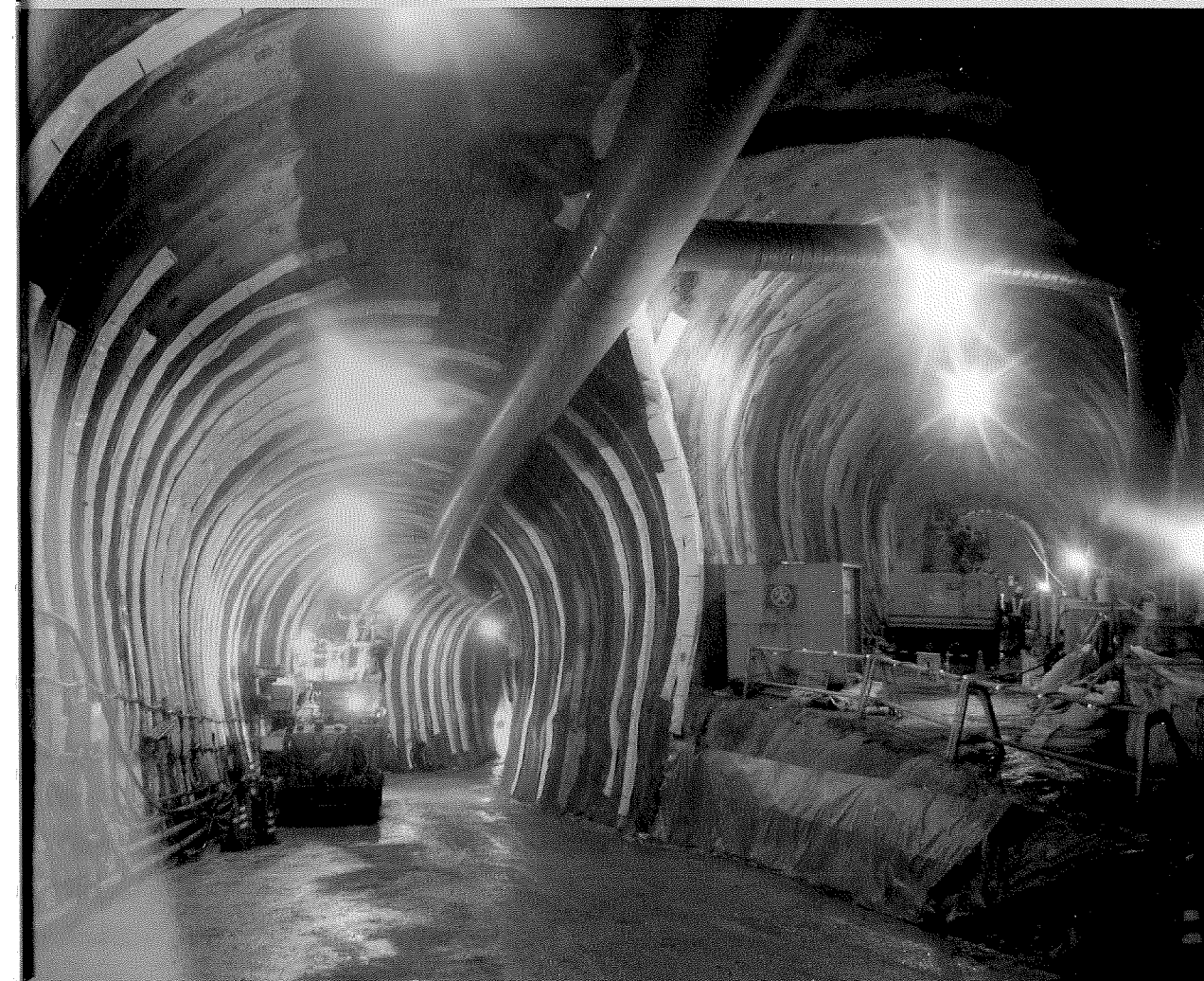


立坑直下既設下水道幹線のリバウンドをグラウンドアンカーで抑制  
大断面トンネルを中壁分割工法で構築  
海底部取水トンネルをプレグラウトおよび導坑切上がり掘削で施工  
「ITA総会および世界トンネル会議(バンクーバー)」報告

日本トンネル技術協会誌



## 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

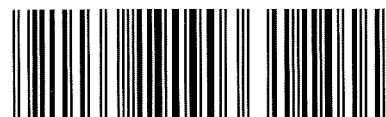
覆工コンクリート  
ひび割れ抑制・耐久性向上  
**コンクリート用膨張材**  
**デンカパワーCSA**  
有機無機複合型被膜養生剤  
**デンカクラッコフ**  
コンクリート補強用合成繊維  
**STRUX 85/50L**

- ・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 03-5290-5538

定価 1,575円 雑誌06619-9  
本体価格1,500円

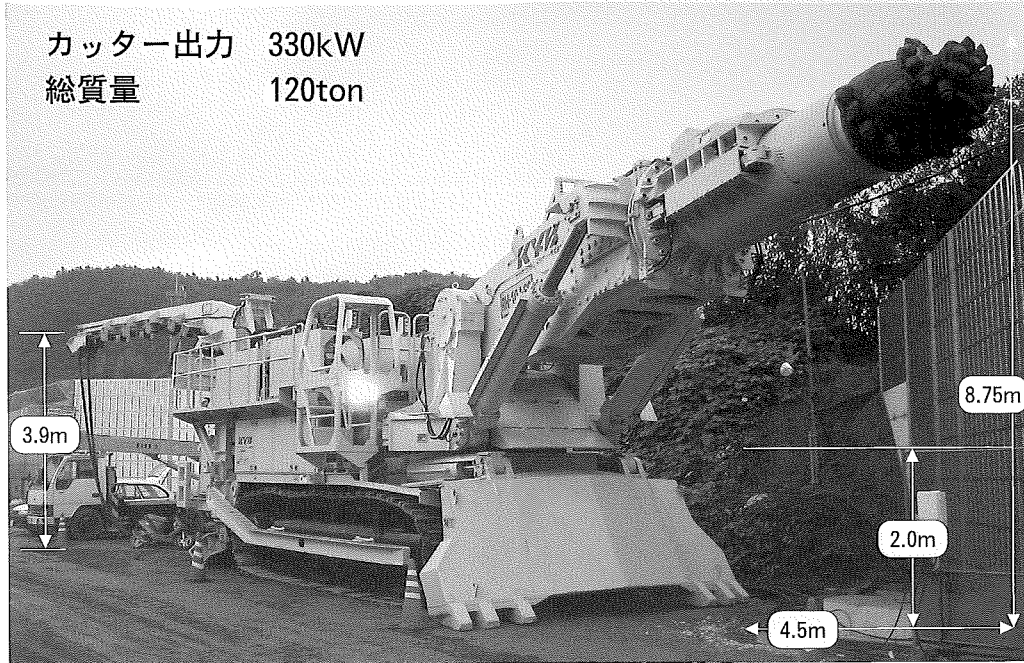


4910066190903  
01500

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10.5m（ケーブルハンガーを除く）
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

**KYB** カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業  
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

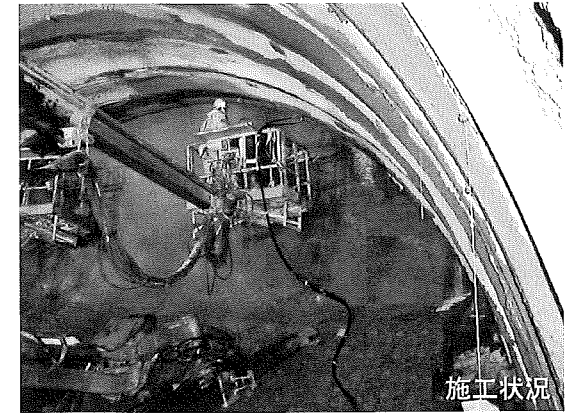
西部支店 〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多 TEL 092-411-4998

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

## 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。



施工状況

### ■各種注入材

NEW-TSRF  
（シリカレジン）  
NEW-TBU  
（ウレタン）

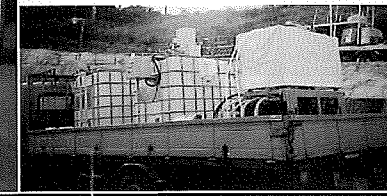


※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧ください。

## 環境に配慮したリサイクルコンテナシステム



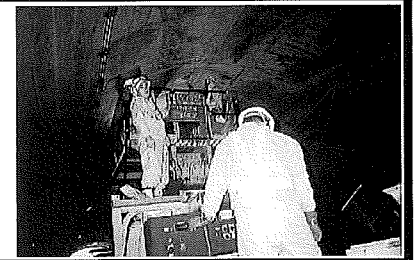
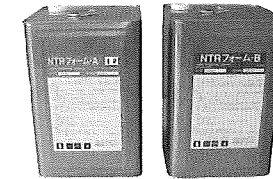
◎リサイクルコンテナ（左）と現場への搬入風景 当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。



## 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。



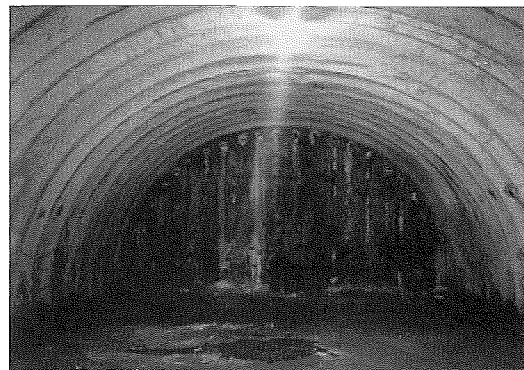
上記の各種注入材の他、ドリルジャンボ、集塵機をはじめ各種機械も取り扱っております。お気軽にお問い合わせください。

**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 愛知県春日井市鳥居松町4-165 春日井中央ビル4F       | TEL: 0568-56-4288 |
| 大阪支店  | 〒578-0903 大阪府東大阪市今米1-2-1 中辻第3ビル3F          | TEL: 072-966-6280 |
| 富山営業所 | 〒933-0806 富山県高岡市赤祖父707 古川ビル2F              | TEL: 0766-28-8355 |
| 九州営業所 | 〒839-0809 福岡県久留米市東合川3-12-40 アイ・ソリューションビル1F | TEL: 0942-40-8151 |

# 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

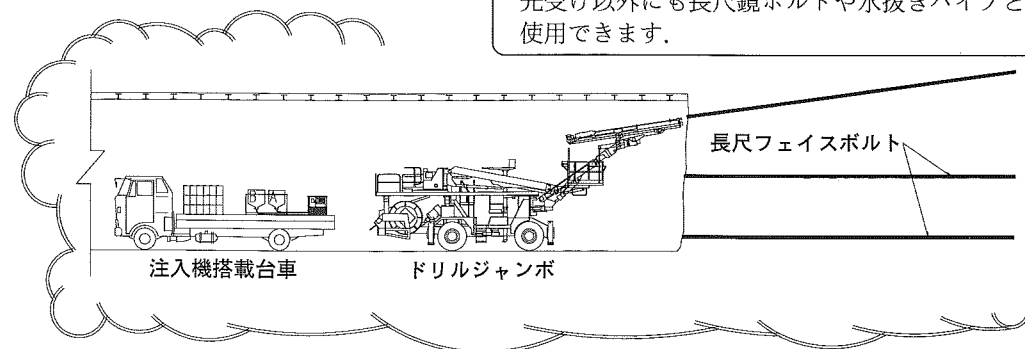
プロトタイプ  
無拡幅タイプ  
最小拡幅タイプ

## 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！



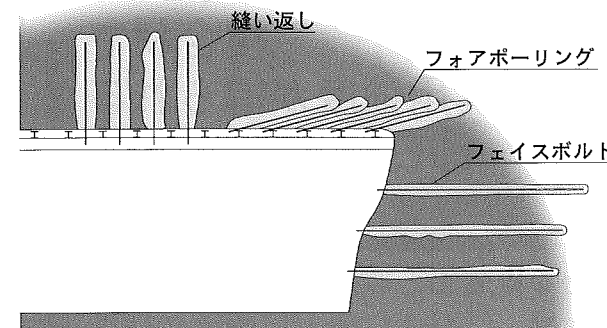
## 注入材のバリエーション

- 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-P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/>

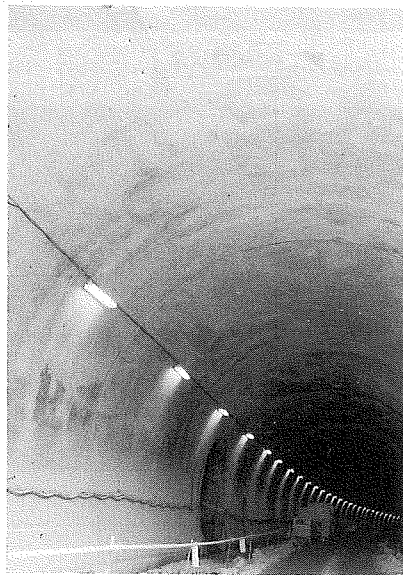
技術営業部  
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164  
東京支店  
TEL)03-3260-8321 FAX)03-3266-1648  
九州営業所  
TEL)092-574-0856 FAX)092-574-0846

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

コンクリートの劣化、欠陥箇所の改修、補修……

急硬性改修モルタル

# ドクターQ改修工法



〈工期短縮，即日仕上り〉

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

- 短時間で高強度，即日仕上り
- 強力な接着力と収縮，ヒビ割れ防止
- 防水性，防錆力に優れ，中性化防止
- 既調合品で現場管理が簡単

エアモルタル裏込め注入……

## エスコート L & K 起泡剤



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



◆ 土木資材の総合プランナー ◆  
**株式会社 マーイル**

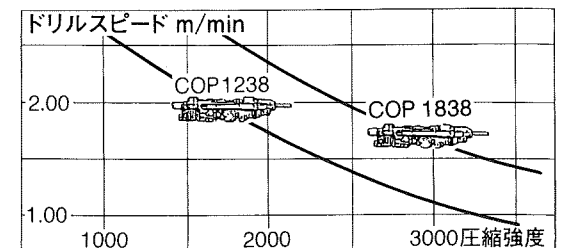
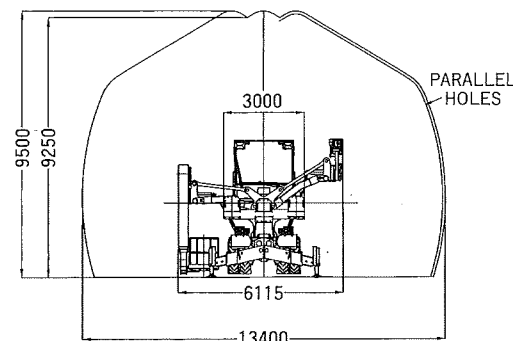
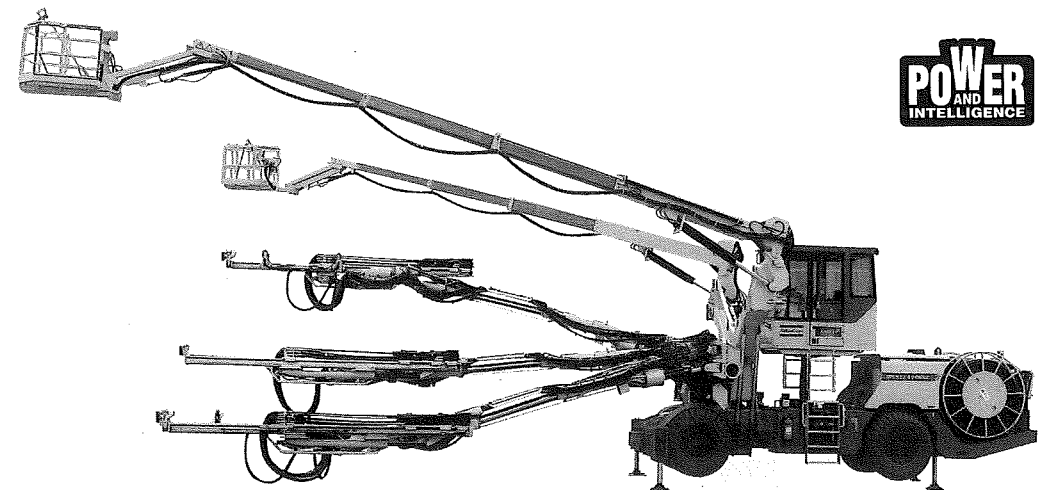
〒120-0047 東京都足立区宮城 2-4-16  
TEL 03(3927)1331(代)

# 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

— NATM を支える —

技術と信頼!

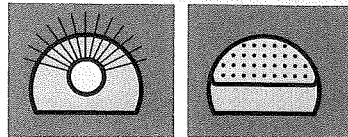
# ケー・エフ・シーの ロックボルト

## 全ネジFRP ロックボルト

CG22S



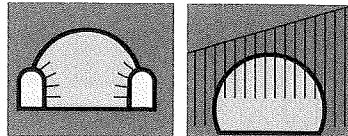
(中実タイプ)



CGR32

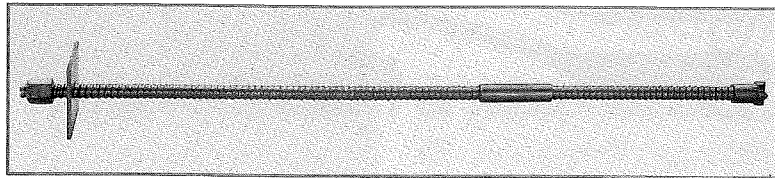


(中空タイプ)

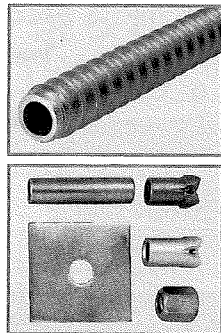


FRP ボルトに全ネジ加工することによって、ナット取付け、カブラー接続が簡単にできます。

## 自穿孔 IBO アンカー

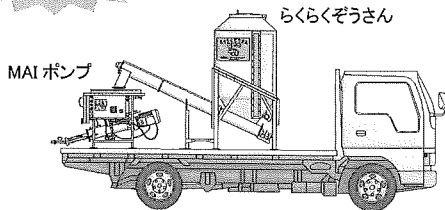


現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって転造した中空ロックボルトです。

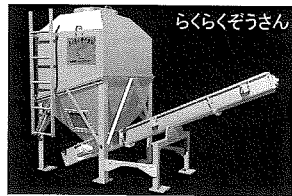
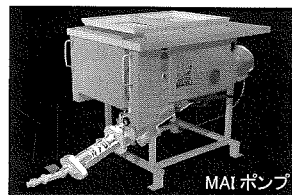


## MAI ポンプ & らくらくぞうさん (モルタル投入システム)

ECO システム!



現場ゼロエミッションに貢献します。



特許第 3256532 号  
(らくらくぞうさん)



環境にやさしいパッケージ  
「ふたたびくん」

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

1本1本が大切! だから

次世代 防食 ロックボルト

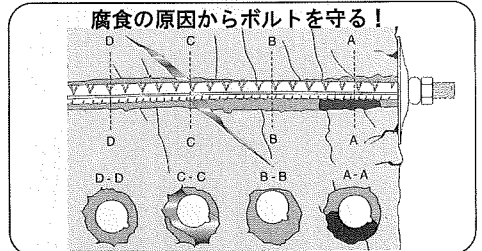
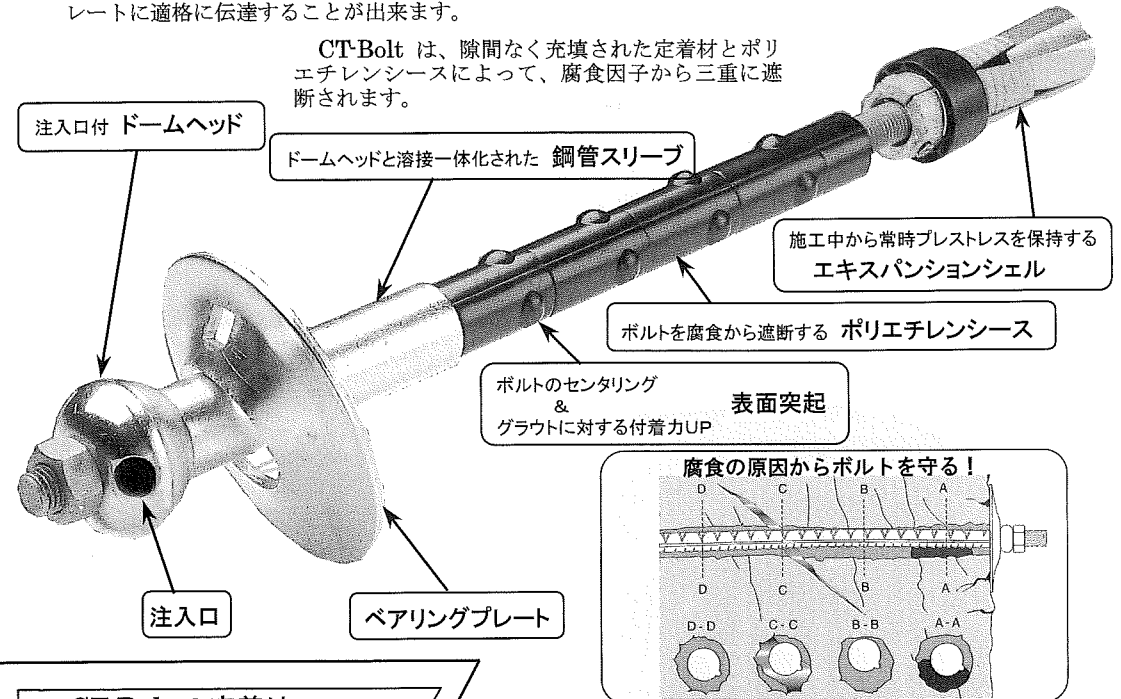
# CT-Bolt

Orsta Stål

## 通常施工により超長期支保

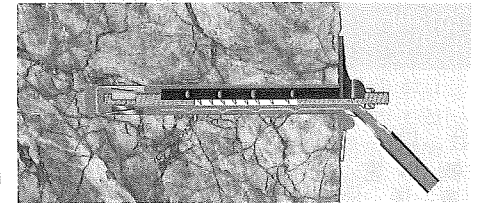
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

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

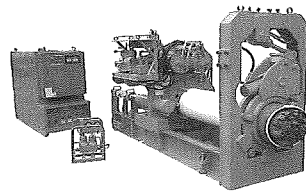
Your Fastening Partner

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

# THパイプルーフ工法

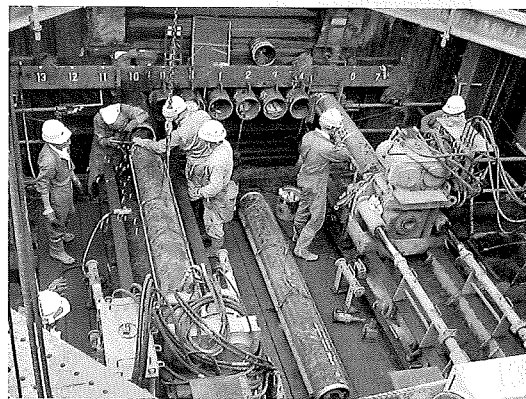


空間を確実に確保

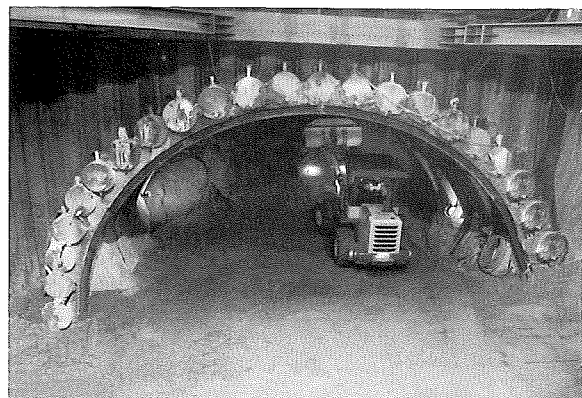
高精度・全地盤型 水平鋼管圧入システム

★特徴★

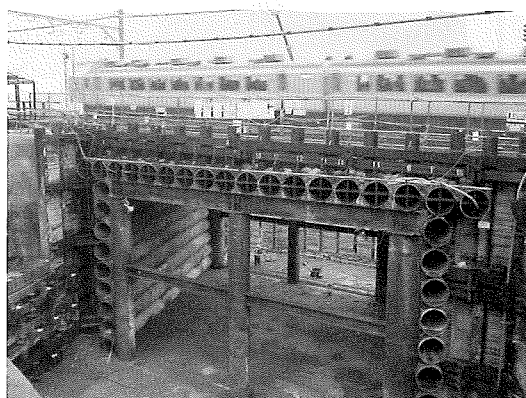
- ・本体掘削時の沈下抑制補助工法です
- ・常時管芯チェックが可能で、方向修正方式を採用(精度が良いため支保作業が容易)
- ・オーガ中掘り掘削、地山との空隙に同時注入も可能
- ・推進途中でのビットの交換が可能で地層変化に対応
- ・適応管径は、φ200A～φ1200A
- ・最大推進長は、約70～100m
- ・推進機は、推力1000kN(100t)2000kN(200t)3000kN(300t)



パイプルーフ施工状況(立坑内)



パイプルーフ完了後の掘削状況



パイプビーム工法

〔会員〕 ※会員募集中(お問い合わせは、下記事務局へ)

(株)小宮山土木 長野県 TEL 0267-56-1299  
 東洋地工(株) 福井県 TEL 0776-53-5335  
 日特建設(株) 東京都 TEL 03-3542-9299  
 ケミカルグラウト(株) 東京都 TEL 03-5575-0511  
 (株)最上機工 山形県 TEL 0233-23-1555  
 サン開発工事(株) 大阪府 TEL 072-641-4951

東邦地下工機(株) 東京都 TEL 03-3474-3143  
 日本基礎技術(株) 東京都 TEL 03-3476-5701  
 (株)大阪防水建設社 大阪府 TEL 06-6762-5621  
 多田建設(株) 福島県 TEL 024-535-6161  
 九州グラウト(株) 福岡県 TEL 092-583-3232  
 札幌黒澤工業(株) 北海道 TEL 011-215-7500  
 (順不同)

<http://www.piperroof.jp> (ホームページです。ここから資料が取り出せます。)

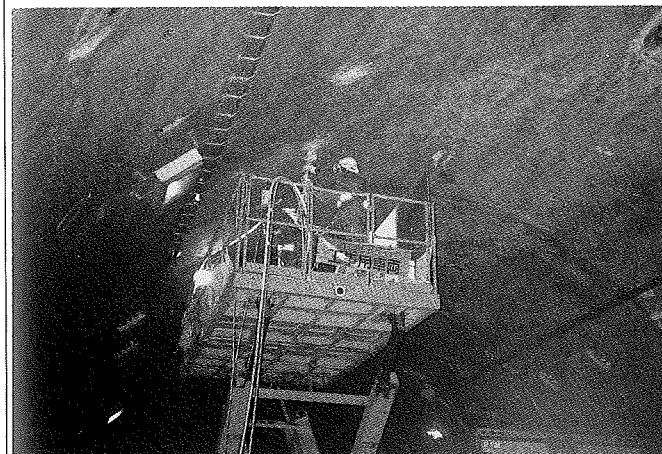
## THパイプルーフ技術協会

〒140-0002 東京都品川区東品川4丁目4番7号 東邦地下工機(株)内  
 TEL 03-3474-3143 FAX 03-3474-3163  
 E-mail: jimukyoku@piperroof.jp



## 硬質発泡ウレタン セットフォーム工法

急結性・高性能空隙充填材

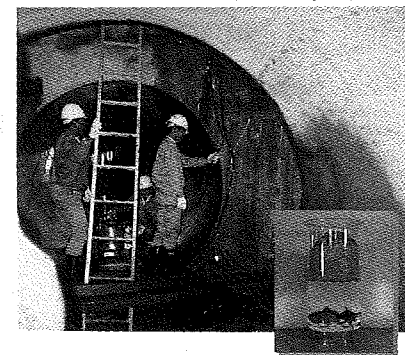


- シールドにおける滞水層、軟弱地盤の全面裏込め注入
- シールド急曲線部の裏込め注入(即時地盤反力の効果)
- トンネル構造物などの背面空洞充填
- 深基礎工法の裏込め(止水,裏込め後の即時掘削可能)

漏水を瞬時にストップ!

## SF-A工法

長期耐久性に優れた  
無溶剤タイプの  
ウレタン系止水材



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

### ケミカルフォーム協会会員

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

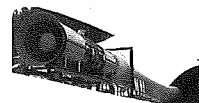
### 協会事務局

〒103-0023 東京都中央区日本橋本町 3-6-2 小津本館ビル  
 MC山三ポリマーズ(株)内 TEL 03-3662-0253

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

# ホンモノしか残らない...

...1960~ 1970~ 1980~ 1990~ 2000.....



大容量ファン



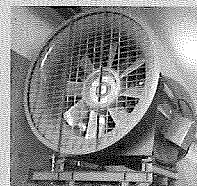
二軸反転  
サイレントファン



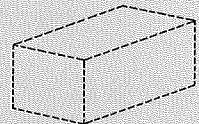
可変翼やインバーター  
での風量制御ファン



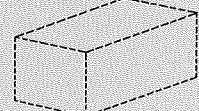
中型集塵機  
ノッカー払落し式



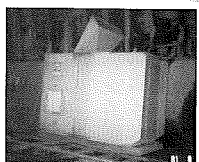
単段ファン



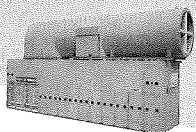
中型集塵機湿式



中型集塵機電気式



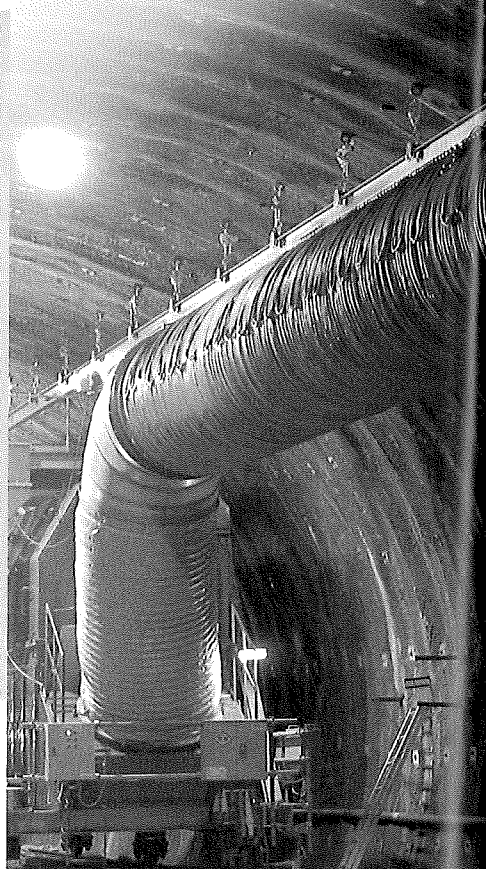
中型集塵機  
フィルタ交換型



大型集塵機  
1000~4000m<sup>3</sup>/min  
30000hメンテナンス  
フリー。トンネル  
用は清浄度0.1mg/  
m<sup>3</sup>以下保証

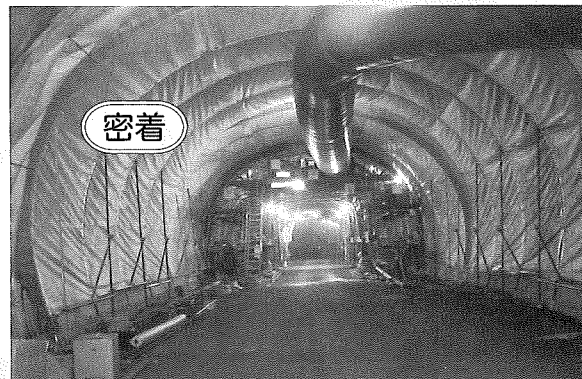
## 吸引ダクト SUPER LIGHT (新型)

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



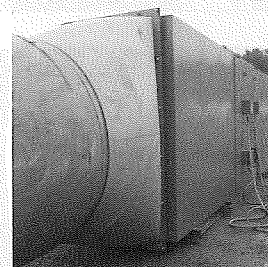
# 換気・環境技術は進化しています

2009.....



密着

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



〔新型〕  
大風量中圧ファン  
EZ-2000Q  
(2000m<sup>3</sup>/min, 2.94kpa,  
150kw)

重量1/2に半減!!

## 漏れない风管シリーズ〔新型〕

従来のビニール・鋼管の风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...

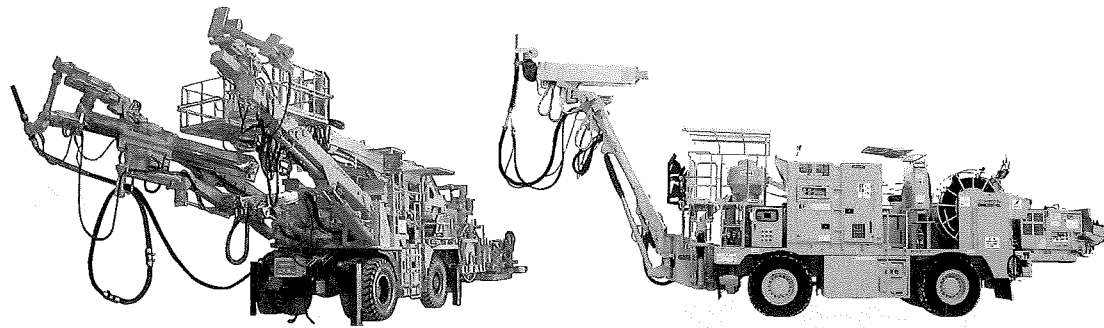
最適環境を創造する

株式会社 **流機** エンジニアリング

URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: [eigyobu@ryuki.com](mailto:eigyobu@ryuki.com)

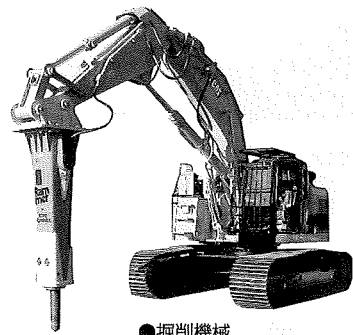
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル TEL: 03(3452)7400

# 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

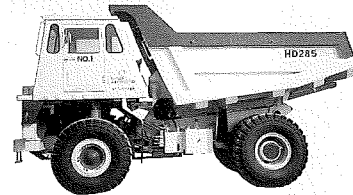


●エレクターJ吹付システム(ホイール式)  
※国交省三次トンネル用排ガス規制対策機

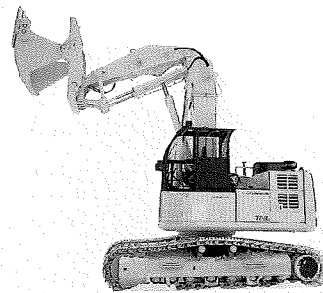
●一体型吹付システム



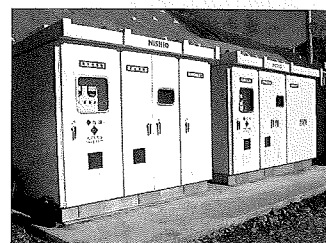
●掘削機械



●ダンプトラック



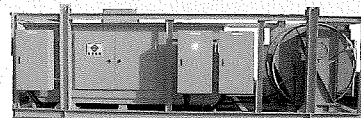
●油圧ローディングショベル



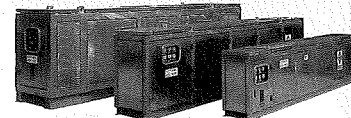
●フリッカ対策機  
(コンデンサ開閉方式: SVC)



●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。  
コンサルティングから特殊機械まで、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

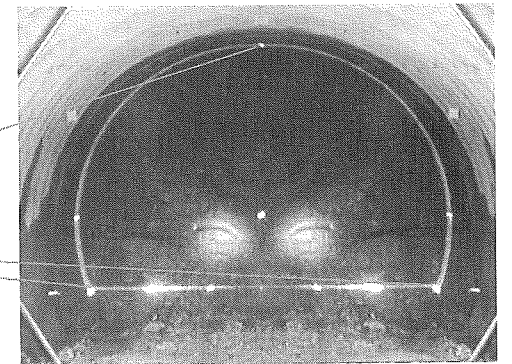
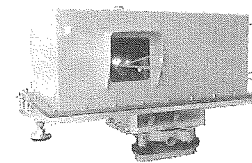
本社: 大阪府茨木市宮島3-2-18 TEL 072(634)3939

・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

# 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

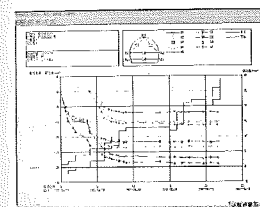


現場環境に耐え得る  
頑強なコントローラー

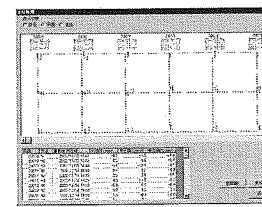


ジャンボに  
取付けて使用可  
AC200V対応

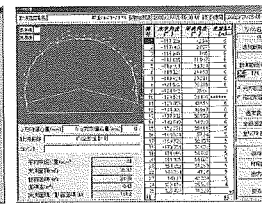
各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



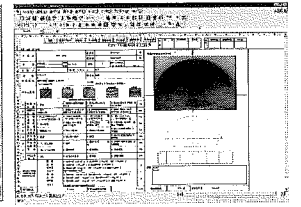
A計測データ処理



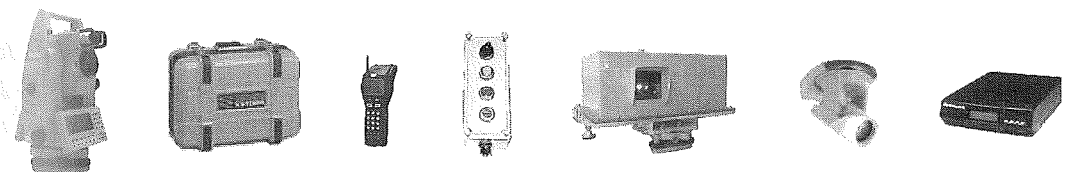
支保工立込精度、変形量



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



# 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言われております。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おります。

### 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。

お問い合わせ先

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

〒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@lisweb.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。

### 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

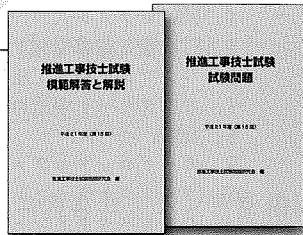
各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

### 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おります。



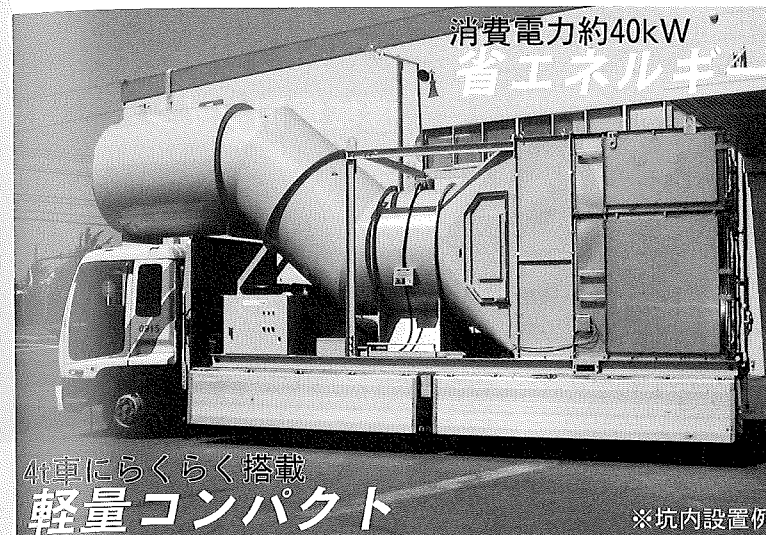
平成22年度推進工事技士試験実施日

学科試験 7月11日(日)  
実地試験 10月10日(日)

お問い合わせ先

株式会社LSプランニング  
http://www2.ocn.ne.jp/~ls\_siken/

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



National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ) ※坑内設置例



### 取扱レンタル商品

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

## 株式会社 レント

特機営業課 担当者 工藤

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

# トンネル工事からパンクを追放 坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

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

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

 **中濃産業株式会社**  
代表取締役 土田 義 弌

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)



## 機械掘削ツインヘッド

1.0m<sup>3</sup>クラス 322C 他

| 区分<br>Type      | 型式<br>Model | ピック型式<br>Tooth Type | ピック本数<br>Number of Teeth |
|-----------------|-------------|---------------------|--------------------------|
| 標準型<br>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                       |
|                 |             |                     | 平ピック<br>Flat             |
|                 |             | 丸ピック<br>Conical     |                          |

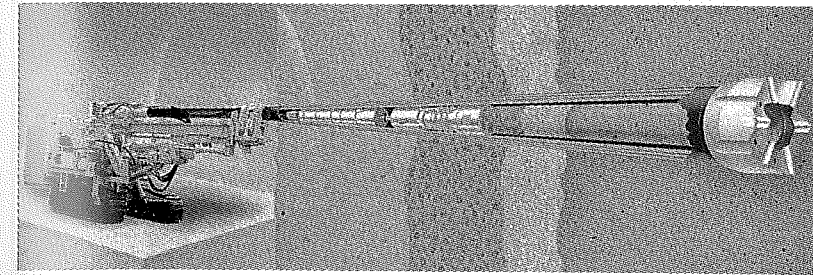
**klea** 株式会社 ケイ・リー

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

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

# トンネル掘さく的安全施工に 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なう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行え、施工時間が大幅に短縮できます。
- ②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、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 鉦研工業株式会社**

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>

## 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

## 株式会社 ロード・エンジニアリング

会 長 田 島 利 男 代表取締役社長 清 水 洋 (技術士)  
 (技術士・土木学会フェロー会員)

常務取締役 堀 内 浩三郎 (工学博士) 大阪支店長 亀甲谷 義 高 (技術士)  
 福岡支店長 朽 網 新

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

## トンネル進捗率改善の ための最新技術

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

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

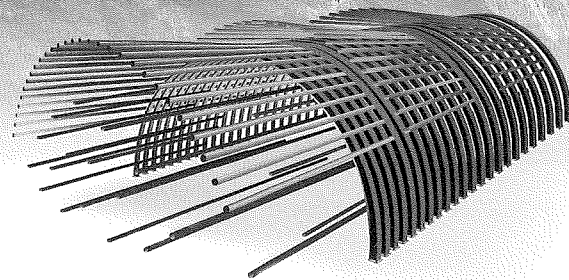
これこそがオリカ社が提案する「Power of Partnership (パートナーシップの力)」です。

[www.oricaminingservices.com](http://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

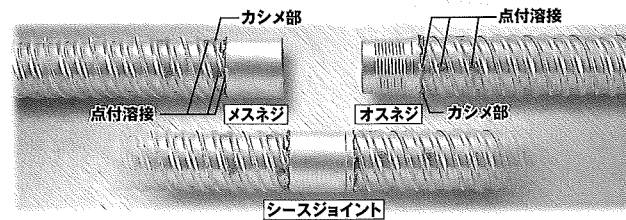
明かりが見えます

# ユニークな発想と高品質・自信の価格



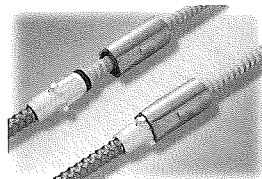
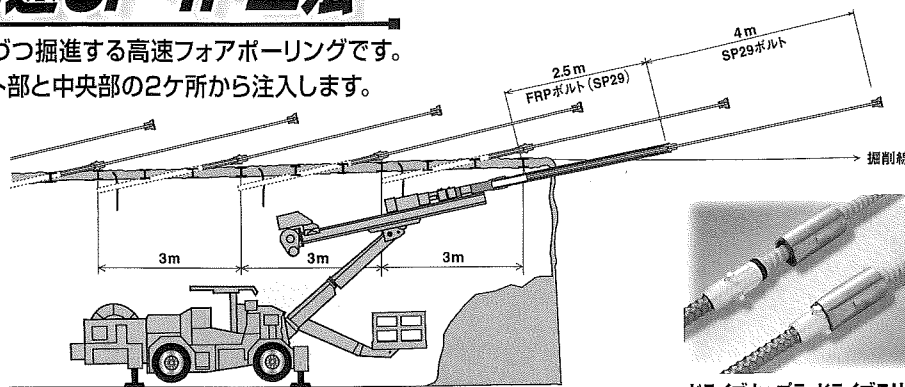
## FIXチューブ工法

※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。

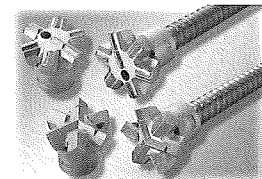


## 高速SP-IF工法

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

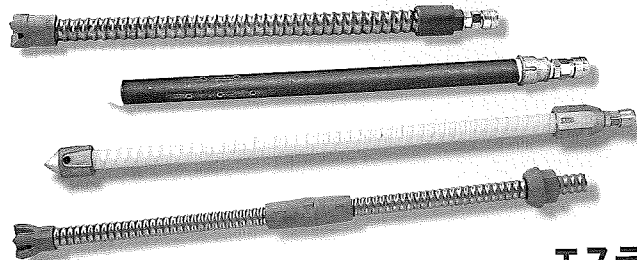


ドライブキャップ, ドライブスリーブ



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

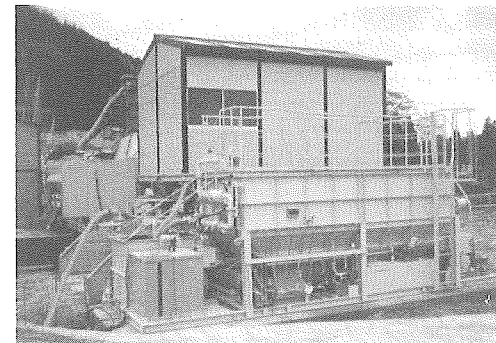
〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

TEL.0722-90-0250 FAX.0722-90-0251

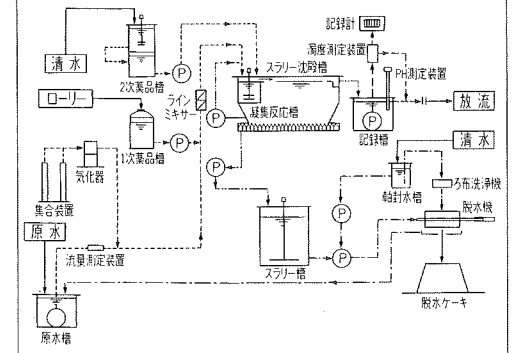
http://www.st-eng.co.jp

# TWS型シリーズ 濁水処理装置

## コンパクトながら 大きな処理能力



### フローシート (システム TYPE II)



### 特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。  
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合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。複式汙板型の脱水機を採用していることから汙布等の消費費が少ない。  
又、加圧型脱水方式の為無薬注で脱水出来る。
3. シックナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
4. 運転管理が容易である。  
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異常警報装置を標準装備している。

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

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

6. 豊富なオプション装置  
高分子凝集剤の自動溶解装置  
処理水返送装置 (異常警報装置と連動)  
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  
自動汙布洗浄装置

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

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

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻頭言

地下工事と列車の安全

伊藤 泰司.....5

■報告

「ITA総会および世界トンネル会議(バンクーバー)」報告

日本トンネル技術協会 .....45

■施工

立坑直下既設下水道幹線のリバウンドをグラウンドアンカーで抑制

—埼玉県道葛飾吉川松伏線バイパス 吉川・新三郷間こ道橋—

久島 敏靖・桑原 清・齊藤 明夫・勝田 靖.....7

駅部大断面トンネルを中壁分割工法で構築

—仙台市高速鉄道東西線 青葉山トンネル—

本堂 亮・東 優・浅川 敏郎・鶴原 敬久 .....17

海底部取水トンネルをプレグラウトおよび導坑切上がり掘削で施工

—島根原子力発電所3号機 海域部取水設備工事—

川本 秀夫・大村 剛・安永 孝夫・窪之内雄策 .....27

**ヤマモト (まがんき)** 無騒音 無振動 静かな破碎

超大型油圧破碎機  
**YTB1120**  
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)

