

トンネルと地下

vol. 41
no. 7
2010

Tunnels and Underground

道に近接した坑口明かり巻きを人工地山のトンネルに変更
摩川を横断し各種重要構造物に近接する長距離シールド
内初の天然ガス高圧岩盤貯蔵実証試験
車線トンネルへの高規格支保材料の適用

日本トンネル技術協会誌



信頼の品質

技術提案に好適!! デンカの特種混和材

デンカの液体急結剤
初期強度発現がバツグン
《デンカクリアショット》

NETIS:KT-080020

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

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

優れた低粉じん吹付け

《デンカスラリーショット》

デンカナトミックUS-32
デンカナトミックUS-50

《粉じん低減剤》
デンカクリアップ2

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

実績の粉体急結剤

一般吹付け・高品質吹付け
デンカナトミックTYPE-5

高強度吹付け
デンカナトミックTYPE-10

瞬結吹付け・初期高強度吹付け
デンカナトミックTYPE-10S
デンカΣショットS

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

覆工コンクリート
ひび割れ抑制・耐久性向上

コンクリート用膨張材
デンカパワーCSA

有機無機複合型被膜養生剤
デンカクラッコフ

コンクリート補強用合成繊維
STRUX 85/50L

- ・高品質な覆工コンクリートが得られます

◆トンネル関連製品

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

DENKA

電気化学工業株式会社

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

定価 1,575円 雑誌06619-7
本体価格1,500円

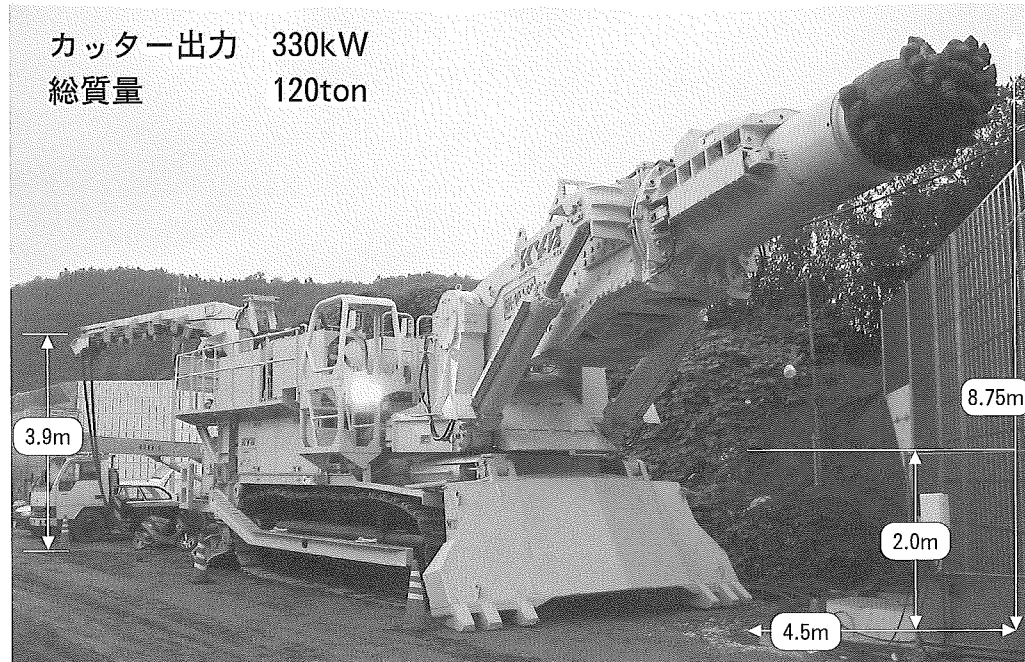


4910066190705
01500

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ18.5m（ケーブルハンガーを除く）
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.1m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とビック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業
カスタマーサービス 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル TEL 03-5733-9444

中部支店 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2 TEL 059-234-4139

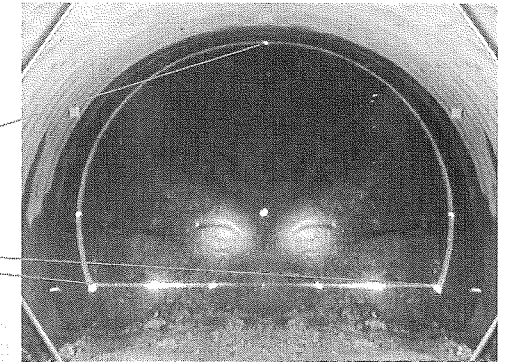
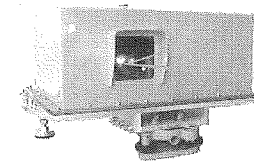
西部支店 〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多 TEL 092-411-4998

三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2 TEL 059-234-4111

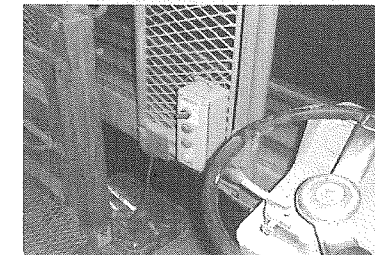
レーザーマーキングシステム

国内、海外特許取得済み

残像効果を使ったペイント不用
の連続高速照射を実現

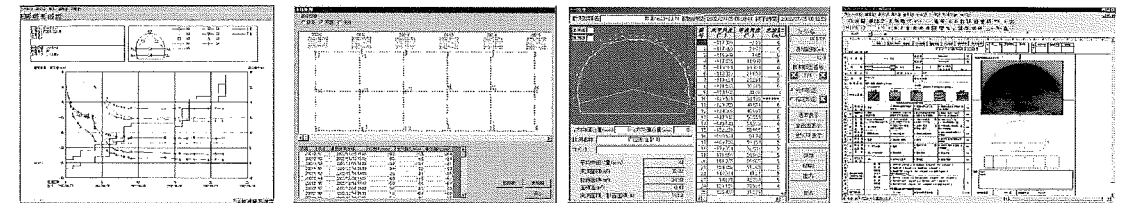


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

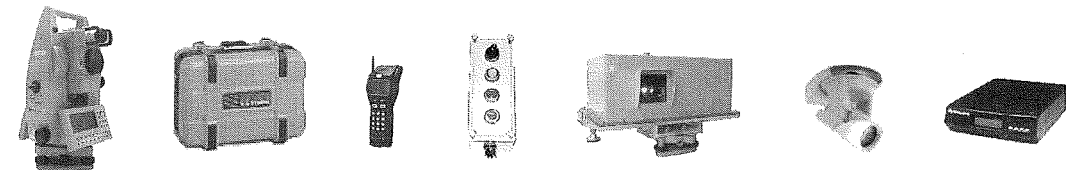


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



A計測データ処理 支保工立込精度、変形量 内空、巻厚検査 切羽観察、etc



豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。

MAC マック株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3
TEL (047) 371-3191 FAX (047) 371-3190

〔販売元〕

古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

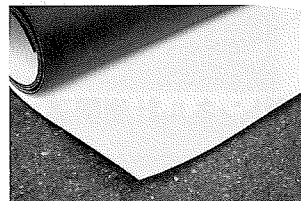
ウォータータイトトンネル 防水システム



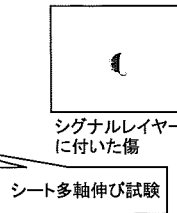
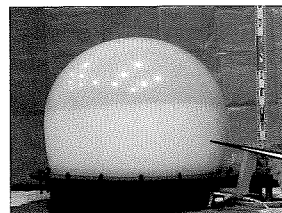
非排水型防水システム用メンブレン
KFCタイトライナー

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

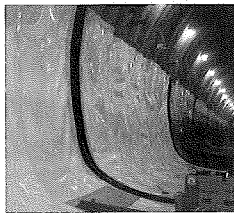
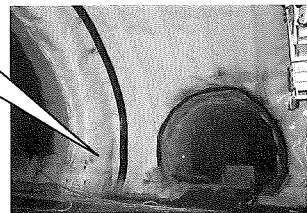


シグナルレイヤー付防水シート



シグナルレイヤーに付いた傷

シート多軸伸び試験



基本システム

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

漏水対策システム

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

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

環境資材事業部(東京) TEL (03) 3570-5262 FAX (03) 3570-5233
環境資材事業部(大阪) TEL (06) 6361-6038 FAX (06) 6363-3979

1本1本が大切! だから

次世代 防食 ロックボルト

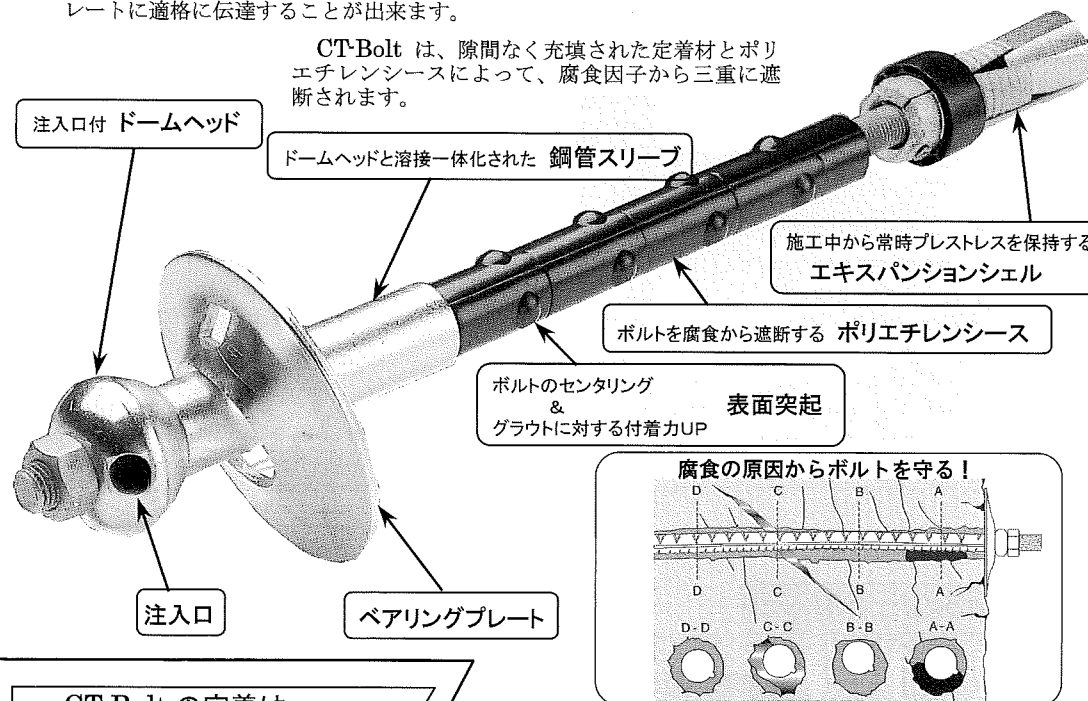
CT-Bolt

Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

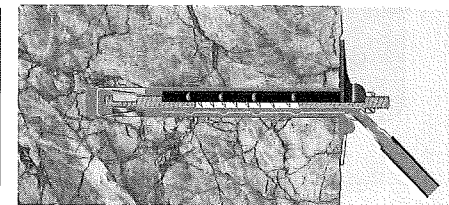
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

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

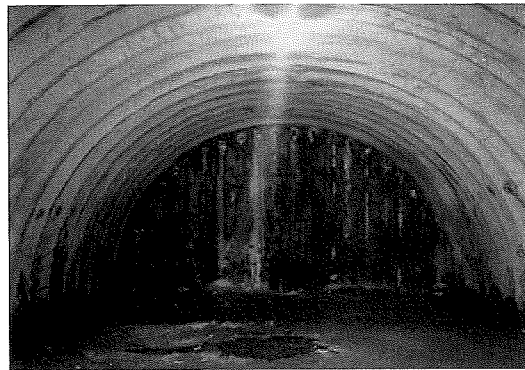
Your Fastening Partner

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

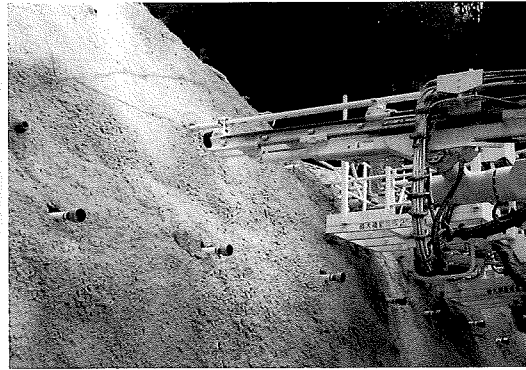
〒135-8073 東京都江東区青海2丁目45番タイム24ビル
お問い合わせ先 TEL: 03-3570-5182
技術部 FAX: 03-3570-5191

日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

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



(施工例)断面内からの無拡幅AGF工法



(施工例)鏡面への小口径二重管削孔システム

AGF工法のバリエーション

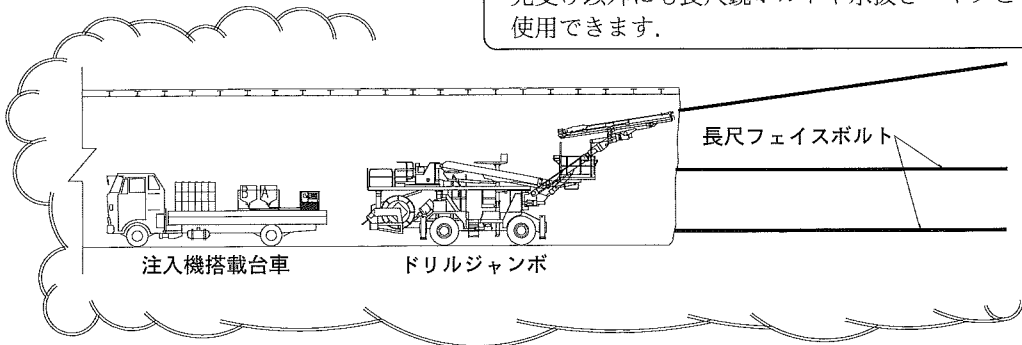
プロトタイプ
無拡幅タイプ
最小拡幅タイプ

小口径二重管削孔システム

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

↓ ↓
先受け以外にも長尺鏡ボルトや水抜きパイプとして使用できます。

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



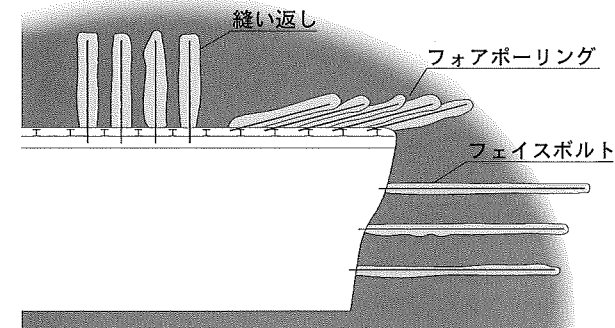
注入材のバリエーション

- 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



注入式フォアボ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-PI工法/パノラマ工法
- ・注入式フォアボーリング
- ・濁水処理設備
- ・建設資材全般

KATECS

株式会社 カテックス
建設資材事業部

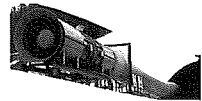
ホームページ <http://www.katecs.co.jp/>

技術営業部
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164
東京支店
TEL)03-3260-8321 FAX)03-3266-1648
九州営業所
TEL)092-574-0856 FAX)092-574-0846

中部営業部
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164
関西営業所
TEL)06-6578-3235 FAX)06-6578-3237
北海道地区(㈱エイチ・アール・オー)
TEL)011-821-5868 FAX)011-821-6644

ホンモノしか残らない。。。

…1960～ 1970～ 1980～ 1990～ 2000……



大容量ファン



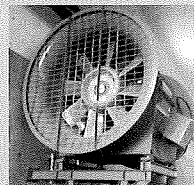
二軸反転
サイレントファン



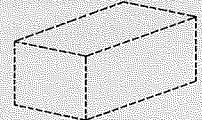
可変翼やインバーター
での風量制御ファン



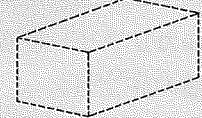
中型集塵機
ノッカー払落し式



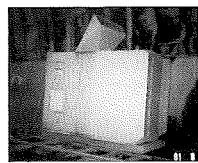
単段ファン



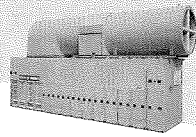
中型集塵機湿式



中型集塵機電気式



中型集塵機
フィルタ交換型



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

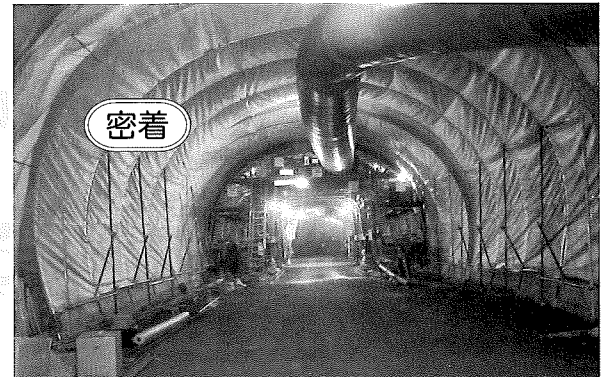
吸引ダクト SUPER LIGHT〔新型〕

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



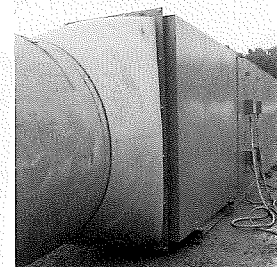
換気・環境技術は進化しています

2009……



密着

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



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

重量1/2に半減!!

漏れない風管シリーズ〔新型〕

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

2010……



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

最適環境を創造する

株式会社 流機 エンジニアリング

URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: eigyobu@ryuki.com

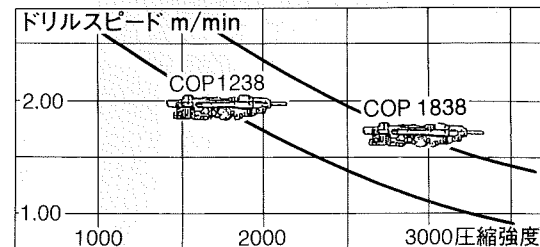
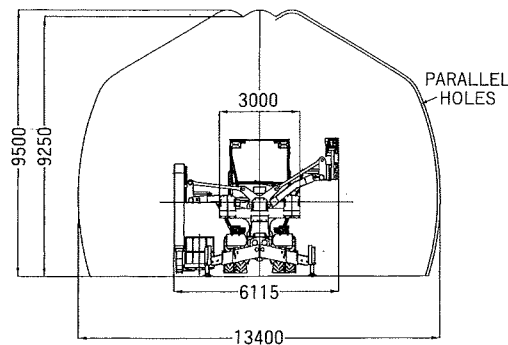
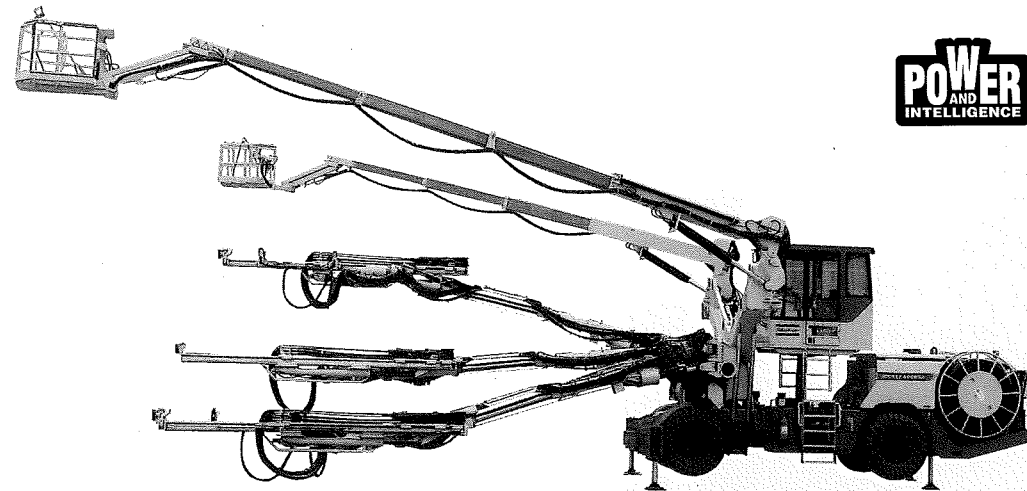
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル TEL: 03(3452)7400

アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット

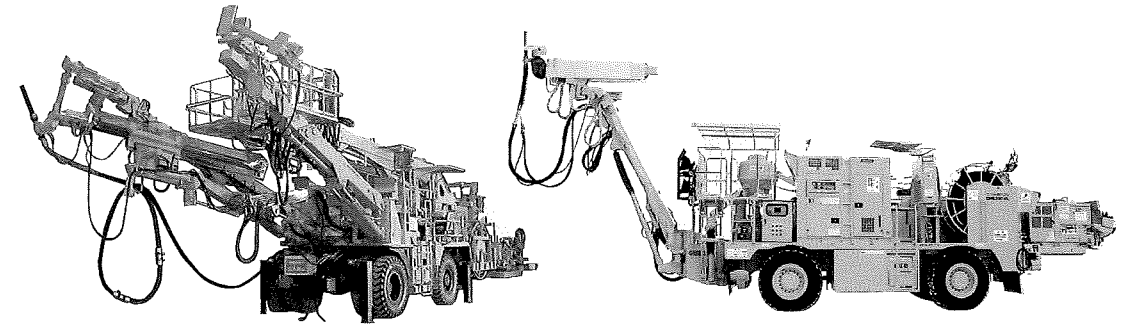


ドリルマシン株式会社

DRILL MACHINE CO., LTD.

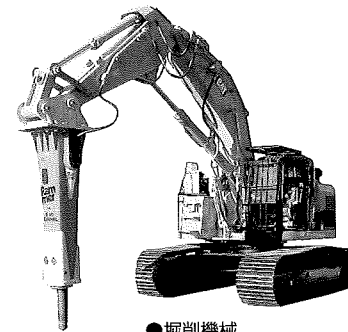
本社 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里6-16-8 桂ビル5階
 TEL (03) 3806-3377 番 FAX (03) 3806-8461 番
 関西支店 〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4
 TEL (078) 802-5551 番 FAX (078) 802-5528 番
 九州支店 〒839-0841 福岡県久留米市御井旗崎1-6-14
 TEL (0942) 43-5315 番 FAX (0942) 43-5832 番
 広島出張所 〒739-2613 広島県東広島市黒瀬町榎原1336-1
 TEL (0823) 36-7787 番 FAX (0823)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

山岳トンネル施工機械、鉱山・採石機械の総合レンタル企業

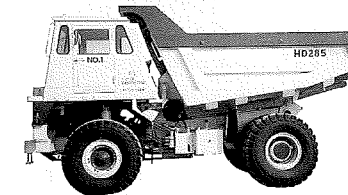


●エレクターJ吹付システム(ホイール式)
※国交省三次トンネル用排ガス規制対策機

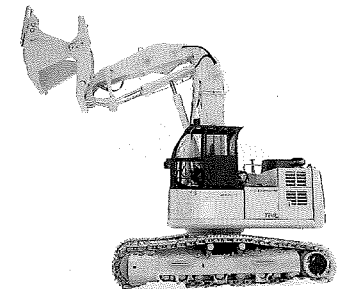
●一体型吹付システム



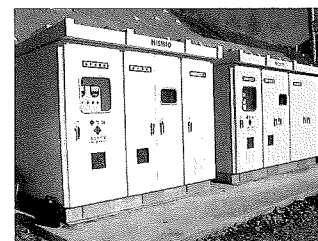
●掘削機械



●ダンプトラック



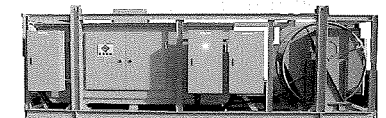
●油圧ローディングショベル



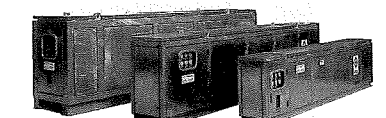
●フリッカ対策機
(コンデンサ開閉方式: SVC)



●フリッカ対策機
(インバータ方式: SVG)



●トンネル掘削工用高圧給電システム



●坑内用乾式トランス

平成22年4月、トンネルのレンタルと合併し、新たな展開を開始しました。
 コンサルテーションから特殊機械まで、幅広いユーザーのニーズに対応しています。
 また、海外も視野に入れ積極的な活動を行っています。

T&M ニシオティーアンドエム株式会社

Tunnel & Mining

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

【営業推進グループ・海外販売グループ・商品開発グループ】 東京都品川区東五反田4-5-3 サコスビル7F TEL 03(3280)3661

東日本営業本部

■北海道支店 TEL 0133(72)3715
 ■電気機器営業部 TEL 0133(75)8240
 ■東北支店 TEL 022(237)0071
 ■関東支店 TEL 0268(62)1426

西日本営業本部

■大阪支店 TEL 072(677)2101
 ■九州支店 TEL 0982(26)2111

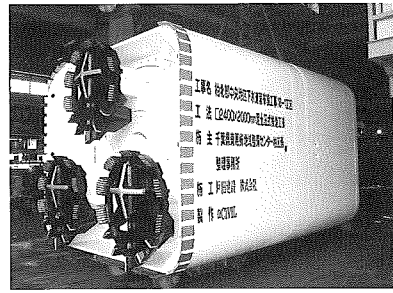
本社: 大阪府茨木市宮島3-2-18 TEL 072(634)3939

・EJS (エレクター付 吹付機) ・ローディングショベル
 ・スコピオン ・サイドダンプ
 (ゴムクローラ式エレクター付吹付機) ・ダンプトラック
 ・一体型吹付機 ・フリッカ対策機

超流バランスセミシールド工法

ボックスカルバート推進工法

施工場所：千葉県柏市若葉地内



多軸自転・公転掘進機(内空寸法□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
- ◆完全密閉型多軸方式の高トルク掘進機のため、多様な土質に適用可能で迅速な施工を実現可能

リターン回収掘進工法

施工場所：東京都渋谷区神宮前



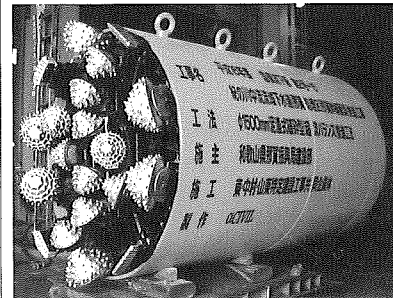
φ1016mm長距離パイプルーフ掘進機(リターン回収型)

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

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

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

巨礫・岩盤破碎型掘進工法

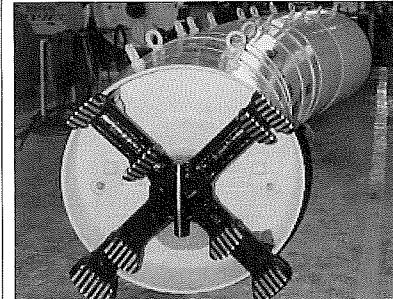


φ1500mm破碎型掘進機

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

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

長距離・急曲線推進工法



φ800mm超急曲線掘進機(R=9.3m対応機)

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

- ◆呼び径φ600~φ2400に対応が可能
- ◆排土口径が大きいため、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ルボイド安定材の注入、さらにテルボイド拡幅装置(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

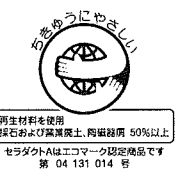
建設許可番号：国土交通大臣許可(特-18)第19193号

トンネル内専用として セラダクトA^{ニス} ネオ

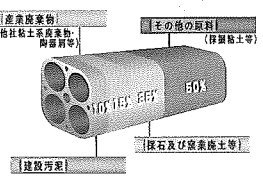
— 特長 —

標準管の長さは65cmの新規格
※従来のセラダクトAは60cm。

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



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



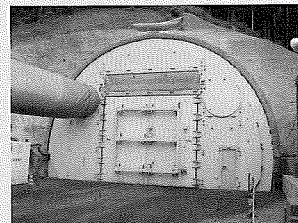
ISO 9001:2000取得

杉江製陶株式会社

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

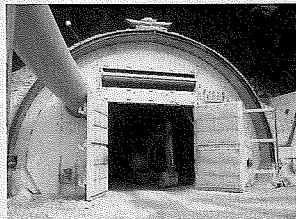
本社・工場 愛知県知多郡武豊町上山一丁目76番地 〒470-2387
TEL(0569)35-2360(内) FAX(0569)35-4087
東京支店 東京都渋谷区恵比寿一丁目21番8号セラ51ビル 〒150-0013
TEL(03)3442-6181 FAX(03)3442-1691
大阪支店 大阪府都島区御幸町1丁目3番1号 〒634-0012
TEL(06)6922-6991 FAX(06)6922-2498

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 ロック式
- 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	19 dB(A)	13 dB
2基設置	28 dB(A)	19 dB

『防音扉ロック式』の音響性能

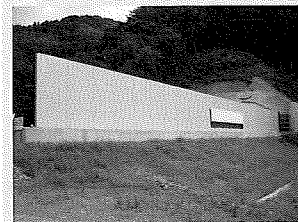
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	17 dB
2基設置	28 dB(A)	26 dB

『防音扉マークII 10c』の音響性能

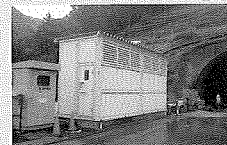
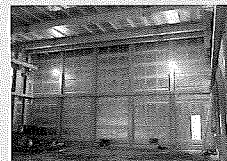
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	20 dB
2基設置	29 dB(A)	33 dB

『防音扉マークII 15c』の音響性能

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



【防音壁】 【防音ハウス】 【防音シェルター】 【防音ボックス】



- 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)
- SUタイプ(ステンレスタイプ)



『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

『防音パネルSUタイプ』の音響性能

項目	125	250	500	1k	2k	4k
透過損失【dB】	20	28	44	54	59	64
吸音率【%】	61	100	100	100	100	100

【建設騒音対策協会】

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

- ◆ISO9001取得 ～ 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
土木工事業、とび・土工工事業、鋼構造物工事業

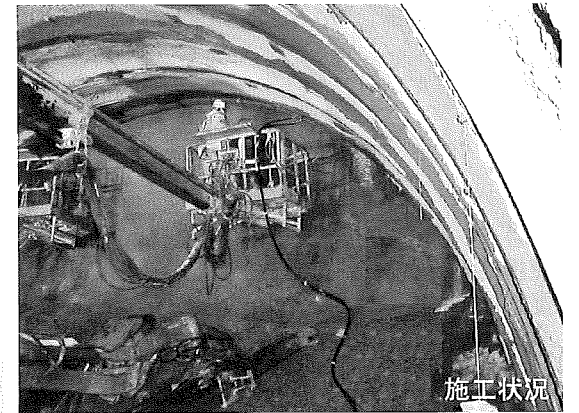
株式会社 ヒューズ

□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

補助工法・注入材のことならティーエムシー

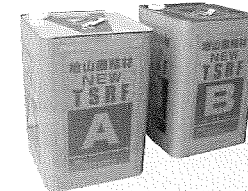
■AGF-OFP工法

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



■各種注入材

- NEW-TSRF (シリカレジン)
- NEW-TBU (ウレタン)

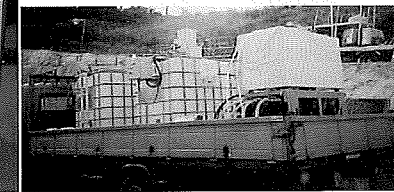


※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧ください。

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム



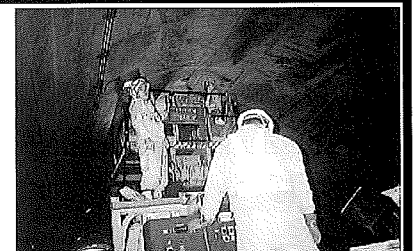
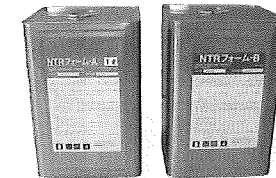
◎リサイクルコンテナ(左)と現場への搬入風景 当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。



トンネル補修もティーエムシーにお任せください

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

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



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

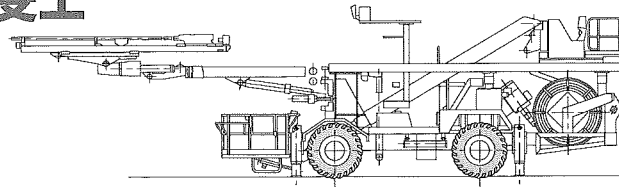
TMC 株式会社ティーエムシー ホームページ : <http://www.tmc-net.com/>
お問合わせ・お見積のご相談はお近くの当社事務所まで

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

環境対応型長尺鋼管先受工

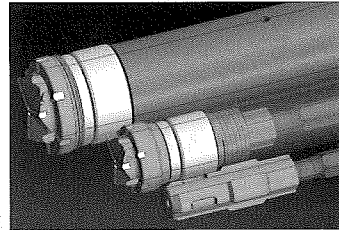
TOHO **AGF** System

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

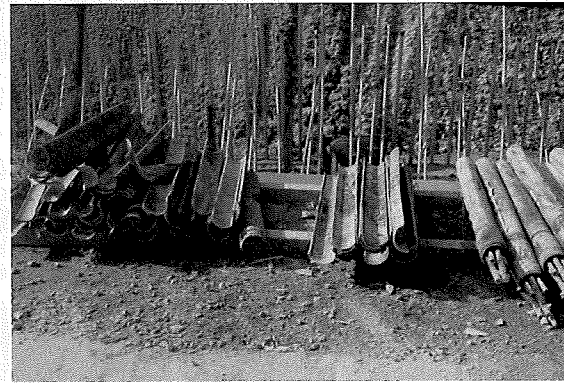
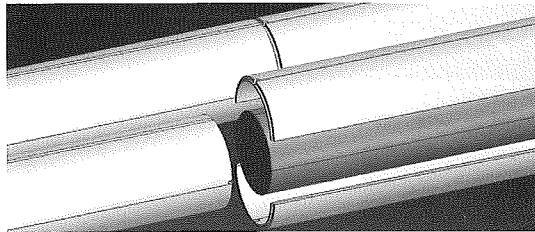


AGF-Me工法

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



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



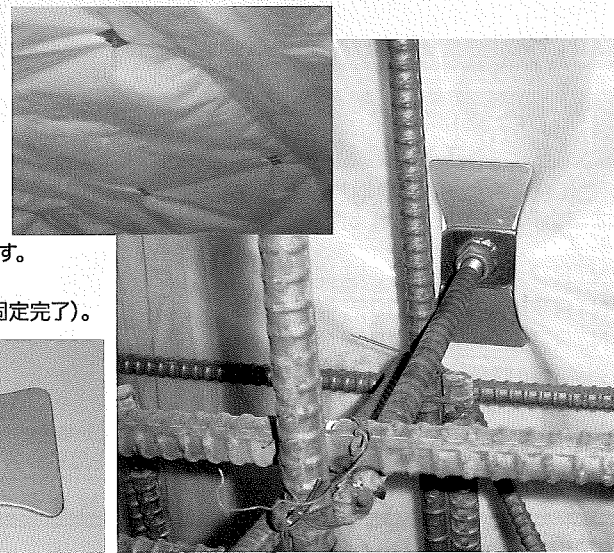
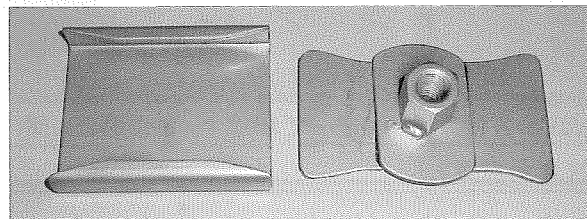
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

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

株式会社 トーキョーオール

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

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)

わが国の管渠整備事業においては、社会的ニーズや現場の施工条件等の要因により、推進工法の採用が必要不可欠とされています。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。

月刊推進技術 編集室

http://www.lsweb.co.jp/micro-tunneling/

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

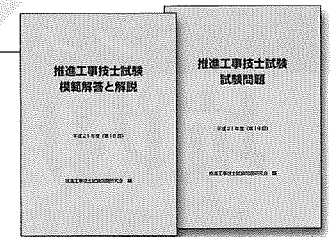
推進工事技士試験 過去8年間(平成14~21年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

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

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



平成22年度推進工事技士試験実施日

学科試験 7月11日(日)
実地試験 10月10日(日)

1. 内容と特長

- 過去8年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は別冊になっており実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出版箇所を明記

2. 価格

各年度単位に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。

株式会社 LSプランニング

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

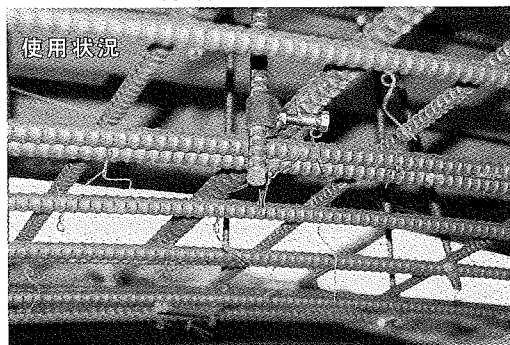
〒135-0046 東京都江東区社丹2-2-3-105
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail oda@lswb.co.jp

コストダウンを可能にする Kリング

特許出願中 (特願2001-309314号)

①アーチ鉄筋組立金物

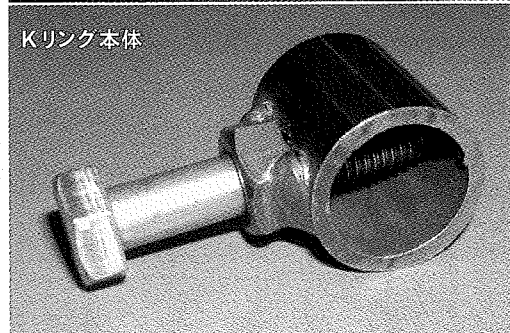
トンネル施工時の覆工工事における、鉄筋補強工事は、坑内上部・壁部にアンカーを打ち、そのアンカー筋に段取り筋を溶着し、それにアーチ筋を取付けていましたが、“防水シートを焦がす”、“塵肺作業である”、“作業効率が悪い”等問題点が指摘されていました。当社開発のKリングを使用することにより、スピードアップ、コストダウンを可能にすると同時に諸問題をすべて解決することができました。



使用状況

②鉄筋加工業務

「トンネル」「セグメント」の請負業務を開始いたしました。「正確な加工」、「鉄筋の品質管理」、「Kリングとの同時搬入」で皆様から幅広いご支援をいただき県内はもとより県外からも鉄筋加工のご用命を頂いております。どんな鉄筋加工のご相談にもお応えいたしますのでご一報ください。



Kリング本体

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
E-mail: ktk@r5.dion.ne.jp
URL: <http://www.h7.dion.ne.jp/~ktk>

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)

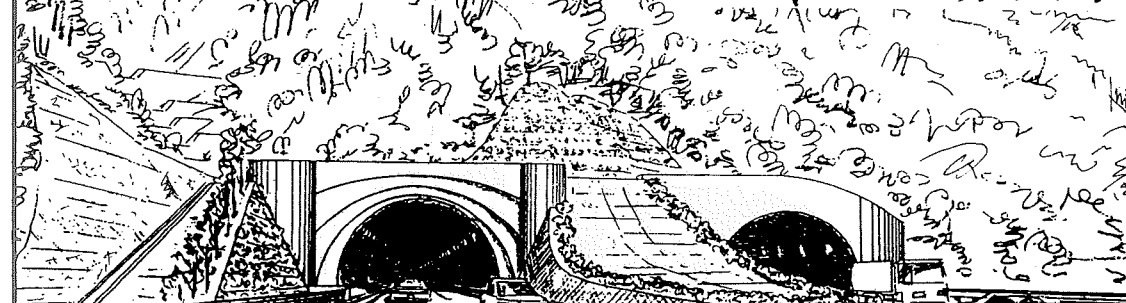
【営業品目】 複層タイヤ/油圧ホース/マテリアルホース/
各種中古車/触媒/線路 (中古)

 **中濃産業株式会社**
代表取締役 土田 義 氏

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

道路、トンネル設計 (本体工, 換気, 防災, 照明, 施工管理他)

トンネル現場診断



(社) 建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

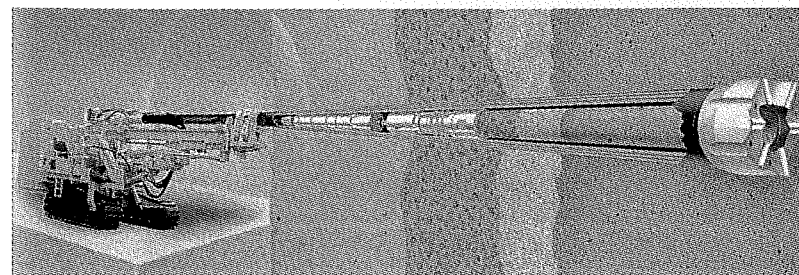
株式会社 ロード・エンジニアリング

会長 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

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

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

 **KOKEN 鋳研工業株式会社**
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>



機械掘削ツインヘッド

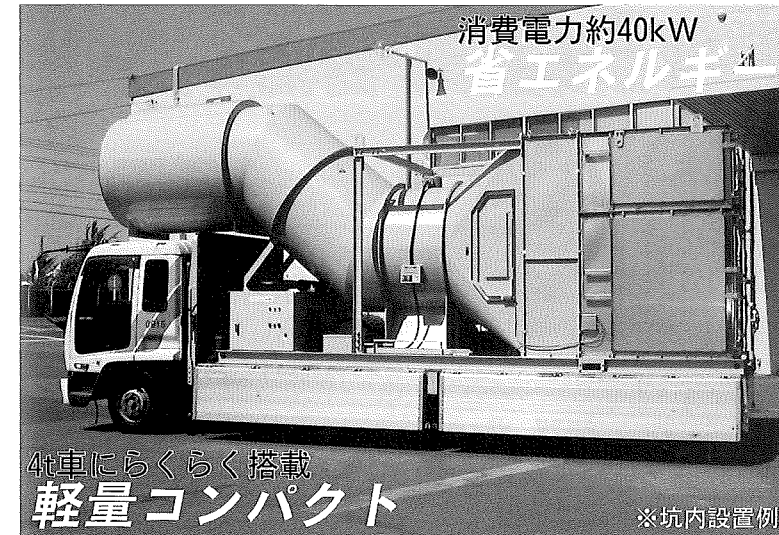
1.0m³クラス 322C 他

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

k|lea 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
道 道：TEL.0848-56-1124
機材センター：TEL.022-359-4951

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



4t車にらくらく搭載
軽量コンパクト

※坑内設置例

National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ)

RENT

取扱レンタル商品

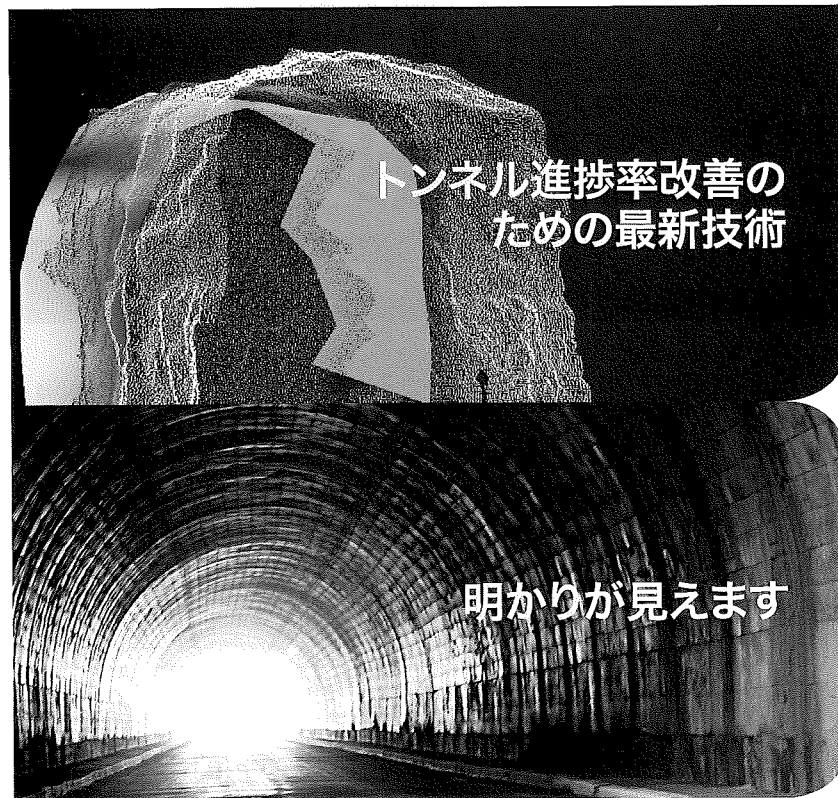
- フリッカー対策器
- MACレーザーシステム
- オアシス(坑内休憩室)
- 発電機エコ装置
(従来より小容量の発電機で
施工できる為、省エネ効果)

株式会社 レント

特機営業課 担当者 工藤

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

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



トンネル進捗率改善の
ための最新技術

明かりが見えます

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

オリカ社は、今まで積み重ねてきた研究開発と技術力を駆使して、お客様が毎日直面する課題の解決策をご提供することが可能です。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-TTM、高エネルギーエマルジョン爆薬の結果をご覧になることができます。これらにはすべて、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

【好評発売中】

わかりやすい 土木地質学

大島洋志 監修

B5判 209頁 本体価格2,500円 円340円

主要目次

序 編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

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

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

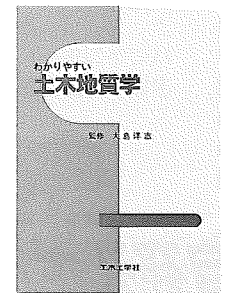
1. 調査の基本 2. 地山条件の調査の流れ 3. トンネル工事のための地山評価法 4. 調査の成果

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

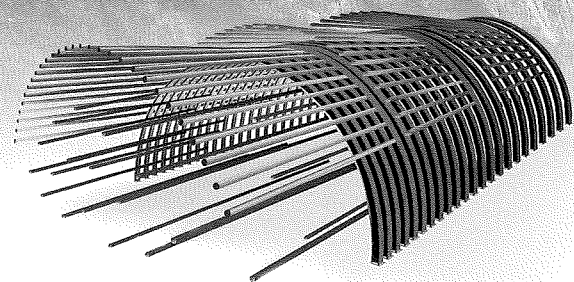
株式 土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メジャー神楽坂

電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

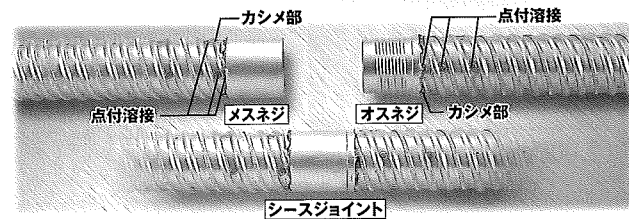


ユニークな発想と高品質・自信の価格



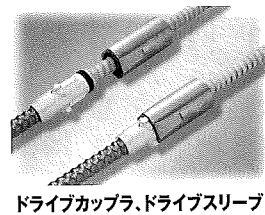
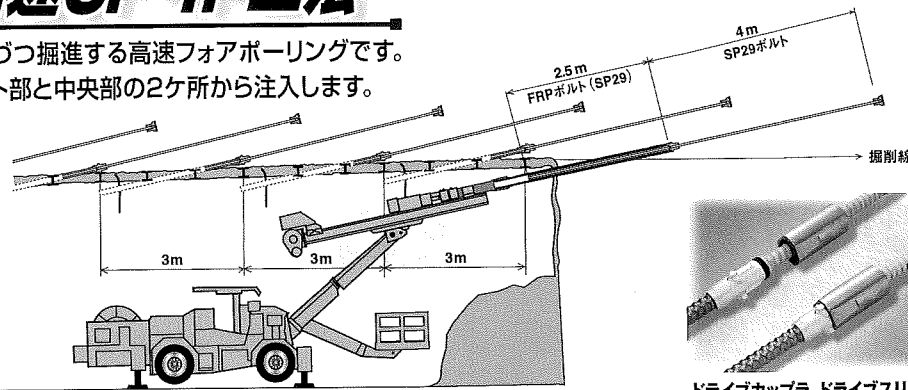
FIXチューブ工法

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

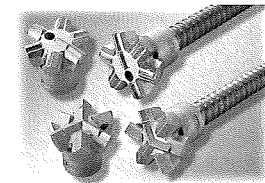


高速SP-IF工法

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

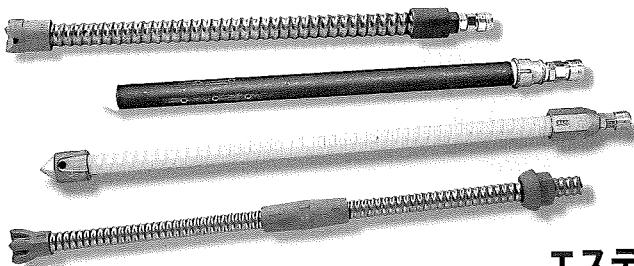


ドライブキャップ、ドライブスリーブ



φ65mm ロストビット (SP29)

自穿孔ボルト&注入管



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



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

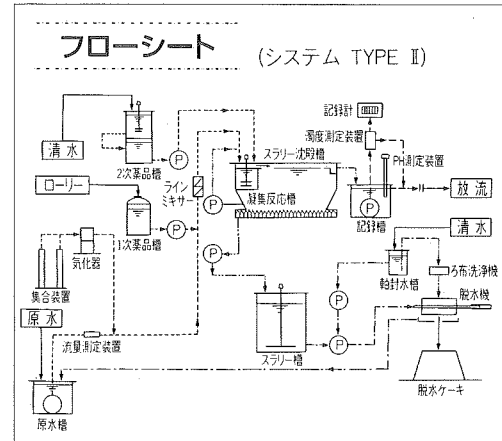
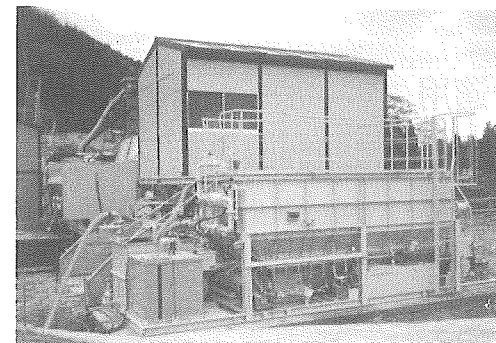
〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

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

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

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力



特長

1. 基礎、土工工事の期間が短く安価である。設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汚板型の脱水機を採用していることから汚布等の消費費が少ない。
又、加圧型脱水方式の無薬注で脱水出来る。
3. シックナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
4. 運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。
5. 多種多様な原水に対応出来る。
凝集反応槽攪拌機及び集泥用レーキにインバーターを採用し、水量及び濃度に幅広く対応する。
6. 豊富なオプション装置
高分子凝集剤の自動溶解装置
処理水返送装置 (異状警報装置と連動)
炭酸ガス後中和処理装置
鉄分除去処理装置 (エアレーション装置等)
スラリー再濃縮装置
脱水助材添加装置
自動汚布洗浄装置

