辺の地形（1：25,000地形図「狩場山」平成18年更新）

裂に対応し，15mの位置のものは岩盤斜面の基部から傾斜60度で延ばしたラインに一致しており，このラインより崖側の岩塊が緩んでいることが確認された．

したがって，急崖斜面ではトンネル位置が崖の基部から60度で延ばしたラインよりも十分岩盤内に入るようにすべきである．

図-16は北海道の国道の旧第２白糸トンネルの坑口が巻き込まれた岩盤崩壊（矢印）付近の地形である．矢印の北側にある女郎子岩南の凹み部分から山側にある279m標高点で斜面勾配を求めてみると，200m間で280mほどの比高差になるので，約55°の急勾配であることを読み取ることができる．

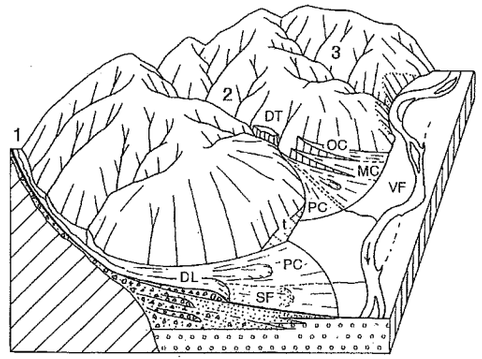
海岸沿いの旧国道のトンネル坑口は，北部の白糸岬付近の旧坑口を含めて，いずれも急崖斜面下にあって岩盤崩壊危険箇所にあたる．被災後の国道は坑口を含めて内陸側の安全なルートを新設の白糸トンネルで通過する．

2-5　沖積錐・扇状地

沖積錐と扇状地は，いずれも渓流や河川が山地

から平野にでる山麓部に形成されるものである．地形学的には両者は明確に区分されるようであるが，おおむね勾配が少しきつく，広がりが錐状に狭いものを沖積錐と呼ぶと考えてよさそうであるが，トンネル工学の面からは両者を神経質に区分する必要はないと考える．

ここでは沖積錐の説明図を**図-17**に示す．扇状地も同様であり，堆積地形が残されている場合や，山麓に河川や海岸がある場合に流出土砂が運搬除去されて堆積地形が残らない場合がある．



沖積錐の諸相
PC・MC・OC：現成・中期・古期の沖積錐，DT：土石流段丘，DL：土石流堆，SF：土砂流原，VF：河成堆積低地，t：崖錐，1：沖積錐を伴う谷，2：沖積錐と土石流段丘を伴う谷，3：土石流は発生するが，本流の側刻のために沖積錐の発達しない谷．

図-17　沖積錐が形成される地形環境[5]

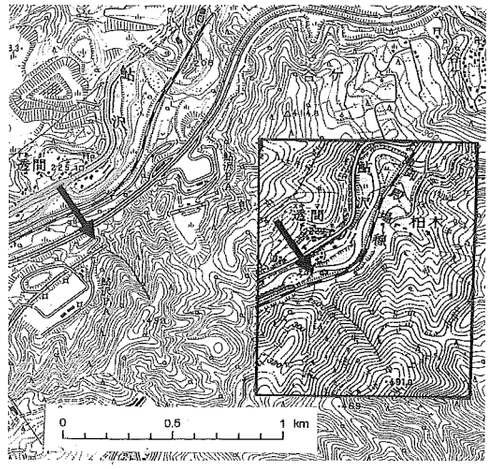


図-18　トンネル坑口部での土石流発生渓流（1：25,000地形図「山北」平成13年修正測量，旧版地形図は同縮尺の昭和40年資料修正）

全国的にトンネル坑口に渓流が位置することが多く，坑口部が土石流被害を受けやすい状況がある．また，大規模な扇状地に設けられるトンネルでは掘削時の多量の湧水に加えて，落盤，陥没などの恐れがあるので注意を要する．

図-18は神奈川県西部の高速道路トンネル坑口部に渓流が交差する付近の地形図である．矢印で示した渓流から強雨に伴って土石流が発生したが，道路山側に設けられたスリット式堰堤で約2,000 m³の土砂を抑止することができた．同図にこの渓流付近の高速道路施工前の古い地形図を部分的に示した．古い地形図には渓流出口に沖積錐は認めがたいが，北東の柏木渓流出口には沖積錐の特徴を見出すことができよう．周辺の渓流出口にこのような堆積物が存在する場合には，当該渓流に対しても坑口の延伸を含めて土石流対策を十分考慮すべきである．

図-19は平成21年７月豪雨で防府市一帯に土石流が多発した際，流下した土石流の末端が老人ホームに達して多数の犠牲者を出した渓流の地形図である．山地の地質は風化花崗岩で崩れやすく，土石流の発生源は傾斜20°以上の渓流源頭部で発生

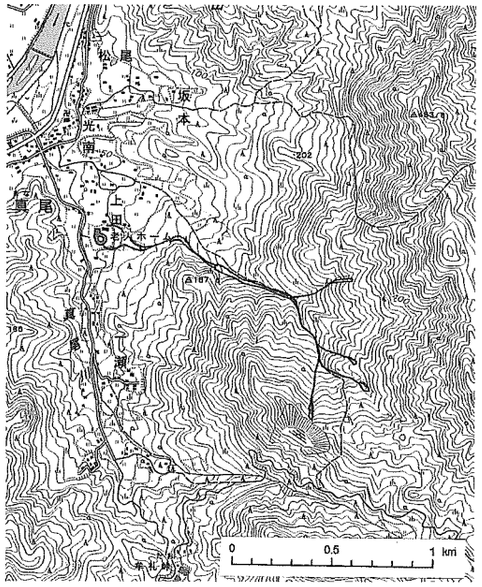


図-19　土石流発生渓流の地形（1：25,000地形図「矢田」平成17年更新）

した小規模表層崩壊である．山麓の緩斜面はこのような土石流がくり返して形成された沖積錐や扇状地であるが，等高線が扇形ではなく屈曲に富むやや複雑な地形であり，図-17の渓流2にあたる地形である．山地斜面を刻む渓流の傾斜が15～20°よりも急で山麓に緩斜面がある場合は土石流への注意が必要とされる．