■連載講座

ずり処理入門(9)

—掘削ずりの活用と処理・一般発生土—

「ずり処理入門」連載講座小委員会.....57

トンネル保守管理における記録とその活用(3)

—データベース化・電子化の取り組み(2)—

JTA保守管理小委員会 .....67

■現場だより

「お茶のまち」島田から

内田 裕二 .....16

「相馬野馬追の里」南相馬より

森 英治 .....36

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

我がトンネル掘進・苦心記

鹿野秀一郎 .....37

■トンネル工事を見守る山の神

山の神と化粧木(その2)

阿部 公一 .....54

■資料

土木情報

編集部 .....56

トンネルジャーナル

編集部 .....66

工法・技術・製品ニュース

編集部 .....76

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会 .....77

■会報

会報

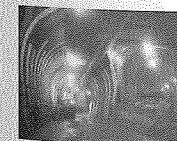
日本トンネル技術協会 .....79

【表紙説明】

海底部取水トンネルをプレグラウトおよび導坑切上がり掘削で施工

—島根原子力発電所3号機 海域部取水設備工事—

本工事は、原子力発電所の増設に伴う蒸気冷却用の海水を取水するため、海底部に取水路トンネルを構築するものである。



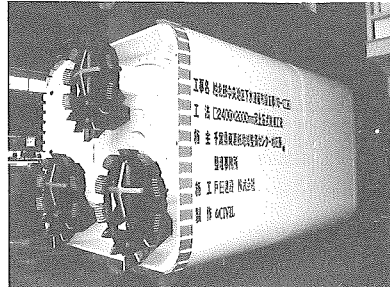
トンネル断面形状は、本坑や分岐坑および取水立坑など複雑な構造を成しており、さらに急勾配と急曲線を合わせ持っている。こうした困難な条件下で、工期内に安全な工事を進めるために、プレグラウト、導坑先進による立坑掘削、高流動覆工コンクリートを採用した。写真は、本坑掘削・2号取水立坑止水注入の状況である。

〔写真提供：中国電力(株)〕(本文27頁参照)

# 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(内寸法□2400×2000)

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

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

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



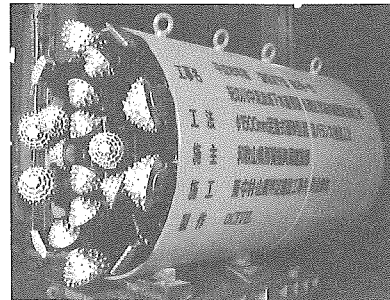
φ1016mm長距離パイプルーフ掘進機(リターン回収型)

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

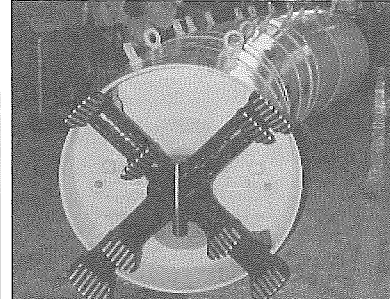


φ1500mm破碎型掘進機

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

## 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                                | 千 葉 隆                               |
| 株式会社大林組東京本社生産技術本部<br>トンネル技術部部长         | 清水建設株式会社土木事業本部工事監理部<br>上席エンジニア      |
| 池 田 豊 人                                | 濱 建 介                               |
| 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官                    | (元)日本鉄道建設公団理事                       |
| 大 石 敬 司                                | 福 家 佳 則                             |
| 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部<br>改良建設企画課課長        | 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部<br>トンネルグループ長    |
| 久多羅木 吉治                                | 松 原 利 之                             |
| 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長                   | 飛鳥建設株式会社土木事業本部土木技術部<br>トンネル技術グループ部長 |
| 城 間 博 通                                | 三 浦 克                               |
| 株式会社高速道路総合技術研究所<br>道路研究部トンネル研究担当部長     | 株式会社竹中土木常務執行役員                      |
| 高 瀬 昭 雄                                | 領 家 邦 泰                             |
| 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構<br>鉄道建設本部計画部計画課長 | 大成建設株式会社土木本部土木技術部<br>トンネル技術室参与      |

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 <sup>2</sup> | 700kg/cm <sup>2</sup> | 700kg/cm <sup>2</sup> | 1000kg/cm <sup>2</sup> |
| 重量 t       | 36                    | 53                    | 50                    | 59                     |
| 長さ m       | 13.0                  | 10.8                  | 14.0                  | 15.4                   |
| 幅 m        | 2.5                   | 3.2                   | 2.95                  | 2.98                   |
| 高さ m       | 3.30                  | 2.86                  | 3.00                  | 3.20                   |
| エンジンの出力 PS | 300                   | 402                   | 450                   | 600                    |

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。



## ワールド開発工業株式会社

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

## 編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

### 〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

### 〔編集参与〕

今田 徹

東京都立大学名誉教授

高橋 良文

東京都下水道サービス(株)管路部長

橋本 定雄

(元)東京都公営企業管理者下水道局長

濱 建介

(元)日本鉄道建設公団理事

三浦 克

株式会社竹中土木常務執行役員

### 〔委員〕

葛城 真治

東京電力株式会社電力流通本部工務部  
地中送電グループ課長

亀山 勝

東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部  
計画担当課長

木谷 日出男

財団法人鉄道総合技術研究所  
企画室長

清水 満

JR東日本研究開発センター  
フロンティアサービス研究所次長

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

新谷 康之

東京都下水道局建設部設計調整課長

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

藤村 和彦

東京都水道局建設部工務課長

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

両角 幸範

東京都交通局建設工務部計画改良課長

掲載頁  
7

立坑直下既設下水道幹線のリバウンドをグラウンドアンカーで抑制

—埼玉県道葛飾吉川松伏線バイパス 吉川・新三郷間こ道橋—

東日本旅客鉄道(株) 久島 敏靖

武蔵野線吉川・新三郷間こ道橋は、埼玉県道葛飾吉川松伏線バイパス整備に伴い、JR武蔵野線73k500m(新鶴見起点)付近で交差する都市計画道路葛飾吉川松伏線の一部であり、平成21年12月に施工を終えた。

こ道橋構築に伴う立坑掘削時において、急激なリバウンドが発生した。こ道橋の直下には、下水道幹線が埋設されており、リバウンドにより下水管へ有害な影響が生じることが懸念された。そのため、FEM解析を用いた地盤定数の逆解析・変状予測および鉛直グラウンドアンカーを用いたリバウンド対策工を実施した。

本稿は、設計・施工の概要と立坑掘削時に発生したリバウンドとその対策について報告する。

Control the Rebound through Ground Anchors—Saitama Prefectural Road Katsushika-Yoshikawa-Matsubushi Bypass road, Railway Underpass between Yoshikawa Station and Shin-Misato Station—  
By Toshiyasu Hisashima, East Japan Railway Company

The Railway underpass was installed between Yoshikawa station and Shin-Misato station on the Musashino

Line in December, 2009, as the Saitama Prefectural Road of Katsushika-Yoshikawa-Matsubushi Bypass Road that intersects at about 73km500m mark (originating at Shin-Tsurumi) on the JR Musashino Line.

At the time of shaft excavation, a sudden rebound occurred. A sewer main pipe was buried directly under the underpass and there was concern that the rebound would have an adverse effect on it. For this reason, rebound countermeasures such as inverse analysis of geomechanical parameters/deformation prediction using FEM analysis were conducted and vertical ground anchors were installed.

This report gives an outline of design and construction, information on the rebound that occurred when excavating the shaft and measures taken.



写真はグラウンドアンカー設置状況

掲載頁  
17

駅部大断面トンネルを中壁分割工法で構築

—仙台市高速鉄道東西線 青葉山トンネル—

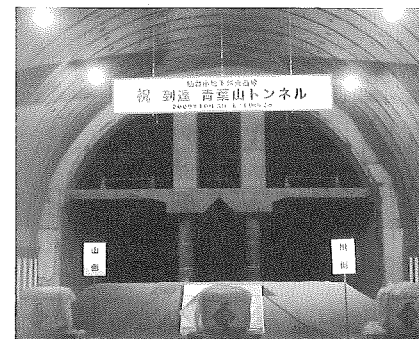
鉄道・運輸機構 本堂 亮

仙台市高速鉄道東西線の青葉山トンネルは、動物公園駅起点1km183m～2km269m間の延長1,086mの山岳トンネルであり、橋梁で渡河する竜の口溪谷と、青葉山駅開削部の間に位置するNATM複線断面トンネルである。青葉山トンネルのうち、終点方の青葉山駅接続部は、青葉山駅が1面2線の島式ホームを採用していること、またホームなどの駅設備の一部をNATM区間に設けることから、トンネル断面を拡大する必要があり、当該区間の掘削にあたっては、安全性を確保する必要がある。そこで、事前にFEM解析などを用いた検討を行い、当該区間の掘削工法は中壁分割工法を選定した。本稿は、青葉山トンネル工事の駅部大断面区間における掘削方法として選定した中壁分割工法の施工計画および施工結果について報告するものである。

Construction of a Large Cross-section Station Tunnel with the Centre Diaphragm Method—Sendai City Subway Tozai Line Aobayama Tunnel—

By Akira Hondo, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

The Sendai City Subway Tozai Line Aobayama Tunnel is a double tracks tunnel of 1,068m long excavated with NATM. It is located between Tatsunokuchi Bridge which spans the gorge and the Cut and Cover section of Aobayama station. Due to that fact a part of the station facilities including an island platform will be installed in the NATM tunnel, it is necessary to expand the cross-section of the tunnel. Prior investigation using FEM analysis, etc. was conducted to guarantee construction safety and the Centre Diaphragm Method was selected as the excavation method for this section. This report gives information on construction planning and results for the Centre Diaphragm Method of the Aobayama Tunnel works.



写真は青葉山トンネル掘削完了状況

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

トンネル内専用として  
**セラダクト**  
A<sup>エース</sup>  
ネオ  
neo

— 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

再生材料を使用  
採石および廃棄物 両面利用 50%以上  
セラダクトAはエコマーク認定商品です  
第 04 131 014 号

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

産業界賞 (株式会社東芝建設、同社) 賞  
【その他の賞】 (評価者等)  
建設庁賞  
採石及び廃棄物等

ISO 9001:2000取得

杉江製陶株式会社  
sugio

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

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

現在、中国電力(株)島根原子力発電所では、原子力発電所3号機の増設工事を進めている。本工事は3号機の海底部取水設備工事として、タービンを回した後の蒸気冷却用の海水を取水するため、海底取水口ケーソンから陸域取水路までの、取水路トンネルを海底部に構築している。施工は、稼働中の原子力発電所敷地内での海底トンネル工事であるうえ、トンネルは急勾配(16%)と急曲線( $R=30\text{m}$ )を合わせ持っている。さらにトンネル断面形状も、本坑や分岐坑および取水立坑など複雑な構造を成している。

本稿では、こうした困難な条件下で、工期内に安全な工事を進めるために採用した、プレグラウト、導坑先進による立坑掘削、高流動覆工コンクリートを中心に報告する。

**Construction of Water Intake Tunnel with Pre-grouting and Raise Boring—Shimane Nuclear Power Plant Reactor No.3 Sea Water Intake facilities Works—**

**By Hideo Kawamoto, Chugoku Electric Power Co., Inc.**

Currently, Chugoku Electric Power Co. is in the process of conducting expansion works to construct a 3rd reactor at the Shimane Nuclear Power Plant. As a sea water intake facilities for the 3rd reactor, these works, in order to intake sea water for steam cooling for after the turbine has rotated, are for the construction of a water intake tunnel on the seabed connecting the seabed intake caisson to the water intake channel on land. The tunneling works is conducted under the premises of an operating nuclear power plant reactor, and the tunnel alignment has both steep gradient (16%) and a sharp curve ( $R=30\text{m}$ ). Further, the tunnel cross-section format also comprises complex structures such as the main line, bifurcating lines and the vertical water intake shaft.

This report focuses on pre-grouting, shaft excavation by raise boring and high-flowable lining concrete employed in order to progress safely with the works within the construction period under such difficult conditions.



写真は本坑・分岐坑取合部

第36回国際トンネル地下空間協会(ITA)総会は、2010年5月15~20日カナダのバンクーバーで加盟58か国中、48か国出席して開催された。また、総会に併せて開催された2010年世界トンネル会議(WTC)は、ITA、カナダトンネル協会の共催により「2020年にむけたトンネルの展望」のテーマのもとで、世界各国から約950人が参加した。

総会では、事業報告などが行われ、2013年の開催地をスイスのジュネーブに決定した。

世界トンネル会議のプログラムは、基調講演、テクニカルセッションおよび現場視察で構成された。

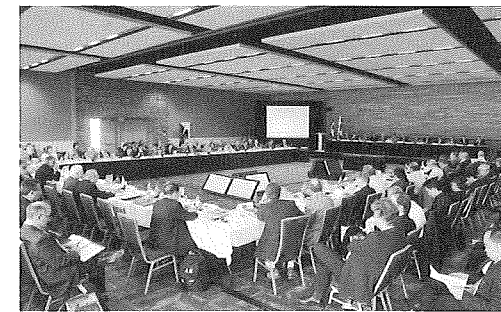
**ITA Annual Meeting and World Tunnel Congress (Vancouver) Report**

**By Japan Tunnelling Association**

The International Tunnelling and Underground Space Association held its 36th meeting in Vancouver, Canada from 15th-20th May, 2010 with participants from 48 of the 58 member nations. The World Tunnel Congress 2010 which was held in conjunction with the meeting had approximately 950 participants from all over the world and jointly held by the ITA and the Tunnelling Association of Canada with theme of "Tunnel Vision Towards 2020".

Business reports, etc. were given at the meeting. It was decided that the 2013 assembly will be held in Geneva, Switzerland.

The World Tunnel Congress Program was composed of keynote speeches, technical sessions and site visits.

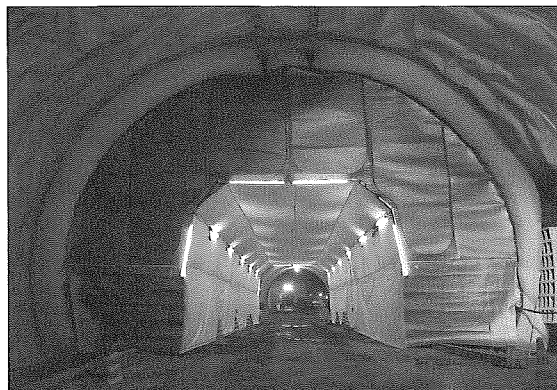


写真はITA総会

## 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】

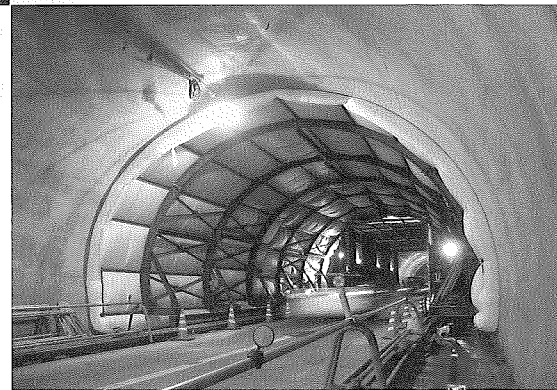
1. 長期材齢の強度アップ
2. 覆工コンクリートの表面を湿潤状態に保ちます。  
(乾燥収縮クラックの低減に貢献します)
3. 断熱効果が期待できます。  
(内部と表面の温度差が少ない⇒  
温度応力の低減)

### セントル温度養生バルーン

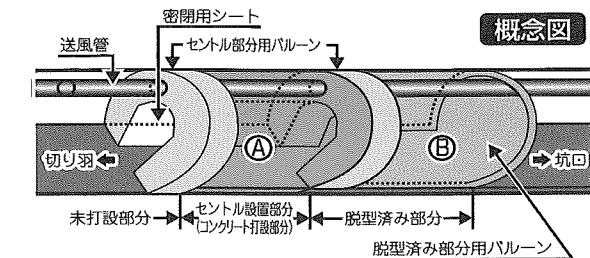
打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い温度養生をします。

#### 【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膜状のバルーンを密着させ保温・保湿する

2005年『日経BP技術賞 建設部門』受賞



**岐阜工業株式会社**  
GIFU KOGYO CO., LTD.

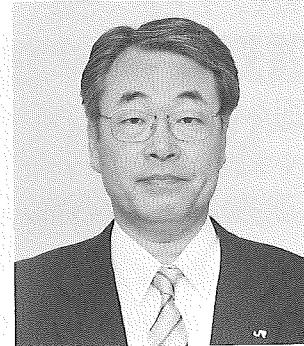
本社・工場 岐阜県本巣市十四条144番地  
Tel. 058(323)2000(代) Fax 058(323)1176  
東京支店 Tel. 03(5836)0531 Fax 03(5836)0532  
仙台営業所 Tel. 022(259)2239 Fax 022(259)3664  
九州営業所 Tel. 092(713)5265 Fax 092(714)3028  
URL <http://www.gifukogyo.co.jp/>

**TOUKOU 株式会社 東 宏**

本社 北海道札幌市東区北20条東5丁目1番7号  
Tel. 011(742)3331 Fax 011(742)3333  
東京支店 Tel. 03(3683)8011 Fax 03(3683)8028  
道東営業所 Tel. 0155(34)6311 Fax 0155(34)8494

URL <http://www.k-toukou.jp/>

## 地下工事と列車の安全



東日本旅客鉄道(株)執行役員建設工事部長(本協会理事)

伊藤 泰司

今日では、道路交通の進展により鉄道がその阻害要因となっている箇所が多くなってきている。世に言う「開かずの踏切」が社会問題となっているのはご承知のとおりである。このような平面交差点では、慢性的な交通渋滞が発生しており、都市の経済活動を阻害しているばかりではなく、騒音や大気汚染などにより周辺環境や地球規模の環境へも影響を及ぼしている。このため、当社は地方自治体などから委託を受け、数多くの立体交差工事を行っている。また、都心部のターミナル駅などでは周辺の交通事情から高度な土地利用が求められるようになり、線路下または線路上空の有効活用がますます必要となってきている。

鉄道を立体交差させる方法には、鉄道の高架化・地下化、および鉄道と交差する道路などの高架化・地下化がある。鉄道と道路が平面交差する箇所が連続してある場合には、鉄道を高架化または地下化することで、その範囲の平面交差箇所を一気に解消することが可能となる。一方、平面交差1か所を解消する場合には、影響するアプローチ距離の短い道路側を高架化または地下化することを選択することが多い。そしてこの単独立体交差の場合、アプローチ距離、日照、メンテナンスなどを考慮して、地下化を選択するケースが多い。このような線路下あるいは線路上空での構造物の施工は、どちらにしても列車運行の安全性にとって大きなリスクを伴うものであり、短期間で経済的に造りたいと思う反面、現行の技術では思うようにいかないのが実情である。

線路下に構造物を作る方法には、大きく分けて開削工法と非開削工法がある。開削工法では、当然のことながら線路内に土留め壁を施工してから開削を行うが、その前段作業として仮設の杭を線路近くに打ち、その杭に仮設の桁(工事桁)を架け、その桁に線路を載せる作業が必要となる。この杭の打設、工事桁の架設、土留め壁の施工は、列車の

終初電間合いでの作業となることから、一日の施工時間が極端に短く、したがって施工期間が長期になることが多い。

非開削工法とは、線路内での作業を極力なくすため、線路の側面から円形または角形断面の鋼管などの部材を線路下に順次挿入し、これを線路の防護や本設の構造物に利用する工法である。この鋼管などの施工は、軌道から2m以上の土かぶりを確保でき地盤の自立性が良好であるならば列車の走行下でも施工可能とされており、従来は土かぶりを大きくとることにより施工期間を短くするようにしていた。しかしながら近年においては、支障する家屋、用地を最小限にするため、横断する道路のアプローチ長を短くし、その結果軌道直下の土かぶりを極力小さくしなければならないケースが多くなった。このため鋼管などの挿入作業は開削工法と同様に列車の終初電間合いとなってしまう、施工期間が長期にわたることになってきている。土かぶりが小さい場合、ミリ単位での平滑さを要する軌道に変状を与える可能性が大きいためである。

線路下の工事をできるだけ短い期間で済ますために、当社ではさまざまな取り組みを行っている。たとえば開削工法では、工事桁の撤去を省略するために工事桁を軌道の一部としてそのまま残すことや、補強して本設の桁として利用することも最近行われてきている。また、非開削工法においては、パイプルーフ工法など、従来は軌道の防護として用いられてきた鋼管を角形にして、これに静的強度、疲労強度の高い特殊な鋼製継手を用い、その継手にグラウトを注入して鋼管をそのまま本体として用いることが行われてきている。これにより、施工期間を短くすることが可能となり、すでに100例を越す施工が行われている。しかし、線路下をくり抜く距離も、駅構内ともなると50mを超えるものも少なからずあり、列車運行の安全性と施工期間の短縮の観点から、鉄道事業者にとっては引き続き大きな課題である。

立体交差化工事を始め鉄道用地の高度利用など社会的なニーズの高まりから、今後ますます線路直下または線路に近接した地下工事が増大してくることが予想される。これらの工事においては、列車運行の安全を第一としたうえで、工期を最大限短縮可能な工法の実施が望まれる。しかしながら、この分野での技術開発はまだ遅れていると考えており、鉄道事業者ばかりでなく多くの建設関係者による新しい工法の開発への取り組みが期待されることである。

## 施工

# 立坑直下既設下水道幹線のリバウンドをグラウトアンカーで抑制

—埼玉県道葛飾吉川松伏線バイパス 吉川・新三郷間こ道橋—

東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所工事管理室 久島 敏 靖  
 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所工事管理室担当課長 桑原 清  
 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所横浜ターミナル課長((前)大宮工事区長) 齊藤 明 夫  
 (株)鴻池組東京本店土木部((前)鴻池組・鉄建建設JV所長) 勝田 靖

## 1 はじめに

武蔵野線吉川・新三郷間こ道橋は、埼玉県道葛飾吉川松伏線バイパス整備に伴い、JR武蔵野線73k500m(新鶴見起点)付近で交差する都市計画道路葛飾吉川松伏線の一部であり、平成21年12月に施工を終えた。

本稿は、設計・施工の概要と立坑掘削時に発生したリバウンドおよびその対策について報告する。

## 2 工事概要

JR武蔵野線交差部は、土かぶり約1.5m、延長35.1m、幅員22.5m、内空高6.3mの1層4径間の

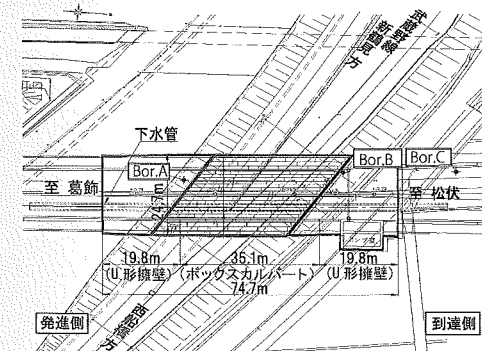


図-1 平面図

ボックスカルバートと、両端部は葛飾方および松伏方にそれぞれ延長19.8mのU形擁壁を施工する。施工延長は74.7mとなる。ボックスカルバートは、

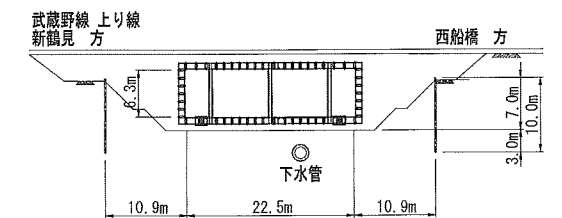


図-2 ボックスカルバート部断面図

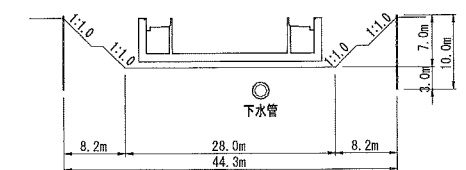


図-3 U形擁壁部断面図

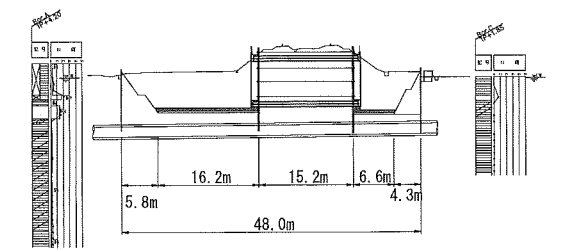


図-4 縦断面図(新鶴見方断面)

葛飾方を発進立坑，松伏方を到達立坑として「HEP&JES工法」にて構築し，U形擁壁は立坑掘削により構築する。

施工箇所平面図を図-1，ボックスカルバート部断面図を図-2，U形擁壁部断面図を図-3，縦断面図を図-4に示す。

### 3 設計・施工

#### 3-1 設計条件と施工ステップ

当該区間は，葛飾方の発進立坑部は旧国鉄武蔵野操車場跡地の盛土撤去部，松伏方の到達立坑部は水田部および市道部である。地層は立坑の床付け付近から約30m以深までN値1～3程度の非常に軟弱なシルト層が堆積している。柱状図を図-5，設計地盤定数を表-1に示す。ボーリング調査位置は図-1に示した。

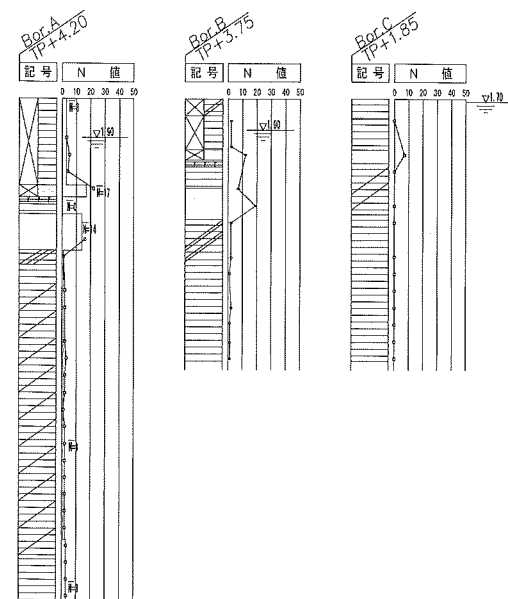


図-5 柱状図

表-1 設計地盤定数一覧

| Bor.A(地下水位：TP+1.9m)  |               |        |      |                                      |                           |                    |          |  |
|----------------------|---------------|--------|------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|----------|--|
| 土質区分                 | 標高TP (m)      | 層厚 (m) | 平均N値 | 単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 粘着力C (kN/m <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角 $\phi$ (deg) | $\alpha$ | 変形係数 $\alpha E_0$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
| Bs-c                 | 4.20～-0.90    | 5.10   | 3    | 16.5                                 | 38.0                      | 0.0                | 4        | 2,500.0                                |
| Bs-s                 | -0.90～-1.60   | 0.70   | 17   | 17.0                                 | 0.0                       | 35.0               | 1        | 42,000.0                               |
| Ac1-1                | -1.60～-2.60   | 1.00   | 7    | 16.5                                 | 45.0                      | 0.0                | 4        | 3,000.0                                |
| As-1                 | -2.60～-4.75   | 2.15   | 14   | 18.0                                 | 0.0                       | 33.0               | 4        | 6,750.0                                |
| Ac2-1                | -4.75～-22.70  | 17.95  | 1    | 16.5                                 | 57.0                      | 0.0                | 4        | 2,500.0                                |
| Ac2-3                | -22.70～-29.65 | 6.95   | 3    | 16.5                                 | 57.0                      | 0.0                | 4        | 2,500.0                                |
| Dc1                  | -29.65～-34.50 | 4.85   | 12   | 17.0                                 | 75.0                      | 0.0                | 1        | 15,000.0                               |
| Bor.B(地下水位：TP+1.81m) |               |        |      |                                      |                           |                    |          |  |
| 土質区分                 | 標高TP (m)      | 層厚 (m) | 平均N値 | 単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 粘着力C (kN/m <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角 $\phi$ (deg) | $\alpha$ | 変形係数 $\alpha E_0$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
| Bs-c                 | 3.75～ 0.75    | 3.00   | 3    | 16.5                                 | 38.0                      | 0.0                | 4        | 2,500.0                                |
| Bs-s                 | 0.75～ 0.15    | 0.60   | 17   | 17.0                                 | 0.0                       | 35.0               | 1        | 42,000.0                               |
| Ac1                  | 0.15～ -1.50   | 1.65   | 7    | 16.5                                 | 45.0                      | 0.0                | 4        | 3,000.0                                |
| As                   | -1.50～ -3.35  | 1.85   | 14   | 18.0                                 | 0.0                       | 34.0               | 4        | 6,750.0                                |
| Ac2                  | -3.35～        |        | 1    | 16.5                                 | 57.0                      | 0.0                | 4        | 2,500.0                                |
| Bor.C(地下水位：TP+1.7m)  |               |        |      |                                      |                           |                    |          |  |
| 土質区分                 | 標高TP (m)      | 層厚 (m) | 平均N値 | 単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 粘着力C (kN/m <sup>2</sup> ) | 内部摩擦角 $\phi$ (deg) | $\alpha$ | 変形係数 $\alpha E_0$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
| Ac1                  | 1.85～ -1.15   | 3.00   | 0    | 16.0                                 | 45.0                      | 17.0               | 4        | 250.0                                  |
| As                   | -1.15～ -1.95  | 0.80   | 6    | 18.0                                 | 0.0                       | 0.0                | 4        | 1,500.0                                |
| Ac2                  | -1.95～        |        | 0    | 17.5                                 | 57.0                      | 20.0               | 4        | 1,250.0                                |

立坑掘削は，軌道部はタイロッド式土留め，一般部は切土掘削での施工とした。また，地下水位が高いことから，遮水目的として立坑周囲に鋼矢板を打設した。設計検討平面図を図-6，施工ステップ図を図-7に示す。

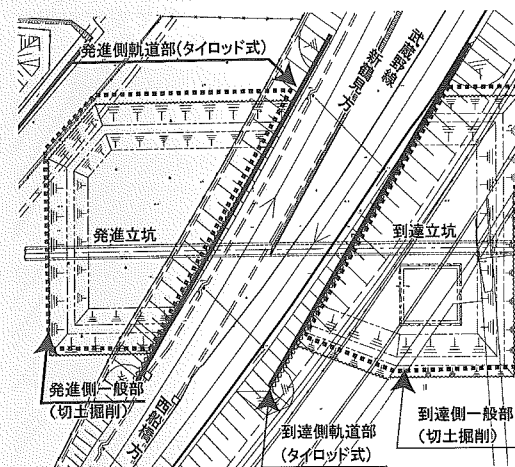


図-6 設計検討平面図

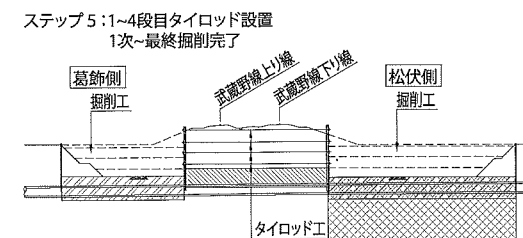
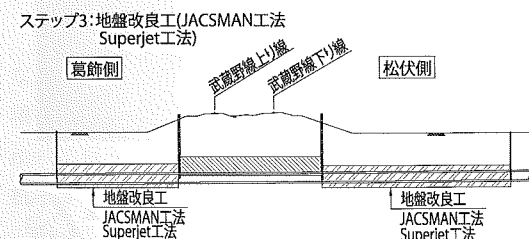
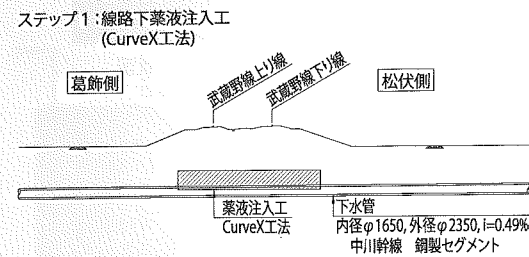


図-7 施工ステップ図

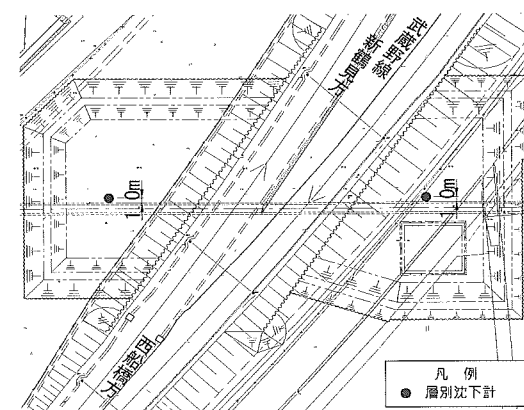


図-8 層別沈下計配置平面図

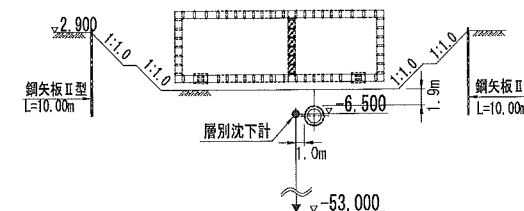
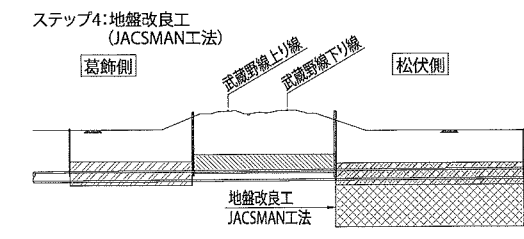
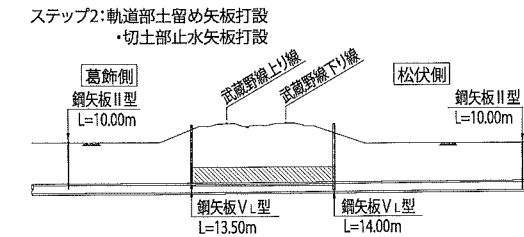


図-9 層別沈下計配置断面図



新設するボックスカルバートの直下には、床付  
け面下1.9mの位置に外径2,350mm、一次覆工：鋼  
製セグメント、二次覆工：コンクリートの幹線下  
水管が埋設されている。掘削時の変状によって生  
じる局所的な損傷の発生を防ぐため、下水管近傍  
の地盤変状を把握することを目的として層別沈下  
計を設置した。

下水管の変位管理値は、埼玉県下水道事務所  
との協議により30mmとした。層別沈下計の配置平  
面図、断面図を図-8, 9に示す。

3-2 軌道部

軌道部掘削は、盛土の両側にHEP&JES工法の  
発進立坑、到達立坑を構築するため、タイロッド  
式土留めとした。

ボックスカルバート下床版付近は緩い砂層(As  
層)であり、JES施工時に沈下の可能性が懸念さ  
れたため、液状化対策も兼ねて、函体下端の緩い  
砂層(As層)を中心に厚さ4.0mの恒久グラウト剤  
を用いた薬液注入工を施工した。薬液注入工は仮  
土留め施工前に軌道外から自在ボーリング工法  
(CurveX工法)を用いて行った(写真-1)。

3-3 一般部

当該区間は軟弱なシルト層が堆積しているため、  
軌道平行部分の仮土留めは、掘削底面の安定性確  
保には根入れ長を長くする必要があった。そこで  
ヒーピング対策および斜面安定性向上を兼ねて機  
械攪拌併用高圧噴射工法(JACSMAN工法)にて  
床付け以深3.0m範囲を地盤改良することにより、  
根入れ長を最小根入れ長の3.0mとした(写真-2)。

線路平行部分以外の3辺は発進側・到達側とも  
切土掘削とした。

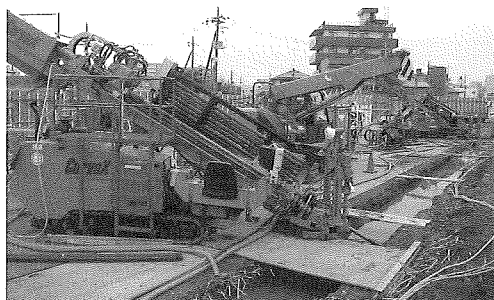


写真-1 CurveX工法施工状況

下水管部は掘削に伴う変状を防ぐため、高圧噴  
射攪拌工法(Superjet工法)にて深さ5.0m、幅6.4  
mの範囲に門型形状の防護工を行った(写真-3)。

到達側は、発進側よりもシルト層が厚く堆積し、  
また設計粘着力が低いため、厚さ3.0mの地盤改  
良のみでは円弧すべりの検討において安定が保て

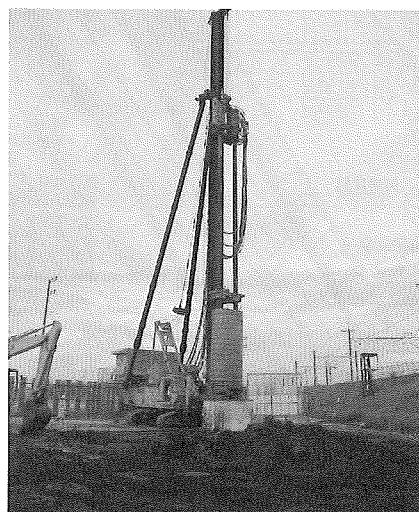


写真-2 JACSMAN工法施工状況

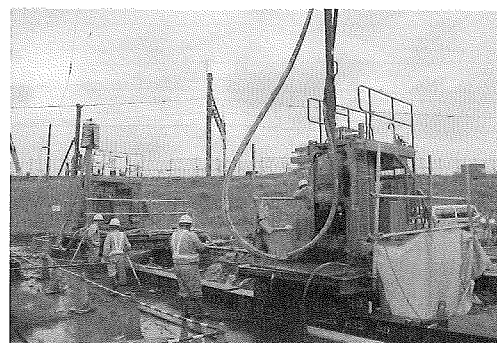


写真-3 Superjet工法施工状況

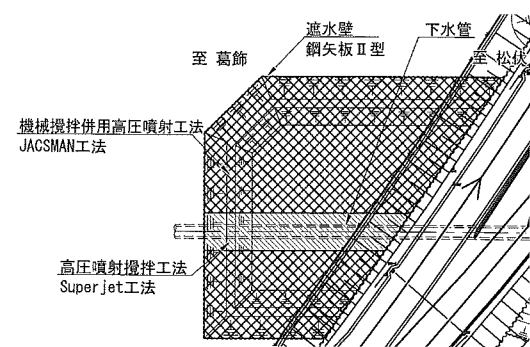


図-10 発進立坑地盤改良平面図

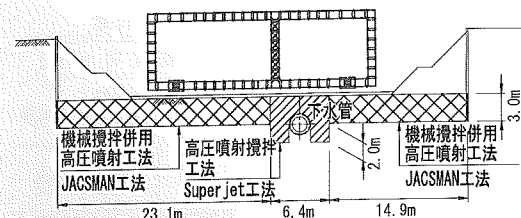


図-11 発進立坑地盤改良断面図

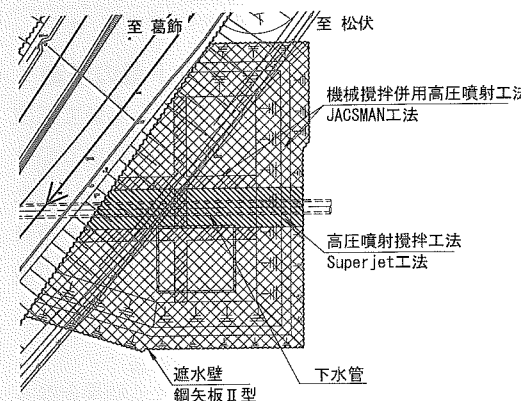


図-12 到達立坑地盤改良平面図

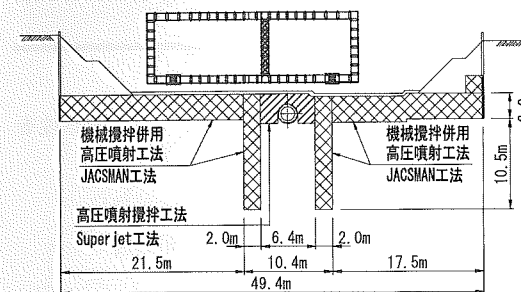


図-13 到達立坑地盤改良断面図

ないことから、立坑中央付近へ機械攪拌併用高圧  
噴射工法(JACSMAN工法)にて深さ13.5m、幅2.0  
mの地盤改良追加と遮水目的の鋼矢板を変位抑止  
杭とする方法により、斜面安定を図ることとした。

発進立坑地盤改良平面図、断面図を図-10, 11に、  
到達立坑地盤改良平面図、断面図を図-12, 13に示  
す。

4 掘削時の地盤変状の概要

発進立坑側の層別沈下計経時変化グラフを図-  
14に示す。

発進側の三次掘削中(TP-2.22m付近)におい  
て、急激なリバウンド現象が発生した(図中①)。

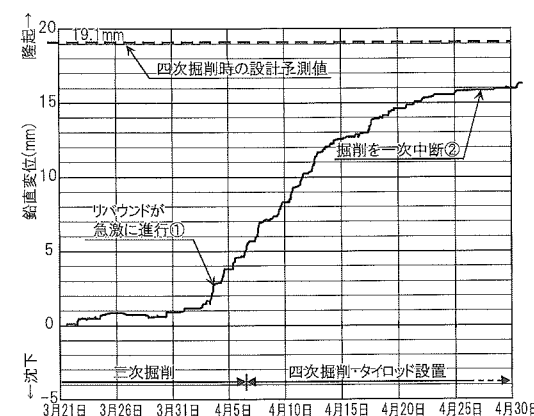


図-14 発進立坑側層別沈下計経時変化グラフ

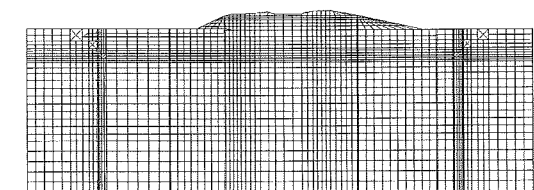


図-15 解析メッシュ図

変位量は、下水管の管理値に収まっていたことか  
ら、掘削は継続して行った。しかしながら、その  
後もリバウンド現象に進行が見られたことから、  
下水管への影響を考慮し、4段目タイロッドを施  
工後、掘削を一時中断し(図中②)、リバウンドの  
予測解析を実施した。

4-1 変形係数の逆解析

層別沈下計の変位計測結果と原設計の変形係数  
を基準として、変形係数を逆解析し、求めた変形  
係数を用いて予測解析することとした。

変形係数の逆解析は、三次掘削時に発生した変  
位量を基準に、変形係数をパラメータとして二次  
元FEM解析を用いて行った。

除荷時の変形係数は常時の3.5倍とし、固結後  
の改良体の変形係数は現地盤の20倍の値とし  
た(1)。

解析メッシュ図を図-15に、土質定数の一覧を  
表-2に示す。

下水道付近の鉛直変位量に着目し、計測値と解  
析値の比較を行った。

変形係数を設計値の75%に低減させたとき、解  
析値は7.7mmとなり、計測値7.2mmに近似した。こ

表-2 地盤定数一覧

| 土質区分  |       | 標高 (m) | 単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 変形係数 $E$ (kN/m <sup>2</sup> ) |        |        |        |        |
|-------|-------|--------|--------------------------------------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| 発進側   | 到達側   |        |                                      | 100%                          | 90%    | 85%    | 80%    | 75%    |
| Bs-c  | —     | 軌道     | 16.5                                 | 2,500                         | 2,250  | 2,130  | 2,000  | 1,880  |
| Ac1-1 | —     | -1.60  | 16.5                                 | 3,000                         | 2,700  | 2,550  | 2,400  | 2,250  |
| —     | Ac1-2 | 2.73   | 16.0                                 | 250                           | 230    | 220    | 200    | 190    |
| As-1  | —     | -2.60  | 18.0                                 | 6,750                         | 6,080  | 5,740  | 5,400  | 5,070  |
| —     | As-2  | -1.50  | 18.0                                 | 1,500                         | 1,350  | 1,280  | 1,200  | 1,130  |
| Ac2-1 | —     | -4.75  | 16.5                                 | 2,500                         | 2,250  | 2,130  | 2,000  | 1,880  |
| —     | Ac2-2 | -1.95  | 17.5                                 | 1,250                         | 1,130  | 1,070  | 1,000  | 940    |
| Ac2-3 | Ac2-3 | -22.70 | 16.5                                 | 2,500                         | 2,250  | 2,130  | 2,000  | 1,880  |
| Dc1   | Dc1   | -29.65 | 17.0                                 | 15,000                        | 13,500 | 12,750 | 12,000 | 11,250 |

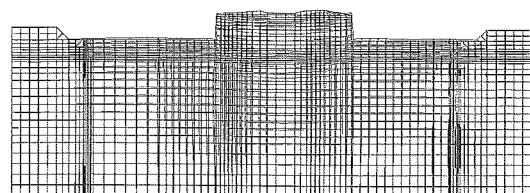


図-16 三次掘削時変形図

表-3 逆解析による変位一覧

| 解析ケース | 変形係数 (対原設計) | 鉛直変位量 (mm) |         |         |         |         |         |
|-------|-------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       |             | 葛飾側        |         |         | 松伏側     |         |         |
|       |             | 計測値 (①)    | 解析値 (②) | 差 (①-②) | 計測値 (③) | 解析値 (④) | 差 (③-④) |
| 1     | 100%        | 1.9        | 5.3     |         | -6.7    | 9.6     |         |
| 2     | 90%         | 2.9        | 4.3     |         | -3.1    | 6.0     |         |
| 3     | 85%         | 3.9        | 3.3     | 2.9     | -1.5    | 4.4     |         |
| 4     | 80%         | 5.3        | 1.9     |         | 1.2     | 1.7     |         |
| 5     | 75%         | 7.7        | -0.5    |         | 4.4     | -1.5    |         |

※符号 正号：隆起 負号：沈下

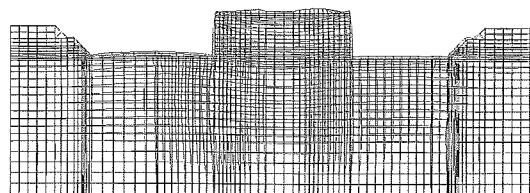


図-17 最終掘削時予測変形図

れにより予測解析に用いる変形係数を設計値の75%の値とした。

三次掘削時変形図を図-16に、変形係数の逆解析結果を表-3に示す。

表-4 予測変位量

| 施工段階    | 鉛直変位量 (mm) |         |     |
|---------|------------|---------|-----|
|         | 葛飾側 最大値    | 松伏側 最大値 | 許容値 |
| 四次掘削完了時 | 24.5       | 9.3     | 30  |
| 最終掘削完了時 | 40.1       | 14.4    | 30  |

※符号 正号：隆起 負号：沈下

#### 4-2 リバウンド量の予測

前述の変形係数を用いて三次掘削時から最終掘削時までのリバウンド量の予測解析を行った

結果、最終掘削時の下水管付近のリバウンド量は40.1mmとなり、下水管の管理値30mmを超えた。最終掘削時変形図を図-17に、予測変位量を表-4に示す。

下水管付近の変位量が管理値を超える結果となったため、対策工を実施することとした。

### 5 対策

#### 5-1 対策工選定

対策工選定は、地盤崩壊のおそれから緊急性を要するため、以下の条件が挙げられた。

- 対策工施工時リバウンドの進行がない
- 確実なリバウンド抑制効果、即効性
- 短期間での施工、経済性

また、施工条件は以下の項目が挙げられた。

- 設置済み仮設栈橋に支障しない
- 発進立坑全面に施工が可能
- 掘削の途中段階においても施工が可能

上記の条件を満たす工法として、表-5に示す3工法を挙げた。比較検討した結果、3工法の中で工期・工費・施工性・即効性に優れた「分割掘削+グラウンドアンカー工法」を選定した。