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

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

詳細資料請求、お問い合わせは

株式会社 フジテックス

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

Waste Water Treatment System

■巻頭言

電力土木におけるトンネル工事について(雑感)

大石 富彦5

■研究

二車線トンネルへの高規格支保材料の適用

中野 清人・小川 澄・清水 雅之45

■施工

県道に近接した坑口明かり巻きを人工地山のトンネルに変更

—舞鶴若狭自動車道 谷田部トンネル—

正野 繁生・前田 佳克・岡部 和宏・白石 雅嗣7

多摩川を横断し各種重要構造物に近接する長距離シールド

—北多摩一号・南多摩水再生センター間連絡管工事—

荒井 一昭・古井 範雄・菊池 崇・高田 克幸15

国内初の天然ガス高圧岩盤貯蔵実証試験

今津 雅紀・奥野 哲夫・小松原 徹33

■連載講座

ずり処理入門(7)

—発生土の運搬方法・その他の運搬方式—

「ずり処理入門」連載講座小委員会65

トンネル保守管理における記録とその活用(1)

—保有トンネルの現状—

JTA保守管理小委員会77

■現場だより

「瀬戸の都」高松より

山田 正13

「塚ヶ原山トンネルに新風が」島根県浜田市より

山徳 康博14

「幕末から明治維新の主役たちが育った町」萩より

三隅 宏明32

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

トンネル技術発展の推移を追いつづけて四十余年

竹内 泰雄23

■トンネル工事を見守る山の神

トンネル工事と山の神

阿部 公一57

■資料

土木情報

編集部64

工法・技術・製品ニュース

編集部85

トンネルジャーナル

編集部76

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会86

■会報

会報

日本トンネル技術協会88

【表紙説明】

国内初の天然ガス高圧岩盤貯蔵実証試験

鋼製ライニング式岩盤貯蔵施設の実用化に向けた技術開発の一環として、国内初の天然ガス高圧岩盤貯蔵実証試験施設を岐阜県飛騨市神岡鉦山内に建設した。本施設は、20MPaの高圧での耐圧性・気密性を実証できる特殊な形状および複合した設備からなる小規模実証試験施設である。写真は、完成した天然ガス高圧貯蔵実証試験施設である。



(写真提供：(社)日本ガス協会) (本文33頁参照)

ヤマモト (YAMAMOTO)

(株) ヤマモト

無騒音 無振動 静かな破碎

超大型油圧破碎機

YTB 1120

トンネルビッカー

ヤマモトロックマシン株式会社

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

工場 広島県庄原市東城町36番地 ☎(08477) 2-2137(代)

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

Kanaflexの電力・通信ケーブル保護管

都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多条保護管 特許出願中

カナレックスML

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

1.独自構造（波付き管と管台一体型リブの連続構造）

- ・リブに平面部があり、管を密着させて敷設できる為、掘削幅、深さを小さく出来る。
- ・従来品に比べ、良好な砂の充填ができ、一括埋め戻しが可能。

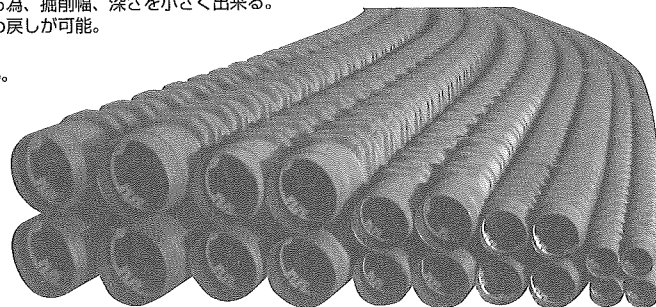
2.可とう性に優れる

- ・上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。

3.優れた性能

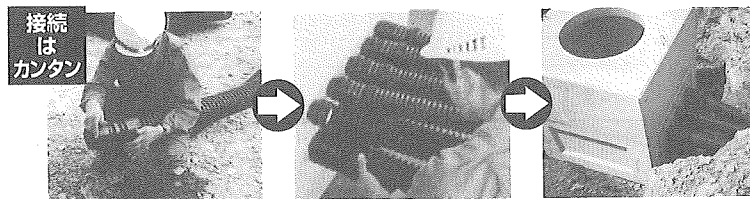
- ・軽量で、全サイズワンタッチ接続の採用により、工事の省力化が図れる。
- ・ワンタッチ式のロングベルマウス、ベルプロックを採用することによりハンドホール接合部の省力化が図れる。
- ・JIS C3653（附属書1及び3）の圧縮強度試験、難燃性試験をクリア。

4.摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ



ハンドホール工事の工期短縮・工費削減に現場の加工作業を大幅に軽減できる

ワンタッチ継手付ハンドホール



管路に継手差口をねじこみ 継手受口に差しこむだけ これで接続完了。

ワンタッチ継手（ベルマウス付直材）を工場に取り付けてご納品。
管路接続がスピーディー、確実に入ります。

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

※特許・意匠出願中

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

カナフレックスコーポレーション株式会社 ISO 9001 認証取得

株式会社 インテック

東京本社 〒106-6117 東京都港区六本木6-10-1 (六本木ヒルズ森タワー17F)

TEL(03)5770-5111 FAX(03)5770-5130

大阪本社 〒530-6017 大阪市北区天満橋1-8-30 (OAPタワー17F)

TEL(06)6881-0767 FAX(06)6881-0769

営業所 札幌・仙台・横浜・金沢・名古屋・神戸・広島・高松・福岡・鹿児島

直営工場 北海道・仙台・栃木・千葉・滋賀・愛東・広島・四国・九州

総務委員会広報小委員会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

大 島 洋 志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹 事〕

居 相 好 信

株式会社大林組東京本社生産技術本部
トンネル技術部部长

池 田 豊 人

国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

大 石 敬 司

東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
改良建設企画課課長

久多羅木 吉治

東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長

城 間 博 通

株式会社高速道路総合技術研究所
道路研究部トンネル研究担当部長

高 瀬 昭 雄

独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部計画部計画課長

千 葉 隆

清水建設株式会社土木事業本部工事監理部
上席エンジニア

濱 建 介

(元)日本鉄道建設公団理事

福 家 佳 則

鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部
トンネルグループ長

松 原 利 之

飛鳥建設株式会社土木事業本部土木技術部
トンネル技術グループ部長

三 浦 克

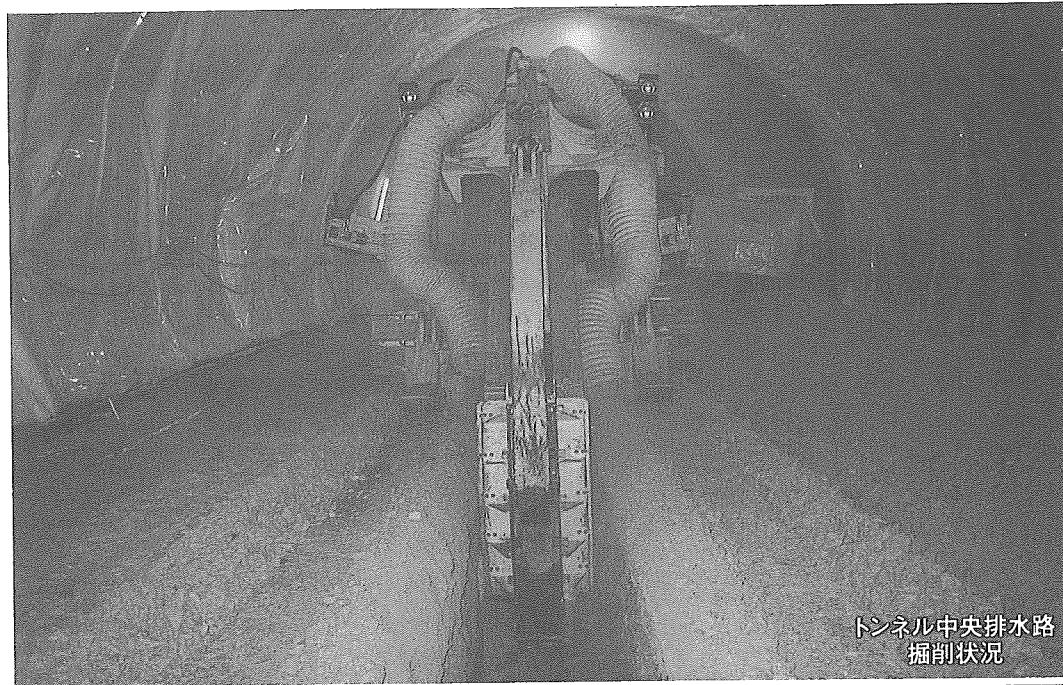
株式会社竹中土木常務執行役員

領 家 邦 泰

大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル技術室参与

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トレンチャーの性能・諸元

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

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

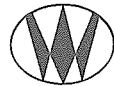
大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田 徹 東京都立大学名誉教授	濱 建介 (元)日本鉄道建設公団理事
高橋 良文 東京都下水道サービス(株)管路部長	三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員
橋本 定雄 (元)東京都公営企業管理者下水道局長	

〔委員〕

池田 匡隆 東京都下水道局建設部設計調整課長	清水 満 東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所 立体交差課長
今井 滋 東京都水道局建設部工務課長	城間 博通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長
葛城 真治 東京電力株式会社電力流通本部工務部 地中送電グループ課長	中本 忠道 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐
亀山 勝 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 計画担当課長	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
木谷 日出男 財団法人鉄道総合技術研究所 企画室長	両角 幸範 東京都交通局建設工務部計画改良課長

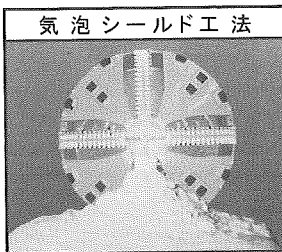
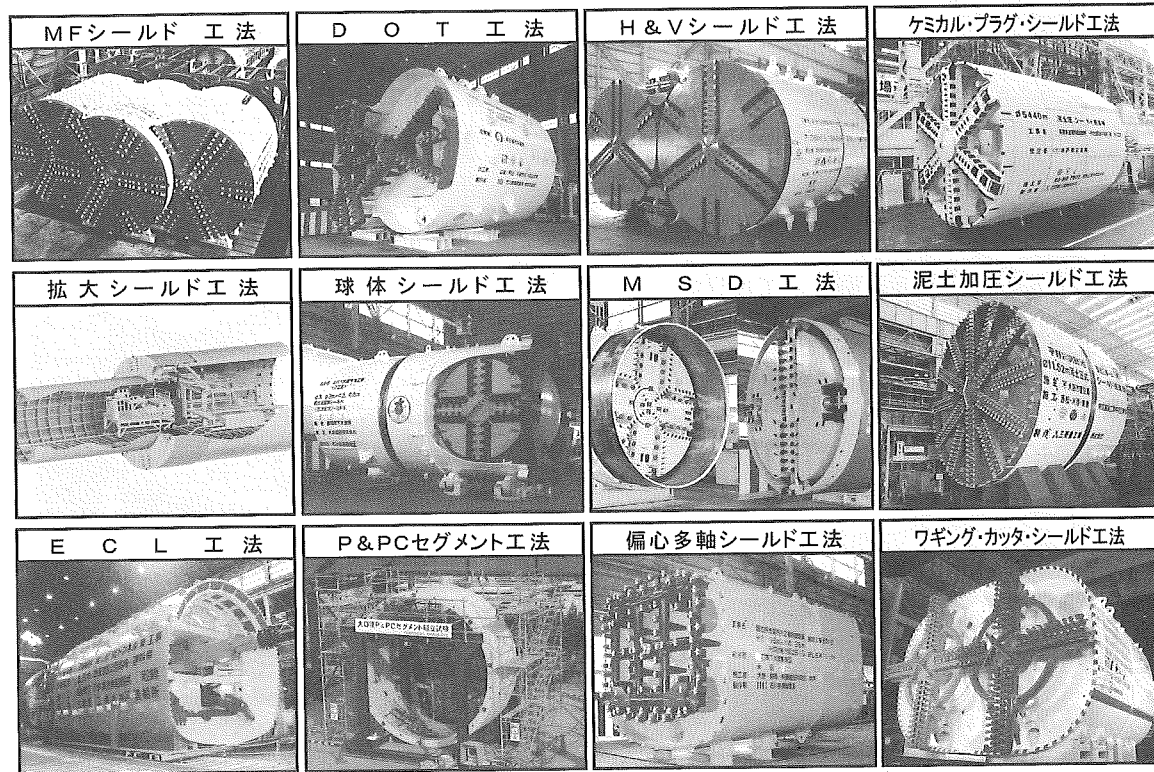


ワールド開発工業株式会社

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

地下の空間を創る

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



シールド工法技術協会

事務局 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11
鹿島建設(株) 土木管理本部 土木工務部内
TEL 03-3348-6322 FAX 03-3348-7125
URL: <http://www.shield-method.gr.jp> e-mail: sta@shield-method.gr.jp

正会員

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

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

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

川崎重工業(株)
小松製作所
ジャパントネルシステムズ(株)
日立造船(株)
三菱エレクトロシステムズ(株)
石川島建機工業(株)
SMCコンクリート(株)
新日本製鐵(株)
JFE建機(株)
ジオスター(株)
都築コンクリート工業(株)
日本コンクリート工業(株)
フジミ工研(株)

賛助会員

伊藤組土建(株)
植木組
奥村組土木興業(株)
坂田建設(株)
福田組
アクティオ
ガママトロエンジニアリング(株)
成和リニューアルワークス(株)
太平洋ソイル(株)
立花マテリアル(株)
タック
中央工業(株)

(株)テルナイト
東洋工業(株)

トンネルと地下 VOL.41 No.7 掲載概要

掲載頁
7

県道に近接した坑口明かり巻きを人工地山のトンネルに変更
—舞鶴若狭自動車道 谷田部トンネル—

西日本高速道路(株) 正野 繁生

舞鶴若狭自動車道小浜西インターチェンジより敦賀へ向けて建設中の区間のうち、谷田部トンネルは、東坑口付近で既設県道(中井・青井線)と交差している。本トンネルは、県道の改良計画をしている福井県と舞鶴若狭道を管理しているNEXCO西日本とで事業調整を行い、アーチカルバート(明かり巻き構造)で計画することとした。

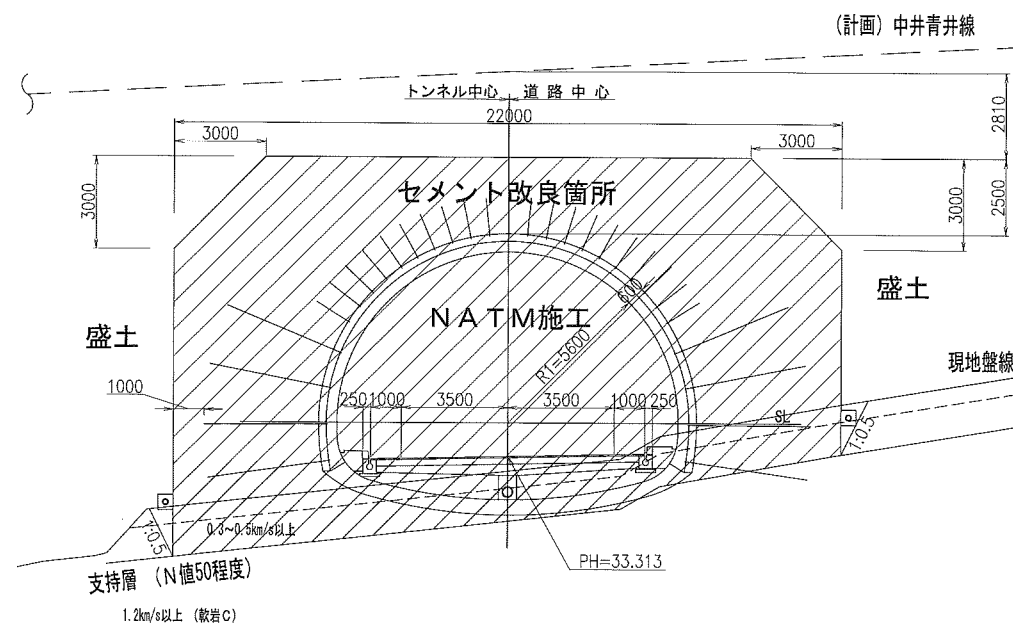
しかし、既設県道の安全性などを考慮し、先行盛土にて人工地山を盛立て、トンネル(NATM)工法にて掘削する施工方法について検討した。その結果、トンネル構造の安定性が確認されたので、トンネル構造を明かり巻きトンネル構造から人工地山でのNATM構造に変更した。その検討内容と結果を報告する。

Changing from Arch Culvert Structure to NATM Tunnel by Building Embankment—Maizuru Wakasa Expressway Yatabe Tunnel—

By Shigeo Shono, West Nippon Expressway Company Limited

In the section under construction on the Maizuru Wakasa Expressway between Obama-nishi Interchange and Tsuruga, the Yatabe Tunnel intersects with an existing Prefectural road (Nakai/Aoi Line) near its east entrance. Project coordination for this tunnel was conducted with Fukui Prefecture which makes reform programs for Prefectural roads and NEXCO-West which manages the Maizuru Wakasa Expressway and it was decided to plan for arched culverts.

Considering such things as the safety of existing Prefectural roads, construction methods were reviewed that build improved embankment to excavate with the NATM. As a result of this, the stability of the tunnel structure was confirmed and there was a change in tunnel structure from arch culvert to an NATM tunnel in improved embankment. This report gives information on the review details and results.



図は対策案計画横断面図

多摩川を横断し各種重要構造物に近接する長距離シールド —北多摩一号・南多摩水再生センター間連絡管工事—

東京都下水道局 荒井 一昭

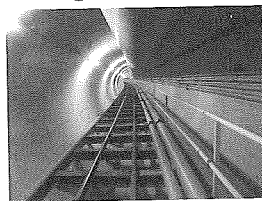
北多摩一号水再生センター・南多摩水再生センター間連絡管(以下「連絡管」という)は、両センターが保有する水処理、汚泥処理のシステムを相互融通するための施設である。この連絡管の整備により、①処理水質の安定化、②維持管理の効率化、③施設建設コストの縮減、④バックアップ機能の確保、などの事業効果が期待されている。

北多摩一号水再生センターと南多摩水再生センターは、一級河川多摩川をはさんで対岸に位置し、連絡管延長は約3.35kmである。連絡管工事は泥土圧シールドで施工し、通過地盤は洪積世砂層地盤である。通過区間内に一級河川多摩川をはじめ、西武多摩川線、JR南武線・武蔵野貨物線、東京電力洞道、水道局配水管など重要構造物があり、施工に先立って各管理者との協議や支障物の調査を行った。また、シールドに長距離・高水圧対策を施した。

本稿では、連絡管の概要、シールド工事の概要、掘削土処分にかかわるVE提案について報告する。
Long Distance Shield Close to Important Structures Crossing the Tama River—Kita Tama No. 1/Minami Tama Sewage Works Connecting Duct—

By Kazuaki Arai, Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government
The connecting duct between Kita Tama No.1 Sewage Works and Minami Tama Sewage Works (hereinafter referred to as the connecting duct) is a facility in order to reciprocally facilitate water treatment and sewage treatment systems run by both works. Through the provision of this connecting duct, business results are expected such as 1) stability of treat water quality, 2) promotion of streamlining of operation and maintenance, 3) reduction of facility construction costs and 4) securing of back-up functions.

The Kita Tama No.1 and Minami Tama Sewage Works are located on opposite banks of the Tama River and the length of the connecting duct is approximately 3.35 km. The connecting duct works were conducted with a slurry shield and the ground passed through was a diluvial sand. In this section, there are many important structures such as the Tama River, the Seibu Tamagawa Line, the JR Nanbu Line/Musashino Freight Line, Tokyo Electric cable tunnels and water service pipes, and preceding the construction, there was consultation with each managers and a survey of obstacles was conducted. Further, long-distance and high water pressure countermeasures were installed in the shield.



写真はシールド坑内

This report gives an overview of the connecting duct, an overview of the shield works and VE proposals pertaining to the disposal of muck.

国内初の天然ガス高圧岩盤貯蔵実証試験

(前)清水・大林・大成建設工事共同企業体 今津 雅紀

鋼製ライニング式岩盤貯蔵施設の実用化に向けた技術開発の一環として、国内初の天然ガス高圧岩盤貯蔵実証試験施設を岐阜県飛騨市神岡鉱山内に建設した。本施設は、20MPaの高圧での耐圧性・気密性を実証できる特殊な形状および複合した設備からなる小規模実証試験施設(容積240m³:貯蔵能力48,000m³,直径約25mのガスホルダー1基分に相当)である。

本稿では、世界初の気密材(鋼製ライニング材)の塑性変形にもとづく実証試験施設として実証試験を無事完了した鋼製ライニング式岩盤貯蔵槽およびプラグ(貯蔵側に作用する高い貯蔵圧力荷重を周辺岩盤に伝達する構造物)からなる実証試験施設の掘削方法・コンクリート打設方法・鉄筋組み立て方法などを中心にその施工方法および施工結果について報告する。

Verification Tests of Lined Rock Cavern for First Domestic Natural Gas Storage

By Masanori Imazu, (former) Shimizu/Obayashi/Taisei Construction Consortium

As a part of technological development towards the commercial viability of a steel-lined rock storage, the first domestic advanced natural gas storage verification test facility was constructed in the Kamioka Mine, Hida City, Gifu Prefecture. This facility is a small-scale verification test facility that is composed of a unique shape and combined fixtures that can verify pressure resistance and airtightness at a high pressure of 20MPa (Volume: 240 m³, storage capacity: 48,000 m³, equivalent to 1 whole gas holder with a diameter of approximately 25 m).



写真は完成した天然ガス高圧貯蔵実証試験施設

This report gives information focusing on construction methods and results such as excavation, concrete placement and rebar assembly methods for a verification test facility composed of steel-lined rock cavern storage and plugs (a structure that transfer a high storage pressure to the surrounding ground), which is based on the world's first structure using plastic deformation properties of airtight material as steel liner and completed verification tests without problem.

二車線トンネルへの高規格支保材料の適用

(株)高速道路総合技術研究所 中野 清人

これまでの二車線トンネル(内空幅約11m)の支保材料は、設計基準強度18N/mm²の吹付けコンクリートや110~170kNのロックボルトが使用されてきたが、高規格支保材料の中で設計基準強度 $\sigma_{28}=36\text{N/mm}^2$ の高強度吹付けコンクリートや、高耐力ロックボルトは、破砕帯など変形量が大きい比較的特殊な箇所でも適用される程度であった。これらの高規格支保材料を二車線トンネルへ標準的に適用することによって、支保構造を合理化し施工性の向上を図ることを主眼とした検討を行った。本研究は、二車線トンネルに高規格支保材料を用いた新しい標準パターンを設定し、現地において試験施工を行い、計測結果から適用性を評価したものである。

Application of High-standard Tunnel Support Members to a Two-lane Tunnel By Kiyoto Nakano, Nippon Expressway Research Institute Company Limited

Up until now, tunnel support materials for two-lane tunnels (inner space width of approx. 11m) have used shotcrete with specified concrete strength of 18N/mm² and rock bolts with strength of 110~170kN. But high strength shotcrete with specified concrete strength of $\sigma_{28}=36\text{N/mm}^2$ or high strength rock bolts as high-standard tunnel support members were only applied in comparatively unique areas such as in fractured zone where large volume deformation occurred. By normally applying these high-standard tunnel support members to a two-lane tunnel, investigation focusing on the streamlining of tunnel support structures and the improvement of buildability was conducted. This study sets a new standard pattern for two-lane tunnels using high-standard tunnel support members, conducts insitu test construction and evaluates applicability from measurement results.

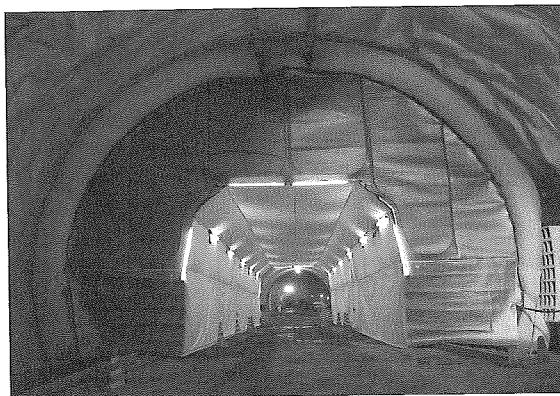
表は二車線トンネルの高規格支保パターン(標準部)^{*)}

地山等級	支保パターン	標準1掘進長(m)	ロックボルト					吹付けコンクリート(36N/mm ²) 厚さ(cm)	鋼アーチ支保工		覆工厚(cm)		変形余裕(cm)	掘削工法
			長さ(m)	耐力(kN)	施工間隔(m)		施工範囲		上半サイズ	下半サイズ	アーチ・側壁	インバート		
					周方向	延長方向								
B	B-a-H	2.0	3.0	170	2.0	2.0	上半120°	5	—	—	30	0	0	補助ベンチ付き全断面工法または上半工法
C I	C I-a-H	1.5	3.0	170	2.0	1.5	上半	7	—	—	30	(40)	0	
C II	C II-a-H	1.2	3.0	170	1.8	1.2	上下半	7	—	—	30	(40)	0	
	C II-b-H				1.8	1.2			NH-125	—				
D I	D I-a-H	1.0	3.0	290	1.8	1.0	上下半	10	NH-125	NH-125	30	45	0	
	D I-b-H	1.0	4.0											
D II	D II-a-H	1.0以下	4.0	290	1.8	1.0以下	上下半	15	NH-150	NH-150	30	50	10	

トンネルバルーン覆工コンクリート
トータル養生工法

長期耐久性に優れた高品質な
覆工コンクリート施工を実現します！

NETIS登録
(No.HR-040005)



特許出願中

覆工養生バルーン

脱型後の覆工コンクリートを覆います。

【特徴】

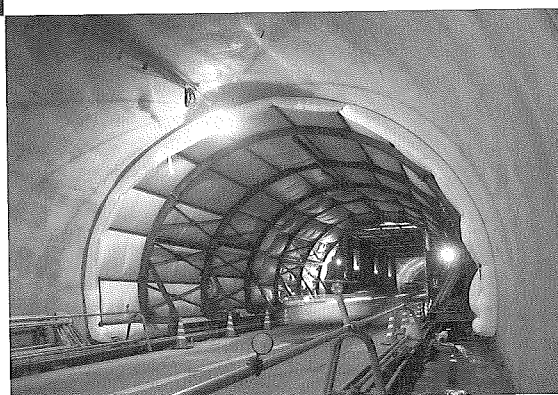
1. 長期材齢の強度アップ
2. 覆工コンクリートの表面を湿潤状態に保ちます。
(乾燥収縮クラックの低減に貢献します)
3. 断熱効果が期待できます。
(内部と表面の温度差が少ない⇒
温度応力の低減)

セントル温度養生バルーン

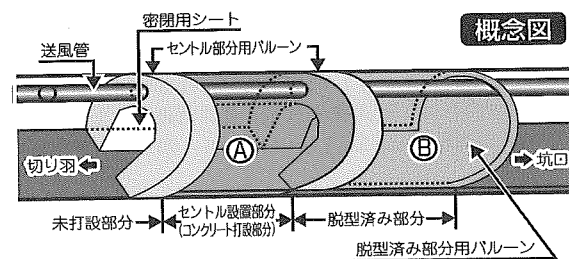
打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い
温度養生をします。

【特徴】

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



特許3811478号



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

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

2005年『日経BP技術賞 建設部門』受賞



岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO., LTD.

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



株式会社 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/>

電力土木におけるトンネル
工事について(雑感)



関西電力(株)執行役員土木建築室長(本協会理事)

大石 富考

私が初めてトンネル工事を担当したのは、今から15年前になる。兵庫県のへそのような位置に奥多々良木発電所1,212MWがすでに建設され、そこに2機720MWの揚水発電所を増設する計画が進行していた。トンネル建設経験のない私が工区長として、高さ47m、幅25m、奥行き130m、総掘削89,800m³の地下発電所工事の責任者に選ばれた。併せて約4kmの横坑、斜坑、縦坑のトンネル工事も含まれる。当時は、NATM全盛期で、弾頭型の大規模な地下空洞にも岩盤の状態観察と情報化施工により、掘進ごとに最適な支保工を選定した。また、不連続体の考え方を取り入れたキーブロック解析を導入し、パターン化したシステムアンカーではなく、不安定ブロックをロックアンカーにより固定する方法を採用した。さらに、掘削時に岩盤のゆるみ領域を極力押さえるために、空洞アーチ部をスロットドリルにて先行掘削し、その後制御発破にて掘削するというSD工法など、大規模空洞をいかに安定かつ安価に掘削するかを研究しつつ工事を実施したことを覚えている。

その当時は、次期揚水地点や将来の地下原子力発電所建設を想定し、さまざまな工法にもチャレンジした時代であった。昨今揚水発電所の建設も全国的にピークを過ぎ、今後は太陽光発電の大量導入とともに蓄電池技術や話題のスマートグリッドの開発動向を見極めながら、次の揚水計画が検討されることになると予想される。

したがって、今後のトンネル工事でも大規模開発から既設発電所の維持更新に伴う改良工事に移っていくのではないかと考えている。現在当社では、既設の揚水発電所をより価値の高いものとして可変速揚水(夜間の揚水時にも負荷調整が可能になる)に切り替える工事を奥多々良木発電所で行っている。ここで要求されるのが、既設の構造物に影響を与えない掘削工法である。今回励磁装置室として、既設発電所に150m²程度の併設空洞を掘削するが、既設構造物より10m以内は機械掘削とし、アーチおよび側壁をスロットにて縁切りしたうえで、割岩により掘削を行う工法を選定した。一方、既設構造物よ

り10m程度離隔をおいたところからは、制御発破工法を採用し、導火線付き非電気式雷管を採用することとした。通常の電気式雷管と比較して、段数が多く、発破振動を低減することが可能であるほか、漏洩電流・静電気に対しても安全である。実際の掘削にあたっては振動規制値を設け、発破ごとに振動を計測し、発破振動推定式を現場の物性に合わせて見直ししながら、慎重に工事を進めて行くこととしている。また、吹付けコンクリートについても既設発電所への粉塵を低減するため、フライアッシュを用いた吹付けコンクリートを採用し、粉塵量とリバウンド量の低減を図ることとしている。

同様に、富山県にある新黒部川第二発電所では、放水口への堆砂の影響を回避するために、放水路トンネルを約1.4km延長し、下流に放水口を移設する工事を行っている。ここでも、既設トンネルとの接続部や既設発電所近接部においては、割岩による掘削と制御発破を併用し工事を行っている。また、今後の計画として、既設発電所取水口に表面取水設備を設置する案件があるが、この場合も、既設取水路トンネルに影響を与えない工法を選定するなど同様の配慮を行う予定である。

最近、低炭素社会の担い手として、太陽光発電ばかりが注目されているが、太陽光発電が12%程度の設備利用率しかないのに比べ、水力発電所は40%以上の設備利用率で、天候に左右されない安定した電気を生み出す。したがって、設備規模は大きくないものの経済性のある残された包蔵水力を着実に開発する時期にあると考えている。このときにも、既設ダムを利用した発電所など、既設構造物に影響を与えない、より安価なトンネル掘削工法が必要となる。

電力土木においては、大規模な開発工事が主流であった時代から、既設の設備を活用し、新增設を行うまたは既設設備の健全性を確実に評価し、いかに延命化していくかを考える時代に移ってきたように感じている。地下空洞の安定性評価、トンネルの健全性評価などもまだまだ課題が残されており、今後の技術開発に期待するところも大きい。

先日、大津市にある琵琶湖疎水の取水口を見る機会があり、歴史的構造物としての美しさとともに、その機能が果たす役割の重さにあらためて土木屋として心をうたれました。先人が造ってきたすばらしい構造物とその役割は時代が変わっても色あせることなく、逆にその効果を増しているように感じました。これら既設設備を将来に、よりすばらしいものとして引き継いでいくのもわれわれ土木屋の重要な使命ではないかと思う中、そこに、田辺朔郎がいるような気がしました。

施工

県道に近接した坑口明かり巻きを人工地山のトンネルに変更

—舞鶴若狭自動車道 谷田部トンネル—

西日本高速道路(株)関西支社福知山高速道路事務所小浜工事区工事長 正野 繁生
 西日本高速道路(株)関西支社福知山高速道路事務所小浜工事区主任 前田 佳克
 (株)銭高組大阪支社小浜工事副所長 岡部 和宏
 (株)銭高組大阪支社小浜工事工務係 白石 雅嗣

1 はじめに

現在、舞鶴若狭自動車道は中国自動車道の吉川JCTから分岐し、小浜西ICまで供用しており、小浜西ICから敦賀市の北陸自動車道に向けて建設中である。建設区間のうちNEXCO西日本の担当区間は小浜西IC～小浜IC(仮称)間である(図-1)。

小浜西IC～小浜IC(仮称)間にはトンネルが3か所あり、この中にトンネル延長1,052mの谷田部トンネルがある(図-2)。

その谷田部トンネル東坑口付近の計画は、県道

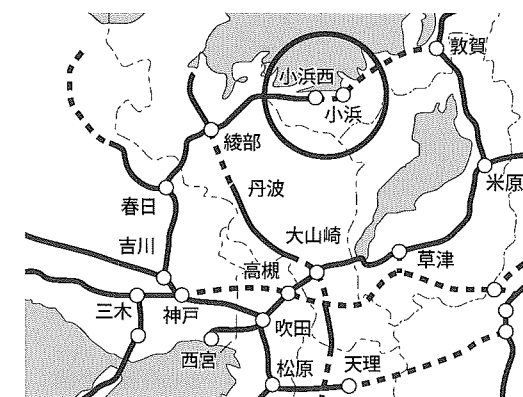


図-1 路線位置

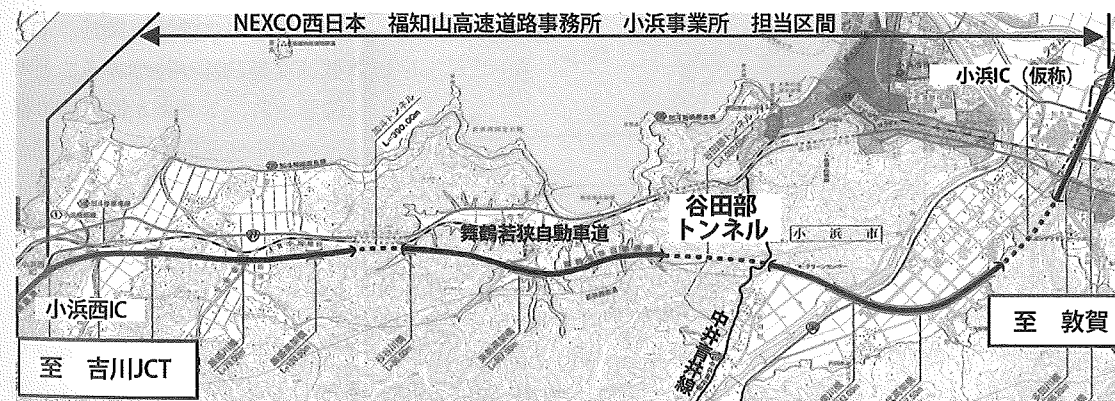


図-2 施工位置図

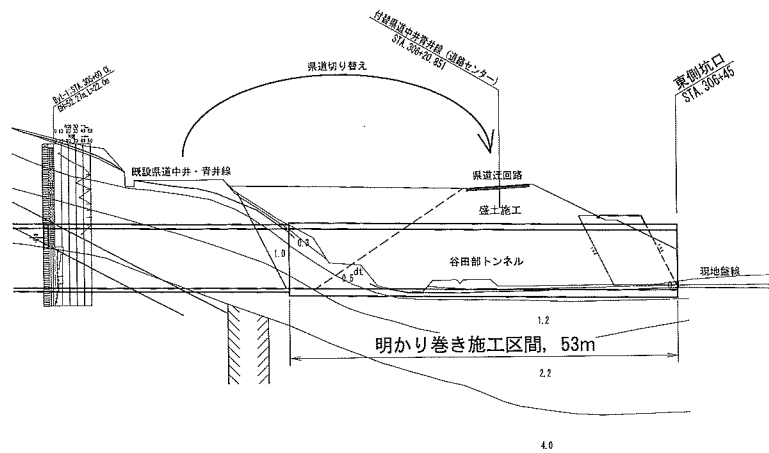


図-3 当初計画縦断面図

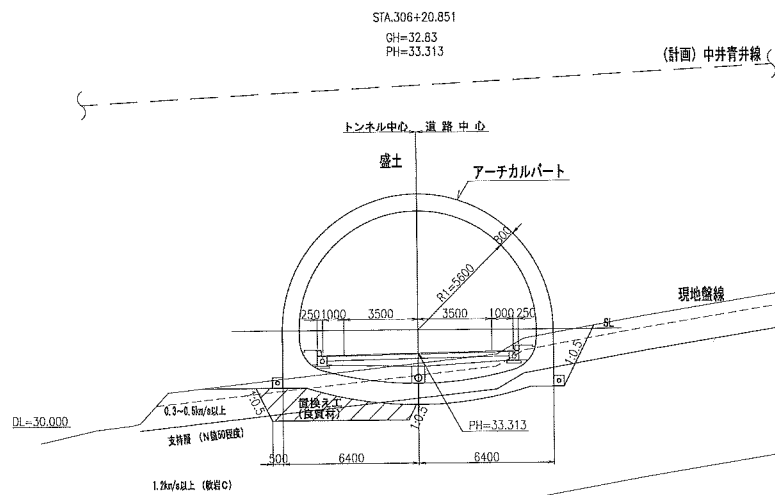


図-4 当初計画横断面図

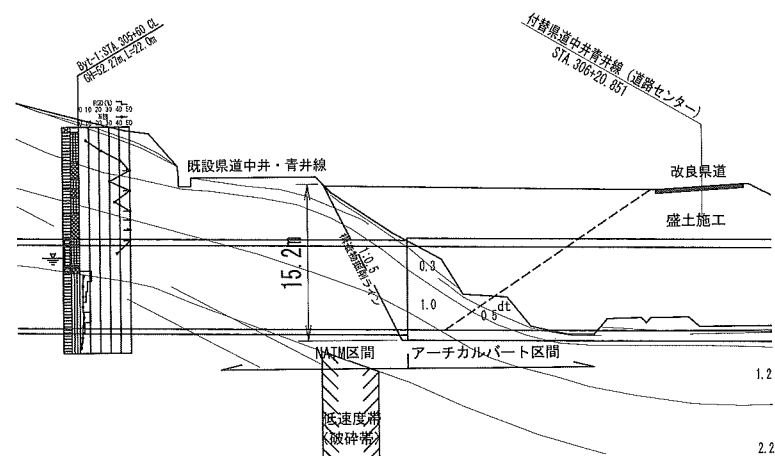


図-5 既設県道付近詳細縦断面図

中井青井線の改良計画をしている福井県と、舞鶴若狭道を管理しているNEXCO西日本とで事業調整を行い、土工区間約53mにアーチカルバートを築造し、養生後に周りを盛土し、改良県道を築造するものであった(明かり巻き)(図-3, 4)。

しかし、明かり巻き区間の施工検討を行った結果、既設県道への影響およびトンネルとの接続部の構造上の問題などが考えられたため、アーチカルバートの計画から先行盛土にて人工地山の構築後にトンネル工法(NATM)による施工を採用した。

本稿は、その検討結果を報告するものである。

2 明かり巻きにてアーチカルバートを築造する計画の問題点

2-1 安全性の問題点

アーチカルバート施工の構造物掘削は、既設県道ののり面を1:0.5で約15m掘削するため、供用中の既設県道の安全性を確保する必要がある。また、既設県道直下には弾性波探査により低速度帯(破碎帯)があることが確認され、トンネル掘削時の県道の安全性を向上させる必要がある(図-5)。

2-2 構造上の問題点

アーチカルバート端部とトンネル掘削部との接続による構造的な境界部を破碎帯近くにつくることにより、構造物の弱点部となる可能性がある。これらの

事項を踏まえて、人工地山によるトンネル工法(NATM)を対策案として検討した。

3 対策案の概略

対策案として、セメント系改良材と土砂を攪拌混合して人工地山を築造し、NATMによるトンネル案を検討した(図-6)。

人工地山の強度は、谷田部トンネル西坑口部の軟岩と同等程度の強度とし、一軸圧縮強度の4週強度で1N/mm²を目標とした。基礎地盤は軟岩(N値50)とし、軟岩までの土砂部は掘削を行い、人工地山と置き換える。目標強度を得るのに必要な人工地山の改良材添加量は室内試験にて64kg/m³という結果になった。また、六価クロム溶出試験では、六価クロムの溶出は検出されなかった。現場での改良材添加量は、攪拌混合ロスを1割5分考慮し、73.6≒75kg/m³とした。改良材と土砂の攪拌混合には、スケルトンホーク装着の0.7m³級バックホウとした。現場にて上記の施工方法にて攪拌混合し、採取した供試体の一軸圧縮強度を測定したところ、4週強度で1.72N/mm²であり、目標強度の1N/mm²以上が確認できた。六価クロム溶出試験も基準値以下で問題ないことが確認された。

この施工方法の採用により、コストは若干増加するもののトンネル工の安全性・施工性は大きく改善された。

施工手順としては、

- ① 人工地山および盛土にて改良県道(迂回路分)を築造
- ② 改良県道(迂回路分)完了・迂回後、現県道を閉鎖し、現県道直下をトンネル掘削で通過
- ③ 既設県道復旧・再供用後、改良県道を閉鎖し、改良県道直下(人工地山部)トンネル掘削となる(図-7)。

なお、本工事で県道はトンネルを完成させるまでの迂回路までを施工し、本格的な県道改良は県が施工した。

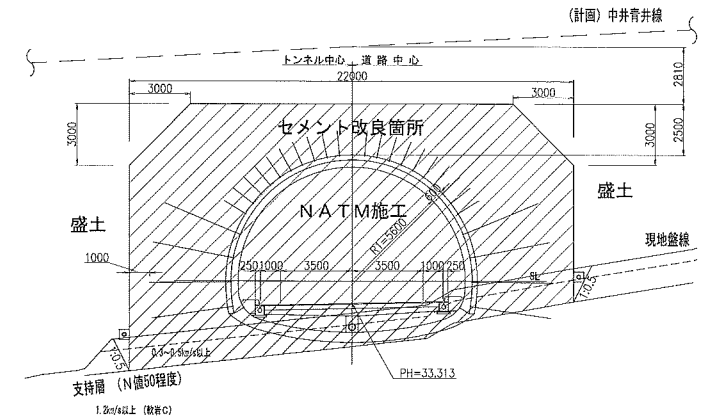


図-6 対策案計画横断面図

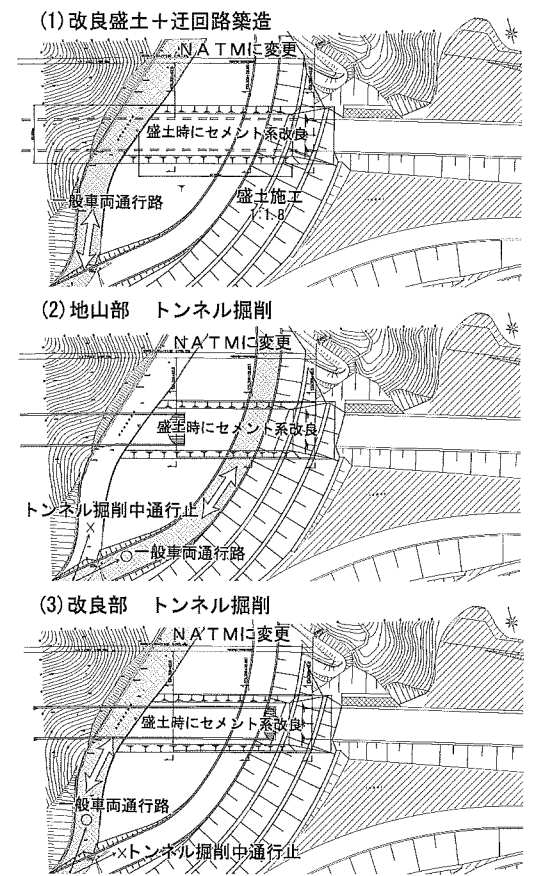


図-7 施工手順図

4 対策案の安定性の確認

人工地山をNATMにより掘削した際のトンネル構造が安定性を確保できるか、二次元有限要素法(FEM)による弾性解析にて確認した。弾性解

析を採用した理由は、改良体であり荷重も小さく弾性変形内に収まると考えられたからである。

4-1 解析条件

4-1-1 人工地山の範囲

人工地山範囲としては、施工余裕幅を考慮し、横幅はロックボルト端部より1m、天端もフォアポーリング端部より1mとした(図-8)。

4-1-2 トンネル支保工パターン

施工区間は小土かぶりであることを考慮し、DⅢa-bとした(図-9)。

4-1-3 解析ステップ

施工状況を考慮して解析ステップは、図-10のように6ステップで設定した。

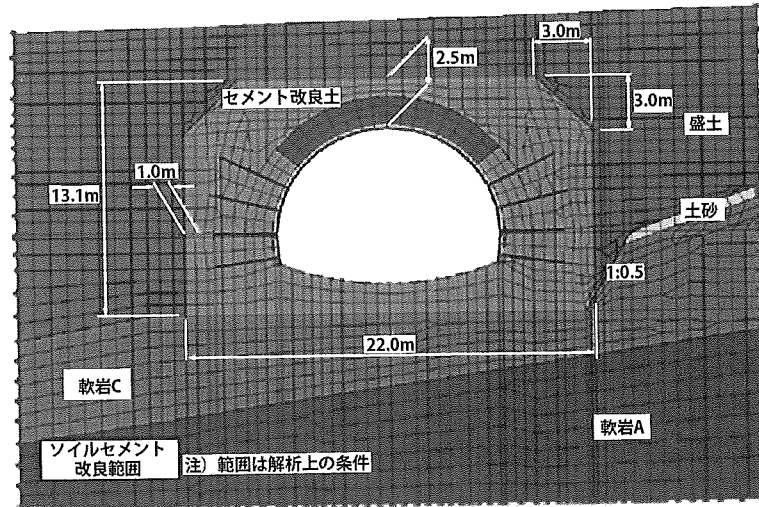
4-1-4 解析条件

人工地山の变形係数を $E = 100q_u (q_u = 1\text{N/mm}^2)$ とし、フォアポーリング部の变形係数は、フォアポーリングの剛性を評価せず、人工地山と同等とし $E = 100q_u (q_u = 1\text{N/mm}^2)$ とした。

4-2 解析結果

4-2-1 地山の安定性

トンネル周辺の改良体は通常弱点となるスプリングライン付近、アーチ足元付近についても、トンネルの構造安定性に問題ないことが判明した。地表面付近で安全率1以下の領域が存在しているが、主応力レベルは $100\text{kN/m}^2 (= 0.1\text{N/mm}^2)$ 以下である。また、盛土部は粘着力 c を評価していないため、解析上での自立性が低く評価されていることもあり、破壊に至ることは考えられないと判断した(図-11, 12)。



地層名(岩級区分)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	変形係数 E (kN/m ²)	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	ポアソン比 ν
土砂B(0.3~0.5km/s)	26.0	42,000	50.0	25.0	0.35
軟岩C(1.2km/s以上)	26.0	140,000	500.0	35.0	0.35
軟岩A(2.0km/s以上)	26.0	300,000	1,250.0	40.0	0.30
盛土材	19.0	84,000	0.0	30.0	0.35
セメント改良土	19.0	100,000	500.0	35.0	0.35

仕 様	モデル	A (m ²)	E (kN/m ²)	r (m)	I (m ⁴)	ポアソン比 ν	
ロックボルト	D25	梁要素	2.10E+08	0.0125	—	0.3	
鋼製支保工	H-200	梁要素	6.35E+03	2.10E+08	—	4.72E-05	0.3
吹付けコンクリート	$t=25\text{cm}$	面要素	—	4.00E+06	—	—	0.2

図-8 解析モデルおよび設計条件

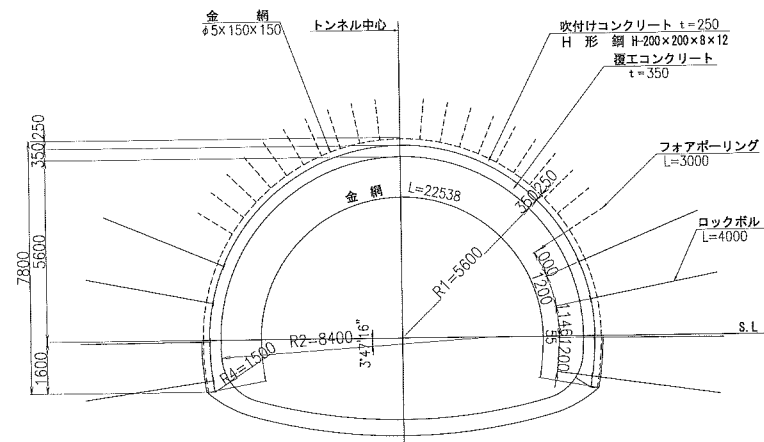


図-9 DⅢa-b 断面図

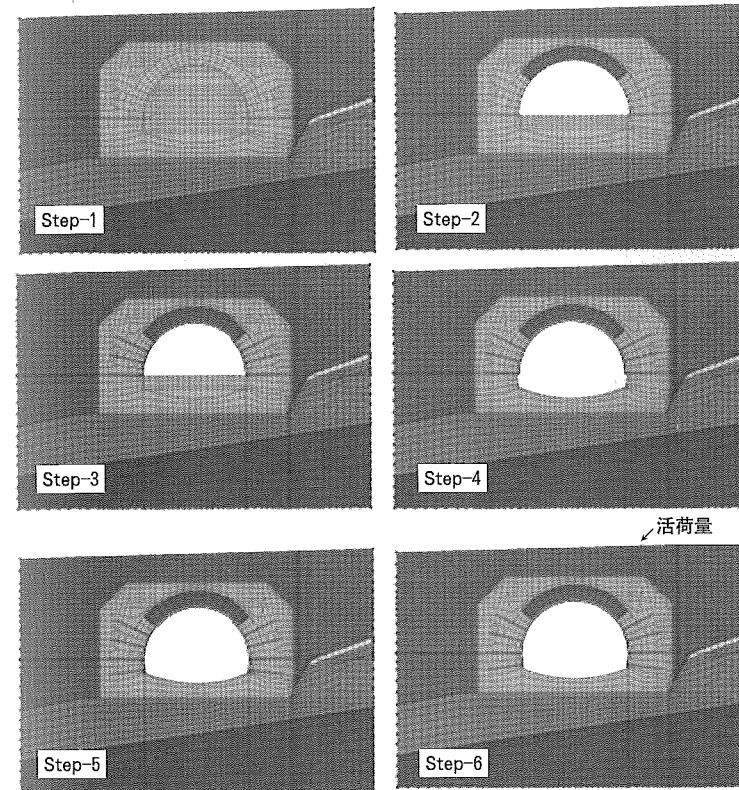
4-2-2 地山の变形

予想最終沈下量は、地表面沈下15.6mm、天端沈下18.0mmとなった(図-13)。人工地山部をトンネル掘削するときは、県道走行車両を既設県道に移し、人工地山上の迂回路は閉鎖するので、地表面沈下はとくに問題ないと判断した。トンネル掘削による内空天端沈下量は16.5mmであるが、本トンネルの同じ支保工パターン(DⅢa-b)での天端沈下量のレベルIは27.5mmであり、その値よりも小さいので問題ない。また、県道の上載活荷重を考慮しても沈下量の増加は2.4mmと小さく問題はないと判断した。