2-6　崖　錐

崖錐は**図-20**に示すように，落石や小崩壊といった重力で落下した土石の堆積地形である．規模の大小はあるが，トンネル坑口が崖錐部に位置することや，中間部分が崖錐内部に入ってしまうようなことがある．堆積物はきわめてルーズで空隙なども多いので掘削施工は困難である．また，坑口部や明かり部分では落石や小崩壊への対策も必要になる．

図-21は北から南に向かって流れる利根川の狭窄部付近の地形図である．利根川沿いに走るJR上越線と国道は図の南側で崖下を並走している．図中矢印部分の崖と鉄道の間には数本の等高線があり，図-20のような地形が想定される．崖の地質は安山岩溶岩であるのだが，崖下にはこの溶岩の岩塊が大量に堆積して見事な崖錐を形成しているのである．

ここでは，昭和52年3月に崖の崩壊で多数の落石が線路付近に達し，走行してきた下り電車が衝突脱線し，数m下の国道に転落する事故が発生している．

2-7　段　丘

段丘は成因的に，河成段丘，海成段丘などに分類されるが，工学的な問題としては**図-22**に示すような堆積物による分類が望ましい．図中の1～3のケースは形成過程に若干の違いがあるが，厚い砂礫などの非固結堆積物が分布する砂礫段丘であり，図中の4のケースは基盤岩を薄い非固結の段丘堆積物が覆う岩石段丘である．このうち，図中の2のケースは谷壁に岩盤が露出するにもかかわらず，段丘内部は過去のルーズな河川堆積物が分布するもので，図中の4の岩石段丘と誤りやすい．また，一般に段丘を形成する堆積物は砂礫が

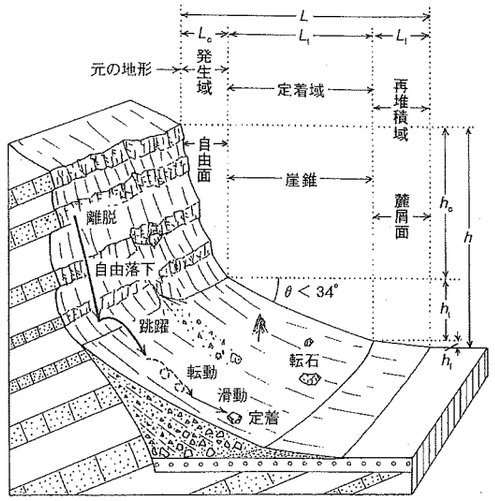


図-20　崖錐の形成と地質状況[5]

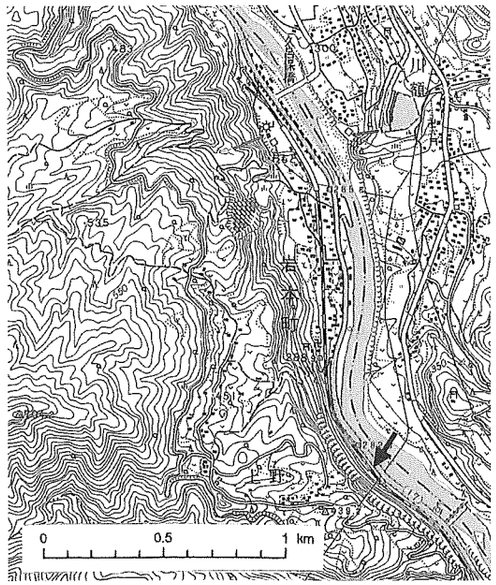
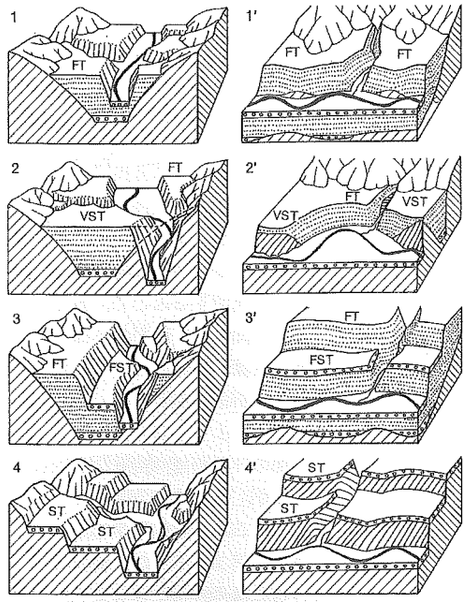


図-21　鉄道沿いの崖とその下の崖錐地形（1：25,000地形図「沼田」平成8年修正測量）

主体であるため，透水性の良好な帯水層となっている．

トンネル掘削では切羽の安定問題に加え，坑内湧水や湧水による周辺地下水環境への影響が問題になる．

図-23は南西から北東に向かって流れる信濃川中流の地形図で，数段の河成段丘が発達している．信濃川沿いに走るJR飯山線は，左岸部の越後鹿



1：フィルトップ段丘（砂礫段丘），FT.
2：谷側積載段丘（フィルトップ段丘の亜種），VST.
　谷側積載段丘の部分（峡谷）と砂礫段丘の部分との谷底低地幅の差異に注意.
3：フィルストラス段丘（砂礫段丘），FST.
4：ストラス段丘（岩石段丘），ST.
1'～4'は段丘崖を正面からみた模式図：段丘堆積物と基盤岩石の存在状態に注意.