#### 5-2 対策工概要

グラウンドアンカー仕様を表-6に示す。

アンカーの定着はDs層 (TP-42.15m) 以深とし、定着長は9.0mとした。受圧板は函体の施工時に支障しないようにする必要があるため、均しコンクリート以深に収まる深度に設置した。受圧板平

表-5 工法比較表

|      | 分割掘削+グラウンドアンカー工法   | JPEX工法  | 遮断壁工法   |
|------|--|---|---|
| 概要   | 立坑断面を小面積に分割して床付け、グラウンドアンカーを打設することによって、リバウンドを抑制。  | ハイブリッドパイルを定着層に設置して、杭頭を既設底盤改良体に固定することにより、リバウンドを抑制。   | Super jet-midi工法により、掘削範囲を囲み、軟弱地盤の回り込みを遮断し、リバウンドを抑制。   |
| 概算工費 | 1.0  | 4.9   | 8.6   |
| 概略工程 | グラウンドアンカー工：20日   | ハイブリッドパイル：35日   | Super jet-midi：60日  |
| 長所   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 部分掘削で行うことにより、変状を極力抑えることが可能。</li> <li>• ボーリングマシン(パークッションドリル)がコンパクトであることから狭い場所でも施工が可能。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 所定の大きさのファブリック球根が地中で確実に造成され、引抜力に対抗可能。</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 確実な大口径の改良体の施工が可能。</li> <li>• 排出スライム量が少ないことから、産廃処理の低減が可能。</li> <li>• 低騒音・低振動での施工が可能。</li> </ul> |
| 短所   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 掘削面を小断面に分割するため、手間がかかる。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 大型プラントが必要。</li> <li>• 専用の大型マシンによる施工となり、当該現場での施工は困難。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 大型プラントが必要。</li> <li>• 専用の大型マシンによる施工となり、当該現場での施工は困難。</li> </ul>                                 |
| 評価   | 施工機械がコンパクトであり、機動性も高いので、掘削途中の立坑内での施工が可能である。   | 施工機械が専用の大型マシンである。   | 施工機械が専用の大型マシンである。   |

※概算工費は、「分割掘削+グラウンドアンカー工法」を1.0とした場合の比率

表-6 グラウンドアンカー仕様

|       |           |
|-------|-----------|
| 設置間隔  | 5.0m      |
| アンカー長 | 約49m      |
| 削孔径   | 165mm     |
| 受圧板   | 鋼製 KIT受圧板 |

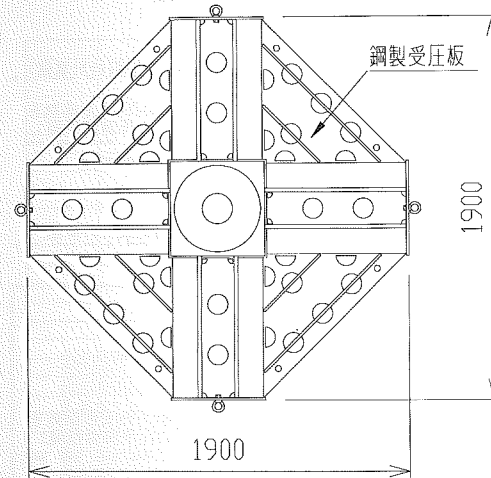


図-18 受圧部拡大図

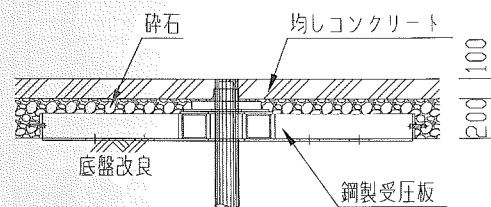


図-19 受圧板断面図

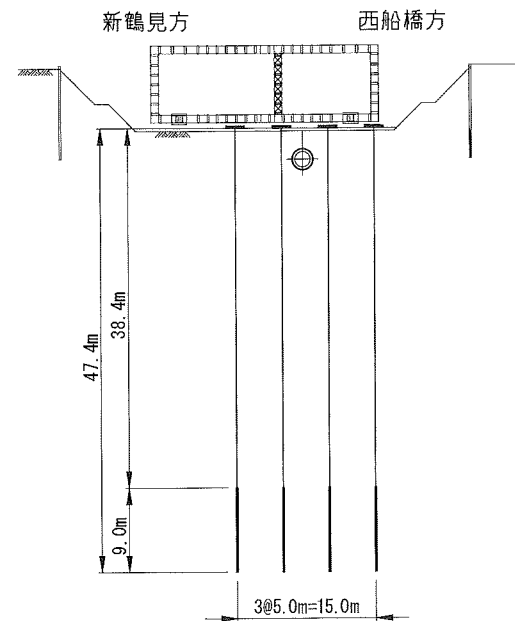


図-20 グラウンドアンカー断面図

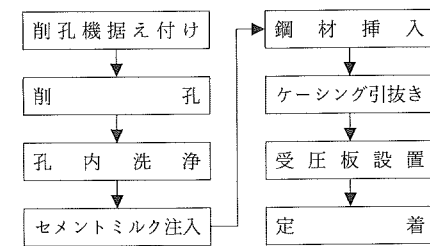


図-21 グラウンドアンカー施工フロー

面図、断面図を図-18, 19グラウンドアンカー断面図を図-20に示す。

リバウンドの進行を防ぐため、グラウンドアンカーは、三次掘削面より部分掘削した深度から施工した。

部分掘削は5.0m四方、深さ1.8mとし、掘削が完了した箇所から順次アンカーの緊張を行っていくこととした。グラウンドアンカーの引張荷重は、現段階から床付けまでの掘削土量に相当する重量810kN(単位体積重量 $\gamma = 18\text{kN/m}^3$ ,  $5.0\text{m} \times 5.0\text{m}$

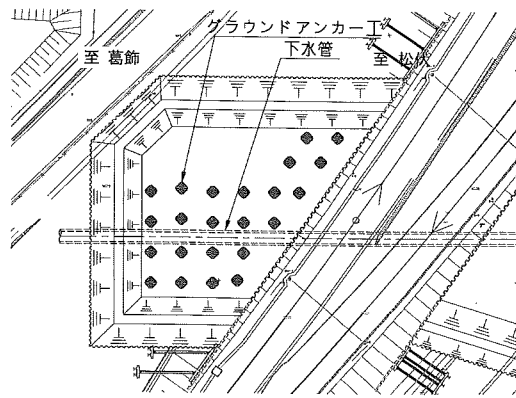


図-22 グラウンドアンカー配置平面図

$\times 1.8\text{m}$ )に安全率 $F_s = 1.2$ を割り増した1,000kNを導入した。グラウンドアンカーの施工フローを図-21に示す。

施工は下水管を挟む2列を先行して行った。グラウンドアンカー配置平面図を図-22に示す。なお、グラウンドアンカー施工にあたり、設計耐力および施工の安全性を確認するため、事前にアンカー緊張試験を実施した。部分掘削状況を写真-4に、グラウンドアンカー設置状況を写真-5に示す。



写真-4 部分掘削状況

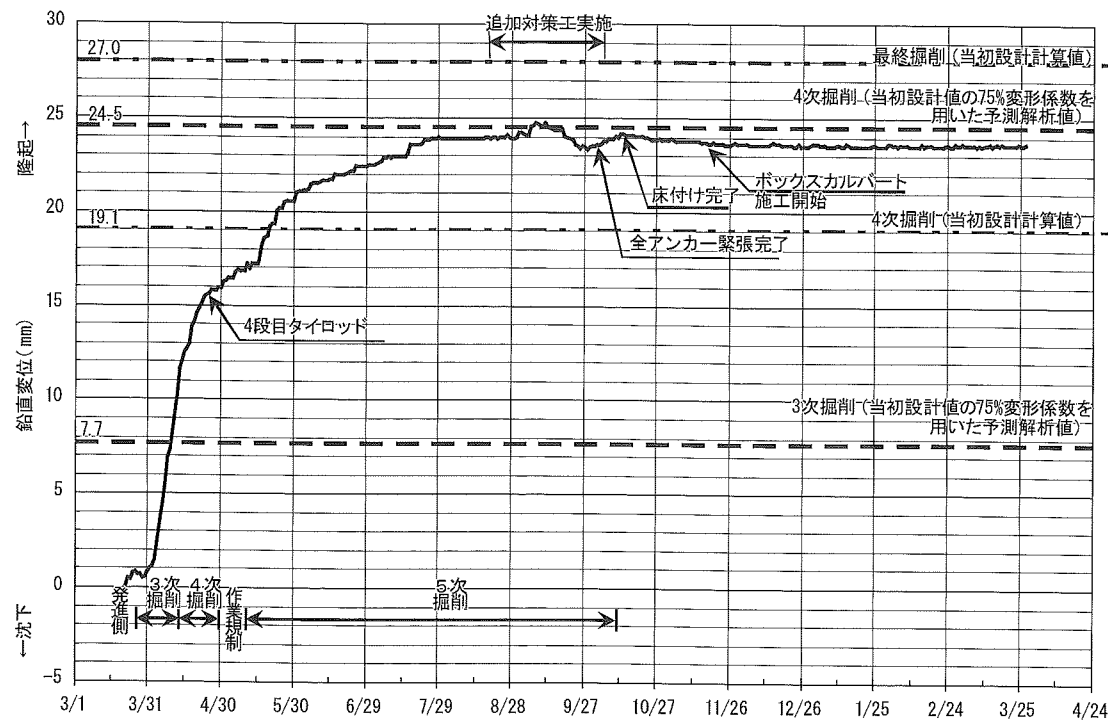


図-23 地盤変状経時変化図

### 7 おわりに

軟弱地盤の掘削において、計測を用いた情報化施工によって、リアルタイムに地盤変状を把握し、地盤崩壊を未然に防止できた。

対策工として実施した「分割掘削+グラウンドアンカー工法」は、施工中、施工後のリバウンド進行が抑えられたことが計測結果から確認できたことから、リバウンド発生時の対策工として有効であったと考えられる。

本工事で採用したリバウンド対策工が、今後行われる施工計画の一助となれば幸いである。

### 参考文献

- 1) G. グーデフス：地盤力学の有限要素解析，森北出版。
- 2) 蔵本・吉田・伊藤・小竹・鍵者：先行地中梁工法一開削工事に伴う周辺地盤変状防止工法，昭和52年度技術研究発表会講演概要集，鴻池組。
- 3) 小松・鍵者・坂口・山田・左右田：大断面掘削時の挙動解析への有限要素解析，昭和55年度技術研究発表講演概要集，鴻池組。
- 4) 横浜市下水道局・鴻池・西松・飛島共同企業体：アースアンカー土留めに関する現場計測報告書，1981.12。

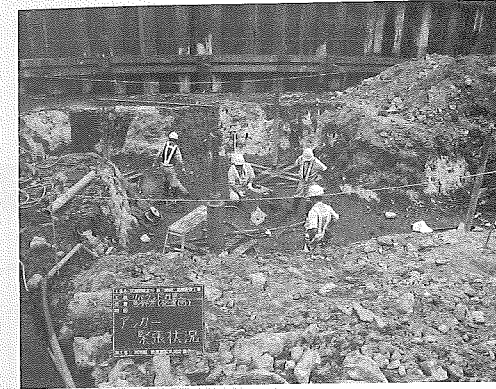


写真-5 グラウンドアンカー設置状況

### 6 結果

「部分掘削とグラウンドアンカー工法」を用いた対策工により、床付け掘削を無事に終えた。

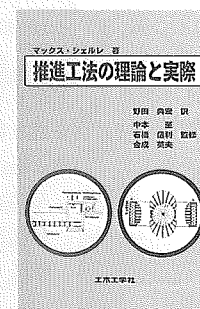
掘削再開後、層別沈下計のデータは安定した状態で推移した。最終掘削時の発進立坑下水管付近のリバウンド量は約24mmであり、管理値30mm以内に収まる結果であった。地盤変状経時変化図を図-23に示す。

## 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



# 「お茶のまち」島田から

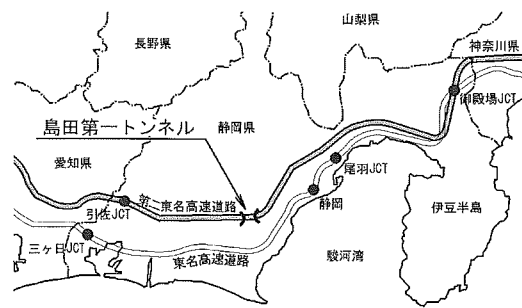
内田 裕二

日本のほぼ中央に位置する静岡県のさらに中央に位置しているのが、島田市である。

島田市は、北には南アルプスへ続く山々が連なり、南西には緑豊かな牧の原台地が広がっている。また、南アルプスに源を発し、駿河湾にそそぐ大井川が市内を流れている。交通機関も発達しており、東名高速道路、JR東海道本線、東海道新幹線などが旧来より利用されてきたが、昨年6月に待望の富士山静岡空港が開港し、国内定期便の利用で、西は沖縄、東は札幌へのアクセスが確保された。また、国際線では、ソウル、上海へ定期便が就航し中部国際空港や成田国際空港を利用せずに海外への旅行が可能となった。

静岡県は日本一高い山「富士山」をはじめとして数々の日本一を有するが、その中でも「お茶」の生産が盛んなところとして知られている。静岡県では全国のお茶の約4割を生産し、2位の鹿児島県を大きく抜いている。そのお茶どころ静岡の中でもスケールの大きさと素晴らしい景観で知られているのが島田市牧の原大茶園である。現在牧の原台地の茶園面積は約5,000haで日本最大の茶園地域で、どこまでも連なる緑の茶園は、若葉の季節になるとあたり一面がもえぎ色に包まれ、初夏の風にはほのかな茶の香りが漂う。ここで栽培される「やぶきた茶」は風味とこくで有名である。

現在、第二東名高速道路(新東名)は、御殿場JCT～引佐JCTまでの162km区間の平成24年度開通を目指し急ピッチで工事が進められている。昨年8月に発生した東海沖地震による東名高速道路の通行止めによる混乱と昼夜を問わず行われた復旧作業は記憶に新しいと



位置図



島田第一トンネル上下線を西坑口より望む



牧の原大茶園を望む

ころである。あらためて災害発生時のライフラインの確保の重要性が認識され「新東名」の早期開通が望まれている。

島田第一トンネル下り線工事は、延長2,663mで静岡県内の「新東名」で3番目に長いトンネルであり、平成14年に発注された工事である。トンネルの掘削開始当初より地山状況が非常に悪く、大きな変位が発生し、各種補助工法を採用しながら導坑を含めて上半貫通まで4年半を要した。

また、その後も遅れて発注された上り線トンネルの掘削影響により下り線一次支保に各種の変位が発生し、覆工を一時中断し応急対策工や補強工などに時間を要している(トンネルと地下, Vol.41, No.5, pp.19-30)。

平成22年6月末時点で、覆工が2,500mを越え、残り150mほどとなっており、最終コンクリートを8月末に予定している。この「現場だより」に目を通されるころには、最終の路床埋戻しを施工しているところと思うが、発注以来8年を要した工事を無事しゅん功することを目指し、今後も地元のご協力を得て、発注者をはじめとする関係各位のご指導をたまり、職員・作業員一同努力していく所存である。

(第二東名高速道路島田第一トンネル下り線(その2)工事西松・鴻池・フジタJV所長)

# 施工

## 駅部大断面トンネルを中壁分割工法で構築

### —仙台市高速鉄道東西線 青葉山トンネル—

鉄道・運輸機構東京支社仙台鉄道建設所担当副所長 本堂 亮  
鉄道・運輸機構東京支社仙台鉄道建設所所長 東 優  
仙台東西線、青葉山トンネル他鉄建・みらい・佐藤特定建設工事共同企業体現場代理人 浅川 敏郎  
応用地質(株)東北支社グループマネージャー 鶴原 敬久

### 1 はじめに

仙台市高速鉄道東西線(以下、「仙台東西線」)は、市の南西部に位置する八木山動物公園付近からJR仙台駅を中心とする都心を経て、市の東部に位置する仙台市東部道路仙台東IC付近に至る延長約13.9kmの地下鉄路線である。このうち、起点方の動物公園駅(駅名はすべて仮称)から丘陵地

帯を経て、平野部の国際センター駅の起点側までの延長4.3km区間の土木工事を、鉄道・運輸機構が事業主体である仙台市から受託し、平成27年度開業に向けて施工を進めている(図-1)。

本稿で取り上げる青葉山トンネル工事は、動物公園駅起点1km183m～2km269m間の延長1,086mの山岳トンネルであり、橋りょうで渡河する竜の口溪谷と、青葉山駅開削部の間に位置す

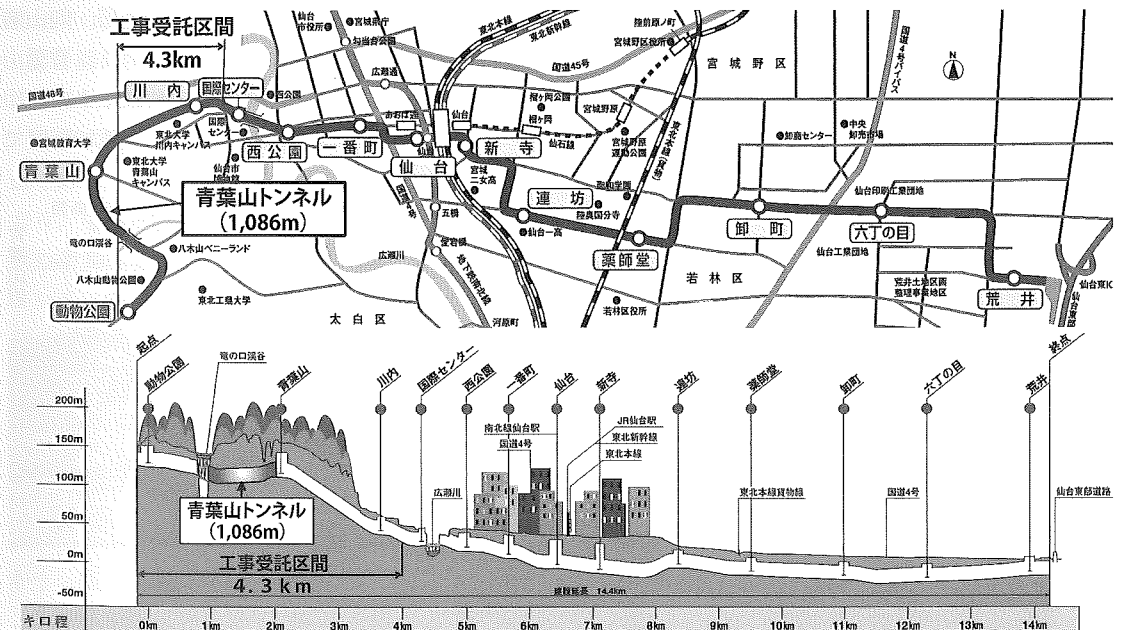


図-1 仙台市高速鉄道東西線路線図

るNATM複線断面トンネルである。

青葉山トンネル工事のうち、終点方の青葉山駅部は、経済性を考慮し開削区間を最小限としたことにより、ホームをNATM区間まで延長していることから、トンネル断面が駅設備を含む大断面となり、トンネルを拡大する必要がある。当該区間の掘削工法選定にあたっては、FEM解析などを用いた検討を行った結果、十分な安全性を確保できる「中壁分割工法」を採用した。

本稿は、青葉山トンネル工事の駅部大断面区間における掘削方法として選定した中壁分割工法の施工計画および施工結果について報告するものである。

## 2 青葉山トンネルの概要

### 2-1 工事概要

青葉山トンネル工事は、複線トンネル(掘削断面積約60m<sup>2</sup>)を山岳NATMで施工するものであり、

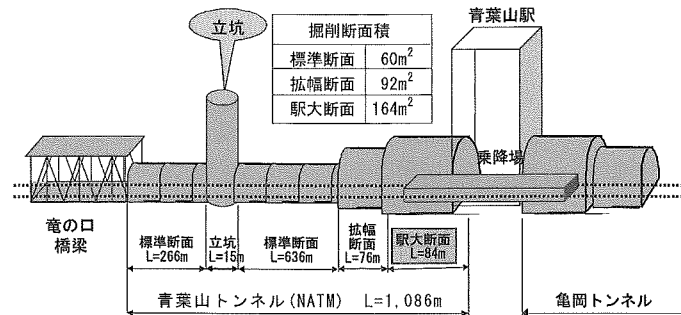


図-2 青葉山トンネル概要図

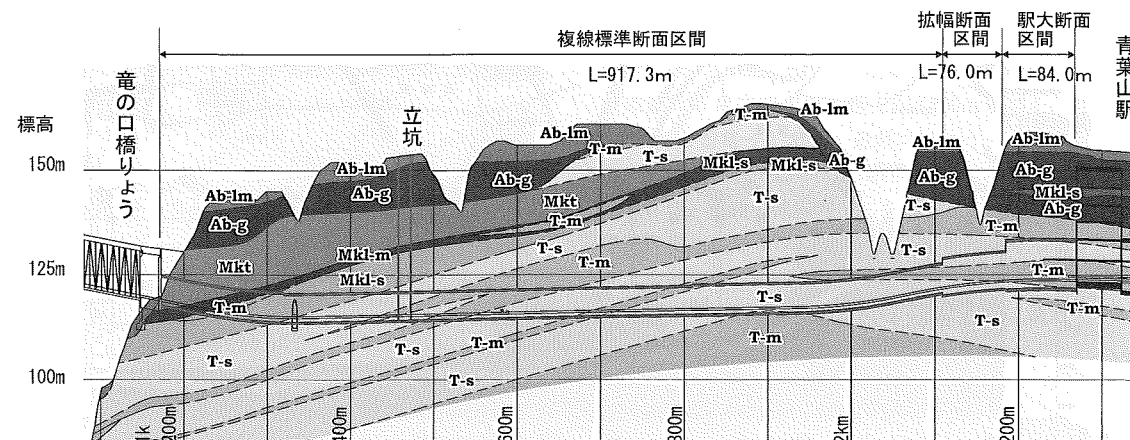


図-3 青葉山トンネル地質縦断面図

平成19年3月に着手した。周辺地域は条例にもとづく特別環境保全区域に指定されている区域があり、自然環境を極力改変しないことが必要である。加えて、隣接工事となる橋りょう工事や開削駅工事との競合を回避するため、掘削発進方式は、トンネル中間部に立坑を設け、立坑より起終点にNATMトンネルで発進する方式を採用した。

また、青葉山駅の拡張断面区間における掘削断面積は最大で164m<sup>2</sup>となるが、断面拡張区間延長は160mと短い。掘削断面数は、図-2に示すとおり、経済性および施工性から、拡張断面区間(掘削断面積：92m<sup>2</sup>)および駅部大断面区間(掘削断面積：164m<sup>2</sup>)の2段階で断面を拡張することとした。工事は、平成19年11月に立坑に着手し、平成20年5月末に本坑掘削を開始した。

標準断面区間の掘削方法はミニベンチカット方式(ベンチ長5～6m程度)を採用した。また掘削機械は、地質条件および施工条件より、油圧式トンネル切削機(ツインヘッダー)40.0MPa級を使用した。

### 2-2 地形・地質概要

表-1および図-3に青葉山トンネルの地質概要を示す。青葉山トンネル付近の地質は、上位より青葉山層、向山層、竜の口層から構成されている。青葉山層は、第四紀更新世の砂礫および火山灰からなる地層であり、N値10程度で

表-1 青葉山トンネル地質一覧

| 地質時代 | 地層名  | 記号    | 土質             |
|------|------|-------|----------------|
| 第四紀  | 青葉山層 | Ab-lm | ローム・砂礫混じり粘土    |
|      |      | Ab-g  | 砂礫・粘土質砂礫       |
| 新第三紀 | 向山層  | Mkt   | 軽石凝灰岩・凝灰質砂岩    |
|      |      | Mkl-m | 泥岩・凝灰質シルト岩     |
|      |      | Mkl-s | 凝灰質砂岩・砂岩・礫岩    |
|      | 竜の口層 | T-s   | 砂岩・シルト質砂岩      |
|      |      | T-m   | シルト岩・泥岩・砂質シルト岩 |

ある。向山層は、新第三紀の凝灰岩からなる地層であり、N値50以上を示す軟岩で固結度は高いが、層境や沢部付近では、風化に伴い固結度およびN値は低い。竜の口層は、向山層と同様に新第三紀の砂質シルト岩およびシルト質岩からなる地層で、N値50以上を示す軟岩であり、固結度の高い地層である。

また、青葉山トンネル周辺地域のうち丘陵部については、東北大学のキャンパス予定地となっており、現在造成工事が進んでいるところである。

## 3 駅部大断面区間の概要

駅部大断面区間(L=84m)のうち青葉山駅側の40m間は、図-4に示すとおり、乗降場設備として、1面2線の島式ホーム、コンコースや換気風洞を設けるための中床版や鋼管柱などを構築する。

駅部大断面区間の土かぶり厚は22～25mであり、地質構造は、図-5に示すとおり、中間層の向山層は消滅し、上位より青葉山層、竜の口層から構成されている。掘削の対象となる層はすべて竜の口層(T-m層およびT-s層)である。また、当該付近の地下水位はトンネル断面のS.L.付近である。

## 4 駅部大断面区間の施工計画

### 4-1 施工方法の検討

駅部大断面区間の施工方法を選定するにあたり、サイロット工法、中壁分

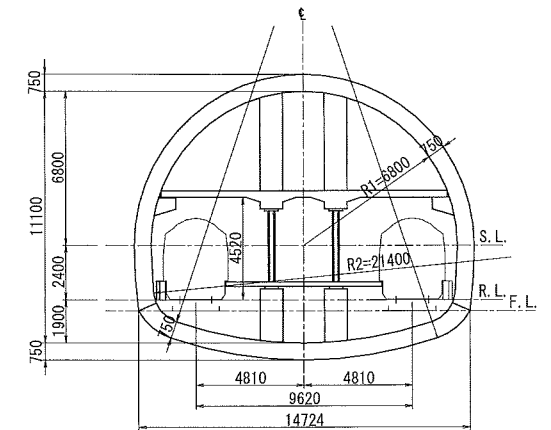


図-4 駅部大断面区間一般図

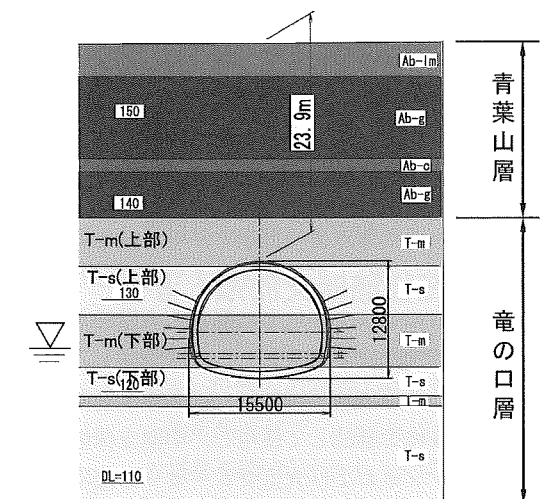


図-5 駅部大断面区間地質横断面図

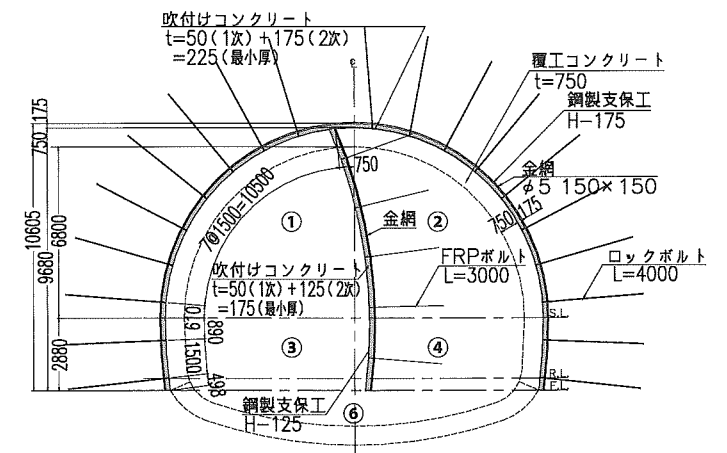


図-6 支保パターンおよび施工順序

表-2 駅部大断面区間の掘削支保構成

| 配置        | アーチ・側壁(中壁)                       |
|-----------|----------------------------------|
| ロックボルト    | 長さ(m)×本数(本) 4×19(FRP 3×4)        |
|           | 縦断間隔(m) 1.0                      |
| 吹付けコンクリート | アーチ・側壁(cm) 5.0(一次)+17.5(二次)=22.5 |
|           | 中壁(cm) 5.0(一次)+12.5(二次)=17.5     |
| 鋼製支保工     | アーチ・側壁 175H                      |
|           | 中壁 125H                          |

割(CD)工法および3段ベンチ工法の3案で、「施工性」「安全性」「経済性」などについて比較検討を行った結果、「施工性」「安全性」に優れた中壁分割(CD)工法を採用した。なお中壁については、断面形状および地質状況より、下半盤まで設置することとした。掘削ピッチは1.0m間隔とし、図-6および表-2に示す掘削支保パターンを採用した。

中壁分割工法の施工順序については、手前の拡幅断面区間の施工結果および現地状況を踏まえ、図-6の①~⑥に示したとおり、先進坑(断面左側)上半を開削部到達点まで掘削し、引き続き同様に後進坑(断面右側)上半を到達点まで掘削した後、下半を左右に分けてそれぞれ掘削する順序とした。その後、坑内変位が収束したことを確認し、中壁を撤去する。掘削施工機械は、標準断面区間と同様の施工機械を継続して使用し、中壁支保撤去作業は、ジャンボおよび大型ブレイカーを使用する。

なお、中壁設置範囲については、手前の拡幅断面(92m<sup>2</sup>)区間における天端沈下量が8mm程度で収束したことを踏まえると、駅部大断面区間の途中より、上半のみの中壁設置に軽減できる可能性もあるため、それを踏まえた掘削順序とした。

#### 4-2 掘削管理基準値の設定

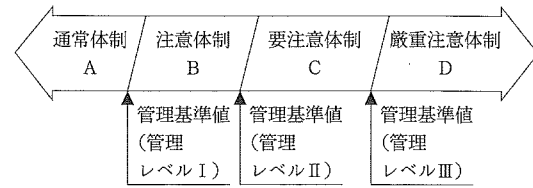
駅部大断面における天端沈下量および内空変位量に関する掘削管理基準値は、『山岳トンネル設計施工標準・同解説』にもとづき、FEM解析の予測値を用いて設定した。

表-3に、駅部大断面区間における掘削管理基準値を示す。また、図-7に各管理レベルの施工体制を示す。

インバート掘削終了までの最終管理値については、計測開始となる上半支保建込み以降の変位量

表-3 駅部大断面区間の掘削管理基準値

| 項目   | 管理レベル | 単位(mm) |        |
|------|-------|--------|--------|
|      |       | 駅大断面先進 | 駅大断面後進 |
| 天端沈下 | I     | 15     | 30     |
|      | II    | 20     | 45     |
|      | III   | 30     | 60     |
| 内空変位 | I     | 30     | 60     |
|      | II    | 45     | 90     |
|      | III   | 60     | 120    |



(管理レベルの考え方)

- A: 通常体制 …… 定時計測, 坑内観察程度
- B: 注意体制 …… 観察, 現場点検, 作業員への注意強化
- C: 要注意体制 …… 観察・計測頻度の強化, 管理基準値からの最終変位予測, 変位速度を考慮し要因の分析, 必要に応じ対策工の準備と実施
- D: 嚴重注意体制 …… 切羽掘削の一時中止, 変位要因・傾向の解析, 支保パターン・対策工の再検討

図-7 各管理レベルにおける施工体制

にて管理を行うことから、FEM解析における最大天端沈下量37mmから、先行変位量および先進坑支保設置までの計測遅れ分として、上半掘削時の天端沈下量8mmを差引いた値(37mm - 8mm = 29mm ≒ 30mm)を管理レベルIとした。また、管理レベルIの1.5倍の値を管理レベルIIに、2.0倍の値を管理レベルIIIと設定した。

さらに、施工時における管理として、先進坑上半掘削完了時の天端沈下量および内空変位量の間管理基準値を設定することとし、各値は後進坑掘削時の管理基準値の0.5倍と設定した。

### 5 駅部大断面区間の計測計画

#### 5-1 内空変位測定

駅部大断面区間における天端沈下量および内空

変位量(以下、「計測A」)については、前述のとおり、中壁分割工法の掘削段階ごとに逐次監視し、併せて、初期値からの累積変位量を把握することを考慮し、図-8に示すようなターゲット位置を設け、3次元計測システムにて掘削管理を行うこととした。天端沈下量は、先進坑上半掘削時に設置した先進坑側のターゲットを最終時まで同一点に

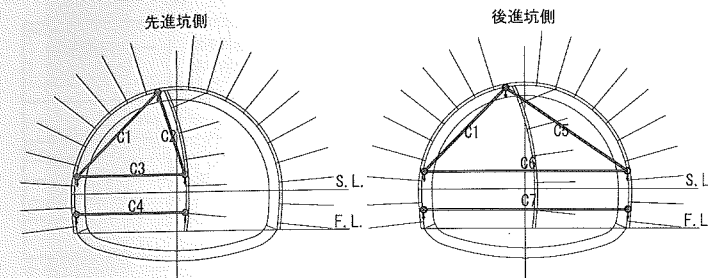


図-8 駅部大断面 計測Aターゲット位置図

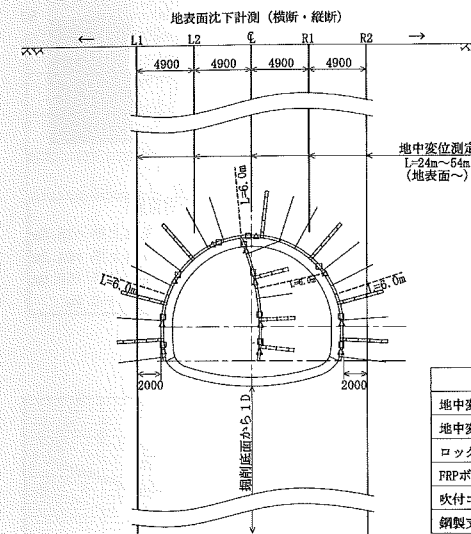


図-9 検証断面における計測B配置図

表-4 検証断面における計測B項目

| 箇所 | 種別  | 項目            | 計測方法             |
|----|-----|---------------|------------------|
| 坑内 | 計測A | 天端沈下計測        | 3次元計測システム        |
|    |     | 内空変位計測        |                  |
|    | 計測B | 地中変位計測        | 多段式変位計           |
|    |     | ロックボルト軸力計測    | 計測用ボルト(ひずみゲージ内蔵) |
|    |     | 吹付けコンクリート応力測定 | コンクリート有効応力計      |
| 坑外 | 計測B | 鋼製支保工応力測定     | 溶接型ゲージ           |
|    |     | 地中変位計測        | 挿入式変位計(鉛直・水平)    |
|    |     | 地表面沈下計測       | レベル測量            |

て計測管理することとし、内空変位量は、先進坑掘削時は外壁と中壁との相対変位量を、後進坑掘削時は先進坑側の外壁(左側)と後進坑側で遅れて設置する外壁(右側)との相対変位を、初期値からの累積値として管理した。

計測断面は10mごと(84m区間に8断面)に設けた。

#### 5-2 支保部材応力および地中変位計測

駅部大断面区間において、掘削による地山挙動および各支保部材応力を把握し、大断面掘削の安全性および上半中壁分割工法への移行可否を検証するため、駅部大断面掘削開始点から20m地点(2km205m)において検証断面を設け、地中変位測定および支保部材応力測定(以下、「計測B」)を行った。図-9および表-4に、検証断面における計測項目および位置を示す。

### 6 駅部大断面区間の施工結果

#### 6-1 計測Aの結果(内空変位計測)

検証断面付近(2km205m)での計測Aの結果を図-10に示す。天端沈下量は、先進坑上半掘削完了時に6mm程度発生し、後進坑上半掘削時では11mm程度まで沈下が進行した。その後、左右下半掘削時および中壁撤去時には、沈下の進行はほとんど見られず、掘削管理レベルIを下回る12mm程度で変位は収束した。天端沈下の変位出現率は、先進坑上半掘削完了時で約50%、後進坑上半掘削時に約90%であり、ほかの計測断面でもほぼ同様の傾向が見られた。

また、内空変位量は、先進坑上半掘削完了時で5mm程度、後進坑上半掘削時では7mmまで変位が進行し、最終的には掘削管理レベルIを下回る8mm程度で収束した。

### 6-2 計測Bの結果(地表面沈下計測)

検証断面における地表面沈下計測の横断方向分布を図-11に示す。先進坑上半切羽が計測断面に15m程度まで近づいた時点で有意な地表面変位が発生し、先進坑上半切羽通過後は最大で4mm程度沈下した。また、後進坑上半切羽通過後には最大で9mm程度まで沈下が進行し、最終的には10mm程度で収束した。地変位出現率は、坑内における計測Aでの出現率とほぼ一致している。また、表面沈下の横断分布を見ると、トンネルセンターよりもやや先進坑側に偏って沈下量のピークが生じる傾向が見られた。

### 6-3 計測Bの結果(地中変位計測)

検証断面で(2k205m)における、挿入式変位計による地中変位の経時変化グラフを図-12に示す。

このうち、CL、L1およびR1はトンネル掘削断面上までの計測孔であり、グラフはトンネル断面直上地山と地表面間の相対変位の経時変化を示している。一方、L2およびR2は、トンネル断面下端から約20m下までの計測孔であり、グラフは孔底と地表間の相対変位の経時変化を示している。

図-12より、トンネル直上の地中変位は、図-11で示したトンネルセンターでの地表面沈下量9mmに8.5mmを加算した17.5mmの地中変位が生じていることがわかった。また、坑内における天端沈下計測の収束値が約12mmであったことから、坑内での計測A開始までの先

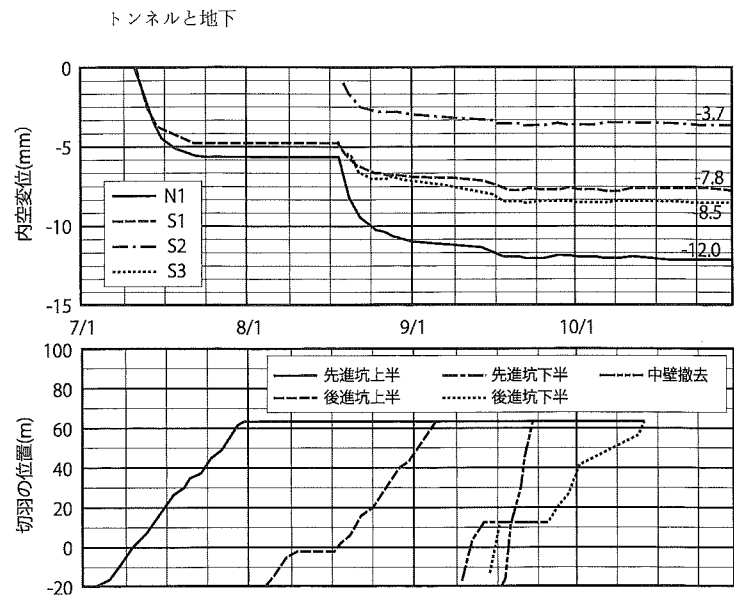


図-10 内空変位計測の結果(2k205m)

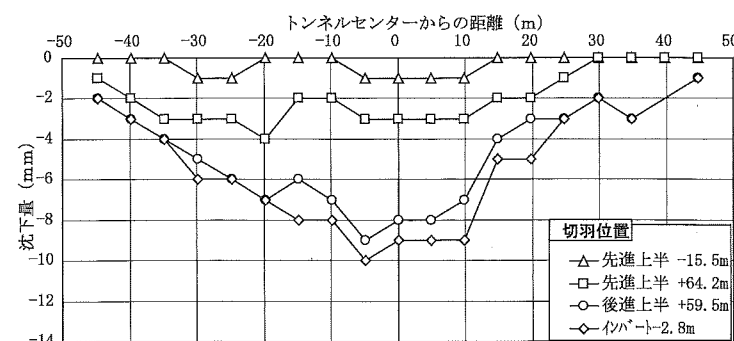


図-11 地表面沈下計測の結果(2k205m)

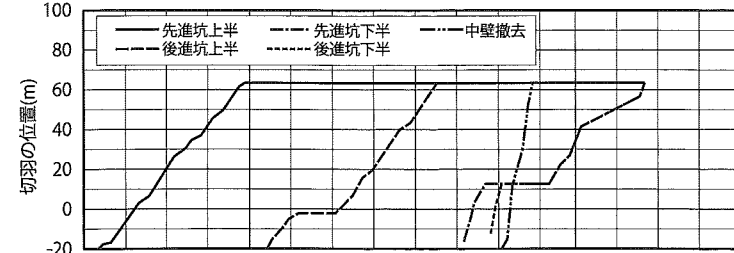
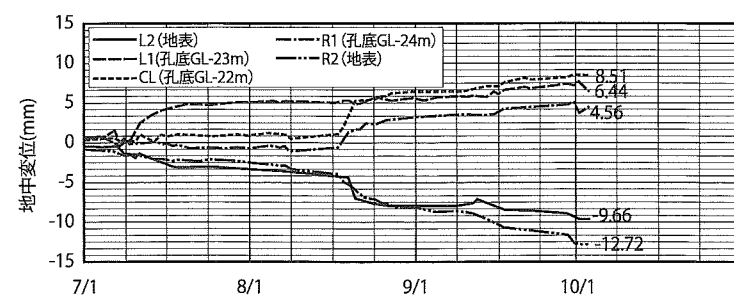


図-12 地中変位量(経時変化)(2k205m)

%よりも10%程度大きく評価していた可能性がある。

次に、図-13に検証断面(2k205m)における地中変位の収束値をベクトルで表した図を示す。

数値は代表点の水平・鉛直方向の地中変位量である。このうち、CL、L1およびR1は、挿入式変位計の計測値に、レベル測量による地表面沈下量を加算し、絶対変位量として表したものである。全体的にトンネル断面方向に向かって変位しているが、トンネル側部については、左右ともやや下方に向かって傾向が見られる。これは、側線L2およびR2において、孔底付近の地山がトンネル掘削で除荷されたことにより、不動点として取り扱っている孔底が若干上方に変位し、見かけ上の計測値が全体的に下方に2~3mm程度生じているものと考えられる。このことは、L2およびR2の地表面における変位計とレベル計測の計測値の差からも同様のことが推察される。

さらに、検証断面(2k205m)における、坑内からの地中変位計測(多段式変位計)による地中のひずみ分布の収束値を図-14に示す。

なお、E1およびE2は先進坑上半掘削時、E3は後進坑上半掘削時に設置したものである。3測線ともトンネル内空方向への伸びが認められる。このうち、天端部分の伸びについては、深度6.0mまで及んでいる。

### 6-4 計測Bの結果(支保部材応力)

検証断面(2k205m)における各支保部材応力計測の結果を図-15~17に示す。なお、各測定結果とも収束値を示したものである。また、鋼製支保工応力分布図は、中壁支保撤去直前の値を示したものである。

図-15より、ロックボルトには、トンネル内空

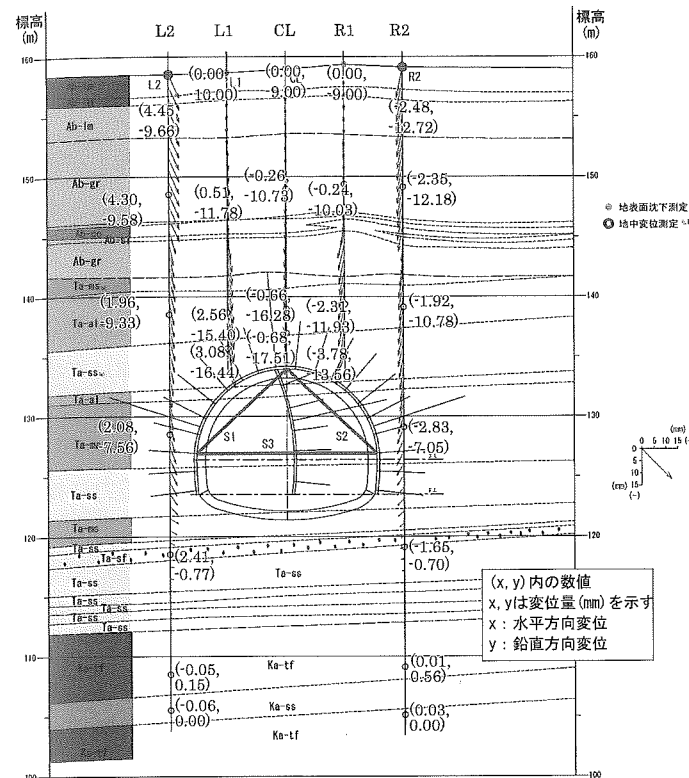


図-13 地中変位量(収束値)(2k205m)

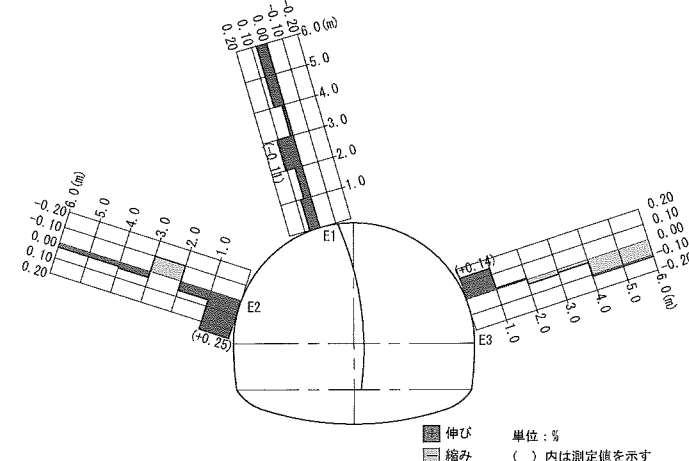


図-14 地中ひずみ分布(収束値)(2k205m)

行変位量が、総変位量の約30%程度であることがわかった。図-10より、内空変位にはクリープ変位が発生していないことから、地山はほぼ弾性領域内の挙動を示したものと考えられる。事前に行ったFEM解析では、切羽到達時までの応力開放率を40%として計算していたが、今回測定された30

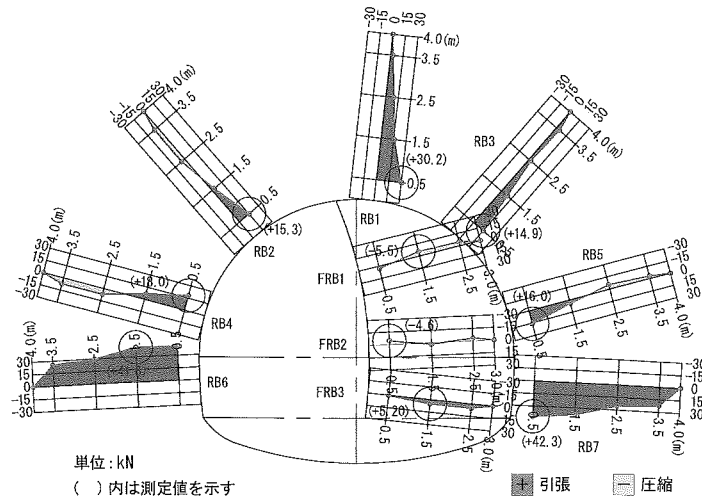


図-15 ロックボルト軸力分布(2 k205m)