5 計測工と管理基準

5-1 計測工

施工においては、計測工を実施し、計測データを施工にフィードバックすることとした。計測工Aとして、10mごとに、内空変位、天端沈下を計測した。地表面沈下は2測線(通常掘削部と人工地山掘削部の境付近と人工地山断面が最大になる付近)を計画した。



解析ステップ

解析ステップ	施工状況	備 考
Step-1	自重解析(初期応力状況)	
Step-2	上半掘削(先受けフォアポーリング)	無支保(素掘り), 応力解放率40%
Step-3	上半支保工設置	鋼製支保工, 吹付けコン, ロックボルト, 応力解放率60%
Step-4	下半掘削・インバート	無支保(素掘り), 応力解放率40%
Step-5	下半支保工設置	鋼製支保工, 吹付けコン, ロックボルト, 応力解放率60%
Step-6	舗装路面, 活荷重載荷	荷重強度: $p=10\text{kN/m}^2$

図-10 解析ステップ図

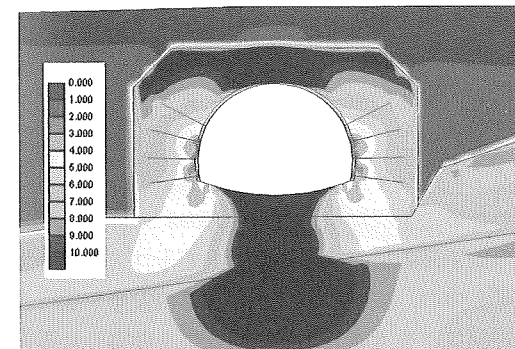


図-11 安全率分布図(ステップ5)

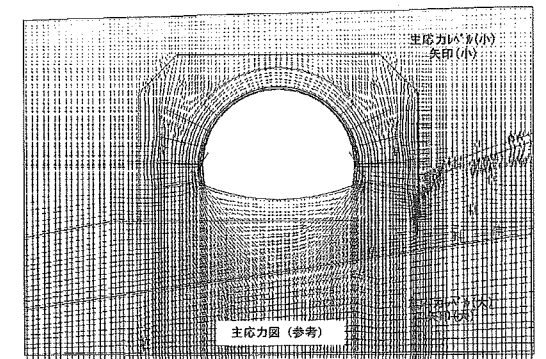


図-12 主応力分布図(ステップ5)

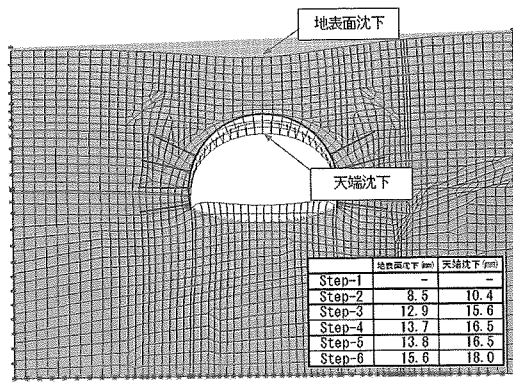


図-13 地山の変形図(ステップ5)

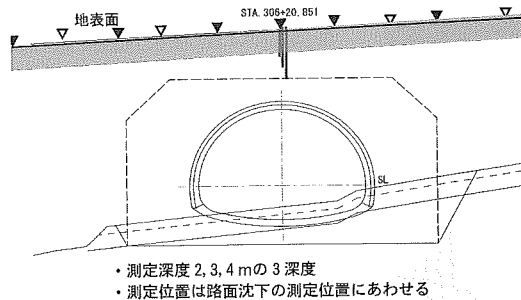


図-14 地中変位計配置図

計測工Bとして、地中変位(図-14)と支保工応力を計測した。地中変位は、計測器をトンネル掘削前に地上から設置しておき、切羽進行に伴う変位を計測しトンネル安定を確認、補助工法、支保工の選定にフィードバックした。支保工応力は鋼製支保工の歪みを計測し、支保工応力の確認および外力を推定し、トンネル安定を確認する。計測工Bも地表面沈下測定箇所と同じ断面(2断面)とした。

5-2 管理基準値

管理基準値は、解析結果を管理基準値のレベルⅢとし、レベルⅠをレベルⅢの50%、レベルⅡを75%とした。

計測工Aの管理基準値レベルⅢは解析結果より、天端沈下16mm、内空変位32mmとした(ステップ5にて)。計測工Bの地中変位管理基準値レベルⅢも解析結果より、GL-2.0mで14mm、GL-3.0mとGL-4.0mで15mmとした。鋼製支保工の応力度管理基準値レベルⅢは、鋼材の許容応力度($\sigma_{\text{容}} = 140\text{N/mm}^2$)の80%とし、 112N/mm^2 とした。

通常の計測管理と同様に、上記の管理基準値に

則って安全管理体制を整備し、計測結果の分析とトンネル補強の検討を行い、対策を実施する。変形が収束するのを確認した後、施工を続行する。

6 対策案の実施

人工地山の築造中は、セメント改良土の試料採取による一軸圧縮強さおよび六価クロム溶出試験による環境への影響などを管理しながら施工を進めた。また、人工地山部のトンネル掘削については、計測管理を確実にし、次工程にフィードバックさせ安全にトンネル掘削を施工した。計測工の結果は、トンネル安定性の解析結果に相違点がないか確認し、トンネル掘進を進めた。

7 対策案の効果

7-1 安全性の問題点

既設県道に対する影響は地表面沈下量最大7.0mm、地中変位量最大8.9mmで、管理基準値内であり問題なかった。人工地山部のトンネル掘削中およびトンネル掘削完了後に既設県道に一般交通帯を戻したが、全く影響なかった。

7-2 構造上の問題点

明かり巻きがなくなることで、トンネルとしての構造的な境界部がなくなり、将来にわたって構造物の弱点部がなくなった。また、人工地山部の鋼製支保工応力度は、最大で 51.7N/mm^2 であり、管理基準値の 112N/mm^2 以下であり、構造上の問題もなかった。

8 おわりに

この対策の採用により、工事に伴う既設道路への影響を最小限にすることができ、トンネル構造の将来的な弱点も解消された。また、アーチカルバートの施工に伴う高所での危険作業や煩雑な明かり工事がなくなり、安全性・施工性も向上した。そのため、工程短縮も図られた。

当施工箇所における対策は、若干コストが増加するものの、生活道路である県道の安全や通行止め規制などを考慮した費用対効果を勘案した場合、有効な手段であった。



「瀬戸の都」高松より

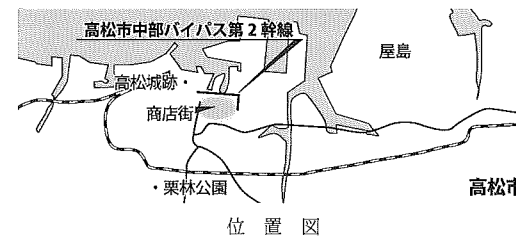
山田 正

高松市中部バイパス第2幹線工事(1工区)の工事場所である香川県は全国でもっとも小さい県(1,876km²)である。香川県の県庁所在地でもある高松市は多島美を誇る波静かな瀬戸内海に面し、これまで、人々の暮らしや経済・文化などさまざまな面において、瀬戸内海との深いかかわりの中で、県都として、また、四国の中核管理都市として発展を続けてきた、海に開かれた都市である。

「高松」は鎌倉時代、大覚寺の荘園になったころから開け始め、天正15(1587)年に豊臣秀吉が生駒親正を讃岐に封じ、翌年に玉藻浦に居城を築いて高松城と名づけたことに始まる。これが現在の高松という地名の由来と言われ、以後城下町として発展してきた。現在では高松の中心街は八つの商店街が連なり、日本一とも言われる総延長2.7kmの連続したアーケード街を形成し、オフィスビルが立ち並ぶ「中央通り」とともに、商都高松の顔として賑わっている。

ほかにも高松には自然美が溢れる景勝地が多く存在する。源平合戦の古戦場として名高い「屋島」は、瀬戸内海に突き出した巨大な溶岩台地である。頂上部が平坦で、その形状が屋根に似ているところから屋島と名づけられたと言われる。その名のとおり、屋島は江戸時代の始めまで「島」であった。屋島の面する備讃瀬戸(瀬戸内海のうち岡山県と香川県の間の海域の名称)は古代から交通の要であり、軍事上の要衝でもあった。屋島山上からの眺望する多島美の備讃瀬戸は、まさにエーゲ海にも劣らぬ絶景である。また「栗林公園」は国の特別名勝に指定されている公園の中で最大の面積を誇っており、2009年には仏の観光ガイドブック「ミシュラン」の観光版で三ツ星を獲得した。

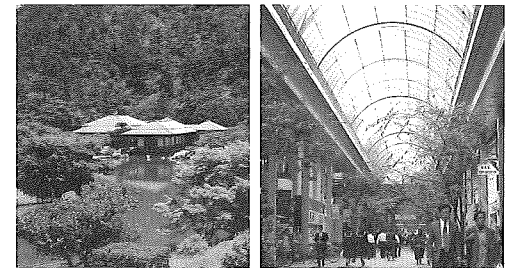
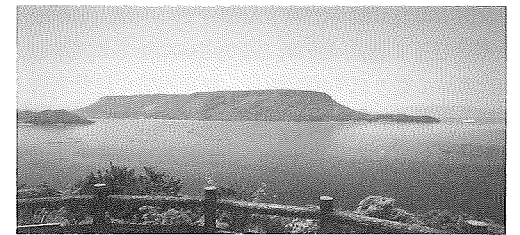
さて高松市は平成10年に大規模な台風被害を経験し



位置図



発進基地周辺



(上)源平合戦の古戦場・屋島、(左下)栗林公園、(右下)日本一の長さの商店街

た。これを契機に浸水被害を防ぐため中心市街地にバイパス管やポンプ場を整備する浸水対策計画が策定された。平成15年には第1幹線が整備され、引き続き、その第2幹線をこのたび整備している。当企業体の担当する第2幹線工事は、幹線道路直下(土かぶり約10m)の管路となるため、シールド工法(泥土圧)で掘進する。高松城に隣接している、少子化で閉校した学校のグラウンドを発進基地として、東へ約1,300mの管路(仕上がり内径2,600mm)を施工する。平成23年度の完成を目標に、地元の方々や発注者のご理解とご支援を賜りながら、日々の業務を遂行している。(鹿島・カナックJV高松中部バイパス第2幹線JV工事事務所長)



「塚ヶ原山トンネルに新風が」島根県浜田市より

山 徳 康 博

現在整備されている「山陰自動車道」(延長380km)の一部である「浜田・三隅道路」(延長14.5km)は、島根県西部の日本海を望む浜田市に位置している。

浜田市は平成17年10月に三隅町、金城町、旭町、弥栄村と合併し、東は江津市、西は益田市、南は広島県に隣接し、人口は60,500人で面積は旧浜田市の4倍にあたる約690km²となり、島根県の総面積の約10%を占める市となった。

浜田市は丘陵地や山地が大部分で、中国山地が日本海まで迫っている。また、切り立ったリアス式地形と砂丘海岸の織り成す海岸線は、風光明媚な自然景観と天然の良港をもたらしている。

毎年夏から秋にかけては、漁業基地である浜田港よりイカ釣り漁船が出港し、遠く日本海に漁火の点滅するさまは郷愁を誘うものがある。しかし、近年は漁獲高の減少と原油の高騰により、出漁する漁船の数もめっきりと減り、一抹の寂しさを感じさせる。

また、浜田市周辺は昔より石見の国と呼ばれており郷土芸能として、近世以前が源流とされている石見神楽の盛んなところである。そのリズムは石見人の気性をそのままに、他に類を見ない勇壮で活潑なテンポの速いもので見る人を神話の世界に誘う。石見神楽は海外公演も多く日本文化の交流に役立っている。

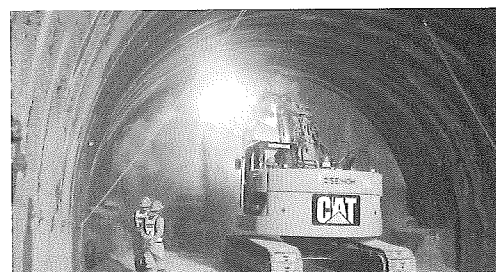
このような自然環境の中で山陰地方をつなぐ重要な道路が国道9号線であるが、道は曲がりくねっており、しかも起伏もあるため交通事故が多発する要因となっている。いったん事故が発生すると代替の路線がないため、地域東西間の交通そのものがストップしてしまう状況である。このような状況をふまえ、高規格な一般国道バイパスとして整備し、沿線地域の産業の振興、観光開発を促進し地域経済の発展と活性化に役立つこ



位置図



浜田港



貫通の瞬間

とを目的に、「浜田・三隅道路」の建設が進められている。

その中の「塚ヶ原山トンネル」は浜田市内田町から浜田市周布町へ跨る延長1,791m、内空断面積65m²、非常駐車帯4か所のトンネルである。地質は三郡変成岩類の泥質片岩と珪質片岩が基盤となっており、流紋岩、玄武岩、花崗閃緑岩が複雑に貫入した地層である。貫入境界の接触部は風化による劣化が著しく慎重な掘削が要求された。

平成20年9月より掘削を開始し、今年3月25日に無事貫通を迎えることとなった。19か月間の長い掘削であったが、無事故・無災害での貫通を迎えることができた喜びは一入である。

貫通式は地元の皆様にご出席いただき、実際に貫通をする瞬間を見ていただいた。貫通し新風が吹き抜けた瞬間、トンネル貫通を初めて見た地元の皆様の心からの歓声と拍手に、われわれ工事担当者は胸が熱くなった。

これから竣工まで無事故・無災害を継続し、お客様に満足される高品質のトンネルを職員・作業員が一丸となって造りこんでいきたい。

(戸田建設(株)塚ヶ原山トンネル作業所)

施工

多摩川を横断し各種重要構造物に近接する長距離シールド

—北多摩一号・南多摩水再生センター間連絡管工事—

東京都下水道局流域下水道本部技術部工事課長 荒井一昭
東京都下水道局流域下水道本部技術部工事課土木工事係主任 古井範雄
前田建設工業(株)東京支店府中シールド作業所作業所長 菊池崇
前田建設工業(株)東京支店府中シールド作業所工事課長 高田克幸

1 はじめに

東京都が建設を進めている北多摩一号水再生センター・南多摩水再生センター間連絡管(以下、「連絡管」という)は、両センターが保有する水処理、汚泥処理の機能を相互融通するための管廊施設であり、平成18年度に稼働した多摩川上流水再生センター・八王子水再生センター間連絡管に次

ぐものである。この連絡管の整備により、

- ① 処理水質の安定化
- ② 維持管理の効率化
- ③ 施設建設コストの縮減
- ④ バックアップ機能の確保

などの事業効果が期待されている。

本稿では、連絡管の概要、シールド工法で施工している連絡管工事の概要、掘削土処分にかかわ

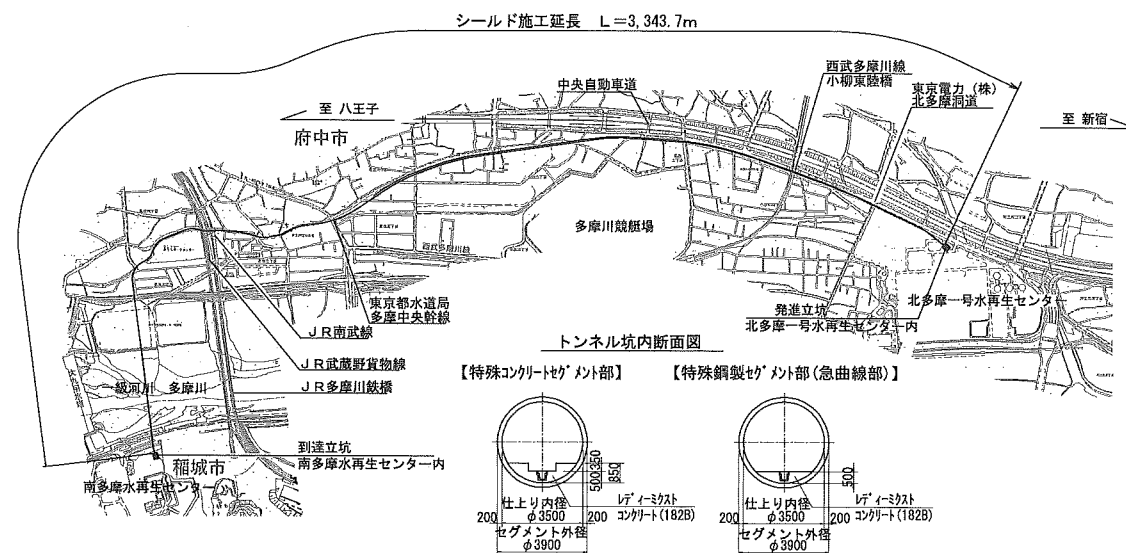


図-1 ルート平面図

る契約後VE提案について報告する。

2 連絡管の概要

北多摩一号水再生センターと南多摩水再生センターは、一級河川多摩川を挟んで対岸(直線の離れ約2.5km)に位置している。連絡管の平面線形は、公有地(都道・市道・公園・河川など)および

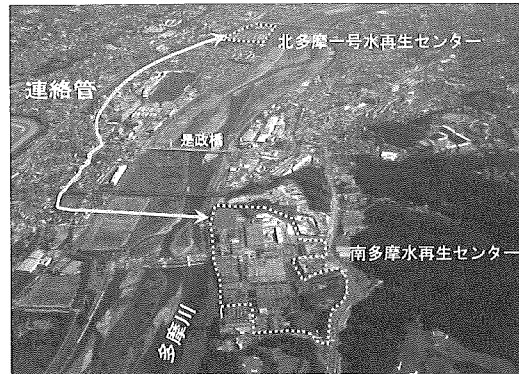


写真-1 連絡管と両センターの位置

表-1 連絡管の概要

仕上がり内径	φ3,500mm
施工延長	3,343.70m
連絡管内 収容物	汚水管：φ500mm×2本
	汚泥管：φ200mm×2本
	再生水管：φ200mm×1本
	採水管：φ50mm×6本
その他各種ケーブルなど	

一部私有地の地下を通過するルートである(図-1, 写真-1)。また、縦断線形は、多摩川河床、水道局送水管、東京電力洞道との必要離隔をコントロールポイントに、トンネル排水の最低勾配2%を考慮のうえ決められている(図-2)。

連絡管の概要を表-1に示す。また、多摩川上流水再生センター・八王子水再生センター間連絡管の内部を写真-2に示す。

3 工事概要

連絡管工事は、北多摩一号水再生センター(府中市小柳町6-6)から南多摩水再生センター(稲城市大丸1492)まで約3.35kmの区間を泥土圧シールドによりトンネルを築造する工事である。

セグメントは、直線部および緩曲線部は二次覆工省略型鉄筋コンクリートセグメントを用いて二

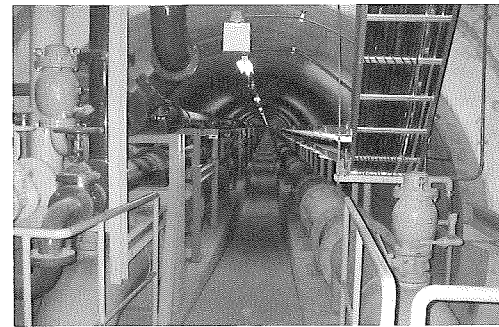


写真-2 多摩川上流・八王子水再生センター間連絡管の内部

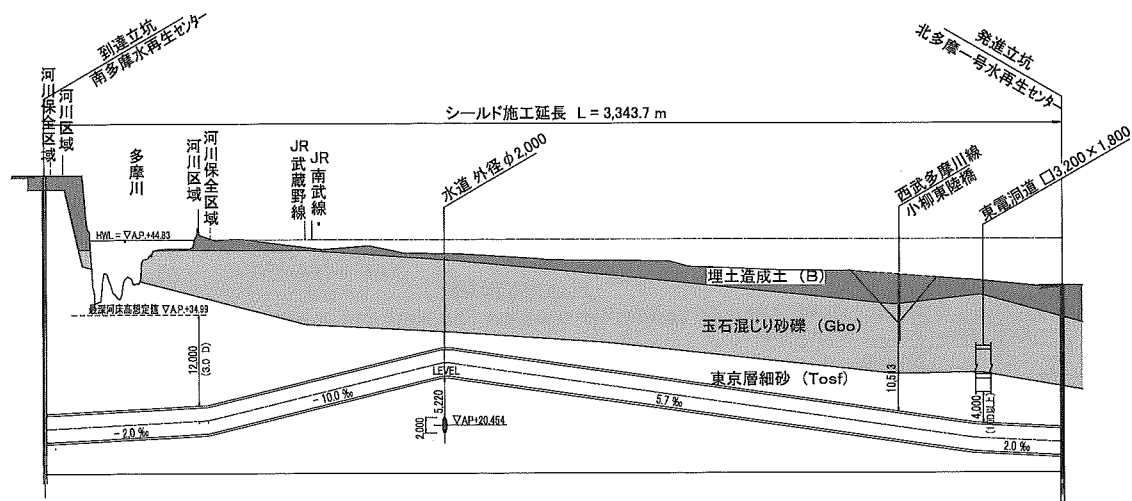


図-2 ルート・地質縦断面図

次覆工を省略する。また、急曲線部は鋼製セグメントにコンクリートを中詰めしている合成セグメントを使用することになっている。

なお、工事はシールド1.9kmを施工する「連絡管工事」、シールド約1.45kmおよびインバート約3.35kmを施工する「連絡管その2工事」に2分割して発注されている。平成24年度末完成予定の連絡管工事および関連工事の概略工程表を表-2に示す。

3-1 地質条件

シールド通過地盤は、全区間で洪積世細砂・中砂を主体とする砂層地盤である(表-3, 図-2)。均等係数が小さく含水量が多いという特徴を有している。

表-2 連絡管工事および関連工事概略工程表

	年度	H 20	H 21	H 22	H 23	H 24
立坑工事 (オープンケーソン： 北多摩一号セ)						
連絡管工事 (シールド1.9 km)						
連絡管その2工事 (シールド約1.45km, インバート約3.35km)						
立坑その2工事 (ニューマチックケーソン： 南多摩セ)						
管廊・ポンプ室等建築工事 (北多摩一号セ・南多摩セ)						
ポンプ・配管等機械工事 (北多摩一号セ・南多摩セ)						
受電設備等電気工事 (北多摩一号セ・南多摩セ)						

3-2 施工条件

シールドは、公有地である多摩川・東京都(府中・川崎線)・府中市道・府中市緑道・府中市公園、および私有地であるサントリー(株)用地を占用して通過する。また、重要構造物であるJR南武線高架橋・JR武蔵野貨物線高架橋・西武多摩川線架道橋・都道アンダー陸橋・東京電力洞道・水道局送水管などと交差・近接する。そのため、工事着工に先立ち各管理者と十分な協議を行うとともに、支障物の有無などについて調査を実施した。

まず、河川管理者である国土交通省とは、シールドの多摩川渡河部が堰下流部に位置するため、河床から十分な離隔(3D：Dはシールド外径)をとるなどの協議を行った。

次に、私有地については、サントリー(株)と協議を行い、協定締結のうえ賃貸借契約で借用することになった。また、残置杭が懸念された東京電力洞道については、ボーリング調査および磁気探査を事前に実施して残置杭のないことを確認した(図-3)。

表-3 地質構成表

地質時代	地層名	層厚	地質名	N値	地質記号
現世	現代	埋土・造成土	ローム・瓦礫など	11~50<	B
	後期洪積世	玉石混じり砂礫	礫・礫質土	50<	Gbo
第四紀	中期洪積世	東京層細砂	砂・砂質土	50<	Tosf

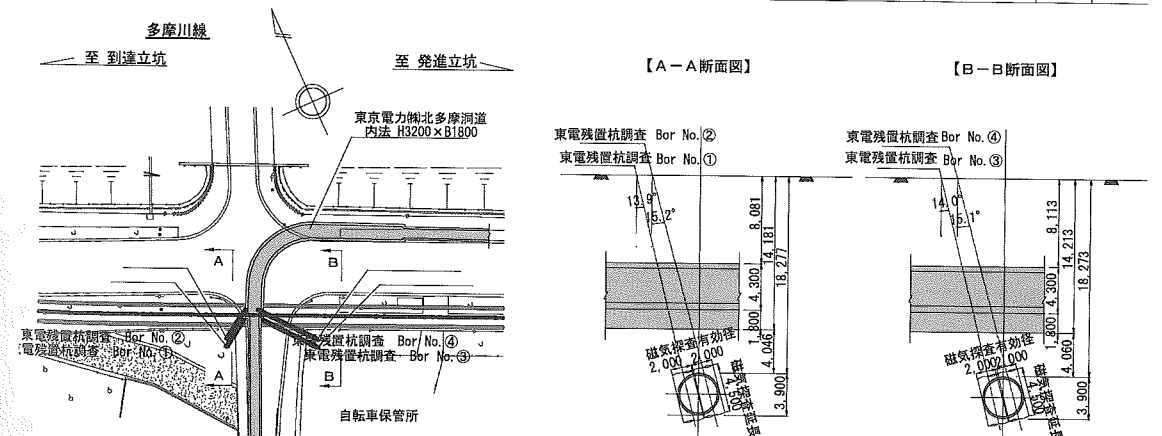


図-3 東電洞道残置杭調査平面・断面図

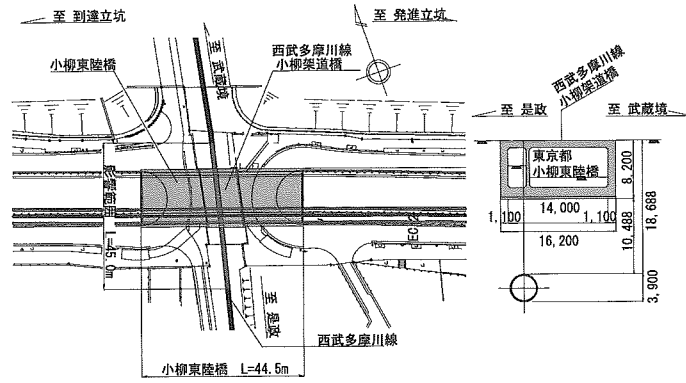


図-4 西武多摩川線通過部平面・断面図

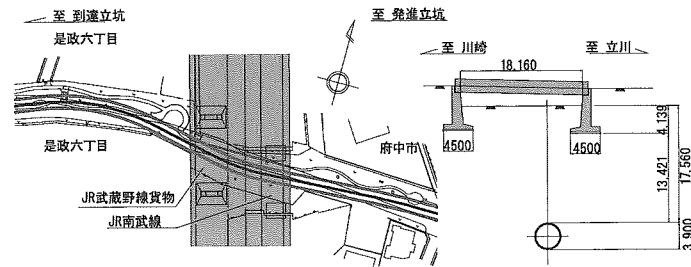


図-5 JR南武・武蔵野線通過部平面・断面図

表-4 交差・近接構造物一覧表

交差・近接対象構造物	計測項目	計測方法	計測管理値		
			一次管理値	二次管理値	
① 東京電力(株)北多摩洞道	水準	手動計測	±3.0mm	±5.0mm	
② 西武鉄道(株)多摩川線	軌間	手動計測	直線	±5mm	±7mm
			曲線	±4.0mm	±7.0mm
	高低	手動計測	直線	±5.0mm	±8.0mm
			曲線	±5.0mm	±8.0mm
③ 東京都建設局小柳東陸橋	水準	手動計測	直線	±3.0mm	±6.0mm
			曲線	±5.0mm	±8.0mm
④ 東京都水道局多摩中央幹線	水準	手動計測	-	-	
⑤ 東日本旅客鉄道(株)南武線/武蔵野線貨物	橋脚	自動計測	沈下	±3.5mm	±5.0mm
			傾斜	±3.5分	±5.0分
⑥ 1級河川多摩川			-	-	

さらに、重要構造物の交差・近接施工に際しては、各管理者と協議したうえで計測管理を行うこととなった(図-4, 5)。

交差・近接構造物の一覧表を表-4に示す。

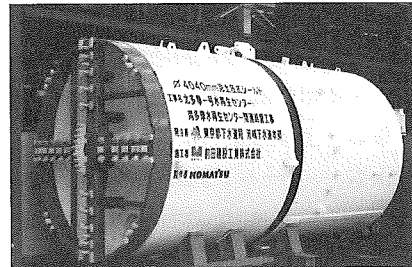


写真-3 泥土圧シールド掘進機

表-5 シールド装備内容表

外径	φ4,040mm
機長	7,125mm
装備推力	13,734kN
カットトルク	1,523 (定格)kN・m
最大中折れ角度	5.0°(R=50m急曲線施工時, 所要角度4.3°)

4 掘進機などの仕様

4-1 掘進機

4-1-1 中折れ式の採用

シールドの平面線形に、 $R=50 \cdot 60 \cdot 100$ mの急曲線区間があるため、掘進機は中折れ式の構造とした。中折れ角度は、最小曲率半径 $R=50$ mに対応した左右中折れ角度 5.0° 上下 1.0° とした。掘進機の装備内容を以下に示す(写真-3, 表-5, 図-6)。

4-1-2 カッタビットの対策

シールドは、総延長が $L=3,350$ mあるにもかかわらず、中間立坑を有していないこと、掘削地盤が硬質砂質地盤であることから、カッタビットの摩耗が懸念された。このため、カッタビット交換なしで到達まで掘進可能な、先行ビット・ツールビットの2段階配置のビット配列とした。また、摩耗に対して有効な超硬チップ材を使用するこ

とにした(図-7)。

4-2 セグメント

セグメントは、直線部および緩曲線部では幅1.2m、桁高200mm、6分割の特殊コンクリートセ

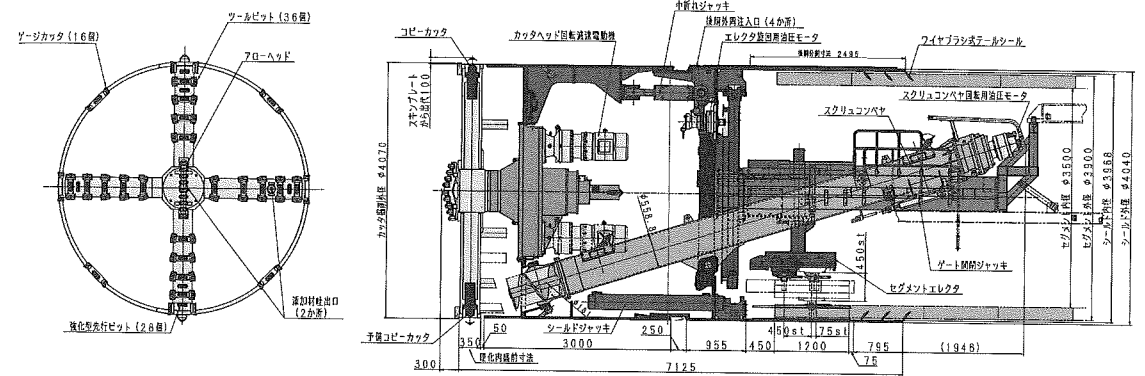


図-6 泥土圧シールド掘進機

表-6 セグメント仕様一覧表

施工延長	3,343.7m
シールド形式	泥土圧シールド
セグメント諸元	特殊コンクリートセグメント
	外径: φ3,900mm
	仕上がり内径: φ3,500mm
	幅: 1,200mm
セグメント諸元	特殊鋼製セグメント(中詰めコンクリート)
	外径: φ3,900mm
	仕上がり内径: φ3,500mm
	幅: 600mm
厚さ: 200mm	

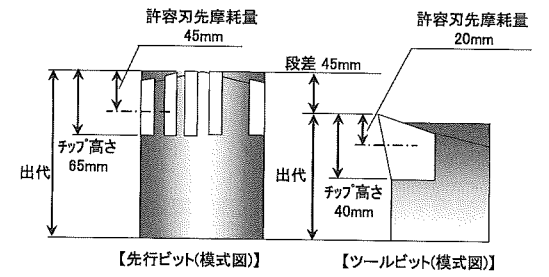


図-7 カッタビット段差配置図

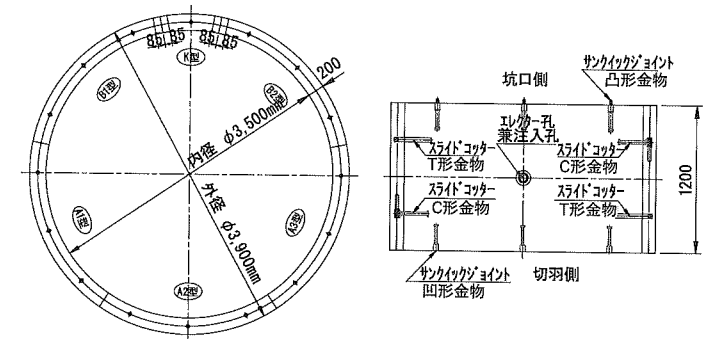


図-8 特殊コンクリートセグメント構造図(スライドコッター・サンクイックジョイント)

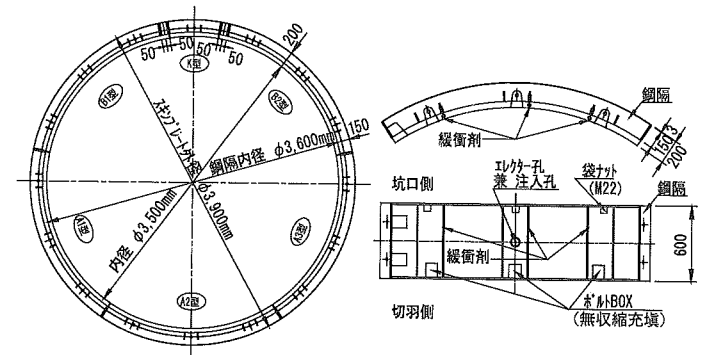


図-9 特殊鋼製セグメント(中詰め)構造図

グメントを基本仕様としている(図-8)。

一方、急曲線部では、幅600mm、桁高200mm、6分割の特殊鋼製セグメント(中詰めコンクリート鋼製セグメント)を使用する(図-9)。また、この連絡管は、二次覆工省略(内面平滑型)セグメントを基本としていることから、自動締結型のジョイント(スライドコッター・サンクイックジョイント)を使用した。

4-3 仮設備など

北多摩一号水再生センター内の発進基地は、約 $1,000$ m²と狭小である。また、発進基地内の地下に府中市の都市下水路が敷設されており、その上部は荷重制限されていた。そのため、発進基地内の仮設備については、立体的に

配置するよう工夫をした。

同時に、シールド内径 $\phi 3,500\text{mm}$ と比較的小さく、また延長が $3,350\text{m}$ と長いので、トンネル内作業環境の改善による労働衛生面、安全管理面の配慮が重要となる。また、掘削地盤が均等係数の小さい帯水砂層であることから、スクリーゲートからずり鋼車への移送時に噴発の可能性が危惧された。そのため、掘削土搬送方法を当初のずり鋼車から流体輸送に施工承諾で変更した。

4-4 その他の対策

そのほか、約 $3,350\text{m}$ の長距離掘進・最小曲率半径 $R=50\text{m}$ 施工・最大土かぶり 31.2m などから、次のような対策を講じた。

- ① SEW壁の大割れを防止するため、SJM工（スーパージェットミディアー）で発進部背面を改良した
- ② 長距離掘進・急曲線・高水圧施工であることから、シールドテールブラシは、3段にし最後の1段はウレタンでワイヤーブラシを包み込み、テール部の止水性・耐久性を向上させた
- ③ シールド本体の工夫では、注入用バルブを取り付けて出水時に止水できるようにした
- ④ セグメントシールは、全周貼りとした

5 掘削土処分にかかわるVE提案

本工事は契約後VE対象工事に指定され、請負者からVE提案が出された場合、流域下水道本部（以下、「本部」という）の契約後VE工事技術審査委員会（以下、「委員会」という）で審査することになっている。本部では、平成10～14年度の試行期間を経て平成15年度から正式に契約後VEを運用しているが、提案数が少ないのが実情である。

ここでは、請負者から提案された掘削土処分にかかわるVE提案について述べる。

5-1 VE提案の概要

シールド形式が泥土圧であるため、当初設計において、掘削土を建設泥土（産業廃棄物）として処分することになっていた。

一方、請負者は地球環境保全を社是に掲げ、工

事における環境負荷の低減を全社一丸で取り組んでいるところである。

本工事においては、

- ① 掘削地盤の大半が砂質層（細砂）である
- ② 掘削土を流体輸送で搬送し、さらに分級システムを設けることにより、容易に建設発生土と建設泥土に分級できる

などの状況であった。掘削土を建設発生土として再利用できれば、環境負荷の低減およびコスト削減を図ることができるため、請負者は以下のような検討を行った。

まず、土質データにもとづいて物質収支計算を行った結果、掘削土の95%が $74\mu\text{m}$ 以上の礫・砂であり、 $74\mu\text{m}$ 以下のシルト・粘土は5%に過ぎないことがわかった。

次に、発進基地内に分級システム設置の可能性について検討を行った。発進立坑の位置する再生センターと協議を重ねた結果、センター内他所にセグメントストックヤード約 450m^2 を確保できたこともあり、省面積型の分級システムを立体的に配置することにより狭小な発進基地内に各種プラント設備を設置できることがわかった（図-10）。

さらに、東京都の産業廃棄物の管轄部署および建設副産物の管轄部署と協議を行い、本工事の分級システムで分級された $74\mu\text{m}$ 超の礫・砂は建設発生土に該当するとの見解が出された。

これらの検討・協議を踏まえ、掘削土の大半を建設発生土として再利用できると判断し、審査委員会に対して以下のとおりVE提案を行った。

- ① シールド掘削土を建設発生土として再利用するため、分級システムを設置する。分級システムは騒音・振動の発生源となるため、防音建屋で防音する（写真-4、5）。
- ② 分級システムはふるい方式とし、 $74\mu\text{m}$ 超の礫・砂を一次処理土（建設発生土）として再利用する。
- ③ $74\mu\text{m}$ 以下の泥水は、加圧脱水処理を行い二次処理土（建設泥土）として処分する。
- ④ ①～③により、工事費を概算で約 $12,600$ 千円低減することができる。

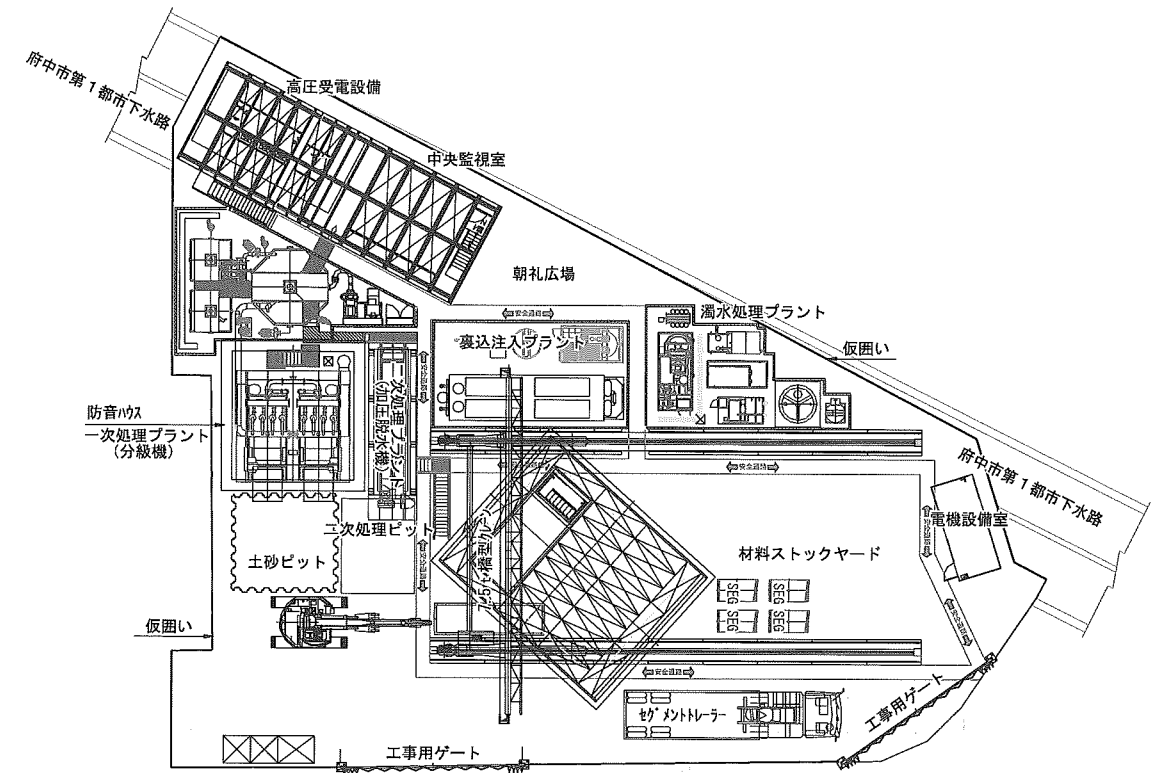


図-10 発進基地設備配置図

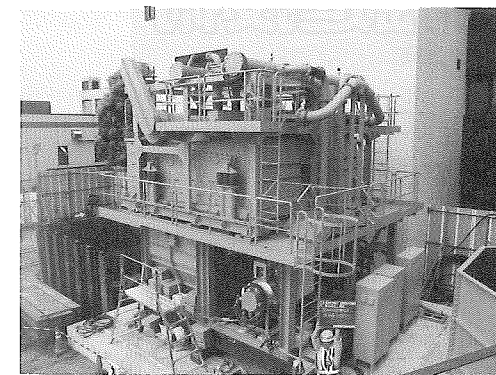


写真-4 分級システム（振動ふるい）

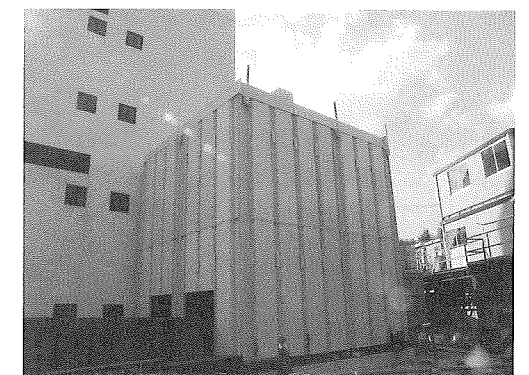


写真-5 防音ハウス

5-2 VE提案の審査・採用

審査委員会では、請負者から提出されたVE提案書について、以下の手順で審査を行った。

まず、審査委員会の下部組織である作業部会において、提案書の記載内容の確認、概算低減額および算出根拠の精査などを行い、「工法等の経済性」「環境対策」の評価項目で当初設計より優れると評価した審査調書が作成された。

次に、審査委員会において、VE提案書および審査調書をもとに審査が行われ、

- ① 民間開発された省面積型の分級システムを立体的に設置することにより、掘削土処分にかかわるコストの削減が図られること。
- ② 産業廃棄物として処分される建設泥土を建設発生土として再利用することにより、環境負荷の低減が図られること。

などを勘案し、VE提案として正式採用することになった。

なお、本工事のVE提案は、契約後VEの運用後に本部で採用された2件目の提案である。

6 おわりに

平成21年8月、シールド発進立坑が北多摩一水再生センター内に完成し、平成21年10月からシールド掘進を始めた。平成22年4月末までに約1,900mシールドトンネル(写真-6)が完成し、これまでに重要構造物である西武多摩川線架道橋・都道アンダー陸橋・東京電力洞道と交差・近接したが、徹底した掘進管理・計測管理により沈下・変状を生じることなく通過できた。

今後、多摩川河床の横断をはじめ、JR南武線高架橋・JR武蔵野貨物線高架橋・水道局送水管

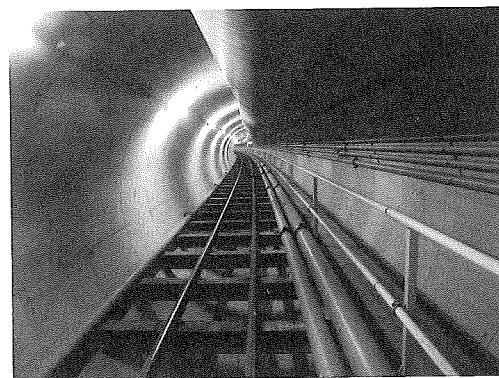


写真-6 シールド坑内

との交差・近接、急曲線部(最大R=50m)の施工などがあり、引き続き徹底した掘進管理・計測管理を講じていく所存である。あわせて、本工事で得られた知識やノウハウを今後のトンネル技術の発展に是非活かしていきたいと考えている。

第七回 語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

トンネル技術発展の 推移を追いつづけて 四十余年

平成22年の年が明けて間もなく36年間勤めていた飛鳥建設本社から自宅に電話が入った。『トンネルと地下』誌の連載「語り継ぎ言ひ継ぎ行かむ」への投稿依頼である。昭和50年代、会誌委員会・施工委員会委員として、新富町のビルにある協会に数年通ったことが蘇った。おもえば『トンネルと地下』誌と『トンネル技術講演会資料』は、在職中はもちろん退職後自立してトンネル設計業務に携わってからも私にとってパイブルに等しく座右で活用してきた貴重な存在であった。

依頼に応じて、私のトンネル経歴とわが国トンネル技術発展の推移を織り交ぜながら記述を進めてみたい。

トンネル工事との出会い

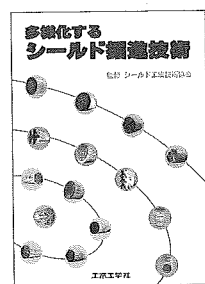
昭和29年9月、北海道電力上岩松発電所工事に赴任、導水路トンネルの現場に配属された。現場は十勝支庁新得町地先とはいえ周辺は深い原生林であった。それでも

開拓に入った十数軒の家が散在していた。横浜・東京と大都会の生活しか知らない身であり、覚悟して寒冷の地に移ってきたのだが、現地に乗り込んでから数日を経ず早くも10月6日に初雪に見舞われたのを未だに忘れられない。

このほかにも痛ましい記憶がある。赴任途上の9月末、青森・函館は大変な混乱のなかにあった。9月26日、東北北部で猛威をふるった台風15号の影響により洞爺丸遭難事故が発生したのである。この世界3番目の規模となる大海難事故が青函トンネル建設への方向性を決定付けたと後に教えられているのだが、奇しくも20年後には、私の最後のトンネル現場となったのである。

北梅道の現場でトンネル仲間に入り、以後二十数年間青函トンネルを最後に現場から離れるまで、この間十指を超える導水路、国道、東名道路、山陽新幹線トンネルなどで経験を重ね、昭和53年本支店に移った。

竹内 泰雄
(元)飛鳥建設(株)



多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会
B5判 141頁 本体価格2,500円

本書は、「トンネルと地下」に約1年間にわたり連載した『多様化するシールド掘進技術』をベースとして、掲載しなかった工法、技術などを整理、体系化するとともに、各種工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点が、よりわかりやすいように手を加え再度同名の図書としてシールド工法技術協会が監修を行ったものである。

【掲載工法】

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

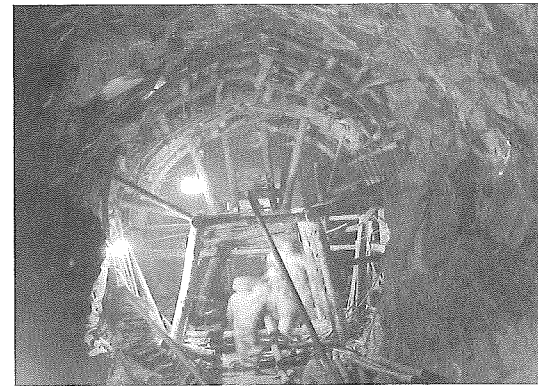
株式会社 **土木工学社**

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



青函トンネル工事事務所にて

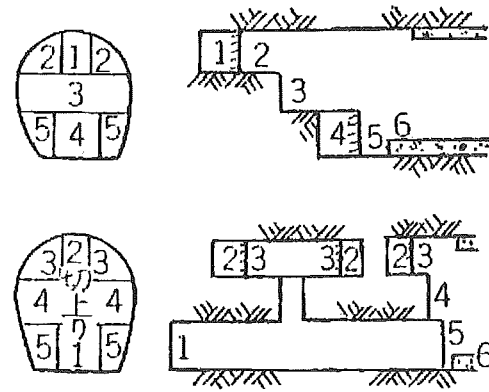
著者略歴	
昭和27年 3月	早稲田大学工学部土木工学科卒
昭和27年 4月	飛鳥建設入社
昭和29年 9月	北海道電力上岩松発電所導水路
昭和31年 1月 ～ 昭和41年 3月	住友電力物部川発電所導水路、中部電力根方発電所、新小坂発電所、久々野発電所導水路、農林省豊川用水大野導水路
昭和41年 4月	東名高速道日本坂トンネル
昭和43年 4月 ～ 昭和49年 3月	山陽新幹線片上トンネル、兵庫県高砂高架橋、岩国トンネル
昭和49年 9月	青函ずい道算用師工区
昭和53年 4月	本・支店勤務
昭和63年 11月	飛鳥建設退社
同 年 11月	タケウチプロジェクトサービス(株)設立
平成14年 7月	同社解散



後光梁支保工

上岩松の導水路トンネルは記録写真・図面など資料がないので乏しい記憶に頼るのみだが、大正初期から広く採用されてきた新オーストリア方式をとっていた。中央底設導坑を先進させ、導坑を進める一方その導坑から切り上がることににより切羽すなわち作業箇所を増やすのみでなく、切り抜け箇所

の地質を事前に把握できること、湧水の処理が容易になることを徐々に理解できるようになり、当時私の専らの仕事である中心線測量・高低測量が容易になっていることも覚えた。当然ながら支保方式は木製一辺倒で、一般に堅岩で部分的な肌落ちを防ぐ程度で合掌式が、次にやや悪化すると枝梁式となるが、当現場の地質は不良で、支柱式支保工のうちもっとも大きい土圧に耐える後光梁支保工で施工した。支保材料(坑木と木矢板)は周



日本式掘削(上)と新オーストリア式掘削(下)

辺の樹林から立木を伐採し、大規模製材料所を設けすべて現地加工で調達した(器用な大工がいて職員は机、衣料箱などを作ってもらった記憶がある)。加背割りはトンネル断面を小分割して、底設導坑から中割り、一の丸、二の丸、頂設と切り抜け、最後に土平に移るものであった。掘削は圧搾空気

トンネル技術が動いた

坑のずりは木製トロコに手積み、切り抜けのずりは漏斗を通してトロコに落下させる方法をとっていた。当時私はトンネルの慣習・用語は何も知らないまま現場に立っていたのだが、これらを作業員同士の会話からあるいは図面と現物と照合して少しずつ覚えたのである。不良地山の施工では、丸太・矢板の扱いに馴れた技能を持ち、組立て、取り外しが自在にできる斧指の頭数をいかにして確保できるかが進行を大きく左右した。

