

トンネルと地下 **3**

vol. 46
no. 3
2015

Tunnels and Underground

特集：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道路網—

復興道路・復興支援道路の整備

延長5kmの本坑・避難坑の一括発注による急速施工

公共生コンプラントの設置・管理運営とトンネル・橋梁一括施工

復興事業におけるトンネル施工と地域協働への試み

ICTを活用し早期開通を目指す

突発湧水に挑んだトンネル施工と仙人峠道路が震災で果たした役割

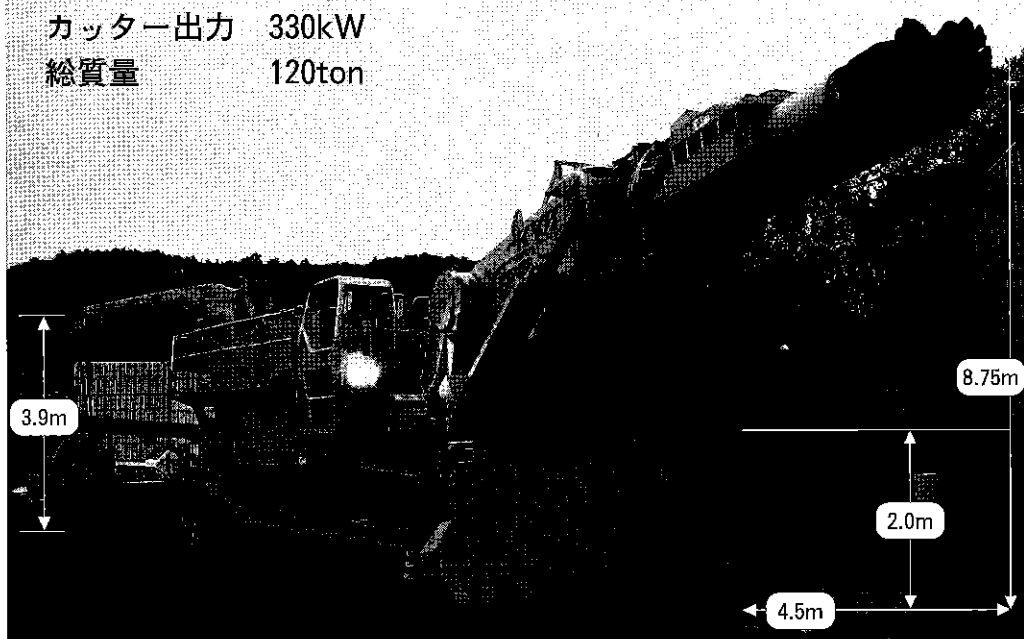
日本トンネル技術協会誌



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、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m(ケーブルハンガーを除く)
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅4.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

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

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

お待たせしました!

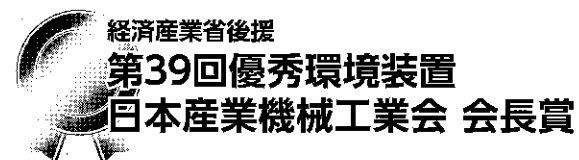
吸引捕集方式対応

ファン動力30kW
換気電力を格段に低減

48m²の設置例

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO
イーダスコ・ニーヨンマル



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

微細粉じんも逃さない電気式
電気式だから人体に有害な微細粉じん
(0.2~7μm)も捕集できます。

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

大風量と省エネを同時に実現
安定した処理風量で電力負荷低減とCO₂削減
を実現するエコ製品です。

仕様	
品名	e-DUSCO240
型式	FTE2400-E
集じん装置の容量	1800・2100・2400m ³ /min 任意設定の4モード
全長 ^{※1}	7411mm (サイレンサ含む)
全幅	2350mm
全高 ^{※2}	3700mm
本体重量	10t
電源仕様	3相3線400V58kVA
ファン動力	30kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意 (伸縮風管接続時と同じ)
洗浄水	2.4m ³ /回 ^{※3}
捕集ダスト処理	湿式
集じん効率 ^{※4}	95%以上

※1 入口ダクト及び絞りダクトは含みません。
 ※2 台車の高さは含みません。
 ※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。
 注) 伸縮風管システムは本体には含まれません。

△ 古河機械金属グループ

古河産機システムズ株式会社 URL: <http://www.furukawa-sanki.co.jp/>

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

KUMONOS

クラックスケール内蔵型光波測量器を用いた「ひび割れ」計測システム

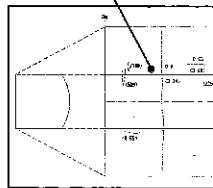
「ひび割れ」の幅と形状を計測し、2D / 3Dの図面を自動描画します。

メリット

- ・足場や高所作業車が必要無いため、時間と経費の削減、安全性の向上が図れます。
- ・ひび割れなどの変状を、再現性の高いデジタルデータとして記録し、経年変化を把握できるため、適切な補修計画を立案することが可能になります。

受賞など

- 2008年 土木学会技術開発賞
- 2009年 第11回国土技術開発賞
- 2010年 文部科学大臣表彰 科学技術賞
- 2012年 準推奨技術(新技術活用システム検討会議(国土交通省))に選定
- 2013年 内閣総理大臣表彰 第5回ものづくり日本大賞優秀賞(製品・技術開発部門)



「KUMONOS」で計測したデータ

MMS

MMS (Mobile Mapping System) 移動体計測システム

走行しながら高精度な3次元空間位置データを効率的に取得できます。

メリット

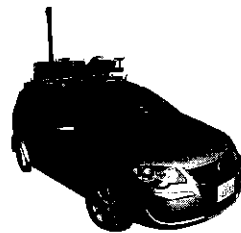
- ・3次元空間位置データと周囲の映像を、車載レーザースキャナーにより高精度で効率的に取得できます。
- ・交通規制を行わずに、3次元地図の作成、路面性状調査(わだち掘れ計測)が可能。

【レーザータ点群データベース】

道路の維持管理に必要な道路台帳付図作成業務をはじめとした公共測量・調査にも採用されており、路面性状調査、トンネルの調査点検などに活用できます。

【画像データベース】

天空までを含めたパノラマ動画撮影用の全方位パノラマデジタルカメラをMMSに搭載。ご要望の地域の3D景観画像を記録できます。



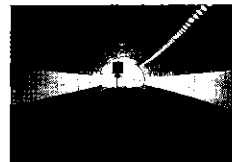
Laser Scanner

設置型レーザースキャニングシステム

離れた所から高精細な3次元空間位置データを短時間で取得できます。

メリット

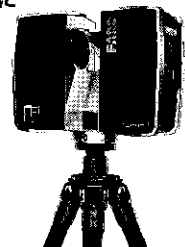
- ・コンパクトで軽量のレーザースキャナーは運搬性に優れ、バックパックでも運ぶことができます。(重量:5.2kg サイズ:240×200×100mm 最大測定可能距離:330m)
- ・複雑な構造物でも簡単に点群データを取得することができ、計測後すぐにデータを確認することができます。



計測風景



レーザースキャナーで取得した点群データ



カンタン維持管理

システム概要

本システムは、スムーズかつ効率的なトンネルの維持管理を支援するシステムです。「KUMONOS」/MMS/レーザースキャナー等の技術を用いて計測したトンネルの形状や変状、写真、設計等のデータをパソコン上で一元管理し、そのデータベースから必要な情報を専用タブレットへエクスポート。現地で情報を閲覧できるほか、メモや写真、位置情報を簡単に追加することができます。

各種計測データ

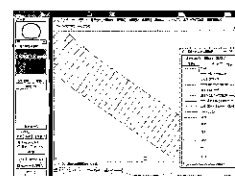
- KUMONOS データ
- MMS データ
- レーザースキャナーデータ
- etc.

データベース

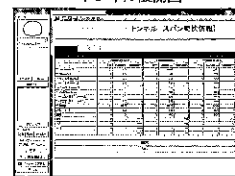


タブレット画面イメージです

システム画面イメージ



トンネル展開図



スパン別データ

メリット

- ・データベースから過去の点検データを専用タブレットにエクスポートして表示できます。
- ・検証結果を現地で専用タブレットに記録できます。
- ・データベースへ現地で記録したデータをインポートできるため、トンネル管理情報の更新が容易になり、管理者の負担を軽減します。
- ・情報を一元管理することで、経年変化の把握に役立ちます。
- ・現地での検証にかかる時間と経費を削減できます。

[システム構成] Windows パソコン、GIS エンジン、専用タブレット

▶ 詳細は <http://www.kankou.co.jp/> を御覧ください!

関西工事測量株式会社

大阪府箕面市船場東2丁目1番15号
TEL: 072-749-1188 (代)
機器の販売・レンタルも行っております。

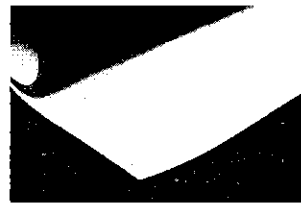
ウォータータイトトンネル 防水システム



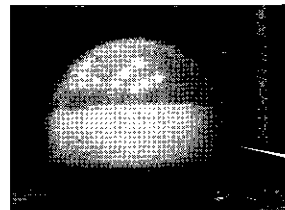
非排水型防水システム用メンブレン
KFCタイトライナー

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

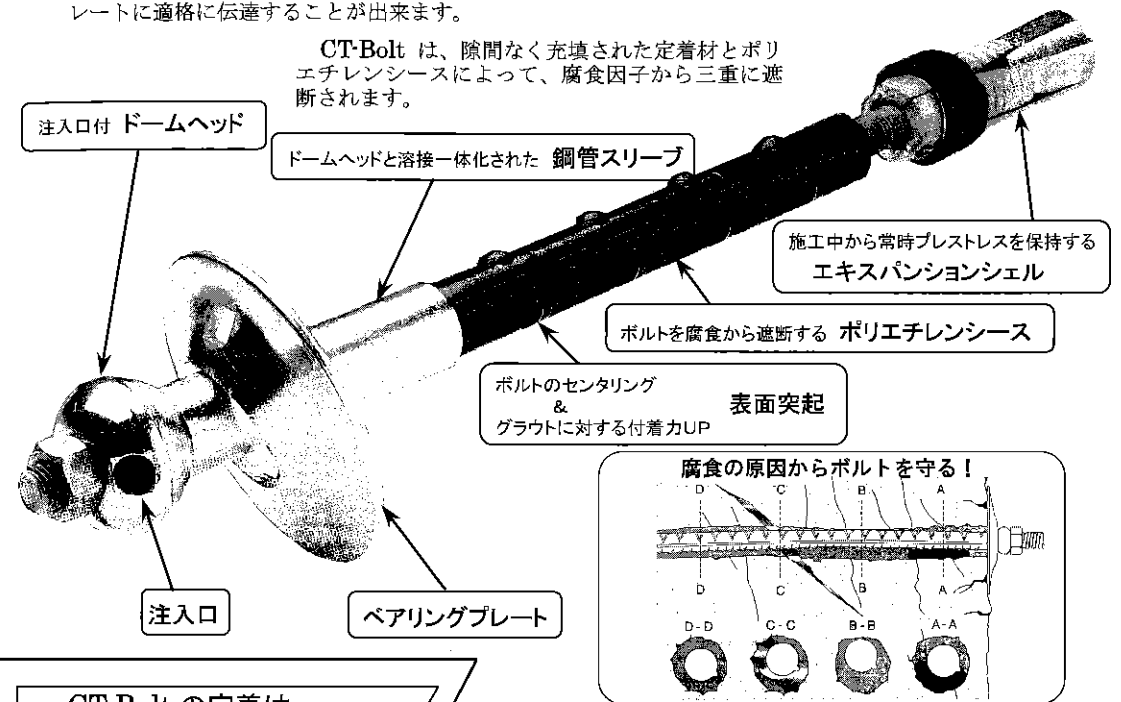
CT-Bolt

...
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切に伝達することが出来ます。

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



CT-Bolt の定着は...

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



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。

- 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

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

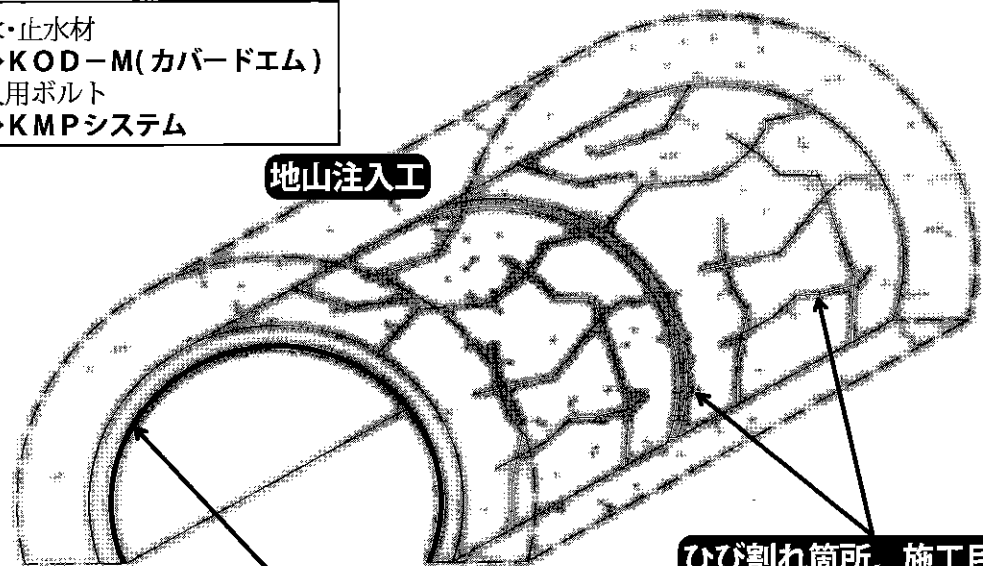
カテックスの補修・補強材料

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)

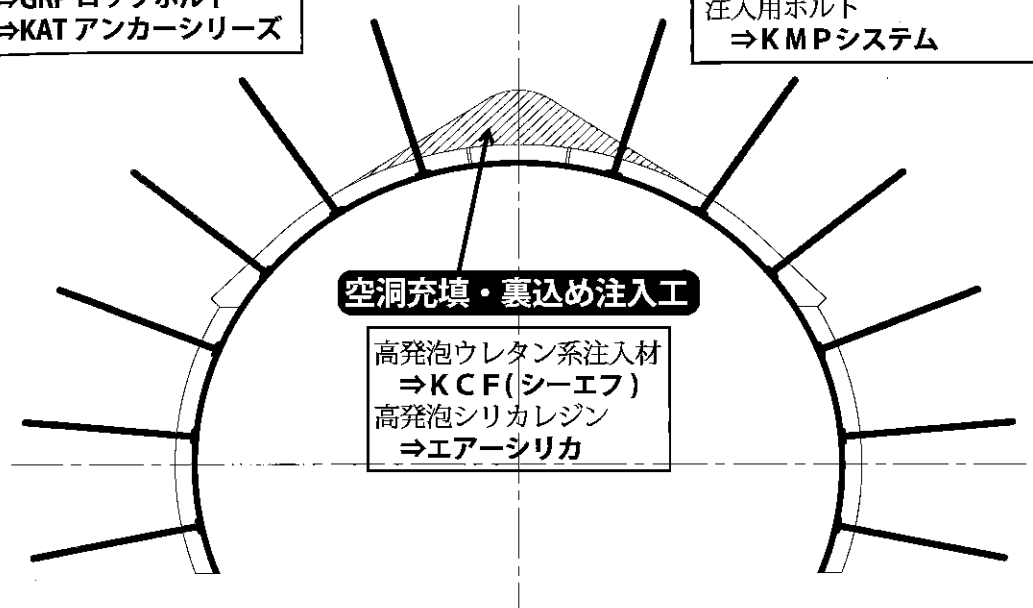
ロックボルト工

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-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

関西営業所

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

九州営業所

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

北海道地区(㈱エイチ・アール・オー)

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

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

日本のインフラ維持が注目される今!!