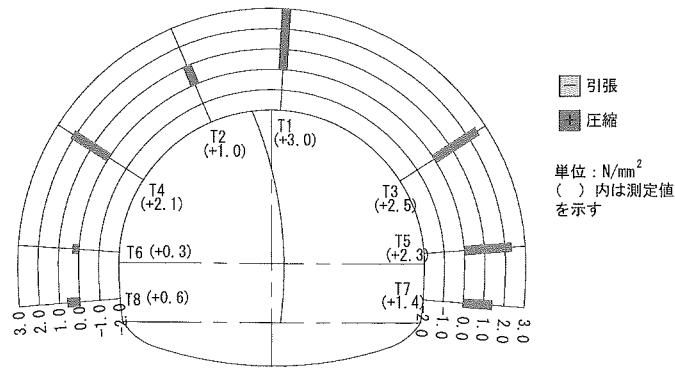


図-16 吹付コンクリート応力分布(2 k205m)

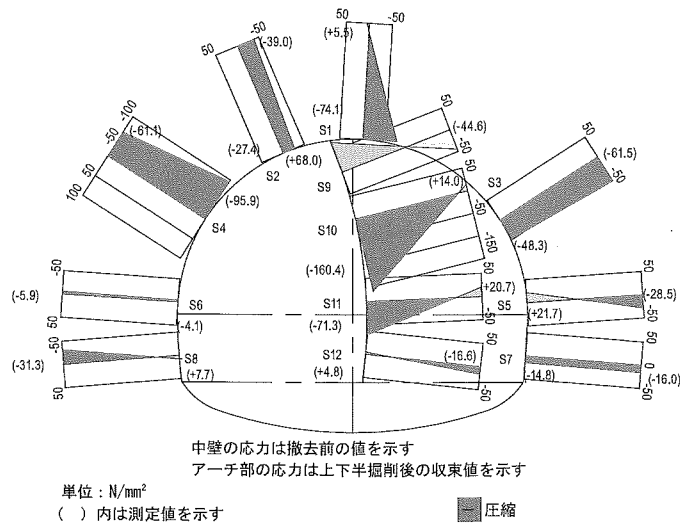


図-17 鋼製支保工応力分布(2 k205m)

方向への伸びに伴う引張軸力が発生していることがわかる。引張軸力のピーク値は、ロックボルト長4mの中心よりもトンネル断面側に偏っている。また、部分的に圧縮軸力が発生している(RB4, RB5)が、図-14の地中ひずみ分布と符号が対応している。

図-16より、吹付けコンクリートには、圧縮力が全周にほぼ一様に発生しており、天端部分のT1において最大値の3.0N/mm<sup>2</sup>の圧縮応力が発生している。

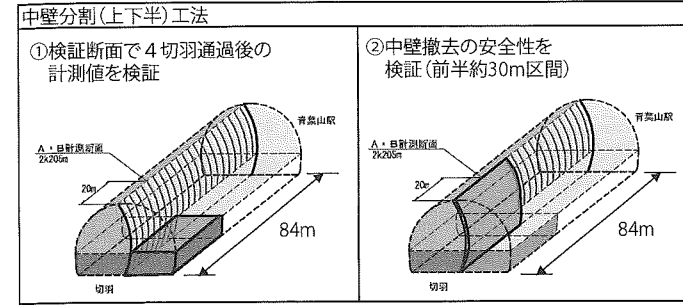
図-17より、鋼製支保工応力には、アーチ部上半に圧縮力が発生しており、天端部および中壁部には曲げが発生していることがわかる。中壁のS10部分には、最大で160N/mm<sup>2</sup>程度の圧縮力が発生しているが、天端沈下量が大きく生じていないことから、後進坑上半掘削時のアーチ鋼製支保建込みにおける、天端接続部での歪みも影響しているものと考えられる。

これらの計測結果より、各支保部材において、大きな応力が生じていないことが確認された。

6-5 上半中壁分割工法への移行

上半中壁分割工法へ移行する可能性を検証するため、左右下半掘削については、検証断面(2 k205m)を約10m通過した地点でそれぞれ切羽を止め、掘削安定性を確認することとした。計測Aの結果については、掘削管理レベルIを下回る値であり、計測Bについても過大な応力・挙動が生じていない。さらに、前半約30m区間にて、上下半中壁が安全に撤去できるかどうか試験施工を行い、中壁を撤去しても天端沈下量がほとんど増加しないことを確認した。

以上の結果にもとづき、駅部大断面



上半中壁分割工法への移行が可能と判断

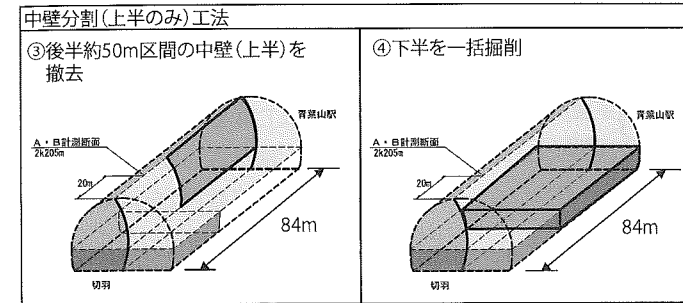
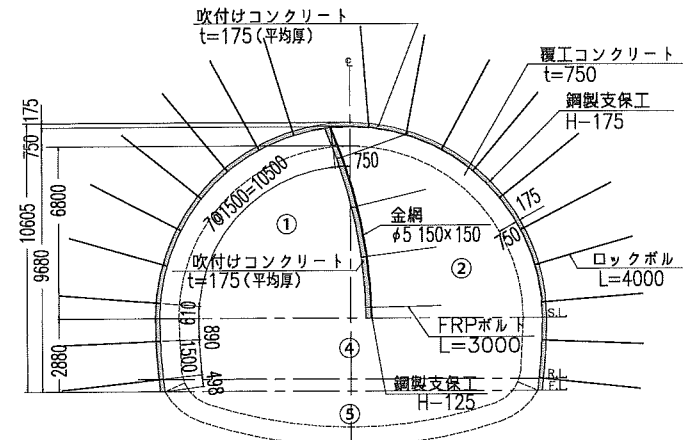


図-18 上半中壁分割工法への移行



③：中壁(上半)支保撤去  
図-19 支保パターン・施工順序(上半中壁)

表-5 上半中壁分割区間の掘削支保構成

|           | 配置          | アーチ・側壁(中壁)    |
|-----------|-------------|---------------|
| ロックボルト    | 長さ(m)×本数(本) | 4×19(FRP 3×4) |
|           | 縦断間隔(m)     | 1.0           |
| 吹付けコンクリート | アーチ・側壁(cm)  | 17.5          |
|           | 中壁(cm)      | 17.5          |
| 鋼製支保工     | アーチ・側壁      | 175H          |
|           | 中壁          | 125H(上半のみ)    |

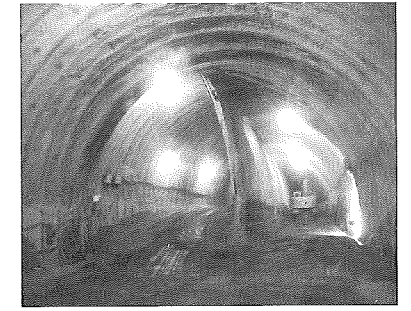


写真-1 駅部大断面区間掘削状況



写真-2 中壁支保撤去状況

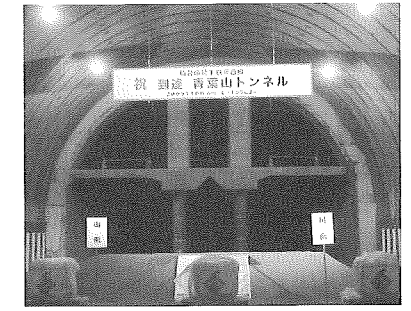


写真-3 青葉山トンネル掘削完了状況

区間(L=84m)の後半約50m区間については、図-18に示すような施工ステップおよび途中段階での検証を行い、経済化を図る目的のもと、上半中壁分割に移行することとした。なお、掘削ピッチは、上下半中壁分割区間と同様、1.0m間隔とした。図-19および表-5に上半中壁分割工法区間の支保パターンおよび施工順序を示す。

6-6 計測Aの結果(上半中壁分割区間)

図-20に上半中壁分割区間における2 k235m断面の計測Aの結果を示す。上下半中壁分割区間と同様、天端沈下量および内空変位量とも、左右上半掘削段階で収束値の約90%程度変位が発現して

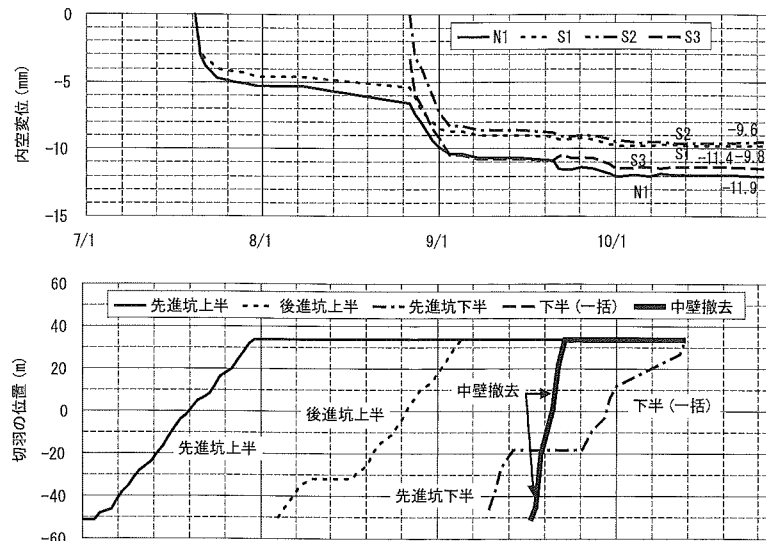


図-20 内空変位計測の結果(2k235m)

いる。また、下半一括掘削前に実施した中壁(上半のみ)撤去時において、天端沈下量はほとんど生じておらず、下半一括掘削も安定して施工することができた。

写真-1～3に駅部大断面区間の施工状況写真を示す。

### 7 おわりに

駅部大断面区間の掘削は、平成21年7月初めに開始し、大断面掘削を考慮した加背割りの採用、FEM解析を用いた施工方法の検証、綿密な坑内計測、および管理基準値を遵守した慎重な施工により、10月下旬に全断面掘削を無事完了すること

ができた。

仙台東西線において当機構が施工する亀岡トンネルおよび八木山トンネルは、開削駅接続部で青葉山トンネル駅部大断面区間と同様の大断面を施工することとなる。今回得られた青葉山トンネルの施工結果を踏まえ、残り2工区の大断面区間の施工にフィードバックしていきたいと考えている。

本工事を進めていくにあたり、朝倉俊弘委員長(京都大学大学院教授)をはじめとし

た仙台地下鉄東西線トンネル技術検討会委員の皆様、仙台市交通局をはじめとした各関係者の皆様からの多大なるご指導・ご協力いただいたことに対し、厚くお礼申し上げます。

最後に、本報告が今後の大断面トンネル施工の一助となることを願う。

### 参考文献

- 1) 鉄道・運輸機構：山岳トンネル設計施工標準・同解説。
- 2) 本堂亮・東優・浅川敏郎・鶴原敬久：駅部大断面トンネルを中壁分割工法で施工，仙台市高速鉄道東西線 青葉山トンネル，トンネルと地下，Vol.40，No.10，pp.43-51，2009.10。

## 『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

# 施工

## 海底部取水トンネルをプレグラウトおよび導坑切上がり掘削で施工

— 島根原子力発電所3号機 海域部取水設備工事 —

中国電力(株)島根原子力建設所副所長 川本秀夫  
 中国電力(株)島根原子力建設所土木課長 大村剛  
 (株)大林組島根原発JV工事事務所所長 安永孝夫  
 (株)大林組島根原発JV工事事務所副所長 窪之内雄策

### 1 はじめに

中国電力(株)島根原子力発電所は、島根県宍道湖の北東部、日本海に面した島根半島の松江市鹿島町に位置する(図-1)。現在、同発電所では1号機(沸騰水型原子炉・出力46万kW)、2号機(沸騰水型原子炉・出力82万kW)を営業運転しているなか、平成23年12月の営業運転開始に向けて3号機(改良沸騰水型原子炉・出力137.3万kW)増設工事を進めている。

増設工事は平成16年3月より準備工事、平成18年10月からは本工事を開始している。本工事のうち海域部取水設備工事は、タービンを回した後の蒸気冷却用として使用する海水を深層部より取水(95m<sup>3</sup>/sec)する取水口と海底トンネル方式を採用した延長約230mの取水路トンネルを構築するものである。



図-1 位置図

本稿では、2か所の海底取水口と陸域取水路(RC構造3連ボックスカルバート)とを結ぶ、取水路トンネルの施工について報告する(図-2)。

### 2 工事概要

#### 2-1 取水口ケーソン工事

取水口ケーソン(RC構造、直径20m、高さ8.5m、自重2,600t)は円形状の二層構造で、下部は取水路トンネルと接合するためケーソン作業室となっている。ケーソンは2函を製作ヤードで構築後、

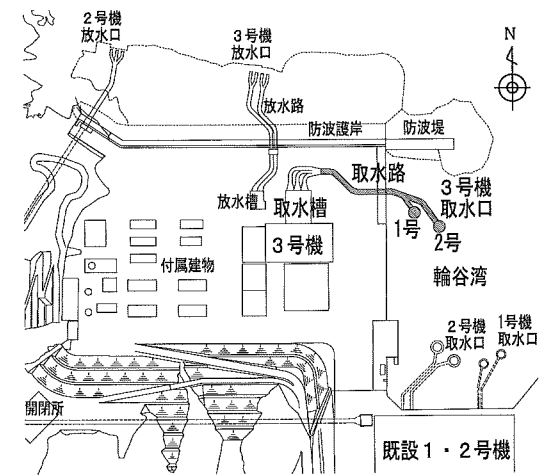


図-2 島根原子力発電所平面

曳航し、それぞれ水深T.P.-15.5mと-20.0mの海中に設置する。

トンネル貫通点となるケーソン内部は、海水流入を防ぐため、ニューマチックケーソン工法を採

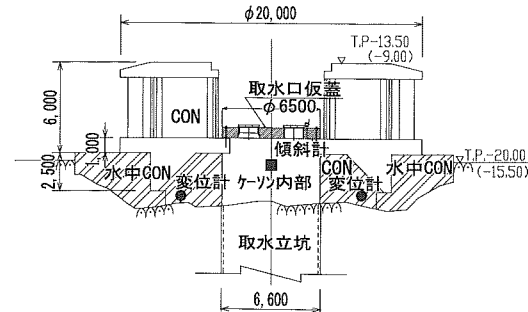


図-3 取水口ケーソン断面図

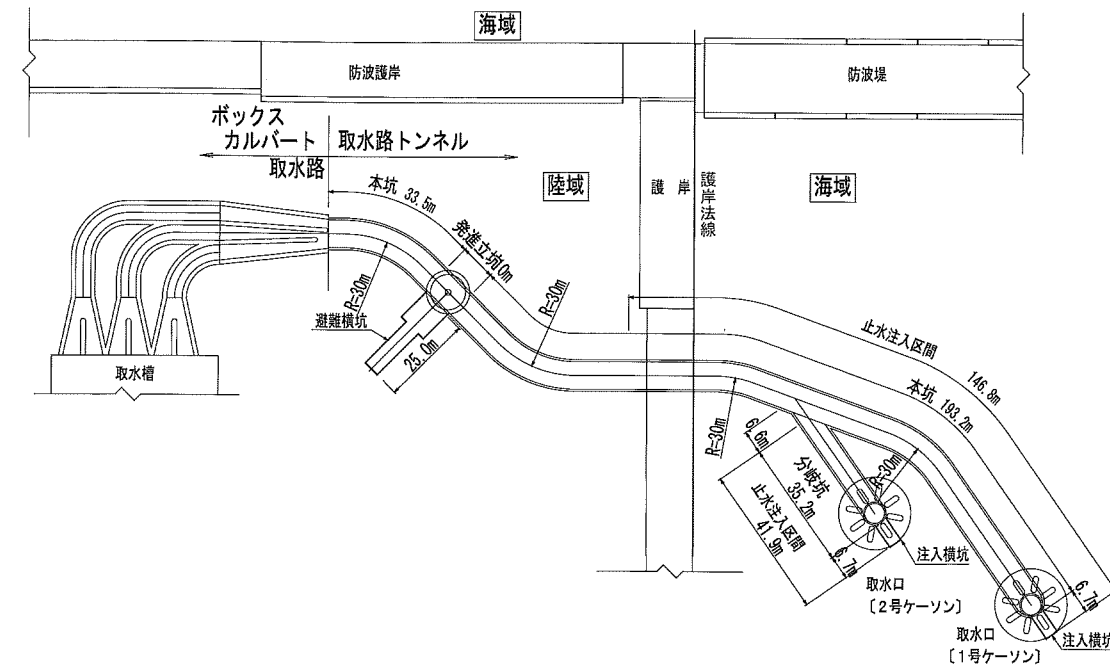


図-4 取水路トンネル平面図

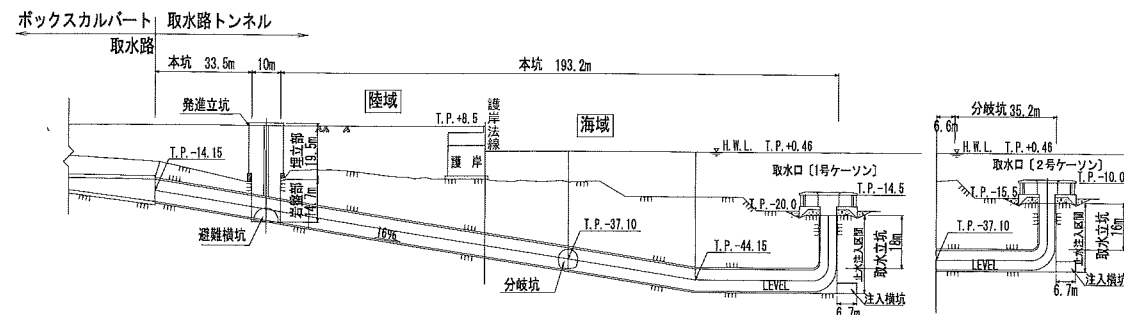


図-5 取水路トンネル縦断面図

用し、岩盤清掃ならびに止水性を確保する工事を実施した。また、トンネル施工に伴うケーソンの挙動を確認するため、傾斜計および変位計の設置も合わせて行った(図-3)。

### 2-2 取水路トンネル工事

取水路トンネルは、NATM、発破方式(一部機械掘削)により実施している。本坑トンネルは16%の急勾配であり、曲率半径30mの急曲線が連続するという複雑な線形である。また発進立坑から本坑(取水口側)延長約71m地点より海域に入り、約95m付近では断面寸法と勾配の異なる分岐坑に枝分かれする。なお、海域部は海水流入を抑制するため、坑内からの止水注入をくり返し行ってい

③ 密な配筋の覆工に対して、高流動コンクリートを採用。

## 5 止水注入(プレグラウト)

海域部となる本坑、分岐坑、取水立坑では止水注入を坑内より実施した。坑内への海水流入は掘削のみならず覆工に対しても大きな問題となるため、湧水量の低減はとくに重要であった。そこで、類似工事実績および排水・濁水設備能力などを総合的に勘案して、止水注入の目標管理値は透水係数  $2 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  以下(=1.4Lu以下)に定めた。止水材料は、本工事の改良範囲が取水口の基礎地盤部および海底トンネル周辺部であることから、海水に強く、小さな亀裂にも入る浸透性の高いものとして特殊シリカ系注入材(ブレン値12,000  $\text{cm}^2/\text{g}$ )を採用した。注入設備は集中管理方式とし、中央プラントを坑外に設置し、ここで作液のほか注入管理およびケーソン計測管理も実施した。施工箇所別の止水注入方法を表-1に示す。

### 5-1 本坑・分岐坑の止水注入

過去の海底トンネルでの注入範囲の実績は、 $2 \sim 3R$ ( $R$ :半径)程度である。本工事で使用する止水材料はブレン値などから小エリアでも止水効果が大きいと判断し、注入範囲は掘削断面外周  $2 \sim 5 \text{m}$ ( $1R$ 程度)、幅  $3 \text{m}$ の領域とし、バルクヘッド厚さは  $5 \text{m}$ とした。なお、注入圧力は試験施工の結果より管理圧力を  $1.3 \text{MPa}$ に決定した。削孔はトンネル掘削用の油圧ジャンボ(ドリフター重量  $150 \text{kg}$ ,  $2$ ブーム)を使用し、切羽前方に  $2$ シフト分の範囲で  $2$ ステージ(削孔延長  $L=30 \sim 35 \text{m}$ , 削孔径  $\phi 65 \text{mm}$ )の施工(曲線区域は除く)をくり返し実施した(図-7)。

この  $2$ シフト分の範囲の注入により、常に複列の注入ゾーンを形成することができ、遮水効果を上げることができた。その結果として、当初予測したトンネル内総湧水量  $45 \text{m}^3/\text{h}$  に対し、実測湧水量は約  $18 \text{m}^3/\text{h}$ であった。

### 5-2 取水立坑の止水注入

取水立坑の止水注入では、注入による取水口ケー

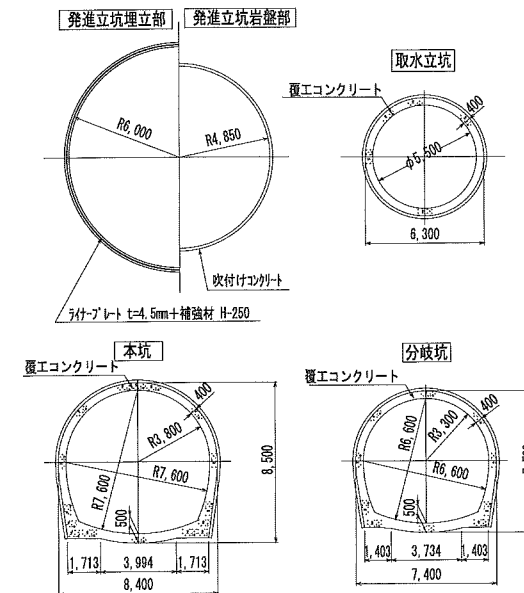


図-6 発進立坑および取水路トンネル標準断面図

る。取水路は、発進立坑・本坑・分岐坑・取水立坑の4種類のトンネルで構成される(図-4~6)。

覆工は、全線耐震設計されたRCコンクリート(巻き厚  $40 \text{cm}$ , ダブル配筋, 主筋  $D16 \sim 29 @ 150 \text{mm}$ )であり、密な配筋構造となっている。

## 3 地質概要

発電所敷地の地質は、新第三紀中新世の堆積岩類からなる海成層である。主に黒色頁岩および凝灰質頁岩であり、部分的に凝灰角礫岩が挟在する。岩級区分はCL~CH級であり、一軸圧縮強度の平均値は黒色頁岩  $99 \text{N/mm}^2$ , 凝灰質頁岩  $162 \text{N/mm}^2$ , 凝灰角礫岩  $26 \text{N/mm}^2$ である。岩盤の透水係数は  $10^{-3} \sim 10^{-5} \text{cm/sec}$ である。これらの堆積岩類は海域付近では、走向  $N60^\circ \sim 80^\circ W$ , 傾斜  $12 \sim 20^\circ$ の同斜構造となっている。トンネル海域部は黒色頁岩および凝灰角礫岩が主体であった。

## 4 取水トンネル施工の課題と解決策

本工事の主な課題と解決策を以下に示す。

- ① 坑内への海水流入の防止に対して、止水注入(プレグラウト)を実施。
- ② 取水立坑掘削時の安全な切上りに対して、導坑先進拡幅工法を適用。

表-1 止水注入方法

| 施工箇所               | 注入方法  | 目標管理値                 |              | 注入圧力・最大注入速度  |
|--------------------|---|-----------------------|--------------|--|
|                    |   | ルジオン                  | 注入孔湧水量       |  |
| 本坑<br>分岐坑          | 孔配置：トンネル周囲に円形2列<br>施工方向：前方(放射状)<br>注入方式：ステージ注入(一括注入)<br>注入順序：中央内挿法<br>パッカー装置：高圧エアーパーカー  | 1.4Lu<br><br>0.4ℓ/分/m | 0.4~0.6ℓ/分/m | 静水圧+1.3MPa<br>20ℓ/min/ステージ   |
| 1号取水立坑             | 孔配置：格子状配置(1辺2.0m)<br>施工方向：上向き<br>注入方式：ステージ注入(ダウンステージ方式)<br>注入順序：内側列⇒外側列<br>(ただし、列内は中央内挿法)<br>パッカーほか装置：口元プリベンダー設置<br>高圧エアーパーカー |                       |              | 第1ステージ(1号L=9m, 2号L=7m)<br>静水圧+0.7MPa<br>20ℓ/min/ステージ<br>第2ステージ(1号L=5m, 2号L=5m)<br>静水圧+0.5MPa<br>20ℓ/min/ステージ<br>第3ステージ(1号L=2.8m, 2号L=2.2m)<br>静水圧+0.3MPa<br>10ℓ/min/ステージ |
| 2号取水立坑             | ※注入機は2台使用し、同列次数孔の注入は禁止とした。  |                       |              |  |
| 1号ケーソン内<br>2号ケーソン内 | 孔配置：1リング(円形1列)<br>施工方向：下向き(鉛直, 斜め下方交互配置)<br>注入方式：1段式ステージ注入<br>注入順序：中央内挿法<br>パッカー装置：エキスパンションパッカー                               | -                     | -            | 静水圧+0.1MPa<br>20ℓ/min/ステージ   |

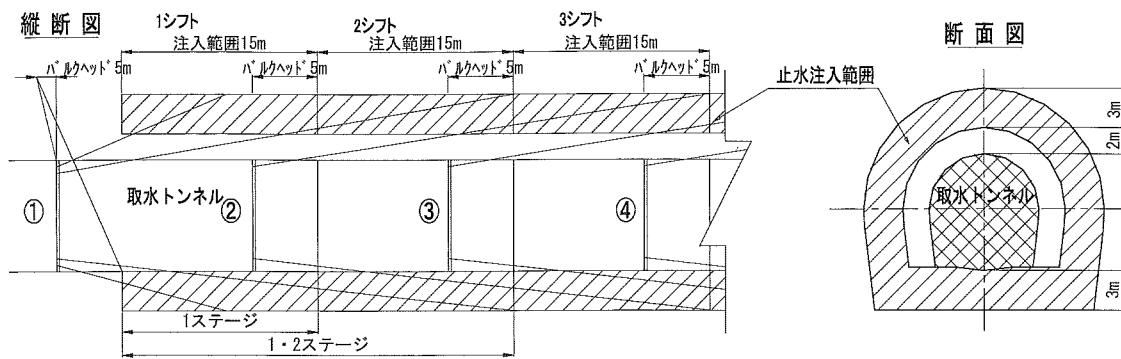


図-7 本坑・分岐坑止水注入模式図

トンネルへの影響と確実な止水効果が課題であった。注入範囲はケーソン基礎地盤の補強も兼ね、基礎底面領域となる直径20mとし、注入孔の配列はケーソン底面で2m間隔とした。削孔には、クローラ式ロータリーパーカッションドリルを上向き施工ができるように改造したものを使用した。また施工時には、口元プリベンダーを設置し、削孔時の突発湧水、注入時の口元リークに対応した。

直上に設置済みのケーソンへの影響と周辺地山の緩みを加味して、注入ステージは、3区間に分割し、各ステージの注入圧力および最大注入速度を設定した(表-1)。設定基準は、ダム堤体下の基

礎地盤の遮水性確保を目的としたカーテングラウチングの実績をもとに、以下の各ステージの条件を考慮し決定した。

第1ステージ：本坑、分岐坑のトンネル止水ゾーンと一部重なる区間であり、トンネル発破により岩盤が緩んでおり、トンネルにもっとも接近している区間である。

第2ステージ：ケーソンに接近し注入による影響の可能性のある区間である。

第3ステージ：海上からの砕岩浚渫による岩盤の緩みと亀裂が多いことが予想されるほか、ケーソンの浮き上がりや海洋への注入材リー

クの可能性がある区間である。

注入方法はケーソン直下からダウンステージ方式(上向き)により実施した。施工順序は先行注入による接地面へのコンタクト注入の後、止水注入によるケーソン剥離を考慮して、一般孔の注入を内側から外側へと、ケーソン内部の圧力および海水を改良範囲外へ徐々に逃がす方向で、ステージごとに進めた。最終注入孔(チェック孔)は、止水目標値を確認するため、注入改良内部とした。最終の止水確認は、4か所の確認孔で行った(図-8)。

1号取水立坑ケーソン

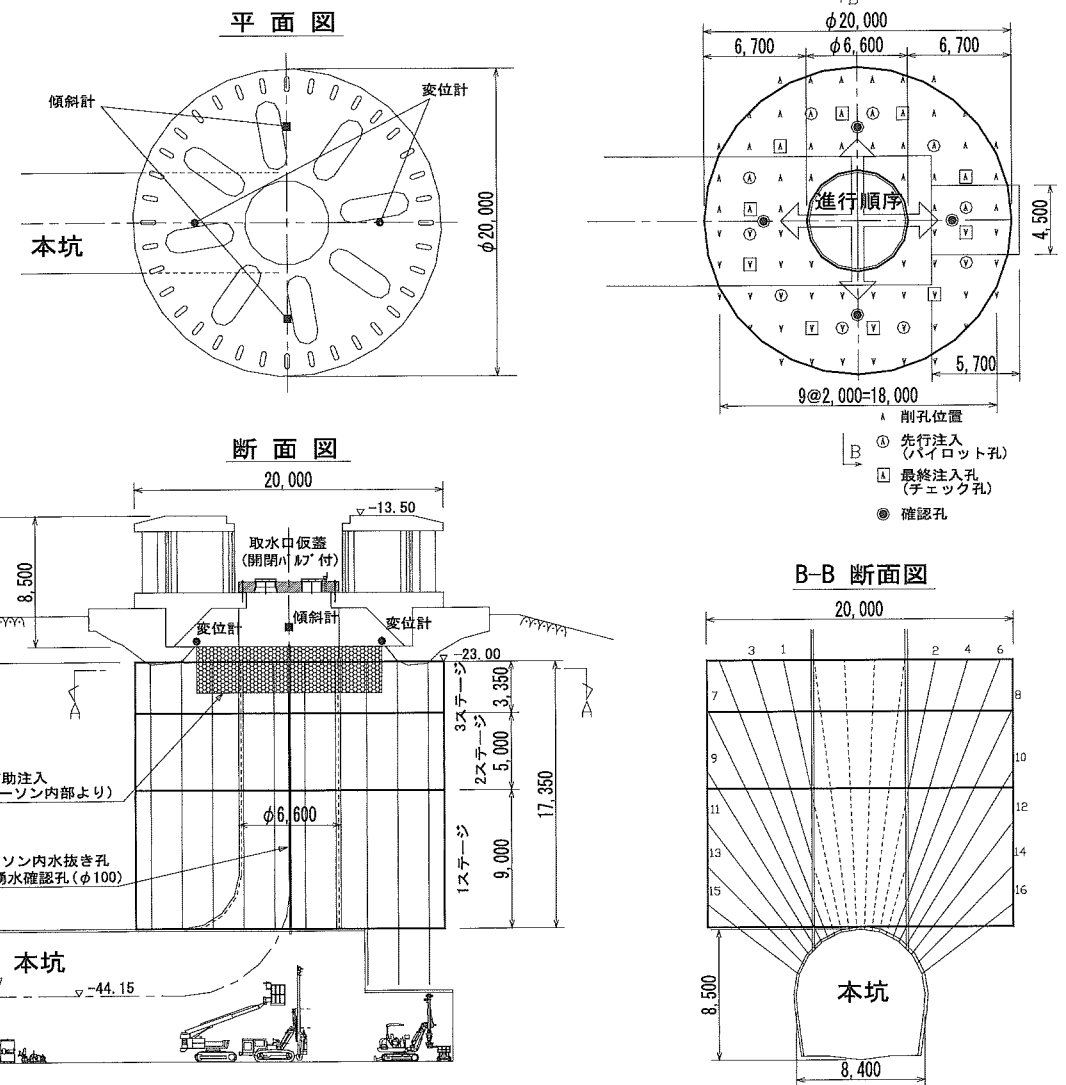


図-8 取水立坑止水注入概要図

また、ケーソン直下からの注入前に、海底に沈設した取水口ケーソン内部では、注入材リークが懸念されるケーソン接地面の改良と岩質確認を兼ねて、圧気設備を利用し、コアカッター削孔による補助注入(管理圧力0.1MPa, 注入間隔0.9m)を実施し、止水性の向上を図った(表-2)。

1号取水立坑の止水注入は、図-9に示すとおり結果であった。なお、確認孔(第3ステージ)でのルジオン値は0.49Lu, 比湧水量は0.26ℓ/分/mであり、目標の止水を達成できた。また、ケーソ

表-2 ケーソン内部湧水量経時変化

| 施工箇所    | 無気圧状態でのケーソン内湧水量 |        |       |
|---------|-----------------|--------|-------|
|         | 内部水替え後          | 注入孔削孔後 | 注入完了後 |
| 1号ケーソン内 | 130ℓ/分          | 200ℓ/分 | 20ℓ/分 |
| 2号ケーソン内 | 50ℓ/分           | 140ℓ/分 | 10ℓ/分 |

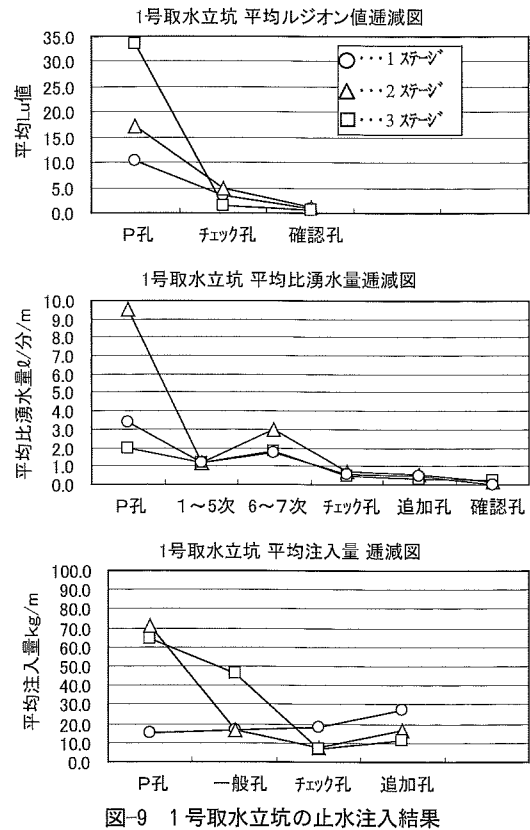


図-9 1号取水立坑の止水注入結果

ン内に削孔した、立坑中央部のボアホール(φ100mm)にて確認した最終湧水量は9ℓ/分と少量であった。

5-3 取水口ケーソンの計測管理

注入影響による取水口ケーソンの挙動を計測管理するため、ケーソン本体には傾斜計を1函あたり2点、本坑および分岐坑内部からトンネル縦断方向に2か所の変位計をあらかじめ設置した。変位データは自動計測し、集中管理室(中央プラント)までリアルタイムに送信し、ケーソン挙動の監視を行った。変位管理基準はダムグラウチングの施工実績におけるコンソリデーショングラウチングの管理基準を適用した(表-3)。

表-3 取水口ケーソン注入に伴う変位管理基準

| 管理I                                       | 管理II  | 管理III  |
|---|---|--|
| 注意変位量に達した場合<br>(注意変位量:0.3mm<br>警戒変位量の60%) | 警戒変位量に達した場合<br>(警戒変位量:0.5mm)  | 規制変位量に達した場合<br>(規制変位量:1mm)   |
| ①管理室オペレーターは変位の監視を強化し、注入を継続する。             | ①変位の原因となる注入機の注入速度を50%に下げる。<br>②①で変位が収まらない場合は、さらに注入速度を50%に下げる。(設定注入速度の25%) | ①注入を一時中断(30分程度)し変位の戻りが確認できたら注入を再開する。<br>②変位が収まらない場合は、対象となる注入機の注入を中止する。また対象外の注入機については注入を中断し、孔内洗浄を行い後日再注入とする。<br>③再注入の管理基準は上記に準ずる。 |

また、トンネル内の充水用に設置しているケーソン仮蓋のバルブは、止水注入時には注入圧力がケーソン内部に蓄積されないように開放し、内部と海域がつながった状態で施工した。このバルブは注入確認孔の施工前には閉じ、前述のボアホールからケーソン内部の海水を排出した。

止水注入によるケーソンへの影響はほとんどなく、累計の最大変位量は、1号で3.3mm、2号で1.0mmであった。また、立坑掘削による影響もなく、変位は0.5mm以内を確認した。なお、事前の試算より、ケーソンの浮き上がり防止用の海底固定用アンカーを不要とすることで、コストダウンを図ることができた。

6 トンネル掘削

トンネル掘削については、急勾配・急曲線、海域内施工などの諸条件により、使用する機械類はすべて覆帯式とし、塩害対策としてシリコン樹脂などによる防水皮膜を行い施工にあたった。また、施工箇所は稼働中の原子力発電所の敷地内に位置し、近傍ではコンクリート構造物が順次構築されている。このような中、施工初期段階に既設発電所施設への発破影響の調査および近接構造物での実測を行い、振動管理値を定めた。しかし、近接する構造物はその施工区域が常に移行しているこ

となどから、発破影響対象物への離隔を常に監視し、発破時刻の調整や制御発破を実施した結果、施設安全および構築物の構造安定上、問題なく対応できた。なお既設構造物への貫通では、発破振動の管理値を構築物の強度と距離の関係から、取水槽側のボックスカルバートで16.4cm/sec、取水口ケーソン側では8.2cm/secとした。

6-1 発進立坑掘削

初期の掘削段階では、発破による飛石および近郊の騒音対策として、発進立坑天端全体に簡易な養生蓋を設置した。また発破穿孔パターンは、側壁側に芯抜き位置をずらしたウエッジカットを採用し立坑直上への飛石量の抑制を図った。

6-2 本坑、分岐坑掘削

取水槽側の掘削は、既設構築物への発破による振動影響を制御するため、電子雷管などによる斉発量を抑えた制御発破を採用した。貫通部の3m区間では空孔(孔径65mm、縦横50cm間隔)を用いた機械掘削(油圧ブレイカー900kg級)を行った。

海域部の施工となる、本坑(取水口側)および分岐坑では、1シフト(L=15m)ごとの止水注入と交互に掘削を実施した。なお、2号取水立坑(分岐坑)の止水注入は、本坑施工と併行して行った。

6-3 取水立坑掘削

当初より、困難な施工が予想された取水立坑掘削は、導坑切上がり拡幅切下がり方式と全断面切上がり方式とを比較検討したが、地質状況から発破による周辺地山の緩みや落石などの安全上の問題があるため、導坑切上がり拡幅切下がり方式を採用した。この施工は海底部への貫通でもあり、安全性の確保がもっとも重要な課題であった。

6-3-1 導坑掘削

導坑切上がり掘削は、使用するアリマッククライマーの形状に合わせ、矩形断面(2.7m×2.7m)とした(図-10)。

本坑で使用した掘削機械で安全な施工が可能な範囲まで、導坑を本坑天端より上向きに掘削した後、アリマッククライマーによる導坑の切上がりに切替えた。取水立坑の地山は凝灰角礫岩と黒色頁岩が主体であり水平互層となっていた。また導

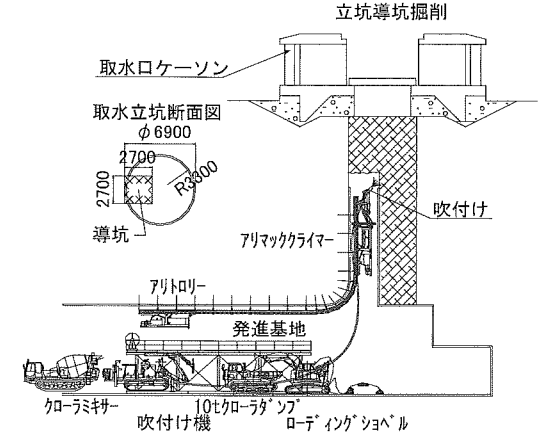


図-10 導坑切上がり掘削施工図

坑掘削は垂直施工であり、切羽直下での作業となるため非常に危険性の高い施工であった。そこで施工前、施工中に、安全性を確保するためのさまざまな改良を重ねた。以下にその内容を記述する。

- ① 油圧削岩機(アトラスコプロ1032, 1ブーム, 90kgf)を遠隔操作できるアリマックをベースに、吹付け装置(アリバ285, 吐出力6~21m³/h)の新たな設置
- ② アリマック本体上部に強固な作業足場兼落石防護設備の設置
- ③ 吹付け施工に伴い、アリマック本体に換気設備(風管φ300mm)を装備できる構造への改良
- ④ 早期に切羽の安定を確保するため、高強度吹付けコンクリート(σ<sub>3h</sub>=2N/mm², σ<sub>1d</sub>=10N/mm²)の採用
- ⑤ 咽喉マイクによる無線通信連絡体制の確立
- ⑥ 緊急時救出用設備のアリトリャー(積載重量3.9t)の配備

また、海水によるアリマッククライマーの電気トラブルや吹付けの粉じんとリバウンドによる坑内環境の悪化といった課題が発生したが、一つ一つ対策を行い改善した。

6-3-2 拡幅掘削

立坑拡幅切下がり掘削(図-11)は、直径6.6mの狭い空間内での施工であり、かつ導坑が大きく開口している。このような状況下で安全性と効率性を上げるため、以下に示す施工方法の改善を実施

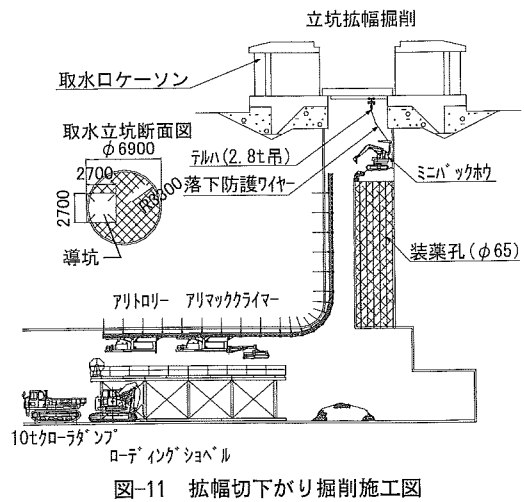


図-11 拡張切下がり掘削施工図

した。

- ① 揚重設備(テルハ形式, 2.8t吊り)はケーソン仮蓋を利用し固定して使用した。なお軽微な資材搬入, 作業員の出入りにはアリマックを使用した。
- ② 発破装薬孔は, 工程へ影響のない期間に立坑下より事前に削孔し, 工程短縮を図った。
- ③ 削孔は当初シンカー(空気消費量 $3.5\text{m}^3/\text{min}$ )による人力作業をしていたが, 施工可能なミニローラードリル(油圧式, 1ブーム, 空気消費量 $4.3\text{m}^3/\text{min}$ )との併用に切替え効率性を向上させた。

## 7 覆工コンクリート

覆工は, 取水立坑より発進立坑に向かっての上り勾配での施工となる。トンネルは線形や形状の変化が多く, かつ施工箇所は数か所におよぶため輻輳作業となったが, 施工性や安全性に配慮し工事を進めた。

### 7-1 インバートコンクリート

インバートコンクリート打設にあつては, 施工の効率性を考慮したインバートフォームを使用した(写真-1)。

インバートフォームは, 人力で簡単に移動できる軽量なステンレス製とした。また毎日打設を可能にするため, 棲部の型枠



写真-1 インバートコンクリート施工状況

は, 鉄筋組立て完了箇所幅30cmの目地間に差込み設置が可能な構造に改善した。なお, コンクリート打設はクローラ式ミキサー車(積載 $4.5\text{m}^3$ )で坑内運搬し, 中継ポンプ車を介し打設した。このポンプ車は, 急勾配の坑内を自走移動ができるように定置式ポンプをクローラ式に改造したものである。

### 7-2 アーチコンクリート

コンクリートは, 密な鉄筋構造を考慮して, 自己充填性のある高流動コンクリート(表-4)を採用した。

高流動コンクリート採用にあたり, 圧送性, コンクリート側圧の増大を考慮し, 配管およびセントル構造を設計した。配管は圧送抵抗を算定し地上部から坑内奥側へと, 高压管(20MPa)から低压管(2MPa)に移行し設置した。また立坑, 斜坑配管のため材料分離防止として, ループ管(発進立坑直下)や数か所のストップバルブを設置し対応した。本工事のセントルは, コンクリート側圧を液圧とした設計, および特殊走行設備採用により, 標準的なセントルの1.7倍程度の重量となった。

本トンネルの標準セントル(直線用: 打設長 $L=9\text{m}$ , 曲線用: 打設長 $L=5.5\text{m}$ )は移動式で, 安全性を考慮し, ウィンチ牽引方式(固定アンカーはインバート施工時に設置)とし, タイヤ走行(ウレタンライニング車輪)とした。また車輪は方向

表-4 高流動コンクリート配合

| 種別        | 粗骨材最大寸法 (mm) | 設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | スランプフロー (mm) | 空気量 (%) | 備考         |
|-----------|--------------|-----------------------------|--------------|---------|------------|
| 高流動 (粉体系) | 20           | 24                          | 625±75       | 4.5±1.5 | 自己充填性能ランク2 |



写真-2 移動式スライドセントル

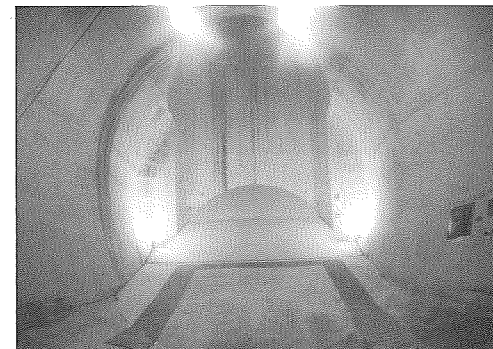


写真-3 取水立坑取合部

制御ができる構造とした(写真-2)。曲線セントルは急曲線形(左右曲)にセットできるように, セントル前後端部と中間(中割り)にカーブライナーを設置できる構造とした。これらの移動式セントルを, 坑内で同時に稼働させ, 工程確保を図った。このためコンクリート打設は, 発進立坑の地上ポンプ圧送機(プツマイスター $65\text{m}^3/\text{h}$ )から発進立坑(下方へ $35\text{m}$ )を経由し, 打設箇所(最大水平距離約 $180\text{m}$ )付近に設置した移動式坑内ポンプ(シンテック $35\text{m}^3/\text{h}$ 改造ポンプ)まで圧送して打設を行った。

曲線セントルで実測したコンクリート側圧(打設速度:  $1.5\text{m}/\text{h}$ )は最大 $86\text{kPa}$ であり, 設計側圧 $150\text{kPa}$ の57%程度と小さかった。これはコンクリート凝結が開始された後に, コンクリートが再流動化するような変位や振動を与えることが, ほとんどなかったためと考えられる。

覆工はさまざまなトンネル形状に対応するため, 鋼製・木製などの特殊形状の型枠を加工し使用した。とくに, ボックスカルバート取水路の断面変



写真-4 本坑・分岐坑取合部

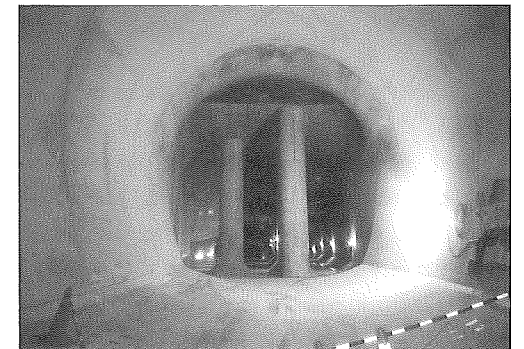


写真-5 取水槽側(ボックスカルバート)取合部

化部(区間長 $L=3\text{m}$ , 図-4)は, 馬蹄形から矩形へと著しく形状が変化するため, 施工性および経済性を検討し, 特殊湿式吹付け(ジョツ・クリート工法)を採用した(写真-3~5)。