覆工厚を確保する必要性から木製支保工の場合は、必然的に規定の覆工厚の外側に組み立てられるため外周の余堀りは、現在のNATMの場合とは大きく異なり最小でも30~50cmとなり大きな空隙を残すことになる。のちに、私がコンサルタントの立場で10本近くのトンネル補修に携わった昭和60年代の話であるが、木製支保工の時代に築造されたトンネルの、覆工背後の空隙処理に話が及ぶとどう説明してもなかなか理解してもらえず交渉は行き詰まるのが常であった。おおかたは、裏込め注入工が選択されるが、その注入材料選定はともかく、注入量の多さに相手方は困惑してしまうのである。

上岩松発電所工事は堰堤・放水口・導水路トンネルからなる大型工事であったが、当時は入社3年目で日々の仕事に追われる毎日、トンネルに限らず土木技術がどのように変化し進歩しているのか知る意欲もなかなか湧かず、また知る術もなかった。

北海道の小断面トンネルに従事したばかりの昭和29年の前年には既にわが国のトンネル工事の趨勢は大きく変化していた。電源開発(株)の佐久間ダム建設に伴って水没する国鉄飯田線大原トンネル(単線トンネル・延長約5km)の付替え工事で、工期の大幅短縮を目標にアメリカからドリルジャンボ、大型ずりトロコ、移動式鋼製型枠などの機械類を導入して全断面掘削が採用されていた。鋼製支保工は、当時はまだ30kgの古レールを曲げて再利用していた。工事は地質に恵まれたこともあり、大型機械類は十分に効果を発揮し予想どおり工期の大幅短縮を実現した。この工事を契機にわが国のトンネル工事は機械化と鋼アーチ支保工時代に入ったといわれる。

私は昭和31年に北海道を離れ、四国の導水路の現場を経て昭和34年愛知県下で受注した農林省の豊川用水トンネル工事に赴任し、ここで初めて鋼製支保工に出会った。当時は電話回線が極度に不足しており、工事事務所に電話が引かれるまでの1か月程は数百m先の一般家庭の電話前に居座って本支店からの電話を受けたり、発信は常時至急報で申し込み、十数分待つようやく相手先とつながるといふ煩雑さであった。

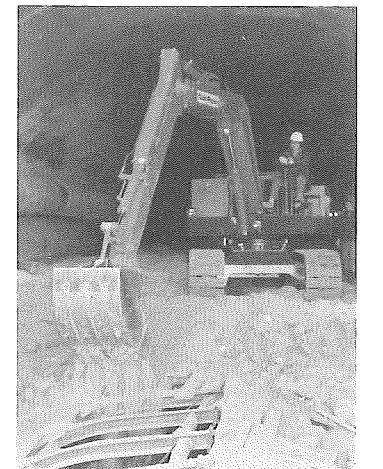
この現場では中央底設導坑を先進させ、切り上がった上半で鋼製支保工を設置することで効率的に掘削は進行した。片番で建て込みを2,3基に抑え、午後4時ごろに

は作業を終えさせている。発注者サイドではじめて鋼製支保工を採用して設定した工程に合わせ、掘削の進行を抑えざるを得なかったのである。

その後、東海道新幹線工事を機に本格的な鋼製支保工時代に入り、当社においても南郷山トンネルにおいて、鋼製支保工とともに大型機械やトンネル専用機械を使用した近代的な掘削工法である底設導坑先進上半掘削工法を採用した。

豊川用水工事中の昭和34年9月26日、日本は大きな不幸に襲われた。後に伊勢湾台風と名付けられた台風15号が伊勢湾周辺に甚大な被害を残したのである。緊急護岸工事が飛鳥建設にも割り当てられ、同じ支店内であり応援職員として無経験の明かり現場に向けられ、約半年復旧工事に忙殺される経験を味わった。

昭和36~37年には、中部電力久々野発電所導水路トンネルに従事した。上司・先輩から聞かされたとおり、飛驒の山特有の凍りつく筒状の地下水が天端から絶えること



底設導坑中割り掘削

なく何本も落下、止水はおろか漏水することもなく大湧水にも見舞われ、ルートの一部変更を余儀なくされた。不良地山で絶え間なく地下水が浸透する谷直下の一部区間では熟練の斧指を持つ協力業者を呼び寄せ、後光梁支保工をもって何とかしのいだ。私はこの現場ではじめて工務事務に携わり、発注者側との日常的な交渉・打ち合わせにあたり、また月ごとの出来高調番を練り上げるなど工事全体の遂行状況を把握できるようになり、将来につながる新鮮な経験を得た。初期の成長過程に入った技術職員にこの立場を経験させるべきだというのが私の持論である。

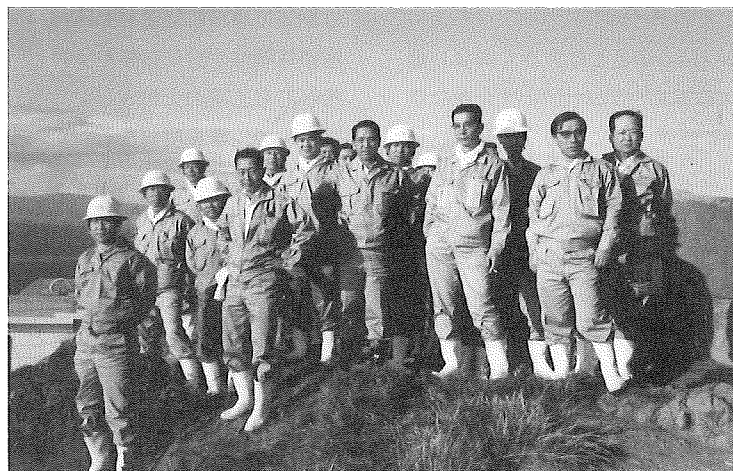
トンネル専門部会設立と技術の継承

昭和44年2月飛鳥建設本社では「近年ますます多岐にわたる土木工事の施工を近代化し、能率の向上を目指し利潤追求の一助とするために土木本部長の諮問機関として専門部会を設置する」という趣旨のもと、社内にトンネル専門部会が設立された。

2か月後、施工中の山陽新幹線

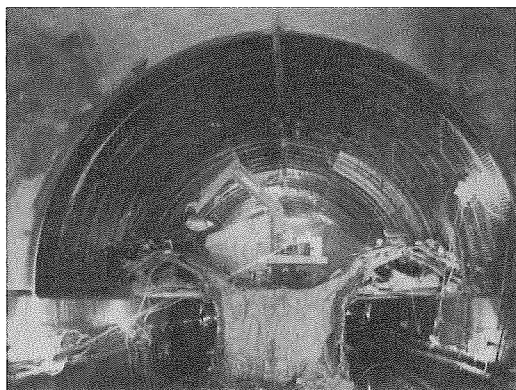
神戸トンネル現場事務所近くの兵庫県民会館で開かれた社内シンポジウムには、全国からトンネル技術者と社外協力業者代表が参集した。

- ① 機械化とその大型化の立遅れ
 - ② 新技術の開発に無関心
 - ③ 原価、工程組立て、安全などの諸管理の方針が不明確
 - ④ 社員ならびに社外協力業者の教育、育成が不十分
- などの面で当社の立遅れが指摘され、これらの立遅れを取り戻すための方途をいかに求めるかを討論した。2日目には施工中のひよど

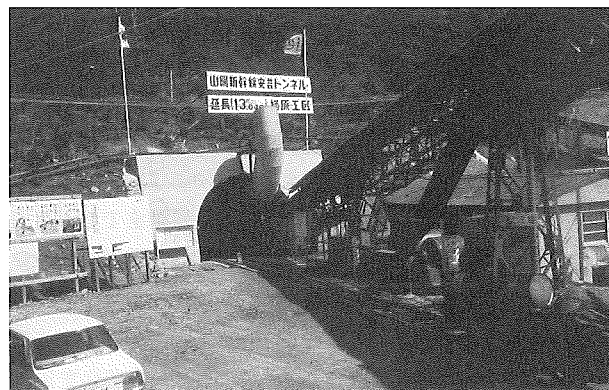


トンネル専門委員会、起工前の青函トンネルにて、中央が筆者

り越え工区のほか、鶴甲工区、甲陽工区の現場見学を行った。見学に参加した職員たちは、「新幹線という大規模なトンネル工事なのに実に小さな点まで研究されている、小規模の工事現場にすぐに応用できないがこの2日間で学びえたことは帰所後早急に研究し改良を進める」、「当社の近代化はこの部会よりの感を強くした」と交々語っている。それほどこの専門部会会合はトンネル技術者にとって画期的な2日間であった。それだけに、このときの問題意識は現在も引き継がれている。この日からトンネル専門部会の活発な活動が



榛名トンネル



安芸トンネル坑口

始まった。トンネル部会設立後、山陽新幹線で神戸トンネルのほか、金浦トンネル、尾道トンネル、安芸トンネル、片上トンネル、岩国トンネル、峠山トンネル、北九州トンネルを受注、次に上越新幹線の榛名トンネル、建設省道路では小山第3、谷、和田山、船戸、各地の電力会社水路トンネルと、恐らくトンネル工事の最盛期の時代であつたらう。

新規受注トンネルでは地質系社員も参加し徹底した事前調査を実施し、不良地山に遭遇した現場では経験者が直ちに集合、現場ごとの小委員会を開いて検討を繰り返した。年1回大型現場を選んで専門委員会の総会を開催、研鑽を怠らなかつた。四十余年間に培われた伝統は今日まで引き継がれていると聞いている。いま振り返ってみれば、上手に掘りたい、きれいな巻き立てを残したい、労災事故だけは起こさせないの一念は共有していたが、その具体策は現場固有の環境の中、身近な上司・先輩の知恵・知識を譲り受け、それを柔軟に応用していくのである。

活動第一歩として緊急的に取り上げたのは、底設導坑の断面を全国的に統一し導坑用鋼支保工の転用を徹底させたことで忘れられないテーマであった。

NATMとの出会い

■青函トンネル施工

昭和49年飛鳥建設では青函トンネル本州方陸上部算用師工区を当時の三井建設とJVで受注、私が現場責任者として同年10月に赴任

したが、地元対策、用地問題が絡み実際に着工できたのは昭和50年8月であった(このときを以って全工区が着工された)。算用師工区は延長5,492m、斜坑長276mで三厩村算用師沢に斜坑口を設け、本坑と斜坑との交点には連絡坑のほか坑底設備が設けられた。

当工区の際立った特徴は、膨張性を示す地山にたびたび遭遇したことである。とくに本坑・斜坑交点を挟む400m区間の地質は「ミサゴ断層帯」に代表される膨張性の著しい区間であった。その兆しは交点から掘削を開始した底設導坑に現れた。当初設計は中央底設先進上半逆巻き工法を取っていて導坑掘削は順調に進むかと思われたが、掘削後4~7日程度で鋼支保工の座屈が発生し変形が大きくなった。さらに矢板の折損、内空への変形、盤ぶくれと顕著な膨圧現象に見舞われたのである。以降膨圧現象に合わせて区間ごとに中央底設を側壁導坑に、さらに円形

側壁導坑に変更し、先進水抜きボーリング・セメント注入などの補助工法を適宜採用したものの、上半は250Hの支保工、覆工は鉄筋入り90cm厚と、従来の工法そのままでの対策をとってきた。

NATMと私とのかわり合いは、青函トンネル在籍中の昭和52年、トンネル国際会議ストックホルム大会に参加したことに始まる。このときの国際会議ではNATMが中心議題の一つとなり、日本からはトンネル技術協会が視察団を組織し各方面から三十数名が参加した。

会議後、スイスアルプスの山中で工事の長大トンネル現場を見学した。特大の長靴を履かされジープに乗って向かった先はトンネル内だった。切羽に立って鳥肌が立った。作業員の数はわずかであったが、大型機械とダンプカーが切羽に数台あり、大断面トンネルの掘削が進行中であった。昭和42年に東名高速道路日本坂トンネルで、せいぜい上半掘削が大断面初の経



スイスアルプスで、左から2番目が筆者

験であったので大変なショックを受け、当時膨圧地質で受難の最中であった青函トンネル現場に想いを馳せた。

その後、私は昭和53年4月、4年間の青函トンネルでの勤務を終え横浜支店に転勤となったが、昭和50年代初めはわが国でNATM導入の機運が盛んになり、上越新幹線中山トンネル中山工区、後で述べる東北新幹線第一平石トンネルで施工例が出始めた時期である。算用師工区でもショートベンチ工法、サイロット工法によるNATM導入の検討を開始した。

導入を見込んだ設計段階で対象地山の力学諸定数を推定し、それを把握するための調査ボーリングの実施、地表踏査、あるいは経験例を勘案して総合的に数値を決定するまで至っていたが、諸般の事情から、結果としては採用に至らなかった。その後も膨張性地山は所々に出現してその対策に追われ、あまつさえ湧水帯にも遭遇することも重なり、工程は大幅に遅延してきた。この時期、他工区の工事は大体が順調に進み、青函トンネル全体工程のうえで算用師工区の

進捗状況が大きな影響を及ぼす要因となってきた。このため既に完成している青森方工区境から、向い掘りをせざるを得ない事態になった。

予期せざる状況になり、急ぎ作業員の増員、宿舎・仮設備の増設、機械類の重複投入が要求された。後述するが海外でNATMの効用を認識して帰国した私として「あのときNATMを採用していたら……」と永く悔いが残ったものである。

■平石第一トンネルにおけるNATMの導入

昭和53年からの支店勤務中は、トンネル専門委員会委員長として全国のトンネル現場の課題解決に東奔西走した時期でもあった。

飛鳥建設では幸いにもNATMの黎明期に東北新幹線の平石第一トンネル工事で施工を経験している。当トンネルは土かぶりが最小箇所まで1.5m、最大で7mと極端に小さく、地質は花崗岩が強風化した軟弱なマサ土で、地質的には悪条件下にあった。このトンネルに国鉄からNATMを試用するよう工法変更の指示があった。

トンネル延長 235mのうち

NATM区間は196mで、当時上記のような地形地質の条件下にあるトンネルではNATMの施工例はなかった。国鉄としても初めての試みである。本格的なNATM施工に先立ち現場では、①法面での吹付けコンクリート試験、②ロックボルトの耐力試験、③導坑内での吹付けコンクリート試験、④覆工としての吹付けコンクリート試験を3か月にわたり実施し、併せて坑内作業員の意識転換を図った。

当初、坑内作業員は天端を固めていく手順に不安を感じて入坑にとまどっていたが、説得を重ねた。このような過程を経て関係者のNATMに対する理解が徐々に深められ、職員の不安も軽減されるようになった。このころオーストリアから直接技術指導を受けるべく招へいしていたNATMの権威ゴルサー氏とムスガー氏が来日した。

両氏には1か月半の間現場に常駐していただき、朝から夜半に至る熱心な指導により、既往の資料・書物では得られない生の技法を与えていただいたと感謝している。

あのころは社内にはトンネル現場に携わる土木職員はもちろん設

計・地質関連職員に新技術を導入するという熱気が感じられた、NATM馬鹿といわれるグループも生まれた。私もその一人であると自負している。また、平石第一トンネルの施工では土木学会技術賞を受けている。

はじめての都市NATM 成田空港新幹線の施工

昭和50年代初め東京近郊下総台地では鉄道トンネルとしては異例の大断面を持つ複線トンネル(A=136m²、新幹線断面の1.7倍)の工事が進められていた。成田空港新幹線トンネルである。

飛鳥建設が担当した堀ノ内トンネル工区は昭和54年7月に着手し、NATM区間が216m、土かぶりは7mと小さく、固結度の低い砂層で、完成時の地表面沈下量を数cmに抑えるべく施工上種々の工法の試みが行われた。

まず当現場では両側にサイロットNATMが採用されたが、高さは7mにもなるため上下2段に分割施工となった(写真参照)。断面上半を含め土圧による沈下量を絶えず測定し、吹付けコンクリートの

厚さ、ロックボルトの本数・間隔、ミニパイプルーフなど補強工法を駆使している。さらに切羽の自立を維持するため、トンネル地表の両側に直径30cm程度の深井戸を設け、掘削底盤以下に地下水位を低下させる手法も採用した。他工区では、断面縦方向に中壁を入れて左右に分割する工法、さらに中壁を2枚入れる中壁工法も開発された。後には都市NATMと称されるようになるが、成田空港新幹線工事は都市近郊あるいは都市内の土かぶりが小さく、地下水の高い砂質層の地盤にも大断面トンネルを築造できるというNATMの威力を証明したと言えよう。

NATM施工マニュアル発刊

飛鳥建設では昭和56年、NATMによる国内初の地下鉄トンネルを完成した。横浜市都心部を通る横浜地下鉄岸根トンネルである。たまたま現場は私の自宅の近くでもあり、とくに関心が高くトンネル専門委員会のメンバーとして完成まで足繁く現場に出向き、工事の推移をつぶさに体験した。

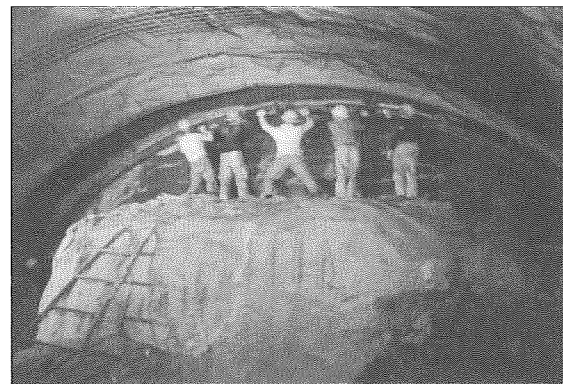
この年、会社ではトンネル専門

委員会とトンネル設計、地質部門が中心となって、既往のNATM施工実績と設計手法の積み重ねを大成して「NATM施工マニュアル」を編集発刊した。業界ばかりでなく、発注者サイドにも予期以上の高い評価を得、ニーズに応え、3回の改訂版を発行した。

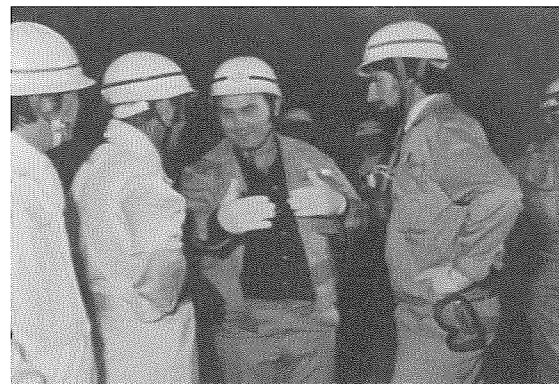
■余話その1—紀伊半島南部で—

私は退職前の3年間、建設部門「トンネル」の技術士試験委員を委嘱されていたが、時を同じくして、当時道路公団技術部で調査役をされていた定塚正行氏から共同でトンネル技術士の受験参考書を執筆しないかと声がかかり、昭和63年11月、二人の共著で『技術士を目指して(建設部門—トンネル)』を発刊した経緯がある。このような経験もあり、また36年間勤務した建設会社でトンネル施工を中心とした実務経歴とを重ね合わせ、退職後まことに小規模ながら山岳トンネルを柱に設計事務所を立ち上げていた。

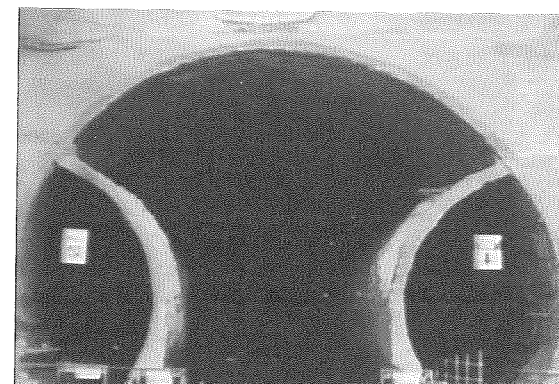
平成9年春、大手ゼネコンのトンネル仲間である某氏から講演の依頼があった。紀伊半島南部で計画した官発注の道路トンネル計画



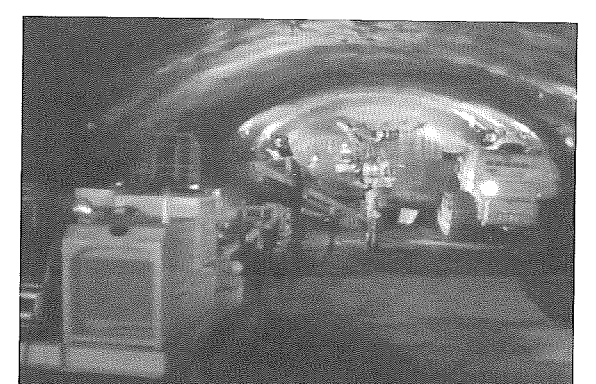
平石第一トンネル、人力による支保工設置状況



NATMの権威ゴルサー氏(左)とムスガー氏(右)より指導を受ける



サイロットNATMによる掘削(成田新幹線)



が、地元への工事説明の段階から地元住民の強い反対運動が続き工事差し止めを求める裁判で争うまでに発展、私が依頼を受けた時点では1、2審で20年が経過し当時最高裁に上告中であるとのことであった(過去周辺で導水路トンネル工事があり掘削時の建設公害で苦情がでたが工事は強行され、このときの不信感が深く根差していたようである)。

工事説明会は回を重ねてきたが、地元関係者側が納得せず係争は続けられていた。工事促進発起人会は困窮の果てそれではということに建設コンサル関係者から技術面での意見を求めようと動き、説明会講師として私が依頼されたのである。工事が着手されたら、過去の施工例から工事に伴い隣接している家屋被害が必ず発生し、騒音・塵埃等々平穏な生活が脅かされ、そのうえ地滑り、落石に併せて既設の水路トンネルと今回新設の道路トンネルとが近接して交差する計画となっていることにも大きな懸念を抱いていた。過去に経験した同じ工事手法を踏襲すれば水路トンネルに影響し大きな災厄を招くだろうと心配の声があった。

私は、技術的な内容の説明に絞って、了解を得たうえで水路トンネル建設で採られたであろう在来工法を説明し、次いで近傍で完成したトンネルの実績数例を挙げ、NATMの説明を進めていくと住民の皆さんの表情に強い興味を示した表情がはっきりと認められ、会場の雰囲気は明らかに変化してきたのである。

説明会は3時間にもわたった。翌日の地方紙は次のように説明会の様子を伝えていた。

「実績に裏打ちされた竹内氏の説明に対して主席者からは『新しい技術の設計と施工の両面からの説明があった。竹内さんに工事を担当してもらえれば有難いのだが…』この説明会が住民の心配の一つを解消してくれることになればといった声も出た」と結んでいる。

■余話その2—韓国ソウルで—

韓国の新しい仁川国際空港とソウル市内とを結ぶ地下鉄が運行されているが、ソウル市内路線間の一部区間がNATMに近い工法で建設された実績がある。既存民家群が路線にきわめて接近しており、200mほどの延長であったが、この区間を開削方式で施工することに地元住民が承服せず、トンネル工法で施工せざるを得ない状況になった。このころソウル市内中心部では既存ビルの崩壊と漢江に架かる橋梁が崩落するという事故が発生しており、地下鉄工事を安全に施工することが最優先の命題となっていたのである。

平成7年秋、地下鉄建設の発注者側から、設計・工事管理会社と施工会社に対して日本から然るべきトンネル技術者を招へいし、その指導を受けて工事を進めるようにとの強い指導があった。日本国内では誰を派遣するかで2、3の人の名前が上がったようであるが、回りまわって結局は私に意向打診があったのである。これより以前私は韓国南部の全州市郊外にある圧力水路トンネルの出口坑門付近

で漏水が続いており、その対応策を韓国大手ゼネコンから助言を求められて現場を視察し、報告書を提出した経緯もあり引き受けた次第である。

一部の家屋は掘削断面幅片側の直上にあり、現場は上半先進リング掘りで進められていた。滞在期間は45日間であったが、当該の工事区間を設計したコンサルタントが施工管理をしており、わが国の土木工事では見られない施工管理業務の形態と思った。地質は中硬岩で地下水位は底盤以下でさほど困難な施工環境ではなく、家屋への影響には相当の注意をもって工事が進められていた。道路下に設けられた昇降階段を含む開口部設備は道路幅を大きく占有しており、設備内容を含め、わが国では考えられないほどおらかなものであった。

ソウル滞在中私に対する韓国市民の感情はどうであったか？

当時は金泳三大統領の治世下であったが、旧朝鮮総督府の重厚な建物が王宮の景福宮前に統治以来そのまま残存していた。屈辱の表徴と撤去を求める声が大きく、私の滞在中は撤去の下準備が進行中で、韓国民の対日感情は必ずしも良好とはいえない時代であった。街頭では反政府の激しいデモに何度か出会っている。

しかし、このような雰囲気の中かで、常に接触していた施工管理会社、施工業者の方々とはもちろん町なかや地下鉄・バスで乗り合わせた一般の人からは一度も不愉快な思いをしたことはなく、むしろ

る車内ではよく席を譲られたことが多く、若い人たちに好感を持たれた。

日韓語間の通訳を務めていただいた職員の方は統治下の教育を受けた方で、ある日、御夫婦で対岸に北朝鮮が身近に窺える河畔に案内され、やや小高い丘に建つ記念碑「望拝壇」に立った。周辺はきれいに公園化されており、韓国人たちも多く訪れていた。国境検問所には完全武装の韓国側の立哨兵が立ち、国境の河の中央までは橋桁がすべて撤去され、橋脚のみ数本が河中に残されていた。そこには市民がゆったりと散策しているのとは裏腹に冷たい国際関係が

窺われた。

日本に帰国が近づいたころ、地下鉄建設本部の高官から、他の完成間近の工区で漏水が止まらず苦慮していると、その止水の方法について助言を求められ現地で立ち会った。しばらくの猶予期間を求め、帰国後友人たちの助言も取り入れ、報告書をまとめ、後日送付している。

以上二つの事例を挙げたが、これらのように思いがけない機会に携わることができたのは、二十余年間トンネルの工事施工面を経験し得たことと、コンサルタント設立後設計面にも対応できるよう努め、結果としてまがりなりにも施

工・設計の両面でクライアントからの需要に添えてきた結果に通じるものと思う。

いつの間にか傘寿を迎えました。執筆の機会を与えていただきあらためてこれまでトンネルの仕事に伴いご指導・ご援助をいただいた方がたに心から感謝申し上げます。

参考図書

- 吉村恒・横山章・下河内稔・須賀武：トンネルものがたり—技術の歩み—、山海堂、2001。
 今田徹：何がトンネル技術を発展させたか、先端建設技術センター、2004。
 算用師共同企業体編：津軽海峡線青函ずい道算用師工区 工事誌。



「幕末から明治維新の主役たちが育った町」萩より

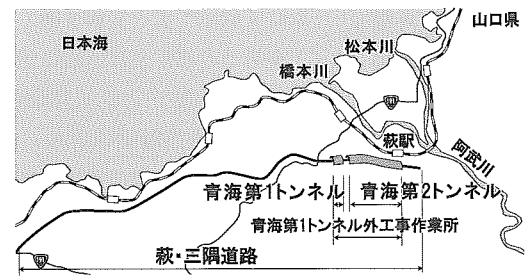
三隅 宏明

萩の市街地は、阿武川の支流である松本川と橋本川に囲まれた三角州を中心につくられている。三角州の北側には風光明媚な北長門海岸国定公園の日本海が広がる。落ち着いた家なみや夏みかんが顔を出す石垣・土塀、400年の歴史をもつ萩焼など、訪れた人は旅情をかきたてられる。

関ヶ原の戦いに敗れた毛利輝元は周防・長門の2国(現在の山口県)に押し込められる。慶長9(1604)年にこの萩の地に築城し、文久3(1863)年に藩府が山口に移るまでの約260年間、毛利氏36万石の城下町として栄えた。また、萩には近代日本の夜明けを告げた人々が育ち、明治維新胎動の地として、吉田松陰をはじめ木戸孝允、高杉晋作、伊藤博文など多くの逸材を輩出し、近年まで4人の総理大臣をはじめ著名な政治家が生まれ、日本を動かした人々の出身地としても知られているところである。

松陰神社に行くと松陰が高杉晋作など多くの門下生に講義した私塾、松下村塾が現存する。2009年10月28日で松陰没後150年となった。境内には松の大木が多く見られる。わずか百数十年前に、江戸や京都から遠く離れた萩のこの場所で歴史に名を刻む人たちが、日本の将来をどうすべきかをこの松を見上げて考えていたかと思うと感慨深いものがある。

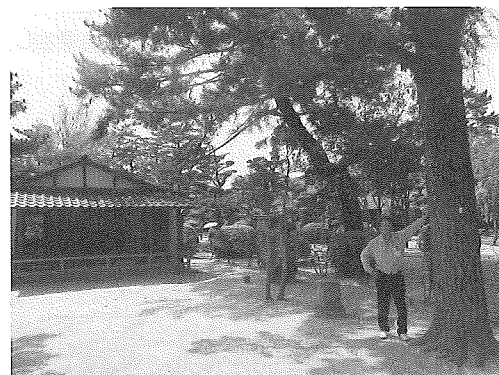
この萩と長門市三隅町を結ぶ萩・三隅道路が建設中である。発注者は国土交通省中国地方整備局で山口河川国道事務所の所管である。現在供用している国道191号線の一部において豪雨による斜面崩壊の恐れから、連続雨量150mm以上で通行止めとなり大回りの迂回が余儀なくされる。この萩・三隅道路が完成することにより、このような豪雨時では萩市・長門市間が約35分短縮される。



位置図



夏みかんと土塀



松下村塾

とにより、このような豪雨時では萩市・長門市間が約35分短縮される。

当工区はこの路線の東側の萩市街地付近に位置し、総施工延長2,210mで青海第1トンネル(L=422m)と青海第2トンネル(L=1,633m)の2本のトンネルからなる。2009年4月に2本同時に掘削を開始し、第1トンネルは10月に貫通、第2トンネルは今年の10月に貫通を目指す。

幕末から明治維新の主役たちが育ったこの歴史のある萩で「地図に残る仕事。」に携われることを所員一同誇りに持ち、高品質は当然のこととして、歴史の主役たちがそうであったように、高い志を持って既成概念にとらわれず、常により良いもの考え、新しいことにチャレンジしていく。

(大成建設(株)青海第1トンネル作業所所長)

施工

国内初の天然ガス高圧岩盤貯蔵実証試験

(前)清水・大林・大成建設工事共同企業体天然ガス高圧貯蔵実証試験工事所長((現)清水建設(株)) 今津 雅紀

(前)天然ガス高圧貯蔵技術開発共同企業体代表((現)清水建設(株)) 奥野 哲夫

(前)(社)日本ガス協会技術開発部部长((現)東京ガス(株)) 小松原 徹

1 はじめに

本事業は、天然ガスの利用拡大を図っていくため、経済産業省の補助事業「次世代天然ガス高圧貯蔵技術(ANGAS: Advanced Natural Gas Storage)開発」において天然ガスの鋼製ライニング式岩盤貯蔵施設に関する技術開発¹⁾の一環として、神岡鉱山(岐阜県)内に小規模実証試験施設を建設し、実証試験を実施したものである。平成16~19年度までの4年間において、ボーリング調査・アクセストンネルの掘削・貯槽およびプラグの掘削・裏込めコンクリート・プラグコンクリート・排水システム・計測機器などを施工し、20MPaの耐圧試験、気密試験およびくり返し・長期載荷試験を実施し、商業施設建設に向けて施工技術の確立に寄与した²⁾。

天然ガス高圧貯蔵技術開発事業において、図-1に示す鋼製ライニング式岩盤貯蔵の貯槽気密構造

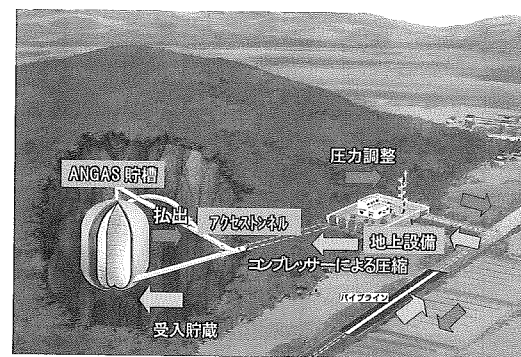


図-1 鋼製ライニング式岩盤貯蔵施設の概念

(気密材、緩衝材、裏込めコンクリート、岩盤)およびプラグの設計技術の検証などを目的に、小規模試験空洞を掘削し、空洞およびアクセストンネル内に設けた実証試験施設を用いて実証試験を行った。

本稿では、特殊な構造の貯槽およびプラグからなる実証試験施設の施工を中心に報告する。

2 工事概要

実証試験貯槽の計画諸元は、貯蔵流体(加圧流体): 空気および水、貯蔵圧力: 20MPa、貯槽容積: 240m³である。図-2に実証試験貯槽の基本構造を示す³⁾。

工事場所: 岐阜県飛騨市神岡町東茂住549-9 (神岡鉱山 茂住坑)

工期: 平成16年11月~平成19年11月

工事内容:

既設トンネル掘削工

既設トンネル拡幅工 L=53m

機器配置室工 15.49m²(L=18m)

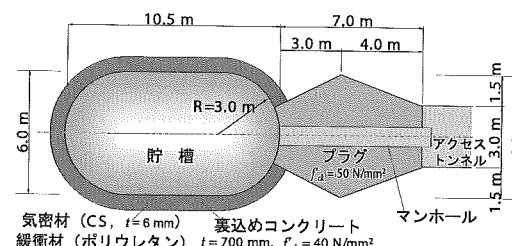


図-2 実証試験貯槽(プラグ含む)の基本構造

表-2 3交替におけるサイクル

時間	1の方						2の方						3の方											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6
主な作業	引継・準備																							
掘削作業(1)	削孔・発破						ずり出し(坑内仮置き)						吹付け						引継・準備					
							ロックボルト						削孔・発破						ずり出し(坑内仮置き)					
							地質観察						引継・準備						削孔、坑内整備など					
掘削作業(2) 地質観察																			引継・準備					
																			坑内へのずり搬出					
ずりの坑外搬出																								

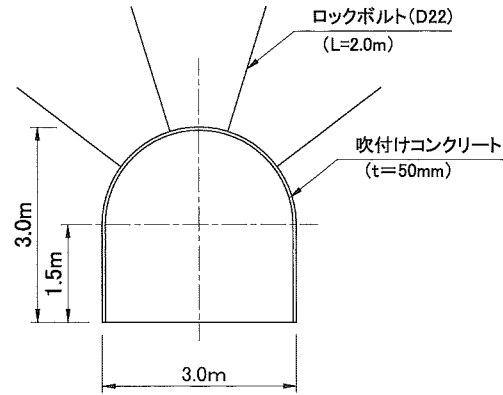


図-5 アクセストンネル支保パターン

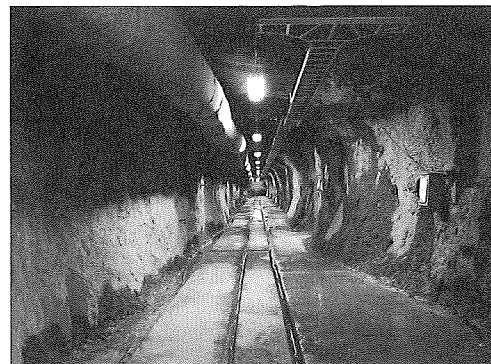


写真-1 アクセストンネル完成状況

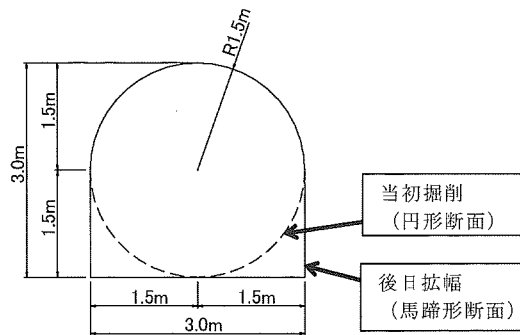


図-6 先進導坑断面図

(1) 心抜き発破(第1ステップ)

図-7における直径2.0mの円形の芯抜き部分(黒丸は発破箇所)については、2.0m削孔する。直径3.0mの円周上の外周部分(白丸は削孔箇所)については、1.0m削孔した。その後、芯抜き部分のみ発破する。

(2) 手前外周部発破(第2ステップ)

手前1.0m部分の外周部を発破する。

(3) 奥側外周部発破(第3ステップ)

奥側1.0m部分の外周部を発破する。あたりがある場合は、こそくあるいはあたり発破にて所定断面に仕上げた。

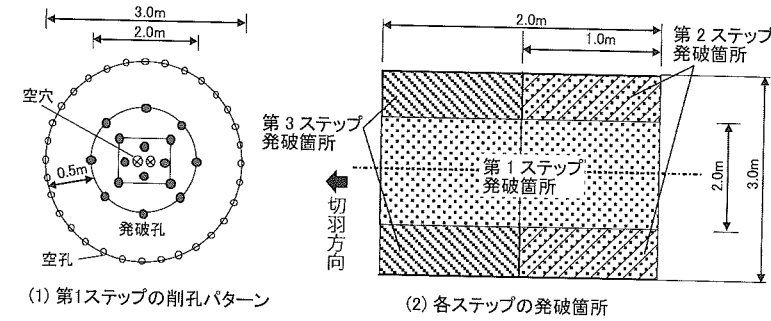


図-7 アクセストンネルおよび先進導坑における掘削・発破手順

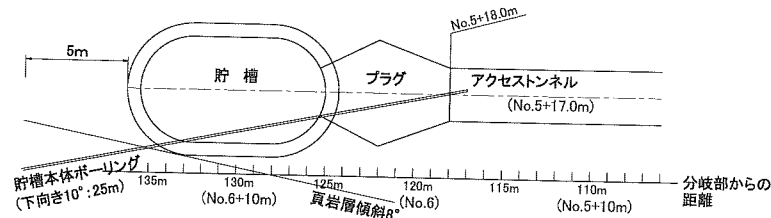
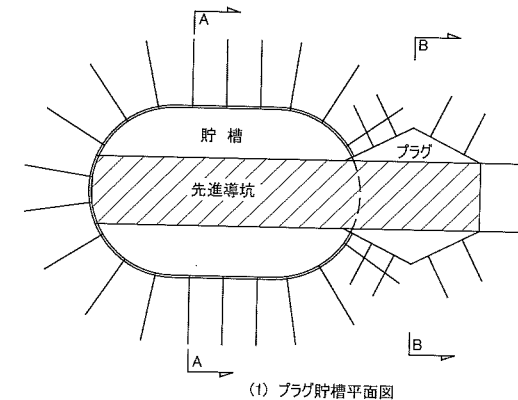


図-8 貯槽本体ボーリング位置



(1) プラグ貯槽平面図

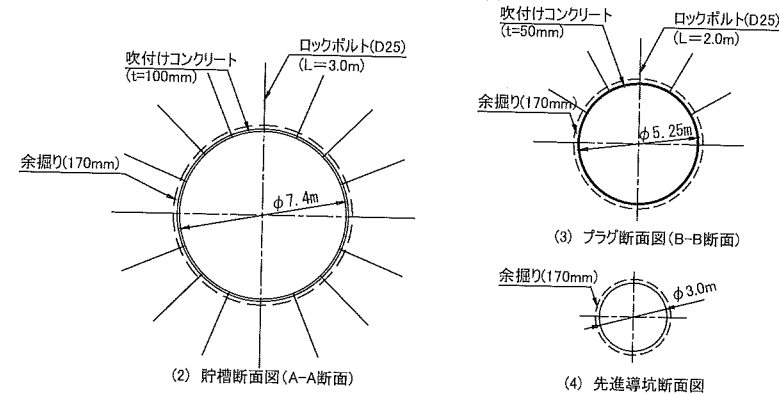


図-9 プラグ・貯槽本体・先進導坑平面図・標準断面図

4-3 貯槽本体ボーリング

貯槽本体ボーリング(φ66mm)は、プラグおよび貯槽部における小断層および前方の地質を調査し、

貯槽・プラグの位置に問題がないか最終確認を行うためである。図-8に示すように、プラグ位置開始地点1m手前(No.5+17.0m)におけるアクセストンネル切羽中心から10cm下方、下向き10度で25m掘削した。2か所にCL級の地質弱部があるもののプラグおよび貯槽本体に影響を与えるものではないことを確認できた。

4-4 プラグ・貯槽本体部の施工

プラグおよび貯槽本体は、掘削断面が均一でないため、はじめに貯槽本体の端部まで先進導坑を掘削し、その後、仕上がり形状に切掘げを行うこととした。図-9にプラグ・貯槽本体先進導坑平面図および標準断面図(支保パターン図)を示す。先進導坑の形状は、プラグおよびプラグ部手前7m(プラグ長さと同様)は円形断面とし、アクセストンネル(プラグ部手前7mを除く)と同様に円形断面にて掘削し、スプリングライン(SL)から両下部を切掘げ、馬蹄形の形状とした。また、先進導坑のロックボルトは、切掘げの際に切削が容易なFRPボルトを使用した。

4-4-1 先進導坑の施工

先進導坑の掘削にあたっては、アクセストンネル同様、図-7に示す掘削方法にて外周部のゆるみ領域を極力減らすように施工した。アクセストンネルについては、図-6に示すようにプラグおよび貯槽本体の位置確定後、裾部分を拡幅して馬蹄形にして作業性を高めることと

した。

掘削にあたっては、ボーリング結果や事前の壁面観察結果から地質を推測し、発破薬量などを調節して施工した。余掘りは最大25cmまでとし、亀裂の発達した地山では手前で中断して、その後レッグドリルなどの人手で掘削した。

4-4-2 プラグ部の施工

プラグ部の掘削にあたっては、事前に施工方法の確認をするため、貯槽本体中央部においてプラグ形状(上半断面のみ)を想定して試験掘削した。

穿孔時は、ジャンボの穿孔角度を計算し、スラント定規などを用いて掘削した。口切り部においては、吹付けコンクリートにて厚吹きを行いジャンボの口先が同じ角度になるように測量したうえで穿孔した。写真-2に掘削後のアクセス側切羽を示すが、スムーズプラスティングの効果から、のみ跡がきれいに残っていることがわかる。

4-4-3 貯槽本体の施工

図-10に貯槽・プラグ部掘削概念図を示す。

貯槽本体の掘削にはほぼ1か月を要したが、カプセル型という特殊な断面、余掘りの精度は25cm以内(自主検査基準)、砂岩と頁岩の互層という硬軟入り混じった地層も相まって、掘削は難航した。難航した箇所は、砂岩が非常に硬いため先進導坑から開放面を作る最初の作業断面および軟らかい頁岩部や硬い砂岩部における球面状の掘削箇所である。難航した理由は、①基準となるもの

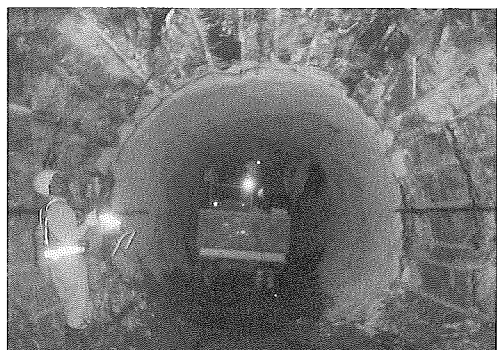


写真-2 プラグ部(アクセストンネル側)掘削状況

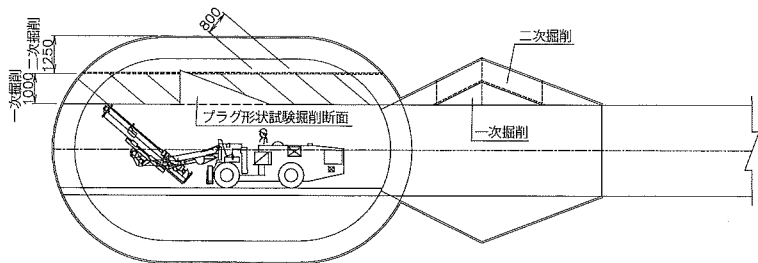


図-10 貯槽・プラグ部掘削概念図

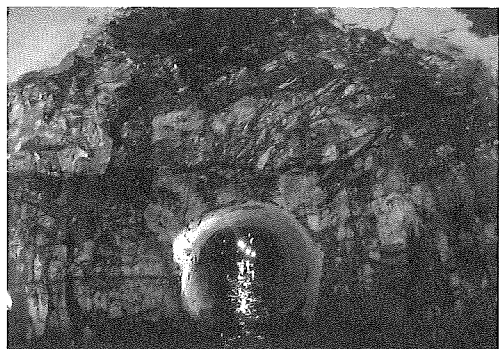


写真-3 貯槽本体プラグ側の施工状況

が中心を表すレーザーしかないための限定された断面測定、②全断面の地質観察が必要であったため、地質観察者のための安全確保、③湧水がたまっている下面における断面の確認、④プラグ部との取り合い部におけるドリルジャンボ・吹付け機械の搬入や足場確保などがあげられる。写真-3に貯槽本体プラグ側の施工状況を示す。

実際の施工においては、ドリルジャンボのガイドセルが後方の地山にあたるため後方の先掘り掘削を行うとともに、仕上がり前の断面では、仮設ロックボルト(FRP)の打設、吹付けコンクリートにファイバを混入するなどして作業空間の安全性を高め、貯槽本体の掘削を行った。

発破掘削において、硬軟入り混じった砂岩・泥岩の互層を余掘り25cmで管理するため、スムーズプラスティングを用いて掘削した。とくに、凸部形状の突出部であれば問題なく落とせるものの、平面全体に5~10cm程度のあたりがある場合、余掘りを増やさず掘削するのが大変困難であった。

5 計測機器の設置

貯槽・プラグ・マンホールの構造的検証および

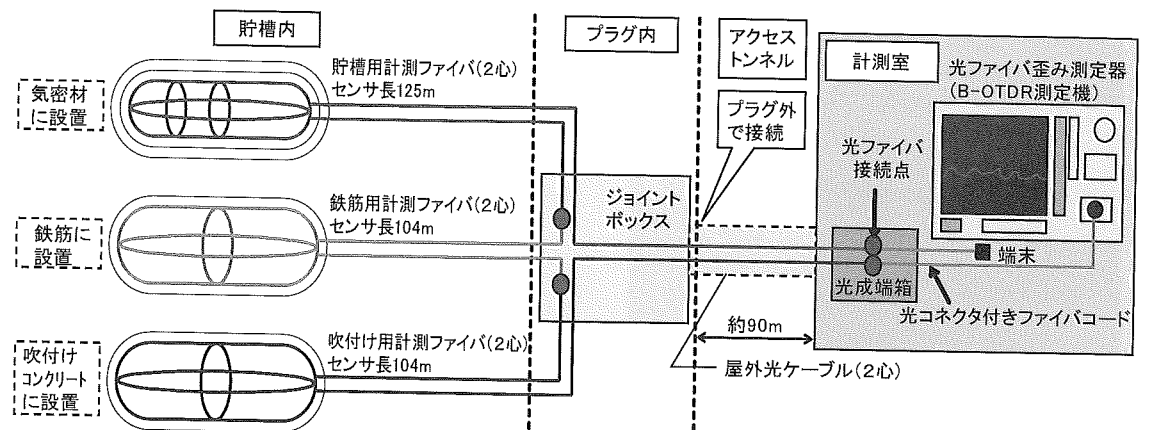


図-11 光ファイバの設置概念

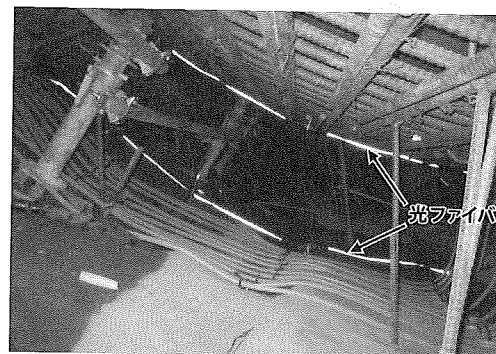


写真-4 光ファイバの設置状況

水密性・気密性の確認を行うため、主要構造部(岩盤・裏込めコンクリート・気密材・プラグ・マンホールなど)に各計測機器を配置し計測することが実証試験の重要な要素となる。

今回の計測工の特徴として、地中内に設置する岩盤変位計や間隙水圧計に加えて、貯槽内外のひずみ挙動を把握するため光ファイバセンサによるひずみ計測を行った^{2)~4)}。光ファイバセンサは、吹付けコンクリート表面に3断面、裏込めコンクリートの鉄筋に沿わせて3断面、気密材内側表面に4断面側線を設けて設置した。図-11に光ファイバの設置概念を、写真-4に光ファイバの設置状況を示す。

すべての計器からの計測用ケーブルは坑内の計測室まで配線し測定を行うとともに、1,600m

離れた地上事務所においても、坑内計測室の計測用パソコンモニターと同一の画面を表示できるモニターを設置し、試験・計測状況を確認した後に入坑できるようにした。

6 耐圧・気密性確保のための施工

6-1 排水材・排水工の施工

本施設のコンセプトの一つとして、「施工時、内圧開放時は排水システム(パイプなど)により地下水を排水し、気密材には過大な外水圧を作用させない」としている^{2)~4)}。本坑道においては岩層境界が存在し、亀裂も発達していることから、400m水頭の外水圧を確実に減圧するためには、排水機能を常に維持することが不可欠であった。そこで、図-12に示すとおり、排水材にて集水した水は貯槽から施工した排水ボーリング(L=18m)を通して、プラグ手前10mの位置に施工したφ450mmの排水ピットに集め、2インチポンプに

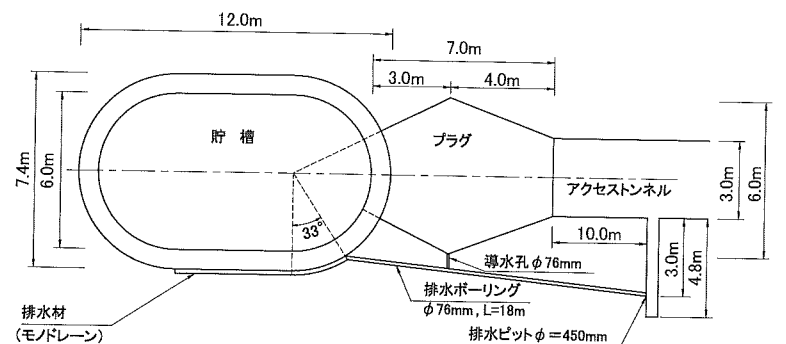


図-12 排水ピットと排水ボーリング位置図

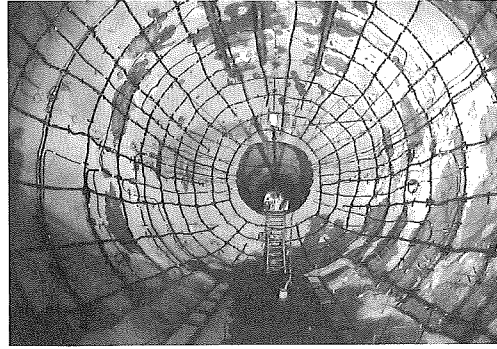


写真-5 排水材施工終了状況(貯槽本体プラグ側)

でアクセストンネル側に排水する構造となっている。また、プラグ部も排水構造とするため、中央部に排水材を施工したうえで底面に導水し、プラグ中央部の底面においてレッグドリルを用いて、導水孔を削孔して排水ボーリングに導水した。