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

NETIS登録番号
KT-070035-A



1 超軽量で安全性向上

従来の工法に比べ超軽量であり、覆工コンクリートの重量を大きく軽減できます。

2 注入設備がコンパクト

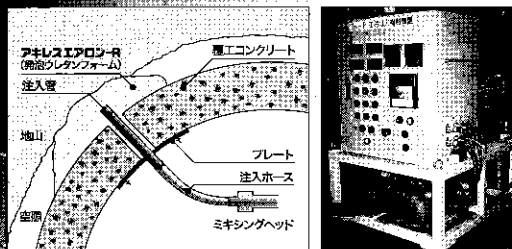
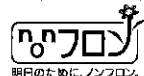
注入設備がコンパクトで、4t車1台に全ての材料を積載することが可能です。

3 急速固化でリーク減少

水分で発泡固化するため、亀裂等によるリークの危険性を低減できます。

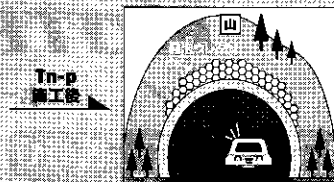
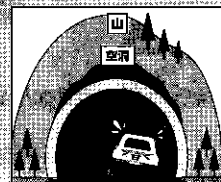
4 環境対応型ノンフロム

発泡剤にフロム類を一切含まず、地球環境保護に貢献します。



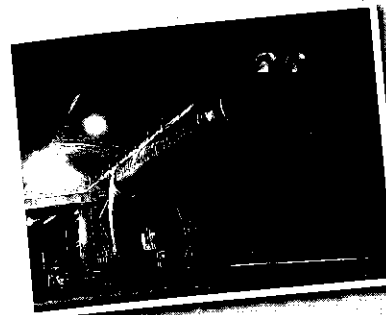
「アキレスTn-p工法」とは?

古いトンネル(矢板工法)の覆工コンクリート背面には、空洞が生じていることがあり、崩落の原因になりかねません。その空洞を「発泡ウレタン」で充填補修し、災害を防止するための工法です。



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 〒061-3241 北海道石狩市新港西1-726-3 0133-73-9581
 九州営業所 〒813-6591 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/>

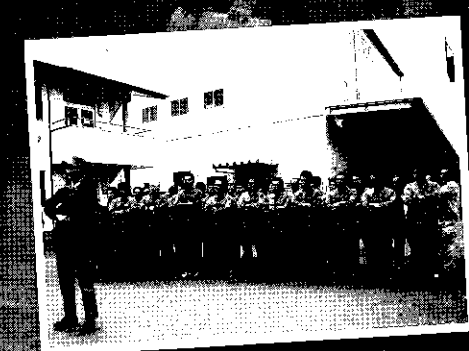


大型集じん機 300 台!
 送風機 650 台!
 世界最大の換気設備保有メーカー!



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期より西村司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。
 手に掴めない「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

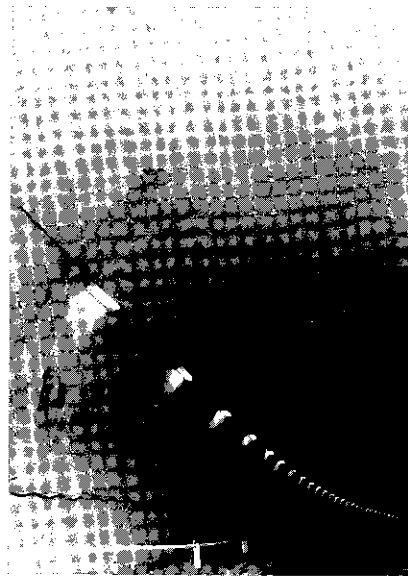
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2
 TEL: 03-3452-7400
 URL: <http://www.ryuki.com/>
 E-mail: eigyobu@ryuki.com



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◆



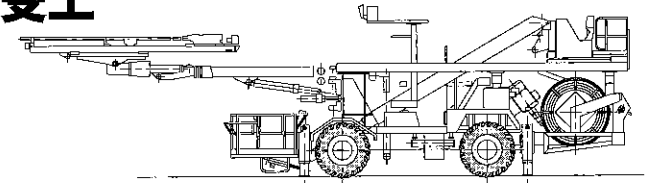
株式会社 マイル

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

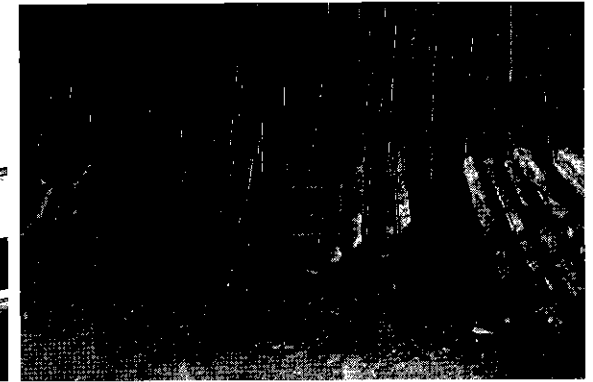
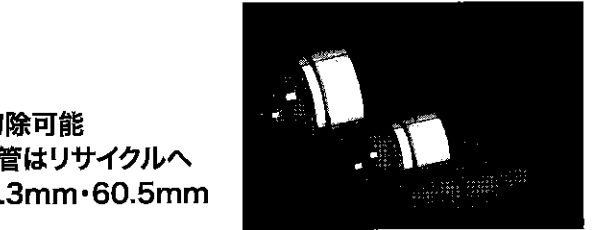
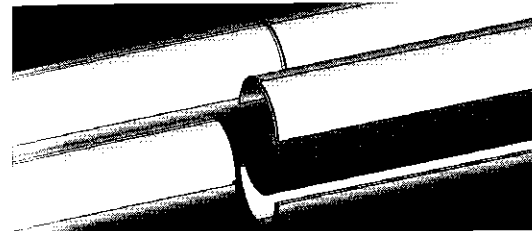
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Piling Method



AGF-Me工法

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

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



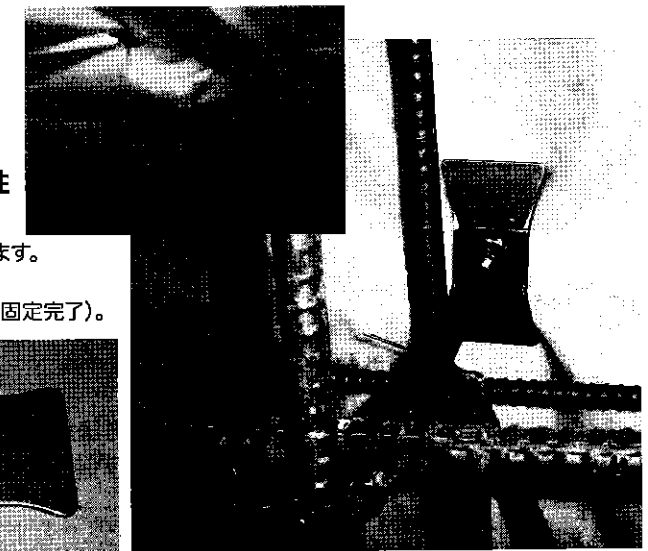
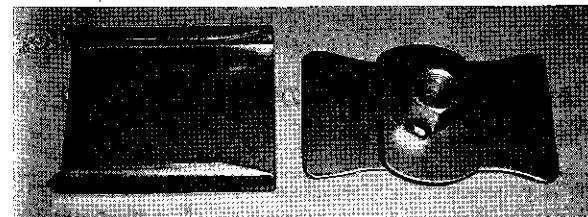
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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



東邦金属株式会社

東京営業部

TOHO KINZOKU Co., LTD

〒107-0052

東京都港区赤坂2-19-8 赤坂2丁目アネックス6F

Tel: 03-5545-7900 Fax: 03-5545-7905

URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

株式会社 トーキョーオール

〒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

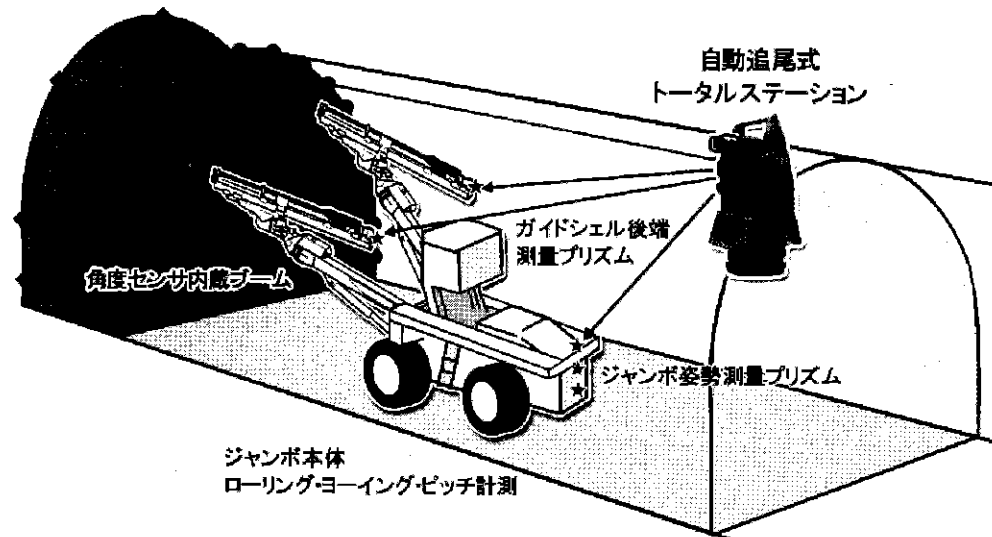
(お問い合わせ先)

