

トンネルと地下 11

vol. 46

no. 11

2015

and Underground

および長崎自動車道直下のトンネル掘削
対面通行規制で高速道路トンネルの剝落対策を実施
を併用したコンパクトシールド工法による工期短縮
設置型吸音体によるトンネル発破低周波音低減システム
震対策への取組み(1)

日本トンネル技術協会誌



ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な切削力を実現し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーサルハンガーを除く）
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅4.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とビック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 千105-0012 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 千252-0328 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 千564-0063 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 千812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル TEL 092-411-4998
 福岡支店 千514-0396 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 24

e-DUSCO 27

たった37kWで
2750m³/min

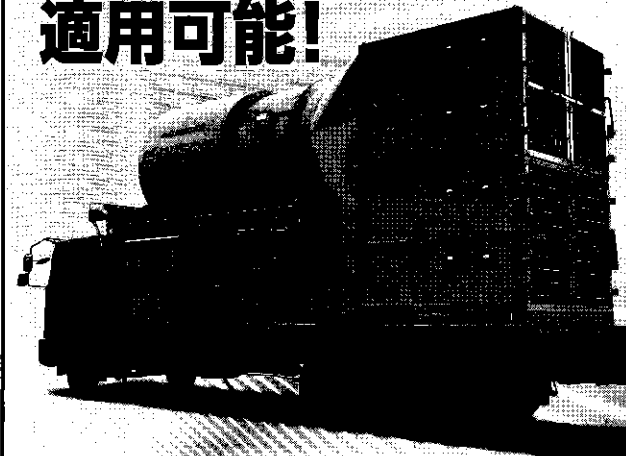


経済産業省後援
第39回優秀環境装置
日本産業機械工業会 会長賞

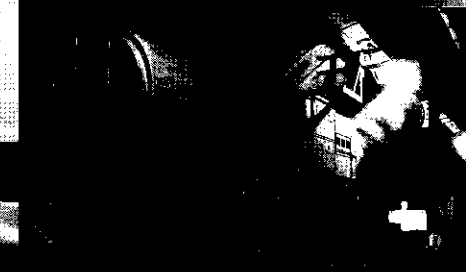
新版・換気技術指針でも**全ての断面、全ての延長**に対応。

**全てのトンネルに
適用可能!**

- クラス最高の集じん効率95%*
- 有害な微細粉じんも逃さない電気式
- 現場メンテナンスは手間いらず
- 大風量と省エネを同時に実現



吸引捕集方式にも対応



48m²の設置例

希釈封じ込め方式での計算例

- ① 粉じん発生量
 $Fo = 360 \times 22 \text{m}^3/\text{h} \times 0.75 = 5,940 \text{ (mg/min)}$
- ② 所要換気量
 $Q_{4a} = \frac{5,940}{3.0-0.07} = 2,027 \text{ (m}^3/\text{min)}$
 $Q_a = 54.0 + 2,027 = 2,081 \text{ (m}^3/\text{min)}$
- ③ 集じん機の選定
 $Q_s = 1.2 \times \frac{2,081}{0.93} = 2,686 \text{ (m}^3/\text{min)} \leq 2,750 \text{ (m}^3/\text{min)}$

品名	e-DUSCO240	e-DUSCO270
型式	FTE2400-E	FTE2700-E
集じん機の仕様	1800・2100・2400m ³ /min 任意設定の4モード	1800・2100・2700m ³ /min 任意設定の4モード
全幅	7411mm (サイレンサー含む)	
全高	2350mm	
全質量	3700mm	
本体質量	10t	11t
電源仕様	3相3線400V50kVA	3相3線107kVA
ファン動力	30kW	37kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意 (伸縮風量調整時と同じ)	23kW・28kW・40kW・任意 (伸縮風量調整時と同じ)
洗浄水量	2.4m ³ /日	
排塵ダスト処理	湿式	
集じん効率**	95%以上	93%以上
吸引捕集方式	対応可	

注) 伸縮風量システムは本体には含まれません。

*1 入口ダクト及び絞りダクトは含まれません。*2 台車の高さは含まれません。*3 機種により多少異なります。
 *4 JIS Z 8808 並びに 換気技術指針(H24.3)に定める試験方法に基づき測定した値です。*5 任意設定にて2,750m³/minまで可能です。

△ 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 千100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3 第三営業部 千03-3212-6575
 大阪支店 千06-6344-2532 名古屋支店 千052-561-4580 札幌支店 千011-784-1179
 東北支店 千022-221-3532 九州支店 千092-741-5193 小浜工場 千0285-23-8662

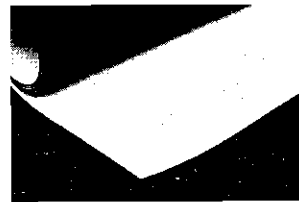
ウォータータイトトンネル 防水システム



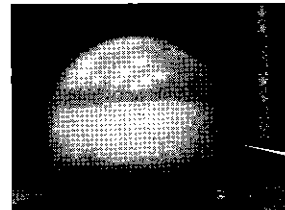
非排水型防水システム用メンブレン
KFCタイトライナー

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

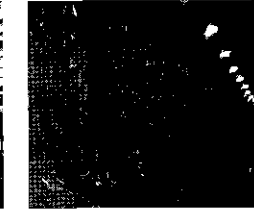
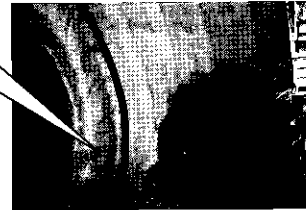


シグナルレイヤー付防水シート



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

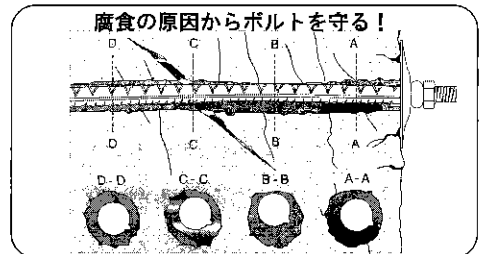
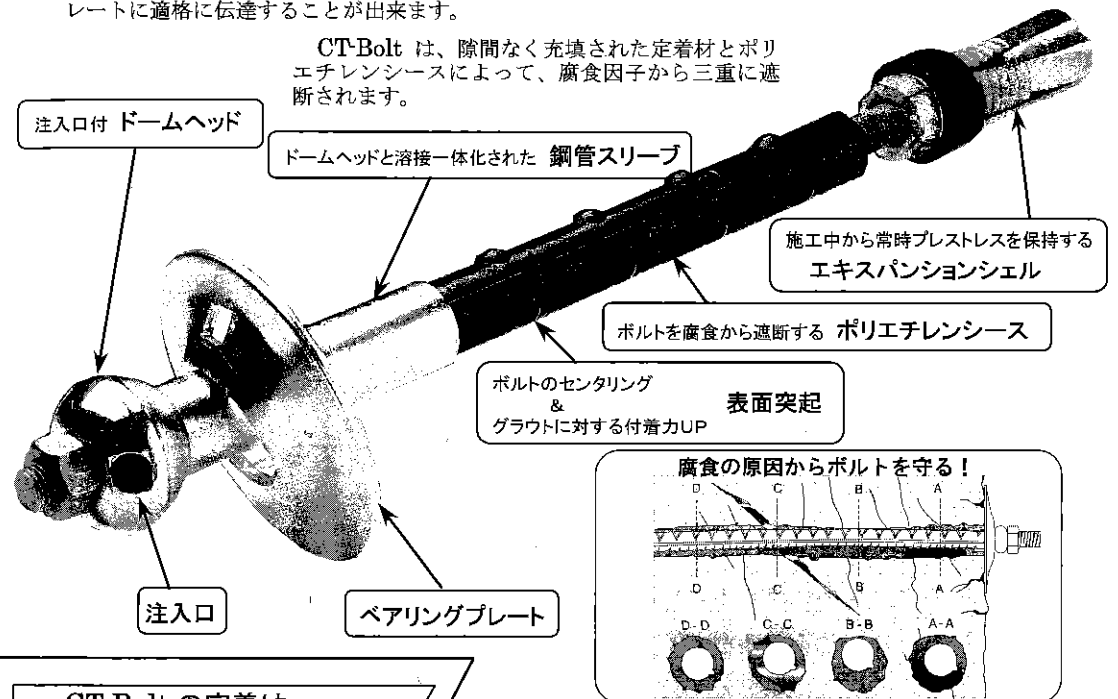
CT-Bolt

Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

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

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



CT-Bolt の定着は・・・

即時に支保効果をもたらす先端定着と、時期を選んで行える全面定着グラウト充填のコシネーションです。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

K series

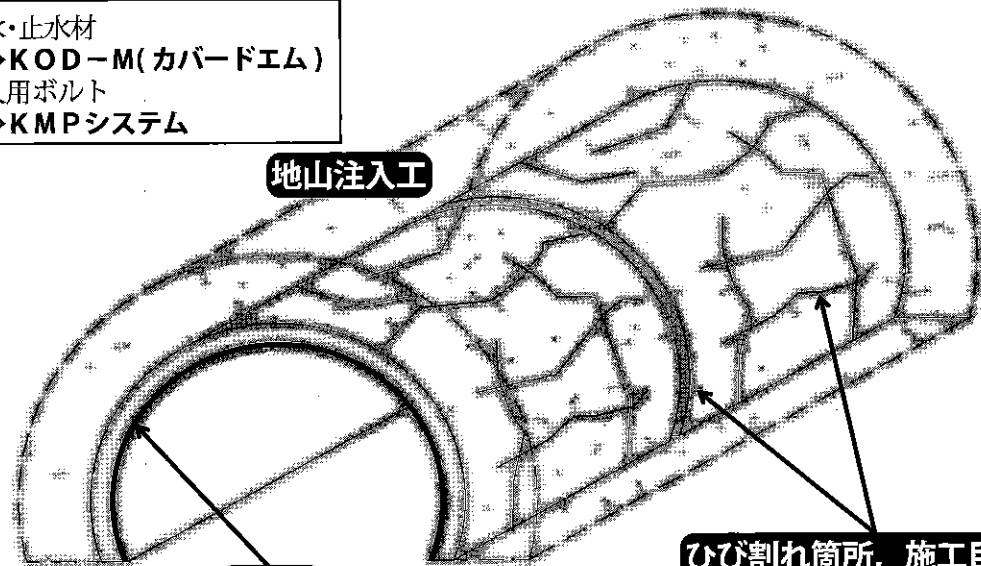
カテックスの補修・補強材料

当社は、注入式フォアポーリングや長尺フォアパイリング、長尺鏡ボルトなど山岳トンネル工事の補助工法における樹脂系の注入材のパイオニアとして、数多くの実績を築いてきました。一方、老朽化してきている既設トンネルにおいては、適正に維持管理をし延命化するための補修、補強工事が行われています。これらに対応して、当社の樹脂系注入材の豊富なノウハウと技術力を活用して、既設トンネル補修、補強工事に適する樹脂系材料「Kシリーズ」を開発しました。

このKシリーズには、①減水止水材料あるいは地山注入工として適用する圧縮強度 60MPa 以上を有する高強度ウレタン系注入材「KOD-M(カバードエム)」②空洞充填工や裏込め注入工として適用する高発泡ウレタン系注入材「KCF(シーエフ)」③滞水弱層におけるロックボルト工の定着材として適用する湧水に流されることなく即効果を発揮するウレタン系ロックボルト定着材「KUF(クフ)」があります。

いずれも山岳トンネル工事の補助工法における樹脂系注入材で培われたノウハウと環境保全を優先する技術力を注ぎ込んで開発しています。

減水・止水材
⇒KOD-M(カバードエム)
注入用ボルト
⇒KMPシステム



地山注入工

防水工

防水シート
⇒スーパーシート
⇒EMBOシート

ひび割れ箇所、施工目地部
への漏水対策工

減水・止水材
⇒KOD-M(カバードエム)

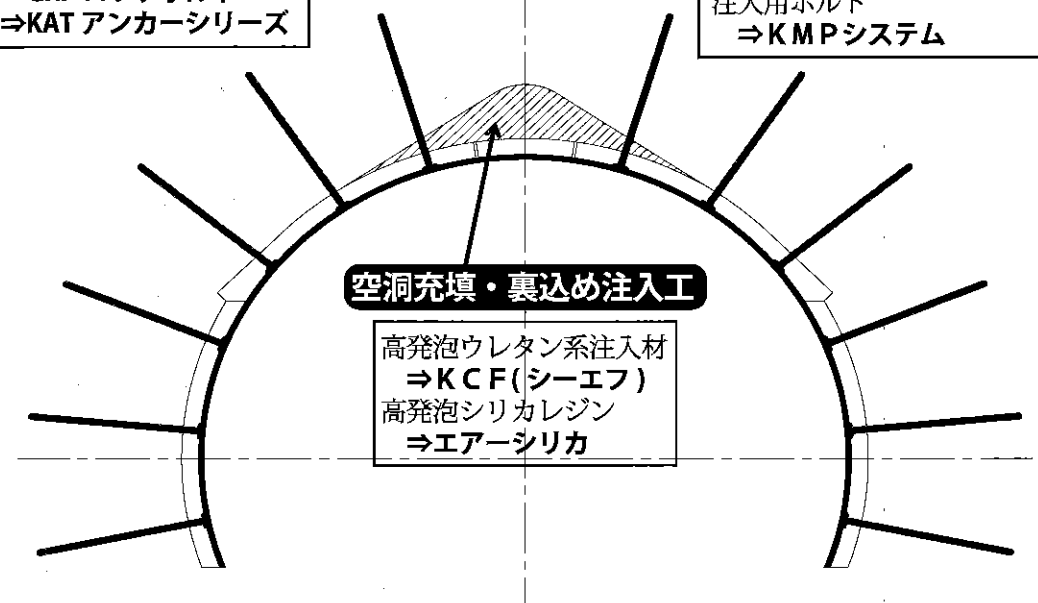
ロックボルト工

ロックボルト材
⇒ツイストボルト
⇒異形棒鋼ロックボルト
⇒GRPロックボルト
⇒KATアンカーシリーズ

ウレタン系ロックボルト定着材
⇒KUF(クフ)
⇒高強度シリカレジン(SRC)

背面注入工

背面注入材(減水止水材)
⇒KOD-M(カバードエム)
注入用ボルト
⇒KMPシステム



空洞充填・裏込め注入工

高発泡ウレタン系注入材
⇒KCF(シーエフ)
高発泡シリカレジン
⇒エアーシリカ

営業品目

- ・スーパーシート(防水シート)
- ・EMBOシート(防水シート)
- ・高耐力ロックボルト
- ・ロックボルト定着材
- ・減水止水材(KOD-M)
- ・各種注入材
- ・濁水処理設備
- ・アルカリフリー型液体急結材AFK-777J
- ・ツイストボルト/異形ロックボルト
- ・GRPロックボルト
- ・空洞充填材(高発泡ウレタンKCFシリーズ)
- ・切羽対策工全般
- ・コンクリート被膜養生剤クラテキュア
- ・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.jp/>

技術部・中部営業部

TEL) 052-331-8821 FAX) 052-332-0164

東京支店

TEL) 03-3260-8321 FAX) 03-3266-1648

東京支店(仙台事務所)

TEL) 022-344-6041 FAX) 022-344-6042

R²C(スクエアール)工法研究会 事務局 (株)カテックス 内 TEL) 052-331-3997

関西営業所

TEL) 06-6578-3235 FAX) 06-6578-3237

九州営業所

TEL) 092-574-0856 FAX) 092-574-0846

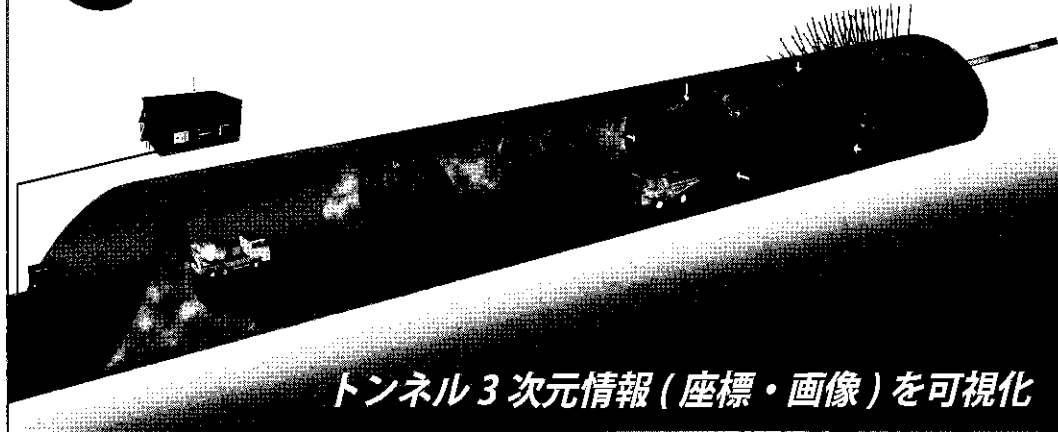
北海道地区(株)エイチ・アール・オー

TEL) 011-821-5868 FAX) 011-821-6644

トンネルCIM元年 2015



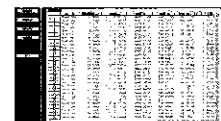
3D可視化プラットフォームによる
CIM Communication (情報共有・一元管理)



トンネル3次元情報(座標・画像)を可視化

基礎資料の収集

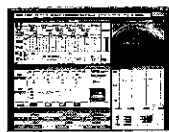
モデル作成に必要なデータや管理したい調査データを収集します。



種別情報(設計)



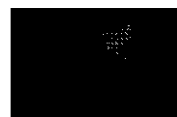
支保パターン情報(設計)



CyberNATM

1 初期モデルの作成

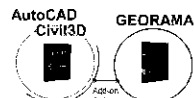
基礎資料をもとにCivil3D/GEORAMAを利用してモデル化を行います。



初期構造モデル



初期地盤情報モデル



AutoCAD Civil3D GEORAMA

2 施工モデルの作成

計測データや施工属性データをモデル化に反映し、日々の工事状況を可視化、管理していきます。



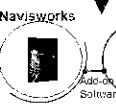
測量データ



A計測データなど



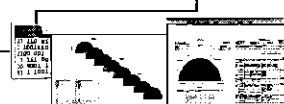
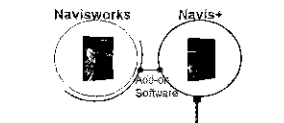
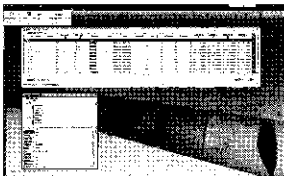
CyberNATM



Navisworks

3 維持管理モデル

施工時に作成したモデルを利用して維持管理側でも利用します。追加の情報はエクセル等を用いて、その都度更新が可能です。



Navisworks Navis+

現在稼働中も含めて多数の実績があります。CIMに関する相談は、下記にお問い合わせ下さい。



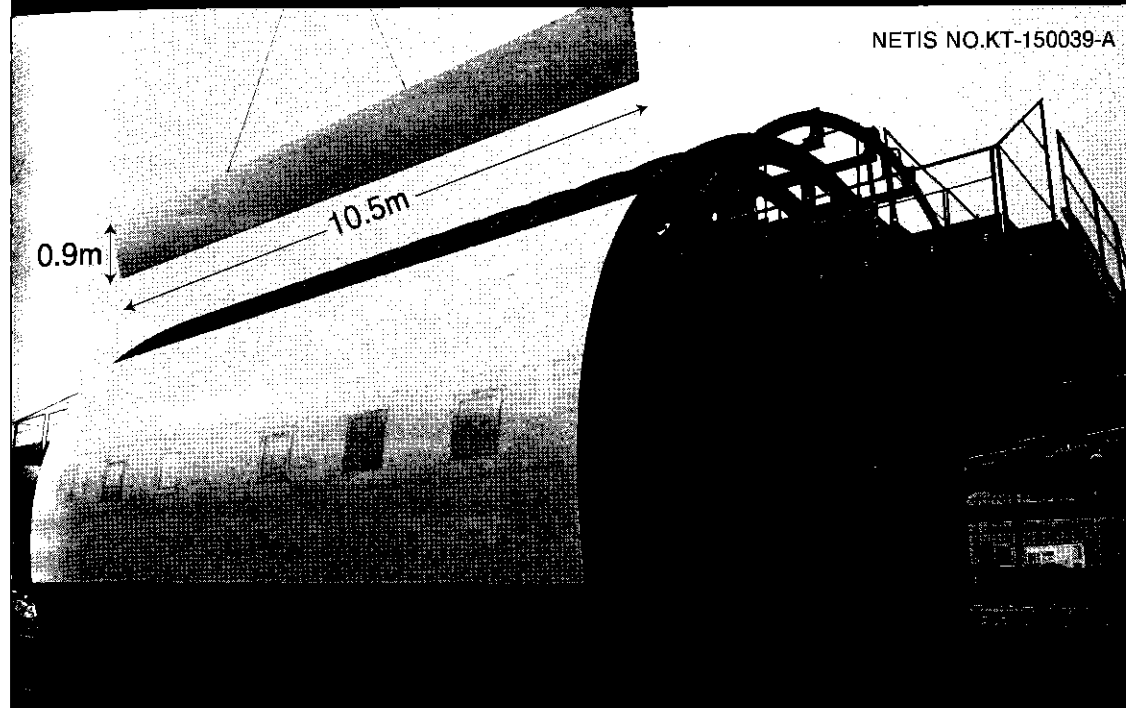
株式会社 演算工房

■ 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

NEW

トンネル覆工初期養生FRP工法 ~ハイブリッドフォーム誕生~

NETIS NO.KT-150039-A



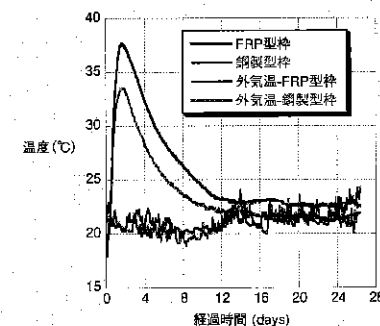
■ 透気試験実施



覆工コンクリートの表面部分の透気係数を測定することにより、コンクリートの中性化速度係数が30%~50%程度低下し耐久性が大幅に向上

■ 覆工コンクリート温度の経時変化

[宮城大学との共同研究により、線アジタ 吉江トンネル南にて測定]



◎3~4°Cの保温効果により、コンクリート強度が15~20%向上

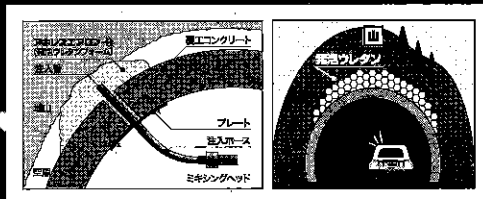
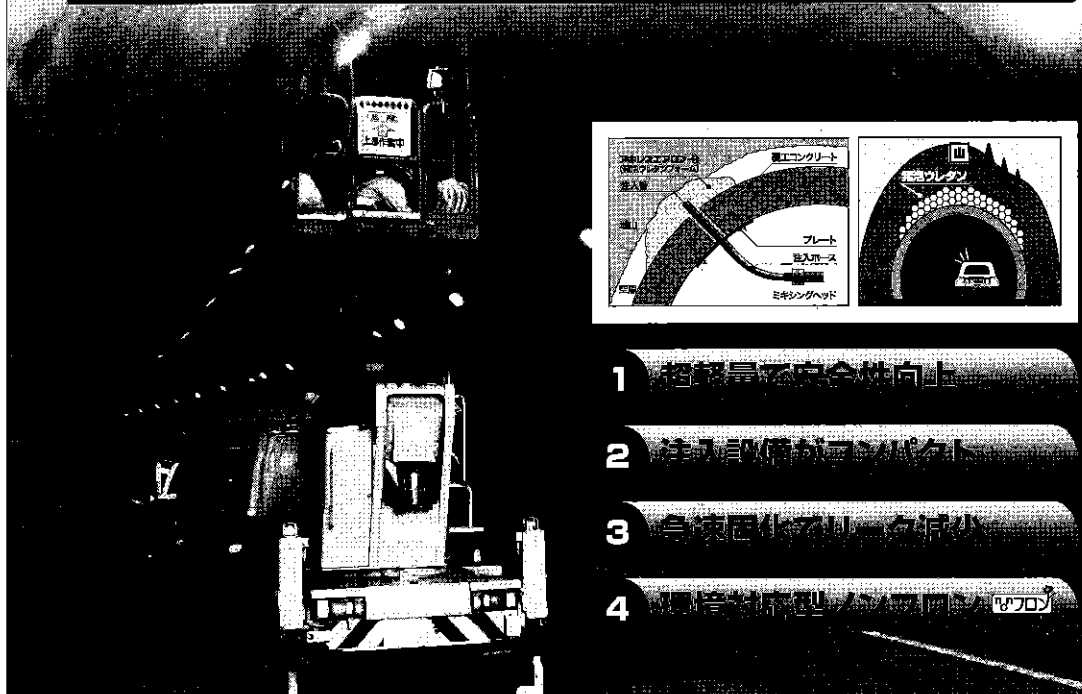
M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

■ 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:092-449-8008
 ■ 指定工場 〒919-0441 福井県坂井市春江町定平(森本工業) TEL:0776-61-2419

NETIS登録番号 KT-070035-VR

アキレスTn-p工法

トンネル裏込補修用ウレタン注入工法 老朽化したトンネルを災害から守る新しい工法です



- 1 超大量の安全志向
- 2 注入設備がコンパクト
- 3 高強度化でひび割れ減少
- 4 高剛性型材の採用

NETIS 平成26年度 活用促進技術(新技術活用評価会議)に指定!

「活用促進技術」とは

- 総合的に活用の効果が優れている技術
 - 特定の性能又は機能が著しく優れている技術
 - 特定の地域のみで普及しており、全国に普及することが有益と判断される技術
- に該当する技術から選考されます。

NETISに登録された新技術を活用することにより

入札・契約時 総合評価方式での提案で加点対象

完成時・完成後 工事成績評価において加点対象

になる場合があります。さまざまな利点があります。

あなたの身邊にいつも
Achilles
アキレス株式会社

断熱資材販売部
 本社 〒169-8885 東京都新宿区北新宿2-21-1 03-5338-9648
 新宿フロントタワー
 関西支社 〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島2-2-7 06-4707-2355
 中之島セントラルタワー
 北海道営業所 〒061-8241 北海道石狩市新港西1-726-3 0133-73-9591
 九州営業所 〒813-8591 福岡県福岡市東区多の津1-1-4 092-622-2871

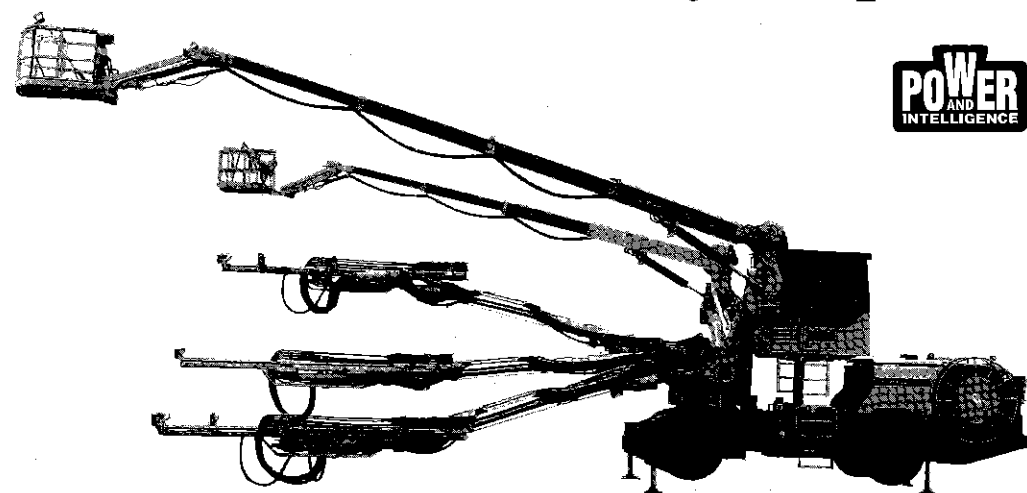
Tn-p工法 検索
<http://www.achilles-foamsystem.com/>

アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

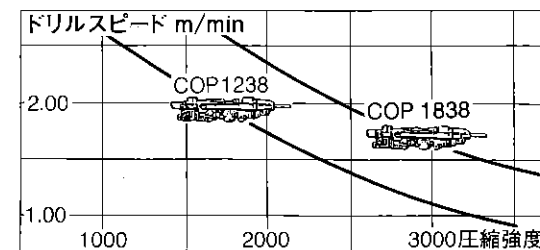
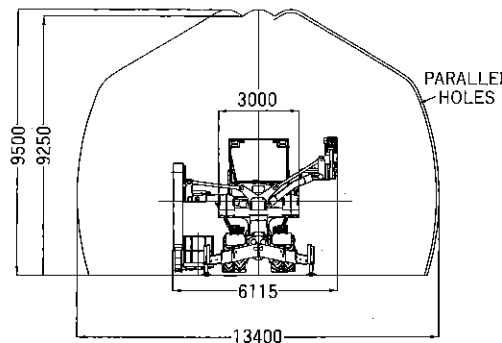
The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット



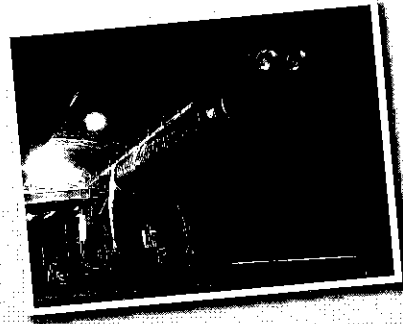
POWER
AND
INTELLIGENCE



ドリルマシン株式会社

DRILL MACHINE CO., LTD.

本社 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 6-16-8 桂ビル5階
 TEL (03) 3806-3377 番 FAX (03) 3806-8461 番
 関西支店 〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4
 TEL (078) 802-5551 番 FAX (078) 802-5528 番
 東北営業所 〒024-0055 岩手県北上市大堤南 2-1-36
 TEL (0197) 72-7416 番 FAX (0197) 72-7418 番
 九州営業所 〒830-0021 福岡県久留米市篠山町 12-3-301
 TEL (0942) 27-5992 番 FAX (0942) 27-5993 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



大型集じん機 300 台！
送風機 650 台！
世界最大の換気設備保有メーカー！



いままでにない技術。いままでにない挑戦。
なんとかする力

「トンネル環境」のトータルソリューションは当社へお任せください。



1977年創業から、平素よりお世話になっております。
昨年10月、39期より西村氏が代表取締役社長に就任し、新しい「風」とともに全社員一丸で邁進しています。
手に握めない「流」体を「機」械で「エンジニアリング」する会社として、様々な分野の『最適環境の創造』をして参ります。

最適環境を創造する
株式会社 流機 エンジニアリング

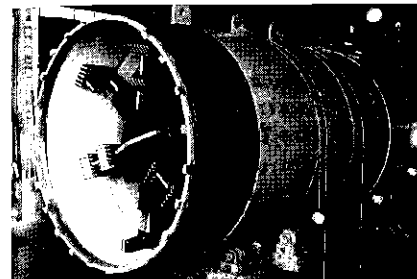
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2
TEL: 03-3452-7400
URL: <http://www.ryuki.com/>
E-mail: eigyobu@ryuki.com



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、内部駆動装置を発生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

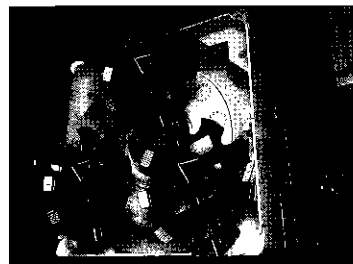
密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法の特徴

- 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

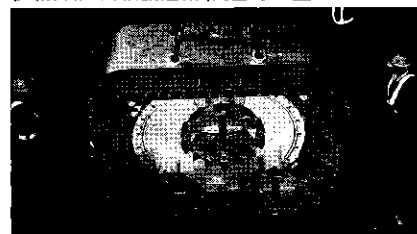
ボックス推進工法

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

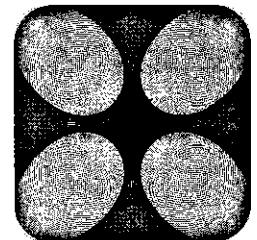
③ 狭路施工技術

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

- 電力回路や通信回路の構築
- 開かずの踏切の解決策として、軌道下の人運通路の構築
- 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>

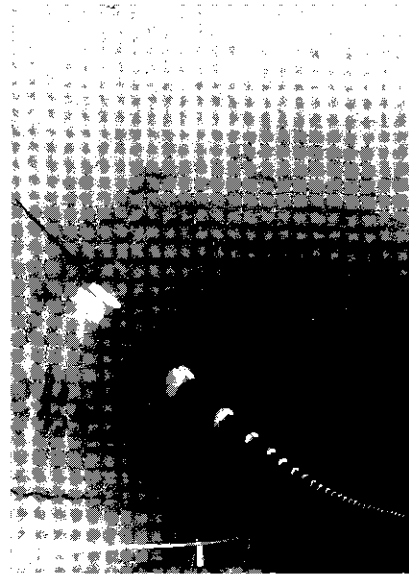
建設コンサルタント登録番号: 建23第9677号
測量登録番号: 登録第(2)-30507号
建設許可番号: 国土交通大臣許可(特-23)第19193号

※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。

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 **マイール**

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

最新型・電気集じん機

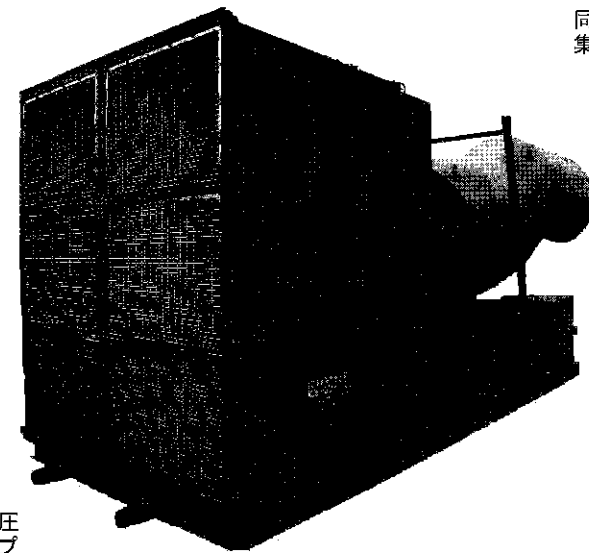
エコクリーンX

NEECS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
集じん機に比べおよそ1/4



処理風量
750m³/minから3000m³
/minまで製作実績あり

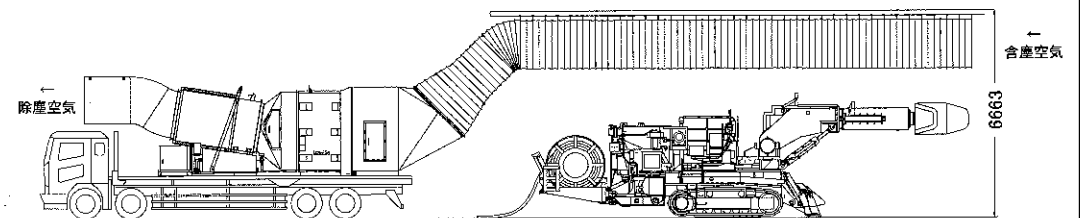
コンパクト
同クラス集じん
機の中で最小

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ご提供しております。
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：愛知県名古屋市中天白区植田東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



月刊推進技術

購読のご案内



年間定期購読料金 **12,337円** 1冊1,130円 (本体952円 税76円 送料102円)

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CO₂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、管路敷設に限らず、地下インフラの再構築の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっています。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039 加入者名：株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間定期購読料金12,337円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

月刊推進技術 編集室

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

〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201 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

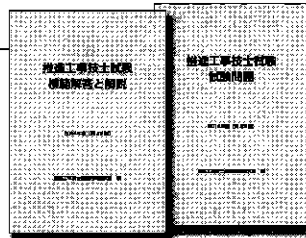
推進工事技士試験 過去13年間(平成14~26年度)

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(公社)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、管路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26年度版発売中!!

