

信頼の品質

## 技術提案に好適!! デンカの特種混和材

デンカの液体急結剤  
初期強度発現がバツグン  
《デンカクリアショット》

NETIS:KT-080020

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

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

優れた低粉じん吹付け

《デンカスラリーショット》

デンカナトミックUS-32  
デンカナトミックUS-50

《粉じん低減剤》  
デンカクリアップ2

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

実績の粉体急結剤

一般吹付け・高品質吹付け  
デンカナトミックTYPE-5

高強度吹付け  
デンカナトミックTYPE-10

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

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

覆工コンクリート  
ひび割れ抑制・耐久性向上

コンクリート用膨張材  
デンカパワーCSA

有機無機複合型被膜養生剤  
デンカクラッコフ

コンクリート補強用合成繊維  
STRUX 85/50L

- ・高品質な覆工コンクリートが得られます

◆トンネル関連製品

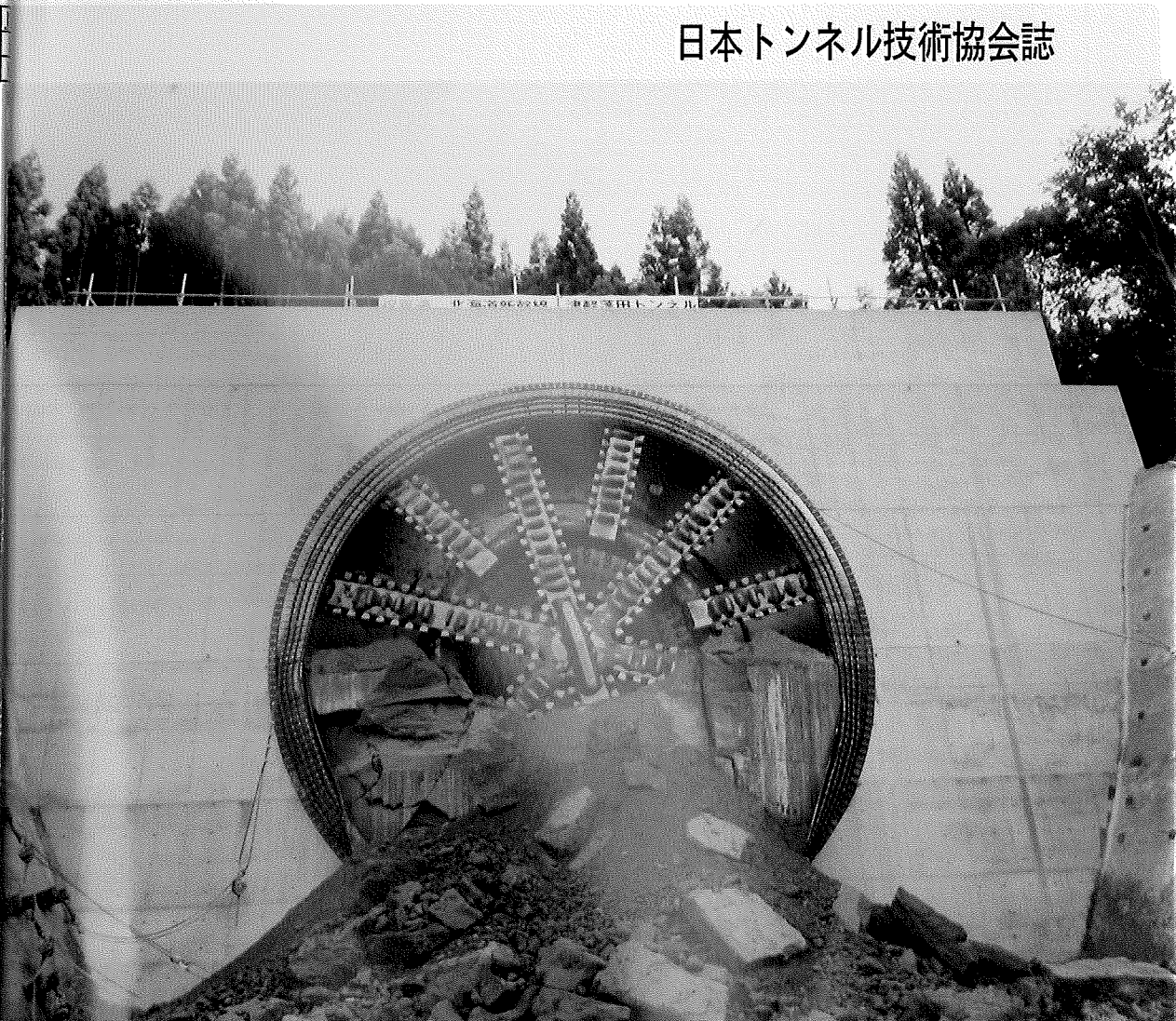
- ・デンカPFモルタル、PFモルタルTYPE-K・・・小断面・TBM用吹付けモルタル
- ・デンカライフセッター・・・吹付けコンクリート用凝結調整剤
- ・FTN-30・・・吹付けコンクリート用高性能減水剤
- ・デンカES/ES-L・・・無公害なセメント系土質安定用急硬材
- ・デンカコロイダルセメント/コロイダルスーパー・・・微粒子、超微粒子セメント
- ・デンカPモル・・・注入式ロックボルト定着材
- ・デンカCG-1000、CG-2000・・・可塑性モルタル用混和材

# DENKA

電気化学工業株式会社

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

日本トンネル技術協会誌



定価 1,575円 雑誌06619-7  
本体価格1,500円



4910066190736  
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）
- ・定格最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.1m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とビック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

**KYB** カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

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

トンネル工事用 電気集じん器

# e-DUSCO

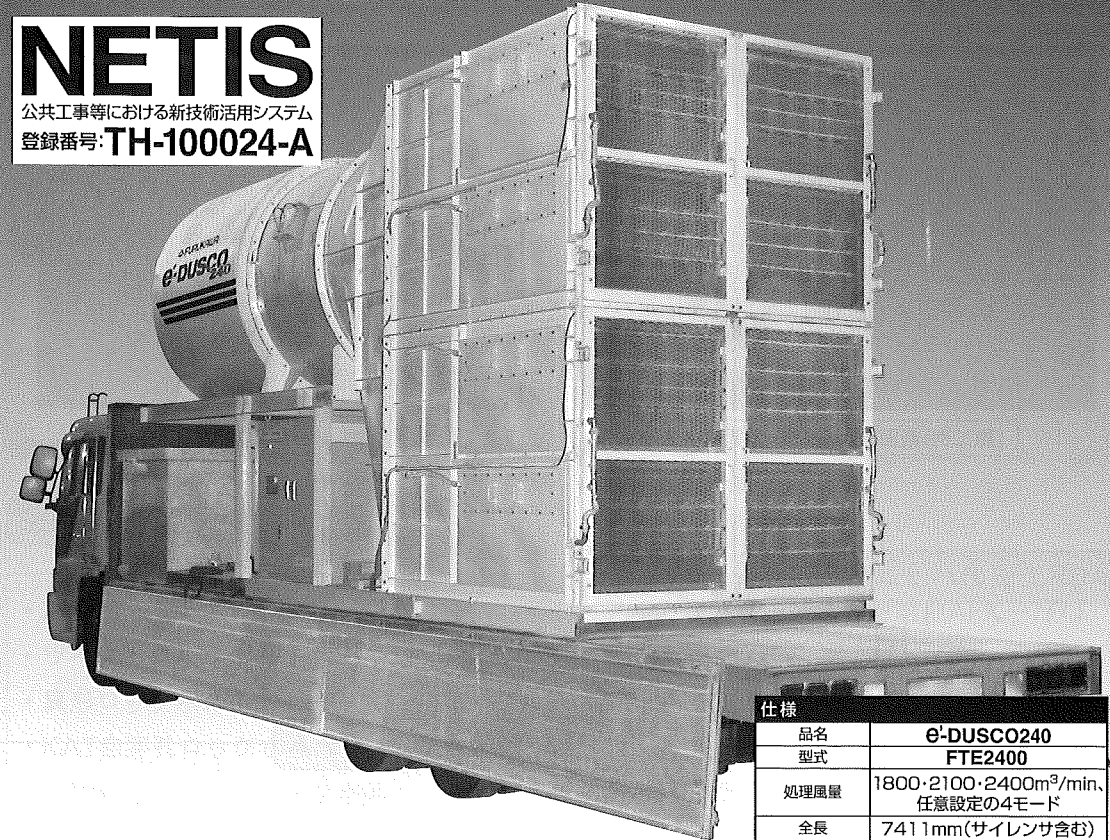
イーダスコ・ニーヨンマル 240

究極の省エネ

# 70%も節電

## NETIS

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



### クラス最高の集じん効率95%

従来の電気式では達成できなかった95%以上の高集じん率を確保。

### 微細粉じんも逃さない電気式

電気式だから人体に有害な微細粉じん(0.2~5μm)も捕集できます。

### 現場メンテナンスは手間いらず

放電電極は丈夫で長持ちするブレード式により断線故障無く安心して御使用頂けます。捕集した粉じんもラクラク処理。

### 大風量と省エネを同時に実現

処理風量は20%増えたのにいっそう省エネ。安定した処理風量でCO<sub>2</sub>削減を実現する工口製品です。

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

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

△ 古河機械金属グループ

古河産機システムズ株式会社

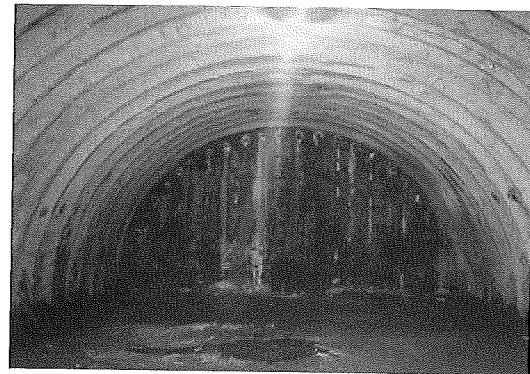
URL: <http://www.furukawa-sanki.co.jp/>

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

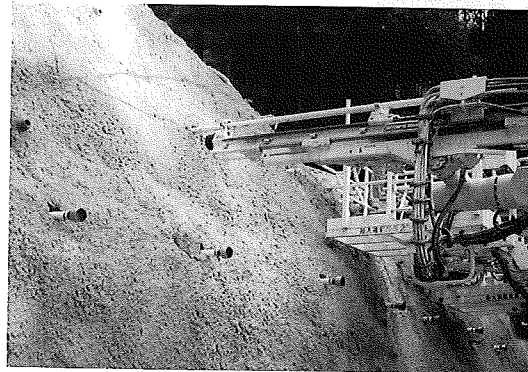
大阪支店 ☎06-6344-2532 名古屋支店 ☎052-561-4580 札幌支店 ☎011-784-1179  
 東北支店 ☎022-221-3532 九州支店 ☎092-741-5193 小山工場 ☎0285-23-8662

# 日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

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



(施工例)断面内からの無拡幅AGF工法



(施工例)鏡面への小口径二重管削孔システム

## AGF工法のバリエーション

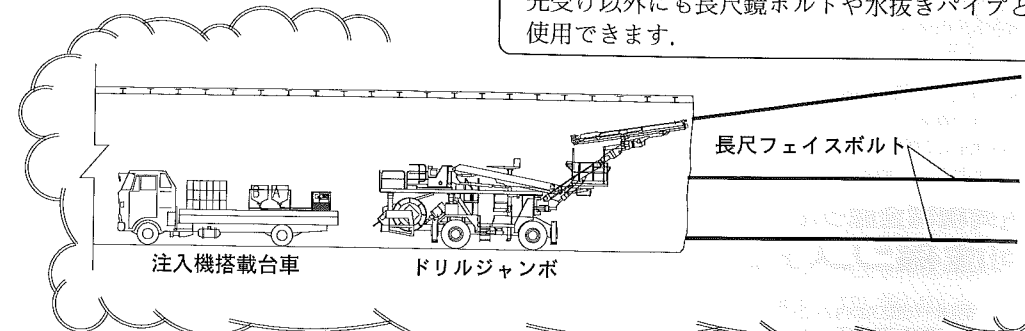
プロトタイプ  
無拡幅タイプ  
最小拡幅タイプ

## 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、注入式フォアポーリングとAGF工法の間を埋める工法！



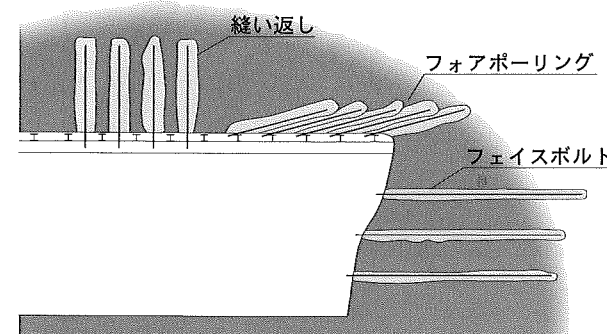
## 注入材のバリエーション

- 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



注入式フォアポーリングや鏡ボルト等に使用する注入ボルトとして、

- ・PUボルト
- ・KATアンカー
- ・GPRマルチタイプロックボルト

等があり、地山条件や使用目的に応じて選択できます。

## 主要営業品目

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

# KATECS

株式会社 カテックス  
建設資材事業部

ホームページ <http://www.katecs.co.jp/>

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

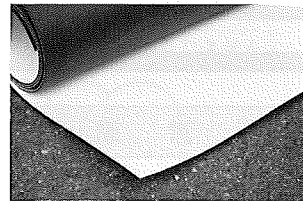
# ウォータータイトトンネル 防水システム



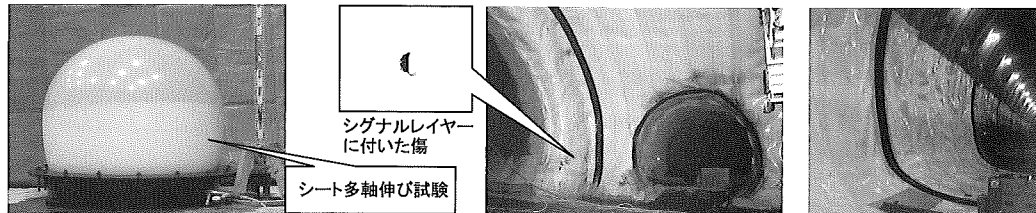
非排水型防水システム用メンブレン  
KFCタイトライナー

## シート防水材

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



シグナルレイヤー付防水シート



シグナルレイヤーに付いた傷

シート多軸伸び試験

## 基本システム

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

## 漏水対策システム

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

**KFC** 株式会社 ケー・エフ・シー

土木資材事業部(東京) TEL(03)6402-8251 FAX(03)6402-8255  
土木資材事業部(大阪) TEL(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755

1本1本が大切! だから

次世代 防食 ロックボルト

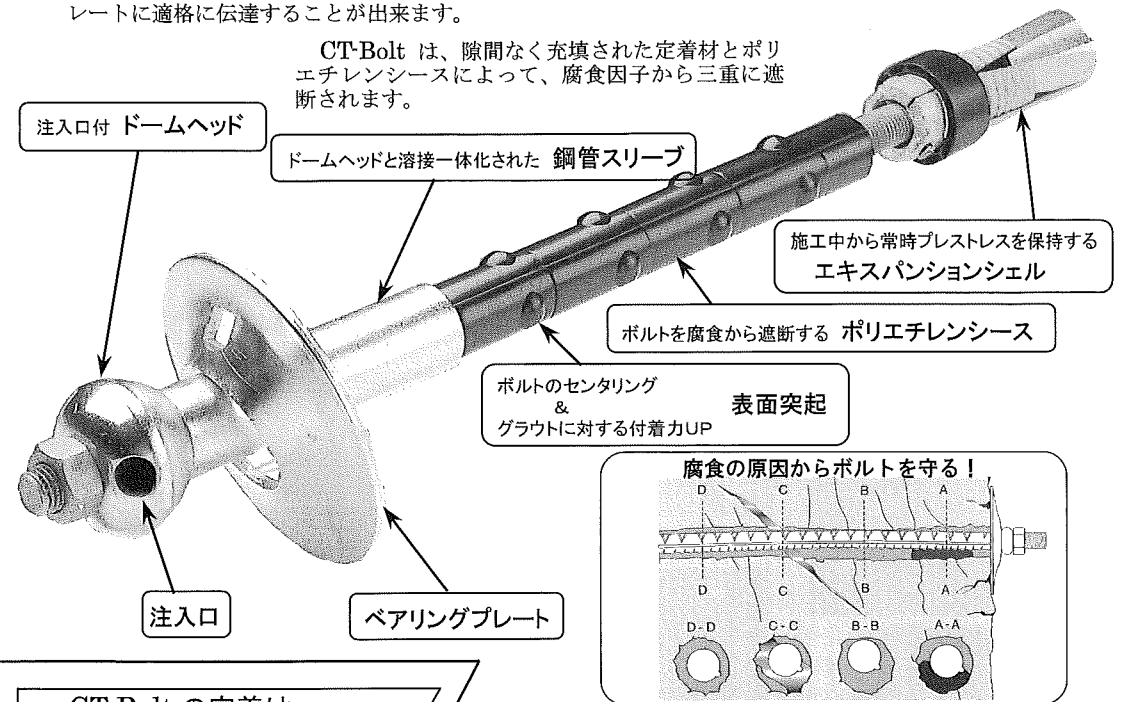
# CT-Bolt

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切に伝達することが出来ます。

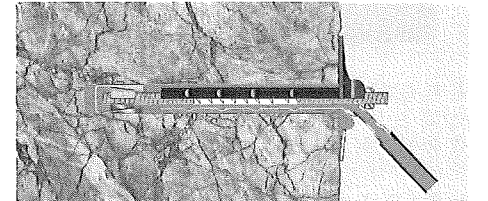
CT-Bolt は、隙間なく充填された定着材とポリエチレンシースによって、腐食因子から三重に遮断されます。



腐食の原因からボルトを守る!

## CT-Bolt の定着は・・・

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



## 用途:

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

## 完全充填

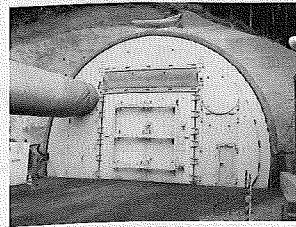
CT-Bolt は、広い範囲の粘度のグラウト注入が可能です。グラウトはポリエチレンスリーブ内に充填された後、先端部から孔壁とスリーブの間を充填して戻り、リターンによって全面定着が確認出来ます。

総発売元 Your Fastening Partner

**KFC** 株式会社 ケー・エフ・シー

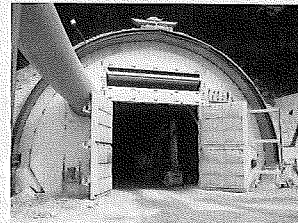
〒105-0011 東京都港区芝公園2丁目4番1号  
お問い合わせ先 TEL: 03-6402-8256  
技術部 FAX: 03-6402-8255

快適な作業環境を提供する騒音対策システム  
～25年の実績が最大級の安心をご提供いたします～



【防音壁】

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



防音壁には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。

『防音壁マークII』の音響性能

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

『防音壁マークII 10s』の音響性能

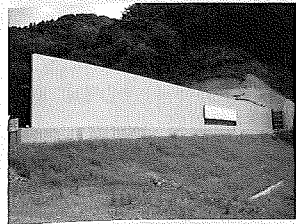
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	16 dB
2基設置	29 dB(A)	25 dB

『防音壁マークII 10c』の音響性能

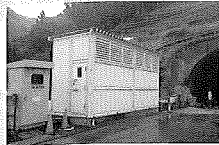
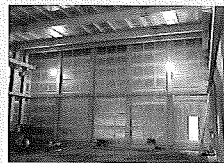
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	20 dB
2基設置	29 dB(A)	33 dB

『防音壁マークII 15c』の音響性能

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



- 【防音壁】
- 【防音ハウス】
- 【防音シェルター】
- 【防音ボックス】



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



『防音パネルSタイプ』の音響性能

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

『防音パネルDタイプ』の音響性能

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

『防音パネルHタイプ』の音響性能

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

防音設備の設計、製造、施工、リース

**E008 株式会社ヒューズ**

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

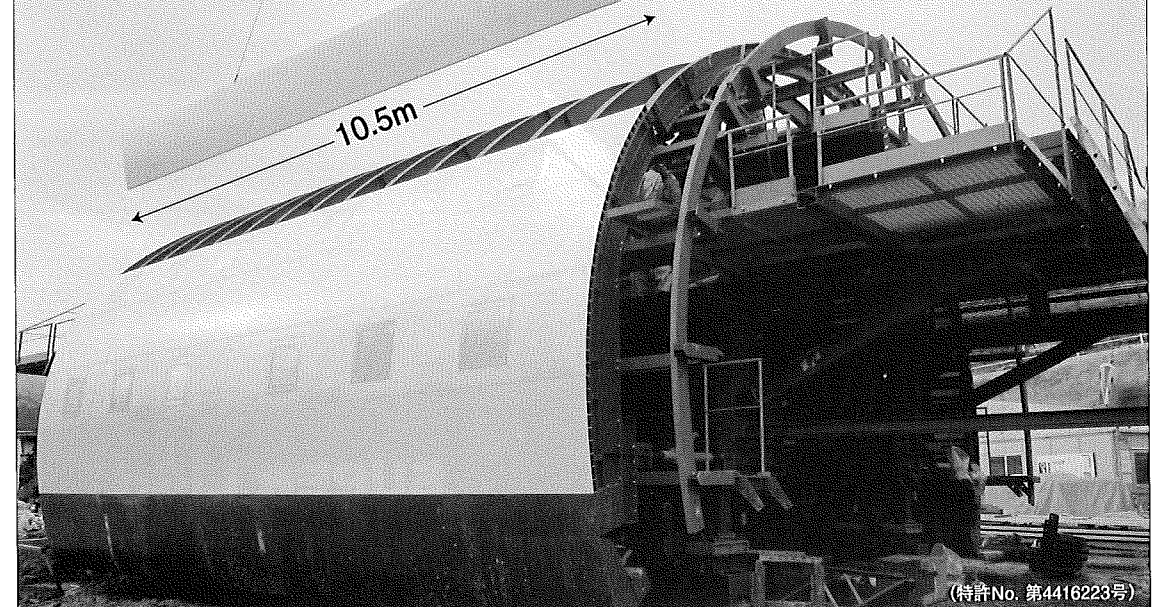
E-mail : info@fuse-ind.co.jp http://www.fuse-ind.co.jp

建設業登録：東京都知事許可(般-25)第130153号

【建設騒音対策協会】E-mail : souon@fuse-ind.co.jp

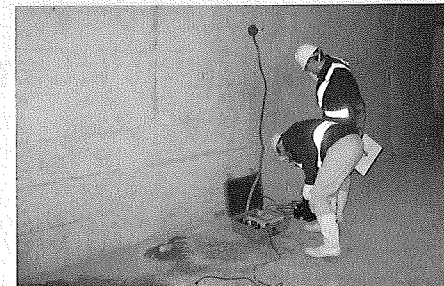
新着ニュース FRPセメントによる  
覆工コンクリートの密実性を検証

初期養生FRPセメント ハイパーフォームG



(特許No. 第4416223号)

■透気試験状況



国土交通省東北地方整備局横道トンネル 鋼製型枠施工

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

特徴

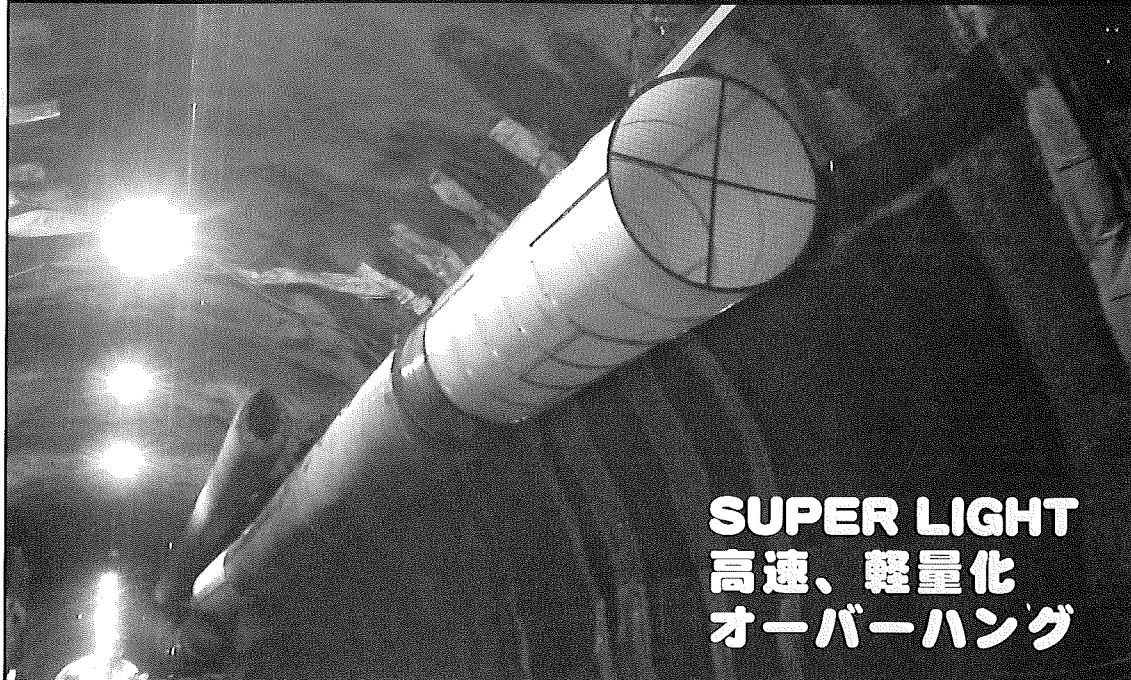
1. すぐれた断熱効果により、保温養生を実現(鋼製型枠に対し熱伝導率1/150以下)
2. 外気の温度変化に対する影響が少なく、寒冷地に最適
3. 剥離性がよく、ケレン作業が低減

M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

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

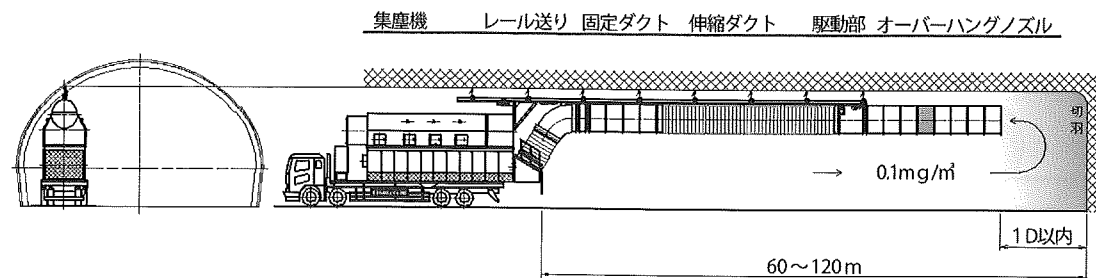
# 時代は吸引捕集方式へ...

トンネルじん肺を根絶できる最良の方法です



**SUPER LIGHT**  
高速、軽量化  
オーバーハング

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



最適環境を創造する  
**株式会社 流機** エンジニアリング

〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI 聖坂ビル (PC・スマホ専用)  
TEL : 0120-449-881  
URL : <http://www.ryuki.com/>  
E-mail : [eigyobu@ryuki.com](mailto:eigyobu@ryuki.com)



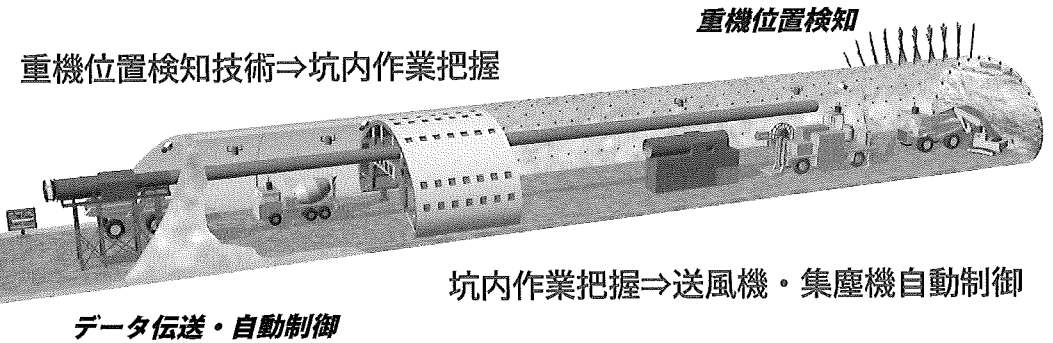
This May Debut

## TAG Navi-V (換気自動制御)

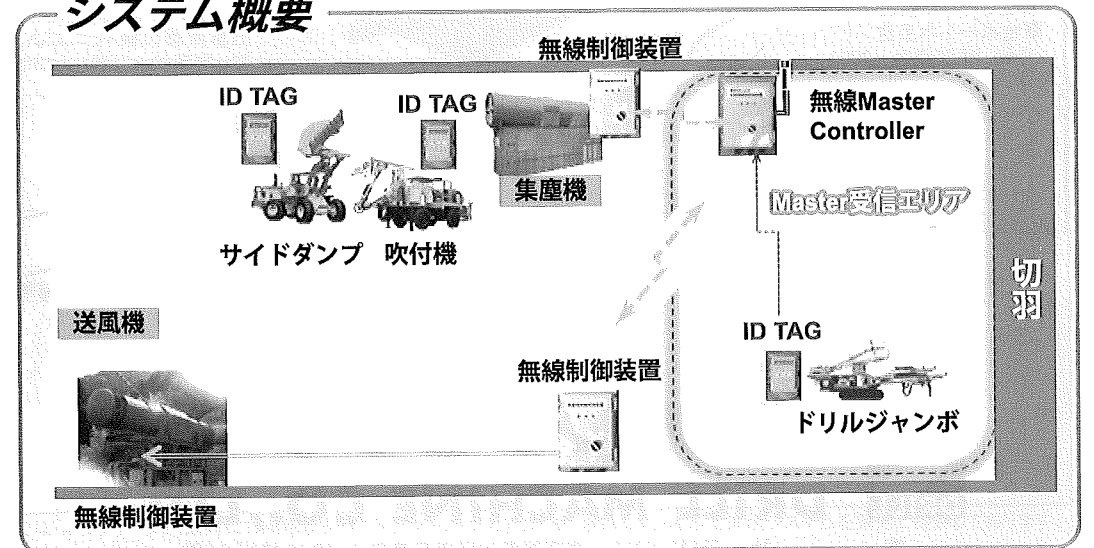
Automatic Ventilation Control System

CYBER NATM

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



### システム概要



株式会社 流機 エンジニアリング

enzan koubou

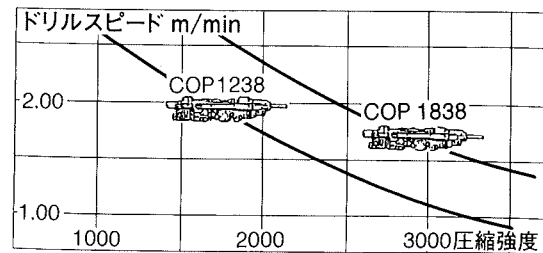
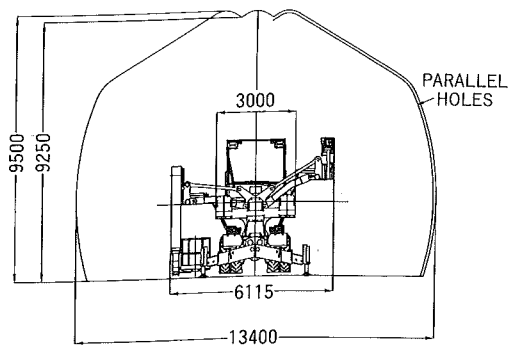
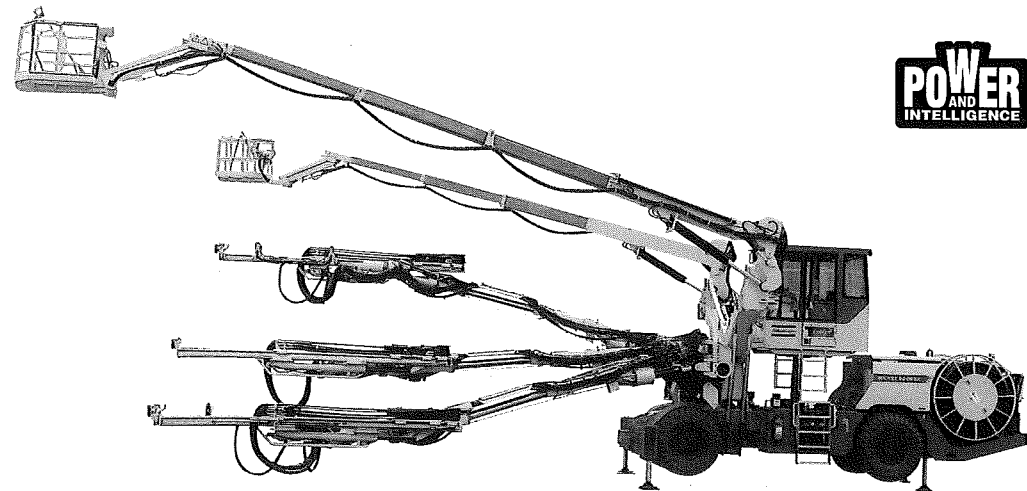
株式会社 演算工房 **ENZANKOUBOU CO., LTD.**  
■京都本社 〒602-8268 京都府京都市上京区智恵光院通中立売下ル山里町237番地3  
TEL: 075-417-0100 FAX: 075-417-0200

# 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

### 最新型・電気集じん機

# エコクリーン X

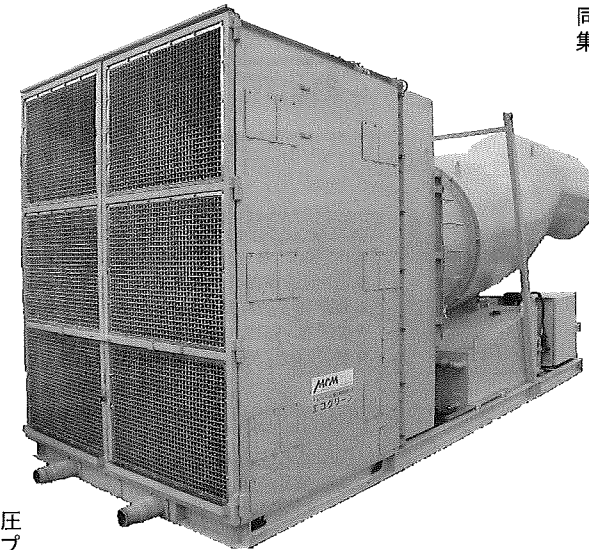
NETIS登録番号:KT-040047-A

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

**極板放電方式**  
放電線をなくし消耗品の削減と断線トラブルの撲滅

**少ない消費電力**  
同クラスのフィルター方式集じん機に比べおおよそ1/4

**処理風量**  
750m<sup>3</sup>/minから3000m<sup>3</sup>/minまで製作実績あり



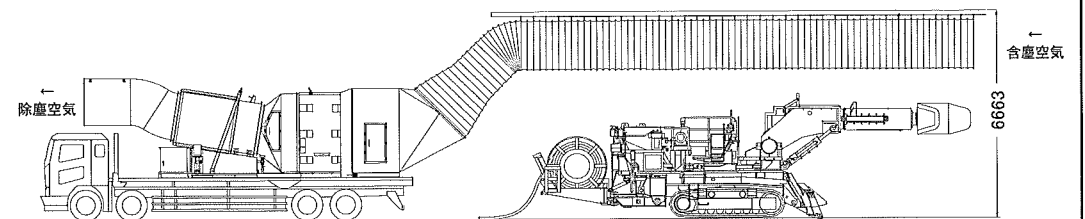
**コンパクト**  
同クラス集じん機の中で最小

**貯水タンク**  
自動洗浄が随時可能

**高圧電源分割**  
集じんユニット毎の個別電圧印加により集じん効率アップ

**オプション**  
自走クローラ台車  
自走ホイール台車  
伸縮風管...etc.

伸縮風管(軽量型Φ1500,Φ1600製作実績あり)



伸縮風管接続例

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



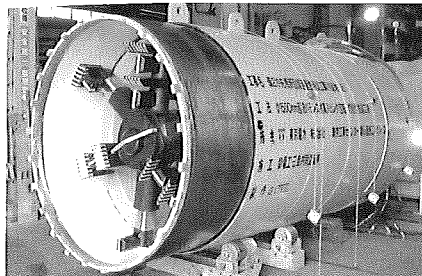
## 株式会社エムシーエム

<http://www.mcmcm.jp>

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

# 超流バランスセミシールド工法 超流セミシールド協会

貫入リング押し回転切削型接合法



φ1500mm 貫入リング回転切削型掘進機(接合切削時)

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

### 貫入リング回転切削型接合法の特徴

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

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法



φ1016mm 鋼管対応リターン回収機能付掘進機

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

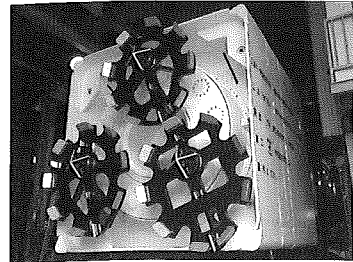
### 密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法の特徴

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

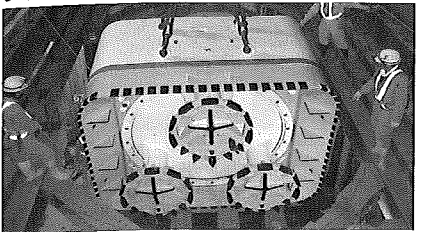
# ボックス推進工法

ボックス推進工法協会 NETIS QS-100019-A

多軸自転・公転掘進機(内空寸法□3000×3000)



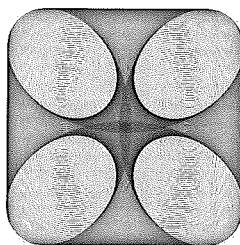
多軸自転・公転掘進機(内空寸法□2800×1800)



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

### ボックス推進工法の活用例

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



カッタービット軌跡

### ボックス推進工法の特徴

- 低土被り推進が可能
- 長距離・曲線推進が可能
- PC・RCボックスカルバート函体および角鋼管に対応可能
- 密閉型のため切羽の安定性に優れ、地山の緩みを防止可能
- 高トルク掘進機のため、多様な土質に適用可能
- 工場製品のボックスカルバート函体を直接推進するため、迅速な施工が可能

協会事務局・技術本部 株式会社 アルファシビルエンジニアリング

αCIVIL

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

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

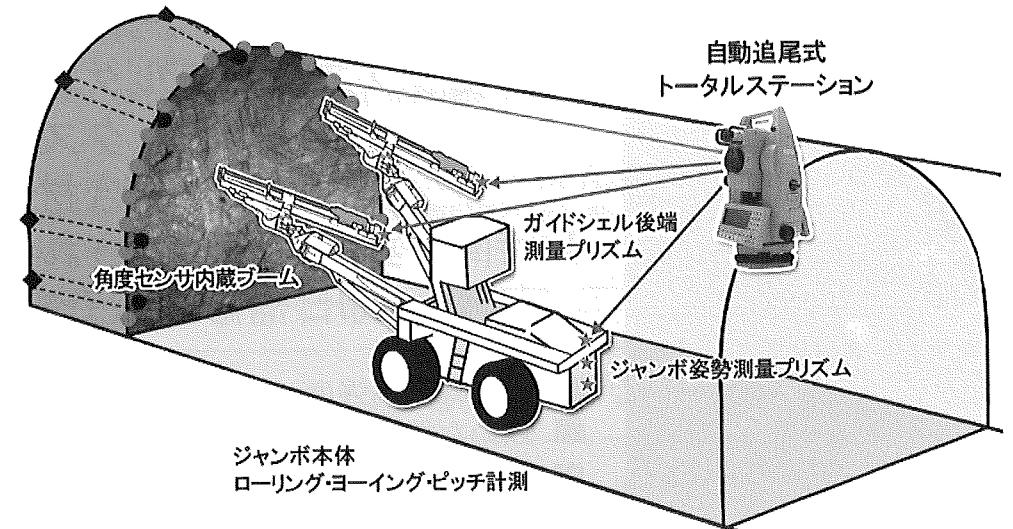
※各工法協会会員名簿については、ホームページをご参照下さい。

NETIS登録番号:KK-100049-A

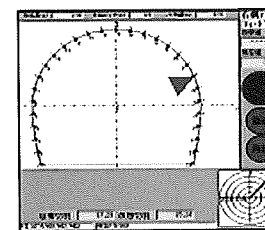
# 自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

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



### ■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

**MAC** マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

TEL:047-371-3191 FAX:047-371-3190

**FRD** 古河機械金属グループ 古河ロッドドリル株式会社

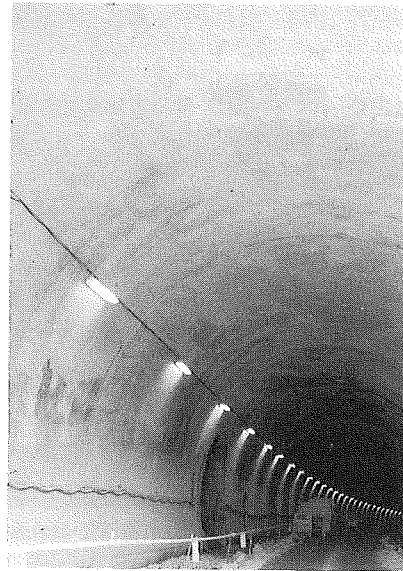
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3 特機部

TEL:03-3231-6966 FAX:03-3231-6993

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



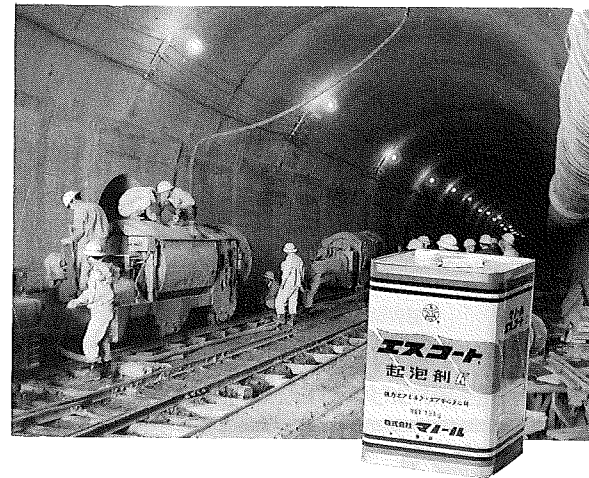
〈工期短縮，即日仕上り〉  
プレミックス急硬モルタルと  
特殊ラテックスの  
複合材で  
短時間で実用強度が得られる  
即日補修工法です。

- 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 ◆

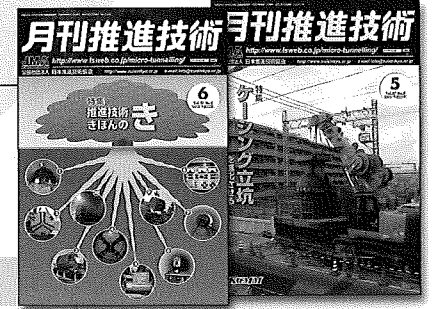


株式会社 **マール**

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

## 月刊推進技術

### 定期購読のご案内



定期購読料金 **12,000円** (@1,000円/月×12ヶ月 税・送料込)

わが国のライフラインなどのインフラ整備またはその再構築や新たな地下空間の築造に、掘削残土量やCO<sub>2</sub>排出量を抑制し、なおかつ耐震性の高い推進工法のニーズが高まっています。月刊推進技術では、円滑かつ適正に推進工事を行っていただくため、必要とされる技術情報をわかりやすく解説をしております。また、推進関連のニュースはどこよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管渠埋設の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっております。

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。

<http://www.lswb.co.jp/micro-tunnelling/>

月刊推進技術

検索

定期購読のお申し込み  
右のQRコード  
または本誌ホームページから



お問い合わせ先

月刊推進技術 編集室

<http://www.lswb.co.jp/micro-tunnelling/>

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

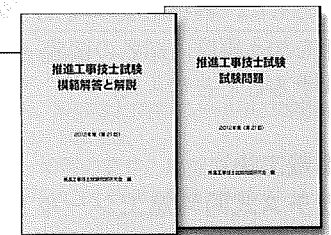
推進工事技士試験 過去11年間(平成14~24年度)

## 試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

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

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



平成24年度版発売中!!