NETIS登録番号:KK-10049-A

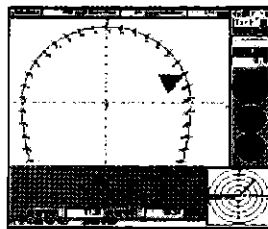
自動追尾式余掘り低減システム

国土交通省 公共工事等における新技術活用システム「NETIS」に登録。

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



■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

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

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3

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

FRD 古河機械金属グループ
古河ロックドリル株式会社

〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3

特機部
TEL:03-3231-6966 FAX:03-3231-6993

最新型・電気集じん機

エコクリーンX

NETIS登録番号:KT-040047-A

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

極板放電方式
放電線をなくし消耗品の削減と断線トラブルの撲滅

少ない消費電力
同クラスのフィルター方式集じん機に比べおおよそ1/4

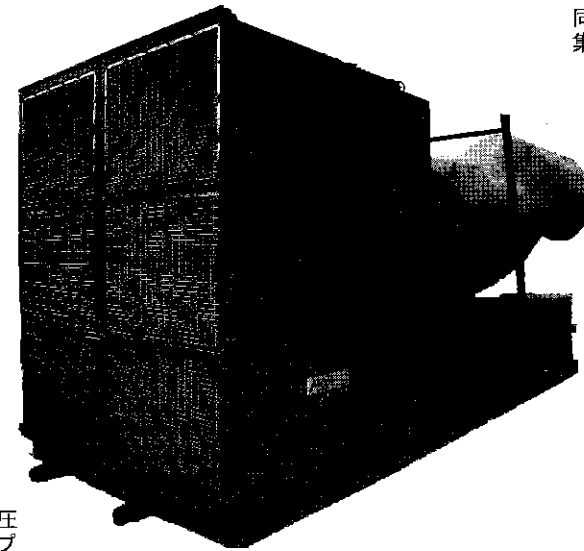
処理風量
750m³/minから3000m³/minまで製作実績あり

コンパクト
同クラス集じん機の中で最小

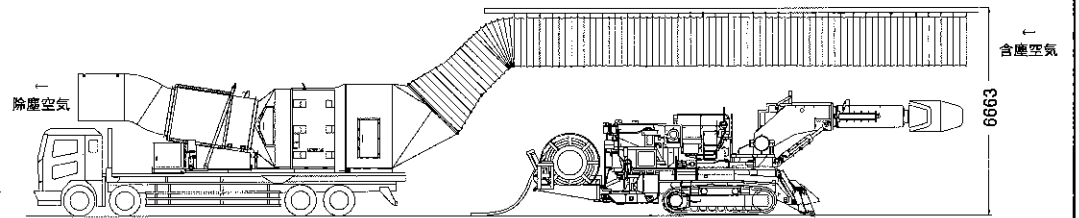
高圧電源分割
集じんユニット毎の個別電圧印加により集じん効率アップ

貯水タンク
自動洗浄が随時可能

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。

MCM
MCM ICS-IA

株式会社エムシーエム

<http://www.mcmcm.jp>

本社:愛知県名古屋市中区植田東2丁目1014番地

tel.052-804-9633 fax.052-804-1505

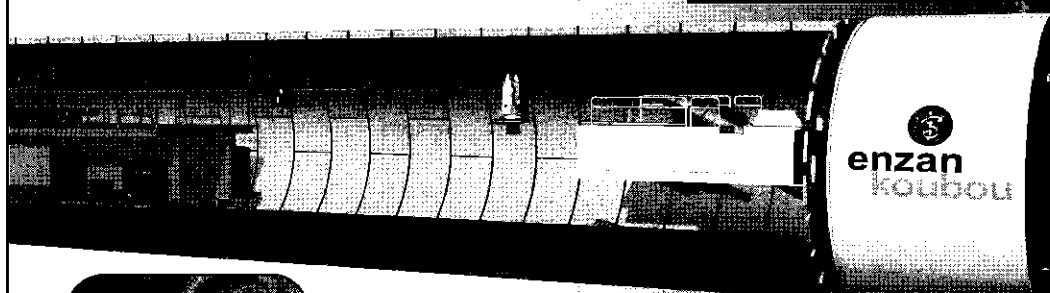
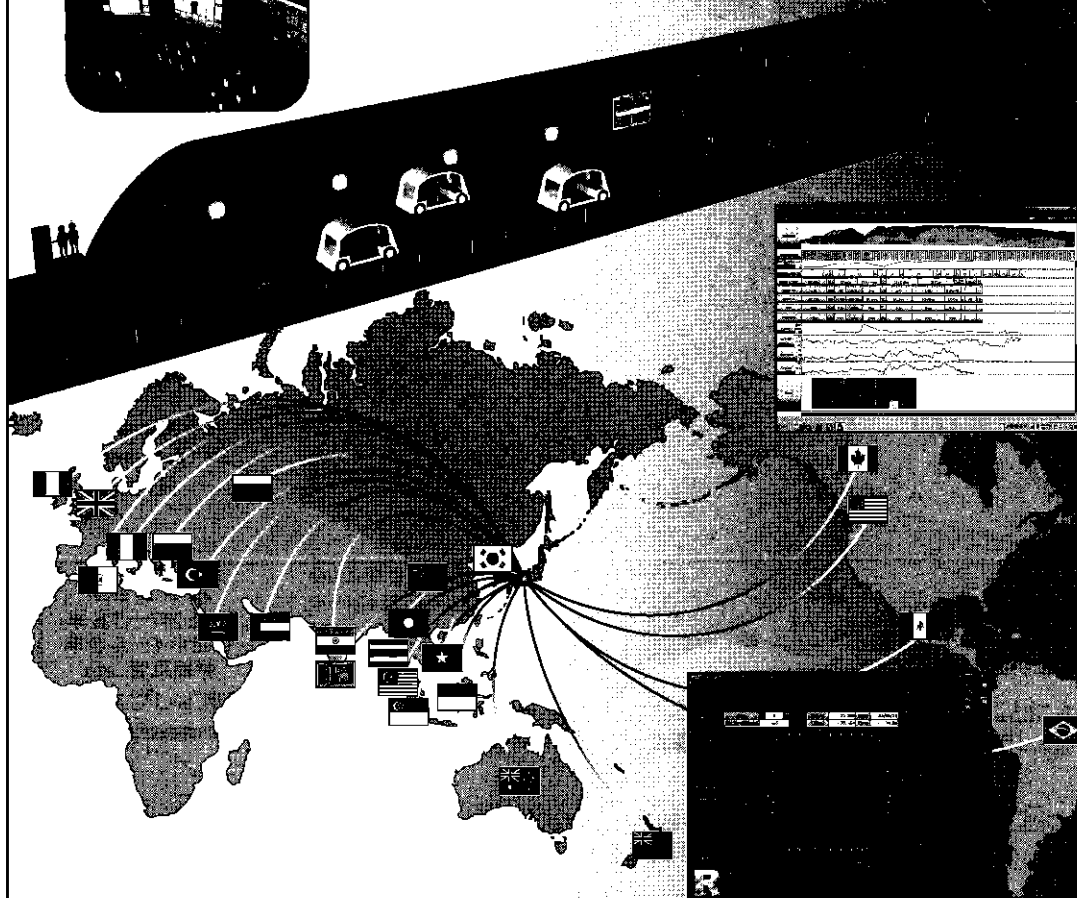
北陸センター:富山県高岡市福岡町下老子43番地2号

tel.0766-64-0351 fax.0766-64-0352

Easy to handle, Difficult to imitate.

GUIDANCE & LOGGING & SURVEY system for TUNNEL

Our target will be No.1 tunneling system company in the world



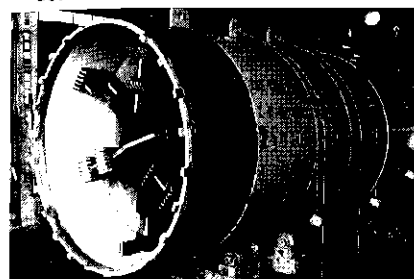
from Kyoto/Japan to the world
ENZAN KOUBOU CO.,LTD(www.enzan-k.com)



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、内部駆動装置を前進側へ迅速に引戻しが可能(駆動装置引き戻し再設置可能)
- 急曲線・高深度施工に対応可能
- 軟弱層~玉石・砂礫層に対応可能

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法



φ1016mm 鋼管対応リターン回収機付掘進機

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

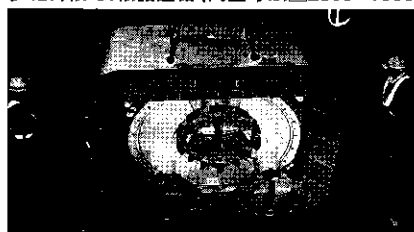
ボックス推進工法

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

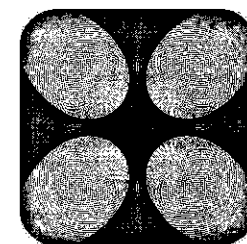
③ 狭路施工技術

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

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



カッタービット軌跡

ボックス推進工法の特徴

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

協会事務局・技術本部

株式会社アルファシビルエンジニアリング

αCIVIL

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

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

※各工法協会会員名簿については、ホームページをご参照下さい。

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をしております。また、推進関連のニュースはどこよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管渠埋設の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっています。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号：00130-3-576039 加入者名：株式会社エ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.lsweb.co.jp/micro-tunnelling/> 月刊推進技術



株式会社エスプランニング

月刊推進技術 編集室

<http://www.lsweb.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@lsweb.co.jp

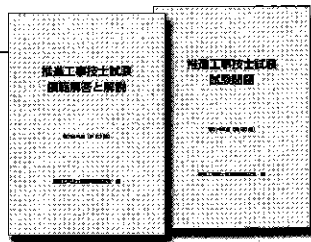
推進工事技士試験 過去13年間(平成14~26年度)

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、管渠施工の安全性と品質を確保する上で有益な制度です。

解答付きの解説書に対する受験者の皆様からのご要望に応じて、この程、推進工事技士試験過去問題集を刊行しました。受験対策書としてご活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)の出典箇所を明記

2. 価格

各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。

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

これらのことをインターネットでご案内しています。

株式会社エスプランニング

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@lsweb.co.jp

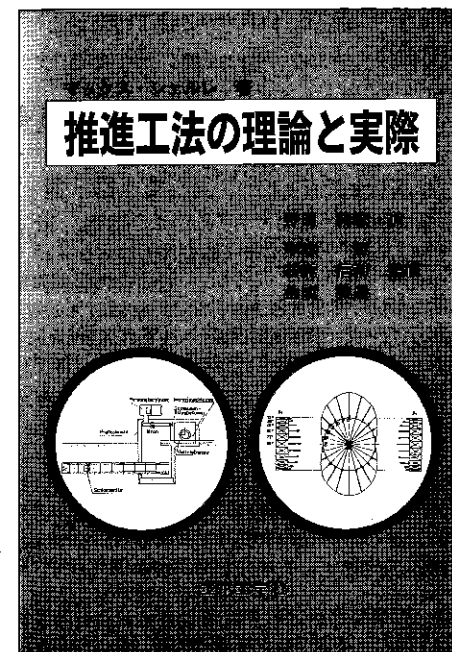
推進工法の理論と実際

推薦の言葉

中本 至・石橋信利・金成英夫

マニュアルを超えて 推進工法の理解を さらに深める一冊

推進工法によって、下水道をはじめ多くの管渠が布設されている。下水道については一九六〇年にはわが国の普及率は十五%にすぎなかったが、今日では六〇%近くに近づいている。当初、一五〇〇キロしか施工実績がなかったが、近年の施工延長は年間一五、〇〇〇キロになっている。下水道の施工方法の選定にあたって、施工条件や建設環境、地下埋設物や地盤条件などの関係から、開削工法



より推進工法などの特殊工法が選定されることが多くなり、その中でもとくに推進工法の適用は多くなった。ところが、わが国では推進工法に関する実務書は多いが理論面を記述したものはあまり見当たらず、推進工法の一層の発展のためにも理論書が求められていた。

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

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

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

株式会社 **土木工学社**

【好評発売中】

セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 送料 290円

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

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

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

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

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

〈セグメントの新技术〉

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

株式会社 土木工学社

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

きーりーとーりー線
《ご注文票》

セグメントの新技术 _____ 冊 申込みます。

所在地 〒 ()

事業所名 _____

部 課 名 _____

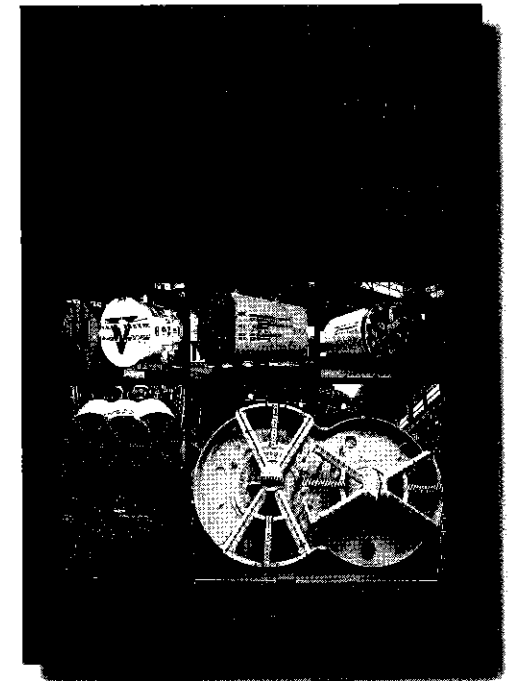
申込者名 _____

⑧

シールド トンネルの 新 技 術

シールドトンネルの新技术研究会 編

B5判 280頁 定価：4,660円+税



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

豊富な設計・施工例を掲載し、応用のしやすい的確な解説を加えた好評の一冊。

目 次

第1章 概説

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

第2章 調査・計画編

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

第3章 設計・施工編

1. 覆工
一次覆工の設計/二次覆工の設計と施工/シールドトンネルの防水技術
2. 立坑の設計と施工設備
立坑の設計と施工
3. 仮設備
仮設備の計画
4. シールド工事の自動化
掘進管理システム/方向制御システム/セグメント自動組み立てロボット/自動搬送システム/その他の自動化技術
5. 掘進と施工管理
シールド掘進と施工管理/シールド機の発進と到達/裏込め注入工法と注入効果/曲線施工と地中接合/補助工法の種類と選定
6. 近接施工と環境対策
近接工法と対策/アンダーピンニングおよび支障物対策/シールド工事と環境対策
7. 新工法の現状と将来展望
自由断面シールド掘進(縦構円断面)/

- 異形断面シールド/分岐・接合シールド/球体シールド(ホルン)工法/複円形, 矩形および拡大シールドの開発動向/ECL工法
8. 切羽の安定と地盤変状防止
切羽安定の理論と実際/泥水式シールド工法の切羽安定/土圧式シールド工法の切羽安定/特殊条件下の切羽安定
 9. 地盤変位の理論と実際
地盤変位の実際/地盤変位の予測解析

付録

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

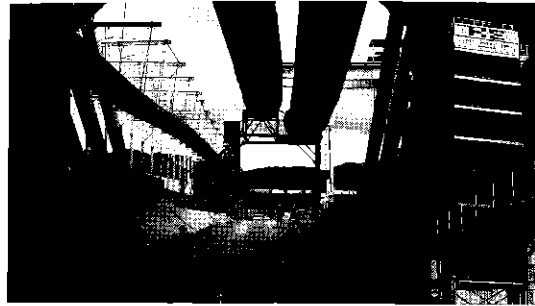
参考文献/索引

株式会社 土木工学社

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



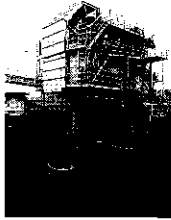
Clever Conveying



Tunnel Diameter:	7.10 m
Min. Radius:	1,000 m
Mineral:	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
Mineral:	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