1. 内容と特長

- 過去13年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は別冊になっており実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出版箇所を明記

2. 価格

各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

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

これらのことをインターネットでご案内しています。

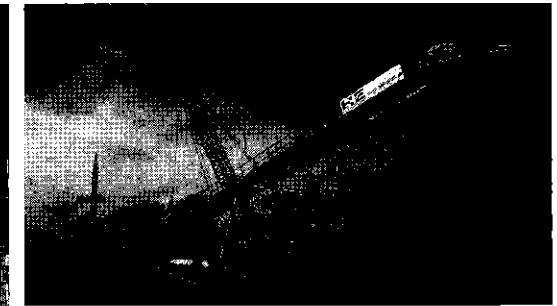
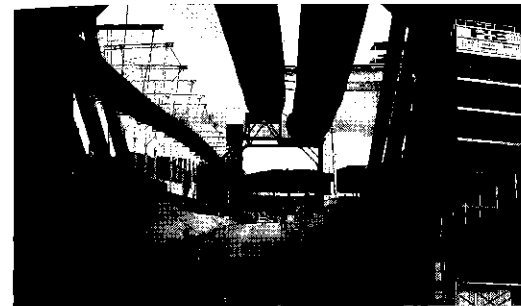
株式会社 LSプランニング

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

〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail oda@lswb.co.jp

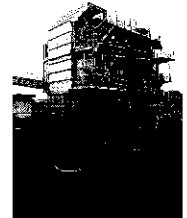
HE
H+E LOGISTIK GMBH

Clever Conveying



Tunnel Diameter: 7.10 m
Min. Radius: 1,000 m
Minera l: EPB
TBM Supplier: Herrenknecht
Conveyor Length: 2,500 m
Belt Width: 1,200 mm
Capacity: 2,000 t/h
Installed Power: 2×355 kW
Belt Storage Capacity: 400 m / vertical

Tunnel Diameter: 11.30 m
Min. Radius: >457 m
Minera l: EPB, Hard Rock
TBM Supplier: Herrenknecht
Conveyor Length: 5,410 m
Belt Width: 1,000 mm / 1,600 mm
Capacity: 1,200 t/h
Installed Power: 4×160 kW, 2×90 kW
Belt Storage Capacity: 2×300 m / horizontal



H+E Logistik GmbH
日本代理店



山崎マシーナリー株式会社

担当：渡邊

〒438-0216 静岡県磐田市飛平松216番地1
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410

VOLVO 建設機械

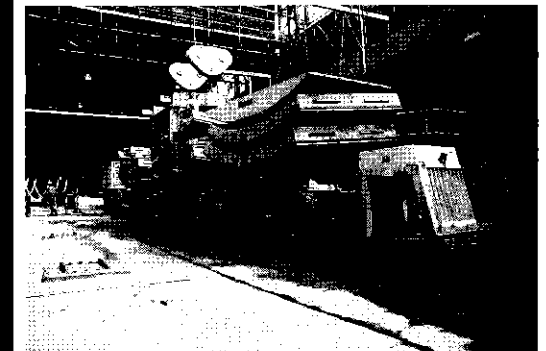
TMS Techni-Metal Systèmes

高い作業性とクールなデザインが人気
年々強化される排ガス規制にも対応



ボルボ建機社 日本代理店 担当：浅野
(直通) TEL0538-66-1215 FAX0538-66-6162

多目的運搬台車
4次オフロード法取得 レールからの解放

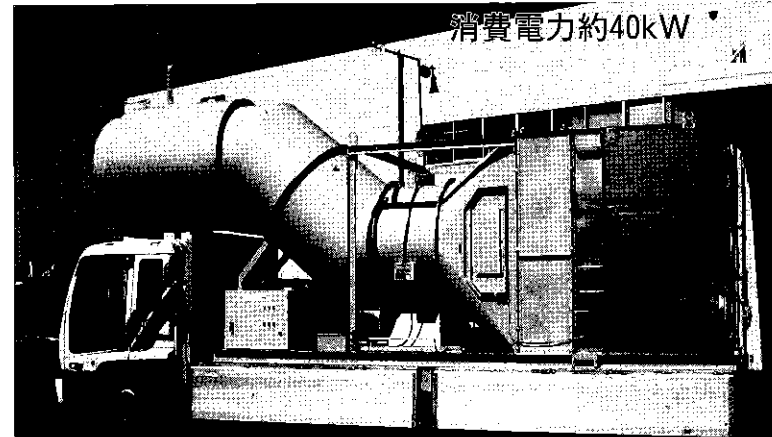


TMS社 日本代理店
担当：渡邊



山崎マシーナリー株式会社

〒438-0216 静岡県磐田市飛平松216番地1
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410



消費電力約40kW

4t車にらくらく搭載
軽量コンパクト

※坑内設置例

National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ)



取扱レンタル商品

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

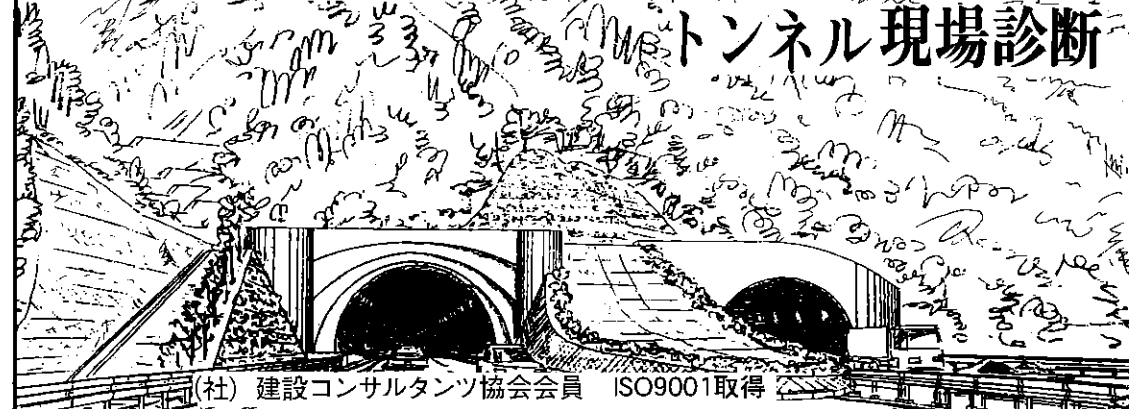
株式会社 レント

特機営業課 担当者 工藤

〒134-0093 東京都江戸川区二之江町1409-1 TEL: 03-5667-7803 FAX: 03-3804-6053

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

道路,トンネル設計 (本土工,換気,防災,照明,施工管理他)



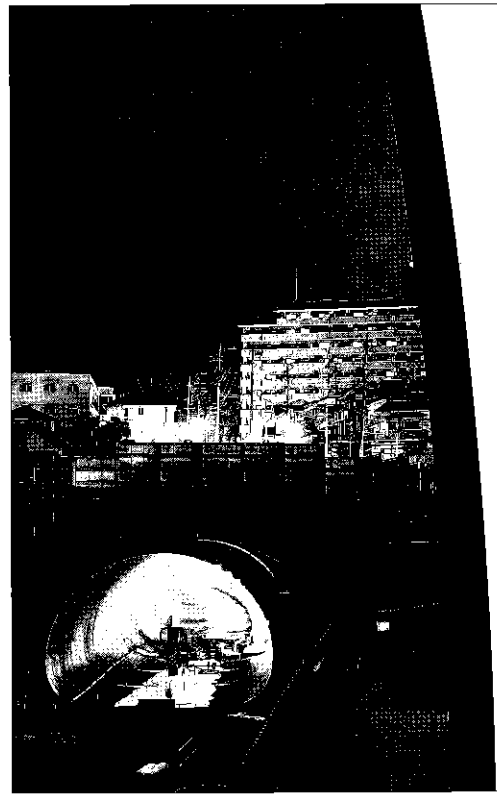
トンネル現場診断

(社)建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

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

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



振動
マネージメント
ソリューション

近接地に住居が存在する場合、振動の予測と管理を複雑高度な技術に頼らざるを得ません。利害関係は多岐にわたるので失敗をする余地は殆どありません。トンネル、道路、トレンチ、港湾、パイプライン等の掘削は、今後ますますコスト高となり、時間のかかる作業となってきました。

オリカ社は、日々直面するチャレンジに対する方策を見出す為に、全世界の技術研究所と技術力を使って前向きな考え方で取り組んでおります。その成果は電子雷管eDevilや発破デザインソフトであるShotPlus-T また、各種の爆薬に表れておりご理解頂けるものと思っております。

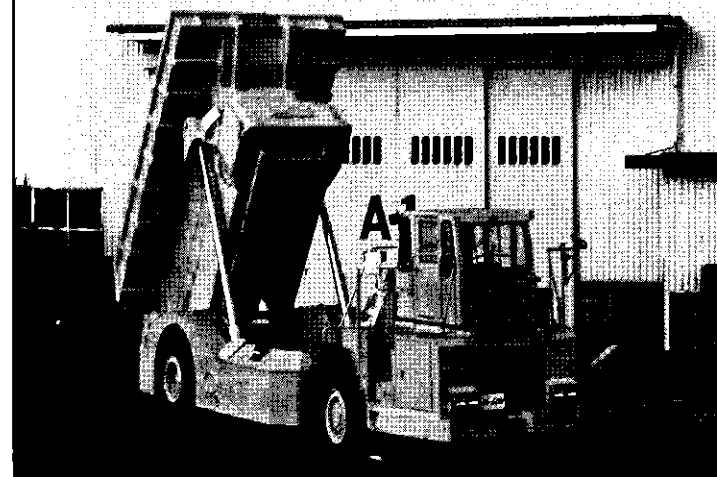
一日でも早く完工する為に、日々の発破のモデル化、計測そして効率化を図っております。オリカ社がどのような形で貴社のお手伝いを出せるかについてorica.com/edevillにアクセスしてeDevil Case Studyのビデオをご覧になって下さい。

orica.com



MIWA K-40N KIRUNA

K-40Nトンネルズリ運搬車
オフロード法 2014年排出ガス基準適合エンジン搭載車



最新型コンテナ式運搬車

特徴

1. 工期短縮
2. 運搬車両台数の削減
3. 坑内作業環境の向上
4. ズリ搬出制約の対応
5. 多目的使用

MIWA 三輪運輸工業株式会社

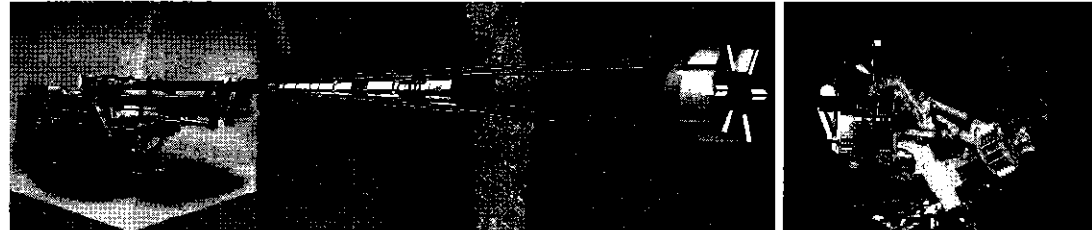
流れすみやかに1トランスポート・インベーション ミワ・システム車両

本社 〒651-0072 神戸市中央区臨浜町2-1-16
TEL:078-251-5001 FAX:078-251-4525
プロダクトカンパニー 〒675-0155 兵庫県加古郡播磨町新島39
TEL:079-435-5115 FAX:079-435-1565
<http://www.miwa-gr.co.jp>

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

- 断層破砕帯や湧水をとまなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実にこなせ、施工時間が大幅に短縮できます。
- 2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比べて大幅に向上しました。



KOKEN 鉦研工業株式会社

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

お問い合わせ先: エンジニアリング本部 エンジニアリング部
TEL. 03-6907-7512 FAX. 03-6907-7522

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

北海道支店: (011)561-4961
大阪支店: (06)6385-0350

東北支店: (022)762-6075
中国支店: (083)972-8757

信越支店: (025)275-6877
九州支店: (092)924-5001

首都圏事業部: (03)-6907-7511
海外事業部: (03)-6907-7515

ゴムクローラ式エレクター付 コンクリート吹付システム 『新型スコピオン NSCPI-TN』



安全・操作性を徹底的に追求した次世代型吹付機！
状況に応じキャッチャーやポンプの選択が可能！

項目	仕様	仕様	項目	仕様	仕様
1. 型式	NSCPI-TN	NSCPI-TN	12. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN
2. 寸法	全長 10450 mm 全幅 2100 mm 全高 3100 mm	全長 10450 mm 全幅 2100 mm 全高 3100 mm	13. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN
3. 重量	約 4500 kg	約 4500 kg	14. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN
4. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN	15. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN
5. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN	16. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN
6. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN	17. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN
7. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN	18. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN
8. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN	19. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN
9. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN	20. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN
10. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN	21. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN
11. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN	22. 吹付機	NSCPI-TN	NSCPI-TN

T&M Tunnel & Mining

ニシオティ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
- 東北営業所 TEL:0197-71-2405
- 東日本支店 TEL:0268-62-1426
- 浜松営業所 TEL:0538-66-0166
- 西日本支店 TEL:072-677-2101
- 九州支店 TEL:0982-26-2111
- 福岡営業所 TEL:092-976-6331

【好評発売中】

わかりやすい 土木地質学

大島洋志 監修
B5判 209頁 本体価格2,500円 円340円

主要目次

- 序編 トンネルと地質の関わり
- 1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質
- 第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学
- 1. 地球の構造 2. 地層や岩石の分類 3. 地質作用 4. 地質構造 5. 地形と地質との関わり 6. 日本の地質 7. 地下水
- 第II編 トンネル工事と地質条件
- 1. 路線選定と地質条件 2. トンネル工法・掘削工法と地質条件 3. 掘削方式と地質条件 4. トンネル掘削に伴う地質的現象
- 第III編 地質調査法
- 1. 地形・地質調査一般 2. 既存資料調査 3. 空中写真判読 4. 地質踏査 5. 弾性波探査 6. 電気探査 7. その他の物理探査法 8. ボーリング調査 9. ボーリング孔を利用して行う調査 10. 室内試験 11. 調査坑調査(施工・維持管理段階の調査含む) 12. 水文調査・地下水調査 13. 立地条件調査
- 第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方
- 1. 調査の基本 2. 地山条件の調査の流れ 3. トンネル工事のための地山評価法 4. 調査の成果

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

株式会社 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

入出坑管理システム

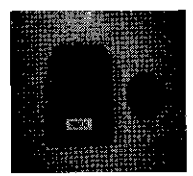
ICタグを用いて、入出坑情報をリアルタイムに管理するシステムです。

当社独自システム最大の利点は

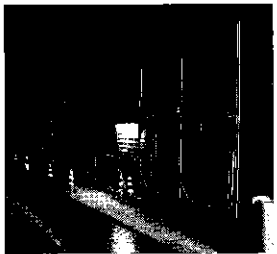
- 1) ダンプ、トラミキ、乗用車等の全ての車両に乗車したままゲート通過しても、検知する事が可能。
- 2) 坑内連絡車に複数人が乗車していても、全てのICタグを検知する事が可能。

- ・ズリ出し等で一時的に出坑した際も検知するので、実際の入坑者を正確に把握する事が可能。
- ・離れた現場事務所では、携帯電話回線でリアルタイムに管理が可能。
- ・現場毎の条件に合わせたシステム変更に対応致します。

※別途 ダンプ運行管理システムもございます。



ICタグ

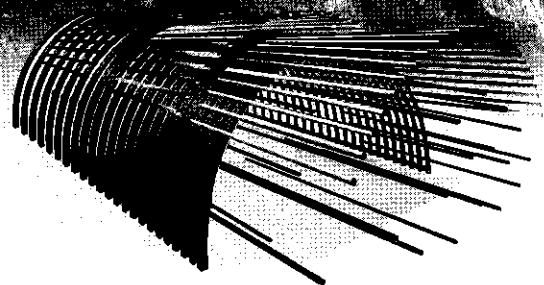


坑口部ゲート設置状況

《開発元》
東海プラネット株式会社
東京本社 東京都国分寺市本町2-23-5
ラフィネ込山3-503
TEL: 042-321-1910 FAX: 042-322-6973
URL: <http://www.tokai-planet.co.jp>

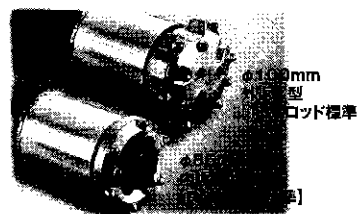
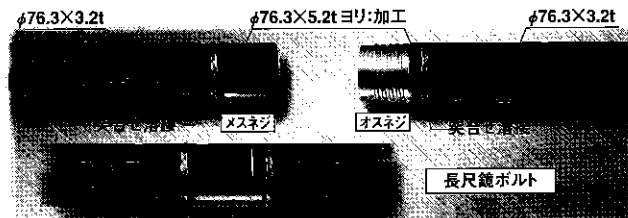
《問い合わせ先》
株式会社アローズ 代表取締役佐川和矢
Mobile: 080-1604-1097 (365days 24h OK)
〒168-0064 東京都杉並区永福2-36-4-107
TEL: 03-3327-7089 FAX: 03-6800-2163
E-mail: ksagawa@arrows-sgw.com
URL: www.arrows-sgw.com

ユニークな発想でVEを提案



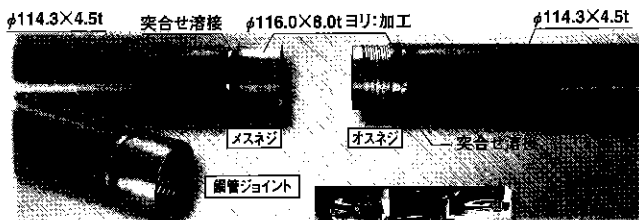
FIXチューブ(S型)

- ※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!

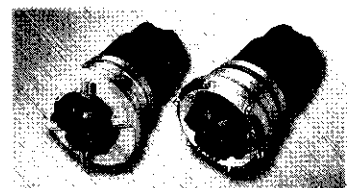
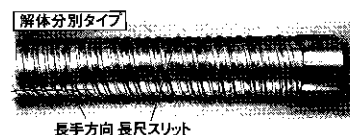


曲げ耐力30%UP!!



接撓部の抗折力試験 (報告書あります)

撤去管の選択



STD BITS (ロストリング方式)

規格	外径	刃径
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



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



100.0m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

【TWS型濁水処理装置の特徴】

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

《汎用車両全般》



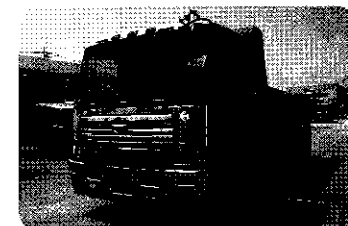
VOLVO ダンプトラック (A25CTS, A25CTR, A20/30CT)



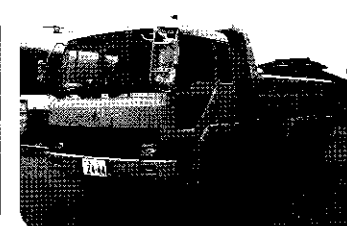
10T ミキサー



4.5mベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T 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

■巻頭言

磨き続ける土木の知恵

増永 修平.....5

■研究

防音扉と簡易設置型吸音体によるトンネル発破低周波音低減システム

増田 潔・田中ひかり・須藤 敏明.....43

■報告

これまでの地震対策への取組み(1)

JTA技術委員会保守管理小委員会.....51

■施工

地すべり地内および長崎自動車道直下のトンネル掘削

—九州新幹線西九州ルート 大草野トンネル—

酒井 龍一・橋本 浩史・杉山 徹.....7

28日間の連続対面通行規制で高速道路トンネルの剝落対策を実施

—札幌自動車道 若竹トンネル・朝里トンネル—

覚張 浩志・武田 隆輔・水口 大輔・竹本 敬介.....15

ヤマモト 破がんき 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2丁目4番1号 丸の内ビル 903区
 ☎ (03)3201-0701(代)

工場 広島県庄原市東城町川西424-1 ☎ (08477)2-2137(代)

仙台営業所 (022)792-4534(代) 大阪営業所 (06)6531-1571(代) 高知営業所 (088)892-4048(代) 九州営業所 (092)471-0381(代)

地盤変位対策を併用したコンパクトシールド工法による工期短縮

—八街市 大池第三雨水幹線—

千脇 幸治・渡邊 広己・大島 知幸・稲葉 靖.....25

■連載講座

山岳トンネル覆工の長寿命化技術(最終回)

—覆工の補修・補強(技術②)—

「山岳トンネル覆工の長寿命化技術」連載講座小委員会.....59

■現場だより

「バラ・そば・徳内ばやしのまち」村山市より

上野 将史.....24

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

我が夢とロマンの土木屋人生

篠原 満.....33

■資料

土木情報

編集部.....42

工法・技術・製品ニュース

編集部.....66

トンネルジャーナル

編集部.....58

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会.....67

■会報

会報

日本トンネル技術協会.....69

【表紙説明】

地盤変位対策を併用したコンパクトシールド工法による工期短縮

—八街市 大池第三雨水幹線—



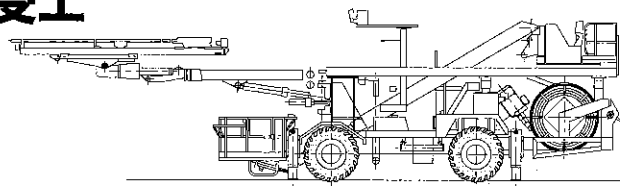
千葉県八街市では、近年の急激な都市化に伴う浸水被害の低減を目的とした大池排水区雨水整備事業を推進している。このうち、大池第三雨水幹線工事は、路線延長1,418 m、内径2,400mmの管渠をコンパクトシールド工法で施工するものである。路線は、重要インフラが多数埋設されている国道409号直下の崩壊性が高い成田砂層を掘進することから、地下埋設物などへの影響を抑制するための地盤変位対策、および二次覆工を省略したセグメントの採用による工期短縮と経費削減を行った。写真は、坑内全景である。

[写真提供：八街市](本文25頁参照)

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

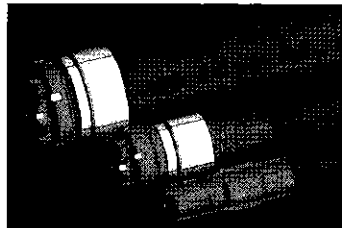
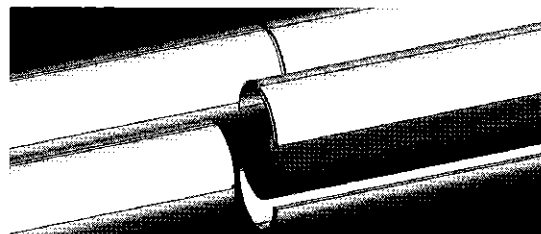
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



AGF-Me工法

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

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



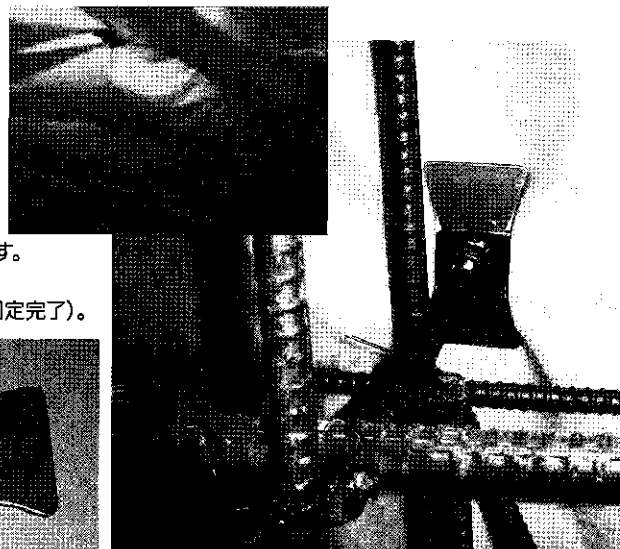
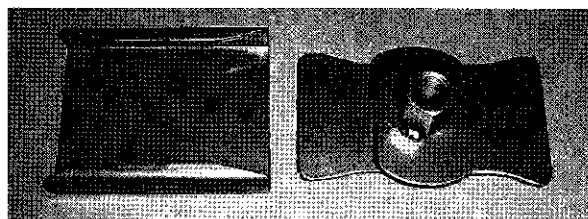
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリップ

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社
TOHO KINZOKU Co., LTD

営業部

〒541-0051
大阪府大阪市中央区備後町2-4-9 日本精化ビル2階
Tel: 06-6229-9881 Fax: 06-6229-8150
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〕

小山 幸 則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

〔幹 事〕

居 相 好 信 株式会社大林組生産技術本部統括部長	西 岡 和 則 鹿島建設株式会社土木管理本部統括技師長 (兼)土木管理本部土木工務部トンネルグループ長
伊 藤 聡 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 株式会社竹中土木常務執行役員
岩 田 美 幸 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	松 原 利 之 飛鳥建設株式会社土木事業本部 エンジニアリング部部长
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	八 木 弘 株式会社高速道路総合技術研究所参与(外環担当) 道路研究部トンネル研究担当部長
小 松 敏 彦 前田建設工業株式会社土木事業本部土木部 担当部長(トンネル)	吉 富 幸 雄 大成建設株式会社土木本部土木技術部 トンネル室参与
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	渡 邊 修 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

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	I175/D6	M3
メーカー名	テスメック	テスメック	テスメック
掘削幅 cm	60	75	90
掘削岩の硬さ(最大)	500kg/cm ²	700kg/cm ²	800kg/cm ²
重量 t	36	40	40
長さ m	13.0	10.8	11.2
幅 m	2.5	3.2	2.67
高さ m	3.30	2.86	3.41
エンジンの出力 PS	300	402	350

※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〕

小山 幸則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

〔編集参与〕

大島 洋志 国際航業株式会社技術本部最高技術顧問 首都大学東京客員教授	松浦 将行 地方共同法人日本下水道事業団理事
木谷 日出男 国際航業株式会社フェロー技術本部 土地盤研究担当	山田 隆昭 株式会社ネクスコ東日本エンジニアリング 常務取締役
今田 徹 東京都立大学名誉教授	

〔委員〕

家壽田 昌司 東京都下水道局建設部設計調整課長	真下 英人 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長	八木 弘 株式会社高速道路総合技術研究所参与(外環担当) 道路研究部トンネル研究担当部長
谷内 雅之 東京都交通局建設工務部計画改良課長	焼田 真司 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室長
中谷 誠一 東京都水道局建設部工務課長	山本 武史 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
沼田 敦 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 技術基準担当課長	綿引 秀夫 東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー 工務部管路・土木技術担当

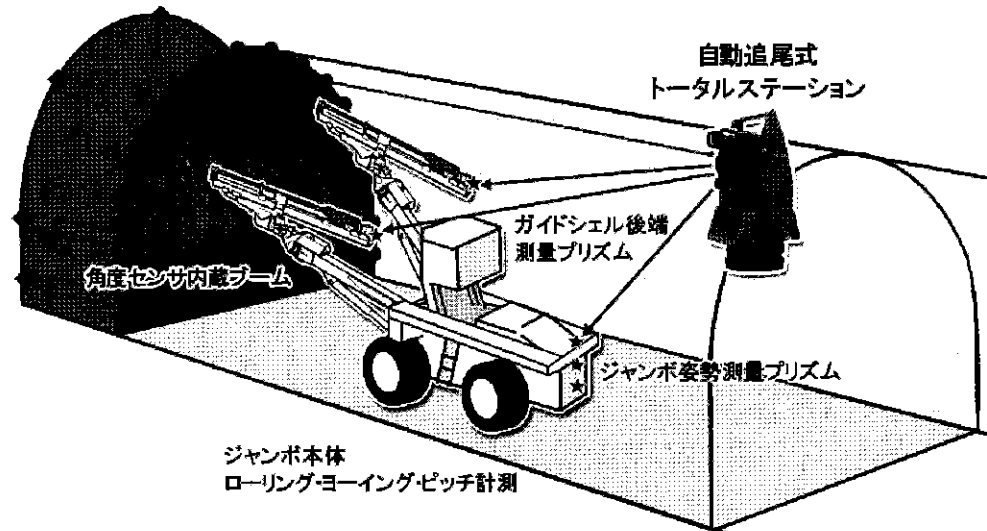
W ワールド開発工業株式会社

●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/>

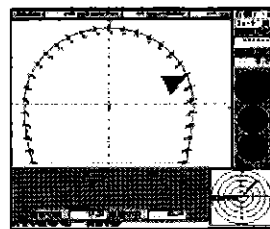
自動追尾式余掘り低減システム

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 古河ロックドリル株式会社
FURUKAWA

〒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

地すべり地内および長崎自動車道直下のトンネル掘削

—九州新幹線西九州ルート 大草野トンネル—

鉄道・運輸機構 酒井 龍一

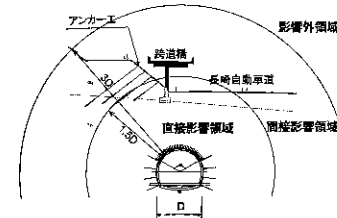
九州新幹線西九州ルートは、武雄温泉・長崎間(工事延長約67km)で整備が進められている。大草野トンネルは、佐賀県武雄市と嬉野市の市境に位置する延長559mの山岳トンネルである。同トンネルは、旧地すべり地内を通過後、長崎自動車道と土かぶり約12mで交差するため、旧地すべりを再活動させないようトンネル掘削を行うこと、長崎自動車道への影響を迅速に把握し、走行車両の安全性を確保することが求められた。そこで、旧地すべりに対し抑止杭の施工を行うとともに、長崎自動車道への影響を迅速に把握するため、常時の観測体制を構築した。

本稿では、大草野トンネル入口付近の施工計画と施工結果について報告する。

Tunnel through Landslide Mass and beneath the Nagasaki Expressway—Kyushu Shinkansen Nishi-Kyushu Route Okusano Tunnel—

By Ryuichi Sakai, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

The Kyushu Shinkansen West Kyushu Route has been constructed between The Takeo Onsen Station and The Nagasaki station (approx. 67 km of construction length). The Okusano Tunnel is a mountain tunnel of 559



図は大草野トンネルと長崎自動車道の位置関係

m in length, located on the border between Takeo city and Ureshino city in Saga Prefecture. It passes transversally under the Nagasaki Expressway with cover of approx. 12 m after passing through previous landslide mass. We had to excavate not to reactivate the landslide and ensure the safety of travelling vehicles by promptly grasping the effects of excavation on the Nagasaki Expressway. Consequently, we constructed a usual monitoring system in order to promptly understand the effects on the Nagasaki Expressway, in addition to installing landslide prevention piles.

This report contains the construction plans and results around a portal of the Okusano Tunnel.

28日間の連続対面通行規制で高速道路トンネルの剥落対策を実施

—札幌自動車道 若竹トンネル・朝里トンネル—

東日本高速道路(株) 寛張 浩志

本稿は、供用後41年以上が経過した札幌自動車道の若竹トンネルと朝里トンネルの覆工補修工事の施工結果について報告する。補修工事にあたっては、上り線トンネルを28日間の対面通行規制を行ったうえで、下り線トンネルを通行止めにして作業を実施した。このため、対面通行を行うための車線切替え工事や車線分離標設置のほか、路面標示工、仮設のトンネル情報板、広報対策工などの安全対策を実施した。補修工事は、一部の覆工コンクリートアーチ部に設置されている補強鋼板の撤去後に、4種類の剥落防止対策工や、背面空洞注入、漏水防止板設置などを行った。

今回の長期間の対面通行規制は北海道支社初の試みであり、入念に行った高速道路利用者への広報、標識や掲示板による注意喚起などの結果、規制期間を無事故、無災害で終えることができた。

Preventive Measures to Spalling of Tunnel Lining Concrete through 28-day Temporary Two-lane Expressway—Sasson Expressway Wakatake Tunnel, Asari Tunnel—

By Hiroshi Gakubari, East Nippon Expressway Company Limited

This report contains construction results for lining repair works in the Wakatake tunnel and the Asari tunnel on the Sasson Expressway which has been in service for over 41 years. The repair works were implemented by adopting two-lane traffic regulations for 28 days on the Otaru-bound lanes after closure of all traffic on the Sapporo-bound lanes. We provided safety measures such as road markings, temporary tunnel information panels and installation of PR banners, in addition to lane switching works and the installation of median cones in order to place the temporary two-lane traffic. We executed four types of preventive measures to spalling, backfill grouting and the installation of drip protection plates after removal of a part of steel reinforcement installed on tunnel lining concrete.



写真は既設鋼板の撤去状況

These long-term two-lane traffic regulations were the first trial of their kind by the Hokkaido branch and it was able to complete these works with no accidents or disasters during the regulated period as a result of carefully conducted PR for expressway users and reminders with traffic signs and banners.

千葉県八街市では、近年の急激な都市化に伴う浸水被害の低減を目的とした大池排水区雨水整備事業を2002年度から推進している。大池第三雨水幹線工事は、路線延長1,418m、内径が2,400mmの雨水を流集する管渠をコンパクトシールド工法で施工するもので、掘進路線は、国道409号直下で重要インフラが多数埋設されているうえ、掘削土層は崩壊性が高い成田砂層で構成されている。

本稿では、地下埋設物などへの影響を抑制するための地盤変位対策および二次覆工を省略したセグメントの採用による工期短縮と経費削減の取組みについて報告する。

Reduce Construction Duration using Compact Shield Tunneling in Conjunction with Various Preventive Measures to Ground Displacement—Yachimata City Oike No.3 Stormwater Sewer Main—

By Koji Chiwaki, Yachimata City



写真は坑内全景

Yachimata City in Chiba Prefecture has promoted the construction project of Oike drainage district stormwater sewer with the aim of reducing inundation damage due to recent drastic urbanization since 2002. Building works of the Oike No.3 Stormwater Sewer Main are to install pipes of 1,418 m in length and 2,400 mm in diameter which drain stormwater using compact shield tunneling. The geology on excavation route is composed of Narita sand with high collapsibility and the route runs parallel to the national route 409 under which many important infrastructure installations are buried.

This report contains efforts to reduce construction duration and cost by adopting tunnel segments which can save secondary lining as well as preventive measures to ground displacement in order to control the effects on underground installations.

山岳トンネル工事において発破時に発生する低周波音の低減対策として、二重防音扉を用いることが多い。しかし、想定される効果に対して十分な遮音性能が得られない場合があり、その原因として扉の振動特性の影響がもっとも大きいと考えられていた。

本稿では、実際の発破現場における詳細な低周波音測定および扉の振動測定を実施して、二重防音扉の遮音効果の低下原因が、扉の振動特性だけではなく、二重防音扉間の空間の共鳴現象にあることを明確にした。さらに、低周波音用のヘルムホルツ吸音体を、二重防音扉間に重機通路を確保しつつ、複数配置することで、空間の共鳴現象を低減して従来の二重防音扉の遮音性能を向上させる技術について説明する。

Reduction System of Low Frequency Noise Generated by Tunnel Blasting using Sound-proof Doors and Easy-to-install Resonator Blocks

By Kiyoshi Masuda, Taisei Corporation

Double sound-proof doors are mostly used as a preventive measures to reduce low frequency noise which is generated by blasting of mountain tunnel works. However, they may produce less effect of noise reduction than expected, and it has been considered that vibration characteristics of doors have significant effects on the result.



写真はレゾネータブロックシステム

This report clarifies that the cause of reduction in the sound insulation effects of double sound-proof doors is not only the vibration characteristics of sound-proof door but also the resonance phenomenon of spaces between double sound-proof doors by detailed measurements of low frequency noise and door vibration characteristics at actual blast site. Furthermore, this report expound the technique which reduces the resonance phenomenon of space and improves sound reduction performance of traditional double sound-proof doors, by installing multiple Helmholtz resonant absorbers for low frequency noise between double sound-proof doors with ensuring passage for heavy machinery.

トンネルは、地震に強いと考えられてきたが、これまで数回の地震により被害を受けてきた。JTA技術委員会保守管理小委員会では、2012年から3年間にわたりこれまでの地震被害により得られた知見がどのように活かされてきたか各事業者などの取組みを整理することによって、現時点におけるトンネルの地震対策の総括の共有化などを目的とし、調査・研究を続けてきた。

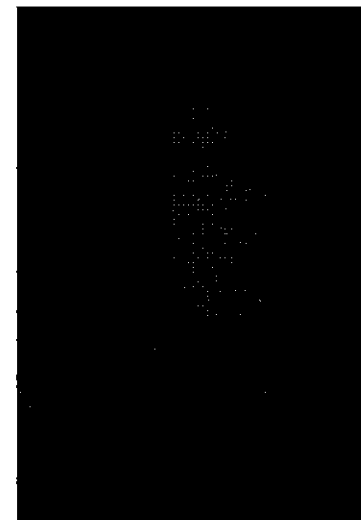
本稿では、今号と次号の2回にわけて、これまでのトンネルにおける地震対策の遍歴について、災害が発生した主要な地震として兵庫県南部地震、新潟県中越、中越沖地震、東北地方太平洋沖地震を挙げ、具体的な事例をもとに地震による被害と対策を述べるとともに、過去の地震被害による対策がその後の地震時においてどう活かされていたか振り返りを述べつつ整理した。

Recent Anti-Seismic Measures of Tunnels (1)

JTA Technology Committee, Maintenance Management Subcommittee

In the past, tunnels were thought to be earthquake-proof structures but there has been a number of cases of damage from earthquakes up to the present. The JTA Maintenance Management Subcommittee has continued to survey and study the expedients which have been reflected knowledge obtained from earthquake damage for three years since 2012 through organizing the anti-seismic measures of each public utility corporation with the aim of sharing summaries of current anti-seismic measures of tunnel.

This report shows in two issues the specific earthquake damages and specific anti-seismic measures of each corporation at the major earthquake which caused severe disaster such as The Southern Hyogo prefecture earthquake in 1995, Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004, The Niigataken Chuetsu-oki Earthquake in 2007 and The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake and the way to reflect past earthquake damages to subsequent anti-seismic measures of each corporation.