図-22　段丘堆積物による段丘の分類[5]

渡駅を過ぎると，下り勾配で段丘部を両側切取りで信濃川の渡河地点に至る．橋梁で右岸に渡ると，上り勾配に転じ，段丘下に設けらた急カーブを有するトンネル(田沢)および両側切取りを経て段丘上にある越後田沢駅に駆け上がっていることがわかる．このトンネルの施工中には土かぶりの小さな段丘砂礫層部で数回の崩壊が発生したという[7]．（文責：上野将司・応用地質(株)/向山栄・国際航業(株)）

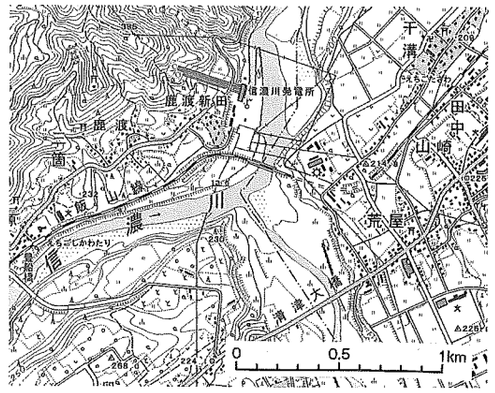


図-23　段丘堆積物を貫く鉄道トンネル（1：25,000地形図「大割野」平成18年更新）

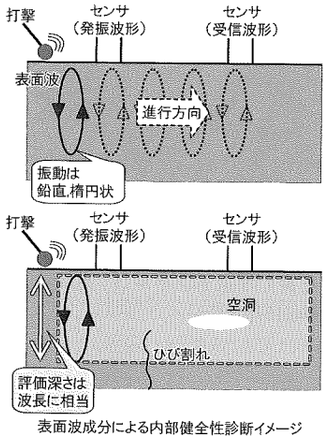
参　考　文　献

1）鈴木隆介：建設技術者のための地形図読図入門，第1巻，読図の基礎，古今書院，p.18，1997.
2）活断層研究会編：日本の活断層分布図と資料，東京大学出版会，p.6，1980.
3）上野将司：地すべりの形状と規模を規制する地形・地質要因の検討，地すべり，Vol.38，No.2，pp.1-10，2001.
4）上野将司：危ない地形・地質の見極め方，掘削の障害になる陥没帯，日経コンストラクション，6月12日号，pp.72-76，2009.
5）鈴木隆介：建設技術者のための地形図読図入門，第3巻，段丘・丘陵・山地，古今書院，pp.570-852，2000.
6）上野将司：危ない地形・地質の見極め方，見逃しやすい岩盤崩壊の兆候，日経コンストラクション，9月12日号，pp.92-96，2011.
7）渡邊貫：地質工学，増補6版，古今書院，pp.208-209，1939.

建設工事の地質診断と処方
石井康夫・矢嶋壮吉 共著　A5判326頁　本体定価4,300円(〒340円)
株式会社 土木工学社
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888（代） 振替 00110-8-190072

工法・技術・製品ニュース

技術　一面配置型弾性波トモグラフィを開発



表面波成分による内部健全性診断イメージ

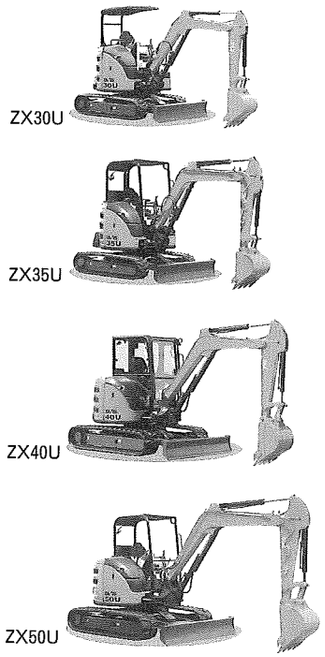
飛島建設(株)広報室
Tel：044-829-6751
http://www.tobishima.co.jp/

飛島建設は，塩谷智基・京都大学大学院工学研究科准教授，小林義和・日本大学理工学部准教授との共同研究により，弾性波の表面波成分の特性を利用した「一面配置型 弾性波トモグラフィ」を開発した．これにより，コンクリート構造物の非破壊診断技術である弾性波トモグラフィを，あらゆる構造物に適用することが可能になるとしている．

同技術が利用したのは，物体表面を伝播する表面波が，物体の深さ方向の状態に応じて変化を示す特性．構造物の表面を，鋼球やハンマなどのインパクタで打撃して励起された弾性波のうち，表面を伝播する表面波成分は，表面近傍で楕円状の動きをしながら表面を伝播する．この楕円状の振動範囲は波長と等しく，励起した表面波は波長に相当する深さ方向の状態に応じて変化を示す．これを構造物の表面に配置したセンサにより測定することで，表面波速度の分布図として表面からは不可視である表層や内部の健全性が可視化され，診断が可能となる．

これにより，コンクリート構造物内部のひび割れや空隙などの位置や程度が，トンネルの覆工コンクリート，ダム，橋梁床版や擁壁などのように，アプローチが片側表面に制限される構造物にたいしても短時間で広域的に把握できるようになるとしている．

製品　後方超小旋回型ミニショベル４機種をモデルチェンジ



日立建機(株)営業統括本部
Tel：03-3830-8040
http://www.hitachi-kenki.co.jp/

日立建機は，３～５tクラスの後方超小旋回型ミニショベル４機種をモデルチェンジし，ZX U_5シリーズとして発売した．

環境問題を意識した新エンジン，油圧システムの搭載で低燃費や経済性の良さを大幅に改善するとともに，基本操作性もさらに充実させた．加えて居住性，整備性の良さも満載し，身近に使える「ユーザーフレンドリー」なミニショベルとした．

曲線を基調とした
「ラウンドフォルムデザイン」

曲線を基調としたデザインを採用し，堅ろう・剛性さに加え，高級感も表現した．

高いパフォーマンスを生み出す
「優れた操作性」

電子制御技術を導入した新エンジンと油圧システムの改善により，低燃費と低騒音を図った．燃費優先のエコモード，作業量優先のパワーモードをボタンで選択でき，両モードともに従来機(ZX U_3シリーズ)より低燃費を実現してる．環境に配慮して，オートアイドリングストップ機能も用意した(オプション)．

ゆったりとした作業空間がもたらす
「快適な居住性」

3.6インチ大型マルチ液晶モニタ採用により視認性が向上し，シートとペダル間の寸法も拡大．フロアステップも導入し，乗降が容易となった．また，清掃しやすい分割式フロアマットを採用し，泥汚れのしやすい足元部分のみ取り外して清掃できる．さらにキャブ仕様機はキャブ内幅，後方，前窓とも大幅に拡大し，室内空間の快適性が向上した．