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

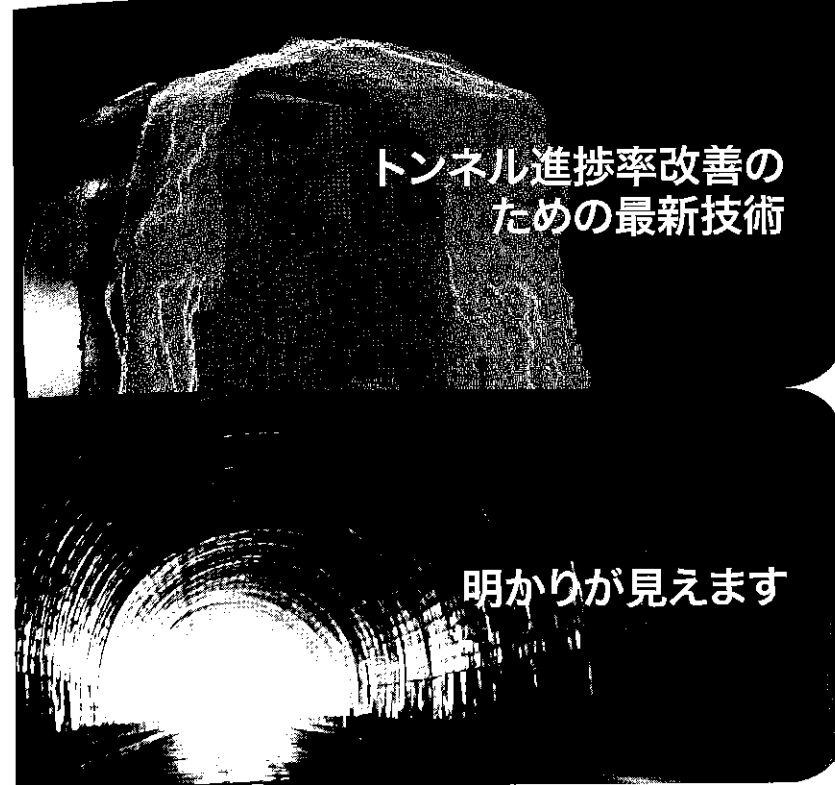


TMS社 日本代理店
担当: 渡邊



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



トンネル進捗率改善の
ための最新技術

明かりが見えます

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

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

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

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



道路, トンネル設計 (本体工, 換気, 防災, 照明, 施工管理他)

トンネル現場診断

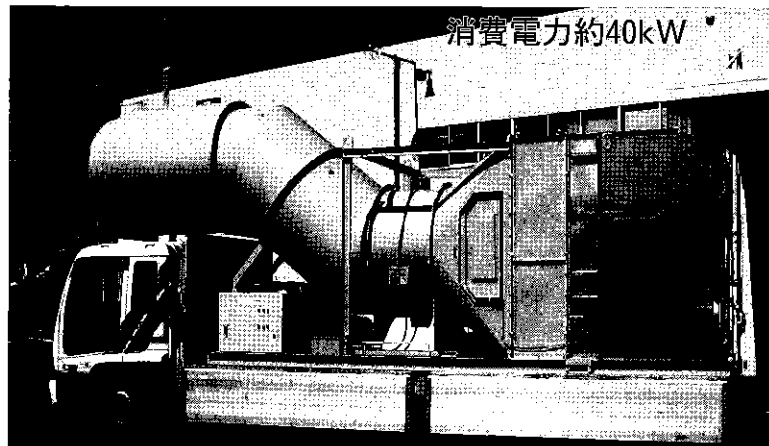


(社) 建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会長 長田 島 利 男 代表取締役社長 清 水 洋 (技術士)
(技術士・土木学会フェロー会員)
常務取締役 堀 内 浩 三 郎 (工学博士) 大阪支店長 亀 甲 谷 義 高 (技術士)

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



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

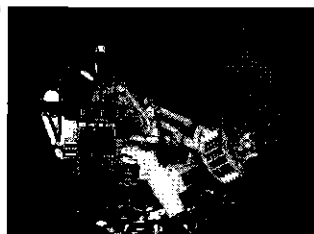
〒134-0093 東京都江戸川区二之江町1409-1 TEL: 03-5667-7803 FAX: 03-3804-6053

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

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え、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

お問合せ先: 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	単位	標準	オプション	単位	標準	オプション
1 全長	13.95	m	13.95	13.95	m	13.95	13.95
2 全幅	2.50	m	2.50	2.50	m	2.50	2.50
3 重量	1000	kg	1000	1000	kg	1000	1000
4 吹付能力	100	m ³ /h	100	100	m ³ /h	100	100
5 吹付距離	100	m	100	100	m	100	100
6 吹付圧力	0.5	MPa	0.5	0.5	MPa	0.5	0.5
7 吹付角度	0°	°	0°	0°	°	0°	0°
8 吹付速度	10	m/min	10	10	m/min	10	10
9 吹付径	100	mm	100	100	mm	100	100
10 吹付長さ	100	m	100	100	m	100	100
11 吹付回数	100	回	100	100	回	100	100
12 吹付時間	100	分	100	100	分	100	100
13 吹付回数	100	回	100	100	回	100	100
14 吹付時間	100	分	100	100	分	100	100



Tunnel & Mining
ニシオティードエム株式会社
山形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

SVMEC
BKSO

Purumolator
Japan
BSA703E

トンネルの掘削や掘削の効率化を図るために、より高度なコンクリート吹付の
需要が増えています。本機は、従来のコンクリート吹付機に比べて、掘削の効率化を図る
ことが可能です。また、掘削の効率化を図るために、より高度なコンクリート吹付の
需要が増えています。本機は、従来のコンクリート吹付機に比べて、掘削の効率化を図る
ことが可能です。

【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

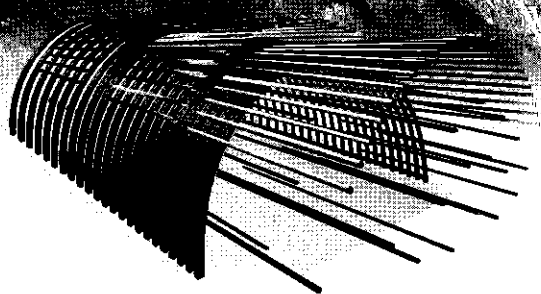
1. 調査の基本 2. 地山条件の調査の流れ 3. トンネル工事のための地山評価法 4. 調査の成果

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**

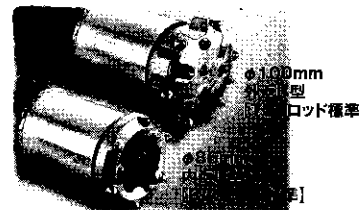
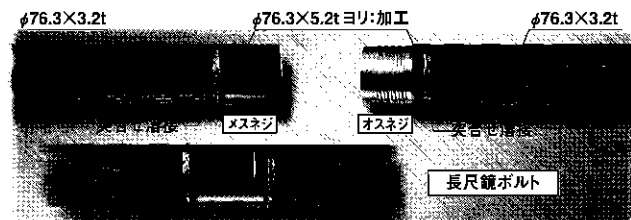
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

ユニークな発想でVEを提案



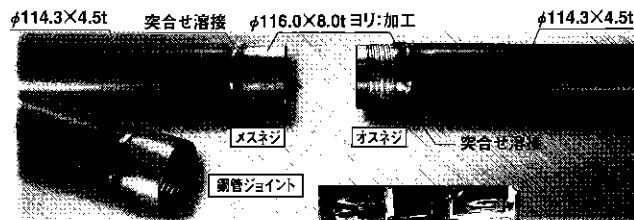
※ストロング FIXチューブ(S型)

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

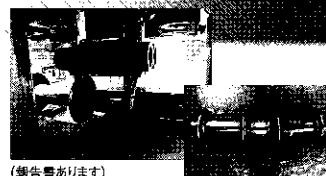


AGF-STD工法

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

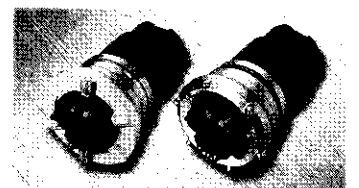
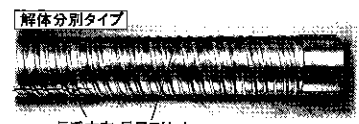
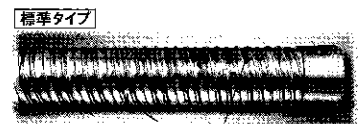


曲げ耐力30% UP!!



接続部の抗折力試験

撤去管の選択



STD BITS (ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングビット径
100A	φ114.3	φ124

注入材・その他工法

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



エステ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

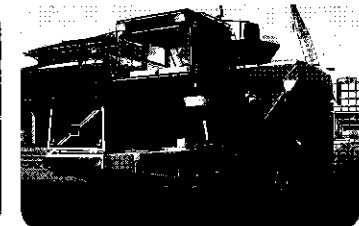
【TWS型濁水処理装置の特徴】

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. 砂る過装置、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



4.5m³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

復興道路・復興支援道路の一日も早い完成に向けて

縄田 正.....5

■特集：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道路網—

復興道路・復興支援道路の整備

—100本超のトンネルを計画—

宮田 忠明.....7

延長5kmの本坑・避難坑の一括発注による急速施工

—宮古盛岡横断道路 新区界トンネル—

外崎 高広・太田 和彦・福田 博之・西川 幸一.....13

公共生コンプラントの設置・管理運営とトンネル・橋梁一括施工

—国道45号摂待道路 摂待第1・第2トンネル—

金濱 巨晃・小原 克己.....20

復興事業におけるトンネル施工と地域協働への試み

—三陸沿岸道路 吉浜トンネル—

菊池 忠利・三原 泰司・小岩 一博・秦 健二.....28

ICTを活用し早期開通を目指す

—国道115号霊山道路 セツ窪トンネル—

永尾慎一郎・水口 均・藤田 圭一.....40

突発湧水に挑んだトンネル施工と仙人峠道路が震災で果たした役割

—国道283号仙人峠道路 新仙人トンネル—

成田信太郎・國谷 光弘.....48

■連載講座

山岳トンネル覆工の長寿命化技術(2)

—覆工の設計・施工概論—

「山岳トンネル覆工の長寿命化技術」連載講座小委員会.....67

■現場だより

「北のウォール街と呼ばれた郷愁の街」小樽より

海老子川啓.....54

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

語り継ぐ

木内 勉.....55

■資料

土木情報

編集部.....66

トンネルジャーナル

編集部.....77

工法・技術・製品ニュース

編集部.....78

■会報

会報

日本トンネル技術協会.....82

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会.....79

海外文献速報

JTA国際委員会.....80

【表紙説明】

特集：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道路網—



本特集では、三陸沿岸道路を柱とする復興支援道路網の計画の経緯や設計の考え方、事業執行体制などを紹介するとともに、多くのトンネル群の中から5つのトンネルについて、その概要を紹介する。写真は地域と一体となった吉浜トンネルの貫通式の様子である。(写真提供：国土交通省)(本文7頁参照)

ヤマモト ながいき 無騒音 無振動 静かな破碎 超大型油圧破碎機 **YTB1120** トンネルビッカー

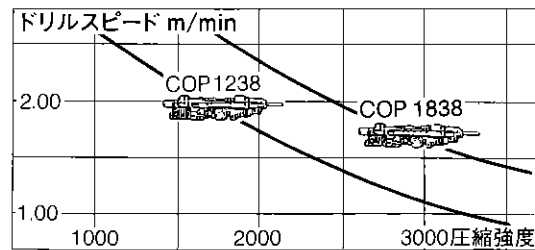
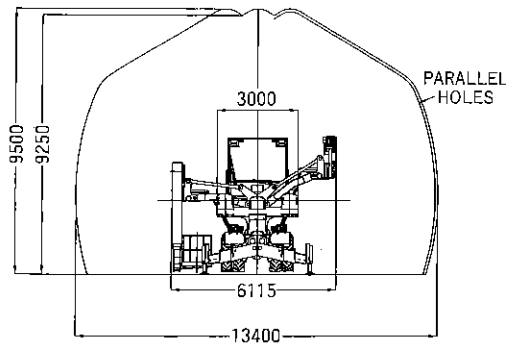
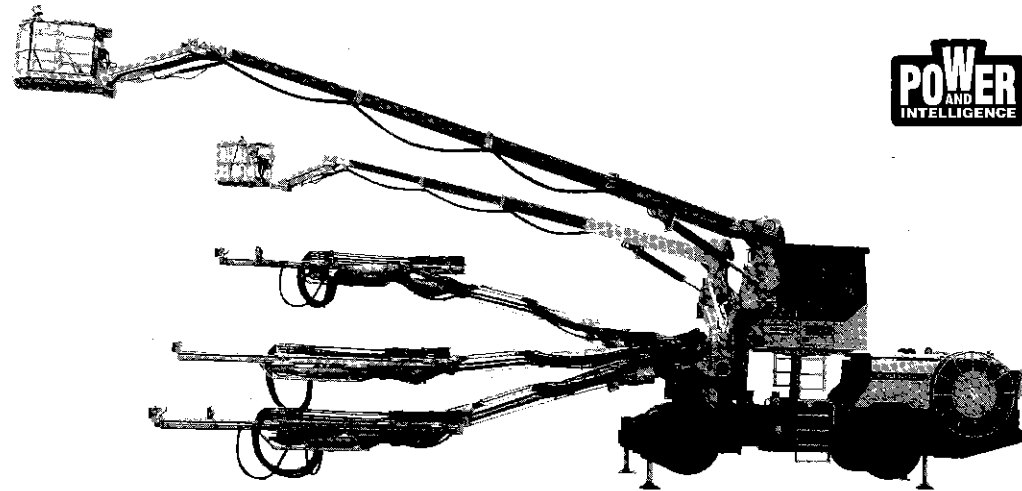
ヤマモトロックマシン株式会社
 本社 東京都千代田区丸の内2丁目4番1号 丸の内ビル 903区 ☎(03)3201-0701代
 工場 広島県庄原市東城町川西424-1 ☎(08477)2-2137代
 仙台営業所 (022)792-4534代 大阪営業所 (06)6531-1571代 高知営業所 (088)892-4048代 九州営業所 (092)471-0381代

アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット



ドリルマシン株式会社 DRILL MACHINE CO., LTD.