## 8 おわりに

海底トンネルという厳しい環境下, 掘削初期には想定外の課題が続出し工程の遅れも生じたが, 施工機械などの改良や施工方法の改善を行い, 工程回復を図ることができた。また止水注入では目標とする止水効果が得られ, 難工事が懸念された取水立坑から取水ロケーション間のトンネル掘削でも, ケーソンの変位や異常出水などもなく, 無事完了することができた。覆工では, 延長の短い坑内で最大3基もの移動式セントルを稼働させ, 数多くの断面形状変化に対応した接合部の覆工を効率よく安全に短期間で施工できた。

最後に, 関係者一同のご尽力のおかげにより, 工程内に無事工事を完了することができました。この誌面を借りまして心から謝意を表します。



# 「相馬野馬追の里」南相馬より

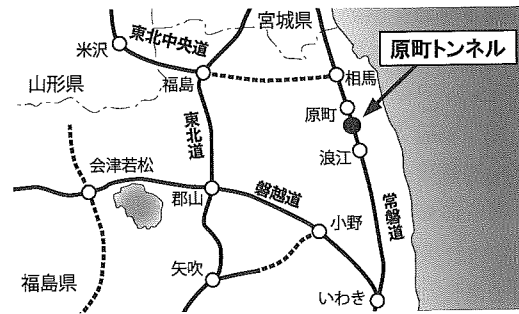
森 英 治

南相馬市は、いわき、仙台までそれぞれ75kmの距離に位置し福島県浜通り北部の中心都市となっている。市内北泉はサーフィンのメッカとしてファンの間では知られており、世界大会が開かれたこともある。お祭りとしては国の重要無形文化財に指定されている相馬野馬追が有名である。今から1,060年以上前、相馬氏の遠祖・平将門が領内の野原に野生馬を放し、敵兵に見立てて軍事訓練をしたことに始まると言われている。

毎年、7月23～25日にこの祭事は開かれる。初日の出陣式、総大将お迎えに始まり、2日目には甲冑に身を固めた500余騎の騎馬武者達による行列や、雲雀が原に集結して行われる背中に旗指物をつけた若武者による甲冑競馬と、野馬追最大の見せ場である神旗争奪戦が行われ、相馬地方の短く暑い夏をさらに熱くする。祭場内に集結した数百騎の騎馬武者たちが号砲とともに打ちあがった御神旗にむけて一斉に突進し旗を取り合うさまは、まさに合戦さながら、御神旗を手中に収めた者には、その武勲を称え惜しめない拍手が送られる。

さて、常磐自動車道は、東京都を起点として、首都圏の関東地方から東北地方南部の太平洋側を北進し、宮城県仙台市を結ぶ総延長約352kmの高速道路(高規格幹線道路)である。

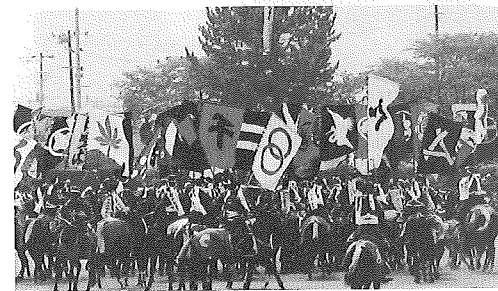
この路線は、埼玉県、千葉県、茨城県、福島県、宮城県の内陸部および太平洋沿いの主要都市を結び、北関東自動車道、磐越自動車道、東北中央自動車道などを經由して東北自動車道と接続することから、北関東と南東北との地域相互の高規格道路網を形成し、緊急



位置図



野馬追行列



神旗争奪戦

時における迂回路などのネットワーク機能を強化する重要な路線である。

当工事は現在施工中区間において唯一のトンネル工事となっている。トンネルの地質は地元の方が、「ユナ」と呼ぶ細粒砂岩で成り立っており、トンネル上方10mまで地下水位がある特殊条件下のトンネル施工である。2008年11月より掘削を開始し、749.5mの延長を、貫通までに17.5か月の時間を要した。

施工に際しては特殊地山のため当工事発注前からトンネル委員会が開催されており、施工中も数度開催された。委員会ではその都度、発注者および委員の方のご指導をいただき、この困難なトンネルの掘削を完了することができた。

現在は、覆工コンクリートと中央排水工、坑門工を残すのみとなったが、現在までの無事故を継続し、作業所職員、協力会社作業員一体となって、竣工を目指して努力していく所存である。

(前田建設工業(株)原町トンネル作業所所長)

# 第九回 語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

# 我がトンネル 掘進・苦心記

# 鹿野 秀一郎 (元)前田建設工業(株)

— 新入生、初めての現場  
— 東京電力 切明発電所  
— 巡視路馬の背トンネル —

私は昭和32年4月に前田建設に入社し、本店工務部に配属されました。7月ごろ、長野出張所へ応援出張に行きました。現場が初めてのことから、1週間、カンテラの使い方、丁梁の出し方などを即席で教わり、先輩の手元として働くのかと思っていましたが、たった一人で、信濃の秘境秋山郷にある東京電力切明発電所の巡視路にある馬の背隧道巻立工事などの現場監督を任せられてしまいました。この巡視路の標高は1,080mで、建設工事のときに工事用資材を運搬した軌道盤の跡です。宿舎は幕舎、風呂はドラム缶です。ブナの切株から採れるキノコ(名前は失念)の味噌汁、ときにはママシや青大将を味わいました。馬の背隧道の断面は人がやっと通れるほどの大きさで長さは約120m、中央部は無普請でしたが両坑口付近は

ブナの坑木で普請をしてあり、両坑口部分をコンクリートで巻立て、坑門を造る工事でした。材料はすべて直高200mのインクライン跡の斜面と巡視路を作業員が担いで運びました。コンクリートは下の川原で採取した骨材を使い、練り混ぜも打設もスコップによる人力でした。小さなトンネルとはいえ何もわからない新入生がなんとか一人で仕事できたのは、作業内容が覆工だけであったこと、中井主任の綿密な計画と後方支援によるほか、当時の前田建設の作業主任制度のもとで工長と作業員達が機能的に働いたことにあったと思います。

— 地すべりに消えたトンネル  
— 北陸電力 新中地山発電所 —

この現場は、北陸電力の常願寺川有峰貯水池計画の中の新中地山水力発電所新設のほか水圧鉄管路、調圧水槽、導水路トンネル、小俣ダム等々、建設工事のデパートのような現場で、自分の担当以外に

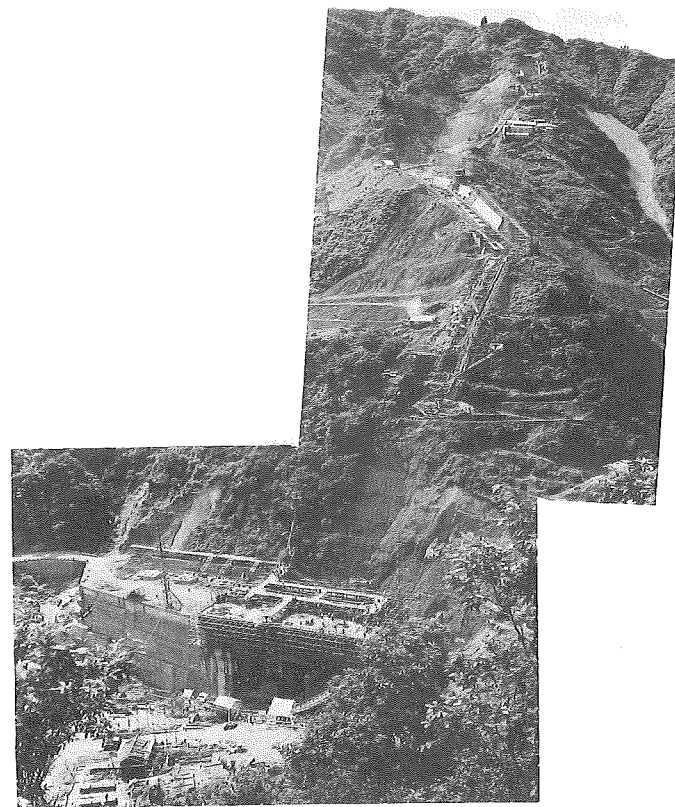


現在の筆者

ついても広く見聞することができました。

私は昭和32年10月に乗り込み、始めの半年は渡邊益三さんの手元をしながら、石川次長からは現場の技術屋としての生き方を、一原主任からは先を読む考え方を叩き込まれながら仕事を覚えました。

水圧鉄管路の中ほどに長さ約100mのトンネルがあり、最上部から導坑を掘り始めました。地質は巨大転石混じりの土砂山で、予定の岩盤山にはなかなか当たりませんでした。測定のたびにセンターもレベルも違うので、おかしいと思って地表に上がってみると亀裂が入っていました。山全体が地すべりを起こしていたのです。その結果、発電所と鉄管路の位置が変更になり、私のトンネル掘削第1号は30mばかり掘っただけで地すべりとともに流れてしまいました。



工事中の新中地山発電所と水圧鉄管路

## 著者略歴

|           |                       |
|-----------|-----------------------|
| 昭和32年 3月  | 金沢大学工学部土木工学科卒業        |
| 昭和32年 4月  | 前田建設工業(株)入社           |
| 昭和32年 7月  | 東京電力切明発電所巡視路馬の背隧道巻立工事 |
| 昭和32年 10月 | 北陸電力新中地山発電所新設工事       |
| 昭和34年 10月 | 北陸電力有峰引水路トンネル         |
| 昭和36年 6月  | 信越本線碓氷第1トンネル          |
| 昭和39年 6月  | 信越本線碓氷第2トンネル土木主任      |
| 昭和41年 4月  | 上越線新清水トンネル(土合工区)土木課長  |
| 昭和41年 10月 | 北陸本線木浦トンネル所長          |
| 昭和45年 3月  | 山陽新幹線安芸トンネル(熊野工区)所長   |
| 昭和48年 11月 | 中国縦貫道大佐工事所長           |
| 昭和53年 4月  | 東北新幹線第2平石トンネル所長       |
| 昭和55年 8月  | 玉川ダム一般国道付替水尻トンネル所長    |
| 昭和57年 8月  | 津軽海峡線津軽トンネル(高石股工区)所長  |
| 昭和60年 12月 | 鷹角線戸島内トンネル(北工区)所長     |
| 昭和63年 7月  | 一般国道348号小滝1号トンネル所長    |
| 平成2年 5月   | 北陸新幹線一ノ瀬トンネル(東工区)所長   |
| 平成7年 6月   | 光が丘興産(株)へ出向、管理本部長     |
| 平成9年 9月   | 出向解除前田建設工業(株)退職       |

現在 労働安全コンサルタント

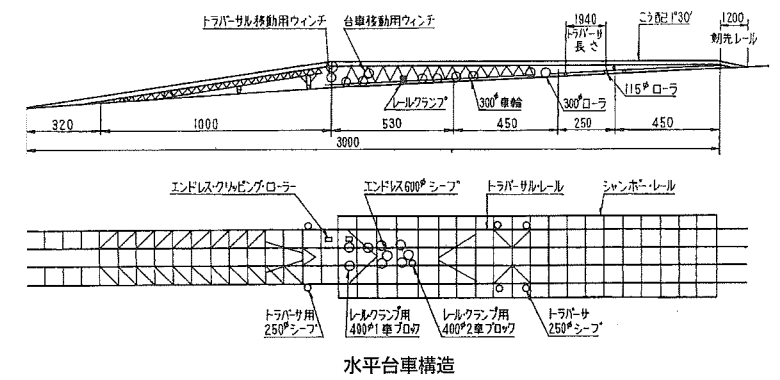
原因は地質調査ボーリングで、岩石に当たると1mでボーリングを止め、転石を岩盤だと判定したことにあります。地質調査図は鵜呑みにできないことを知りました。

### 最高月進 317.6m —北陸電力 有峰引水路 トンネル—

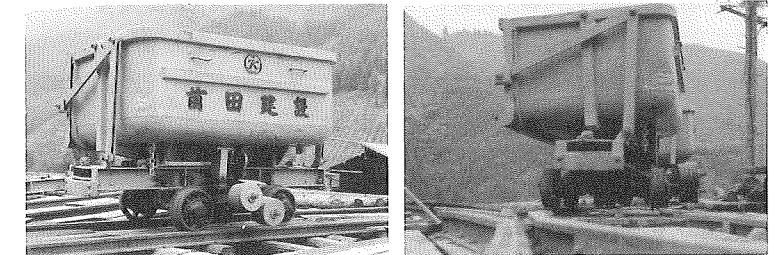
昭和34年10月下旬、間もなく雪が降り始める標高1,200mの打保へ乗り込みました。この工事は金木戸川から取水した水を有峰ダム湖へ導く水路トンネル工事です。横坑から上・下流へ水路トンネルを掘削するものです。冬期は下の神岡の街からの道路が雪で覆われて通行が途絶えます。降雪前に仮設備、横坑の口付けが終わらないことには年内に本工事が着手できません。工務主任の渡邊益三さんの綿密な計画のおかげでなんとか積雪の前にすべてクリアすることができました。施工計画とその準備も主任の渡邊さんが立てました。スウェーデン工法による全断面で掘削し、昭和35年3月、前田建設としては当時最高記録の月進317.6mを達成しました。なお、山の悪い箇所には坑梓鋼を加工した支保工で普請をしました。

### 66.7%の急勾配トンネル。 —信越本線 横川～軽井沢間 (上り線)新碓氷第1隧道—

標高差554mの急勾配をアプト式鉄道で結ぶ信越本線横川～軽井沢間は明治26年の開通から70年経過し、66.7%の急勾配はそのまま、新線を建設することになり、



水平台車構造



エンドレスワイヤ用土呂

昭和36年4月に前田建設は第1工区を受注しました。

急勾配での運搬方式が一番の課題でした。国鉄から10tバッテリー口車を貸与されることになっていましたが、安全な制動装置の取り付けに不安が残りました。タイヤ方式では排気ガスのあることから、本店機材部の長澤さん考案のエンドレスワイヤ方式を採用することになりました。

この方式は土呂線上を前後に移動可能で、レッグジャンパーとロッカーショベルを載せた水平台車を切羽付近に置き、これを折り返し点として坑口との間でワイヤロープをエンドレスで回転させ、分銅の重りでワイヤロープを自動で握索・放索するワイヤクリップを取り付けた土呂(1.5m<sup>3</sup>サイドダンプ)を走行または解放するようになっています。土呂を水平台車から降

ろす際にワイヤクリップがワイヤロープを噛みずらに逸走することがしばしばありました。

### 主任時代、初めてのタイヤ工法 —信越本線 横川～軽井沢間 (下り線)碓氷第2隧道—

上り線は昭和38年7月、粘着式の電気機関車EF63により運行を開始し、アプト式による旧線は廃線となりました。昭和39年6月に下り線の碓氷第2隧道が発注され、私は土木主任として工事に携わることになりました。

当時は土木学会のトンネル標準示方書が間もなく制定されることで、現場説明会ではコンクリート打設前に鋼製支保工を取り外すことの是非などについて熱心な議論があったことを覚えています。

碓氷第2隧道は、上り線の新碓氷第1隧道に近接平行するトンネ

ルで、ほとんどを全段面掘削で掘進しました。

運搬方式は新碓氷第1隧道で土呂の逸走に苦慮した経験からタイヤ方式を採用しました。タイヤ方式での問題点は、換気と路面の維持です。ずり取り作業が始まると切羽付近が真っ暗になり作業ができません。試行錯誤の中で、機械ごとに予備の触媒を準備し、専属の技能職員が触媒に付着したカーボンを酸素バーナーで焼いて除去し1週間ごとに取り替えました。視界の曇り、有害ガス濃度ともに良好に改善されました。

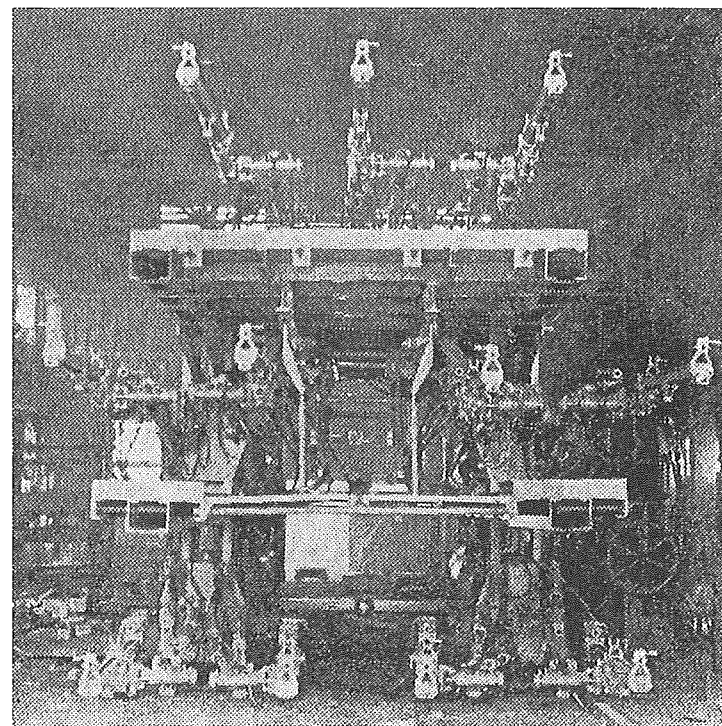
路面維持には切り込み砂利を敷き込みましたが、路面の泥濁化は止まらず、瞬間に予算をオーバーし、車両の破損が激しく修理費が莫大なものになって途方に暮れました。そこで、一発破ごとに基盤の破砕されている部分をすべて取り除き、パッチャープラントから抜き出した砂利で置き換えました。路面の状況は良好、車両の修理費は激減し、安全に走行できるようになりました。

### 大湧水と山はね そして職員の殉職 —上越線 新清水隧道 土合工区—

谷川連峰の直下を掘進する新清水隧道は昭和38年9月に発注された全長13,490mの長大隧道で、前田建設はこのうち斜坑338mと本坑5,416m(ホームおよび複線区間636m, 単線区間4,780m)を担当しました。この現場では、照山所長から現場責任者としての心構えを

仕込まれました。

単線区間は全段面掘削で、土樽方では月進300mの急速掘進を目指し、バーンホール用大型削岩機(デンバーPR-143)搭載の11ブームガントリージャンボークンウェイ100型によるずり積みなど最新鋭大型機械を投入しました。大量の湧水と山はねのため苦労しましたが月進は最高247.2mを出し、昭和41年8月20日に無事貫通しました。ただ、私が赴任して間もない昭和41年5月1日、大宮方単線区間で覆工コンクリートの段取り中にコンクリートパイプのジョイント部が破損して倒壊落下し、土木職員がその直撃を受けて亡くなったことはショックでした。そのとき、これからは絶対に死亡災害を出さないことを心に誓いました。



デンバーPR-143付き11ブームガントリージャンボークンウェイ

### トンネルボーリングマシンと メタンガス、膨張性地山 —北陸本線 糸魚川直江津間 木浦隧道—

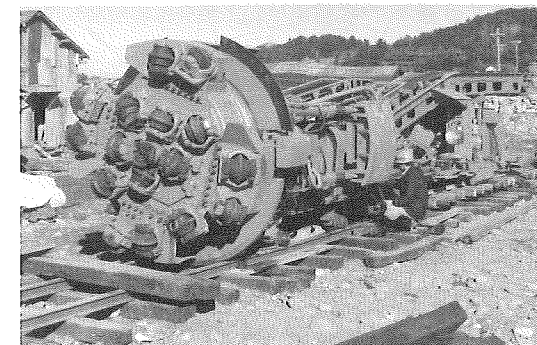
昭和41年10月に受注し、私が初めて所長として担当したトンネルです。長さ1,575mの複線トンネルです。土かぶりは50~100m、地質は第三紀の泥岩で、圧縮強度は100kg/cm<sup>2</sup>前後です。工法は底設導坑先進上部半断面掘削逆巻き工法で、導坑は米原方327mと直江津方115mを普通工法、中間1,118mを国鉄から貸与された国産第1号のトンネルボーリングマシンで掘進しました。

このトンネルではメタンガスの湧出が問題になりました。坑内火気厳禁はもちろんのこと、ガス警

報装置を設置し、定時および発破前の検知器測定で濃度が1.5%になったときは作業を休止しました。トンネルボーリングマシンによる導坑断面が直径2.3mと小さいため換気用の風管を設置できず、換気は圧搾空気をブローするしか方法がありませんでした。

もう一つの問題に膨張性盤膨れがありました。支保工の補強やストラットの取り付けを行うが効果がなく、盤の鋤取りを同じ箇所でも2~3度行うはめになりました。上半でも膨張が激しく、根巻きコンクリートや一次巻きコンクリートの実施、補強と縫返しの連続でした。

さらにTBM導坑を普通導坑断面に切り拓けるなど、工事原価が非常に嵩み苦勞が倍増しました。しかし、当時の土木本部長の井上欽也専務は「この現場はソロバンを弾いては駄目だ、大事なのは事故を起こさずに良い仕事をするのだ」と諭されました。この木浦隧道も含め、その後いくつかの工事を担当させていただきましたが、安全最優先に努め、1名の犠牲者も出さずにすんだことは誠に幸いでした。



トンネルボーリングマシン

2010年(平成22年)9月

### 断層破碎帯との闘い。山の神 —山陽新幹線 安芸トンネル 熊野工区—

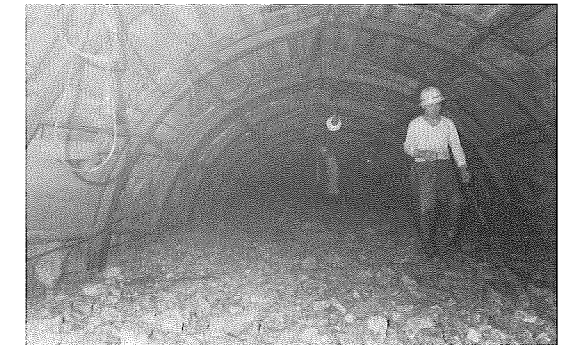
安芸トンネルは全長13,040mの広島新幹線工事局管内で最長のトンネルで、前田建設は本坑3,000m、斜坑703mの熊野工区を昭和45年3月に受注しました。新清水、六甲、浦上、青函などから集まった職員や下請とその作業員には斜坑の経験者が多く、その経験が大いに役立ち、昭和45年9月には斜坑掘削で月進189mを記録しました。

本坑は、底設導坑先進上部半断面逆巻き工法が指定工法でした。地質は広島花崗岩で、熊野断層による破碎帯が数箇所予測されていたので、導坑、上半とも掘削はレッグハンマーによる軽装備にしました。導坑掘進中に粉末状(造岩鉱物そのもの?)の地質が約70m続き粘土層が現れたので導坑を丸ごとコンクリートで巻立てた後にこの粘土層を破ると大量の湧水が出たこともありました。

工区境に近づくにしたがい山が良くなり導坑が順調に掘進したところ、広島新幹線工事局がプレスに全貫通の予定日を発表しまし

た。その直後、貫通まで残り182mの地点で、湧水を伴う大量の土砂流出によって掘進が止まってしまいました。予定どおりに貫通させるために強行突破せよとの意見もありましたが、安全優先を主張し、ボーリングと迂回坑掘削により水抜きを行いました。貫入流紋岩の影響で周囲が破碎されていたことがわかりました。

ある日、熊野斜坑口のすぐ近く、トンネルの直上にある熊野第二小学校の先生方から、児童がトンネルのことを質問するのでトンネルを見学させてほしいという申し出があり、日曜日に案内をしました。ところが翌日、坑夫の一人が女の先生を坑内へ入れたことに対して血相を変えて怒鳴り込んで来ました。坑夫はかなり興奮していましたが、昔の炭坑では良人が前山で女房が後山で働いていたこと、週刊朝日に北陸トンネルの切羽で煙草の火を付け合う坑夫の姿を女性カメラマンが撮影した写真が掲載されていたこと、日本の山の神は瀬戸内海の大三島に鎮座する大山積神で男の神様であること、女である山の神が嫉妬して荒れ狂うというのは全くナンセンスであるこ



貫通間際の土砂流出

— 41 —

— 40 —

第41巻9号

と、労働基準法で女性の坑内労働を禁止しているのは身体保護のためであること等々を説明してなんとか怒りを静めました。

### トンネルの大変形と早期閉合 —中国縦貫自動車道 大佐工事 刑部トンネル—

大佐工事は全長約6km、刑部トンネルは延長1,572mです。第1次オイルショックのあった昭和48年11月に受注し、現場に乗り込むも、事務所・宿舎の間仕切り用ベニヤ板やジープのガソリンが手に入らず苦勞をしました。

トンネルの地質は大部分が流紋岩と予測され、上半先進逆巻き工法によるタイヤ工法が指定工法になっていました。上半掘削は7ブームのライトドリフターと支保工エレクタを搭載したジャンボを準備して吹田方坑口から掘進を始めました。100mほど掘進したところで石墨片岩が現れ支保工が大きく変形して上半が崩壊しそうになりました。急遽、坑外で組み立ててあったアーチ巻立て用スライドセントルで変形区間を仮巻きして押さえました。その後この仮巻き

コンクリートを壊しながら縫返しを行い、正規の断面で巻立てました。

この山の動きを押さえるには、大成建設さんが頸城トンネルの膨張地山で行ったインバート閉合が最良と考え、ジョイント部分を上半盤から坪掘りで掘削して脚付けコンクリートを打設し、次いで肋骨状にインバートコンクリートを施工し、閉合しました。このインバートの早期閉合は、現在主流のNATMにおいても基本的な考え方の一つになっています。

しかし、この石墨片岩がこの部分だけで終わるのか、この先の地質はどう変わるのか全くわかりません。噴出岩である流紋岩がトンネル全体にわたってあるというのはおかしいという意見やトンネルセンターに沿って断層が入っているという意見もありました。このような状態で出来高は上がらず、工事原価は嵩みました。解決の方向が見え出した年末ごろの職員朝礼で、「来年は少しは美味しい酒が飲めそうだ」と話をした直後、これからだというときに所長交代になったことは正直、残念でした。

### NATMへの挑戦と禁煙 —東北新幹線 第二平石トンネル—

東北新幹線工事終盤の昭和53年3月、第二平石トンネルを受注しました。245mの短いトンネルですが地質はマサ土で、土かぶり4~14mと小さく、地下水位も高く坑口付近のボーリング孔跡から自噴していました。当初設計はサイロット工法でしたが、当時、NATM開発の気運が高まっていた時期であり、「受注者からの願い出による工法変更」のかたちをとり、請負金を変更しない条件でNATMを採用することになりました。ちょうどそのころ、国際トンネルシンポジウム78が東京で開催され、NATM開発者の一人であるオーストリアのミュラー博士が来日されていました。博士に現地を見ていただき、「22の原理」をもとに貴重なアドバイスを戴きました。博士は「鏡を安息角より緩い角度にできれば良いのだが……、しかしこのような土砂山で初めてNATMをやるのは幼稚園児が高等数学を解くようなものだ。できれ

ば止めた方が良い。」と言われました。社長は新技術開発のために頑張ろうと言われたものの、山を落とすはしないかと心配され、なかなかゴーサインを出して貰えませんでした。本店土木部と検討を重ねた結果、頂設部の幅を狭めた独特の三段ミニベンチ方式でNATMを採用することにしました。理論的な解析は技術研究所の若い研究員達に任せ、私はというと、飲めない酒は絶つことができないので、1日3箱の煙草をやめてNATM成功の意志を神仏に誓って願掛けをしました。

単管による先受け工や坑口付近からの水抜きボーリング、インバートによる早期閉合を実施し、なんとか無事完成することができました。

### 湧水と流砂との闘い —津軽海峡線 津軽トンネル 高石股工区—

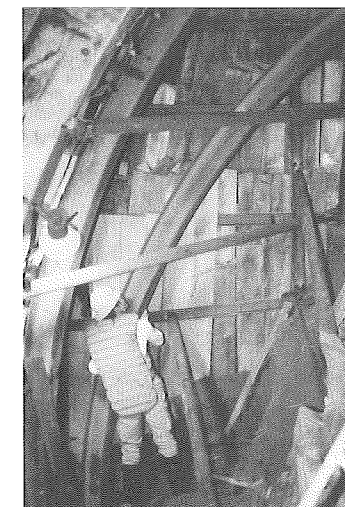
延長5,905mの津軽トンネルは5工区に分けて昭和57年8月に発注されました。高石股工区は起点方の坑口から1,385mです。

地質は含水未固結砂質凝灰岩のため、側壁導坑先進工法が指定工法になっていました。地質調査と地下水位低下のために左右の導坑で先進水平ボーリング(200m)を実施し、導坑・上半ともリングカットで掘削し、1サイクルごとにアースオーガーで3~6mの探りノミにより、地質と湧水を確認しながら掘進しました。左導坑の207m地点で探り孔から湧水を伴った

300m<sup>3</sup>の土砂流出があり、右導坑375m地点でも60m<sup>3</sup>の土砂流出がありました。対策としては、水抜きボーリングにバキュームをかけて強制排水をするとともに、導坑内でウエルポイントを設置して水位をさらに下げました。結果、上半で湧水はなくなったものの、ルーズな箇所では乾燥流砂が起こり、メッセル矢板工法を採用した箇所もありました。さらには鏡を縫地で掘削した箇所もありました。

### 膨張性地山 —一般国道348号 小滝1号 トンネル—

昭和63年7月、山形県発注の延長1,248mのトンネルです。上山方坑口部分は周辺が地滑り地形のため、サイロット工法と垂直縫地ボルトが設計されており、工事中は警報器付きの自動地滑り変位計を設置しました。大部分の地質は第三紀の凝灰岩で、工法はショートベンチによるNATMとなっていました。掘進を進めると予測以上に変位が大きく、ロックボルトの増し打ちが多くなり、膨張性地山と判断し、ベンチ長を短くして早期にインバートコンクリートを打設してクローズできるようにしました。インバートコンクリートは移動式栈橋を設けて全断面で施工しました。変位がことさらに大きい場合には上半切羽から10m程度後方でインバートを施工しました。メタンガス対策として、風量1,500m<sup>3</sup>/minのコントラファンで送風するほか、地質の確認を兼ねた60mの先進削孔を左右50mごと



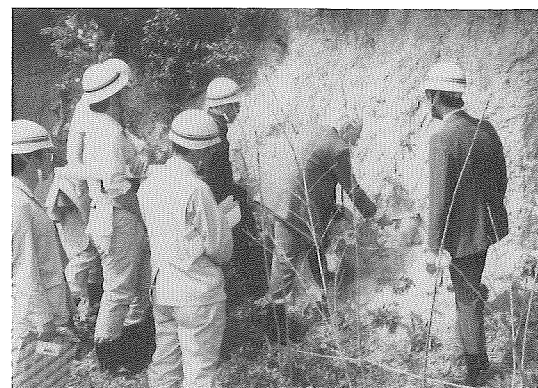
上半切羽の鏡の縫地

に実施し、ガスの有無、濃度を測定しました。さらにガス自動検知器を切羽と坑内300mごとに設置し、無事に工事を進めることができました。

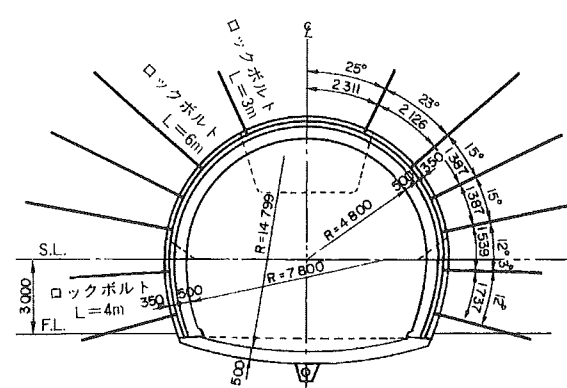
### 激変する地山と早期予知 —北陸新幹線 一ノ瀬 トンネル東工区—

平成2年5月末に発注され、トンネル延長6,165mのうち3,145mを施工しました。縦断勾配は30%と鉄道トンネルとしては急勾配です。

地質が凝灰岩類であることから「その1工事」はロードヘッダーによるショートベンチカットが指定工法となっていました。坑口から110mは転石混じりのローム層で、上半先進で掘削し、上半を仮インバートで閉合した後、坑奥より上半盤からバックホウで下半を掘削してインバートコンクリートを打設し、トンネルを閉合して沈下と変位を抑えました。さらに土かぶりがなくアーチが顔を出す箇



着工前の現地を視察するミュラー博士



三段ショートベンチ

所では置換え盛土と垂直縫地ボルトにより施工しました。延長が3,000mと長く、地質が激しく変化する地山だったので技術研究所の地質研究室と連携を密にして施工を進めました。

穿孔には全油圧3ブーム・2バスケット付きホイールジャンパーを、ずり出しはミワキルナトラックコンテナを使用しました。移動式インバート栈橋を設置し、インバートコンクリートと中央集水管を早期に施工しました。さらに地質の変化と湧水の早期予知のために、50mごとに切羽の左右から長さ60mの先進削孔を実施しました。

先進削孔(ボーリング)は湧水対策として非常に有効で、とくに坑口から1,420m付近では5~6m<sup>3</sup>/minの湧水を集水し、さらに20~60mのボーリング33本(総延長1,136m)を追加して集水しました。総湧水量は8m<sup>3</sup>/minを超える一方、濁水処理設備の増設が間に合

わず、ボーリング孔からの水は濁水とは分離して清水用排水管を敷設して増田川へ直接排水しました。

大量の湧水にもかかわらずインバートコンクリートと中央排水管の早期施工の結果、坑内路盤を良好に維持することができ、非常に良かったと思います。

企業体職員と協力業者および作業員が一丸となって工事を進め、平成6年10月に無事貫通しました。



一ノ瀬トンネル貫通時の企業体職員と演専務(前列むかって右から3番め)と筆者(前列むかって右から4番め)

平成9年10月北陸新幹線は長野行き新幹線として開通しました。そして、信越本線横川軽井沢間は廃線となり、若かりしころに掘った新碓氷第1隧道と碓氷第2隧道の名称は地図から消えてしまいました。

### おわりに

トンネルは山しだいと言われる。一寸先は闇だとも言われています。だからトンネルは面白いのだと思います。日々の変化に敏感になり、この先どう変わるか絶えず先を読む努力が必要です。山に聞いて仕事をせよとも言われています。山に応じた適切な手当が必要です。しかし、過重にならないようにすべきです。

トンネルであれ、明かりであれ、土木工事ではしばしば水が悪戯を

します。水をいかに処理するか、その良し悪しで現場が良くなり悪くもなります。レール方式であれば仮軌道、タイヤ方式であれば路面の整備を徹底すべきです。足元をしっかりとすることが肝要です。そして、掘削でいかに努力してもコンクリートが悪ければ何もなりません。商品はコンクリートです。

明治26年に開通した信越本線横川軽井沢間のトンネル工事では500人余の犠牲者が出たそうです。トンネル工事では1kmに1人の犠牲者とも言われてきました。高崎長野間の北陸新幹線トンネル工事では一人の犠牲者もなかったそうです。“危ない、危ない”と騒ぐところでは事故は起きません、事故は思いもよらないところで起きます。今後ますます安全優先が求められます。

## 報告

# 「ITA総会および世界トンネル会議(バンクーバー)」報告

日本トンネル技術協会

第36回国際トンネル協会(以下、「ITA」)の総会が、2010年5月15~20日にカナダのバンクーバーで開催され、58の加盟国のうち48か国が参加した。同時に開催された2010年世界トンネル会議(以下、「WTC」)は、ITAとカナダトンネル協会(TAC)の共催により、「2020年に向けたトンネルの展望」のテーマのもとで58か国、約950名の参加があった。

日本からは、ITA総会に佐藤信彦会長を始めITAの作業部会(WG)担当者など12名が参加し、またWTCには論文発表者などを含めて36名が参加した。

以下に、その概要を報告する。

## 1 I T A 総会<sup>1)</sup>

### 1-1 ITA総会(代表者会議)

#### 1-1-1 会員状況

新規加盟国としてアルゼンチン、ボスニア・ヘルツェゴビナ、モンテネグロ、新規会員として40名を承認した。結果、加盟国は58か国、会員が306名(法人会員180名、個人会員126名)となった。

#### 1-1-2 決算報告および予算

過年度の決算報告および2010~2011年の事業計画、事業予算を承認した。ITAの事業規模は、おおむね47~49万ユーロである。

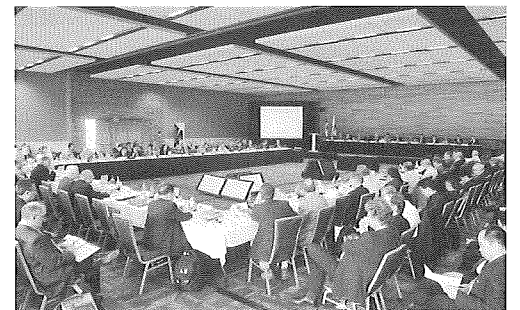


写真-1 ITA総会<sup>1)</sup>

### 1-1-3 役員の改選

役員任期満了に伴う改選が行われ、以下の新しい体制が承認された。

|       |                     |        |
|-------|---------------------|--------|
| 会長    | L-M. Lee(韓国)        | ~2013年 |
| 前会長   | M. Knights(英国)      | ~2013年 |
| 筆頭副会長 | M. Thewes(ドイツ)      | ~2013年 |
| 副会長   | Y. Bai(中国)          | ~2013年 |
| 副会長   | S. Eskesen(デンマーク)   | ~2013年 |
| 副会長   | I. Hrdina(チェコ)      | ~2013年 |
| 理事    | A. Elioff(米国)       | ~2013年 |
| 理事    | P. Kocsonya(ハンガリー)  | ~2013年 |
| 理事    | R. P. Lovat(カナダ)    | ~2013年 |
| 理事    | C. N. Ow(シンガポール)    | ~2013年 |
| 理事    | D. Peila(イタリア)      | ~2013年 |
| 出納長   | F. Vuilleumier(スイス) | ~2010年 |
| 出納長   | F. Amberg(スイス)      | ~2013年 |

事務局長 C. Bérenguier ~2011年  
 監事 S. Calinescu(ルーマニア) ~2011年  
 WTC2011 P. Sarkka(フィンランド) ~2011年  
 WTC2012 S. Suwansawat(タイ) ~2012年  
 今回、新会長にLee氏(韓国)、新副会長にBai氏(中国)らが選任されたが、アジア地区からITA会長が選任されるのは初めてのことである。韓国、中国ともに、トンネル分野で世界に打って出ようとする国を挙げての戦略や意気込みを強く感じている。

これまで日本を代表して理事としてご活躍された福本勝司氏(大林組)のご貢献に敬意を表します。

#### 1-1-4 その他の議決事項

##### (1) 今後のITA総会、WTCの開催予定

2013年の開催候補地としてスイスとギリシャが立候補し、投票の結果、スイスのジュネーブで5月10~17日に開催することが決定された。WTCのテーマは「地下一未来への道筋」である。

なお、次回(2011年5月21~26日)はフィンランドのヘルシンキ(テーマは「持続性のある社会サービスにおける地下空間」)、2012年5月18~23日にはタイのバンコク(テーマは「グローバル社会におけるトンネルと地下空間」)で開催予定である。

##### (2) 新しい作業部会の発足

中国の提案による新WG「地震の影響」の設置が承認された(後出1-3-1(5)参照)。

#### 1-2 ITAの広報活動

ITA活動報告として以下の情報発信がなされた。

##### 1-2-1 機関誌「Tribune」

年1回の刊行。今回は総会の開催に合わせて、カナダ特集、加盟31か国からの現況報告、ITAプライムスポンサーなどの報告を掲載。

##### 1-2-2 メール配信「ita@news」

ITAからのニュース、作業部会(WG)報告、加盟国からの報告などを、加盟国のほか希望者(8,000か所)あてにメール配信。

##### 1-2-3 論文集「Tunnelling & Underground Space Technology(TUST)」

紙ベースでの購読のほか、ITA会員はTUSTの電子情報版へのアクセスが可能。

#### 1-2-4 ITAウェブサイト

130か国から約5,800件/月のアクセス。

#### 1-2-5 ITA活動成果の報告書

WG成果として以下の報告書を出版。これらはITAウェブサイトからダウンロードが可能。

「環境と持続可能な地下開発」：WG15

「土かぶりの大きい長大トンネル」：WG17

「吹付けコンクリート」：WG12

#### 1-3 作業部会(WG)とITA委員会

現在、ITAでは13の作業部会と三つの委員会が活動している。今回は作業部会に約180人、委員会に約170名の参加があり、前年のブダペスト会議とほぼ同規模であった。

作業部会や委員会への参加は、国際会議での講演発表などでは得られない方法で情報発信や情報収集ができる。これらの活動を通じて日本の技術や考え方を理解してもらい良い機会と考えられる。

##### 1-3-1 作業部会(WG)活動の概要

###### (1) WG 2: 研究開発

部会長：E. Leca(フランス)

副部会長：C. Yoo(韓国)

担当理事：S. Eskesen(デンマーク)

昨年のブダペスト会議で審議した内容の確認に始まり、昨年からの継続課題「山岳工法のモニタリングと制御」「トンネル計画の現地調査方法の検討」「トンネル掘削に伴う沈下に起因するパイプライン破損の予測」などが引き続き審議された。また、「セグメント用の繊維補強コンクリート」に関する草案が示された。

本WGでは研究開発をテーマとして、地下構造物の計画・設計・施工において技術者の手助けとなる話題を中心に審議が進められている。また、『トンネル工法実務』を発刊し、この資料は若手技術者の教育訓練において使用された。

日本国内では団塊世代の退職期を迎え、技術継承問題が取りざたされる昨今、若手技術者が主体となって世界各国と相互の知識と技術を蓄積し情報交換することにより今後の発展につながる一助となることに期待したい。

(文責：松本浩司/中島活哉・鉄道・運輸機構)

#### (2) WG 3: 地下工事の契約

部会長：A. Dix(オーストラリア)

副部会長：M. Smith(英国)

担当理事：M. Knights(英国)

地下工事の契約に関するガイドラインがほぼ完成し、近々正式に発表される予定である。このガイドラインは地下工事の契約をする際に何に留意すべきかについて記載したものである。今後、WGでは、FIDIC(国際コンサルティング・エンジニア連合)の契約約款をベースとした具体的契約事例と今回のガイドラインを照らし合わせ、その有効性を確認していく。

なお、このガイドラインは留意点や注意事項を書いているのみであり、実務レベルでの有効性に疑問が残る。また、発注者側がどこまでこれを参考にすることも定かではない。今後具体的な契約事例と照らし合わせ、より具体性・実用性のある内容にブラッシュアップすべきではと考える。

(文責：横尾敦・鹿島建設(株))

#### (3) WG 5: 作業の安全と健康

部会長：D. Lamont(英国)

副部会長：M. Vogel(スイス)

担当理事：V. Umnov(ロシア)

2010年9月までに『トンネル工事の安全』の小冊子を理事会に提出する予定である。また、『トンネル工事中の換気ダクトの安全に関する指針』も近く理事会に提出する予定である。

今後は、立坑工事における圧気と安全を包含するガイダンスの可能性について準備作業を進めることを合意した。

#### (4) WG 6: トンネルの維持と補修

部会長：H. Russell(米国)

副部会長：R. van den Bosch(オランダ)

担当理事：Y. Bai(中国)

総会に提出する『地下鉄トンネルの構造物の耐火対策』の最終版について議論した。また、『中国のトンネルの安全運用に関する最新技術』の発表があった。

今後、トンネルの火災時安全に関する新技術について新しい研究に着手すること、加えて、供用



写真-2 ワーキンググループの討議

中のトンネルの漏水に焦点を当てた資料収集に着手することを決定した。

#### (5) WG 9: 地震の影響

部会長：W. Qiu(中国)

副部会長：G. Kramert(カナダ)

担当理事：D. Peila(イタリア)

1985年に活動を終了したWG9を再開するかたちで今年から活動を始めることになった。

各国における既設トンネルや地下構造物への地震による影響や損傷に関する討議が行われ、過去の研究論文と報告の修正もしくは新しい報告・補遺を行っていくとの基本方針が確認された。

本WGが取り組もうとする主なテーマは、

- ・大地震によるトンネルの地震災害の分類
- ・トンネル支保構造の地震時応答メカニズムと解析手法
- ・トンネル支保形式と設計手法

であり、今後は、最近の地震に関する報告書に加え、地震の影響に関する過去の事例調査、研究論文、標準などを収集していくこととした。

今後、適切に設計・建設されたトンネルおよび地下空間は地震時に非常に良好な挙動をすることを認識すること、世界の地震多発地域においてインフラ整備の安全な代替案としてトンネルや地下の利用を提唱することを目標とする。

(文責：高橋源太郎・鉄道・運輸機構)

#### (6) WG11: 沈埋・浮きトンネル

部会長：Ch. Ingerslev(米国)

副部会長：J. Baber(英国)

担当理事：Y. Leblais(フランス)

世界各国のプロジェクトや開発計画に関する情

報交換を行い、次回のITA総会までの予定を以下のように決めた。

- ・沈埋トンネルに関する2日間のトレーニングコースを今年後半に開催する。
- ・「起業者のための沈埋トンネルガイド」を準備中であり、できたところからITAのウェブサイトに掲載する予定。
- ・浮きトンネルに関する資料も準備を始めることになり、同様にウェブサイトに掲載する予定。

#### (7) WG12：吹付けコンクリート

新 部 会 長：石田積(日本)

新副部会長：O. Kleven(ノルウェー)

新担当理事：F. Amberg(スイス)

新部会長、新副部会長を選出した。

会合では、現在進行中の以下の調査研究の進捗状況を確認し、課題と今後の進め方を協議した。

##### ① 繊維補強吹付けコンクリート

数年間かけて、試験機関での比較評価試験などを推進してきた。各種ファイバーメーカーを募り、さまざまな試験評価方法を検討したが、鋼繊維および有機繊維にそれぞれ利点と欠点があり、ある特定の試験の実施は利害が絡み、難しい。今回は繊維補強吹付けコンクリートに詳しい専門家も参加しており、部会長が代わるこの機に作業の原点に戻り、各種繊維とその評価方法、データを収集して取りまとめることにした。

##### ② 吹付け作業員の資格および能力認定

報告書としてまとめ、一段落している本テーマをさらに進める案を議論した。また、EFNARC(建設用化学製品とコンクリートの欧州連合)の最新のノズルマンの資格および能力認定の紹介があり、これらの情報をまとめてITAウェブサイトに掲載することとした。

##### ③ 吹付けコンクリートの配合と耐久性

養生と現場での耐久性に関する報告としてまとめたものを、さらに発展するかたちで本テーマの進め方を議論した。とくに吹付けたコンクリートと通常の型枠に流し込んだコン

クリートとの違いを議論できるデータ採取に注力することにした。

なお、吹付けコンクリートの調査報告書がITA報告として完成し、ITAウェブサイトから電子ファイルで入手できる。

(文責：石田積・電気化学工業(株))

#### (8) WG14：機械化掘削

部 会 長：L. Babendererde(ドイツ)

副部会長：F. Amberg(スイス)

担当理事：福本勝司(日本)

以下の事項について議論がなされた。

##### ① 機械化掘削の長所、短所リスト

- ・WG19(在来工法：NATM)との共同作業を進める方向で考える。

##### ② チャレンジング・プロジェクト

- ・ウェブサイトアップロードするための新しいメール・アドレスを設定する。
- ・8月末までに各国から新規チャレンジング・プロジェクトを募る。

##### ③ ウェブサイトのダウンロード書類の更新

- ・国別TBM選別のガイドライン
- ・TBM施工について
- ・圧気の規定について

##### ④ 将来の作業

- ・機械化掘削の現状についての報告を作成する提案があったが、次回WTCで議論することに決定した。

(文責：狭間裕志・(株)大林組)