1. 内容と特長

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

2. 価格

各年度単体に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

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

これらのことをインターネットでご案内しています。 [推進工事技士試験](#)

検索

お問い合わせ先

株式会社 LSプランニング

[http://www2.ocn.ne.jp/~ls\\_siken/](http://www2.ocn.ne.jp/~ls_siken/)

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

好評発売中

# 多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B5判 141頁 本体価格2,500円



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

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

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

## 【掲載工法】

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

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

申し込み先

(株)土木工学社 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888 FAX: 03-3267-2807

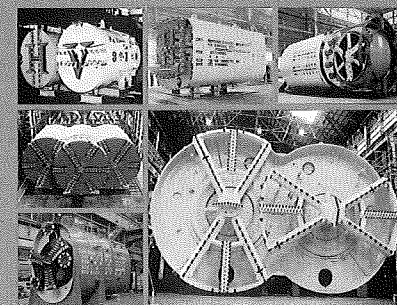
# シールド トンネルの 新技術

シールドトンネルの新技术研究会 編

B5判 280頁 定価: 4,660円+税

## 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  
代表 鈴木 章



土木工学社

進化を続けるシールド工法。その誕生から技術の変遷、将来の技術開発の動向までをまとめ、最先端の技術について理論と実際にいたるまで記載した。

豊富な設計・施工例を掲載し、応用のしやすい的確な解説を加えた好評の一冊。

## 主要目次

### 第1章 概説

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

### 第2章 調査・計画編

1. シールド工法の調査技術  
シールド工事における調査の取り組み方/基本計画時の調査(予備調査)/設計時の調査(基本調査、詳細調査)/施工時の調査(確認調査、管理調査)/施工後の調査(追跡調査)

2. 断面および線形計画  
断面および線形/鉄道用シールド/下水道用シールド/断面と線形における今後の展開

3. シールド機種の種類と選定  
シールド機の構造と装備/現状のシールド機種の種類と選定方法

4. 新しいシールド工法  
大断面化、大深度化、長距離化への展望

### 第3章 設計・施工編

1. 覆工  
一次覆工の設計/二次覆工の設計と施工/シールドトンネルの防水技術

2. 立坑の設計と施工設備  
立坑の設計と施工

3. 仮設備  
仮設備の計画

4. シールド工事の自動化  
掘進管理システム/方向制御システム/セグメント自動組み立てロボット/自動搬送システム/その他の自動化技術

5. 掘進と施工管理  
シールド掘進と施工管理/シールド機の発進と到達/裏込め注入工法と注入効果/曲線施工と地中接合/補助工法の種類と選定

6. 近接施工と環境対策  
近接工法と対策/アンダーピニングおよび支障物対策/シールド工事と環境対策

7. 新工法の現状と将来展望  
自由断面シールド掘進(縦楕円断面)/

異形断面シールド/分岐・接合シールド/球体シールド(ホルン)工法/複円形、矩形および拡大シールドの開発動向/ECL工法

8. 切羽の安定と地盤変状防止  
切羽安定の理論と実際/泥水式シールド工法の切羽安定/土圧式シールド工法の切羽安定/特殊条件下の切羽安定

9. 地盤変位の理論と実際  
地盤変位の実際/地盤変位の予測解析

## 付録

1. セグメントの設計例  
セグメントの設計例/外国の設計手法との比較/有限要素法を用いたシールド覆工設計例

2. 地盤変位予測解析手法の例  
地盤変位の一般的な性状/予測解析手法の例

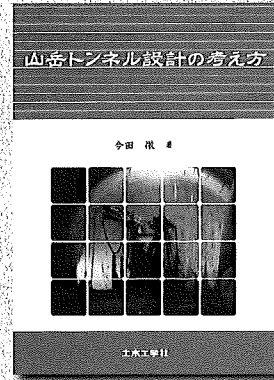
3. シールド工事の施工計画  
施工計画書とは/施工計画立案手順/シールド工事施工計画書の参考例

参考文献/索引

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

好評発売中

# 山岳トンネル設計の考え方



東京都立大学名誉教授

今田 徹 著



B5判 183頁 上製本 定価3200円+税

山岳トンネルを設計するうえでの考え方は勿論、設計の留意点などを平易にまとめている。山岳トンネル五事に携わる諸兄の必携書である。

## 《主要目次》

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

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

株式会社 **土木工学社**

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

好評発売中

トンネル発破技術のバイブル

わかりやすい

# トンネルの発破技術

監修 山田隆昭 B5判 76頁 定価1,500円+税(送料別途)

火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで！  
振動や騒音の環境問題を詳述！！

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

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

## 《主要目次》

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

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

株式会社 **土木工学社**

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

## 先進の技術と発想でグローバルに大地と人を見つめる

～ トンネルにおける維持補修管理・在来工法における長寿命化対策 ～

### 道路・トンネル・橋梁

(社) 建設コンサルタンツ協会会員 総合建設コンサルタント

**株式会社 建設技術センター**

KENSETSU GIJUTSU CENTER, LTD.

<http://www.c-kengi.co.jp/index.html>

代表取締役 佐藤礼  
技術本部長 西園裕

本社	〒102-0072 東京都千代田区飯田橋4丁目7番10号	電話 (03) 3262-8647
東北支店	〒982-0262 宮城県仙台市青葉区西花苑2丁目15番23号	電話 (022) 302-1195
関東支店	〒262-0023 千葉県千葉市花見川区剣見川町3丁目308番22号	電話 (043) 272-7306
中部支店	〒460-0002 愛知県名古屋市中区丸の内2丁目14番4号	電話 (052) 219-8711
関西支店	〒674-0066 兵庫県明石市大久保町福田1丁目10番14号	電話 (078) 937-0580
九州支店	〒813-0043 福岡県福岡市東区名島1丁目23番17号	電話 (092) 663-1720

## 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。

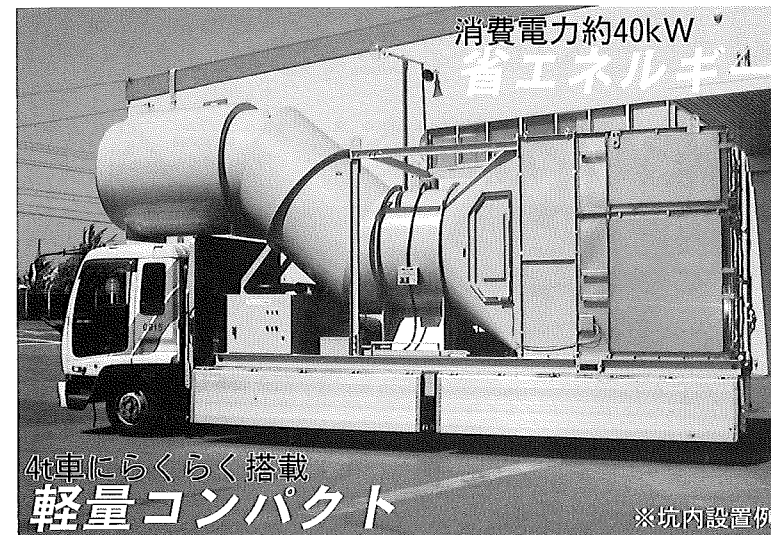
- タイヤ間の間隙が無いため石を噛まない
- サイドの切断に強い
- 石および普通釘に強い
- 弾性波

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 弍

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)



**RENT**

### 取扱レンタル商品

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

National電気集塵機クリンジェット(2,000m<sup>3</sup>/minタイプ) ※坑内設置例

## 株式会社 レント

特機営業課 担当者 工藤

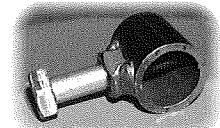
〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-12-9 NIビル8階 TEL: 03-5642-6750 FAX: 03-3249-0415  
URL: <http://www.rent.co.jp> E-mail: [kudo.yuji@rent.co.jp](mailto:kudo.yuji@rent.co.jp)

## コストダウンを可能にする Kリング・Kプレート

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

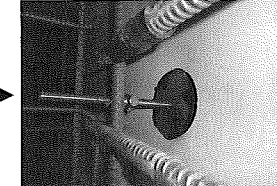
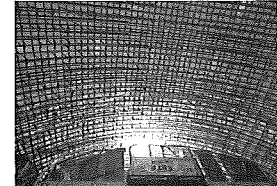
### ①アーチ鉄筋組立金物(Kリング) 特許出願中(特願2001-309314号)

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



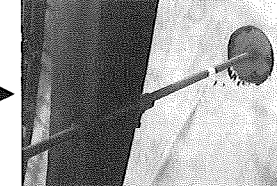
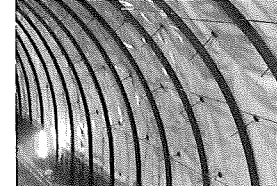
### ②トンネル覆工鉄筋防水シート接着ジベル筋組立(Kプレート)

円型プレートを直接支保工下地防水シートに接着して使用します。Kリングと併用します。



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

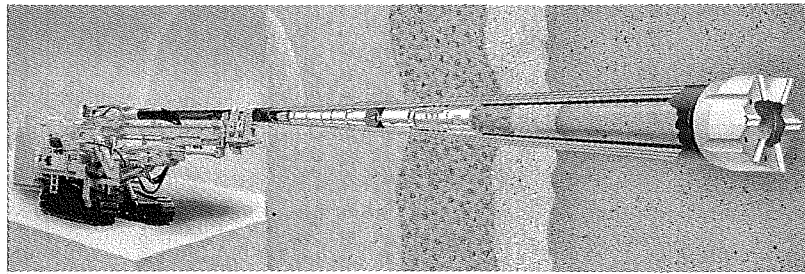
鋼製支保工を設置した場合もKプレートを使用することが可能です。



Kプレートで鋼製支保工を固定。架台の鋼製支保工の固定にも使用できます。

# トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

## パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



### ■ 特長

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



**KOKEN 鉱研工業株式会社**

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

お問い合わせ先 : 工事営業本部

TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522

<http://www.koken-boring.co.jp>



トンネル進捗率改善の  
ための最新技術

明かりが見えます

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

オリカ社は、今まで積み重ねてきた研究開発と技術力を駆使して、お客様が毎日直面する課題の解決策をご提供することができます。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。



# ゴムクロ・ミキサー車

国土交通省排ガス2次トンネル工事用指定



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

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

【TGM-MR45T II 仕様】
・ドラム回転電動式(オプション)
・生コン荷下時後部アウトリガー
・ドラム回転&アイドルアップ機構
・オフロード法少数特例承認機 (承認番号) NS-641

# T&M

Tunnel & Mining

ニシオティーアンドエム株式会社

山岳トンネル施工機械等の総合レンタル企業

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

〒569-0836  
大阪府高槻市唐崎西2-26-1

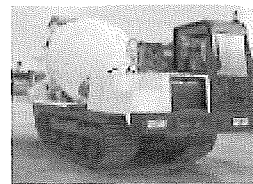
■北海道営業所  
tel: 0133-72-3715  
fax: 0133-72-3716

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

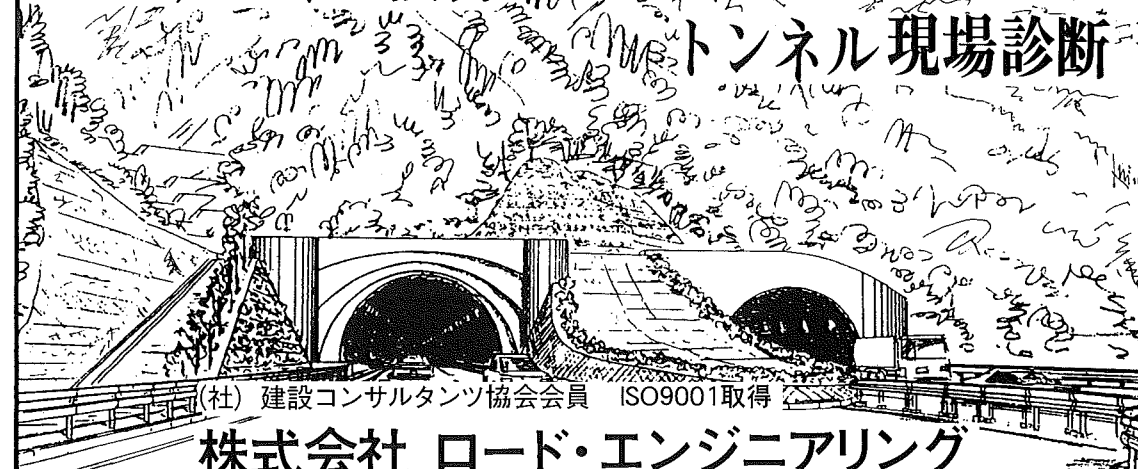
■関東支店  
tel: 0268-62-1426  
fax: 0268-62-1999

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

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



# 道路,トンネル設計 (本体工,換気,防災,照明,施工管理他)



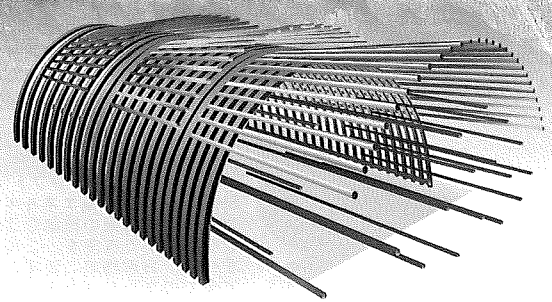
## トンネル現場診断

# 株式会社 ロード・エンジニアリング

会長 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 田 谷 義 高(技術士)

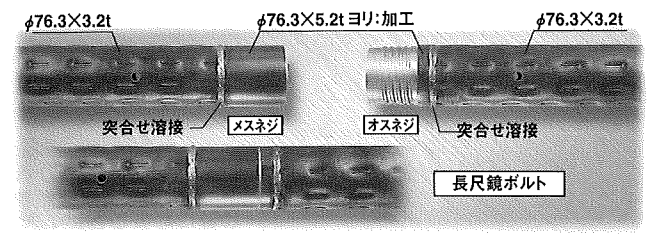
本 社 : 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号 電話(03)3891-0711  
大阪支店 : 〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号 電話(072)691-0711  
福岡支店 : 〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前4丁目25番14号 電話(092)436-1588  
沖縄営業所 : 〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号 電話(098)870-6411

# ユニークな発想でVEを提案



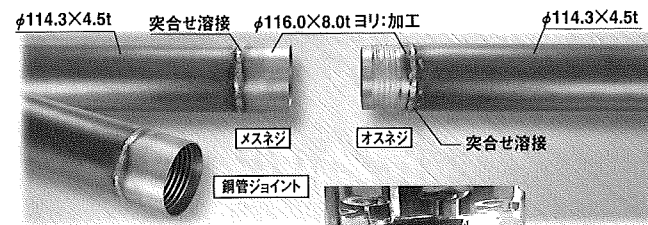
## ストロング FIXチューブ(S型)

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

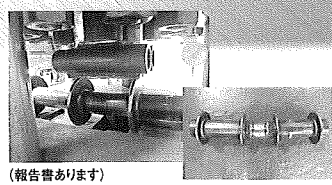


## AGF-STD工法

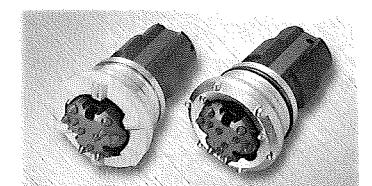
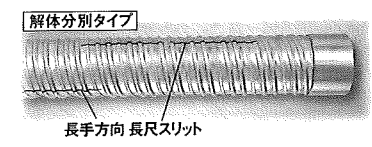
- ※軽量化による作業性とねじ強度の改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



曲げ耐力30%UP!!



### 撤去管の選択



STD BITS (ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングビット径
100A	φ114.3	φ124

## 注入材・その他工法

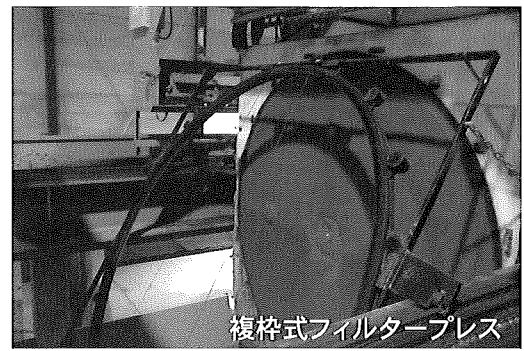
- ※ウレタン系注入材: NEW-TSRF, NEW-TBU
- ※セメント系注入材: コロイダルスーパー、デンカES
- ※セメント系充填材: デンカPモル
- ※高速フォアボーリング: SP-IF工法
- ※高速ルートパイル: SPフィックスパイル工法
- ※φ27.2注入管、自穿孔ボルト各種在庫あり

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

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2  
TEL:072-990-0250 FAX:072-990-0251  
http://www.st-eng.co.jp

# 濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

## 環境にやさしい TWS型濁水処理シリーズ 小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



### 【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

## 《汎用車両全般》



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



10T ミキサー



10T ダンプ



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ

各種車両 取り扱っております

## 株式会社 フジテックス

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

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

### ■巻頭言

#### 100年のためのシームレスプロセス

遠山 雄 .....5

### ■研究

#### 静的載荷試験による開削トンネル側壁破壊時の耐力に関する検討

川西 智浩・清野 純史・井澤 淳 .....51

### ■報告

#### アンケート結果にもとづくトンネル支保工に関する定説と実際の乖離(2)

JTA山岳工法小委員会支保ワーキング .....41

### ■施工

#### SENSで平均月進190mを達成

—北海道新幹線 津軽蓬田トンネル—

宮崎 俊彦・三上美輝雄・田中 淳寛・西川 幸 .....7

#### 増粘剤を用いた中流動覆工コンクリートの品質および施工管理

—舞鶴若狭自動車道 田上トンネル—

中堀千嘉子・稲垣 太浩・山本 正・松田 敦夫 .....17

#### 大型埋設物を切回し地下鉄直上に短期間で通路を築造

—東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路—

河端 充弘・青木 正明・神原 聡・渡邊 裕介 .....33

### ■連載講座

#### トンネル技術者のための地相入門(最終回)

—座談会—

「地相入門」連載講座小委員会 .....59

### ■現場だより

#### 「マジムが生息する島」奄美大島より

宮本 正治 .....15

#### 語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

#### モグラ人生30年「人間力」で克服する

小田 重雄 .....25

### ■資料

#### 土木情報

編集部 .....16

#### トンネルワールドニュース

JTA国際委員会 .....58

#### トンネルジャーナル

編集部 .....32

#### 海外文献速報

JTA国際委員会 .....71

#### 工法・技術・製品ニュース

編集部 .....40

### ■会報

#### 会報

日本トンネル技術協会 .....74

#### 【表紙説明】

SENSで平均月進190mを達成

—北海道新幹線 津軽蓬田トンネル—



北海道新幹線津軽蓬田トンネルは、延長6,190mの新幹線複線断面トンネルである。本工事は、当該区間の地質状況から、掘削切羽の安全性を確保するため、SENSを採用した。中間立坑でのビット交換を除く平均月進190m、最高月進367.5mとシールド工法並みの高速掘進を達成し無事貫通した。写真は到達部の状況である。

〔写真提供：鉄道・運輸機構〕(本文7頁参照)

**ヤマモト (さくがんき)** 無騒音 無振動 静かな破碎

超大型油圧破碎機  
**YTB 1120**  
トンネルビッカー

**ヤマモトロックマシン株式会社**

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

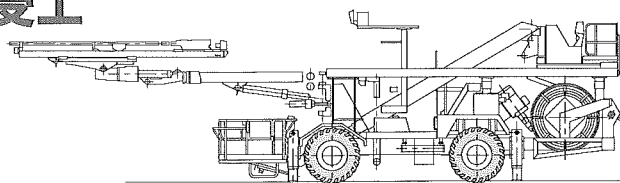
工場 広島県庄原市東城町36番地 ☎(08477) 2-2137(代)

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

# 環境対応型長尺鋼管先受工

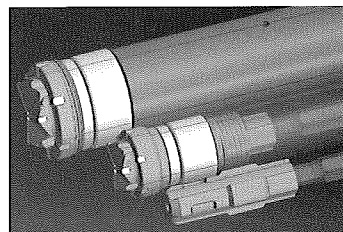
## TOHO AGF System

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

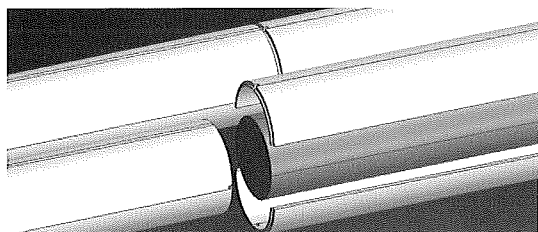


### AGF-Me工法

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



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



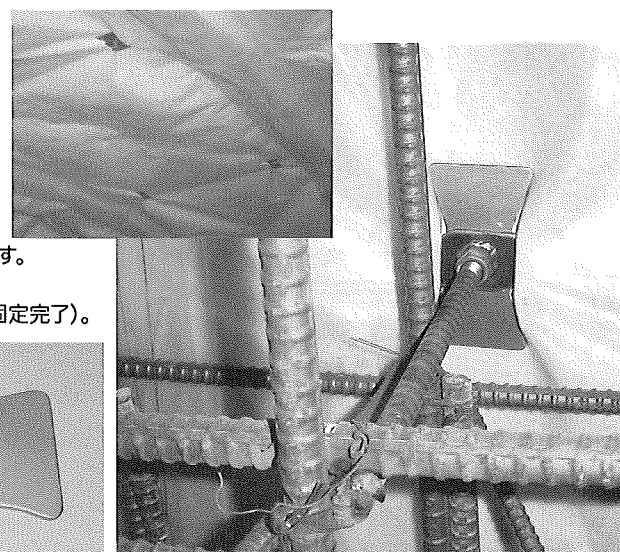
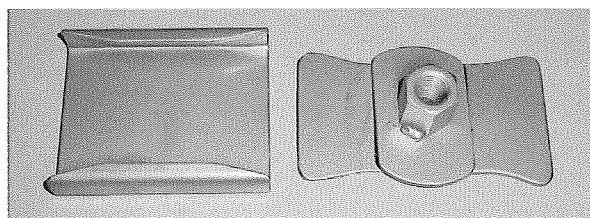
### 防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

### TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



**東邦金属株式会社** 東京営業部  
TOHO KINZOKU Co., LTD

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

### 株式会社 トーキョーオール

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

## 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〕

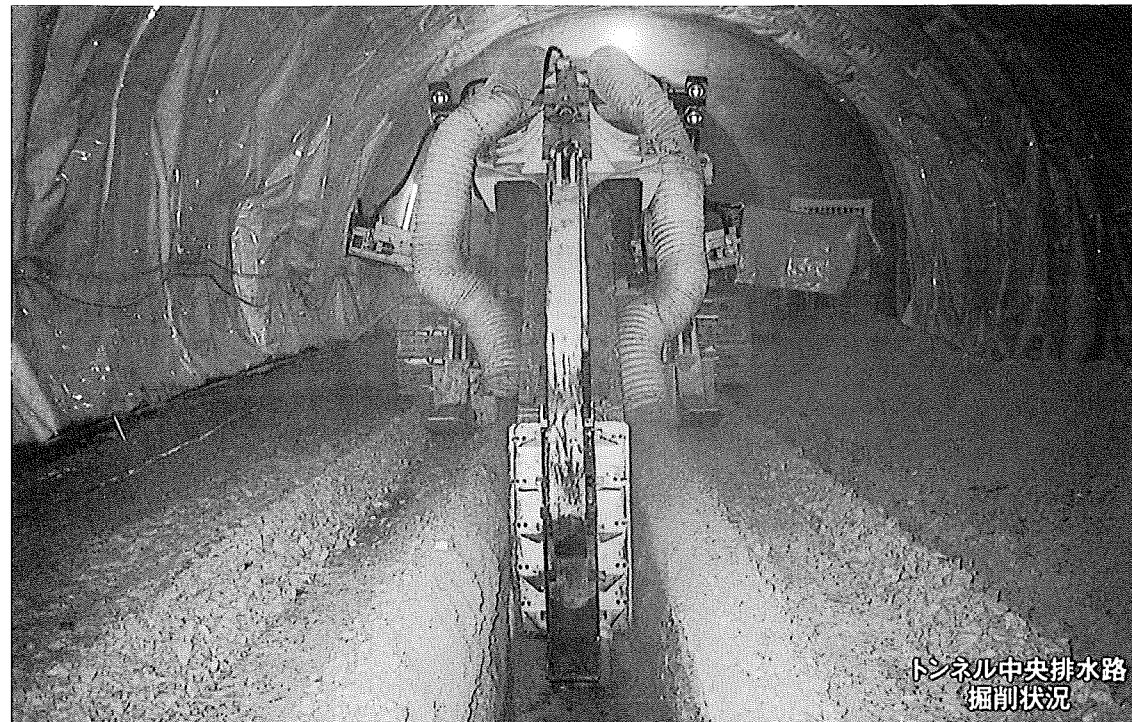
大島 洋 志 国際航業株式会社上席フェロー技術開発センター最高技術顧問  
首都大学東京客員教授

### 〔幹 事〕

居 相 好 信 株式会社大林組生産技術本部統括部長	志 岐 寛 清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部 部長
岩 田 美 幸 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	西 岡 和 則 鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部 トンネルグループ長
大 津 敏 郎 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル専門主幹	長谷川 雅 彦 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長
荻 野 竹 敏 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課長	藤 井 義 文 株式会社竹中土木執行役員
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	松 原 利 之 飛鳥建設株式会社建設事業本部 エンジニアリング事業推進部長
小 松 敏 彦 前田建設工業株式会社土木事業本部土木部 トンネルグループ長	吉 富 幸 雄 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル技術室室長

# トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路  
掘削状況



施工例

トレンチャーによる  
施工

トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	TRS-985	1175/D6	40/30	60/30
メーカー名	テスマック	テスマック	マステンブルグ	マステンブルグ
掘削幅 掘削岩の硬さ(最大)	60 500kg/cm <sup>2</sup>	75 700kg/cm <sup>2</sup>	70 700kg/cm <sup>2</sup>	70 1000kg/cm <sup>2</sup>
重量	36 t	40	50	59
長さ	13.0 m	10.8	14.0	15.4
幅	2.5 m	3.2	2.95	2.98
高さ	3.30 m	2.86	3.00	3.20
エンジンの出力	PS 300	402	450	600

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

## 編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

### 〔編集委員長〕

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

### 〔編集参与〕

木谷 日出男 国際航業株式会社技術開発センター 地盤研究室長	高橋 良文 東京都下水道サービス株式会社専務取締役
小山 幸則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授	橋本 定雄 (元)東京都公営企業管理者下水道局長
今田 徹 東京都立大学名誉教授	濱 建介 株式会社ANET取締役
	三浦 克 株式会社竹中土木常務執行役員

### 〔委員〕

大津 敏郎 株式会社高速道路総合技術研究所道路研究部 トンネル専門主幹	高田 武 東京都水道局建設部工務課長
亀山 勝 東京地下鉄株式会社鉄道本部鉄道統括部 移動円滑化設備推進担当課長	高橋 晃 東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー 工務部地中送電グループ課長
坂口 淳一 東京都交通局建設工務部計画改良課長	真下 英人 独立行政法人土木研究所 道路技術研究グループ長
佐原 圭介 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐	焼田 真司 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室主任研究員
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社建設工事部兼設備部 構造技術センター次長	柳 雄 東京都下水道局建設部設計調整課長



## ワールド開発工業株式会社

●本社/営業部 〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484

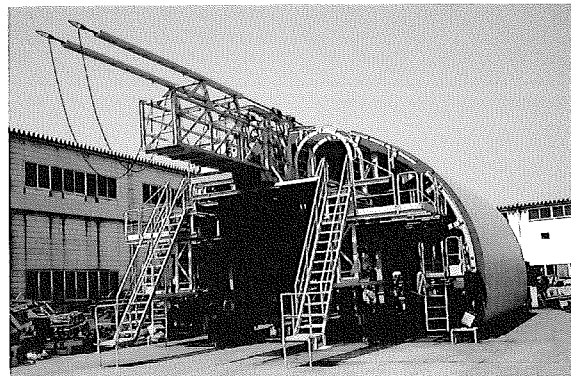
☎(026)213-7024(代) FAX(026)282-5803 <http://www.wkk.co.jp/>

# 要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

## 鉄筋区間併用タイプ

### 天端引抜パイプレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-V



#### 期待される効果・特徴

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

## コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.CG-080012-A (製造:株式会社マシノ)



#### 期待される効果・特徴

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

## 北陸鋼産株式会社

(旧社名 株式会社 佐賀)

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

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

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

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

掲載頁  
7

SENSで平均月進190mを達成

—北海道新幹線 津軽蓬田トンネル—

鉄道・運輸機構 宮崎 俊彦

津軽蓬田トンネルは、北海道新幹線新青森・新函館(仮称)間の青森県東津軽郡蓬田村から外ヶ浜町に至る延長6,190 mの新幹線複線断面トンネルである。本トンネルは、当該区間の地質状況から、掘削切羽の安全性を確保するため、SENS(シールドを用いた場所打ち支保システム)を採用し、施工を行っている。

平成21年11月より掘進を開始し、平成24年10月始めに無事貫通することができた。中間立坑でのビット交換を除く平均月進190m、最高月進367.5mとシールド工法なみの高速掘進を達成できた。

本報告では、高速掘進のために行ったコンクリートおよびマシン改良の成果、小土かぶり部を中心とした掘進管理について報告する。

SENS Achieves 190 m per month Excavation —Hokkaido Shinkansen, Tsugaru Yomogita Tunnel—

By Toshihiko Miyazaki, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

The Tsugaru Yomogita Tunnel is a double Shinkansen track tunnel of 6,190 m in length on the Hokkaido Shinkansen between Shin-Aomori and Shin-Hakodate (temporary name) that links Yomogita-mura and Sotogahama-machi in Higashitsugaru-gun, Aomori Prefecture. SENS (a cast-in-situ concrete lining system using a shield TBM) was selected to excavate this tunnel in order to ensure the safety of cutting face judging by the geological condition of the ground.



写真は到達部の状況

SENS TBM started in November, 2009 and completed penetration without problems at the beginning of October, 2012. Except for the period to replace the cutter bits at the intermediate shaft, an average monthly progress of 190 m and top monthly progress of 367.5 m was achieved that is as speedy as the shield TBM.

This report gives information on the results of primary lining concrete and TBM improvements that were made for high speed excavation and excavation operation, particularly in small cover section.

掲載頁  
17

増粘剤を用いた中流動覆工コンクリートの品質および施工管理

—舞鶴若狭自動車道 田上トンネル—

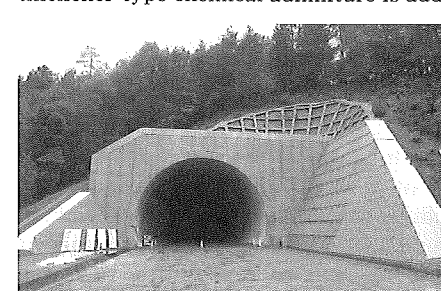
中日本高速道路(株) 中堀千嘉子

最適な流動性と材料分離抵抗性を増粘剤添加タイプの混和剤で付与する中流動覆工コンクリートを舞鶴若狭自動車道田上トンネルの鉄筋区間に試験的に採用した。通常の繊維補強覆工コンクリートから混和剤を変更するだけで製造が可能で、トンネル施工管理要領の基準を満足した。本稿ではフレッシュ時の特性や強度発現性状の適用検討、製造から打ち込みまでの運搬・繊維投入・ポンプ圧送といったステップごとの変動を考慮した管理範囲の設定、打ち込み時の側圧や型枠に作用するパイプレータの加速度分布、日常管理試験の結果や硬化後の均質性、表面の仕上がりなどを報告し、今後の課題について述べる。

Quality and Construction Management of Middle-Performance Concrete for Tunnel Lining using Thickener —Maizuru-Wakasa Expressway, Tagami Tunnel—

By Chikako Nakahori, Central Nippon Expressway Company Limited

We provisionally employed middle-performance concrete for the reinforced concrete lining section of the Tagami Tunnel on Maizuru-Wakasa Expressway. The middle-performance concrete is the concrete to which a thickener-type chemical admixture is added to attach optimum fluidity and separation resistance. It is possible



写真は発進側坑口全景

to manufacture this just by changing the admixture from the one for manufacturing ordinary fibre-reinforced concrete and this satisfies the criteria of the tunnel construction management. This report gives information on following issues, the properties of fresh concrete, discussion of relation between hardening and curing, setting construction management values for concrete in each step from manufacture to pouring such as transport, mixing fibres and pumping, pouring characteristic shown by monitoring the pressure on form and acceleration distribution of operating concrete form vibrators, results of routine control tests, homogeneity after hardening and surface finish, future subjects.

## 大型埋設物を切回し地下鉄直上に短期間で通路を築造

—東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路—

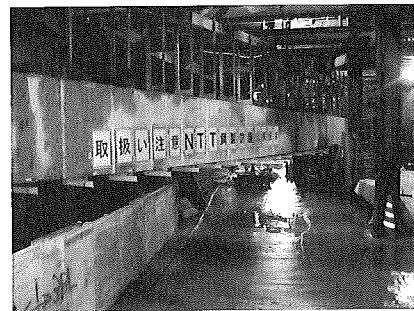
東京地下鉄(株) 河端 充弘

パレスホテルは、内堀通りを挟んで皇居に面した日本を代表するホテルである。2009年1月に施設の老朽化による全面的な建替え工事を行い2012年5月にリニューアルオープンした。ホテルの建替えに伴って、地下鉄大手町駅から直結する地下通路が計画された。工事にあたっては同一区内で施工していた他工事との工程調整や近隣での再開発工事が同時進行しているため、工事間での道路占用の調整に時間を費やしたが、発注者からの同じ年度内での開業を希望されており、工期短縮は必達の目標となった。地下通路新設予定位置には既設のNTTとう道があり、工事に先立ち切り回す必要があった。また、地下通路は地下鉄東西線躯体の直上に位置しており、掘削に伴う地下鉄躯体への影響が懸念された。本稿においては、NTTとう道切り回しに伴う工期の短縮事例と、情報化施工による地下鉄東西線直上の施工における安全性の確保について報告する。

### Short-Period Installing Underground Passageway on Subway Tunnel by Rerouting Large Utility Tube — Passageway between Palace Hotel Tokyo and Subway Otemachi Station —

By Mitsuhiro Kawabata, Tokyo Metro Co., Ltd

The Palace Hotel Tokyo is a leading Japanese hotel across Uchibori-dori Street from the Imperial Palace. This hotel began extensive reconstruction in January, 2009 due to deterioration of its facilities and re-opened in May, 2012. Along with the reconstruction, an underground passageway that directly links to the subway Otemachi Station was planned. We spent a lot of time to coordinate schedule with other constructor who was executing other works in the same area and to coordinate permission for occupancy of road with another constructor



写真はNTTとう道鋼製防護状況

executing redevelopment project in the vicinity. The contractee wanted to open the passage within the same financial year as the hotel, so the goal of reducing the construction period became imperative. There was an existing NTT utility tube in the position where the underground passage was planned and it was necessary to reroute this before the works began. Further, the underground passage was positioned directly above the tunnel structure of the Tozai metro line and there was concern about the damage to the structure by excavation. This report gives information on reducing the construction period involved in rerouting an NTT utility tube and ensuring safety in construction directly above the Tozai metro line through observational construction.

## アンケート結果にもとづくトンネル支保工に関する定説と実際の乖離(2)

JTA山岳工法小委員会支保ワーキング

トンネル工事を施工する際に、設計図書や示方書に記載されている内容どおりに施工することが困難であったり、あるいはできない場合がしばしばある。これは、施工者の理解不足が原因であることもあるが、実際の現場で施工できることと理論や定説との間の“乖離”が原因である場合もある。この乖離は、理論や定説が実際の施工上の制約を考慮していない場合に発生する課題である。

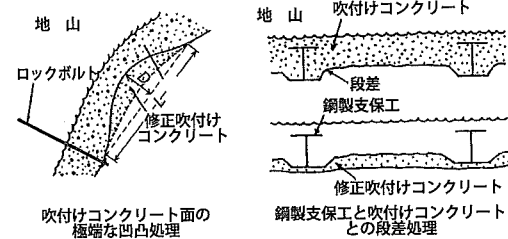
そこで、本WGでは、このような施工と設計の乖離について、施工上改善可能な課題と、施工上やむを得ないため設計で考慮すべき課題などを明らかにするために、現状を調査した。その結果を前号と今月号の2回に分けて報告する。

### Disconnect between Dogma and Reality of Tunnel Supports Shown by Questionary Results (2)

By JTA NATM Subcommittee Support Working Group

When conducting tunnelling works, some works are often difficult or even impossible to construct in accordance with design documents and specifications. This can be due to some constructors' lack of understanding but there are cases when this is due to 'disconnect' between theories or dogmas and realities on-site. This disconnect is problems that will occur when theory or dogma does not take actual construction constraints into account.

Therefore, in order to break the problems into ones with possible improvement in works and ones unavoidable in works which should be considered in design, our working group made a questionnaire investigations of the current status. The results will be reported in two parts, the first in preceding issue and the latter in this issue.



図は吹付けコンクリートの凹凸および段差の処理例

## 静的載荷試験による開削トンネル側壁破壊時の耐力に関する検討

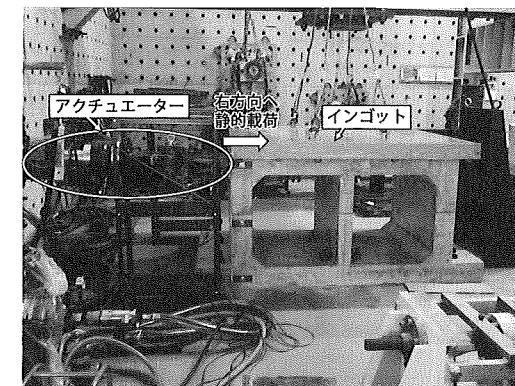
(公財)鉄道総合技術研究所 川西 智浩

1層2径間の開削トンネルにおいて、地震時に中壁・中柱がせん断破壊を起こすと、トンネル上床版およびその上部の土による荷重を支えきれなくなり、トンネル全体系が崩壊する危険性があることは、兵庫県南部地震における大開駅の崩壊事例をみても明らかである。一方、既設開削トンネルの地震応答解析を実施すると、中壁・中柱だけでなく側壁がせん断破壊するケースもあるが、実際に側壁がせん断破壊した事例はこれまでにない。側壁せん断破壊時に開削トンネル全体系の挙動や耐力にどのような影響があるかは明らかになっていない。本検討では、側壁せん断破壊時の損傷状況や耐力を把握するために、1層2径間の開削トンネル模型を作成し、静的載荷試験を実施した。

### Strength of Cut-and-cover Tunnels at Failure of Sidewall Evaluated through Static Loading Tests

By Tomohiro Kawanishi, Railway Technical Research Institute

If shear failure occurs in the center wall or center columns of cut-and-cover tunnel with one-story and two-span during an earthquake, own weight of ceiling and earth load are no longer supported by structure and possibility for collapsing of the tunnel overall structure rises. That is obvious in the case of collapse at Daikai Station at the Southern Hyogo pref. earthquake. On the other hand, when earthquake response analysis is conducted on model of existing cut-and-cover tunnels, there are also cases in which shear failure would occur on not only center wall or center columns but sidewalls. But, in reality, there are no examples of shear failure of sidewalls up until now. It is not clear how shear failure of sidewalls affects behaviour and strength of overall tunnel structure. We created a model of cut-and-cover tunnel with one-story and two-span and implemented a static loading test with it in order to evaluate damage condition and strength at shear failure of sidewall.



写真は静的載荷試験の状況

# 巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)



## 100年のためのシームレスプロセス

首都高速道路(株)建設事業部長

遠山 雄一

2012(平成24)年12月、首都高速道路は、京橋～芝浦間(4.5km)が1962(昭和37)年に開通してから、50年を迎えました。1964(昭和39)年の東京オリンピックまでには、4路線の計約33kmが開通し、現在その延長は約10倍の301.3kmに達しています。交通量1日約100万台、首都高速道路は首都圏の大動脈として機能し、災害への危機意識が高まるなか、首都圏における緊急輸送路としての機能も大きく期待されています。

首都高速道路を通行する大型車の交通量は、東京23区内の一般幹線道と比較すると約5倍であり、また、床版設計の基本となる軸重が10tを超える軸重違反車両の通行も多くあります。このように過酷な使用状況に曝されているため、その損傷は年々増加しています。また、多くの複合的な疲労損傷発生に加え、補強がきわめて困難な構造物も存在します。こうした維持管理上の問題に加え、急カーブ区間における交通事故や、ジャンクション合流部などのボトルネック箇所における渋滞の発生など、機能的な課題もあります。このような背景から、維持管理上の問題および機能的な課題を解消しつつ、長期にわたって構造物を健全に保つため、「首都高速道路構造物の大規模更新のあり方に関する調査研究委員会」を設置しました。

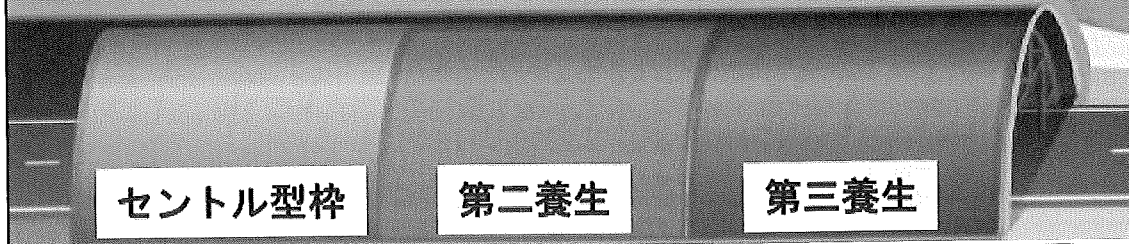
委員会では、検討対象となる6路線、約75kmを選定し、そのうち検討区間約47kmを抽出し、上記の視点からも大規模更新の実施区間、調査・検討のうえ実施を決定する区間、大規模修繕の実施区間を選定していただき、2013(平成25)年1月に提言をいただきました。提言では、実施にあたって構造物の管理の重要性、困難さや投資の必要性を正確にわかりやすく説明し、国・地方公共団体などとの連携を図り、技術開発や人材育成を行うなど、各種取り組みを行いながら、更新や機能強化による構造物の耐用年数の伸びを精査したうえで、必要な財源の確保について幅広く検討し、関連するネットワークの整備状況を踏まえた確かな時期に実施する必要があるとされました。

一方、現在建設を進めている中央環状品川線、横浜環状北線および北西線ではその大

# 管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.CB-120032-A

## コンクリートトータル養生システム



**セントル型枠**

加温しながら初期強度を上げる  
**加温養生(型枠)**

**第二養生**

加温と湿潤を同時に行い品質向上  
**加温・湿潤養生**

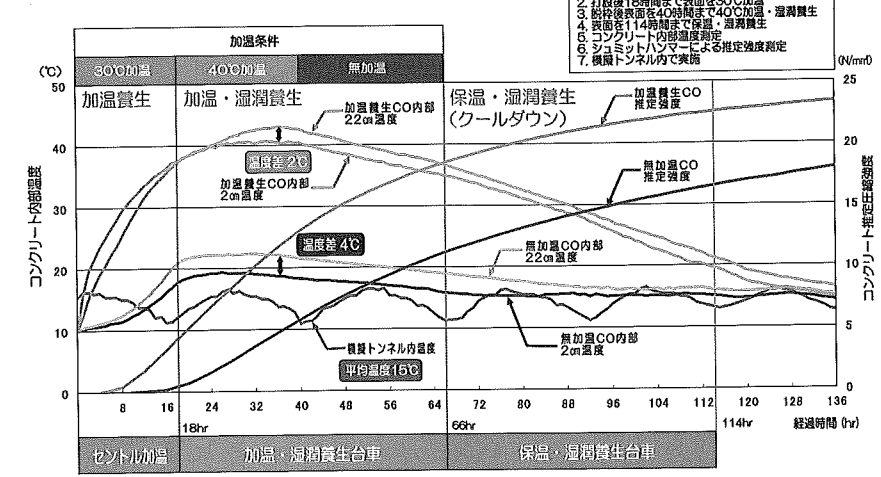
**第三養生**

保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ  
**保温・湿潤養生**

コンクリートの強度を予測管理  
**養生管理システム**

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

◆覆工コンクリート温度・圧縮強度(推定)の推移



## 岐阜工業株式会社

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

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

【製作・販売協力】

TECHNO  
テクノプロ株式会社

TOUJOU  
株式会社 東 宏

部分がトンネル構造であることから、地震に対する耐久性はもとより、山手トンネルで培った「トンネル防災安全技術」のさらなる高度化を検討しています。加えて、昨年12月に発生した笹子トンネル内の天井板落下事故を踏まえ、道路付属物を含めた点検やフェールセーフ対策の見直しが必要であると考えています。このように、トンネル本体の耐久性に加え、道路付属物に対する安全対策などの検討が、設計や建設の段階からより重要度を増してきています。このため、設計から建設、維持管理の現場のコミュニケーションが非常に重要となります。すなわち、どのような条件、仮定にもとづいて設計、施工が行われたのかを知って維持管理を行う、あるいはどのような維持管理が行われるかを想像して、設計、施工を行うなど、設計、施工、維持管理を一連のプロセスとして統合する必要があります。

さらに、今後ますます利用が期待される大深度地下空間の開発では、覆工の設計にあたって、土圧の作用の考え方、支配的作用となる水圧の設定方法、施工時荷重の影響など、従来とは異なる視点から各種調査、設計、施工技術の改善、開発が求められます。開発技術の検証にあたっては、実構造物と解析モデルの違いを把握し、境界条件の整合性、荷重などの各種作用の影響を創造することが重要であります。加えて、前述のとおり供用後の維持管理のプロセスや周辺の開発などによる地盤環境の変化などを踏まえた、時間軸に対する性能を想像することが必要と考えます。

設計、施工段階において求められる機能を確保することは当然ですが、100年先の将来を創造し、構造物のライフサイクルを考える必要があります。現時点では構造物の劣化を供用期間にわたって精度よく予測する技術は確立されていませんが、不断の検証とチェックや実績を踏まえた中長期的な研究開発を進めながら、維持管理を踏まえた将来の性能を想像することがますます必要になるものと考えます。また、構造物の機能は全体系から部材レベルや付属物にいたるまで、各種のレベルがありますが、一つの機能であっても失われた場合、最悪通行止めを余儀なくされることもあります。したがって、時間軸で構造物の各種機能を想像し、設計、施工、維持管理をシームレスなプロセスとして行い、100年先の将来においても、お客様が安全で安心して、快適にご利用いただける高速道路のサービスを提供するとともに、魅力ある都市環境の創造、災害に強い都市の創造に努めてまいりたいと思います。

## 施工

# SENSで平均月進190mを達成

## —北海道新幹線 津軽蓬田トンネル—

鉄道・運輸機構青森新幹線建設局工事第二課担当係長 宮 崎 俊 彦

鉄道・運輸機構青森新幹線建設局工事第二課長 三 上 美 輝 雄

鉄道・運輸機構青森新幹線建設局外ヶ浜鉄道建設所担当副所長 田 中 淳 寛

鹿島・鉄建・梅林・田中組共同企業体所長 西 川 幸 一

### 1 はじめに

津軽蓬田トンネルは、北海道新幹線新青森・新函館(仮称)間の青森県東津軽郡蓬田村から外ヶ浜町に至る延長6,190mの新幹線複線断面トンネルである。地質は未固結な砂を主体とする蟹田層が基盤である。蟹田層を対象とした過去のトンネル施工記録では、土砂崩壊や流砂事故が数多く発生しており、本トンネルにおいても切羽の不安定化が予想された。そのため、東北新幹線において同様な含水未固結地山における実績(三本木原トンネル)を有し、安全性、施工性および経済性に優れたSENS(シールドを用いた場所打ち支保システム)による機械化施工を採用した(図-1)。

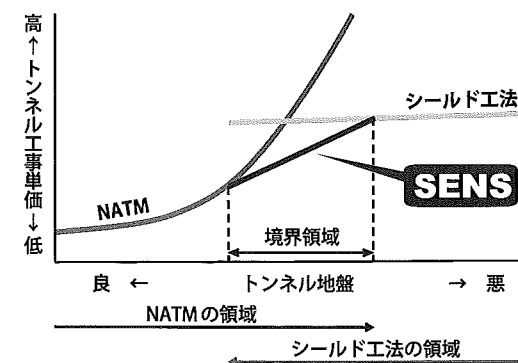


図-1 SENSの適用地盤(イメージ)