写真は神戸市高速道路大開駅の中柱の破壊状況

管理しながらコンクリートを育てる

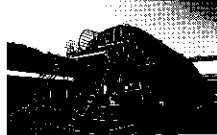
NETIS登録No.CB-120032-A

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

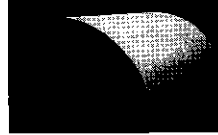
加温養生（型枠）



第二養生

加温と湿潤を同時に行い品質向上

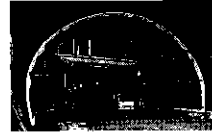
加温・湿潤養生



第三養生

保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ

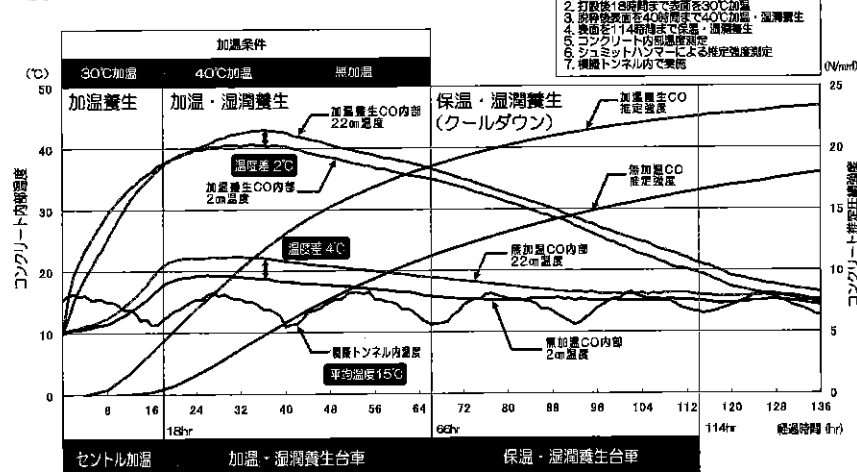
保温・湿潤養生



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 岐阜県瑞穂市田之上 811 番地 TEL 058-257-1000(代) FAX 058-257-1013
営業部本部 TEL 058-257-1001 東京支店 TEL 03-5836-0531 札幌営業所 TEL 011-374-7027
仙台営業所 TEL 022-259-2239 九州営業所 TEL 092-918-3880 宮古出張所 TEL 0193-77-5472

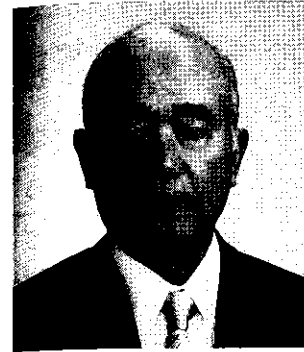
【製作・販売協力】

TECHNO
テクノプロ株式会社

TOUJOU
株式会社 東 宏

巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)



磨き続ける土木の知恵

鹿島建設(株)専務執行役員土木営業本部長(本協会理事)

増永修平

今から51年前の1964(昭和39)年10月10日、第18回オリンピック競技大会が東京で開催し、その9日前の10月1日に、世界初の高速鉄道として東海道新幹線が開通した。この中で難工事の一つに新丹那トンネル工事がある。

新丹那トンネルは「世界の地質の宝庫」といわれるほど地質が多様で、細砂と高地圧、そして大量の水に囲まれていたという。実際に、施工中に切羽からの大出水に遭遇したが、黒い濁水を見た坑内員の「全員退避」の声に、間一髪事なきを得たそうである。当時の担当社員は、「流出する水の色、クラック、山鳴り…自然は必ずサインを送ってくる。坑内員の豊かな経験と、旧丹那トンネルでのデータがそれを教えてくれた」と語っている。

2020年に2度目の東京オリンピックが開催される。それに間に合わせることはならないが、いよいよニア中央新幹線の工事が本格的に始まった。今回のプロジェクトには、長大山岳トンネルや大深度地下シールドトンネルなどの過去に例を見ないような難工事があり、わが国の土木の総力をあげて挑まなければならない。

現在の山岳トンネルの代表的工法であるNATMが国内で主流となったのは、東海道新幹線開通後の1970年代であり、その後の50年間でトンネル掘削技術は大幅に進歩した。

最近では、切羽前方の地山評価システム、切羽崩壊の危険性予測システムなど、現場の技能労働者や技術者の判断を補う各種の技術が開発されている。また、長孔発破により月進距離が350mを超えるなど、掘削の高速化も進んでいる。

山岳トンネルにおいては、掘削時の計測データを参考にしながら技術者が切羽を直接観測し、それらを総合的に判断して支保パターンの決定などを行っている。また、シールドトンネルにおいては、シールドから得られる各種掘削データを参考にしながら技術者が地山の状況を推測し、次のステップの施工方法を決定している。

土木の現場では、このようにさまざまな計測データをもとに現場の状況を予測しながら、技術者が過去の経験などを含めて検討し、最終的な判断を下すということが昔から行われてきた。技術が進化し、膨大な計測データが得られるようになった現代においても、この本質は変わらない。

土木技術者がこうした判断を下す際、現場の最前線で活躍する技能労働者の意見が果たす役割は非常に大きい。何十年もの間、直接自然に働きかけてきた彼らの経験や感覚は、時に最先端の計測機器の性能をも上回ることがある。冒頭でも述べたように、現場における匂い、感触、音など、人間の五感をフルに活用して変化の兆しを感じ取る。土木工事におけるこうした人間の感覚は、さまざまな技術が発達した現代においても欠かすことができない。

技術の進歩により、従来人間が判断しなければならなかった領域が、次第に機械でカバーされるようになっていくであろう。それでも、人間が判断しなければならない領域は必ず残る。100年、200年の時間をかけて開発した技術をもってしても、何万年もかけて形成された地山を完全に克服することはできない。われわれは自らの技術に対して謙虚な気持ちを失ってはならないのである。加えて、技術が進めば進むほど、ともすれば昔のように技術者自身が自然と対峙し知恵を絞る機会が減り、その結果、人間の判断力が低下することにつながりかねない。このことは、普段は気づかれることはなく、異常事態が生じたときに思い知らされることになる。技術に過度に依存することなく、技術を活用して的確な判断を下せる技術者の育成が求められる。

さらに、熟練技能労働者の高齢化および若手入職者の減少により、現場の最前線で自然と向き合い、現地の状況を的確に把握できる能力を持った人材が今後不足すると予想されている。こうした事態をわれわれは深刻に受け止め、若手技能労働者への技術伝承や、技能労働者の生産性向上、就労環境の改善を通じた若手入職者の増加に向けて、産官学一体となって取り組んでいく必要がある。

土木は自然に働きかける営みである。技術の進歩によってデータや知識は増え続ける。それらを駆使し、自然の怖さを忘れずに自然に果敢に挑戦するためには、土木技術者、技能労働者が一体となって、知恵を磨き続けることが求められる。

施工

地すべり地内および長崎自動車道直下のトンネル掘削

—九州新幹線西九州ルート 大草野トンネル—

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局武雄鉄道建設所担当副所長 酒井 龍一
 鉄道・運輸機構九州新幹線建設局武雄鉄道建設所長 橋本 浩史
 東亜・あおみ・森永特定建設工事共同企業体所長 杉山 徹

1 はじめに

九州新幹線西九州ルートは、武雄温泉・長崎間(工事延長67km)の工事実施計画が2012(平成24)年6月に認可され、整備を進めている(図-1)。

大草野トンネルは、佐賀県武雄市と同県嬉野市の市境に位置する延長599mの山岳トンネルである。2014(平成26)年11月より起点方から掘削を開始し、2015(平成27)年7月末時点での掘削延長は、390mを超えたところである。

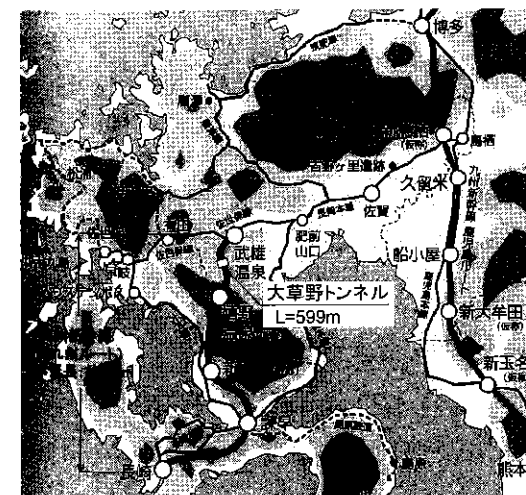


図-1 大草野トンネル位置図

2015年(平成27年)11月

大草野トンネル入口付近の掘削にあたっては、活動休止中の古い地すべり(以下「旧地すべり」という)地内を通過するとともに、長崎自動車道および武雄市道860号東西川登線(以下「長崎自動車道等」という)と土かぶり約12~16mで交差する。このため、旧地すべり地内の掘削において地すべりの再活動を抑制するとともに、長崎自動車道等の構造物および走行車両への影響を抑制することが課題となった。

本稿では、大草野トンネル入口付近の旧地すべり地内および長崎自動車道等との交差部にかかわる施工計画および施工結果について報告する。

2 地形・地質概要

大草野トンネル坑口周辺の土地利用状況は、おもに茶畑であり、坑口より約140m地点において長崎自動車道等と交差する。長崎自動車道等は、切土・盛土構造により構築されており、法面には現場打ち法枠およびアンカー工が施工されている。また、武雄市管理の跨道橋がトンネル直上で交差しており、これら構造物への配慮が必要となる(写真-1)。

大草野トンネル入口付近地質縦断面図を図-2に示す。小土かぶり区間および市道区間における地質

は、おもに古第三紀漸新世後期杵島層群の強風化砂岩(WWTss)と風化砂岩(WTss)で構成されており、地表部付近には第四紀完新世の崖堆積物(Dts)が存在している。小土かぶり区間において、長崎自動車道建設前の古い地形図および空中写真の判読、現地踏査の結果より、地すべり地形の特徴が見られるものの、現在の地形などからは地すべり活動を示す特徴は認められなかった。しかし、ボーリング調査結果の多くから、風化岩(WTss)と新鮮岩(Tss)の境界が明瞭であること、境界に粘土を挟むこと、粘土に鏡肌や条線が見られること、その境界が面的に広がり、連続性を持って分布することが確認されたため、風化岩の下面をすべり面とする旧地すべりと判断した。

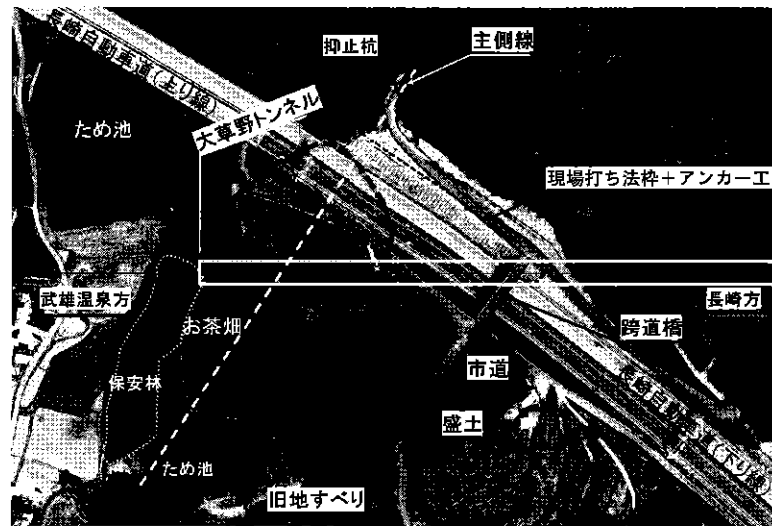


写真-1 大草野トンネル入口付近

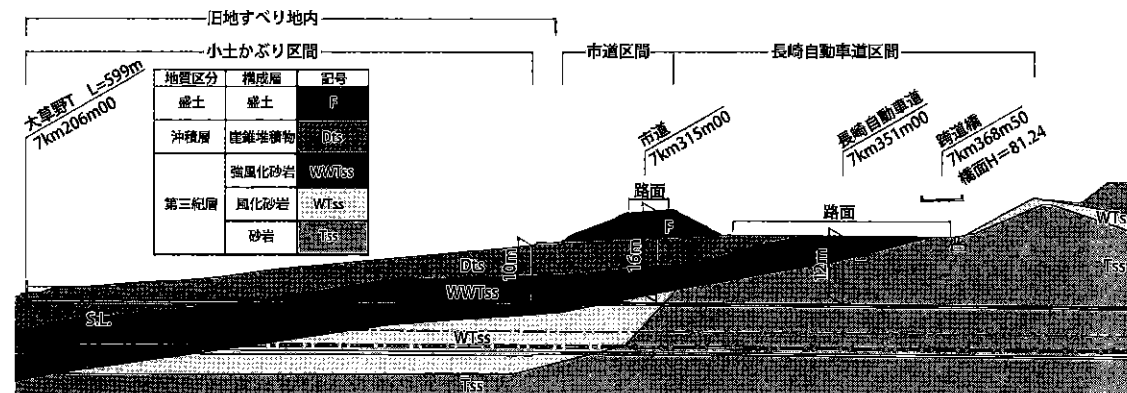


図-2 大草野トンネル入口付近地質縦断面図

一方、大草野トンネルと土かぶり約12mで交差する長崎自動車道区間の地質は、おもに古第三紀漸新世後期杵島層群の新鮮な砂岩(Tss)により構成されており、表層部付近には強風化砂岩(WWTss)が存在している。

3 旧地すべり地内の施工

3-1 地すべり対策工

3-1-1 地すべり安定解析

トンネル施工時および完成時における地すべりの安定解析を、二次元修正フェレニウス法により実施した。旧地すべりであるため、長崎自動車道建設前の地形において現況安全率 $F_{so}=1.00$ と設定のうえ、逆解析によりすべり面強度(粘着力 c 、

内部摩擦角 ϕ)を算出した。安定解析においては、長崎自動車道建設後の地形をモデル化しており、地下水位を安全側に地表面に設定した。また、トンネル完成時にはトンネル部の土塊重量の控除、施工時においては、トンネル掘削に伴う地下水位の低下を考慮した。

解析の結果、施工時の安全率は $F_s=1.09$ と必要な安全率($F_{sp}=1.05$)を確保したが、完成時の安全率は $F_s=1.06$ と必要な安全率($F_{sp}=1.20$)を確保できなかった。このため、地すべり抑止杭

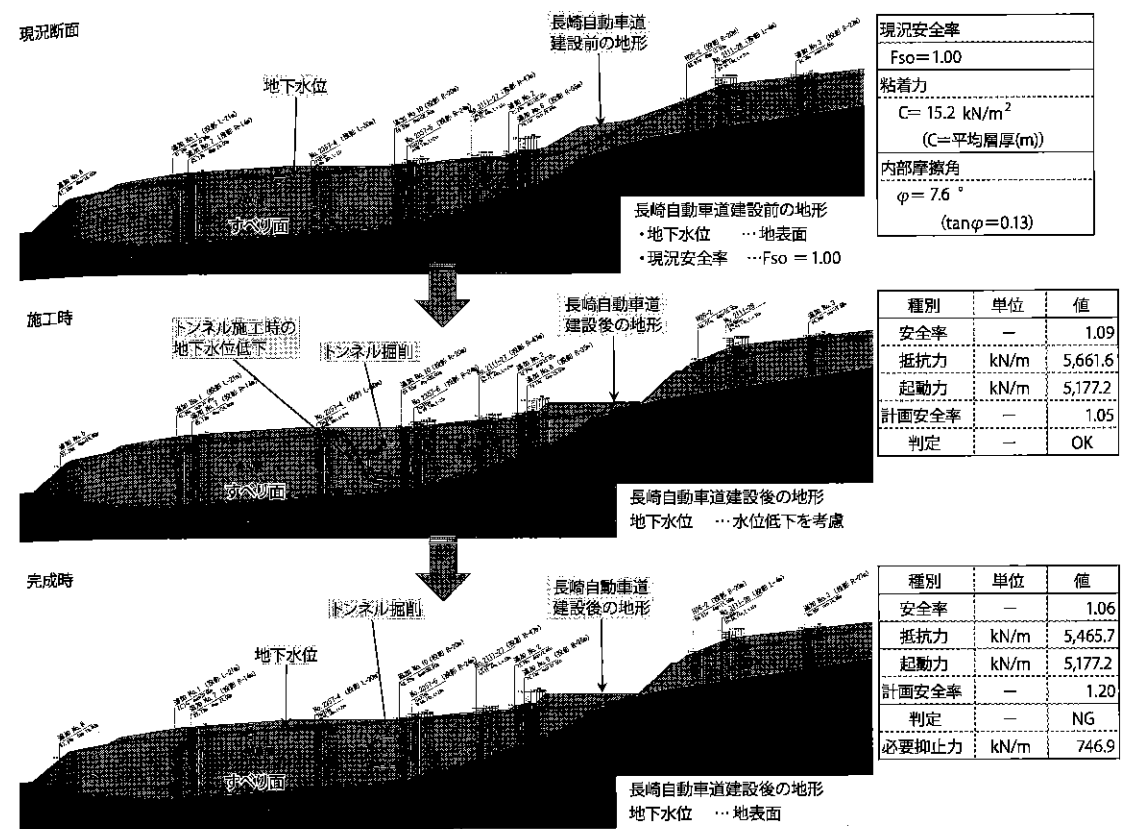


図-3 地すべり安定解析検討断面・結果

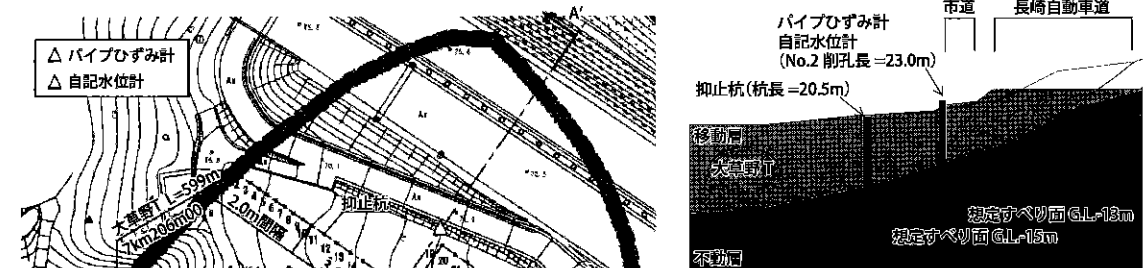


図-4 地すべり抑止杭および計測機器配置図

による対策工を検討することとした(図-3)。

3-1-2 地すべり抑止杭の配置計画

地すべり抑止杭の配置にあたっては、ロックボルトの干渉を避けるため、ロックボルト(3.0m)先端より1.0mの余裕長を確保した。また、事業

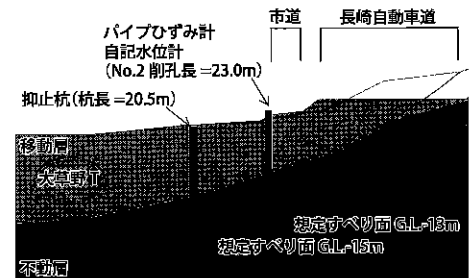


図-5 主側線断面図(A-A'断面)

用地内に設置するために抑止杭を3列に配置し、各列において打設間隔の1/2をラップさせる計画とした(図-4)。

地すべり抑止杭の設計は、上記の配置計画を基本に検討した結果、鋼管径 $\phi 550$ 、根入れ長約5~6m(杭長13~29m)、打設間隔2.0~3.9m、本数32本とした(図-4.5)。

3-1-3 地すべり抑止杭の施工計画

地すべり抑止杭の施工は、傾斜地での施工とな

ることから、掘削機械の据付けに伴う地表の改変を最小限に抑えるため、ダウンザホールハンマによる打設を計画した。

また、地すべり安定解析ではトンネル施工時に旧地すべりは再活動しない結果であったが、地すべり抑止杭施工時の振動が悪影響を及ぼす可能性を否定できないため、S.L.より45°の範囲内に打設する抑止杭(No.25~32)を、トンネル掘削に先行して打設することとした。

3-2 計測計画

計測項目は、旧地すべりの挙動(地すべり深度、ひずみ速度など)の把握を目的としたパイプひずみ計による地中ひずみ測定、および周辺地山の地下水水位の変化の把握を目的とした自記水位計による水位測定を計画した(図-4, 5)。計測頻度は4回/日(6時間に1回)とし、自動計測によるモニタリングを実施した。

計測管理にあたっては、『山岳トンネル設計施工標準・同解説』⁹⁾を参考とし、管理基準値を3段階に設定のうえ、影響が発生した場合に速やかに施工などに反映する体制を構築した(図-6)。

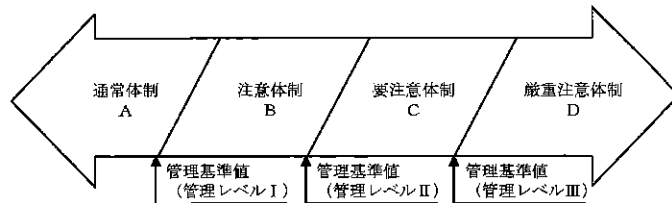
地中ひずみ測定については、『地すべり防止技術指針及び同解説』⁹⁾(以下「技術指針」という)を参考とし、技術指針のパイプ歪計観測結果による地すべり判定基準(表-1)において、変動種別B(変動判定:「準確定」)の累積変動値を1,000 μ/月としていることから、管理基準値Ⅰ:500 μ/月、Ⅱ:800 μ/月、Ⅲ:1000 μ/月と設定した。

また、水位測定については、トンネル掘削前の地下水水位:G.L.-8.2mを基準とした。また、想定される最高水位(地表面)を管理基準値Ⅲとして、管理基準値Ⅰ:G.L.-5.2m、Ⅱ:G.L.-2.2m、

Ⅲ:G.L.-0.0mと設定した。

3-3 施工結果

トンネル掘削は、機械方式によるショートベンチカット工法により行った。図-7にトンネル標準断面図を示す。支保は、吹付けコンクリート $t=20\text{cm}$ 、鋼製支保工H-125、ロックボルト $L=3.0$



- A: 通常体制……定時計測
- B: 注意体制……計測頻度強化、現場点検、作業員への注意強化
- C: 要注意体制……計測体制の強化、最終変位量の予測と管理基準値の対比、対策工の検討、実施
- D: 嚴重注意体制……施工の停止、変状要因および傾向の解析、支保パターンおよび対策工の検討ならびに実施

図-6 各管理レベルにおける施工体制

表-1 パイプ歪計観測結果による地すべり判定基準

変動種別	累積変動値(μ/1月)	変動形態		すべり面存在の地形・地質的可能性	変動判定	総合判定
		累積傾向	変動状態			
変動A	5,000以上	顕著	累積	あり	確定	顕著に活動している岩盤~崩壊土すべり
変動B	1,000以上	やや顕著	累積	あり	準確定	緩慢に活動しているクレープ型地すべり
変動C	100以上	ややあり	累積断続攪乱回帰	あり	潜在	すべり面存在有無を断定できないため、継続観測が必要
変動D	1,000以上(短期間)	なし	断続攪乱回帰	なし	異常	すべり面なし 地すべり以外の要因

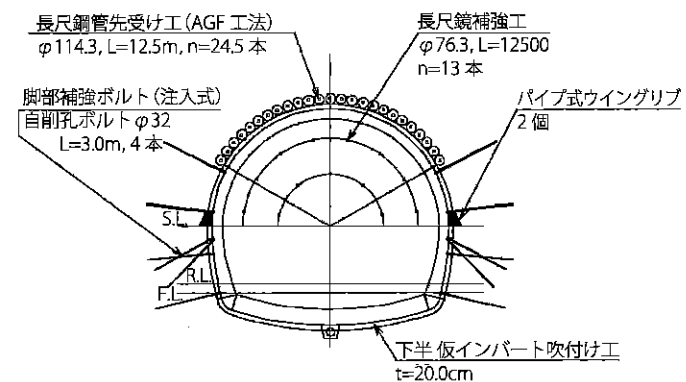


図-7 トンネル標準断面図(旧地すべり地内)

m×8本とし、先行変位抑制および脚部沈下対策のため、各種補助工法を併用した。

3-3-1 地中ひずみ測定

地中ひずみ計測の結果、観測された最大ひずみ量は111 μ/月であり、管理基準値Ⅰ(500 μ/月)以内であった。また、技術指針において、100 μ/月以上1,000 μ/月未満の場合、変動判定は「潜在」であり、滑動性ほか判定は「すべり面の存在有無を断定できないため、継続観測が必要」とされている。このため、今後も継続して計測監視を行う予定であるが、ひずみは収束傾向にある。

3-3-2 水位測定

水位測定の結果、トンネル掘削前の地下水水位G.L.-8.2mより低下傾向を示しており、当初の想定より安全側の傾向が続いたが、旧地すべり面以下までは低下していない。施工時期が冬期であったことも影響していると思われるため、今後も継続して計測を行う予定である。

4 長崎自動車道下の施工

4-1 トンネル掘削に伴う影響予測

大草野トンネルと長崎自動車道等との交差部は、『設計要領第三集トンネル編(1)トンネル本體工保全編(近接施工)』⁹⁾によると、直接影響領域と

されるトンネルからの離隔距離1.5D(D:トンネル掘削幅)以内に長崎自動車道等の路面、法面、アンカー工定着部、跨道橋下部工などの重要構造物が存在する(図-8)。このため、トンネル掘削に伴う長崎自動車道等への影響を二次元FEM解析(非線形弾性モデル)により検討した。

検討断面は跨道橋ともっとも近接する箇所(7k368m付近)とし、地山物性値は地質調査などの結果より定めた(図-9,表-2)。解析ステップを5段階(上半掘削、上半支保設置、下半掘削、下半支保設置、インバート掘削)に設定のうえ、一次開放率を40%、二次開放率を60%とした。また、補助工法として長尺鋼管先受け工(天端120°範囲)を考慮した(表-3)。

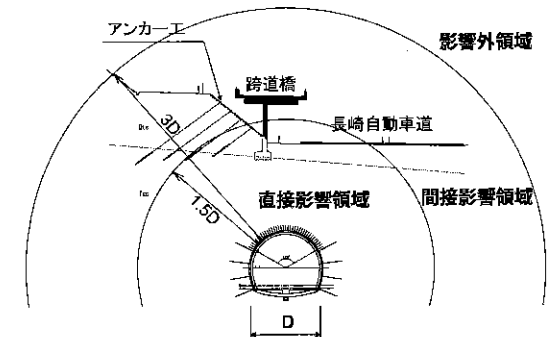
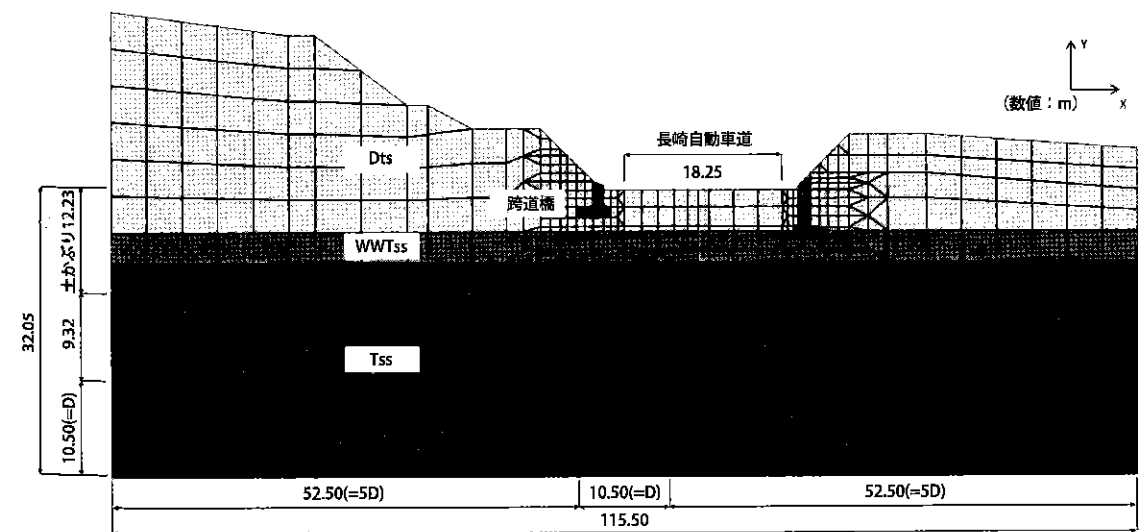


図-8 大草野トンネルと長崎自動車道の位置関係



※改良範囲の先受け鋼管と地山範囲を等価な剛性を持つものとしてモデル化している。

図-9 FEM解析断面図(7 km368m付近)

表-2 地山物性値

地質	N値	単位体積重量 γ	変形係数		ポアソン比		強度定数		非線形特性		引張強度 σ _t	初期側圧係数K ₀	
			初期 D ₀	破壊時 D _t	初期 ν ₀	破壊時 ν _t	粘着力 c	内部摩擦角 φ	弾性限界の破壊接近度 REL	非線形パラメータ n		坑口部	高速直下部
			kN/m ³	kN/m ³	—	—	kN/m ²	度	—	—		kN/m ²	
崩積土(Dts)	8	17.0	19,500	1,950	0.35	0.45	20.0	30.0	1.0	2	4.0	0.32	0.43
強風化砂岩(WWTss)	10	18.0	94,800	9,480	0.30	0.45	32.9	34.4	0.3	4	6.6	0.32	0.43
風化砂岩(WTss)	70	23.3	200,000	20,000	0.30	0.45	62.2	38.7	0.3	4	12.4	0.32	0.43
砂岩(Tss)	—	24.5	708,000	70,800	0.30	0.45	3,440	50.3	0.4	2	688.0	0.32	0.43

表-3 長尺鋼管先受け工改良物性値

鋼管の剛性	E _p	200,000	MN/m ²
鋼管の断面積	A _p	0.002	m ²
鋼管打設ピッチ	b	0.45	m
改良体幅	h	0.45	m
改良地盤の剛性	E _s	980	MN/m ²
変形係数	E	2,900	MN/m ²

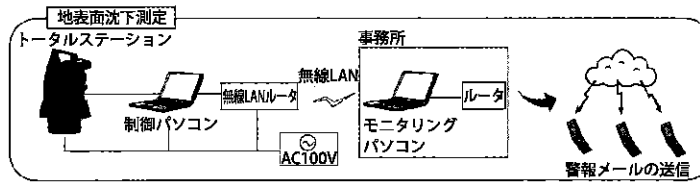


図-10 自動計測・警報システム概要図

表-4 計測監視体制

管理区分	管理基準値	管理基準値に達した場合の対応		
		報告	監視体制	対策
10mm未満	通常体制	計測状況の定期報告(1回/週間)	(昼)モニター監視 (夜)警報による監視 計測頻度60分ごと	—
10mm以上 30mm未満	管理基準値Ⅰ (管理レベルⅠ) 警戒体制	道路管理者に即時報告	計測頻度30分ごとへの強化 定期的な現場点検 作業員への注意喚起	—
	管理基準値Ⅱ (管理レベルⅡ) 警戒体制	道路管理者に即時報告	計測頻度10分ごとへの強化 モニター監視 24時間現場監視 計測頻度10分ごと	協議の結果にもとづき必要に応じて実施する
30mm以上	管理基準値Ⅲ (管理レベルⅢ) 緊急体制	道路管理者に即時報告	モニター監視 24時間現場監視 計測頻度10分ごと	工事中断
	非常体制	段差発生 交通支障	—	—
		—	—	交通規制または通行止め 路面復旧工事の実施

表-5 計測項目一覧表

管理項目	計測項目	数量	目的
法面アンカーの挙動確認	アンカー荷重測定(アンカー荷重計)	1か所	法面に設置されているアンカーの緊張力を測定することにより、トンネル掘削によるアンカーへの影響の有無を確認する。
跨道橋挙動管理	跨道橋の傾斜測定(据置型傾斜計)	1か所	長崎自動車道下り線側において跨道橋橋脚の傾斜を測定することにより、トンネル掘削による跨道橋への影響の有無を確認する。
長崎自動車道走行路面の沈下管理	地表面沈下測定(自動追尾ノンプリズムトータルステーション)	36点	自動追尾ノンプリズムトータルステーションにより、長崎自動車道路面の高さを測定することにより、トンネル掘削による長崎自動車道路面への影響度(沈下量)を確認する。
跨道橋(前山橋)および長崎自動車道法面の沈下管理	地表面沈下測定(自動追尾トータルステーション)	28点	跨道橋高欄および長崎自動車道法枠へターゲットを設置し、自動追尾トータルステーションにより、跨道橋高欄および法面の高さを測定することにより、トンネル掘削による跨道橋および法面への影響度(沈下量)を確認する。
側道の沈下管理	地表面沈下測定(レベル)	25点	レベルで測定により、市道(高速道路側道)路面の高さを測定することにより、トンネル掘削による市道路面への影響度(沈下量)を確認する。
トンネル直上上の沈下確認	水平沈下測定(連通管式沈下計)	13測点	大草野トンネル天端と長崎自動車道路面の中間地点における沈下量を測定することにより、天端沈下と地表面沈下を補完し、トンネル掘削による長崎自動車道への影響度を確認する。

FEM解析の結果、天端沈下量は7.2mm、地表面沈下量は4.0mmとなった。

4-2 計測計画

4-2-1 計測監視体制

トンネル掘削に伴う既設重要構造物への影響の迅速な把握、および車両走行の安全性を確保するため、自動計測による常時の観測体制を構築した。また、管理基準値の設定および超過した場合の対応方法を定め、計測結果をリアルタイムに管理するための警報システムを構築した(図-10、表-4)。

4-2-2 計測項目・配置

計測項目を表-5に示す。また、路面計測機器については、道路管理者との協議の結果、トンネル横断方向に下半掘削底面より45°範囲(長崎自動車道縦断方向L=88.4m間)に配置した(図-11)。

4-2-3 管理基準値

長崎自動車道における地表面沈下の限界管理値は、『設計要領第四集幾何構造編』にもとづき道路の最小縦断曲線半径より検討を行った結果、相対沈下量42.3mmと算出した。しかし、道路管理者

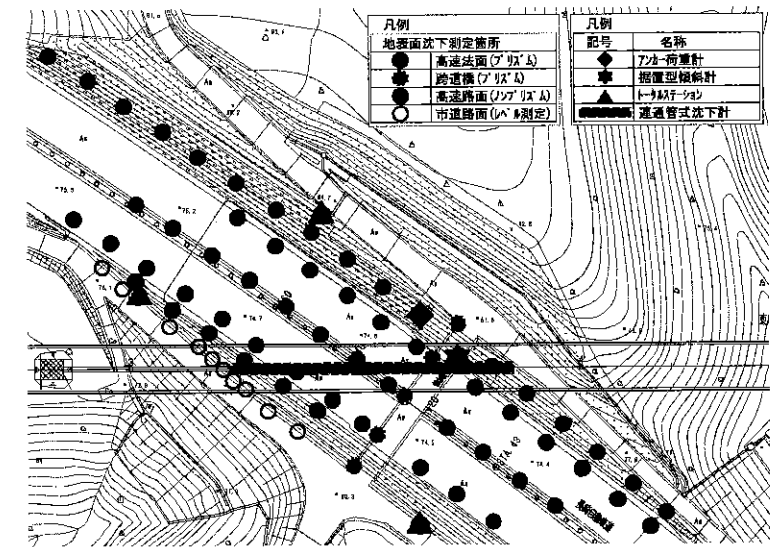


図-11 計測機器配置図

である西日本高速道路(株)と協議の結果、『保全点検要領構造物編』の道路維持修繕要否の判定の標準より、限界管理値を30mmと定め、管理基準値Ⅰ：10mm、Ⅱ：20mm、Ⅲ：30mmと設定した。

FEM解析においては地表面沈下が4.0mmとの結果であり、適切な施工を実施すれば、管理基準値以内での施工管理が可能であると判断した。

4-3 施工結果

トンネル標準断面図を図-12に示す。一次支保は、吹付けコンクリートt=20cm、鋼製支保工H-125、ロックボルトL=3.0m×8本とし、長崎

長尺鋼管先受け工 (AGF 工法)
φ114.3, L=12.5m, n=24.5本

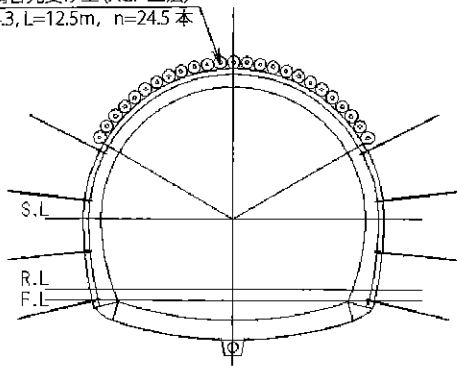


図-12 トンネル標準断面図(長崎自動車道下)

自動車道路面の沈下抑制のため、先受け工による補助工法を併用した。

また、トンネル上下半掘削完了時における各計測の最大値を表-6に示す。「側道の沈下管理」および「トンネル直上部の沈下確認」において部分的に管理基準値 I を超えたが、監視体制を強化したうえで、無事に当該区間の掘削が終了した。

とくに長崎自動車道走行路面における最大沈下量が 4mm (7km349m) と、長崎自動車道路面へ影響を与えることなく、トンネル掘削を行うことができた。

5 おわりに

大草野トンネル入口付近の掘削は、2014(平成26)年11月に地すべり地内の掘削を開始し、地すべり対策と綿密な施工計画および観測体制を構築のうえで、2015(平成27)年4月に長崎自動車道下の掘削を無事完了することができた。今後のインバート掘削においても、引続き確実な安全管理のもと、慎重な施工を進めていく所存である。

最後に、日ごろより多くの課題に対して貴重な

表-6 計測結果一覧表

管理項目	管理基準値	計測値 (最大値)
法面アンカーの挙動確認	I : -40kN	-5.0kN
	II : -64kN	
	III : -80kN	
跨道橋挙動管理	I : ±0.0172度	-0.017度
	II : ±0.0275度	
	III : ±0.0344度	
長崎自動車道走行路面の沈下管理	I : -10mm	-4mm
	II : -20mm	
	III : -30mm	
跨道橋および長崎自動車道法面の沈下管理	I : -10mm	-5mm
	II : -20mm	
	III : -30mm	
側道の沈下管理	I : -10mm	-16mm
	II : -20mm	
	III : -30mm	
トンネル直上部の沈下確認	I : -10mm	-11mm
	II : -20mm	
	III : -30mm	

ご意見とご指導を賜っている「九州新幹線(西九州)トンネルの設計施工に関する検討委員会」の委員各位に厚く感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 鉄道・運輸機構：山岳トンネル設計施工標準・同解説，2008.4.
- 2) 国土交通省砂防部・土木研究所：地すべり防止技術指針及び同解説，p.20，2008.4.
- 3) 東日本高速道路・中日本高速道路・西日本高速道路：設計要領第三集トンネル編(1)トンネル本体工保全編(近接施工)，2006.
- 4) 東日本高速道路・中日本高速道路・西日本高速道路：設計要領第四集幾何構造編，2006.
- 5) 東日本高速道路・中日本高速道路・西日本高速道路：保全点検要領構造物編，2012.4.

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・齊藤正忠・北川隆 共訳

B5判・442頁・上製本 本体価格9,800円(〒450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

28日間の連続対面通行規制で高速道路トンネルの剥落対策を実施

—札幌自動車道 若竹トンネル・朝里トンネル—

東日本高速道路(株)北海道支社札幌管理事務所改良担当課長 覚 張 浩 志
東日本高速道路(株)北海道支社札幌管理事務所改良担当 武 田 隆 輔
日本高圧コンクリート(株)PC事業部札幌支社工事部長 水 口 大 輔
日本高圧コンクリート(株)PC事業部札幌支社工事部係長 竹 本 敬 介

1 はじめに

札幌自動車道は札幌市の札幌ジャンクションと小樽市の小樽インターチェンジを結ぶ延長38.3kmの高速道路である。札幌市手稲区から小樽市までは山地が石狩湾に迫る地形であり、この影響でカーブが多く最高速度は80kmに制限されている。供用は上り線が札幌オリンピック前年の昭和46年、下り線が昭和49年である。

札幌自動車道の小樽インターに近い延長約750mの朝里トンネルと410mの若竹トンネル(図-1)は、供用後41年以上が経過した東日本高速道路(株)北海道支社管内でもっとも古いトンネルである。掘削は矢板工法で行われ、覆工巻厚不足や背面の空洞が懸念されたことから、これまで空洞調査、裏込め注入工事が数回に分けて実施されている。また、冬季のつらら防止対策を兼ねた漏水防止板が設置されている。若竹トンネルにおいては、覆工の鋼板補強がトンネル延長の7割程度の区間に施されている。

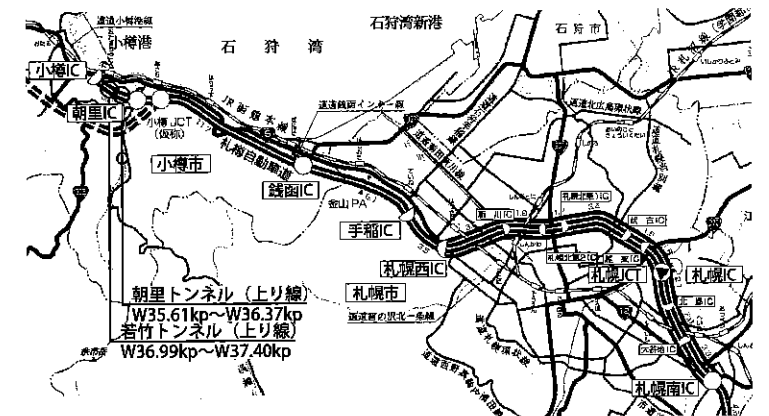


図-1 トンネル位置図

本稿では、28日間連続対面通行規制で実施した朝里トンネルと若竹トンネルの上り線補修工事について報告する。

2 工事概要

工事名：札幌自動車道札幌管内トンネル補修工事

施工場所：北海道小樽市勝納町～小樽市新光

工期：2014(平成26)年6月17日～

2015(平成27)年1月12日

表-1に工事数量を示す。

表-1 工事数量

工種	数量	単位
コンクリート片剥落防止対策工	2,760	m ²
背面空洞注入工	57	m ³
漏水防止板工	1,907	m ²
漏水防止板流末処理工	33	箇所
車線分離標設置・撤去工	425	基
路面標示工(消去・復旧)	466	m
広報対策工	1	式
対面通行規制対策工	1	式
トンネル情報板	1	式
トンネル緩和照明	1	式

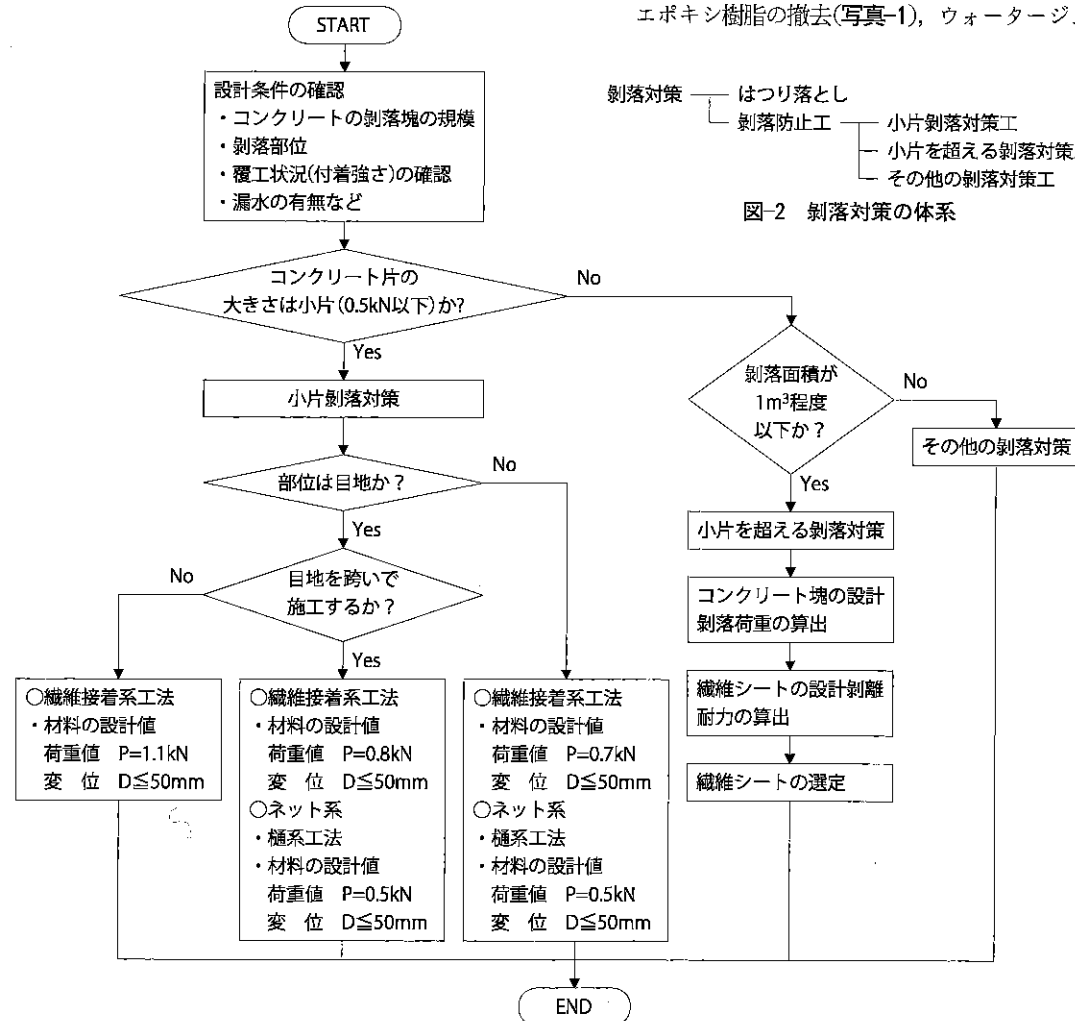


図-3 工法選定の手順

3 工事内容

3-1 コンクリート片剥落防止対策工

コンクリート片剥落防止対策の体系を図-2に、工法選定の手順を図-3に、剥落対策工の分類を表-2に示す。

本工事では以下の①～④に示す4種類の剥落防止対策を行った。このうち、若竹トンネルでは作業工程上の制約から小片のコンクリート片に対する剥落防止対策として、工期短縮に実績がある吹付け樹脂塗装による対策を選定した。