本社 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里6-16-8 桂ビル5階
 TEL (03) 3806-3377 番 FAX (03) 3806-8461 番
 関西支店 〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4
 TEL (078) 802-5551 番 FAX (078) 802-5528 番
 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

総務委員会広報小委員会誌WGの構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

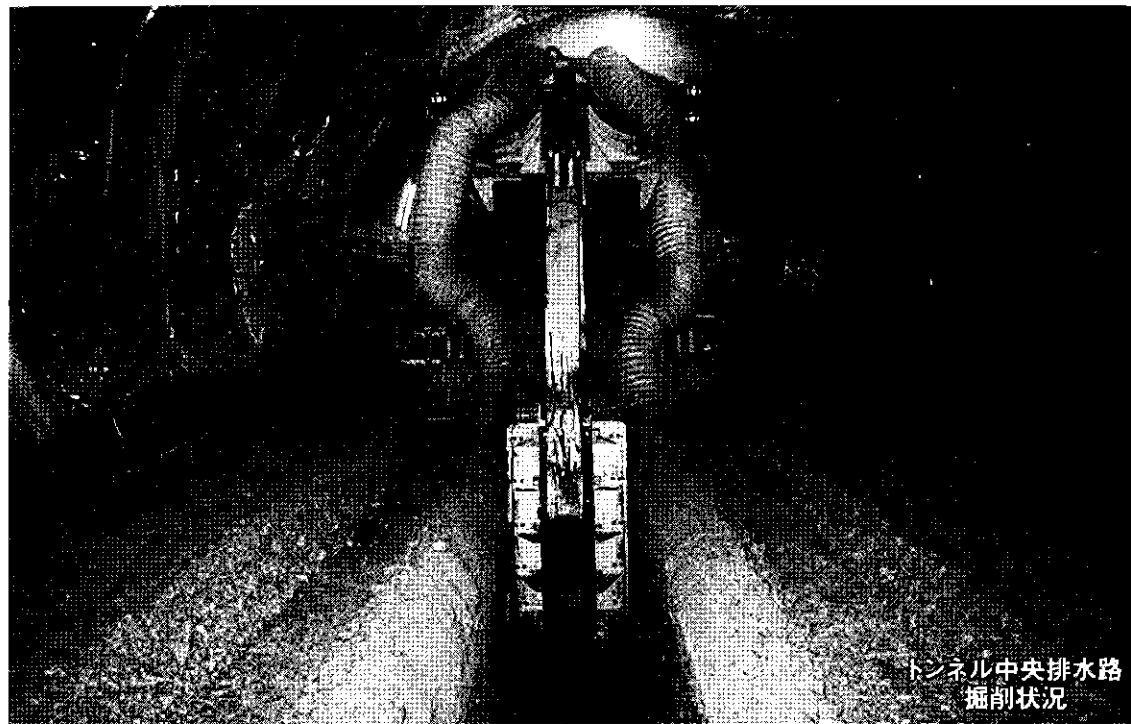
大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術開発センター最高技術顧問
 首都大学東京客員教授

〔幹 事〕

居相 好信 株式会社大林組生産技術本部統括部長	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	長谷川 雅彦 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部計画部計画課長
岩田 美幸 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	藤井 義文 株式会社竹中土木執行役員
久多羅木 吉治 東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長	松原 利之 飛鳥建設株式会社建設事業本部 エンジニアリング事業推進部長
小松 敏彦 前田建設工業株式会社土木事業本部土木部 担当部長(トンネル)	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
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	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

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路
掘削状況



施工例

トレンチャーによる
施工

トレンチャーの性能・諸元

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

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

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/>

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

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

〔編集参与〕

木谷 日出男 国際航業株式会社フェロー技術開発センター 地盤研究室長	今田 徹 東京都立大学名誉教授
小山 幸則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授	高橋 良文 東京都下水道サービス株式会社技術顧問
	松浦 将行 地方共同法人日本下水道事業団理事

〔委員〕

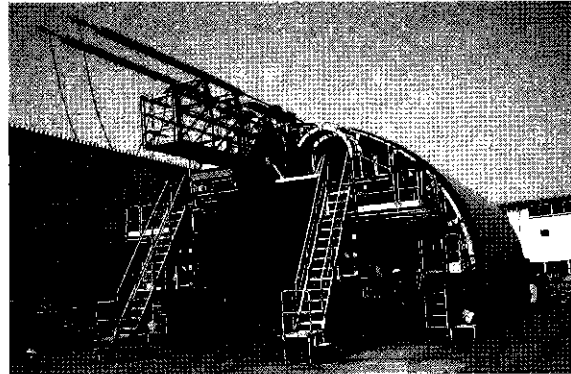
岡田 龍二 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 技術基準担当課長	真下 英人 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部長
佐原 圭介 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐	松田 信夫 東京都水道局建設部工務課長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長	八木 弘 株式会社高速道路総合技術研究所参与(外環担当) 道路研究部トンネル研究担当部長
高橋 晃 東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー 工務部流通土木グループマネージャー	焼田 真司 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室長
谷内 雅之 東京都交通局建設工務部計画改良課長	柳 雄 東京都下水道局建設部設計調整課長

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-V
(平成 26 年度活用促進技術)



期待される効果・特徴

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

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.CG-080012-A (製造:株式会社マシノ)



期待される効果・特徴

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

北陸鋼産株式会社

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

北野工場: 〒936-0806 富山県滑川市北野新 888 番地 TEL076(476)2155 FAX076(476)2177

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

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

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道路網—

復興道路・復興支援道路(以下「復興道路など」)については総延長約584kmのうち、これまでに約214km(約4割)が開通済みであり、現在約336kmで事業を推進しているところである。また、事業中区内に97本のトンネルが計画されており、現在、54本で鋭意工事を進めている。

本特集では、復興道路などの計画の経緯や設計の考え方、事業執行の体制などについて述べるとともに、多くのトンネル群の中から下記の5つのトンネルを選び、その概要について紹介するものである。

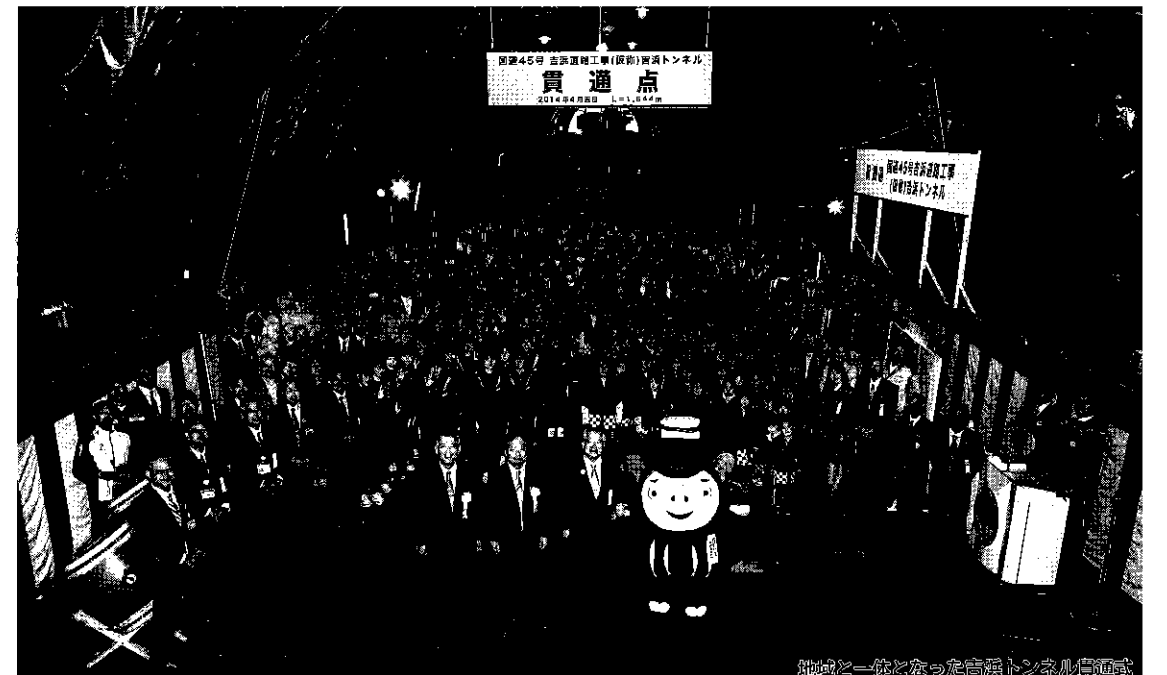
- ① 宮古盛岡横断道路 新区界トンネル: 急速施工への取組み
- ② 国道45号摂待道路 摂待第1・第2トンネル: トンネル・橋梁工事に併せ、被災地の生コン不足への対応としての三陸沿岸道路専用プラント設置と管理運営
- ③ 三陸沿岸道路 吉浜トンネル: 復興事業における地域協働を目指した現場の取組み
- ④ 国道115号霊山道路 セツ窪トンネル: ICT(情報通信技術)を活用した施工管理効率化への取組み
- ⑤ 国道283号仙人峠道路 新仙人トンネル: 2007(平成19)年3月に開通したこれら施設が震災時に果たした役割

Reconstruction and Reconstruction Assistance Road Project

214km (40%) of a total length of 584km of reconstruction and reconstruction assistance roads (abbreviated to reconstruction roads etc.) are in operation. We are currently implementing projects for roads up to 336km on which 97 tunnels are planned, 54 of which are under construction.

As well as explaining the circumstances of planning, concepts about design and the project implementation system etc. for reconstruction roads, etc., this special report selects the 5 tunnels below from the many tunnel groups and presents a summary of them.

1. Miyako-Morioka Cross Road Shin-Kuzakai Tunnel: Initiative for rapid construction
2. National Route 45 Settai Road 1st and 2nd Tunnels: Combination of tunnel and bridge construction and establishment of a dedicated Sanriku Coastal Road plant and management and operation as a response to the shortage of wet concrete in the area struck by the disaster
3. Sanriku Coastal Road Yoshihama Tunnel: Initiative for sites that aim for regional cooperation in reconstruction projects
4. National Route 115 Ryozen Road Nanatsukubo Tunnel: Initiative for the optimization of construction management using ICT (Information & Communications Technology)
5. National Route 283 Sennintoge Road Shin-Sennin Tunnel: The role that these facilities, which were opened in March, 2007, played at the time of the disaster



地域と一体となった高浜トンネル貫通式

特集で紹介するトンネル

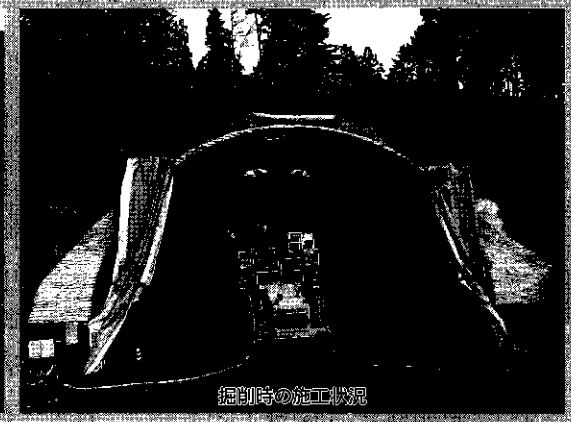
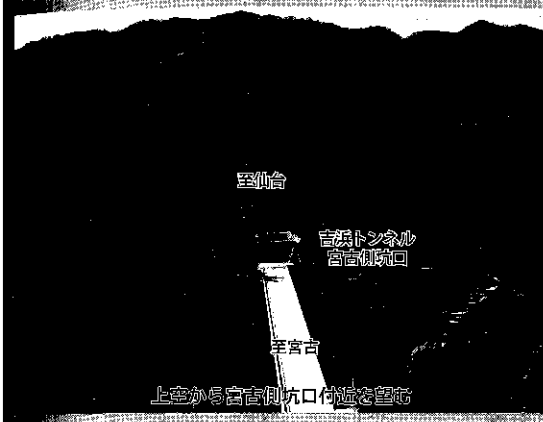
- 1 宮古盛岡横断道路 新区界トンネル p.13
- 2 国道45号摂待道路 摂待第1・第2トンネル p.20
- 3 三陸沿岸道路 吉浜トンネル p.28
- 4 国道115号霊山道路 セツ窪トンネル p.40
- 5 国道283号仙人峠道路 新仙人トンネル p.48



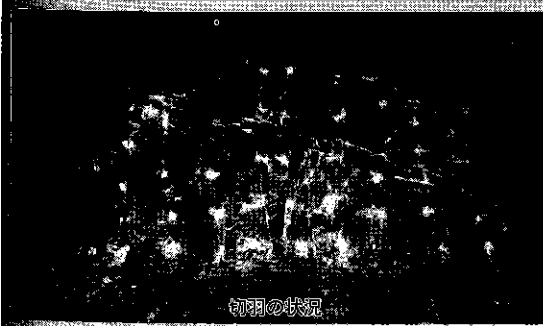
1 宮古盛岡横断道路 新区界トンネル



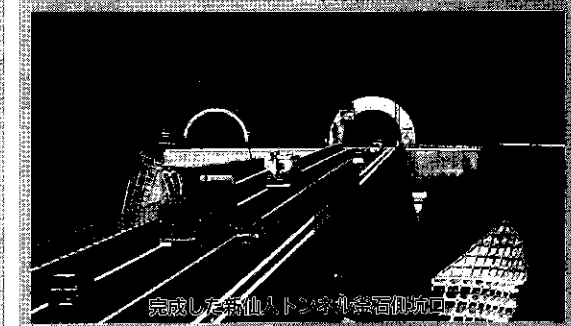
三陸沿岸道路 吉浜トンネル



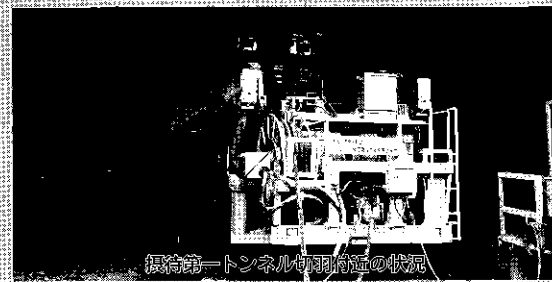
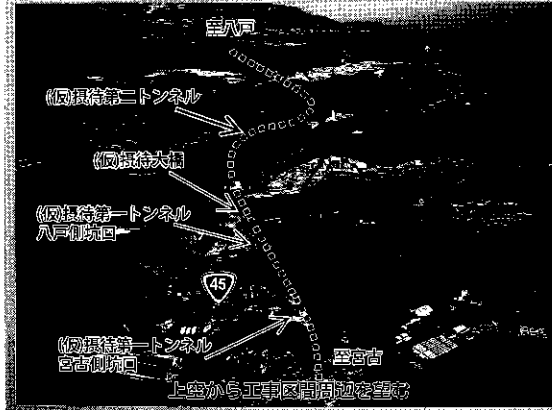
国道115号霊山道路 セツ窪トンネル