SENSは東北新幹線三本木原トンネルの約3,000m間で2004~2006年にかけて、初めて開発・採用されたものであり、概要としては「密閉型シールドにより掘削及び切羽の安定を図り、シールド掘進(Shield)と並行して一次覆工となる場所打ちコンクリートライニング(ECL)によりトンネルを支保し、一次覆工の安定を計測により確認した後、漏水処理工と力学的機能を負荷させない二次覆工を施工(NATM)してトンネルを完成させる工法(System)」<sup>1)</sup>としている。本トンネルでSENS採用は2例目となる。

本トンネルは、平成21年11月に開削トンネルに推進反力をとった地上発進によりSENSの掘進を開始し、平成23年6月末にマシンメンテナンス位置(中間立坑、切羽位置2,891.3m)に到達した。約2か月後の8月末に掘進を再開し、平成24年10月初めに無事貫通を迎えた。

本報告では、高速掘進のために行ったコンクリートおよびマシン改良の成果、小土かぶり部を中心とした掘進管理、SENSの今後の課題・展望について報告する。なお、工法採用に至った経緯およびSENSの掘進メカニズム、初期掘進、カッタービットの摩耗状況については、過去に本誌に長谷川ほか<sup>2)</sup>、小川ほか<sup>3)</sup>、三上ほか<sup>4)</sup>により報告されているので参考とされたい。

## 2 工事概要

### 2-1 トンネル概要

延長6,190mの本トンネルの平面線形は全区間直線となっており、縦断線形は約3,000m地点の中間部を最深部とした線形である。

最大土かぶりは90mであり、起点方の小土かぶり部120m間は開削トンネル、残り6,070mはSENS区間となっている。途中5か所で土かぶり5~13mの沢部を通過する(図-3)。また、供用後は中間立坑でトンネル湧水を集水し、地上へ排水する計画としている。

新幹線複線断面に対応した内空径は10,040mm、掘削外径は11,300mmで、トンネル構造は一次覆工コンクリート(t=330mm)、二次覆工コンクリート(t=300mm)および下部一次コンクリート、下部二次コンクリートより構成される(図-2)。

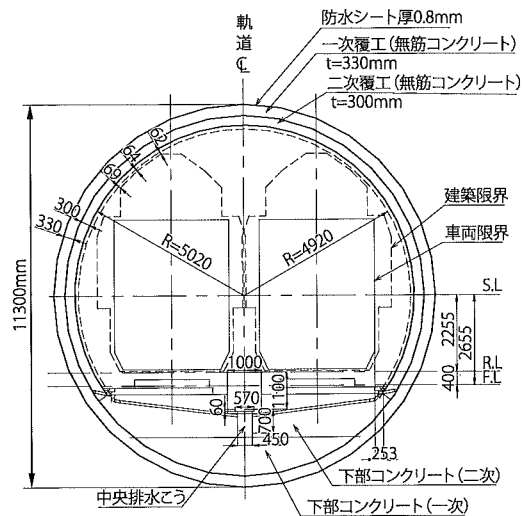


図-2 SENS断面図

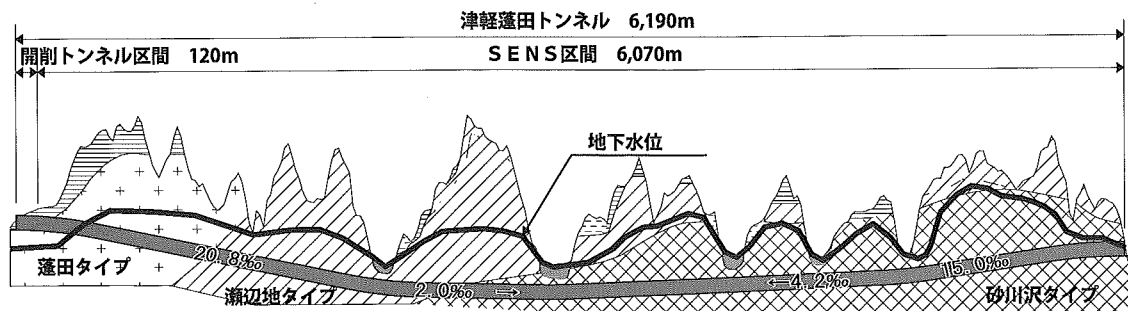


図-3 トンネル地質縦断面図

### 2-2 地質概要

本トンネルの通過する地層は、未固結な砂を主体とする蟹田層が基盤であり、蓬田タイプ、瀬辺地タイプ、砂川沢タイプに分類される。蓬田タイプは、全体として固結度が低く帯水層となっており、層相は側方または上下方向に大きく変化する特徴を有する。瀬辺地タイプは、軽石質凝灰岩と中・細粒砂の薄互層によって特徴づけられる。砂川沢タイプは、全体として均質で塊状無層理の固結した砂岩層からなる(図-3)。

蟹田層の一部は細粒分含有率9%、均等係数3.0と非常に流砂を生じやすい砂層である。また、地下水位はおおむねトンネル天端以上(最大、天端+34m)である。

## 3 高速掘進の検討

北海道新幹線(新青森・新函館(仮称)間)を所定の時期までに完成させるためには、過去のSENSの実績である東北新幹線三本木原トンネルの平均月進110mを大幅に更新し、高速で掘進することが求められた。このことから、一次覆工コンクリートの性能および機械設備改良などを行う必要があったため、以下の検討を行った。

### 3-1 一次覆工コンクリートの性能改良

SENSマシンの側面図を図-4に示す。SENSの一次覆工コンクリートは、一次圧送ポンプ、レミキサを経て、二次圧送ポンプへ送られシールドの掘進と同時にコンクリートを圧送打設する(図-5)。SENSで用いる一次覆工コンクリートは、以下の性能が求められる。

- ① 狭隘箇所にて締固めなしで充填可能な高流動

性

- ② 高水圧下で打設するため水中分離を生じない粘性
  - ③ 内型枠の早期脱型を可能とする初期強度の発現性
  - ④ 長時間にわたり断続的にポンプ圧送可能とするフレッシュ保持性
- 従前の三本木原トンネルと同様の配合では、以下に示す課題があった。

- ① 粘性が高く、圧送抵抗が高くなる
- ② 1回の連続掘進距離を伸ばすと、配管内にコンクリートが付着し、圧送ポンプの油圧が

徐々に上昇するため、1日半ごとに配管の清掃を余儀なくされる(図-6)

- ③ 季節変動によるコンクリートの温度変化により、強度発現や流動性が変化し、安定した掘進ができない

そこで、次の性能改良を行った。

- ① 新たに、粘性が低く、ポンプ圧送性を改善した新配合を開発
- ② 要求性能の見直しを行い(表-1)、一定時間経過後の流動性を維持する配合を用いる(図-7)ことで、1回の連続掘進長を長くしてもポンプ油圧が上昇することを抑制

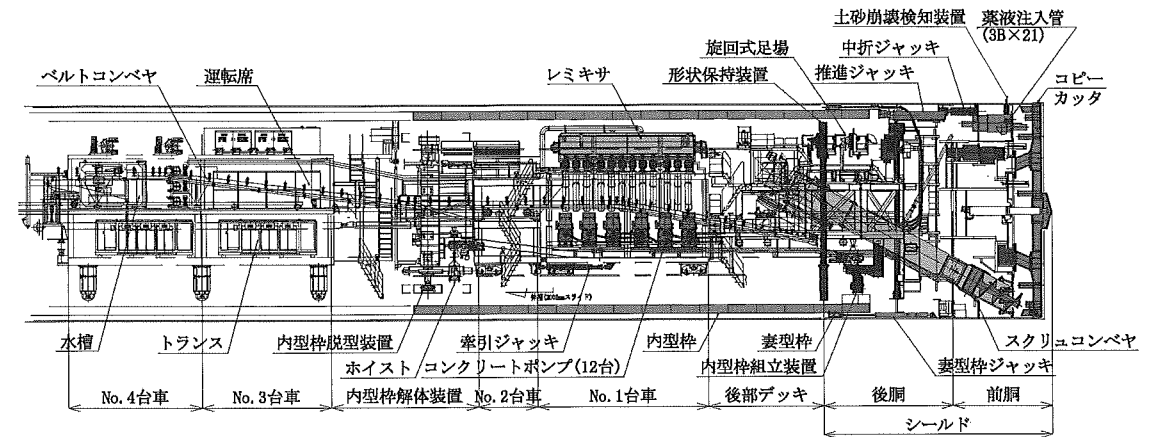


図-4 SENSマシン側面図

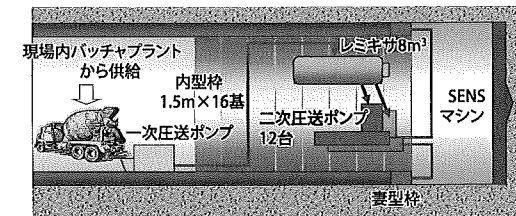


図-5 SENSの一次覆工コンクリート打設備

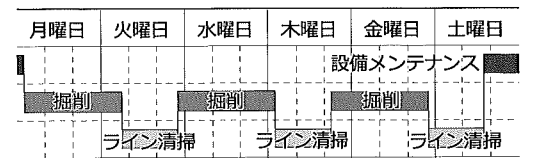


図-6 三本木原トンネル配合での施工サイクル

表-1 要求性能の見直し

項目	津軽蓬田 T	三本木原 T
スランプフロー	650±50mm	600±50mm
フレッシュ保持性	所定のフレッシュ保持時間における50cmフロー到達時間が180秒以下	4時間後のスランプフローが練上がり時の80%
強度性状	材齢24時間強度で15N/mm²以上 材齢28日強度で30N/mm²以上	材齢24時間強度で15N/mm²以上 材齢28日強度で30N/mm²以上
ポンプ圧送性	3インチ配管で30mの距離に5m³/hを打設可能	3インチ配管で30mの距離に5m³/hを打設可能
材料分離抵抗性	圧送および充填時に材料分離を生じない	圧送および充填時に材料分離を生じない
水中不分離性	pH=12.0以下、懸濁物質500mg/L以下	pH=12.0以下

③ 高性能AE減水剤および早強剤などの調整を行い、季節温度変化によらず、安定したコンクリート性状を確保

以上の結果、週1回の配管清掃で連続掘進が可能となるなど、施工性能が大幅に改善されたコンクリート配合を開発することができた(図-8)。

### 3-2 マシン設備の改良

マシン設備および内型枠について、表-2に示す改良を行った。その結果、掘進速度の向上、施工時間の短縮、組立て・解体作業の大幅な効率化が図れた。

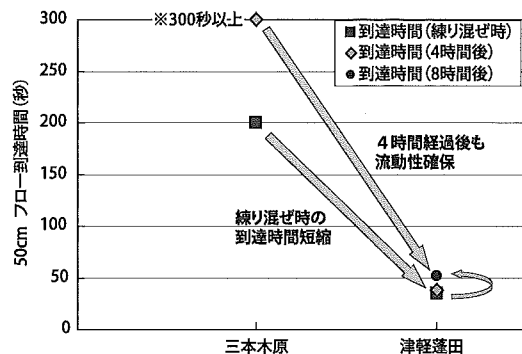


図-7 50cmフロー到達時間の低減

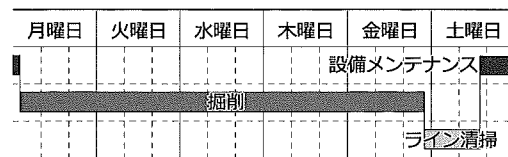


図-8 改良した配合での施工サイクル

表-2 三本木原トンネルからの各種設備改良点と評価

項目	改良目的	三本木原トンネルとの比較	貫通時の評価
施工速度の向上	一次覆工コンクリート打設能力の向上	コンクリート打設ポンプ 6台→12台	打設速度が約2倍に増加
	内型枠幅の増幅により組立て回数低減	1リング内型枠幅 1.2m→1.5m	組立て回数が20%低減
品質確保・施工性の向上	内型枠組立てボルトの剪断力の低減(内型枠変形の抑制)	内型枠構造 半径方向挿入型→軸方向挿入型	到達時においても、有害な内型枠の変形などはみられない
	妻型枠部のメンテナンス性の向上	妻型枠ジャッキストローク 0.9m→1.6m	妻枠背面の清掃作業性が改善
長距離施工	カッターピットライフの長寿命化	カッターモータ 定速回転→変速回転 ビット配置 2段階差→4段階差	中間立坑でのビット交換の効果もあり、ビット残量に余裕をもって到達
	坑内走行車両台数の低減	発生土の坑内搬送方法 ダンプトラック→連続ベルトコンベヤ	坑内の車両が大幅に減少

### 3-3 高速掘進検討のまとめ

高速掘進技術の開発を行った結果、下記の成果を得ることができた。

- ① 一定時間経過後の流動性に優れた一次覆工コンクリートの開発により、ライン清掃の回数を減じ、高速掘進を実現することができた
- ② 二次圧送ポンプを増設し、コンクリート打設能力を改善することにより掘進速度を向上することができた
- ③ 内型枠幅(L=1.2→1.5m)の変更や軸方向挿入などのマシン構造の変更で内型枠の組立て・解体を効率的・安全に施工できた。

以上のことから、含水未固結地山における山岳工法と同等の工事費での施工を行いながら、中間立坑でのビット交換期間を除く平均月進190m、最高月進367.5mとシールドなみの高速掘進を実現できた(図-9)。

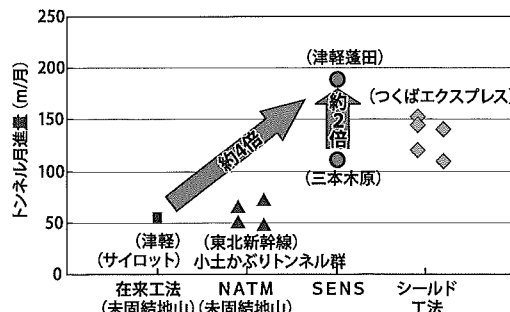


図-9 トンネル進行比較

## 4 掘進管理

### 4-1 一般部の掘進管理

安定的な高速掘進を行うには、土かぶりや地下水水位など、現地の状況に応じた施工管理が重要である。

マシンの圧力設定は、より正確に作用土水圧を把握するために、掘進停止時の天端にもっとも近い土圧計の計測値から設定を行った。この値に予備圧、変動圧を加え切羽圧およびコンクリート打設圧を設定した(図-10)。

なお、切羽圧およびコンクリート打設圧の変動幅は初期掘進時の計測データの変動幅を考慮して設定した。初期掘進については、既報<sup>9)</sup>を参照されたい。

### 4-2 小土かぶり部の掘進管理

小土かぶり砂川沢部の掘進にあたっては、地表隆起や切羽へのコンクリート回り込みをおさえるため、表-2に示すように一般部よりも予備圧を小さく設定した。

#### 4-2-1 切羽圧、コンクリート打設圧の設定

通過する5か所の沢のうち、砂川沢は土かぶりが5m程度と小さいうえに、トンネル上部のN値が0~5程度と小さいため、隆起が予想された(図-11)。そのため、地表面計測結果を切羽圧、

コンクリート打設圧の管理値に反映することで管理した。

まず、3,207リングでは、コンクリート打設箇所での隆起と地表面の先行沈下が生じていないことを確認し、それまでの設定値に対して、切羽圧、コンクリート打設圧を20kPa低下させた(図-12)。この設定は掘進停止時の土圧に対する切羽圧の予備圧が0kPaに相当する。

続いて、上記設定によっても掘進中の排土率が増加傾向にないこと、打設率がほぼ一定で推移していることを確認して、3,212リングからは、さらにコンクリート打設圧を20kPa低下させ、切羽圧に対するコンクリート打設圧の予備圧を+20kPaから0kPa相当とした(図-13)。

以上、2回の設定を行ったが、3,212リング以降

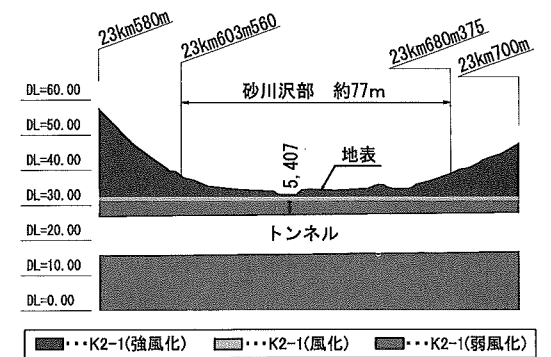
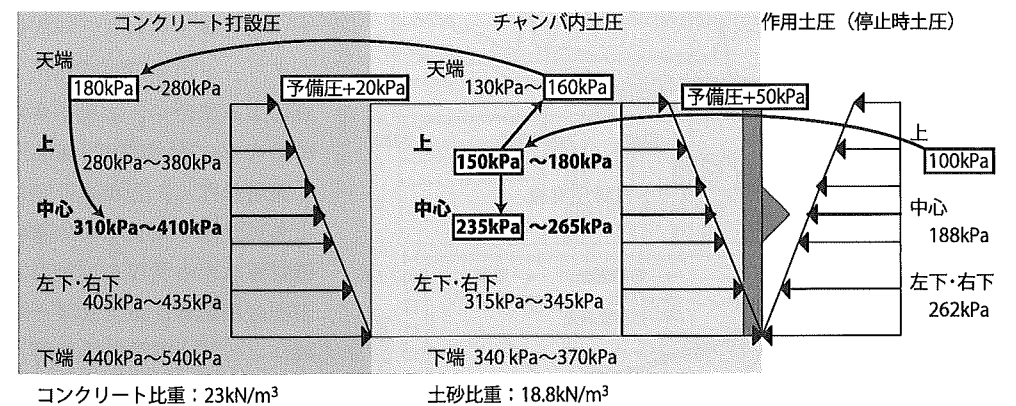


図-11 砂川沢部縦断面図



項目	中央値	下限	上限	
土圧設定値	中心土圧	250kPa	235kPa	265kPa
コンクリート打設圧設定値	中心打設圧	360kPa	310kPa	410kPa

図-10 切羽圧、コンクリート打設圧設定(例)

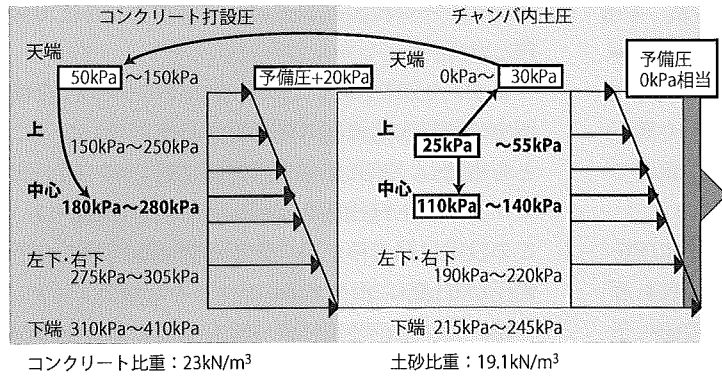


図-12 切羽圧、コンクリート打設圧設定(3,207R~)

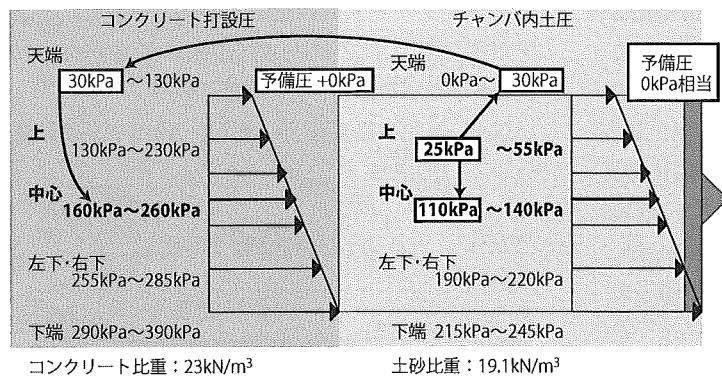


図-13 切羽圧、コンクリート打設圧設定(3,212R~)

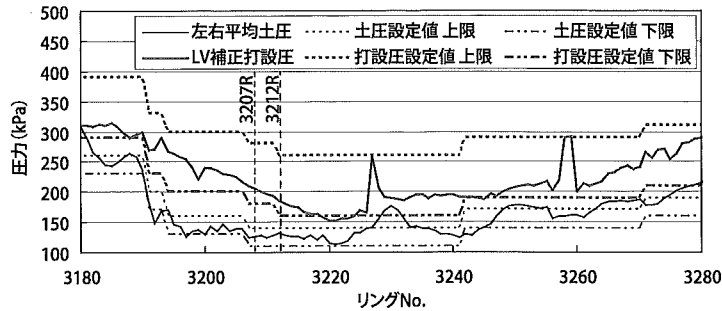


図-14 切羽圧、コンクリート打設圧実績

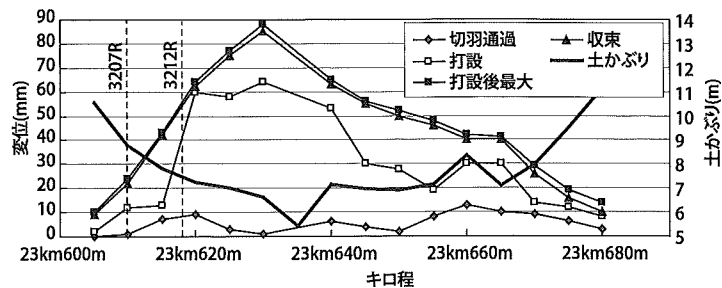


図-15 地表面変位計測結果

も地表面の隆起傾向が確認されていた。しかし、切羽圧の天端換算値が0~30kPaであること、および切羽圧に対するコンクリート打設圧の予備圧が0kPaであることから、これ以上の設定圧力の低下は難しいと判断した。

4-2-2 施工実績

切羽圧、コンクリート打設圧の実績を図-14に示す。前記の予備圧の減少に加え、土かぶりの減少とともに停止時の土圧が低下したことから、切羽圧、コンクリート打設圧の設定値も低下している。このような状況でも、排土率、コンクリート打設率、掘進スピードは、ほぼ一定の安定した掘進を行うことができた。小土かぶり部の地表面の変位は切羽通過、コンクリート打設の順に大きくなっていき、打設後しばらくして最大値を示し、数mm沈下し収束している。

砂川沢での最大変位量は隆起90mmと今回掘進した沢部の中で最大となった(図-15)。これは、土かぶりの小ささやN値の低さが影響していると考えられる。一次覆工コンクリートの巻厚測定は超音波探査によって行い、小土かぶり部においても必要巻厚300mmを下回った箇所はなく、土かぶりの減少とともに巻厚が増加している傾向が確認された。巻厚の増加および地表面の隆起は、コンクリートの打設によって上部の地山を押上げた結果、天端部の巻厚が大きくなったと思われる。

4-3 地上到達の検討

4-3-1 到達防護工

到達坑口においては、掘進に先

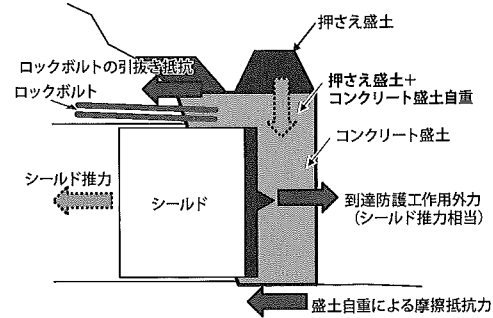


図-16 到達防護工の考え方

立って到達部付近の切羽安定性確保や確実な一次覆工コンクリートの打設を目的として、到達防護工を施工した。到達防護工には、到達掘進時にマシン推力相当の水平力(想定38,000kN)が外力として作用すると想定し、滑動や転倒に対する安定性を確認した。その結果、保護コンクリート躯体に加えて押さえ盛土およびロックボルト補強による抵抗力の増加を図った(図-16)。また、到達防護工の掘削面については、あらかじめ流動化処理土を充填し、SENSマシンで安定した掘削が可能となるように配慮した。

4-3-2 掘進結果

保護コンクリートで行った自動計測においては、トンネル軸方向の変位が顕著で、とくに、坑口保護コンクリート上部で大きくなっていることから、転倒の挙動を示していると考えられる。計測結果が管理レベル2(表-3)を超えたことから、掘進速度を落として推力を20,000kN程度まで低下させ、坑口保護コンクリート変位の防止を図った(図-17, 18)。

地表面計測では、掘進時の地表面変位はほとんどなく、断面③を除く位置では、一次覆工コンク

表-3 保護コンクリート計測管理基準値(トンネル軸方向)

管理レベル	管理値	管理体制	備考
レベル1	6mm	—	レベル3の50%
レベル2	10mm	推力 30,000kN 以下になるよう速度調整	レベル3の90%
レベル3	12mm	掘進停止	ロックボルトの永久ひずみ0.2%(降伏耐力に達するひずみ)の50%

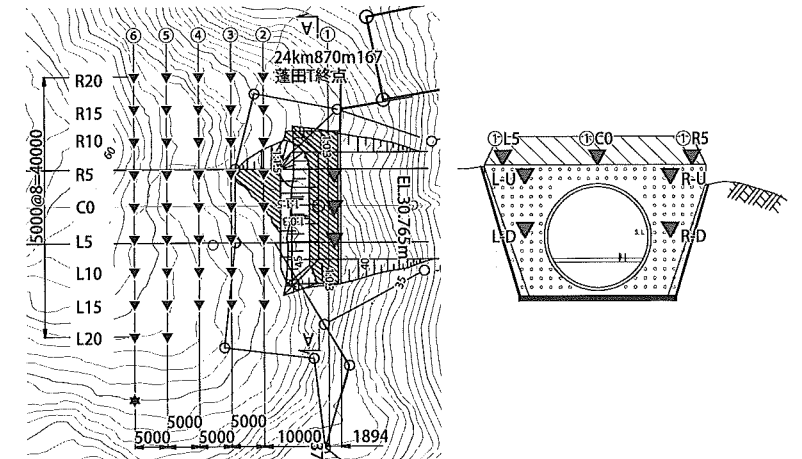


図-17 保護コンクリート計測位置図

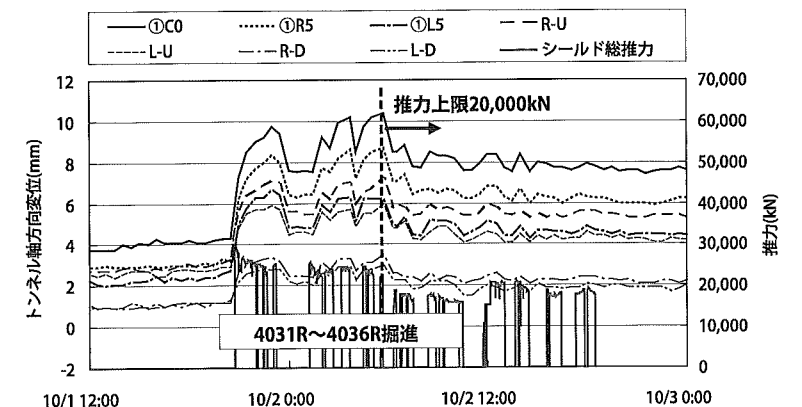


図-18 坑口保護コンクリート計測結果

リートの打設に伴って隆起を生じ、打設後最大値を示したが脱型後に数mm沈下し収束している。これは、他の小土かぶり区間で確認された傾向と同様であり、収束時の変位最大値は、隆起側で6mm、沈下側で8mmとこれまでの小土かぶり区間と比較してもっとも小さな値となっている。また、一次

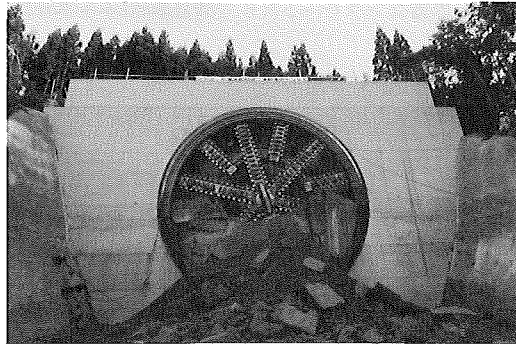


写真-1 津軽蓬田トンネル到達部

覆工コンクリートの巻厚も全箇所300mmを確保している。

上記のように、計測結果を掘進管理に反映しながら掘進を行った結果、保護コンクリートや地表面の変状なくマシンを到達させることができた(写真-1)。また、4,030リング以降の掘進時にコンクリート打設圧を低下させたことにより、地表面の隆起を抑制できたものと考えられる。

## 5 おわりに

本稿では、津軽蓬田トンネルにおける高速掘進のためのコンクリート性能および機械設備の改良により経済性を確保しつつ、最高月進367.5mを確保したこと、および小土かぶり部での計測結果のフィードバックを中心とした掘進管理を報告した。平成25年4月現在、二次覆工コンクリート、器材坑などの施工を進めている。

## 『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

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

## 「マジムンが生息する島」奄美大島より

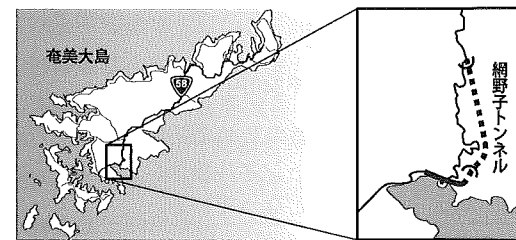
宮本正治



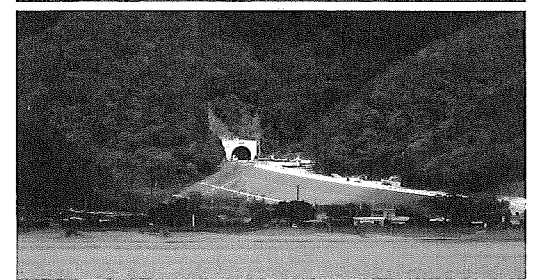
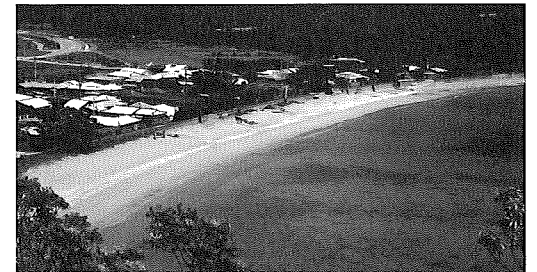
網野子トンネルのある鹿児島県大島郡瀬戸内町は、鹿児島市から約380km南下した奄美大島の南端に位置する。奄美群島国立公園の一部となっており、亜熱帯雨林に囲まれた森とサンゴ礁に囲まれた素晴らしい海と美味しい海の幸が豊富な地域である。

当トンネルが位置する網野子峠には国指定特別天然記念物第1号のアマミノクロウサギや日本最強の猛毒蛇として名高いハブが生息している。ハブはご存じのように猛毒を持つ一方、昔から健康食品や傷薬等妙薬として使用されてきた。奄美では古くからハブを「マジムン」と呼び、皮や骨を身に付けることにより魔除けとなり、また金持ちになれると言い伝えられている。奄美大島に生息しているハブの種類としては、金ハブ・銀ハブ・ヒメハブがあり、その他の毒蛇も生息しているため、奄美大島にお越しの際はくれぐれも注意をお願いしたい。実際、トンネル坑口付近伐採時や施工時にはハブが出没し、安全対策には十分考慮しながら工事を行っている。ハブを生きている状態で役場などへ持って行けば、1匹あたり4,000円で買い上げてもらえるため、地元の人は捕獲用の棒と保管箱を常に車に用意している。

奄美の特産品としては、奄美群島でしか製造が認められていない黒糖焼酎(糖分0%)、および伝統工芸の大島紬などが有名である。観光スポットとしては、中部の山岳地にある金作原生林、奄美市住用町のマングローブ原生林、島南部の瀬戸内町海岸の珊瑚礁などが有名である。大島海峡では毎年夏に奄美シーカヤックマラソンin 加計呂麻が開催され、また、島北部では奄美の美しい自然や多様な文化・歴史がわかりやすく紹介されている奄美パークの郷などがあるので、ぜひ



位置図



(上)網野子集落、(下)集落の向こうに坑口を望む

ひ足を運ばれたい。

さて、本工事は、奄美大島を北から南へ縦断する国道58号の標高約380mの網野子峠下を貫く全長4,243mのトンネルのうち、終点側網野子集落から網野子工区2,236mを施工する。地質は中生代白亜紀の四万十帯に属する凝灰質粘板岩と粘板岩が分布している。また、地形的には山の斜面が浸食を受けており、この区間の地山は風化変質がみられた。現地踏査および調査ボーリングで予想されていた断層がトンネル内に出現したため、補助工法としてAGF(長尺先受け)を施工したほか、トンネル切羽や路盤から大量の湧水がみられたため、最大330t/hrの濁水処理設備を設置して処理したことや事前に水抜きボーリングを行いながら施工したことにより、大規模な崩落もなく施工することができた。

トンネル掘削、覆工などの本体工事が完了し、残す工事としては坑内の路盤整形および仮設ヤード復旧・跡片付け工を残すだけとなった。作業関係者一同、最後まで気を抜かず、工事を完了させる所存である。(大成・植村特定建設工事共同企業体道路改築工事(網野子トンネル網野子工区)作業所担当所長)

# 土木情報 No.481

今月の主な入札結果

(5月10日～6月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
北陸農政局	柏崎周辺(二期)農業水利事業幹線導水路(上野工区)建設	東急建設	288
関東地整	357号大井北共同溝補強その他	松尾建設	242
北陸地整	阿賀野BP17工区函渠	アイサワ工業	354
"	" その2	大野建設	160
"	新発田拡幅中曽根地区函渠他その2	新発田建設	180
"	湯沢維持出張所管内トンネル補修他	文明屋	106
近畿地整	那智勝浦道路湯川第一T	清水建設	1,133.7
"	" 第二T	奥村組	1,062.3
"	近畿自動車道紀勢線富田第一T	鉄建建設	1,225.2
東日本高速道路	三吉山T	大林組	5,034.75
"	長野自動車道一本松T変状対策	熊谷組	187
宮城県	磯草T本体	橋本店	1,157
"	二ノ浜2号T本体	橋本店	538
都・下水道局	第二戸山幹線その6	松鶴建設	167
"	足立区柳原二丁目付近再構築	三ツ和総合建設業協組	239.6
"	荒川区東尾久四丁目、北区田端新町二丁目付近再構築	新井組	188.77
兵庫県	R179徳久BP徳久T建設	大成・松田・中兵庫JV	1,220
東京都都市づくり公社	武蔵野市公下水貯留施設築造	大日本・三栄JV	848
水戸市	姫子1丁目都市下水路新設	株木・菅原・トキワJV	310
"	都第16号、都市下水路流下機能改善	横田・要JV	140
牛久市	24社総交公下第9号、下町第二雨水幹線管渠布設	セイビ・ヒロJV	130
さいたま市	芝川第8処理分区下水道(北建-25-62)	斉藤・安西・大昭和JV	740.17
八潮市	25-古新田幹線都市下水路築造	織田	182.55
品川区	勝島運河雨水貯留施設建設	清水建設	886
八王子市	大和田町一丁目31番先外下水道接続幹線築造59(1工区)	日特建設	623.1
新潟県田上町	交修1号町道〈1〉坂田・湯川3号線五明寺T修繕	小柳・堀内JV	258.95

## わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 B5判 209頁 本体価格 2,500円 円340円

本書は、「トンネルと地下」に17回にわたって連載した「トンネル技術者のための応用地質学入門」をベースに、加筆および整理してまとめたものである。本書では、最新のトンネル技術、地質学、ならびに、地質調査法などを挙げ、学生から実務者まで広範に満足させる内容となっている。

株式会社 **土木工学社**

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

## 施工

# 増粘剤を用いた中流動覆工コンクリートの品質および施工管理

—舞鶴若狭自動車道 田上トンネル—

中日本高速道路(株)名古屋支社敦賀工事事務所若狭工事区 中堀 千嘉子  
中日本高速道路(株)名古屋支社敦賀工事事務所若狭工事区工事長 稲垣 太浩  
(株)奥村組名古屋支店田上トンネル工事所長 山本 正  
(株)奥村組東日本支社土木技術部技術4課長 松田 敦夫

## 1 はじめに

山岳トンネルで覆工コンクリートの長期耐久性を向上させるには、密実なコンクリートを施工することが必須となる。一方、狭小な覆工型枠内での厳しい作業環境下にて、不具合が発生しないような入念な締固め作業には困難がともなう。そこでコンクリート性能の向上と打設工法の改善を組合わせた中流動コンクリートを用いた型枠パイプレータによる締固めが提案された<sup>1)</sup>。

中流動コンクリートに最適な流動性と材料分離抵抗性を得るには粉体系の混和材(フライアッシュ・石粉)を使用するか、増粘剤を添加するか2つのタイプがある。混和材を用いるタイプは製造プラントに混和材専用サイロを設けないと中流動コンクリートを製造できないが、増粘剤を用いれば付加する設備は小さくなる。また近年、増粘剤を添加して施工性・経済性を改善した混和剤が開発されている<sup>2),3)</sup>。そこで舞鶴若狭自動車道<sup>たがひ</sup>田上トンネルの鉄筋区間の覆工に増粘剤系の中流動コンクリートを試験的に採用した。

本稿では、増粘剤系の中流動コンクリートの適用検討から施工時の品質管理、施工後の品質につ

いて述べる。

試験施工の結果、一般区間の覆工に通常使用したコンクリート配合に増粘剤を添加して簡易に中流動コンクリートの配合基準を満足することができた。また、このコンクリートの初期段階の強度特性も通常のコンクリートと同程度の性能を得ることができたので報告する。

## 2 工事概要

田上トンネルは舞鶴若狭自動車道の未開通区間である小浜IC～敦賀JCTの上中ICから東約3kmに位置する全長1,269mのトンネルである。工事概要を表-1に示す。設計覆工厚は無筋区間30cm、鉄筋区間35cmで全線繊維補強コンクリートが採

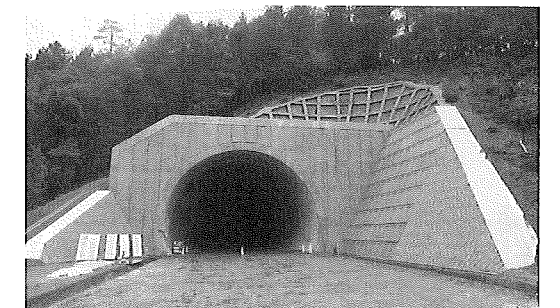


写真-1 田上トンネル発進側坑口

表-1 工事概要

工事名称	舞鶴若狭自動車道田上トンネル工事
工事場所	福井県三方上中郡若狭町田上～佐古
発注者	中日本高速道路(株)名古屋支社
施工者	(株)奥村組
工期	平成21年11月～平成24年12月
トンネル概要	延長：1,269m, 掘削断面積：80.3m <sup>2</sup>

用されている。中流動覆工コンクリートは狭隘箇所である避難連絡坑1か所と終点側鉄筋区間4ブロックを対象とし、通常配合と比較することを目的に無筋区間1ブロックの合計5ブロックに施工した。

### 3 中流動コンクリートの特徴

『トンネル施工管理要領』<sup>9)</sup>(以下、「要領」と表記)で中流動覆工コンクリートは「スランプ15cmの普通コンクリートとスランプフロー65cmの高流動コンクリートの中間的な性状を有するコンクリート」と説明されている。この違いはスランプ試験の試料断面で図-1のように表すことができ、図-2のように流動性と充填性で表すと自己充填す

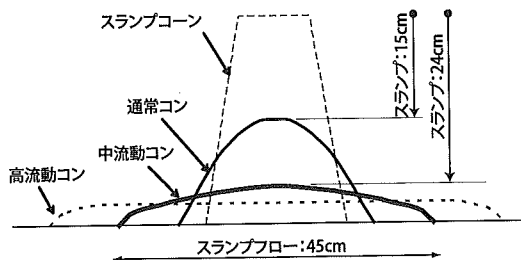


図-1 スランプ試験後の試料断面イメージ

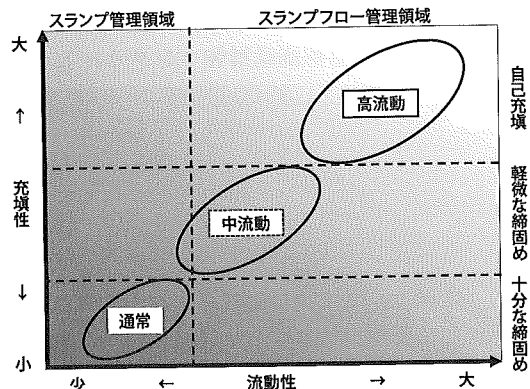


図-2 流動性と充填性による分類

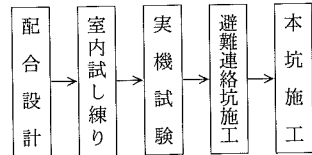


図-3 実施フロー

る高流動コンクリートより安価で、かつ通常コンクリートより軽微な締固めで耐久性のあるコンクリートが打設できるものと位置づけられる。さらに、流動性を大きくすることで高まる材料分離のリスクを石粉、石炭灰といった粉体の混和剤により粘性を大きくすることで回避している。一方、これらの混和剤の代わりに水中不分離コンクリートや高流動コンクリートで多くの使用実績<sup>9)</sup>がある増粘剤を使用することで中流動覆工コンクリートに必要な性能を与えることができる。本工事では一液タイプの増粘剤添加型高性能減水剤を使用した中流動コンクリートを採用し、図-3に示すようにその有効性を室内試験、実機試験、避難連絡坑で確認したのち、本坑を施工した。

### 4 配合設計

本工事の通常配合(繊維補強覆工コンクリート：T3-1)と中流動コンクリートの配合を表-2に示す。中流動コンクリートは通常配合と水・セメント・骨材・短繊維の単位量が同一で、通常配合に使用したポリカルボン酸系高性能AE減水剤を増粘剤添加型の混和剤に変更するだけで表-3の基準を満足する配合が得られた。これは通常配合の単位セメント量が340kgで、増粘剤を使用した中流動コ

表-2 配合と使用材料

	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
	W	C	S	G	Sp	Fb
通常(T3-1)	175	340	988	908	3.40 (1.0%C)	2.73
中流動	175	340	988	908	5.78 (1.7%C)	2.73

C：普通ポルトランドセメント(密度3.16)  
 S：砕砂(密度2.69), 陸砂(密度2.55), 混合比65：35  
 G：砕石(密度2.91, 最大寸法20mm)  
 Sp：(通常)高性能AE減水剤, (中流動)増粘剤含有高性能減水剤  
 Fb：ポリプロピレン(密度0.91, 繊維長47mm)

表-3 配合決定のための基準

項目	基準値
材齢28日圧縮強度	18N/mm <sup>2</sup>
スランプ	21.0±2.5cm *
スランプフロー	35～50cm *
加振変形後の広がり	10±3 cm
U形充填高さ(障害なし)	280mm以上
空気量	4.5±1.5% *
最大塩化物含有量	300g/m <sup>3</sup>
材齢28日の曲げ靱性係数	1.40N/mm <sup>2</sup>

表-4 強度試験の比較

繊維	試験項目	通常	中流動
なし	圧縮強度4週	40.5N/mm <sup>2</sup>	40.2N/mm <sup>2</sup>
	靱性係数	2.08	1.76
あり	圧縮強度4週	39.6N/mm <sup>2</sup>	39.2N/mm <sup>2</sup>

ンクリートに十分な粉体量であったためである。混和剤タンクの切替えのみで両配合が製造可能であることから、鉄筋区間のみの中流動コンクリートを使用する場合に適することがわかった。

室内試験で作製した供試体の強度試験では表-4に示すように、それぞれの配合による圧縮強度、曲げ靱性係数の違いはほとんどない。

### 5 フレッシュコンクリートの管理値の設定

日常管理における管理値の設定について述べる。表-3の\*印の基準は「打込み箇所」で採取した試料が対象である。通常配合においても運搬・短繊維投入・ポンプ圧送による特性の変化を製造時に考慮するが、中流動コンクリートの経時変化のデータは少ない。とくに充填性能への影響が大きく管理範囲が35～50cmと大きいスランプフローの管理範囲は各施工ステップで明確にしておく必要がある。そこで、室内試験・実機試験の結果をもとに表-5の目標値を設定し避難連絡坑の施工を行った。図-4, 5にスランプフローと空気量の経時変化の結果を示す。なお、横軸は繊維投入後をゼロとしている。スランプフローでは製造直後から筒先までのロスが1台目12.5cm, 2台目13.9cm, 空気量では1.0%, 0.7%となったことから、表-5の設

表-5 実機試験で定めたフレッシュ時の目標値

ステージ	製造	現場到着	繊維投入後	筒先
スランプ	cm	22.5±2.5	21.5±2.5	21.0±2.5
スランプフロー	cm	50～65	45～60	35～50
空気量	%	4.5±1.0	4.5±1.5	4.5±1.5
加振変形量	cm	—	10±3	—
U形充填高	cm	—	28以上	—

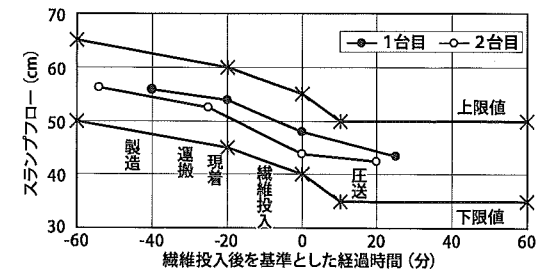


図-4 スランプフローの経時変化

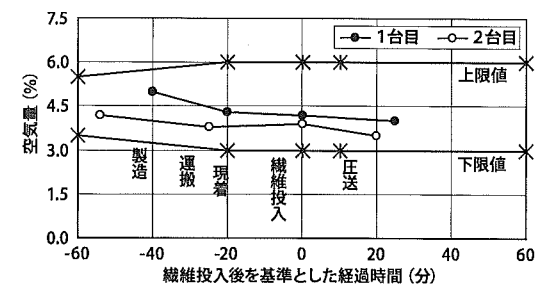


図-5 空気量の経時変化

表-6 繊維投入後の練り置き試料の経時変化

経過時間	直後	55分	90分	
スランプ	cm	22.5	22.6	20.1
スランプフロー	cm	41.5	38.4	30.6
空気量	%	3.1	3.3	3.0
加振変形量	cm	10.6	11.6	17.2
U形充填高	cm	31.3	28.1	25.6

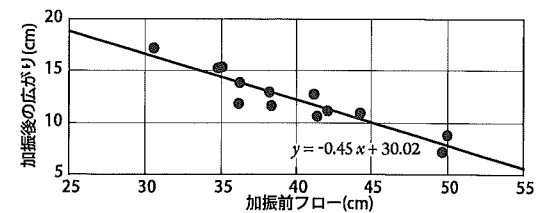


図-6 加振前フローと加振変形量の関係(繊維投入後試料) 定は妥当であるとして本坑の管理値として採用した。

実機試験において繊維投入後から練置きした試

料の変動を表-6に示す。60分程度まで各特性値の低下はほとんどなく、繊維投入後に1時間まで施工待ちは可能である。その後90分でスランプフローとU形充填高さが基準値を下回る。しかし、加振後の広がり17.2cmあり、振動を加えることで充填性能はそれほど低下しないものと考えられる。図-6に示すように加振前のスランプフローと加振変形量には強い相関があり、加振変形量と充填性の評価は今後の検討課題である。