- ① トンネル覆工コンクリートのアーチ部の鋼板接着箇所1,660m²について、鋼板の撤去、エポキシ樹脂の撤去(写真-1)、ウォータージェット

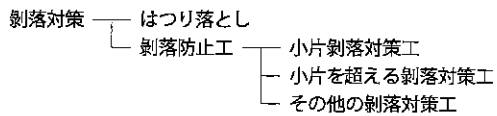


図-2 剥落対策の体系

表-2 剥落防止工の分類

小片剥落対策工	想定される剥落塊の荷重が0.5kN以下のコンクリート片の場合に適用
小片を超える剥落対策工	想定される剥落塊の荷重が0.5kNを超えないものの剥落面積が1m ² 程度以下のコンクリート片の場合に適用
その他の剥落対策工	想定される剥落塊の荷重が0.5kNを超え、かつ、剥落面積が1m ² 程度を超えるコンクリート片の場合に適用

トによる表面処理(写真-2)を行い、小片(荷重≤0.5kN)のコンクリート片に対して吹付け樹脂塗装による剥落防止層(写真-3)を施工した。覆工面からの湧水箇所は止水モルタルと集水パイプを用いて導水(写真-4)した。

- ② トンネル覆工コンクリート922m²について、ウォータージェットによる表面処理を行い、小片(荷重≤0.5kN)のコンクリート片に対して吹付け樹脂塗装による剥落防止層(写真-5)を施工した。

- ③ トンネル覆工コンクリート13m²について、小片(荷重≤0.5kN)のコンクリート片に対してシートによる剥落防止層(写真-6)を施工した。

- ④ トンネル覆工コンクリート136m²について、小片を超える(荷重>0.5kN, 1.0m²≤面積)

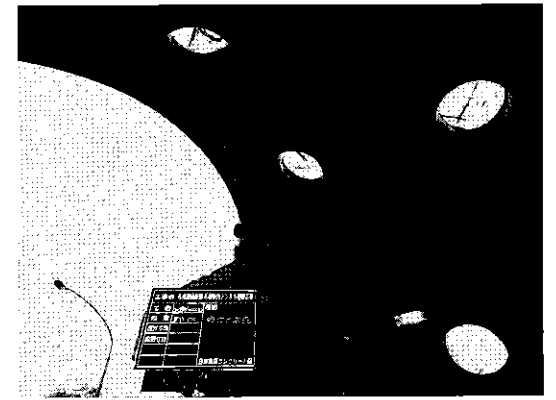


写真-3 吹付け樹脂塗装の施工状況



写真-1 既設鋼板の撤去状況



写真-4 集水パイプによる導水状況

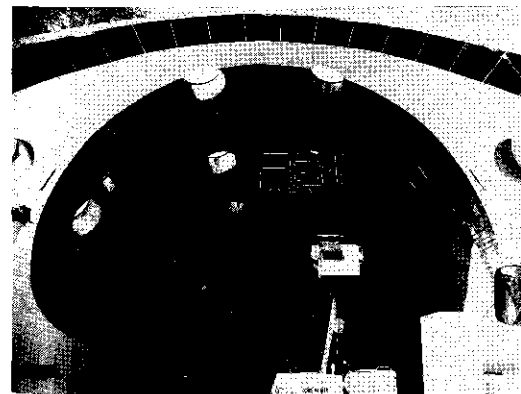


写真-2 ウォータージェットによる表面処理状況



写真-5 吹付け塗装による剥落防止層の厚さ測定

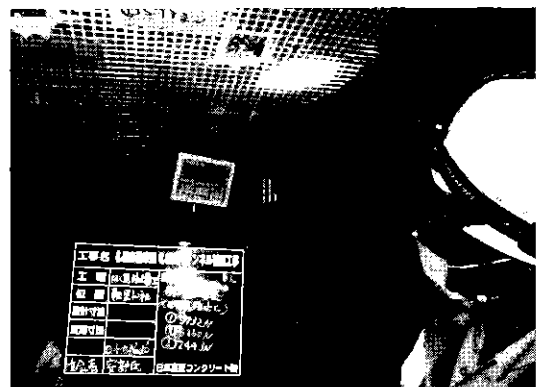


写真-6 小片のコンクリート片用シートの引張試験



写真-7 小片を超えるコンクリート片用シートの貼付け状況



写真-8 背面注入用のコアボーリング状況
コンクリート片に対してシートによる剝落防止層(写真-7)を施工した。

3-2 背面空洞注入工

トンネル覆工コンクリート背面の空洞に注入を行うためにトンネル覆工コンクリートをコアボーリング(写真-8)して注入パイプを設置し、トンネル覆工コンクリート背面と地山との空隙に可塑状注入材を57m³注入した(写真-9)。



写真-9 可塑状注入材の施工状況



写真-10 変状した既設漏水防止板



写真-11 新設材のアンカーボルト取付け状況

3-3 漏水防止板工および流末処理工

変状した既設漏水防止板(写真-10)を撤去し、アンカーボルトの点検が容易な製品の new 設材(写真-11)1,907m³を設置した。漏水防止板の流末に氷柱対策として路肩排水工への導水設備(写真-12)33か所を設置した。

3-4 車線分離標設置・撤去工

今回の剝落対策工などの実施にあたっては、工

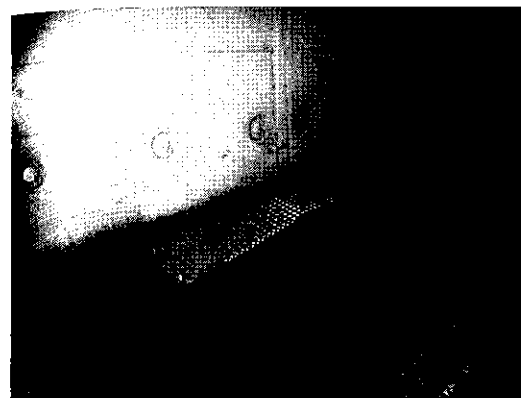


写真-12 漏水を路肩排水工へ導く導水設備

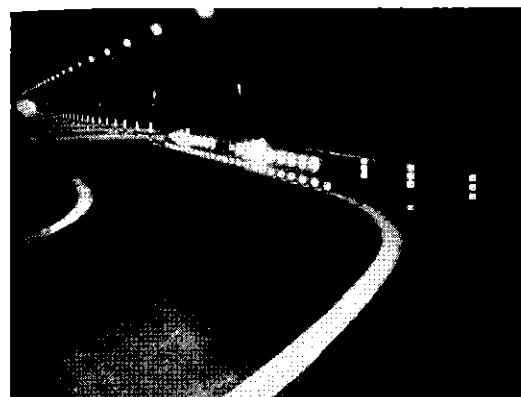


写真-13 車線分離標

事を行うトンネルの反対車線のトンネルを対面通行規制して実施することとし、対面通行規制開始前および解除前に車線分離標(写真-13)425基の設置および撤去を昼夜連続車線規制で行った。

3-5 路面標示工(消去・復旧)

対面通行規制にあたっての路面標示は加熱型で行った(写真-14)。

また、路面標示の消去および復旧にあたっては、超高圧水を回転噴射装置により路面標示塗膜に噴射し路面標示466mを消去し、消去した塗膜材および処理水は超強力吸引車により完全吸引し処分した。

3-6 広報対策工

対面通行規制のために行う広報看板(写真-15)60枚の設置撤去を行った。

3-7 対面通行規制対策工

対面通行規制対策のために行う規制・警戒・補

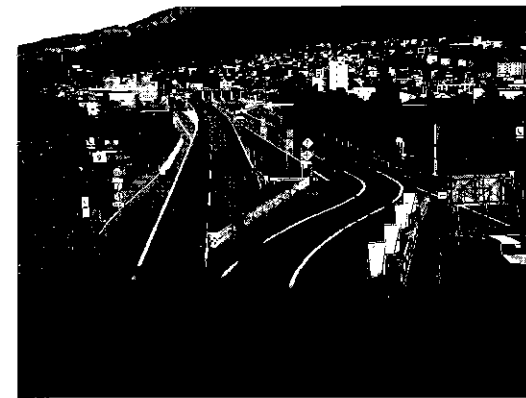


写真-14 シフト区間の路面標示



写真-15 対面通行規制のための広報看板

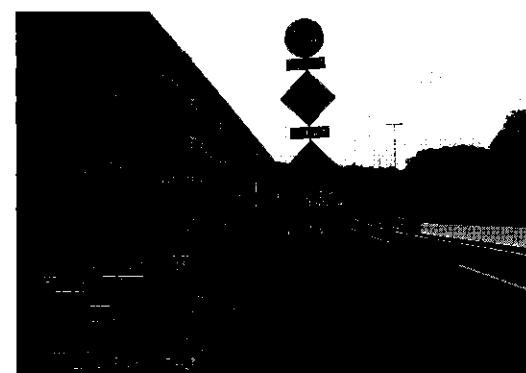


写真-16 対面通行規制のための高輝度軽量規制標識

助標識(写真-16)26枚と看板類40基の設置撤去を行った。

3-8 トンネル情報板

対面通行規制実施のためにトンネル入口に規制の期間設置する仮設トンネル情報板(写真-17)の設置撤去と運用を行った。



写真-17 仮設トンネル情報板

3-9 トンネル緩和照明

対面通行規制となる下り線トンネル出口付近には小樽方面(上り線)に向かう車両のために仮設の入口緩和照明(写真-18)130基の設置撤去を行った。

4 対面通行規制の概要

28日間の連続対面通行規制と前後1日の24時間連続車線規制をあわせて30日間の規制期間を、高速道路利用者が安全に通行するために行った対策を紹介する。図-4に対面通行規制区間の概要を示す。

対面通行規制中に上り線を走行する高速道路利用者は、朝里インターチェンジ通過後、朝里トンネル手前シフト区間を経て下り線追越し車線を走

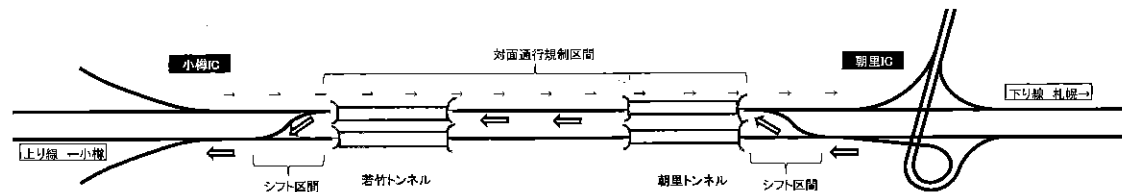


図-4 対面通行規制区間の概要

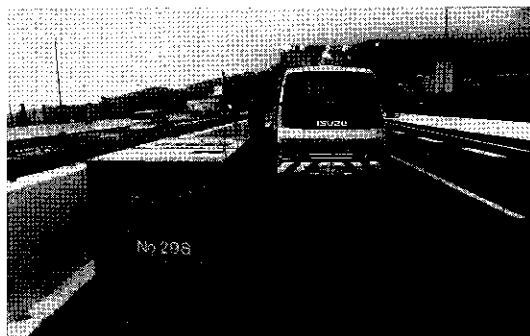


写真-19 標識車に電気を供給した発電機



写真-18 仮設入口緩和照明の設置状況

行し、若竹トンネルを通過後再びシフト区間を経て上り車線へ戻るため、利用者への注意喚起を促す看板などを設置した。

規制標識車の車載発電機ガス欠対策は燃料漏れ防止機能を有する発電機を設置(写真-19)して対応した。

シフト区間における高速道路利用者の視線誘導と注意喚起に、大型LED掲示板(W3.6m×H1.8m)(写真-20)を使用した。設置前の掲示試験に加え、規制期間中も掲示内容や色彩を更新し、最適な掲示を行った。

下り線の追越し車線は規制期間中においては小樽方面に向かう高速道路利用者が本来の通行方向と



写真-20 シフト区間の大型LED掲示板

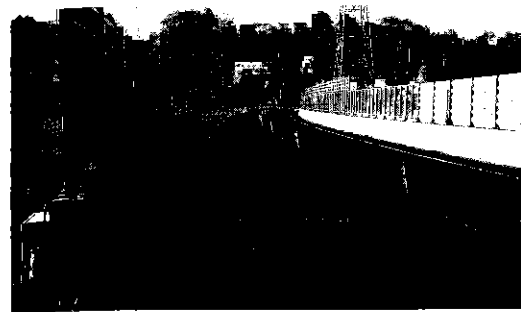


写真-21 ガードレールの仮設巻き込みとデリネーター



写真-22 自発行式スノーボール

は逆向きに通行することとなる。このため、安全対策として橋梁部ガードレールの巻き込み設置、反射板の色と向きの変更(写真-21)、自発行式スノーボールの向きを変更(写真-22)した。

5 事前調査

材料製作や資材調達に日数を要する漏水防止板工や背面空洞注入工は、早期に数量を確定する必要があった。施工期間が28日間に限定されていることから、発注図面と現地の整合確認を工事の早い時期に行うために実施した事前調査の内容を紹介する。

図-5に東日本高速道路(株)が施工前年に実施した踏査写真にもとづく発注図面の作成(例)を示す。展開写真と見比べながらの調査は効率がよく、見落としなどによる手戻りも少ない。施工延長が長い工事では有効な手段であった。

表-3に設計数量と実注入数量比較表を、図-6に同様に前年に実施された地中レーダー解析結果を示す。地中レーダー解析結果をもとに背面空洞注入量を算定したが、設計数量52.4m³に対して注入

表-3 設計数量と実注入数量比較表

	設計	実績	差
背面空洞注入数量	52.4m ³	56.9m ³	4.5m ³ (+8%)

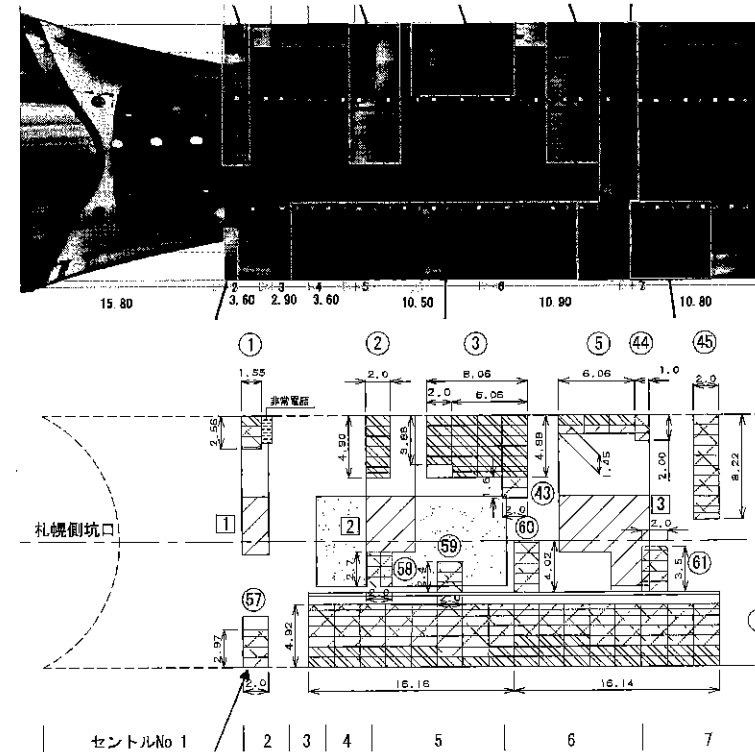


図-5 踏査写真と事前調査結果

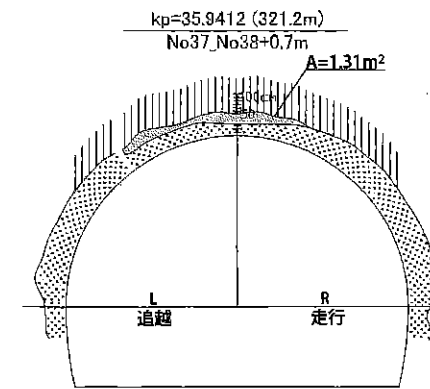


図-6 地中レーダー解析結果図

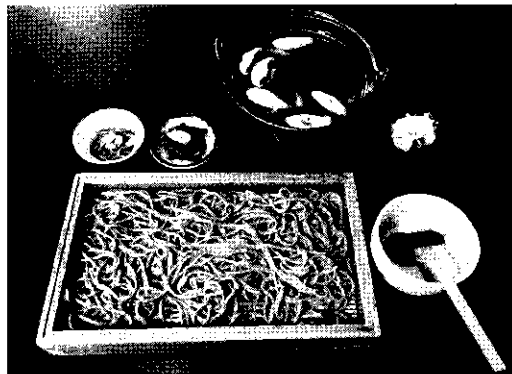


「バラ・そば・徳内ばやしのまち」村山市より

上野 将史

村山市は山形県中央部の東寄りに位置し、東を奥羽山脈、西を出羽丘陵に囲まれ、中央を最上川が蛇行しながら北流している。最上川はかつて舟運の道として使われており、当時「三難所」と呼ばれていた「基点」「三ヶ瀬」「隼」がいずれも市内にあり、現在は川下りの名所となっている。気候は平均11℃前後、冬の寒さは厳しく、気温が零下15℃を下回ることもある。夏は暑く、寒暖の差が大きい盆地型の気候である。

アクセスは仙台から車で1時間半、東京から山形新幹線で3時間、山形空港から車で10分と、交通の利便性に優れている。市はこの利点を観光集客に生かそうと「バラ」「そば」「徳内ばやし」を名物として大々的にアピールしている。市の花でもあるバラは環境省認定の「かおり100選」にバラ園として唯一選ばれている東沢公園が有名である。初夏の訪れとともに世界各国の750品種20,000株ものバラが咲き誇り、公園に広がる甘い香りに包まれながら優雅なひとときを過ごすことができる。村山地方は昔から、そばを打って来客をもてなす習慣があり、前述の最上川三難所沿いには14軒のそば屋からなる「そば街道」がある。板そばやそば粉を練ったかもちなど、各店さまざまな個性的なそばを味わうことができる。毎年8月下旬に開催されるむらやま徳内まつりは、北方探検家・最上徳内にちなんだ祭りである。祭りのメインである徳内ばやしは最上徳内ゆかりの北海道、厚岸神社の祭りで古くから受継がれていたお囃子が、徳内の故郷の村山市で徳内ばやしとして地域に深く根づいたものであり、今や



板そば

山形県を代表する祭りとして、その名を馳せている。

本工事は東北中央自動車道相馬尾花沢線事業のうち、東根～尾花沢間唯一のトンネル工事である。この区間が開通すると、すでに開通している東北中央自動車道と尾花沢新庄道路が結節し、山形市～新庄市間が1本の高速道路で結ばれる。通勤利便性の向上、地域医療の支援、物流の強化、観光促進などの多くの効果が予測されており、多方面から早期開通が望まれている道路である。のどかな丘陵地帯にある施工箇所の周辺には、さくらんぼ、スイカ、メロンなどの果物畑が広がり、収穫期には、近隣からの差入れに所員一同舌鼓を打った。地元の方々には、工事の施工にも多岐にわたりご協力いただき、たいへん感謝している。

トンネルは延長396m、掘削断面積120m²の大断面トンネルである。地質は軟質な凝灰岩類からなり、全区間が土かぶり1.5D以下の小土かぶりに該当する。掘削はNATM機械掘削方式で、起点側坑口部と中間の谷地形部では補助工法を併用しての施工となる。

工事は2015年3月9日に積雪量100cmの除雪から着手した。5月の連休明けからトンネル掘削を開始し、7月末で130mの掘削が完了している。

これから工事の最盛期を迎えることになる。所員一同が一致団結して知恵を出し合い、この地域に望まれている村山トンネルを無事故・無災害で完成させる所存である。

(東亜建設工業(株)村山トンネル作業所現場代理人)



村山市の位置

施工

地盤変位対策を併用したコンパクトシールド工法による工期短縮

—八街市 大池第三雨水幹線—

八街市建設部下水道課主査補 千 脇 幸 治
 日本下水道事業団関東・北陸総合事務所施工管理課主幹 渡 邊 広 己
 前田・大日本特定建設共同企業体八街シールド作業所所長 大 島 知 幸
 前田・大日本特定建設共同企業体八街シールド作業所副所長 稲 葉 靖

1 はじめに

下総台地の南部に位置する千葉県八街市は、大きな河川や山がなく、大雨が降ると雨水が排水されにくい地形となっている。また、近年の急激な都市化は、雨水流出量の増大や流達時間の短縮を招いており浸水被害増加の原因となっている。

そのため八街市では、JR八街駅北側を含む大池排水区53haの浸水対策を目的とし、大池排水区雨水整備事業を2002(平成14)年度から推進している。

本工事は、路線延長1,418m、セグメント内径がφ2,400mmの大池第三雨水幹線をコンパクトシ-

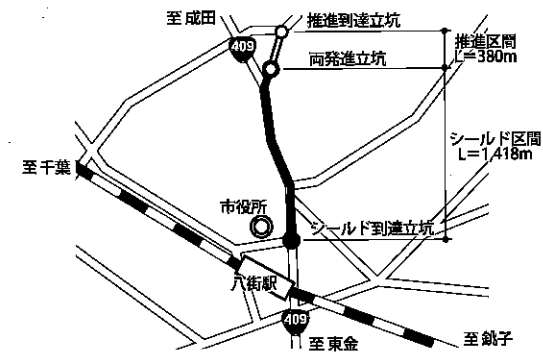


図-1 路線平面

ールドで施工するものであり、すでに整備済みの大池調整池(面積:約3.5ha、容量:約91,000m³)と接続し、両施設が一体となって機能することで、大雨時の浸水被害の低減を図るものである。シールド掘進路線は国道409号直下で、成田空港に供給するφ500mmのガスパイプラインやNTTケーブルなどの重要インフラが多数埋設されている。

さらに、掘進土層は流動性地山といわれる崩壊性が高い成田砂層で構成されており、シールド掘進による影響を敏感に受けるおそれがあった。

本稿では、地下埋設物などへの影響を抑制するための具体的な地盤変位抑制対策および二次覆工を省略したセグメントの採用による大幅な工期短縮



写真-1 シールド坑内

と経費削減の取組みについて報告する。

図-1に路線平面、写真-1にシールド坑内を示す。

2 工事概要

2-1 計画概要

当工事は千葉県八街市大池排水区の雨水管渠を、コンパクトシールド工法により築造したものである。

八街駅北方に築造した発進立坑から国道409号を通り、市役所入口十字路までの約1,418mの延長を泥土加圧式により掘進するもので、仕上り内径は2,400mmである。上流および下流の本管はすでに完成しており、特殊人孔を構築して接続するものであった。

図-2にコンパクトセグメントの標準断面、表-1に標準仕様を示す。

2-2 工事概要

(1) 工事件名

八街市大池第三雨水幹線建設工事

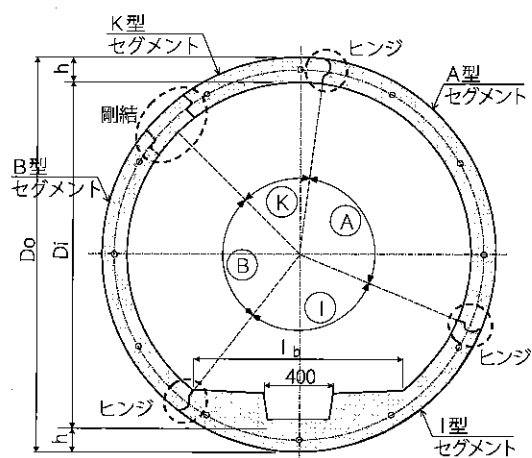


図-2 コンパクトセグメント標準断面図

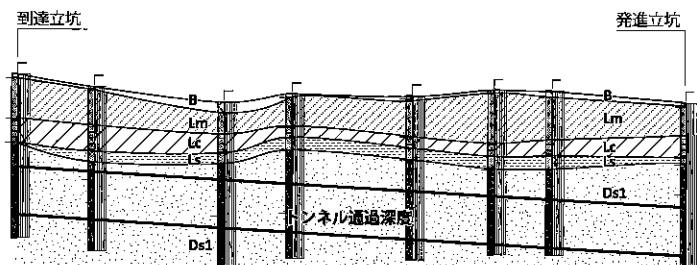


図-3 地層縦断面図

(2) 工事内容

泥土加圧式コンパクトシールド工法

二次覆工一体型コンパクトセグメントの採用

管路延長 1,418m

仕上り内径 2,400mm

土かぶり 約6.0m

最小曲線半径 R=50m

2-3 地質条件

シールド掘削の対象土層は、房総半島中央部、北部に分布する下総層群を構成する成田層である。成田砂層は流動性地山として知られており、その物性は粒度のそろった砂からなる地山で、過剰な水圧が掛かったり地震などの震動で過剰間隙水圧が作用すると、砂の粒子同士のかみ合いで保っていた構造が崩れて流動する特質がある。結果的に地震時の噴砂現象や、トンネル掘削中の切羽崩壊

表-1 コンパクトセグメント標準仕様

仕上り内径	D_1	mm	2,400
外 径	D_0	mm	2,750
厚 さ	h	mm	175
幅		mm	1,000
分 割 数			4
リング継ぎ手本数		本	12
リング継ぎ手角度		°	30
重 量	A型	kg	1,074
	B型	kg	992
	I型	kg	1,565
	K型	kg	542
	合計	kg	4,173
インバート幅	I_b	mm	1,478
コンクリート設計基準強度	σ_{ck}	N/mm ²	42

年代	地層区分	記号	識別
完新世	盛土	B	
	沖積層		
第四紀更新世	新期ローム	Lm	
		Lc	
	下総層	Ls	
		Ds1	

などをもたらす非常に危険な土層といえる。

シールドトンネルの土かぶりは約6.0mで、通過位置の地質はN値20~50の砂質土(Ds1層)である。地下水位はGL-8.0m程度で、ほぼトンネルスプリングライン位置に存在している。このDs1層の特徴を列記し、図-3に地質縦断を示す。

- ① 自然含水率は約10%であるが、最適含水率(17%前後)を超えると、急速にN値が低下する。
- ② 粒径が均一な細砂を主体としており、均等係数Uが10以下の物性を有している。
- ③ 74 μ m以下の土粒子分のうち、シルト分が70%を占めているが、その形状はさまざまである。

3 シールド工法の選定

3-1 掘削機

当工事で採用されたコンパクトシールド工法のシールドは、到達後、分解、回収を行い他工事に転用することから、コスト削減に大きく寄与する。

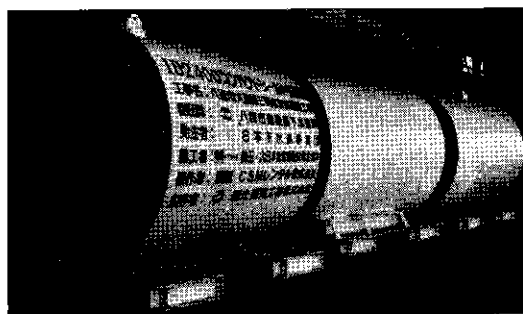


写真-2 コンパクトシールド全景

したがってその性能は、多様な施工条件に適用できる仕様となっている。コンパクトシールドのおもな構造は、以下のとおりである。

- ① 後方設備内包型の3分割シールドで前胴、中胴、後胴の3ユニット構造を有し、各ユニットは中折れ装置で連結している。
- ② 切羽の安定は、短尺スクリーコンベヤとロータリーポンプを組み合わせた排土機構により確保している。
- ③ シールドは分割回収できるが、立坑へ到達する際は、後胴のスキンプレートを残置する。

図-4、写真-2にシールドの構造を示す。

3-2 セグメント

直線部および曲線半径100R以上は幅1.0mのRCセグメント、当該工区の最小曲線半径50Rのみスチールセグメントを使用した。コンパクトシールド

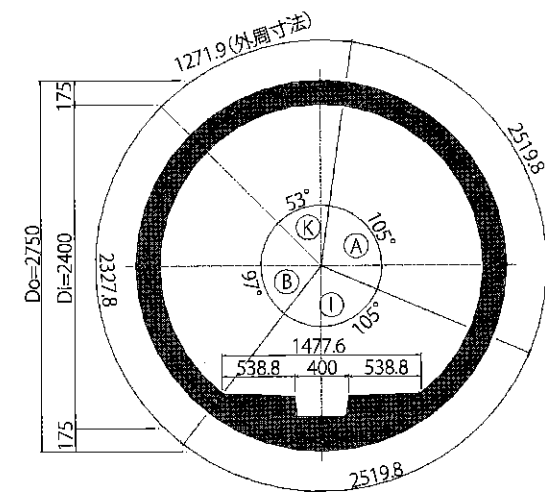


図-5 コンパクトセグメント構造図

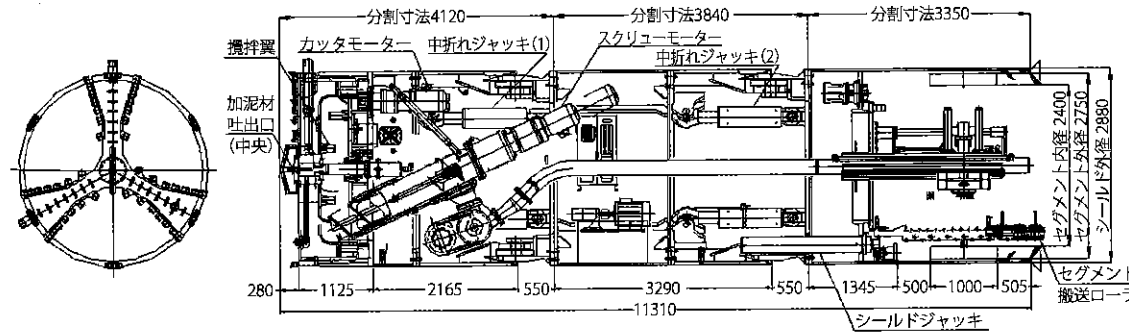


図-4 コンパクトシールド構造図

ド工法に用いるRCセグメントの特徴は、以下のとおりである。

- ① 4分割3ヒンジ構造にすることで、構造安定化と組立て時間短縮を図っている。
- ② 二次覆工一体型構造なので、二次覆工工程の省略を実現できる。
- ③ 溝付きインバートは坑内搬送車のガイドとなり、軌道設備の省略ができる。
- ④ ピース間ナックル継手なので、組立て時間短縮と継手金物の省略に寄与している。
- ⑤ リング間挿入式継手なので、組立て時間短縮に寄与している。

図-5にコンパクトセグメントの構造を示す。

4 施工上の課題

当シールド工事は、流動性地山での小土かぶりの厳しい条件下で、早期供用にに向けた工期短縮が求められていた。以下にその詳細を列記する。

4-1 小土かぶり施工

掘進位置の土かぶりはGL-5.6~-7.8mで、シールド外径の2.0倍程度の小土かぶりである。さらに掘進路線は、重要インフラが埋設されている国道409号直下であった。とくに成田空港に供給しているφ500mmガス中圧管と一部区間で鉛直離隔約4.0mの位置で並走していた。これらの諸条件に加えて掘

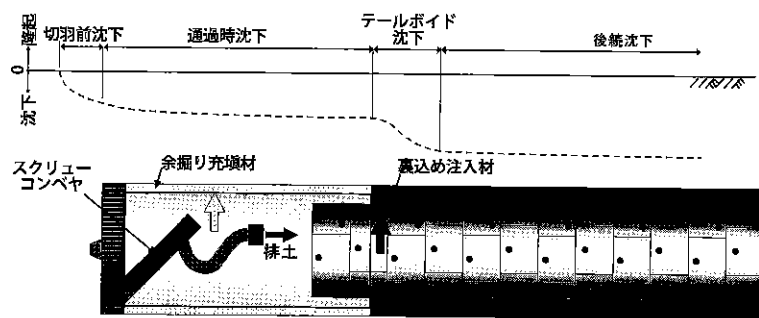


図-6 掘進に伴う地盤変位の模式図

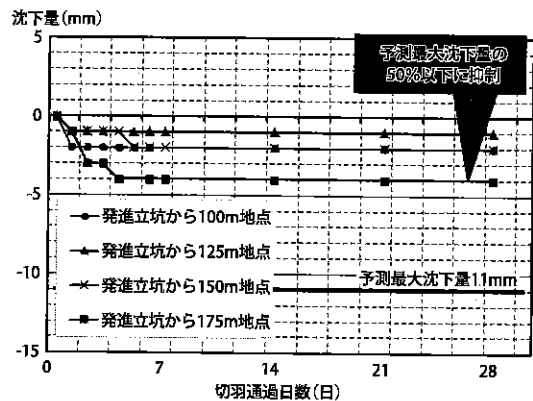


図-7 路面沈下曲線図

表-2 地盤変位段階ごとの実施対策

地盤変位のパターン	発生時期	原因および発生機構	実施対策
切羽前沈下	シールド掘進直後	掘削土の取込み過多 泥土圧管理の不適切	切羽監視システム
通過時沈下	シールド通過中	余掘り部の地山崩壊 シールド外周面と地山との摩擦抵抗	余掘り材充填工
テールボイド沈下	シールド通過直後	テールボイドの地山崩壊	早強裏込め注入工
後続沈下	裏込め注入完了以降	地山の乱れ、圧密沈下	取込み量管理システム

進対象土層は、崩壊性の高い成田砂層であり、地盤変位対策が重要な課題となっていた。

4-2 工期短縮

本工事工区の上流および下流の管渠は既に竣工しており、当該工区を築造、接続することで本管全線が完成し供用可能となることから、早期完成が待たれていた。このため全体工期短縮を図るうえで、主要工種であるシールド工事の工程短縮を強く求められた。

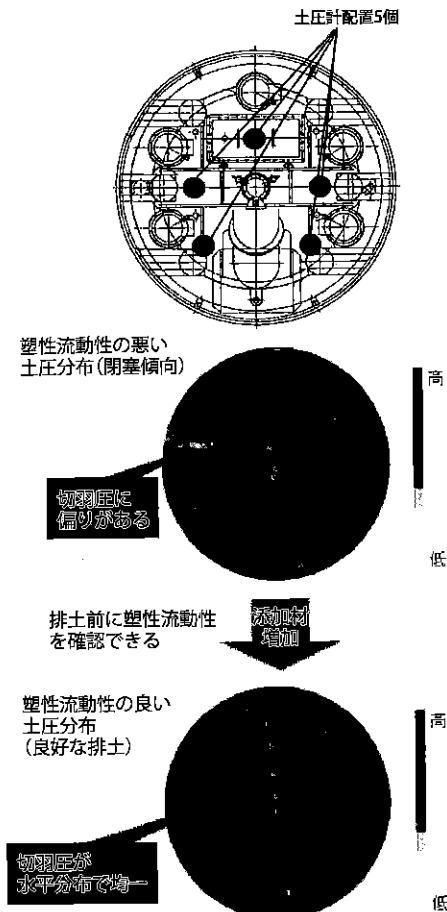
5 掘進時の地盤変位抑制対策

5-1 地盤変位抑制対策

シールド掘進に伴う地盤変位は、原因とその発生機構から図-6に示すように、切羽前沈下、シールド通過時沈下、テールボイド沈下、後続沈下の4段階に大きく分類できる。これらに対し、当現場では各段階において表-2に示す対策を講じ、図-7に示すとおり、路面沈下量を最小限に抑えられたので、以降にその詳細を紹介する。

5-2 切羽前沈下対策(切羽可視化システム)

崩壊性の高い成田砂層におけるシールド掘進では、切羽前沈下を最小限に抑制するために、土圧管理が重要となる。シールドチャンバ内に土圧計



切羽可視化システムによる閉塞判定の例
図-8 切羽可視化システム説明図



写真-3 切羽可視化システム運用状況

を3個追加して合計5個配置し、データ解析によりチャンバ内の土圧分布を面的に可視化した。このシステムの採用により、チャンバ内の泥土性状をリアルタイムに把握し、切羽土圧を面的に安定化させ、適切な塑性流動性を確保することで、周辺地盤の変状を抑制した。

5-3 シールド通過時沈下対策(余掘り充填材注入工)

当工法に採用されたコンパクトシールド工法は機長が長く、シールド外周に生じる余掘り部が裏込め注入するまで、空洞の状態に残置されることとなる。このため、シールド周囲の余掘り部に、あらかじめシールドに装備した注入孔から可塑性の充填材を、掘進しながら充填した。この結果、シールド通過時の路面沈下は予測された11mmに対して5mm以下に低減された。この結果は、余掘り部の空隙に充填剤が即時に充填され地山の崩壊を防いだものと推察できる。

5-4 テールボイド沈下対策(早強裏込め注入工)

シールド通過直後のテールボイドは迅速に裏込め材で充填し、地山の崩壊を防止する必要がある。当現場はとくに崩壊性の高い成田砂層であることから、早期強度発現型の裏込め材の配合で対応

表-3 余掘り充填材配合表 (1.05m³あたり)

A 液		B 液
特殊粘土	水	可塑強度調整剤
455kg	825kg	50L

(物性：粘性15,000cP, 比重1.28)

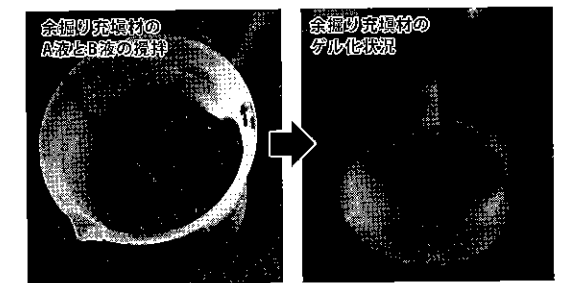


写真-4 余掘り充填材の性状

した。これにより、シールド通過直後の路面沈下は、裏込め材の早期強度発現により、地山の肌落ちが防止され、地盤変位を抑制し、地下埋設物への影響もなかった。

表-4に早強型裏込め材の配合表を示す。

5-5 後続沈下対策(掘削土量管理システム)

シールドが通過し、裏込め注入が完了したあとも掘削土の取込み過多に起因する地山の残留ひずみが影響し、継続的に地盤変位を発生させる場合がある。

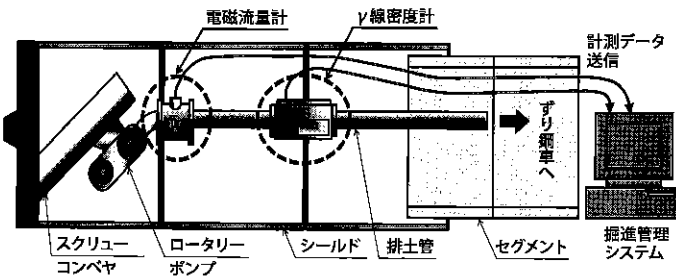
これに対しては、スクリーコンベヤ後方の排土管に電磁流量計とγ線密度計を設置し、即時に掘削土量を中央監視室で監視した。

この結果、前述した切羽可視化システムと併用した掘進時の適切な土圧管理により、ガスパイプラインなど重要近接埋設物に影響を与えることなく掘進できた。この管理手法は、取込み過多になった箇所をリアルタイムで察知し、裏込め材の2次注入を的確に施すことを可能にした。

その概要を図-9に示す。

表-4 早強型裏込め材配合表

標準配合							強度特性	
配合(1m ³ あたり)							強度(N/mm ²)	
A液			B液				初期1h	長期28d
固化材(kg)	助材(kg)	安定剤(L)	水(L)	急硬剤(L)				
230	60	2.0	823	75		0.02	2.0	
↓								
早強配合							強度特性	
配合(1m ³ あたり)							強度(N/mm ²)	
A液			B液				初期1h	長期28d
固化材(kg)	助材(kg)	安定剤(L)	水(L)	急硬剤(L)				
250	60	3.0	804	90		0.18	2.5	