ワイドオープンカバー採用による
「容易な整備性」

ラジエータ室は開閉式カバーを採用し，メンテナンス作業を大幅に短縮することができる．タンクカバーは小型化し，給油時の作業性をより向上させた．

社団法人 日本トンネル技術協会 会報

1. 会員の現状

	5月31日現在
正会員	1,547名
団体会員	352名
個人会員	1,195名

2. 第210回理事会

日　時：平成24年５月28日(月)　15：30～16：00
場　所：東京商工会議所８F「東商スカイルーム」
出席者：理事25名，監事３名
議　事：第38回通常総会進行次第を承認

3. 第38回通常総会

日　時：平成24年５月28日(月)　16：00～17：00
場　所：東京商工会議所７F「国際会議場」
出席者：総員1,551名のうち
　出席166名，委任状822名，計988名
議　案：
第１号議案　平成23年度事業報告について(内容省略)
第２号議案　平成23年度事業収支決算について
　(別表参照)
第３号議案　平成24年度事業計画について
　新公益法人制度改革の施策を踏まえ，今後協会の進むべき方向を検討するとともに，従前から実施しているトンネル技術の発展と社会の変革に対処するための諸事業を推進すること，また，ITA加盟国代表機関としての期待に応えるよう積極的に取り組んでいく．
第４号議案　平成24年度事業収支予算について
　(別表参照)
第５号議案　役員の選任について
　(辞任に伴う補充選任)
　新役員，顧問，評議員名簿は別表参照
第６号議案　一般社団法人への移行について
　特例民法法人から一般社団法人に移行することについて可決された．
第７号議案　一般社団法人日本トンネル技術協会定款(案)および関連諸規程(案)について
　一般社団法人への移行認可を停止条件付きとして一般社団法人日本トンネル技術協会定款(案)および関連諸規程(案)が承認可決された．
第８号議案　一般社団法人日本トンネル技術協会設立初年度役員(案)について
　停止条件付きとして初代の会長を佐藤信彦氏，ほか19名の理事と２名の監事が選任された．
常設委員会の委員長は次表のように指名した．

委員会名	委員長名	所属役職
総務委員会	宮林　秀次	(独)鉄道・運輸機構 理事
国際委員会	猪熊　康夫	中日本高速道路(株) 名古屋支社長
事業委員会	桑原　彌介	日本交通技術(株) 相談役
技術委員会	今田　徹	東京都立大学 名誉教授

なお，詳細は協会ホームページ「情報公開資料」をご参照願います．

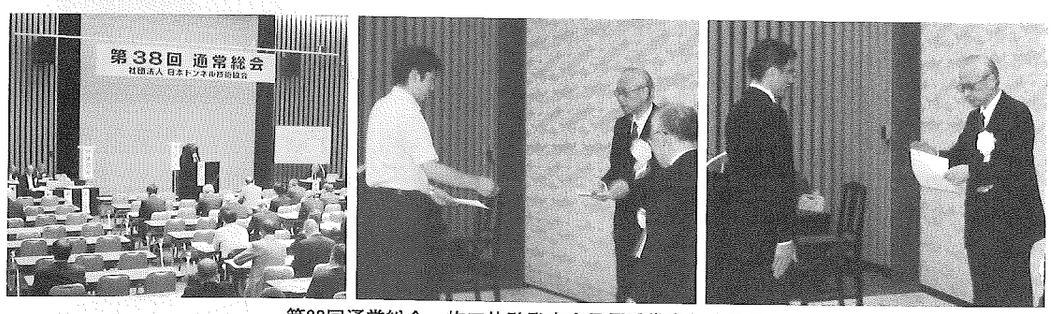
4. 委員会の開催状況(５月１日～31日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

総務委員会(5/28)
宮林秀次委員長ほか11名，理事会資料を検討

広報小委員会会誌WG(5/9)
大島洋志主査ほか６名，６月号の会誌と３か月計画を検討



第38回通常総会，施工体験発表会最優秀賞表彰式風景

◎国際委員会

海外文献小委員会海外ニュースWG(5/30)

浅見均主査ほか９名，英文原稿を翻訳

◎事業委員会

事業委員会(5/25)

桑原彌介委員長ほか17名，平成24年度の事業計画を検討

計　４回開催　47名出席

②調査研究関係委員会

◎受託研究特別委員会

掘削土砂処理特別委員会土砂改質WG(5/7)

河本武士主査ほか５名，報告書原稿を検討

掘削土砂処理特別委員会切羽安定WG(5/23)

名倉浩副主査ほか５名，報告書原稿を検討

掘削土砂処理特別委員会土砂運搬WG(5/30)

滝本邦彦査ほか５名，報告書原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会覆工養生WG(5/17)

松岡茂副主査ほか３名，報告書原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会覆工養生WG(5/30)

西村和夫主査ほか５名，報告書原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会高速施工WG(5/29)

領家邦康主査ほか９名，報告書原稿を検討

効率的掘削工法特別委員会補助ベンチWG(5/29)

鈴木雅行主査ほか10名，報告書原稿を検討

長大山岳トンネル施工計画特別検討会(5/30)

中塚静夫委員長ほか11名，作業計画および方針を検討

計　８回開催　61名出席

合計　12回開催　108名出席

5. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第39回ITA総会およびコングレス「Underground －the way to future －」	2013. 5. 31～6. 7	ジュネーブ（スイス）	International Tunnelling and Underground Space Association（国際トンネル協会） Swiss Tunnelling Society http://www.wtc2013.ch/

＊国際会議の開催予定に関する詳細は事務局(担当：関)までお問い合わせください．(社)日本トンネル技術協会　TEL：03-3524-1755

6. 国内催物

当面する技術課題をふまえた各種催物を企画し，トンネル関係者の実務上有益な知識の向上に努めます．

(現場研修会)

全国各地の各種施工法で施工している現場を対象に，みどころを考慮し，月１回を目標に開催します．参加者人数には限りがありますので，ご了承願います．詳細はホームページをご参照願います．

(トンネル技術ステップアップ研修会)