### 6 強度発現性状

図-7に実機試験において採取した供試体の積算温度と若材齢の圧縮強度の関係、図-8に室内試験における材齢4週までの強度を示す。一般的に化学混和剤の使用量が多くなるとセメントの水和反応が遅れるが、図-7,8の結果では通常配合と中流動に強度の違いはなかった。図-9に示す打込み終

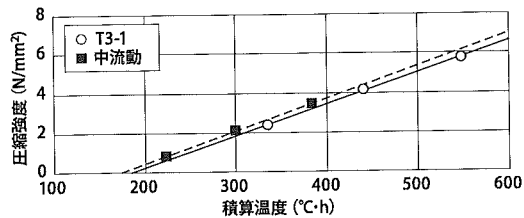


図-7 若材齢強度と積算温度の関係

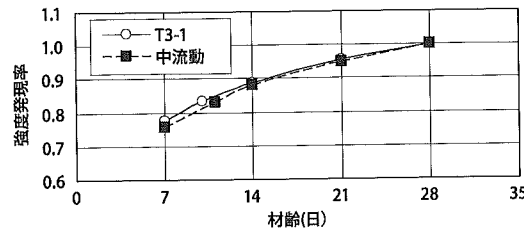


図-8 材齢と圧縮強度の関係

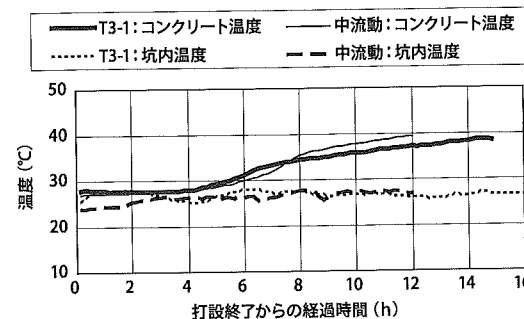


図-9 打設後のコンクリート温度

了から計測したコンクリート温度でも、打込み時のコンクリート温度が同じ場合であればセメントの水和にともなう上昇温度は通常配合と中流動コンクリートで変わらず、積算温度から判定する脱型時間はともに9時間50分であった。型枠の脱型時間や脱型後の養生方法は両配合で同等であることがわかる。

### 7 型枠バイブレータ稼働時の挙動

型枠バイブレータの加速度分布と側圧の変動について述べる。本工事では、既往の文献(6)を参考に、トンネル軸方向3m、周方向2m程度の間隔に型枠バイブレータの設置を計画し避難連絡坑の施工で充填できることを目視にて確認した。本坑では図-10に示すトンネル軸方向4か所、断面方向10か所設置した。今回本坑で測定した型枠表面の加速度波形の一例を図-11に示す。要領では型枠表面の加速度からコンクリートに与えられる入力エネルギーの目安を3.7J/Lとして、加振時間

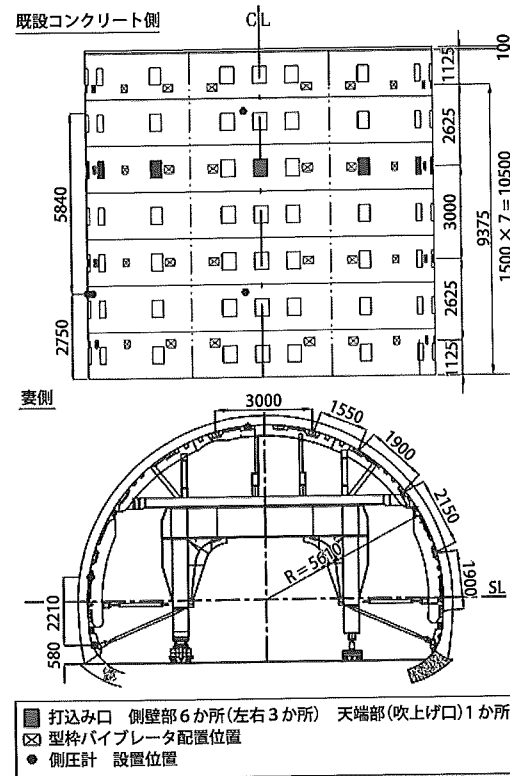


図-10 バイブレータと計測器の配置

を調整することになっている。バイブレータ近傍と2台の中間点の周波数は110Hz、最大値はそれぞれ75m/s²、5m/s²で、2点から求められる加振時間は54秒となった。文献(6)に比べて加振時間がやや長いのは中間点の加速度の小さいことが原因である。ただ、壁部では加振開始から20秒経過したころから大きな気泡の上昇が観察されたことから30秒以上の加振時間が必要ではないかと思われた。バイブレータ間の加速度分布の一例を図-12に示す。型枠補強板位置で加速度が低下しており、バイブレータの設置位置は型枠の構造を考慮して加速度の変動が小さくなる位置を選定しなければならない。

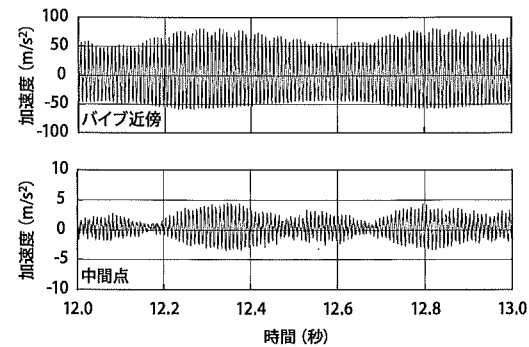


図-11 型枠表面の加速度波形の一例

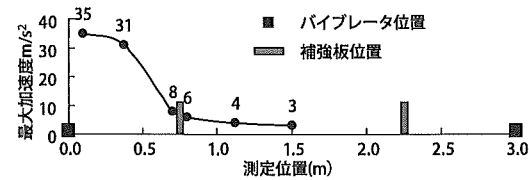


図-12 トンネル軸方向の型枠表面加速度分布

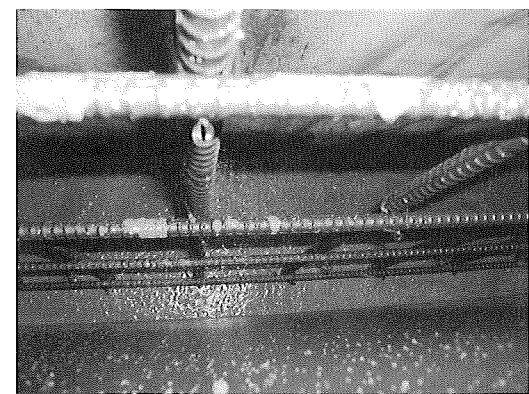


写真-2 壁部の流動状況

一般的に高流動コンクリートでは型枠に液圧が作用することが知られており<sup>7)</sup>、中流動コンクリートでも同様な測定例が報告されている<sup>9)</sup>。図-13に避難連絡坑における下面から0.5m、1.5m、2.5m位置の圧力計の差(密度から算定されるコンクリート1m厚の液圧:0.024N/mm²)を示す。10時50分に0.5m位置に到達したコンクリート上端は11時45分に1.5mまで上がり、12時30分に2.5mに達している。12時15分から液圧から下がり始めるが、12時30分に型枠バイブレータを稼働することで再び液圧が作用し、その後は一様に低下した。したがって、今回の中流動コンクリートは液圧(密度2.4g/cm³、側圧係数1.00)の作用時間を2時間見込んだ。これより本坑の移動式型枠補強後の設計荷重6.5×10⁴N/mm²から打込み速度を1.4m/h=6.5×10⁴/(2.0×2,400×9.8×1.00)以下とした。

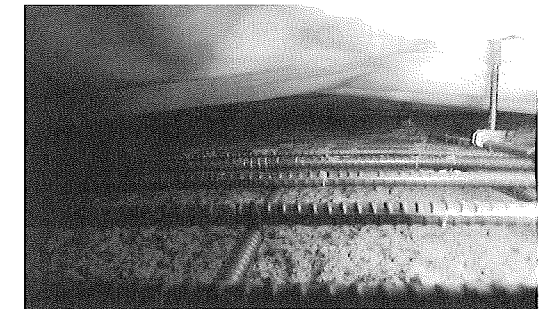


写真-3 天端部の流動状況

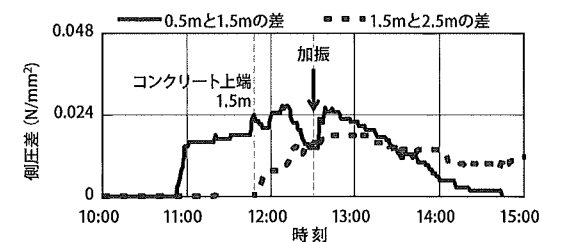


図-13 1m設置位置の異なる圧力計の差

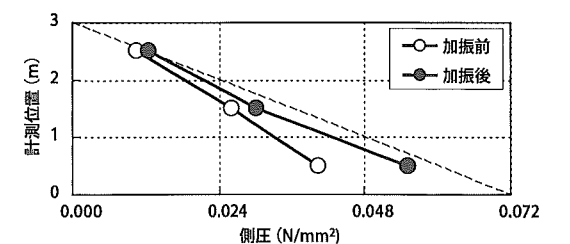


図-14 加振前後の側圧分布

表-7 壁部のコンクリート天端勾配

計測のタイミング	勾配(%)
加振前	8.2
加振後	3.5

また、図-14は12時30分に型枠バイブレータを稼働した前後の側圧分布である。コンクリートに振動が作用すると急激に側圧が上昇した。型枠バイブレータを作用させる際はこの偏圧による型枠の変形や移動を起こさないよう支保の緩みに注意する必要がある。

本坑壁部打設時のコンクリート天端勾配を表-7に示す。コンクリートの投入箇所から自然流動による勾配は8.2%で、振動を加えると3.5%に減少した。これは投入箇所から妻枠まで約30cmの高低差である。施工ではこの勾配を利用しブリーディングを妻枠で排出した。

### 8 日常管理の結果と覆工の品質

本坑の施工における日常管理の結果では表-3の

表-8 日常管理試験結果(現場到着時)

	平均値	標準偏差	変動係数
スランプ	24.0cm	0.46cm	0.022
スランプフロー	52.9cm	3.46cm	0.065
空気量	3.7%	0.30%	0.081
4週圧縮強度	38.2N/mm <sup>2</sup>	2.87N/mm <sup>2</sup>	0.075

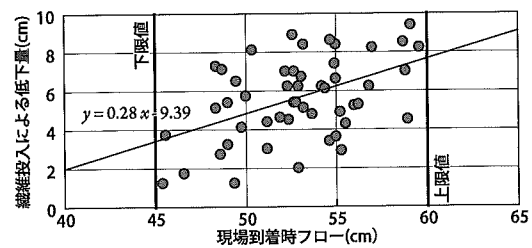


図-15 現着と繊維投入後のスランプフロー

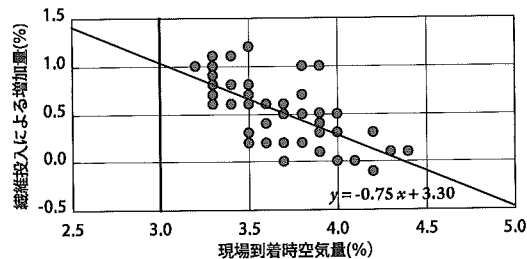


図-16 現着と繊維投入後の空気量

受け入れ時の基準範囲はすべてクリアした。5ブロックで施工した日常管理試験結果を表-8に示す。中流動コンクリートの圧縮強度平均値38.2N/mm<sup>2</sup>、標準偏差2.87N/mm<sup>2</sup>で配合変更前のT3-1(30ブロック)の39.0N/mm<sup>2</sup>、2.25N/mm<sup>2</sup>と大きな違いはなかった。変動係数は一般的なJIS認定工場で設定される10%より十分小さいことから、とくに品質管理を変更する必要はなく、他現場との交互出荷で問題になることもなかった。図-15, 16に日常管理試験の結果を繊維投入前後でまとめた結果を示す。現場到着時のスランプフローが大きいと繊維投入によるフロー低下量は大きく、空気量が大きいと増加量は小さい。

繊維補強コンクリートでは繊維投入後のスランプフロー50~55cm(筒先45~50cm)はやや大きく、上限値ではペーストの材料分離が懸念される。写真-4, 5にみられるように分離性状は現れていないものの「繊維あり」は「繊維なし」に比べて筒先の管理値を小さく設定するほうが良いと思われる。



写真-4 日常管理試験(スランプフロー)

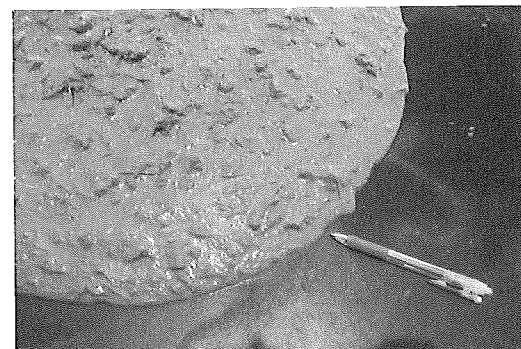


写真-5 分離性状確認のたたき後の性状

覆工の均質性を確認するために超音波伝搬速度を壁部、肩部、天端中央のトンネル軸方向3測線で計測した。超音波の受発信子間隔は50cm一定とした。参考文献8)によれば、コンクリート表面から10cm程度以深で一定となる伝搬速度の領域に相当する。計測結果を図-17に示す。棒バイブレータで十分締固めることのできる壁部と肩部

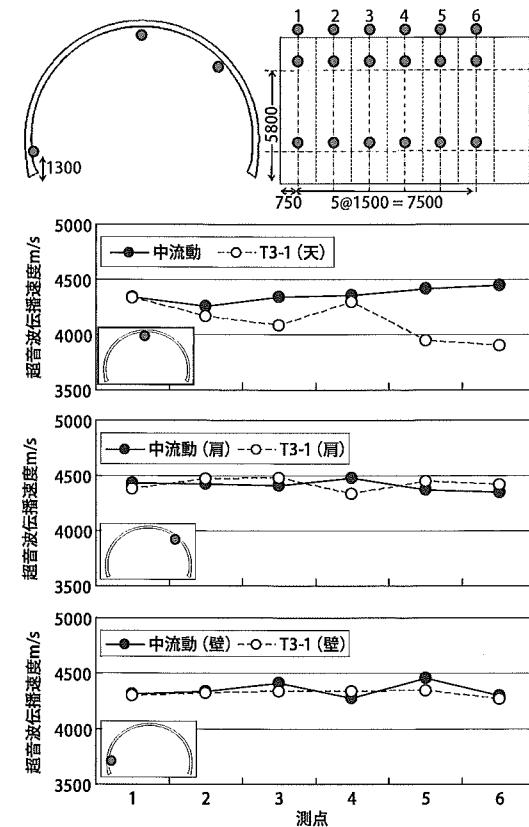


図-17 トンネル軸方向の超音波伝搬速度分布

はT3-1と中流動コンクリートともトンネル軸方向に伝搬速度の変動が小さいが、天端中央ではT3-1は既設側に伝搬速度が低下しているのに対し、中流動コンクリートは壁・肩部と同様に伝搬速度の変動は小さい。

棒バイブレータによるT3-1の覆工よりも型枠バイブレータによる中流動コンクリートのほうがトンネル軸方向に流動させる施工において均質性が高いという結果が得られた。

中流動コンクリートの表面の仕上がり具合を写真-7に示す。コンクリートの流動痕が少なく、美観は向上している。しかし、壁ハンチ部では型枠バイブレータの振動により気泡が型枠表面に集まる傾向が大きい。とくに、繊維補強コンクリートのため短繊維の周りに気泡が付着することで細長い形状の気泡が目立つ。この部分の気泡の除去が今後の課題である。

### 9 まとめ

増粘剤系の中流動コンクリートの試験施工で得られた知見を以下に示す。

- ① 繊維補強覆工コンクリート通常配合の混和剤を増粘剤添加型に変更するだけで中流動コンクリートの基準値を満足できた。全線に採用することはもとより鉄筋区間のみ増粘剤系中流動コンクリートを打設することが容易にできる。
- ② 増粘剤系中流動コンクリートの若材齢時の初期強度特性は通常配合とほぼ同じであった。



写真-6 超音波伝搬速度の測定

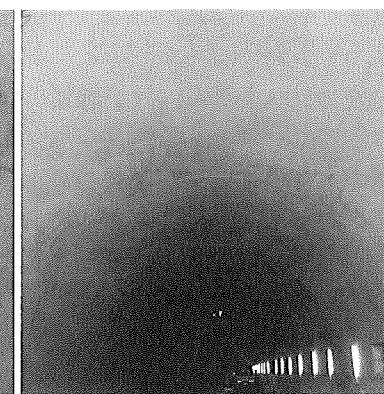


写真-7 覆工表面仕上がり



写真-8 壁部の空気泡痕

また、4週強度も所定の強度を満足し、その変動も少なく安定していた。

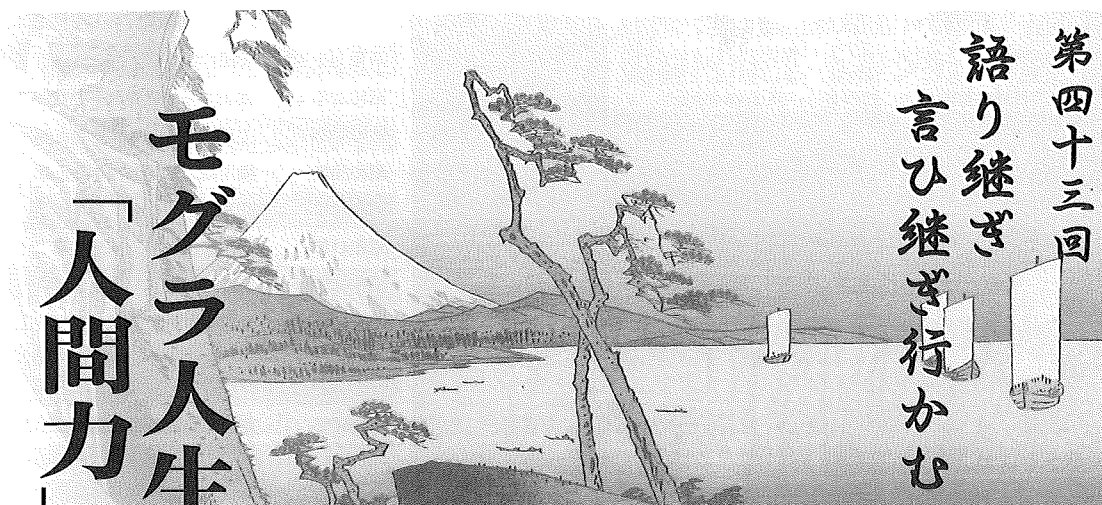
- ③ 室内試験、実機試験から求めた中流動コンクリートのフレッシュ性状の品質管理目標値で安定した品質管理ができた。
- ④ 移動式型枠の構造により型枠バイブレータの振動の減衰が大きい部位があるため、バイブレータの配置に工夫がいる。
- ⑤ 移動式型枠に作用する液圧は2時間程度見込めばよい。またバイブレータを稼働させた直後に型枠にかかる側圧が急増するため、偏圧に留意する必要がある。
- ⑥ 超音波伝搬速度による打設後のコンクリートを評価した結果、中流動コンクリートの天端部の均質性の高いことがわかった。

### 10 おわりに

増粘剤を用いた中流動コンクリートは粉体系に比べ、初期強度の発現が改善でき、追加が必要な製造プラント設備が縮減できる。さらに安定した品質で施工性も良いことから、現地の実情に合わせて粉体系と増粘剤系で材料の選択肢を広げることが可能で、より多くのトンネル工事に中流動コンクリートを採用されることが期待される。

### 参考文献

- 1) 城間博通・小川澄・佐伯徹：トンネル覆工専用中流動コンクリートの開発，土木技術，Vol.64，No.4，2009.4.
- 2) 三浦義雅・木之下光男・杉本貢・井上和政・和泉意登志・徳久正信・岩清水隆：関西地区骨材を対象とした新タイプの高流動コンクリートの開発，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.913-914，1998.9.
- 3) 安齋勝・坂井吾郎・近藤啓二・菅保匠：増粘効果を有する高性能AE減水剤を用いた中流動コンクリートのトンネル覆工への適用性に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.34，No.1，pp.1366-1371，2012.
- 4) 中日本高速道路：トンネル施工管理要領(中流動覆工コンクリート編)，2011.7.
- 5) 例えば，川島文治・久保田克寿・岩本容昭・松田敦夫：1000m流下させた高流動コンクリートによる鉄管背面の充てん，コンクリート工学，Vol.44，No.2，2006.2.
- 6) 例えば，村崎慎一・森俊介・中間祥二・桜井邦昭：トンネル全線に中流動コンクリートを適用し高品質覆工に挑戦，トンネルと地下，Vol.41，No.12，pp.7-16，2010.12.
- 7) 土木学会：2012年制定 コンクリート標準示方書[施工編]，p.236，2013.3.
- 8) 土木研究所：超音波試験(土研法)による新設の構造体コンクリート強度測定要領(案)(H21修正)，2006.5.



# 「人間力」で30年で克服する

小田重雄  
(元)大成建設(株)

### はじめに

昭和32年4月に大成建設に入社して以来、いま思い出してみると、日本の山深い奥只見発電所工事から始まり、海外の険しいアンデス山脈の導水路トンネルで終わった、山岳トンネル一筋の会社人生30年でした。もちろん、入社時点では、以後担当する工事のすべてがトンネル工事という将来を予想するすべもありませんでした。しかし、佐渡生まれの私にとっては、都会での煩わしさから離れた緑豊かな山間部での仕事や、国内外を問わず人情味あふれた地元の人たちとのふれあいは、唯一安心できる自然環境であり人間環境でありました。一寸先は闇でありながら、最後には必ず光が差すトンネル工事は、大きな達成感を心の底から感じさせてくれるものでした。そして、いつの間にか会社人生のなかで、「トンネル屋」と呼ばれたことを、たいへん誇りに思い、満足しています。

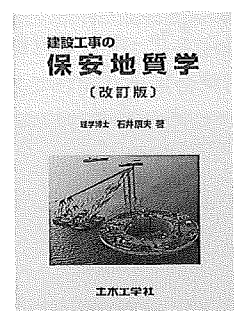
山はねが発生する超硬岩や軟弱地盤、大量高圧湧水、膨張性地山にメタンガスの噴出など、さまざまな自然条件の違いを経験してきました。このように、トンネル屋としてはあらゆる特殊地山を体験してきた1人ではありますが、今回原稿依頼をいただき、はたして年離れたモグラが「語り継ぎ言ひ継ぐ」ことができるのかと正直戸惑いました。ご期待に沿う内容には程遠いかも知れませんが、「モグラの独り言」としてご容赦願います。

### 「トンネル屋」としてのスタート—奥只見地下発電所工事—

奥只見発電所の位置する阿賀野川水系は、日光国立公園内の尾瀬ヶ原に源を発し日本海に注ぐ、豊富な降雨・積雪と広い流域面積に恵まれた、日本有数の発電所立地地域として知られています。

奥只見発電所本体工事は昭和32年春に始まりました。それは、私の大成建設入社と見事に重なり、

ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!



## 建設工事の 保安地質学

[改訂版]

理学博士 石井康夫 著

A5判 上製本 475頁 価格 6,300円 円 340円

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

**株式会社 土木工学社**

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



前列右から4人目が筆者

著者経歴

昭和32年 4月	大成建設(株)入社
昭和32年 4月	電源開発奥只見地下発電所工事
昭和36年	上越線新福山トンネル工事
昭和38年	横川電力水路トンネル工事
昭和40年	阿賀野川用水路トンネル工事
昭和41年	北陸線頸城トンネル工事
昭和44年	羽越線折渡トンネル工事
昭和46年	上越新幹線大清水トンネル工事
昭和54年	インドネシアスマトラ島アサハン・タンガ水力発電所工事
昭和56年	新愛本発電所導水路トンネル工事
昭和60年	コロンビア国アンデス山脈リオ・グランデ水力発電所工事
平成 2年	本社安全部長
平成 3年	専門工事業者 成豊建設(株)出向
平成13年	成豊建設(株)退社

まさに「トンネル屋」としてのスタートが必然的に決まった時期でした。

この工事は当時の黒部発電所工事とならぶ、日本有数の水力発電所プロジェクトであり、最大出力は36万kWで、重力式ダム工区、地下発電所工区、放水路トンネル工区の3工区に分割され、われわれは地下発電所工区(幅：23m、高さ：40m、長さ：96m)を担当しました。

当然ながらコンクリートは骨材も含め現地生産で、約7万m<sup>3</sup>を製造、打設を行いました。入社間もない私は、現道から坑口までの取付け道路の測量や厳冬期での突貫工事などで若い汗を流しました。

奥只見発電所は、当初36万kWだった出力が、社会情勢の変化に伴って増設され、現在では56万kWとなり、国内最大の一般水力発電所となっています。この間、土木工事に対する時代の要求も変

化し、発電所の増設工事では、国の天然記念物であり国内希少野生動植物種に指定されているイヌワシをはじめとする貴重な動植物の保護が行われているのこのことを見聞きしています。当時も希少動植物は生息していたのでしょうか、今の若い人たちは坑内のみならず坑外の環境問題などを含む、さまざまな事柄に対し取組まなければならない、切羽のみに全神経を集中できたわれわれの時代は、今考えてみると恵まれていたのかもしれない。

後光普請と吊線コンクリートの経験

奥只見発電所工事が4年で終了したのち、信濃川工事局発注の上越線複線化工事(小出～浦佐間)の新福山トンネルに配属されました。このトンネルは鉄道単線断面で掘削工法は地質条件を考慮し、底設導坑先進逆巻きコンクリート工法

でした。

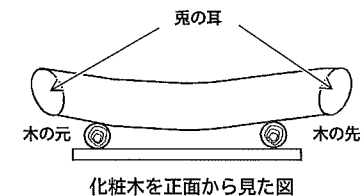
支保工は木製支保工であり、松丸太、松矢板を用い、<sup>かすがい</sup>鋸で締める、いわゆる後光普請工法で、私がトンネル工事で経験した最初で最後の工法でありました。斧指の切羽押さえの技術はまさに神業でした。山が良いときは1日に1回くらいしか切羽には顔を出さずに、斧や鋸を磨いてばかりいましたが、いざ山が悪くなると、つねに先頭に立って若い坑夫を使い、切羽(鏡面、素掘り面、脚部)を押さえていました。

覆工コンクリート工事における生コンクリートの運搬は、底設導坑の天端(上半盤)に吊線レールを敷設し行いました。吊線レールとは、先行打設したアーチコンクリートの天端にアンカーを埋込み、レールを固定した枕木を、鉄筋であたかも連続したブランコ(吊り橋)のように吊り下げる構造となっています。生コンクリートを手押しト

ロッコで運搬し、型枠内にその生コンクリートを、スコップを用い、すべて人力で撥ね込む方法でした。この作業は<sup>しゅうくわ</sup>尻鎌作業といわれ、かなりの重労働でした。コンクリートの作業担当だった私は、その手伝いをするものの要領が悪く、無駄な力ばかり使い全く役に立たなかったものでした。しかし、作業員と1日中コンクリートにまみれて、作業服を汚しながら過ごした時間は、お互いにコミュニケーションをとる最良の時間であり、気心が知れるとなると測量などもよく手伝ってくれました。奥只見時代を含め新入社員時代は、発破の掛け方、切羽の見方、測量の仕方やコンクリートの打設方法など、先輩社員より斧指や作業員に習うことのほうが多く、身に付いたものでした。

掘削時の後光普請の仕方や、逆巻きコンクリート打設時の木製支保工の盛替え方法や撤去方法などの斧指の技術については、その技術のない私には述べることはできませんが、今でも必ず坑口に設置する化粧木の由来について、諸説あるうちの1つを記載します。

- ・化粧木の材料となる木材を山から坑口まで運搬し、木作りは親方(斧指の長)が自ら行う。ほかの人は切り組むことはできない。
- ・木材を切り込むまえに、塩、お神酒で清める。



化粧木を正面から見た図

- ・化粧木を切り組むとき、切羽を見て「山手側に木の元の方」「川手側に木の先の方」になるように木作りをし、山川を間違えないように切口が兎の耳のように見えるようにセットする。
  - ・化粧木の山川の意味は「地山の崩落は山側から川側に向かって起こる、そのとき1本の木と一緒に移動しようとしても、山側に木の元があるのでその根がはり、その木が地山の崩落を止める」ためといわれている。
  - ・化粧木は鳥居の天井桁の部分にあたるので、毎日頭を下げて入坑することになり、忙しく心にゆとりがないときでも、鳥居の下をくぐることで神は山で働く者を守ってくれるといわれている。
- 化粧木1つをとっても、切羽への思いが込められていると感じていただければ幸いです。

世界最長の山岳トンネル  
—大清水トンネル—

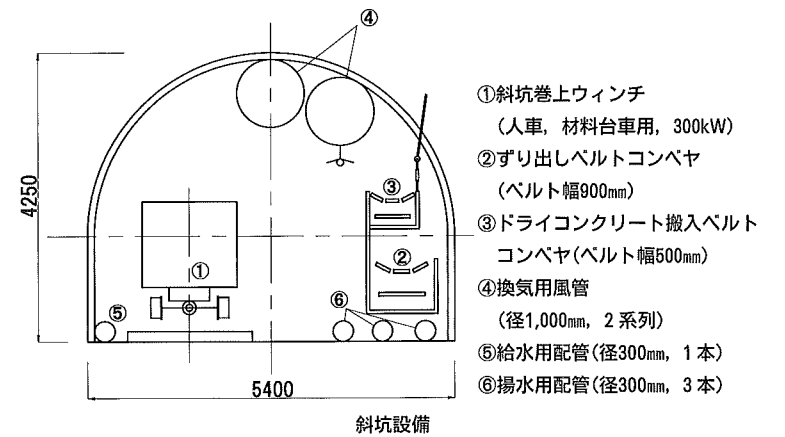
群馬県から新潟県に跨がり、谷川岳の下を通過するトンネルは、在来線である上越線の清水トンネ

ル(下り線)、新清水トンネル(上り線)と上越新幹線の大清水トンネル(複線)の、合わせて3本が並行しています。

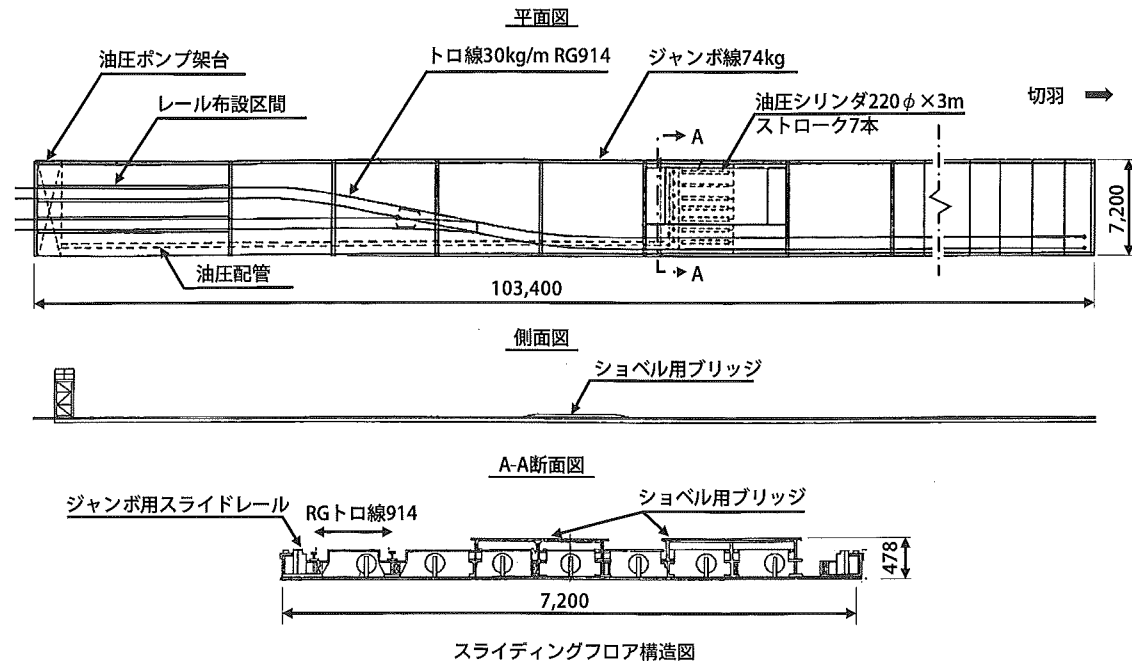
川端康成の有名な『雪国』の「国境の長いトンネルを抜けると……」は、完成したばかりの大清水トンネルであったとされています。

大清水トンネルは当時世界最長の山岳トンネルであり、全長は約22.2kmで6工区に分割発注されました。われわれの担当工区は全長4,870mであり、万太郎谷工区と呼ばれていました。当工区の特徴は豪雪・寒冷地帯の万太郎谷を基地とし200m下の本線に取付く作業坑としての斜坑を設けること、谷川岳の最大土かぶり厚さが1,100mであること、超硬岩地山であること、大量高圧湧水や山はね(岩盤の剝離現象)が発生する懸念があることなどがあげられました。

1972(昭和47)年7月にL=806m(25%の下り勾配)の斜坑掘削に着手し、坑底諸設備(本線ずり出し用クラッシャ設備、ベルコン設備など)、本坑全断面掘削用の諸設



斜坑設備



備が完成したのは18か月後の1974(昭和49)年の1月でした。

超硬岩地山を新幹線断面(77m<sup>2</sup>)で急速施工(150m/月)するために、日本初の全断面掘削工法を採用しました。1掘進長を2m以上確保し、1サイクルのうち、削孔時間、ずり出し時間はそれぞれ2時間を目標とする施工計画を立案しました。

当時の削孔機械は空圧のドリフタであったため、ノミ下がり30~40cm/分しか期待できず、削孔数は200を超えるため19ブームを3段式ガントリージャンボに載せました。なお、ずり積み、運搬は、7m<sup>3</sup>の大型サイドダンプタイプショベル、15m<sup>3</sup>の鋼車25台を使用しました。自ら計画した19ブームガントリージャンボが現場に搬入され組立てると「頼むぞ」という気持ちで胸がいっぱいになりました。さらに大型の重機や鋼

車はその能力を十分に発揮するための作業床(スライディングフロア)の開発・製作を行いました。

スライディングフロアとは、全長約100mの鋼製床板(厚さ約500mm)を50mで2分割し、それぞれを油圧ジャッキで連結したものです。この鋼製床板上には、ジャンボ、積み込み機械、吹付け機械が常設されており、軌道もセットされています。したがって、あたかもトンネル掘削を工場内で行っているようであり、スライディングフロアの移動方法は、1発破進行に合わせて中央のジャッキの伸縮をくり返し、いわゆる尺取虫のように前進するものです。

(スライディングフロアの特徴)

① ずりトロ線が固定されているため、軌道状態が良好に保たれ鋼車の脱線が少ない。したがって、鋼車の入替え、ずり積み時間の短縮が図れる。



側壁の山はね現象

- ② 発破のずりはフロア先端に飛散するため、集積作業が容易である。
- ③ レールの延長作業はフロアの後部で行うため、掘削サイクルに含まれない。
- ④ ジャンボ用のレールがフロ

アに固定されているため、正確な位置が保たれ、掘削精度の向上が図れる。

この結果、最大月進166mを記録しましたが、掘削途中に山はね、高圧大量湧水(全湧水量:27t/min)に遭遇し、平均掘削進行は110m/月でした。

この現場のもう1つ大きな特徴は、ドライバッチコンクリート工法の採用です。通常、坑外のバッチプラントで製造した生コンクリートは、806m(25%下り勾配)の斜坑を経由し、最大で本坑4,000mを運搬することとなります。そのため、生コンクリートの運搬方法が複雑となり、運搬能力の低下を招き、ひいては品質低下の可能性が発生します。

わが国初の試みであるドライバッチコンクリート工法とは、バッチプラントでコンクリートを生産するにあたり、骨材の表面水を表乾状態に管理し、水および混和剤を加えずに1次練りを行い、このドライバッチコンクリートを輸送し、打設場所において水および混和剤を加え2次練りする方法です。

ドライバッチコンクリートの運搬は、斜坑坑口から坑底まではベルトコンベヤで行い(図「斜坑設備」参照)、坑底から坑内に設置したプラントまではホッパー車で行います。

トンネル工学は「輸送工学」であると最近よく耳にします。この現場において、トンネルの掘削ずりの運搬は、本線内は日本初の15m<sup>3</sup>の鋼車で行い、坑底から坑外までは斜坑内に設置した上りベル

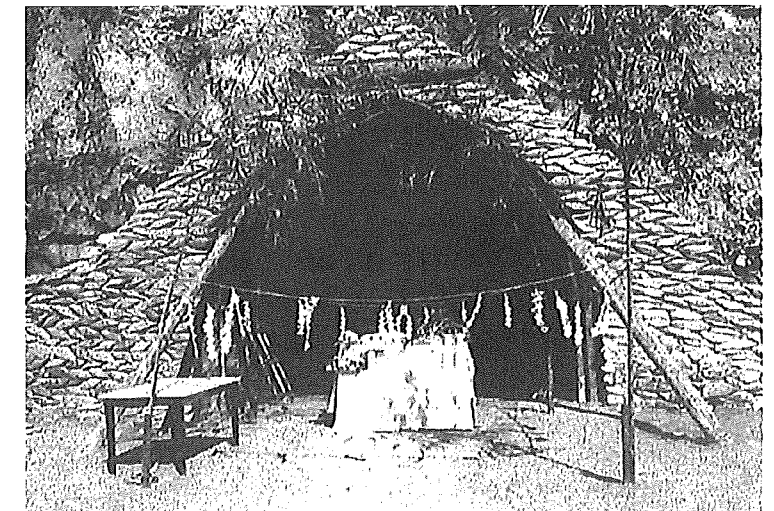
トコンベヤで行います。コンクリートの運搬は、ドライバッチ工法を採用し、斜坑坑口から坑底までは下りベルトコンベヤにて行い、坑底から本線内プラントまでは6m<sup>3</sup>×3台の連結のホッパー車(18m<sup>3</sup>)にて行います。まさに、今思い起こすと資材の輸送がこの工場の生命線であったと感じます。

トンネル掘削中には湧水に悩まされましたが、その水が非常に美味であったことから、湧水は、のちにミネラルウォーターや清涼飲料水などに利用され販売されました。

なお、トンネルの名称は「だいまみずトンネル」ですが、飲料水ブランドとしての名称は『名水「大清水(おおしみず)」』です。この名称は「おいしい水」をもじったものであると聞いています。

### 初体験の海外工事

1979(昭和54)年の春、インドネシア共和国のスマトラ島アサハン・タンガ水力発電所工事の所長の命を受けました。初めての海外工事



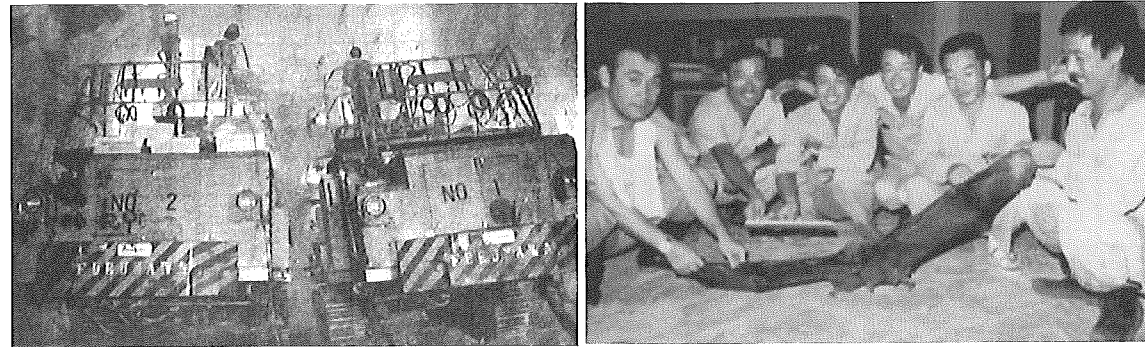
作業坑の安全祈願祭(すべて日本方式で行い、神主は総合所長)

であり、ましてや英語は高校生以来、インドネシア語など皆目わからない状況での赴任であり、おおいに驚いたのと同時に不安で一杯でした。

発電所工事の内容は、上流から下流まで、すなわちダム工事、水路トンネル工事、発電所工事であり、私は水路トンネル工事の担当でした。

この国では初めてのアーチ式ダム、半地下発電所工事であり、もちろんトンネル長さもこの国最長です。導水路トンネルの延長L=1,616m、掘削断面積45m<sup>2</sup>であり、作業坑125mを掘削のあと、導水路トンネルに着手しました。水圧鉄管路トンネルの施工を含め、4年の歳月を要し、工事は完了しました。

この海外工事の特徴は、不足する資機材の調達や輸入、作業員や補助技術員の現地採用や人跡未踏の山深いジャングルでの施工でした。そのなかで、とくに国民性の違う彼らへの教育にもっとも力を



導水路トンネル穿孔作業，3ブームクローラージャンプ×2

北スマトラに生息しているオオコウモリ(体長約1m)

入れました。ときには、ちょっとした文化の違いから誤解を生じ、現地作業員が暴徒化することがありました。こん棒で追いまわされたり、石を投げられたり、かなり恐ろしかったものです。しかし、彼らと心の底から、何度も話し合いをすることで、誤解を解き、こちらに悪意はなかったのだということを知ってもらえました。なにごとでも、誠心誠意対応することが一番です。その後いっそう信頼関係が強まり、その甲斐もあってか、われわれの努力が実り、目標が達成できる状態になるのにあまり時間はかかりませんでした。

今考えてみると、日本人スタッフ全員の努力・創意工夫は当然ですが、「豊かな人間性」と「人の和」が基本であるということです。トンネル工事というものは、地形・地質の把握から始まり、施工計画の立案、施工および管理を行うものですが、それ以上に「人間力」が欠かせないということに気が付かされました。

発展途上国インドネシアのジャングルのなかで、国が違おうが、人種が違おうが、言葉が通じなからうが、インドネシア人とともに

汗をかき、喜びを分かち合えることが一番大事だということを改めて強く感じました。もちろん国内でも同様ですが、とくに海外での工事では、「人間力」が必要であることを再認識しました。

#### 日本の秘境，黒部峡谷 —新愛本発電所水路トンネル—

次に担当した工事は、私の工事経歴上4件目となる関西電力(株)発注の富山県黒部川の水を利用する水力発電所導水路トンネル工事であり、担当工区は導水路延長 $L=10.8\text{km}$ のうち $L=3.8\text{km}$ で、断面積は約 $30\text{m}^2$ でした。

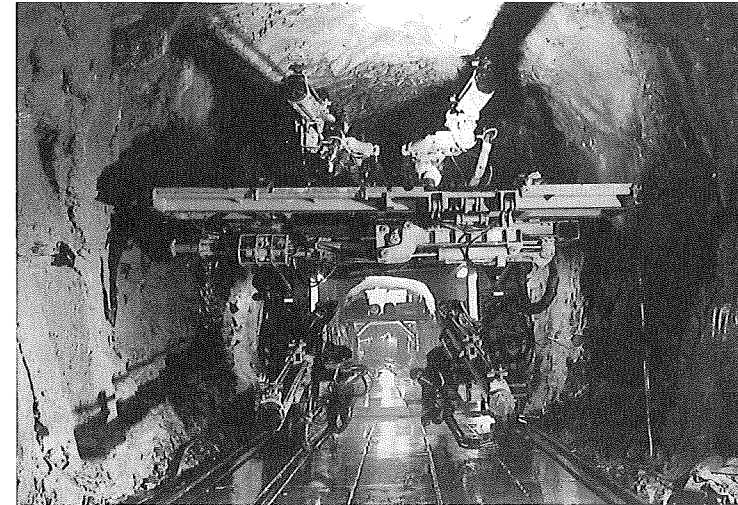
現場は立山連峰の端、黒部渓谷の急斜面地となり、作業基地の確保は困難を極めました。加えて現地までの工事用道路の取付けは不可能であり、人員の出入りや資機材の搬出入は、すべて関西電力所有の観光用トロッコ電車の利用のみであり、使用時期、時間に制限のある厳しい条件下の工事でありました。また、豪雪地帯であり、冬季の4か月は作業中断を余儀なくされました。

当工区は全工区中のクリティカルパスとなり急速施工が求められ

ました。そのため、大清水トンネルで経験のある、全断面工法、レール方式、長孔発破、作業床(スライディングフロア)の採用を基本として施工計画を立案しました。また、坑外の仮設備ヤードが狭隘なため、通常では坑外に設備するずり搬出設備一式すなわち、ずりピット、転倒設備、クラッシャー設備、ベルコン斜坑( $L=50\text{m}$ )を坑内に設け、バッテリーロコ+鋼車×5台が坑外にずりを搬出する事態を回避しました。

次に急速施工計画の立案について若干記載します。現在ではサイクルタイムが掘削断面積で一律に決まってしまう時代と聞き、本当に驚かされます。そのような方法では、将来、発注者、受注者を問わず、自ら急速施工の計画ができる人材がいなくなってしまうのではないかと危惧するのは自分だけでしょうか。

前述したように、当工区の工程が全体工事工程のクリティカルパスであり、月進 $200\text{m}$ 以上の確保が余儀なくされました。まずこの月進が確保できるような掘削設備、重機車両を決定しました。下記に基本計画を示します。



スライディングフロア上にある(4+1)ブームガントリージャンボ

1 発破進行：4 m  
1 サイクル：480分  
1日あたり：3 サイクル

穿孔作業：40%  
ずり出し作業：40%  
支保作業、その他：20%

その結果以下のとおりの機械配置となりました。

・穿孔機械：発破パターンは、通常採用するVカット工法ではトンネル幅が $5\text{m}$ と狭く穿孔角度が鋭角となりすぎるため、パーンカット工法を採用した。パーンホール2孔を穿孔するのに40分程度費やすため、パーンホー

ル用に削岩機が1台必要になる。したがって、削岩機は4台設備することとした。さらに、ロックボルト穿孔用に1ブーム設備し合計5(4+1)ブームとした。ジャンボの形式は、ガイドセル長が $6.5\text{m}$ 必要であり、クローラータイプでは対応できないためガントリータイプとした。

・積み込み機械： $480\text{分} \times 0.4 - 30\text{分}$ (コソク) -  $20\text{分}$ (準備) =  $140\text{分}$ 、 $31\text{m}^3 \times 4\text{m} \times 1.7 = 211\text{m}^3$ 、 $211\text{m}^3 \div 140 \times 60 = 90\text{m}^3/\text{時間}$ となる。したがって、 $1.8\text{m}^3$ 級サイドダンプ式トラクターショベルを採用した。

・作業床：スライディングフロアの採用(詳細は前述)。地質は、一部に破碎帯は存在す

るものの、花崗岩主体の中硬岩であり比較的安定していました。最大の穿孔長は $4.2\text{m}$ であり、最大日進行は $17.5\text{m}$ 、最大月進行は $220\text{m}$ を記録し、所定の工期内で完成しました。

#### おわりに

永いトンネル人生で、国内工事8か所、海外工事2か所を経験しました。そのうち、記憶の限り経験年次順に紹介しました。当時の乏しい資料や写真を用い不十分な内容であったことを申し訳なく思いますが、これで終わりにしたいと思います。トンネルモグラ人生として30年間の永きにわたり、地下発電所から始まり、水路トンネル、新幹線トンネル、最後に海外工事を経験し、一方、地質も超硬岩から膨圧性軟岩まで幅広く経験し、苦勞を重ね、なんとか克服できたことには自己満足しています。

最後に年老いたトンネルモグラの独り言としてくり返しますと、トンネルは自然相手です。知識・知恵、コンピュータ、書類整理はもちろん重要ですが、それだけに頼ってトンネルを早く、安く、安全に施工するのは難しいと思われまます。懐が広い「人間力」を発揮して難しい自然に打ち勝ってください。

## トンネルジャーナル

### 地盤工学会賞受賞者が決定

地盤工学会は平成24年度地盤工学会賞受賞者を、決定し、6月13日に行われた第55回通常総会で授与された。受賞したのは下記の3部門、17件。

#### ■環境賞部門

大嶺聖ほか：津波被害を受けた農地の地盤環境修復のための取組み。

ガイアートT・K東北支店ほか：鉄鋼スラグによる津波堆積土の岸壁嵩上げ工事への有効活用。

#### ■技術賞部門

土木研究所寒地土木研究所：泥炭性軟弱地盤における土構造物の調査・設計・施工法の体系化—泥炭性軟弱地盤対策マニュアルの編集とその普及—。

石井雄輔(大林組)ほか：節付き壁杭および節付き場所打ち杭工法の開発(ナックル・ウォールおよびナックル・パイル工法の開発)。

渡部要一(港湾空港技術研究所)ほか：Sedimentary stratigraphy of natural intertidal flats with various characteristics.