6 二次覆工一体型セグメント採用

6-1 工期の短縮

本工事で採用したコンパクトセグメントは、組立て時間や工事工程を短縮するうえで、以下のような優位点がある。

- ① ピース間継手は、継手面を球面的に突き合わせるナックルジョイント(図-10)、リング間継手はワンタッチ構造でセルフロック機能を有しているピン挿入式継手(図-11)のため、組立て作業時間が短縮される。
- ② 4分割3ヒンジ構造で、従来の標準セグメントの5分割構造より分割数が少ないので、継手数が少なく組立て時間を短縮できる。さらに、継手金物も省略できることから、経済的である(図-12)。
- ③ 防食層をセグメントと一体化するとともに、溝付きインバートセグメントの採用により、二次覆工の工程が省略され、大幅に工期短縮が図れる。また、軌条設備が必要ないことか

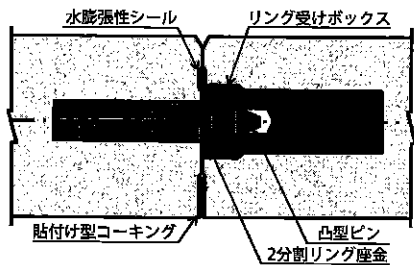
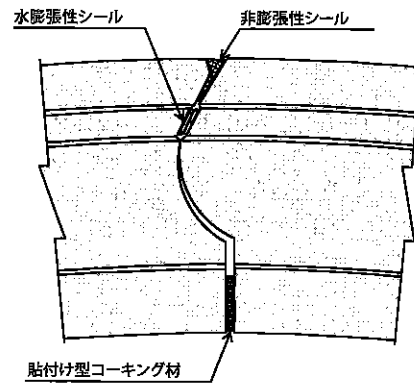


表-5 二次覆工工法比較表

種別	標準工法(コンクリート仕上げ)	FRPM管内挿工法	二次覆工一体型セグメント(コンパクトシールド工法)
概要図			
工事内容	セグメント防食、トンネル防水、線形確保、平滑性確保、および摩耗対策を目的として、一次覆工の内面側に現場打ちコンクリートを巻立てて構築する。	セグメント防食、トンネル防水、線形確保、平滑性確保、および摩耗対策を目的として、一次覆工の内面側にFRPM管を設置し、その間隙をモルタルで充填する。	セグメント内径側に無筋コンクリート層をセグメント製作時に一体成形したセグメント構造である。東京都下水道局では硫化水素をはじめとする不特定の化学物質などに曝される環境となる合流管渠および汚水管渠などに対して使用している。
構造特性	二次覆工は「防水・防食」「内面平滑性」などのトンネルの使用目的を補完する役割を持たせて設計し、トンネルの構造部材として評価しないのが一般的である。	FRPM管は「防水・防食」「内面平滑性」などのトンネルの使用目的を補完する役割を持たせて設計し、トンネルの構造部材として評価しないのが一般的である。	セグメントの耐久性確保を目的として、従来の二次覆工に代わってセグメント内径側に無筋コンクリート層を設ける。
耐久性	二次覆工はトンネル内からの水分、酸素の供給を遮断し、セグメントの鉄筋・ボルト・継手金物の腐食進行を緩和する働きがある。このことにより一次覆工の性能低下が抑制され、トンネルの耐久性が向上する。	FRPM管は酸、アルカリに強く、耐久性が高い。継手構造はスリップオンジョイントで水密性に優れ、内水圧や地下水の浸入に対して高い止水性能を有している。	二次覆工一体型の防食層は経年50年を想定したコンクリートの中性化深さ(15~30mm)と、トンネル内面の摩耗などによる一次覆工の損傷(最大粗骨材径(20mm)の2倍以上)に対する耐久性をともに保証するものとして、層厚を50mmに設定している。
施工性	二次覆工を施工するためにスライドセトル(移動式型枠)、足場、コンクリート打設設備(圧送ポンプ・配管)などが別途に必要となる。	FRPM管は軽量であるため、取扱いが容易で施工性に優れる。また、継手構造はスリップオンジョイントであり、管の接合は容易である。	防食層を設けることで無筋部分が厚くなるので、急曲線施工時の偏荷重などによりセグメントに欠けが発生することもあり、慎重な施工が要求される。
経済性	二次覆工工費のほか、掘削外径が大きくなるためシールドやセグメントの製作費、発生土処分費などのコストも大きくなる。	FRPM管は高価であり、設置、固定や中詰め充填作業に専門業者を要し、もっとも高価な工法となる。	セグメントに二次覆工が担うべき機能を積極的に持たせることにより、より高い耐久性と経済的なメリットを併せ持たせている。
工程短縮を主眼とした総合評価	二次覆工がシールド掘進後の施工となるため工期が長期化し、しかも掘削断面が大きくなるため経済性の観点から不利となる。	管設置と中詰めモルタル充填の2工程工事となるが、施工線形の曲線区間が少なければ、工程短縮要素となる。	二次覆工一体型セグメントなので、二次覆工工程を省略できる。
	×	△	○

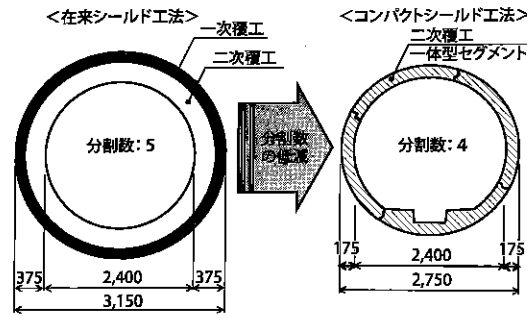


図-12 4分割3ヒンジ構造概要図

ら、坑内仮設工事工程の短縮も図れる。

6-2 経費の削減

コンパクトセグメントは表-5に示すように二次覆工一体型なので、二次覆工工程の省略が可能である。さらに4分割3ヒンジ構造のセグメントのため継手数が少なく、組立て時間が短縮できた。

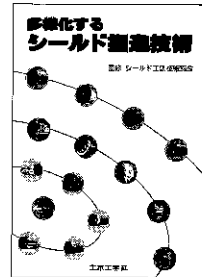
この結果、工期短縮とシールドの転用に伴い、大幅に経費が削減された。

7 おわりに

当工事では流動性地山という特殊な土層条件の中、掘進時の確実な地盤変位抑制対策により、周辺地盤への影響を最小限に抑制し、地下埋設物へも悪影響を与えることなく施工された。また、転用型コンパクトシールド工法の採用により、大幅な工期短縮と経費削減を実現した。

このことは、コンパクトシールド工法が幅広い現場条件に適用できることを示す、有益な成果であったと考えられる。

本稿が今後のシールド工法の選定や、崩壊性の特殊地盤でのシールド施工にかかわる関係各位への参考になれば幸いである。



多様化するシールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会
B5判 141頁 本体価格2,500円

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

〔掲載工法〕

- ①ラチス式同時施工シールド工法、②F-NAVIシールド工法、③ハニカムセグメントを用いた同時施工法、④ロングジャッキ式同時施工シールド工法、⑤ダブルジャッキ式同時掘進シールド工法、⑥充填式シールド急曲線工法、⑦地下茎シールド工法、⑧T-BOSS工法、⑨球体シールド工法、⑩上向きシールド工法、⑪MMST工法、⑫拡大シールド工法、⑬偏心多軸(DPLEX)シールド工法、⑭ワギング・カッター・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

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



マンの 土木屋人生

篠原 (元) 戸田建設(株)

満

はじめに

大学で土木工学を専攻し、1969(昭和44)年4月、戸田建設(株)に入社して土木屋としての道を歩き始めた。

当時は日本国中が高度成長路線をひた走り、インフラ整備などで熱気が溢れていた。1973(昭和48)年のオイルショックも乗り越え、建設業は右肩上がり成長を続けてきた。

しかしながら1991(平成3)年ごろバブル経済が破綻し、その後約20年にわたり厳しい状況に追い込まれていった。

公共工事が世間から強烈な批判を浴びる中で、生き残りを賭けて技術開発に努め、品質と安全の向上、工期の短縮などに悪戦苦闘する毎日だった。

大いなるロマン(夢)を抱き、この業界に飛び込んできた土木屋の一人として、私の生きてきた人生と携わった現場経験など思い出すままに記述してみる。

土木屋の芽生え

北海道は鉄の町、室蘭で生まれ育った私は、幼いころから土木に興味を持つ少年であった。

小学5年の夏、学校帰りに近くの線路に架ける跨線橋の工事現場を、辺りが暗くなるまで眺めていた。地下足袋にねじり鉢巻きの職人が真っ赤に焼けたリベットを絶妙のコントロールで20mくらい放り上げ、それを梁の上で待ち構えているもう一人のトビが、見事にキャッチして手際よく鋼材と鋼材を接合していた。息の合った二人の技はロケット花火のようで見えて飽きなかった。跨線橋が完成すると踏切は撤去され交通の便が一気によくなった。

中学に入学する雪解けのころ、あちらこちらに穴があき水溜りができた簡易舗装の通学路は、車がドロ水を撥ねながら走っていた。まもなくその道路に下水管が埋設され、歩道と車道が分離された片側2車線の立派な舗装道路に変わっ



著者近影(趣味の海釣り, 千葉県大原沖にて)

ていった。

幼な心にそういうことに興味をもっていた私は、中学を卒業するころ、将来は地球を相手に人類のため「土木屋」になろうと心に決めたのだった。その夢は、高校に行っても変わることなく大学では迷わず土木工学を専攻した。

学 外 実 習

大学3年の夏休み、必修科目であった学外実習で日本道路公団京浜建設局松田工事事務所に1か月間お世話になった。

この工事事務所の管轄範囲は、東名高速道路のうち神奈川の大井松田IC付近から静岡の県境まで14.8kmの区間で、酒匂川橋梁、

皆瀬川橋、都夫良野トンネルなど目を見張る工事をたくさん施工していた。1969(昭和44)年5月の全面開通を2年後に控え、工事はどこも最盛期を迎えていた。

実習期間中、事務所では私に専任の担当者を付けてくださり、忙しい業務をこなしながら懇切丁寧に指導していただいた。そのときの与えられた課題は、東名高速の一部区間に直線と曲線(クロソイドカーブ)を組み合わせた任意のルートを設定し、そのルートの土工量計算をするものであった。等高線の入った図面を渡され、平面線形の描き方、土工量の計算方法、それに伴って線形を見直すことも教わった。

著者略歴

昭和44年	戸田建設(株)入社 東京都下水道局練馬幹線その4工事
昭和54年	千葉市下水道排水施設工事(南部幹線6工区)
昭和55年	東京電力(株)下総線第2ルート管路新設工事(第3工区)
昭和58年	千葉県印旛沼流域下水道管渠築造工事(8604工区)
平成元年	東京都下水道局第二十二社幹線その2工事
平成4年	東京湾横断道路(株)中央7川入北その1工事
平成8年	首都高速道路公団KJ125換気扇道工事(A工区)
平成16年	戸田建設(株)千葉支店土木部工事長
平成19年	戸田建設(株)退社 京成(株)建設部(学務委託)
平成22年	京成建設(株)入社
平成24年	京成建設(株)退社



1969年入社当時

また、週に2回は施工管理担当のコンサルタントの方に同行して現場を見学させていただいた。酒匂川橋梁は橋長750mでその橋脚は直径7m、高さ最大65m。当時日本一高い橋脚であった。橋脚の基礎はニューマチックケーソン工法で築造しており、0.1MPaの圧気圧も経験した。

夜は町田の横浜寮に寝泊まりし、公団職員と酒を酌み交わしながら土木の魅力や土木屋の心意気について話を聞く機会に恵まれた。最近、さまざまな分野でインターンシップ制度が脚光を浴びているが、私はこの実践教育で得た貴重な経験を通してゼネコンに入ることを選択したのだった。

最初の現場

■圧気併用手掘りシールド・練馬幹線その4工事

1969(昭和44)年、戸田建設に入社して最初に配属された現場は、下水道シールド工事であった。圧気シールドは体力が一番ということで、新入社員の中で体格が良く体力がありそうという理由で私が選ばれたことをあとから聞いた。私にとってそれがシールド工事に足を踏み入れるきっかけとなった。

最初の現場である東京都下水道局発注の練馬幹線その4工事は、練馬区の全域、板橋区の一部の汚水を新河岸処理場に導流する練馬幹線の一部を築造するものであった。

路線は板橋区高島平地内で現在の首都高5号線下に位置している。発進立坑は大きさ7.20m×14.80m、深さ11.86mをニューマチックケーソン工法で構築し、圧気手掘りシールド工法で内径2,300mm、延長555.4mの円形管を築造するものであった。

この現場は会社としては3本目のシールド工事である。所長、工事主任は先行するゼネコンのシールド現場で研修し、作業所は緊張感と熱気に溢れていた。

掘削地山はよく締まった砂層と礫層の互層である。砂礫層中の地下水は、上部に厚い粘土層があるにもかかわらず被圧はあまりされておらず、湧水量は事前調査結果よりもはるかに少なく50L/min程度で、圧気圧は0.05~0.07MPaであった。



発進立坑築造状況(ニューマチックケーソン工法)

シールド本体は外径3,046mm、全長4,265mmでリングガーダー部には推進用シールドジャッキ(80t)が8本装備され、テール部にはセグメント組立て用のエレクタ装置を装備していた。切羽部は天端土砂の崩壊を防ぐ目的で1.20mのフードを形成し、上部にハーフムーンジャッキ(20t)が3本と切羽前方の地山押さえのため、上段、下段に各2本フェイスジャッキが装備されていた。

シールド施工中の施工管理は以下のように行った。

(1) 地山状態・湧水量の観察

掘進中は常に切羽の状態を目視で確認しながら掘削を行った。切羽の土は目で見るだけでなく直接手で触り、匂いを嗅いだりして観察した。ときどき自らコールピックを使って掘削し、地山の締めり具合も確認した。

(2) 裏込め注入

当時の裏込め注入材はセメント、砂、ペントナイト、フライアッシュを練混ぜたものであった。シールドのすぐ後方で注入すると注入材

がテールバックの隙間から機内に流入したり、切羽側に回ることがあった。そのためシールドの10~15m後方のセグメントグラウトホールから注入した。打音検査で充填確認を行い、充填不十分な箇所は補足注入を行った。

(3) 曲線施工と測量管理

シールドが計画路線どおりに掘り進んでいるかを把握するため、1日数回測量を行った。測量は坑内をバッテリーカーが走行しない休憩時間や昼夜勤の交替時の限られた時間に行った。

当時はまだ自動測量や方向制御システムという便利なものはなかった。ので、線形の管理は方眼紙に1/20の縮尺で計画路線を書き、測量結果をプロットして図上で実際のずれや方向を求めた。

測量結果から余掘り量や使用ジャッキ、セグメント組立て位置を決定し、掘進指示書に記入して世話役に指示した。掘進オペレーターは30cmごとに推進を止めてジャッキストロークとテールクリアランス量を測定しシールドの方向を管

理した。

(4) 地表面沈下変状の防止

シールド掘進に伴う地盤沈下防止は、切羽の先掘り禁止と必要余掘り量の徹底管理で行った。テール部における沈下防止は、裏込めの補注注入とセグメントボルトの確実な再締めで行った。

■入社したころの現場では

新入社員のおもな仕事は、事務所やトイレの掃除は当然のこととして、図面などのコピー、数量拾いに資機材の手配、検収などで、けっこう忙しかった。

シールド掘進を始めてすぐに一人で夜勤を任された。言っている意味がほとんど理解できない津軽訛りのきつい出稼ぎの作業員と一緒に、無事その日の責任を果たしてホッとしたことを覚えている。

余談であるが、数量計算は今日のようにパソコンはなくタイガー計算機が使われていた。ハンドルが付いた手動の計算機である。掛け算、割り算はもちろんのことルート計算もできた。

複写機は現在の電子コピーではなく、「青焼き」といわれていたアンモニア液を使った湿式コピー機である。施工計画書や予算書、図面などの原稿はすべて半透明のコピー用箋に手書きし、その原稿と感光紙を重ね合わせて一枚一枚感光ドラムに送り込むものだった。原稿と感光紙の分離がうまくいかず、ローラーに巻付いてビショビショになったり、紙詰まりを起こして原図がダメになり書き直すことも、たびたびであった。

全断面密閉型シールドの施工

昭和40年代後半になると圧気併用手掘り式シールド工法に代わって泥水加圧式や泥土圧式などの密閉型シールド工法の開発が進められた。切羽が自立しない軟弱な地盤でも基本的に補助工法を使わず、シールド自身で機械的に土圧と水圧を押さえ切羽の安定を確保するものである。これによって、周辺地盤の変状を極力少なくできるとともに圧気下の劣悪な作業環境から解放された。

私は1979(昭和54)年、千葉市発注の南部幹線6工区をはじめとして、東京電力(株)発注の下総線第2ルート管路新設工事、千葉県発注の江戸川左岸流域および印旛沼流域下水道管渠築造工事など5本の泥水シールド工事を千葉市、松戸市、船橋市で施工した。高水圧が作用する均等係数が小さい成田砂層は泥水シールドの掘削土質にもっとも適していた。切羽安定液の比重、粘性を適切に管理することによって掘進速度50~70mm/minを確保し、工期を大幅に短縮することができた。

1987(昭和62)年、印旛沼流域下水道管渠築造工事(8604工区)において、シールド外径4.19mの掘進中、陥没事故を起こしてしまった。土かぶり約13mの地中に支障物があるとは思ってもみなかった。突然カッタートルクが上昇し、排泥管閉塞がたびたび発生した。配管を解体して確認したところ松杭の切れ端が出てきた。あとでこの道路は約30年前に谷部を盛土して造成

した道路で、盛土前にカルバートがあったことが判明した。そのカルバートの支持杭と思われる松杭が残置されたままであったものと思われる。松杭は推進速度を落としてカッタービットで切削しながら掘進したが、その切れ端が排泥管閉塞を起こし切羽水圧が乱高下して地山土砂を取込み過ぎてしまった。地表面が直径3m、深さ約2m陥没し、そこに設置していた通信施設のマンホールを約55cm沈下させてしまった。

幸いに施設の機能に支障はなかったが復旧するのに約20日を要し、片側交通を余儀なくされた地元住民の方々に多大なる迷惑を掛けてしまった。道路造成前の土地の形態やシールド通過付近の環境調査などが不足していたこと、非常時の切羽保持に必要なとされる泥水管理意識が不足していたことを反省している。

切羽前方探査システムの開発と実用化

■切羽前方探査システムの開発

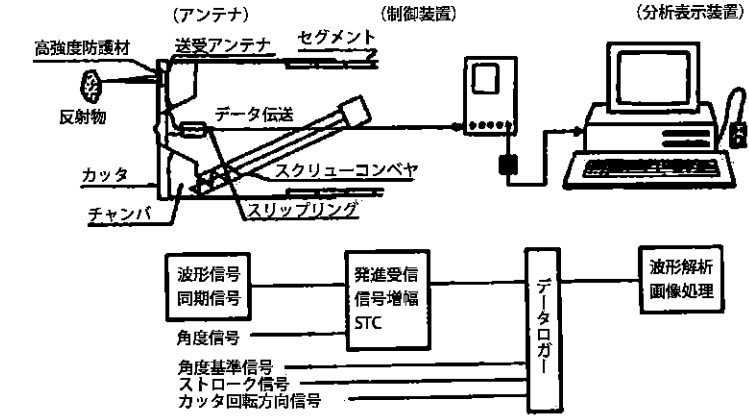
密閉型シールドは、切羽と機内を隔壁によって仕切っているため直接切羽を見ることはできない。前面の切羽状況を探知してそれを施工管理に反映させたいと、シールド技術者なら誰でも考えるところである。ゆるみ領域の探査を目的として貫入棒を使用する方法、超音波や比抵抗を利用した方法はすでに考案されていたが、これらの方法は連続的に測定できず切羽面を乱したり、精度が不足するなどの欠点をもっていた。そこで、

右図に示すように既設構造物の探知、埋もれ木、転石の発見、切羽土層の区別およびゆるみ崩壊領域の探知などを目的として電磁波を利用した切羽前方探査システムを考案した。シールド面板にレーダーのアンテナを設置して、地山に向けて電磁波を発信し反射波を受信することによって上記の目的を達成しようとするものである。

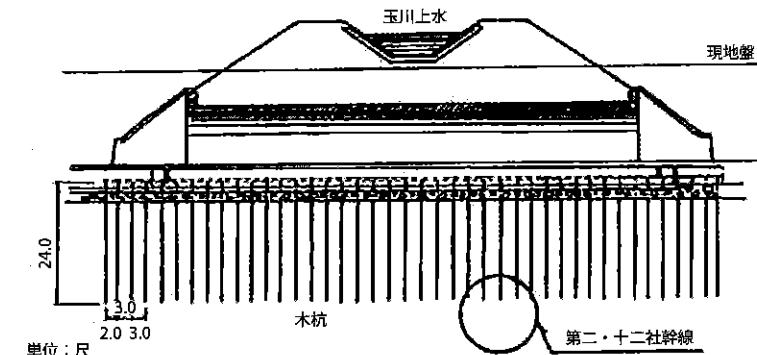
■泥土圧シールド工法・第二・十二社幹線その2工事

1989(平成元)年、東京都下水道局発注の第二・十二社幹線その2工事を担当した。第二・十二社幹線は東京都下水道局整備拡充事業の一環で、渋谷、世田谷、新宿、中野、杉並各区の雨水、汚水処理を目的として、仕上り内径3,500mm(シールド外径4,450mm)、延長1,295mの下水道管渠を泥土圧シールド工法で築造するものである。

シールド路線は、甲州街道と平行している水道道路(都道431号線)に位置し、途中2か所で明治時代に旧玉川上水下部に構築された横断隧道の直下を通過する計画であった。シールド通過の際、旧橋台や隧道の基礎杭の出現が予想されたが明確な設計図がなく、その位置は不明であった。シールドが通常の掘進速度でこの基礎杭に遭遇して破壊すると隧道本体や地下埋設物などに影響を及ぼすことが考えられることから、前例の失敗を教訓に、シールドに切羽前方探査システムを搭載した。シールド面板にレーダーアンテナを搭載して前方を探知する例は初めての試みであった。上図に横断隧道の概念図



切羽前方探査システムフロー図



横断隧道断面図

を示す。シールド前方約1.7mの障害物や土層が明瞭に捉えられた。掘進速度を30mm/minから2mm/minに落として掘進し、太さ約25cmの木杭を安全に切断することができた。

東京湾横断道路(株) 中央トンネル川人北工事

1992(平成4)年、東京湾横断道路(東京湾アクアライン)の中央トンネル川人北工事(シールド外径14.14m、延長2,100m)を担当した。本工区は東京湾中央部の川崎人工島と木更津人工島間の2本のシールドトンネルのうち、川崎人工島から木更津に向かって発進する北側

のトンネルで、木更津人工島から発進するトンネルと地中接合するものである。

工事の特徴は、大断面(φ14m)、高水圧(0.6MPa)下の海底掘進であること、一次覆工と二次覆工を並行作業で行うことであった。今まで実績のない大規模工事であったため、発注者、請負業者、専門業者が一体となって取組み、いろいろの分野でワーキンググループを立上げ、工夫と改善を重ねて工事を進めた。発進までの一連の作業の中で、いちばん神経を使ったのは、発進部分の地中連続壁(厚さ2.8m)をいかに早く、安全に壊すかであった。一歩間違えば海の

水が流れ込むという条件のなかで、凍結工法による発進防護と制御発破という大胆な工法を採用して一軸圧縮強度が98N/mm²以上の硬さ

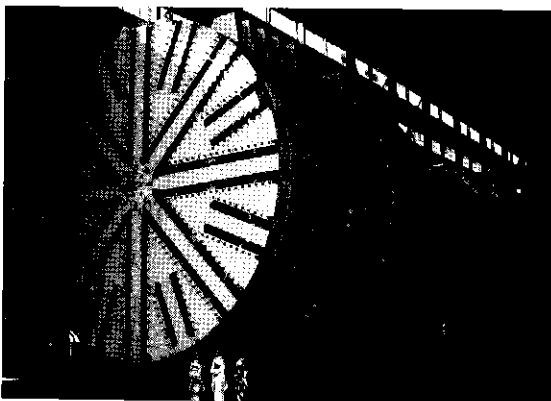
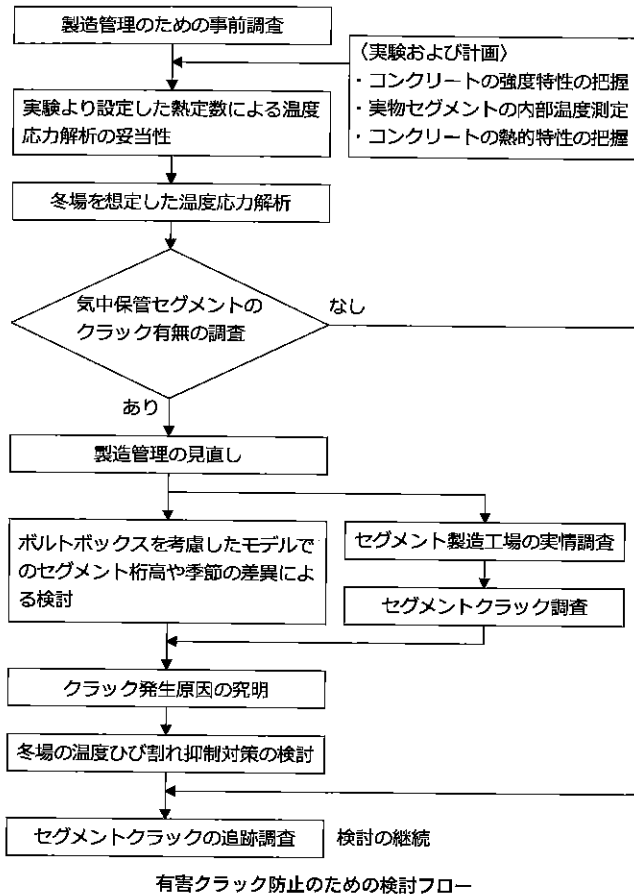
の運壁をトラブルもなく撤去を完了した。これについては、『トンネルと地下』(Vol.45, No.9)の第57回「語り継ぎ 言い継ぎ行かむ」

で(元)鹿島建設(株)の松本龍二氏が具体的に記述しているので参考にさせていただきたい。

横断道路の工事では、高水圧下でセグメントを通して浸入してくる海水を抑える目的で、RCセグメント材料に50%の高炉スラグ微粉末を使用して止水性を高めている。セグメント自体のひび割れ(クラック)が漏水の原因につながる可能性が考えられることから、発注者(TTB)とトンネル施工8JVおよびセグメントメーカー7社からなるワーキンググループで、セグメントの製造管理方法の明確化とひび割れ抑制対策の検討を行った。

■セグメント製造管理方法と冬場のひび割れ抑制対策の検討

仕様書の規定にもとづきセグメントの製造が開始された。その後、気中保管していたセグメントに小さなクラックが目立つようになった。セグメントの有害なクラックの発生を抑制するため、左図の検討概要フローのとおりセグメント製造管理方法と冬場の温度ひび割れ抑制対策の検討を行った。



東京湾横断道路中央トンネル川入北工事泥水式シールド掘進機(φ14.14m)



一次覆工完了状況(セグメント組立て)

非開削大断面トンネル MMST工法

■MMST工法の概要

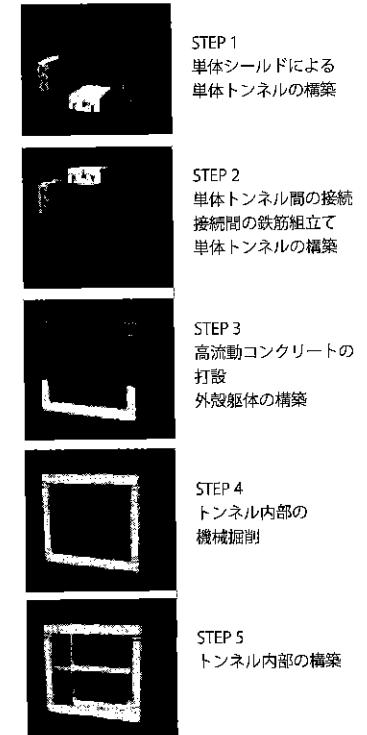
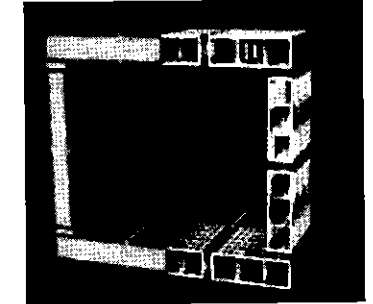
従来の円形シールド工法や複円形シールド工法では対応できない大きさの断面を非開削で施工可能とする目的で、当社はMMST工法(Multi-Micro-Shield-Tunnelの略称)を開発し、その実用化メンバーに加わった。

MMST工法とは、トンネルの壁となる部分(外殻部)を複数の矩形小型シールドで掘削しながら鋼製の壁(矩形単体トンネル)を構築して地中でそれぞれを接続し、その中に鉄筋を組み、高流動コンクリートを充填してより剛性の高いトンネルの外殻構築を行う。その後、トンネル内部の土砂を掘削し大断面トンネル(右図)を構築する工法である。MMST工法の特徴は次のとおりである。

- ① 外殻は小断面単体シールドで掘削するため、仮設備が小規模である。
- ② トンネル断面が矩形であるため、用地幅が限られている場合は空間を有効利用できる。
- ③ 内部掘削は普通土として処理できるため産廃土量を低減できる。
- ④ 鋼殻部はSC、接続部はRCの複合構造である。

■首都高速道路公団・KJ125工区(A)換気洞道工事

1996(平成8)年、MMST工法の設計、施工法を確立する目的で首都高速道路公団から発注されたKJ125工区(A)換気洞道工事を担



MMST工法トンネル構造図

当した。

本工事は大師IC内に設置する換気塔と川崎縦貫線本線を結ぶ換気トンネルの集合部を利用してMMST工法の試験工事を行うものである。試験工事は、当工区を含め3工区あり、A線トンネルを戸田・清水・大豊JV、B線トンネルを大成・鴻池・竹中土木JV、C線トンネルを鹿島・大林・奥村JVが担当した。その概要と単体トンネル割付けを次頁上図に示す。

■ひび割れ防止対策のまとめと対応

(1) 工場調査、ひび割れ調査

クラック調査では、温暖期、暑中期の製造ではほとんどひび割れの発生は見られなかったが、冬場製造分のセグメントに乾燥ひび割れと思われるクラックが多数発生していた。温度による影響でひび割れが発生したかどうかは調査結果からは明らかにならなかったが、有害な温度ひび割れが発生する可能性を小さくすることが必要であると考えられた。

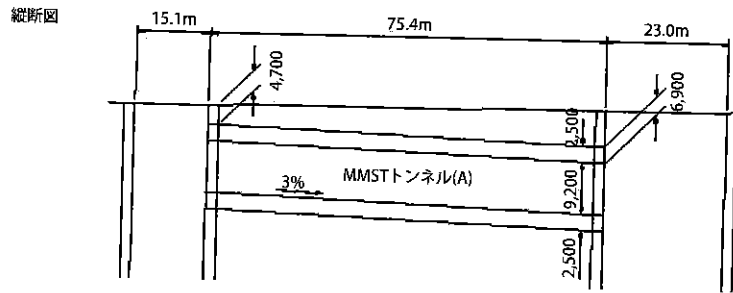
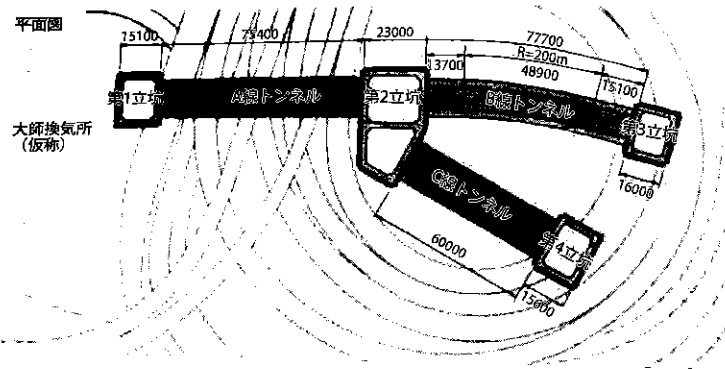
(2) 温度ひび割れ抑制対策

冬場の製造管理での養生方法を改善して温度ひび割れを抑制することを目的に、ボルトボックスを考慮した解析モデルを用いて温度応力解析を行った。

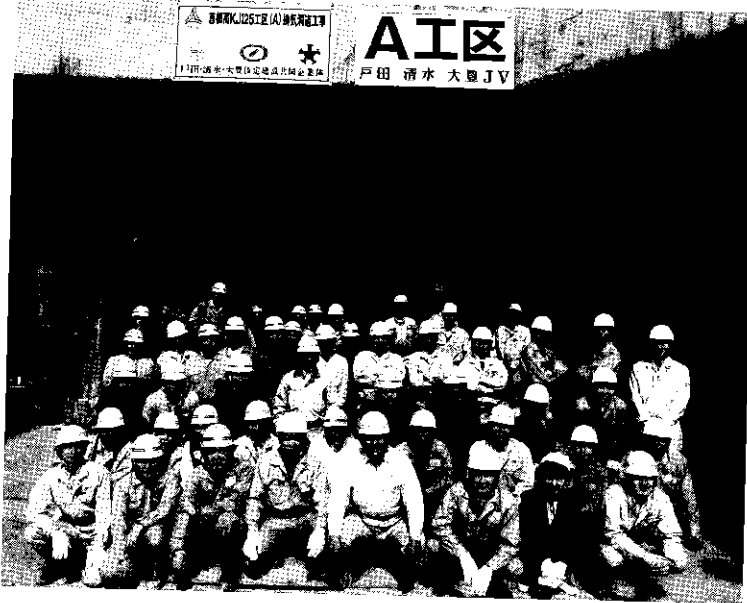
その結果、セグメント寸法ではその桁高が大きいほど、季節別では温暖期、暑中期に比べて冬期製造時のものほど温度ひび割れ指数が小さくなった。

冬場の養生方法として、脱型温度の最高温度をできる範囲で低くし脱型までの雰囲気積算温度を小さくすることがセグメントの温度応力低減に有効であることがわかった。さらに脱型後に気中での湿潤養生時間を長くすることにより、水中投入時のコンクリート温度が低くなり、水中投入による温度ショックで発生する温度応力を低減できることがわかった。

解析結果を踏まえ、各工場では冬場の温度ひび割れを抑制する養生方法を採用することでセグメントの温度ひび割れを大幅に抑制することができた。



平面図・断面図

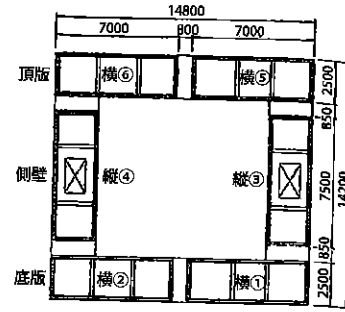


上床版トンネル到達状況(発注者職員, JV社員, 作業員と)

(1) シールド掘進工

単体トンネルの掘進順序は、当初シールド掘進による地盤沈下を抑えるため、トンネル上床版の先行構築を検討したが、トンネル頂版部の支障物撤去と工期短縮を考

慮し下床版トンネルを先行した。縦横比が1:3である矩形シールドはローリングの発生が懸念され、トンネルどうしを連結するMMST工法においては高い施工精度が要求された。姿勢制御は円形



単体トンネル割付け図

シールドと同様、掘進機に装備したオーバーカッタ、中折れ装置、偏向ジャッキ、可動ソリとカッタ回転方向を有効に組み合わせて行った。最初の横①シールドでは発進直後に頭下がりが生じ、195mmのピッチングが発生してしまった。横②シールドでは、この点を改善すべく掘進機の下に沈下防止板と固定ソリを溶接して蛇行量の抑制を図った。側壁縦型シールドのローリングは、横型より姿勢制御が容易で蛇行量を40mm以内におさめることができた。

(2) 接続工および外殻構築工

単体トンネルどうしを接続するには一部鋼殻を解体しその間を掘削する必要がある。地山の安定と地下水の浸入を防ぐ目的で、土留めとして鋼殻背面に設置したスライド鋼板を圧入させ薬液注入を行った。その後、鋼殻を切断し接続部の土砂を掘削した。

MMST工法における本体構造は、設計上、鋼殻の主桁を応力部材として取扱うことから、トンネル坑内にコンクリートを完全充填する必要がある。コンクリートの流動性やブリージング量の低減のため一部区間において高流動コンクリートを採用し打設した。

(3) 施工上の課題

MMST工法は大断面地下トンネルの施工に対し、開削工法や従来のシールド工法に代わる非常に優れた特徴をもった工法である。

施工実績が少なく施工手順も複雑であるため設計上、施工上の課題も多い。工期短縮とコスト削減については更なる研究開発が必要である。

■土木学会技術開発賞受賞と恩師との再会

KJ125工区(A)換気洞道工事は「非開削トンネルの新しい構築工法(MMST工法)の開発・実用化」として、1999(平成11)年度の土木学会技術開発賞を受賞した。その会場で、私が卒論でご指導を受けた恩師の能町純雄教授(2012年3月享年90で逝去)が同時に土木学会功績賞を受賞され、お会いできたことに、何かの縁を感じた。

技術士受験6回ようやく合格

経審の評価点は技術者の人数も計算の対象になることもあり、当時会社は技術士取得に積極的であった。私は42歳から技術士にチャレンジしたが不合格の連続。現場が忙しいことを口実に受験はマンネリ化していた。2000年を目前にして技術者としての区切りをつけるため、50歳を過ぎていたが一念発

起、真面目に勉強して1999(平成11)年11月筆記試験に合格した。

口答試験では、試験官からこの歳になってチャレンジし続けた姿勢が素晴らしいとお褒めの言葉をいただいた。

技術士の資格を持っているから素晴らしい技術者というわけではない。資格を持っていないでも一流の技術者はたくさんいる。ただ、資格の取得を通じて、的確に問題点を把握し論理的に物事を判断して創意工夫により解決する力が付いたと自分では思う。

おわりに

学校を出たばかりでシールド工法に関する知識は全く無知であった私は、多くの方に出会い支えられて土木屋として43年歩んできた。仕事を完成させるまで大なり小なりトラブルのなかった現場はひとつもなかった。先の見えない真っ暗なトンネルもみんなで力を合わせて、少しずつでも前に進むことによって出口は必ず見つかった。失敗をくり返しながらも男のロマンを支えてきたのは、現場の作業員を含め関係者全員の工事完遂を目指す使命感と一体感であったと思う。みんなで竣工を迎えたときに味わえる達成感はひとしおであった。社会に貢献できたなど実感す

るときでもあった。

現在では私が携わったほとんどの工事はマンホールの蓋しか確認することができないが、人々の命を守り、生活を豊かにする土木の道を選び、土木という仕事に携われたことに感謝している。東京湾アクアラインや最近全線開通した首都高中央環状線地下トンネルを車で通るたびに、シールドトンネル技術の進歩に目を見張り、担当されたすべての技術者に敬意を表するものである。

最近土木に関心を示す若者が少ない傾向にあり、夢をもって土木の世界に飛び込んだものの理想と現実のギャップで転職する人も多いと聞いている。最初から第一線で働ける人はいない。人生の中にはいろいろなことがあり我慢することも必要である。

仕事以外にあまり趣味がなかった私は、現役を離れたいま、釣りに出掛けたり、ゴルフに行ったり、仏像彫刻や篆刻、絵手紙などをはじめ毎日やることがいっぱいあって迷うくらいである。趣味は仕事以外の人脈を広げ、結果的に仕事にも人生にも大きなプラスになると思う。これからの若手技術者が各自の夢に向かって、生涯続けられる趣味と仕事を両立させて奮闘されることを期待している。

土木情報 No.509

今月の主な入札結果
(9月10日~10月9日)