トンネル実務経験５～10年程度の中堅技術者を対象としたトンネル技術ステップアップ研修会を「シールド部門」と「山岳部門」に分け開催します．

「第14回シールド部門」

2012年９月29日，30日(東京，JTA会議室)で開催が決まりました．本研修会では，シールド工法の計画から設計，施工，維持管理まで実践的な内容を研修します．また，具体的なプロジェクトの計画を演習問題としてグループで解き，討論会を行うなど中身の濃いものとなっています．多数の受講申込みお待ちします．

「第15回山岳部門」

11月に２日間の予定で企画中です．単なる一般的な説明ではなく苦労や失敗した事柄，反省と得られた教訓を中心に研修会を実施する予定です．多数の受講申込みお待ちします．

※催物案内の詳細は逐次協会のホームページ〈http://www.japan-tunnel.org/event_japan〉に掲載いたしますので閲覧くださいますようご案内します．

平成23年度事業収支決算書

(平成23年４月１日～平成24年３月31日)

(単位：円)

科目	予算額①	決算額②	差異①－②	備考
(収入の部)				
1. 特定資産運用収入	45,000	43,904	1,096	
2. 会費収入	99,960,000	95,876,000	4,084,000	
3. 事業収入	99,000,000	120,163,350	△ 21,163,350	
①講演会等事業収入	7,000,000	5,813,500	1,186,500	
(1)講演会収入	2,000,000	2,286,000	△ 286,000	
(2)討論会等収入	2,500,000	5,500,000	0	
(3)見学会収入	2,500,000	1,027,500	1,472,500	
②受託業務収入	90,000,000	113,846,250	△ 23,846,250	
③図書事業収入	2,000,000	503,600	1,496,400	
4. 雑収入	210,000	350,658	△ 140,658	
当期収入計(A)	**199,215,000**	**216,433,912**	**△ 17,218,912**	
(支出の部)				
1. 事業費	145,442,000	148,681,049	△ 3,239,049	
①一般事業費	30,430,000	24,568,916	5,861,084	
(1)調査研究費	7,600,000	4,170,218	3,429,782	
(2)会誌配布事業費	18,530,000	17,018,422	1,511,578	
(3)国際関係事業費	4,300,000	3,380,276	919,724	
②講演会等事業費	5,600,000	3,511,686	2,088,314	
(1)事業企画調整費	700,000	325,089	374,911	
(2)講演会費	1,900,000	1,342,825	557,175	
(3)討論会等費	1,500,000	1,424,580	75,420	
(4)見学会費	1,500,000	419,192	1,080,808	
③受託調査研究費	76,100,000	88,435,364	△ 12,335,364	
④図書関係事業費	1,820,000	115,249	1,704,751	
⑤事業諸関連費	31,492,000	32,049,834	△ 557,834	
(1)人件費	25,773,000	25,888,967	△ 115,967	
(2)借室料	5,719,000	6,160,867	△ 441,867	
2. 管理費	62,734,000	63,622,196	△ 888,196	
①人件費	36,473,000	35,973,401	499,599	
②会議費	4,900,000	4,009,591	890,409	
③借室料	5,191,000	5,592,003	△ 401,003	
④事務費	16,170,000	9,785,556	6,384,444	
⑤引越諸関連費	0	8,241,325	△ 8,241,325	
⑥40周年記念事業諸関連費	0	20,320	△20,320	
3. 什器備品除却損	0	1,301,702	△ 1,301,702	
4. 長期前払保証金償却損	0	943,460	△ 943,460	
当期支出計(B)	**208,176,000**	**214,548,407**	**△ 6,372,407**	
当期正味財産収支差額(A)－(B)＝(C)	**△ 8,961,000**	**1,885,505**	**△ 10,846,505**	
期首正味財産額(D)	**89,599,428**	**89,599,428**	**0**	
期末正味財産額(C)＋(D)	**80,638,428**	**91,484,933**	**△ 10,846,505**	