貯槽本体およびプラグ(一部)の排水材として、一般にトンネルで使われているモノドレーン(1本単体で不織布付きのもの：φ30mm、総延長585m)を1mピッチで吹付けコンクリート上にU字形の止め金具を用いて取り付け、その交差箇所においては、袋状継手にて取り付けた。排水材の施工終了後の貯槽概況を写真-5に示す。

6-2 気密材・裏込め鉄筋の施工

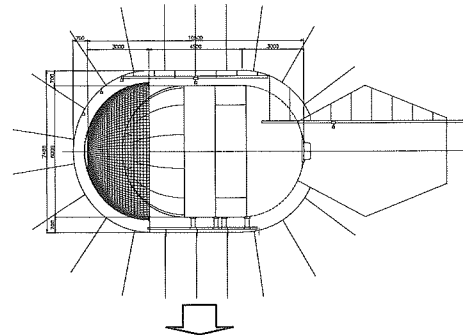
6-2-1 施工順序

気密材の材質は、SM400B、厚さは6mm、分割数は42枚(半球部2か所：3枚+12枚、赤道部3分割：4枚)で構成され、組立て・溶接後、その外側に厚さ4mmの2液ポリウレタン樹脂材からなる緩衝材を吹付ける。全体重量は約15t(本体11t、補強材4t)であり、気密材は、貯槽本体上部に設置した3本のレールに取り付けた天井クレーンを用いて施工した。

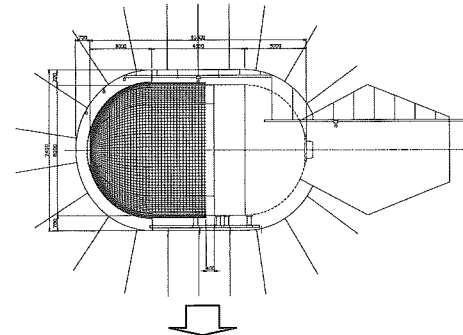
図-13に示すように気密材の施工は、気密材を3段階(①奥側半球部+赤道板2スパン⇒(移動)⇒②赤道板1スパン⇒③プラグ側半球部)に分けて貯槽奥側から施工した。緩衝材の外側にあるひび割れ分散のための鉄筋は、かぶりを50mmとし、緩衝材を吹付けた後、順次、鉄筋を配筋していった。

裏込めコンクリート打設にあたって、最終的に

- 第1ステップ 格子筋の組立て**
格子鉄筋を組立て、その後奥の地山側に移動する。
- 第2ステップ 周方向段取り鉄筋の組立て**
半球部中心に十字鉄筋を組み立て、軸方向段取り筋、周方向段取り筋を組み立てる。
- 第3ステップ 半球部鉄筋の組立て**
軸方向鉄筋組立て後、内側から周方向鉄筋を組み立てる。
⇒ <半球部気密材の組立て>
奥側半球部および赤道板2スパン分(L=3.0m)の気密材を組立て後、所定の位置まで気密材を移動(L=1.5m)する。



- 第4ステップ 直線部鉄筋の組立て(1)**
直線部の段取り鉄筋を組み立てた後、直線部の鉄筋(軸方向、周方向)L=2.6mを組み立てる。
⇒ <3スパン目気密材の組立て>
直線部気密材(赤道板)3スパン目を組み立てる。



- 第5ステップ 直線部鉄筋の組立て(2)**
第4ステップ同様、3スパン目の鉄筋L=1.5m分を組み立てる。
- 第6ステップ プラグ側半球部鉄筋の組立て**
プラグ側半球部の段取り鉄筋に続いて、周方向鉄筋、軸方向鉄筋を取付ける。

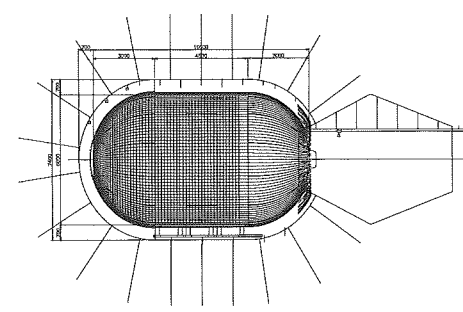


図-13 貯槽本体鉄筋組立て手順

気密材を、下部45度方向のサポート材だけで保持することとなるため、主に①気密材がコンクリートの浮力で移動しないこと、②サポート材が気密材を十分支持することに留意して施工した。

6-2-2 本体鉄筋の施工

気密材は、円筒部の組立てを先行して行い、真円度を確保した後に半球部を組み立てる必要がある。そのため、空洞貯槽半球部の気密材をあらかじめ搬入しておく必要がある。しかしながら、気密材を組み立てた後では貯槽奥側の鉄筋が搬入できず、鉄筋についても事前に搬入しておく必要性があったが、気密材と鉄筋をあらかじめ搬入しておくスペースがないことや施工性が悪くなることが考えられた。その対応策として、鉄筋の組立てにあたっては、奥側の鉄筋を先行して組み立てることとし、気密材は奥半分を貯槽中央にて組み立てた後、奥側へ移動させることとした。

6-3 裏込めコンクリートの施工

本施設において、気密材の外側は、貯蔵圧力を岩盤に伝達するための裏込めコンクリート(総容量：約172m³、設計基準強度：40N/mm²)を打設する。

スクリュークリート(容量：3m³)2台を用いて、1日に打込むことができるコンクリート量は最大40m³程度であるため、裏込めコンクリートは高流動コンクリートとし、その打設は8回に分けて行った。コンクリートの1リフトあたりの打設量は、17~26m³となった。また、打設の際は、先送りモルタルとして裏込めコンクリートから粗骨材を除いたものを圧送し、そのまま薄層で打設した⁵⁾。

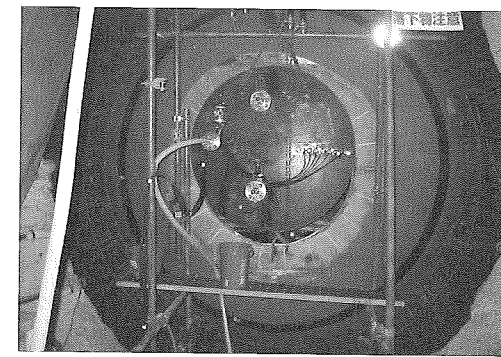


写真-6 裏込めコンクリート打込み時の仮蓋設置

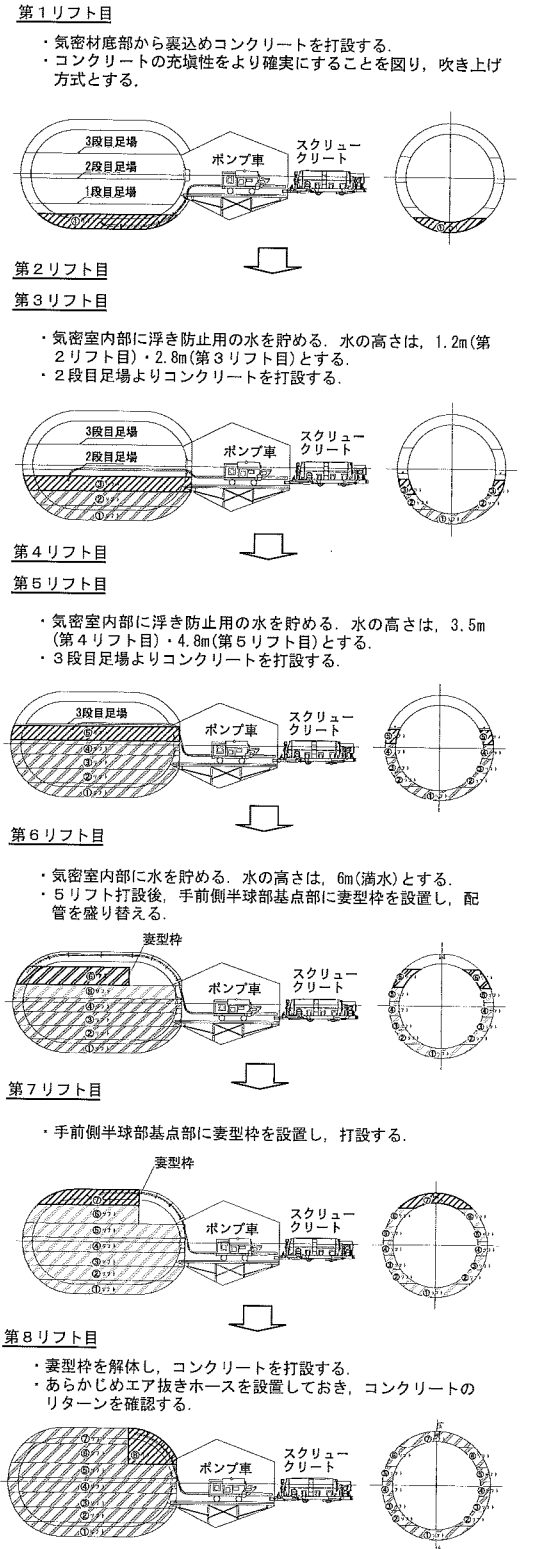


図-14 裏込めコンクリートの打込み方法

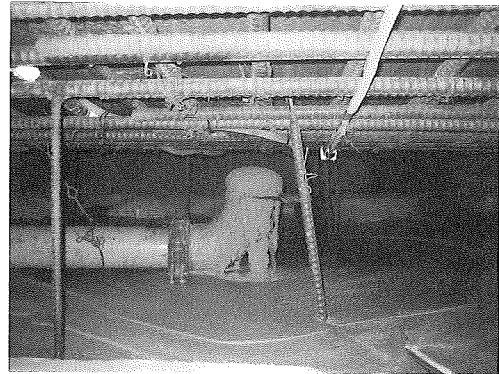


写真-7 裏込めコンクリートの打込み状況(第1リフト)

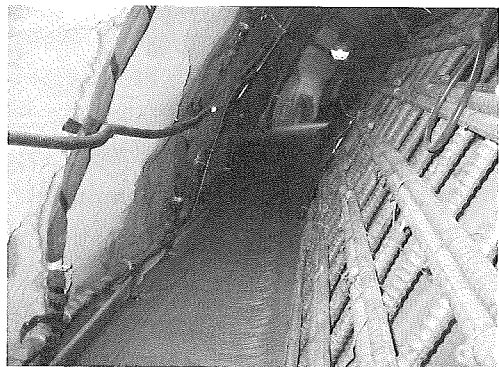


写真-8 裏込めコンクリートの打込み状況(第5リフト)

裏込めコンクリート打設の際に、浮力による気密材の浮き上がりを防止するため、貯槽部に注水することとし、写真-6に示す仮蓋を施工し、内部に設置した水圧計とマンメーターにて水位を管理した。浮き上がりを防止するとともに内部水圧による膨張を防ぐため、貯槽内水位は、コンクリート高さとはほぼ同等の高さとなるよう、リフトごとに打設高さおよび水位を調整しながら打設し、第6リフト以降は満水とした。

図-14に裏込めコンクリートの打設方法を、写真-7, 8に裏込めコンクリートの打設状況を示す。裏込めコンクリート打設にあたっては、プラント・受入れ(坑口)箇所・プラグ手前打設場所にコンクリートの専門家を配置し打設管理した。

第2リフトから第5リフトまでの裏込めコンクリートは2か所の投入口から高さが均等になるよう打設したが、筒先を横移動することが不可能であったため、各リフトにおいて高流動コンクリートを周長約30m、幅0.7mの場所にある程度の勾

配を持たせて打設した。

6-4 グラウト注入

掘削面に不陸が残るため、貯槽天端部に空隙が残る恐れがあった。その対策として、不陸はできるだけ高強度のモルタルで平滑化したうえで、凹部が残りそうな箇所は事前にグラウト配管を行い、確実に充填するために、裏込めコンクリート打設後にノンブリーディング(ボゾリス GF-1700)型のグラウトを実施した。

注入配管は、コンクリートのエア抜き管とは別に配管することとし、注入管およびリターン管を配管した。配管の際は配管立上げ箇所の吹付けコンクリートを部分的に除去し、低い側を注入管、高い側をリターン管とした。グラウト配管は、プラグ側に配管が集中し、狭い入口部がさらに狭くなり、施工上難点となった。

6-5 プラグの施工

気密材にマンホール(総重量約12t、 $L=8\text{m}$)を据付け後、気密材との溶接加工を行い、プラグ鉄筋の施工、坑口部の型枠を組立てた。鉄筋の配筋時には、プラグコンクリート(総容量:約120 m^3 、設計基準強度:50 N/mm^2)を打設するための配管設置も同時に行い、計測機器・ケーブルの設置などもあったため、複雑を極めた。プラグコンクリートも高流動とし、4回に分けて打設した。

6-5-1 プラグ鉄筋の施工

プラグ鉄筋における放射筋には、作業性向上のためTヘッドバー(フック鉄筋に変わる定着鉄筋)を使用した。プラグ部の鉄筋数量は、総重量が14.29tで単位体積あたり126 kg/m^3 である。

図-15にプラグ鉄筋の組み立て方法を、写真-9にその状況を示す。プラグ鉄筋組立てにあたっては、①狭い特殊な空間での作業、②足場確保、③中央に設置されたマンホールへの細心の注意、④プラグコンクリートを4回に分けて打設するための配管設置、⑤異なる多数の鉄筋の仮置場の確保、⑥計測機器の設置・ケーブル配線による繊細な施工、⑦鉄筋組立て済み奥部の鉄筋の結線、⑧プラグ最下部にある排水管のつまり防止などに配慮して施工した。

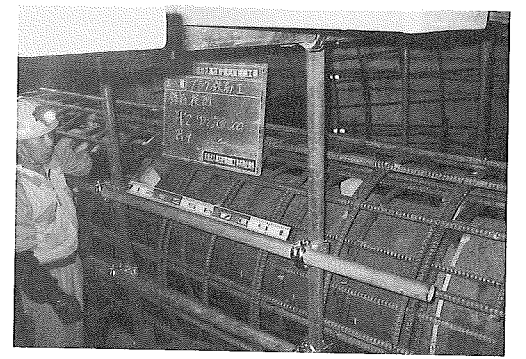
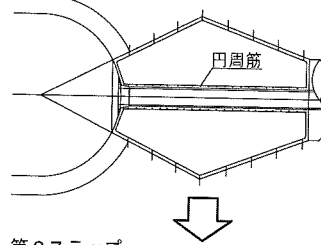


写真-9 プラグ鉄筋の組立て状況

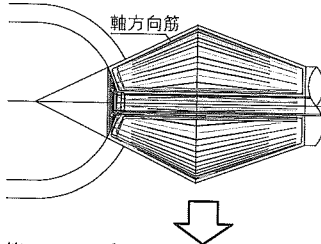
第1ステップ

- ・段取り筋を配置する。
- ・外周の四方向の軸方向筋を配置し、段取り筋とする。
- ・マンホール周囲の円周筋と軸方向筋を組む。



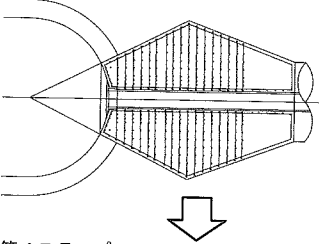
第2ステップ

- ・プラグ奥部の軸方向筋を組む。
(マンホール入口周辺の軸方向筋は除く)



第3ステップ

- ・プラグ中央部の放射筋(Tヘッドバー)を組む。
- ・プラグ中央部の円周筋を組む。



第4ステップ

- ・プラグ手前側の軸方向筋を組む。
- ・プラグ手前側の放射筋(Tヘッドバー)を組む。
- ・プラグ手前側の円周筋を組む。

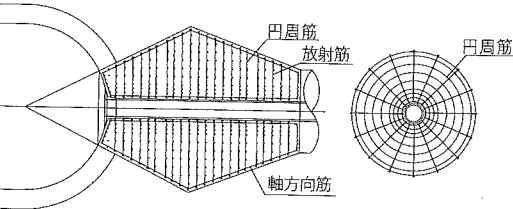


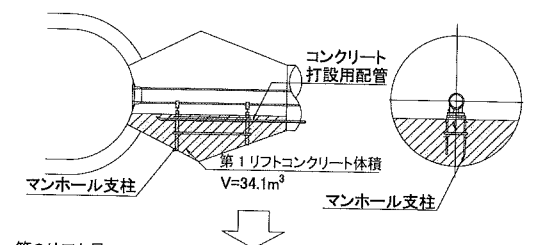
図-15 プラグ鉄筋の組み立て方法

6-5-2 プラグコンクリートの施工

プラグコンクリートは、本来、一体打ちが望ましいが、サイト上の制約すなわちコンクリート打設数量が1日あたり最大40 m^3 程度であることから4回に分けて打設することとした。プラグコン

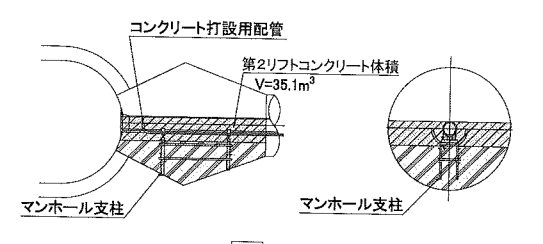
第1リフト目

- ・プラグ底部から高流動コンクリートを打設する。
- ・充填性をより確実にすることを図り、吹き上げ方式とする。



第2リフト目 第3リフト目

- ・気密材内部に貯槽変形防止用の水をためる。
- ・水深は、満水と同じ効果の5.2mとする。
(第2リフト～第4リフトとも)



第4リフト目

- ・プラグセンター中央に配置した配管からコンクリートを打設する。
- ・天端部の充填性は、天頂に設置したセンサにて確認する。

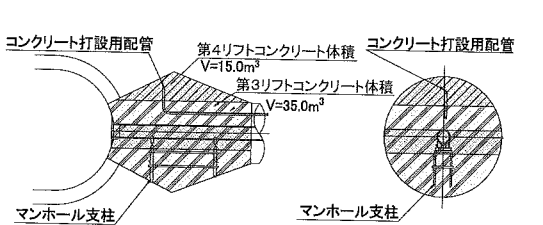


図-16 プラグコンクリートの打込み方法

クリート打設にあたっては、最終打設となる4回目は光センサによるコンクリート充填感知センサを設置して、打設した。

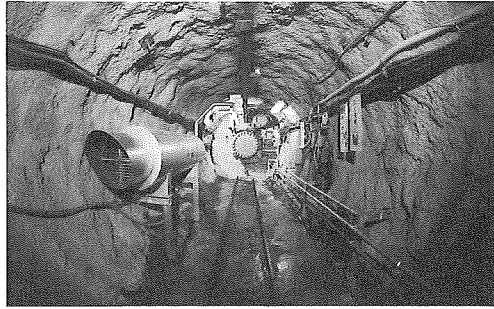


写真-10 完成した天然ガス高圧貯蔵実証試験施設

図-16にプラグコンクリートの打設方法を示す。プラグコンクリートは、あらかじめ配管した捨て配管を用いて打設した。充填性をより確実にすることを目的に、配管位置は最終的に吹上げ形状になるようにし、裏込めコンクリートの場合と同様、プラグコンクリート打設時の状況確認のため、アクリル板で作製した覗き窓を設置し打設した。プラグコンクリートの打設は、スクリークリートへの積込み、プラグ部への運搬、ポンプ(シンテック製 MKW-25SM)を用いたプラグ部コンクリート打設、坑外へ出坑というサイクルで施工した。

7 実証試験

貯槽の耐圧性と気密性を確認するため、種々の実証試験を行った^{2)~4)}。写真-10に示す実証試験施設を用いて、20MPaの設計圧力に対して、各部の挙動を計測しながら、耐圧性と気密性を確認した。貯蔵内圧は、気密試験のみ空気圧を載荷し、耐圧試験、くり返し・長期載荷試験についてはすべて水圧を載荷した。30MPa耐圧性能試験についても水圧載荷で行い、20MPaの設計圧力に対する30MPa載荷時の挙動も計測・分析し、問題がないことを確認した。

8 おわりに

天然ガス高圧貯蔵実証試験施設は、平成16年11月のボーリング調査に始まり、平成18年12月に施工を終え、約6か月間の実証試験を経て、平成19年11月までに実証試験・閉塞工事を行い、約3年間にわたる技術開発事業を終了した。

裏込めコンクリートやプラグコンクリートの打

設方法やひび割れ分散鉄筋と気密材の施工方法、プラグ鉄筋とマンホールの設置方法など、特殊な設計・施工条件に対し、関係各社の設計部門・技術開発部門および施工部門が一体となって取り組み、種々の難関を乗り越え完成に至ることができた。

今回は、240m³という小規模貯蔵施設を建設し、類似施設では国内初の20MPaまでの耐圧性と気密性を確認し、さらに30MPaの水圧による耐圧性能試験も無事完了した。その構造的特徴として、気密材、緩衝材、裏込めコンクリート、岩盤の挙動を一体化させるため、気密材の塑性変形にもとづく設計技術開発という世界初の試みを成功させ、その設計技術・施工の検証を行うことができた。今後は、早期の天然ガス高圧貯蔵施設の商用施設実現が望まれる。

最後に、本工事は、東京瓦斯(株)・大阪瓦斯(株)・東邦瓦斯(株)・西部瓦斯(株)・北海道瓦斯(株)・帝国石油(株)ならびに天然ガス高圧貯蔵技術開発共同企業体(代表：清水建設(株)、(株)大林組、大成建設(株)、(株)IHI、三井造船(株)、三菱重工業(株))の関係各位にご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 澤一男・石塚与志雄：都市ガス岩盤貯蔵の実用可能性の調査研究，トンネルと地下，Vol.35，No.4，pp.31-39，2004.4.
- 2) 奥野哲夫・若林成樹・栗原雄二・岩野政浩・小松原徹：次世代天然ガス高圧貯蔵技術開発と小規模貯蔵施設による実証試験，第54回地盤工学シンポジウム論文集，pp.93-100，2009.11.
- 3) 奥野哲夫・小松原徹・栗原雄二・岩野政浩：岩盤内天然ガス高圧貯蔵技術開発に関する実証試験，第13回地下空間シンポジウム論文報告集，pp.151-160，2008.1.
- 4) 奥野哲夫・小松原徹・若林成樹・新美勝之・栗原雄二・岩野政浩：天然ガス高圧貯蔵技術開発における小規模岩盤貯槽を用いた実証試験，第37回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，pp.79-84，2008.1.
- 5) 河井徹・今津雅紀・小松原徹：高流動鉄筋コンクリートを用いた天然ガス高圧貯蔵実証試験施設の建設，コンクリート工学，Vol.46，No.11，pp.41-47，2008.11.

研究

二車線トンネルへの高規格支保材料の適用

(株)高速道路総合技術研究所トンネル研究室室長 中野清人
 (株)高速道路総合技術研究所トンネル研究室主任研究員 小川澄之
 (株)高速道路総合技術研究所トンネル研究室研究員 清水雅之

1 はじめに

これまでの二車線トンネル(内空幅約11m)の支保材料は、設計基準強度18N/mm²の吹付けコンクリート(以下、ここでは「従来吹付け」という)や110~170kNのロックボルトが使用されてきた¹⁾。一方、大断面トンネルや破砕帯など特殊な断面や変形量が大きい比較的特殊な箇所においては、設計基準強度 $\sigma_{28}=36\text{N/mm}^2$ の高強度吹付けコンクリート(以下、ここでは「高強度吹付け」という)や、高耐力ロックボルトなどの高強度(以下、「高規格」という)の支保部材が適用されてきた。高規格支保材料を標準的な地質や二車線断面に適用するためには、材料の強度特性をどのように評価し、どの程度の低減ができるかなどの課題があり、適用事例はなかった。

本研究の目的は、これらの高規格支保材料を二車線トンネルへ標準的に適用することによって、支保構造を合理化し施工性の向上を図ることを主眼とした。本稿は、二車線トンネルに高規格支保材料を用いた新しい支保パターンを設定し、現地における試験施工の結果から、標準的な二車線トンネルの高規格支保パターンを提案するものである。

2 高規格支保材料の適用

これまでに使用されてきた支保材料と高規格材を表-1に示す。従来と高規格支保材料の比較では、吹付けコンクリートは設計基準強度が2倍、ロ

表-1 支保材料の設計強度

支保材料	従来	高規格材
吹付けコンクリート	18N/mm ²	36N/mm ²
ロックボルト	110kN, 170kN	170kN, 290kN
鋼アーチ支保工	NH-200 ($\geq 245\text{N/mm}^2$)	HH-154 ($\geq 440\text{N/mm}^2$)

ックボルトの降伏耐力は1.5~1.7倍、鋼アーチ支保工の降伏点が1.8倍である。

例として図-1(a), (b)に地山等級DⅠ区間の試験施工における従来支保と提案した高規格支保材料による支保パターン(以下、「高規格支保パターン」)図を示す。

二車線トンネルで適用する支保材料は、高強度吹付け、ロックボルト耐力のランクアップ、鋼アーチ支保工は高規格鋼の使用を前提条件とし、断面あたりの支保内圧は従来の標準支保パターンと同程度を確保することを基本とした。

支保材料ごとの適用の考え方は、以下のとおりである。

- ① 吹付けコンクリートの強度を2倍とし、剛性が同等となる厚さ(3割削減)とした(例えば軸力モデルとして考えると従来の1.4倍の性能となる)。
- ② ロックボルト耐力は1ランクアップし、断面あたりで内圧を同等以上とし、安全を考慮したうえで周方向間隔を広げる。
- ③ 高規格鋼アーチ支保工は、これまでに施工実績のあるHH-154のみをDⅢ区間に用いることとした。

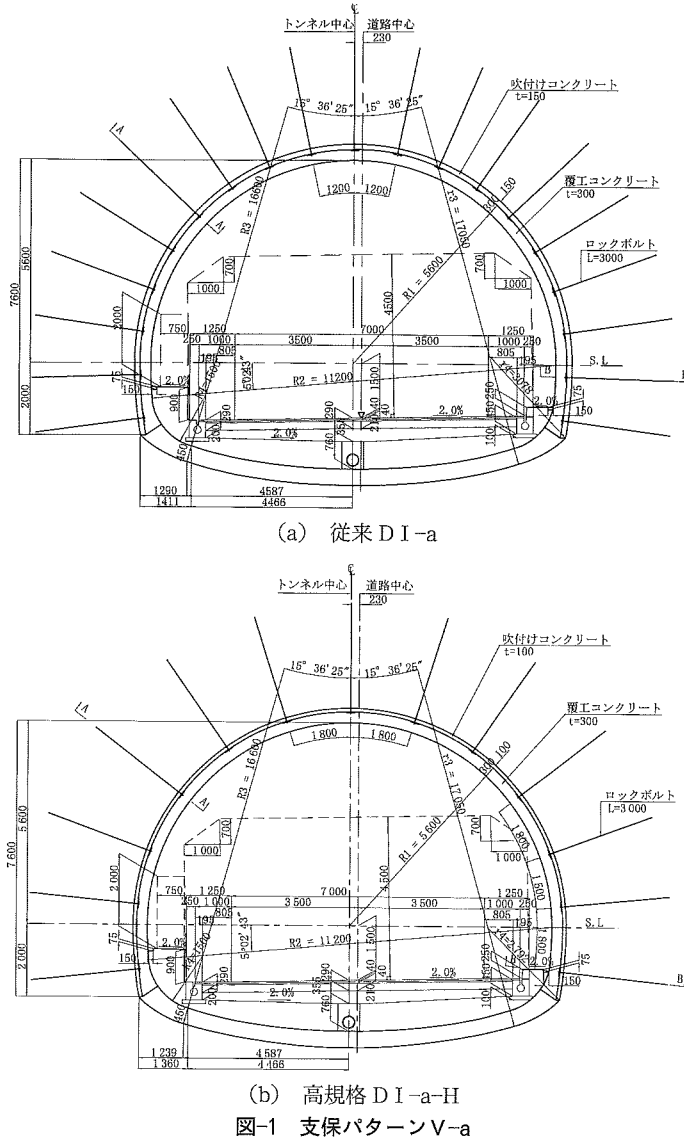


図-1 支援パターンV-a

①～③により掘削断面の縮小やサイクルタイムの短縮が図られることになる。

3 高規格支援パターン課題の整理

新しいパターンを設定するにあたり、事前に考えられた構造的な安定性や品質面などの課題は以下のとおりである。

(1) ロックボルトの配置

ロックボルトの耐力を1ランクアップしたことにより、周方向間隔を広げて断面あたりの打設本数を減らすものであるが、この場合のロックボルト

間際の岩盤の安定性が懸念された。

(2) 吹付けコンクリート厚さ

吹付けコンクリート厚さを約3割薄くした薄肉部材に対する、施工中の構造安定性が確保できるか否か。

(3) 覆工コンクリートのひび割れ

吹付けコンクリート厚さを薄くしたことにより、鋼アーチ支保工部分の突出量が大きくなることによる、覆工コンクリートの背面拘束によるひび割れの発生が懸念された。

同クラスの地山等級において、高規格支援パターンが、従来の標準支援パターンと支保機能、支保効果などが同等か否か、解析の手法で検討した。亀裂性岩盤でのロックボルト間の岩盤の安定については、高強度吹付けが効果的に作用することを机上で検討した。

当然計算だけでは、実際の地山で支保部材に働く応力状態などを完全に再現することは不可能であり、施工性や構造安定性、安全性を検証するため、施工中のトンネルで試験施工を行い評価した。また、吹付けコンクリート面のH形鋼部分の凹凸の拘束による覆工コンクリートのひび割れについては、FEM解析でひび割れ発生の影響がないことを確認し、試験施工トンネルの覆工でも、覆工完了約1年後の初期点検で影響がないことを確認した。

4 高強度吹付けの効果(事前検討)

高強度吹付けは、従来吹付けより強度発現が早く、図-2(a)に示すとおり、とくに初期強度が高いため掘削時のゆるみを抑制する効果があると考えられる。高強度吹付けの効果は、大断面トンネルの施工時にも地山の安定性に寄与している報告もあった²⁾。今回、高強度吹付けの硬化過程と地山のゆるみの進行を考慮した二次元FEM解析でその効果を分析した。

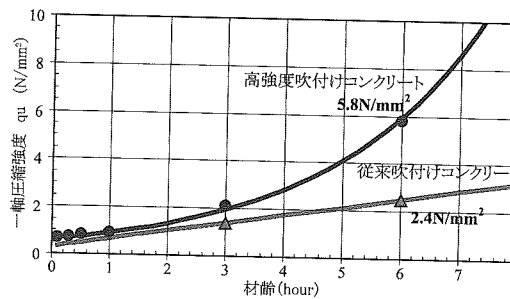
4-1 強度特性

高強度吹付けおよび従来吹付けの材齢と一軸圧縮強度の関係を図-2(a), (b)に示す³⁾。高強度吹付けの初期強度は、吹付け後6時間では5.8N/mm²、従来吹付けは2.4N/mm²で、高強度吹付けが2.4倍大きい。初期強度が高いことは、肌落ち防止や初期の変形抑制が期待される。

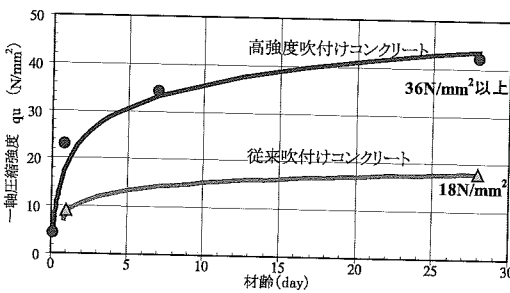
4-2 解析条件

吹付けコンクリートと地山の時間的挙動を再現し、初期強度の効果を評価するため、コンクリートの硬化時間特性に着目した弾性係数の設定や、地山のひずみ軟化を模擬した弾性解析により検討を行った⁴⁾。地山条件はDIを想定し、解析条件と入力物性は以下のとおりとした。

吹付けコンクリートの弾性係数は、最終段階(28日)で従来吹付けを4,000N/mm²とし、高強度吹



(a) 材齢8時間まで



(b) 材齢28日まで

図-2 高強度吹付けと従来吹付けの一軸圧縮強度比較

表-2 地山物性

	DI
変形係数(N/mm ²)	500
単位体積重量(kN/m ³)	22
粘着力C(N/mm ²)	0.4
内部摩擦角φ(deg)	35

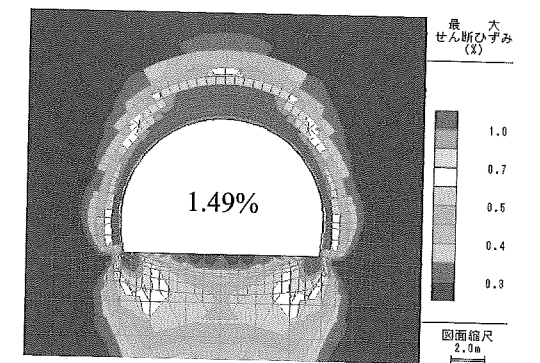
付けは、コンクリートの変形係数が強度の1/2乗に比例していることを参考に⁵⁾に、6,000N/mm²に設定した。高強度吹付けを評価するため、ここでは単純に、吹付けコンクリートのみのモデルとし、ロックボルト・鋼アーチ支保工は除いた。地山の入力物性を、表-2に示す⁴⁾。

4-3 解析結果

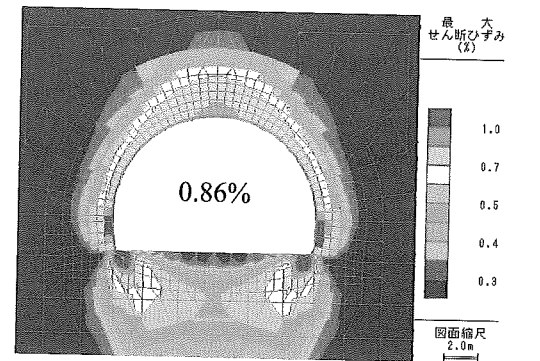
解析の結果は表-3に示すとおり、28日後で天端沈下量が従来吹付けの場合50mmに対して、高強度

表-3 解析結果

	従来吹付け コンクリート t=15cm 18N/mm ²	高強度吹付け コンクリート t=10cm 36N/mm ²
6時間後	天端沈下量(mm)	14
	吹付け応力(N/mm ²)	11
	解析値/許容応力度(%)	61
28日後	天端沈下量(mm)	50
	吹付け応力(N/mm ²)	34
	解析値/許容応力度(%)	188



(a) 従来吹付け



(b) 高強度吹付け

図-3 最大せん断ひずみ図

吹付けは41mmで9mm小さい。また、吹付けコンクリート応力の最大値は、従来吹付けで34N/mm²に対し高規格吹付けは23N/mm²で11N/mm²小さい。従来吹付けの応力が設計基準強度と比べて大きくなっているが、両者の比較を明確にするため、地山ひずみ軟化における、地山弾性係数の低下度合いを大きくしたため、大きな応力が生じたものと考えている。

また、図-3(a), (b)にトンネル周辺の最大せん断ひずみ分布状況について、28日後の状態を例としてそれぞれ示す。従来吹付けより高強度吹付けの方が地山の变形挙動を小さく抑えられることがうかがえる。天端部における最大せん断ひずみ値は、従来吹付けが1.49%、高強度吹付けは0.86%で小さい。

解析の結果では高強度吹付けは、施工初期の強度発現が従来吹付けより大きいことか

ら、地山に発生するひずみ量を抑制することが期待された。また、従来吹付けに比べ、初期の応力が小さく、最終的な発生応力も小さくなっていることから、ゆるみ荷重を効果的に抑制した結果と考えられる。

5 試験施工による検証

5-1 試験施工概要

試験施工について表-4に示す、C I, C II, D I, D IIIパターンを5トンネルで実施した。試験施工区間は図-4のように従来の標準支保パターンと高規格支保パターンの区間を同様な地質状況で行う

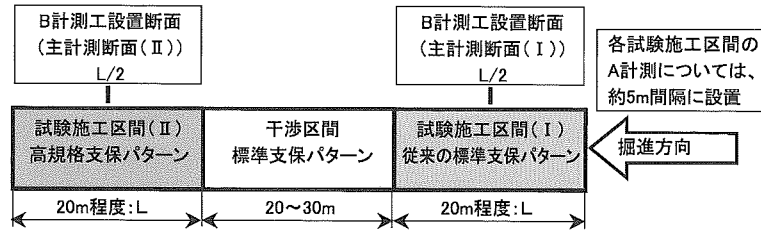


図-4 試験施工 区間配置図

表-4 試験施工トンネル対象箇所

支保パターン	TN名	支保変更パターン			区分	岩石名	土かぶり	切羽評価点
		ロックボルト	吹付けコンクリート	鋼アーチ支保工				
C I-a	占冠	周方向打設間隔大(1.5m→2.0m), 耐力大(110kN→170kN)	厚さ減(10cm→7cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	—	従来	中生層砂岩	339m	63点
					※C Iパターン支保選定の目安 55~70点			
C I-a	瀬ノ口	耐力大(110kN→170kN)	厚さ減(10cm→7cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	—	従来	溶結凝灰岩	109m	57点
					高規格	溶結凝灰岩	108m	57点
C II-b	飛驒	周方向打設間隔大(1.5m→2.5m), 耐力大(110kN→170kN)	厚さ減(10cm→7cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	—	従来	片麻岩	652m	43.3点
					※C II-bパターン支保選定の目安 35~50点			
					高規格	片麻岩	660m	42.8点
C II-b	二川	周方向打設間隔大(1.5m→2.0m), 耐力大(110kN→170kN)	厚さ減(10cm→7cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	—	高規格	片麻岩	689m	37.4点
					高規格	片麻岩	689m	37.4点
C II-b	二川	周方向打設間隔大(1.5m→1.8m), 耐力大(110kN→170kN)	厚さ減(10cm→7cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	—	高規格	片麻岩	665m	38.0点
					高規格	片麻岩	665m	38.0点
C II-b	二川	周方向打設間隔大(1.5m→2.0m), 耐力大(110kN→170kN)	厚さ減(10cm→7cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	—	従来	黒色片岩	55.2m	46.25点
					高規格	黒色片岩	66.8m	52.75点
D I-a	二川	周方向打設間隔大(1.2m→1.8m), 耐力大(170kN→290kN)	厚さ減(15cm→10cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	—	従来	黒色片岩	37.3m	33.25点
					※D I-aパターン支保選定の目安 20~40点			
D I-a	二川	周方向打設間隔大(1.2m→1.8m), 耐力大(170kN→290kN)	厚さ減(15cm→10cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	—	高規格	黒色片岩	48.5m	45点
					従来は実施せず			
D IIIa	原町	側壁打設間隔(1.2m), 本数(8本), 耐力(170kN)→変更なし 注入式長尺鋼管先受け工L=12.5m, φ114.3mm, 21本(120°範囲)	厚さ減(20cm→15cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	—	高規格	未固結砂岩	28m	19点
					従来は実施せず			

ことに配慮して設定し、計測工A(天端沈下量・内空変位量)および計測工B(ロックボルト軸力測定、吹付けコンクリート応力測定、鋼アーチ支保工応力測定、地中変位測定)を配置した。これら

の計測データを収集し、各支保パターンの実測値における従来と高規格支保工の応力や各支保工の管理レベルとの比較および施工状況の観察により安定性を検証した。

表-5 試験施工計測結果

支保パターン	TN名	区分	計測工A(管理レベル) -:沈下, 縮小, +:隆起, 拡大						計測工B(管理レベル) +:引張, -:圧縮								
			天端沈下(mm)			上半水平内空変位(mm)			ロックボルト(kN)			吹付けコンクリート(N/mm ²)			鋼アーチ支保工(N/mm ²)		
C I	占冠	現場管理値	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
			4	6	8	8	12	16	55	92	110	-9	-15	-18	-123	-204	-245
		従来管理値	-2.7 I(-4mm)以下			-5.4 I(-8mm)以下			22.2~118.0 III(110kN)を超える			-1.1~0.0 I(-9N/mm ²)以下					
C II-b	飛驒	現場管理値	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
			-14	-21	-28	-28	-42	-56	55	92	110	-9	-15	-18	123	204	245
		従来管理値	-2.4 I(-4mm)以下			-6.5 I(-8mm)以下			40.2~86.9 II(142kN)以下			-5.6~-2.2 I(-18N/mm ²)以下					
C II-b	二川	現場管理値	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
			-6	-10	-13	-12	-20	-26	55	92	110	-9	-15	-18	-123	-204	-245
		従来管理値	-3.8 I(-14mm)以下			-11.8 I(-28mm)以下			50.5~135.0 II(142kN)以下			-9.3~-1.8 II(-15N/mm ²)以下			-273~-236 III(-245N/mm ²)を超える		
D I-a	二川	現場管理値	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
			-8	-13	-18	-16	-26	-36	85	142	170	-9	-15	-18	-123	-204	-245
		従来管理値	-5.3 I(-8mm)以下			1.0 I(-16mm)以下			4.4~20.8 I(85kN)以下			-2.7~0.5 I(-9N/mm ²)以下			-58.6~-15.6 I(-123N/mm ²)以下		
D IIIa	原町	現場管理値	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
			-14	-29	-43	-29	-57	-86	85	142	170	-18	-30	-36	-220	-367	-440
		従来管理値	-67 (地表面沈下-54mm) III(-43mm)以上			-18.0 I(-29mm)以下			-6.2~48.8 I(85kN)以下			-2.8~-0.1 I(-18N/mm ²)以下			-138.2~-101.2 I(-220N/mm ²)以下		

※現場管理値の上段:従来, 下段:高規格

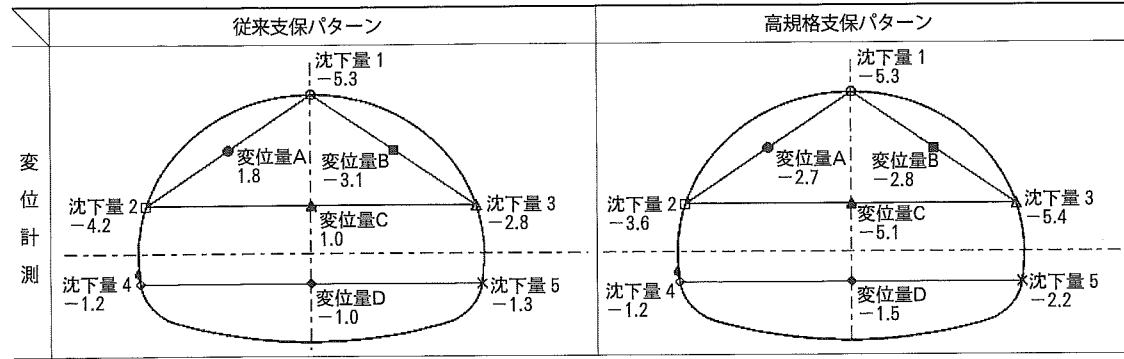


図-5 内空変位量(従来・高規格 DI-a)

5-2 試験施工結果

試験施工の結果については、①現場で設定した管理レベルとの変位や応力の比較、②計測工Bで得られた値を作用内圧に置き換えた各支保部材耐力と生じていた応力の比較、③FEM逆解析によるトンネル変形と各々のトンネル周辺地山の弾性限界ひずみとの比較を行い評価した。

(1) 管理レベルによる評価

表-5は、試験施工を行ったトンネルのうち主な試験支保パターンの計測結果を示したものである。土かぶり300mあるいは、600mを超える比較的大きいトンネルで、ロックボルトや鋼アーチ支保工の一部に局所的な応力発生や変形も見られたが、ほとんどのトンネルでは管理レベルI以下の値であり、トンネルの安定性を損なうような変位量、応力の発生はなく、安定的な結果が得られた。従来と高規格支保パターンの比較では、飛驒トンネルで変位量や応力発生状況に違いがあるが、これは地山性状(切羽観察結果)の差と考えられる(表-4切羽評価点参照)。第3章(1)で挙げた、ロックボルトの配置については、周方向間隔が広がるため、岩塊のゆるみによる施工中の抜け落ちが心配されたが、飛驒トンネルの亀裂が多く内空変位が30~60mmと大きい切羽でも、安全性は確保されており、厳しい条件下でも施工が従来と変わらずに行われた。

試験施工結果の例として、二川トンネルDI-a

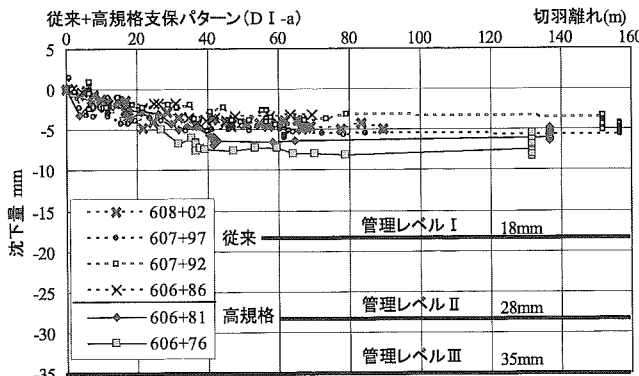


図-6 天端沈下量(従来・高規格)

DI-a-K(従来) 鋼アーチ支保工応力分布

位置	管理レベル III		管理レベル II		管理レベル I	
	耐力 (N/mm ²)	計測値 (kN)	耐力 (N/mm ²)	計測値 (kN)	耐力 (N/mm ²)	計測値 (kN)
下半左in						-19.5
下半左out						-12.3
左肩in	245					-31.3
左肩out						-51.1
天端in			196			-21.0
天端out						-21.8
右肩in						-62.6
右肩out						-54.6
下半右in						-14.1
下半右out						-17.1

(a) 従来

DI-a-H(高規格) 鋼アーチ支保工応力分布

位置	管理レベル III		管理レベル II		管理レベル I	
	耐力 (N/mm ²)	計測値 (kN)	耐力 (N/mm ²)	計測値 (kN)	耐力 (N/mm ²)	計測値 (kN)
下半左in						-15.8
下半左out						-28.2
左肩in	245					-26.4
左肩out						-20.3
天端in						-50.6
天端out						-60.1
右肩in						-24.9
右肩out						-19.0
下半右in						-28.1
下半右out						-48.5

(b) 高規格

図-7 鋼アーチ支保工の応力

における従来と高規格支保パターンの比較を示す。図-5, 6に内空変位, 天端沈下量を示す。変位量は天端沈下量, 内空変位量ともに小さく, ほぼ同等

であった。また、支保部材に発生した、鋼アーチ支保工の応力を図-7(a), (b)に示す。最大応力は従来が右肩で、高規格支保パターンは天端に発生し、従来が62.6N/mm²に対して、高規格が60.1N/mm²で高規格支保パターンの方が小さい。吹付けコンクリートの応力やロックボルトの軸力測定の結果は、いずれも値は小さく、両区間の差も小さく管理基準値内に収まる値であった。

(2) 支保分担率による評価

表-6に示すように支保構造の評価の目安として、各支保材料の設計耐力から得られる換算内圧と収集したB計測データから各支保材料に生じている応力を作用内圧とし、軸力モデルとして支保換算内圧を算出した。支保換算内圧の算定は、各支保部材の受ける1掘進長あたりの平均内圧を算出し、全体を100とし、各支保材料内圧の比率を算出するものである。各支保材料の換算内圧の算出方法は、以下のとおりである。

$$P_{ir} = \sigma_s / s$$

P_{ir} : ロックボルトの換算内圧(kN/m²)

σ_s : ロックボルトの耐力(ネジ部)(kN)

S : 1本あたり打設面積(m²)

$$P_{ic} = \sigma_c \times t / R_a$$

P_{ic} : 吹付けコンクリートの換算内圧(kN/m²)

σ_c : 部材耐力(N/mm²)(=コンクリートの設計基準強度×0.85)

t : コンクリート厚さ(m)

R_a : 支保工半径(m)

$$P_{is} = \sigma_s \times t / R_a \cdot P$$

P_{is} : 鋼アーチ支保工の換算内圧(kN/m²)

σ_s : 部材耐力(=鋼材の降伏点強度)(N/mm²)

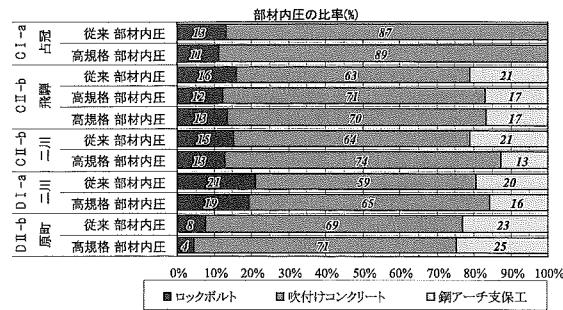
t : 単位奥行きあたりの断面積(m²)

R_a : 支保工半径(m)

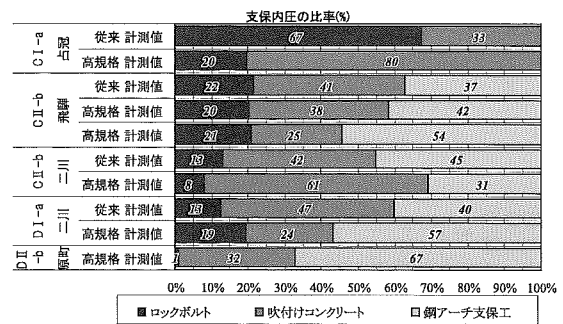
P : 設置間隔(m)

表-6 換算内圧比較

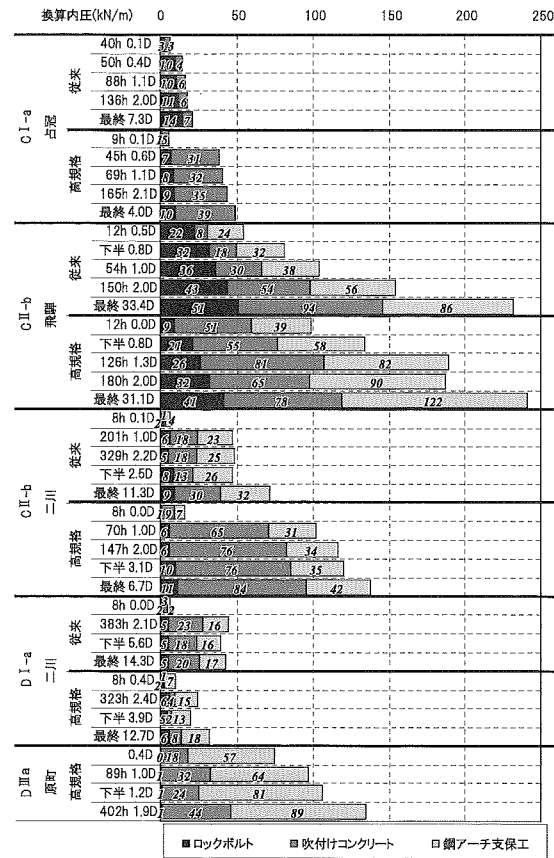
支保パターン名	T	N	区分	ロックボルト		吹付けコンクリート		鋼アーチ支保工			換算内圧(kN/m ²)			分担率(%)			
				耐力 or 計測値 (kN)	本数 (本)	強度 or 計測値 (N/mm ²)	厚さ (m)	サイズ	耐力 or 計測値 (kN)	断面積 (m ²)	ロックボルト	吹付けコンクリート	鋼アーチ支保工	合計	ロックボルト	吹付けコンクリート	鋼アーチ支保工
C I-a	占冠	従来	耐力	110.0	12	-18.0	0.10	NH-125	-245.0	0.003	65	253	85	402	16	63	21
			計測値	40.2	12	-0.4	0.10										
		高規格	耐力	170.0	9	-36.0	0.07										
			計測値	36.2	9	-3.4	0.07										
C II-b	飛驒	従来	耐力	110.0	16	-18.0	0.10	NH-125	-248.5	0.003	49	94	86	229	21	41	38
			計測値	83.8	16	-5.7	0.10										
		高規格	耐力	170.0	10	-36.0	0.07										
			計測値	112.1	10	-6.7	0.07										
C II-b	二川	従来	耐力	110.0	15	-18.0	0.10	NH-125	-245.0	0.003	67	281	93	441	15	64	21
			計測値	15.6	15	-1.6	0.10										
		高規格	耐力	170.0	10	-36.0	0.07										
			計測値	27.1	10	-6.5	0.07										
D I-a	二川	従来	耐力	170.0	18	-18.0	0.15	NH-125	-245.0	0.003	148	415	136	699	21	59	20
			計測値	6.2	18	-0.7	0.15										
		高規格	耐力	290.0	12	-36.0	0.10										
			計測値	10.6	12	-0.4	0.10										
D III a	原野	高規格	耐力	170.0	8	-36.0	0.20	HH-154	-440.0	0.00472	61	971	339	1,371	4	71	25
			計測値	3.7	8	-1.4	0.20										