事業主体	工 事 名	請 負 会 社	請負額 単 位 百万円
関東財務局	横浜市金沢区所在国有T補修補強	ライト工業	242
中国四国農政	吉野川下流域農地防災事業北部幹線水路(3号水位流量調整施設)	品山組	172.1
関東地整	H27三栗谷排水樋管改築	大協建設	212
"	H27多摩川五反田川放水路樋門築造	西武建設	1,758.8
中部地整	H27 42号尾鷲北T	佐藤工業	1,644
中国地整	長門岐山道路大寧寺第3T北	飛鳥建設	3,068.8
"	多伎朝山道路口田儀第1T	不動テトラ	871
"	" 第3T	鴻池組	645.8
"	休山改良休山T長迫	奥村組	2,080.26
首都高速道路	(高負)YK41工区土工・岸谷生麦線T・子安公園復旧他	鹿島建設	1,392
中日本高速道路	中央自動車道笹子T補修(H27)	TSUCHIYA	949.8
西日本高速道路	南阪奈道路竹内T	清水建設	4,621
"	湯浅御坊道路川辺第一T	清水建設	4,218
岩手県	田鎖T築造	三井住友・本間・中村JV	3,412
"	主地重茂半島線(仮称)熊の平T築造ほか	フジタ・大日本・佐々木JV	2,590.9
都・建設局	井荻地下歩道エレベーター棟建設(27三の3)	川俣組	148.8
都・下水道局	環状第2号線道路整備事業に伴う中央区勝どき五丁目付近管渠改良その2	東栄建工・アースJV	315
福島県	R399(仮称)戸渡T	福浜大一・堀江・加地和JV	1,938
埼玉県	27案第201号樋門	古郡建設	140
千葉県	R128社会資本整備総合交付金(内浦・(仮称)新夷入T工)	東急・白幡JV	1,687.19
山口県	R434道路改良(高鉢山第3T)	井森・ミヤベ・ナルキJV	1,043.11
東京都都市づくり公社	稲城市公下南山東部地区汚水及び雨水整備(公27-4)	防長土建	100.3

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 本体価格6,300円 円350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

研究

防音扉と簡易設置型吸音体によるトンネル発破低周波音低減システム

大成建設(株)建築技術研究所音環境チームチームリーダー 増田 博
大成建設(株)建築技術研究所音環境チーム主任 田中 博
大成建設(株)土木技術部トンネル技術室課長 山本 隆

1 はじめに

山岳トンネル工事において発破時に発生する低周波音の低減技術は、近隣住民の生活環境および自然環境保全の観点から重要な技術である。

一般的なトンネル発破時の低周波音対策として、二重防音扉を用いることが多い。しかし、想定される効果に対して十分な遮音性能が得られないことが多く、その原因として扉の振動特性の影響がもっとも大きいと考えられていた¹⁾。そのため、低周波音の低減効果を大きくするには、単に扉の重量や剛性を増すことで対応するしかなく、二重防音扉設置後に更なる遮音性能が要求された場合、新たに防音扉を追加するなどの対策しかなかった。

著者らは、実際の発破現場における詳細な低周波音測定および扉の振動測定を実施して、二重防音扉の遮音効果の低下原因が、扉の振動特性に加えて、二重防音扉間の空間の共鳴現象にあることを明確にした。そして、二重防音扉間に低周波音用のヘルムホルツ吸音体(以降「レゾネータブロック」)を、重機通路を確保しつつ複数配置することで、空間の共鳴を抑制して従来の二重防音扉の遮音性能を向上させる技術(以降「レゾネータブロックシステム」)を開発した。

本稿では、まず、従来の二重防音扉間の空間の共鳴による遮音欠損の現象について山岳トンネル工事現場における測定結果を用いて説明する。次

に、二重防音扉間の空間の共鳴現象を抑制するために開発したレゾネータブロックおよびレゾネータブロックシステムの特徴について説明する。さらに、レゾネータブロックシステムの効果を事前に予測する数値解析手法とその解析結果を紹介し、最後に、実際に山岳トンネル工事現場にて測定したレゾネータブロックシステムの低減効果について述べる。

2 発破音に対する二重防音扉の影響

図-1に示す二重防音扉(扉間隔20m)を有するトンネルの坑口において、防音扉を閉じた条件で発破音および防音扉の振動を測定した。音圧レベルの測定結果を図-2に、防音扉の中央部の振動加速度レベルを図-3に示す。

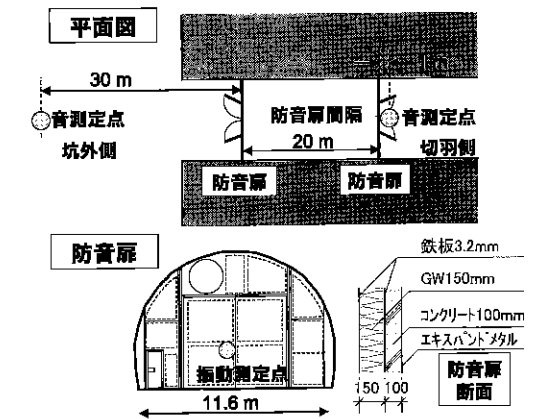


図-1 発破音および振動測定点

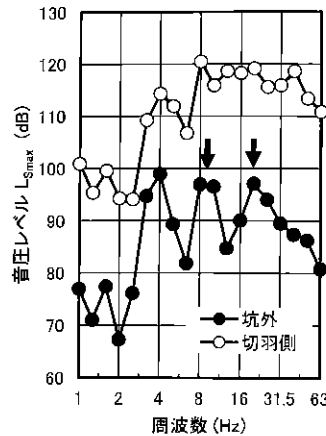


図-2 音圧レベル測定結果

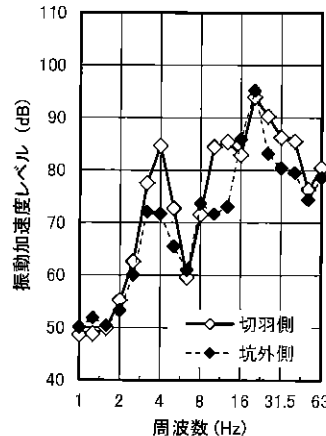


図-3 防音扉の振動測定結果

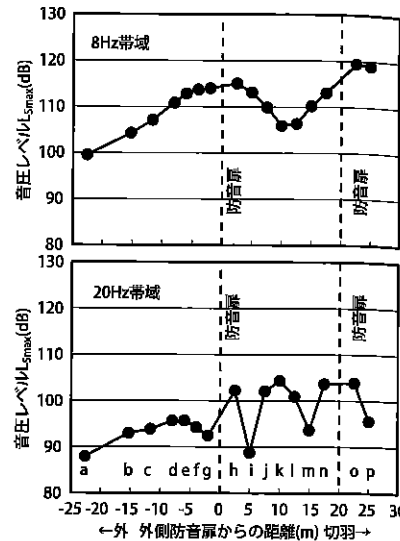


図-7 音圧レベル分布測定結果

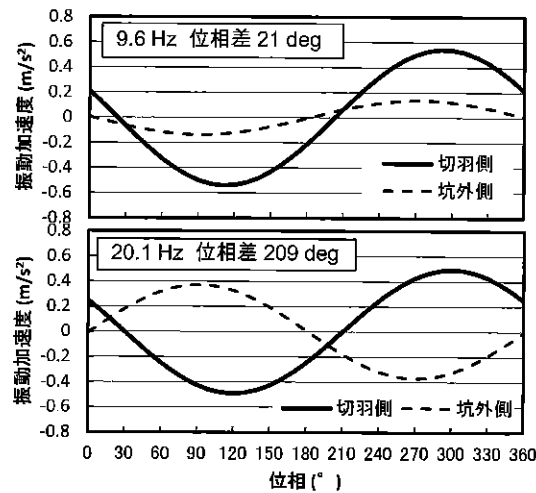


図-4 防音扉の振動の位相差



図-5 防音扉の振動の概念図

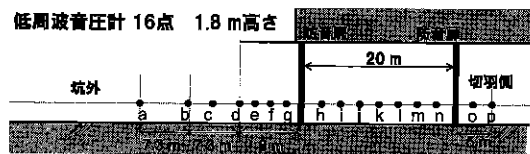


図-6 音圧分布測定点

図-2によれば、切羽側では8 Hz以上の周波数において比較的平坦な周波数特性となっているのに対し、坑外においては、8 Hz付近と20 Hz帯域

にピークが見え、特定の周波数において二重防音扉の遮音特性に欠損が生じていることがわかる。また、図-3の振動の測定結果でも、8 Hz付近と20 Hz帯域付近で切羽側の扉の振動と坑外側の扉の振動が同程度になっている。さらに、2枚の防音扉の振動をFFT分析し、その位相差を算出すると、8~10 Hz帯域内でピークとなる周波数(9.6 Hz)ではほぼ同相で振動しているのに対し、20 Hz帯域内でピークとなる周波数(20.1 Hz)ではほぼ逆相で振動している(図-4)。

以上の測定結果から、二重防音扉間では、二重防音扉間隔が1/2波長となる8~10 Hz帯域の周波数と、1波長となる20 Hz帯域で、図-5に示すような共鳴現象が生じ、増幅した音圧が扉を振動させることで、二重扉の遮音性能を低下させているものと推定される。

二重扉間での共鳴現象を確認するため、同じ断面形状をもつ別のトンネルにおいて二重防音扉の切羽側から坑外までの音圧分布を測定した。扉間隔は同様に20 mである。図-6に示すように低周波音圧計を複数設置して(高さ1,800 mm)、発破音を測定した。8 Hzと20 Hz帯域の音圧分布の測定結果を図-7に示す。

扉間で波長に合わせた音圧の山谷がはっきりと計測されており、推定どおり空間の共鳴現象が生

じていることがわかる。以上のように、二重防音扉の遮音性能は二重防音扉の間隔が波長と同程度、または、波長の1/2長さと一致する周波数において、共鳴現象により欠損が生じていることがわかった。

3 レゾネータブロック

上記のように二重防音扉間で共鳴現象が発生する原因は、二重防音扉間に低周波音を吸音するものが全く存在しないことにある。し

たがって、共鳴による遮音欠損を改善するには、二重扉間に吸音することが有効である。しかし、工事中のトンネル内では発破時以外は重機が往来し、湿度も高く一般的な吸音材には過酷な環境である。そこで、トンネルの断面形状を問わず、工事用重機の通過を妨げることなく簡易に設置でき、かつ、二重防音扉の遮音性能が低下する特定の周波数の低周波音を吸音する耐久性のある鋼製のヘルムホルツ吸音体(レゾネータブロック)を開発した。

レゾネータブロックには2種類あり、一つは鋼製の小型タイプ、もう1種類は貨物用コンテナを加工したコンテナタイプである(図-8)。これらを図-9に示すように、重機通路を確保しながら、二重防音扉間に積み重ねたり並べたりして複数個配置して、二重防音扉の遮音性能を向上させる遮音工法をレゾネータブロックシステムと呼ぶこととする。

どちらのタイプのレゾネータブロックも箱体形状で、複数の鋼管パイプによって、外部と連通している。この鋼管パイプ部分の空気の塊が質量、箱体空洞部の空気がばねとなって一自由度共振系を構成しており、その共鳴周波数付近で鋼管パイプ部分の空気の塊が激しく振動する。このとき、鋼管パイプ表面の抵抗によって音のエネルギーが熱エネルギーに変換され吸音する。ただし、鋼管パイプ表面での抵抗だけでは不十分であるため、流れ抵抗を有した通気性膜を鋼管パイプの端部に設

型式	写真	寸法など	ネック長 ネック個数	共鳴周波数
小型 タイプ		通気性膜 鋼管パイプ 800 800 L=800	150mm 4個	16~20Hz 帯域
コンテナ タイプ		鋼管パイプ 通気性膜 中仕切り 2,100 3,540 1,100	30mm 18個	16~20Hz 帯域

図-8 レゾネータブロック概要

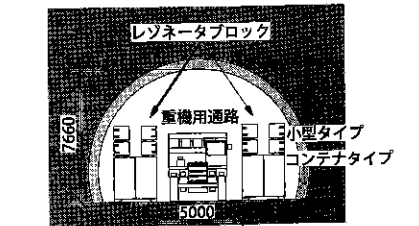
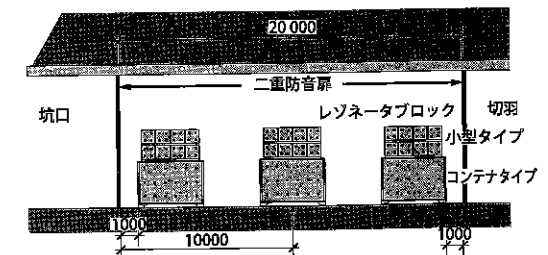


図-9 レゾネータブロックシステム

置して吸音効果を最大化している。

レゾネータブロックの仕様は、試作段階でそれらの吸音性能を確認しながら決定した。ただし、実寸のレゾネータブロックの吸音率を従来の吸音率測定方法で直接測定しようとする、波長との

関係から、実験設備が巨大化してしまい現実的ではないため、以下のような模型実験および実寸実験により、吸音性能を最大化できるように通気性膜の選定や箱体の構造を決定した。

3-1 模型実験

1/10の縮尺でレゾネータブロック模型(写真-1)を作製し、音響管による垂直入射吸音率測定(JISA 1405-2)を実施した。その結果、レゾネータのパイプ(以降「ネック」)の開口部分に適切な流れ抵抗を有した通気性の膜材料を取り付けることで、吸音特性を最大化できることが示された(図-10)。

図中、膜1、膜2、膜3の流れ抵抗はそれぞれ3.6, 18, 146Pa・s/mで、膜2のときに吸音率が最大となる。また、ネックが設置される面の板の剛性を変化させたときの吸音率測定も実施し、板振動の共振周波数がレゾネータブロックの共振周波数に近いと吸音率が低下してしまうこと、離れていれば板振動の共振周波数で更に吸音効果が得られることがわかった(図-11)。

実寸のレゾネータブロックについて模型実験で行ったような垂直入射吸音率測定を行うためには、

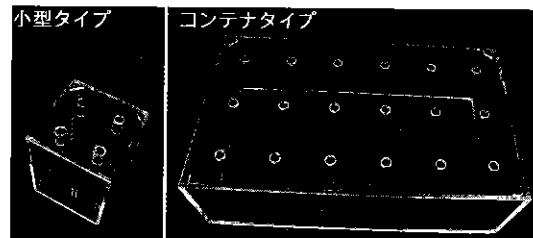


写真-1 レゾネータブロック 1/10 縮尺模型

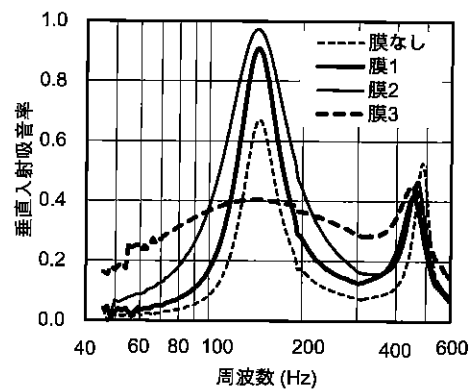


図-10 垂直入射吸音率(模型：抵抗変化)

模型実験の10倍の大きさで、かつ、低周波音でも振動しないような剛性や重量の実験設備が必要となり、実現が難しい。そこで、音場において間接的に吸音率を推定する方法を、引続き模型によって検討した。吸音率が明確になっているレゾネータブロック模型を1/10縮尺の残響箱に設置し、レゾネータブロックのネック前方に音圧・粒子速度センサ(PUセンサ)を設置可能なもっとも近い距離5mmに設置し、スピーカからホワイトノイズを発生させて音響インピーダンスを測定した。結果を図-12に示す。

音響インピーダンスは吸音率が最大になる周波数において極小となる周波数特性を示した。極小値は膜材料の条件によって異なり、流れ抵抗が大きくなるに従って大きくなった。垂直入射吸音率の結果と照らし合わせ、実寸実験のPUセンサ位置条件では、極小値が40dB程度の場合に吸音率が1に近くなると推定した。

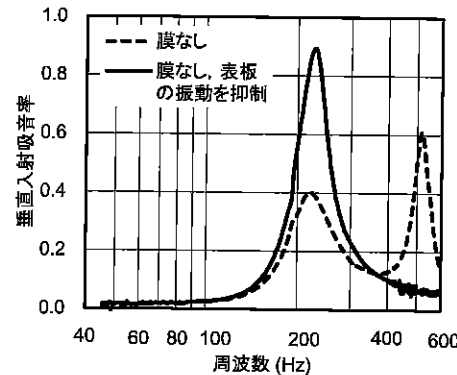


図-11 垂直入射吸音率(模型：表板剛性変化)

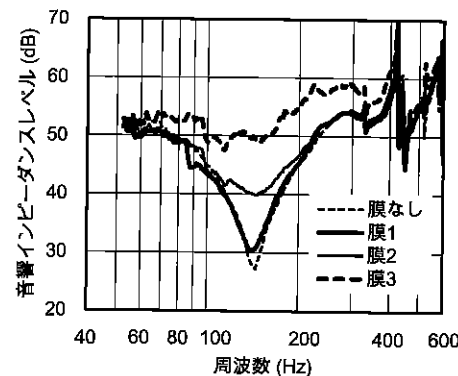


図-12 音響インピーダンス(模型：抵抗変化)

3-2 実寸実験

低周波音再生システムを備えた実験室(写真-2)において、実寸レゾネータブロックの吸音率推定実験を行った。実験室寸法の制約により、小型タイプのみ実験した。模型と同様にネック前方50mm(実寸のため、5mmの10倍)にマイク(低周波用)および粒子速度センサを設置し、スピーカからピンクノイズを発生させて音響インピーダンスを測定した。結果を図-13に示す。

模型実験と同様、共振周波数において音響インピーダンスが極小となる周波数特性が得られた。極小値および周波数特性より、吸音率が高いと推定される膜(流れ抵抗1.1Pa・s/m)を選定した(図-13、膜あり)。また、箱体の各面の板振動の共振周波数を測定し、レゾネータブロックの共振周波数に近くなるように、補強部材を設計した。

以上のように実験室において、レゾネータブロックの吸音効果の最大化条件を実験室などで評価できる手法を新たに考案し、レゾネータブロックの仕様を決定した。

4 レゾネータブロックシステムの効果の予測

山岳トンネル工事現場にレゾネータブロックシステムを採用した場合の効果を事前に予測するために、時間領域有限差分法(FDTD法)による予測手法を合わせて開発した。ここでは、次章で紹介する適用実験(図-9)に対して実施した予測計算例を用いて、予測法とその予測結果について説明する。

4-1 FDTD法による音場解析と計算モデル

FDTD法による音場解析⁹⁾では、音波の波動伝搬について、オイラー方程式と連続の式を空間および時間領域において有限差分近似することにより、音圧と粒子速度を時間ステップごとに計算していく。今回のFDTD法による音場解析における境界条件には、壁面の表面インピーダンスにより境界の粒子速度を更新する方法⁹⁾を用いた。

計算モデルは、次章に示す山岳トンネル工事現

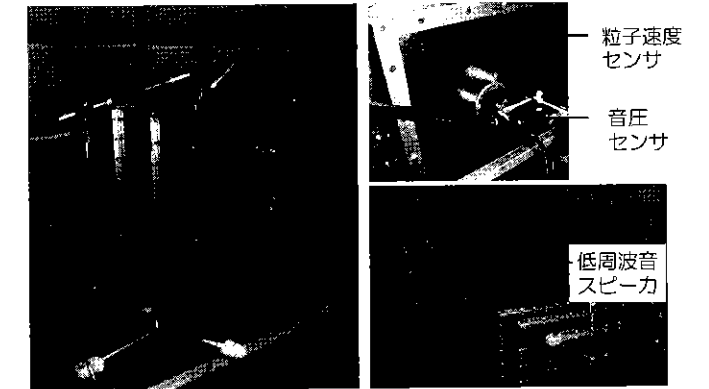


写真-2 低周波実験室における実寸実験

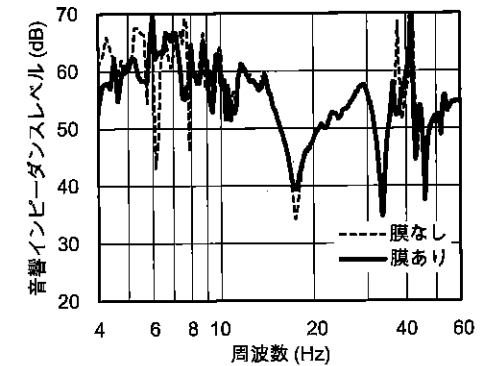


図-13 音響インピーダンス(実寸：抵抗変化)

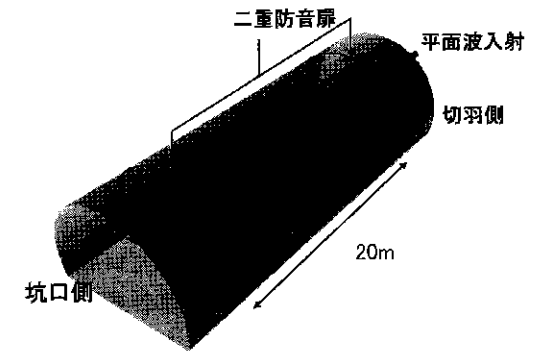


図-14 山岳トンネル工事現場の計算モデル

場に合わせて、二重防音扉が設置されている状況を反映したものを作成した(図-14)。空間は50mmの3次元格子で離散化した。また、時間ステップは0.08msとし、計算時間は4sとした。なお、扉については、今回は剛性を考慮せず、質量のみを与えた。

さらに、レゾネータブロック(小型タイプおよびコンテナタイプ)を図-15に示すように配置した

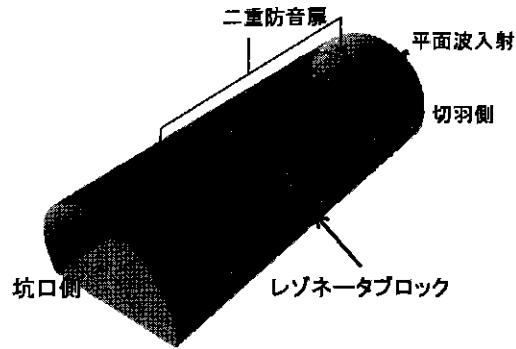


図-15 レゾネータブロックを配置した計算モデル

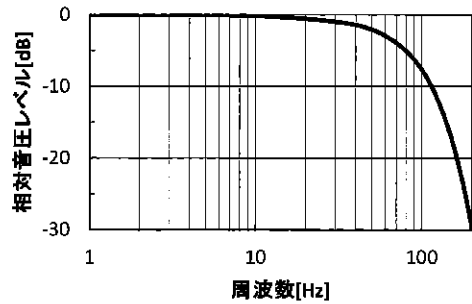


図-16 音源周波数特性

モデルを作成した。なお、3次元格子のサイズが50mmのため、ヘルムホルツ共鳴器のネック部の断面形状は100×100mmの正方形とし、共鳴周波数が等しくなるようにネック長さを調整した。また、ネック端部に取り付ける膜の流れ抵抗は、ネックの管壁などの抵抗も含め、結果的に実物と同様の吸音率が得られるような値を設定した。

音源は切羽側の空間に平面波として与えた。具体的には、切羽側にガウス分布型関数⁹⁾によって音圧を面的に与えて平面波音源としている。音源の周波数特性を図-16に示す。実際の発破は切羽の複数の点に対し、時間差をおいて行われるが、今回問題とする周波数帯域では、ほぼ波面がそろおうと仮定した。また、音源から坑口側と反対側に向かう波面が二重防音扉間には反射してこないように、終端に有限の幅をもつ仮想的な境界層(Conventional PML)⁹⁾を設定した。

4-2 計算結果と考察

計算結果は、時間波形として得られるが、各格子点における全時間応答についてフーリエ解析を行い、パワースペクトルを算出した。

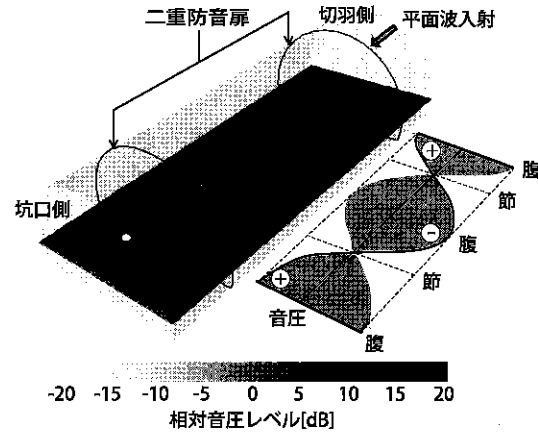


図-17 二重防音扉のみの場合の計算結果

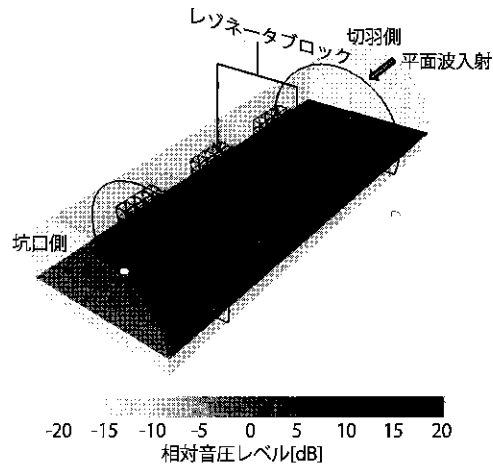


図-18 レゾネータブロックを設置した場合の計算結果

図-17に二重防音扉のみの場合の周波数17Hzにおける音圧分布測定結果を示す。また、参考として、図-5と同様な位相を含んだ音圧振幅の概念図を図中に合わせて示す。図-7に示した二重扉間の音圧分布測定結果と同様に、定在波が生じる(二重扉間において明確な音圧の腹と節が存在している)、すなわち共鳴している様子が計算されている。ただし、図-7に示した測定結果では、共鳴周波数が20.1Hzであったのに対し、計算では17Hzと若干低い周波数に表れている。これは扉の剛性を考慮しなかったことが原因と考えられる。

図-18にレゾネータブロックを二重防音扉間に配置した場合の17Hzにおける計算結果を示す。図-17で見られたような定在波は目立たなくなり、

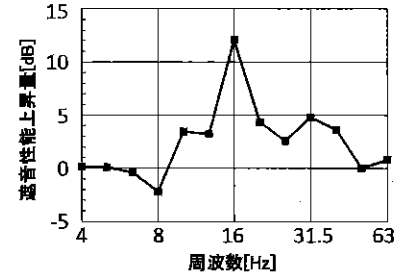


図-19 レゾネータブロック設置による遮音性能上昇量

坑外側の音圧が図-17の計算結果に比べ15dB程度低減されている。坑外側の扉から1mの距離に受音点を複数設定し、それらのエネルギー平均値を1/3オクターブバンド音圧レベルとして計算し、レゾネータブロックを設置することで低減される量を遮音性能上昇量と定義して図-19に示す。レゾネータブロックの共鳴周波数が存在する16Hz帯域で約12dBと高い遮音性能上昇量が得られている。一方、8Hzでは、上昇量がマイナス、すなわち増幅する結果となっている。

以上のように、FDTD法による数値解析で事前にレゾネータブロックシステムの効果を予測する手法を開発した。本手法を用いればトンネル断面形状や扉間隔、レゾネータブロックの形状、設置個数や設置位置が変わっても事前に効果を予測することが可能である。

5 現場への適用

実際に山岳トンネル工事現場の二重防音扉間にレゾネータブロックを設置して発破時の音圧レベル測定を実施し、その低減効果を測定した結果を紹介する。

5-1 測定概要

二重防音扉間に設置したレゾネータブロックは、図-8に示した2種類で、一つは小型タイプ、もう一つはコンテナタイプである。小型タイプは800×800×900mmの空洞部に4つのネック部を有している。ネック長さは150mmで16~20Hzの帯域に共鳴周波数をもつ。コンテナタイプは3,540×2,200×2,100mmの空洞部を長手方向に中仕切りで2分割し、それぞれの空洞部に長さ30mmの18個のネッ

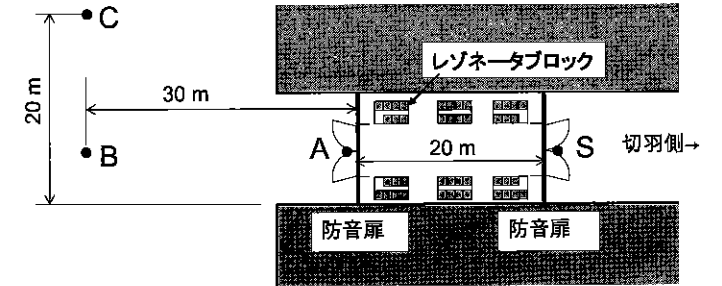


図-20 発破音測定点

ク部を有している。小型タイプと同様に16~20Hzの帯域に共鳴周波数をもつ。

適用した現場の坑口には図-1に示した防音扉が20m間隔で二重に設置されており、二重防音扉間にレゾネータブロックを設置する前と後で発破時の低周波音の音圧レベルを測定した。

レゾネータブロックの配置は図-9に示したとおりである。用いたレゾネータブロックの数は、小型タイプが92個、コンテナタイプが6台である。

測定点は図-20に示すように切羽側に基準点Sを設け、二重防音扉を透過してくる低周波音の測定点として坑外側にA、B、Cの3点を設けた。測定高さはすべてGL+1,800mmである。測定時の低周波音計の時間重み特性はS(slow)とし、1/3オクターブバンド音圧レベル最大値を計測した。

レゾネータブロックを設置する前と後で、それぞれ4回の発破の計測を行った。発破ごとに基準点Sの音圧レベルから測定点A、B、Cの音圧レベルを引いた特定場所間音圧レベル差を求め、レゾネータブロック設置前後それぞれについて4回の発破の特定場所間音圧レベル差の算術平均値を算出した。さらに、設置前に対する設置後の特定場所間音圧レベル差の算術平均値の増加分を「レゾネータブロック設置による遮音性能上昇量」として評価を行うこととした。

5-2 測定結果

図-21にA、B、C点の「レゾネータブロック設置による遮音性能上昇量」を示す。どの測定点においても最大で10~15dB程度の遮音性能上昇量が得られている。とくにC点ではレゾネータブロックの共鳴周波数に近い16Hz帯域で約15dBと高い

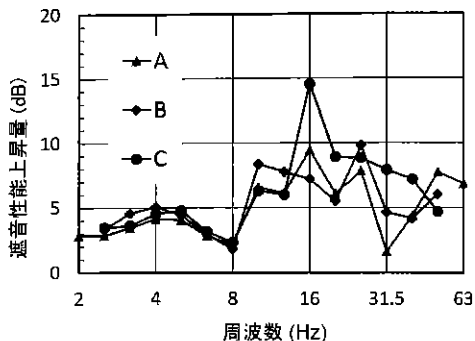


図-21 レゾネータブロック設置による遮音性能上昇量

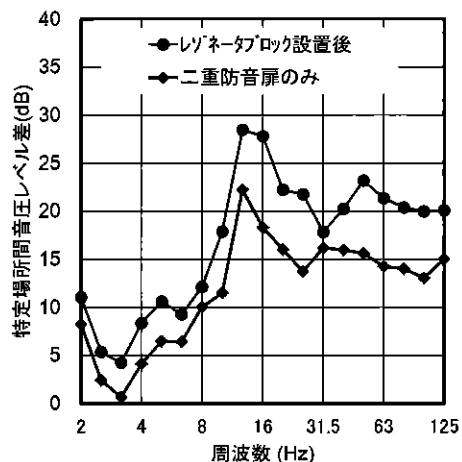


図-22 特定場所間音圧レベル差測定結果

遮音性能上昇量が得られている。

また、FDTD法による数値計算では遮音性能が低下する周波数帯域が発生することが予測されたが(図-19)、今回の測定結果ではすべての周波数帯域で遮音性能が上昇した。これは、レゾネータブロックの共鳴周波数以外の周波数において、筐体面材の板振動による吸音効果が得られているためと考えられる。

遮音量の絶対値として、S点を音源側、A点を受音側の受音点としたときの特定場所間音圧レベル差を図-22に示す。二重防音扉のみでは10Hz以上の周波数でおおむね10~20dBの遮音性能であるのに対し、レゾネータブロックを設置することで20~30dBの遮音性能が得られていることがわかる。

6 おわりに

本技術開発では、まず、実際の発破現場における詳細な低周波音測定および扉の振動測定を実施して、二重防音扉の遮音効果の低下原因が扉の振動特性だけでなく、二重防音扉間の空間の共鳴現象が大きな影響を与えていることを明確にした。そして、その成果をもとに、レゾネータブロックを二重防音扉間に重機通路を確保しつつ複数配置することで、空間の共鳴現象を抑制して従来の二重防音扉の遮音性能を向上させる技術の初の実用化に至った。

開発の過程で、レゾネータブロックの吸音効果の最大化条件を実験室などで評価できる手法を新たに考案したことにより、低周波音の吸音性能を安定して確保できるようになった。また、FDTD法による予測手法も確立し、さまざまな条件に対して、レゾネータブロックシステムの効果の事前検討が可能になった。

レゾネータブロックは構造がシンプルで耐久性も高く、設置および撤去時間もおおよそ半日と短く、くり返し使用が可能のため、今後、山岳トンネル工事の低周波音対策として普及することが期待される。

参考文献

- 1) 阪上公博・柏谷旭彦・森本政之・高田重隆：防音扉による低周波音の遮音特性に関する基礎的研究，神戸大学大学院工学研究科紀要，Vol.1，pp.22-28，2009.
- 2) 坂本慎一・横山栄・橋秀樹：低周波数領域における純音閾値実験，日本音響学会講演論文集，pp.1073-1076，2012.3.
- 3) 坂本慎一・横田孝俊：FDTD法による音場解析とその応用，日本音響学会講演論文集，pp.1233-1236，2006.3.
- 4) 鹿野洋・坂本慎一：FDTD法における反射境界面の扱い方，日本音響学会講演論文集，pp.1253-1254，2011.3.
- 5) 坂本慎一：音波の進行方向に適応したPML無反射境界，日本音響学会講演論文集，pp.909-910，2005.9.

報告

これまでの地震対策への取組み(1)

JTA技術委員会保守管理小委員会

1 はじめに

トンネル構造物は、多くの人々が直接利用する鉄道や道路などのほか、電力、通信、下水道など各種インフラにも適用されており、その総延長は日本国内において2万kmを超えている。また、整備新幹線をはじめ大都市圏内の大深度地下に建設が計画されている東京外かく環状道路や中央新幹線などのビッグプロジェクトの建設推進に伴い、長大トンネルなどの増加が想定され、維持管理を必要とするトンネル構造物はまだまだ増える傾向にある。

その一方で、これらのトンネル構造物は、機能や性能が低下した場合に容易に取替えができない構造物であるため、長期間にわたり耐力を維持し、供用し続けなければならない。そのための維持管理上の課題としては、経年による高齢化と自然災害が挙げられる。トンネルは一般的に橋梁などの構造物と比較して自然災害に強いと考えられる。とくに、地震については強いと考えられてきたが、これまで数回の地震により被害を受けてきた。これまでの地震被害により得られた知見がどのように活かされてきたか、各事業者などの取組みを整理することによって、現時点におけるトンネルの地震対策の総括の共有化などを目的とし、日本ト

表-1 保守管理小委員会

	氏名	所属
委員長	浅見 郁樹	東日本旅客鉄道(株)
幹事長	相沢 文也	東日本旅客鉄道(株)
委員	村下 剛	国土交通省道路局
"	砂金 伸治	(国研)土木研究所
"	金田 泰明	東日本高速道路(株)
"	寺島 善宏	首都高速道路(株)
"	大塚 努	東京地下鉄(株)
"	川端 一嘉	日本電信電話(株)
"	染次 治仁	東京都交通局
"	是安 秀樹	東京都下水道局
"	森岡 宏之	東京電力(株)
"	小島 芳之	(公財)鉄道総合技術研究所
"	歌川 紀之	佐藤工業(株)
"	森川 淳司	(株)銭高組
"	川端 康夫	飛鳥建設(株)
幹事	伊藤 信	東日本旅客鉄道(株)

ンネル技術協会(JTA)の保守管理小委員会では、2012年から3年間にわたり調査、研究を続けてきた。

当小委員会は、JTAの自主委員会であり、鉄道、道路、電力、通信、下水道用の既設トンネルを維持管理する事業者と、実際にトンネルを建設している企業や維持管理のコンサルティングを実施している法人や企業からの委員を中心に構成さ

れている(表-1)。これまで、当小委員会では、トンネルのメンテナンスにかかわる技術的検討、提言、新技術の導入、普及、情報交換を主とした広範囲にわたる活動を行ってきた。

本稿は、「これまでの地震対策への取組み」と題して、これまでのトンネルにおける地震対策の遍歴について、具体的な事例を述べるかたちで整理し、全2回にまとめたものである。災害が発生した主要な地震として兵庫県南部地震、新潟県中越、中越沖地震、東北地方太平洋沖地震を挙げ、各地震による被害と対策を述べ、また過去の地震被害による対策がその後の地震時においてどう活かされていたか振り返りを述べつつ整理した。

なお、今回の連載は、保守管理小委員会の各委員がそれぞれの事業者などでトンネルを維持管理するうえでの課題と取り組んでいる事例をとりまとめたものであり、国内のすべてを網羅したものではないことを、ご了解いただきたい。本稿がトンネルを保有している事業者などで今後の保守管理の一助になれば、幸いである。

2 兵庫県南部地震における被害

2-1 概要

1995年1月17日5時46分に発生した兵庫県南部地震は、深さ約20kmを震源とするマグニチュード7.2の地震であり、神戸市とその周辺において甚大な被害をもたらした。

壊滅的な被害が生じた地上部に対して、地下構造物は開削トンネルである神戸高速鉄道大開駅において中柱の圧壊による崩壊が大きな被害として挙げられる。なお、地震発生が早朝であったため、トンネル構造物では直接的な被害はなかった。

大開駅に代表される開削トンネルにおいては、大開駅の中柱の圧壊のようなものから柱上下端の軽微な水平ひび割れの発生に留まるものまで被害の程度がさまざまであった。

一方で、山岳トンネルでは西宮北有料道路の盤滝トンネルで局所的に覆工コンクリートが破壊し落下したが、その他はひび割れやひび割れに伴う剥落などの軽微な被害が一部のトンネルに見られ

た程度であった。また、兵庫県南部地震による山岳トンネルの被害を調査した小山ら²⁾によれば、山岳トンネルにおけるほとんどの被害が、被圧水や断層粘土を伴うような断層破砕帯において多く生じていることが述べられている。

また、シールドトンネルについては、下水道、通信または電力用洞道の被害状況を踏まえると、トンネルと立坑との接続部での漏水の発生や構造変化部や二次覆工の一部にひび割れが生じ、軽微な漏水が見られた程度であった²⁾。これは、シールドトンネルは、トンネル形状が力学的に有利な円形で、変形に対してもセグメントによる覆工構造が追従できるためと考えられる。

兵庫県南部地震における山岳トンネルやシールドトンネルの被害状況からは、従来から言われてきた地下構造物が耐震性に優れているということが示されている。しかし、開削トンネルである大開駅での被害は地下構造物の耐震性における弱点部が明確にされ、その後の開削トンネルの耐震性の向上へ大きな影響を与えるきっかけとなった。本章では、兵庫県南部地震における被害として神戸高速鉄道大開駅の中柱の圧壊のほか、その他の被害の例として通信トンネルの被害状況を紹介する。