(1)財産増減支出　什器備品(新事務所内装)1,674,750円を購入した．

平成24年度会計予算書（損益ベース）

（平成24年４月１日～平成25年３月31日）

（単位：円）

科　目	調査研究事業	催物事業	国際関係事業	受託研究事業	図書頒布事業	会誌事業	法人会計	合　計
Ⅰ　一般正味財産増減の部								
1. 経常増減の部								
(1) 経常収益								
特定資産運用益	0	0	0	0	0	0	45,000	45,000
特定資産受取利息	0	0	0	0	0	0	45,000	45,000
受取会費	0	0	0	0	0	0	94,780,000	94,780,000
団体会員受取会費	0	0	0	0	0	0	83,200,000	83,200,000
個人会員受取会費	0	0	0	0	0	0	11,580,000	11,580,000
事業収益計	0	7,000,000	0	100,000,000	1,000,000	0	0	108,000,000
講演会等収益	0	7,000,000	0	0	0	0	0	7,000,000
受託事業収益	0	0	0	100,000,000	0	0	0	100,000,000
図書事業収益	0	0	0	0	1,000,000	0	0	1,000,000
雑収益	0	0	0	0	0	0	1,500,000	1,500,000
受取利息	0	0	0	0	0	0	10,000	10,000
雑収益	0	0	0	0	0	0	1,490,000	1,490,000
経常収益計	0	7,000,000	0	100,000,000	1,000,000	0	96,325,000	204,325,000
(2) 経常費用								
事業費計	1,610,000	4,258,000	3,370,000	81,700,000	0	16,557,000		107,495,000
旅費交通費	550,000	764,000	1,640,000	10,010,000	0	250,000		13,214,000
通信運搬費	15,000	91,000	150,000	302,000	0	7,000		565,000
消耗品費	0	0	0	846,000	0	0		846,000
印刷製本費	0	205,000	0	3,580,000	0	16,300,000		20,085,000
会議費	45,000	895,000	173,000	5,710,000	0	0		6,823,000
保険料	0	34,000	26,000	3,000	0	0		63,000
諸謝金	0	882,000	0	10,380,000	0	0		11,262,000
租税公課	0	0	0	136,000	0	0		136,000
運営費	0	1,364,000	1,330,000	1,220,000	0	0		3,914,000
委託費	1,000,000	0	0	49,490,000	0	0		50,490,000
雑費	0	23,000	51,000	23,000	0	0		97,000
管理費計							96,830,000	96,830,000
役員報酬							11,997,000	11,997,000
給料手当							37,000,000	37,000,000
退職給付費用							3,345,000	3,345,000
福利厚生費							2,500,000	2,500,000
法定福利費							7,115,000	7,115,000
会議費							5,100,000	5,100,000
渉外費							1,900,000	1,900,000
旅費交通費							90,000	90,000
通信運搬費							940,000	940,000
什器備品減価償却費							160,000	160,000
消耗什器備品費							500,000	500,000
消耗品費							1,660,000	1,660,000
修繕費							630,000	630,000
印刷製本費							3,400,000	3,400,000
光熱水料費							660,000	660,000
賃借料							12,075,000	12,075,000
保険料							28,000	28,000
租税公課							2,100,000	2,100,000
図書資料費							360,000	360,000
広告宣伝費							2,400,000	2,400,000
管理諸費							2,420,000	2,420,000
雑費							450,000	450,000
経常費用計	1,610,000	4,258,000	3,370,000	81,700,000	0	16,557,000	96,830,000	204,325,000
当期経常増減額	△ 1,610,000	2,742,000	△ 3,370,000	18,300,000	1,000,000	△ 16,557,000	△ 505,000	0
2. 経常外増減の部								
(1) 経常外収益	0	0	0	0	0	0	0	0
経常外収益計	0	0	0	0	0	0	0	0
(2) 経常外費用	0	0	0	0	0	0	0	0
経常外費用計	0	0	0	0	0	0	0	0
経常外費用計	0	0	0	0	0	0	0	0
当期経常外増減額	0	0	0	0	0	0	0	0
税引前当期一般正味財産増減額	△ 1,610,000	2,742,000	△ 3,370,000	18,300,000	1,000,000	△ 16,557,000	△ 505,000	0
当期一般正味財産増減額	△ 1,610,000	2,742,000	△ 3,370,000	18,300,000	1,000,000	△ 16,557,000	△ 505,000	0
一般正味財産期首残高	0	0	0	0	0	0	0	91,484,933
一般正味財産期末残高	0	0	0	0	0	0	0	91,484,933
Ⅱ　正味財産期末残高	0	0	0	0	0	0	0	91,484,933

平成24年度　役員・顧問・評議員名簿

平成24年５月末現在

区　分	氏　名	所　属　役　職
会　長	佐藤　信彦	(社)日本トンネル技術協会会長
副会長	金澤　博	(独)鉄道・運輸機構副理事長
副会長	中村　満義	鹿島建設(株)代表取締役社長
専務理事（兼常務理事）	水谷　敏則	(社)日本トンネル技術協会専務理事
理　事	今田　徹	東京都立大学名誉教授
〃	小松　秀樹	東日本高速道路(株)取締役兼執行役員技術本部長
〃	廣瀬　輝	中日本高速道路(株)取締役常務執行役員建設事業本部長
〃	大津　健次	西日本高速道路(株)取締役常務執行役員
〃	安藤　憲一	首都高速道路(株)常務執行役員
〃	宮林　秀次	(独)鉄道・運輸機構理事
〃	南部　隆秋	阪神高速道路(株)常務取締役
〃	岸本　良孝	本州四国連絡高速道路(株)取締役常務執行役員
〃	入江　健二	東京地下鉄(株)常務取締役
〃	廣木　良司	東京都交通局建設工務部長
〃	小川　健一	東京都下水道局技監
〃	大石　富彦	関西電力(株)執行役員土木建築室長
〃	伊藤　泰司	東日本旅客鉄道(株)執行役員建設工事部長
〃	見波　潔	一般社団法人日本建設機械施工協会事務局長兼施工技術総合研究所長
〃	土屋幸三郎	(株)大林組専務執行役員土木本部副本部長
〃	飯田　廣臣	(株)奥村組東京本社執行役員
〃	石垣　和男	(株)熊谷組専務取締役土木事業本部長
〃	山田　俊郎	五洋建設(株)相談役
〃	宮本　雅文	佐藤工業(株)取締役常務執行役員
〃	井手　和雄	清水建設(株)常務執行役員
〃	木村　洋行	大成建設(株)代表取締役副社長
〃	加納　光正	(株)竹中土木専務執行役員
〃	大和　修二	鉄建建設(株)常務執行役員土木本部長
〃	野村　昇	戸田建設(株)代表取締役専務執行役員土木本部本部長
〃	安藤　保雄	飛島建設(株)取締役兼専務執行役員
〃	水口　宇市	西松建設(株)取締役専務執行役員
〃	吉川　大三	(株)間組執行役員
〃	剣持　三平	(株)フジタ常務理事
〃	長谷　康生	前田建設工業(株)専務執行役員
〃	澤井　信樹	三井住友建設(株)執行役員土木本部副本部長
監　事	野焼　計史	東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部長
〃	福田　直利	電源開発(株)執行役員土木建築部長
〃	吉田　幸司	(株)鴻池組執行役員