5 国道283号仙人峠道路 新仙人トンネル



2 国道45号摂待道路 摂待第1・第2トンネル



巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)

復興道路・復興支援道路の 一日も早い完成に向けて



国土交通省東北地方整備局長

縄田 正

東日本大震災において、三陸沿岸地域をはじめとする東北太平洋側地域では壊滅的な被害を受け、国道6号や45号は津波による落橋や道路の流出、がれきによる道路閉塞、道路法面などの崩壊などにより、その機能を著しく低下させた。

一方、高速道路などの東北道や仙台東部道路、三陸道は、多数の箇所段差や路面の沈下などの被害を受けたが、壊滅的な被害は免れたことから緊急的な応急復旧を行い、緊急物資の輸送や救急活動に必要な緊急車両の通行を可能とするなど「命の道」としてきわめて大きな役割を担った。釜石市においては、鶴住居地区の500人以上の児童、生徒が6日前に開通したばかりの三陸道(釜石山田道路)を使って無事避難することができた。仙台東部道路や三陸道は津波の襲来時に、防潮堤の役割を果たし被害を大きく軽減するとともに平地部では高盛土の道路が避難場所となり多くの命を救った。また、被災地への救援活動においては、新潟や山形などの日本海側から太平洋側にアクセスし、物資を輸送するなど高規格道路をはじめとする幹線道路ネットワークの重要性が改めて認識されたところである。

被災地の復興については、平成23年6月に「復興への提言」(復興構想会議：議長・五百旗部 真)がだされ、その提言において復興道路(三陸沿岸道路)、復興支援道路(東北道と三陸沿岸道路をつなぐ横軸路線)が位置づけられ、平成23年11月の補正予算において224kmが新規事業化(平成25年霊山～福島12km追加)された。これにより復興道路・復興支援道路は、既着工箇所も含め事業中延長は390kmと膨大な事業量となったところである。また、被災地の海岸沿いを走る三陸沿岸道路の整備に際しては、東日本大震災の教訓を活かすべく、平時には暮らしを支え(産業、観光、医療サービス)、災害時には命を守る(避難、救命救急、復旧)という機能を持ったルートや設計、構造などにすることを基本的な考え方とした。

地元から大変期待が大きく、膨大な事業を早期に円滑に進めるためにはスタートダッ

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

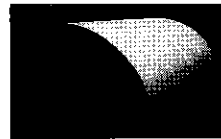
第二養生

第三養生

加温しながら初期強度を上げる
加温養生(型枠)



加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



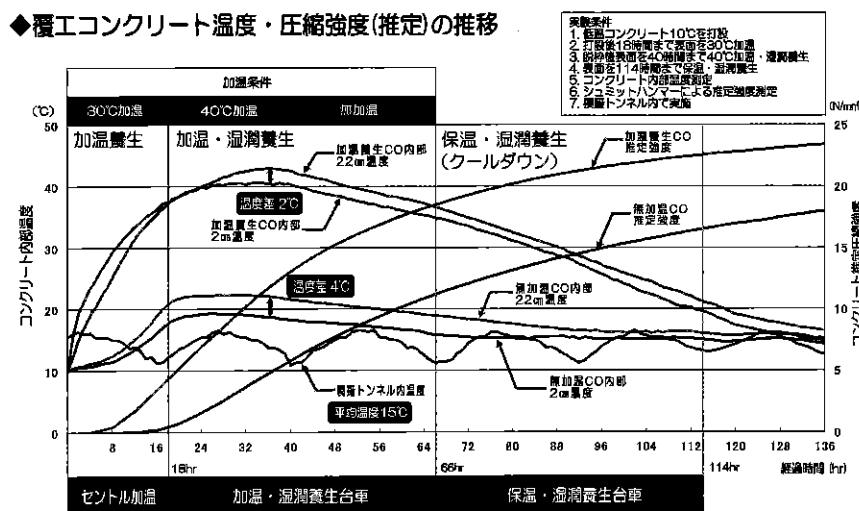
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



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】

TECHINIO
テクノプロ株式会社

roujou
株式会社 東 宏

シュが重要である。そのためには県や沿線自治体、関係機関などが一体となり連携して事業を行う必要があることから復興道路会議を設置し、また新たに南三陸国道事務所を設置するなど事業執行体制を充実するとともに民間の技術力などを活用すべく施工前段階の調査・設計・用地などの業務を各分野の専門家によりマネジメントする「事業促進PPP」を導入した。

新規事業化後3年が過ぎたところであるが、地元関係者の強力な支援や執行体制などの充実、復興予算の確保などにより、震災後に新規事業化した19区間すべてにおいて工事に着手することができた。現在の復興道路・復興支援道路全体の整備状況は、用地の進捗率は約9割となり、各地において全面展開でトンネルや橋梁などの工事を進めている。また、トンネルは全区間では134本であり、現在事業中の区間でも97本と多く、事業中延長の29%を占め、とくに岩手県内はトンネル工事の進捗が事業の進捗を左右する状況にある。

被災地における各機関においては各種の復旧・復興事業が鋭意進められているところであり、入札不調や労務・資機材などがやや不足気味であるなど諸課題に適切に対応するため国土交通大臣の出席のもと、国、被災三県、仙台市、関係業界団体などによる復興加速化会議を開催しているところである。これまで、見積もり活用など実態に即した積算の取り組みや入札における技術者要件の緩和、物価変動に伴うスライド、工場製品の活用など総合的に施策を展開し、施工確保対策を行っているところであるが、宮城県や岩手県などにおいては生コンクリートが大幅に不足することが予測された。そこで、トンネルが近接して生コンクリートを大量に使う釜石地区、宮古地区に三陸沿岸道路専用の生コンプラントを整備するように国土交通大臣からの指示があり、平成26年9月にトンネル工事において生コンプラントを整備し、現在稼働しているところである。

東日本大震災からすでに4年が経とうとしており、基幹的な事業である道路や河川、港湾は順調に事業が進捗している。また被災された住民に身近な復興まちづくりとしての防災集団移転事業や災害公営住宅についても、ほぼ予定どおり事業が進捗しているところであり、現在工事を全面展開で進めているところである。地域の方々が一日も早く復興を実感していただくためにも復興道路・復興支援道路をはじめとする諸事業を全力で進めていきたい。

復興道路・復興支援道路の整備

—100本超のトンネルを計画—

国土交通省東北地方整備局道路部道路調査官 宮田 忠明

1 はじめに

東日本大震災からの復旧・復興の取組みも4年目となり、被災地においては、復興の「実感」が感じられるよう、諸事業が積極的に進められているところである。

国が担当する基幹的な道路事業においては、これまで徐々に整備を進めてきた三陸沿岸道路などが被災地の早期復興のリーディングプロジェクトとして、「復興道路・復興支援道路」(以下「復興道路など」)に位置づけられ、未事業化区間すべてが震災後に事業化され、鋭意事業を進めているところである。

本稿は、おもに三陸沿岸道路を中心に、復興道路などの概要として計画の経緯や設計の考え方、事業執行の体制などについて述べるとともに、現在の進捗状況や事業を進めるうえでの地域との連携などについて事例も含めて紹介するものである。

2 復興道路などの概要

政府の諮問会議である東日本大震災復興構想会議による「復興への提言」(2011(平成23)年6月)において「太平洋沿岸軸(三陸沿岸道路=復興道路)の緊急整備や太平洋沿岸と東北道をつなぐ横断軸(復興支援道路=4路線うち1路線は宮城県が事業)の強化について整備スケジュールを明確にした上で防災面の効果を適切に評価しつつ重点

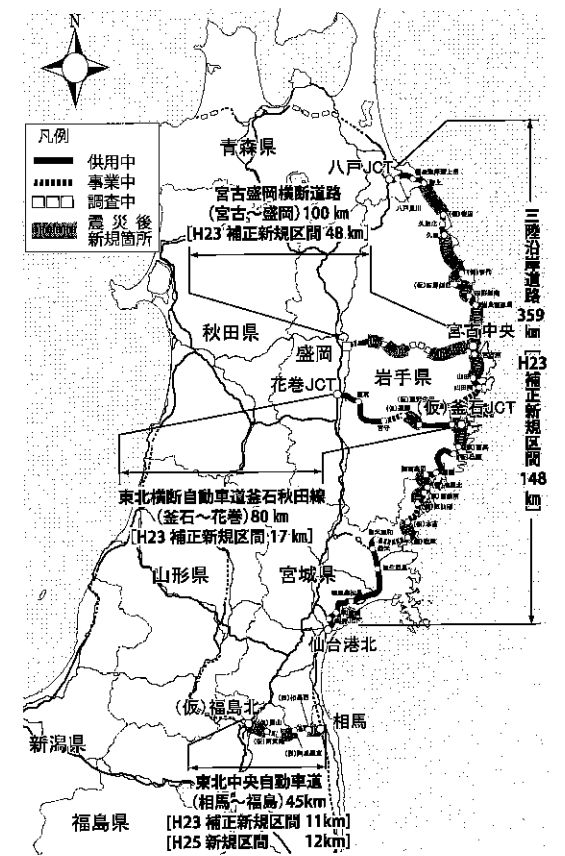


図-1 復興道路・復興支援道路の概要

的に整備すべきである」とされた。

この提言を受け、東日本大震災復興対策本部(本部長：内閣総理大臣)が同年7月、「東日本大震災からの復興の基本方針」を策定した。これら

表-1 復興道路などの整備状況

(平成26年3月末時点)

路線名	計画延長	開通延長	事業中延長	平成23年度	平成25年度
				補正新規区間	新規区間
三陸沿岸道路	359	152	207	148	—
宮古盛岡横断道路	100	8	58	48	—
東北横断自動車道 釜石秋田線	80	54	26	17	—
東北中央自動車道	45	0	45	11	12
合計	584	214	336	224	12

(単位: km)

の提言や基本方針にもとづき、同年11月の第三次補正予算の成立により、三陸沿岸道路などの未事業化の18区間224kmが新規に事業化され、また都市計画決定作業を行っていた東北中央自動車道の福島～霊山間(12km)については、2013(平成25)年5月に新規事業化されたところである(図-1、表-1)。

2-1 三陸沿岸道路の設計の考え方

震災時における三陸沿岸道路の開通延長は全体の3割程度(129km)であったものの、大きな被害を受けなかったことから、各地域において避難路・避難場所として利用され、また救急活動や物資の輸送などに大きく貢献し「命の道」として機能を発揮したところである。こうした事実を踏まえ、三陸沿岸道路の整備にあたっては、以下の設計コンセプトを策定した。

- ① 強靱性の確保(ルートは津波浸水区域を回避)
- ② 低コストの実現(車線数やIC形状などの見直し)
- ③ 復興まちづくりの支援
- ④ 拠点と連絡するICなどの弾力配置
- ⑤ 避難機能の強化など

(詳細については参考文献1)を参照)

2-2 トンネル計画など

復興道路などにおけるトンネルは、全体で134本、全体延長の25%、事業中区間では97本、事業中延長の29%となっている。とくに、三陸地方は、歴史的にも津波により大きな被害を受けているこ

表-2 復興道路などのトンネル

(平成26年10月末時点)

路線名	トンネル			
	路線全体 ^{※1}		事業中区間	
	本数	比率 ^{※2}	本数	比率 ^{※3}
三陸沿岸道路	78本	21%	56本	15%
青森県	1本	6%	—	—
岩手県	67本	30%	48本	30%
宮城県	10本	7%	8本	10%
宮古盛岡横断道路	28本	50%	22本	54%
東北横断自動車道 釜石秋田線 (釜石～花巻)	12本	21%	3本	5%
東北中央自動車道 (相馬～福島)	16本	29%	16本	29%
合計	134本	25%	97本	29%

※1: 宮古盛岡横断道路は、未事業化区間を除く
 ※2: 比率=トンネル延長(路線全体)/路線全体延長
 ※3: 比率=トンネル延長(事業中)/事業中延長

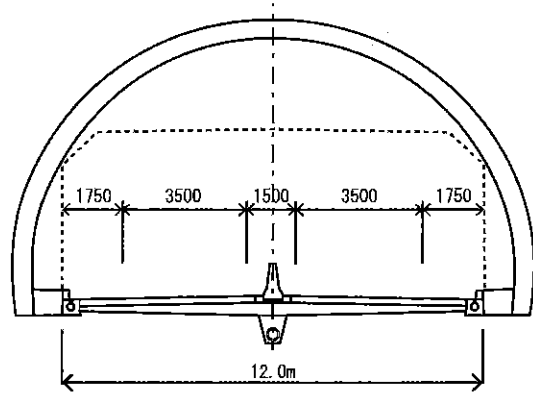


図-2 三陸沿岸道路などのトンネル断面

とから、東日本大震災の教訓を活かし、ルートは津波浸水区域を95%避けて計画した。これにより、三陸沿岸道路(岩手県)でトンネルは、(仮称)新釜石台トンネル3,330mをはじめ48本、事業中延長の30%となっている。また、計画ルートのほとんどが北上山地の山間部を通過する宮古盛岡横断道路において、(仮称)新区界トンネル4,998mをはじめ22本、事業中延長の54%がトンネル計画となっている(表-2)。