平田昌史(前田建設工業)ほか：プラスチックボードドレーン打設機の油圧抵抗を利用した地質推定手法の開発。

#### ■研究・論文賞部門

本城勇介：地盤構造物を対象とした性能設計の開発と普及, *Soils & Foundations*, Jubilee Issue, Vol. 50, No.6ほか。

常田賢一ほか：津波被害からの知見とハード対策の方向性の考察, *地盤工学会誌*, Vol.59, No.8-11。

高橋英紀ほか：固結特性を有する鉄鋼スラグを用いたSCP改良地盤の埋立載荷荷重に対する安定性, *地盤工学ジャーナル*, Vol.6, No.1。

大竹雄ほか：調査地点を考慮した長大水路の液状化危険度解析, *地盤工学ジャーナル*, Vol.7, No.1

井澤淳ほか：Evaluation of extent of damage



写真提供：地盤工学会

in geogrid reinforced soil walls subjected to earthquakes, *Soils & Foundations*, Vol.51, No.5.

清田隆ほか：Breaching Failure of A Huge Landslide Dam Formed by The 2005 Kashmir Earthquake, *Soils & Foundations*, Vol.51, No.5.

宮田喜壽ほか：Reliability Analysis of Soil-Geogrid Pullout Models in Japan, *Soils & Foundations*, Vol.52, No.4.

珠玖隆行ほか：Parameter identification for Cam-clay model in partial loading model tests using the particle filter, *Soils & Foundations*, Vol.52, No.2.

Giancarlo Floresほか：A simplified image analysis method to study LNAPL migration in porous media, *Soils & Foundations*, Vol.52, No.2.

西村聡：Experimental Study of Stress Changes due to Compaction Grouting, *Soils & Foundations*, Vol.51, No.6.

堤彩人：粘性土の一次元圧密時の粘性挙動に関する研究, *Soils & Foundations*, Vol.51, No.6.

### 続きみの庭にも温泉が出る

その後の温泉開発と建設の考え方

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



株式会社 **土木工学社**

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

## 施工

# 大型埋設物を切回し地下鉄直上に短期間で通路を築造

## —東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路—

東京地下鉄(株)土木工事業所 河端 充 弘  
東京地下鉄(株)土木工事業所土木第四課課長 青木 正 明  
(株)大林組東京本店土木事業部工事一部部長 神原 聡  
(株)大林組パレスホテル地下通路工事業務所主任 渡邊 裕 介

### 1 はじめに

パレスホテル東京は1961年に丸の内1丁目に開業した日本を代表する老舗ホテルであり、内堀通りを挟んで皇居に面している。2009年1月に施設の老朽化により一時休館となり、全面的な建替え工事を行い2012年5月にリニューアルオープンした。ホテルの建替えに伴って、皇居方面へのアクセス向上とホテル利用客の利便性向上のため地下鉄の大手町駅から直結するエレベータやエスカレータなどのバリアフリー施設を備えた地下通路が計

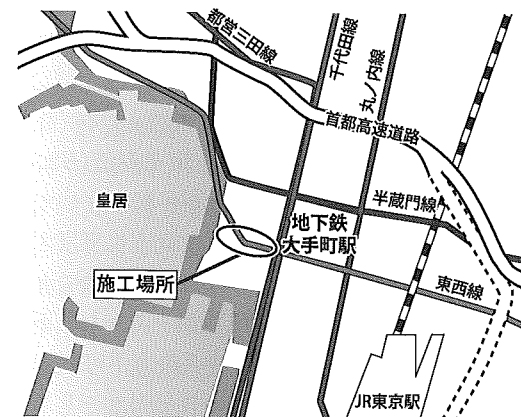


図-1 現場周辺地図

画された。

図-1に示すように地下鉄大手町駅は、東京メトロの丸の内線・東西線・千代田線・半蔵門線および東京都交通局三田線の5路線が乗り入れ、東京メトロ路線だけでも1日あたり27万人(2011年度)の利用があるターミナル駅で、JR東京駅とも地下通路で接続している。

本工事である地下通路工事にあたっては同一区画内で施工していた他工事との工程調整や、近隣での再開発工事が同時進行しているため工事間での道路占用の調整に時間を費した。しかし、ホテルの開業が2012年の5月に予定されていたため、発注者からは同じ年内の地下通路開業を希望されており、工期短縮は必達の目標となった。

本稿では地下通路工事のうちNTTケーブル切回しの施工方法変更による工期短縮、東京メトロ既設躯体直上施工における情報化施工および安全確保について報告する。

### 2 工事概要

パレスホテル地下通路工事の工事場所は図-2に示す都道永代通りと一部国道大手町交差点にまたがる範囲にあり、交通量の非常に多い国道1号に

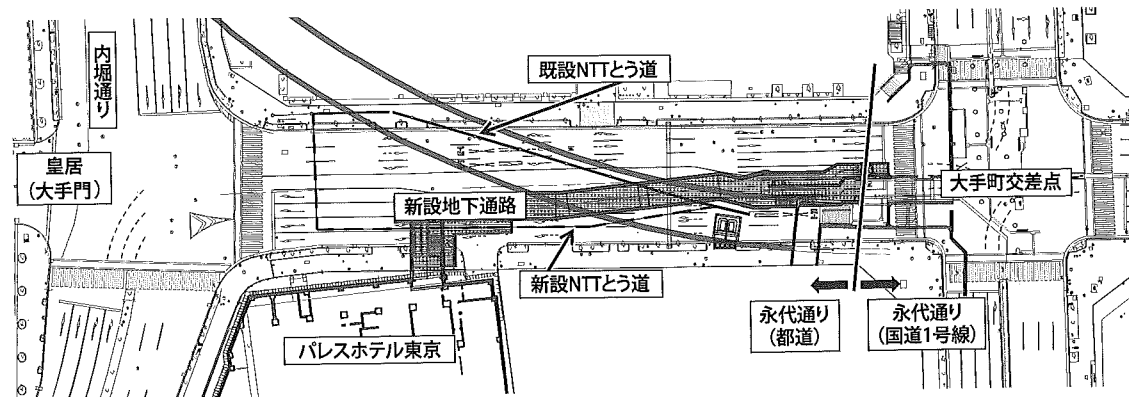


図-2 施工箇所周辺図

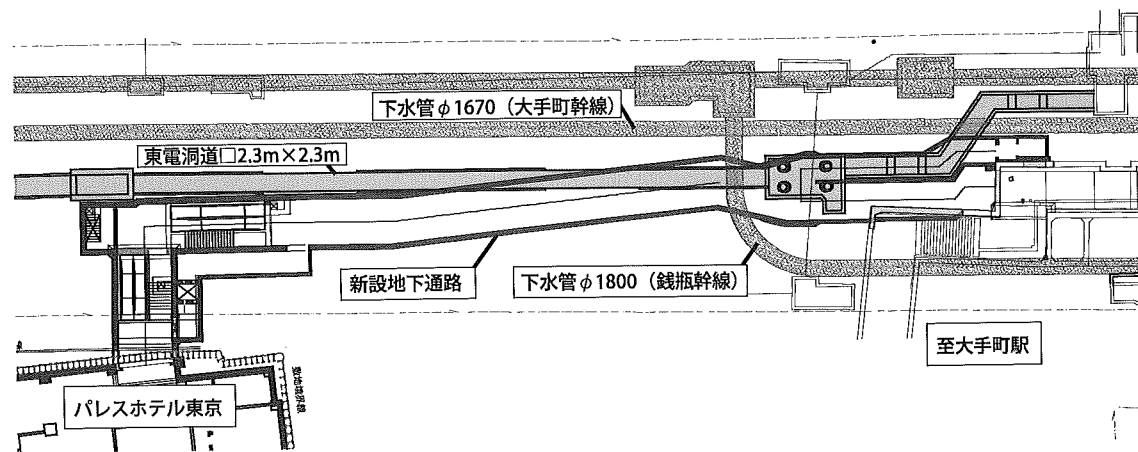


図-3 地下埋設物平面図

表-1 工事概要、主要工種一覧

工事名称	東西線大手町駅パレスホテル建替計画連絡出入口新設工事	
発注者	(株)パレスホテル	
設計監理	三菱地所設計	
工事監理	東京地下鉄(株)	
施工者	(株)大林組	
主要工種	工事数量	摘要
道路施設物処理・復旧	1式	
鋼矢板・鋼杭打設・引抜き	11,191m	鋼矢板V <sub>L</sub> 型, H350 ほか
路面覆工架設・撤去	2,783m <sup>2</sup>	
高圧噴射地盤改良	945m	φ3.5m
掘削	20,492m <sup>3</sup>	
鉄筋コンクリート毀し	79m <sup>3</sup>	
鉄筋コンクリート	1,724m <sup>3</sup>	
道路復旧工	9,523m <sup>2</sup>	

つながる位置にある。施工延長100m、掘削深度最大14m、掘削幅は最大14mである。

本工事の対象は地下通路の構築および掘削と、支障となるNTTとう道を切回すための掘削であり、それに付随する杭打ち、路面覆工架設、地盤改良を伴う開削工事である。工事概要を表-1に示す。

図-3に示すように周囲には下水道φ1,800(銭瓶幹線)、φ1,670(大手町幹線)、東電洞道(H2.3m×W2.3m)といった大型埋設物が多数存在しており、図-4の工事概要縦断面図に示すように東京メトロ東西線の躯体と下水φ1,800の大型幹線により新設通路の躯体位置が決まる状況であった。下水φ1,800を下越すため、地下鉄大手町駅側と接続する部分で大きな高低差が生じた。バリアフリー化の設備としてエレベータ2基、エスカレー

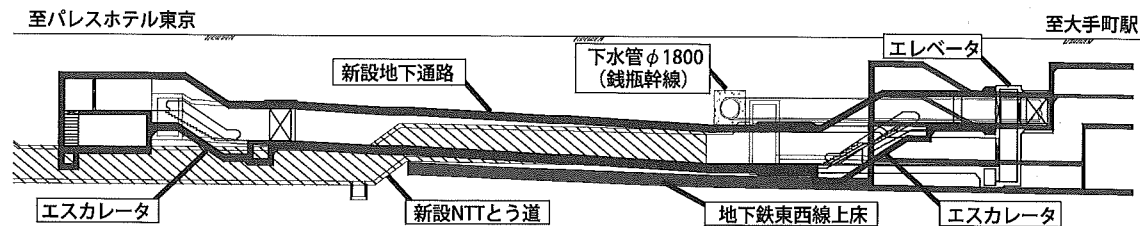


図-4 工事概要縦断面図

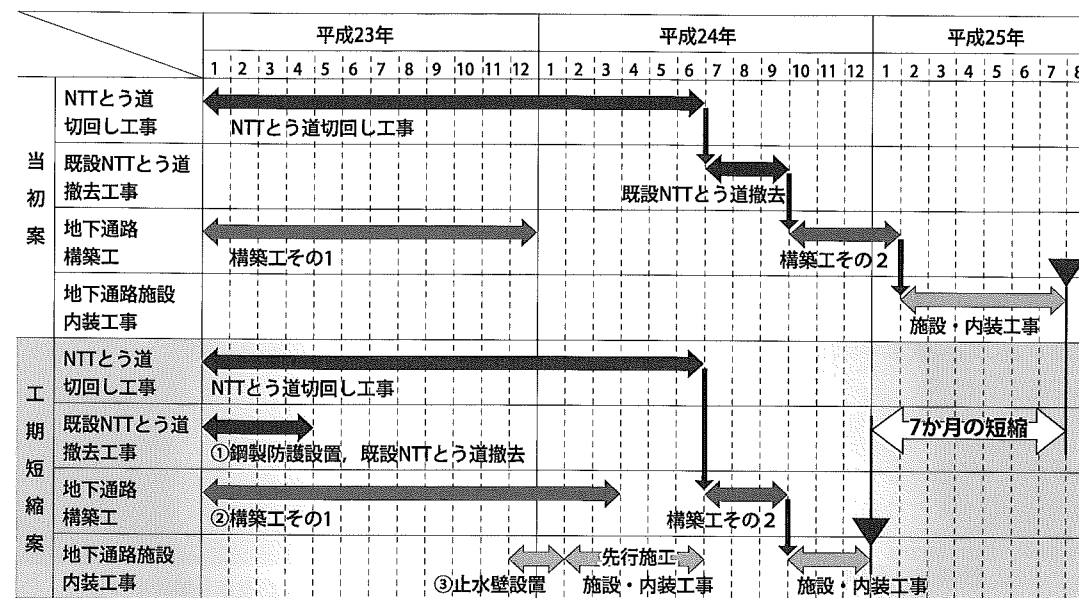


図-5 工期短縮計画

タ5基が計画された。

NTTとう道の切回し工事の施工にあたっては掘削工事を当工事が担当し、NTTとう道の新設・撤去、およびケーブルの切回し工事についてはNTT工事としてNTT工事が担当することとなった。

### 3 工期短縮計画

#### 3-1 計画概要

図-2に示すように、計画した連絡通路の経路上にNTTとう道(H3.5m×W2.5m)が位置しており、切回しによる移設が必要であった。このNTTとう道は重要ケーブルが入った主要幹線として移設工事は慎重かつ確実な施工が求められ、当初計画では、とう道を新設しケーブルを移設したのち、既設とう道を撤去することとしていた。

しかし、工期を短縮する必要があったため、以

下の3つの対策を取り工程の短縮を図った。

- ① 埋設管理者であるNTTと協議し、NTTとう道内に残ったケーブルを鉄板で覆う鋼製防護を設置し、ケーブルの切回し工事と並行して既設のNTTとう道を撤去することとした。NTTケーブル切回し完了後の躯体撤去の必要がなくなり、工程を3か月短縮する。
- ② 既設NTTとう道躯体の撤去を先に行ったことで、鋼製防護部を残して新設地下通路の躯体構築を進める。残りの躯体構築範囲を少なくし、NTTとう道切回し完了後の工程を1か月短縮する。
- ③ 躯体構築を先行したため、躯体内部に浸水防止の止水壁を設置するスペースを確保することができた。止水壁を設置することで、NTTとう道切回し完了前にエレベータやエスカレータの設備工事や内装工事を進めるこ

とができ、切回し完了後の工程を3か月短縮する。

以上の3つの対策により、クリティカルパスとなるNTTとう道切回し完了後の工程を合計7か月短縮する計画とした。

3-2 鋼製防護設置～既設NTTとう道の撤去

図-6に示すようにNTTとう道内のケーブルを箱型の鋼製板( $t=1.6\text{mm}$ , 山形鋼, 溝形鋼など)により防護したうえで、既設NTTとう道の躯体をワイヤーソー工法にて撤去した。撤去前の既設NTTとう道を写真-1に示す。

3-3 躯体構築工事(その1)

鋼製防護の周辺の側壁を除いて新設地下通路の躯体構築工事を進めた。既設NTTとう道撤去後は写真-2に示すように鋼製防護に対する埋設物吊り防護および近接注意の明示を行ったうえで躯体構築を施工した。

3-4 止水壁設置, 内装・設備工事(その1)

工事施工中に新設のエレベータやエスカレータの設備を設置するために、大雨に対する浸水対策

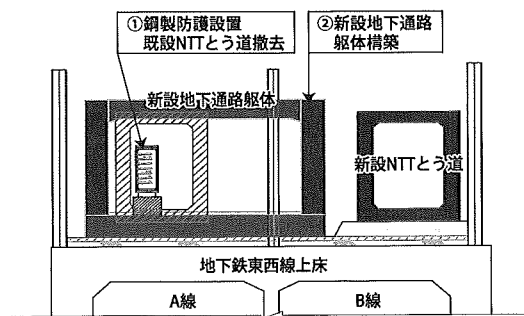


図-6 位置関係断面図



写真-1 既設NTTとう道(掘削時)



写真-2 NTT鋼製防護

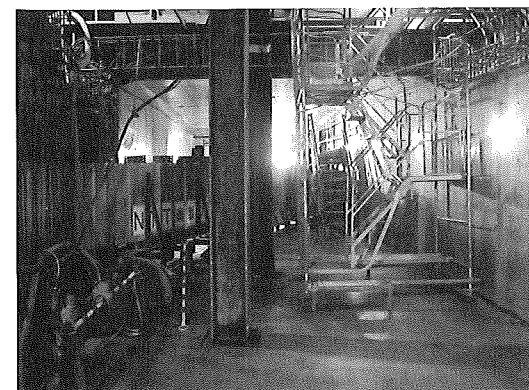


写真-3 NTT鋼製防護周り躯体構築状況

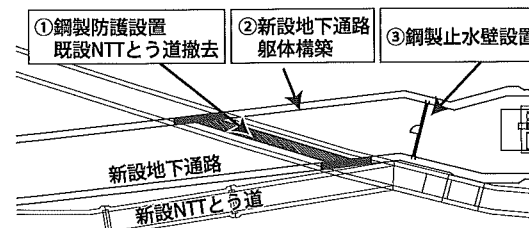


図-7 位置関係平面図

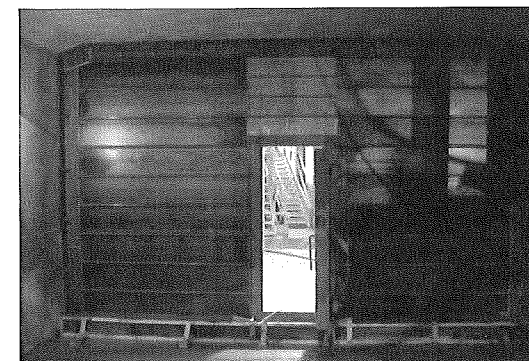


写真-4 扉付き止水壁設置状況

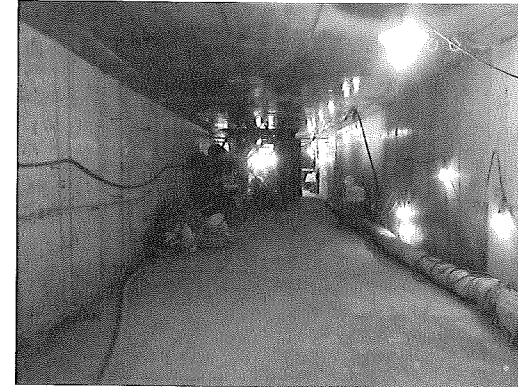


写真-5 鋼製防護撤去後躯体構築完了

を行う必要がある。躯体構築をNTT鋼製防護箇所近くまで進めたことで図-7に示す位置に止水壁を設置するスペースが確保できた。写真-4に示す扉付きの止水壁を設置して作業のための出入りと設備への浸水対策を確保し、NTTとう道切回し完了前に設備工事を進めることができた。

3-5 鋼製防護撤去～躯体構築, 内装・設備工事(その2)

NTTとう道切回し完了後、鋼製防護を撤去し、残りの躯体構築工事と内装・設備工事を行った。先行してそれぞれの工事を進めていたため、計画どおり工程を短縮することができた。

3-6 NTT工事との調整

前述のとおり、NTTの通信設備を取扱う工事はNTT工事会社の施工となるため、同じヤード内で相互の施工工程が競合する状態となった。そのため施工前に入念な打合せを行い、施工責任範囲を明確にするとともに、相互の施工ヤードの明確化など安全管理にとくに注意を払い、無事故で施工を完了させた。

4 東西線躯体のリバウンド現象

工事にあたっては東西線躯体の直上を掘削する範囲が広がるため、東西線の上乗荷重を除去することになり、東西線躯体の浮き上がりが懸念された。

4-1 解析結果

図-8に示すように掘削に伴う躯体の挙動を事前に三次元FEM解析を用いて施工ステップ解析し、

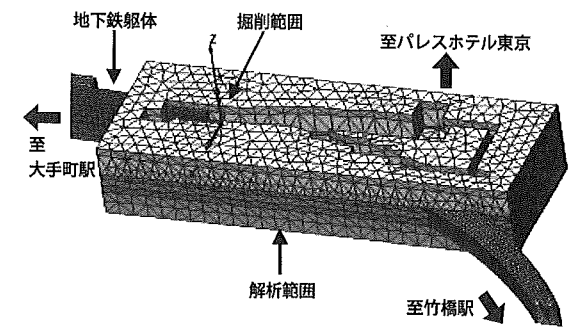


図-8 FEM解析範囲概要

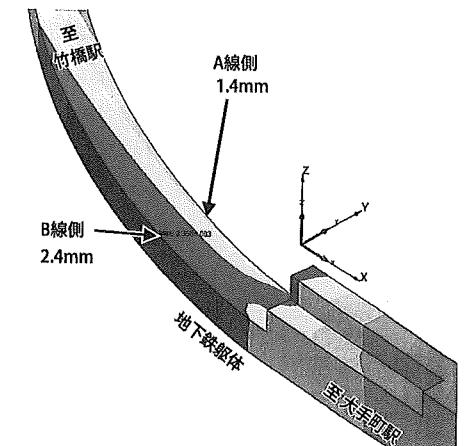


図-9 東西線躯体解析結果

掘削中の想定変位量を算定した。その結果、図-9に示すように最大鉛直変位量は北側(A線側)で+1.4mm、南側(B線側)で+2.4mmという結果が得られた。

4-2 施工時の変位計測

実際の施工においては東西線躯体の軌道階側壁に水盛式沈下計を用いた鉛直変位自動計測システムを設置し躯体の鉛直変位を計測した。工事事務所と現場のデータを共有させることで24時間のリアルタイムで監視できる体制とした。

4-3 施工時の変位と対策

掘削時は変位量低減のため、段切り掘削を行った。掘削に伴い東京メトロ躯体が徐々に浮き上がり、床付け掘削完了時点で最大となった。北側(A線側)で+4.63mm、南側(B線側)で+5.76mmの最大変位が発生し、解析結果を上回る結果となった。一次管理基準値である3.5mmを上回った時点で、営業線の安全管理を万全にするために、計測機器

の点検および構造物の水準測量を実施し、自動計測の値に異常がないことを確かめた。また、1回/月の軌道計測を追加し、実際に営業線の軌道レールの変位を測定し、異常がないことを確認しながら施工を進めた。変位増加の対策としては早期に躯体の構築を進め、埋戻しを行うこととした。上記のように監理者と施工者間で変位の情報を共有し、軌道の安全性を確保しながら施工を進めることができた。

#### 4-4 変位増加の原因

解析時は東京メトロ躯体を一体の構造物として扱ったが、東京メトロ東西線の当該範囲は長さ30mのケーソンを沈設し、それぞれを連結した構造であり、一体物の剛性を持つ構造物とは異なる挙動を示したため、解析結果よりも大きな変位が生じたと考えられる。

#### 4-5 沈下変位の発生と対策

一方で、躯体構築が進むにつれ徐々に変位量が小さくなり、躯体構築完了時に+1.00mmの変位に収束した。その後、埋戻しが進むのに伴い徐々に沈下し、初期値と比較して最大で-3.90mmの沈下変位が発生した。

沈下の発生は埋戻しに伴う上載荷重の増加によるものと考えられたため、局所的に過大な荷重がかからないように全体的に均一に埋戻しを進めた。また、埋戻しの各ステップで沈下変位が収まるのを待って次のステップに進むこととし、変位の増加を抑えながら工事を進めた。掘削時と同様、1回/月の軌道計測を実施して、軌道の安全性を確認しながら施工を進めた。

### 5 建込み杭の安全性確保

本工事では、既設躯体の直上に地下通路を構築するため、東西線上や既設NTTとう道に打設した杭は根入れのない建込み杭として施工した。

#### 5-1 課題

杭打ちの際に既設躯体に変位を与えないようにする必要がある。また、根入れがないため、掘削中の土圧のバランスおよび、床付け掘削時の杭先端部の安定確保やズレ止めが課題となった。

#### 5-2 杭打ち時の対策

杭打ち計画の際には東京メトロ躯体の側壁や中壁に杭を配置するなど、スラブ中央部付近に極力荷重がかからないよう配慮した。

建込み杭を打設する際は躯体を損傷させないように打設高さを管理して慎重に打設を行った。また、杭を既設躯体まで打下げる際の振動により軌道内での変位が発生しないように、終車後から始発までの間に躯体内を点検しながら打下げを行った。打設中に軌道内での変位は認められず、また、前述の水盛式沈下計による計測においても杭打ちにおける変位は見られなかった。

#### 5-3 掘削時の対策

建込み杭は、①東西線上に打設するものと、②撤去する既設NTTとう道に打設するものがあった。①東西線上に打設した杭は、図-10および写真-6に示すように床付け掘削時に建込み杭周りの小段を残すことで、杭先端部の受働抵抗を確保した。

②撤去するNTTとう道に打設した杭は、図-

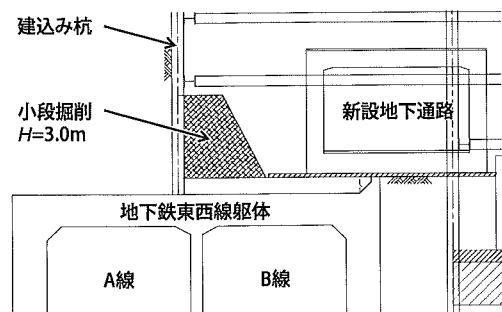


図-10 小段掘削計画



写真-6 小段掘削状況

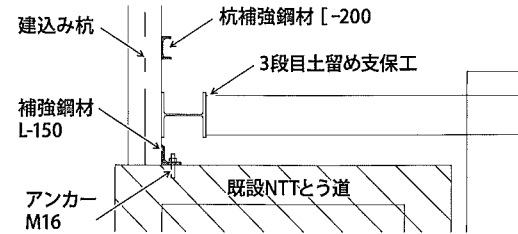


図-11 建込み杭足元補強図

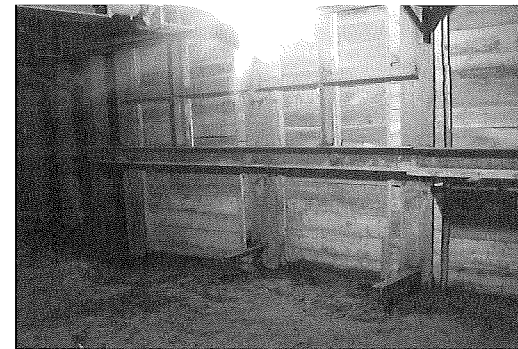


写真-7 建込み杭足元補強状況

11および写真-7に示すように、杭の安定を確保するために鋼矢板前面に溝形鋼を溶接し、建込み杭どうしを連結して補強した。また、撤去する躯体にアンカーを打設し、アングルを取付けて滑り防止とした。

これらの対策により掘削・床付け時、および躯体構築中においても建込み杭周り、および周辺地盤には大きな変位は見られなかった。

### 6 おわりに

本工事は既設NTTとう道の通信ケーブルを残したまま安全性を確保し先行してとう道を撤去することで、大幅な工期短縮を実現し、地下通路の



写真-8 パレスホテル東京全景



写真-9 地下通路完成状況

開通を当初予定に間に合わせる事ができた。

また、東京メトロ東西線躯体直上での掘削・躯体構築工事であったが、情報化施工および各種対策工で既設躯体や周辺地盤に大きな変位を発生させることなく地下通路を開通することができた。本稿が同様の施工条件下での施工計画、施工管理の一助となれば幸いである。

### セグメントの新技术

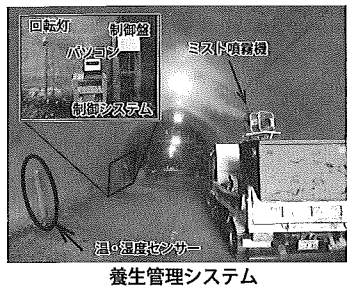
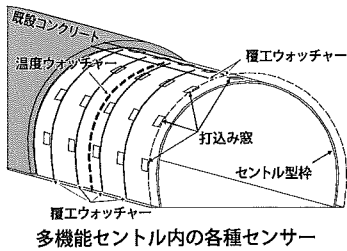
小泉 淳 監修 B5判 132頁 本体定価 2,000円(〒290円)



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

## 工法・技術・製品ニュース

### 工法 覆工コンクリートの合理化施工に多機能セントルシステム



(株)フジタ 広報室  
Tel 03-3402-1911  
URL <http://www.fujita.co.jp>

フジタは、鹿児島県発注の道路トンネル工事(丸木崎トンネル)において、「多機能セントルシステム」を導入し、試験施工を行ったと発表した。

同システムは覆工作业における合理的で経済的な次世代型の施工システムの構築を目的としたもの。コンクリートの打設管理から脱型前後の覆工コンクリートの最適な養生を自動的に制御することを特徴とする。

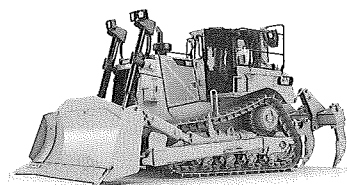
システムは、FRPセントル型枠に、覆工コンクリートの打設箇所への配管を自動的に切替える装置(電動配管切替装置)、コンクリート打設状況のモニタリング装置(覆工ウォッチャー)、コンクリートの温度センサー(温度ウォッチャー)を組込むことで、セントルと一体で打設管理を行うもの。これに加え、温・湿度計と

散水、保温装置によるコンクリート養生の自動管理システムと養生環境を平準化する通風防止シートを設置した養生システムを用いた。

今回の試験施工では、同システムの導入により、これまでの施工方法と比べて、よりシステマチックで合理的な施工が可能となり、施工に起因する不具合やヒューマンエラーを大幅に削減できること、また、養生システムにより一定条件の環境で安定的にコンクリートの養生が促進され、コンクリートの品質が向上することが確認されたとしている。

今後は、トンネルをはじめ、構造物の施工においても各種計測システムを応用した合理的な施工システムを採用し、これまで以上に質の高い施工を目指すとしている。

### 製品 CAT®CATRからオフロード法に適合した大型ブルドーザ



キャタピラー・ジャパン(株) 広報グループ  
Tel 03-5717-1122  
e-mail: [cjl-public.cat.com](mailto:cjl-public.cat.com)

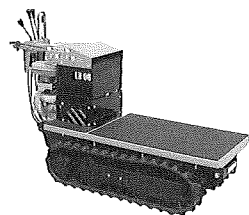
キャタピラー・ジャパンはCat D8Tブルドーザ(運転質量42,050kg)を新発売した。

今回のモデルチェンジでは、環境性能と燃費効率をさらに向上した新エンジンを搭載し、オフロード法2011年基準に適合。また、オートアイドルストップ機能を新たに搭載したことで、燃費の低減を実現した。

また、故障により、キーを抜いて

もエンジンが停止しない場合、スイッチ操作でエンジンを停止することができるエンジン非常停止スイッチを採用し、着座感知機能のついたエアサスペンションシートも標準で装備したほか、オペレータが着席していない場合はトランスミッションおよび走行装置がロックし、誤動作を防止することができるなど、安全性の向上にも配慮した仕様とした。

### 製品 運搬台車 運ん太郎Jr.が新発売



(株)前田製作所 販売促進課  
Tel 026-292-2228  
e-mail: [maedasp@maasei.co.jp](mailto:maedasp@maasei.co.jp)

前田製作所は、運搬台車「運ん太郎」の新シリーズとして、シリーズ最小となる「運ん太郎Jr. LD06」を発売した。

同機は全長1,635mm、全幅570mmの超コンパクトな機体をもつ新型機。狭い進入路でも容易に進入し、狭小地での運搬作業が可能になったほか、2tトラックへの横積みも可能とし、

荷台を有効に使用できる仕様とした。

また、クラス唯一の油圧走行方式により、狭小地でもスムーズな操作性を実現し、重量物のより安全な運搬を可能にした。リフトレバーとダンプレバーを独立させ作業効率を向上させたのに加え、荷台に長尺物のスペースも確保することで利便性も向上させた。

## 報告

# アンケート結果にもとづく トンネル支保工に関する定説と 実際の乖離(2)

JTA山岳工法小委員会支保ワーキング

### 3-3 支保工の仕上がりに関連する設問

Q6 吹付け面は平滑に仕上げるのが望ましいとされていますが、パターンによっては鋼製支保工の内面と段差が生じます。これはあまりよくないのではないのでしょうか?

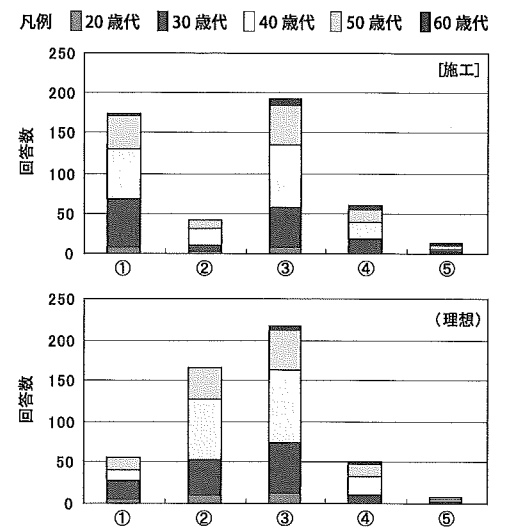
- ① 所定の吹付け厚が確保できていれば問題ない。
- ② 平滑に仕上げるほうがよい。吹付け材料追加費用を負担してもらえれば吹く。
- ③ 覆工にも影響があるので、できるだけ平滑に吹くようにする。
- ④ 吹付け面の平滑性の基準値を定めて管理する。

#### (1) 乖離の有無と多数を占める回答

- ・乖離がある。(理想)では平滑化を支持する②と③が多いのに対して、[施工]では、所定の吹付け厚が確保できればよい①が増えている。
- ・鋼製支保工と吹付け面は、段差がないように平滑に仕上げるのが品質上望ましい。
- ・実施工では、コスト面と、設計遵守を理由としてそのまま施工している。

#### (2) その他の回答

- ・平滑化の方法としては、鋼製支保工の拡径、吹付けコンクリートを鋼製支保工内面まで仕



上げるあるいは摺り付けるなどがある。

- ・鋼製支保工が必要覆工厚の一部に入る設計に疑問がある。
- ・覆工コンクリートのひび割れや防水シート破損の原因になりやすい。
- ・構造的には平滑に仕上げるほうがよいが、防水シートもあるなかで、この程度の段差が決定的に覆工に影響を与えるのか?
- ・平滑性について基準が必要である。

#### ◆Q6に対するWGでのコメント

吹付けコンクリートの表面や吹付けコンクリートと鋼製支保工との段差など支保工の仕上がり面

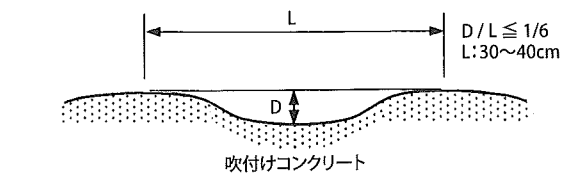


図-10 吹付けコンクリート表面の凹凸の許容範囲設定例<sup>2)</sup>

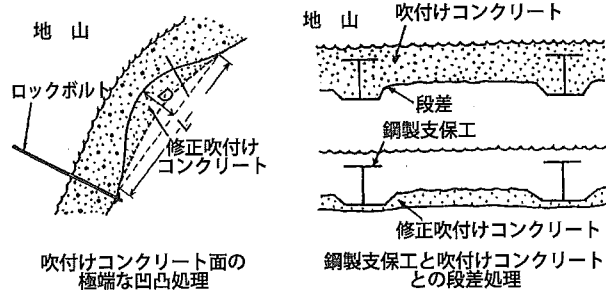


図-11 吹付けコンクリートの凹凸および段差の処理例<sup>3)</sup>

が平滑でないことが、支保工や覆工の耐力に与える影響は明らかでないため、今後の課題である。参考として、吹付けコンクリート表面の凹凸の許容範囲設定例を図-10に、吹付けコンクリートの凹凸および段差の処理例を図-11に示す。

Q7 CIIパターンの鋼製支保工は上半のみとなっていますが、下半掘削時に支保効果を発揮しないのではないのでしょうか？

- ① 上半掘削時の天端の抜け落ち対策用であるので下半には必要ない。
  - ② 上半支保工は荷重を負担しているの下半まで連続すべき。
  - ③ 他の支持方法を検討すべき( )。
- (1) 乖離の有無と多数を占める回答
- ・多少乖離がある。下半支保工が不要と考える①と必要と考える②との比が、(理想)では7:3に対して、[施工]では10:1と変化した。
  - ・CIIパターンでは下半支保工は必要なく、支保構造に問題ない。
- (2) その他の回答
- ・DIパターン(上下半支保工@1.0m)とCIパターン(支保工なし@1.2m)の中間支保パターンとして、CIIパターン(支保工あり@1.2m)

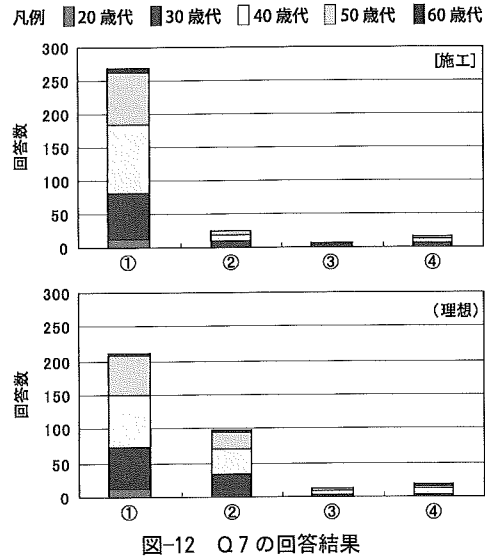


図-12 Q7の回答結果

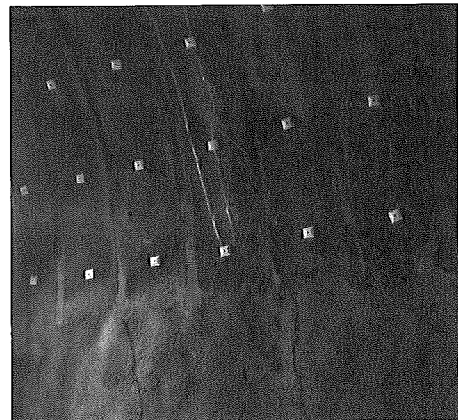


写真-3 CIIの施工例

- の支保パターンは必要である。
  - ・CIIパターンでは下半支保工は必要なく、必要な場合はDIパターンに変更すべき。それぞれ、そのような地山を対象としている。
  - ・CIIパターンは同一断面内の上下半で支保構造(剛性と耐力)に違いがあることに問題がある。
  - ・CIIパターンは上下半の覆工巻き厚の違いがひび割れの原因となるのではないか。
- ◆Q7に対するWGでのコメント
- CIIの施工例を写真-3に、DIおよびCIIの支保パターン例を図-13に示す。
- 図-13の事例ではDIとCIIとで、下半の鋼製支保工の有無および1掘進長の20cm延伸という2

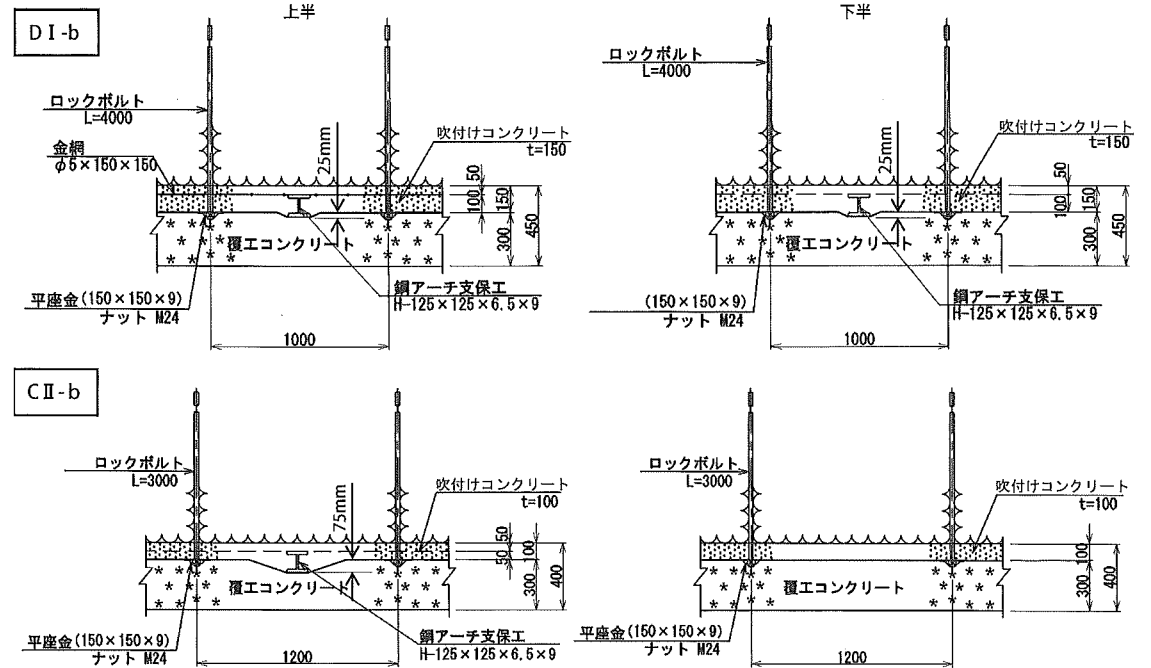


図-13 DIおよびCIIの支保パターン例

項目で大きな変化があり、地質によってはその中間的な支保パターンが必要となる場合も考えられる。また、同一断面内の上下半での剛性の違いや段差が支保工や覆工の耐力に与える影響は明らかでないため、今後の課題である。

Q8 地山にかかわらず一般的に鋼製支保工の上げ越しや拡げ越しが行われます。その時にどのような配慮をすべきでしょうか？

- ① 設計形状で加工した支保工を使用して拡げ越しを行うと、天端が下がり、巻き厚が不足するおそれがあるので、その分を皿板などで上げ越しして設置する。
- ② 拡げ越しは支保工のピース材やあらかじめ半径を拡大して対応したほうがよい。
- ③ 上げ越し・拡げ越しは( )cm程度であれば許容できる。
- ④ 大きく上げ越し場合には脚部へのピース材セットや下半支保工の長さを延長したほうがよい。

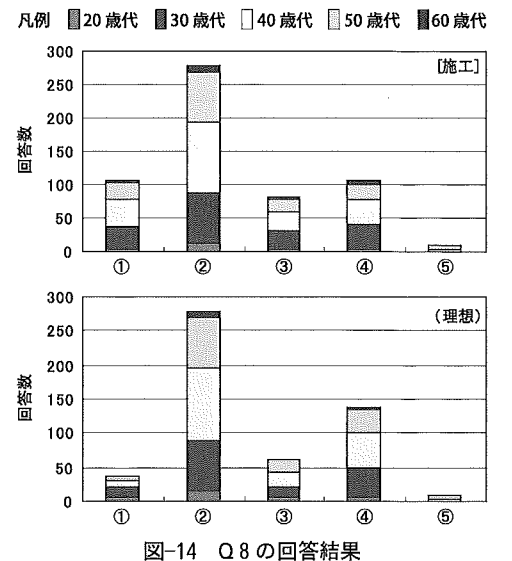


図-14 Q8の回答結果

- (1) 乖離の有無と多数を占める回答
- ・乖離はほぼない。
  - ・鋼製支保工の上げ越し量と拡げ越し量としては、5cm程度あればよい。
  - ・鋼製支保工半径の拡大で上げ越しと拡げ越しを行うのが望ましい。

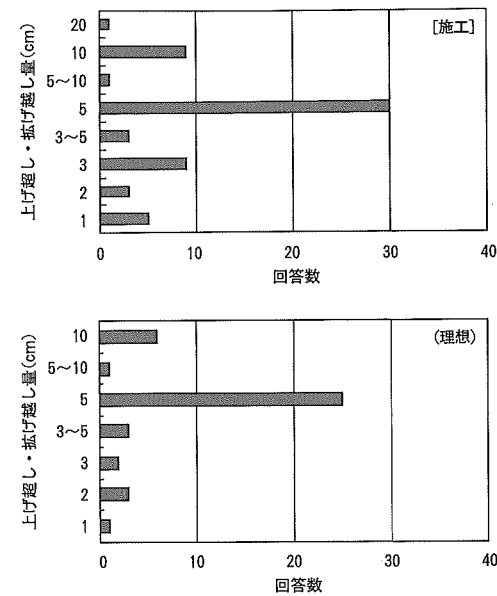


図-15 上げ越し・拡げ越しの回答結果(選択肢③)