区　分	氏　名	所　属　役　職
顧　問	内田　隆滋	
〃	岡田　宏	
〃	萩原　浩	
〃	三谷　浩	
〃	小森　博	
評議員	山本　稔	
〃	小野　紘一	
〃	大久保誠介	
〃	太野垣泰博	(独)鉄道・運輸機構鉄道建設本部東京支社長
〃	進藤　裕之	(独)水資源機構ダム事業部長
〃	遠山　雄一	首都高速道路(株)建設事業部長
〃	吉田　聰	阪神高速道路(株)技術部長
〃	山岸　一彦	本州四国連絡高速道路(株)東京事務所次長
〃	武藤　義彦	東京地下鉄(株)鉄道本部工務部長
〃	神山　守	日本下水道事業団東日本設計センターセンター長
〃	栗田　敏寿	東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所所長
〃	川合　康文	東京都交通局技術管理担当部長
〃	黒住　光浩	東京都下水道局計画調整部長
〃	有賀　茂	電源開発(株)土木技術室長
〃	吉津　洋一	関西電力(株)土木建築室土木部長
〃	桑原　彌介	日本交通技術(株)相談役
〃	松田　一郎	(社)日本建設業連合会専務理事
〃	上野　康信	青木あすなろ建設(株)代表取締役兼副社長執行役員
〃	大本　万平	(株)大本組代表取締役社長
〃	大迫　哲	(株)錢高組執行役員
〃	水島　久尾	大豊建設(株)代表取締役執行役員社長
〃	松尾　正臣	東亜建設工業(株)代表取締役社長
〃	赤井　憲彦	東洋建設(株)代表取締役会長
〃	森藤　眞治	東急建設(株)常務執行役員
〃	山本　喜裕	日本国土開発(株)土木本部長
〃	山崎　政俊	(株)不動テトラ執行役員
〃	坂本　靖	若築建設(株)執行役員営業部長
〃	木下　雅敬	新日本製鉄(株)建材開発技術部部長
〃	井上　年史	三菱重工メカトロシステムズ(株)都市開発部長

会長１，副会長２，専務理事１，理事30，監事３，役員計37名　　顧問５名，評議員29名

8月号予告[8月1日発売予定]

●切羽安定化のための長尺鏡ボルトの開発
●小口径推進の曲線施工用位置検知システムの開発
●能越自動車道　七尾トンネル・氷見第8トンネル
●東京メトロ東西線　南砂町駅改良
●東京電力　内幸町1丁目付近管路新設工事
【連載講座】
●トンネル技術者のための地相入門(4)

＊内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆先日，東京スカイツリー(TST)が開業いたしました．明治-大正期に浅草にあった展望台の凌雲閣(十二階)や，東京タワーとの比較で説明されるものをしばしば目にします．凌雲閣は近代国家の体裁を整えはじめた日本がそのプレゼンスを必死にアピールし始めた時期，東京タワーは戦後の好景気を経てようやく日本が国際舞台に戻りつつあった時期のもので，いずれも国家の拡大に自己を重ねあわせた市民が，塔からの俯瞰的な視点(で世界)を獲得できる施設でした．その構造は現在のアラブや中国とその各都市に建つ超高層ビルの関係に表れていて，TSTをとりまく状況とは異なるように思います．個人的には，TSTには，葛飾区にある立石様とのつながりを見出したい気がします．立石様とは，中川の沿いの微高地にちょろっと顔をのぞかせた石で，古墳時代に房総半島南部から切り出され運搬された石材が埋まったものです(付近に古墳群が確認されています)．江戸時代には，冬には一部を欠くものの夏にはもとの丸い形にもどるといわれ「活蘇石」して名所となっていました．中川の沖積平野の不安定な地面に支えられながらも，消失と再生をくり返す立石様は，頻発した災害と生活再建のくり返しを余儀なくされた江戸市民にとって，自分のことのように思えたのかもしれません．沖積層の不安定な地盤に建ちながら，それすら利用して屹立するTSTは，復興を進めるこの時代の「活蘇石」として，あるようにも見えます．

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

トンネルと地下
第43巻 第7号〔通巻503号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成24年6月20日　印刷
平成24年7月1日　発行

社団法人日本トンネル技術協会
会長　佐藤　信彦
〒104-0045　東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)
TEL：03-3524-1755
FAX：03-5148-3655
http://www.japan-tunnel.org
発行所　株式会社土木工学社
〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂
TEL：03-3267-2888
FAX：03-3267-2807
http://www.tunnel.ne.jp
発行人　山本 育徳
編集人　山本 勝誉
印　刷　新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は，書店または土木工学社へ直接お申し込みください．
■お申し込みの際は，誌名，購読期間，住所，所属，氏名などを明記のうえ，FAX(03-3267-2807)にてお申し込みください．後日，小社より振込用紙をお送りいたします．

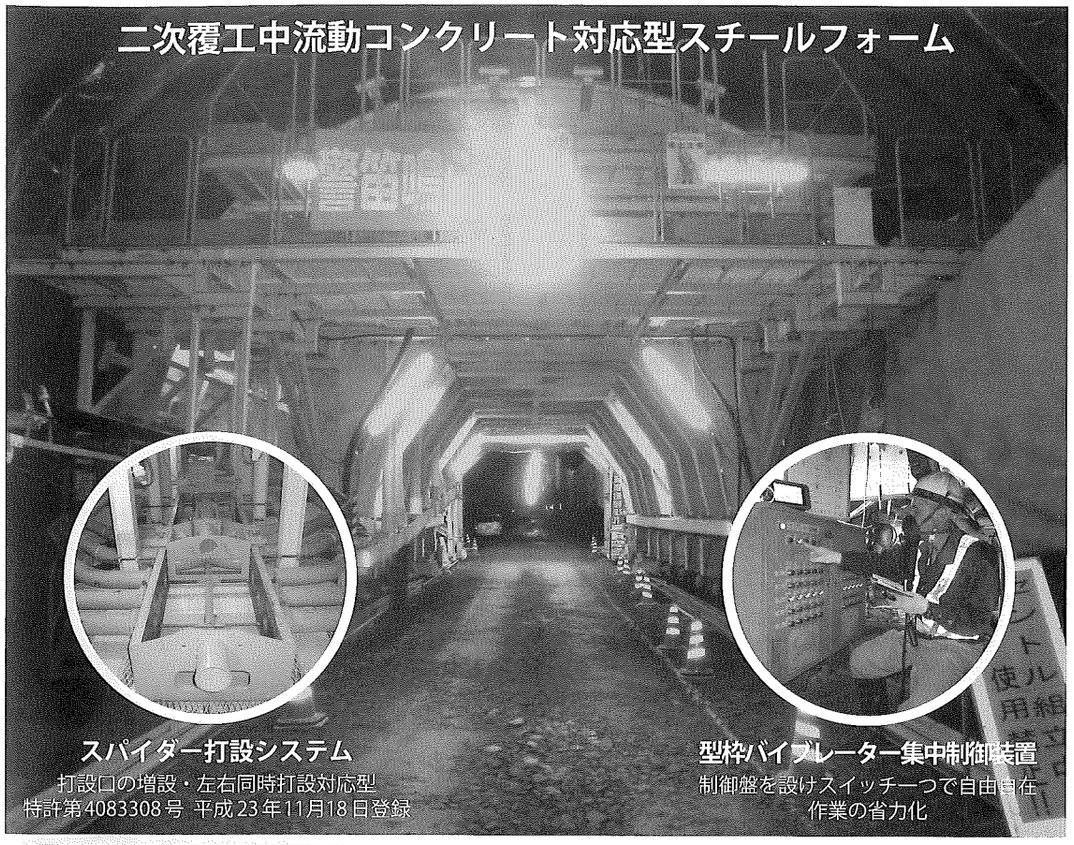
購読料
1冊　1,575円(送料108円)
　　(本体価格　1,500円)
1年　15,000円(前納)
振替　00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