新規事業着手した三陸沿岸道路などについては、完成2車線の自動車専用道路であるが、交通の安全性などを勘案し、剛性の中央分離帯を計画して

いることから幅員は12mとなっている。そのため、通常の高速度道路などのトンネル断面は約65m²程度であるのに対して、三陸沿岸道路などでは断面積が約90m²と1.38倍となっている(図-2)。

2-3 事業のスタートダッシュ

地域からの期待が大きい復興道路などの事業を円滑に進め、1日

も早い完成を目指すためには事業のスタートダッシュが重要である。そこで、関係機関相互の連携をはじめ、事業を進めるための組織体制の充実や民間の技術力の活用などに、さまざまな観点から総合的に取り組んできた。

(1) 地域と一体となった事業の推進

膨大な事業を円滑に進めるためには、国・県・市町村などの関係機関が連携することが重要であることから、「復興道路会議」を開催し、事業方針や進捗状況などについて確認し共通の認識を確保している。また、沿線の各自治体においては、復興道路推進室の設置や担当窓口の増員、用地事務の受託、自治体広報によるPRなど、積極的な支援をいただいている。

(2) 事業執行体制の強化

三陸沿岸道路の新規区間は148kmと非常に長く、事業量が膨大であり、スタートダッシュを確実に行うためには組織の充実が不可欠であったため、事業展開上の拠点の一つとなる南三陸国道事務所を、岩手県釜石市に新たに設置した。また、全国の地方整備局および東北地方整備局内などから、用地および技術職員を復興道路などの担当として配置し、事業執行体制を強化した。

(3) 民間技術力の活用：事業促進PPPの導入

事業促進PPP(官民連携：Public Private Partnership)は、これまで官が行ってきた施工前段階の調査・設計・用地の各業務や事業監理などの川上業務について、最終的な責任は発注者が負うことを前提とするものの、官と民間技術者チームがパートナーを組み、官民双方の技術力・経験を活かしながら、一体となって効率的なマネジメ

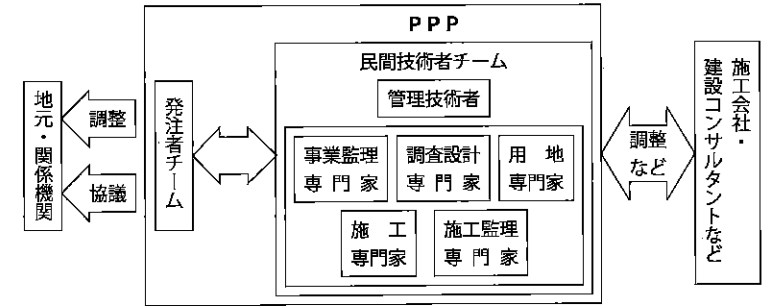


図-3 事業促進PPPの仕組み

ントを行うことにより、早期着工、円滑な事業の促進、早期完成を図ることを目的に2012(平成24)年6月より事業監理業務を実施している。2011(平成23)年11月に事業化された18事業区間のうち、三陸沿岸道路など13事業区間183kmを10工区に分割し、工区ごとに契約を行った。各チームは、事業監理、調査設計、用地、施工の専門家で構成し、諸課題に対応することとしている。また、2013(平成25)年度下半期以降、大規模工事が本格化したことから、工事進捗管理、工事間調整、関係機関との施工協議などを行う施工監理の専門家を追加している(図-3)。

(詳細については参考文献2, 3)を参照)

3 復興道路などの進捗状況

復興道路などの進捗状況は、工区により違いはあるが、概略的には、2011(平成23)年11月に新規事業化後、一斉に測量立入りの地元説明会に入り、12月末には中心杭の設置を行った。その後、2012(平成24)年3月から地元に対する設計説明会、6月から用地調査結果の確認会、8月末に用地契約会を順次実施し、早い箇所では11月から、新規事業化後1年を待たずに工事着工のはこびとなったものである。また、今年9月には1年半遅れて事業化した霊山福島道路が着工のはこびとなり、これにより震災後事業化した19区間すべてが工事着手し、現在は、全面展開で各地において工事が本格的に進んでいる状況である。

2014(平成26)年10月末時点の進捗状況は、震災後の新規区間19区間と既事業区間をあわせて、用地進捗率および工事着手率ともに約9割となって

表-3 復興道路などの進捗状況

(平成26年10月末時点)

路線名	用地進捗率 ^{※1}	工事着手率 ^{※2}	主要構造物着手率 ^{※3}
三陸沿岸道路	約90%	約90%	約60%
宮古盛岡横断道路	約90%	約70%	約40%
東北横断自動車道 釜石秋田線 (釜石～花巻)	約95%	100%	約70%
東北中央自動車道 (相馬～福島)	約70%	約90%	約70%
合計	約90% ^{※4}	約90%	約60%

※1：用地進捗率=取得済面積(ha)/必要面積(ha)

※2：工事着手率=工事に着手したIC間延長/計画延長(開通済延長+事業中延長)

※3：主要構造物着手率=(着手済+完成済構造物数)/全構造物数

※4：本表の進捗状況は、三陸沿岸道路4車線化、みやぎ県北高速幹線道路を除く

いる(表-3)。

このように復興道路などについては急ピッチで事業を進めてきた。震災後これまでに開通した区間は2012(平成24)～2013(平成25)年度の2か年で、東北横断自動車道釜石秋田線の宮守～東和間や三陸沿岸道路の尾肝要道路・高田道路など全部で7区間、延長53.3kmである。また、今後も復興関係予算が継続的に確保されることおよび事業を進捗するうえで特段の支障がない区間について開通見通しを公表しているところである。開通見通しは2018(平成30)年度までに113kmを予定しており、そのうち、震災後事業化された箇所は5区間、42km(三陸沿岸道路の山田～宮古南間など)であり、事業化後6～7年と、きわめて早いスピードで開通見通しが確定したことになる(表-4)。

3-1 生コンプラントの設置

震災後、被災地では各機関において各種事業の復旧・復興が従来にはないスピードで急ピッチに進められていることから、工事の入札や労務・資機材などにかかわる諸課題に対し適切に対応することが1日も早い復興につながるようになる。そこで、国土交通大臣の出席のもと、国、県、関係業界団体などによる「復興加速化会議」が開催され、第1回会議(2013(平成25)年3月3日)において、被災地においては、今後、生コンクリートの需要

表-4 震災後新規事業区間の開通見通し

(平成26年4月25日時点)

道路名	開通区間	延長	開通年度	備考
三陸沿岸道路	山田～宮古南	14km	平成29	PPP導入
	田老～岩泉	6km	平成29	PPP導入
東北横断自動車道 釜石秋田線 (釜石～花巻)	遠野住田～遠野	11km	平成30	
東北中央自動車道 (相馬～福島)	阿武隈東～阿武隈	5km	平成29	
	相馬～相馬西	6km	平成30	

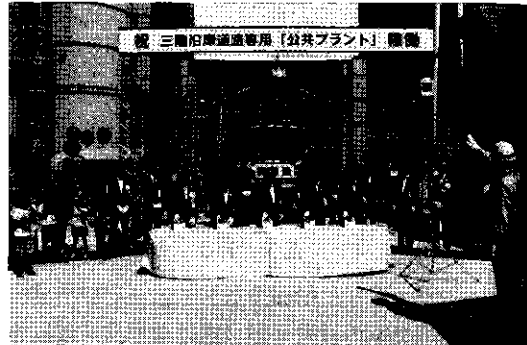


写真-1 生コンプラント(宮古市田老地区)

が逼迫するおそれが大きいことから、三陸沿岸道路専用の生コンプラント(トンネルの覆工用)を宮古市と釜石市に設置するよう大臣指示があった。これは地域で行っている各種復興事業に必要な生コンクリートの需給に支障がおきないようにするものであり、第2回会議において、プラントの稼働時期は2014(平成26)年9月とされた(写真-1)。

【生コンプラントの概要】

宮古地区

製造能力：500m³/日、予定製造量：15万m³

釜石地区

製造能力：500m³/日、予定製造量：約5万m³

4 事業過程における地域の復興支援

復興道路などの事業を進めるうえで、地域と連携し地域の復興を少しでも支援することが重要である。被災地では、震災により地盤が沈下し、津

波により平地部では壊滅的な被害を受けたことから、現在急ピッチで復興まちづくり事業が進んでいるが、自治体が復興事業を進めるうえで住宅再建地区などの地盤かさ上げに伴う盛土材料が必要となっている。そのため、三陸沿岸道路の整備を進める過程においては、被災地の復興事業の加速化を支援するため、岩手、宮城両県や沿岸自治体で進めている農地復旧、区画整理事業などの復興事業を行っている66か所に対して約230万m³(2014(平成26)年11月現在)のトンネル発生土などの提供を行っており、そのいくつかの事例を以下に紹介する。

(1) サケふ化場復旧にトンネル発生土を活用

大震災時の津波により岩手県田野畑村のサケふ化場は大きな被害を受け、2年間サケの捕獲や稚魚の放流がストップしていたが、地場産業の一つであるサケふ化場の早期復旧が期待されており、2013年度中の稼働を目指していた。そこで、三陸沿岸道路の既事業箇所である尾肝要トンネル(L=2,736m)が工事中であったことから、トンネル発生土約1万6千m³を提供し、サケふ化場の早期復旧を支援した(図-4)。

(2) 防潮堤復旧にトンネル発生土を活用

東日本大震災により倒壊被害を受けた防潮堤などの農地海岸保全施設の復旧のため、堤防の築堤材として大量の土砂の確保が課題となった。そこで、三陸沿岸道路の既事業箇所の吉浜トンネル(L=1,644m)が工事中であったことから、トンネ

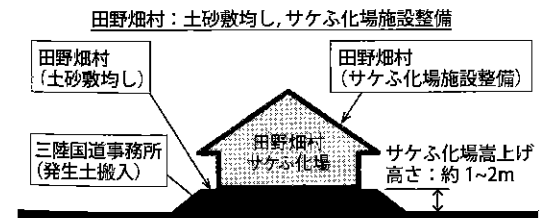


図-4 サケふ化場 概要図

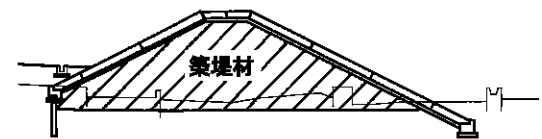


図-5 防潮堤 断面図

ル発生土約9万m³を提供し、復旧事業の促進に貢献した(図-5)。

5 地域とのコミュニケーション活動

復興道路などの整備をかつてないスピード感をもって進めるには地域住民のご理解とご協力が不可欠である。そのため、次代を担う子供たちなど地域とのコミュニケーションをより重視して事業に取り組んでいるところであり、おもな取り組みを以下に紹介する。

(1) 思い出のタイル貼り体験学習

国道45号最大の峠部難所を解消する尾肝要道路(岩手県田野畑村)では、地域住民などに対しきめ細やかな説明を行うことを目的に、地元とも連携して現場見学会を開催し、約2千名が参加した。

また、完成間近のトンネル中間地点において、地元の小学6年生に、校章と村章の入った内装板用の記念タイル貼りをしてもらうなど、地域にとって長年の悲願であったトンネルの完成に際し、身近な生活インフラとして親しんでいただくための体験学習を実施した(写真-2)。

(2) 地域と一体となった復興工事

国道45号の線形不良区間を解消し、走行性・安全性の向上を図る吉浜道路(岩手県大船渡市)では、吉浜道路工事連絡協議会(工事関係者で構成)を設立し、地域の清掃・除雪への協力、社会学習の受入れ、通学児童の見守り活動、地域行事への参加など積極的にCSR活動に取り組んでいる(写真-3)。

地元中学校の学校祭では、中学生が演じる津波防災をテーマとした演劇において、復興事業の象徴である復興道路建設の進展を表現するために、トンネルの貫通のシーンが取上げられた。トンネル請負企業体の関係者により、脚本の作成協力や

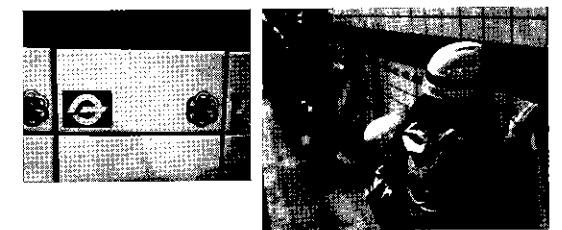


写真-2 タイル貼りの体験学習



写真-3 除雪への協力(上), 児童の見守り(下)

演技のポイント指導など専門的な考証も含めて準備段階から協働した(写真-4).

このような取組みにより, 地域の方々から工事に対して理解を得るとともに, 子供たちの道路に対する関心の向上, 中学校の卒業式へ来賓としての招待, 地域で出会う人からの激励など, 地域と親密な関係が構築され, また, 吉浜トンネル貫通式などに地元の小・中学校の生徒約200名が参加するなど, 地域と一体となって復興工事を進めている(写真-5).

6 おわりに

復興道路などの整備については, 地元から大変大きな期待が寄せられており, これまで県や沿線市町村など絶大な協力をいただき, また事業促進PPPの導入や本省ならびに各地方整備局の協力を



写真-4 学校祭の演劇の様子



写真-5 吉浜トンネル貫通式

いただくなど官民一体となって事業を進め, この3年間スタートダッシュに邁進してきたところである. 現在, 全面展開で工事が本格化し事業中区間のトンネルは97本と膨大な数であり, ここ2~3年が施工のピークである. 安全施工に十分努め, 質の高いトンネルを整備し, 復興道路などの1日も早い完成に努めたい.

参考文献

- 1) 東北地方整備局道路部: 『復興道路・復興支援道路』着工, 道路, Vol.852, pp.33-37, 2012.3.
- 2) 岩崎泰彦: 東日本大震災早期復興に向けた東北地方整備局の取り組み, 土木技術, Vol.68, No.3, pp.18-23, 2013.3.
- 3) 東北地方整備局道路部: 復興道路・復興支援道路の概要, 土木施工, Vol.54, No.3, pp.55-58, 2013.3.