(a) 設計耐力から得る部材内圧の比率



(c) 実測支保内圧の比率(収束時)



(b) 換算内圧図(初期～最終)

図-8 支保部材内圧の分析結果

分析の結果を図-8(a)～(c)に示す。

① 図-8(a)に設計上の耐力から求めた各材料の内圧の比率を示す。これに対し計測値から求めた換算内圧図-8(b)では、初期計測の時点ではDIパターンを除いて吹付けコンクリートの負担割合が従来に比べ高規格支保パターンの方が大きい傾向にあった。また、高規格支保パターンの応力が増えているトンネルもあるが、従来に比べて設計耐力は同等以上の余裕があるので問題のない値である。初期の吹付けコンクリートの内圧が従来支保パターンより大きくなったことは、第4章でも述べたとおり、掘削初期の段階では、高強度支保パターンの方が従来支保パターンよりゆるみ荷重に対する拘束効果が働いているものと考えられる。

② 図-8(c)の収束時の実測支保内圧の比率よりロックボルトに着目した場合、一部の塊状岩盤では設計上の部材内圧の比率より大きな比率となる結果もみられたが、全体的にボルト間隔を広げた高規格支保パターンの支保内圧の比率は従来と同様であった。

③ また、図-8(c)で鋼アーチ支保工の割合が大きくなる傾向がある。これは掘削後の地山側の荷重を鋼アーチ支保工がダイレクトに受けたため、吹付けコンクリートの分担が小さくなったと考えられる。表-6に示すとおり耐力的には許容内に収まっており、従来と高規格支保パターンの応力値もほぼ同等であった。

(3) 施工実績データによる評価

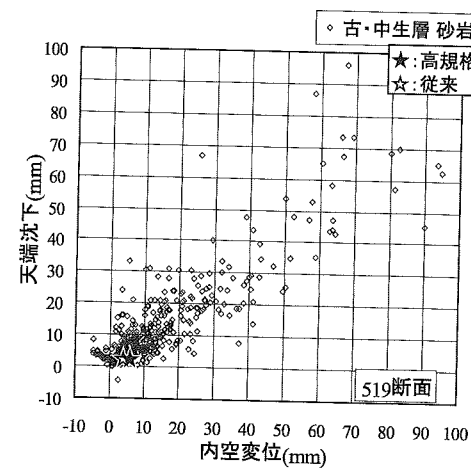
今回の試験施工を行ったトンネルを、既往の二車線トンネルの施工蓄積データを用いて評価を行っ

た。実績データのデータはNEXCO 東日本・中日本・西日本の共有システムである新・NATM データベースシステムで収集された約170本のトンネルの約35,000断面のシステムデータから比較対象データを抽出した結果、約7,300断面の比較対象データを用いた。試験施工トンネルごとの岩種に区分した変位実績データに、試験施工の計測値をプロットしたグラフを図-9(a)～(d)に示す。原町トンネルと飛驒トンネルは実績変位量程度であったが、占冠トンネルと二川トンネルは実績変位量よりやや小さい結果となった。

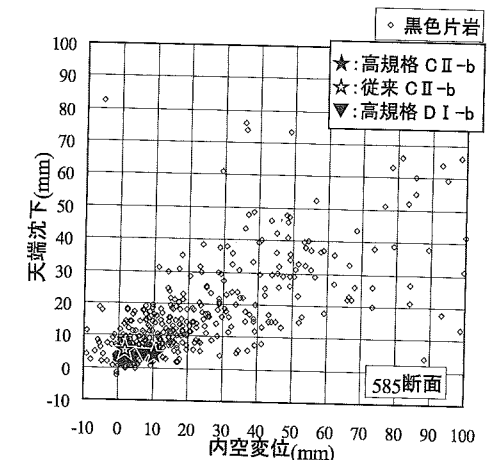
(4) トンネル周辺地山のひずみ分布による評価
高規格支保パターンによる地山内部の安定性に

ついて、ひずみ分布状況から検証した。試験施工の内空変位計測結果から、FEM 逆解析によりトンネル周辺地山のひずみを推定し、従来と高規格支保パターンの比較を行い、さらに推定したひずみと桜井ら⁹⁾により示された限界ひずみの範囲と比較した。その結果、下記の点が明確となった。

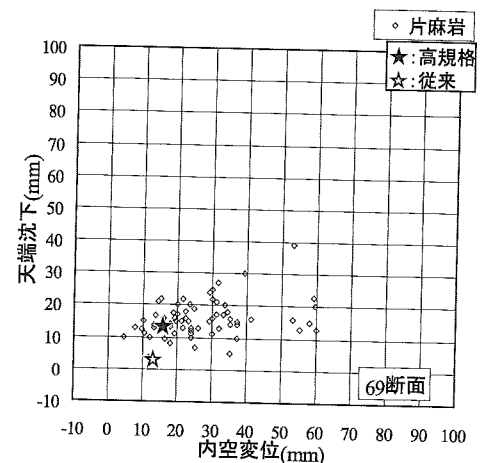
- ① 各パターンとも従来と高規格支保パターンで、ひずみ分布はほぼ同等である。
- ② 図-10より全体的には、限界ひずみと比べても地山のひずみは小さい。飛驒トンネルでは、変位量が比較的大きかったが、ひずみ分布範囲の中心に位置している。
- ③ 図-11のひずみ領域図では、下半側壁部か



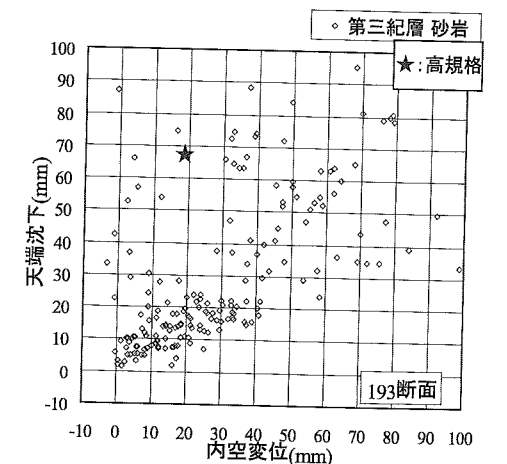
(a) 中生層砂岩(C I-a, 占冠トンネル)



(c) 黒色片岩(C II-b, D I-a, 二川トンネル)



(b) 片麻岩(C II-b, 飛驒トンネル)



(d) 新第三紀砂岩坑口部(D III a, 原町トンネル)

図-9 岩種別変位実績と試験施工トンネルの計測変位

表7 FEM逆解析によるひずみ領域の推定

支保パターン	TN名	区分	支保変更内容		岩石名	土かぶり	切羽評価点	逆解析結果		
			ロックボルト	吹付けコンクリート				地山弾性係数(N/mm ²)	限界ひずみ	ひずみ分布
CI-a	占冠	従来	ロックボルト	吹付けコンクリート	中生層砂岩	339m	CI-aパターン 支保選定の目安 55~70点	CI 1,000~5,000(2,000)	限界ひずみ $\log \epsilon_s = -0.25 \log E - 1.22$ 0.005	0.005以上4m
		高規格	ロックボルト軸方向の打設 間隔大(1.5m→2.0m), 筋力大(110kN→170kN)	吹付けコンクリート厚さ減 (10cm→7cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	中生層砂岩	345m	66点	CII 500~5,000(1,000)	0.005	0.005以上5m
CII-b	飛騨	従来	ロックボルト	吹付けコンクリート	片麻岩	652m	CII-bパターン 支保選定の目安 35~50点	CII 500~5,000(1,000)	限界ひずみ $\log \epsilon_s = -0.25 \log E - 1.22$ 0.008	ひずみ分布 0.008以上5m
		高規格	ロックボルト軸方向の打設 間隔大(1.5m→2.5m), 筋力大(110kN→170kN)	吹付けコンクリート厚さ減 (10cm→7cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	片麻岩	660m	42.8点	CII 500~5,000(1,000)	0.008	0.008以上4.5m
CII-b	二川	従来	ロックボルト	吹付けコンクリート	岩石名	土かぶり	CII-aパターン 支保選定の目安 35~50点	CII 500~5,000(1,000)	限界ひずみ $\log \epsilon_s = -0.25 \log E - 1.22$ 0.012	ひずみ分布 0.002以上1.1m
		高規格	ロックボルト軸方向の打設 間隔大(1.5m→2.0m), 筋力大(110kN→170kN)	吹付けコンクリート厚さ減 (10cm→7cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	黒色片岩	55.2m	46.25点	CII 500~5,000(1,000)	0.012	0.002以上2.5m
DI-a	二川	従来	ロックボルト	吹付けコンクリート	岩石名	土かぶり	DI-aパターン 支保選定の目安 20~40点	DI 200~2,000(500)	限界ひずみ $\log \epsilon_s = -0.25 \log E - 1.22$ 0.012	ひずみ分布 0.0015以上0.5m
		高規格	ロックボルト軸方向の打設 間隔大(1.2m→1.8m), 筋力大(170kN→290kN)	吹付けコンクリート厚さ減 (15cm→10cm), 強度大(18N/mm ² →36N/mm ²)	黒色片岩	37.3m	33.25点	DI 200~2,000(500)	0.012	0.002以上0.5m

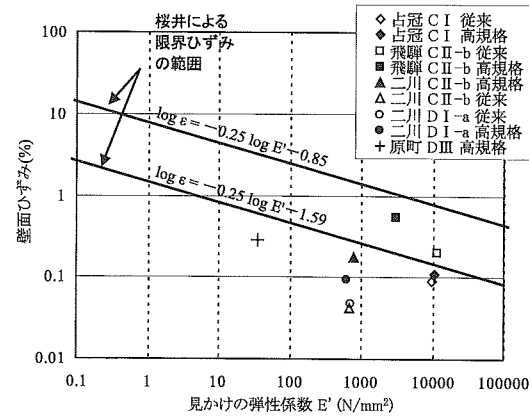
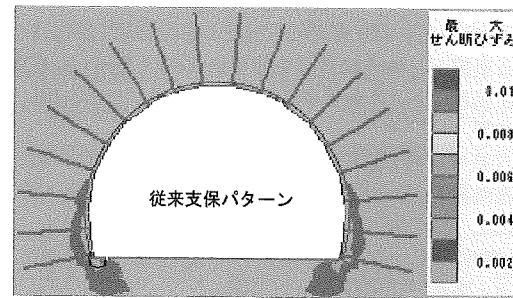
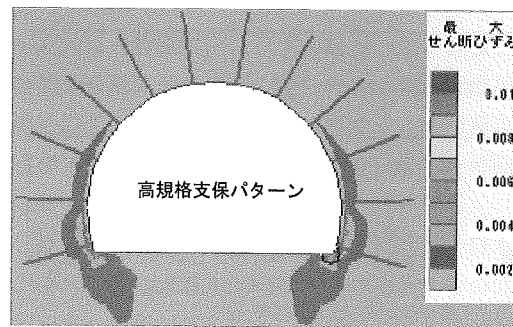


図-10 壁面ひずみと見かけ弾性係数



(a) 従来



(b) 高規格

図-11 最大せん断ひずみ分布

ら脚部への拡大は同様な傾向がうかがえる。二川トンネルのDI-aを代表例に示す。

6 高規格材料を用いることによる他の優位性

これまでに述べた、支保パターンに高規格支保材料を用いることによる特徴以外に、①大変形が生じた場合に、強度の高い材料を標準に使用しているため、増し吹付けなどの対策工に能力の高い

材料で、対処が可能となる。②変位抑制を目的とした早期閉合や高速施工と組み合わせた材料の適用効果が期待できる。

また経済性では、サイクルタイムの短縮や、コスト削減が期待できる。

7 まとめ

高速道路二車線トンネルにおける高規格支保材料を用いた支保構造の合理化・省力化について、試験施工の結果、以下の知見が得られた。

- ① 従来および高規格支保パターンの計測値は変位や応力レベルに比較的差が少なく、同等レベルの数値を示した。
- ② ロックボルトの耐力を1ランク増やして周方向間隔を広げ、吹付けコンクリートの強度を増やして厚さを薄くしたが、従来の支保構造とほぼ同等に機能することが確認できた。
- ③ 岩塊の抜け落ちに関しては、机上検討や試験施工の結果によりほぼ安全性が確認できた。
- ④ 高強度吹付けの変位抑制効果は、初期段階で従来吹付けよりも大きな応力が生じており、ゆるみの抑制に寄与しているものと推察される。

以上の試験施工の結果から、平成21年7月にNEXCO3会社の二車線トンネルの標準支保パターンが高規格支保に改訂された。二車線程度のトンネルで高規格支保材料を用いた支保パターンの標準化(表-8)⁷⁾は、国内初の事例である。今後は高規格支保パターンの施工データを継続して分析し、評価を行っていく。また、施工性や構造面など、さらなる効率化や改良点などを追及し、引き続き検討を行う予定である。

最後に本検討に際してご指導を賜った西村和夫・(社)日本トンネル技術協会支保構造合理化特別委員会委員長(首都大学東京教授)をはじめ各委員の方々、また、試験施工をご協力いただいた東日本高速道路(株)千歳工事事務所、相馬工事事務所、中日本高速道路(株)(旧)清見工事事務所、西日本高速道路(株)津山工事事務所、延岡高速道路事務所の関係者各位に深く感謝の意を表します。

表-8 二車線トンネルの高規格支保パターン(標準部)⁷⁾

地山等級	支保パターン	標準1掘進長(m)	ロックボルト					吹付けコンクリート(36N/mm ²) 厚さ(cm)	鋼アーチ支保工		覆工厚(cm)		変形余裕(cm)	掘削工法
			長さ(m)	耐力(kN)	施工間隔(m)		施工範囲		上半サイズ	下半サイズ	アーチ・側壁	インパート		
					周方向	延長方向								
B	B-a-H	2.0	3.0	170	2.0	2.0	上半120°	5	-	-	30	0	0	補助ベンチ付き全断面工法または上半工法
CI	CI-a-H	1.5	3.0	170	2.0	1.5	上半	7	-	-	30	(40)	0	
CII	CII-a-H	1.2	3.0	170	1.8	1.2	上下半	7	-	-	30	(40)	0	
	CII-b-H				1.8	1.2			NH-125	-				
DI	DI-a-H	1.0	3.0	290	1.8	1.0	上下半	10	NH-125	NH-125	30	45	0	
	DI-b-H	1.0	4.0											
DII	DII-a-H	1.0以下	4.0	290	1.8	1.0以下	上下半	15	NH-150	NH-150	30	50	10	

参考文献

- 1) 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株): 設計要領第三集, トンネル本体工建設編, pp.79-80, 99, 2006.
- 2) 八木弘・岩本英将・山本哲人・浅野剛・安井義則: 計測結果に基づく大断面トンネルの合理的支保パターンの提案について, トンネル工学報告集, 第16巻, pp.127-134, 2006.
- 3) (株)高速道路総合技術研究所: トンネルの効率的な

掘削技術に関する検討報告書, pp.3-5, 2008.

- 4) 清水雅之・中野清人・小川澄・中西昭友: 高速道路二車線トンネルにおける高規格支保パターンの適用性検討, トンネル工学報告集, 第19巻, pp.99-101, 2009.
- 5) (社)鋼材倶楽部 SFRC 構造設計施工研究会: 鋼繊維補強コンクリート設計施工マニュアル(トンネル編), p.31, 2002.11.
- 6) 櫻井春輔: NATM における現場計測と管理基準値, 土と基礎, Vol.34, No.2, 1986.

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



連載にあたって

明治初期に日本で初めて馬車・荷車が通行できる幹線道路として、奥羽山脈を横過し山形県米沢と福島を結んで新設された「万世大路」の途中に、近代の道路トンネルの嚆矢となり当時としては延長・掘削断面とも画期的だった栗子隧道が、日本人技術者の独力で建設された。

筆者は、この栗子隧道の建設経緯を通じ、画期的だった近代トンネル建設工事の様子を、本誌の第40巻、第6号で紹介した。

南画家・菅原白竜は万世大路の一連の建設工事の様子を描いたが、そのうちのひとつ栗子隧道福島側坑口の絵に「山神」の碑が見える。坑口前広場脇の土手に、「山神」の碑を配置して、その前には何やら膳に載せた供物が供えられている。

栗子隧道が建設されて以来約130年間、日本のトンネル技術は着実に発展してきたが、その間、トンネル技術者たちは高い精神性を備えて、トン

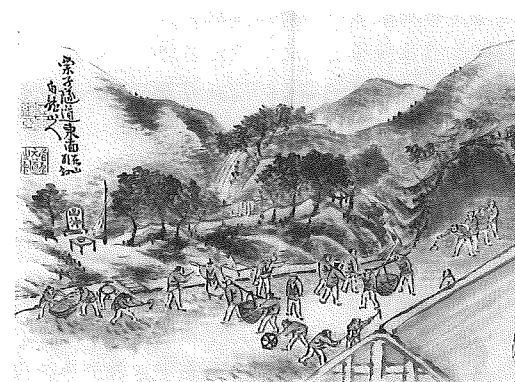


図-1 栗子隧道工事を見守る山神碑(絵の左端)⁷⁾

ネル建設に何かしら畏怖の気持ちをもってきたに違いない。

トンネル工事には、力学的に解析しづらい不確定性や予測し難い危険性が伴い、そこに働く工事従事者は山を一つのコスモロジー(小宇宙・意識空間)と捉え、そこに山の靈威を感じ、象徴としての山の神々に畏れと敬いの気持ちなど、慎み深い心をもってきたといえる。

昭和30年代以降、高度経済成長に合わせて、日本全国に新幹線や高速道路といった幹線交通ネットワークが整備され、多くのトンネルが建設された。その建設に携わった技術者たちが第一線を離れつつある今、トンネル工事従事者が有していた精神性の一端を把握し、その心象風景を捉えてみたいと考えた。

幸い(社)日本トンネル専門工事業協会に加盟する会員各社の協力を得て、長年トンネル掘削工事に携わった工事関係者を対象に、簡単なアンケート調査を行うことができた。

山で働く人々が信じる山の神や、金属鉱山や炭鉱での習俗を振り返りつつ、アンケートの回答結果をもとに、トンネル工事従事者の心象やその象徴である化粧木について考察した内容を6回にわたり連載して紹介する。

特段、トンネル工事に長く携わった経験もなく浅学な筆者が、限られた知見と情報をもとに、特定の職種の方々の心象を語ることに、少々無理があることを承知しながら、あえて誌面を借りてその一端に迫ることにより、多くの読者の体験・記憶を呼び起こし、トンネルを掘るという仕事の意

味合いを再度考えるきっかけになることを期待したい。

山の神への信仰、日本人と山の神

国土の約8割が山地の日本では、古く縄文時代から山や森で採集・狩猟を営み、弥生時代には水田に引き入れる水は山と森を源とするなど、その豊かな恵みに依存し、山との深いきずなを基調とする日本独特の文化が育まれてきた。

そして日本人はその恵みを与えてくれる身近な山や森に大きな霊威を感じ、その象徴としての山の神々を信仰してきた。

山の神は大地の蘇生力に対する信仰から発した神で、大地を母とも胎内ともする地的宗儀の神である地母神の一つで、人の生命さえも山を胎内として山より生まれ、人が死ぬと死霊は山に帰るという観念・信仰を生んだ。

こうして、山を異界とする観念が生まれ、神霊や死霊が鎮留する山々への立ち入りが厳しく禁止されたり、ときには「山の神」は荒ぶる恐るべき圧倒的なものとも信じられてきた。

山で働く人々と山の神

かつては、マタギと呼ばれ狩猟を生業とする猟師に代表される人々や、樵、木挽、木地師、炭焼きなど山で働く人が大勢いた。彼らの多くは、生活の場である山に対して神霊を感じ、自然神の一つとしてことのほか「山の神」の霊威を大事にして信仰してきた。

中でもマタギたちは、山の中はすべて山の神が支配するところで、狩りの獲物は山の神からの恵みと信じ、狩りに出かけるときは、すべて山の神のおぼしめしにかなうように行動した。

マタギは組をなして山に入り、狩りの前後には呪文を唱え、山の神に象徴される自然に畏敬の念を捧げ、厳しい山の作法を守って行動した。その作法は厳しく、山入りの間はさまざまな山の掟に従った。

彼らが信仰している山の神は醜い顔立ちをした女神で、醜魚のオコゼと男根が好きで、しかも、

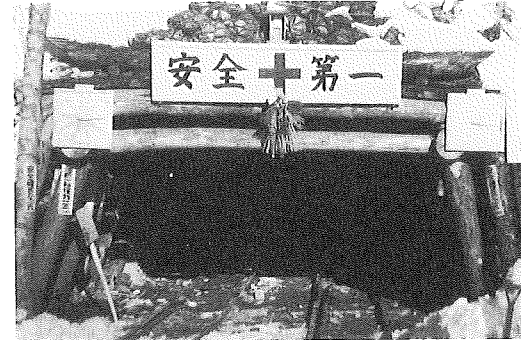


写真-1 山の神が意識され鳥居状に組まれた坑口(N氏提供)

大変嫉妬深いといわれている。さらにこの山の神は、きわめて喜怒哀楽の感情が激しく、機嫌がよければ獲物をたくさん恵んでくれるが、いったんその機嫌を損じると全く獲物の姿が見えなくなるばかりか、霧を発生させたり雪を降らせて道を迷わせるという。

土木工事と山の神

安政3(1856)年に現在の十和田市に建設された鞍山隧道のように、江戸藩政時代に各地で行われた灌漑水路用の隧道工事や、米沢藩が弘化3(1846)年から行った板谷街道の難所であった大沢・板谷間で実施した新道の開削工事をはじめ、大規模土木工事の安全祈願や工事完成を記念して、山の神碑が立てられた。そこには、工事関係者の名前が刻まれることもあった。

このように、「山神」の碑は、山に鎮留する山の神を鎮め安全を祈る気持ちをもって、工事が無事に竣工したことへの感謝を込めて、道路開削の記念碑的な意味を有していたとも思われる。各地の道路の旧跡に「山神」の碑を見ることができるのは、同様な理由だろうか。

トンネル掘削工事ばかりでなく、山の木を切り倒したり切土したりし、山の地形を改変して新道を開削するにも、当時は荒ぶる山の神を鎮め、作業を守護してくれる山の神への信仰が篤かったに違いない。一概にトンネル掘削工事だけでなく、広く土木工事全般に山神信仰が意識されていたのだろう。

鉱山からトンネル工事につながる山の神

明治以降に全国的に始まった鉄道整備を機に、各地でトンネル工事が本格的になったが、トンネル建設が緒についたばかりの日本では、専門のトンネル坑夫などいる由もなく、日本初の鉄道トンネル工事・逢坂山トンネルに生野銀山から鉱夫を呼び寄せたように、鉱山で働いていた鉱夫たちが活躍した。

彼ら鉱山で働く人々も古くから山の神を深く信仰していたといわれ、山で働く人々が信仰する山の神は鉱夫たちにも共有されていた。

こうした流れから、現代のトンネル工事従事者の多くにも、山で働く人々が祀る神様と同じ山の神の信仰が伝承したと考えると自然だろう。とはいえ、その経緯や鉱夫たちのかかわりの有無など、依然として不明なことが多いが、今後、土木技術史的・民族学的なアプローチによって解き明かされることを期待したい。

炭鉱・鉱山で働く人々と山の神

明治以降に本格的に開発された炭鉱でも、ヤマで働く人々は山の神を信仰した。七尾和晃によれば、炭鉱のいたるところに炭鉱の安全を守る「山の神」を祀る神社があり、炭鉱で働く者は、その宗教にかかわらず山の神を慕ったという。

その「山の神」神社に祀られているのは「大山 祇命」で、炭鉱に限らず金属鉱山も含めたヤマの神様はすべて愛媛県にある大山祇神社が祀るこの大山祇命に縁をもっているといわれる。

大山祇命の由来は古く、『日本書紀』に山の神「大山津見神」の誕生の記述がある。愛媛県の大山祇神社を始祖とするこの山の神が、各地のヤマに祀られるようになったのは、明治政府のもとで鉱区の許認可が統制され一元化された明治2(1869)年以降のことらしく、明治以後の近代になって、伝統的な民族宗教としての神道を改変して国家神道を作り上げた時期と重なる。神社に祀られる山の神様・大山祇命は、山で働く人々に信仰さ

れてきた神社の外にいて固有の名前をもたない「山の神」とは異質な神様である。

筑豊では、小規模の炭鉱にもそれに見合った小さな祠が置かれ、数千人からの従業員を擁する大山では、複数の鳥居と参道が設けられ社が建てられ、大山祇命が祀られた。

森崎和江は、炭鉱にさまざまな山の神の習俗や禁忌が伝承された経緯に、農業との兼業坑夫の多くが大きくかかわっていることを暗示している¹⁾。猟師や樵といった山で働く人々の「山の神」と鉱山・炭鉱で働いた坑夫たちに伝承した「山の神」とは連続しているものの、国家神道がつくりあげた神社に祀られる「山の神」はこれら両者とは異質な神である。

トンネル掘削従事者は、言うまでもなく、トンネル工事が終われば次の現場に移動し、炭鉱・鉱山で働く人々とは大きく事情が違ってムラを作ることなく、特定の場所に神社を建てて大山祇命を祀ることはなかった。トンネル掘削工事従事者が信じる山の神は、国家神道の影を感じる大山祇命ではなく、神社の外にいて固有の名前をもたない伝統的な「山の神」で、鉱山・炭鉱で働いた坑夫たちに伝承した「山の神」と同質な神なのだろう。

これまで炭鉱で働いた坑夫たちが信じてきた山の神を振り返ってきたが、彼らが伝承してきた禁忌・習俗の一部を列記してみよう。

- 一、黒不浄化と赤不浄。家族に死者または出産があった場合は3日間入坑しない。
- 一、動物、ことに犬の死骸を見た場合、入坑しない。
- 一、汁かけ飯は食べない。坑内弁当に魚類、天ぷら類は持参しない。また坑内での食べ物の残りは地上に持ち出さず、坑内に置いて上がる。
- 一、坑内で口笛を吹いてはいけない。手ばたきをしてはいけない。頬かむりをしてはならない。髪をといたり結んだりしてはいけない。
- 一、犬・狐を殺してはいけない。坑内のねずみは殺さない。

一。(金属鉱山の)坑内では、酒宴・食事をしない。

一。(金属鉱山の)坑内では、金はたき、たがねの空打ちをしてはならない。

このうち、「汁かけ飯を食べてはならない」という禁忌の理由を、森崎は「味噌汁をかけると、ミソをつけるに通ずるといい、またご飯の上にものを被せるのが落盤を思わせるからだというのがヤマの人々の解釈である。あるいは浸水の恐怖につながるから」と述べている。

また、「坑内弁当に魚類を持参しない」との理由に、山の神がオコゼを好み、オコゼを見れば我を忘れるという信仰とのかかわりを暗示し、「天ぶら類」は山の神の使者である狐が好きだからという言い伝えを紹介している。

さらに、山の神は、ちぢれた髪をしていて黒髪に嫉妬するから、「髪を解いたり結んだりしてはいけない」といい、「坑内での怪我人や死人は顔を隠して坑外に運び出したから」とか「落盤を知らせる天井のきしみがきこえないから」との理由から、坑内では「頬かむりをしてはならない」とも述べていて²⁾、後述するトンネル工事従事者の禁忌と相似している。

「山の神」の儀礼・習俗と安全祈願

山の神は山中異界の支配者であって、山で仕事をする人々は、許可をいただいてその支配の領内に立ち入り、狩猟や樵を行う。山仕事の人々は、こうして山の資源の一部をいただくのに、山の神の怒りに触れぬようにたえず気を配る必要がある。

そのため、山の神の儀礼のうちで古く素朴なものは、狩猟民をはじめとする山民たちの儀礼に深くかかわってきた。以下にその一部を列挙しつつ、合わせて、トンネル工事従事者の心象やトンネル工事での禁忌とのかかわりについて考えてみたい。

同性に反発する醜女の女性神

トンネル工事従事者の多くが、山の神は女性であるといい、しかも醜女であると信じている人が多い。掘削工事中のトンネルに女性を入れない理

由を、「醜女である山の神が、自分の領域に他の女性が入ってくると嫉妬して、山が荒れるから」とするのに通じている。いわゆる「同性反発」であり、女性が現場に近づくと嫉妬して、それまで加護していた男たちから山の神が離れるので、危険な目にあうともいう³⁾。

山で働く人々も、山を護る山の神は女性神でその加護を得て安全に仕事ができると信じている。彼らもこの女性神は醜女で嫉妬深いと信じている。東北地方のマタギたちは、女性が山に入ると山の女神が同性に嫉妬したり、月経を嫌って「山の幸」を授けなくなるからと、狩猟で山に入るのを男性に限ってきた。マタギたちの中には、妻の妊娠中に猟に出ると怪我をするという言い伝えもある。

このように、漁業や狩猟など、危険性が高い生業に携わる人々の間では、仕事から女性を排除する慣行があり、同じく危険な労働環境にあるトンネル工事従事者に連続している。

トンネル工事と女性忌避

トンネル掘削工事は、漁師や山で働く仕事と同様に、いつも危険と隣り合わせで、しかも自然の脅威を感じながら、常に緊張感を強いられる仕事である。そこでは、危険な場に女性を招き入れてはいけないとする女性保護の気持ちのほかに、そこに働く男性たちの緊張感を緩めがちな女性を遠ざけたいといった気持ちが含まれているのだろうか。

信仰にかかわる慣行の一つに、女性に対して社寺、山岳の霊地、祭場への立ち入りを禁じ、女性の参拝や修行を拒否する場合があります。「女人禁制」と呼ばれる。この女人禁制の成立理由として、女性に特有の月経や出産を血の穢れとし、それを不浄視することで、清浄な山岳や寺院への出入りを好ましくしないとする考えや、男性が世俗の欲望を断ち切る修行の場に女性がいると性的な誘惑を引き起こして修行の妨げになるからといった説明がなされてきた。

江戸時代初期、幕府が公布した「御山定書五三ヶ条」の中に、「不浄ノ婦人出入リ無用ノコト」

との禁止事項があり、当時、鉱山の採掘現場に女性が入坑することを禁じた。こうした当時の入坑制限の意図は定かではないが、明治以降の近代トンネル建設工事に引き継がれたとも想像される。

トンネル工事の場合にも、この社寺や山岳霊地における女人禁制と同様に、トンネル坑内を女性の立入りを禁止する聖域ととらえた「山の神」信仰と重なると考えられる。

また、かつてトンネル坑夫は、妻が月経の間、化粧木作りに携わらないばかりか、坑内にも入らなかったともいうが、トンネルの工事安全祈願から逸れるので、これ以上立ち入らない。

産育神、殖産神的な山の神

山の神は女神であるが故に、女性が山に入るのを嫌うことは前述したが、出産や月経といった血の穢れをとくに忌むともいう言い伝えがある一方、山の神は、殖産神的な性格が強く、山の神と産婦あるいは出産は強く結び付いている。そして山の神はお産を守る神・産神ふぶがみでもあり、安産の神として厚く信仰されている。

トンネル工事従事者の中に、「妻が出産したときは、一週間入坑してはならない。山が荒れるから」という人や、「妻が妊娠中は入坑しない」と話す人がいる。前者の「一週間」とは、出産を忌みとして、忌み明け(ヒアキ)は7日とされていることに通じ、後者は妻の妊娠中に猟に出ると怪我をするというマタギの言い伝えに通じる。

妻が妊娠した場合、数か月間も坑内で働けないことになり、現役のトンネル工事従事者の中には、トンネル工事の一般的な禁忌として妻の妊娠・出産時の入坑抑制を挙げる人は少ないが、出産に関係した禁忌は根強い。実際に妻が出産してから3週間という長期間入坑を避けたという人がいる。

また、貫通点の小さな石(貫通石)は安産のお守りとして有効で、これで妊婦の腹をなぞると安産できるともいわれ、山の神を産神だとする伝承とのつながりも想像できるが、その由縁はわからない。山で働く人々の伝承・習俗に「石」にまつわる話はなく、山の石を出産・産婦につなげる貫通

石はトンネル工事従事者ならではの伝承である。なお、貫通石は、人が跨ぐ前の石しかご利益がないとの指摘もある。

男根を好む山の神

民族学者萩原秀三郎は、山中異界に入るに男子は生殖器である男根を示す必要があるという。狩猟を行うマタギは、男根を山中で露出して女神を喜ばせて豊猟を祈願したりする。男根の生殖力を示すことによって、女性である山の神の豊饒力や生命力・生産力を増やそうとのことで、殖産神的な性格が強い山の神が裸の男姿や男根を好むとの伝承に密接に関係している。

他方、長くゼネコンに勤務した技術者の一人は、トンネル工事の禁忌の一つに、「トンネルの中では男根を曝してはならない。山の神が暴れてトンネルが崩れるから」と述べている。トンネル工事では、反対に男根を曝してはいけないというのだ。

アンケート調査に、「切羽・坑口で小便を絶対してはならない。坑口は神社の真正面であり、小便をすると坑口が崩壊する」と回答した者がいるが、これも元々は「男根を曝してはならない」との禁忌と結びついているのかもしれない。

一方、鈴木正崇はその著で⁴⁾、トンネルの入口の横に、男根状の石を置いて山神を和めたりしたというが、トンネル工事従事者からは、そのような証言は得られなかった。

危険と隣り合わせのトンネル掘削現場では、トンネル工事従事者による山の神への信仰は、工事の安全確保と強くつながっているが、他方で、豊饒力や生産力とのつながりは疎く殖産神的な性格が薄らぎつつあるのだろうか。現役の工事従事者で、出産・産婦・生殖器にかかわる禁忌を語る人は少ない。

森崎和江は「炭鉱以外の山の神は、男好きな女神で、エロスにみちていて、そのエロチシズムは、よみがえりとか再生とかいった生産・生殖の連続性を象徴しているが、他方、坑夫の語る山の神にはエロスがなく、生産を生殖と重ねてきた伝統が切れている」⁵⁾という。

トンネル坑夫をはじめとするトンネル工事従事者と炭鉱坑夫との譜系は明らかでないが、やはりトンネル工事従事者が語る山の神にもエロスが感じられない。

犬とトンネル

古くから人間と共同生活を営んできた動物の中でも、犬は古くから狩猟などに活躍し重要な役割を果たすとともに、犬のすぐれた忠誠心は人間との強いつながりを育んできた。同時に、犬が「ここ掘れワンワン」と地下界から金銀財宝を掘り出す超能力を発揮する昔話や民話などにみられるように、犬はその本性として備えているすぐれた嗅覚などから、特別な霊力をもつと考えられてきた。

山で仕事する人々にも、犬は霊力をもち不思議な神通力を発揮する霊的存在であり、犬はこの世とあの世の境界にあって道案内を務めると信じられている。

トンネル工事従事者の間にも、犬にかかわる伝承がある。犬に関連する直接的な禁忌として、「坑内に犬を入れてはならない」「飼う犬が死んだり、死んだ犬を見つけたら、その日は坑内に入らない」「犬などの毛皮を身に付けては入坑してはならない」という工事従事者がいる。

また、中には、トンネル工事での禁忌の理由を犬にからめて、「山の神様は雌犬で、女性が山に入ると犬神が嫉妬して怒る」「口笛を吹くと、犬がはしゃいで山が荒れる」「口笛を吹くと、犬が尻尾を振り山が崩れたり危険を招く」などと話す者がベテラン工事従事者を中心に少数ながらもいる。

一方、犬はその嗅覚の鋭さで地下水脈を察知する霊力をもっているとの話も多いが、地下水と密接なトンネル工事ながら、トンネル工事従事者の間からは、そうした犬の霊力を感じさせる伝承は聞かれない。

歌・謡曲を好む山の神

山で仕事をする人々の間には、「山に入ったら謡をうたうな」とか、「山では、口笛を吹いてはならない」「夜になったらオソ(口笛)を吹くな」

と戒める伝承・習俗がある。

トンネル工事従事者の間にも、「トンネルの中で口笛を吹いてはならない」といい、その理由として、「(木製)支保工にヤマの荷がかかると、支保工がきしんで鳴くことを想起させるから」という。

夜に口笛を吹いたり騒いだりすることへの戒めは、広く平安時代の陰陽道の精神までさかのぼることができるという。夜、すなわち闇は魍魎(妖怪変化)が活動する世界である。そのため平安時代の人々は夜に外出することさえ嫌った。そして、祭りで笛を吹いて神霊の降臨を祈るように、笛の音は相手を「呼ぶ」行為につながる。つまり、夜に口笛を吹くと、魍魎が跋扈する時間に、彼らと呼ばれ寄せることになるからだ。

トンネルの中は言うまでもなく、本来、陽の光が入らない闇の世界である。トンネル工事では、この闇の世界に住まう魍魎を招き寄せることになる口笛を禁じたとも想像されるが、陰陽道の精神と山の神の禁忌とのつながりは定かでない。

猟師や炭焼きなど山で働く人たちにとって、山は生活の場であるとともに、一歩間違えば死につながる厳しさをもっている。そのような山中で歌を歌ってはいけないという。山に響くから、獲物が逃げるから、気が緩むからとも、山の神は歌や謡が好きなので、うっとり聞きほれて、人間を守ってくれるのを忘れるからというのだ。さらに、みだりに拍手したり高笑いするなど、浮かれ気分を厳しく諷めている。

危険と隣り合わせである工事中のトンネル坑内でも、歌、拍手、高笑い、口笛といった気の緩みともとれるこうした行為が厳しく禁じられてきたとの証言があり、山で働く人々の禁忌と重なることが多く、工事の安全確保に大きな意味をもっていたに違いない。

トンネル工事における禁忌

トンネルで働く人の間で、「朝からご飯にみそ汁をかけて食べるな。山が崩れてくる」といった戒めがよく知られている。このように、大勢に知られている禁忌のほかに、山仕事をする人たちに

伝わる「槌(鉄)と槌(鉄)を打ち合わせるな」「山ではほおかむりするな」といった禁忌も、一部のベテラン工事従事者はトンネル工事にも当てはまると肯定している。

そのうちの一人は、坑内で死亡事故が発生し、死人を外に運び出すとき、槌を打ち合わせながら、亡くなった同僚に「今から出すよ」と声をかけ、このとき、槌の音は澄み切って冷たく遠くまで響くという。

炭鉱坑夫の間でも、前述したとおり「汁かけ飯を食べるな」とか「金はたき、たがねの空打ちをしてはならない」と戒められていたといい、やはり炭鉱の禁忌とのつながりを感じる。

山で働く人々の伝承・習俗にはみられず、トンネル工事従事者独自のものとして、ベテランのトンネル工事従事者の間に次のような禁忌が伝わる。

- 一. 朝帰りした(交情を交わせた)日は、トンネルに入坑してはならない。
- 一. トンネルの中では走ってはならない。
- 一. トンネル内では大きな声を出してはならない。
- 一. 赤い布や赤い服は避けるべき。
- 一. 汚れた下着を着けて入坑するな。
- 一. 四足の動物を刃物や銃で殺してはならない。
- 一. ネズミをいじめたり殺したりしてはならない。
- 一. 食事中に、飯に箸を立ててはならない。
- 一. 賭けごとで大当たりした場合は、トンネル作業を休むべき。

これらは、いずれも山の神との直接的な因縁・関係はみられない。危険な作業現場で浮かれた気分を諷めるための伝承であったり、めったにない「大当たり」が起きたときや、山の神の使者であるネズミが列をなして移動しているのを目撃したときは、めったにない事故・災害が起こるかもし

れないといった験を担いだものと思える。

日本人の多くは、日々の暮らしの中で不浄を避けて身を慎み、神に近づくために身体を浄めて穢れを取り除く努力をしてきた。しかしいつの間にか、これらの努力である「忌み」は、単に「してはならない」という禁忌として強調されるようになり、やがては「禁忌を破れば、こうなる」という制裁の「脅かし」が強調され、禁忌の抑止力が強化されるようになった。

トンネル掘削工事においても、当初は工事の無事完成を祈って山の神に近づこうとした「物忌み」が、仕事に対する具体的な気構えを説くさまざまな禁忌を生んだのだろう。

今でこそ、危険な作業現場にさまざまな安全管理手法・プログラムが導入され安全教育に大きな成果を上げているが、かつては「これこれを行うと山が荒れる」といったわかりやすい戒めを含んだ禁忌こそ、もっとも基本的な安全教育の一部だったとも考えられる。

アンケート調査への回答者の一人は、「身を慎み、我が身をきれいに保持することによって安全を確保しようとするのが、トンネル工事従事者の心掛けである」と、普段の工事にあたり、不浄を避けて身を慎み、身体を浄めるといった「忌み」の心掛けを説いているのが印象的である。

参考文献

- 1) 高田源蔵：鉱夫の仕事，無明舎出版，1990.4.
- 2) 森崎和江：奈落の神々 炭鉱労働精神史，平凡社，1996.7.
- 3) 鈴木正崇：女人禁制，吉川弘文館，2002.3.
- 4) 佐々木高明：山の神と日本人，洋泉社，2006.2.
- 5) 鈴木正崇：女人禁制，吉川弘文館，2002.3.
- 6) 森崎和江：奈落の神々 炭鉱労働精神史，平凡社，1996.7.
- 7) 栗子隧道十二景菅原白竜画帳，福島県立図書館蔵。

土木情報 No.445

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	上湯原地区函渠他	瑞穂建設	133
日本下水道事業団	長野市運動公園雨水調整池建設その2	銭高・北野JV	141.5
東京地下鉄	有楽町線小竹向原・千川間連絡線設置向原工区	佐藤・熊谷・大日本JV	2,370
〃	〃 シールドT工区	熊谷・佐藤・大日本JV	2,111
〃	〃 千川工区	清水・前田JV	1,690
千葉県	高度浄水施設建設に伴う造成及び雨水調整池築造	飛鳥建設	264
都・水道局	世田谷区桜新町二丁目地先から同区弦巻二丁目地先間配水本管(900mm)布設替	石川徳・中嶋JV	432
都・下水道局	溜池幹線整備その2	森本組	560
〃	弁天町幹線再構築その2	伸幸	163.52
〃	千川幹線再構築その8	浅沼組	429
〃	台東区三筋一、二丁目付近再構築その2	エムテック	226.85
〃	文京区根津一丁目、千駄木二丁目付近再構築その2	大豊建設	301
〃	港区西新橋二丁目、新橋四丁目付近再構築	土屋道路工業	105.9
〃	新宿区若松町、河田町付近再構築	八幡建設	232.54
愛知県	日光川下流域下水道事業管きょ布設(須依工区)	加藤・海部・ワシノJV	710
大阪府	送水管布設(上小阪枚岡系統連絡管・東大阪市)2工区	戸田建設	977.4
鹿児島県	道路改築網野子T網野子工区	大成・植村・安田・福永JV	3,071
〃	〃 役勝工区	前田・久保・町田・伊東JV	2,993.6
日立市	工第水22-3-1号、市水道事業第4導水管布設替	日立土木・スペンサー工業JV	103
蕨市	錦町雨水管渠築造(22-1工区)	東亜建設工業	129.3
三芳町	藤久保第5区地内雨水管布設(1工区)	東武谷内田建設	112.51
川崎市	川崎港海底T本体改良その8	鹿島・五洋JV	275
上越市	公雨補22-48-44号御殿山雨水幹線358	加賀田・田中JV	229
高松市	中部バイパス第3幹線	西松・田村JV	1,938
高知市	長浜6号雨水幹線管渠築造	轟・須工ときわ・築山JV	420

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

- 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。
 - 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)。
 - 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。
 - 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。
 - 原稿は、原則として返却いたしません。
(注:「現場だより」の投稿は受け付けておりません)
- 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)

連載講座

ずり処理入門(7)

—発生土の運搬方式・その他の運搬方式—

「ずり処理入門」連載講座小委員会

① はじめに

本連載第3～6回では、発生土の運搬方式として、一般的に採用されている、あるいは比較的採用事例の多いタイヤ方式、レール方式および連続ベルトコンベヤ方式について説明してきた。本稿では、特殊事例ということで、比較的採用事例の少ない下記の運搬方式について説明する。具体的には、

- ・空気カプセル輸送
 - ・流体輸送
 - ・キブルによるずり運搬
 - ・垂直ベルトコンベヤによるずり運搬
 - ・スキップによるずり運搬(インクライン方式)
- のそれぞれについて、主に施工事例を取り上げ概説する。

今回取り上げる運搬方式を、適用条件別に整理すると表-1のようになる。そのほとんどが、山岳トンネルとしては特殊な施工条件(立坑や斜坑を

表-1 適用条件とずり運搬方式

適用条件	発生土の運搬方式
鉾山における石灰石の輸送など	空気カプセル輸送
小断面のTBM	流体輸送方式
立坑掘削	キブルによるずり運搬
立坑からのトンネル掘削	垂直ベルトコンベヤによるずり運搬
斜坑掘削	スキップによるずり運搬

含む)に属するものや、新しいずり出し方式の試行的なものである。

② 空気カプセル輸送システムによるずり運搬

2-1 空気カプセル輸送システムの概要

空気カプセル輸送は、車輪付きのカプセルにずりなどの荷を積み込み、このカプセルを数個連結した状態でパイプの中を低圧気流に乗せて搬送する輸送方式である。

国内では、1970年代後半に、北海道の製鉄所内で生石灰の輸送に使用された¹⁾のが最初である(現在は使用されていない)。1980年代前半には、栃木県の鉾山での石灰石の輸送に使用され、こちらは、現在も使用されている²⁾。トンネル工事としては、1991～2003年の間に2件と採用実績は少ない。タイヤ方式やレール方式と比較して設備費が高く、使用期間が限定される建設工事では、経済的にデメリットとなるケースが多いことが主な要因と考えられる。以下に、空気カプセル輸送システムの特徴を示す。

- ・積荷を連続的に定量輸送できる
- ・長距離輸送が可能で、斜坑や立坑にも適用できる
- ・自動運転による省力化が期待できる
- ・環境への影響が少なく、安全性も高い

2-2 施工事例

ずり運搬に空気カプセル輸送を採用したトンネ

ルの施工事例として、鉄道トンネル工事と立坑を伴う下水道工事の2件について紹介する。

2-2-1 北陸新幹線秋間トンネル工事

(1) 工事概要

秋間トンネルは、高崎・軽井沢間のほぼ中央に位置する延長8,305mのトンネルである。

工事は、東・中・西工区の3工区に分割して施工され、このうち起点側の東工区において、シールド(長さ15.8m)によって保護された空間の前面で行う機械によるトンネル掘削とその後部で行わ

表-2 工事概要表

工 事 件 名	北幹・秋間T(東)工区
工 事 場 所	群馬県安中市
工 期	平成2年3月～平成7年3月
掘 削 方 式	機械掘削方式(自由断面掘削機)
掘 削 工 法	ECL工法
掘削断面積	約88m ² (仕上がり内径6.5m)
延長ほか	工区延長2,600m, 縦断勾配3%

れる現場打ちの覆工を一連の施工工程に組み込んだ大断面のECL工法と、掘削ずりとコンクリートをカプセルで搬送する空気カプセル輸送が導入された。

建設工事における慢性的な労働者不足と高齢化が進む中で、工事の省力化、効率化、作業環境の改善、安全性の向上を目指したトンネル工事の機械化施工が実施された工事である³⁾。

(2) 空気カプセル輸送システムの概要

本工事では、切羽で発生したずりをカプセルで土捨て場まで直送し、その帰り便で生コンクリートを積み込み、坑内の覆工施工箇所までカプセルを運搬する方法を採用している。

本工事の空気カプセル輸送システムは、「カプセル車」「坑内ステーション」「坑口ステーション」「土捨て場ステーション」「坑内外管路」の五つの要素からなる設備で構成され(図-1)、その各々の概要は以下のとおりである³⁾。

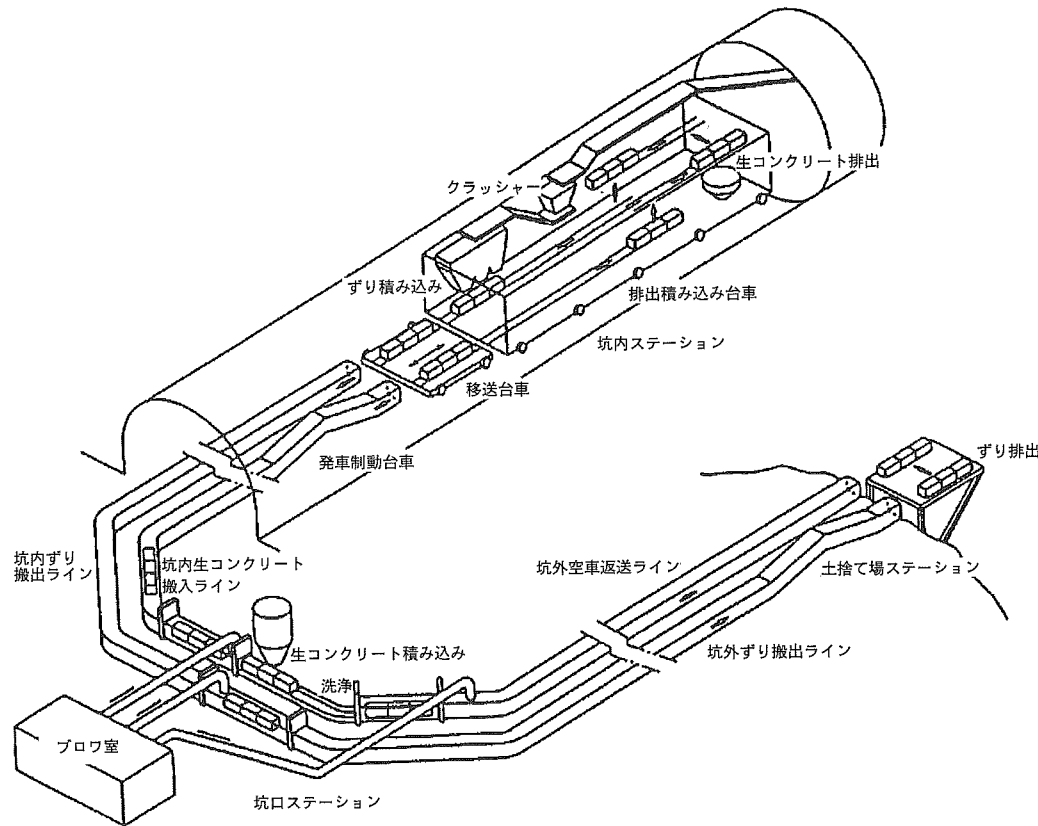


図-1 空気カプセル輸送システムの例

1) カプセル車(写真-1)