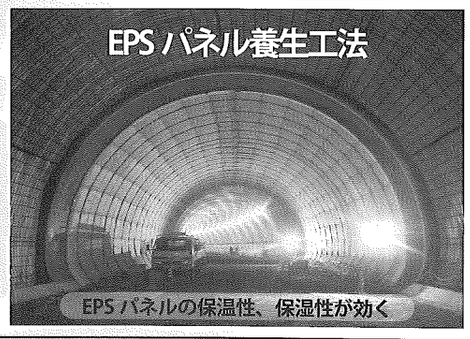
本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください．
TEL：03-3267-2888

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

トンネル二次覆工型枠総合メーカー



新しいタイプの覆工コンクリート養生システム



実績および計画		
施主	実績	計画中
国土交通省	21	1
NEXCO	5	1
地方自治体	8	6
鉄道・運輸機構	1	1

平成24年4月30日　現在

実施権許諾第10396号
NETIS登録　(No.CB-090003-A)

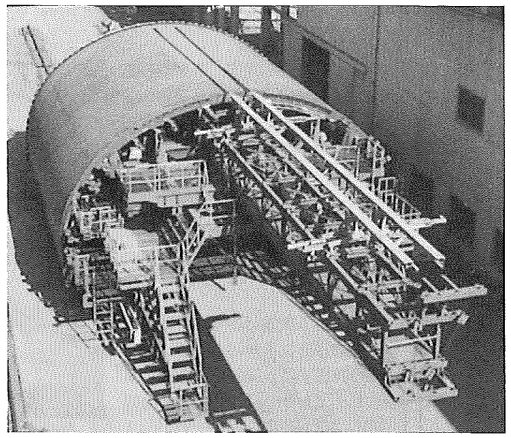
一歩前進！　～限りない未来への挑戦～
㈱ 大栄工機株式会社
本社　〒526-0842　滋賀県長浜市春近町90番地
TEL 0749-64-0246 ／ FAX 0749-63-6765 ／ URL http：//www.daieikouki.co.jp/
営業品目　各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売　※詳しくはホームページを御覧ください

各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー

東和機電工業株式会社 頴田(かいた)工場

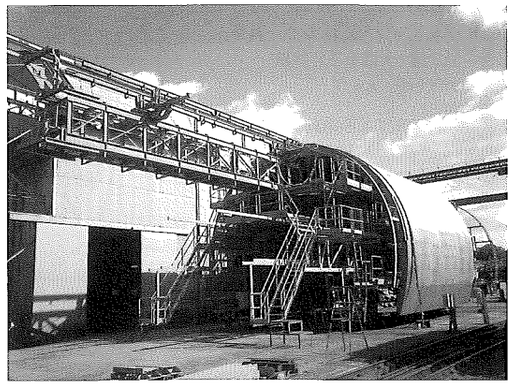
〒820-1111　福岡県飯塚市勢田(せいた)2594番地の18
電　話：(09496)2-3500(代表)
ＦＡＸ：(09496)2-6310
E-mail：towakiden@yahoo.co.jp

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



◎強靭なガイドセルに支えられたトンネルクラウン部の締め固めバイブレーターは，前進後進同一の力で抜き差し出来ます．
◎円周方向にスライドするガイドセルは，クラウン部の任意の位置にセットする事が出来ます．
◎ガイドセルの上昇・下降により，任意の高さを締め固める事が出来ます．

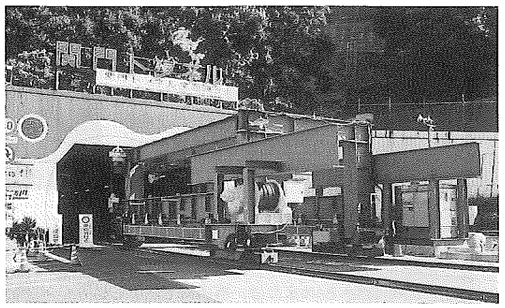
● 新幹線用ステンレスフォーム



● 自動ケレン装置

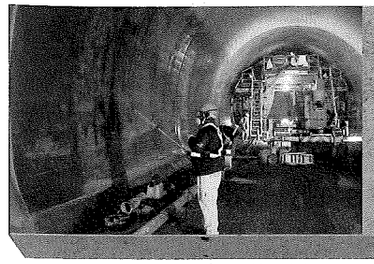


● トンネル床版撤去架台
　勾配対応四駆型(関門トンネル)



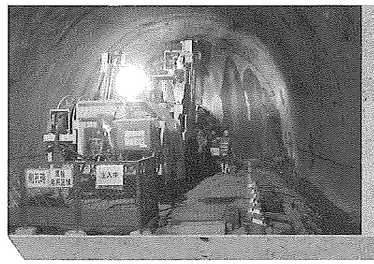
- ベルコン通過型スライドフォーム(特許)
- ロータリー式自動配管切替装置
- 油圧式伸縮バイブレーター装置
- ラップ側押上防止センサー及び警鳴装置
- クラック防止用ラップウレタンゴム
- コンクリート圧力センサー
- コンクリート充塡センサー
- 2段式伸縮型エア抜き
- 本坑通過型非常駐車帯セントル
- 横移動式桟橋

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



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





様々な現場で力を発揮する注入材、裏込材“最適な選択をご提供”

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

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