#### (9) WG15：建設工事と環境

部 会 長：J. Rohde(ノルウェー)

副部会長：J. Kaneshiro(米国)

担当理事：I. Lee(韓国)

(元)会長A. Haack氏からの作業部会全体に対する今後の対応方針への提言(例えば、成果の達成期間、他WGとの連携、活性化など)について、WGとしての今後の対応を話し合った。

また、各国の現プロジェクトの環境に関する状況、特徴的プロジェクトに関する話題について話し合った。とくに掘削残土処理、建設廃材のリサイクル、(施工時、供用時の)換気、発破振動、騒

音、地下水湧水などが話題となった。

2010年に刊行した『環境と持続可能な地下開発報告書』が席上で回覧された。

WGにおいてとくに活発な情報交換のあった、

- ・地下開発に伴う環境問題への対応
- ・地下開発に伴う環境対応に関する指針、勧告などの取りまとめ

を今後の作業方針とする。このため、加盟各国から多くの具体事例を収集することとし、各国の環境対応状況、運用指針、環境基準などの収集を行うこととした。

今後、副部会長を太田義和(日本)が務めることとなった。

(文責：太田義和・太田技術事務所)

#### (10) WG17：長大土かぶりトンネル

部 会 長：G. Seingre(スイス)

副部会長：下河内稔(日本)

担当理事：P. Grasso(イタリア)

次の事例発表があった。

- ・ストックホルムの環状地下鉄(約60km)工事
- ・アルゼンチン〜チリ間のアンデス山脈下の約20kmの鉄道トンネル計画
- ・ゴットルド(Gotthard Base)トンネルの建設現状
- ・モンダミン(Mt. d'Amin)トンネルの建設現状
- ・日本の長大土かぶり鉄道トンネルの建設と設備

当WGの報告書『土かぶりの大きい長大トンネル』が2010年に印刷公布されたとの報告があった。

WG活動の改善策として、他WGとの統廃合が勧告されていることを踏まえ、以下の議論がなされたが、理事会の判断に委ねることになった。

- ・今後、長大土かぶりトンネルの規模と数は増大してくることになるから、その特質的な課題はさらに重要となるだろう。
- ・長大土かぶりトンネルの特質となる問題あるいは課題を、具体的にあるいは供用別の一つずつ検討すべきであろう。

(文責：下河内稔・応用地質(株))

#### (11) WG18：訓練

部 会 長：D. Peila(イタリア)

副部会長：H. Admiraal(オランダ)

担当理事：M. Thewes(ドイツ)

WG活動の見直しについてのA. Haackの勧告およびバンクーバーでの部会長会議により、将来の協力および活動について議論がなされた。

本WGは、これまでに最重要のタスク(大学課程のデータベース、大学教授ネットワーク、WTC前の訓練コースの開発および教材の開発)を既に完了しているとの結論に達した。

今後は、WG18とITA CETとの統合の可能性を踏まえて、ナレッジ・マネジメント、新しい教育ツールおよび方法論、教育の初期段階の訓練(大学活動の前段階、高校、専門職の訓練)などのタスクを実施する予定である。

#### (12) WG19：在来工法(NATM)

部 会 長：H. Ehrbar(スイス)

副部会長：R. Galler(オーストリア)

顧 問：F. Vuilleumier(スイス)

「山岳工法における契約上の考え方に関するガイドライン」について議論した。内容の詳細は詰めていないが、今後は単価契約だけでなく、デザイン・ビルドやデザイン・ビッド・ビルドなどの契約方式についても議論を拡大していくことになった。

また、「トンネルの掘削工法の考え方」については、今後WG14と共同してレポートを作成することを提案することになった。ガイドラインを作成するという面ではWG2と重なっているが、内容は当WGの方がより具体的である。また、「トンネルの掘削工法の考え方」については、山岳工法とTBMの適用範囲や使い分けについて統一的なガイドラインができれば興味深い内容となるだろう。

(文責：横尾敦・鹿島建設(株))

#### (13) WG20：都市問題—地下による解決策—

部 会 長：A. Elioff(米国)

副部会長：W. Broere(オランダ)

担当理事：H. Parker(米国)

WGの主要議題は、地下空間が提供されることにより、都市問題の解決に及ぼした決定要因に関する報告書をまとめることであり、最終段階の編集のため詳細内容を精査した。報告書のほかに、世界的に見てうまくいった地下による都市問題が解決された挑戦的な事例を収集し事例集としてまとめることである。

シアトルの高架道路の地下化プロジェクト、中国上海の虹橋国際空港と鉄道の巨大連絡ハブ駅、日本の大深度地下法と関連プロジェクトとして神戸送水管、外郭環状道路世田谷線など、3編の事例報告があった。画期的な日本の法制度とそれにもとづくプロジェクトや巨大都市での地下プロジェクトに強い関心が示された。

最終報告書に向けた詳細内容討議と担当者の割当てがなされた。研究として完成したものを事例集としてまとめるため、日本のプロジェクトや地震に対する影響について関心があった。完成した事例研究のほとんどを出版のための事例集書式にまとめ、WGによる報告書の最終校正および査読を経て、承認を得るために理事会に送付する予定。

(文責：花村哲也・(元)岡山大学/辻保人・国土交通省)

### 1-3-2 ITA委員会

ITA委員会は、ITA傘下の組織であるが、委員会の登録、参加ともにITAとは別途に運営されている。

(1) ITA-COSUF：地下空間の安全と運営委員会(Committee on Operational Safety of Underground Facilities)

委員長：F. Amberg(ITA)

副委員長：D. Lacroix(PIARC)

担当理事：C. Bérenguer

本委員会の総会は6月に別途ドイツのフランクフルトで開催されることが決定しているが、今回のITA総会での報告事項はなかった。

(文責：太田義和・太田技術事務所)

(2) ITA-CET：教育訓練に関する委員会(Committee on Education and Training)

委員長：A. Assis(ブラジル)

副委員長：D. Peila(イタリア)

担当理事：C. Bérenguer

本委員会において次の12種類の課程を設定した。在来工法/機械掘削/吹付けコンクリート/防水工法/危険予測管理/労働健康/安全管理/地下空間利用/監視システム管理/沈埋工法/都市部でのライフライントンネル/トンネル設計の原理と改革その他の3課程(地盤調査、数値解析、維持修繕)については引き続き検討を行う。

(文責：太田義和・太田技術事務所)

(3) ITA-CUS：地下空間に関する委員会(Committee on Underground Space)

委員長：H. Admiraal(ITA)

副委員長：R. Sterling(ACUUS)

担当理事：H. Parker

ITA CUSは、地下空間の計画を取り扱った白書を、英語とフランス語で出版した。この白書を利用して、地下空間の利用に関して地方政府に働きかけるよう勧告する。

他の国際組織と良好な協働関係を築くことにおいても進展があり、都市計画関連の国際会議母体、ACUUS(都市地下空間研究センター)、IFME(都市自治体技術者の国際連盟)およびISOCARP(都市・地域計画担当者の国際協会)との覚書を取り交わす予定である。今後も、計画、構築および都市計画の分野での連携を確立する予定である。

また、今回のWTC会期中に、ITA CUS主催で「都市の地下空間利用に関する計画性の必要性」に関する公開会議を開催した。米国、カナダから地下空間利用の先進国事例が、日本から東京などの巨大都市域の観点から必要なインフラ整備が、中国から北京、上海、深圳の事例が紹介された。21世紀は、先進国ではより良い住環境のために地下利用が進み、一方、発展途上国などの巨大都市では、必須の交通、上下水、都市内防災インフラが進む。日本は、巨大都市対策から先進国都市への移行としての地下インフラ整備が進んでおり、アジアを始め東欧の諸国から関心があった。

(文責：花村哲也・(元)岡山大学/辻保人・国土交通省)

### 1-4 ITA教育訓練コース

WTCに先立ち、ITA CET基金とTACによる2日間のトレーニングコースが実施された。テーマは「トンネル工事概論」であり、21科目(17単位)であった。参加者は、カナダから85名、米国から45名を含む32か国195名であった。

### 1-5 ITAオープンセッション

「トンネル工事契約のための地盤情報—その現状、欠点/利点および将来への挑戦—」のテーマのもとで、契約の利害関係者それぞれの立場からの以下の発表があり、引き続き質疑応答があった。座長は、ITA会長のM. Knightsが務めた。

「シールドトンネル工事のリスクを最小化するための地質調査に関する必要条件」  
M. Thewes氏(ルール大学、ITA理事)  
「発注者の視点」

J. Gildner氏(米国Sound交通)  
「未知のものを確実にすること：地下工事のリスクの分配に関する法律の役割」

A. Dix氏(法律家、ITA-WG 3 部会長)  
「リスクの分担：計画者/発注者の観点」

M. Rehbock-Sander氏  
(Ambergエンジニアリング社)  
「土圧シールドの地盤情報の要求条件/事例」

M. Giorelli氏(LOVAT社)  
「国際的な事例/請負者の視点」

U. Wadepohl氏(Hochtief社)  
「事例/請負者の視点」

J. Petersen氏(Kiewit建設会社)  
発表者の論点および討論の要旨は以下のようであった。

- ・発注者の地質調査の精度を高める努力が必要
- ・入札前の資料内容が充実しているほど結果的にプロジェクトはうまくいっている
- ・契約時に不明の(特殊な)地質のリスクは、発注者が持つべき(参考：スイスの基準)
- ・予期せぬ地質条件に関する甲・乙のリスク分担の取り扱いについては、各国の異なる法律のもとで、契約図書の中に明確にしておくことが必要

わが国でも、総合評価やデザイン・ビルドによる入札契約が実施されるなかで、地質条件に対するリスク分担について議論がなされており、参考とするところが多い。

## 2 世界トンネル会議(WTC)<sup>3)</sup>

### 2-1 Muir Wood記念講演

初代ITA会長の故Sir Muir Woodの功績をたたえて今回から開催することになった記念講演である。初回は(元)ITA会長のE. Broch博士による「水力発電事業のためのトンネル・地下工事」であった。(講演内容はITAウェブサイト<sup>3)</sup>に掲載)

### 2-2 WTC基調講演

カナダにおけるトンネル事業の紹介として、都市内地下鉄道整備事業に関する基調講演が行われた。

- ① 「バンクーバー地下鉄・カナダ線事業」  
J. Hewitt氏((元)カナダライン高速輸送会社)
- ② 「トロントの延伸線におけるトンネル計画」  
S. R. Tanaka氏(トロント輸送委員会)

### 2-3 WTCテクニカルセッション(論文発表)

下記のトピックスについて論文の公募がなされ、229編(口頭発表129編、ポスター発表100編)の論文が採択され、会場での発表が行われた。なお、日本からは24編(表-1)の発表がなされた。

地質調査の新技术、軟質地盤/硬岩/不良地山/高地圧下におけるトンネル掘削/機械化掘削の新技术/重要構造物下のトンネル掘削/地質の調査・モニタリング技術/地下空間の利用/修復と修繕/リスクアセスメント/新しい契約・調達方法/トンネル事業の営利的見解/トンネル覆工と注入/トンネル掘削の新技术/連続的な掘削と吹付けコンクリート覆工/トンネル工事中の安全

口頭発表は、15分という限られた時間ではあるが、世界各国が抱える諸問題について情報発信および討議をする機会として大変有意義である。

ポスター発表は、今回、口頭発表の時間帯と重ならないようプログラム上の工夫がなされた。このため発表会場には多数の参加が得られ、各発表者との間で盛んに質疑応答や情報交換がなされた。

表-1 WTC発表論文(日本からの発表, 著者は筆頭者のみ)

| トピック1 Innovative Techniques and Advances in Geotechnical Investigations for Tunnel Projects |   |                |                       |
|---|---|----------------|-----------------------|
| 1   | 飛騨TBMシステム—大土被りのトンネルの事前地質調査から施工時までの一連の探査   | 中田雅博・ほか        | 中日本高速道路(株)            |
| トピック2 Tunnelling in Soft Ground   |   |                |                       |
| 2   | 含水未固結地山におけるシールドを用いた場所打ち支保システムの施工  | 野口守・ほか         | (独)鉄道・運輸機構            |
| 3   | Application of Slurry Pressure Balance (SPB) Tunnelling Method under Challenging Project Conditions                                       | 田中善広・ほか        | (株)大林組                |
| 4   | 盾体推進工法の適用性拡大への挑戦(東京外かく環状自動車道 小塚山トンネル工事の施工実績)  | 吉木務・ほか         | 国土交通省                 |
| 5   | NATM Excavation with low overburden & poor subsoil in the Delhi Metro Project   | J.Tyagi・ほか     | デリー地下鉄(オリエンタルコンサルタンツ) |
| 6   | 多くの支障構造物が近接する環境下において、小土被りで複雑な第四紀未固結地山に挑戦したトンネル施工—北陸新幹線、高丘トンネル—  | 松本浩司・ほか        | (独)鉄道・運輸機構            |
| トピック4 Tunnelling in Weak Rock   |   |                |                       |
| 7   | Deformation Prediction and Effect Evaluation of Various Reinforcing Method of Tunnel by Considering Time Dependency of Rock Mass Strength | 蔦宇静・ほか         | 長崎大学                  |
| トピック5 Tunnelling under High Stress Conditions   |   |                |                       |
| 8   | Geotechnical Challenges of the Proposed Bunji Hydropower Headrace Tunnel, Pakistan  | E.Eberhardt・ほか | ブリティッシュコロンビア大学(日本工営)  |
| 9   | 飛騨TBMシステム—大土かぶり下での大断面TBM  | 小林伸次・ほか        | 中日本高速道路(株)            |
| 10  | カルスト直下の高圧大量湧水帯でのトンネル施工 地芳トンネル(国道)   | 片岡正彦・ほか        | 国土交通省                 |
| 11  | 押し出し性地山における超大断面トンネルの理論解による特性曲線法による支保法の提案  | 佐藤淳・ほか         | 中日本高速道路(株)            |
| トピック6 New Advances and Innovation in Mechanized Tunnelling                                  |   |                |                       |
| 12  | URUP工法・世界初施工の実施   | 藤木仁成・ほか        | (株)大林組                |
| 13  | 硬岩地山において情報化施工を併用したTBMによる高速掘進  | 宮沢一雄・ほか        | 西日本高速道路(株)            |
| 14  | 挿入式拡径子親シールドの適用  | 森理人・ほか         | (株)大林組                |
| 15  | 機械掘削によるHEP&JES工法の高速度施工  | 澤村里志・ほか        | 東日本旅客鉄道(株)            |
| トピック7 Tunnelling under Sensitive Structures   |   |                |                       |
| 16  | 小土被りで河川・民家・道路直下の河岸段丘を貫くNATMの施工—北陸新幹線 第二魚津トンネル   | 中島浩哉・ほか        | (独)鉄道・運輸機構            |
| 17  | ドバイにおける計測管理による建築物杭基礎下の土圧シールドの掘削   | 山下健司・ほか        | (株)大林組                |
| 18  | Construction of Underground Railways Station Beneath Unsound Buildings in Densely Populated Urban Area, Istanbul Turkey                   | M.Iwano・ほか     | 大成建設(株)               |
| トピック8 Geotechnical Instrumentation and Monitoring   |   |                |                       |
| 19  | Geological Prediction Ahead of the Tunnel Face by the Exploration System during the Tunnel Excavation                                     | T.Kuwahara・ほか  | (株)大林組                |
| 20  | Measurements and Case Studies of Mountain Tunnels under Seismic Conditions  | 宮林秀次・ほか        | (独)鉄道・運輸機構            |
| トピック10 The Use of Underground Space   |   |                |                       |
| 21  | シールド工法で築造された道路トンネルにおける天井部排気ダクトの設計と施工  | 波津久毅彦・ほか       | 首都高速道路(株)             |
| トピック11 Rehabilitation and Repair  |   |                |                       |
| 22  | 活線分岐による既設道路トンネルの延伸  | 佐藤嘉高・ほか        | 国土交通省                 |
| トピック17 Sequential Excavation and Sprayed Concrete Linings                                   |   |                |                       |
| 23  | The Simple Sprayed Concrete Dust Density Measurement by Using Flashed Digital Camera Image  | 進士正人・ほか        | 山口大学                  |
| トピック18 Safety in Tunnelling   |   |                |                       |
| 24  | シールドトンネルの覆工コンクリートの爆裂に対するポリプロピレンを含んだSPRC segmentsの耐火性能   | 屋代勉・ほか         | (株)大林組                |

また、優秀ポスター賞が設けられ、日本の論文3編を含む10編が選ばれた。

## 2-4 WTC展示会

会場ロビーの展示ブースにおいて、掘削機械関連会社、計測機器メーカー、材料関連会社、エン

지니어リングコンサルタント、協会など約70社の出展があった。

例年どおり数多く見られるTBM関連の掘削機械、削岩機、吹付け機などの展示のほかに、とくに目立ったものとして、トンネル事業のマネジ



写真-3 展示会

メントや各種環境影響に対するコンサルタントの取り組み、調査・解析成果の3D可視化技術の紹介があった。

いずれのブースも展示の機会をビジネスチャンスとして捉え、商品の説明はもちろん、中には商談らしき打ち合わせをしている様子も窺えた。

なお、今回、現地で収集した展示会での配布資料などの概要(リスト)は当協会のウェブサイト<sup>2)</sup>で紹介している。また、配布資料は協会書庫に保管し、会員が自由に閲覧できるようにしている。関心のある方は是非ご活用されたい。

## 2-5 現場視察記(カナダライン)

WTC行事としての現場視察は、バンクーバー市内の地下鉄・カナダラインおよび国境を越えた米国シアトルのBrightwater下水道トンネルの企画が用意されていたが、後者については参加者の情報が得られなかったため、カナダラインの現場視察記を以下に紹介する。

カナダラインは、バンクーバー中心部から近郊のリッチモンドおよび空港をつなぐ鉄道である。参加者は専用電車で市内中心部からリッチモンドまでの約19kmを往復し、車中で地下の機械化掘削部の工事を請負ったSELI社(イタリア)の担当者から説明を受けた。

カナダラインはバンクーバー冬季オリンピックに向けて2009年8月に開業した新しい路線で、市内中心部から空港までを25分で結ぶ、市内中心部



写真-4 カナダライン

は地下を、郊外は地上を運行している。総工費は約20億カナダドル。電車は無人の自動運転、駅ホームも無人で運用している。

総延長約19kmのうち、地下部が約9kmあり、機械化掘削部が2.5km、開削工法部が6.6kmある。バンクーバー中心部が機械化掘削部になり、その請負金額は1億ユーロ、工期は2006年1月～2008年10月、請負はSELI社(イタリア)とSLCP社(カナダ)の合弁会社。掘削機はLOVAT社製の直径6mの土圧バランス型TBM(EPBM)で、RCセグメントの内径は5.3mである。上り線と下り線の2本の併設トンネルであり、曲率半径92mの施工区間などの説明があった。最高掘進速度は、週間で146.9m、月間で463.2mを記録した。

(文責:石田積・電気化学工業(株))

## あ と が き

本稿は、会議に参加された多くの方々からお寄せいただいた原稿をもとに事務局で編集したことを報告し、お礼の言葉といたします。

## 参考ウェブサイト

- 1) www.ita-aites.org(ITA:国際トンネル協会)
- 2) www.japan-tunnel.org(JTA:日本トンネル技術協会)
- 3) www.wtc2010.org(WTC 2010 バンクーバー)

## 山の神と化粧木(その2)

東日 高速道路(株)技術部次長 阿部 公一

## 安全祈願と化粧木・化粧木の設置

トンネル掘削工事にあたっては、そのトンネル坑口には化粧木が置かれる。化粧木を置く理由は後述する化粧木の由来と密接に関係するが、いずれ山の神への信仰や工事安全を祈る気持ちに関連して、トンネル工事従事者のほとんどが、トンネル延長にかかわらず必要だといっている。

避難坑(補助坑)と本坑を並べて掘削する場合や、側壁導坑方式で掘削を開始する場合、いずれの坑口にも化粧木を配置するという。危険な作業空間である坑内は、それぞれが神聖な神域であり、神域の境界を示すには、山の神の同一性や唯一性を問うことなく、各坑口に化粧木が置かれる。

さらに化粧木は山岳トンネルに限定することなく、海底トンネル工事にも置くとの意見が多く、実際に青函トンネルの工事に従事した者は、入坑する斜坑坑口に化粧木を置いたと具体的に証言している。

一方、シールドなどの都市トンネルには一般に化粧木を置かないとの回答が複数あるが、その実態はわからない。

このトンネル坑口に置かれる木材は、「化粧木」の呼び名のほかに、稀に「飾り木」や「おしぎ」「神木」とも呼ばれることがあるようだが、圧倒的に「化粧木」と呼ばれることが多い。

この化粧木をなぜ「化粧木」と呼ぶのかとの疑問には、アンケート回答者による「斧指という職人が丹精込めて木を磨き、反りをつけて化粧するから」「つるつるに木を鏡のように磨くから」「山

の神は女性で、山の神のいる坑口を飾るから」との回答が自然で納得しやすい。

## 化粧木の来歴

化粧木の来歴はどこにあるのだろうか。トンネル工事従事者が語るその来歴について、神域の入り口を表象する「鳥居」だとする説や神様が降臨するための「依代よりしろ」だとする説が代表的であり、その意味合いについて考える。

こうした有力な説のほかにも、さまざまな説があり、決して単純ではなさそうだ。

ゼネコンに勤務する技術者を中心に、化粧木の来歴を「兜の飾り」とする回答を得たのは意外だった。その理由として、「女性である山の神は、勇ましい男が好きだから」というのだ。確かに兜たてものの立物と似ていなくもないが、そこには神性は感じられない。

その他、「刃」「船」「神様の角つの」「ゴボウ締めしめなわの注連縄飾り」といった意見や、化粧木は松丸太の皮をむいて製作するのに関連づけて「男根」を隠喩しているとの意見も得られたが、ここでは一つ一つ吟味することはしない。

## 化粧木は神域の入口を表象する「鳥居」

アンケート調査の回答者の中でも、化粧木の来歴を「鳥居」だとする意見が圧倒的に多い。

鳥居は神社の内と外を分ける境に立てられる。鳥居から内側の境内は、神聖なる神の領域・神域である。すなわち、鳥居は神社の神域の入口を示

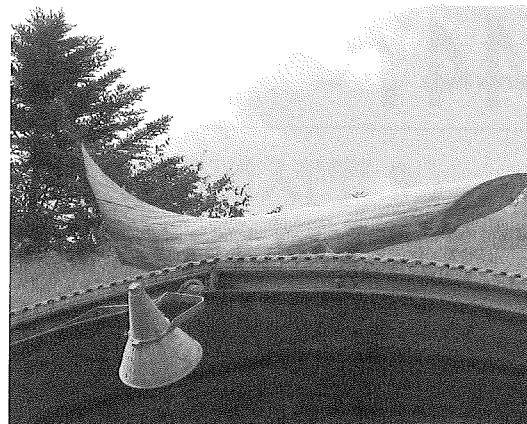


写真-2 化粧木の例(常磐自動車工事)

す「門」ともいえ、俗界と聖界とを分ける表象であるという。

山の神は、トンネル坑内の一番奥にいて、その坑内は神聖な神域であって、坑口に置かれる化粧木は鳥居と同じく、神域の入り口を示す表象というのだ。

奈良県のおおみわ大神神社は御神体が三輪山そのものであるように、特定の神殿をもたず、山など自然物を御神体または依代として祀っている神社の中には、その前に鳥居が立てられ、神様の存在を表している場合がある。

トンネル坑口に置かれる化粧木は、これと同じで、化粧木の下をくぐって一步坑内に入ると、そこは神聖な神域であるといえ、トンネル工事にかかわるさまざまな禁忌が、この神域での作法を説いていると考えると納得しやすい。

鳥居の形態は、二本の柱の上に笠木・島木を載せ、その下に貫を入れて柱を連結したものを基本とし、神社全体の建築や祭神の性格に応じてさまざまな様式がある。頂部にある笠木・島木が上部に反り返っていることを反増そりましというが、化粧木の形状は、反増のついた笠木の形と酷似している。

化粧木は「鳥居」の象徴だとする意見を納得させる写真がある。トンネル工事専門会社に長く勤務した方が提供してくれた写真は、写っている作業員の服装から昭和30年代の工事風景と思われる。もちろん鋼アーチ支保工なわけもなく、丸太材で捨て枠を組み、その上に坑口幅と同じ長さの化粧



写真-3 鳥居の基本形と各部の名称



写真-4 宇佐鳥居を模したという化粧木(N氏提供)

木を置き、さらに化粧木の中央に神棚を据えている。まさに化粧木は反増のついた「笠木」「島木」に、その下にある水平丸太材は「貫」に相当し、全体の形状はまさしく鳥居にそっくりである。

写真の提供者は、明治時代に炭鉱の導坑掘削に腕を振るいその後「豊後土工」と呼ばれたトンネル坑夫の技能集団が、彼らの出身地である大分県上浦町の宇佐神宮の宇佐鳥居の形を模したのが、全国に広まったと述べている。

現在は鋼アーチ支保工で捨て枠(化粧枠)を造り、その上に化粧木を置くので、鳥居の形状から離れてしまったが、化粧木を坑口幅と同じくらいにたぶりした長さとし、「笠木」「島木」の形を意識すると、神域の入り口を表象する「鳥居」の記憶が蘇るかもしれない。

# 土木情報 No.447

今日の主な入札結果 (7月10日～8月9日)

| 事業主体    | 工事名  | 請負会社          | 請負額<br>単位<br>百万円 |
|---------|--|---------------|------------------|
| 中国四国農政  | 吉野川下流域農地防災事業北部幹線水路(大寺工区その4)  | 奥村組           | 277.5            |
| 九州地整    | 宮崎10号北川第2 T新設  | 三井住友建設        | 1,275.3          |
| 東日本高速道路 | 常磐自動車道日立T補修  | 佐田建設          | 295              |
| 西日本高速道路 | 東九州自動車道飯谷第2 T  | 奥村組           | 1,735.8          |
| 都・水道局   | 金町浄水場高度浄水施設(三期)築造に伴う場内連絡管新設及び共同溝築造   | 熊谷・奈良JV       | 1,823            |
| 〃       | 世田谷区喜多見二丁目地先から同区喜多見四丁目地先間外1 箇所配水本管(1000mm・800mm)新設及び送水管(1100mm・450mm)布設並びに制水弁等設置 | 岩田地崎建設        | 260.92           |
| 都・下水道局  | 北区赤羽台三丁目付近再構築  | 戸田建設          | 858.1            |
| 〃       | 北区神谷一, 三丁目付近再構築  | 佐藤工業          | 964.23           |
| 〃       | 台東区今戸一, 二丁目付近再構築   | 松尾工務店         | 699.08           |
| 〃       | 中央区日本橋三丁目, 京橋二丁目付近再構築  | 森本組           | 665              |
| 富山県     | 上笹原T   | 佐藤・岡本JV       | 470              |
| 山梨県     | 一般国道139号松姫T小菅工区建設  | 天野・早野・田村JV    | 2,050            |
| 大阪府     | 寝屋川流域下水道中央(-)増補幹線(第3工区)下水管渠築造  | 国誉建設          | 458              |
| 奈良県     | 奈良東部広域農道整備事業(仮称)中之庄T   | 大成・村本・山上JV    | 2,230.60         |
| 島根県     | (主)大社日御崎線中山工区社会資本整備総合交付金(改良)(仮称)1号T  | 中筋・都岡JV       | 954              |
| 札幌市     | 施設整備事業の内送水施設国庫補助事業白川第3送水管新設豊平川横断工区   | 熊谷・大庭JV       | 1,602.63         |
| 水戸市     | 上中妻・大塚町排水路新設   | 株木・綿正JV       | 114.5            |
| さいたま市   | 鴨川右岸第2-1排水区下水道(北建-22-4)  | 江田・みなとJV      | 522.48           |
| 所沢市     | 合流改善松郷導流管布設  | 平岩建設          | 131.5            |
| 〃       | 上新井地区雨水貯留施設築造  | 西武建設          | 199.15           |
| 千葉市     | 排水施設新設(高田排水路22-1工区)  | 森川・市原JV       | 152.3            |
| 佐倉市     | RBC215高野川上流排水路整備   | 東邦建設          | 129.5            |
| 横浜市     | 西部処理区南瀬谷地区下水道整備(その3)   | 紅梅組           | 154.13           |
| 〃       | 西部処理区本郷地区下水道整備   | 横浜建設          | 225.97           |
| 横須賀市    | 3工区新港排水区雨水第2幹線他築造  | 東海興業          | 135.9            |
| 藤沢市     | 国補第9工区石川下土棚線雨水管渠築造   | 森山・西尾JV       | 157.75           |
| 新潟市     | 東下17号大石排水区枝線375-1～379下水道   | 長生園           | 105.7            |
| 糸魚川市    | 公雨補22-1号蓮台寺2号雨水幹線築造  | 谷村建設          | 114              |
| 神戸市     | 篠原支線シールド   | 大林・兵庫奥栄JV     | 628              |
| 岡山市     | 中央幹線径1200mm～800mm配水管布設(シールド)   | 戸田・栄光テクノ・岩水JV | 1,497            |
| 東広島市    | 江熊2号汚水幹線建設(東22・23の1)   | 鴻池・上垣JV       | 579              |

## 連載講座

### ずり処理入門(9)

—掘削ずりの活用と処理・一般発生土—

「ずり処理入門」連載講座小委員会

#### ① はじめに

国土交通白書(平成17年)によると、建設工事で発生する建設発生土<sup>注1)</sup>の場外への搬出量は約2億4,500万m<sup>3</sup>で、このうち工事間で利用されているのは約3割で少ない状況にあり、これは建設工事の土砂利用量約1億3,000万m<sup>3</sup>の約半分である。場外搬出量の残りの7割は内陸受入地に利用されている<sup>2)</sup>(図-1)。この内陸受入地が自然環境に考慮し適正な造成がなされていれば、新しい造成地が生まれるなど問題ないが、不適切だと自然環境や生活環境に影響を及ぼす場合がある。また、平成14年11月の中央環境審議会で汚染土壌以外の建設工事に伴い生じる土砂について「発注者が契約業者に土砂の搬出先を指定するという指定処分を

徹底することが必要である」ことや「建設発生土砂の搬出の抑制や発生土砂とその土砂利用に関する情報交換の促進」などが指摘されている。この

注1)

建設副産物と建設発生土

1)建設副産物

「建設副産物」とは、建設工事に伴い副次的に得られたすべての物品であり、その種類としては、「工事現場外に搬出される建設発生土」「コンクリート塊」「アスファルト・コンクリート塊」「建設発生木材」「建設汚泥」「紙くず」「金属くず」「ガラスくず・コンクリートくず(工作物の新築、改築又は除去に伴って生じたものを除く)及び陶器くず」又はこれらのものが混合した「建設混合廃棄物」などがある。

2)建設発生土

「建設発生土」とは、建設工事から搬出される土砂であり、廃棄物処理法に規定する廃棄物には該当しない。建設発生土には(1)土砂及び専ら土地造成の目的となる土砂に準ずるもの、(2)港湾、河川等の浚渫に伴って生ずる土砂(浚渫土)、その他これに類するものがある。

一方、建設工事において発生する建設汚泥は、廃棄物処理法上の産業廃棄物に該当する。

—国土交通省リサイクルホームページ 建設副産物の現状「建設副産物の定義」より—

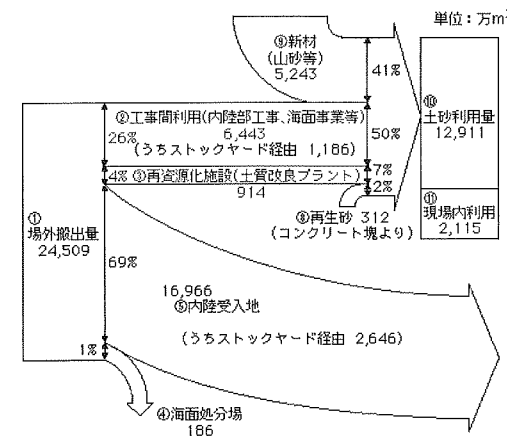
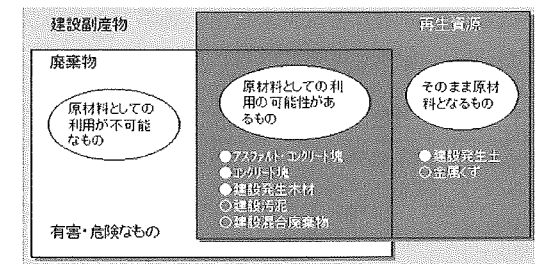


図-1 建設発生土の搬出・利用状況<sup>1)</sup>(国土交通省「平成14年度建設副産物実態調査」)



ような中、国土交通省では「建設発生土等の有効利用に関する行動計画(平成15年10月)」を策定し、①建設発生土の不適正処理による自然環境・生活環境への影響、②工事間利用が進んでないことに起因する新材採取に伴う自然環境への影響と土砂運搬に用いるトラック総数の増大、などの課題解決を目指している。「行動計画」による建設発生土などの有効利用の基本的考え方は、以下に示すとおりである<sup>2)</sup>。

設計段階から切土、盛土のバランスをとるなど、建設発生土の現場内利用を進めるとともに、

- ① 建設発生土の不適切処理を防止するため、指定処分を徹底するなど、各公共工事の発注者が建設発生土の行き先を完全に把握する。
- ② 並行して、可能な限り建設発生土の工事間利用を促進する。その際、まず地方ブロック内の工事間利用調整を徹底する。調整不調の場合には、地方ブロック外との工事間利用を検討する。
- ③ 工事間利用後、なお建設発生土の場外搬出量が供給過多状態である場合には、新技術を活用するなど、さらなる削減に努める。
- ④ ①～③の支援として、公共工事における土砂のフローの管理など、必要な施策を随時実施していく。
- ⑤ ①～④を強力に推進していくため、各公共工事の発注者間等の連携を強化する。

また、「建設リサイクル推進計画2008」(国土交通省、平成20年4月)では、建設発生土の有効利用率の目標を表-1のとおりとしている。

このような情勢の中、トンネル工事で発生する掘削ざり処理については、本連載の第1回「連載をはじめのあたって」でも述べられたように、平成18年度の示方書改訂では「土捨場」という文字が消え、有効活用する流れになっている。そし

表-1 建設発生土の有効利用率目標<sup>3)より抜粋</sup>

| 対象品目  | H17年度<br>(実績) | H22年度<br>(中間目標) | H24年度<br>目標 | H27年度<br>目標 |
|-------|---------------|-----------------|-------------|-------------|
| 建設発生土 | 80.1%         | 85%             | 87%         | 90%         |

て、これまでも盛土材、良質なずりは砕石化され骨材などとして有効利用され、また場外搬出でも傾斜地や窪地を造成し新しい付加価値を生むなど有効に活用されてきた。今回は、山岳トンネル工事で一般に発生する掘削ざりの有効利用について述べてみたい。なお、自然由来の重金属を含むずりの処理については次回で取り扱う。

## ② 発生土の有効活用

### 2-1 道路や鉄道など自事業での活用

トンネルにより発生する建設発生土を抑制するには、計画・設計の段階から自工区(道路や鉄道など路線としての自事業なども含む)での土構造物(盛土・構造物裏込めなど)や砕石や骨材としての利用を進めることが重要である。例えば道路においては、切土やトンネル掘削で発生する土量と盛土量とのバランスや発生土量の経済的な移動距離を重視し、道路線形が経済的、合理的なものとなるように計画・設計することが基本である。また、トンネルから硬岩などの良質材が多量に余剰土として発生し、ストックヤードがあるなど条件が良い場合には、発生ずりを砕石化し、コンクリート用の骨材や路盤材として活用する場合もある。

トンネルずりを盛土材などに有効利用する場合には、発生する材料の性状を十分に把握し、使用箇所の基準に適した材料を配分しなければならない。例えば、道路盛土として活用する場合にはNEXCO施工の高速道路の場合、一般的な条件として表-2のような材料の品質基準がある<sup>4)</sup>。

掘削ざりの地山量と盛土量の関係は本講座の第2回「2. 発生土量」の土量変化率で述べたとおりである。計画や設計時にはその変化率を使い計画盛土量から必要土量を推定するが、実際は地山状況により余掘り量も異なってくるので、常に土量の収支に注意を払い計画時の土量変化率が妥当であるかどうか管理を行い、ずり処理計画の見直しを検討する必要がある。また、土量を管理するにあたり、盛土場が他工区と共同の場合には個々の工事の搬入量が管理しやすいように盛土区画を分けるなどの工夫も必要である。

表-2 材料の品質基準<sup>4)</sup>

(a) 路体材料の品質および締め固め品質基準<sup>4)</sup>

| 項目              | 下部路体   |                  | 上部路体   |                  | 備考                         |
|-----------------|--|------------------|--|------------------|----------------------------|
|                 | 土砂 <sup>1)</sup>   | 岩塊 <sup>2)</sup> | 土砂 <sup>1)</sup>   | 岩塊 <sup>2)</sup> |                            |
| 仕様最小密度における修正CBR | —  | —                | 2.5以上  | —                | JIS A 1211<br>(NEXCO試験法条件) |
| 締め固め度           | -75 $\mu$ m<20% $\overline{Dc} \geq 92\%$ <sup>3)</sup><br>20% $\leq$ -75 $\mu$ m<50% $\overline{Va} \leq 13\%$<br>50% $\leq$ -75 $\mu$ m $\overline{Va} \leq 8\%$ | モデル施工により決定       | -75 $\mu$ m<20% $\overline{Dc} \geq 92\%$ <sup>3)</sup><br>20% $\leq$ -75 $\mu$ m<50% $\overline{Va} \leq 13\%$<br>50% $\leq$ -75 $\mu$ m $\overline{Va} \leq 8\%$ | モデル施工により決定       | JIS A 1210<br>(NEXCO試験法条件) |
| 施工含水比           | 自然含水比またはトラフィカビリティが確保できる含水比   |                  |  |                  |                            |
| 施工層厚            | 30cm以下   | モデル施工により決定       | 30cm以下   | モデル施工により決定       | 一層の仕上がり厚さ                  |

表中の「-75 $\mu$ m」とは、「75 $\mu$ mふるい通過質量百分率(%)」を示す。

注1): 土砂とは、岩塊に該当しない一般的な盛土材料をいう。

注2): 岩塊とは硬い岩石からなる地盤を切土またはトンネル掘削した場合に発生する岩材料をいう。

泥岩、頁岩、凝灰岩などの岩材料を用いた盛土の中には、施工後大きな圧縮沈下を引き起こすものがあるので、十分な対応策を講じなければならない。

注3):  $\overline{Dc}$ および $\overline{Va}$ は、RI計器で測定した15点の平均値である。

(b) 路床材料の品質基準<sup>4)</sup>

| 項目              | 工種   | 上部路床                     | 下部路床                    | 備考                                    |
|-----------------|------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
|                 | 最大寸法 | 100mm                    | 150mm                   |                                       |
| 仕様最小密度における修正CBR |      | 10以上(20以上) <sup>1)</sup> | 5以上(10以上) <sup>1)</sup> | JIS A 1211 <sup>2)</sup> (NEXCO試験法条件) |
| スレーキング率         |      | 50%以下(なし) <sup>1)</sup>  | —                       | 試験法110                                |

注1): ( )の値は安定処理の場合

注2): CBR試験の供試体含水比は、 $W_n$ が $W_{opt}$ 以上の場合は $W_n$ 、 $W_n$ が $W_{opt}$ 未満の場合は $W_{opt}$ とする。ただし、上部路床材で[塑性指数( $I_p$ ) $\geq 10$ で、かつ75 $\mu$ mふるい通過百分率( $F_c$ ) $\geq 25\%$ ]の場合は原則として使用しないものとする。

(c) 路床材料の締め固め品質基準<sup>4)</sup>

| 項目      | 工種 | 上部路床   | 下部路床   | 備考   |
|---------|----|--|--|--|
|         |    |  |  |  |
| 締め固め度   |    | -75 $\mu$ m<20% $\overline{Dc} \geq 97\%$<br>20% $\leq$ -75 $\mu$ m<50% $\overline{Va} \leq 13\%$<br>50% $\leq$ -75 $\mu$ m $\overline{Va} \leq 8\%$ | -75 $\mu$ m<20% $\overline{Dc} \geq 92\%$<br>20% $\leq$ -75 $\mu$ m<50% $\overline{Va} \leq 13\%$<br>50% $\leq$ -75 $\mu$ m $\overline{Va} \leq 8\%$ | JIS A 1210(NEXCO試験法条件)                           |
| 施工時の含水比 |    | 締め固め度および所定のたわみ規定を満足する含水比   |  | JIS A 1210(NEXCO試験法条件)<br>JIS A 1211(NEXCO試験法条件) |
| 施工層厚    |    | 20cm以下   | 20cm以下   | 一層の仕上がり厚さ  |

注): 表中の「-75 $\mu$ m」とは、「75 $\mu$ mふるい通過質量百分率(%)」を示す。

また $\overline{Dc}$ 、 $\overline{Va}$ は、RI計器で測定した15点の平均値である。

路床の所定のたわみ規定とは、上・下部路床を含めた路床仕上げ面のたわみ量である。

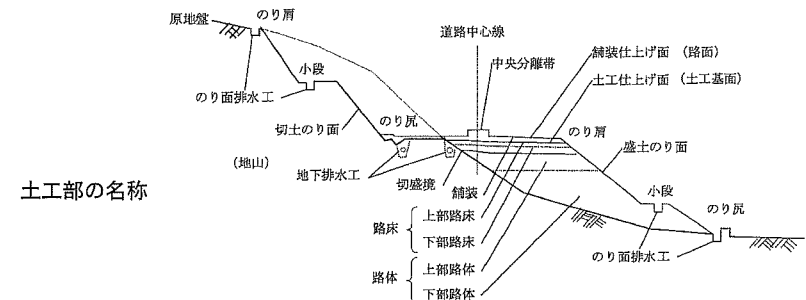


表-3 路盤材の品質規定の例<sup>9)</sup>

| 試験項目   | 試験法        | 下層路盤   |       | 上層路盤   |       |              |        |
|--------|------------|--------|-------|--------|-------|--------------|--------|
|        |            | セメント処理 | 粒状    | セメント処理 | 粒状    | 加熱アスファルト安定処理 |        |
|        |            |        |       |        |       | タイプI         | タイプII  |
| 吸水量    | JIS A 1110 | —      | —     | —      | —     | 3.5%以下       | 4.5%以下 |
| すりへり減量 | JIS A 1121 | 50%以下  | 50%以下 | 40%以下  | 40%以下 | 40%以下        | 40%以下  |
| 安定性試験  | JIS A 1122 | —      | —     | 25%以下  | 20%以下 | 20%以下        | 25%以下  |
| 塑性指数   | JIS A 1205 | 8以下    | 6以下   | 8以下    | 4以下   | 6以下          | 8以下    |

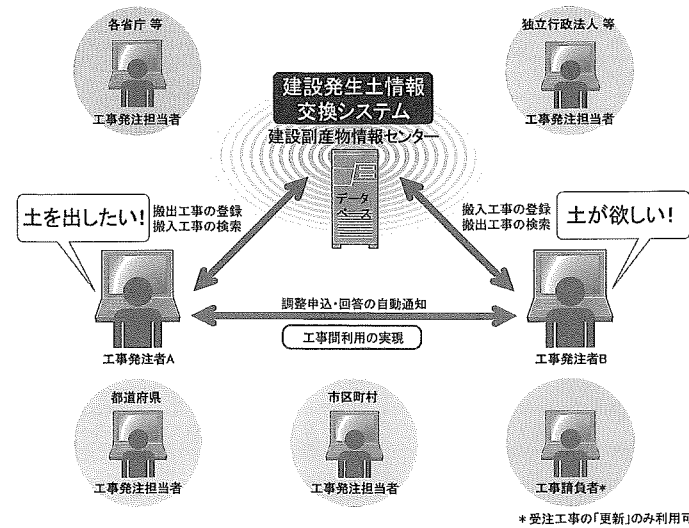


図-2 建設発生土情報交換システムの流れ<sup>9)</sup>

良質のトンネルずりをクラッシングして碎石として活用するには、発生ずりがコンクリート骨材や路盤碎石としての品質を満足すること、現地で良質・均質で多量の岩ずりが発生し、生産材の使用が購入材より経済的であること、使用まで生産材のストックが可能であることなどの条件が必要である。表-3に道路の路盤材に使用される骨材の品質規定例を示す。

現場プラントでのクラッシングによる有効活用は、ダムサイトなどではよく見られるが、前記の条件のトンネルが対象となるので事例数は少ない。

2-2 工事間利用の促進

「建設発生土等の有効利用に関する行動計画(平成15年10月)」では、発生ずりを自工区や自事業内で処理できない場合、地域内の公共事業を対象に土砂利用工事を予め把握して調整を図り、工事間利用を進めることとしている。これは、各地方

建設副産物対策連絡協議会などが、毎年度の公共工事の土量調査を行い、各公共工事の発注者に工事情報を提供するものである。それにより、建設発生土の需給動向の把握と需給バランスの改善方策の検討を行い工事間利用の促進を図るものである。現在の発生土の情報交換は、図-2に示すように「建設発生土情報交換システム(建設副産物センター)」を介してリアルタイムに行われている。現在は公共工事のみが対象になっているようであるが、より利用促進を図るには民間工事を含めた工事間利用が課題として挙げられている<sup>2),3)</sup>。

工事間利用を調整する場合には発生土の適用基準などが必要である。表-4に「発生土利用基準」に示された土質区分と適用用途標準の一例を示す<sup>7)</sup>。山岳トンネルで発生するほとんどのずりは表に示す「第1種建設発生土」「第2種建設発生土」に分類されると考えられる。なお当然のことではあるが、受け入れ側に別途具体的な適用基準などが規定されている場合にはその規定に従う必要がある。工事間利用としては、道路盛土、堤体盛土、圃場整備事業、公園造成、公共土地造成などが挙げられる。

2-3 その他の利用

自工区や自事業での利用、地域内の工事間利用を促進しても余剰土が発生する場合には場外盛土場を検討しなければならない。この場合には、盛土容量、土砂流出や崩壊を防止するための防災対策、法的規制、土運搬経路、跡地利用計画、用地