掘削ずりおよびコンクリート材料を運搬する列車は3両編成で、1列車(3両)で3.3m³を積載できる。約2分半の間隔で走行し、運行速度は約25km/hである。

2) 坑内ステーション

坑内ステーションは、ずりの積み込みおよび覆工コンクリート材料の取り出しを行う基地で、ECL機の進行に伴って切羽側に移動するため、固定している発射制動台車と切羽側の排出積み込み台車を、移送台車が往復する仕組みとしている。

3) 坑口ステーション

坑口ステーションは、カプセル車の洗浄、コンクリートの積み込み、カプセル車の発射制動を行う基地で、この基地にカプセル搬送の主要な駆動源である空気ブロワがすべて設置される。

4) 土捨て場ステーション

土捨て場ステーションは、坑口ステーションを経由してずりを積載して走行してきたカプセル車の制動と、カプセルからのずりの排出および空車

の発射を行う基地である。ここでカプセル車は、トラバサ(横方向に移動して走路を切り替える遷車台)により水平移動して往路から復路に車線を変え、ブロワ(容量380~520m³/min)の吸引気流により坑口ステーションへ返送される。

5) 坑内外管路

坑内管路は、鉄筋コンクリート製のプレキャストボックス(内空90×90cm, 長さ2.0m)をボルトで緊結した2連構造である。トンネルは上り勾配で掘削しており、ずりを積載したカプセル車は下り3%勾配でボックス内を重力走行する。管路は、掘削に伴い延伸敷設する。

坑口ステーションと土捨て場ステーションをつなぐ坑外管路(写真-2)の延長は約2.7kmである。ルート上には、県道、河川などが存在し、起伏に富む地形のため、管路敷設は、高架、埋設、トンネル、地表と種々な形態をとっている。また、管路構造は、曲線などの特別な部分は鋼製とし、一般部は坑内管路と同じRC製としている³⁾。

2-2-2 沼隈幹線(6工区-1)管渠工事

(1) 工事概要

当工事は、広島県芦田川流域下水道事業の一環として、広島県沼隈郡沼隈町から福山市鞆町までの沼隈幹線管渠工事(掘削外径φ2.32m, 施工延長3,409.2m)を、TBMで施工したものである。深さ30.7mの立坑を掘削した後、その底部から下り勾配(0.06%)のトンネルをTBMで掘削している⁴⁾。

横坑の掘削ずりは、立坑下部までをサーボロコでけん引した1.0m³積みのずり鋼車(6両編成)で搬送し、立坑下部から地上の土砂ピット(立坑真

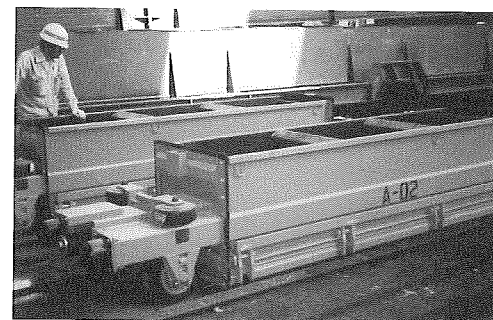


写真-1 カプセル車

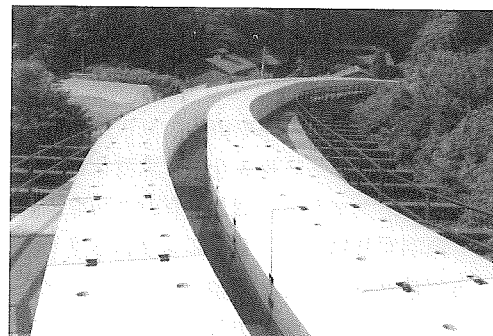


写真-2 坑外管路

表-3 工事概要表

工 事 件 名	沼隈幹線(6工区-1)管渠工事
工 事 場 所	広島県沼隈郡沼隈町～福山市鞆町
工 期	平成12年9月～平成16年3月
掘 削 方 式	機械掘削方式
掘 削 工 法	TBM工法
掘削断面積	TBM: 4.2m ² (φ2.32m)
仕上がり径	φ1.35m(二次覆工は別途工事)
延 長	全 長: 3,409m TBM掘進延長: 3,353m

横)までを空気カプセルで搬送している⁹⁾。以下に、本工事で使用した空気カプセル輸送システムについて概説する。

(2) 空気カプセル輸送システムの概要

本工事の立坑部では、ずり鋼車で立坑下まで搬送したずりをエプロンフィーダホッパに投入し、計量後に容量1m³のカプセルに積み替え、立坑に設置した輸送管路を通して発生させた気流により地上まで鉛直輸送するシステムを採用した(図2, 3)⁹⁾。

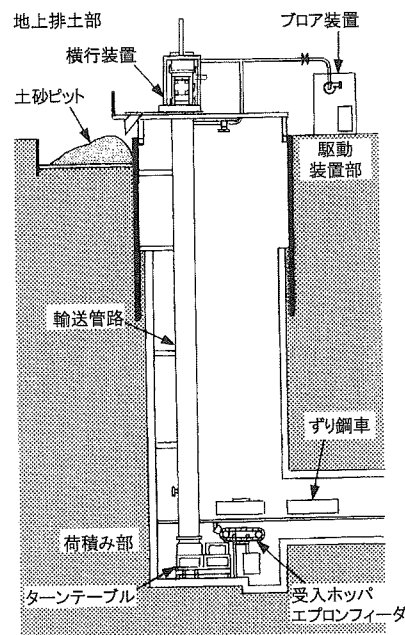


図-2 空気カプセル輸送システムの概要

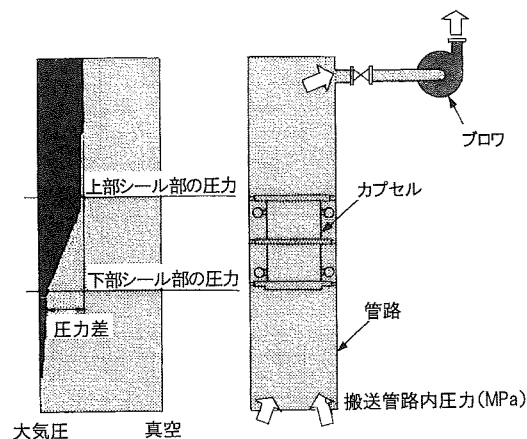


図-3 空気カプセル輸送システムの動作原理

2-3 将来展望

空気カプセル輸送は、環境負荷低減型で安全性の高い運搬方式であることから、経済性の面を除けば、非常に有用性の高い運搬方式であるといえる。

立坑工事では、現在キブルやスキップを用いた積荷の搬出入が一般的となっているが、安全性を確保するために、大掛かりな設備や吊りロープなどの定期メンテナンスが必要となることに加え、深度が増すごとにサイクルタイムが長くなり、輸送効率の低下を招く問題がある。近い将来、高レベル放射性廃棄物の地層処分をはじめとして、大深度地下構造物構築の需要が高まることが予想され、その場合には、立坑でのずり運搬方式として、上述の問題を解決できる「空気カプセル輸送」が有望視されるものと考えられる。

③ 流体輸送システムによるずり運搬

3-1 流体輸送システムの概要

山岳トンネルでは、トンネル内空断面が小さく、連続ベルトコンベヤ方式ではずり搬出が困難となる場合に流体輸送システムが採用される。

流体輸送システムは、掘削したずりをパイプラインにより直接坑外まで搬送するもので、掘削作業とずり搬出作業が同時に、かつ連続的に行われる。

ずり処理設備は、スラリー輸送システムと土砂分離システムの二つのシステムで構成される。

3-1-1 スラリー輸送システム

スラリー輸送システムのずり処理フロー(図-4)は、おおむね以下のとおりである。

- ① 発進基地に設置した調整槽から送水ポンプ(P₁)および駆動水ポンプ(P₀)により水をジェットポンプに送り込む。
- ② ジェットポンプによりバルクヘッドの掘削ずりをクラッシャに送り込む。
- ③ 掘削ずりはクラッシャにより、スラリー輸送可能な大きさ(2~3cm)まで破碎され、エア抜きタンクを経由して排泥ポンプ(P₂)により坑外の土砂分離設備まで送られる。

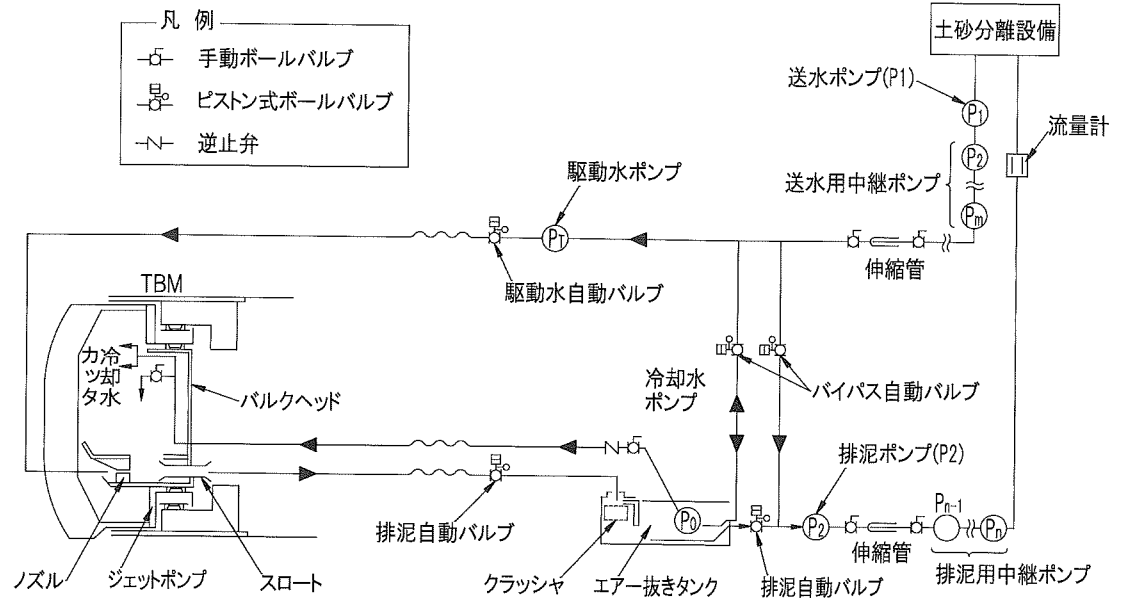


図-4 スラリー輸送システムのずり処理フロー

④ トンネル進行に応じて、送水・排泥ポンプを適宜増設する⁹⁾。

3-1-2 土砂分離システム

スラリー輸送システムにより排泥された掘削ずりは、坑外に設置した土砂分離システムによりずり(74μm以上の粗粒分)と泥水に分離される。分離された泥水は、調整槽内で74μm以下の細粒分の調整(低減処理)が行われ、再びトンネル内に循環される。なお、細粒分の低減処理は一般にシックナーでフロック化する方法で行われるが、地質性状により処理量が大きく変化するため、計画時には十分な検討が必要となる⁹⁾。

3-2 施工事例

3-2-1 新潟・仙台ガスパイプライン二井宿トンネル建設工事

TBM工事における急勾配で自然流下を併用した流体輸送方式の適用事例として、石油資源開発(株)による新潟・仙台ガスパイプライン建設工事の施工事例を紹介する。

(1) 工事概要

ガスパイプライン建設工事の一環で施工された二井宿トンネルは、延長1,020.6m、掘進径2.3mのトンネルで、山形県高畠町二井宿を発進坑口とし

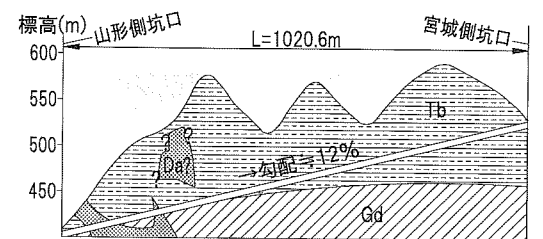


図-5 二井宿トンネル地質縦断面図の模式図

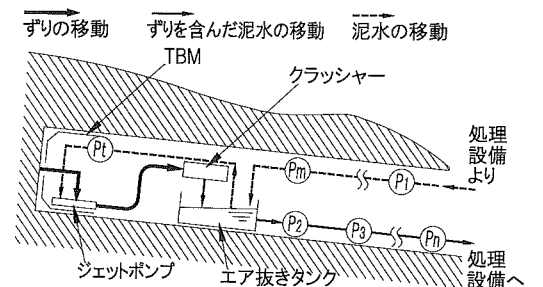


図-6 一般的な流体輸送システムの概念図

て、掘進方向に12%の上り勾配で、宮城県境付近に到達する(図-5)。使用されたTBMはフルシールドタイプで、掘削ずり搬出には流体輸送方式が採用された⁹⁾。

(2) 流体輸送システムの概要

一般的な流体輸送システムの概念図を図-6に示

す。カッタヘッドにより砕かれた岩石は、まずチャンバ(カッタヘッド内側のずりが取り込まれる空間)下方に設置されたジェットポンプに取り込まれてクラッシャに送られる。ここで一定サイズ以下に砕かれたずりは、エア抜きタンクに投入される。タンク底部にはずり搬出口が配置され、掘削ずりはここから泥水とともにP₃ポンプに吸い込まれ、P₃~P_nポンプを経て、坑外の泥水処理施設へ圧送される。

しかし、本工事のような急勾配のトンネルでは、P₃~P_nポンプで発生する負圧を要因とするポンプの機能障害が懸念されたため、P₃~P_nポンプによる圧送は行わず、開水路を用いた自然流下による流体輸送を適用することで、ポンプの機能障害を回避した。

具体的には、あらかじめ開水路による輸送能力の確認実験を行い、泥水流量(1.9m³/min)、鋼管の呼び径(8インチ以上)、土砂体積濃度などの必要条件を確認し、8インチの鋼管による自然流下で対応した⁶⁾。

④ キブルによるずり運搬

4-1 キブルによるずり運搬の概要

立坑工事では、一般にキブルを用いたずり運搬が行われる。シャフトマッカーやショベルなどのずり積み込み機械で、掘削ずりをずりキブルに積み込み、これを坑外に設置した巻き上げ機で巻き上げ、立坑櫓内に設置された転覆装置で転倒し、ずりを坑口の捨て場へ放出する。なお、使用設備や具体的なずり処理方法については、以下の施工事例で説明する。

4-2 施工事例

4-2-1 瑞浪超深地層研究所研究坑道掘削工事 (A工区その1~その4)

ここでは、大深度地下構造物構築工事におけるキブルによるずり運搬事例として、瑞浪超深地層研究所研究坑道掘削工事(A工区その1~その4)の施工事例を紹介する。

(1) 工事概要

工事概要を表-4に示す。

表-4 工事概要

工 事 件 名	超深地層研究所研究坑道掘削工事 (A工区その1~その4)
工 事 場 所	岐阜県瑞浪市明世町山野内 1-64
工 期	平成15年3月12日~平成24年3月15日
掘 削 工 法	主立坑：ショートステップ工法および NATM 水平坑道：NATM
掘 削 方 式	発破掘削方式
掘削断面積	約42m ² (仕上がり内径6.5m)
主要工事数量	主立坑 L=500.2m 地上設備一式

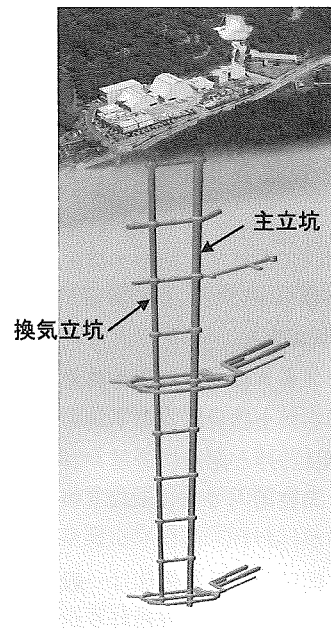


図-7 瑞浪超深地層研究所イメージ図

※坑道の位置や長さなどは計画であり、地質環境や施工条件などにより決定される

当該立坑は、日本原子力研究開発機構が岐阜県瑞浪市に瑞浪超深地層研究所を設置し、深地層の研究を行うことを目的として現在建設中である。

地下研究施設のレイアウトを図-7に示す。立坑は、主立坑(仕上がり内径6.5m)と換気立坑(仕上がり内径4.5m)からなり、立坑中心間距離は40mである。また、それぞれの立坑は連絡坑道でつながれ、研究用の坑道の設置が計画されている。ここでは、主立坑におけるずり運搬について述べる。

(2) ずり処理設備の概要

本工事の立坑設備のうち、ずり処理に使用される設備は、下記のとおりである。

- ・立坑櫓(バックステー柱脚あり)
- ・巻き上げ機
- ・ずりキブル
- ・ずりキブル転覆装置
- ・ずり仮置場

立坑櫓と巻き上げ機を図-8に、その仕様を表-5にそれぞれ示す。

立坑は1,000m程度の深さを計画していることから、ずりキブルやスカフォードに使用するワイヤーロープも、この深さに対応できる長さが必要となる。

スカフォードは常に櫓からワイヤーロープで吊り下げている状態であり、キブル用も含め、ロープ交換作業に数箇月の期間を要することから、ワイヤーロープは当初500mの延長で設置し、計画の進捗に応じて交換する予定である。

ワイヤーロープの仕様を表-6に示す。

(3) ずり処理方法

ずり出しの手順は以下のとおりである。

- ① 爆破ずりをスカフォードの下に装備した0.45m³シャフトマッカー(写真-3)で、6m³ずりキブル(写真-4)に積み込む。
- ② 坑外に設置した巻き上げ機でずりキブルを巻き上げる。

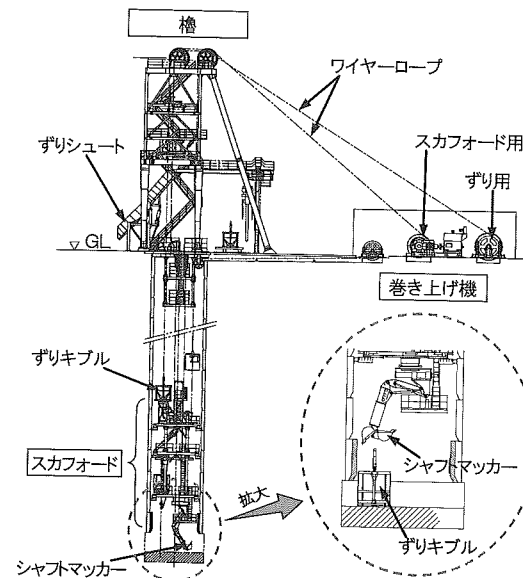


図-8 立坑櫓と巻き上げ機

表-5 立坑櫓と巻き上げ機の仕様

項 目	仕 様	
ずりキブル	最大運搬重量	152kN
	最大巻き上げ速度	300m/min
	容量	6 m ³
スカフォード	デッキ数	3 段
	最大巻き上げ速度	5.5m/min
	シャフトマッカー	0.45m ³
	最大自重	237kN

表-6 ワイヤーロープの仕様

区 分	径(mm)	破断荷重(kN)	種 類
ずりキブル	47.5	1,550以上	非自転性ロープ
スカフォード	47.5	1,700以上 (動滑車使用)	耐摩耗用ロープ

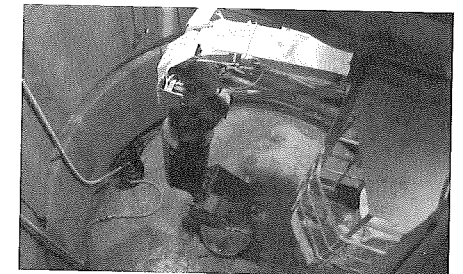


写真-3 シャフトマッカー

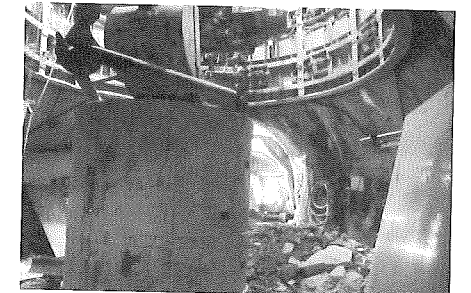


写真-4 ずりキブルへの積み込み状況



写真-5 ずりキブル転倒状況

- ③ 立坑構内に設置された転覆装置でずりキブルを転倒し(写真-5)、シュートを伝ってずりを坑口の仮置場に堆積させる。
- ④ 仮置場のずりは0.4m³級バックホウにより10tダンプトラックに積み込み、昼間にずり処分地まで運搬する。

⑤ 垂直ベルトコンベヤによるずり運搬

5-1 垂直ベルトコンベヤによるずり運搬の概要

立坑からずりを搬出するトンネル工事では、垂直ベルトコンベヤが採用される場合が多い。垂直ベルトコンベヤには、2枚のベルトを重ね合わせ、摩擦力によって積荷を垂直に搬送する方法と、バケットに積み込んだ積荷をチェンコンベヤで連続的に搬送する方法の二種類がある。一般に、掘削土が土砂となるシールド工事では前者が、岩砕や岩砕混じりの土砂となる山岳トンネル工事では後者が適用される。

5-2 施工事例

5-2-1 鶴見川恩廻公園調整池(本坑)建設工事

ここでは、立坑からずりを搬出する工事で採用実績のある垂直ベルトコンベヤによるずり運搬事例として、鶴見川恩廻公園調整池(本坑)建設工事の施工事例について述べる。

(1) 工事概要

工事概要を表-7に示す。

鶴見川恩廻公園調整池(本坑)建設工事は、旧河川敷である恩廻公園の地下を利用し、計画貯留容量約11万tのトンネル調整池を建設するもので、掘削断面積254m²の超大断面の都市トンネル工事である。

工事は既設の流入立坑(仕上がり内径19.0m、深さ49.3m)底部から行われ、掘削残土の搬出に垂直ベルトコンベヤ(写真-6)が使用された。

(2) ずり処理の概要

立坑からの掘削土の搬出は、作業の安全性、効率化および騒音・粉じんなどの公害防止の観点から、図-9に示す全自動制御システムによるずり搬

表-7 工事概要

工事件名	恩廻公園調整池(本坑)建設工事		
工事場所	神奈川県川崎市麻生区下麻生恩廻公園地先		
工期	平成9年10月14日～平成13年3月15日		
掘削工法	上半中央導坑先進多段ベンチカットNATM		
掘削方式	軟岩掘削機による機械掘削		
主要工事数量	Aトンネル	掘削断面積 254.1m ²	延長 430.80m
	Bトンネル	掘削断面積 166.7m ²	延長 134.50m

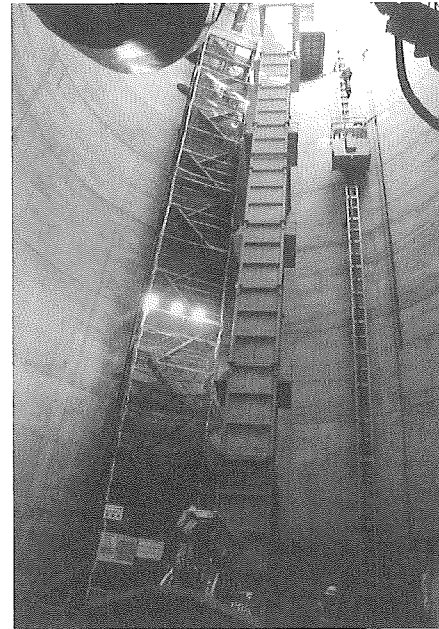


写真-6 垂直ベルトコンベヤ

出設備によって、トンネル内から仮置場まで自動的に搬出した。

ずり処理の手順は以下のとおりである。

- ① ずりを積載したダンプは、クラッシャを装備したホッパにずりをダンプアップする。
- ② クラッシャで細かく砕かれたずりは、水平にベルトコンベヤで立坑下部まで運ばれる。
- ③ 立坑下部から立坑上部までは垂直ベルトコンベヤ(バケットで連続搬送するチェンコンベヤ)で運ばれる。
- ④ 立坑上部では再び水平にベルトコンベヤで運ばれ、地上部坑口横の防音ドームで仮置きされ、その後処分地まで二次運搬される。

なお、立坑に設置された垂直ベルトコンベヤは、バケット内側にずりが付着しにくい特殊なゴム板

ずり処理入門(7)

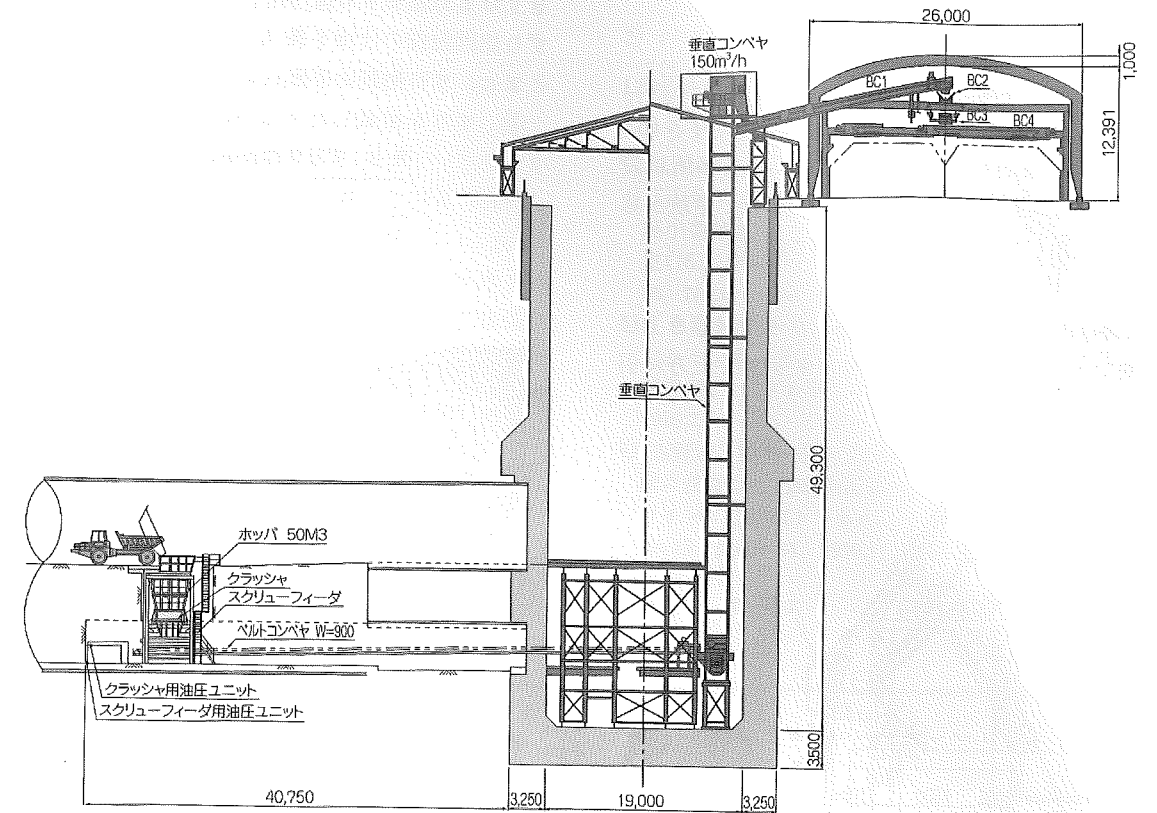


図-9 ずり搬出設備

表-8 垂直ベルトコンベヤの仕様

項目	仕様
搬送量	128m ³ /h
搬送物	掘削土砂
駆動能力	1,101kW
搬送速度	約30m/min
全長	57.075m
バケット所要数	93個
バケット取り付けピッチ	1.2m
主務チェーン	HR240130F
チェーン所要リンク数	466リンク×2連
安全装置(逆転防止)	バックストップカムクラッチ

をフレキシブルな状態で取り付けであり、ずりをすくい入れたバケットがコンベヤ頭頂部の歯車を周回し、反転してずりを排出する際に、バケットの底に付いているゴム板が底を離れて下がり、附着しているずりを落としやすい構造になっている。垂直ベルトコンベヤの仕様を表-8に示す。

⑥ スキップによるずり運搬(インクライン方式)

6-1 スキップによるずり運搬の概要

立坑や急傾斜の斜坑では、インクライン方式を用いたスキップ(ワイヤーロープでけん引するタイプのずり運搬車)によるずり運搬が採用される場合がある。斜坑や立坑の底部でずりをスキップに積み替え、スキップにつながれたワイヤーロープを巻き上げることでずりを坑外へ搬出する方法である。勾配による制約は受けないが、延長が長くなるとずり搬出能力が低下する点に留意が必要である。

6-2 施工事例

6-2-1 台湾新幹線C210工区林口トンネル建設工事

ここでは、立坑におけるスキップによるずり運搬事例として、台湾新幹線建設工事の施工事例を

紹介する。

(1) 工事概要

台湾新幹線建設工事は台北～高雄間(全長343.1 km)で施工された。C210工区の林口トンネル(6.5 km)は延長が長いので、中間立坑を2か所に設置し、立坑からトンネル掘削を行った。立坑からのずり出しにはスキップが使用された。

(2) ずり処理の概要

本工事では、立坑槽を組み、ワイヤー巻き上げ機でずりを積載した15m³のスキップを上方に引

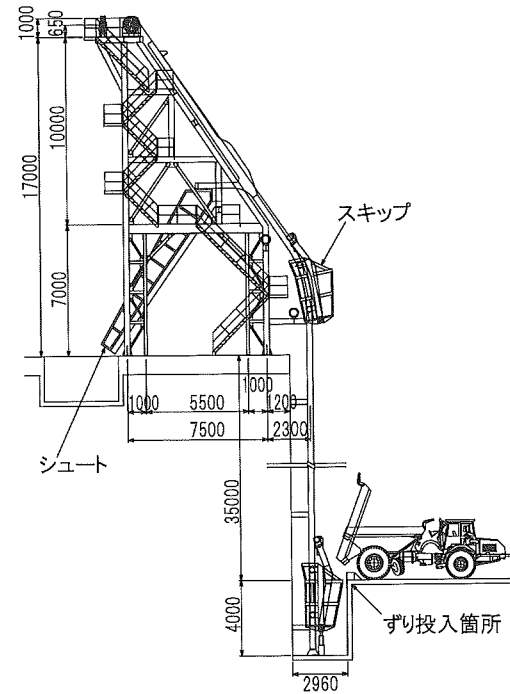


図-10 ずり処理設備の概要図

き上げる方法でずり搬出を行った(図-10)。なお、ずり処理設備の仕様を表-9に示す。

また、ずり処理の手順は以下のとおりである。

- ① ずりを積載したダンプから立坑底部に設置

表-9 ずり処理設備の仕様

項目	仕様
処理能力	160m ³ /h
スキップバケット	15m ³
巻き上げ機	200kW

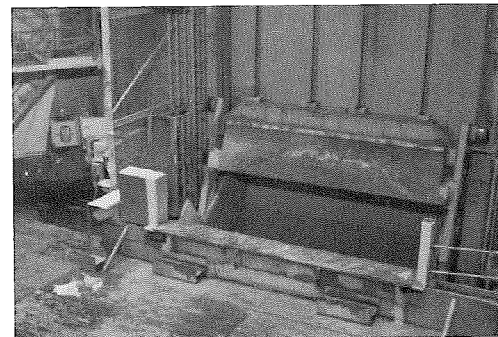


写真-7 スキップ(ずり投入箇所)

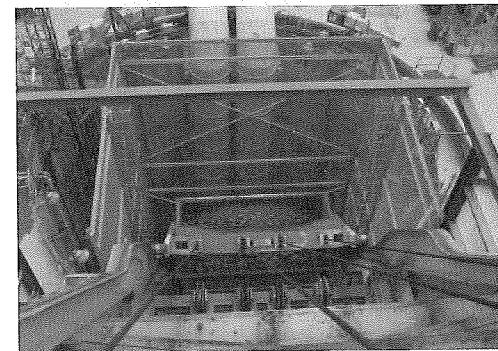


写真-8 スキップ巻き上げ状況

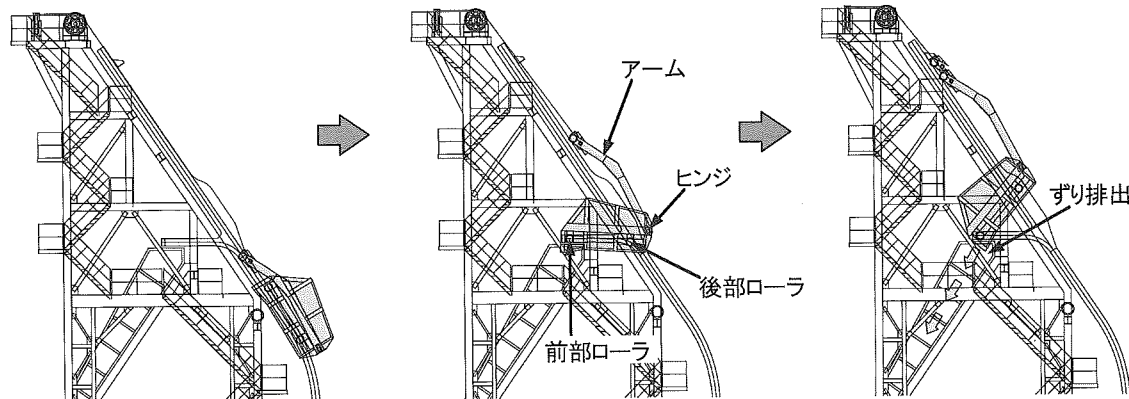


図-11 スキップによるずり処理

されたスキップ(写真-7)に、直接ダンプアップする。

- ② 立坑槽のワイヤー巻き上げ機でスキップを巻き上げる(写真-8)。
- ③ スキップの前部ローラーは、レールに導かれて槽に設置されたシュート上端まで移動し、固定される。
- ④ さらにワイヤーが巻き上げられ、スキップは、後部ローラーがレールから離れて底部が持ち上げられるかたちで傾く(図-11)。
- ⑤ ずりはシュートを伝って坑外仮置き場に堆積され、その後、処分地まで2次運搬される。

(文責：山道哲二・永久和正/(株)大林組)

参考文献

- 1) (財)エンジニアリング振興協会地下開発利用研究セ

- ンター：GECニュース(広報誌)，第49号，1993.9.
- 2) (社)セメント協会：セメント・コンクリート，No.742，p.5，2008.12.
- 3) 熊耳哲雄・湯山和利：新技術を駆使した北陸新幹線トンネル群，トンネルと地下，Vol.28，No.4，pp.7-13，1997.4.
- 4) 「山岳トンネルにおける工事用機械の選定」連載講座小委員会：山岳トンネルにおける工事用機械の選定(15)，TBM(2)一断面別一，トンネルと地下，Vol.36，No.1，pp.67-72，2005.1.
- 5) 「トンネルボーリングマシン入門」連載講座小委員会：トンネルボーリングマシン入門(5)，TBMの付属設備，トンネルと地下，Vol.27，No.2，p.67，1996.2.
- 6) 吉野進・神津一則・岩根保男・木内勉：12%の急勾配に挑戦したTBMの新技术，新潟・仙台ガスパイプライン 二井宿トンネル，トンネルと地下，Vol.27，No.12，pp.29-34，1996.12.

わかりやすい トンネルの力学

B5判 286頁 本体価格 5,825円 円340円

福島啓一著

NATMの導入以来、トンネル工事の現場に計測が大幅に取り入れられるようになって、トンネルの力学がますます重要視されるようになった。本書はトンネル力学の基礎的な事項に基づく問題点を経験則と理論則から説明し、設計・施工に携わる実務者がトンネルを掘るとき、また、計画・設計するときに考慮しなければならないトンネルの力学を主眼にした入門書である。

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

株式会社 土木工学社

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

トンネルジャーナル

シールド工法技術協会総会開催

シールド工法技術協会は去る5月24日セルリアンタワー東急ホテル(東京)で定時総会を開催した。

冒頭、田代民治会長より挨拶があり、「平成11年に発足した当協会は約10年間活動してきました。10年経過し、今まで同様の活動を続けていくのではなく蓄積された豊富な技術や経験をもとにさらなる上のステージに向かうため、変えるべきものは変え、変革していく時期になったのではないかと思う」と述べた。

その後、総会では平成21年度事業報告・収支決算、平成22年度事業活動計画・収支予算を審議し、満場一致で承認された。



東京ガス中央幹線Ⅱ期が建設完了

東京ガスは、5月7日、幹線パイプライン「中央幹線Ⅱ期」(延長9.7km、埼玉県草加市～川口市)の建設工事を完了し、5月20日から供用を開始した。

同工事は、埼玉県草加市にある草加ガバナステーションと同川口市の安行ガバナステーション間の9.7kmをφ600mmの高圧ガス管で結ぶもの。平成15年10月に着手したⅠ期工事(平成20年12月完了)に引き続いて平成19年5月に建設を開始、当初の工事完了予定が平成22年10月であったものを、予定より5か月前倒しで工事を完了させた。これは、当初、全区間開削工法で施工する予定であったものを、中央幹線Ⅰ期で使用した草加立坑と新たに設置した立坑を利用し、6.0km区間をシールド施工としたことで達成された。草加側の6.0km区間には内径2,000mmのシールドトンネルが構築されている。

完成により、平成21年1月から供用を開始している中央幹線Ⅰ期(全長23.2km、東京都江戸川区～埼玉県草加市)と合わせ、中央幹線全線(全長32.9km、東京都江戸川区～埼玉県川口市)が完成したことに

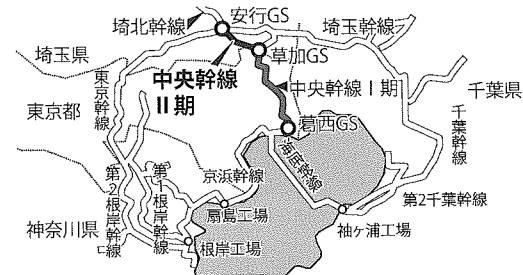
下水道展'10名古屋

国内最大規模の下水道業界の展示会である「循環のみちを拓く 下水道展'10名古屋」が7月27日(火)～30日(金)の4日間、愛知県名古屋市で開催される。

同展は、(社)日本下水道協会が主催し、主として下水道事業の施行者である全国の地方公共団体を対象に、同協会の賛助会員である会社・団体の日ごろの研究成果などにもとづき、下水道に関する最新の設計・測量、建設、管路資器材、下水処理、維持管理および測定機器などを一堂に会し、展示・紹介する催しで、例年、300団体超の出展者と8万人を超える参観者を集めている。

会期期間中、総合的な研究開発の進展を図るとともに、情報交換や交流の場となるよう、下水道研究発表会などがあわせて開催されるほか、パブリックゾーンを設置し、一般客が下水道について理解を深めるための展示、イベントなども行う。

開催は「ポートメッセなごや」第2・3展示館(名古屋市港区金城ふ頭2-2)で、10:00～17:00(初日開館10:30、最終日閉館16:00)となっている。



なる。

中央幹線は、首都圏を囲む東京ガスの環状の幹線網の中央を南北に縦断しながら、東京湾岸に位置する都市ガス製造工場と北関東エリアを連絡する幹線で、Ⅰ期で環状幹線の中央を南北に連結し、Ⅱ期で、環状幹線以北の北関東エリアにガスを供給する埼玉幹線と最短で連結した。全線の完成により、東京ガスの需要の多くを担う環状幹線の供給安定性のさらなる向上に加え、需要の増加が今後も見込まれる北関東エリアへの供給能力の向上にも寄与するとしている。

連載講座

トンネル保守管理における記録とその活用(1)

—保有トンネルの現状—

JTA保守管理小委員会

表-1 保守管理小委員会の構成

委員長(前)	林 康雄	東日本旅客鉄道(株)
委員(前)	伊藤 泰司	〃
委員(前)	倉重 毅	国土交通省道路局
委員(前)	松居 茂久	〃
委員(前)	真下 英人	(独)土木研究所
委員(前)	角湯 克典	〃
委員(前)	諫山 武歳	東日本高速道路(株)
委員(前)	小山内貴司	〃
委員(前)	半野 久光	首都高速道路(株)
委員(前)	土橋 浩	〃
委員(前)	武藤 義彦	東京地下鉄(株)
委員(前)	菅野 崇	〃
委員(前)	入江 浩志	日本電信電話(株)
委員(前)	酒井 悟	〃
委員(前)	芳田 浩司	東京都交通局
委員(前)	谷内 雅之	〃
委員(前)	熊谷 輝雄	東京都下水道局
委員(前)	木藤 利男	〃
委員(前)	市川 勉	〃
委員(前)	赤松 英樹	東京電力(株)
委員(前)	岡田 和明	〃
委員(前)	小島 芳之	(財)鉄道総合技術研究所
委員(前)	高橋 浩	佐藤工業(株)
委員(前)	井田 隆久	(株)銭高組
委員(前)	川端 康夫	飛島建設(株)
幹事(前)	向山 路一	東日本旅客鉄道(株)
幹事(前)	興石 逸樹	〃
幹事(前)	水野 光晴	〃

① 連載をはじめるとにあって

トンネル構造物は、鉄道や道路など多くの人々が直接利用するもののほかに、電力、通信、下水道などの各種インフラに適用されており、その延長は日本国内において2万kmを優に超えている。また、都市部の大深度地下に建設される道路トンネルや地方交通の拡充として建設される長大山岳トンネルなど、維持管理を必要とする構造物は依然増加する傾向がある。

これらのトンネル構造物の中には経年が100年を超えるものも多数存在し、維持管理に苦勞している現状がある。しかしながら、経年による高齢化は避けて通れない命題であるとともに、トンネル構造物は容易に取り替えができない構造物であることから、維持管理を効率的に実施することは重要な課題となっている。そのためには、対象となるトンネルの現状を確実に把握する必要があり、各種の記録が重要となってくる。記録の第一段階として、トンネルがどのように造られたのか設計・建設段階における記録、第二段階として、トンネルをどのように保守管理したかの維持管理段階における記録が挙げられる。現在各事業体では、施工・維持管理段階における情報をデータベース化し、保存・活用している事例が見られることを受け、日本トンネル技術協会(JTA)の保守管理小委員会により、2006年から3年間にわたり調査・研究を重ねてきた。

当小委員会は、日本トンネル技術協会(JTA)の自主委員会であり、鉄道、道路、電力、通信、下水道用の既設トンネルを維持管理する事業者、実際にトンネルを建設している企業や維持管理のコンサルティングを実施している法人や企業からの委員を中心に構成されている(表-1)。小委員会では、トンネルのメンテナンスにかかわる技術的

表-2 これまでの報告一覧

タイトル	開始年月	連載回数
トンネルの保守・維持管理シリーズ	Vol.15, No.5 (1984.05)	13
トンネルの保守・維持管理	Vol.25, No.1 (1994.01)	9
トンネルの新しい検査手法	Vol.27, No.8 (1996.08)	4
建設・保守管理へのフィードバック	Vol.29, No.5 (1998.05)	4
トンネルの補修・補強における工法と材料	Vol.33, No.5 (2002.05)	5
各種装置を活用した新しいトンネル検査手法	Vol.37, No.4 (2006.04)	8

表-3 本連載講座の構成

連載回数	内容(予定)
1	保有トンネルの現状
2	データベース化・電子化の取り組み(1)
3	データベース化・電子化の取り組み(2)
4	データベース化・電子化の取り組み(3)
5	変状展開図作成の自動化・デジタル化の取り組み(1)
6	変状展開図作成の自動化・デジタル化の取り組み(2)
7	診断のシステム化の取り組み
8	施工時の記録

検討・提言、新技術の導入・普及、情報交換を主とした広範囲にわたる活動を行っている。これらの活動成果は、1984年以降6回にわたり本誌にシリーズで連載してきており、各事業体の所有するトンネルの維持管理に関するメンテナンス技術情報を順次取りまとめて報告してきた(表-2)。

今回は「トンネル保守管理における記録とその活用」と題して、各事業体で実施している施工・維持管理段階における情報のデータベース化に向けた取り組みに関し、全8回の連載として取りまとめた。第1回は、各事業体が保有するト

ンネルの現状について述べる。第2～4回は、各種データをデータベース化・電子化・システム化している各事業体の取り組みについて述べる。第5,6回は、トンネル検査に必要な展開図作成の自動化・デジタル化への取り組みについて述べる。第7回では一部の事業体が取り組んでいる診断のシステム化について述べ、第8回では施工時データの記録について述べる。なお、今回の連載にあたっては、当小委員会の各委員がそれぞれの事業体や企業体などで取り組んでいる事例をとりまとめたものであり、国内のすべてを網羅したものではないことを、ご了解いただきたい。しかしながら、大勢は紹介できていると考えているので、トンネルを保有している事業体における今後の保守管理の一助になれば幸いである。

② トンネルの現状

2-1 概要

日本国内には、2万kmを超えるトンネル構造物が存在している。これらは道路や鉄道のみならず、生活上不可欠な電力や下水道など、各種インフラとして整備されている。ここでは、鉄道、道路、電力、通信、下水道の各事業体におけるトンネルの整備状況について紹介する。

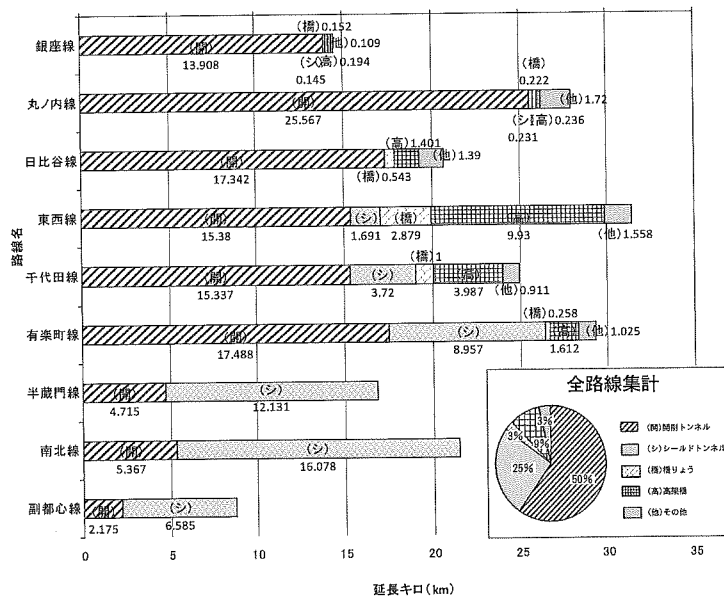


図-1 東京メトロにおける各路線の構造種類別の延長

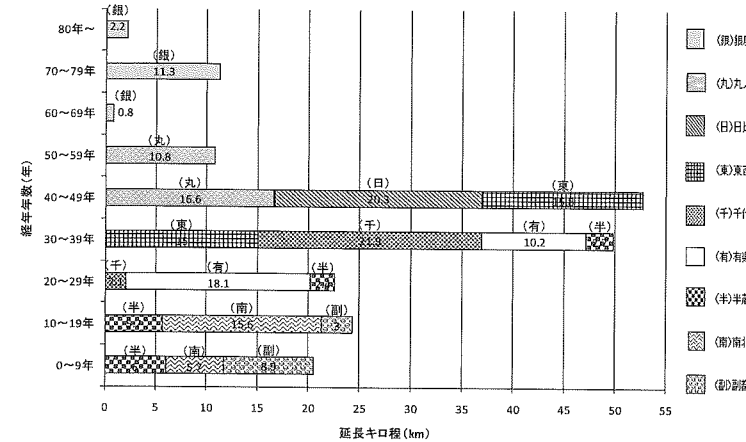


図-2 東京メトロにおける構造物の経過年数

表-4 東京都交通局におけるトンネル延長と経年の比較

開業後経過年数	トンネル延長	営業キロに対する割合	摘要
9年以下	31.8km	100%	目黒～三田(三田線) 都庁前～新宿(大江戸線)
10～19年	12.9km	100%	新宿～光が丘(大江戸線)
20～29年	14.8km	89%	新宿～本八幡(新宿線)
30～39年	16.2km	86%	三田～巣鴨(三田線) 岩本町～東大島(新宿線) 高島平～西高島平(三田線)
40年以上	24.6km	86%	西馬込～押上(浅草線) 巣鴨～高島平(三田線)
計	100.3km	92%	

表-5 東京都交通局におけるトンネル構造

路線名	箱形トンネル		円形(シールド)トンネル			総計
	単線	複線	単線	複線	計	
浅草線	1.0	16.7	17.7	1.1	0.0	1.1
三田線	0.6	15.4	16.0	1.7	1.2	2.9
新宿線	0.0	10.1	10.1	8.8	2.4	11.2
大江戸線	0.1	8.8	8.9	28.7	3.7	32.4
総計	1.7	51.0	52.7	40.3	7.3	47.6

2-2 東京メトロの場合

東京地下鉄(東京メトロ)の営業キロは195kmであり、地上部の橋りょう・高架橋を除き、路線延長の85%が地下トンネル(開削トンネル、シールドトンネル)である(図-1)。

路線は、昭和2年に東洋で最初に開業した銀座線から昨年(平成20年6月)開業した副都心線まで

の9路線があり、経年数は銀座線の上野～浅草間が80年を超え、50年以上経年するものが13%存在している(図-2)。

トンネル検査作業は、列車運行の休止する時間帯で行わなければならない。終車後から始発前まで、起電停止を開始する1時過ぎから4時までの約3時間の短時間で行っている。

(文責: 菅野 崇/東京地下鉄(株))

2-3 東京都交通局の場合

東京都交通局は、営業キロ合計で約109kmの4路線を持ち、そのうち、トンネル延長は約100kmを有し、全体の9割以上を占めている。開業後の経過年数は、表-4に示すとおり、30年以上経過している区間が半数近くあり、部分的ではあるが経年による構造物の亀裂や漏水、鉄筋露出などの劣化が生じている。トンネルを構造別に分けると表-5のとおり箱形トンネルとシールドトンネルでほぼ同延長となっており、経年が30年を超えた路線は開削工法による箱形トンネル、それ以降の路線はシールドトンネルで築造されているのが特徴である。シールドトンネルは、大江戸線の一部を除き二次覆工が適用されており、巻き厚は250mmで無筋構造を標準としている。

これらのトンネルは目視検査による通常全般検査を2年周期で実施し、必要に応じ個別検査を行ったうえで補修などの措置を採っている。しかし、これらの検査などは終車後から始発までの短時間での作業となるなど制約が多いことから、効率的な検査業務が求められている。

(文責: 谷内雅之/東京都交通局)

2-4 JR東日本の場合

JR東日本は、営業キロで約7,500kmの路線を持ち、そのうちトンネル延長は800kmを超え、路線の1割強を占めている(表-6)。建設年代を見ると、明治から平成まで幅広く(図-3)、もっとも古いトンネルの経年は120年を超え、トンネル全