2-2 神戸高速鉄道大開駅の被害状況

この地震では、各種の構造物に大きな被害が生じたが、中でも注目される被害のひとつに地下鉄の被害がある。過去の地震では、地下鉄のような

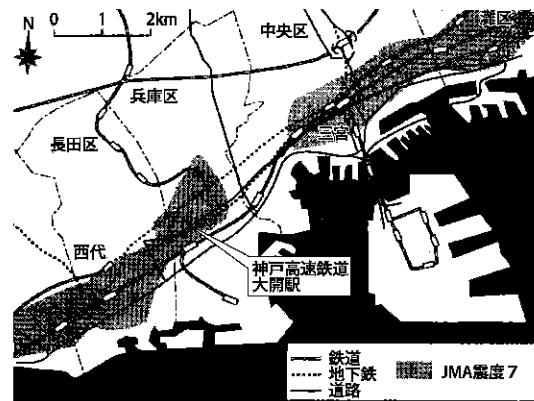


図-1 神戸高速鉄道大開駅の位置

大規模な地中線構造物の被害は、非常に軽微なものしか報告されていない。しかし、兵庫県南部地震の際には、神戸市内を走る、阪神電鉄、神戸電鉄、神戸高速鉄道、市営地下鉄、山陽電鉄などの地下鉄構造を持つ鉄道で柱の崩壊を含む大規模な被害が多数発生した。この中で、震度7の地域に含まれる神戸高速鉄道大開駅(図-1)では、柱が崩壊したばかりではなく、天井が落下し、さらに駅舎の上を走っている国道28号も沈下する(写真-1)という大きな被害を生じた。

大開駅の被害状況を、中柱の崩壊状況を図-2、写真-2に示す。図-2(b)に中柱No.20の線路直角方向の破壊状況を示した。震災後の調査や解析から被災のメカニズムを推定した。線路直角方向の地震動が線路方向の地震動に比べて大きかった

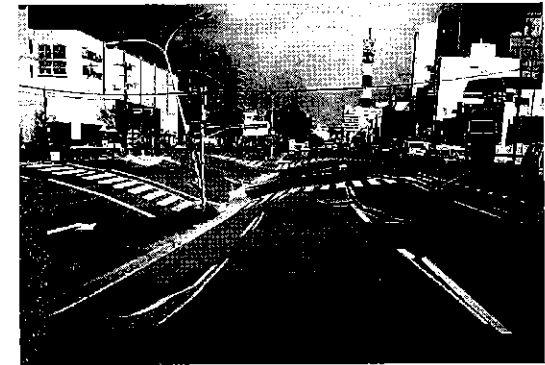
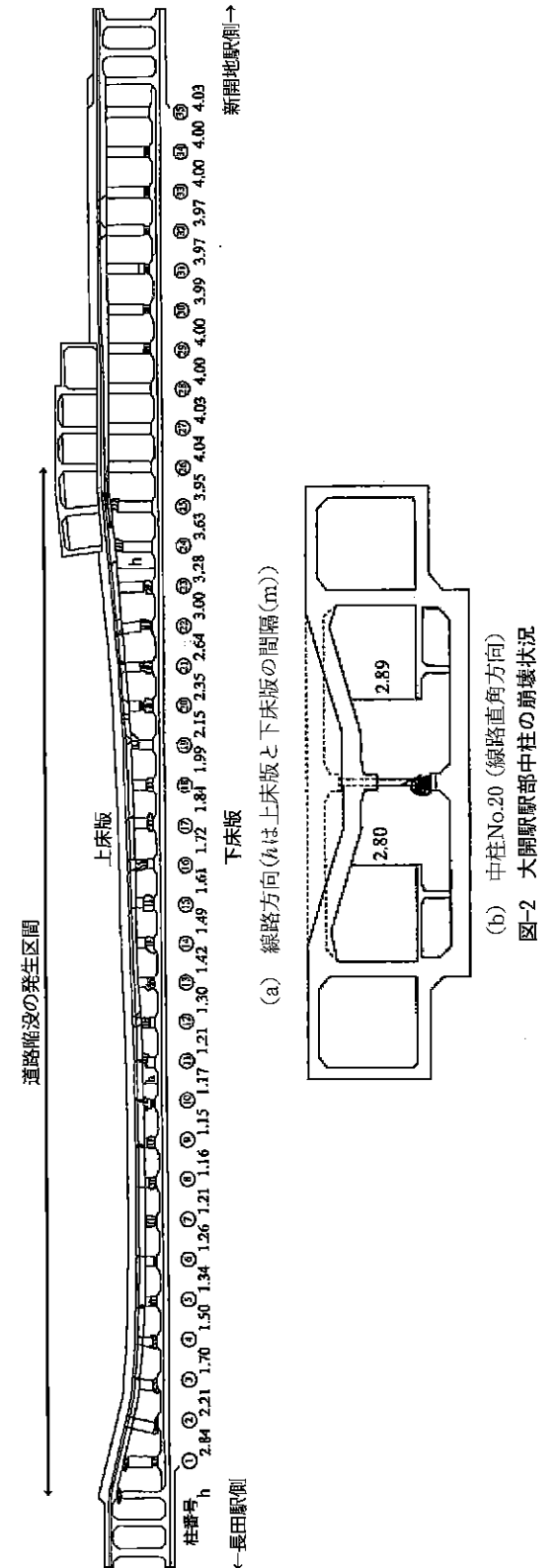


写真-1 国道28号の陥没状況



写真-2 中柱の破壊状況(中柱No.20)



(a) 線路方向(は上床版と下床版の間隔(m))

(b) 中柱No.20(線路直角方向)
図-2 大開駅駅部中柱の崩壊状況

めに、ボックスラーメンが線路直角方向に変形した。その際、長田駅側の中柱は、水平方向の変形と土かぶり荷重およびその鉛直地震力を受けて破壊した。このため、上面スラブが折曲がって沈下し、側壁が内側に向かって引張られ、倒れた(図-2(b))。その結果、道路面が陥没した。

これらの教訓から、既設の地下鉄軌道階駅部については、鋼板巻立てなどの中柱の耐震補強が実施された。

2-3 通信トンネルの被害状況

兵庫県南部地震における通信トンネル(以下「洞道」)の被害は、液状化が発生した地域に存在していた開削洞道に集中して発生している。

開削洞道には、建物や立坑などの取付け部において、地震時の変位を吸収する目的により、伸縮継手を設置しているが、震度7の液状化エリア(神戸三宮周辺)に位置していた開削洞道の伸縮継手において、図-3、写真-3に示すように、左右および上下に最大18cm程度の段差が生じるとともに、漏水が発生するという影響が見られた。

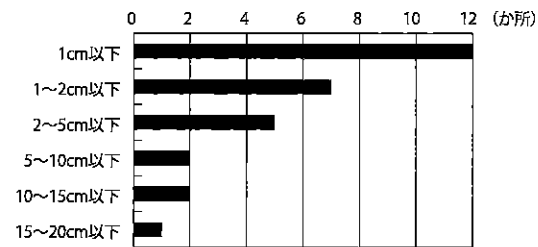


図-3 開削洞道の伸縮継手の変位箇所数



写真-3 開削洞道伸縮継手に発生した段差

その他、液状化による数cm程度の浮上りが発生しており、また、一部の洞道の本体壁に亀裂が見られたが、構造上の問題となるまでには至らなかった。

3 その後の耐震対策

3-1 概要

兵庫県南部地震後の地下構造物の耐震対策としては、1995年7月26日鉄道施設耐震構造検討委員会の『既存の鉄道構造物にかかわる耐震補強の緊急措置について』の基本方針にもとづき「大規模な地震に対しても構造物が崩壊しない」という設計思想のもと耐震補強を行うこととなり、開削トンネルの中柱に関する耐震診断と鋼板巻立てや添え梁などによる中柱の補強が進められた。

山岳トンネルやシールドトンネルについては、軽微な被害に留まったことから、兵庫県南部地震に起因した耐震対策がとくに実施されなかった。

本章では、兵庫県南部地震後に各事業者が実施した耐震対策の取組みとして、東京都交通局、東京地下鉄(株)、日本電信電話(株)の取組み内容を紹介します。

3-2 鉄道トンネルの場合

3-2-1 東京都交通局的取組み

(1) 国土交通省の通達などによる取組み

鉄道事業者に対しては、1995年8月運輸省通達「鉄道構造物の耐震性能に関わる当面の措置」により、当面の措置として緊急に実施することを指示している。実施期間は新幹線についてはおおむね3年、その他の鉄道はおおむね5年。対象線区は南関東、東海、仙台、名古屋、京阪神地域。対象構造物は、

- ① ラーメン高架橋およびラーメン橋台(RC柱)→柱高4m以上、せん断耐力比0.8未満
- ② 開削トンネル(RC中柱)→相対変位比5以上、せん断耐力比0.8未満
- ③ 橋梁、高架橋(落橋防止工)

である。その後2001年6月国土交通省通達「鉄道駅の耐震補強の推進について」により、工事の推進の要請、対象線区の拡大とともに、対象構造物に、

- ④ 橋梁(RC単柱)→柱高4m以上、せん断耐力比0.8未満

を追加している。さらに2005年12月国土交通省通達「鉄道駅の耐震補強の推進について」により、工事の推進とともに緊急に対策が必要な駅を、

- ① 平均利用者数1万人以上
- ② 折返し設備を有する駅、他路線と接続している駅

と具体的に明示した。東京都交通局ではこれらの通達にかかわる取組みを、2010年度までに完了している(表-2)。

(2) 交通局独自の取組み

当局では1996年1月「東京都交通局地下鉄構造物耐震補強検討委員会」を組織し、独自の取組みとして、

- ① 大規模地下車庫(新宿線大島地下車庫の中柱補強351本)
- ② 大河川横断部のケーソンおよび沈埋トンネル(浅草線、新宿線河川横断部の継手補強)
- ③ 大規模橋梁(新宿線荒川、中川橋梁の落橋防止装置設置)

表-2 国の通達による取組み

	①高架橋・橋台の脚柱	②開削トンネルの中柱	③落橋防止	④橋梁(単柱)
浅草線	14本	127本	—	—
三田線	471本	86本	8か所	—
新宿線	124本	88本	11か所	6基
大江戸線	—	—	—	—
合計	609本	301本	19か所	6基

などの対策を実施した。

(3) 新たな耐震対策

2011年3月に発生した東日本大震災では、仙台市営地下鉄の高架部などで、施設の崩壊はなかったが、一部損傷が見られ、運行再開に時間を要した。また「首都直下地震等による東京の被害想定」を踏まえ、都営地下鉄においても、早期運行再開を図るため、一歩進んだ耐震対策を実施し、安全性をさらに高めることとした。対象は高架橋脚および地下駅中柱などの約3,800本とし、地下駅中柱については相対変位3以上、せん断耐力比1.0未満に対象範囲を拡大する(図-4)。

3-2-2 東京地下鉄(株)の耐震対策

兵庫県南部地震により多くの鉄道施設が甚大な被害を受け、旧運輸省から緊急耐震対策に関する通達が発出された。これを受け、東京地下鉄(株)(以下、「東京メトロ」)では、通達で対象とされた

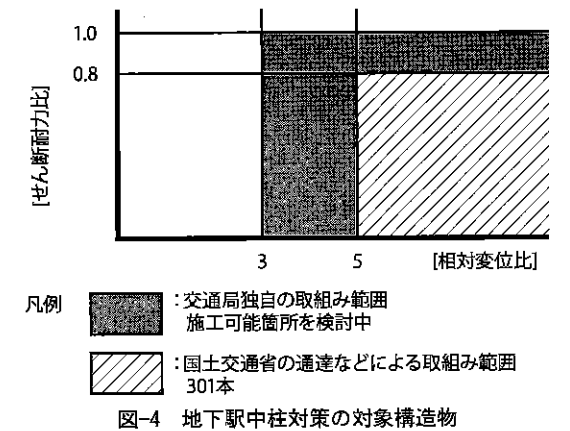


図-4 地下駅中柱対策の対象構造物

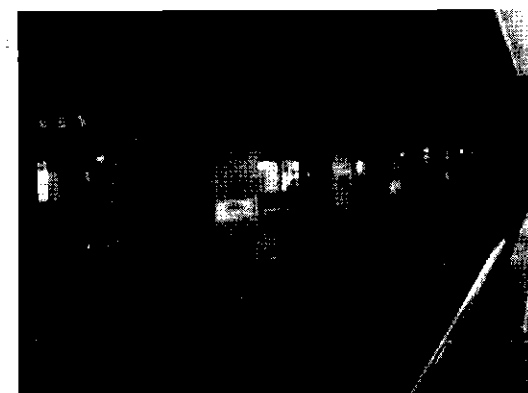


写真-4 開削トンネル中柱の鋼板巻立て補強

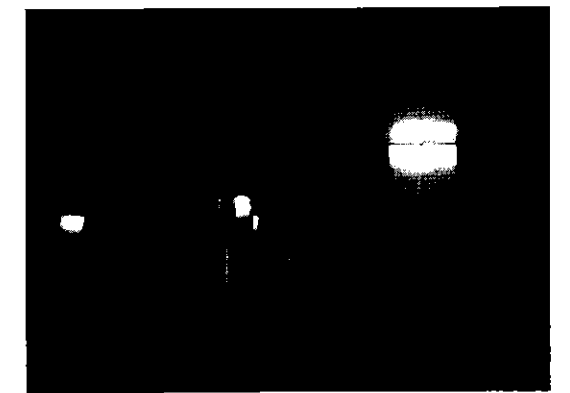


写真-5 大島地下車庫の中柱補強

開削トンネルRC中柱、ラーメン高架橋RC柱、橋梁RC単柱形式の耐震補強、落橋防止対策を実施し、対象全箇所を完了している。

また、東京メトロ独自の対策として、トンネル坑口部における液状化への対策も実施した。

ここでは、開削トンネルRC中柱補強およびトンネル坑口部液状化対策に関して紹介する。

(1) 開削トンネルRC中柱の耐震補強

緊急耐震対策に関する通達に従い、地盤変位が大きくこれに伴う変形でせん断破壊先行となる開削トンネルRC中柱を調査した。その結果、1,204本が対象となり、おもに鋼板または繊維シートで巻立て補強した(写真-6)。

工事は、終電車後から始発電車前までという作業時間制約を受けながらの施工となったが、対象柱の補強は2002年度に完了した。

(2) トンネル坑口部の液状化対策

兵庫県南部地震では、液状化による構造物の被

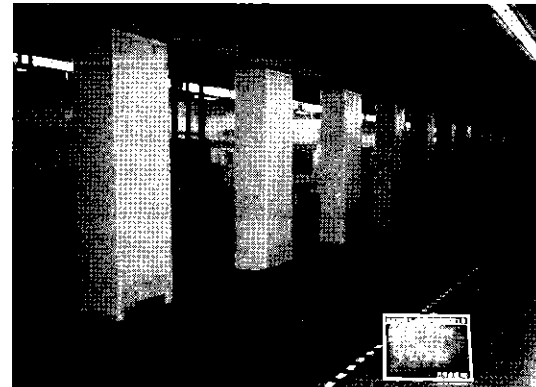


写真-6 鋼板巻立て補強したRC中柱

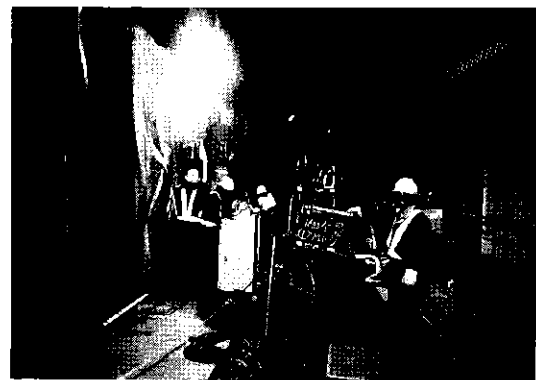


写真-7 坑口部の液状化対策(格子状壁体の施工)

害も多く見られたため、東京メトロではトンネル坑口部の液状化についても検討した。その結果、千代田線北千住坑口、東西線南砂町および深川車庫線坑口の対策が必要となった。

液状化対策には、締固めによる密度増大工法、地下水位低下工法などがあるが、東京メトロでは、構築物の立地条件などを考慮して、砂層下の粘性土層から構築物下までの間に格子状壁体(セメント系円柱個結体)を構築して構造物下部の液状化層を拘束するとともに、周辺の液状化した地盤の構造物下部への回り込みを阻止する方法を採用した(写真-7)。

坑口部の液状化対策は、1996年度から実施して2003年度に完了した。

(3) 更なる耐震化に向けて

緊急耐震対策の措置はすべて完了しているが、東京メトロでは、首都圏で予想されている大規模地震に対する安全性の向上のため、ハードとソフトの両面から更なる耐震対策を鋭意進めている。

3-3 通信洞道の場合

兵庫県南部地震における伸縮継手の段差の発生を受け、液状化エリアにおける既設洞道の耐震性向上を図るために、可撓継手を導入した。

可撓継手は本体が高強度ゴム製品で、ボルト固定によって洞道内面への取付けが可能であり、兵庫県南部地震で発生した最大段差を考慮して20cmの段差変位に対応でき、かつ、開削洞道の埋設深さから0.1MPaの耐水圧性能を付与した。このような性能を有する可撓継手は、温度による伸縮、地盤の不等沈下や地震などにより想定以上の外力が加わった際に、開削洞道の本体壁の亀裂を局部的に食止めるために、接続部に設置することとし、

- ① 洞道取付け部分でビル外壁より1~2mの箇所
- ② 洞道断面が著しく変化する箇所
- ③ 土質が顕著に変化する箇所
- ④ 杭基礎などを施し、支持条件が異なる箇所
- ⑤ 共同溝との接続箇所

を対象に写真-8のように設置している。

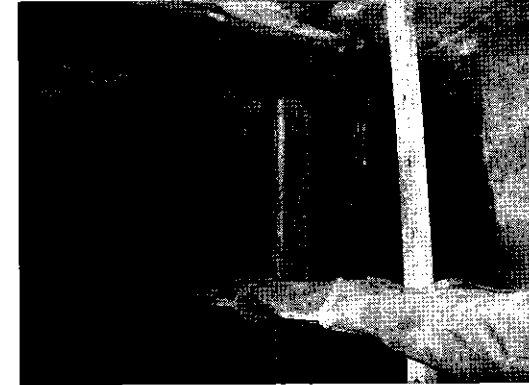


写真-8 可撓継手が設置された開削洞道

4 兵庫県南部地震を振り返って

本稿では、兵庫県南部地震における被害状況とその後の耐震対策について述べてきた。兵庫県南部地震では、それ以前まで大きな地震被害が少なかったトンネルにおいて、大開駅における中柱の圧壊が生じたことは開削トンネルにおける耐震性能を見直す大きな契機となった。

その後、各事業者において大開駅の被害における対策である中柱補強対策のほか、トンネル坑口部の液状化対策や大河川横断部のケーソンおよび沈埋トンネルの継手補強などの独自の取組みを進めてきたところである。

一方で、山岳トンネルやシールドトンネルにおける被害は軽微であり、耐震対策の取組みとしては特筆すべき内容はなかったことも兵庫県南部地震におけるトンネル被害の特徴といえる。それは、従来言われてきた地震時に地盤と一緒に挙動する

というトンネルの耐震性の強さが現れた結果と考えられる。

ただし、たとえば山岳トンネルにおいては、兵庫県南部地震により軽微な被害が生じている箇所は断層破砕帯であったなどの知見からもわかるように、何かしらの特徴を有している可能性が高い。維持管理においては、各トンネルが置かれた地質や施工時の状況などの情報を把握し、継承していくことが、地震発生後により被害が生じやすい箇所への早期点検の実施および復旧へつなぐと考えられる。

今回は、新潟県中越、中越沖地震および東北地方太平洋沖地震を扱う。

参考文献

- 1) 小山幸則・朝倉俊弘・佐藤豊：兵庫県南部地震による山岳トンネルの被害と復旧，トンネルと地下，Vol.27, No.3, pp.51-61, 1996.3.
- 2) 土木学会：シールドトンネルの耐震検討，トンネルライブラリー，No.19, 2007.12.
- 3) 小島芳之・野城一栄・室野剛隆：トンネルの耐震技術，RRR, Vol.71, No.3, 2014.3.
- 4) 佐俣千載：兵庫県南部地震での地下鉄構造物の被害と復旧，土木学会論文集，No.534/VI-30, pp.1-17, 1996.3.
- 5) 佐藤工業：神戸高速鉄道東西線・大開駅災害復旧の記録，1997.1.
- 6) 廣戸敏夫・梅原俊夫・青木一二三・中村晋・江寄順一・末富岩雄：神戸高速鉄道・大開駅の被害とその要因分析，阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集，1996.1.

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(〒300円)

株式会社 土木工学社

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

トンネルジャーナル

「マテリアル&プロダクト展2015」開催

アキレス(株)は、10月7、8日の両日にベルサークル新宿グラウンド(東京)にて「マテリアル&プロダクト展2015」を開催した。

会場内の「建築・土木」の展示エリアではトンネル覆工背面の空隙部の充填に有益な工法「アキレスTn-p工法」のパネルおよび模型展示があった。

「アキレスTn-p工法」は山岳トンネルにおける覆工背面の空隙を発砲ウレタンで充填する工法で、「材料が軽量」「固化時間が短い」「施工設備が小型」などの点で優れた工法である。



土木学会 2015年度選奨土木遺産を発表

土木学会は2015年度の選奨土木遺産を発表した。これは、同学会の選奨土木遺産選考委員会が、社会へや土木技術者へのアピール、まちづくりへの活用などを促すことを目的に近代土木遺産(幕末～昭和20年代)を対象として認定したもの。今年度、選定された土木構造物は21件で、認定書と青銅製の銘板が授与される。

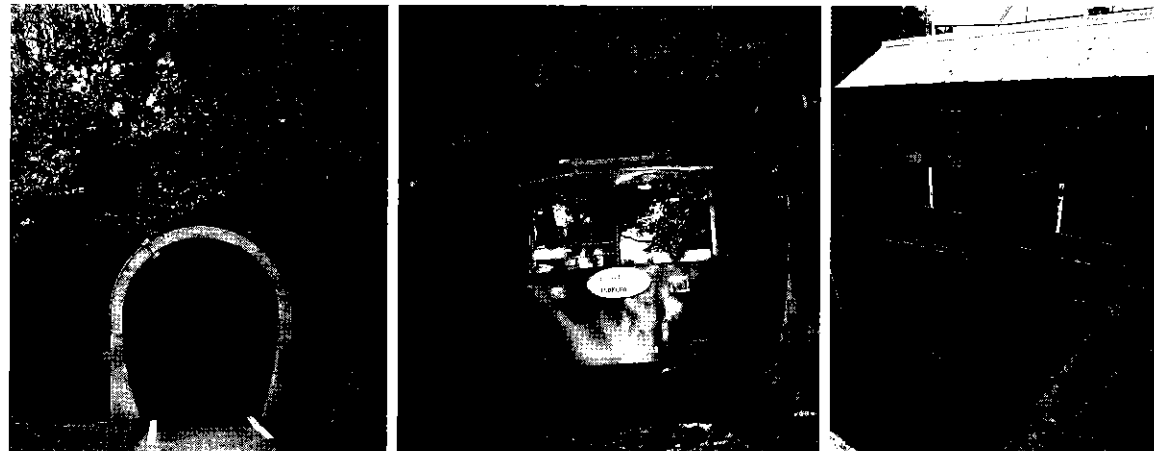
おもな選奨遺産と授賞理由は以下のとおり。(構造物名、所在地、竣工年、「授賞理由」の順に記載。いずれも土木学会による)。

旧函館本線神居古潭トンネル群、北海道旭川市、

1897～1928年、北海道官設鉄道として建設され、わが国有数の膨張性岩盤地帯に挑み、逐次、路線改良を重ねながら道内幹線鉄道輸送を支えた施設群。

筑波山ケーブルカー、茨城県つくば市、1925年、コンクリート覆工隧道や90°に方向転換する路線設定など大正期の最新技術を駆使し建設され、いまなお、筑波山観光の重要な交通施設である。

庄内用水元杖樋門、愛知県名古屋守山区瀬古、1910年、明治初期に用水と舟運のために開削された水路の取水施設で、明治末期に人造石工法で改築された貴重な樋門。



(左から)旧函館本線神居古潭トンネル群、筑波山ケーブルカー、庄内用水元杖樋門

連載講座

山岳トンネル覆工の長寿命化技術(最終回)

—覆工の補修・補強(技術②)—

「山岳トンネル覆工の長寿命化技術」連載講座小委員会

① はじめに

前回の「覆工の補修・補強(技術①)」での「外力対策」に関する技術につづき、今回は主として補修対策となることを期待するものとして「剝落防止対策」に関する技術および「漏水対策」に関する技術を紹介する。

② 剝落防止対策

剝落防止対策は、覆工からのコンクリート片などの剝落防止を目的として、既設覆工を部分的に補修するものである。

剝落防止対策には、はつり落とし工、断面修復工、ひび割れ注入工、金網・ネット工および当て板工がある。

以下に、各工法について解説する。

2-1 はつり落とし工

はつり落とし工は、覆工コンクリート表面の劣化部および、劣化した既設補修・補強材を除去する工法である。除去範囲は目視観察に加え、打音検査も併用して決定する必要がある。

はつり落とし工に使用する機器は、除去対象面積、使用機材、適用性などを考慮して表-1を参考に選定する。

はつり落とし工単独で本対策を行う場合は、はつり落とした部分の覆工コンクリート表面に、劣化防止コーティング剤(セメント系または樹脂系)を塗布しておくことが望ましい。

2-2 断面修復工

断面修復工は、覆工の不良部分をはつり取ったあとの部分、もしくは既に脱落した部分の断面を復旧させる工法である。

表-1 はつり落とし工の機材比較¹⁾

	ハンマー	電動ピック	ディスクサンダー
適用施工面積	局所	局所～0.5m ² 程度	局所～0.5m ² 程度
施工概要	浮いている箇所を、ハンマーで叩き落とす。	電動ピックを用い、浮いている箇所をはつり取る。	①ディスクサンダーを用い、浮いている箇所を削り取る。 ②ハンマー、電動ピックで除去した後の施工面の平滑化にも使用される。
使用機材	高所作業車	発電機・高所作業車	発電機・高所作業車
粉塵対策	不要	必要	必要
片側交互通行規制時の施工	可能	可能	可能
適用性	覆工表層部の浮き、剝離箇所の除去のみに適用できる。	ある程度の深さまで対応できる。 一様な仕上げ面は期待できない。	覆工表層部の浮き、剝離箇所の除去、ならびに他の機材で除去したはつり落とし施工面の平滑化に適用できる。 作業員の熟練度により、仕上がり、施工速度が変化する。

断面修復工に用いる材料には、断面修復材と覆工コンクリートとの一体化を確保するため、十分な接着力を持ち、覆工コンクリートと同程度以上の強度が必要とされる。断面修復工施工箇所に漏水がある場合は、まず水抜き孔などにより漏水量を低減させ、ひび割れからの少量漏水は、止水

表-2 施工方法選定の目安¹⁾

施工方法	アーチ部		側壁部	
	修復深さ(mm)		修復深さ(mm)	
	50以上	50未満	50以上	50未満
モルタル工法 (手練り, 左官工法)	×	○	×	○
型枠工法(場所打ち工法)	○	△	○	△
プレキャストコンクリート工法	△	×	△	×

○:適する, △:大量に施工する場合に適用可, ×:適さない

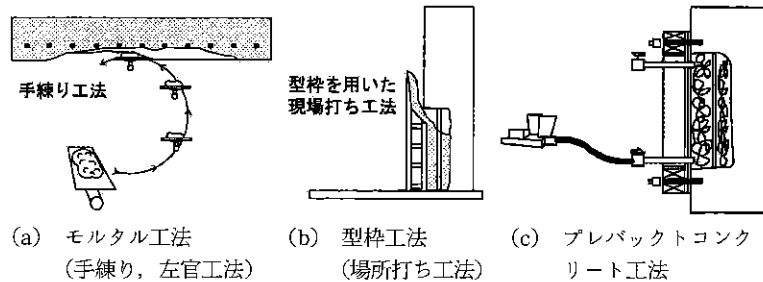


図-1 各種施工方法概要図¹⁾

表-3 ひび割れ注入材料選定表¹⁾

	エポキシ樹脂系	超微粒子無機系
ひび割れ部が湿潤状態 (漏水が滲み程度)	△ (湿潤面用エポキシ樹脂は適用可)	○
ひび割れ部が乾燥状態	○	△ (事前にひび割れ部に水などを先行注入する必要あり)
ひび割れ幅変動あり	○	×
ひび割れ幅変動なし	○	○

○:適用可能, △:場合により適用可能, ×:適用不可

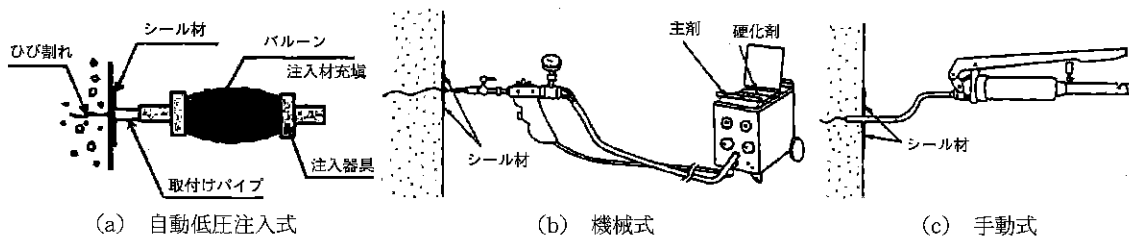


図-2 注入方式の概要例¹⁾

(止水注入工)もしくは導水(パイプなど)して、修復箇所を乾燥状態にする。

断面修復工の施工方法として代表的なものとして、モルタル工法(手練り工法, 左官工法), 型枠工法(場所打ち工法)およびプレキャストコンクリート工法がある。最近では、修復材料自体の剥落を防ぐ目的で、繊維シート系当て板工などを併用する場合が多い。表-2に工法選定の目安と、図-1に各種施工方法の概要図を示す。

2-3 ひび割れ注入工

ひび割れ注入工は、一般的にはひび割れの発生したコンクリートの一体化を目的として適用される補修工法である。

ひび割れ注入工に使用する材料は、エポキシ樹脂または超微粒子無機系セメントがあり、表-3に示すとおり、ひび割れ部の乾燥状態やひび割れ幅の変動の大小によって材料を選定する必要がある。

ひび割れ注入工の注入方式には、自動低圧注入式、機械式および手動式があり、図-2に注入方式の概要例を示す。基本的には、自動低圧注入方式を用いる。

2-4 金網・ネット工

金網工は、覆工表面にコンクリートアンカーと平鋼を使用して金網を固定し、ネット工は、金網工同様、コンクリートアンカーを使用して、FRPグリッドや樹脂ネットを固定し、金網工、ネット工ともに覆工表面の落下防止を行う工法である。

金網工に使用する材料は、エキスパンドメタルまたは、クリンプ金網を基本とし、現地で入手しやすい材料を選定する。ただし、適用部位がアーチ肩部の場合には、車両衝突による破損のおそれがあるため、網目のずれがないエキスパンドメタルを基本とする¹⁾。

ネット工に使用する材料には、炭素繊維やガラス繊維を樹脂に含浸させて一体成形したFRPグリッドや高密度ポリエチレンを用いてネット状にした樹脂ネットなどがある。編み目のサイズにより保持できる剥落小片規模が異なることから、現場条件にあったネット工の材料を使用する必要がある。施工にあたっては、変状箇所を包括し、四方に最低50cm以上の設置余裕代を確保する必要がある¹⁾。

2-5 当て板工

当て板工は、覆工の比較的狭い範囲で覆工コンクリート片が落下するおそれのある場合に、当て板により剥落を防止する工法である。

当て板工には、パネル系当て板工、繊維シート系当て板工および形鋼当て板工があり、以下に各工法の特徴を示す。

2-5-1 パネル系当て板工

パネル系当て板工の材料には、鋼板やFRP板などが用いられる。鋼板の材料としては、厚さ5mm程度の一般構造用圧延鋼材(SS400)や圧延ステンレス鋼(SUS304)などが用いられる。固定方法としては、ステンレス製コンクリートアンカーにより鋼板を覆工に固定したのち、端部をシールし、接着剤を注入して固定する。鋼板設置概要図を図-3に示す。ただし、第8回の「覆工の補修・補強(概論)」でも述べたように鋼板の一部でも腐食や接着不良が生じると、これが拡大し落下する可能性があることから、採用にあたっては十分な検討を要する。

鋼板以外の施工実績としては、鉄筋コンクリート覆工の恒久的な剥落対策を目的として、図-4にあるようにFRP支保工にFRPパネルを挿入し、パネルと既設覆工の隙間をグラウトで充填する事例がある。

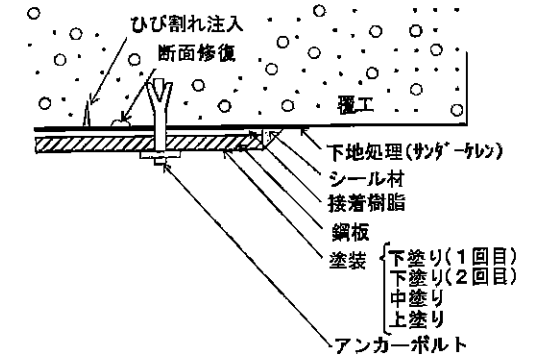
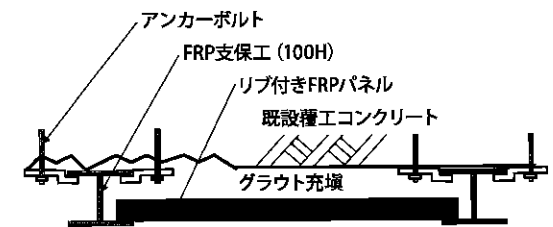


図-3 鋼板設置概要図¹⁾



パネル系当て板工の構造図



パネル系当て板工の完成状況

図-4 FRP支保工とFRPパネルを用いたパネル系当て板工施工例²⁾

2-5-2 繊維シート系当て板工

繊維シート系当て板工の材料には、炭素繊維シート、アラミド繊維シート、ガラス繊維シート、ビニロン繊維シートおよびナイロン繊維シートがある。各材料によって、剥落防止として保持できるコンクリート片の規模が異なることから、現地で想定される剥落規模に応じた材料を選定する必要がある。施工範囲にあたっては、アーチ部では、変状の周囲に覆工巻厚+20cm以上の定着余裕長をとり、横断目地を跨ぐ場合は、気温変動に伴う横断目地の開閉によって周辺部の繊維シートが剥

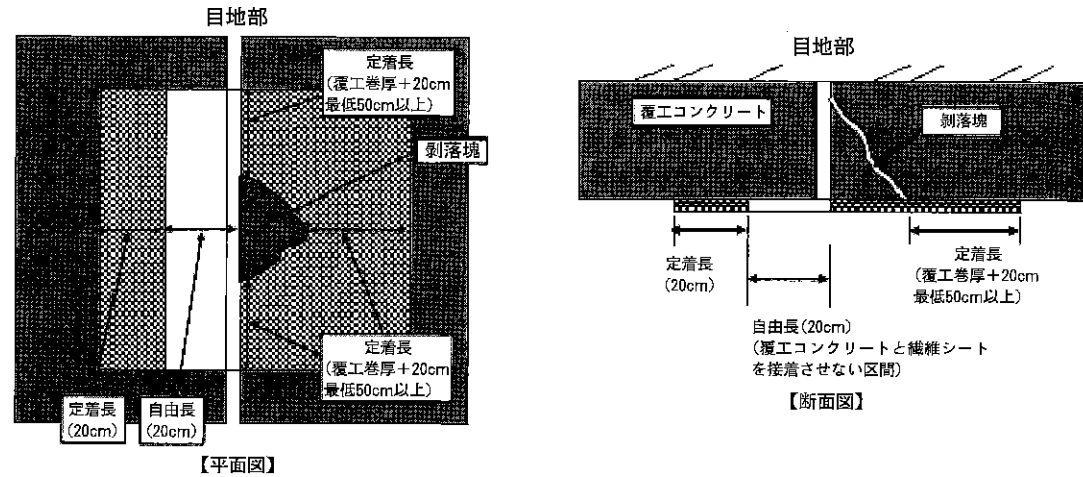


図-5 目地部を跨いで施工を行う場合の例¹⁾

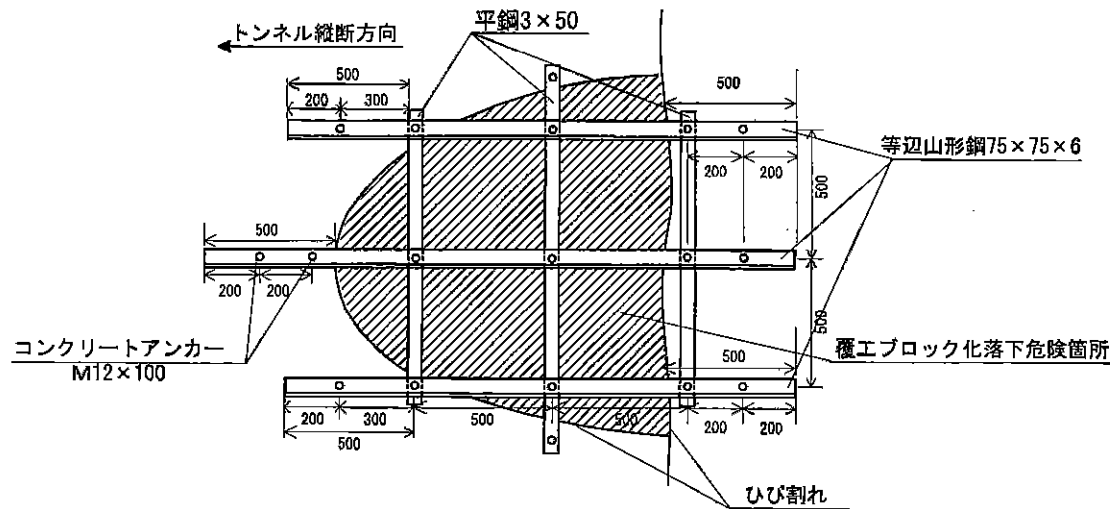


図-6 形鋼当て板工配置参考図¹⁾

離または切れるおそれがあるため、覆工巻厚+40cmの定着余裕長を確保する必要がある¹⁾。一方で、目地部を跨ぐ場合は、図-5にあるような自由長をとって横断目地の開閉に対応している事例もある。

2-5-3 形鋼当て板工

形鋼には、山形鋼、溝形鋼、H形鋼、I形鋼などさまざまなものがある。施工にあたっては、図-6に示すように変状箇所を包括するように格子状に形鋼を配置し、変状箇所周辺の健全部分に50cm以上の固定余裕長を見込んで配置する。また、この固定余裕長の範囲で必ず2か所以上、コンクリートアンカーで固定する¹⁾。

③ 漏水対策

漏水対策とは、アーチ覆工、側壁、横断目地および水平打継ぎ目からの漏水に対して、導水樋、溝切り工、止水注入工、防水パネルおよび防水塗布工を用いて、利用者の安全性の確保を行うものである。

以下に漏水対策の工法を紹介する。

3-1 樋工

樋工は、覆工表面に発生した漏水を樋により排水溝へ導く工法で、樋の構造を図-7に示す。

樋の材料としては、ステンレス板、塩化ビニ-

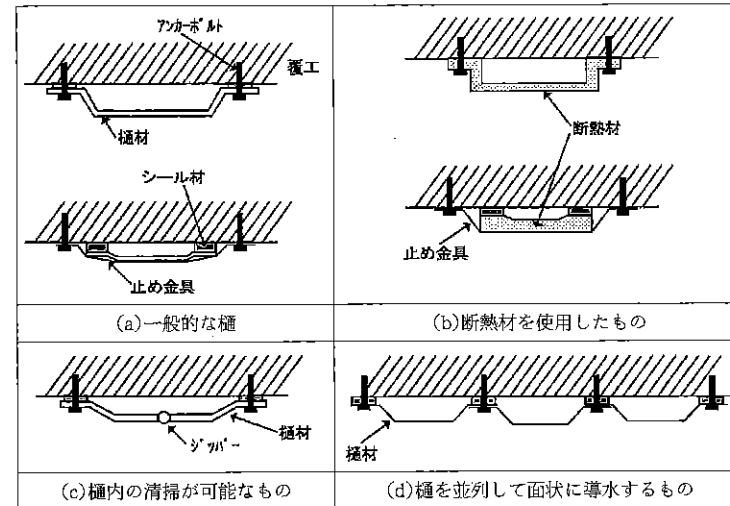


図-7 樋工概要図¹⁾

表-4 樋工の基準試験抜粋¹⁾

項目	試験項目	試験方法	試験頻度	規定値
種別	引き抜き性能	NEXCO 試験方法 試験法 737	1) 施工開始前に1回 2) 製造工場または品質の変更があるごとに1回	荷重値P P=0.5kN 変位D D≤50mm
剥落対策	ネット系・植系工法 (小片剥落防止策)			