Q9 変形余裕量を見込んでいない支保パターンで、鋼製支保工の半径の拡大は最低どの程度見込む必要があるでしょうか？

- ① 設計で考慮していないので必要ない。
- ② 5 cm程度
- ③ 7 cm程度
- ④ 上記以上( )cm

- (1) 乖離の有無と多数を占める回答
  - ・乖離はない。
  - ・変形余裕量は5 cmが大多数を占める。
- (2) Q8とQ9に対するその他の回答

a) 施工誤差

- ・施工誤差にともなう鋼製支保工幅は施工者の責任の範疇である。したがって、施工誤差など5 cm以内であれば余掘り内に含まれるので設計上の配慮は不要である。
- ・余掘りや余巻き、余吹きと同じように積算上考慮すべきである。

b) 変形余裕

- ・変形量や変形モードによっては上げ越しや拡げ越しが必要である。その場合、地山状況、

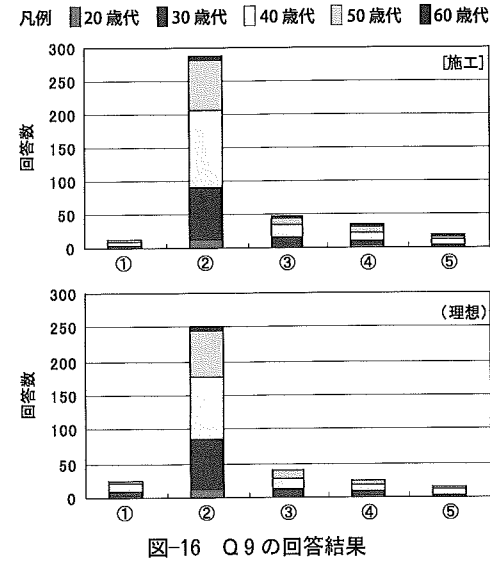


図-16 Q9の回答結果

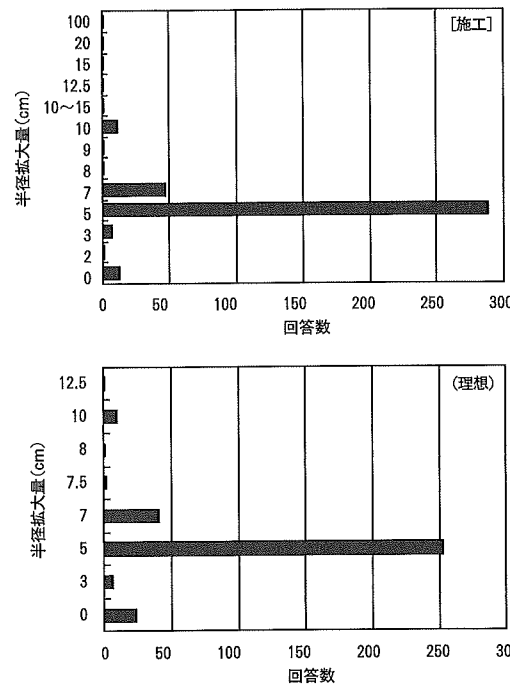


図-17 鋼製支保工半径拡大の回答結果(選択肢④)

- 計測結果、変位量予測値などにもとづき検討する必要がある。
- ・変形に対しては、変形余裕量を考慮したパターンに変更することが理想である。
- ・現状では設計における変形余裕量は10 cm以上である。10 cm未満の変形余裕については余掘り、余巻きあるいは余吹きで考慮され、施

工誤差を含めて施工者のリスクとなっている。

◆Q8とQ9に対するWGでのコメント

設計にかかわる変形余裕と、施工にかかわる施工誤差とが絡んでいるため、問題が難しくなっている。また、施工誤差としては、掘削には余掘りが設計で考慮されているのに対して、鋼製支保工には出来形基準がなく、施工者のリスクとして設置位置を覆工厚の観点から自主的に管理しており、設計(積算)上の取扱いが曖昧である。

3-4 その他の支保部材などに関する設問

Q10 金網の進行方向・周方向のラップの施工・確保に苦労しますが、どのように対処するのがよいと考えますか？

- ① 進行方向のラップ確保は余掘り進行が大きくなり、緩みを促進させるのでおさえるべきである。
- ② 進行方向のラップは確実に確保すべきである。
- ③ 周方向のラップ確保は非常に難しく、本来の機能を果たしていない可能性があるのではあるべきである。
- ④ 周方向のラップ確保は設計上必要とされ、手間がかかっても確保すべきである。
- ⑤ 繊維吹付けコンクリートなどで金網の機能を補完する方法を検討すべきである。

(1) 乖離の有無と多数を占める回答

- ・回答がばらつき、乖離がある。進行方向のラップに関する①と②については(理想)と[施工]とで傾向が変化している。(理想)で多くの支持を得た繊維吹付け⑤は[施工]されていない。
- ・ラップの施工が困難であることや作業の安全性に問題を感じている。
- ・ラップ部の金網が破損する。

(2) その他の回答

- ・より安全にするために、金網機能の補完として繊維補強吹付けコンクリートなどの方法を用いる。
- ・鋼繊維補強吹付けコンクリートを使用する場

合、金網を省略してもよいとされているが、コスト的には持ち出しになる。

・金網に期待するほどの効果があるのか？

◆Q10に対するWGでのコメント

金網の力学的な効果やラップ長(図-19)に関する明確な根拠はなく、今後の課題である。

繊維補強吹付けコンクリートは、高速道路の大断面トンネルの施工で多用されてきた実績があるが、その後適用事例が減りつつある。本WGでは、現在、繊維補強吹付けコンクリートに関する技術と国内における普及経緯を調査中であり、結果がまとまりしだい報告したい。

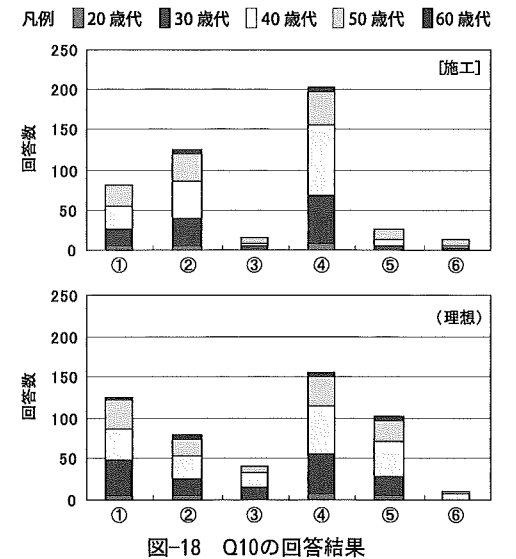


図-18 Q10の回答結果

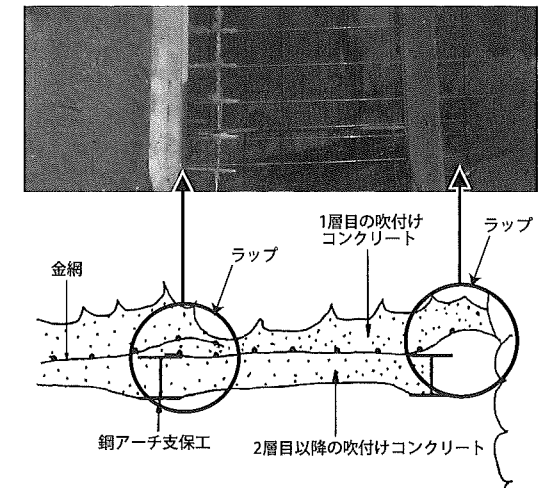


図-19 金網の進行方向のラップ状況<sup>4)</sup>に加重

Q11 未固結地山に打設したロックボルトは、設計で定められている引抜き耐力が得られない場合があります。どのように対処するのがよいと考えますか？

- ① 引抜きでは評価できないロックボルトの効果もあるので、設計で示されたとおりの施工を行う。
- ② 必要な耐力が得られる長さを引抜き試験で確認し、長尺のロックボルトを打設する。
- ③ 引抜き耐力の不足分を補うロックボルトを増し打ちする。

(1) 乖離の有無と多数を占める回答

- ・多少の乖離がある。(理想)では長尺化②や増打ち③が多いのに対して、[施工]では設計どおりに施工する①が非常に多い。
- ・当初設計パターンで施工し、施工結果に応じて発注者と協議している。

(2) その他の回答

- ・塑性範囲を包括する長尺のロックボルトを打設すべきである。
- ・定着方法や注入材を変更すべきである。
- ・増打ちで対応するほうが効果的である。
- ・ロックボルトの長尺化は孔荒れやノミ継ぎなど、施工性低下の問題がある。

- ・引抜き耐力で評価できないロックボルトの効果もあるので、引抜き耐力にこだわる必要はない。
- ・対象地山に求められているロックボルトの効果を明確にする必要がある。

◆Q11に対するWGでのコメント  
土木学会トンネル標準示方書には、図-21と表-4に示すように地山条件とロックボルトの機能、効果の関連性が整理されている。土砂地山では軸方向の引張抵抗以外にも軸直角方向のせ

ん断抵抗が期待されている。

また、表-5に示すように定着方式と定着材の適用範囲の考え方も示されている。

今後は、未固結地山におけるロックボルトの効果を定量的に整理・評価することが課題である。

凡例 ■20歳代 ■30歳代 □40歳代 ■50歳代 ■60歳代

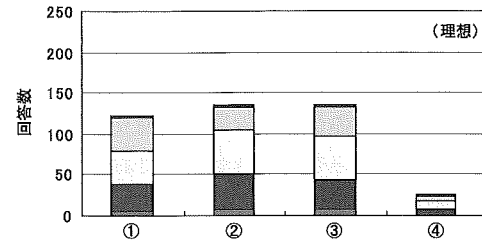
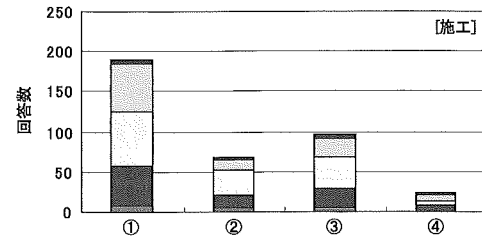


図-20 Q11の回答結果

表-4 地山条件とロックボルトの機能、効果の関連性<sup>9)</sup>

地山条件	不連続体 ← → 連続体
支保機能	硬岩、中硬岩 ← → 軟岩、土砂
軸方向引張り抵抗 (垂直剛性と強度)	吊下げ効果 ← → 内圧効果 ← → 吹付け支持効果
軸直角方向せん断抵抗 (せん断剛性と強度)	縫付け効果 ← → ← → 地山物性改良効果

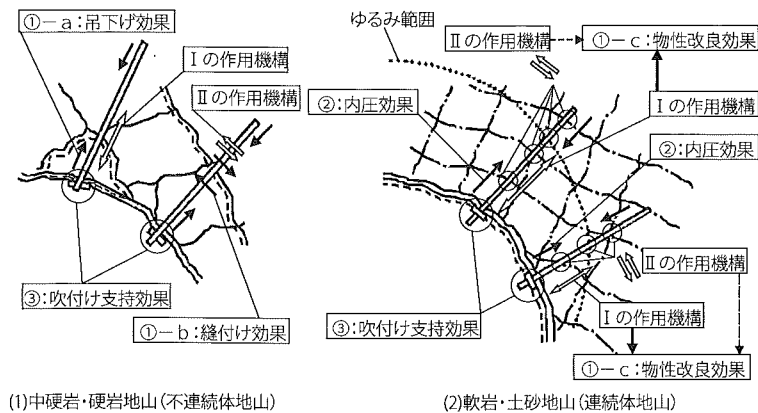


図-21 ロックボルトの機能および効果の概念<sup>9)</sup>

表-5 定着方式と定着材の適用範囲の考え方<sup>7)</sup>

孔壁の条件	定着方法	定着材	一般地山		特殊地山		特殊条件				備考		
			中硬岩	硬岩	軟岩	土砂	未固結	膨張性	崖錐	転石		亀裂多	孔荒れ
自立する	定着材式	先充填型	○	○	○	△	△	△			△	△	充填ホースの挿入性、湧水によるモルタルの流出に注意
		カプセル使用(セメント系、樹脂系)	○	○	○						△	△	カプセルの挿入性、充填量、湧水による流出に注意
	後注入型	セメントミルク系				△	△	○	△	△	△	△	ボルトの挿入性、注入材の漏逸、湧水下での硬化性能に注意
		樹脂系				△	△	○	△	○	△	○	
自立しない	定着材式 (自穿孔)	鋼管膨張型	△	○	△								不良地山での摩擦力に注意
		スリットばね型											
自立しない	定着材式 (後注入型)	セメントミルク系				○	○	○	△	○	△	○	穿孔性能、注入材の漏逸、湧水下での硬化性能に注意
		樹脂系				○	○	○	○	○	○	○	

〈注〉○：適当，△：条件によっては不適当

Q12 脚部補強工としてウイングリップを採用した場合、地山性状によってはその余掘りによって地山を傷めることや拡幅部が崩落することが懸念されます。どのように対処するのがよいと考えますか？

- ① ウイングリップは支持力確保に十分効果があり、注意して施工すべきである。
- ② ウイングリップは拡幅によって地山を傷めるため、採用にあたっては地山の状態を十分考慮すべきであり、場合によっては他の工法も検討すべきである。

(1) 乖離の有無と多数を占める回答

- ・乖離がある。(理想)ではウイングリップを疑問視する②が多いのに対して、[施工]では注意して設計どおりに施工する①が多い。
- ・施工の安全上問題がある。
- ・拡幅施工により地山を傷め、沈下抑制効果に疑問がある。

(2) その他の回答

- ・地山状況によっては、フットパイルなどの工法と組み合わせることでその効果を発揮できる。
- ・早期閉合のほうが効果大である。
- ・理論的には支持力の確保(沈下抑制)に効果が

凡例 ■20歳代 ■30歳代 □40歳代 ■50歳代 ■60歳代

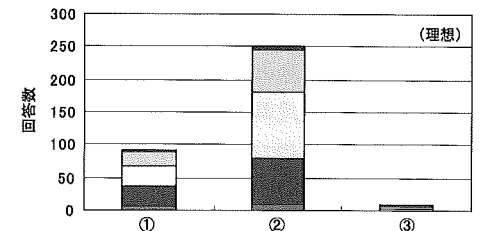
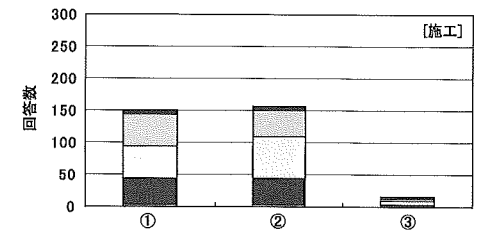


図-22 Q12の回答結果

あるはずであり、効果が認められないのは設置の問題や作用荷重が大きいことに起因していると考えられる。

◆Q12に対するWGでのコメント

ウイングリップは比較的地山の悪い箇所で採用されるが、写真-4および図-23に示すように、ウイングリップ設置にともない、アーチ足元を透かし掘りする必要はある。

このような掘削形状が地山の耐力や安定性に与える影響に関する検証や適用地山に応じた効果の整理が、今後の課題である。



写真-4 ウィングリップの設置状況

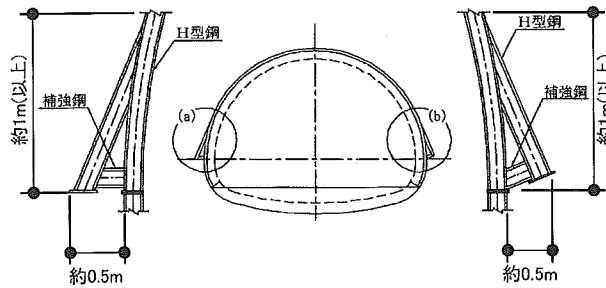


図-23 ウィングリップの形状例(別)に加筆

Q13 土かぶりがある程度確保されている不良地山区間で長尺鋼管先受け工を使用する場合、アーチ部のロックボルトを省略しないほうが地山の安定性が向上するのでしょうか？

- ① ロックボルトの効果はあると思うが打設が困難なので、打設しない。
- ② AGFが必要なほど地山が不良な場合、天端部分のロックボルトの効果は少ないので不要だと思う。
- ③ 長尺先受けは地山を荷重としか見ていない。ボルトを打設してアーチゾーンを形成できるのであれば、NATM理論が成り立つので打設するべきである。
- ④ 地山状況に関係なく打設できるのであれば、打設したほうがよい。

凡例 ■20歳代 ■30歳代 □40歳代 ■50歳代 ■60歳代

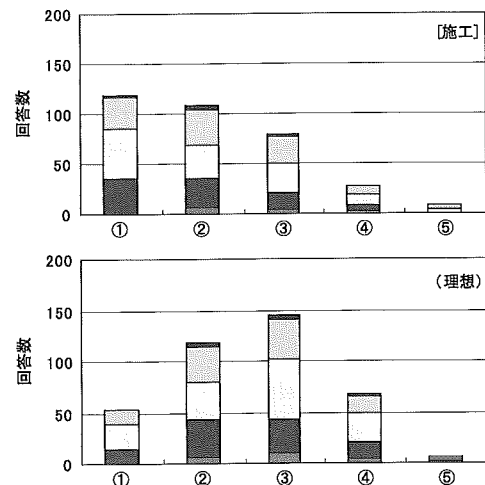
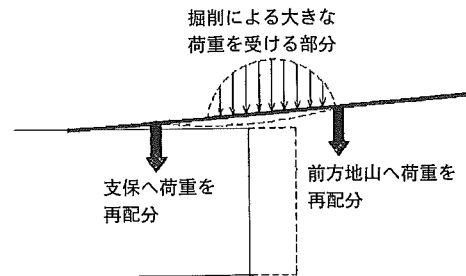
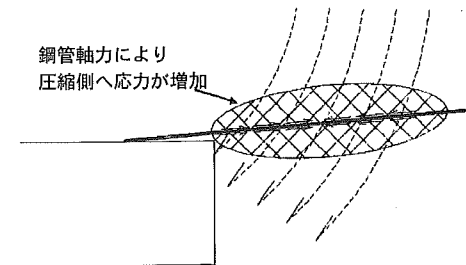


図-24 Q13の回答結果



(a) 切羽掘削時の鋼管の梁構造による安定効果



(b) 切羽前方の鋼管軸力による安定効果

図-25 長尺鋼管先受け工の作用機構概念図<sup>9)</sup>

- (1) 乖離の有無と多数を占める回答
- ・乖離がある。(理想)ではロックボルトを打設する③と④が比較的多いのにに対して、「実施」では打設しない①と②が多い。
  - ・鋼管に当たらないように施工するのは困難である。
  - ・長尺鋼管先受け工区間ではボルトの効果がない。

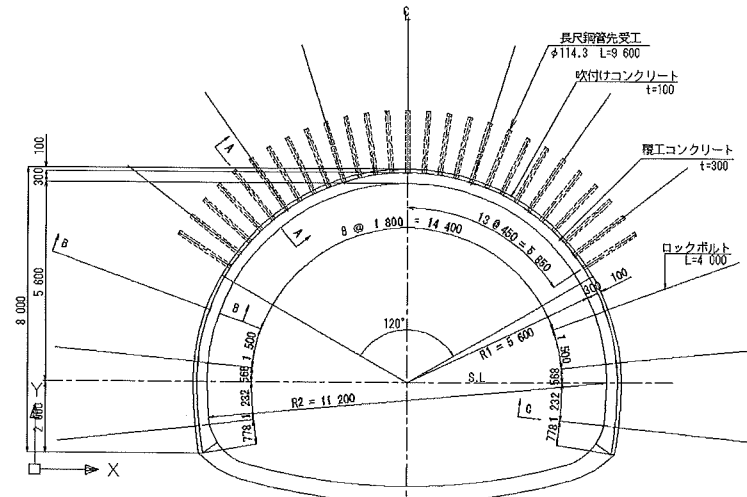


図-26 長尺鋼管先受け工区間でロックボルトが設置される設計例

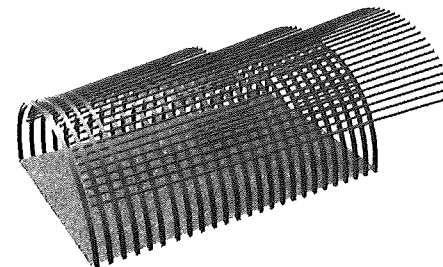


図-27 長尺鋼管先受け工区間の鳥瞰図<sup>10)</sup>

(2) その他の回答

- ・土かぶりが大きければ、ロックボルトは有効である。土かぶりが小さければ、効果は期待できない。
- ・ボルト軸力計測でロックボルトの効果を確認する必要がある。

◆Q13に対するWGでのコメント

図-21と図-25に示すように、ロックボルトと長尺鋼管先受け工の作用機構概念図は、それぞれ横断面と縦断面に対して描かれており、期待する効果が違うことがわかる。WG内においても、長尺鋼管先受け区間でアーチ部に打設するロックボルトの効果について見解が分かれた。また、図-26に示すように設計図が描かれたとしても(本事例ではロックボルトと長尺鋼管が同位置に描かれている)、図-27に示すような長尺鋼管先受け工区間で設計どおりにロックボルトを打設できるのかどうかについては、疑問が残る。

4 まとめ

4-1 施工と理想との乖離への対策

アンケートの結果、施工と理想で乖離があるケースとして、以下のように整理できた。

- ① 理想にかかわらず、とりあえず設計どおりに施工する場合
- ② 理想どおりでなくてもあまり問題がない場合
- ③ 工法や材料の効果などの理解が不十分で、施工を行っている場合

④ 工法や設計手法自体が確立されていない場合

①は、施工承諾が困難であると判断したり、あるいは理想の施工を行うのに多額のコストが必要など負担が大きい場合が該当する。②は、コスト的な負担が少なく、施工と理想で得られる結果にあまり差がない場合が該当する。いずれも、設計どおりに施工した結果、不都合があれば、変更してもらおうという考え方である。

このように設計を変更する際には、各種の資料を根拠とした理由づけが必要となる。しかし、示方書や発注機関に示された設計が一般化や簡略化されており、複雑に変化する現場条件すべてに適合するようには記述されていない。そのため、「変更」することが難しくなっており、そのことが設計と施工の乖離の一因となっていると推察できる。

このような状況を回避するためには、これらの基準類を作成する際に、さまざまな現場条件に対して議論された内容を解説として明文化し継承していく必要があると考える。これにより、現場条件に適した施工方法の判断や選択がしやすくなり、理想に近い施工を行えることが期待できる。

なお、一方で回答者なりの理想を求めて、たとえコストが余分に必要であっても変更を試みよう

としている回答も少なからずあったことを書き添えておく。

③や④は比較的新しい技術を採用する場合のみならず、核残しのごく一般的に現場で行われてきたことにもかかわらず、その技術の効果や機能が必ずしも明確になっていない場合も該当する。この場合には、なにが理想であるのかも十分に理解できていないことになる。

このように理解度の低い事項については、既往研究の調査に始まり、必要に応じて実験や解析、現場での実証や計測などによりメカニズムや影響・効果を明らかにし、あるべき姿を示す努力が必要である。

#### 4-2 今後の課題

今回の調査で得られた今後解決すべき課題は、次のとおりである。

- ・支保の表面が平滑でないことが支保と覆工に与える影響
- ・斜めボルトの支保効果
- ・ボルトの1間遅れ施工が支保効果に与える影響
- ・未固結地山におけるボルトの支保効果
- ・長尺鋼管先受け工区間におけるロックボルトの支保効果と施工性
- ・ウイングリブ設置にともなう掘削形状がトンネルの安定性に与える影響
- ・本設インバートによる早期閉合の掘削長がトンネルの安定性に与える影響
- ・インバートの半断面施工がトンネルの安定性に与える影響
- ・CIIの支保構造の妥当性
- ・溶接金網の支保効果
- ・充填式フォアポーリングの、定着材の硬化性状が支保効果に与える影響

#### 4-3 おわりに

アンケート結果を分析した結果、実際の施工と理想に乖離がある課題がおおむね判明したと思われるが、選択肢設定上の問題もあり、その乖離の理由を解消するための方策やトンネルの安定性確保・向上ができる施工方法の改善提案(注意喚起)について、十分に言及するまでには至らなかった。しかし、それぞれの課題についてさまざまな考え方があることを示したことは、今後の現場における施工や設計への反映、ならびにこれらの技術的な課題の解明に向けた研究などに役立つものと信じている。なお、本アンケート結果をまとめた報告書は、(一社)日本トンネル技術協会が保管しており、会員は協会において閲覧することができる。

最後に、本アンケートにご協力いただいた338名の方に、心よりお礼を申しあげる。

(文責：富澤直樹・(株)鴻池組)

#### 参 考 資 料

- 1) JTA山岳工法小委員会：山岳トンネルのインバート(最終回)、トンネルと地下、Vol.42, No.5, pp.69-77, 2011.5.
- 2) 日本道路公団：トンネル施工管理要領(第二東名・名神高速道路 本体内編)、2000.1.
- 3) 鉄道・運輸機構：山岳トンネル設計施工標準・同解説、p.203, 2008.4.
- 4) 東日本高速道路・中日本高速道路・西日本高速道路：設計要領、第3集 トンネル編、p.108, 2012.7.
- 5) 土木学会トンネル工学委員会編：トンネル標準示方書山岳工法・同解説、p.80, 2006.7.
- 6) 同上、p.81.
- 7) 同上、p.83.
- 8) 同上、p.167.
- 9) 土木学会トンネル工学委員会技術小委員会山岳トンネル補助工法改訂部会編：山岳 トンネルの補助工法 2009年版、トンネルライブラリー第20号、p.70, 2009.9.
- 10) 同上、p.69.

## 研究

# 静的載荷試験による開削トンネル側壁破壊時の耐力に関する検討

(公財)鉄道総合技術研究所構造物技術研究部副主任研究員 川 西 智 浩  
 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻教授 清 野 純 史  
 (公財)鉄道総合技術研究所構造物技術研究部主任研究員 井 澤 淳

## 1 はじめに

開削トンネルは、地震時に周辺地盤から受ける変位、せん断力や、トンネルに作用する慣性力の影響で損傷する可能性があり、地震の影響を受けやすいトンネルであると言える。例えば、兵庫県南部地震においては、神戸高速鉄道の大開駅が大きな地震力を受けて中柱がせん断破壊を起こしたことにより、上床版やその上部にある地盤を支えることができない状態となり、トンネルが崩壊する事態となった<sup>1),2)</sup>。この被害を受けて、中柱の耐力が不足する開削トンネルについては、中柱の補強工事が行われた。具体的には、中柱を鋼板で巻いたり、添え柱を設置するなどして、中柱のせん断破壊やそれに伴う上床版の崩落を防ぐ措置がとられた。また、この被害の後、中柱を有するトンネルにおいて、トンネル各部材を曲げ破壊させる実験や隔壁をせん断破壊させる実験も数多く行われており、部材損傷時のトンネルの挙動解明がなされている<sup>3)~6)</sup>。

一方で、開削トンネルの耐震診断を実施すると、中柱以外の部材が大きな損傷を受けると判定され、耐震補強が必要となる場合も多い。しかしながら、中柱以外の部材が地震により大きな損傷を受け、トンネル全体の安全性に大きな影響を及ぼした事例がこれまでにないことから、例えば側壁部材の損傷によってトンネル全体がどのように壊れてし

まうのか、といったことは明らかになっていない。中柱が壊れる場合とは異なり、例えば側壁が壊れても残りの側壁・柱により上部の荷重を支えることができる可能性も考えられる。また、側壁などの部材は片側が土に接していることから、施工上の観点で耐震補強自体が難しいことも多い。

以上のことから、中柱以外の部材が地震時の弱点箇所となるような開削トンネルが、どの程度まで地震に耐えられるのか、どの程度構造的に弱ければ施工上の観点で補強が難しいトンネルであっても耐震対策を実施する必要があるのか、をきちんと把握しておくことが求められる。

本稿では、主に側壁が弱点箇所となるトンネル模型を製作し、静的載荷試験を実施することにより、側壁が大きく壊れた場合にトンネル自体の耐力がどうなるのか、トンネル全体としての形状が確保されるのか、を調べることにした。

## 2 実験の概要

### 2-1 トンネル模型の概要

実験に用いるトンネル模型は、図-1に示すようにトンネル本体部分の寸法が横1.6m×縦0.95mの1層2径間のトンネルである。実際の開削トンネルの約1/8～1/10程度の大きさであり、奥行きは1mとしている。また、この模型では、中間部の部材を大開駅のような柱形式ではなく、壁形式としている。大開駅では中柱がせん断破壊を起こ

し、上部からの荷重が支えられない状態となってトンネルが崩壊したが、中壁形式であってもその部材がせん断破壊するとトンネルの崩壊の危険性があるという点では同じであるため、模型製作の難易性を考慮して本実験では中壁構造を採用したものである。部材の厚さは、中壁を薄く、側壁を厚くしており、中壁は側壁と比べて変形性能に優

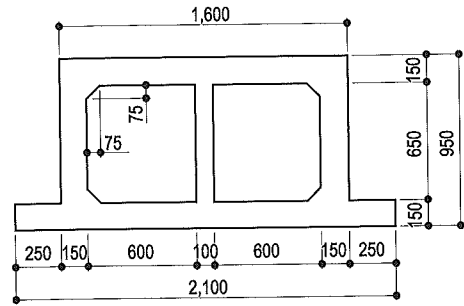


図-1 トンネル寸法(単位: mm)

表-1 トンネル部材の材料特性・配筋一覧

コンクリート		圧縮強度: 29.7(N/mm <sup>2</sup> )
鉄筋 (すべてD6(SD295))	上下床版	主鉄筋: 50mm間隔 せん断補強筋: あり
	中壁	主鉄筋: 50mm間隔 せん断補強筋: あり
	側壁	主鉄筋: 50mm間隔 せん断補強筋: なし

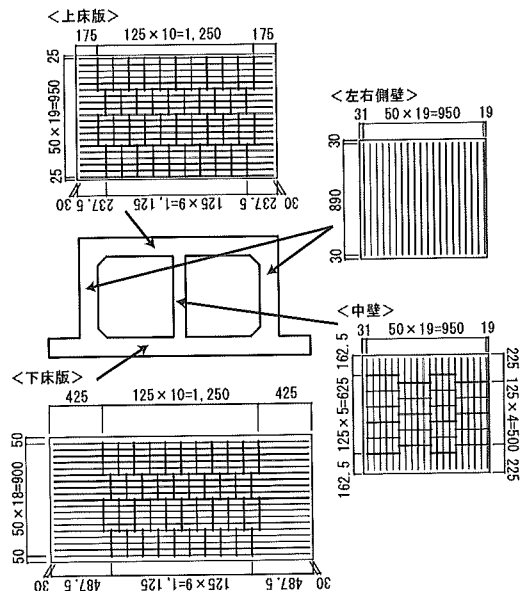


図-2 トンネルの配筋

れた部材とするかわりに側壁はせん断破壊を比較的起こしやすいような仕様としている。

開削トンネル模型の配筋および材料特性を、それぞれ表-1、図-2に示す。今回の実験では、側壁をせん断破壊させた場合のトンネルの安全性のチェックを目的としていることから、側壁にはせん断補強筋を配置していない。また、コンクリートの圧縮試験を別途実施しており、圧縮強度は29.7(N/mm<sup>2</sup>)であった。

### 2-2 実験方法

実施した荷重実験の状況を写真-1に示す。トンネル下部と設置面との間に滑りによるズレができる限り生じないようにPC鋼棒で反力床に固定し、左側壁の上部をアクチュエーターにて静的に荷重する。また、トンネルの奥行きが1mであることから、奥行き全体を均一に押すことができるよう、写真-2のように荷重側から見て横方向に広がった

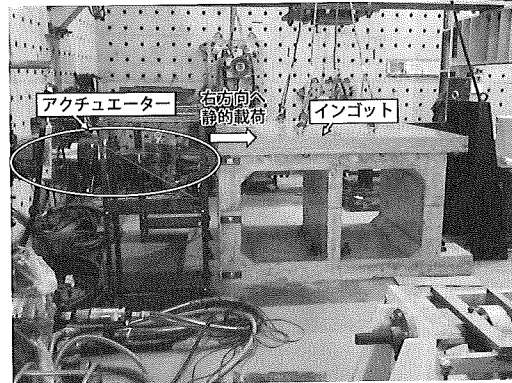


写真-1 静的荷重実験の状況

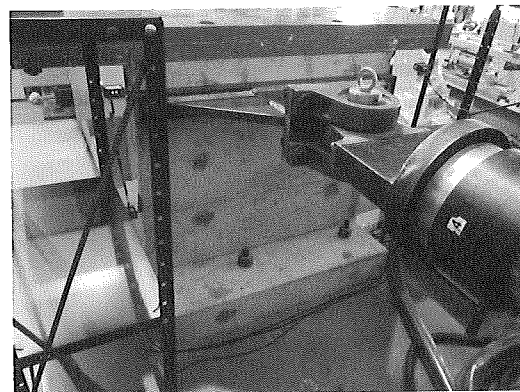


写真-2 トンネルを均一に押すための道具

治具を、アクチュエーターの先端に取り付けて実験を行った。また、トンネル上方地盤による荷重を模擬するために、トンネルに20(kN)のインゴットを載せた。なお、トンネルには上方からだけではなく、側方にも地盤が存在するため、本来であれば実験でも側壁地盤の影響も考慮することが望ましいが、今回の実験では側壁の損傷度合いによってトンネル自体の安定性がどの程度変わってくるかを調べることを主目的としているため、側壁の損傷を目視にて容易に確認できることを優先し、今回は側方地盤の影響は考慮しなかった。

本実験では、トンネルの損傷過程と耐力との関係を把握する基本的な検討として、右への一方荷重を行う。アクチュエーターの変位を1~2mmずつ徐々に増やしていき、トンネルの損傷状況をそのたびにチェックするとともに、トンネルの変位や荷重をアクチュエーター位置にて計測することで、「開削トンネルのどの部材がどのような損傷をすることで、耐力がどの程度低下するか」を調べることにした。

なお、トンネルは反力床に固定はしているものの、荷重によりわずかにズレが生じる可能性があるため、トンネル下部の変位をレーザー変位計で

計測することで、トンネル自体の変位のズレを求め、アクチュエーターでの計測変位からそのズレ分を引くことでトンネルの相対変位を算出し、この相対変位をデータ整理に用いることとした。

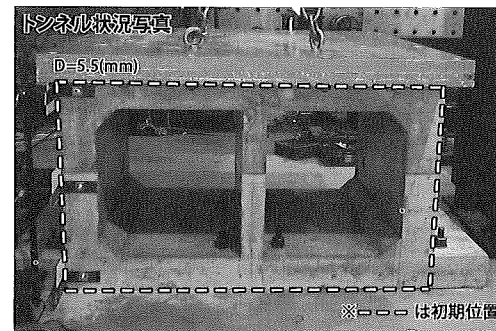
## 3 実験結果

### 3-1 荷重変位とトンネル損傷状況の関係

ここでは、トンネルの損傷過程を、写真とひび割れ位置のスケッチにより順を追って紹介していく。

以下で示す「変位」とは、前述したトンネル自体の相対変位(アクチュエーター位置の変位から、トンネル自体のズレによる変位を除いた変位)であり、「荷重」とは、アクチュエーターに取り付けられたロードセルにより計測された荷重を指す。また、参考としてトンネルの相対変位とトンネル高さより変形角も算出している。

荷重開始後、まず変位が約5.5(mm) [変形角: 約6/1,000] となった時点で、図-3に示すように隅角部、右側壁に曲げひび割れが発生し始め、変位が約7.4(mm) [変形角: 約8/1,000] の時点で、図-4に示すように左側壁や中壁にも曲げひび割れが表れ始める。その後荷重を進めていくと、それまでに発生した曲げひび割れが進展するかたちで損傷



損傷状況

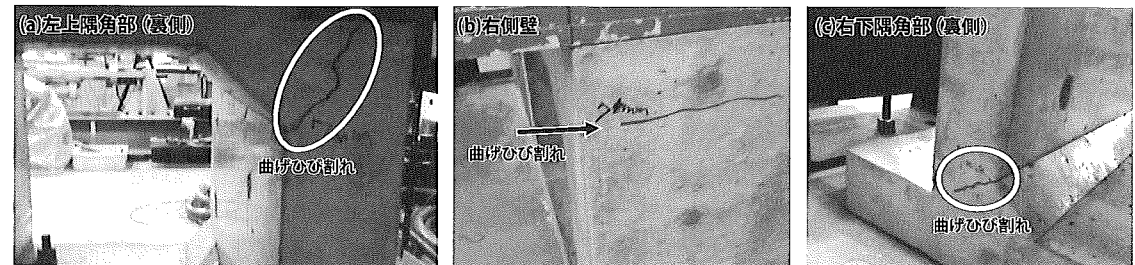
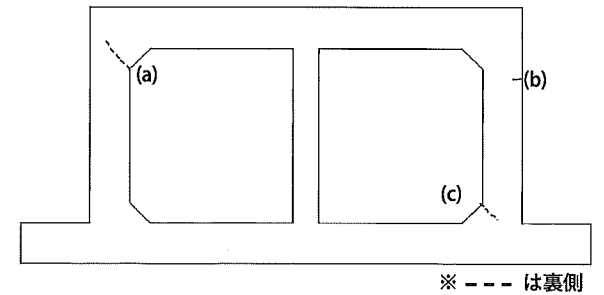


図-3 変位5.5(mm) [変形角: 約6/1,000] 時点の損傷状況

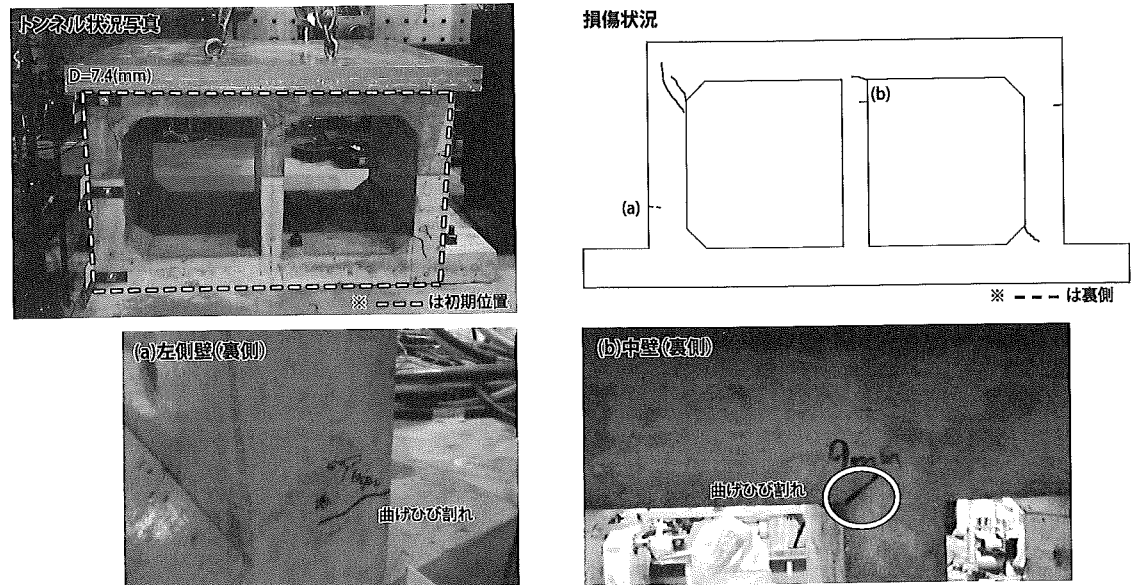


図-4 変位7.4(mm) [変形角：約8/1,000] 時点の損傷状況

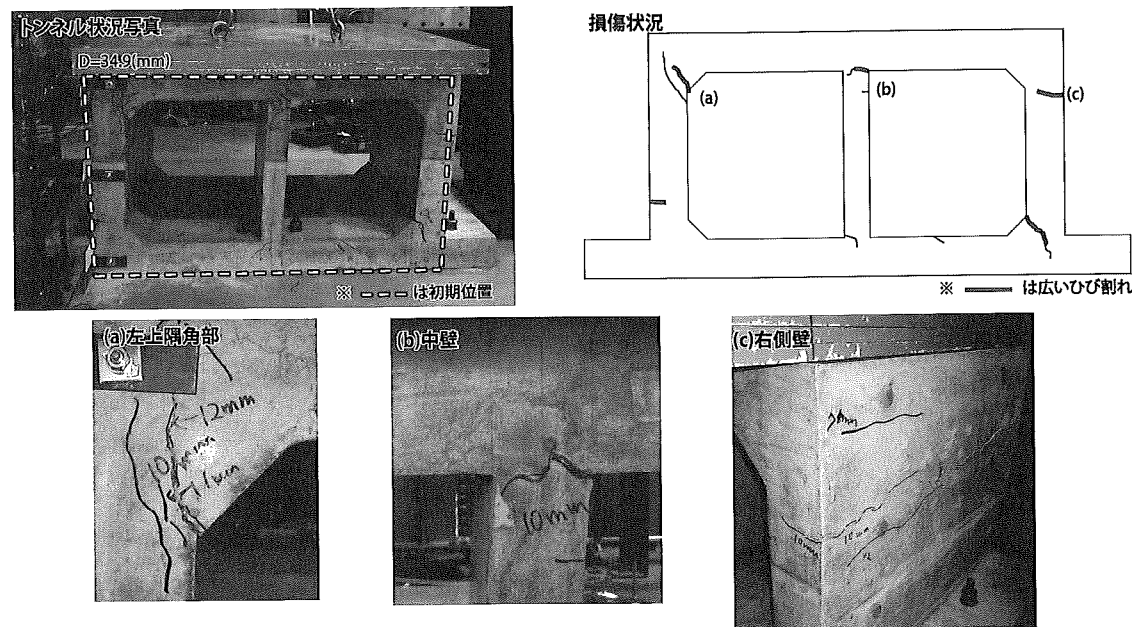


図-5 変位34.9(mm) [変形角：約37/1,000] 時点の損傷状況

が進行していき、変位が34.9(mm) [変形角：約37/1,000] に達するころには、図-5のように一部の曲げひび割れの幅がかなり広がってきている。

さらに載荷が進行すると、しばらくは曲げひび割れが進展するのみであったが、変位が約65.6(mm) [変形角：約68/1,000] に達した時点で、図-6に示すように左側壁に新たに斜めひび割れが発

生した。

側壁にはせん断補強筋を配置しておらず、せん断耐力が他部材よりも小さいことや、曲げひび割れから進展した形跡が確認できないことから、左側壁にせん断ひび割れが生じたものと考えられる。これ以降、載荷を少し進めるだけでせん断ひび割れが一気に進展していき、変位が約75(mm) [変形

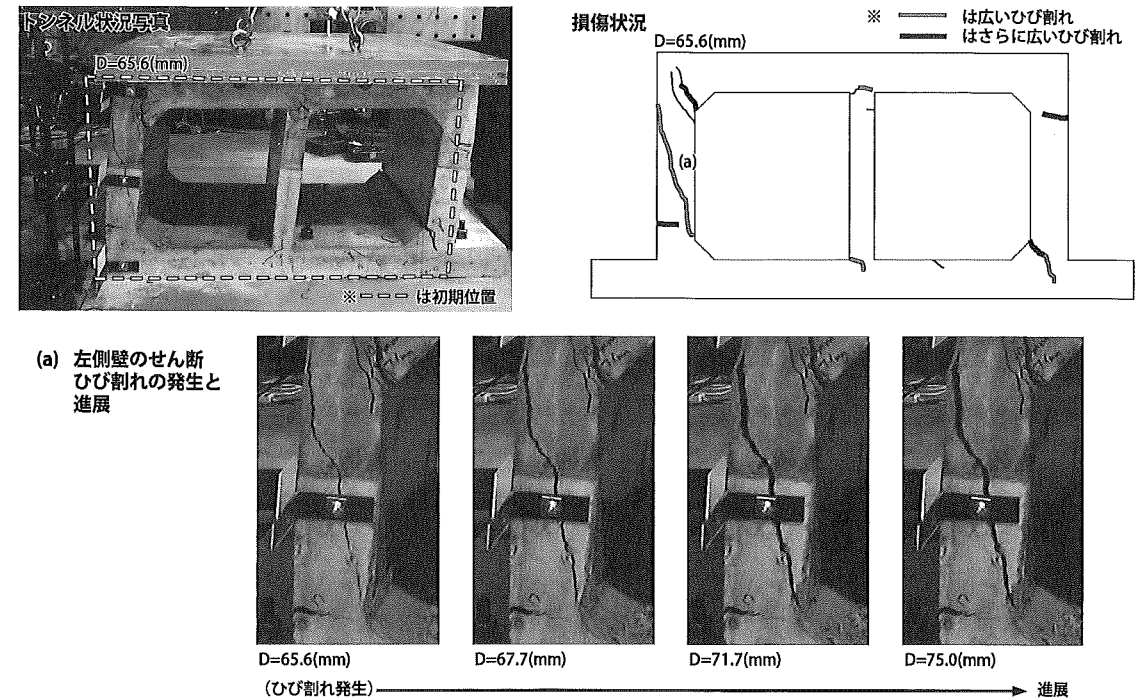


図-6 変位65.6(mm) [変形角：約68/1,000] 時点の損傷状況

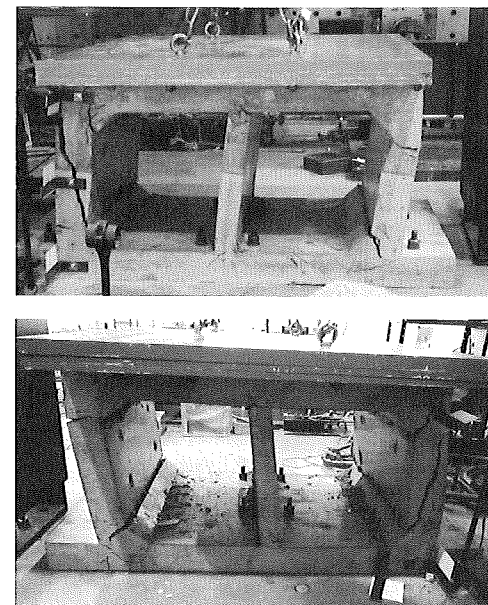


図-7 載荷終了時(変位82(mm) [変形角：約86/1,000])の損傷状況

角：約79/1,000] に達したころにはせん断ひび割れが左側壁をほぼ貫通する状態となった。今回の実験では、このように左側壁のせん断ひび割れが貫通した状況でもトンネルは一定の形状を維持しており、崩壊は起こっていない。