体の平均経年は60年を超えるなど、その高齢化は進んでいる。覆工材料にはレンガ、石積み、コンクリートブロック、無筋コンクリート、鉄筋コンクリートなどが幅広く使われており、また首都圏ではシールドトンネルや開削トンネルのほかに、沈埋トンネルも管理するなど、維持管理の対象トンネルの構造は非常に多岐にわたっている。新幹線トンネルは長大化が進み、10kmを超えるものが8か所ある(表-7)。

表-6 JR東日本におけるトンネル数量

	箇所数	延長(km)
新幹線	182	356
在来線	1,081	526
総数	1,263	882

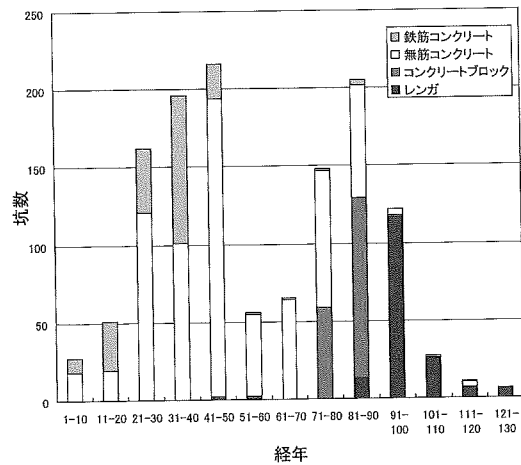


図-3 JR東日本におけるトンネル経年分布

表-7 JR東日本 新幹線トンネル延長BEST10

No.	路線名	トンネル名	延長(m)
1	東北新幹線	岩手一戸	25,808
2	上越新幹線	大清水	22,221
3	上越新幹線	榛名	15,350
4	北陸新幹線	五里ヶ峰	15,175
5	上越新幹線	中山	14,856
6	東北新幹線	福島	11,705
7	上越新幹線	塩沢	11,217
8	東北新幹線	蔵王	11,215
9	東北新幹線	一関	9,730
10	東北新幹線	金田一	8,740

※2010.12に八甲田トンネルが26,455mと最長となる。

これらのトンネルは、2年周期の通常全般検査(目視検査)と、新幹線は10年、在来線は20年周期の特別全般検査(至近距離からの目視検査と打音検査)を実施することにより、その安全を確保している。しかし、検査数量が多いこと、一部のトンネルにはひび割れや漏水などの変状が発生していること、材料や建設方法による検査の違いがあることから、その維持管理に多大な労力を要しているのが現状である。

(文責：鈴木 尊/東日本旅客鉄道(株))

2-5 国土交通省の場合

わが国の道路トンネルは年々増加し、平成20年4月現在では、図-4, 5に示すとおり供用箇所数は約9,700か所、供用延長は約3,500kmに及んでいる(上下線2本のトンネルが並行して同一箇所にある場合1か所として計上)。このうち、一般国道は約3,700か所、約1,600kmと、全道路トンネルに対して供用箇所数で約38%、供用延長で約46%を占めている。

建設年代を見ると、1980年代以降に建設されたものが多く、供用箇所数約5,000か所、供用延長約2,650kmで全道路トンネルに対してそれぞれ約52%、約75%となっている(図-5)。これらから近年の道路トンネルは長大化傾向を強めていることがうかがわれる。

供用後50年を経過したトンネルは、平成22年において、約3,200か所、供用延長約270kmとなっているが、平成37年(2025年)においては延長約

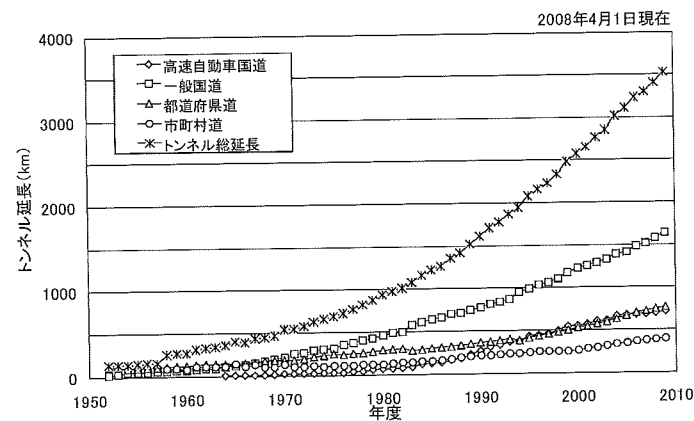
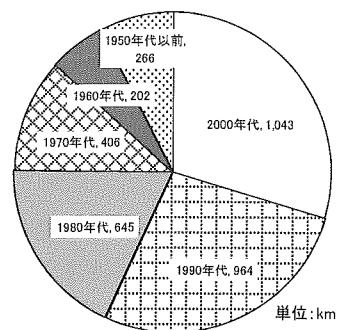


図-4 道路トンネルの供用延長の推移

各年代別におけるトンネル延長の割合



各年代別におけるトンネル箇所数の割合

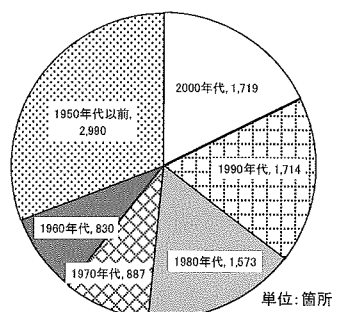


図-5 道路トンネルにおける各年代別のトンネル延長、箇所数の割合

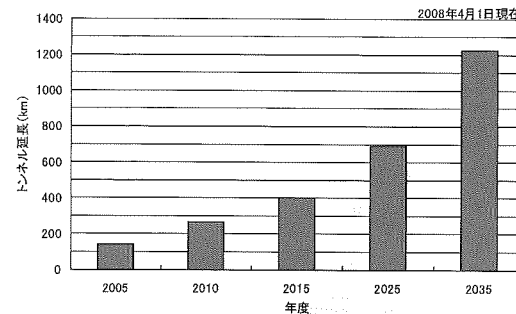


図-6 道路トンネルにおける供用後50年以上のトンネル延長の推移

690km、平成47年(2035年)には延長約1,220kmとなり、今後、急速に高齢化が進展する(図-6)。

道路トンネルにおいては、これらストックを効果的かつ効率的に維持管理するために2~5年間隔で定期的に点検が実施されている。しかしながら道路トンネルの点検では、トンネル内を走行する自動車の排出ガスに含まれる煤煙などにより壁面が汚れて点検しにくくなっており、また、照明効果を向上させるために壁面パネルが設置されているところが多く、トンネル点検時にはパネルを

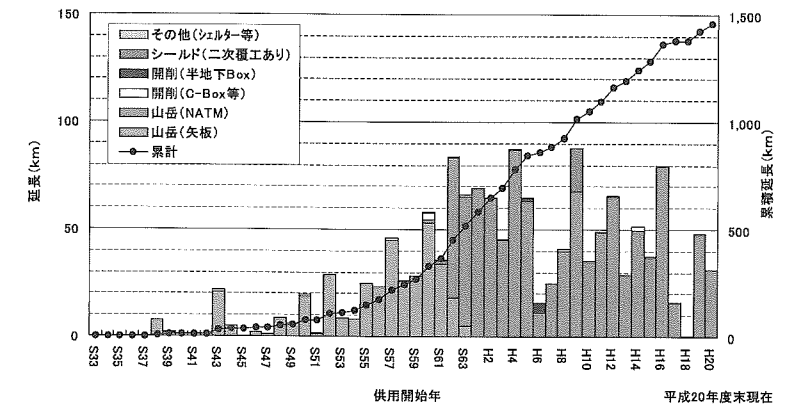


図-7 NEXCO東日本における経過年数別延長

表-8 NEXCO東日本の構造物別管理延長

	構造物別延長(km)			合計
	土工	橋梁	トンネル	
管理延長(km)	2,788	428	278	3,494
比率(%)	79.8	12.2	8.0	100

一時的に撤去し、点検終了時に再度設置する必要があるため、これらの作業に多大な時間と労力を要している。さらに、トンネル点検時には車線規制や場合によっては通行止めを必要とすることから、点検時間の短縮が常に求められている。

(文責：角湯典典/(独)土木研究所)

2-6 NEXCO東日本の場合

NEXCO 3会社(東日本, 中日本, 西日本)の管理する高速道路延長は8,600kmを超え、供用後の平均経過年数は約20年以上となってきている。このうち、トンネルは年々増加し平成20年度末で延長約1,460km(約1,500本)で路線に対して17%程度となっている。

トンネル構造種別は、図-7に示すように山岳トンネル(在来工法, NATM), シールドトンネル, 開削トンネルなどであるが、おおよそ昭和60年以降に開通したトンネルのほとんどがNATMで建設されており、現在、在来工法とNATMの割合は約1:3程度である。トンネルの平均経過年数は17年程度であるが、中には老朽化が進行しているトンネルも見られるようになってきた。NEXCO東日本は表-8のとおり、現在、約3,500kmの高速道路などを管理しており、そのうちトンネル延長は約280kmと開通延長の約8%を占めている。

(文責：小山内貴司/東日本高速道路(株))

2-7 首都高速道路の場合

首都高速道路は、1962年12月に首都高速1号線(京橋～芝浦間)4.5kmの開通以来、約半世紀を経て現在約300kmのネットワークが供用されている。首都高速道路では、構造物の比率が高く、高架構造が全延長の約8割を占め、トンネル構造の延長は28.2km(表-9参照)で、全体の約8%を占めているに過ぎない。しかし、現在建設中の路線では、総延長23.2kmのうち、約16.9kmの約73%がトンネル構造で建設されている。

開通後30年を経過したトンネルは約3割に達している。1962年の都心環状線汐留トンネル開通後、1964年の東京オリンピック開催に合わせて都心環状線の千代田トンネルなどが開削工法で建設された。また1号羽田線では羽田トンネルが沈埋工法で建設された。その後、ネットワーク整備にともない、とくに湾岸地区では東京港トンネル、多摩川トンネルなど大規模な沈埋トンネルが建設され、現在中央環状線の山手トンネルではシールドトンネルを主体として建設されている(図-8参照)。

一方、首都高速の1日の通行台数は約115万台、

表-9 首都高速道路のトンネル数量

	箇所数	延長(km)
開削トンネルほか	30	16.8
沈埋トンネル	4	3.8
山岳トンネル	1	0.1
シールドトンネル	7	7.5
総数	42	28.2

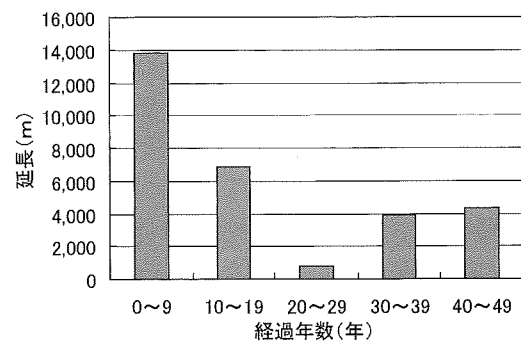


図-8 首都高速道路のトンネル経年分布(2010年4月現在)

約200万人のお客様に利用されていることから、補修工事の作業時間は限定されている。このため、集中工事などを実施して工事規制回数の削減や騒音・振動の軽減を図っている。

(文責：土橋 浩/首都高速道路(株))

2-8 東京電力の場合

電力会社が保有するトンネル設備は、水力発電所の水路トンネル、火力発電所の取水路・放水路・電気洞道・ガス導管トンネル、原子力発電所の冷却水路、電気洞道、地中送電線のケーブル洞道など、その用途は多様である。

東京電力では、水力発電所で680km、火力発電所で74km、原子力発電所で32km、地中送電線のケーブル洞道で480kmのトンネル設備を保有している。ここでは、東京電力が保有する水力発電用の水路トンネルについて述べる。

東京電力では、図-9に示すとおり、明治から昭和初期に建設された、老朽化した水路設備を多く

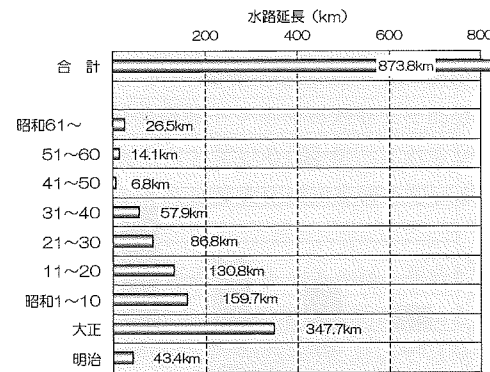


図-9 東京電力における建設年代別の水路設備延長

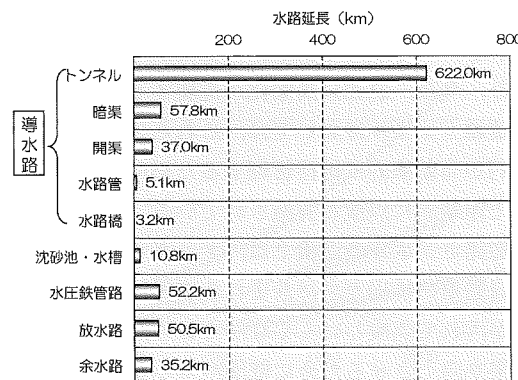


図-10 東京電力における設備分類別の水路設備延長

保有しており、その設備使用年数は平均で74年を経過する。

水路設備は、導水路、水圧鉄管路、放水路などの設備用途で分類され、設備構造としてはトンネル、暗渠、開渠、管路、水路橋などに分類される。これらのうち、水路トンネルと称する設備は、トンネルおよび暗渠を指しており、東京電力が保有する水力発電所(160か所)の水路設備延長874kmのうち、導水路のトンネル設備は約680km(水路の78%)を占めている(図-10)。

水路トンネルの定期点検は、経済産業省へ届け出ている保安規程にもとづき、3年に1回を標準としている。点検周期の延伸または短縮をする場合は、劣化や変状の程度、公衆への影響などを評価したうえで、法定のダム水路主任技術者が判断している。

水路トンネルの定期点検は、水路抜水による発電停止を伴うため、水車・発電機の点検や工事が予定されている場合は、これらの作業に同調して発電停止期間を短縮するなど合理的に実施している。

(文責：岡田和明/東京電力(株))

2-9 東京都下水道局の場合

東京都区部の管きょ管理延長は平成20年度末で約15,700km(幹線1,100km、枝線14,600km)を超え、東京の都市活動を地下から支えている。

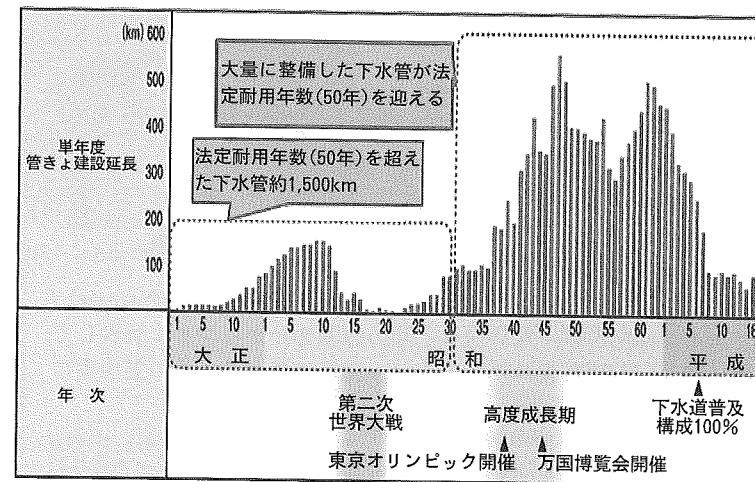


図-11 東京都下水道局における年次別管きょ建設延長

表-10 東京都下水道局における管種別内訳

	延長(km)	割合(%)
鉄筋コンクリート管	9,633	61.0
陶管	3,970	25.2
硬質塩化ビニル管	747	4.7
トンネル	704	4.4
その他	739	4.7

現在、これらの管きょの約1割にあたる約1,500kmが法定耐用年数の50年を既に超えており、今後は高度経済成長期に整備した管きょが耐用年数を迎え、老朽管きょが急増することとなる(図-11)。そのうちトンネル延長は704kmと管理延長の4%を占めている(表-10)。トンネル構造種別の割合は、約82%がシールドトンネルによるものであり、15%程度が開削トンネルである。シールドトンネルのうち、3%で二次覆工を省略した構造形式が適用されている。

老朽管きょの増加に対応するには、より少ない経費でより効果的な老朽化対策、長寿命化対策が求められる。このためには、管きょの現状を把握し、老朽度を的確に判断し対策に役立てることが重要となるため、管路内調査の実施が不可欠である。東京都では、下水道の整備が進んだ都心区の枝線管きょを中心に、テレビカメラなどによる管きょの点検、調査を順次行い、平成20年度末で、区部の管きょの72%にあたる約11,300kmの調査が完了している。

(文責：木藤利男/東京都下水道局)

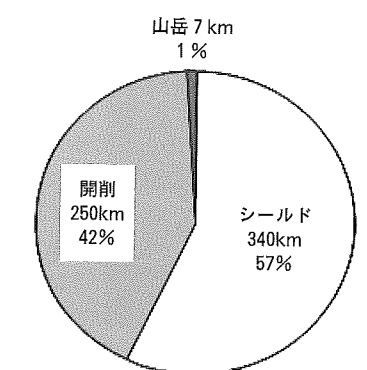


図-12 NTTにおけるトンネル構造種別

2-10 NTTの場合

NTTにおける通信用トンネルは、1928年に東京都中央区で開削式にて構築されたものが初めてである。また、シールド式では、1963年に東京都港区に初めて構築された。NTTにおいて保有する通信用トンネルの総延長は約600kmである(図-12)。供用開始年毎の延長推移を見ると1960年代前半までは開削トンネルが多く、1960年代後半からシールドトンネルが採用され始め、1970年代後半に入るとシールドトンネルと開削トンネルの適用割合がほぼ半数になり、1980年代後半に建設されたものはそのほとんどがシールドトンネルである(図-13)。

建設後、30年以上経過しているものが約30%となり、漏水やひび割れなどの劣化が生じてきている。収容された大量の通信ケーブルを保守してい

トンネルと地下

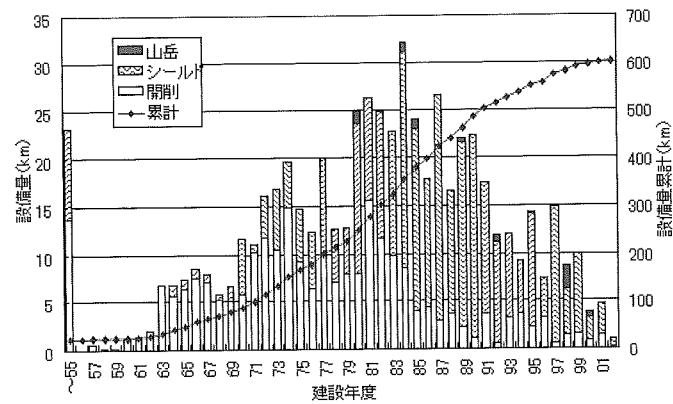


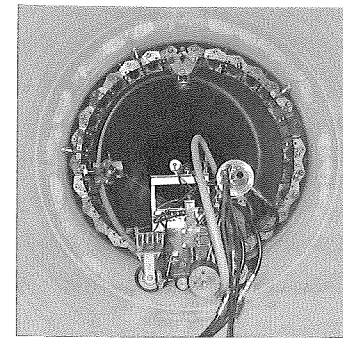
図-13 NTTにおけるトンネル経年分布

くために、いかに通信用トンネルを効率的に維持管理していくかが重要である。そこで、通信用トンネル内における不良を把握するため、これらの通信用トンネルは、定期的な目視点検を実施しており、不良度合いによりさらに精密点検を実施し、適切な補修・補強を実施している。

(文責：酒井 悟/日本電信電話(株))

工法・技術・製品ニュース

工法 自動化SPR工法 施工スピードが20%アップ



超安定製管機による管路更生作業

積水化学工業の環境・ライフラインカンパニー、東京都下水道サービス、足立建設工業は共同で、管路更生事業における新工法「自動化SPR工法」を開発した。

SPR工法は、両端に嵌合部を有する帯状の硬質塩化ビニル樹脂製プロファイルを既設管の中で螺旋状に巻きながら嵌合させて製管した後、既設管と更生管の間隙部に特殊裏込め材を注入して老朽管を更生(改築・更新)する工法だが、従来、更生材料(プロファイル)の製管機への送り出し作業、管路の水量・流速など施工状況に合わせた製管機の調整作業、既設管と更生管を一体化させる裏込めモルタルの注入作業は管路内で人の手により行っていた。

このたびの開発はこれらの人力作業を「プロファイル搬送装置」「超

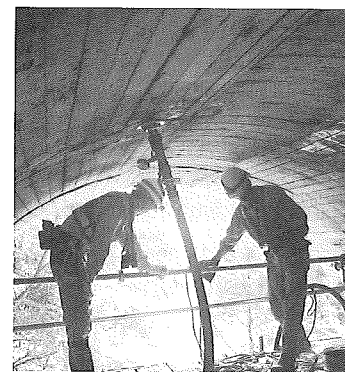
安定製管機」「裏込め材搬送ポンプ」などの機材や操作システムを開発することで施工力の強化と安全性の向上を実現した。

更生材料を最適な速度で製管機に送る新機材の開発、ならびに製管時の安定性をさらに高めた新型製管機の開発により作業性が大幅に向上し、また、製管同時裏込めを実現したことにより、従来必要であった支保工が不要となり、約20%の工期短縮が可能となった。加えて、管路内の資機材を地上から遠隔操作する技術を開発し、製管同時裏込め時の管路内の無人化を実現することで作業時の安全性を確保した。

同工法の開発により、水量が多い管渠、流速が早い管渠、また管路内の作業に対して規制がある国や地域でも適用が可能となる。

積水化学工業(株)環境・ライフラインカンパニー管路更生事業部
TEL : 03-5521-0553
http://www.sekisui.co.jp

工法 国内最長 4 kmのグラウト圧送試験に成功



廃線トンネルでの実験状況

名工建設は、5月18日、トンネルの裏込め注入において、「SKILLS超長距離圧送ネオグラウト工法(特許申請中)」を用いて、中継ポンプなしの配管による4kmのグラウト材圧送試験に成功した。

同工法は、長距離トンネルの補修工事において、セメント、フライアッシュ、特殊増粘材などを主材料とした可塑性、揺変性、水中分離抵抗性に優れたグラウト材を、効率的に覆工背面の空洞に充填するもの。同社がボンドエンジニアリングと共同開発し、平成19年に実用化した。

開発当時の従来技術では、グラウト材の圧送可能距離は数百mであったため、補修部分直下にそのつどプラントを設置し作業をするなど時間のロスが多く、時間短縮と作業環境

の改善が課題となっていた。

同社では、延べ100日間以上の試験をくり返し、平成19年に同工法を用い、国内最長の圧送距離3kmを達成して実用化に成功。以降、鉄道トンネル工事で施工実績を重ね、またさらなる研究を推進してきた結果、このたび、さらに1km上回る国内最長の4kmのグラウト圧送を実現するに至った。

この開発により、両坑口から材料圧送することで最大8kmまでトンネル補修工事に対応できることとなり、国内のほぼすべての矢板工法の長距離トンネルへの対応が可能となったとしている。

今後同社では超長距離で断面の小さく、内部でプラントの設置が難しい水路などでの適用を見込んでいる。

名工建設(株)土木本部土木技術部
TEL : 052-746-1615
http://www.meikokensetsu.co.jp

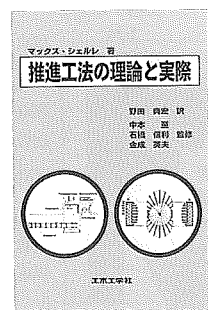
推進工法の理論と実際

B5判 437頁 価格8,925円 送料450円

マックス・シェルレ 著

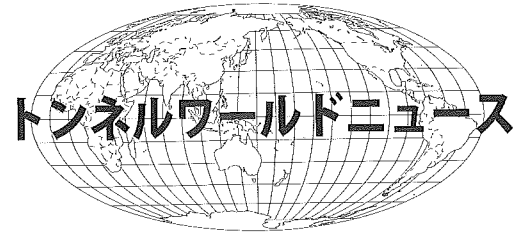
野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金成英夫 監修

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



株式会社 土木工学社

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



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

Rosedale 汚水処理プラント プロジェクトのトンネル貫通

オークランドの Rosedale 河口汚水処理プラントのプロジェクトが、トンネル工区の貫通を迎えたことにより、完成に向けて大詰め段階となった。1億1,600万NZ\$(8,100万US\$)となる本プロジェクトは、北部沿岸都市の地方自治体で行われてきた計画の中でも最大規模である。計画内容は築50年のトンネルと放流システムを、2.7km沖の水深12mで汚水を放流する新しいシステムへと移設する予定である。

McConnell Dowell 社は、延長3.0km(陸部2.4kmと沖合0.6km)の TBM 掘削で内径2.8mのセグメントライニングとなる、トンネルの設計および施工を行う。このトンネルは内径1.6m、延長2.0kmの海底に浚渫された高密度ポリエチレン(HDPE)製のパイプラインにつながる。この海底のパイプラインには延長300mの散布区間がある。MacDow 社の工事範囲は入口部と処理プラントの通路の作業も含んでいる。

MacDow 社は、所有している TBM で東海岸湾地域における典型的な構成である砂岩や泥岩を問題なく掘進し、その後、プレキャストコンクリートセグメント製のライニングを施工した。地下水面はトンネルより20m上に位置していた。地元の報道では、このトンネルは地下25~60mの位置にあり、18,000個のトンネルセグメントで構成されていると伝えられている。Amelia Rose という名称の TBM は、1月から24時間フル稼働し、沖合600mの掘削を完了した。

(T&TI '10.1 担当:石井秀和・鉄道・運輸機構)

アクアジェット、モントリオールの トンネル作業を軽減

モントリオール市の幹線道路720号線の Ville Marie トンネルにおいて、コンクリートの劣化で改築作業が必要となっている箇所、大規模な水圧破碎工法による作業が行われている。

1974年に開通した延長3kmのトンネルは、3車線、4車線そして5車線の組み合わせで構成されている。1日の交通量が10万台を超えており、当市を貫通する主要な東西方向の幹線道路となっている。

地元の請負業者 GTS 社が、水圧破碎作業を施工している。当作業には、東側坑口の延長約1kmの両側壁コンクリートの改築が含まれる。鉄筋を露出させるために、コンクリートを125mm研る。その後、増し鉄筋を配筋し、コンクリートは100mm追加されて修復厚さは225mmになる。

水圧破碎ロボットが、毎分260ℓの水量の高圧(1,000バール)ジェットで、劣化したコンクリートを除去する。精密に先導する工法により、正確に切断し、かつ、鉄筋の損傷は最小にし、正常なコンクリートを間違えて除去することも最小にすることが可能であるが、塵埃や結晶質の珪素を除去する設計もなされており、接着用に良好なコンクリート表面の成形もなされる。

当工法は、機械的な除去よりも施工速度が速く、かつ、労働集約的であるといわれている。劣化コンクリートは、時間あたり1.5m³の割合で除去できる。

Ville Marie トンネルにおいては、スウェーデンのアクアジェット・システムズ社製の最新鋭のHVD エボルーション・ロボットが、水圧破碎用に使われている。トンネル壁面への構造設計上の载荷を配慮し、「市松模様」のパターン仕様のもとづいてコンクリートが除去される。

坑口部分の底部では、幅2.4m×高さ5mの千鳥で、上部では、0~15mの千鳥で施工した。

補修工事の大方は、型どおりの仕事であるが、2か所でとくに劣化が進行していると判明した出

口の一つに近接している箇所は、作業員の防護上、連続稼働で水圧破碎された。

工事は、活線で日中に一方で施工された。ために、高さが15mのところまで施工することが生じ、そこで、作業員と通行車両を落下するコンクリート片から防護する必要がある。この防護は、接近しやすいように、入れ子の取手の上の保護籠の後ろにロボットを配置することで達成できる。

プロジェクト・マネージャー、Michel Francoeur は、水圧破碎の経験が豊富で、「われわれは、水圧破碎の実績と品質に非常に感動している。かつ、当該トンネル計画の可能性をすぐに見出した。われわれは、本契約を獲得の直後に、Power pack PP700とともに新しい装置を受け取った。そして、われわれの期待は裏切られなかった。」と語った。

GTS 社は、2009年8月の契約にもとづき、作業を開始している。そして、10月に完了する予定になっている。

「低速走行レーン」のトンネルでの作業は、3月までに完了予定で、その時点で、高速走行レーンが作業開始のために閉鎖される。

(WT '10.3 担当:早坂治敏・鉄道・運輸機構)

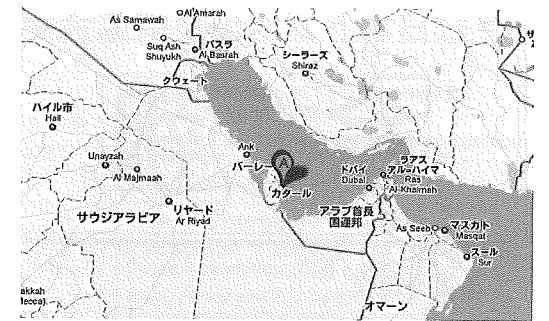
カタールにおける未来型トンネル 開通

カタールの Ras Abu Aboud で、先月開削トンネルが開通した。これは Ras Abu Aboud 道路計画の一部である。

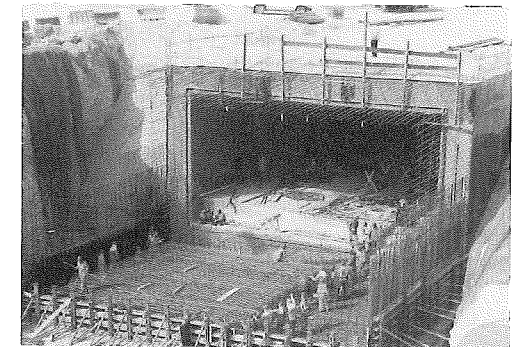
Yuksel Insaat社と地元の建設会社 MIDMAC 社のJVによるこの計画は2007年に開始され、2009年の10月に完成した。トンネルの完成には1年を要した。予算は約2億USドルで、新しい橋梁と地下道2本、350mの開削トンネルの建設を含んでいた。

新ドーハ国際空港(NDIA)運営委員会が計画の監督を行い、新空港にとってきわめて重要とみなされるこのトンネルは、Wakrah Road と海岸遊歩道 the Corniche をつないでいる。

カタール民間航空局(Qatar Civil Aviation



地図(Ras Abu Aboud)



350mの開削トンネルは1年で完成

Authority)CEO で NDIA 運営委員長の Al-Noaimi 氏は、T&TI の取材で以下のように述べた。「トンネル建設中に直面した最大の困難は、地表から約12m下の硬質地盤の掘削だった」。

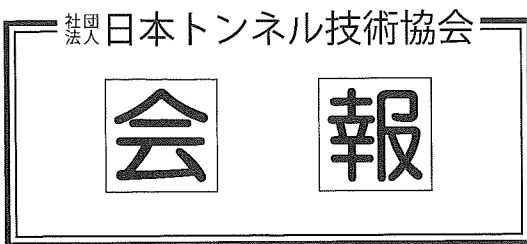
また、トンネルが海岸からわずか200mの場所であったため、排水も大きな問題だった。掘削とコンクリート打設工事の間、排水パイプは昼も夜も絶え間なく稼働した。

Al-Noaimi 氏は「トンネルの壁は、良質な地盤条件によりかなり安定していた。また掘削過程で斜面の安定を確保するために、いくつか支保工を設置した箇所もある」と述べた。

幅16mのトンネルは、車が5.5mの車両高制限を超えたときに反応する光と音のアラームや空気汚染レベルを制御する技術、スピード監視など多くのハイテク機能を備えている。

Al-Noaimi 氏はトンネル開通式典で、「セキュリティ装置と同様に、排水・灌漑システム、電気・電話ケーブルを集約する、まさに未来型の道路だ」と説明し称賛した。

(T&TI '10.3 担当:加藤幸彦・東京都水道局)



1. 会員の現状

	5月31日現在
正会員	1,787名
団体会員	368名
個人会員	1,419名

2. 第200回理事会

日時：平成22年5月28日(金) 15:30~16:00
 場所：東京商工会議所8階「東商スカイルーム」
 出席者：理事26名、監事3名、計29名
 議題：

- ①入退会について20名の入会と9名の退会を承認
- ②第36回通常総会進行次第を承認

3. 第36回通常総会

日時：平成22年5月28日(金) 16:00~17:00
 場所：東京商工会議所7階「国際会議場」
 出席者：召集総数1,704名のうち
 出席者160名、委任状897名 計1,057名

議案：

- 第1号議案 平成21年度事業報告(内容省略)
- 第2号議案 平成21年度事業収支決算(別表参照)
- 第3号議案 平成22年度事業計画
 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、従前から実施してき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とともに国際トンネル協会の加盟国代表機関としての責務を果たす。
- 第4号議案 平成22年度事業収支予算(別表参照)
- 第5号議案 役員の選任(任期途中における辞任に伴う補充選任)
 22年度役員・顧問・評議員名簿は別表参照

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	日月 俊昭	首都高速道路(株)常務取締役
国際委員会	猪熊 康夫	中日本高速道路(株)
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」、「社団法人日本トンネル技術協会の業務及び財務等に関する資料」をご参照願います。

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

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(5/28)

日月俊昭委員長ほか6名、第36回通常総会対策
 広報小委員会会誌WG(5/10)
 大島洋志主査ほか12名、6月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会海外ニュースWG(5/27)
 早坂治敏主査ほか8名、海外ニュースを翻訳
 計 3回開催 29名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

山岳トンネル小委員会支保WG(5/25)
 深沢成年主査ほか18名、インバートに関する検討
 報告書を確認

◎受託研究特別委員会

効率的掘削工法特別委員会補助ベンチWG(5/11)
 鈴木雅行主査ほか11名、報告書原稿を検討
 効率的掘削工法特別委員会技術資料WG(5/12)
 楠本太主査ほか6名、報告書原稿を検討
 効率的掘削工法特別委員会中流動コンクリートWG(5/13)
 金田勉主査ほか6名、報告書原稿を検討
 効率的掘削工法特別委員会施工・支保材料WG(5/13)
 領家邦泰主査ほか7名、報告書原稿を検討
 耐震設計検討特別委員会(5/26)
 今田徹委員長ほか15名、震災対策マニュアル(案)ほかを検討
 計 6回開催 69名出席

合計 9回開催 98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37回ITA総会およびコンgres* 「Underground spaces in the Service of a Sustainable Society」	2011. 5. 21~25	ヘルシンキ (フィンランド)	Finish Association of Civil Engineers RIL (フィンランド土木学会) International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) http://www.wtc11.org/
第38回ITA総会およびコンgres 「Tunnelling and Underground Space for a Global Society」	2012. 5. 18~24	バンコク(タイ)	Thailand Underground & Tunnelling Group International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) http://www.wtc2012.com/

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

6. 平成22年度催物開催現況

催物名	人数	開催日
(見学会)		
北海道新幹線本州方津軽蓬田トンネル現場研修会	30	2010. 6. 4
調布駅付近連続立体交差現場研修会	30	2010. 6. 18
京極発電所工事現場研修会	30	2010. 7. 23
(施工体験発表会)		
第66回(山岳)「山岳トンネルにおける創意工夫事例」	200	2010.11. 1
第67回(都市)「厳しい施工条件下における都市トンネル工事」	200	2010.11. 2
(講演、講習会)		
第13回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)		2010秋予定
第14回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)		2010秋予定

催物の案内は逐次協会のホームページに掲載いたしますので閲覧くださいますようお願いいたします。一般検索サイトで〈トンネル技術協会 国内催物〉あるいは下記URL入力でたどりつけます。
http://www.japan-tunnel.org/event_japan

7. 新刊図書案内

図書No.	図書名	体裁	発行年月	頒布価格	
				会員	一般
201001	トンネル年報2010—2009.12.1 現在施工中のトンネル工事記録と会員名簿	A4版 91頁	平成22年5月	2,000	3,000
201002	Tunnelling Activities in Japan 2010	A4版 32頁	平成22年5月	3,000	3,600

(消費税込み、送料実費負担となります。)

平成21年度事業収支決算ならびに平成22年度事業収支予算総括表

(単位：円)

科 目	平成22年度 予算額①	平成 21 年 度 決 算		増 減①-②
		予 算 額②	決 算 額	
(収入の部)				
1. 特定資産運用収入	60,000	150,000	157,918	△ 90,000
2. 会費収入	106,400,000	105,010,000	96,790,000	1,390,000
3. 事業収入	99,000,000	99,000,000	66,223,700	0
①講演会等事業収入	7,000,000	7,000,000	5,710,000	0
(1)講演会収入	2,000,000	2,000,000	2,601,000	0
(2)討論会等収入	2,500,000	2,500,000	2,361,000	0
(3)見学会収入	2,500,000	2,500,000	748,000	0
②受託業務収入	90,000,000	90,000,000	59,154,900	0
③図書事業収入	2,000,000	2,000,000	1,358,800	0
4. 雑収入	110,000	110,000	428,008	0
当期収入計(A)	205,570,000	204,270,000	163,599,626	1,300,000
(支出の部)				
1. 事業費	145,760,000	145,630,000	113,579,339	130,000
①一般事業費	28,110,000	29,200,000	27,235,163	△ 1,090,000
(1)調査研究費	4,900,000	4,900,000	4,722,497	0
(2)会誌配布事業費	18,910,000	20,000,000	18,935,725	△ 1,090,000
(3)国際関係事業費	4,300,000	4,300,000	3,576,941	0
②講演会等事業費	6,750,000	6,750,000	5,765,398	0
(1)事業企画調整費	700,000	700,000	519,900	0
(2)講演会費	1,800,000	1,800,000	3,018,639	0
(3)討論会等費	2,000,000	2,000,000	1,562,823	0
(4)見学会費	2,250,000	2,250,000	664,036	0
③受託調査研究費	76,100,000	76,100,000	49,485,944	0
④図書関係事業費	1,820,000	1,820,000	637,138	0
⑤事業諸関連費	32,980,000	31,760,000	30,455,696	1,220,000
(1)人件費	27,450,000	26,230,000	24,920,894	1,220,000
(2)借室料	5,530,000	5,530,000	5,534,802	0
2. 管理費	66,070,000	71,990,000	66,751,238	△ 5,920,000
①人件費	46,220,000	51,760,000	49,253,767	△ 5,540,000
②会議費	5,200,000	5,400,000	4,424,452	△ 200,000
③借室料	5,380,000	5,030,000	5,023,746	350,000
④事務費	9,270,000	9,800,000	8,049,273	△ 530,000
3. 過年度賃借料	0	0	9,297,938	0
当期支出計(B)	211,830,000	217,620,000	189,628,515	△ 5,790,000
当期正味財産収支差額(A)-(B)=(C)	△ 6,260,000	△ 13,350,000	△ 26,028,889	7,090,000
前期繰越正味財産額(D)	83,491,240	109,520,129	109,520,129	△ 26,028,889
次期繰越正味財産額(C)+(D)	77,231,240	96,170,129	83,491,240	△ 18,938,889

(1)財産増減支出 什器備品購入費50万円とする。

(2)借入限度額 無担保借入金の限度額は、2,000万円とする。

平成22年度 役員・顧問・評議員名簿

区 分	氏 名	所 属 役 職	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	顧 問	内田 隆滋	
副 会 長	金澤 博	(独)鉄道・運輸機構副理事長	"	浅井新一郎	
"	中村 満義	鹿島建設(株)代表取締役社長	"	岡田 宏	
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	"	萩原 浩	
"			"	三谷 浩	
理 事	大西 敏夫	東日本高速道路(株)常務取締役	"	小森 博	
"	廣瀬 輝	中日本高速道路(株)建設事業本部長	評 議 員	大久保誠介	東京大学教授
"	大津 健次	西日本高速道路(株)常務執行役員	"	山本 稔	東京都立大学名誉教授
"	日月 俊昭	首都高速道路(株)常務取締役	"	今田 徹	東京都立大学名誉教授
"	南部 隆秋	阪神高速道路(株)常務取締役	"	小野 紘一	京都大学名誉教授
"	宮林 秀次	(独)鉄道・運輸機構理事	"	山口 温朗	(独)水資源機構ダム技術監
"	中村 守	本州四国連絡高速道路(株)常務取締役	"	安藤 憲一	首都高速道路(株)建設事業部長
"	入江 健二	東京地下鉄(株)取締役	"	雪本 雄彦	阪神高速道路(株)技術部長
"	吉原 一彦	東京都交通局建設工務部長	"	三輪 誠	(独)鉄道・運輸機構鉄道建設本部東京支社長
"	小川 健一	東京都下水道局技監	"	岡野 哲	本州四国連絡高速道路(株)東京事務所次長
"	角江 俊昭	東京電力(株)フェロー	"	武藤 義彦	東京地下鉄(株)鉄道本部工務部長
"	大石 彦彦	関西電力(株)執行役員土木建築室長	"	中島 義成	日本下水道事業団東日本設計センター長
"	伊藤 泰司	東日本旅客鉄道(株)執行役員建設工務部長	"	有賀 茂	電源開発(株)水力エンジニアリング部土木技術室長
"	松隈 宣明	(社)日本建設機械化協会専務理事	"	檀尾 恒次	東京都交通局技術管理担当部長
"	金井 誠	(株)大林組取締役専務執行役員	"	宇田川孝之	東京都下水道局計画調整部長
"	土谷 誠	(株)奥村組取締役執行役員土木本部長	"	竹内 友章	東電力(株)電力流通本部設備・調整グループマネージャー
"	石垣 和男	(株)熊谷組常務取締役	"	吉津 洋一	関西電力(株)土木建築室土木部長
"	山田 俊郎	五洋建設(株)執行役員副社長	"	熊本 義寛	東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所長
"	杉 晟	佐藤工業(株)取締役相談役	"	桑原 彌介	日本交通技術(株)相談役
"	小野 武彦	清水建設(株)代表取締役副社長	"	松田 一郎	(社)日本土木工業協会専務理事
"	木村 洋行	大成建設(株)代表取締役専務役員	"	有賀 長郎	(社)日本建設業団体連合会専務理事
"	加納 光正	(株)竹中土木取締役専務取締役	"	鷺尾 淳俊	青木あすなろ建設(株)常務執行役員
"	阿比留卓雄	鉄建建設(株)土木本部本部長	"	大本 榮一	(株)大本組代表取締役会長
"	野村 昇	戸田建設(株)専務執行役員土木本部長	"	大迫 哲	(株)銭高組執行役員
"	岡田 満	飛島建設(株)取締役執行役員専務土木事業本部長	"	水島 久尾	大豊建設(株)代表取締役執行役員社長
"	齋藤 義信	西松建設(株)執行役員副社長	"	鈴木 行雄	東亜建設工業(株)代表取締役会長
"	吉川 大三	(株)間組土木事業本部役員待遇顧問	"	赤井 憲彦	東洋建設(株)代表取締役会長
"	剣持 三平	(株)フジタ常務理事	"	森藤 眞治	東急建設(株)常務執行役員
"	山田 和男	前田建設工業(株)常任技術顧問	"	丸山眞佐雄	日本国土開発(株)執行役員
"	澤井 信樹	三井住友建設(株)土木本部副本部長	"	高橋 昭夫	(株)不動テトラ代表取締役社長
監 事	西村 高明	メトロ開発(株)技術部長	"	菅野 幸裕	若築建設(株)代表取締役専務執行役員
"	福田 直利	電源開発(株)水力エンジニアリング部長	"	木下 雅敬	新日本製鐵(株)建材開発技術部部長
"	吉田 幸司	(株)鴻池組土木本部執行役員	"	井上 年史	三菱重工メカトロシステムズ(株)参事

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 6名, 評議員 32名
平成22年 5月28日現在

8月号予告[8月1日発売予定]

- 鉄道トンネルの健全度診断システム
 - 切削ワイヤを用いて地表面変位を抑えたJES工法の開発
 - 先進ボーリング技術のブレークスルーを目指して
 - 北関東自動車道 出流原トンネル
 - 東京メトロ有楽町線 小竹向原駅～千川駅間連絡線
- 【連載講座】
- ずり処理入門(8)
 - トンネル保守管理における記録とその活用(2)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆この号がみなさまのお手元に届くころは、ワールドカップ南アフリカ大会の予選が終わり、ベスト8が出揃ったというところでしょうか。日本代表はどうなっているのでしょうか。岡田監督が目標に掲げていたベスト4はないな、とは思いますが、なにかの間違いで残っていることに期待しておきます。

◆開催国の首都であるヨハネスブルグでは、この大会に間に合わせるよう、「GAUTRAIN(ハウトレイン)」という地下鉄を建設していました。残念ながら全線開業は間に合わなかったようで、現時点ではかろうじて、空港-市中心部の4駅間だけを部分開業しております。昨年末あたりに「15.5kmのトンネルが完成」「列車運行システムを導入」といった記事を見かけたような気がするのですが、先方にも何かと事情があるのでしょうか。GAUTRAINのホームページをみると、トンネルはとうにできたものの、駅舎などの建設が遅れているようです。鉱山の国だけに、掘るのだけは早かったということでしょうか。さすがです。とはいえ、治安の悪いといわれるヨハネスブルグだけに開通しても観戦客の足にはなれなかったと思われまます。急激な都市化により道路交通事情もかなり悪いらしいので、早く全線開通して少しでも快適な街になるといいのですが。

(K.K.)

★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)土木工社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41巻 第7号(通巻479号)

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成22年6月20日 印刷

平成22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

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工社

〒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、書店または土木工社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

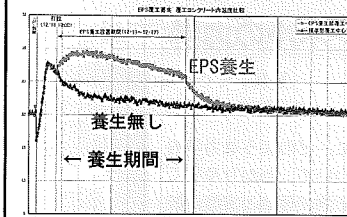
本誌掲載記事が無断で複写(コピー)および転載することは、著作権上での例外を除き、禁じられております。本誌から複写または転載を希望される方は、小社(03-3267-2888)までご連絡ください。

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム EPSパネル養生工法

NETIS 登録
(No. CB-090003-A)



EPSパネルの保温性、保湿性が効く。



温度測定結果

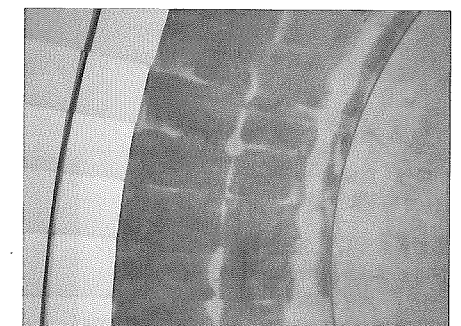
	養生無し	EPS養生
反発度(平均)	33.8	36.3
推定強度 N/mm ²	24.9	28.1
強度比	1.0	1.13

強度測定結果
(シュミットハンマー)

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

実績および採用決定(平成22年5月31日現在)

施主	実績	採用決定
国土交通省	6	5
NEXCO	3	3
地方自治体	7	1
合計	16	9



EPSパネル取り外し直後の状態



FUDO TETRA

建設本部

〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7番2号

TEL 03-5644-5025 FAX 03-5644-8576

株式会社 不動テトラ



大栄工機株式会社

〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地

TEL 0749-64-0246 FAX 0749-63-6765

【営業品目】

各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売
トンネル用機材一般/土木資材の販売
鋼製支保工の製造販売

実施権許諾第10396号



QJ 01466/ISO 9001:2000

特許登録番号第3977849号

わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500円+税 B5判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000円+税 A5判

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



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



岩盤の計測と解析

鈴木光 著
4,200円+税 A5判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500円+税 B5判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757円+税 B5判

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編
14,573円+税 B5判

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



わかりやすいトンネル技術入門(都市トンネル編)

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800円+税 A5判

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



推進工法の理論と実際

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

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



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660円+税 B5判

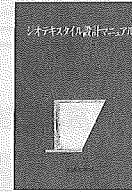
シールド工法について変遷から将来の開発の動向にいたるまで広範にわたり掲載した。シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた。



ジオテキスタイル設計マニュアル

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

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



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400円+税 A5判

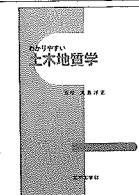
海洋の石油・天然ガス・石炭などのエネルギー資源と、マンガン・ジュールの鉱物資源、また、海洋エネルギーなどの開発と利用についてまとめた。



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500円+税 B5判

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



わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825円+税 B5判

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



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



トンネルと地下

1,500円+税 B5判 月刊(毎月1日発売)

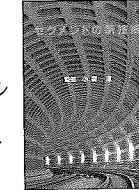
日本で唯一のトンネルと地下構造物の専門月刊誌。研究、調査・設計から施工にいたるまで、その時点での技術的問題点を中心に、業界の動向などをあわせて網羅しながら、新鮮な情報を提供する。



セグメントの新技术

小泉淳 監修
2,000円+税 B5判

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



地下水の科学 I~III (全3巻)

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

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



第I巻 地下水の物理と化学
4,078円+税 B5判

第II巻 地下水環境学
4,272円+税 B5判

第III巻 地下水と地質
3,689円+税 B5判

建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300円+税 A5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田孝 共著
3,200円+税 A5判

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



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著
1,200円+税 新書判

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



書籍のお申し込み

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

株式会社 土木工学社

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

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

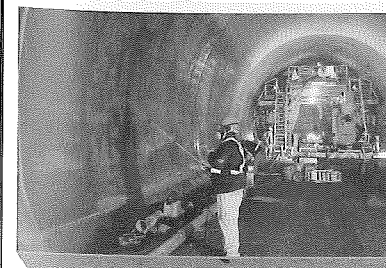
- 強力な分散性と安定した流動性
- ノーブリージング
- 任意の強度の選定
- セメント，骨材の種類が任意



株式会社 **マテリアル**

◆ 土木資材の総合プランナー ◆

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



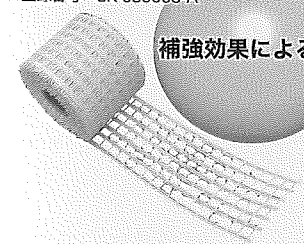
コンクリートの
「有害なひび割れ」対策に
“新たなご提案” (ひび割れ低減
3点セット)

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



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

コンクリート収縮抑制

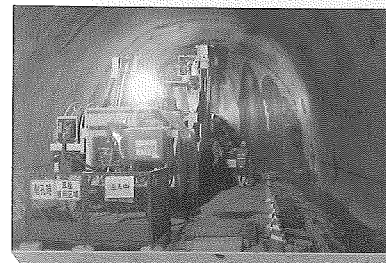


補強効果によるひび割れ幅低減

養生効果



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



様々な現場で力を発揮する
注入材、裏込材
“最適な選択をご提供”

注入材

超微粒子注入材

太平洋アロフィクスMC

瞬結工法用無機懸濁型
土質安定材・下水道止水材

太平洋アロフィクスMC2号

注入式長尺先受工法用注入材

太平洋スーパーハード

注入式長尺先受工法用注入材

太平洋スーパーファスナー

裏込材

プレミックス裏込用充填材

太平洋フォルトカバー



太平洋マテリアル株式会社

営業本部 高機能建材営業部

〒135-0064 東京都江東区青海 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