表-5 止水注入材の区分¹⁾

区分	一般名称	主要組成	特徴
無機系	急結性止水材	超速効性無機系化合物, セメント	短時間硬化, 緻密な硬化体, 接着性大
	耐久性注入止水材	アクリル系ポリマー水溶液	二液反応硬化型, 耐久性大
有機系	樹脂注入止水材	一液型ポリウレタン	コンクリート面の接着性大, 耐久性大

ル樹脂および合成ゴム系のものが多く使用されている。

なお、高速道路トンネルでは、剥離・剥落が懸念される漏水箇所では、使用する材料の規格を表-4に示す基準により、小片の剥落防止対策(小片: 想定される剥落塊の荷重が0.5kN以下)を兼ねて規定している。

3-2 溝切り工

溝切り工は、U形など断面をピックを使ってはつり、その断面の中にパイプやゴムで導水溝を設け、表面をセメント系充填材やゴム系シール材を

用いてシールする工法である。ゴム系シール材は、覆工コンクリートとの密着性、覆工コンクリートの温度収縮に対するの追従性および耐久性に優れた材料を選定する必要がある。

セメント系充填材およびコーキング材は、補修材の剥落が発生しにくい耐久性の高い材料を選定する必要がある。パイプやゴムについても、耐久性に優れたものを使用する。

3-3 止水注入工

止水注入工は、漏水が発生しているひび割れに対し、止水剤を注入する工法であり、注入には各種の方法がある。

使用する注入材には、表-5に示す材料がある。

3-4 防水パネル工

防水パネル工は、工場製作されたパネルを覆工表面に取付け、図-8のようにパネルと覆工コンクリートの間に空間を設けて導水する工法である。使用するパネルは、曲げ加工して防錆処理を施した鋼製ライナープレート、鋼製デッキプレートやFRP板、プラスチックなどのものがあり、

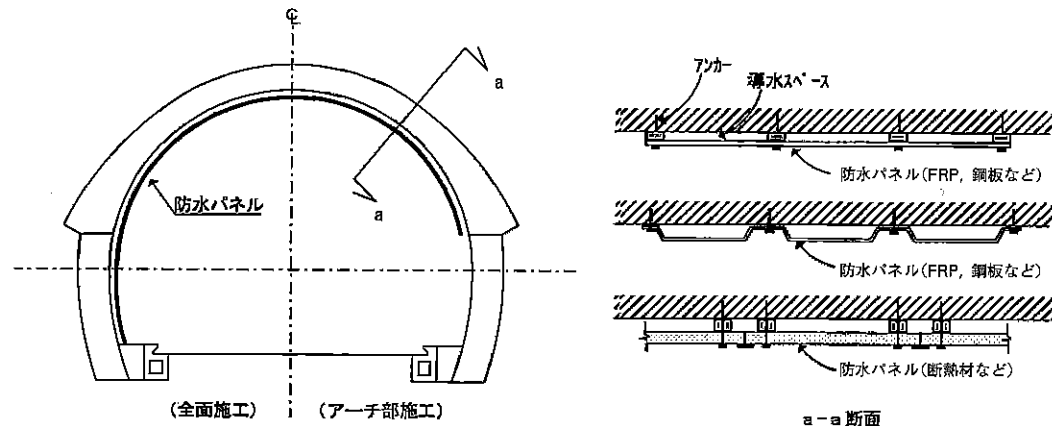
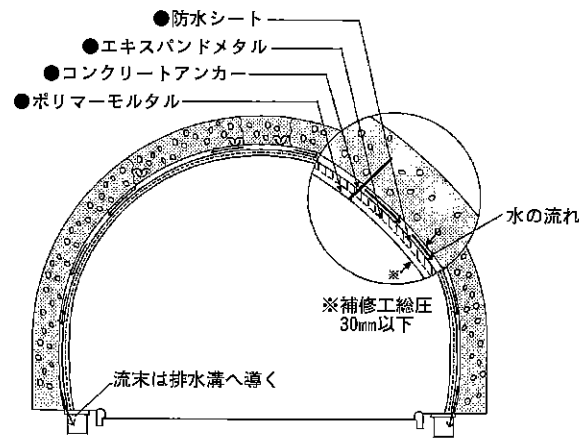
現場条件に応じて厚さ、施工性、経済性、沿岸部であれば耐食性などを考慮して選定する必要がある。

内空断面をできるだけ減少させないため、仕上り厚さの薄いものを選定する必要がある。

また、覆工のひび割れなどの変状が進行している場合には、変状の視認ができなくなるため適用を控え、他の漏水対策工を用いることが望ましい。

3-5 防水塗布工

防水塗布工は、図-9に示すように裏面排水層として防水シートを有するモルタル層を覆工内面に

図-8 防水パネル工概要図¹⁾図-9 防水塗布工対策例¹⁾

構築し、導水する工法である。

塗布材料は、ポリマーモルタルや繊維混合モルタルなど、剥落に対して耐久性の高い材料を用いる。

補強筋のエキスパンドメタルは、XS-31程度で、溶接金網は、 $\phi 2.6 \times 50 \times 50$ mm程度のものを使用する。なお、材料には防錆対策を考慮する必要がある。

補強鉄筋の固定には、 $M6 \times 20$ mm(SUS304)程度のコンクリートアンカーを使用する。

防水シートは、NATMで用いられている防水シート(厚さ0.8mm)と同等品を使用する例が多い。

④ おわりに

今回は、覆工の補修・補強のうち、主として補修対策となることを期待する「剥落防止対策」お

よび「漏水対策」に関する技術について紹介した。今後、トンネルの老朽化に伴い、補修・補強対策の需要は、今以上に高まると予想される。補修・補強対策にあたっては、鉄道に限られた夜間の保守時間帯での施工を、道路は車線を開放しながらの活線施工を踏まえた補修・補強対策が必要である。今後、このような制約条件に配慮した補修・補強対策の、更なる技術開発に期待する。

(文責：水野希典/(株)高速道路総合技術研究所、野城一栄/(一財)鉄道総合技術研究所、桜井邦昭/(株)大林組、武藤直樹/国際航業(株))

⑤ 連載を終るにあたって

今年の2月号から始まった当講座も今回で終了することとなった。トンネルの覆工に関する連載講座は、過去1973年から「覆工入門」と題し4回シリーズで行っている。当時は、矢板工法が主流であった時代における覆工の建設技術が述べられているが、今回の連載では、矢板工法と併せてNATMによる覆工施工技術を加え、かつ保全に関する点検技術ならびに補修・補強技術についても力点を置いた記述とした。

本講座の第1回「覆工の現状と課題」は、トンネル技術の変遷として、掘削工法や覆工について記述し、トンネルの現状および覆工に関する課題を建設段階ならびに維持管理段階から提示した。

第2回の「覆工の設計・施工概論」では、矢板工法とNATMの覆工の設計の考え方や施工にお

ける材料、施工法などについて概説した。

第3回の「覆工コンクリートの品質向上技術(材料)」では、建設技術における覆工の材料面からのアプローチによる品質向上技術として紹介した。

第4回の「覆工コンクリートの品質向上技術(施工①)」では、防水工、型枠、打設および締固めなどの施工に関する覆工の品質向上技術について紹介した。

第5回の「覆工コンクリートの品質向上技術(施工②)」では、脱型と養生に関する覆工の品質向上技術について紹介した。

第6回の「覆工の点検技術」では、山岳トンネルに発生する変状について解説し、道路トンネルにおける点検方法、健全性の診断および措置記録と鉄道トンネルに関する検査方法、健全度の判定および措置・記録について紹介した。

第7回の「覆工の点検法」では、覆工の点検法に関する新技術について紹介するとともに、今後の新技術の定期点検への適用に関する課題について整理した。

第8回の「覆工の補修・補強(概論)」では、山岳トンネルに発生する変状に対して適用される主な補修・補強対策について概説した。

第9回の「覆工の補修・補強(技術①)」では、

主として補強対策となることを期待する「外力対策」に関する技術について紹介した。

最終回の「覆工の補修・補強(技術②)」では、第9回につづき、主として補修対策となることを期待する「剥落防止対策」および「漏水対策」に関する技術について紹介した。

最後に、事例などの覆工に関する技術情報を提供いただいた各機関・各社に感謝申し上げます。また、忙しい中執筆していただきました「山岳トンネル覆工の長寿命化技術」連載講座小委員会各委員にお礼申し上げます。当連載講座がトンネルの建設から維持管理に従事する技術者の参考になれば幸いです。

(文責：焼田真司/(一財)鉄道総合技術研究所)

参考文献

- 1) 土木研究所基礎道路技術研究グループ(トンネルチーム)：道路トンネル変状対策工マニュアル(案)，土木研究所資料 No.3877，2003.2.
- 2) 長山善則・小林俊彦：FRP製トンネル内巻き工によるRC覆工の劣化対策，実物大模擬トンネルによる開発と山陽新幹線への適用，トンネルと地下，Vol.46，No.2，pp.55-66，2015.2.
- 3) 東・中・西日本高速道路：設計要領 第三集トンネル編，2015.7.
- 4) 東・中・西日本高速道路：トンネル施工管理要領，2015.7.

トンネル発破技術のバイブル!!

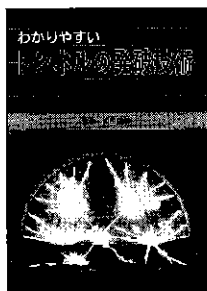
わかりやすい

トンネル発破技術

監修 山田隆昭

B5判 76頁 本体価格1,500円 円300円

本書は、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詳しく解説している。



株式 **土木工学社**

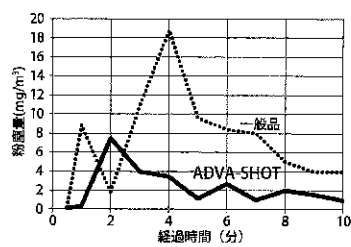
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

工法・技術・製品ニュース

製品 吹付けコンクリート用 増粘剤一液タイプの高性能減水剤



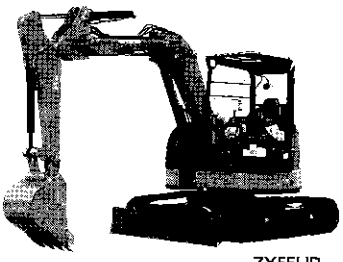
模擬トンネルでの吹付け試験状況



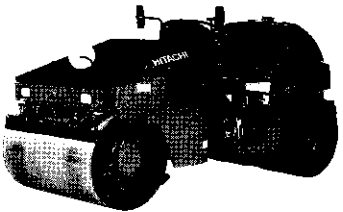
吹付け試験における粉塵量の測定結果

グレースケミカルズ(株)技術部
TEL. 046-225-8877
E-mail: gck-sale@gracechemicals.co.jp

製品 日立建機から新型ミニショベルと振動ローラ



ZX55UR-6



ZC50C-5

日立建機(株)経営管理本部広報戦略室
広報グループ
TEL. 03-3830-8065
URL <http://www.hitachi-kenki.co.jp/>

グレースケミカルズは、山岳トンネル吹付けコンクリートの粉塵低減を目的とした化学混和剤ADVA-SHOTを発売した。

本品は吹付けコンクリート用の高性能減水剤・増粘剤の一液タイプの混和剤。ポリカルボン酸化合物に、粉塵を低減させる特殊増粘剤を配合したもので、JIS A 6204コンクリート用化学混和剤の高性能減水剤に適合する。一液タイプのため粉体のものに比べ省力化されるほか、高強度混和剤や各種急結剤と併用が可能。砕石・砕砂の使用にも対応していることから、さまざまな種類の吹付けコンクリートに対し施工性の向上と粉塵の低減を実現する。

本品に急結剤を添加した吹付けコンクリートと、一般の混和剤と急結剤を添加したものの比較では、粉塵

量について、密閉した模擬トンネル内で1m³のコンクリートを吹付け、吹付け箇所から10mの位置で測定したところ、最大で約60%の粉塵低減効果が認められた。

ブルアウト試験および吹付けコアを用いた圧縮強度試験について材齢10分、3時間、24時間、7日および28日の発現強度を測定したところ、いずれの試験や材齢においても同等の強度が得られたのに加え、材齢10分で瞬結吹付けコンクリートの目標強度である3.0N/mm²以上の圧縮強度の発現が確認された。急結剤を添加しないベースコンクリートに関しても、材齢7、28日で、市販品と同等の強度を得ている。

また、一般品の高性能減水剤と同等の添加率で、流動性の高いコンクリートの製造が可能としている。

日立建機は、超小旋回型ミニショベルZX30UR-6(標準バケット容量0.09m³、機械質量2,990kg)、ZX40UR-6(同0.11m³、3,600kg)、ZX55UR-6(同0.22m³、5,300kg)の3機種と、新型振動ローラZC35C-5(運転質量2.80t)、ZC50C-5(同3.61t)、ZC35T-5(同3.03t)、ZC50T-5(同4.08t)の4機種の発売を開始した。

ミニショベルは、モデルチェンジに際し、ZX-U-6aシリーズで好評だったユーザーフレンドリーなミニショベルの3本の柱、①High Performance(優れた作業性・操作性)、②Comfortability(快適な居住性)、③Easy Maintenance(容易な整備性)を加えた新型モデル。電子制御式新エンジンの採用と、油圧システムの改善により、従来機と比べ15%前後の

燃料消費量を低減。走行速度切替えスイッチをブレードレバーに装備し、スムーズな変速操作を実現するなどして優れた作業性・操作性を与えたほか、3.6インチ大型マルチ液晶モニタなどを採用して快適な居住性を確保した。また、チルトアップフロアを採用するなどして、容易な整備性を獲得した。

振動ローラZC35C-5、ZC50C-5はコンバインド型、ZC35T-5、ZC50T-5はタンデム型。従来機を踏襲した安全性に加え、作業性・整備性を向上させた。直噴射エンジンを搭載し燃費低減を実現したほか、国交省排出ガス対策型建設機械3次基準値をクリア、また、国土交通省指定の超低騒音型建設機械の基準値もクリアするなど、環境基準に対応した。

トンネルワールドニュース

(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ハランドソストーン貫通

スウェーデンのマルメ～ヨーテボリを連絡する鉄道新線上のハランドソストーン貫通が8年の掘削の後貫通した。強度250MPaにもなる、主に片麻岩と角閃岩からなる亀裂に富んだ硬岩のため、大変な難工事となった。さらに多くの区間で地下水圧が10気圧以上となった。延長8.7kmのうち、後半の5.5kmはヘレンクネヒト社の特製TBMにより掘削した。このTBMは2つの方式で掘削ができ、クローズドモードでは泥水により掘削・排土し、オープンモードは硬岩掘削に用い、ベルコンで排土するというものである。穿孔・注入装置も装備され、地下水の噴出に備えた。テールシーラは13気圧もの地下水にも耐えるように設計されている。

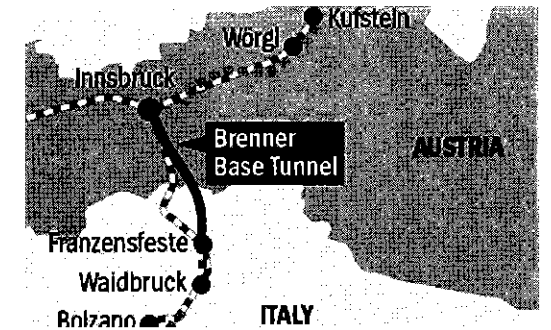
同社は、このTBMの設計により、硬岩を安全に掘削すると同時に高水圧下の軟弱地盤を効率的に掘削することができ、この大変な難工事を克服したばかりでなく大いなる技術向上も図られ、後の工事に役立つと述べている。

このトンネルはスカンスカーヴィンチJVにより2005年から施工が進められていた。

(T&T '14.10 担当:清水健志・鉄道・運輸機構)

イタリアイザルコ川 地下トンネルの請負契約

イタリアのイザルコ川地下横断プロジェクトについて、Strabag Salini Impregio社、Consorzio Cooperative Costruzioni社、Colli Lavori社で構成されたJVは、4.3kmの双設トンネルを掘ることを請け負った。3億ユーロであるプロジェクト



位置図

は、双設ブレンナーベーストンネルが主なものであり、ほかには2本のトンネルが既存のブレンナー鉄道に接続する工事や、建設後の環境への配慮を含めた既存インフラへの適合や改良に関する工事が含まれている。

その拠点は、イタリアのFranzensfeste地域近郊のブレンナーベーストンネル南端にある。周囲の山地部は花崗岩の地質で、その谷間は砂礫で構成されていると考えられている。

JVのStrabag社のThomas Birtel CEOは、「これは技術に大変なプロジェクトである。なぜなら、イザルコ川およびブレンナー高速道路の真下を交差するとともに、州道路やブレンナー鉄道については土かぶり非常に小さいからだ」と述べた。

工事は年末までに開始し、8年間続く。ブレンナーベーストンネル担当のSEは、「バリュエーションについて議論の最中であり、プロジェクトの詳細は話すことができない」と語った。

(T&T '14.11 担当:小出啓明・東京都交通局)

Bukit Bintang直下の MRTトンネル完成

クアラルンプールのJalan Bukit Bintangの併設のMRTトンネル工事で、2基のTBMが到達立坑に到達した、とマレーシア国营通信『Bernama』が伝えた。

Mass Rapid Transit Corporation Sdn Bhd (MRTCSB) の広報責任者は、「1基のTBMが10月16日に到達し、もう1基は10月21日に到達する」と述べた。

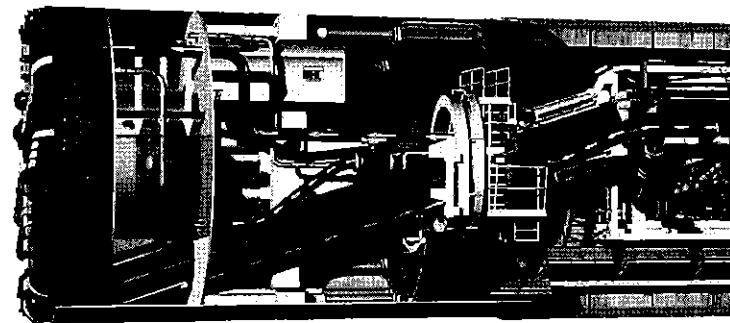


図-1 VD-TBM(HERRENKNECHT, Tunnel talk HPより)

彼は、「MRTプロジェクトの地下工事全体の進捗状況は、9月末で68.5%に達し、そのうちトンネル工事は88%である。われわれはPasar Seniに通じる2基のTBMをPudu立坑から掘進している。すべてのトンネルの工事は、2015年の第一四半期に完了する予定であるが、その他の地下工事は2016年12月まで続く」と10月27日にMRT Pudu発進立坑で記者に述べた。

MMC-Gamuda社のトンネル部門長は、「トンネル工事は、地質の影響で非常に困難であった」と述べ、「Jalan Bukit Bintangは2つの地層の上にあり、西側にはKenny hill(堆積)層、一方東側は、クアラルンプールの石灰岩の地層の上にある。これら二層の境目はPavilion一帯にある」と彼は言った。

「もう一つの労苦は、多くの機能を高度に組み合わせることであり、彼は可変密度TBM(VD-TBM)を含む精密技術の採用は、問題の解決に役立った」と彼は付け加えた。「陥没の発生率を大幅に減少させ、泥水式シールド(石灰の層を掘進

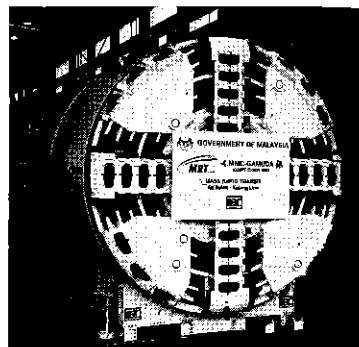


写真-1 VD-TBM

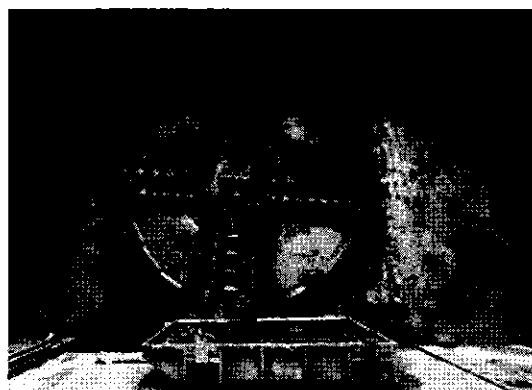


写真-2 トンネル貫通

時)から土圧式(Kenny Hill層を掘進時)に変換でき、逆もできる」と彼は述べた。

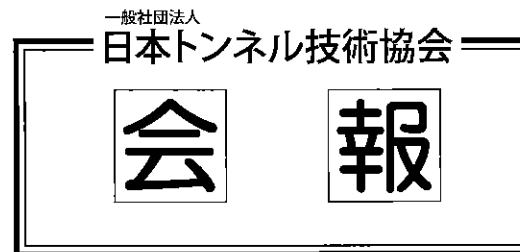
Sungai Buloh - Kajang MRTは総延長51kmであり、市内中心部の地下を9.5 km走り、地下にはKL Sentral, Aasar Seni, Merdeka, Bukit Bintang Sentral, Pasar Rakyat, Cochrane及び、Maluriの7つの駅ができる。

(T&T '14.11 担当：山下高俊・三井住友建設(株))

『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)



◎設立40周年記念事業実行委員会

催物企画等WG(9/10)

中間祥二主査ほか6名、若手技術者の座談会計画を検討

◎国際委員会

・海外文献小委員会

海外ニュースWG(9/28)

清水健志主査ほか8名、海外文献の査読
計 3回開催 29名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

・山岳工法小委員会

支保WG(9/9)

丸山修主査ほか15名、シンポジウム対策およびサブワーキング報告

・都市トンネル小委員会

シールド変遷史WG第一グループ(9/29)

河越勝主査ほか7名、原稿を検討

計 2回開催 24名出席

合計 5回開催 53名出席

1. 会員の現状

	9月30日現在
個人会員	912名
団体会員	203名
推薦会員	207名
特別会員	12名
名誉会員	3名
賛助会員	214名
合計	1,551名

2. 委員会の開催状況(9月1日~30日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

・広報小委員会

会誌WG(9/4)

小山幸則主査ほか12名、10月号の会誌と3か月計画を検討

3. 平成27年度催物開催現況

(平成27年9月現在)

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(現場研修会)				
東村山水路トンネル現場研修会	2015. 7.23	16	東京	2.5
九州新幹線現場研修会	2015. 8.27	16	佐賀,長崎	3.2
(武雄トンネル~大草野トンネル~久山トンネル)				
新名神高速道路路面トンネル現場研修会	2015. 9.18	24	大阪	3.0
東京外かく環状道路新宿線交差部建設工事現場研修会	2015.10.14	25	千葉	2.0
(施工体験発表会)				
第76回(山岳)「課題克服に取り組んだトンネル工事一新技術, 創意工夫, 周辺環境への配慮」	2015. 6.24	168	東京	5.5
第77回(都市)「市街地におけるトンネル・地下構造物の築造技術」	2015. 6.25	109	東京	4.7
(講習会・シンポジウム)				
トンネル技術者のための地相入門講習会	2015. 9.30	39	東京	6.2
第17回トンネル技術ステップアップ研修会「シールド部門」	2015.10.19, 20	40	東京	11.5
(設立40周年記念事業)				
設立40周年記念展	2015. 8. 2~ 8	841	東京	—
親子見学会	2015. 8. 4	45	神奈川	—
シンポジウム				
「山岳トンネルの設計と現場との乖離」	2015.11.18	200	東京	3.7
トンネル維持管理業務講習会(基礎編)	2015.12. 4	40	東京	6.3

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

4. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第42回ITA総会およびコンgres 「Uniting the Industry」	2016. 4.22~28	サンフランシスコ (アメリカ)	Underground Construction Association of SME ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc.2016.us
第43回ITA総会およびコンgres 「Surface problems —Underground solutions」	2017. 6. 9~16	ベルゲン (ノルウェー)	Norwegian Tunnelling Society ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc.2017.no
第44回ITA総会およびコンgres 「Smart Cities: Managing the Use of Underground Space to Enhance the Quality of Life」	2018. 4.20~26	ドバイ (UAE)	Society of Engineers - UAE ITA(国際トンネル協会) http://www.uaesocietyofengineers.com

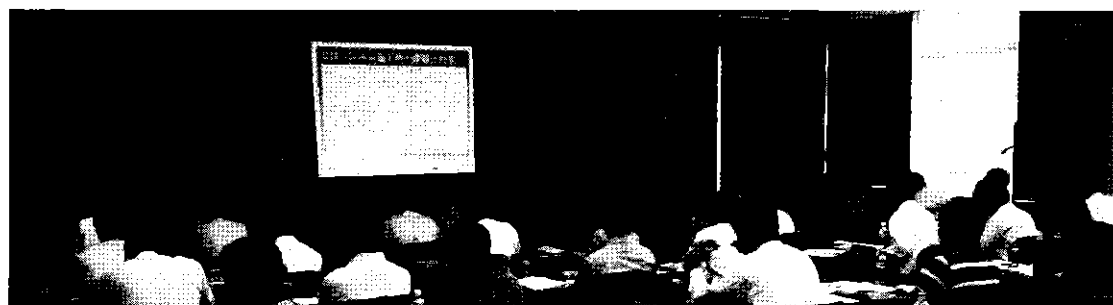
*会議に関する詳細は事務局(担当:関)までお問い合わせください。 TEL:03-3524-1755 FAX:03-5148-3655

地相入門講習会報告

去る平成27年9月30日(水)、2回目となる「トンネル技術者のための地相入門講習会」が日本印刷会館会議室で開催された。トンネル経験5~10年程度のトンネルの路線計画・施工管理や建設・維持管理に携わる中堅技術者総勢39名が参加した。

講習会では、地形・地質情報の基礎的判読、各種地形の特徴・地質情報の活用などについての講義が行われた。さらに、地形判読実習(グループ演習)では、トンネル周辺の地形図を用いた地形種などの課題に真剣に取り組んでいただいた。また、参加者が、担当するトンネル工事の計画や地形にかかわる課題・疑問などについて発表し、講師から解説やアドバイスがあった。

本講習会は、地形・地質の基礎的な知識を習得する大変有意義な講習会であり、今後も皆様に活用していただけるよう継続していきたいと考えています。



講義風景

設立40周年記念シンポジウムのご案内

設立40周年記念事業の一環として山岳小委員会で企画していましたシンポジウム(テーマ:山岳トンネルの設計と現場との乖離)を下記のとおり実施することといたしました。

過年度アンケート調査の結果より得られた「理論と定説」と「施工」の乖離の実情をテーマとして、専門家や施工者からなるパネリストにより、その乖離の理由について、さまざまな側面からの意見をいただくとともに、会場参加者と意見交換するものです。

トンネル技術の向上を多くの技術者で考えるたいへん良い機会であると存じますので、学官民の全業種の方が多数ご参加くださいますようお願い申し上げます。

—記—

開催日:平成27年11月18日(水) 13:00~16:50

開催場所:虎ノ門発明会館「地下ホール」(東京都港区虎ノ門)

定員:各200名(定員になり次第締切りいたします。)

※基調講演、話題提供、パネリスト、参加費、申し込み方法などの詳細は、ホームページをご参照願います。

トンネル維持管理業務講習会(基礎編)のご案内

設立40周年記念事業の一環として保守管理小委員会で企画していました「トンネル維持管理業務講習会(基礎編)」を下記のとおり実施することといたしました。本講習会は、トンネル維持管理業務に関する総論的な内容の講習により、現場での点検作業に従事することができるレベルの技術者の育成を図ることを目的として実施します。対象として、トンネルの管理、点検、補修設計などに今後携わる方のほか、経験者の方にも改めてトンネル維持管理業務を体系的に整理する良い機会と考えます。トンネル維持管理業務に携わる技術者の皆様にとりまして、たいへん有意義な講習会と存じますので、多数ご参加くださいますようお願いいたします。

—記—

開催日:平成27年12月4日(金) 10:00~17:00

開催場所:日本印刷会館(東京都中央区新富)

定員:40名(定員になり次第締切りいたします。)

※講師陣、申し込み方法などの詳細は、ホームページをご参照願います。

12月号予告 [12月1日発売予定]

- 仙台地下鉄東西線
- 瑞浪超深地層研究所
- 用語から見た施工中トンネル坑内照明
- これまでの地震対策の取組み(2)
- 【連載講座】
- トンネル新技術への挑戦(1)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆東京都より9月1日の防災の日に際し「東京防災」という黄色い表紙の小冊子が9月中旬に届きました。総ページ324頁で、避難所の位置を記した地区別のマップも同封されておりました。内容は5つの構成に分かれており、「大震災シミュレーション」、「今やろう 防災アクション」、「そのほかの災害と対策」、「もしもマニュアル」、「知っておきたい災害知識」と多岐にわたっており、よくまとめられた防災の本です。内容がすばらしいので東京のみならず、他の道府県にも行きわたればよいと思いました。「大震災シミュレーション」の中にトンネル内で震災あったときの対処法も紹介されておりましたので紹介します。「天井や壁面崩落の危険があるので、前方出口が見通せれば低速でトンネルを抜けます。長いトンネル内の場合には左側に寄せて停車し、キーを付けたままで非常口から脱出します。」

◆本号から2回にわたってJTA保守管理小委員会でもまとめた「これまでの地震対策への取組み」を掲載します。本号では「兵庫県南部地震」、次号では「新潟県中越地震および中越沖地震」と「東北地方太平洋沖地震」の地震被害と対策を紹介いたしますのでぜひご覧ください。

◆また、本誌では不定期に特集を組んでおりますが、2012年の4月号では創刊500号を記念として「地震とトンネル」と銘打って特集を組みました。また、今年の3月号には「復興に貢献するトンネル技術—三陸沿岸道路を柱とする復興支援助道網—」と題して特集を組んでおります。ご興味のある方はバックナンバーとして販売しておりますので右記の土木工学社までお申し込みください。

(I.Y)

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

★(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46巻 第11号 [通巻543号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成27年10月20日 印刷

平成27年11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復写(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

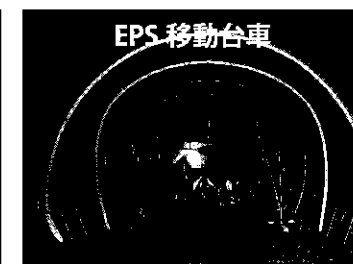
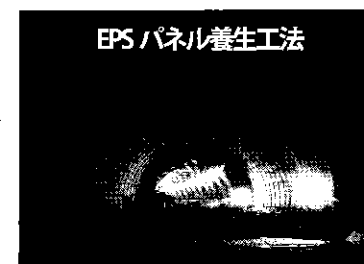
スライダ打設システム
特許 第4083308号
NETIS登録 KT120099-A

トンネル天端部
懸垂パイプレータ締めめ工法
NETIS登録 KK-120003-A

セントル位置・変位
自動測定監視システム
(セントル監視くん)
特許 第5247491号
NETIS登録 KT-130037-A

型枠ハイブレード
集約制御システム DKV-20
NETIS登録 KK-130066-A

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	27	0
NEXCO	6	1
地方自治体	20	6
鉄道・運輸機構	1	0

平成27年8月31日 現在

実施権許諾第 10396号
NETIS登録 (No.CB-090003-VE)

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/ E-Mail: daiei-co@minos.ocn.ne.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

トンネル技術者のための地相入門

大島洋志 監修, 木谷日出男 編著
3,200円+税 B5判

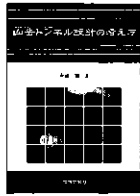
トンネルの計画・設計・施工にあたって留意すべき“地相”について、施工事例をもとに、豊富な図版と地形図を用いて、ていねいに解説した、画期的な入門書。



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。



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500円+税 B5判

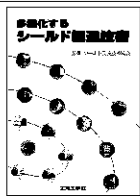
火薬類や発破技術の基礎的な知識から最新の技術まで幅広く取り上げ、また、火薬類を使用するうえで避けては通れない振動や騒音などの環境対策についても詳しく解説。



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500円+税 B5判

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



推進工法の理論と実際

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

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



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500円+税 B5判

土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質現象や、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。



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。



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000円+税 A5判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757円+税 B5判

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



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

シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
4,660円+税 B5判

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



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. McGuifer 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・齊藤正忠・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

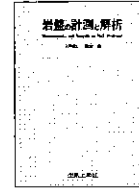
トンネル工事の際の労働衛生と環境保全の検討に有用な項目について、医学分野の知見から職業性疾病や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



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

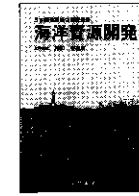
都市の代表的な地下施設である地下鉄、上水道、下水道の各トンネルについて、それぞれの主だった工法ごとに計画から施工まで実例をまじえてわかりやすく解説した。



海洋資源開発

稲田善紀 著
3,400円+税 A5判

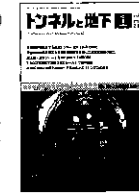
海洋の石油・天然ガス・石炭などのエネルギー資源と、マンガン・ジュールの鉱物資源、また、海洋エネルギーなどの開発と利用についてまとめた。



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

好評発売中

地形にも相がある 地形の性質を知ろう！



トンネル技術者のための 地相入門

大島洋志 監修 木谷日出男 編著
B5判 203頁 定価3,200円+税 送料別

図・表・写真 288点収録

山にも人の人相のように山の相がある。地形の性質を知り、事前に危険な箇所を把握することはトンネルを施工する上で重要である。本書のように地形中心にこれほどまとまったトンネル技術書は今までになかった。施工者には施工中に予測される地形上の危険把握のため、発注者にはもっとも安全に施工できる路線選定ため、本書を有効利用いただくことが執筆陣の願いである。

第I編では地形図の読み方を平易にまとめ、第II編ではそれぞれの地形種について施工事例を交え説明している。第III編では監修者の経験を基に路線選定の注意点を施工事例とともに紹介している。

《主要目次》

序編 まえがき

地相は人相 山の性状

第I編 地形から読み取れる情報

地形から地相を読む方法 / 地形から得る具体的な情報

第II編 地形種とトンネルの施工事例

段丘・台地 / 崖錐・沖積錐・扇状地 / 傾斜層 / 地すべり /
マスマーブメント・滑落崖 / 断層 (断層変位地形) /

断層 (断層剝削地形) / 火山地形 / カルスト地形・残丘 / 地形改変

第III編 路線選定

地相をよく観て路線選定を行う

あとがきにかえて

座談会

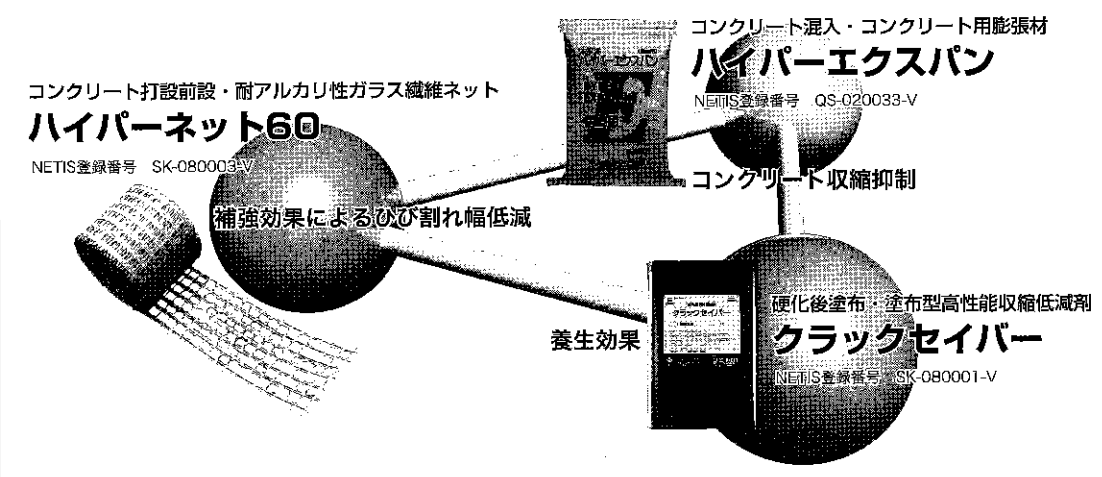
お申し込みは当社へFAX、または、お近くの書店にてお申し込みください



株式会社 工本工学社

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

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



様々な現場で力を発揮する 注入材、裏込材 “最適な選択をご提供”

注入材	超微粒子注入材	太平洋アロフィクスMC
	高粘工法用無機懸濁型 土質安定材、下水道止水材	太平洋アロフィクスMC2号
	注入式長尺先受工法用注入材	太平洋スーパーハード
	注入式長尺先受工法用注入材	太平洋スーパーファスター
裏込材		太平洋フルイトカール

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

できるをつくる。～デンカ100周年～ デンカのトンネル関連技術

驚異の低粉じん吹付け

デンカクリアショット NETIS:KT-080020A

デンカナトミックLSA (酸性液体急結剤)

デンカナトミックUSS (粉体助剤Fc=18N/mm²用)

デンカナトミックHSS (粉体助剤Fc=36N/mm²用)

- ・脅威の低粉じん吹付けで労働環境、作業性が改善
- ・リターナブルコンテナにより廃棄物・環境負荷低減
- ・確かな初期強度、長期強度発現性
- ・付着性が高く、跳ね返りが少ない
- ・湧水、低温にも強く、粉体急結剤と同等の吹付け性状

瞬結・初期高強度吹付け

デンカシグマショットSH (専用高強度混和材)

デンカナトミックTYPE-10S (専用急結剤)

- ・吹付け後10分で3N/mm²、3時間で一般吹き付けの24時間強度(概ね8N/mm²)、28日で2倍以上の強度が得られます

トンネル関連製品

吹付けコンクリート用混和剤

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

トンネル補助工法

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：微粒子セメント

デンカコロイダルスーパー：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

小型吹付け

PFモルタルTYPE-K：小断面、TBM、シールド工用吹付け

裏込注入工法

デンカクリーングラウト：非エア系可塑性モルタル

覆工コンクリート補修

デンカワンステップガード工法：工期短縮型はく落防止工法

NAV-G工法：可視型はく落防止工法 (NEXCO規格対応)

NAV-G工法 (UV仕様)：坑口・坑門部、明かり部対応

可視型はく落防止工法 (NEXCO規格対応)

トンネル・土砂捨場用コルゲート管

トヨドレン：軽量で施工がしやすく、耐薬品性、耐衝撃性に優れています

信頼の粉体急結剤

デンカナトミックTYPE-5 (一般吹付け・高品質吹付け)

デンカナトミックTYPE-10 (高強度吹付け)

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

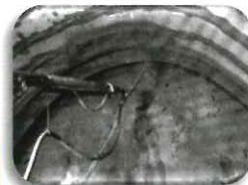
粉体急結剤用粉じん低減剤

クリアップ2：主に天然砂配合コンクリートに適用

クリアップ3：主に砕砂配合コンクリートに適用

クリアップα (NETIS:KT-080020A)

- ：スランプの出難い種類の砂に対しても適度な粘性とスランプを付与します



覆工のひび割れ対策

デンカパワー-CSATYPE-T

トンネル覆工コンクリート用膨張材

デンカクラッコフ

有機無機複合型被膜養生剤

GRACE Microfiber

爆裂防止・ひび割れ抑制 ポリプロピレン短繊維

中流動コンクリート用混和剤

ADVA-PLUS：後添加型 ※JIS対応



Denka

デンカ株式会社

(旧社名：電気化学工業株式会社)

東京都中央区日本橋室町2-1-1

インフラ・無機材料部門

特殊混和材部トンネル材料G

TEL: 03-5290-5558

FAX: 03-5290-5085

デンカビッグスワンスタジアム
DENKA BIG SWAN STADIUM



Denkaは「デンカビッグスワンスタジアム」のネーミングライツパートナーです

定価 1,620円

本体価格1,500円

雑誌06619-11



4910066191153
01500