さらに載荷を進め、最終的に変位が約82(mm) [変形角：約86/1,000] に達しても、図-7のようにトンネル上部が崩れ落ちることはなく、アクチュエーターの変位が限界となったため、この時点で載荷を終了した。

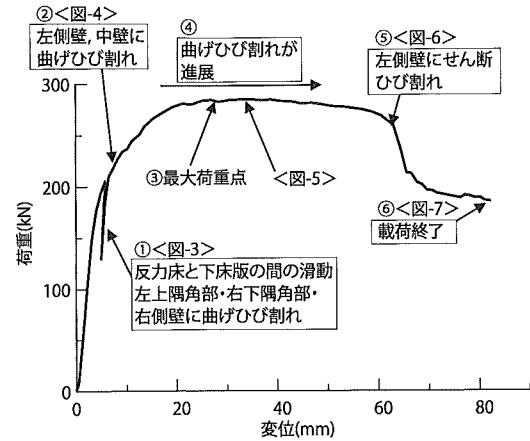


図-8 トンネルの荷重-変位関係

### 3-2 トンネルの荷重-変位関係

今回の実験における、アクチュエーター位置の荷重と、トンネルの相対変位の関係を図-8に示す。実際の载荷では、1～2 mm ずつ変位を増やすごとに、トンネル模型の損傷チェックのために载荷を止めており、そのたびごとに荷重はわずかに低下しているが、ここでは载荷の全体的な傾向を把握するために、その荷重低下の影響は無視して各载荷終了時点の荷重ピーク値を並べたかたちで、荷重-変位関係を作成している。図には、3-1節で示した各代表ステップでの損傷状況や、最大荷重点も丸番号①～⑥で示している。

まず、①の時点で荷重が一度減少しているのは、トンネル自体が滑りの影響でわずかにズレが生じた影響で荷重が抜けたためである。その後荷重は回復していることから、トンネルの損傷過程に大きな影響はなかったものと思われる。载荷が進むにつれて曲げひび割れが各部材に発生しても荷重は増え続け(②)、曲げひび割れがある程度進展した③の時点で荷重が最大となる。その後は曲げひび割れがさらに進展しても荷重はほとんど低下することなく変位だけが增加し続けている(④)。しかしながら、左側壁にせん断ひび割れが生じた⑤の時点以降に荷重が低下し始める。せん断ひび割れがほぼ貫通するまでは荷重低下が起これ、最終的にピーク時の3割程度耐力が減少しているが、その後、荷重が再び一定となり、⑥の最終ステップに達している。

以上の結果をまとめると、今回の実験条件に限った結果ではあるが、1層2径間の開削トンネルにおいては、片側の側壁に大きな曲げひび割れが生じてもトンネル全体系の耐力にはそれほど影響がないこと、また、片側の側壁にせん断破壊が生じた場合、トンネルの耐力は低下するが、一定の耐力は維持できることがわかった。

ただし、詳細は次章にて述べるが、種々の条件を変化させることでトンネル全体系の挙動にも影響を及ぼす可能性が十分あることには注意する必要がある。

## 4 一般的な開削トンネルへの結果の適用性

### 4-1 結果の活用方法

本実験は側壁を大きく損傷させた場合に、トンネルの耐力に及ぼす影響を、損傷過程とともに調べることを目的として行った。とくに側壁がせん断破壊した場合のトンネル全体の損傷状況や安定性を把握するために、中柱の変形性能を側壁に比べて大きくする一方、側壁については部材厚さを厚くしてせん断補強筋を配置しないトンネル模型を用いたことで、最終的には目標どおり側壁がせん断破壊する結果となり、その際のトンネルの耐力低下や、トンネルの安定性について検討することができた。

ここで、今回の実験結果を一般的な開削トンネルの耐震検討に活用できるかどうか、そのために今後必要となる検討内容について、以下でまとめることとする。

1層2径間の開削トンネルの場合、上部からの荷重を支える部材として、中柱の影響が大きいことは、兵庫県南部地震における大開駅の崩壊事例からも明らかである。これは中柱でなく中壁であっても、上部からの荷重が支えられない状態になれば危険である点は同じであると考えられる。逆に今回の実験では、中壁の変形性能・せん断耐力を側壁と比べて大きくしたことによってトンネルの崩壊を免れており、中柱・中壁の耐震性向上がトンネル全体の安定性向上につながることを、本実

験は改めて示唆している。また、本実験で用いた1層2径間の開削トンネルでは両側の側壁と中壁の3部材で水平荷重に抵抗しているが、そのうち左側壁がせん断破壊しており、せん断ひび割れもほぼ貫通していることから、左側壁による水平抵抗力はほとんどなくなったものと推定される。しかし、残りの2部材が大きな損傷を受けていなければ、左側壁のせん断破壊後も一定の水平耐力(本実験ではピーク時の7割程度)を維持でき、トンネルの急激な崩壊は防止できることがわかった。つまり、開削トンネルにおいて片側の側壁のせん断耐力が少し不足している状況であっても、残りの2部材の耐力に余裕があるのであれば、トンネルの耐震補強を行う際の優先順位は比較的低くても良いのではないかと、ということが言える。

### 4-2 今後の課題

しかしながら、今回の実験は限られた条件のもとで行っており、4-1節に示した活用方法を広く一般に適用するためには以下の点に注意する必要があると考えられる。

#### ・地震動のくり返しの影響

本実験では一方向载荷を行っているが、地震動のくり返しの影響を考慮して交番载荷を行うと、両側壁が損傷する可能性があるため、トンネルの水平耐力が本実験以上に低下するおそれがある。

#### ・部材厚さについて

本実験では、一般的な1層2径間の開削トンネルの約1/8～1/10程度に縮小した模型を用いているが、模型の部材厚さは、実際のトンネルの部材厚さを縮小した寸法より厚くなっている。つまり、水平耐力が比較的大きくなっている可能性があり、この影響で左側壁がせん断破壊しても側方からの荷重に耐えられるだけの耐力が維持できた可能性もある。

#### ・上載荷重について

本実験で使用したインゴットは約1 m程度の土かぶりを想定して重さを設定しているが、土かぶりがより深い条件の場合にはそれだけ上載荷重も重くなり、側壁部材が損傷した場

合に残りの2部材にかかる負担がより大きくなり、トンネル全体系の損傷に影響を及ぼす可能性もある。

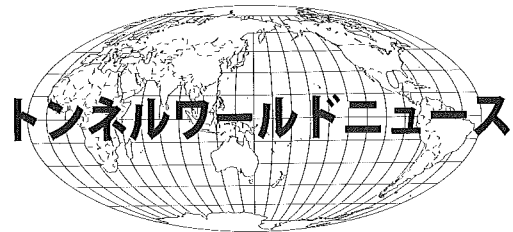
#### ・周辺の土の抵抗について

実際の開削トンネルでは、トンネルの側方に土が存在しており、その側方地盤による土圧や抵抗による影響が無視できないことに注意する必要がある。

このように、いくつかの注意すべき点があるが、側壁のせん断補強筋が不足しているうえに補強も未実施である開削トンネルは数多く存在していると考えられることから、今回の実験結果はそのようなトンネルの補強の優先順位を決定する際の参考になるものと考えられる。今後は、上述した問題点を解消するために、解析による実験のシミュレーションを行うことで、既設開削トンネルの安全性検討の確度向上に努めていきたいと考えている。

## 参考文献

- 阪神淡路大震災調査報告編集委員会：第2章 トンネル・地下構造物、阪神淡路大震災調査報告2 土木構造物の被害、土木学会、1996。
- 矢的昭夫・梅原俊夫・青木一二三・中村晋・江崎順一・末富岩雄：兵庫県南部地震による神戸高速鉄道・大開駅の被害とその要因分析、土木学会論文集、No.537/I-35, pp.303-320, 1996。
- 遠藤達巳・青柳征夫・片平冬樹：鉄筋コンクリート製地中構造物への限界状態設計法の適用に関する研究—地盤と構造物との非線形連成実験とその解析—、地震工学研究発表会講演概要、Vol.21, pp.445-448, 1991。
- 大友敬三・末広俊夫・河井正・金谷賢生：鉄筋コンクリート製地中構造物の耐震性能照査法の開発(その1)大型振動台実験に基づく塑性変形評価とその適用、日本地震工学シンポジウム論文集、Vol.11, pp.1097-1102, 2002。
- 石川博之・末広俊夫・金津努・遠藤達巳・松本敏克：鉄筋コンクリート製地中構造物の変形性状と損傷状態に関わる実験的考察、地震工学研究発表会講演論文集、Vol.26-2, pp.885-888, 2001。
- 曾良岡宏・足立正信・本田国保・田中浩一：地中ボックスカルバートの変形性能に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.23, pp.1123-1128, 2001。



(社)日本トンネル技術協会  
国際委員会

## I-70ツイントンネル拡幅プロジェクト の開始が近い

10/17のアメリカのデンバーにおける「影響微少(FONSI: Finding of No Significant Impact)」と判定された環境アセスメントへの署名により、コロラド州 Idaho Springs の I-70 twin トンネル拡幅計画は一步前進した。

Atkins North America 社をリーダーとして Yeh & Associates 社, Parsons Brinckerhoff 社, 請負者である Kraemer & Obayashi JV で構成されるプロジェクトチームは、東行きトンネル拡幅の詳細設計と準備工事の計画中である。

Atkins 社の Ian Gee 氏は、完成に近づいた設計では、幅16mのトンネルを掘削し、鉄筋コンクリート製の永久覆工を施工することになっていると述べた。仮設の支保工は、地山状況によるが、ロックボルトと金網で施工し、脆弱な区間では吹付けコンクリートと鋼製支保工が併用される。設計時の重要な考慮すべき事項は以下のとおりであった。

- ・センターピラーの安定性
  - ・(将来的な)西行きトンネル拡幅への対応
  - ・交通に与える影響の最小化
- 工事は、2012年11月に開始し、2014年の第1四

半期に完成予定である。

トンネル工事の契約に備えて、隣接する川沿いの側道および夜間のトンネル内で、準備工が行われた。最近の工事内容は、西行きトンネルの状況調査、地質調査(ボーリング/反射法弾性波探査)、東行きトンネルの交通の迂回工事である。

1961年に作られた I-70 twin トンネルは、Idaho Springs の1.6km東に位置し、近年では、州を通過する商業・リクリエーションの交通にとって主要な道路となり、ピーク時には深刻な交通渋滞と遅れが見られる。

この交通渋滞の増加による mountain corridor 沿いの安全と将来の成長への不安から、コロラド運輸局(CDOT)は、交通流の改善のための I-70 mountain corridor 沿いの改良事業を計画した。

CDOT は、2011年2月に1週間にわたって、将来のビジョンを決めるための研究会を開催し、これには、主要な利害関係者と計画を進めるための技術専門家が出席した。

最終案は、既設の東行きトンネルを3車線に拡幅し、Idaho Springs から Floyd Hill までの間の車線を追加し、事故が多いカーブを緩和するオプションからなる。

工事の施工性を確保し、交通への影響を最小化するため、US40/CR314(国道40号線/農道314号線)では迂回路が設定される。

CDOT は、環境アセスメントによる事業計画の概念設計の業務を、2011年に Atkins North America 社(ANA)に発注した。Atkins 社は、その後、コンストラクションマネージャー/ゼネコン(CM/GC)の契約におけるリードコンサルタントとしての役割を得た。

(WT '12.12 担当:日向哲明・(株)安藤・間)

## 建設工事の地質診断と処方

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



株式  
会社 **土木工学社**

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

## 地相入門

# トンネル技術者のための地相入門(最終回)

— 座談会 —

「地相入門」連載講座小委員会

【出席者】地相入門連載講座小委員会代表者(司会者以下は50音順)

司会: 大島 洋志	国際航業(株)上席フェロー技術開発センター最高技術顧問 首都大学東京客員教授(本誌編集委員長・本講座委員長)
居相 好信	(株)大林組生産技術本部統括部長
一條 勝	鹿島建設(株)土木管理本部専任役
大津 敏郎	高速道路総合技術研究所道路研究部トンネル専門主幹 (本誌編集委員会委員)
角湯 克典	国土交通省国土技術政策総合研究所環境研究部道路環境研究室長
木谷日出男	国際航業(株)技術開発センター地盤研究室長(本誌編集委員会参与)
佐々木靖人	(独)土木研究所地質地盤研究グループ上席研究員
志岐 寛	清水建設(株)土木技術本部地下空間統括部部長
端 則夫	大成建設(株)土木本部次世代プロジェクト部参与
服部 修一	(独)鉄道・運輸機構鉄道建設本部設計技術部長

司会(大島) 今回の連載は、トンネル十訓という教えの一番目にある「地相は人相 山の性状」を取り上げ、「地相入門」と命名して始めました。できるだけ事例を入れた記述にしようと考え、ゼネコンのトンネルと地形・地質の技術者が組を作り、地形学の権威である鈴木隆介氏のご指導を得つつ執筆するというかたちをとりました。それが功を奏したのか、結構評判が良いみたいです。1年余り続いたこの講座を、代表者による座談会で終えることにしたいと思います。

### 足立貞嘉、渡邊貫と丹那隧道

司会 トンネル十訓元祖の足立貞嘉は丹那隧道着工3年後の大正9年に鉄道省に入っています。その3年後には、渡邊貫ら地質専門家3人が丹那隧道の難航が原因で地質の大事さを痛感した鉄道省の求めに応じて入省しています。渡邊が大著『地質工学』を発表したのが昭和10年、足立のトンネル十訓発表は昭和19年ですから、丹那隧道建設の苦労をもとに、わが国

のトンネル工学や地質工学が発展したといえそうです。

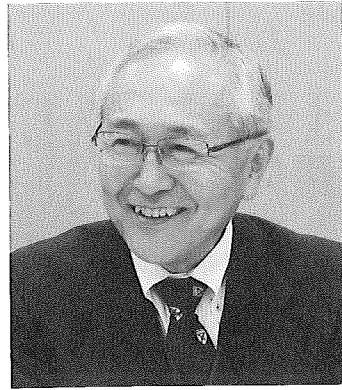
丹那隧道の難工事を題材にした吉村昭の『闇を裂く道』には、熱海方の落盤事故とか函南方の大量湧水のことが書かれています。しかし、それが地上部のどこで発生した事故・現象であるかに関する記述はありません。

前者は熱海梅園直下付近、後者に関しては最大の湧水があったのは下丹那という環状凹地付近なのですが、当時は精度の良い地図がなかったからだろうと思っていましたが、実は2.5万分の1の立派な地図がありました。どうも、当時のトンネル技術者は上部の地形にはあまり注意を払っていなかった

### 地相は人相 山の性状って何?

司会 前置きが長くなりましたが、本企画に参加される前後で、地相は人相 山の性状(人間に人相や表情があり、それによってある程度人の性格や体質がわかるように、山にも山の相、すなわち地相があって、よく観れば山の性質がわかるから、まず地相をもとに山の性状を慎重に診断するのが良い!)という教えに対する印象に何か変化がありましたか?

大津 私は立場上、施工に苦勞している現場の対応や難工事が予想されるトンネルの設計・施工法の検討に加わる機会が多いのです



大島洋志 氏

が、ほとんどが地質調査結果をもとに作成される地質縦断図を見ながらの議論に終始しています。恥ずかしながら、平面図や航空写真を見ながら、地相を見る観点が出ていました。自分は土木技術者であり地質はわからないからと、蓋をしていたと感じています。思い起こせば、地質調査を担当していた若いころ、地質調査会社の方から地形の判読結果も合わせて説明を受けていましたが、設計段階では弾性波速度やボーリング調査結果だけに目が行きがちになり、機械的な設計に陥っていたような気がします。地相・地形も合わせて見ていれば、もう少し良い設計ができていたのではと思当たる現場もあります。自らも含めて現場の技術者にもこのことを伝えていく必要性を感じています。

端 私はこれまでの三十数年にわたるトンネル人生で、主に中硬岩地山の山岳トンネルや地下発電所を施工してきましたが、最後に所長を勤めたのは都市部山岳トンネルの現場でした。これらの経験を通じて、中硬岩地山のトンネルの場合では、とくに坑口付けや小

土かぶり区間の施工に注意を要する 경우가多く、適切な坑口付けを行わないと「手痛いしっぺ返しを受ける」。一方、都市部山岳トンネルの現場では、地下水の問題や地表面沈下など、周辺の社会環境に対する配慮が重要であるということを感じました。

一般の山岳トンネルにおいては、崖錐・沖積錐・段丘などの非固結堆積物や、地すべり・断層破碎帯などが重要な地形・地質ですが、坑口部の不安定化をもたらすこれらの地山不良箇所に対し、当時は坑口部のボーリングデータや踏査のみで検討を行ってききました。しかし、今回の連載を通じて、事前に「地相」という切り口で検討を行えば、かなりのレベルまで「地相」の判読や把握が可能であるということを知りました。今さらながらこのことを当時知っておれば、より良い施工ができたのではないかと反省した次第です。

一條 私がトンネル工事とかかわりを持つようになったのは今から三十数年前、本店の管理部門に転勤になったときからです。社内に地形や地質に詳しい先輩がいて、トンネルの計画、もしくは着工段階でトンネルの地形図、航空写真、地質縦断図を見ながら坑口は地すべり地形とか、この位置にリニアメントがあるから断層に注意するよう等々、指摘指導を受けました。恥ずかしながら当時私は「どうしてわかるのだろう？」と正直疑問に思っていました。しかし、実際工事が始まると指摘事項がそのとおりになることが多く、トンネル

工事の分野こそ、地形・地質を知ることが重要であると認識し、勉強しなければと痛感したものです。その後、現場に出ることになったのですが、現場ではどうしても工事の効率化に目が向いてしまい、また地形・地質の課題もその現場限りのものとなってしまいました。今回、私が担当した部分のごく一部ですが、こういう機会を与えていただいたお陰で当時を振り返ると同時に、この連載がトンネル工事従事者、次代を担っていく技術者にとっていかに大切なことを再認識しました。

角湯 私は問題やトラブルに見舞われたトンネルについてその対処などをいかにするかを指導する立場にいましたが、即断即決が求められる場合もしばしばあり、トラブルなどの状況から原因を推定し、対策やその必要性などを判断していました。

今考えると少し力(支保構造)と技(補助工法)に頼りすぎていたところもあり、この教えにもとづけばもう少し合理的な判断ができたかと思っています。また、一方で、この教えが広く理解されていれば、私どもが現場に出向かなくてもよかった場合もあろうかと思えますので、計画・設計をする技術者がこの教えを十分理解し、実践することこそが最重要ではないかと強く認識しました。

志岐 恥ずかしながら知りませんでした。施工に従事する立場からいうと、地相を見てトンネルの路線選定に活かそうという発想は持っておらず、実際の切羽を見て

### 地形・地質情報をもった地名に注意しよう

司会 私は連載の初めに地形・地質情報をもった地名のことを紹介しました。その後もいろいろな地名が取り上げられていましたが、トンネル工事とのかかわりで興味ある地名はありませんか。

大津 九州縦貫道の肥後トンネルの終点近くには「水無」という地名があります。坑内に鍾乳洞がでてくるなど、突発湧水や多量湧水で苦労しました。神奈川県秦野市の水無川は、名のとおり伏流して水が流れていないのですが、秦野市は地下水源が豊富なところとして有名です。「水無」の地名の地下は水が豊富ということです。また、先輩から、「金剛(山)」と名のつくトンネルはなぜか湧水量が多いと、聞いたことがありますね。また、「不動(山)」という名のつくトンネルは、良い地山であることが多いようです。東海北陸自動車道の飛騨トンネルは粉糠山を貫いて苦労しています。地元では掘ってもぬかる粉の山と言われていたようです。名は体を表すといいますが、まさにそのとおりだと思います。

端 連載で担当した上越新幹線第三大沢トンネルの近くに地すべりによる大規模な滑落崖と窪地があります。その窪地が「粉糠」というのは妙に納得しました。近くの見附市にも粉糠の地名があり、近傍の素掘り隧道は崩落して、なごらく通行不可のままのようです。

佐々木 大分県南西部には、前・



服部修一 氏

いかに適切な判断を下すかに重きを置いていたというのが実態です。自分で施工してきたトンネルを振り返っても、断層の想定位置が大きくずれていたり、想定された断層が出現しなかったり、逆に想定していない断層が突然出てきたという経験から、物理探査をしても断層の位置を適切に予想することは困難だという認識でしたので、地形を見ただけで山の性質の見当がつくとは想像できませんでした。

居相 私は現場と常設の技術部門を出入りし、技術部門では現場のトラブル対策支援も業務の一つですので、地形図や現地踏査から坑口部の地すべり地形などを判読する程度は実施していました。ただ、地形学の観点からここまで系統立てて、地形図から地形種、地質がわかるとは認識していませんでした。事前地質調査の内容や量に限界があるなか、地形図から問題地形・地質の把握が有効と再認識しました。

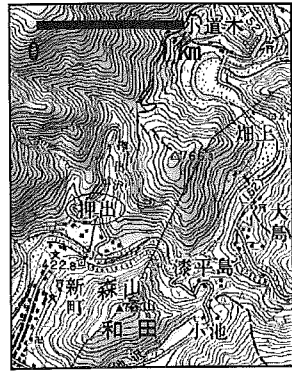
佐々木 私は、地質を専門としており、このような教えを現場で指導・実践していく立場にあるのですが、残念ながら道路関係では、

路線計画時点で私の部署に相談が来ることがほとんどなく、困ってから来ることがほとんどです。これは自分の実力不足もあるのですが、このような教えが、きちんと事業のシステムに組み込まれていないことが問題だと思うのです。例えば、路線計画段階から必ず「地形判読図」などを作成・更新して常に「地相」を見ること、そして「山の性質」を整理することを義務化することが重要だと実感しました。

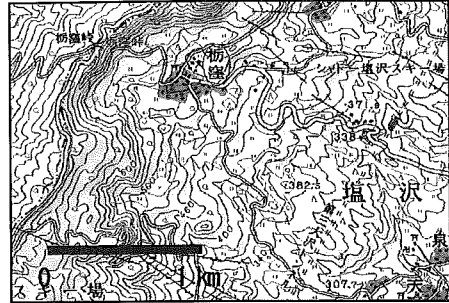
服部 わが国のトンネル技術発展の歴史をみますと、映画『黒部の太陽』に代表されるように、日本人が持つ素晴らしい技術力と精神力があったればこそ、未知の自然(想像を絶する不良地山)を悪戦苦闘しながらも突破できた!といった具合に、トンネル技術を賞賛するかたちで自分らの計画ミス置き換えている面があると思います。

司会 渡邊の本には、丹那隧道が難航しているとき、欧米の技術者達から「工事着手前にいかに地質調査に重きを置かざるを事例をあげて報告され、最後に丹那隧道の難工事は日本の地質学者の無能と当局がボーリングの必要を認めなかった怠慢の結果であり、日本人がいかに驚くべき大胆さを持ち合わせているかを知る。」との非難があったという紹介がありますが、少しは謙虚にならなければならないのも事実だと思います。

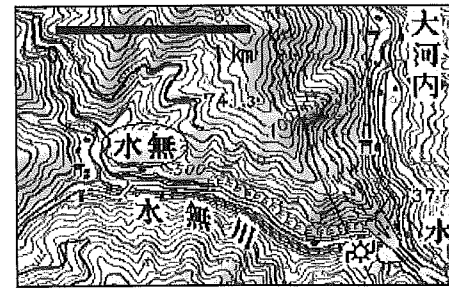
こういう大変な経験をしたからこそ、渡邊の『地質工学』や足立の「トンネル十訓」が生まれたと考れば納得できそうです。



押出



栃窪



水無



丸岩



北側の吾妻川から見た丸岩

地形・地質的信息をもつ地名例

中・上津江という村がありますが、この「津江」の語源は「クエ」、つまり崩壊の意味だという説もあるようです。確かに火山岩などからなる急峻で、大規模な崩壊の多い地域でした。

また、長野県の南信濃村の中央構造線がある付近に「押出」という地名があります。近くの押出沢は、いかにも土石流などの土砂災害が結構ありそうな感じがしますね。そういえば、浅間の鬼押出岩も類似の地名といえますかね？

木谷 直接トンネル工事には関係ありませんが、吾妻線の長野原草津口駅の手前、南側に「丸岩」と呼ばれる奇妙な円筒状の山が見えます。尾根状の山の3方向の斜面は100mくらいの切り立った直崖で、鉛直方向の柱状節理が発達し、裾には崖錐が広く分布しています。この地区一帯は横壁と呼ばれ、それぞれ、割れ目の発達や崩落の頻発が作った特異な急傾斜地形が地名になった例だと思います。一條 岩手県には鳥越という地

名があります。地すべり地帯のために、夜、鳥もその場所では休まないと言われ、そのような名前がついたそうです。事実、周辺は地すべり地形で地すべり対策として施工された抑止杭のり面に数多く見受けられます。

司会 事例を挙げていくと切りがないですね。地名にも注意を払いつつ地形図持参で現場を歩けば、工事の参考になる情報を発見できるかもしれないという結論にして、次の話題に移りましょう。

トンネルセンターを歩こう

司会 私の鉄道地質の先輩である高橋彦治氏は、せめてトンネルセンターだけは歩こうと主張しておられました。この点について何かご意見ございませんか？

一條 私もトンネルルート上を歩いて現地踏査を必ず行うよう諸先輩から指導されました。地形図を持ち直接トンネルルートを踏査することで、地形、地質、露頭、河川など新たな状況を把握でき、図上ではわからない地質の問題、水の問題、坑口付近の小規模な地すべり地形、崖錐、湧水など施工上の問題点に関し、必ず得るものがありました。現地踏査は、今回の地相入門の原点だと思います。

木谷 地形・地質調査技術が今ほど発達していなかった時代の方々は、とにかく現地を広域に歩いて、全体を把握したうえで、ここが良いという具合に路線を決定されていました。したがって、今考えても、結構素晴らしい路線が選ばれていることが多いと思います。と

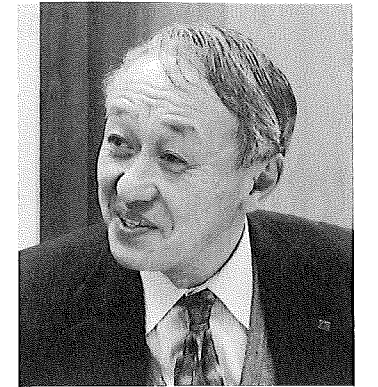
ころが、現在は、山を歩きもしないで、図上で安易に決めているのではないかと。だから、時々予想もしなかったような事態に陥ることがあるのだと思います。路線が発表になってから現地を確認に行ったら、坑口付近が断崖絶壁に位置していることが判明したという事例があります。路線選定の担当者が現地も確認せずに選定したということ、さらに地形図をしっかりと見れば、気づいていたはずの崖を見落としたということになります。そういう失敗をしないためにも、高橋さんのおっしゃっていることは基本中の基本であり、さらに地形図から現地の地形を想像できる能力を持った人にそういった仕事を担当させなければならぬということになると思います。

服部 現場の技術者にトンネルの途中で最小の土かぶりとなる場所の案内を頼んだら、行ったことがないので案内できないと言われたことがあります。また、別のトンネルで天端のロックボルト孔を削孔していたら水と一緒にイワナが飛び出してきたという笑話のようなことを聞いたこともあります。航空測量で図化された地図の場合、樹木に覆われている場所の地盤標高精度は悪いことがあるので、心配な箇所は実測で確認しておくべきです。これらの例のように、担当者が現場を実際に確認していないのでは、と思われることが間々あります。

このようなときに、「せめて決めた路線に沿って山を歩き、問題点を把握しておく必要がある」、

ということを理解してもらいたいと思います。高橋さんが言いたかったのはそういうことだと思います。角湯 地形図からの地形を想像できる能力という点では、沢の横断部でトンネルは顔を出すのか、下を通過するのか？ 下を通過する場合に土かぶりはどの程度あるのか？ 偏圧地形部分では左右の土かぶりの程度がどう変わるのか？ なども、地形図を見ながら判断していく慎重さが求められるのではないかと思います。

端 若いころに、今はすでに退職された先代クラスの所長さん達から、しばしば「自ら担当するトンネルのセンターを歩いて、施工時に注意すべき点や事前に手当をしないといけない箇所を考えたものだ」という話を聞かされました。しかし、最近のGPSを利用した測量技術の進歩とともに、実際にトンネルセンターを歩くということは、きわめて少なくなっているのが現状です。われわれトンネル屋は、補助工法などの発達に支えられ、トンネル切羽での現象のみにとらわれ、問題のある切羽に遭遇して初めて手当を考えるというように、ある面思い上がった状況になっていると思われれます。初心にかえって、事前に地形図や航空写真を手にトンネルセンターを歩くことにより、地表に現れている地すべりの発生や崖錐層の発達している箇所が発見できたり、リニアメントが見て取れたりするのではないか、また、それらの状況を把握することにより不良地山の分布位置と程度が把握できたりする



端 則夫 氏

のではないかと反省しました。

志岐 言い訳かもしれませんが、某市の市街地に近いところでトンネルを掘っているときに、誤って民地に測量杭を打ったところ、地主さんから大変なお叱りを受け、慰謝料を払って解決した事例がありました。それからは誰の土地かわからないところへ立ち入ることに慎重になりました。また、最近では多くの工事で発注者より、キノコなどを採りに入ったのではと地元の人から誤解を受けないように、決して山に立ち入らないよう指導を受けた経験があります。このような社会の変化が、トンネルのセンターを歩きにくくしている側面もあるように感じます。

居相 若いころ、山越えのセンター測量で命の次に大切なトランシットを抱えながらの沢越えで、ガレ場で転倒してヒヤッとしながら、この下にトンネルを掘るのか、土かぶりはどのくらいだろうと不安に思ったことを思い出します。経験を積むにつれ、余裕を持って地形や露頭を見られるようになりましたが、地形図を持って歩くと言う認識はなかったです。GNSS



角湯克典 氏

測量が普通になって、歩くことは少なくなっています。地質調査時の地表地質踏査図(意外と入手できないですが)を持って歩くことが必要で、これがトンネル技術者のスキルアップにつながると思います。

**佐々木** 山をきちんと歩けば地形判読図や地質図の質も格段に向上しますが、どのくらい歩くべきかについては、明確な規定がなく、真面目な人ほど損をするようになっているのが問題だと思います。調査成果としてのルートマップも必ずしも義務化されているとは言えません。歩くべきポイントや量を明確化すること、きちんと歩いた証拠を残すこと、などを規定して、真面目な人が評価されるシステムを作るべきだと思います。

**司会** 私が国鉄に入って間もなく、山陽新幹線六甲トンネルの現場長を拝命された桜井三男さんは、これから掘ることになる六甲の山に何度も行かれて、そこにある大断層を自ら確認しておられました。私も何度か同行したことがありますが、高橋さんが言っておられたのはこういう姿勢だったのだろう

と思います。

### 地形・地質への認識が低い？

**司会** 多くのトンネル技術委員会に出席して思うことの一つに、トンネル全体の地形・地質をイメージできる資料が少ないということがあります。地質縦断面図のみ、たまに平面図が付いていたとしてもセンターを挟んだ細長い帯状のものしかないことが多いという事実からして、一般的なレベルでは、地形・地質を把握することの大切さは、トンネル技術屋に十分に浸透していないのが実態であると思っておりますが、いかがでしょう。

**大津** 今の設計の考え方が、弾性波探査と少しのボーリング調査結果にもとづくものが主となっており、どうしても縦断面方向の2次元的思考に偏ってしまいがちです。また、NEXCOのほとんどの技術屋が土木系ということもあり、そういった見方が養われてこなかったことも一因としてあります。これらをどうやって補っていくかを考えなければならぬと感じています。いくつかの難しい現場では、工事着工前に、地質調査会社、設計会社、施工業者の3者を集めて、現場の問題点を事前に議論するような取組みも見られますので、このような機会を多く設けていくことが必要と思っております。

**角湯** おっしゃられるとおり、確かに地形・地質を面的に把握するうえでは十分な資料が準備されているとは言いがたい面があるかもしれませんが、発注側の立場から申し上げますと、インハウスエンジ

ニアだけでは手に負えないような技術的に難度の高い案件について委員会を設置するわけで、技術的助言を求めている技術者が地形・地質の広域的な把握の重要性を必ずしも十分理解せずに、トンネルを掘削するという点からは地質縦断面図があれば十分と考えていることもあるのではないかと考えています。地相の把握により、トンネルのおかれている位置を正確に理解し、トンネルをより合理的・効率的に掘削できるということに関係者全員が再度認識する必要があるかと思っております。

**服部** 新幹線や高速道路のトンネルで100mを超える土かぶりの箇所では地表陥没を起こすような崩落事故がありました。

青函トンネルの海底までの最小土かぶりが100mです。もし青函でそんなことがあったら工事続行不可能であったと思います。そうならなかったのは、注入や先進ボーリングの技術が大きいです。調査段階できわめて詳細な地形・地質情報が得られていたことも大きな貢献をしたと思います。例えば、幅7kmの範囲で2万分の1縮尺の2mコンターの詳細な海底地形図が昭和31年にでき、その後の地質調査のベースとなったと記録にあります。

皮肉な言い方ですが、一般のトンネルは、青函というもっとも地質調査困難なトンネルよりも乏しい地質情報のもとで掘削しているといえます。

**一條** 地形・地質を把握することは工事を進めるうえで非常に重

要なことで、委員会に出される地質資料として地質縦断面図のみでは情報がかなり限られたものになると思います。委員会に出られる先生方は全国のそういったトンネル工事に多数かかわっているの地質縦断面図を見ればだいたい問題を抱えるのではと発注者側が錯覚してしまうところがあるかもしれません。

そういった意味合いも含めて周辺の地形図・広域の地質図はもちろん、過去の類似工事、近傍のトンネル工事の実績などは良い参考資料になると思います。とくに堆積岩・変成岩地域では全体の地質構造がわかるような地質図がないとトンネルで実際に発生する現象を理解できないことがあります。

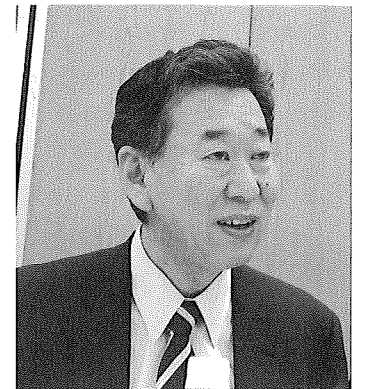
**志岐** 地相から山の性質が読めるとは思っていませんでした。地相について気にしていたのはほとんど坑口付近のみで、坑口斜面の等高線や露出している地山の状況、崖錐の堆積状況や地すべりの有無程度は気にしていましたが、坑口部以外では極端に土かぶりの小さいところを気にしていた程度で、小土かぶり部の土かぶり厚と地表面の傾斜がわかる範囲の広さがあれば用は足りると思っております。広い範囲の平面図が必要だとの認識はありませんでした。

**端** トンネル工事に着手する前にまず考えるのは、施工箇所がどのような地質かということです。そのとき参考とするのが発注図面に記載されている「想定地山縦断面図」です。岩種、地山弾性波速度、湧水状況、地山等級などを精読す

ることは必ず行いますが、添付されている地質平面図にはあまり関心がないのが現状です。

また、施工計画を作成するうえで、必ず前段部分に記載するのは「当該地区の地形・地質の概要」ですが、その内容は、事前調査でコンサルタントさんが作成された部分をただ転用しているのが現状だと思います。地質に関しては、トンネル切羽と直結しており、設計変更も重大な要素となるため、大いに関心はあります。しかし、地形に関しては、多くのトンネル屋さんもそうだと思いますが私自身もあまり関心をもちませんでした。しかし、今回この企画に参加して、施工業者にとって「地相」は、工事を「早く」「安く」「安全に」進めるうえでも、事前の想定地質との相違があった場合の説明・説得のうえでも、非常に重要な因子であるということ、改めて実感することができました。

**居相** 私はトンネル技術者の地形・地質の認識がそれほど低いとは思いません。社内の中堅技術者研修で、現場に地質調査報告書と詳細設計報告書はあるか？ 読んだか？ と聞いたところ、ほとんどが読んだという回答でホッとした経験があります。ただ、地質調査報告書には地形図から読んだ所見はほとんど見当たらないのが現状です。ゼネコンはトンネルをいかに巧に掘るか、設計された施工法や支保構造がどのような根拠、地形・地質構造をもとに決められたかを理解することがスタートと思います。その確かさにも思いを



居相好信 氏

めぐらせて施工計画を立てます。掘ってみなければわからないけれども、切羽状況や計測結果を見ながら最適解を見出す、という意識はあります。しかし、それだけでは場当たりの対応になりかねませんから、このような要請を背景に、最近では進歩してきた切羽前方探査技術を多用するようにしています。

### 地相を観る・読むことの意味

**司会** 議論が核心に入ってきましたが、地相を観る・読むことの意味づけをどう考えるか？ あるいは、それは特殊な技術か？ という観点からご意見を下さい。

**木谷** これは単に地形を眺めるということではなく、自然が創った造形から、そこに働いた作用や要因、そのプロセスを読み解くことだと思います。もちろん、さまざまな地形種を地形図から読み解くことは簡単ではありませんが、一方で地形図は工事計画段階からのもっとも基本的でわれわれに馴染み深い資料であり、技術的な個人差もありますが、できるだけ活用してもらいたいと思います。そ



佐々木靖人 氏

のような考えから、今回の連載講座では地形学の専門知識の解説ではなく、トンネル工事にかかわりの深い主な地形種ごとに地形に関する基礎的な知識や工事とのかかわりを事例により示すことで経験的な知識を共有していただくことを目的としました。

また、地相を観る・読むことはトンネル掘削に臨むための対象を見定める、あるいは課題を推察するという点でトンネル路線選定の重要な柱の一つとすべき技術だと思っています。

一條 受注側にとっては、地形・地質をよく知ることは施工時でも大切なことだと思います。また、発注側と受注側が共通の認識を持つことがトンネル工事を円滑に進めるうえでのポイントになると思います。

#### 今回の連載講座はなぜ必要？

司会 切口を変えた質問になりますが、今なぜこういったことが重要であると考えられますか？

服部 今回の連載が始まる前に調べたら、初代の土木学会トンネル標準示方書(昭和39年版)には詳

細な地形上の問題が記述されていました。それが、なぜか次の版からは消滅しています。当時は吹付け・ロックボルト・先受けなどがない時代ですから、地質の良し悪しが大変重要だったからでしょう。逆にそういった技術が発達したため、地形・地質に注意を向けなくなってしまったともいえます。

木谷 先ほどの初期の土木学会標準示方書に地形の情報が多く記述されている事実などは、先人がトンネル技術の導入以降の経験や技術の蓄積を進めてきた歴史的財産と言うべきものだと思います。例えば、今より路線選定の自由度が高かったとは思いますが、昔のトンネルにはさまざまに検討・工夫を凝らした、「さすが」という選定をした例が多いように思います。もっとも、たまに、どうして？と思えるような路線もあり、それについては渡邊貫氏が著書の中で一刀両断されていますけど。

本来なら、われわれは自らの経験を含めてこれらの技術を伝承すべきであると思います。ところが、現実には過去の失敗事例を省みることなく、本来なら避けられたはずの失敗をくり返している施工例が散見されることは、大変残念に思います。これは、地相を観る・読むという技術が、経験的・定性的であるために、ややもするとおざりにされている現状があるのではないのでしょうか。

角湯 日本のトンネル技術は多種多様な地山を掘削することによりここ20年程度で大幅な進歩を遂げたこともあり、技術で困難を克

服できるという考えが多数を占めました。それが、なぜか次の版からは消滅しています。当時は吹付け・ロックボルト・先受けなどがない時代ですから、地質の良し悪しが大変重要だったからでしょう。逆にそういった技術が発達したため、地形・地質に注意を向けなくなってしまったともいえます。

志岐 質問の趣旨から少し外れますが、交通手段としてのトンネルの場合は人の利便性が重要で、駅とかインターは町からあまり離れられませんので立地に制約が多くて、路線選定も難しい面が多いと思います。一方、代替エネルギーの議論の中で検討が進められているガスパイプラインの全国ネットワーク化では比較的その制約が少ないのではないかと思います。その点で、このプロジェクトでは路線選定技術が従来以上に活かされる可能性があるのではないのでしょうか。

居相 7～8年前に土木学会の事前調査・事前設計検討WGに参画し、ライブラリーを発行しました。背景は当初設計と実施に乖離が多い、結果、工事費が増大、トンネル技術者はその説明責任を果たせていないのでは？ などでした。私は、このWGの成果は、工事中の大きなトラブル、例えば突発湧水や地表面陥没などを回避するための調査や設計のあり方の一助になると考えていました。しかし、地形図から地相を読み、山の性状

を知るという視点では考えませんでした。この連載講座は計画から施工段階で大きなトラブルを回避する、できるという意味があります。設計段階でどこまで見込むかと言う課題はありますが、施工者として、その可能性やリスクを認識する、しないは大きな差です。

佐々木 笹子トンネルの事故は構造物の問題ですが、老朽化と地山の風化によって発生したと推定される災害も起きています。トンネル貫通後、長い期間にわたって地すべり的な変状が生じ、維持管理が大変となっている例などもあります。建設時だけでなく維持管理の長い期間も含めて、できるだけ安全で経済的な構造物を作るという長い目の視点が今求められていると思います。

#### 「目から鱗」と感じたこと

司会 ゼネコン委員の方々は、地相を観る・読む技術は施工の段階でも使えることを、執筆を通じて痛感されたようですが、その中から「目から鱗」みたいに感じられた事例を個々に一つでも紹介していただけませんか。

一條 私は、火山地形を担当しました。丹那、中山、安房トンネルなどいずれも多量の湧水で苦労したトンネルです。火山地形で湧水が多い理由、また、旧谷地形に火山噴出物が堆積し被圧水を大量に貯留している事例など調べることで新鮮な発見、なるほどと納得したこともあり、良い勉強をしました。これらの知識が増えることにより火山地形でのトンネル工事

の問題点の把握と予測、予防につながっていくものと考えます。

端 私は地名に関心を持つことや地元の古老の方々の聞き取りが重要だと担当の号で記しましたが、その経験をお話します。

2車線道路トンネルを坑口から1kmほど掘進したところ、突然、異常な内空変位を生じ、トンネル断面を通過するような地すべり挙動に見舞われました。そのため、早期の断面閉合・補強ボルトの打設・水抜きボーリングや水抜き導坑の実施・本坑断面の縫返しと補強した覆工の打設などを行うという対応に苦慮したことがあります。この区間は恒久対策として、後日押え盛土も施工しました。

対策工が一段落した後、改めて現地の地形図を眺めてみますと、地形と土かぶり厚さを考慮すれば偏圧が想定される箇所であることが判明しました。また、大縮尺の地形図を見ますと、なるほど、こらが地すべり範囲なのかな？ということが何となくわかりましたが、これを事前に判読するという事は、かなり難しいことだと実感しました。

地元の古老に話を伺ったところ、「あなたたちがトンネルを掘っている山は地すべりをしょっちゅう起こしている場所だよ。だから、トンネルのすぐ下をすでに通っている鉄道はトンネルにせず橋梁で通過しているのだよ」と教えていただいたことがあります。まさしく地元の方々が「山の相」に精通していた事例といえます。ちなみに、防災科学技術研究所の地す



志岐 寛 氏

べり地形分布図を見ると、この場所の周辺を含めて何も記されていませんでした。

志岐 私のかかわった部分で言いますと、マスマーブメントの法花トンネルの事例で、施工者として見ていた平面の範囲が狭く、その平面の外側にあった地すべり滑落崖などの地相を見落としして苦労したことがありました。正しく地相から山の性質が読めるという認識を持っておれば、もしかしたらせずに済んだ苦労だったかも知れません。

居相 多くの事例を知り、路線選定段階で回避した事例は当時の技術者レベルの高さ、上越新幹線中山トンネルの多くのトラブル発生後にルート修正をした決断力、施工事例であのトラブルの地形・地質的な原因はこうだったのかと再認識しました。担当の断層では、蘇武トンネルの突発湧水・土砂流出によるトラブル、対策工検討に5か月、残りの478mに8か月を要した事例が鮮烈です。広域の地形図からリスクを評価できていれば、事前に対処方法があったかもしれませんが、既定の路線を前提



木谷日出男 氏

にすると、わかっていてもかなりの難工事であったらうと今でも考えます。その意味で、路線選定の重要性は痛感します。

### 路線選定段階の調査がより重要である

**司会** 私は、地形・地質の知恵は主に路線選定の段階で活用すべきであるとの考えでこれまでの仕事に従事してきましたが、必ずしも地形や地質にも配慮した路線選定がなされているとは言い難い事例が多々あるように思います。私が国鉄の大先輩である高坂さんから伺った話として有名なものに、上越新幹線の榛名・中山トンネルの事例があります。「僕はね、榛名は掘るな、中山は馬鹿山と呼んでいるよ、ああいう路線選定は絶対にしてはならないね！」と言われたものです。事例として簡単には取り上げにくい話題かと思いますが、いかがでしょうか？

**大津** 事例といえますか、私は、道路公団時代の九州縦貫自動車道の計画に従事された先輩から、「鉄道が先行した部分に、後から道路を計画する場合に感じるのは、

鉄道は良く考えて路線を選んでいくということだ。用地に余裕がない部分ではどうしても鉄道と反対側を通さざるを得なくなるのだが、決まってそちら側は流れ盤になっていて、斜面問題で苦労した」と伺いました。連載で取り上げられた流れ盤、受け盤が地形図をよく見れば判読できるとわかって勉強になりましたが、そういう知識はなかったのではと思われる先人達は、実は現在以上に何か五感的なものをもって仕事に臨んでおられたのかもと、敬意を表したい思いになります。

トンネルの路線選定から工事に至る過程で、失敗事例や反省材料は数多くあると思います。今の時代それらのことを公表しにくい雰囲気はあると思いますが、この失敗事例を積み重ねることによってトンネルの地形学の精度の向上につながるものと思います。

**角湯** 過去に地質上の問題やトラブルに遭遇したトンネルについて回避可能性を調査したことがあります。現場技術者が地質上の問題点などを把握していなかった事例はほとんどなく、路線の選定上やむを得ずそうしたという例がほとんどでした。バイパスのトンネルなどに多く見られたのですが、起終点が決まっている道路ではやむを得ない事情もあったのではないかと思います。ただ、もう少し工夫をすれば問題の質が理解できておれば問題を軽減できたのではないかと考えさせられるものもあり、事例を蓄積していくことの重要性を認識しました。