表-4 発生土利用基準の土質区分と適用用途標準の例<sup>7)</sup>

| 区分                                      | 適用用途   | 工作物の埋戻し |                    | 建築物の埋戻し <sup>※1)</sup> |                     | 土木構築物の裏込め |                    | 道路用盛土 |      |    |      |   |   |   |   |
|---|--------|---------|--------------------|------------------------|---------------------|-----------|--------------------|-------|------|----|------|---|---|---|---|
|   |        | 評価      | 留意事項               | 評価                     | 留意事項                | 評価        | 留意事項               | 路床    |      | 路体 |      |   |   |   |   |
|   |        |         |                    |                        |                     |           |                    | 評価    | 留意事項 | 評価 | 留意事項 |   |   |   |   |
| 第1種建設発生土<br>砂、礫およびこれらに準ずるもの             | 第1種    | ◎       | 最大粒径注意<br>粒度分布注意   | ◎                      | 最大粒径注意<br>粒度分布注意    | ◎         | 最大粒径注意<br>粒度分布注意   | ◎     | ◎    | ◎  | ◎    | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
|   | 第1種改良土 | ◎       | 最大粒径注意             | ◎                      | 最大粒径注意              | ◎         | 最大粒径注意             | ◎     | ◎    | ◎  | ◎    | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 第2種建設発生土<br>砂質土、礫質土およびこれらに準ずるもの         | 第2a種   | ◎       | 最大粒径注意<br>細粒分含有率注意 | ◎                      | 最大粒径注意              | ◎         | 最大粒径注意<br>細粒分含有率注意 | ◎     | ◎    | ◎  | ◎    | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
|   | 第2b種   | ◎       | 細粒分含有率注意           | ◎                      |                     | ◎         | 細粒分含有率注意           | ◎     | ◎    | ◎  | ◎    | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 第3種建設発生土<br>通常の施工性が確保される粘性土およびこれらに準ずるもの | 第3a種   | ○       |                    | ◎                      | 施工機械の選定注意           | ○         |                    | ○     | ○    | ○  | ○    | ○ | ○ | ◎ | ◎ |
|   | 第3b種   | ○       |                    | ◎                      | 施工機械の選定注意           | ○         |                    | ○     | ○    | ○  | ○    | ○ | ○ | ◎ | ◎ |
|   | 第3種改良土 | ○       |                    | ◎                      | 表層利用注意<br>施工機械の選定注意 | ○         |                    | ○     | ○    | ○  | ○    | ○ | ○ | ◎ | ◎ |
| 第4種建設発生土<br>粘性土およびこれらに準ずるもの             | 第4a種   | ○       |                    | ○                      |                     | ○         |                    | ○     | ○    | ○  | ○    | ○ | ○ | ○ | ○ |
|   | 第4b種   | △       |                    | ○                      |                     | △         |                    | △     | △    | △  | △    | △ | △ | ○ | ○ |
| 粘土                                      | 第4種改良土 | △       |                    | ○                      |                     | △         |                    | △     | △    | △  | △    | △ | △ | ○ | ○ |
|   | 粘土a    | △       |                    | ○                      |                     | △         |                    | △     | △    | △  | △    | △ | △ | ○ | ○ |
|   | 粘土b    | △       |                    | △                      |                     | △         |                    | △     | △    | △  | △    | △ | △ | △ | △ |
|   | 粘土c    | ×       |                    | ×                      |                     | ×         |                    | ×     | ×    | ×  | ×    | × | △ | △ | △ |

【評価】  
◎：そのまま使用が可能なもの。留意事項に使用時の注意を示した。  
○：適切な土質改良(含水比低下、粒度調整、機能付加・補強、安定処理など)を行えば使用可能なもの。  
△：評価が○のものと比較して、土質改良にコストおよび時間がより必要なもの。  
×：良質土との混合などを行わない限り土質改良を行っても使用が不適なもの。  
土質改良の定義  
含水比低下：水切り、天日乾燥、水位低下掘削などを用いて、含水比の低下を図ることにより利用可能となるもの。  
粒度調整：利用場所や目的によっては細粒分あるいは粗粒分の付加やふるい選別を行うことで利用可能となるもの。  
機能付加・補強：固化材、水や軽量材などを混合することにより発生土に流動性、軽量性などの付加価値をつけることや補強材などによる発生土の補強を行うことにより利用可能となるもの。  
安定処理など：セメントや石灰による化学的安定処理と高分子系や無機材料による水分の土中への固定を主目的とした改良材による土質改良を行うことにより利用可能となるもの。

【留意事項】  
最大粒径注意：利用用途先の材料の最大粒径、または一層の仕上がり厚さが規定されているもの。  
細粒分含有率注意：利用用途先の材料の細粒含有率の範囲が規定されているもの。  
礫混入率注意：利用用途先の材料の礫混入率が規定されているもの。  
粒度分布注意：液状化や土粒子の流出などの点で問題があり、利用場所や目的によっては粒度分布に注意を要するもの。  
透水性注意：透水性が高く、難透水性が要求される部位への利用は適さないもの。  
表層利用注意：表面への露出により植生や建築などに影響を及ぼすおそれのあるもの。  
施工機械の選定注意：過転圧などの点で問題があり、締め固めなどの施工機械の接地圧に注意を要するもの。  
淡水域利用注意：淡水域に利用する場合、水域のpHが上昇する可能性があり、注意を要するもの。  
【備考】  
本表に例示のない適用用途に発生土を使用する場合は、本表に例示された適用用途の中で類似するものを準用する。  
※1：建築物の埋戻し：一定の強度が必要な埋戻しの場合は、工作物の埋戻しを準用する。  
※2：水面埋立て：水面上へ土砂などが出た後については、利用目的別の留意点(地盤改良、締め固めなど)を別途考慮するものとする。

補償など考慮して複数の比較検討を行う。調査選定にあたっては、公平性の観点からできるだけ公共の用地を優先し、造成により地元貢献できる箇所が望ましい。また、周辺の安全性や安定性を確認し運搬が容易で距離が短く、1か所なるべく

多量の掘削ずりを受け入れ可能な場所が望ましい。搬出先には関連法規上の手続きや関係者調整に時間を要する場合もあるので事前の調査や協議が重要である。表-5に場外盛土場の計画にあたっての着眼点を示す。

表-5 場外盛土場計画の着眼点<sup>4)</sup>に一部加筆修正

| 段階      | 目的                                      | 調査内容   | 着眼点   |
|---------|---|--|---|
| 予備・概略設計 | ・最適路線に合わせた概略的な盛土場の検討を行う                 | ・地形図・地質図などによる机上調査と簡単な現地調査                            | ・法令等(鉱業権, 森林法, 農地法, 自然公園法, 土砂採取条例, 文化財など)による開発規制の有無の把握<br>・土量, 周辺地質, 土運搬経路などの概略検討<br>・関連公共事業計画の把握         |
| 設計協議    | ・現地条件に適合した盛土場候補を数箇所選定し比較検討を行い最適な箇所を選定する | ・盛土可能量, 周辺地質, 運搬経路, 用地などの現地調査<br>・有力な候補地のボーリング調査など   | ・盛土可能量, 周辺土質の把握<br>・関連公共事業との計画調整を図る<br>・土運搬路の使用協議<br>・跡地利用計画の調整<br>・流末を含めた排水計画と防災計画の検討<br>・法的規制解除の協議および申請 |
| 詳細設計    | ・詳細な調査・検討および設計協議にもとづく盛土場の設計を行う          | ・詳細な測量設計<br>・用地補償のための調査<br>・地質などの補足調査<br>・土運搬経路の詳細調査 | ・補償関係の確認<br>・土運搬路の改良および対策<br>・排水・防災対策<br>・施工時の土量変更に対応できる設計  |

その他の利用では、くぼ地、谷地形、低湿地などの一般に地形や地質的に不良な場所を造成盛土する場合が多く、排水計画や防災計画を十分に検討する必要がある。

場外盛土場の容量は、土量変化率、土質や岩質の変化によるトンネル掘削量や盛土量の変化、トラフィックビリティの確保のための敷き砂利などの土量なども考慮して余裕を持たせた設計を行う。また、場外盛土場の仕上げ面は、土量の変更に対応できるように契約や協定に明記しておくほうが望ましい。

## 2-4 発生土有効利用での注意事項

### 2-4-1 産業廃棄物の分別除去

トンネル工事では、鏡吹付けコンクリートや鏡ボルトなど掘削ずに混入して坑内から排出されるものがある。トンネル掘削を有効活用する場合には、コンクリート塊やグラスファイバーボルト残材、鉄くずなどは場内掘削仮置き場で分別除去し法規に従った処理を行わなければならない。鉄くずやコンクリート塊などは再生資源であるので有効な再利用を考慮し、産業廃棄物の減量に配慮する必要がある。

### 2-4-2 コンクリート塊の自ら利用

工事などで発生するコンクリート塊、建設発生木材、建設汚泥、鉄くずなどは発生した時点(場所)では産業廃棄物に該当する。これらについて

は当該材料が発生した工区内(工事内)で請負人が有償売却できる性状に再資源化して自ら利用(以下、「自ら利用」という)する場合や、他人に「有償売却」する場合以外は、その処理・処分方法などについて廃棄物処理法の適用を受ける。

「自ら利用」するためには、有償売却できる性状(利用用途に照らして有価物に相当する品質)を有していなければならない。「自ら利用」において利用用途に応じた品質基準が設計図書に記載されていない場合や、定期的な品質管理を実施していない場合などは、形式的なものとして、廃棄物の処理として取扱われる場合もある<sup>8)</sup>。また、一つの事業であっても発生した工事以外での利用(工事間の流用)は「自ら利用」に該当しないので注意が必要である。「自ら利用」を検討するにあたっては、事前に地域の環境担当部局などと十分な打合わせを行う必要がある。また、「自ら利用」を行う場合でも周辺生活環境に影響を及ぼさないように、再資源化を行うまでは廃棄物処理法に規程する分別、保管、運搬などの基準を遵守し適正に取り扱う。

## ③ 発生土の運搬・造成

### 3-1 運搬

#### 3-1-1 ダンプトラックによる運搬

ダンプトラックによる盛土場までの運搬は、もっ

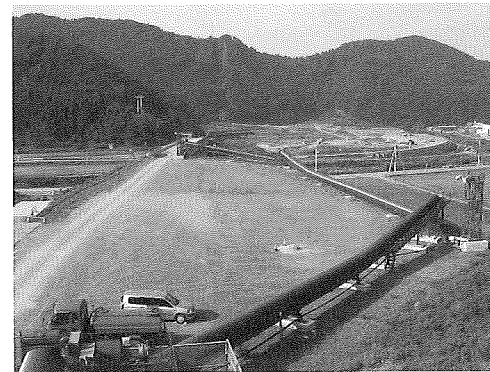


写真-1 場外定置式ベルトコンベヤの例



写真-2 タイヤ泥落とし装置

とも一般的な方法である。本講座で前回までに説明された坑内運搬で坑口仮置き場まで運ばれたずりは、仮置き場で積み込まれ、一般道を介して盛土箇所まで搬出する。この場合には坑内運搬と異なり、公道を走行するため法規に従った車両で交通法規に従って運搬しなければならない。標準的には10t級のダンプトラックが利用されている。

坑口近くに大容量の盛土場がある、周辺に民家がないなど環境的な問題もなく条件が良い場合では、坑口に仮置きせず盛土箇所まで直接搬出する場合もある。この場合には坑内運搬と同様にダンプトラックの他に重ダンプが使用されることもある。

#### 3-1-2 定置式ベルコンによる運搬

坑内運搬でベルコンを使用し連続的に掘削ずりが搬出される場合や、盛土場までの運搬経路が狭小幅員や周辺環境問題などが厳しい条件などで、盛土場までの定置式ベルコンの設置条件が良い場合には盛土場付近まで定置式ベルコンで運搬する事例もある。

坑外運搬に定置式ベルコンを適用する場合には、本講座第6回に示した法規や維持管理が必要となり、日々の点検を行う安全通路や安全設備を確保しなければならない。

また、坑外ベルコンは雨水や巻き込み防止、あるいは粉じん防止にカバーを設置することが望ましい。

盛土場では、直接敷き均しあるいはダンプトラックによる場内運搬などが行われる。

## 3-2 ダンプトラックの運搬経路

土運搬経路の選定にあたっては単に運搬距離だけでなく、沿道の状況、交通量、通学路および歩道、踏切の有無などを考慮するとともに、道路幅員、舗装の状況、改良事項など総合的に判断する。

一般道路の使用にあたっては、事前に道路管理者と協議するとともに、必要により道路状況を把握し使用中の路面破損に対する補修負担の根拠とする。また、使用中は路面の破損に注意し道路管理者と連絡体制を確立する。使用道路の防じんや汚れ防止のため、荷台はあおりなどで覆い運搬土の落下を防止するとともに、車輪洗浄などで場外へのタイヤ付着土の持ち出し防止対策を行う。また、一般道使用や場内運搬にかかわらず運搬車両による粉じんの巻き上げ防止として散水設備(散水車など)も検討しなければならない。

## 3-3 交通安全対策ほか

土運搬にあたって、土運搬路は指定した経路を使用するものとし、制限速度の超過や過積載にならないよう関連法規に従う。必要な箇所には交通安全補助標識や案内板の設置、交通保安要員の配置による安全対策を行う。また、運搬経路を入念に調査し、交通安全リスクマップ(注意すべき場所とその箇所の注意事項をマップ上に落としたもの)などを作成し、運転者に周知させることも安全対策として有効である。歩道がない土運搬路で運搬車両の往来が激しく、危険が大きい場合には仮設歩道を設置する場合もある。

工事で使用する以前に大型車両の出入りが少な



写真-3 安全対策例(地元車優先看板など)

い道路では、電力や電話線などの架空線が低く横断している場合があることから、土運搬経路の上空横断物の調査を行い、防護や注意喚起、あるいは必要に応じて嵩上げや迂回を関係機関と協議する必要がある。とくに、盛土場付近に対象物がある場合にはダンプアップ時に注意が必要である。

なお、土運搬にあたっては、事前に近隣地元や関係機関と十分に協議し、交通安全対策などについて工事説明会などで十分説明することが望ましい。

### 3-4 造成

#### 3-4-1 自工区、自事業での利用

掘削ずりを自工区や自事業で利用する場合には、その盛土箇所の構造物の基準に従った材料を運搬し、基準に従って敷き均し、転圧を行う。

#### 3-4-2 他工事・事業での工事間利用

他工事に工事間利用を行う場合には基本的に敷き均し転圧は受け入れ工事で実施することが多く、運搬のみでよい。ただし、受け入れ時期的な制約や協議により搬出側が敷き均し転圧を行う場合もあるので事前に十分な協議が必要である。

#### 3-4-3 その他利用での場外盛土場造成

場外盛土場は前述のように一般に地形・地質が不良な場所に設置されることが多く、施工中および施工後、雨水などによる土砂の流出や崩壊を防止する必要がある。そのため、事前の排水や既設水路の付け替え、擁壁などによる土留めやのり面保護工、必要に応じて防災調整池・泥土の沈殿池などを計画する。

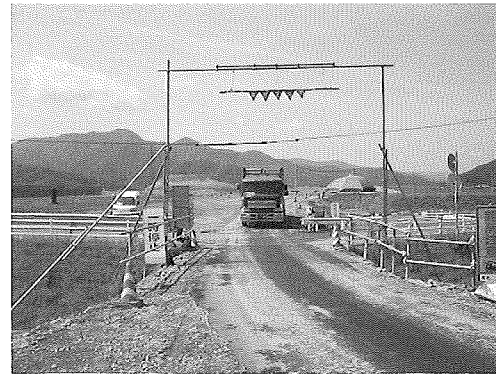


写真-4 安全対策例(架空線防御)

圃場整備や田畑の嵩上げ造成などで、造成後に耕土を再利用する場合には、表土を剥ぎ取りストックし、盛土完了後に表面に敷き均す。場外盛土場の締め固めは、一般に路体相当(下部路体相当)で実施している例が多い。

造成後は土地所有者の立会いを求めて整地や排水施設などが契約どおりに仕上げられているか確認し、確認書を受け取っておく。

## ④ おわりに

トンネル工事は地中に空間を造ることであるから、その空間分だけの土砂や岩(ずり)を掘削し搬出しなければならない。トンネルといえば掘削技術や支保設計・技術に目が行きがちであるが、このずりの搬出先を確保できなければずり処理が滞り、トンネルを掘り進めることはできない。トンネルを計画するものにとって、ずりの搬出先や活用法を検討し確保することは重要な事項であることを認識しなければならない。

土砂や岩石などは道路や河川堤防など土構造物として、あるいは低湿地やくぼ地などを盛土し有効利用可能な新しい造成地を生み出すものとして活用できるものである。“ずり”そのものの価値は、活用方法により価値あるものとなるかどうかが決まってくる。トンネル計画時点から価値あるものとするように自事業は当然のこと周辺地域の開発計画などと連携を図り有効活用を図ることが地域や環境に対して有益である。

(文責：城間博通/(株)高速道路総合技術研究所)

## 参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通白書 平成17年, 2006.7.
- 2) 国土交通省：建設発生土等の有効利用に関する行動計画, 2003.10.
- 3) 国土交通省：建設リサイクル推進計画2008, 2008.4.
- 4) 東・中・西日本高速道路(株)：設計要領第一集, 土工編, 2005.10.
- 5) 東・中・西日本高速道路(株)：設計要領第一集, 舗装編, 2005.10.
- 6) 建設副産物情報センター：発生土情報交換システムパンフレット, <http://www.recycle.jacic.or.jp/>
- 7) 国土交通省：発生土利用基準について, 2006.8.
- 8) 日本道路公団：建設副産物・再生資源の取扱いに関するガイドライン, 2002.7.

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

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

【目次】 ○従来のトンネル力学の考え方/トンネル力学の発展, NATM以前の考え方/ゆるみ高さの推定, ゆるんだ地山の釣り合い, 沈下量の差により変わる土圧, 切羽の安定, 地山の分類による支保の設計, NATMの考え方/せん断破壊説, 変形による圧力の低減, 地山のゆるみ防止, アンカーボルトによる地山の補強, 地山挙動の時間依存, せん断破壊説による設計法, 経験的設計法, 地山分類と地山等級に対応した支保工の標準設計, NATM力学についての問題点, ○弾性論による解析/弾性学の基礎, 軸対称円形トンネル, 線対称円形トンネルの弾性解, 円形トンネルの弾性解析, 地表面に近いトンネル, だ円形のトンネル, 球形空洞周りの応力と変位 ○弾塑性論による解析/弾塑性学の基礎, 軸対称円形トンネル, 線対称円形トンネルの弾塑性解, 円形トンネルで地山の自重を考えた弾塑性解析 ○弾塑性解以外の検討/トンネルの大きさの影響, 時間の影響, 表面の影響, 山はね, ゆるみと締めり, 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

### 長内川放水路トンネルが貫通

岩手県が整備する長内川放水路トンネルが、7月2日貫通した。工事関係者約20名が見守るなか、大型ブレーカーにより最後の掘削作業を行い、午後1時過ぎ、貫通の瞬間を迎えた。

同トンネルは、岩手県下閉伊郡岩泉町に位置する長内川の洪水対策としての放水路トンネルで、内空断面積25m<sup>2</sup>(掘削：33m<sup>2</sup>)、延長170mをNATMで施工した。今年4月末より掘削作業を開始し、ひん



写真提供：岩手県

岩主体の地山をおもに発破掘削を用い、平均月進66.4m、最大日進6m、最大月進115mで掘進した。

終点側の坑口付近が国道455号の直下となり土かぶりが8mと小さいことから、国道部の沈下防止対策として、機械掘削を適用して、AGF、鏡ボルトなどの補助工法も採用したほか、国道の沈下計測の測線、頻度ともに増強した。また危機管理として、片側通行止めなどを早期に行えるよう資材の準備、役割分担を明確にするなど準備を周到に行った結果、若干の沈下は生じたものの、通行止めをかけることなく同区間を掘進し、このたびの貫通に至った。

同トンネルは小本川の支流である長内川で洪水被害が頻発していることから、長内川の洪水流を小本川へ分流するなどを行う河川改修事業の一環として整備され、トンネルの完成により放水路が暫定供用されると3年確率流量について対応可能となる。今後はトンネルに接続する開水路区間(317m)の整備や、下流域の河川改修を進め、30年確率流量に対応可能な整備を行っていくものとしている。

### 長手トンネル貫通

山形県が米沢市長手地内で整備する、主要地方道米沢高畠線(県道1号)、長手トンネルが貫通し、7月23日現地で貫通式が開催された。

同トンネルは、片側歩道の2車線道路トンネルで、延長254m、掘削断面積90.8m<sup>2</sup>を、全断面工法により機械掘削で施工した。昨年末から掘削を開始し、平均月進36m、最大月進49mで貫通させた。

おもに軽石凝灰岩や軽石質細粒凝灰岩の互層からなる地山を湧水や崩落もなく順調に掘進したが、全長の5割強にあたる136mが20m未満の小土かぶり区間であった。とくに終点側の坑口部については、風化帯が分布し、安定度の低い地質であったため、注入式長尺先受け工法を採用して掘削を行った。

同トンネルが位置する米沢高畠線は、置賜地域の中核都市である米沢市米沢駅を基点とし、東置賜郡高畠町に至る17.4kmの路線。長手地区を通過する現道の幅員が十分でなく、冬期の円滑な交通に支障があることなどから、山側に迂回するバイパス道路の一部として同トンネルが整備された。付近の米沢

市東部地区には、工業・産業物流拠点である八幡原中核工業団地とオフィス・アルカディアが立地しており、物流拠点へのアクセス道路として産業の活性化に寄与するほか、付近には学校施設も移転・開校しており、通勤通学における安全性の向上も図られるなど、置賜地域の交通基盤の向上に資するものと期待されている。



写真提供：山形県

## 連載講座

# トンネル保守管理における記録とその活用(3)

## —データベース化・電子化の取り組み(2)—

JTA保守管理小委員会

道路を効果的かつ効率的に維持管理するにあたり、点検、調査、補修・補強の結果や履歴を記録し、台帳・調書を作成するとともに、これらを適切に保存することはきわめて重要である。近年、これらの台帳・調書を電子化して保存、データベース化し、容易に検索・表示・出力できるようにするとともに、点検や補修・補強の実施に伴い随時情報を更新するシステムを構築・利用する事例が増えてきている。ここでは、代表的な各道路管理者が実施しているデータベース化・電子化の取り組みや使用しているシステムについて紹介する。

### 3-5 国土交通省の場合

#### 3-5-1 維持管理の進め方について

直轄国道の道路トンネルの維持管理は、定期的な点検を実施し、変状箇所に対して必要に応じて応急対策を実施するとともに変状発生原因を推定するための調査を実施し、その結果を踏まえて変状箇所に対して必要な本対策を実施するという流れで行われている。

このうち点検については、その実施内容や実施時期などにより日常点検、定期点検、異常時点検および臨時点検とに区分されている。定期的な点検に関しては、トンネル本体工の変状を把握して、利用者被害の可能性のある覆工などのうき・はく離箇所をたたき落として撤去するなどの応急措置を講じ、点検記録を作成し、安全で効果的な維持管理を行うことを目的に、平成14年4月に策定された道路トンネル定期点検要領(案)(道路局国道・

防災課)にもとづいて実施されている。定期点検要領(案)においては、初回定期点検として「近接目視」と「打音検査」を実施することとなっており、2～5年間隔で実施される2回目以降の定期点検として初回定期点検で詳細に把握されている変状を「遠望目視」で照合し、新たな変状箇所や補修・補強工が施された箇所などに対して近接目視と打音検査を実施することとなっている。

#### 3-5-2 道路管理データベースシステムについて

道路管理データベースシステム(以下、「道路管理DBS」という)は、道路管理を迅速かつ効率的に行うために、道路や道路施設に関する情報を、国土交通省全体として全国で統一した考え方のもとに構築したデータベースシステムのことである。道路DBSにおいては、橋梁、舗装、トンネルなどに関する基本的なデータを管理しており、構造諸元などの情報に加え、図面や写真なども関連づけてデータベース化している。

##### (1) システム概要

道路管理DBSは、大きく基幹システムと連携システムの二つで構成されている。

基幹システムには道路や道路施設の基本諸元がデータベース化されており、連携システムには橋梁、舗装、トンネルなどの管理情報がデータベース化されている。

道路管理DBSは、国土交通省各地方整備局の局内サーバに整備されており、地方整備局内だけでなく、LANでつながっている管内事務所、出

張所からもサーバにアクセスし、道路管理DBSを使用できる。

(2) 主な機能

1) 基本台帳の管理

トンネルの基本台帳としては、トンネルの名称、所在地、路線名、延長、土かぶり、高さ、壁面種類、換気方式、完成年などのトンネルの基本諸元や、当該トンネルに設置されている非常用施設の内訳、個数などがトンネルの基本的なデータとして管理されており、これらの情報をもとにトンネル基本台帳(図-9参照)を出力することができる。

2) 点検調査の管理

トンネルの点検調査としては、点検結果総括表、変状概要、全体変状展開図、スパン別変状詳細展開図、変状写真台帳が整備されている。

点検結果総括表においては、定期点検の結果の総括として、点検年月日、使用器具、点検結果の判定区分がA(変状が著しい)とB(変状がある)であるスパン番号や変状部位(アーチ、側壁など)区分、変状の種類(ひび割れ、方向、幅、延長など)などが管理されている。

変状概要においては、主な劣化症状や打音検査の異常箇所、早急な対策が必要なスパン番号などが管理されている。

全体変状展開図においては、トンネル全体についての縮尺1/300~1/400程度の変状展開図が管理されている。

スパン別変状詳細展開図においては、スパン別の詳細な変状展開図がその凡例とともに管理されている(図-10参照)。

変状写真台帳においては、トンネルに発生している変状ごとにスパン番号、部位区分、変状の種類、判定区分、変状写真などが管理されている(図-11参照)。

これら点検調査の情報をもとに任意トンネルの過去の定期点検に対する点検調査の表示・出力や変状データ(全体変状展開図、スパン別変状詳細図、変状写真台帳など)の表示・出力を行うことができる。

3) 調査履歴、補修・補強履歴の管理

トンネルの調査履歴としては、調査年月日、調査の種類、健全度の判定などが管理されている。

| トンネル台帳 (様式-1-1) |                |            |          | [様式-1-2] |           |                   |           |
|-----------------|----------------|------------|----------|----------|-----------|-------------------|-----------|
| フリガナ            | まるまる<br>〇〇トンネル |            |          | 路線名      | 一般国道〇号 現道 |                   |           |
| 所在地             | 自              | 〇〇県〇市      |          | 距離標      | 自         | 百米標 14.5km+距離 8m  | 管轄        |
|                 | 至              | 〇〇県〇市      |          |          | 至         | 百米標 14.7km+距離 91m | 〇〇地方整備局   |
|                 |                |            |          |          |           |                   | コード管理機関   |
|                 |                |            |          |          |           |                   | 〇〇〇〇      |
|                 |                |            |          |          |           |                   | 〇〇〇〇工事事務所 |
|                 |                |            |          |          |           |                   | トンネルコード   |
|                 |                |            |          |          |           |                   | 000000    |
|                 |                |            |          |          |           |                   | 〇〇出張所     |
|                 |                |            |          |          |           |                   | 調製年月日     |
|                 |                |            |          |          |           |                   | 2002/9/1  |
| 分               | コード            | トンネル等級     | B        | 種        | 個数        | 形式                |           |
| 区               | 分              | 上下線共用      | 交通量      | 厚さ       | 4         | 〇〇式               |           |
| 別               | 区              | 一般(無料)     | 壁面種類     | 面積       | 4         | △式                |           |
| 分               | 別              | 陸上トンネル掘削工法 | 覆工(内装なし) | 種        | 0         | *                 |           |
|                 |                |            | 天井種類     | 別        | 2         | 電光式               |           |
|                 |                |            | 覆工(内装なし) | 灯        | 0         | *                 |           |
|                 |                |            |          | 数        | 234       |                   |           |
|                 |                |            |          | 自然・強制の種類 |           |                   |           |
|                 |                |            |          | 方式       | *         |                   |           |
|                 |                |            |          | 台        | 0         |                   |           |
|                 |                |            |          | 数        |           |                   |           |
|                 |                |            |          | 排水設備の種類  |           |                   |           |
|                 |                |            |          | 自然排水     |           |                   |           |
|                 |                |            |          | *        |           |                   |           |
|                 |                |            |          | 種類       |           |                   |           |
|                 |                |            |          | 延長       | 0.0       |                   |           |
|                 |                |            |          | 面積       | 46.9      |                   |           |
|                 |                |            |          | 都道府県     | 〇〇県       |                   |           |
|                 |                |            |          | 市区町村名    | △△市       |                   |           |
|                 |                |            |          | 路線名      | 一般国道〇号    |                   |           |
|                 |                |            |          | 延長       | 5         |                   |           |
|                 |                |            |          | 現況       | 通行制限あり    |                   |           |
|                 |                |            |          | 特記       | 二連トンネル    |                   |           |

図-9 トンネル基本台帳

| 点検調査 スパン別変状詳細展開図 [様式-7]                      |                    |                         |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
|--|--------------------|-------------------------|-----|--|----|-------------------|-----------|----------|----|------------|------|-----|------|-------------------------|-----|---------------|----------|-----|---------------|----------------|-----|-----------------|--------------|-----|----|-----------------|-----|-----------------|--------|-----|-----------|--|-----|----|---------------|-----|--------------------|--|-----|----------|--|-----|------------|--|-----|----------------|--|-----|-------------|--|-----|--------------------|--|-----|-------------|--|-----|------------|--|
| フリガナ   | まるまる<br>〇〇トンネル     |                         | 路線名 | 一般国道〇号 現道  | 管轄 | 〇〇地方建設局           | コード管理機関   | 〇〇〇〇     |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| 所在地  | 自                  | 〇〇県〇市                   |     | 距離標  | 自  | 百米標 14.5km+距離 8m  | 〇〇〇〇工事事務所 | トンネルコード  |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
|  | 至                  | 〇〇県〇市                   |     |  | 至  | 百米標 14.7km+距離 91m | 〇〇出張所     | 000000   |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
|  |                    |                         |     |  |    |                   | 調製年月日     | 2002/9/1 |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| スパン番号 S002 距離標自 14.5km+19.5m 距離標至 14.5km+30m |                    |                         |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| (記入例)  |                    |                         |     | 凡例   |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
|  |                    |                         |     | <table border="1"> <thead> <tr> <th>表示</th> <th>目視点検での変状箇所</th> <th>打音検査</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>---</td> <td>施工目地</td> <td>① 雑音(ノコ音)がし、はく落の可能性がある。</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>ひび割れ(0.3mm)未満</td> <td>② 雑音がある。</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>ひび割れ(0.3mm)以上</td> <td>③ 雑音を発し、反発がある。</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>数個(はく落れ開口幅 5mm)</td> <td>打音検査により推定できる</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>腐蝕</td> <td>はく落れ(はく落れ)の表示方法</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>矢印(突出、凹陥は長さ5mm)</td> <td>打音検査結果</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>コールドジョイント</td> <td></td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>圧ざ</td> <td>(推定できるひび割れ方向)</td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>うき、はく落(インマー打診異常箇所)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>はく落(はく落)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>骨材の露出(豆板脚)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>湧水(湧水径 リットル/分)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>湧水(湧れている部分)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>湧水、水漏、水びり(湧水径 5mm)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>剥離物(道床石灰など)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>---</td> <td>湧水防止工(湧水工)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |    |                   |           |          | 表示 | 目視点検での変状箇所 | 打音検査 | --- | 施工目地 | ① 雑音(ノコ音)がし、はく落の可能性がある。 | --- | ひび割れ(0.3mm)未満 | ② 雑音がある。 | --- | ひび割れ(0.3mm)以上 | ③ 雑音を発し、反発がある。 | --- | 数個(はく落れ開口幅 5mm) | 打音検査により推定できる | --- | 腐蝕 | はく落れ(はく落れ)の表示方法 | --- | 矢印(突出、凹陥は長さ5mm) | 打音検査結果 | --- | コールドジョイント |  | --- | 圧ざ | (推定できるひび割れ方向) | --- | うき、はく落(インマー打診異常箇所) |  | --- | はく落(はく落) |  | --- | 骨材の露出(豆板脚) |  | --- | 湧水(湧水径 リットル/分) |  | --- | 湧水(湧れている部分) |  | --- | 湧水、水漏、水びり(湧水径 5mm) |  | --- | 剥離物(道床石灰など) |  | --- | 湧水防止工(湧水工) |  |
| 表示   | 目視点検での変状箇所         | 打音検査                    |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | 施工目地               | ① 雑音(ノコ音)がし、はく落の可能性がある。 |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | ひび割れ(0.3mm)未満      | ② 雑音がある。                |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | ひび割れ(0.3mm)以上      | ③ 雑音を発し、反発がある。          |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | 数個(はく落れ開口幅 5mm)    | 打音検査により推定できる            |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | 腐蝕                 | はく落れ(はく落れ)の表示方法         |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | 矢印(突出、凹陥は長さ5mm)    | 打音検査結果                  |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | コールドジョイント          |                         |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | 圧ざ                 | (推定できるひび割れ方向)           |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | うき、はく落(インマー打診異常箇所) |                         |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | はく落(はく落)           |                         |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | 骨材の露出(豆板脚)         |                         |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | 湧水(湧水径 リットル/分)     |                         |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | 湧水(湧れている部分)        |                         |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | 湧水、水漏、水びり(湧水径 5mm) |                         |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | 剥離物(道床石灰など)        |                         |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |
| ---  | 湧水防止工(湧水工)         |                         |     |  |    |                   |           |          |    |            |      |     |      |                         |     |               |          |     |               |                |     |                 |              |     |    |                 |     |                 |        |     |           |  |     |    |               |     |                    |  |     |          |  |     |            |  |     |                |  |     |             |  |     |                    |  |     |             |  |     |            |  |

図-10 スパン別変状詳細展開図

| 点検調査 変状写真台帳 [様式-8] |                           |       |     |           |                       |                   |           |          |
|--------------------|---------------------------|-------|-----|-----------|-----------------------|-------------------|-----------|----------|
| フリガナ               | まるまる<br>〇〇トンネル            |       | 路線名 | 一般国道〇号 現道 | 管轄                    | 〇〇地方建設局           | コード管理機関   | 〇〇〇〇     |
| 所在地                | 自                         | 〇〇県〇市 |     | 距離標       | 自                     | 百米標 14.5km+距離 8m  | 〇〇〇〇工事事務所 | トンネルコード  |
|                    | 至                         | 〇〇県〇市 |     |           | 至                     | 百米標 14.7km+距離 91m | 〇〇出張所     | 000000   |
|                    |                           |       |     |           |                       |                   | 調製年月日     | 2002/9/1 |
| 写真番号               | 1                         |       |     | 写真番号      | 3                     |                   |           |          |
| スパン番号              | S002                      | スパン番号 |     | S002      | スパン番号                 |                   | S002      |          |
| 部位区分               | 覆工(アーチ)                   | 部位区分  |     | 側壁(左側)    | 部位区分                  |                   | 側壁(左側)    |          |
| 変状の種類              | ひび割れ                      | 変状の種類 |     | ひび割れ      | 変状の種類                 |                   | ひび割れ      |          |
| 判定区分               | A                         | 判定区分  |     | B         | 判定区分                  |                   | B         |          |
| メモ                 | 濁音がし、ブロック化して落下の恐れがある。     |       |     | メモ        | 幅2~3mm、縦断方向に5.5m連続する。 |                   |           |          |
| 写真番号               | 2                         |       |     | 写真番号      |                       |                   |           |          |
| スパン番号              | S001                      | スパン番号 |     |           | スパン番号                 |                   |           |          |
| 部位区分               | 側壁(左側)                    | 部位区分  |     |           | 部位区分                  |                   |           |          |
| 変状の種類              | ひび割れ                      | 変状の種類 |     |           | 変状の種類                 |                   |           |          |
| 判定区分               | B                         | 判定区分  |     |           | 判定区分                  |                   |           |          |
| メモ                 | 亀甲状に幅1~2mmのひび割れが密に発達している。 |       |     | メモ        |                       |                   |           |          |

図-11 変状写真台帳

補修・補強履歴としては、補修・補強年月日、急対策、調査、本対策の内容を検索・表示・出力スパン番号、補修・補強内容が管理されている。することができる。

これらの情報をもとに任意トンネルの過去の応

(文責：角湯典典/(独)土木研究所)

### 3-6 NEXCO東日本の場合

#### 3-6-1 維持管理の進め方について

NEXCOのトンネルの点検は、『保全点検要領 構造物編』(平成18年4月)にもとづき、完成後の初期状況を把握するために供用開始前に近接目視および打音などにより行う「初期点検」、現状の安全性を日常的に確認するため、交通量区分により4~7日/2週の頻度で、主に車上月視により行う「日常点検」、健全性を把握するため1回/年の頻度で遠望目視により劣化、老朽化を確認する「定期点検」、健全性を把握するため1回/5年の頻度で近接目視および打音などにより詳細な診断を行う「詳細点検」、地震など異常気象時や日常点検の補完として必要に応じて行う「臨時点検」により安全性を確保している。点検は、覆工、坑門、内装工、天井板、排水施設の部位に大別し、ひび割れ、角落、はく離(うき)、漏水、遊離石灰、本体の損傷、ごみ、土砂の堆積などに着目して点検することとなっている。

#### 3-6-2 データベースについて

NEXCOにおいては各種点検結果は通常、トンネル構造物単位で点検報告書(健全度評価)、点検カルテ(履歴・写真)、点検展開図(損傷の詳細)により整理され、「点検データ管理システム」に記録し、管理・保存され、統計処理の効率化、損傷原因の分析、追跡点検の管理、点検や補修・補強の計画立案に活用されている。

詳細点検については、試行的に検討中であるが、トンネルマネジメントシステム(以下、TMSという)に合わせ、トンネル覆工コンクリート表面映像の高性能計測技術(アルゴンレーザ、3CCDデジタルビデオカメラなど)を用いて実施することも近年進められている。今後、点検の効率化、合理化、高度化を図るため、データベース化が図られる計画である。

本記事については、TMSの概要について述べるものである。

##### (1) システム概要

TMSはトンネル構造物としての経年変化を把握するための効率的な点検データの蓄積と併せ、

|   |              |   |
|---|--------------|---|
| ① | ひび割れ点検支援システム | 点検データの効率的な記録保存を行うことを目的とした点検結果の登録機能(Crack Draw21™) |
| ② | 健全度評価システム    | 点検結果および調査結果から現在のトンネルの状況を定量的評価                     |
| ③ | 変状原因推定システム   | 点検結果および調査結果から変状原因の推定を支援                           |
| ④ | 劣化予測システム     | 現在の健全度ランク(または健全度点数)から対象トンネルの余寿命を推定                |
| ⑤ | 対策工選定システム    | 変状原因に対して、適切な対策工の選定を支援(数種類の対策工の選定も可)               |

図-12 トンネルマネジメントシステム(TMS)の概要

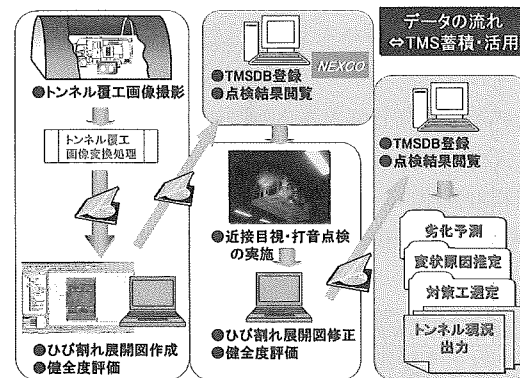


図-13 データの蓄積と活用

ひび割れ形態、遊離石灰や漏水など覆工表面情報から、現状の健全度を評価し、変状原因推定、将来の劣化予測および対策工選定など、計画的な維持管理計画(修繕計画)の立案を支援することを目的とするシステムである(図-12)。

##### (2) 主な機能

TMSには、覆工表面画像・ひび割れ展開図などの点検データの記録を保存する機能、近接目視・打音点検の必要スパンを抽出する機能、点検結果から健全度ランクを判定する機能、現状の健全度点数から余寿命を予測する機能、点検結果などから変状原因の推定・対策工法の選定を支援する機能により成り立っている。イメージ的には図-13示すような流れとなる。

##### 1) 点検データの記録・保存

前述の「点検データ管理システム」に記録される点検データのほか、詳細点検はTMSに記録・保存されることになる。トンネル覆工コンクリート表面映像などのデータは、点検データの効率的な

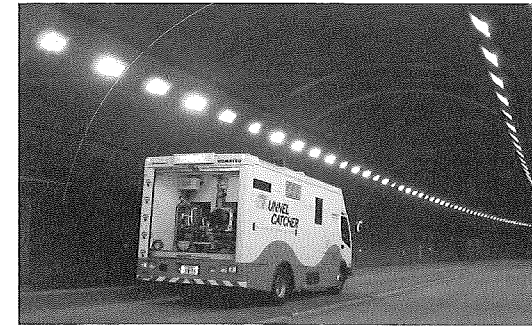


写真-1 覆工表面画像測定車の例

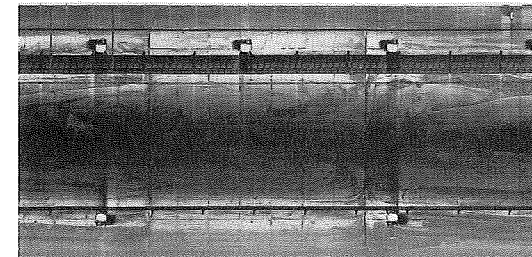


写真-2 覆工撮影画像

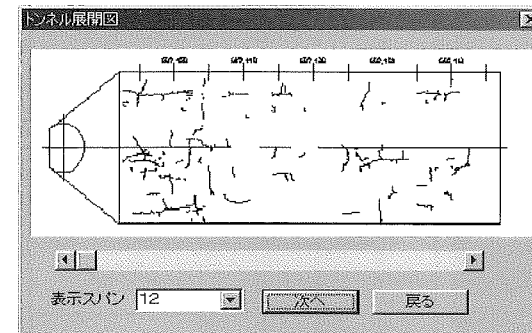


図-14 ひび割れ展開図

な記録保存を行うことを目的とした、ひび割れ点検支援システムに保存される。写真-1に示す測定車などを用いて覆工表面画像(写真-2)が撮影され、それを用いてひび割れ展開図(図-14)の作成の支援を行うとともに、このひび割れ展開図を記録・保存するものである。

##### 2) 健全度ランクの判定

点検結果および調査結果から現在のトンネルの状況を定量的に評価するシステムで「健全度評価システム」と呼んでいる。一次判定として覆工表面画像とひび割れ展開図データより、図-15に示す健全度評価シートを用いて評価を行い、近接目視・打音点検の必要性を判断するほか、二次判定

で近接目視・打音点検結果や調査結果を反映させた評価を行う。

##### 3) 変状原因の推定

点検結果および調査結果からの変状原因の推定を支援するシステムで「変状原因推定システム」と呼んでいる。ひび割れについては、ひび割れの方向や本数、状況などをシステムの間答形式の選択肢に回答することにより原因推定を行うものである。また、劣化についてはシステムに表示される項目にあてはまる変状と条件を確認して原因を選択して行くものである。

##### 4) 余寿命の予測

現在の健全度ランク(健全度評価点数)から対象トンネルの余寿命を推定するシステムで「劣化予測システム」と呼んでいる。劣化曲線は模型実験などにより求めたものであるが、これについては今後のデータ収集・分析により精度向上を図って行く必要がある。

##### 5) 対策工法の選定

変状原因に対して適切な対策工の選定を支援するシステムで「対策工選定システム」と呼んでいる。推定された変状原因より、対象となり得る対策工案がシステムより表示され、対策工の案を選定するものである。

(文責：小山内貴司/東日本高速道路(株))

### 3-7 首都高速の場合

#### 3-7-1 維持管理の進め方について

首都高速道路のトンネル構造物点検は、日常点検、定期点検、臨時点検に大別される。日常点検では、3回/週の巡回点検(車上からの目視点検)を実施し日常的に構造物などの損傷などの状況および落下物などの有無を把握している。また、2回/年の徒歩点検(目視による徒歩点検)を実施し、構造物の損傷状況を把握、確認している。さらに、定期点検として1回/5年の機械足場などを用いた接近点検を実施し、構造物などの損傷状況を定期的に把握している。加えて、1回/年のトンネル防災設備点検を実施し、トンネル水噴霧設備などや併せてトンネル構造物についても点検を実施している。

1. トンネル諸元

|                            |                  |                |
|----------------------------|------------------|----------------|
| レーザ計測実施日: 平成 年 月 日         | 記入日: 平成 年 月 日    | 作成者:           |
| トンネル名: TN(上・下・左・右)   KP: ~ | スパンNo. 断面区分: 一般部 | スパン長: m        |
| 工法: 在来・NATM・他( )           | 設計覆工巻厚: cm       | 補強: 鉄筋・SF・他( ) |

※断面区分: 当該スパンの断面形状の区分(一般部(2車線断面)・非常駐車帯部・その他( ))

2. 特記事項(緊急補修・対策工検討を要する事項)

| 観察項目                        | 評価 | 有無 |
|-----------------------------|----|----|
| 幅2mm程度のひび割れが3m以上ある          |    |    |
| 幅3mm程度以上のひび割れがある            |    |    |
| 打ち継ぎ目に三日月型のひび割れがある          |    |    |
| J.F. 標識等添架施設周辺に放射状のひび割れがある  |    |    |
| 構造上問題があると判断されるひび割れがある       |    |    |
| モルタル系の補修材による既対策箇所がある        |    |    |
| 豆板(ジャンカ)などがあり、浮き・はく落の危険性がある |    |    |

3. データシート

【評価は、スプリングライン間のアーチとして、一括で行う】

| 観察項目                                  | 評価区分  |                      | Check  | 外力   | はく落                          | 備考     |   |
|---------------------------------------|---|----------------------|--|--|------------------------------|--------|---|
|                                       | 数値算出結果の評価   | 画像目視の評価              |  |  |                              |        |   |
| 1. 最大ひび割れ幅<br>(別添参考図参照)               | なし  | なし                   | <input type="checkbox"/>   | 0  | 0                            |        |   |
|                                       | 最大1mm程度がある  | 細め                   | <input type="checkbox"/>   | 4  | 3                            |        |   |
|                                       | 最大2mm程度がある  | 中程度                  | <input checked="" type="checkbox"/>  | 8  | 5                            | 5      |   |
|                                       | 最大3mm程度がある  | 太め                   | <input type="checkbox"/>   | 11   | 8                            |        |   |
|                                       | 最大4mm程度以上   | 非常に太め                | <input type="checkbox"/>   | 15   | 10                           |        |   |
| 2. 最大ひび割れ幅の長さ<br>(連続している箇所)           | 横断  | なし                   | <input type="checkbox"/>   | 0  | 0                            |        |   |
|                                       |   | 1/4アーチ長未満            | <input type="checkbox"/>   | 3  | 1                            |        |   |
|                                       |   | 1/4~1/2アーチ長未満        | <input type="checkbox"/>   | 5  | 3                            |        |   |
|                                       |   | 1/2~1アーチ長未満          | <input type="checkbox"/>   | 8  | 4                            |        |   |
|                                       |   | 1アーチ長                | <input checked="" type="checkbox"/>  | 10   | 10                           | 5      |   |
|                                       | 縦断  | なし                   | <input type="checkbox"/>   | 0  | 0                            |        |   |
|                                       |   | 1/4スパン長未満            | <input type="checkbox"/>   | 6  | 2                            |        |   |
|                                       |   | 1/4~1/2スパン長未満        | <input type="checkbox"/>   | 12   | 3                            |        |   |
|                                       |   | 1/2~1スパン長未満          | <input checked="" type="checkbox"/>  | 17   | 17                           | 5      |   |
|                                       |   | 1スパン長                | <input type="checkbox"/>   | 23   | 6                            |        |   |
| 3. 方向性<br>(別添参考図参照)                   | なし  | なし                   | <input type="checkbox"/>   | 0  | 0                            |        |   |
|                                       | 70%以上が横断方向  | 横断卓越型                | <input type="checkbox"/>   | 4  | 2                            |        |   |
|                                       | 縦横断方向各々50%程度  | 縦横断拮抗型               | <input type="checkbox"/>   | 7  | 4                            |        |   |
| 4. ひび割れの分布                            | なし  | なし                   | <input type="checkbox"/>   | 0  | 0                            |        |   |
|                                       | 密度「~20cm/m <sup>2</sup> 」   | 局部的に発生している           | <input checked="" type="checkbox"/>  | 3  | 3                            | 4      |   |
|                                       | 密度「20~50cm/m <sup>2</sup> 」                                       | 全般に分散し、発生している        | <input type="checkbox"/>   | 7  | 7                            |        |   |
| 5. パターン                               | 亀甲状   | なし                   | <input checked="" type="checkbox"/>  | 0  | 0                            | 0      |   |
|                                       |   | 1m <sup>2</sup> 未満以内 | <input type="checkbox"/>   | 7  | 11                           |        |   |
|                                       |   | 1m <sup>2</sup> 以上   | <input type="checkbox"/>   | 14   | 22                           |        |   |
|                                       | 閉合型   | なし                   | <input type="checkbox"/>   | 0  | 0                            |        |   |
|                                       |   | 長辺20cm未満             | <input checked="" type="checkbox"/>  | 4  | 4                            | 12     |   |
|                                       | 交差・分岐   | なし                   | なし   | <input type="checkbox"/>   | 0                            | 0      |   |
|                                       |   | 5箇所未満                | 少ない  | <input checked="" type="checkbox"/>  | 2                            | 2      | 4 |
|                                       |   | 5~9箇所                | 中程度  | <input type="checkbox"/>   | 3                            | 8      |   |
|                                       |   | 10箇所以上               | 多い   | <input type="checkbox"/>   | 5                            | 12     |   |
|                                       |   | なし                   | なし   | <input type="checkbox"/>   | 0                            | 0      |   |
| 6. 遊離石灰                               | 少ない   | 少ない                  | <input checked="" type="checkbox"/>  | 1  | 1                            | 1      |   |
|                                       | 中程度(散在)   | 中程度                  | <input type="checkbox"/>   | 2  | 2                            |        |   |
|                                       | 多い(全面に分布)   | 多い                   | <input type="checkbox"/>   | 3  | 3                            |        |   |
| 7. 漏水                                 | なし  | なし                   | <input checked="" type="checkbox"/>  | 0  | 0                            | 0      |   |
|                                       | あり  | あり                   | <input type="checkbox"/>   | 2  | 2                            |        |   |
| 【外方健全度】 VI:30以下 V:31~59 60以上:詳細点検B実施  |   |                      | 漏水   | 評価点の合計   |                              | 特記事項から |   |
| 【はく落健全度】 VI:18以下 V:19~35 36以上:詳細点検B実施 |   |                      |  | 56   | 42                           |        |   |
| コメント                                  | <input type="checkbox"/> VI(なし)<br><input type="checkbox"/> あり( ) |                      | <input type="checkbox"/> VI<br><input checked="" type="checkbox"/> V<br><input type="checkbox"/> 点検B | <input type="checkbox"/> VI<br><input checked="" type="checkbox"/> V<br><input type="checkbox"/> 点検B | <input type="checkbox"/> 点検B |        |   |

図-15 健全度評価シート

一方、沈埋トンネルなどの特殊なトンネルは、2回/年の概略点検(接近点検)や1回/5年の詳細点検(計測などを含む)を実施し、沈埋トンネル函体および函体継手部、電気防食(電位差)の測定などを実施している。

3-7-2 MEMTISについて

首都高速道路は、2002年度から保全情報管理システム MEMTIS(Metro-politan Expressway Maintenance Technical Information System(以下、MEMTISという))を導入した。これは、各種構造物、付属施設物、点検、補修履歴などの膨大な情報を一括管理し、必要な情報をタイムリーに活用できるデータベースシステムである。このシステムにより、首都高速道路を総合的に把握し、効率的、合理的に維持管理を行うとともに、点検・補修業務など

を支援し、業務の質的向上と効率化を図っている。以下に、MEMTISの概要について述べる。

(1) システムの概要

MEMTISは図-16に示すように、サーバおよびこれにアクセスするクライアントから構成されている。首都高速本社、各管理局、メンテナンス会社など首都高速グループ各社は、集約されたサー

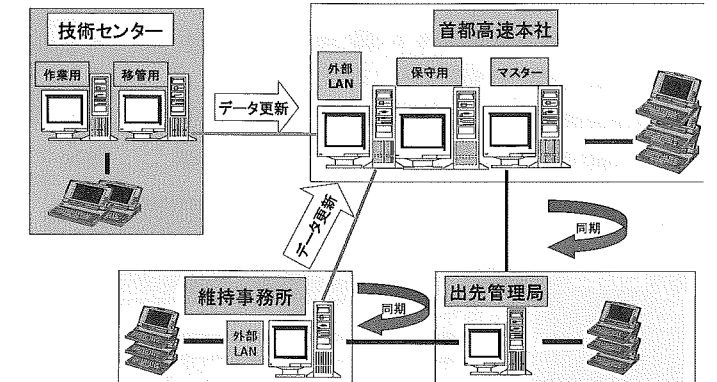


図-16 MEMTISシステム構成

This block contains three screenshots of the MEMTIS software interface. The top screenshot shows a '台帳を選択' (Select Ledger) dialog box with options for '高橋地盤台帳' (Takahashi Foundation Ledger), 'トンネル台帳' (Tunnel Ledger), '隣壁・埋設台帳' (Adjacent Wall/Underground Ledger), and 'ガードレール台帳' (Guardrail Ledger). The middle screenshot shows a '路線を選択' (Select Route) dialog box with options for '高速1号線' (Highway 1st Line), '高速2号線' (Highway 2nd Line), '高速3号線' (Highway 3rd Line), 'その他(東京圏外)' (Others (Outside Tokyo Area)), and '第二維持事務所' (2nd Maintenance Office). The bottom screenshot shows a '該当台帳データ一覧表示' (Display Corresponding Ledger Data List) window with a table of data and a '単票表示' (Display Single Sheet) button.

図-17 MEMTIS機能

ば社内LANやインターネットを通してアクセスしMEMTIS機能を使用することとなる。

(2) 主な機能

職種、路線、台帳名を選択することにより、該当する台帳データを簡単に検索できる(図-17参照)。また、図-18に示すように集計項目、集計キーを自由に設定して集計が可能である。さらに、各台帳から関連する台帳、関連図書、電子データなどを参照することも可能である(図-19参照)。以下に、各台帳について説明する。

1) 管理台帳

管理台帳では、土木、建築、設備、電気通信の

構造物や附属物について路線名や距離標、諸元の情報などを管理することができる。また、路線名と台帳名称から、該当台帳のデータ一覧や該当台帳データの単票を表示できる。

2) 点検履歴台帳

点検履歴台帳では、巡回点検、徒歩・接近点検の定期報告をMEMTISに登録し、補修補強完了まで追跡調査ができるシステムとなっている。補修補強の追跡管理は、専任のデータ管理者が行い、追跡調査結果を随時更新することができる。点検数量の算出、前回点検履歴の確認、未点検箇所の抽出などが表示できる。

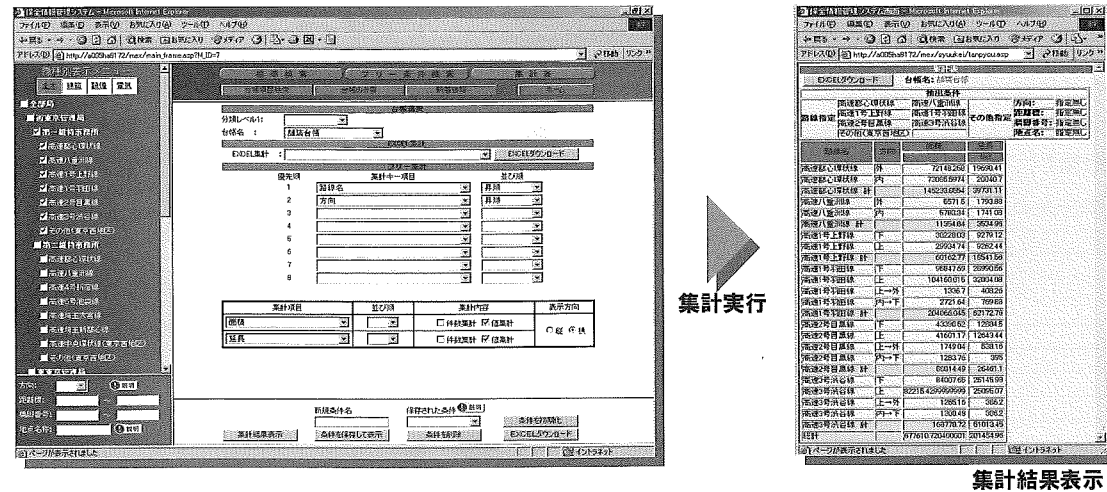


図-18 台帳の集計例

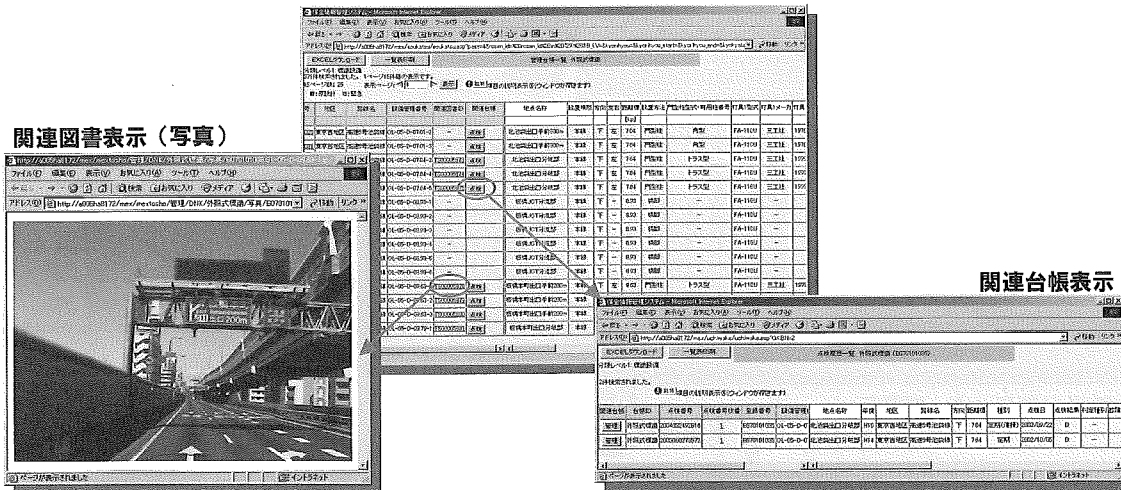


図-19 関連台帳、関連図書の表示例

補強データは、各台帳に項目を設定して管理している。

(3) 運用体系

MEMTISのデータは、点検・補修結果を反映した最新のデータが登録されている。各管理局の工事グループに専任のオペレータを配置し、随時、点検・補修データを更新している。また、図-20に示すように、MEMTIS連絡会議を設けて、データの更新状況やシステム改良状況を定期的に確認している。このほか、MEMTIS連絡会議では、運用上の問題点、改良要望などに対する対策の検討や中期あるいは年間活動計画などを策定している。

加えて、構造物の維持管理を効率的・効果的に進めるため、構造物の資産管理データをはじめ点検結果・補修結果などをデータベース化し、パソコンを活用して、補修計画の策定や計画的な維持管理業務実施の支援、保全業務計画策定、資産の把握、構造物管理用ツールとして活用されている。

(文責：土橋 浩/首都高速道路(株))

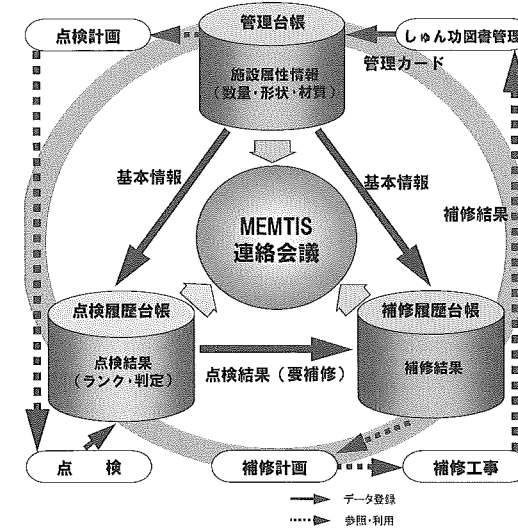


図-20 MEMTIS運用体制

3) 補修履歴台帳

補修履歴台帳では、点検によって登録された損傷などに対して実施された補修・更新履歴を登録しデータの管理を行っている。舗装、伸縮継手、塗装などの補修履歴については専用の補修台帳にデータ登録して管理している、また、桁や床版の

研究論文募集のお知らせ

弊誌「トンネルと地下」では、研究論文(実験、技術開発など)を募集いたします。大学や技術研究所などからの貴重な研究成果を多数お待ちしておりますので奮ってご応募下さい。とくに若手トンネル技術者の技術向上を主眼としておりますので、平易・簡潔にまとめていただくようご配慮のほどお願い致します。なお、応募方法の詳細につきましては26頁に掲載の『投稿原稿応募のご案内』を参照のうえ、ご応募下さい。

問い合わせ先 株式会社 土木工学社 編集部

〒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)

## 工法・技術・製品ニュース

### 工法 マスコンクリート打設温度制御システムの開発



大成建設(株)  
http://www.taisei.co.jp

大成建設は、断面寸法が大きく、セメントの水和熱によるひび割れを生じやすいマスコンクリートの打設時の温度管理手法「冷風水ブレイキングシステム」を開発した。

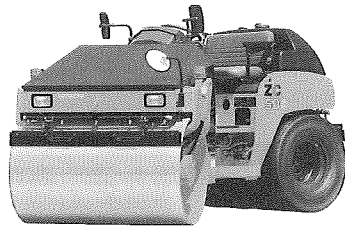
同システムは、生コンプラントにおける材料の保管・製造・運搬・打設の各々の過程で、冷風・冷水を使い、打設時の生コンクリートの温度が目標の温度になるよう統合的に制御するもの。今回、同システムをLPガスの国家備蓄を行う愛媛県の波方基地プロパン貯槽工事(発注者：(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機

構)のマスコンクリート打設に適用し、事前の解析で求められた最適打設温度を36時間維持した打設を実現することで有効性を検証した。

同システムは日中気温が上昇する環境でも安定した設定温度でのコンクリート打設が可能だけでなく、すべての材料が過冷却状態になることがないため混和材量を複数使用する場合でも均質で安定した品質が保証できるものとなっている。

同社では、今後、地下タンク施設など重要コンクリート構造物への適用を図っていく予定としている。

### 製品 ZC35C, ZC50C振動ローラを発売



ZC50C  
日立建機(株)コーポレートコミュニケーション部広報グループ  
TEL: 03-3830-8065  
http://www.hitachi-kenki.co.jp

日立建機は、ZC35C, ZC50C振動ローラ2機種の販売を開始した。

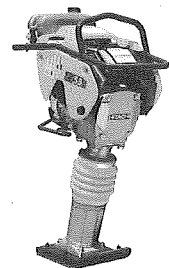
両機はそれぞれ、CC135C-3AおよびCC150C-3Aの後継機で、コンバインド型(前輪は鉄のドラム、後輪はタイヤ)となっている。

乗り降りが楽なヒューマンステップを採用し、コンパクトかつ低重心の設計で視界が良く、スムーズな発進停止ができる独自仕様のHST制御を採用し、運転席から計器パネルの

ダッシュボードまでの距離を従来機に比べ10%拡げるなど改良を加え安全、快適な操作性を実現した。また調整機能の付いた2段跳ね上げ式スクレーパの採用するなど、使いやすさも向上させている。

さらに、オフロード法の排出ガス第3次規制値をクリアし、国土交通省指定の超低騒音型建設機械の基準値もクリアするなど環境に優しい道路建設機械とした。

### 製品 ZV55R, ZV65Rランマを発売



ZV55R  
(株)日立建機カミーノ営業本部  
TEL: 0480-68-5211  
http://www.hitachi-kenki.co.jp/camino/

日立建機カミーノは、ZV55R, ZV65Rランマの2機種を発売した。

両機はそれぞれTV55DFWおよびTV65DFWの後継機で、基本性能を大幅に向上させたフルモデルチェンジ機。高い転圧能力(打撃力)と優れた作業性(低振動・高推進力)の両立を実現した。小型締めめ機械として、管工事や道路工事など、幅広い現場での活躍が期待される。

従来機に比べ、打撃力を向上させ

るとともに、手元振動を-35%と大幅に低減させたほか、底板振幅の前進・垂直の推進力を増加させ、推進性能や転圧能力を向上させた。

また、操作性と整備性を向上させるため、操作しやすいアクセルレバーや免振性の高い防振ゴムをハンドルに採用して疲れにくいハンドルとするとともに、エンジンストップスイッチを手元に配置し、レベルゲージも装備するなどした。

## トンネルワールドニュース

(社)日本トンネル技術協会  
国際委員会

### ロビンス社製2台のTBMが小土かぶりの地下鉄トンネルを掘進

ロビンス社は、中国、重慶(チョンチン)市にて、地下鉄掘削に用いる2台のTBMを発進させた。

重慶市にて最初の硬岩掘削を行う外径6.4m, 2台のオープン型TBMは、現在、延長12kmの双設トンネルとなる重慶市地下鉄6号線を掘進中である。

掘削は、土かぶりが10~60m、一軸圧縮強度12~50MPaの砂岩を対象としている。

ロビンス社は、「トンネル路線中には、ロックボルト、750mmピッチの鋼製支保工、金網、吹付けコンクリートからなる一次支保が求められ、地山を支持する施工法としては煩雑なものになる。また、トンネル線形は、多くの曲線を含み、最小曲線半径は400mになる」と述べている。

ロビンス社の国際営業部長であるスティーブ・チャーリー氏は、「本工事は、鋼製支保工とロックボルトを設置しながら、縦断および平面的な急曲線を施工し、良好な進捗率を得ることが一つの課題となっている。」と述べた。

設計上の特徴として、TBM後方設備は、インバート上方1.2mの高さに設けた鋼材によって支持される。これにより、TBM後方にて、掘削残土や支保工材料を運搬するずり鋼車の走行に複線軌道を適用することができた。また、坑内排水は、TBM後方設備下方のインバートに設けることができた。

2台のTBMは、中国でもっとも人口の多い都市のひとつである重慶市で組み立てられ、同じ側の発進坑口から掘削を開始した。

1台目のTBMは、2009年12月11日、坑内に設

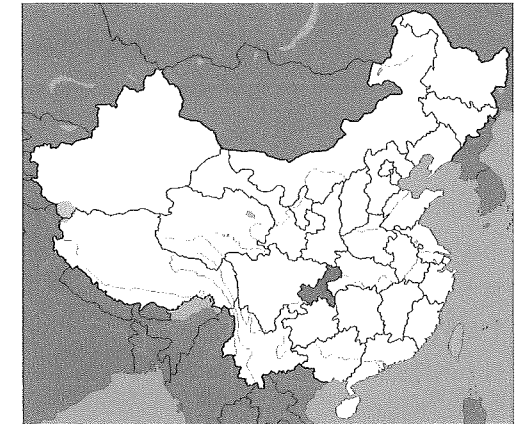


図-1 重慶市の位置(中国)

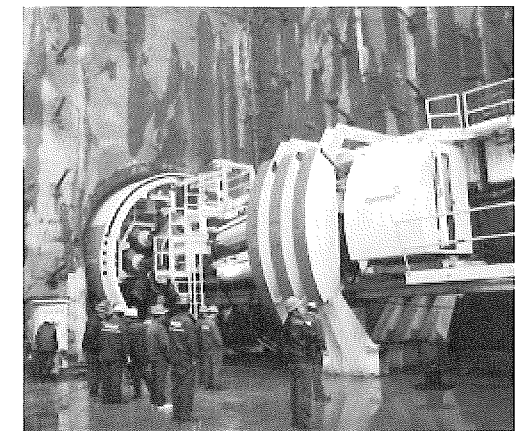


図-2 発進状況

けられた移動式架台から発進した。翌月には、2台目のTBMが発進した。TBMは両方とも、土かぶり約20mの部分掘削し、2010年2月下旬までに、延長800mと420mに達した。

(WT '10.4 担当:西川和良・三井住友建設(株))

### TWDTの掘削が始まる

香港のTsuen Wan雨水排水トンネル(TWDT)が先月掘削を開始した。

Seli社のダブルシールドTBMは、後続台車を組み立てる作業空間を確保するために、発進台へセットされた。

このプロジェクトはSeli社らのJVによって実施される。

TWDTは火山帯のTai Po花崗閃緑岩(水晶化した凝灰岩を含む非常に強く粗い非風化岩石)や

種々の岩盤(玄武岩, 流紋岩, きめの細かい花崗岩, クォーツ)の中を掘る。これらの岩石の高強度と耐摩耗性そしてブロック状で高密度な岩盤の存在を考えると, TBMの施工条件は厳しいものとなる。

掘削前にグラウト注入する区間では, セグメントの指定された漏水量の管理基準を満たすことが要求される。

TWDTは, 厚さ300mmのRCセグメントを用いて最小内径6.5mで長さ5.1kmの円形トンネルを建設することになる。

TBMは, 硬質な地山に対処するための丈夫なカッタヘッドと, 切羽前方の岩石と地下水を探索するための調査ドリルを装備している。ヘッドには19インチ(482mm)のカッタが47本装備されており, 315kWの8基のモーターによって推進される。TBMの切削トルクは, 6,600kN・mである。

TWDTは, 香港北方にある三つの谷の豪雨による急激な水流を抑制し, Tsuen Wan地区の洪水リスクを軽減することになる。

(T&TI '10.4 担当:岡村光政・戸田建設(株))

### ロピンスTBMラオス水力発電プロジェクトで始動

東南アジア・ラオスのTheun Hinboun水力発電所増設工事において, この国で初めてとなるTBM工法によるトンネル掘進が開始された。

請負者のCMC di Ravenna社はトンネル地質と特別仕様の二次覆工に適応させるためにRob-

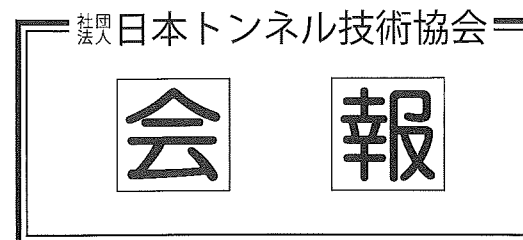
bins社の直径7.6mシングル型シールドを選定した。このシールドは押し出し性地山の掘進に適応できるように可動式のオーバーカッタを装備しており, 地山を100mm余掘りしながら掘進できるとRobbins社の広報担当は説明した。トンネルの地質縦断は砂岩層やシルト岩, 泥岩層で形成されている。トンネルの支保と二次覆工を兼ねて厚さ280mmのコンクリートセグメント(5ピース+1キー)が使用されるが最終の仕上がり内径は6.9mとなる。

このシールドは米国で製作・組立てされ, 現場にはメコン川の最大の支流であるNam Tsuen川を使って水上輸送された。現場での発進準備工事は経験者による施工により大きな問題がなく完了した。

CMC di Ravenna社の極東責任者(Luca Barbara氏)によると現在のところ掘進速度は20m/日だがさらに30m/日には達すると期待している。

この5.5kmのトンネル工事を含む発電所の所有者はTheun Hinboun社で, ラオス政府とノルウェーの建設会社Statkraft社, さらにはタイのGMS電力の合弁会社である。Theun Hinboun水力発電所の増設工事で発電量は現在の220MWから2倍の440MWになる。このプロジェクトではトンネル工事のほかに堤高70mのコンクリートダム工事の準備工を開始している。このダム工区では現在NamTheun川の転流工を施工しておりコンクリート打設開始は2010年2月の予定である。

(WT '10.5 篠原慶二・前田建設工業(株))



### 1. 会員の現状

|       | 7月31日現在 |
|-------|---------|
| 正 会 員 | 1,738名  |
| 団体会員  | 368名    |
| 個人会員  | 1,370名  |

### 2. 委員会の開催状況(7月1日~31日)

#### ①運営広報関係委員会

##### ◎総務委員会

##### 広報小委員会誌WG(7/7)

大島洋志主査ほか14名, 8月号の会誌と3か月計画を検討

##### ◎国際委員会

##### 海外文献小委員会海外ニュースWG(7/26)

早坂治敏主査ほか7名, 海外ニュースを翻訳

##### ◎事業委員会

##### 打合せ会(7/7)

平田稔委員ほか11名, 施工体験発表会(山岳)論文選考とプログラムを検討

##### 打合せ会(7/7)

久多羅木委員ほか6名, 施工体験発表会(都市)論

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

文選考とプログラムを検討

#### 委員会(7/8)

桑原彌介委員長ほか20名, 催物開催結果報告, 催物計画を検討

計 5回開催 63名出席

#### ②調査研究関係委員会

##### ◎技術委員会

##### 都市トンネル小委員会格言編集WG(7/5)

栗原謙一郎主査ほか5名, 格言内容を検討

##### 山岳工法小委員会支保WG(7/9)

深沢成年主査ほか17名, インバートに関する検討報告書を確認

##### 保守管理小委員会(7/15)

伊藤泰司委員長ほか14名, 保守管理困難事例をヒヤリング

##### 共通技術小委員会(7/27)

中山範一委員長ほか11名, 海外工事における諸問題をヒヤリング

##### ◎受託研究特別委員会

##### 地下トンネル塩化物対策特別委員会(7/12)

大即信明委員長ほか27名, 作業計画および現状を検討

##### 相鉄・JR・東急直通線トンネル検討委員会(7/28)

小山幸則委員長ほか35名, 施工法を検討

計 6回開催 115名出席

合計 11回開催 178名出席

### 続きみの庭にも温泉が出る

その後の温泉開発と建設の考え方

石井康夫・俣野恭寛 共著 新書判 217頁 本体定価 1,200円 (〒210円)



株式 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

4. 平成22年度催物開催現況

| 催物名                            | 開催日           | 人数  | 場所     | CPD取得単位 |
|--------------------------------|---------------|-----|--------|---------|
| <b>(見学会)</b>                   |               |     |        |         |
| 北海道新幹線本州方津軽蓬田トンネル現場研修会         | 2010. 6. 4    | 38  | 青森県    | 2.0     |
| 調布駅付近連続立体交差現場研修会               | 2010. 6.18    | 28  | 東京都    | 2.0     |
| 京極発電所工事現場研修会                   | 2010. 7.23    | 25  | 北海道    | 4.0     |
| 中央環状品川線トンネル工事現場研修会             | 2010. 7.30    | 38  | 東京都    | 3.3     |
| 東九州自動車道トンネル工事現場研修会             | 2010. 9.29    | 25  | 福岡・大分県 | 3.5     |
| <b>(施工体験発表会)</b>               |               |     |        |         |
| 第66回(山岳)「山岳トンネルにおける創意工夫事例」     | 2010.11. 1    | 200 | 東京都    | 5.9     |
| 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」 | 2010.11. 2    | 200 | 東京都    | 5.9     |
| <b>(講演、講習会)</b>                |               |     |        |         |
| 第13回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)     | 2010.11.11,12 | 30  | 東京都    |         |
| 第14回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)   | 2010.11.18,19 | 30  | 東京都    |         |

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ご覧くださいようご案内します。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](http://www.japan-tunnel.org/event_japan)

5. 頒布図書を紹介

現場技術者のための「シールド工事の施工に関するQ&A」〈図書番号200903〉

(体裁：A4判，150頁，平成21年7月発刊)

■個人会員2,500円 ■団体会員2,500円 ■一般3,000円(消費税込み，送料実費負担)

本書は、本誌に連載した「シールド工事の施工に関するQ&A」に加筆，整理をして書籍化したものです。シールド工法に関係する技術者や設計者が日常疑問に感じている点や一般の書物には掲載されていないノウハウなどをQ&A方式でまとめています。なお，読者の対象を現場技術者と若い技術者としており内容もわかりやすいようになっています。

〈構成〉( )内はQ&Aの掲載数

- |                   |                    |                 |
|-------------------|--------------------|-----------------|
| 1 掘進設備(4)         | 2 測量(3)            | 3 発進・到達工(7)     |
| 4 掘進管理(5)         | 5 一次覆工管理(2)        | 6 裏込注入管理(3)     |
| 7 泥水式シールドの泥水管理(3) | 8 土圧式シールドの添加剤管理(2) | 9 環境対策(3)       |
| 10 急曲線対策(4)       | 11 近接施工(4)         | 12 大深度・長距離施工(3) |
| 13 障害物対策(4)       |                    |                 |

現場技術者のための吹付けコンクリート・ロックボルト 〈図書番号200501〉

(体裁：A4判，531頁，平成17年3月発刊)

■個人会員5,000円 ■団体会員6,000円 ■一般7,200円(消費税込み，送料実費負担)

本書は、これまで委員会で検討した吹付けコンクリート・ロックボルトの集大成となっています。吹付けコンクリートとロックボルトの理論から設計，施工，施工管理にいたるまでを記述しているとともに両者の共通事項である計測，特殊な条件下のトンネル支保の事例，および覆工コンクリートを省略したシングルシェルライニングについても記載しています。現場技術者はもとより工事計画・発注担当者などトンネル工事等実務に携わるすべての技術者にとって，日々の業務の参考書として十分期待に応えられるものと確信いたします。

〈構成〉

- |                  |               |                  |
|------------------|---------------|------------------|
| 第1編 山岳トンネルにおける支保 | 第2編 吹付けコンクリート | 第3編 ロックボルト       |
| 第4編 観察および計測      | 第5編 特殊トンネルの支保 | 第6編 シングルシェルライニング |

第66回(山岳)および第67回(都市)施工体験発表会開催のご案内

恒例の施工体験発表会を下記により開催することといたしました。今回は第66回(山岳)「山岳トンネルにおける創意工夫事例(特殊条件下，高耐久性，超大断面，環境対策，など)」14件，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」14件であり，別紙プログラムにもありますようにトンネル工事関係者にとりましては，施工における種々の現場事例を通じて技術力向上のよい機会であると存じますので，多数ご参加下さいますようご案内申し上げます。なお，本発表会は(社)土木学会のCPDプログラムに認定されているほか，土木学会トンネル工学委員会後援事業でもありますことを申し添えます。

開催場所：北の丸公園 科学技術館地下「サイエンスホール」(案内図参照)

開催日：第66回(山岳)施工体験発表会 平成22年11月1日(月)

第67回(都市)施工体験発表会 平成22年11月2日(火)

定員：各200名

参加費：第66回，第67回それぞれ個人会員12,000円，団体会員15,000円，一般18,000円

申し込み方法：この案内文書添付の申し込み用紙に記載のうえ，郵送またはFAXをもってお申し込み下さい。電話での申し込みは受付けませんので，ご了承願います。

社団法人日本トンネル技術協会 施工体験発表会係 FAX：03-3553-6145

支払い方法：上記お申し込みののち，郵便振替用紙通信欄に行事名と参加者氏名，受付番号を記入のうえ下記へお振込み願います。現金書留でも結構です。

郵便振替口座 00160-7-196331 社団法人日本トンネル技術協会

その他：①参加費の払戻しはいたしかねますが，代理参加は差し支えありません。

②テキストを事前に送付いたしますので，住所等は必ずご記入願います。

③下記申し込みにかかわる個人情報につきましては，他に利用するものではありません。

問い合わせ先：社団法人日本トンネル技術協会 施工体験発表会係 TEL：03-3553-6174

| 第66回(山岳)，第67回(都市)施工体験発表会申込書(参加する回を○で囲んで下さい) |    |    |   |     |
|---|----|----|---|-----|
| ふりがな  | 氏名 | 年齢 | 才 | TEL |
|   |    |    |   | - - |
| 会社名   |    |    |   |     |
| 所属役職  |    |    |   |     |
| 会社住所 〒 -                                    |    |    |   |     |

### 会場案内図

科学技術館 サイエンスホール(地下2F)  
千代田区北の丸公園2-1 TEL：03-3212-8485

地下鉄東西線「竹橋」駅下車 1b出口  
徒歩約7分(北の丸公園内)

地下鉄東西線/半蔵門線/新宿線  
「九段下」駅下車 2番出口  
徒歩約7分(北の丸公園内)

## 第66回(山岳)施工体験発表会プログラム

開催日：平成22年11月1日(月)

- 司会 飛島建設(株)土木事業本部土木技術部部長〈事業委員会委員〉 松原 利之
- 9:30 開会挨拶 日本交通技術(株)相談役〈事業委員会委員長〉 桑原 彌介
- 9:35 大規模地すべりにおけるトンネル安定確保と地すべりへの影響低減対策  
—北海道横断自動車道占冠トンネル東工事—  
前田建設工業(株)土木事業本部営業部マネージャー 本藤 敦
- 10:00 最小土被り35cmで既設道路と近接交差するトンネル施工  
—県道広域営農道整備事業(京築三期地区)トンネル新設工事—  
西松建設(株)土木部設計課係長 亀谷 秀樹
- 10:25 覆工コンクリートのひび割れゼロを目指す—前田覆工マルチ工法—  
前田建設工業(株)土木事業本部土木部トンネルグループリーダー 鈴木 淳一
- 10:50 【休憩】
- 司会 (株)大林組生産技術本部トンネル技術部部長〈事業委員会委員〉 居相 好信
- 11:00 小土被り土砂NATMによる構造物近接施工—城山八王子トンネル(その1)工事—  
鹿島建設(株)横浜支店城山八王子トンネルJV工事事務所工事係 佐藤 崇洋
- 11:25 環境に配慮した住宅直下でのトンネル施工—一級河川安永トンネル新設工事(水蔵工区)—  
間・大啓建設共同企業体工事課長 初山 雅彦
- 11:50 碎石場跡地の軟弱埋戻し地山における山岳トンネルの設計と施工  
鴻池組・本間組・矢作建設工業共同企業体出流原工事副所長 宮本 武司
- 12:15 【昼食】
- 司会 戸田建設(株)土木本部土木工事技術部技術一課長〈事業委員会委員〉 岡村 光政
- 13:15 周辺水環境などに配慮し中央導坑方式で石灰岩層を掘削  
—四国横断自動車道齒長山トンネル工事— 五洋建設(株)名古屋支店工事所長 成瀬 哲哉
- 13:40 大深度立坑施工に油圧ジャッキ昇降式スカフォードを採用してコスト縮減  
—大月桂台エレベータ施設— 清水建設(株)関東支店土木部工事長 清水 邦英
- 14:05 山岳トンネル覆工コンクリートのひび割れ防止対策について  
(株)奥村組西日本支社土木技術部主任 倉田 桂政
- 14:30 トンネル交点部縦坑3連貯水槽の解析検討と計測結果  
戸田建設(株)名古屋支店土木部工事課高丘T(南)他工事副所長 戸田 一生
- 14:55 【休憩】
- 司会 (株)間組土木事業本部技術第三部長〈事業委員会委員〉 鈴木 雅行
- 15:05 大断面トンネルにおける脚部沈下抑制—第二東名高速道路島田第一トンネル—  
(株)大林組北陸支店氷見第11トンネル工事事務所主任 下村 哲雄
- 15:30 並列トンネルにおけるズリ処理システムの開発  
飛島建設(株)西日本土木支社中四国土木事業部大万木トンネル作業所副主任 渡辺 暁
- 15:55 トンネル上部の明かり掘削の影響を考慮した大断面トンネルの施工  
—首都圏中央連絡自動車道南浅川トンネル工事—  
大成建設(株)千葉支店圏央道小西作業所課長代理 西本 和行
- 16:20 供用中の既設トンネルとの最少離隔1mでトンネル施工  
大日本・金子特定建設工事共同企業体所長 増田 光泉
- 16:45 閉会

## 第67回(都市)施工体験発表会プログラム

開催日：平成22年11月2日(火)

- 司会 東亜建設工業(株)土木事業本部技術部長〈事業委員会委員〉 久多羅木吉治
- 9:30 開会挨拶 日本交通技術(株)相談役〈事業委員会委員長〉 桑原 彌介
- 9:35 営業線直下における小土被り・超近接シールドトンネルの計測管理と施工  
(株)大林組本社土木本部生産技術本部技術第三課 久末 賢一
- 10:00 営業線直下にアンダーピニングにより通路築造  
東京地下鉄(株)第二工事事務所第一担当統括改良建設係 郡山 剛
- 10:25 長距離小口径シールドトンネルにおける高速施工—新根岸幹線シールド工事—  
清水建設(株)土木横浜支店新根岸シールド工事事務所所長 神保 誠二
- 10:50 【休憩】
- 司会 鉄建建設(株)土木本部土木工事部部長〈事業委員会委員〉 城本 政雄
- 11:00 営業線軌道直下における大規模掘削工事の施工実績—京王線調布駅地下化工事報告—  
鹿島・京王・東亜・林建設共同企業体京王調布JV工事事務所課長代理 渋谷 厚介
- 11:25 重要構造物横断・急曲線・岩盤地山での小口径シールドトンネルの施工  
(株)熊谷組名古屋支店岡崎本宿作業所所長 平石 富茂
- 11:50 側壁合成土留壁を用いた開削トンネルの施工  
阪神高速道路(株)建設事業本部大阪建設部淀川左岸線建設事務所主任 杉本 学
- 12:15 【昼食】
- 司会 (株)熊谷組土木事業本部シールド技術部長〈事業委員会委員〉 金田 則夫
- 13:15 P&PC セグメントの長距離施工と幹線道路直下での異径地中接合  
三井住友建設(株)大阪支店土木部作業所所長 津嘉山 淳
- 13:40 営業線直下におけるダブルエレメントを使用した低土被りHEP&JESの施工  
—JR横浜線打越踏切立体交差化工事—  
鉄建・不動テトラ建設共同企業体打越作業所所長 加藤 義文
- 14:05 泥土圧シールドによる想定外の巨礫を含んだ土質の施工実績  
(株)間組東北支店仙台原町シールド作業所工事主任 三山 敬広
- 14:30 近接したトンネルの函体推進工法による同時施工—東京外かく環状道路小塚山トンネル工事—  
小塚山トンネル鹿島・西松特定建設工事共同企業体所長 平 和男
- 14:55 【休憩】
- 司会 東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部工事課課長〈事業委員会委員〉 天井 永人
- 15:05 土質急変地点での重要構造物下通過に対する安全対策  
(株)奥村組西日本支社彦根松原シールドJV工事事務所所長 吉岡 徹
- 15:30 リバース掘削を適用した狭隘地での大深度避難出口立坑の施工  
(株)間組関東土木支店大橋出張所主任 川畑 卓士
- 15:55 大断面かつ急曲線シールドによる下水道トンネル工事—勝島ポンプ所流入管渠—  
前田建設工業(株)東京支店立会川作業所工事課長 増田 昌昭
- 16:20 泥水推進仮面板閉塞における解除事例(南部幹線用水路その47工事)  
戸田建設(株)名古屋支店土木工事部工事課 水澤 陽介
- 16:45 閉会

## 10月号予告[10月1日発売予定]

- 北海道新幹線 津軽蓬田トンネル
- 北関東自動車道 出流原トンネル(施工編)
- 常磐自動車道 原町トンネル
- 臨港道路空港線 那覇沈埋トンネル
- 東京都下水道 文京区根津一丁目、千駄木二丁目付近再構築

## 【連載講座】

- ずり処理入門(10)
- トンネル保守管理における記録とその活用(4)  
\*内容等は変更になる場合がございます

## 編集後記

◆気象庁の発表によると、2010年6月の世界の月平均気温(陸地の地表付近の気温と海面水温の平均)が、統計を開始した1891年以降最高値を記録したそうです。要因として二酸化炭素などの温室効果ガスによる地球温暖化の影響や春まで続いたエルニーニョ現象による影響のほか、十年〜数十年程度の時間規模でくり返される自然変動が重なったためとされています。

◆ロシアでは、記録的な暑さに見舞われ、1日の平均気温が平年より9〜10度も高い状態が長く続き、エアコンのない地下鉄では乗客に死者もでたようです。また、猛暑による森林火災の被害が拡大し、非常事態宣言がだされました。

◆中国では大雨が続き、多くの方が死亡または行方不明となりました。また、世界最大の三峡ダムは過去最多の水が流れ込み、長江では1987年以来で最大規模の洪水被害により、被災者は1億人を超え、倒壊した家屋は約数十万軒に上っています。

◆一方、南米各地では、寒波より降雪記録がない地域で雪が降り、吹雪による停電で交通が止まり町が孤立し、寒さにより家畜が死ぬなど甚大な損害を与えています。

◆わが国も九州や中国地方で局地的な大雨により土石流が発生し、多くの被害がでました。公共工事が削減されていますが、このような気象条件に対応するため新しい基準で国土の再整備が必要ではないでしょうか。

(K.Y)

★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(株)土木工学社までご連絡ください。

★(社)日本トンネル技術協会会員の方の住所(送付先)変更は直接(社)日本トンネル技術協会へご連絡ください。

## トンネルと地下

第41巻 第9号 [通巻481号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成22年8月20日 印刷

平成22年9月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

## 本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

## 購読料

1冊 1,575円(送料108円)  
(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

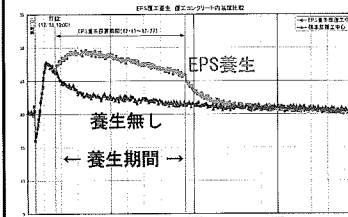
## 本誌広告のお申し込み方法

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

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

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

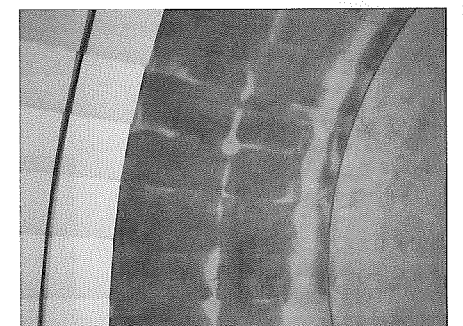
|                        | 養生無し | EPS養生 |
|------------------------|------|-------|
| 反発度(平均)                | 33.8 | 36.3  |
| 推定強度 N/mm <sup>2</sup> | 24.9 | 28.1  |
| 強度比                    | 1.0  | 1.13  |

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、表面の硬さ(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



株式会社 不動テトラ

FUDOTETRA

建設本部

〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7番2号

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

特許登録番号第3977849号



大栄工機株式会社

〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地

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

【営業品目】

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

実施権許諾第10396号



QJ 01466/ISO 9001:2000

わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修  
1,500円+税 B5判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修  
2,500円+税 B5判

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



推進工法の理論と実際

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

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



わかりやすい土质地質学

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。



セグメントの新技术

小泉淳 監修  
2,000円+税 B5判

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



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・侯野恭寛 共著  
1,200円+税 新書判

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



建設工事の保安地質学 (改訂版)

石井康夫 著  
6,000円+税 A5判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著  
4,757円+税 B5判

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



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編  
4,660円+税 B5判

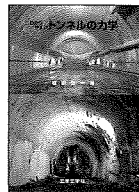
シールド工法について変遷から将来の開発の動向にいたるまで広範にわたり掲載した。シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた。



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。



地下水の科学 I~III (全3巻)

P.A. ドミニコ・E.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

ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロント研究会 編  
14,573円+税 B5判

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



ジオテキスタイル設計マニュアル

T. A. Haliburton・J. D. Lawmaker・V. C. 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。



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著  
4,300円+税 A5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田孝 共著  
3,200円+税 A5判

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



岩盤の計測と解析

鈴木光 著  
4,200円+税 A5判

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



わかりやすいトンネル技術入門 (都市トンネル編)

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著  
2,800円+税 A5判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著  
3,400円+税 A5判

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



トンネルと地下

1,500円+税 B5判 月刊(毎月1日発売)

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



書籍のお申し込み

ご注文は当社へFAXまたは、書店にてお申し込みください。FAX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。

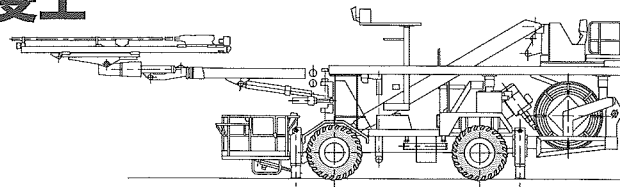
株式会社 土木工学社

〒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

# 環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

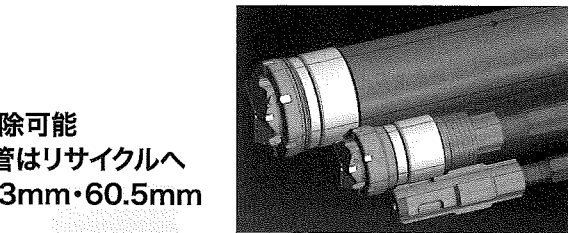
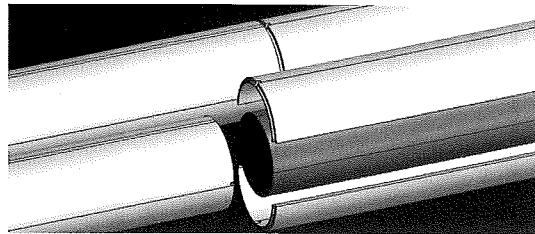
All Ground Fastening;  
Long-Distance, Fore-Pilling Method



## 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。



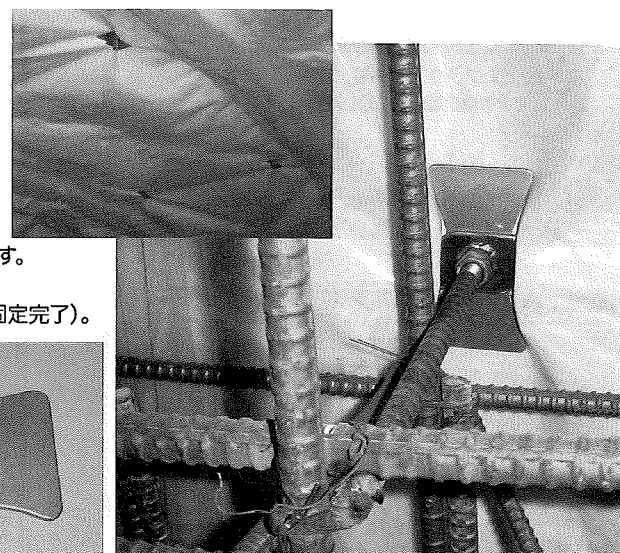
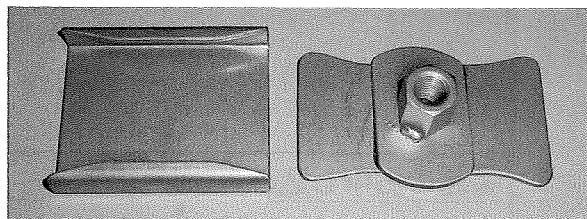
## 防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

### TKグリップ

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

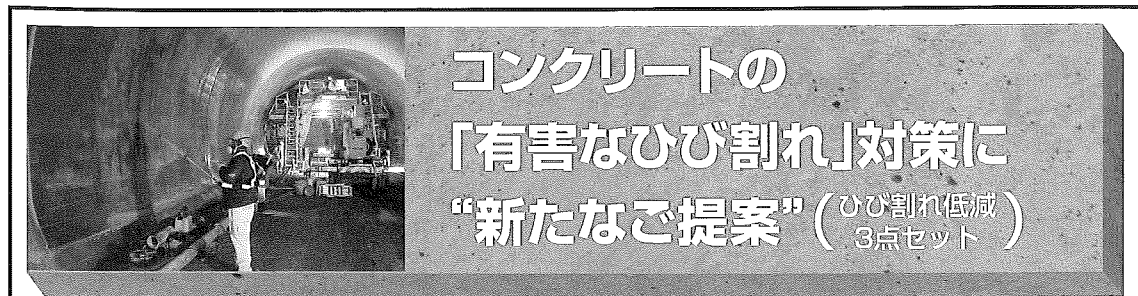
固定方法は3ステップ

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



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

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



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

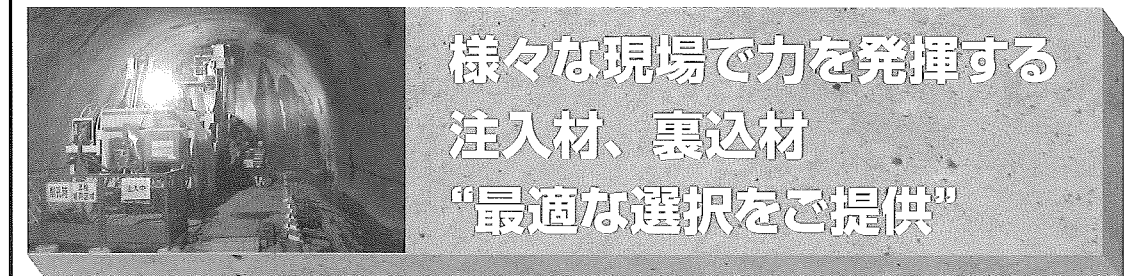
補強効果によるひび割れ幅低減

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