**服部** とくに新幹線の場合は、最小曲線半径が大きいので路線選定の自由度が小さいことからどうしても良くないところにルートを引きざるを得ない場合があります。また、雪害対策や集落の有無、河川横断などの条件から、トンネルにとっての最適ルートが路線全体の最適ルートとは限らない。しかし、わざわざこんな悪いところを選ぶ必要はないだろうとすることがあります。例えば、国土地理院の地形図ではわからないけれど、大縮尺の航空測量図で、小さいが明らかな地すべり地形とわかる斜面の真々中に坑口が付いていることがありました。

**木谷** 地形・地質的に必ずしも最善の策が取れないことも多いと思います。そんな場合には、最善でなくても良いから次善、次次善の路線を選べればそれがトータルとしては最善になるという考えが必要だと思います。難しさの程度がある程度予測できた中で、十分に心配しつつ慎重に工事を進めるのであれば、案外、難工事とならない事例が多いと思います。

**司会** 「新トンネル十訓」の齊藤徹氏のトンネル工学は輸送工学であるという教えと、孫子の兵法というか、Risk Managementの立場とを併せ、総合的に地相を見る必要があると思いますね。

### 問題解決のための取組姿勢は？ トンネル技術者と地形・地質 技術者の融和が必要

**司会** 最後に、この種の問題を解決するには具体的にどう取組ん

だら良いか？ に関し、お考えをお聞かせいただけますか。

**木谷** 重要な課題の一つに、発注者側の知識や認識不足があるように思います。地相を読むことの大切さは、第一に路線選定の段階での活用であり、この段階で工事の難易がほぼ決まってしまうことを考えれば、発注者側はもっとこの技術を修得したうえで計画を行うことが望まれます。また、技術の継承という点では、国内外を問わず、日本のトンネル技術の重要な財産として施工事例とともに系統的に整理することが重要です。

**一條** 今回の企画に携わって感じたことは、例えば約80年前にまとめられた丹那隧道の工事誌は今でも立派な価値ある文献であるということです。工事で発生した地形・地質上の問題が赤裸々にかつ克明に記載されており、トンネル工学の貴重な資料となっております。次世代に伝えていくためには現在進めている工事をこのような工事誌の形にして残していく必要があると思います。

**端** 今回の企画に参加して、改めてトンネル掘削における「地相」の重要性、「地相」から得られる情報の多さに気付きました。正に目から鱗の体験でした。

わが社も、少人数ながら地質を専門とする職員は採用しており、さまざまな現場で活躍していますが、地形の専門家の採用は皆無と言えます。一般的な土木構造物、とくにトンネルの調査関係で、地形屋さん活躍している場面というのは少なく、地質屋さんが兼務



一條 勝 氏

**服部** 土木学科で地形図の読み方を教えるところは少ないようです。一方、地質学の専門家にも問題があります。昨今の活断層論争を見ても感じるのですが、単に理学としての地形・地質の知識のウンチクを語るだけでは駄目だと思います。世の中、そういった実学を知らない学者や技術者もどきが結構いて、評論的に物言っていますが、実務的にはほとんど役に立ちません。「トンネルによって地下水位が低下して地すべりを誘発する」とか「トンネル掘削機の振動で上部の地盤が液化化する」とか言った地質学者がいます。地質学科も土質力学の初歩ぐらいは教えるべきだと思います。

トンネル屋が悩んでいる、あるいは気がついていないことに対し、その設計や施工に対する助言ができなければならないので、地形・地質を専門とする者も実務的、工学的な素養を持って臨まなければ良い助言はできないということですか。

**角湯** 私の立場から、制度や仕組みといった面からお話させていただきます。私の現在の職務の一

して地形的なコメントを作成しているのが実情だと思います。今後は、この「地相」を見る目を持った発注者、設計者および施工者の育成が急務ではないでしょうか。また、代表的な地形種に対し、是非とも鈴木先生や他の先生方から地形種の見方を教えていただく講習会(ステップアップ研修会など)のようなものを開催していただけないでしょうか？ トンネルに従事する中堅から若手に是非とも受講させたいと思います。このような勉強会を通じて「地相」を見る目を持ったトンネル技術者の育成を図り、その数を増やしていくことが、トンネル技術者の資質の向上、ひいては日本のトンネル技術全体のボトムアップが図れるのでは？ と思っております。

**志岐** 主に施工に携わる技術者の立場から言うと、路線選定などの計画段階から関与する機会が少ないため地相に関心を持つことが少ないことは否めませんが、トンネルの施工前には近くで施工されたトンネルの施工実績は気になるものです。今回の事例のような施工時のトラブルと地相との関係がデータベース化されて手軽に閲覧できるようになれば、工事に着手する前に行きに行くようになると思います。そうする過程で地相を読む技術の重要性を実感し、興味を持つようになると思います。

どこか公的な機関で全国の施工済みトンネルの地相とその施工への影響を事例として収集し、データベース化して公開できれば非常に有益だろうと思います。



大津敏郎 氏

つに環境影響評価に関する調査研究というのがあるのですが、地形・地質についてもこれと似たような仕組みができないかと思っています。つまり、現在のように路線が決まってから施工するうえでの地形・地質上の問題点を詳細に把握するより、もう少し事前段階、つまり路線検討や選定の段階で地形や地質の専門家に積極的に加わってもらい、地形・地質アセスメントのような仕組みができるのではないかと考えています。

佐々木 同感です。個人の技術・資質だけに依存するよりも、必要な情報は、きちんとした制度や仕組みを作っても取得すべきです。発注者側の指針類をそのように変えるというのも一方策ですが、例えば受注者側の地質調査報告書などについても、必ず、地形・地質リスクについて明示することとするなど、業界全体として、この教えを実務上の標準にしていけることが重要だと思います。

また制度といえば、全地連(全国地質調査業協会連合会)で応用

地形判読士制度が発足しました。このような資格制度によって、成果品の品質を確保し、発注者側もこのような資格を持つ技術者、会社を活用する仕組みが必要です。とりわけ近年は、航空レーザー測量などの技術の進歩によって、地形から得られる情報は格段に精緻になっていますので、重要なトンネルでは詳細な地形情報を発注者側もきちんと整備し、受注者側もそれを正しく読み解いて使う体系が必要ですね。

居相 地質調査会社、設計会社、施工会社の情報共有の場がない、業務が分離しているのも課題と考えます。私が経験した現場で、地質調査結果が納得できないのと、若い社員の勉強も兼ねて、調査会社の方を現場に招いて勉強会をしました。そこで、初めて地質調査技術者の結果に対する本意と何がわからないかを明確にすることができました。施工中にはトラブルも多かったですが、調査技術者が早朝から切羽を見て、調査結果と何が違うのかを検討してもらったのが印象的です。結果、地形改変でわからなかった多くの断層の存在が、古い米軍の空中写真でわかったのです。発注者を含めた4者の情報共有や違う分野の技術者が議論し、情報を共有する場をきちんと設けて、地形図から地相、山の性状を読むことの重要性をお互いに認識することが必要と考えます。

大津 高速道路事業ではトンネル施工現場も少なくなり、トンネ

ル技術者が育たない悩みがあります。若い技術者を対象に、トンネル研修を実施していますが、今回の連載のエキスを活用した地形・地質に関する講義を1コマ設ける必要性を感じています。また、地形・地質について、施工者と一緒になって考えていくようなシステムの確立も必要だと思います。

司会 結局のところ、技術が微分的に分散化してしまっていて、積分的に全体を統合して判断できる人が少なくなったことに根本的な問題があるともいえるようですね。

トンネル屋さん、地形・地質の大事さを良く理解することが肝要だと思います。(元)国鉄総裁で(元)土木学会会長の仁杉氏は、この連載の冒頭でも紹介したように、「土木技術者に地質工学的素養は必要」といった趣旨の発言をされています。しかし、その知識を自分自身のものにするのは簡単にはできませんから、地形・地質工学的な問題に対し、信頼して相談できる技術屋を仲間にもつことが大事だと思います。

今回の連載は、トンネル屋と地形・地質屋が一同に会して、連載をリレー方式で執筆してきましたが、私自身が目指した双方の技術者の融和が完全に実を結ぶまでには至らずとも、それなりの成果をあげることができたのではと内心思っております。皆様方のご協力に感謝しつつ、この座談会と連載を閉じさせていただきます。本当にありがとうございます。



### (社)日本トンネル技術協会 国際委員会

ビクトリア淡水化プラントのライザー(取水・放水縦管)へのトンネル接続/  
United Undersea-Connecting the Tunnels to Marine Risers at the Victorian Desalination Project

By T. Burns: AUSTRALASIAN TUNNELLING SOCIETY (ATS), No. 13, March, 2012, pp.24-27

オーストラリア、ビクトリア州の南 Gippsland 地方でビクトリア淡水化プラントの建設が始まっている。そのうち、取水・放水路の工事概要を以下に示す。

#### 概要

- 延長1.2kmの取水トンネルの先端に2本のライザー(取水用縦管)が、延長1.5kmの放水トンネルの先端に2本のライザー(放水用縦管)がつながる。
- 本坑は径4.74mの泥水式シールドで掘削され、厚さ230mmのセグメントライニングが構築されている。
- ライザーは内径2.4mのガラス繊維補強プラスチック(GFRP)製で、掘削径3.3mの立坑の中に設置され、ライザーの周りはグラウト材で充填されている。

#### ライザーへの接続

- 本坑とライザーとの接続箇所は海面下42m、土かぶり17mである。本坑から横坑を4.5m掘削してライザーが設置されている立坑に接続する。
- 横坑掘削時に地下水の流入を防止するため、4 bar(40t/m<sup>2</sup>)の水圧のもと90~120barの注

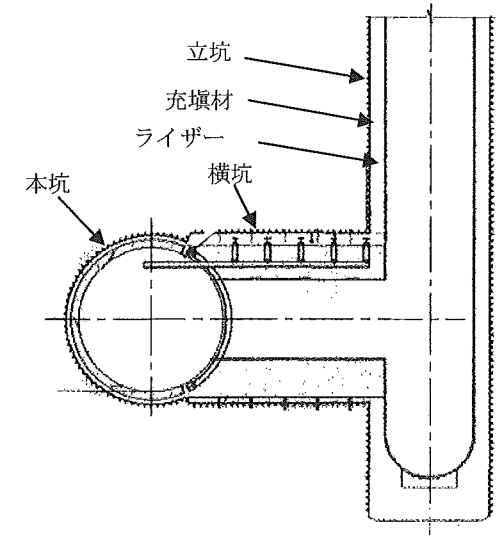


図-1 接続部の鉛直断面図

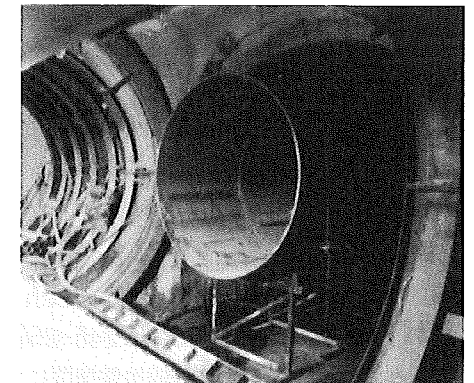


写真-2 横坑に設置されたGFRP管

入圧で止水注入を行った。

- 充填グラウト材からむき出しにしたライザーの一部を破って新たにGFRP管を接合し、それを本坑セグメントまで伸ばして、その背面をコンクリートで充填する。

#### 本坑と横坑の接合部

- 横坑との接合部の本坑支保には鋼繊維補強セグメントが用いられ、横坑の掘削に先立ち、横坑天端の地山に長さ3.6mの注入管を打設して注入改良を行った。

#### 横坑とライザーとの接合部

- ライザーは設置を容易にするために中に水が満たされており、その状態で横坑が掘削されることになる。

- ライザー周囲の充填材には赤い染料を混ぜておくことで、横坑掘削時にライザーへの接近を視覚的に確認しやすくし、GFRP製のライザーを傷つけることなく掘削を終えた。
- 横坑がライザーに到達してライザー内の水を排水した後、横坑に径2.2mのGFRP管を設置し、ライザーに接合した。GFRP管の周囲は浮き上がりや変形防止のために40MPaの高流動コンクリートを打設した。

(文責：森田 篤・前田建設工業(株))

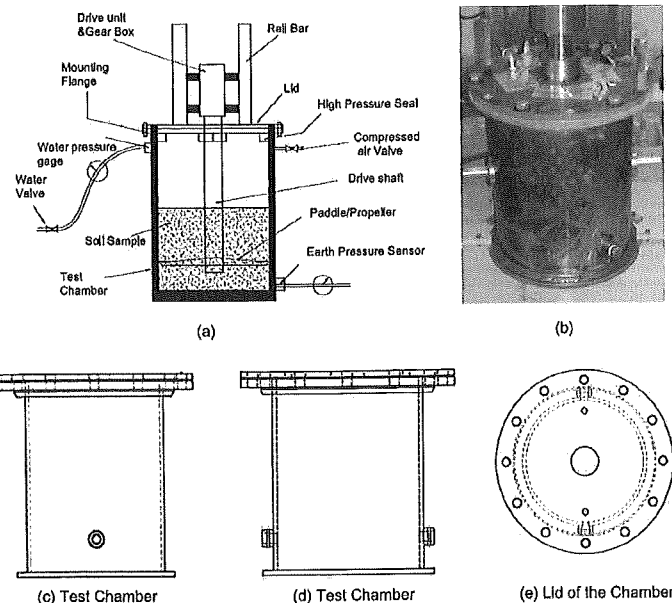


図-1 円筒チャンバの説明図および写真

### 軟弱地盤におけるシールド掘削に用いる土壌摩耗性試験の開発/Development of soil abrasivity testing for soft ground tunneling using shield machines

By J. Rostamia, E. A. Gharahbagha, A. M. Palomino, M. Moseleh: Tunnelling and Underground Space Technology, Nos.2, March, 2012, pp.245-256

さまざまなシールドによる軟弱地盤掘削における一次および二次摩耗は、シールド操作、コストなどに大きな影響を与える。摩耗は地盤とカッタの相互作用の中で発生するが、確立された摩耗評価試験がないため、その予測を非常に困難にしている。

本論では、摩耗度を測定する新しい試験装置(図-1)を提案し、さらにペンシルバニア大学で行った試験結果について述べるものである。

本装置は、地盤の粒度分布、含水率や切羽土圧などを維持しながら、カッタの摩耗を測定することができる。地盤材料としては、珪砂、石灰砂、細粒質石英(粘性土相当)を用いている。

また、これらに加えてプロペラの角度、ピッチなどもパラメータとして実験を行った。試験結果の概要は以下のとおりである。

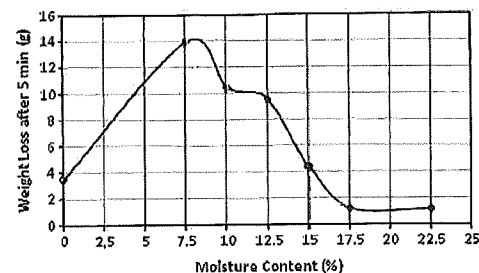


図-2 含水比(珪砂使用)と5分後重量損失の関係

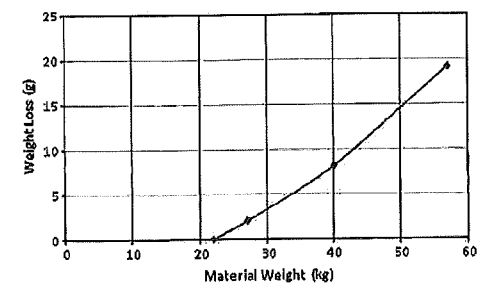


図-3 供試体重量(土圧)と重量損失の関係

- 含水比は、摩擦に与える影響が大きく、またその中で摩擦最大となる含水比が存在する(図-2)。
- カッタの硬度はその摩耗に与える影響は少ない。
- 水圧が増加することにより摩耗量がわずかに増加する。一方、土圧が増加すると顕著に摩

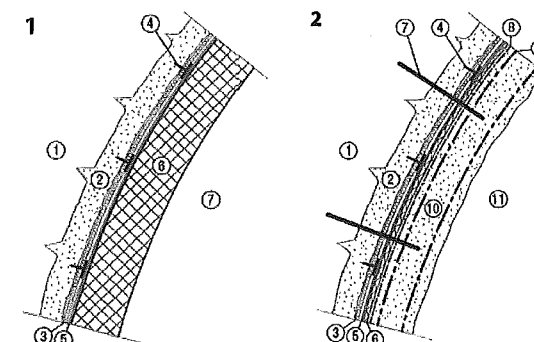
耗量が増加する(図-3)。

- 本実験で用いたパラメータと摩耗量の関係を何らかのインデックスにより表現することが可能と考えられる。このことは、実プロジェクトにおいてこれらのパラメータを用いて、地質の変化に対応しながら摩耗量を精度よく予測することが可能になることを示している。(文責：満尾 淳・東急建設(株))

### ルンゲルンバイパス：ポリマー防水膜への吹付けコンクリートの直接打設/Lungern Bypass: Sprayed Concrete Application directly onto Polymer Waterproofing Membranes

TUNNEL, May, 2012

A8自動車道はスイス中央部とベルン高地を結ぶ。このリンクが完成すると、道路は岩盤崩落などの自然災害から守られ、時間が短縮でき、道合の町への交通負荷を軽減できる。この区間の一部が山岳地につながる4.25km長のルンゲルンバイパスである。トンネル自体は長さが3.57kmの対面通行トンネルで、本トンネルと平行に避難坑が掘られている。本坑には非常駐車帯が4か所あり、トンネルの南端では将来ブリューニヒサミットトンネルと連結する準備として拡幅が予定されている。バイパスは2012年に竣工予定。4か所の非常駐車帯では、トンネルとの連結のための掘削、避難坑への連絡坑の掘削を控え、アーチ部では通常用いられるコンクリート支保の代わりに吹付けコンクリートが二次覆工として用いられた(拡幅部以外では通常のコンクリート支保を使用)。用いた吹付けコンクリートは、プロジェクトの仕様とSN 531198(表面の鋼製繊維の有無、層厚、表面



1 通常のアーチ部での防水システム構造

2 拡幅部のアーチ部での防水システム構造

粗度、等級などを規定)を満たす湿式。図に通常アーチ部で用いられる防水構造と、本バイパスで用いられた防水構造を比較する。

代替案が経済的に価値があるかどうか、まだ結論を出せていないものの、ルンゲルンプロジェクトでは、時間・コストのかさむ型枠作業を省く目的で行った二次覆工コンクリートの吹付けコンクリートによる二次覆工の施工は成功と考えられている。

通常のアーチ部：①基盤(岩盤)、②シーリングキャリア(30mm吹付けコンクリート)、③排水メッシュ(5mm厚、発泡ポリエチレン)、④防水アンカー(1m<sup>2</sup>あたりインバート1、ベンチ2、アーチ3本)、⑤ポリマー防水膜、⑥二次覆工(場所打ちコンクリート)、⑦アーチと仮天井間の排気ダクト  
 拡幅したアーチ部：①～⑤ 通常のアーチ部と同じ、⑥防護膜(3mm厚、塩ビのポリマーシート)、⑦補強ロックボルト(5m)、⑧リバウンド減少システムメッシュ、⑨1次、2次補強(鋼製メッシュ)、⑩二次覆工(吹付けコンクリート)、⑪アーチと仮天井間の排気ダクト

(文責：小川豊和・大成建設(株))

一般社団法人  
日本トンネル技術協会

会報

1. 会員の現状

	5月31日現在
正会員	1,426名
団体会員	307名
個人会員	1,119名

2. 平成25年度第2回理事会

日時：平成25年5月20日(月)15:30~16:00  
場所：東京商工会議所8F「東商スカイルーム」  
出席者：理事12名、監事2名、計14名  
議事：

①入退会について

団体会員2名、個人会員10名の入会と団体会員9名、賛助会員37名、個人会員5名の退会を承認した。

②理事の交替および評議員の推薦について

(理事)

旧	新	所属
中村 満義	宮本 洋一	清水建設(株)

(評議員)

旧	新	所属
—	茅野 正恭	鹿島建設(株)

③副会長の互選について

定時総会で理事の選任が決議されることを停止条件として、副会長に宮本洋一氏を互選した。

④定時総会進行次第について

平成25年度定時総会の進行次第を了承した。

3. 平成25年度定時総会

日時：平成25年5月20日(月) 16:00~17:00  
場所：東京商工会議所7階「国際会議場」  
出席者：総員1,328名のうち、出席151名、委任状685名、計836名

議案：

第1号議案 平成24年度事業報告について(内容省略)  
第2号議案 平成24年度事業収支決算について審議し承認された  
(別表参照)

第3号議案 平成25年度事業計画について  
一般社団法人への移行を機に本会の進むべき方針を検討するとともに、トンネル技術の発展と社会の変革に対処するための諸事業を引き続いて推進する。また、ITA加盟国代表機関としての期待に応える。さらに平成27年度に迎える本会の設立40周年記念事業の準備に取り掛かる。

第4号議案 平成25年度事業収支予算について  
(別表参照)

第5号議案 役員の選任について  
金澤博氏、山田俊郎氏、中村満義氏から辞任の申し出があり、新たに理事として宮林秀次氏、望月常好氏、宮本洋一氏および小島治雄氏の4名が推挙され、審議した結果、承認された。

第6号議案 役員の互選結果について(別表参照)

その他

①常設委員会の委員長は次表のとおり指名された。

委員会名	委員長名	所属
総務委員会	小島 治雄	東日本高速道路(株)
国際委員会	猪熊 康夫	中日本高速道路(株)
事業委員長	桑原 彌介	日本交通技術(株)
技術委員長	今田 徹	東京都立大学(首都大学東京)

②施工体験発表会における最優秀発表の表彰

桑原彌介事業委員長立会いのもと施工体験発表会における2名の最優秀発表者を表彰した。

最優秀賞：第70回(山岳)、平成24年6月開催

石川俊明(清水建設(株))

(演題)押し出し性地山における双設トンネルの施工事例

—新東名高速道路鳳来トンネル工事—

最優秀賞：第71回(都市)平成24年6月開催

足立邦靖((株)大林組)

(演題)海底横断ガス導管シールドへのURUP工法の適用

—田原第2幹線三河湾横断シールドトンネル—

4. 委員会の開催状況(5月1日~31日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

総務委員会(5/20)

小島治雄委員長ほか12名、理事会資料を検討

広報小委員会誌WG(5/8)

大島洋志主査ほか9名、6月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

海外文献小委員会海外ニュースWG(5/29)

清水健志主査ほか8名、英文原稿を査読

◎事業委員会

事業委員会(5/15)

桑原彌介委員長ほか17名、催物開催計画を検討

40周年記念事業準備会(5/14)

久多羅木吉治主査ほか5名、委員会の構成を検討

計 5回開催 56名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

安全環境小委員会自然由来重金属文献調査WG

(5/23)

津金昭一主査ほか9名、収集文献の取りまとめ方針を検討

安全環境小委員会シールドトンネルトラブル事例調査WG(5/17)

石村利明主査ほか9名、取りまとめ方針を検討

山岳トンネル小委員会支保WG(5/24)

蓼沼慶正主査ほか20名、文献調査結果を検討

◎受託研究特別委員会

補修補強調査特別検討会海外文献調査WG(5/9)

横尾敦主査ほか10名、文献調査結果を検討

小断面掘削工法特別検討会(5/13)

吉富幸雄委員長ほか11名、報告書原稿を検討

中流動覆工コンクリート特別委員会打合せ(5/13)

松岡茂幹事長ほか4名、原稿作成方針を検討

大深度シールド設備特別検討会泥土圧WG(5/28)

守屋洋一主査ほか14名、原稿を検討

大深度シールド設備特別検討会泥水WG(5/28)

河本武士主査ほか14名、原稿を検討

計 8回開催 99名出席

合計 13回開催 155名出席



平成25年度定時総会、施工体験発表会最優秀賞表彰式風景

5. 国際会議の開催予定

会 議 名	開 催 日	場 所	主 催 者 等
第40回ITA総会およびコンgres* 「Tunnels for a better living」	2014. 5. 9~15	イグアス (ブラジル)	COMITE BRASILEIRO DE TUNEIS International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) http://www.wtc2014.com.br/ 論文募集中
第41回ITA総会およびコンgres 「Promoting Tunnelling in South East European (SEE) region」	2015.5.22~28	ドヴロヴニク (クロアチア)	Croatian Tunnelling Association International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会) http://wtc15.com/
第42回ITA総会およびコンgres 「Uniting Our Industry」	2016.6.12~6.15	サンフランシスコ (アメリカ)	Underground construction Association of SME International Tunnelling and Underground Space Association (国際トンネル協会)

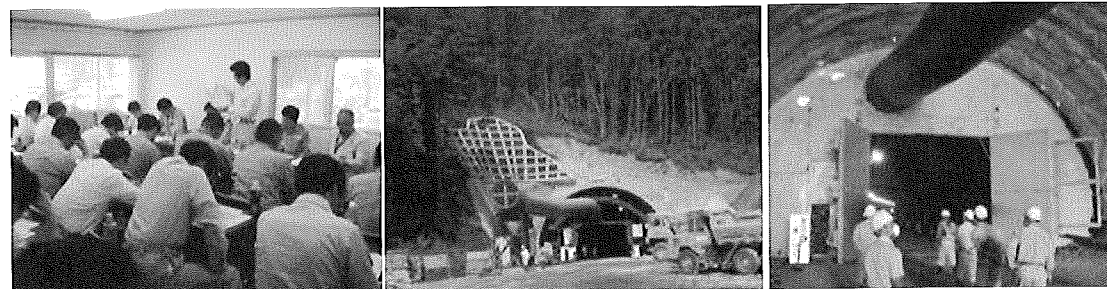
\* 論文募集に関する詳細は事務局(担当:関)までお問い合わせください。 TEL: 03-3524-1755 FAX: 03-5148-3655

6. 平成25年度催物開催現況

(平成25年5月現在)

催 物 名	開 催 日	人 数	場 所	CPD取得単位
(現場研修会) 横浜市下水道トンネル工事現場研修会 —中部処理区本牧第二幹線— 東北道路トンネル現場研修会 —国道106号新川目トンネル— 中部地区道路トンネル現場研修会 —県道牛川トンネル(仮称), 新東名乗本トンネル— (施工体験発表会) 第72回(山岳)「課題克服に取り組んだ工事—周辺環境への配慮, 創意工夫, 効率化—」 第73回(都市)「都市における創意工夫・新技術による地下構造物 の施工事例」	2013. 5.16  2013. 5.27  2013. 6. 7  2013. 6.25  2013. 6.26	30  25  25  200  200	神奈川県  青森県  愛知県  東京都  東京都	2.5  2.0  3.5  4.6  5.3

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。 [http://www.japan-tunnel.org/event\\_japan](http://www.japan-tunnel.org/event_japan)



東北道路トンネル現場研修会開催風景—国道106号新川目トンネル—

平成24年度事業収支決算書(損益ベース)

平成24年4月1日~平成25年3月31日まで

(単位:円)

科 目	実 施 事 業 等 会 計					そ の 他 会 計		法 人 会 計	合 計
	国際関係事業	催物事業	調査研究事業	受託研究事業	図書販売事業	広報事業 (会誌)			
I 一般正味財産増減の部									
1. 経常増減の部									
(1) 経常収益									
特定資産運用益									
特定資産受取利息	0	0	0	0	0	0	15,246	15,246	
受取会費									
団体会員受取会費	0	0	0	0	0	0	81,630,000	81,630,000	
個人会員受取会費	0	0	0	0	0	0	11,206,000	11,206,000	
受取会費計	0	0	0	0	0	0	92,836,000	92,836,000	
事業収益									
講演会等収益	0	5,233,000	0	0	0	0	0	5,233,000	
受託事業収益	0	0	0	109,284,000	0	0	0	109,284,000	
図書事業収益	0	0	0	0	843,450	0	0	843,450	
事業収益計	0	5,233,000	0	109,284,000	843,450	0	0	115,360,450	
雑収益									
受取利息	0	0	0	0	0	0	19,808	19,808	
雑収益	154,000	0	0	0	0	0	988,860	1,142,860	
雑収益計	154,000	0	0	0	0	0	1,008,668	1,162,668	
経常収益計	154,000	5,233,000	0	109,284,000	843,450	0	93,859,914	209,374,364	
(2) 経常費用									
事業費									
期首たな卸高	0	0	0	0	3,323,567	0	0	3,323,567	
期末たな卸高	0	0	0	0	△ 3,210,587	0	0	△ 3,210,587	
旅費交通費	1,181,290	989,100	600,980	6,314,630	0	198,000	0	9,284,000	
通信運搬費	208,326	95,602	38,698	227,976	1,200	6,000	0	577,802	
消耗品費	0	19,946	0	3,565	0	0	0	23,511	
印刷製本費	0	258,893	187,005	4,576,386	0	16,207,380	0	21,229,664	
会議費	111,992	1,067,489	138,960	4,555,753	0	2,205	0	5,876,399	
保険料	23,170	24,805	0	0	0	0	0	47,975	
諸謝金	0	565,210	0	13,043,000	0	0	0	13,608,210	
租税公課	0	0	0	154,000	0	0	0	154,000	
運営費	647,002	326,192	0	0	0	0	0	973,194	
図書資料費	259,096	0	0	0	0	0	0	259,096	
委託費	0	0	0	51,143,365	0	0	0	51,143,365	
雑費	77,860	1,680	0	630,485	0	0	0	710,025	
事業費計	2,508,736	3,348,917	965,643	80,649,160	114,180	16,413,685	0	104,000,221	
間接管理費計	9,653,657	8,423,781	13,402,893	19,277,333	2,791,882	3,641,110	0	57,190,656	
事業費合計	12,162,393	11,772,698	14,368,536	99,926,493	2,906,062	20,054,695	0	161,190,877	
管理費									
役員報酬	0	0	0	0	0	0	4,488,861	4,488,861	
給料手当	0	0	0	0	0	0	13,894,241	13,894,241	
退職給付費用	0	0	0	0	0	0	1,288,552	1,288,552	
福利厚生費	0	0	0	0	0	0	964,824	964,824	
法定福利費	0	0	0	0	0	0	2,790,778	2,790,778	
会議費	0	0	0	0	0	0	4,221,408	4,221,408	
渉外費	0	0	0	0	0	0	1,406,000	1,406,000	
旅費交通費	0	0	0	0	0	0	172,677	172,677	
通信運搬費	0	0	0	0	0	0	501,484	501,484	
什器備品減価償却費	0	0	0	0	0	0	14,744	14,744	
消耗什器備品費	0	0	0	0	0	0	102,655	102,655	
消耗品費	0	0	0	0	0	0	1,007,503	1,007,503	
修繕費	0	0	0	0	0	0	199,308	199,308	
印刷製本費	0	0	0	0	0	0	1,621,870	1,621,870	
光熱水料費	0	0	0	0	0	0	205,305	205,305	
賃借料	0	0	0	0	0	0	4,014,460	4,014,460	
保険料	0	0	0	0	0	0	10,438	10,438	
租税公課	0	0	0	0	0	0	327,840	327,840	
図書資料費	0	0	0	0	0	0	89,793	89,793	
広告宣伝費	0	0	0	0	0	0	952,704	952,704	
管理諸費	0	0	0	0	0	0	938,313	938,313	
会費等貸倒償却	0	0	0	0	0	0	117,000	117,000	
雑費	0	0	0	0	0	0	136,295	136,295	
管理費計	0	0	0	0	0	0	39,467,053	39,467,053	
経常費用計	12,162,393	11,772,698	14,368,536	99,926,493	2,906,062	20,054,695	39,467,053	200,657,930	
評価損益等調整前当期経常増減額	△ 12,008,393	△ 6,539,698	△ 14,368,536	9,357,507	△ 2,062,612	△ 20,054,695	54,392,861	8,716,434	
当期経常増減額	△ 12,008,393	△ 6,539,698	△ 14,368,536	9,357,507	△ 2,062,612	△ 20,054,695	54,392,861	8,716,434	
2. 経常外増減の部									
(1) 経常外収益									
経常外収益計	0	0	0	0	0	0	0	0	
(2) 経常外費用									
経常外費用計	0	0	0	0	0	0	0	0	
当期経常外増減額	0	0	0	0	0	0	0	0	
税引前当期一般正味財産増減額	△ 12,008,393	△ 6,539,698	△ 14,368,536	9,357,507	△ 2,062,612	△ 20,054,695	54,392,861	8,716,434	
当期一般正味財産増減額	△ 12,008,393	△ 6,539,698	△ 14,368,536	9,357,507	△ 2,062,612	△ 20,054,695	54,392,861	8,716,434	
一般正味財産期首残高								91,484,933	
一般正味財産期末残高								100,201,367	
II 正味財産期末残高								100,201,367	

平成25年度事業収支予算書(損益ベース)

役員・顧問・評議員名簿

平成25年4月1日～平成26年3月31日まで

(単位:円)

平成25年5月末現在

Table with columns: 科目, 国際関係事業, 催物事業, 調査研究事業, 受託研究事業, 図書販売事業, 広報事業(委託), 法人会計, 合計. Rows include 一般正味財産増減の部, 経常増減の部, 経常費用, 管理費, 役員報酬, etc.

Table with columns: 区分, 氏名, 所属, 区分, 氏名, 所属. Lists board members and their affiliations, including 佐藤 信彦, 宮林 秀次, 水谷 敏則, etc.

会長1, 副会長2, 専務理事1, 理事15, 監事2, 役員計21名 顧問5名, 評議員33名  
注)大学の( )は名誉教授を示す

## 8月号予告[8月1日発売予定]

- JR高崎線 ニツ家こ道橋
  - 新東名高速道路 乗本トンネル
  - 成田国際空港 木の根トンネル
  - 横浜市南部処理区 大岡川右岸雨水幹線
  - 東京電力 南池袋公園付近管路
- 【連載講座】

### ●トンネルにおける地下水対策(1)

\*内容等は変更になる場合がございます

### 編集後記

◆先日、「ダムカード」なるものを入手しました。トレーディングカードの一種で、表にダムの写真、裏にはダムのスペックなどが記載されています。国土交通省と水資源機構が管理するダムで、市民にダムのことをより知ってもらう目的で2007年に作成・配布したのがはじまりで、共通した仕様を持ったカードが300弱のダムで作成されています。無料で配布されているのですが、配布場所がおもにダム管理事務所、休日には配布しないところや、あるイベント時のみしか配布しないところがあるなど、各ダムで個別に対応されています。一般に公的機関の対応にばらつきがあると、不公平などと誹りを受けそうなものですが、ダムカードの場合は、このことがカードの希少性を高めることから、対応のばらつきも好意的に受け取られるようです。ダムにたいする風当たりが強いなか、市民と職員がカードをとおした交流が生まれるなどの効果もあり、また、観光資源としてのダムサイトの活用は、周辺地域としても望まれるので、その一助としても効果がありそうです。観光地としてのダムは土木構造物のなかでは人気が高いですが、見学会のなかで人気が高いのがトンネルの工事現場でしょう。ようやく抽選で当選したシールドトンネルの見学会などで、シールドの写真とスペックが記載されたカードなんか配布されれば、けっこう嬉しいかも、と思っております。

(K.K.)

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

★(一社)日本トンネル技術協会会員の方の住所(送付先)変更は直接(一社)日本トンネル技術協会へご連絡ください。

## トンネルと地下

第44巻 第7号 [通巻515号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成25年6月20日 印刷

平成25年7月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL: 03-3524-1755

FAX: 03-5148-3655

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

### 本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

### 購読料

1冊 1,575円(送料108円)  
(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

### 本誌広告のお申し込み方法

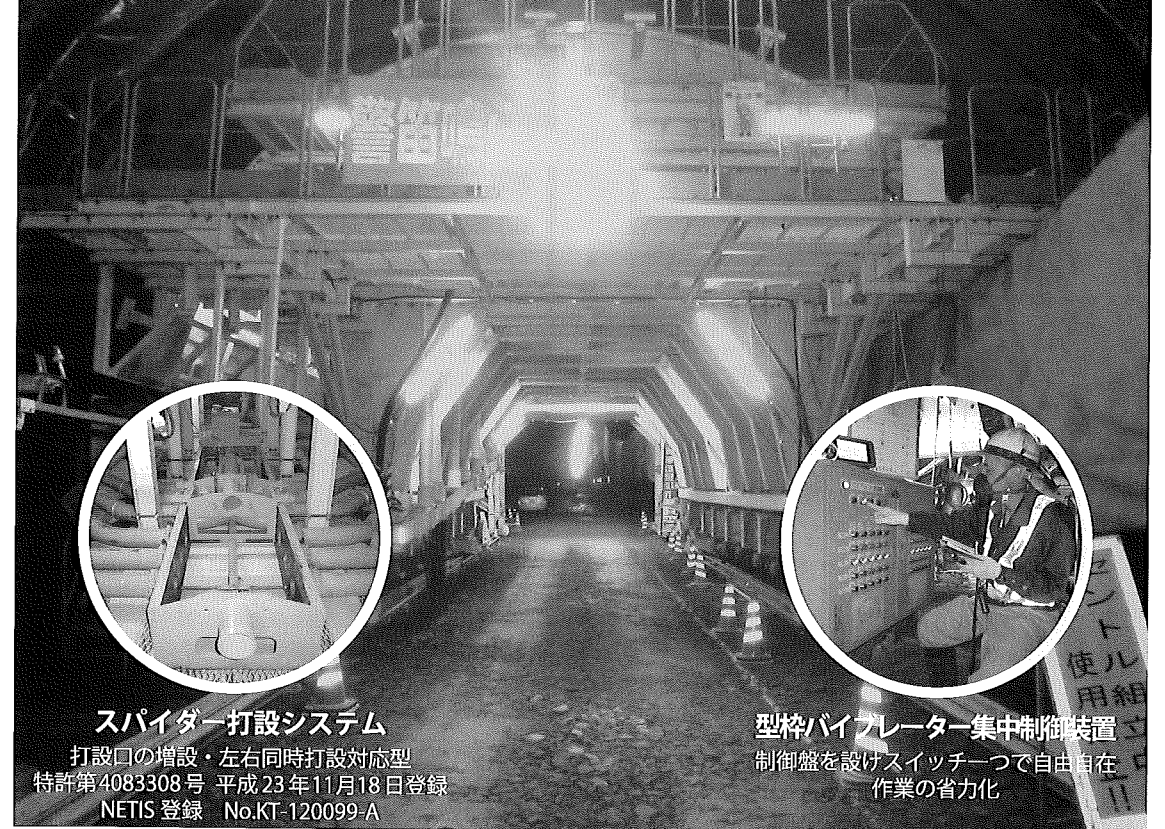
本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

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

# トンネル二次覆工型枠総合メーカー

## 二次覆工中流動コンクリート対応型スチールフォーム



### スパイダー打設システム

打設口の増設・左右同時打設対応型  
特許第4083308号 平成23年11月18日登録  
NETIS登録 No.KT-120099-A

### 型枠バイブレーター集中制御装置

制御盤を設けスイッチ一つで自由自在作業の省力化

## 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

EPSパネルの保温性、保湿性が効く

### 実績および計画

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

平成25年6月30日 現在

実施権許諾第 10396号

NETIS登録 (No.CB-090003-A)

一歩前進! ~限らない未来への挑戦~

 **大栄工機株式会社**

本社 〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地

TEL 0749-64-0246 / FAX 0749-63-6765 / URL <http://www.daieikouki.co.jp/>

営業品目 各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売 ※詳しくはホームページを御覧ください

山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著  
3,200 円+税 B5 判

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



続 きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 共著  
1,200 円+税 新書判

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



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修  
1,500 円+税 B5 判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著  
6,000 円+税 A5 判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修  
2,500 円+税 B5 判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著  
4,757 円+税 B5 判

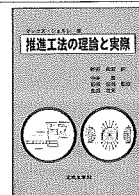
土木構造物や岩盤構造物の計画・調査から設計・施工において必要と地質や岩盤に関する情報を得るために必要な理論および技術を平易に解説した。



推進工法の理論と実際

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

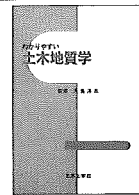
推進工法の理論を、多くの挿図を用い解説した。日本の現在の推進工法の基本となった原著を斯界の権威が翻訳・監修。



わかりやすい土质地質学

大島洋志 監修  
2,500 円+税 B5 判

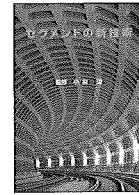
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた。



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。



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

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。



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編  
14,573 円+税 B5 判

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



ジオテク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

ジオテク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・斎藤正忠・北川 隆 共訳  
9,800 円+税 B5 判

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



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病や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著  
4,200 円+税 A5 判

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



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著  
2,800 円+税 A5 判

都市の代表的な地下施設である地下鉄、上水道、下水道の各トンネルについて、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、マンガンノジュールの鉱物資源、また、海洋エネルギーなどの開発と利用についてまとめた。



トンネルと地下

1,500 円+税 B5 判 月刊(毎月 1 日発売)

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



書籍のお申し込み

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

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

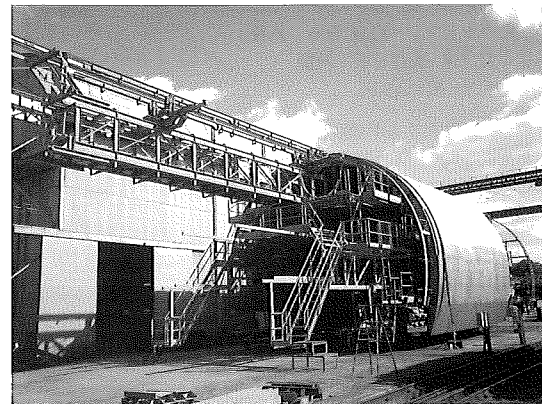
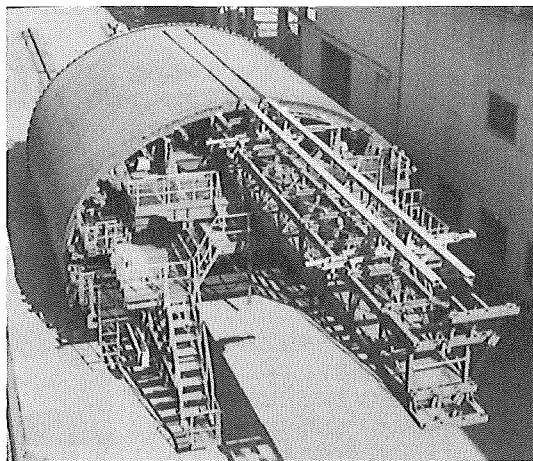
# 各種トンネル覆工型枠・施工設備メーカー



**東和機電工業株式会社** かいた 穎田工場

〒820-1111 福岡県飯塚市勢田2594番地の18  
 電話：(09496)2-3500(代表)  
 F A X：(09496)2-6310  
 E-mail：towakiden@yahoo.co.jp

- 中流動コンクリート用ステンレスフォーム
- 新幹線用ステンレスフォーム

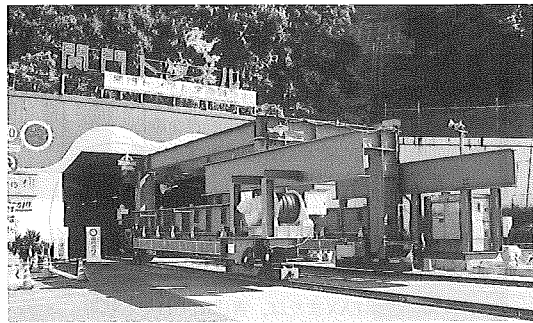


## ● 自動ケレン装置



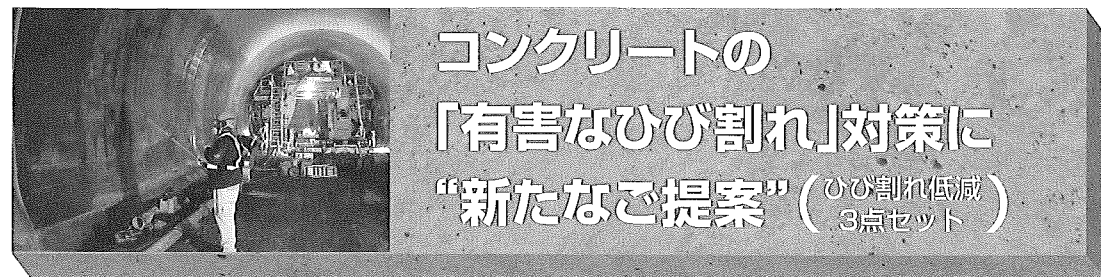
- ◎ 強靱なガイドセルに支えられたトンネルクラウン部の締め固めバイブレーターは、前進後進同一の力で抜き差し出来ます。
- ◎ 円周方向にスライドするガイドセルは、クラウン部の任意の位置にセットする事が出来ます。
- ◎ ガイドセルの上昇・下降により、任意の高さを締め固める事が出来ます。

- トンネル床版撤去架台
- 勾配対応四駆型(関門トンネル)

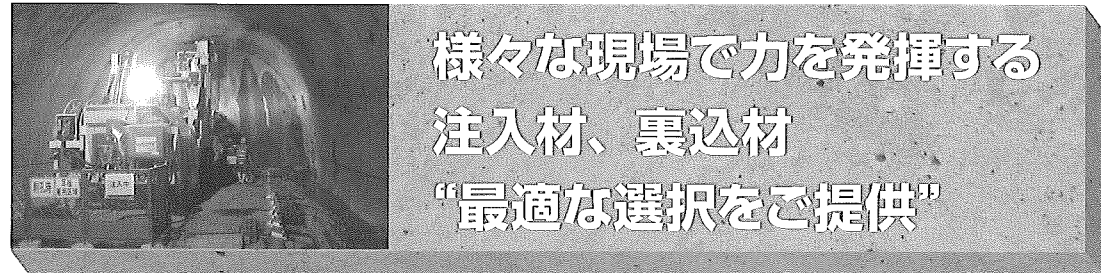


- ベルコン通過型スライドフォーム(特許)
- ローター式自動配管切替装置
- 油圧式伸縮バイブレーター装置
- ラップ側押上防止センサー及び警鳴装置
- クラック防止用ラップウレタンゴム
- コンクリート圧力センサー
- コンクリート充填センサー
- 2段式伸縮型エア抜き
- 本坑通過型非常駐車帯セントル
- 横移動式棧橋

常に顧客のニーズに応えるため、安全性と施工効率を追求し、  
 高品質な製品を納めさせていただきます。



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



様々な現場で力を発揮する  
 注入材、裏込材  
 “最適な選択をご提供”

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

**太平洋マテリアル株式会社**  
 営業本部

〒135-0064 東京都江東区青海 2-4-24 青海フロンティアビル 15F  
<http://www.taiheiyo-m.co.jp>  
 TEL.03-5500-7510 FAX.03-5500-7542