延長5kmの本坑・避難坑の一括発注による急速施工

—宮古盛岡横断道路 新区界トンネル—

国土交通省東北地方整備局岩手河川国道事務所工務第二課長 外崎 高広
 国土交通省東北地方整備局岩手河川国道事務所建設監督官 太田 和彦
 鹿島・東急特定建設工事共同企業体新区界トンネル工事事務所工事長 福田 博之
 鹿島・東急特定建設工事共同企業体新区界トンネル工事事務所所長 西川 幸一

1 はじめに

宮古盛岡横断道路は, 岩手県宮古市と盛岡市を結ぶ全長約100kmの地域高規格道路である. 現在の国道106号は, 急峻な山地部帯を通過するためカーブ・縦断勾配がきつく, 最大の難所である

区界峠をはじめ, 山地部を縫うルートの改良工事で交通環境が改善される.

このうち, 新区界トンネル(仮称)は, 宮古・盛岡市境部を貫く全長4,998mの長大トンネルである. 本稿では, 新区界トンネルにおける急速施工への取組みを紹介するものである.

2 工事概要

本トンネルの工事概要は, 以下のとおりである. 位置図を図-1, 平面図を図-2に示す.

工事名: 宮古盛岡横断道路新区界トンネル工事

工事期間: 2014(平成26)年2月7日~
2017(平成29)年3月3日

(1) トンネル掘削

本坑4,998mに避難坑5,045mを併設する.

・本坑: 4,998m

掘削断面積: 112.7~131.2m²

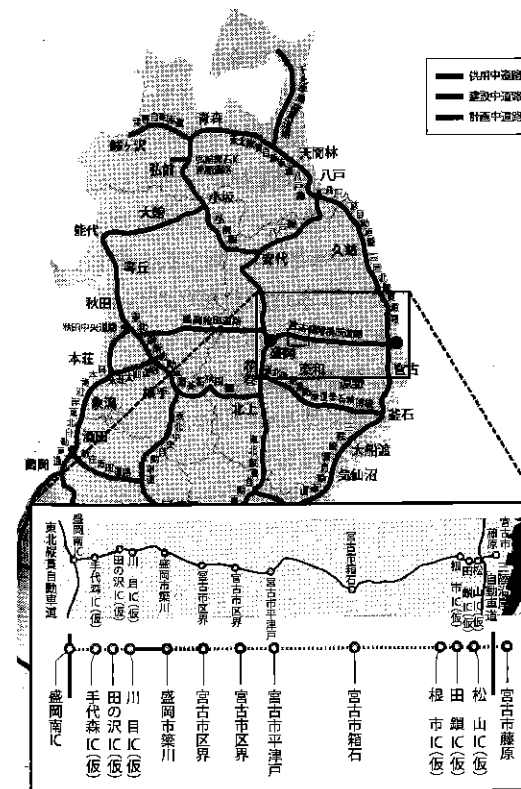


図-1 位置図

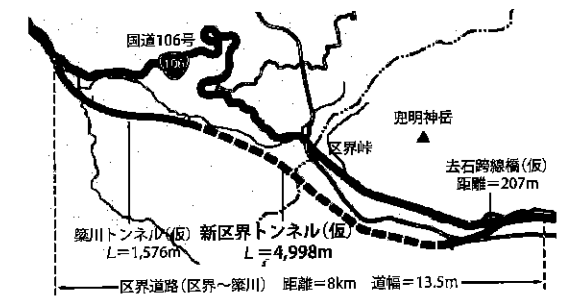


図-2 平面図

- 掘削幅：14.3～15.7m
- 掘削量：581,000m³
- 吹付け量：20,500m³
- ロックボルト：77,800本
- 覆工コンクリート：70,800m³
- ・避難坑：5,045m
 - 掘削断面積：20.7～34.1m²
 - 掘削幅：5.2～8.1m
 - 掘削量：108,900m³
 - 吹付け量：3,100m³
 - ロックボルト：34,800本
 - 覆工コンクリート：120m³
- ・連絡坑：13か所
- ・箱抜き工：424か所
- ・掘削補助工：1式

3 地形・地質概要

本トンネルは延長約5kmの長大トンネルであり、最大土かぶりは約250mとなる。山体は比較的緩やかな稜線をなし、小土かぶり地形となるような沢などは存在しない。

地質縦断図を図-3に示す。地質はおもに古生代の地層によって構成されている。これらの地層は「付加体堆積物」で、海洋底の堆積物と陸域から供給された海溝充填堆積物が、海溝付近での剥取り付加作用や底付け付加作用を受けて海溝の陸側斜面にくさび形の地質体として蓄積された地層からなる。すなわち、海洋プレート上のチャート・珪質泥岩・玄武岩や海山を構成していた石灰岩・玄武岩と陸域から供給された砂・泥などの海溝埋積堆積物からなるが、連続性に乏しくまた付加作用の際に変形し、混在岩となり、きわめて複雑な

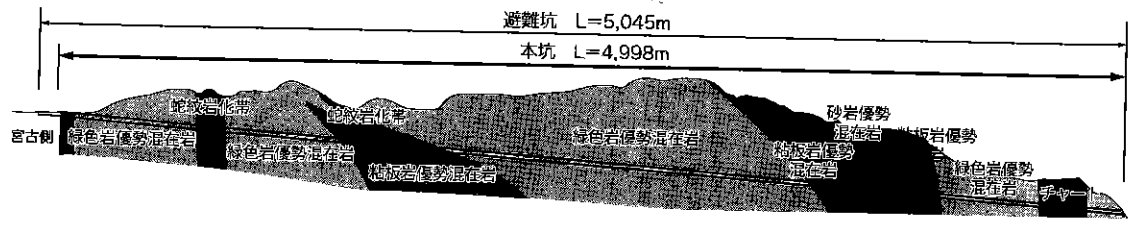


図-3 地質縦断図

地層を形成している。

本地域の地質は、北部北上帯の根田茂帯(早峰構造体)にあたり、古生代デボン紀～石炭紀形成されたメランジュ(混在岩)である。トンネル部分は以下の地質に区分される。

(1) 蛇紋岩化帯(Sp)

緑色岩の蛇紋岩化部分が他の混在岩と同様に含まれて混在する。一部に滑石を伴い、部分的葉片状構造を認める。

(2) 緑色岩優勢混在岩(Gr-m)

緑色岩を主体とする混在岩からなる。一般に塊状で、部分的に片理が発達する。

(3) 粘板岩優勢混在岩(Sl-m)

粘板岩を主体とする混在岩。片理が発達し、板状に割れやすい。

(4) 砂岩優勢混在岩(Ss-m)

細粒砂岩を主とする混在岩。一般的に塊状であるが、粘板岩との互層部では層状構造を呈する。

(5) チャート(Ch)

硬質なチャート岩片が主体となり、白色～肌色を呈する。分布は限定的で連続性に乏しい。

4 施工計画

本トンネルは復興支援道路に位置づけられており、早期供用が求められている。そのため、既往技術にとらわれない新技術、新工法、最新機械の積極的採用により、本坑・避難坑5kmの長大トンネルを一括施工する。

4-1 本工事の特徴と課題

(1) 本坑・避難坑5kmの長大トンネルを一括施工

本坑・避難坑5kmの長大トンネルを一括施工

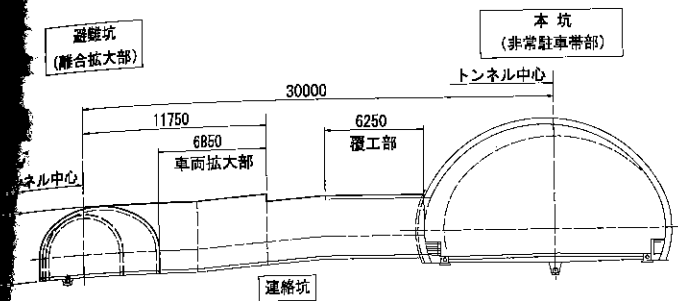


図-4 本坑・避難坑・連絡坑断面図

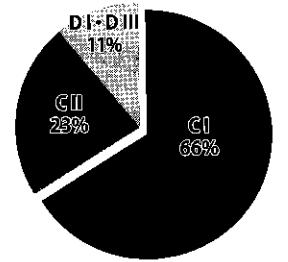


図-5 支保パターン割合

表-1 支保パターン一覧

支保パターン	標準掘削長 (m)	ロックボルト (m)			鋼製支保工			吹付け厚 (cm)	覆工厚 (cm)	
		長さ	周方向	延長方向	上半部種類	下半部種類	建込み間		アーチ	インバート
C I	1.5	4	1.2	1.5	-	-	1.5	15	40	45
C II	1.2	4	1.2	1.2	H-150	-	1.2	15	40	45
D I	1	6	1	1	H-150	H-150	1	20	40	50
D III	1	6	1	1	H-200	H-200	1	25	45	50

するため、長期間の工期となる。復興支援道路に位置づけられることから、早期供用が求められている(図-4)。そのため、急速施工が課題となる。

また、発破に伴う火薬、吹付けコンクリートの大量使用や、ずり出し時の大型ダンプの使用により、坑内環境の確保が課題となる。

(2) CIパターンが全体の66%を占める大断面トンネルの施工

事前調査より、本トンネルの支保パターンはCI66%、CII23%、DI・DIII11%であり(図-5)、比較的良好な硬質地山を対象とした大断面トンネル(掘削断面積が約110m²)を施工する。しかし、亀裂が発達していることなどが懸念される。そのため、本トンネルでは硬質かつ複雑な地山に適用可能な掘削方法の選定が課題となる。

標準断面図を図-6、支保パターン一覧を表-1に示す。

(3) 本州でも有数の極寒地での施工

過去10年間における年間平均気温6.5℃、冬場の最高気温が氷点下を下回り(図-7)、最低気温が-20℃といった本州でも有数の極寒地域であるため、トンネルの主要部材となる吹付けコンクリートの品質が課題となる。

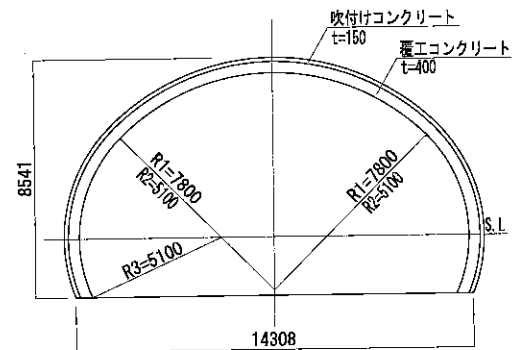


図-6 標準断面図(本坑)

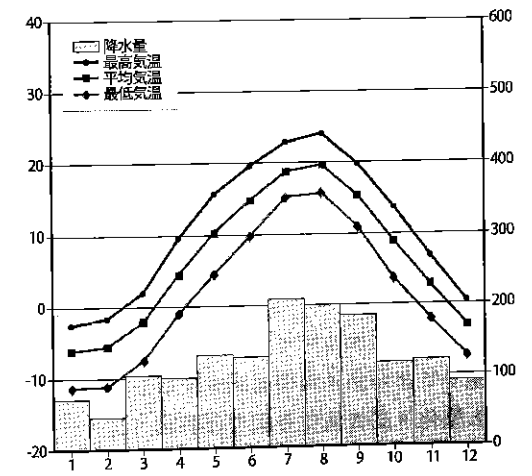


図-7 区界気象データ(過去10年平均)

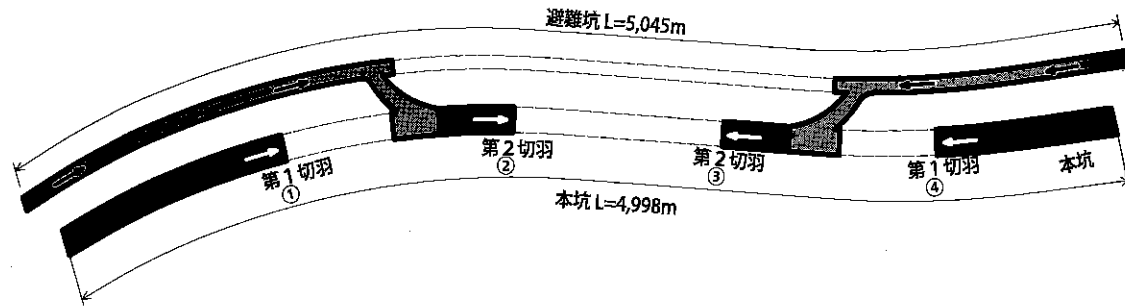


図-8 本坑の多切羽概略図

4-2 新区界トンネル施工計画の取組み

前節で述べた本工事の特徴と急速施工に向けた課題に対して、具体的に施工計画に反映した方策について、下記の5項目に区分して述べる。

- ① 日施工量の向上
- ② 施工サイクルタイムの短縮
- ③ ロスタイム短縮と余掘り低減
- ④ 快適な坑内環境の確保
- ⑤ 寒冷地における吹付けコンクリートの安定供給

(1) 日施工量の向上

日施工量の向上を図るため、多切羽による本坑掘削を基本とした、本坑に先立ち避難坑の掘削を進め、仮設の作業坑を避難坑から本坑断面に取付ける。起点側および終点側のおのについて切羽を増設して、最大4切羽で施工する(図-8)。

作業坑の位置は、本坑掘削工程が最短となる位置に設定する。避難坑を作業坑位置まで掘削したのち、避難坑掘削を一時中断して作業坑を掘削する(図-9)。

避難坑から作業坑までは、避難坑用の機械で施工をすすめ、本坑の第2切羽に到達した時点で本坑用機械を使用し掘削を進める。

避難坑は、本坑第2切羽貫通後に掘削を再開し、工期内に完了する。

(2) 施工サイクルタイムの短縮

施工サイクルタイムの短縮を図るため、施工機械の大型化・高性能化を図る(図-10, 11)。

ドリルジャンボについては、本坑第1切羽には、高性能ドリフタ190kg超級の3ブームドリルジ

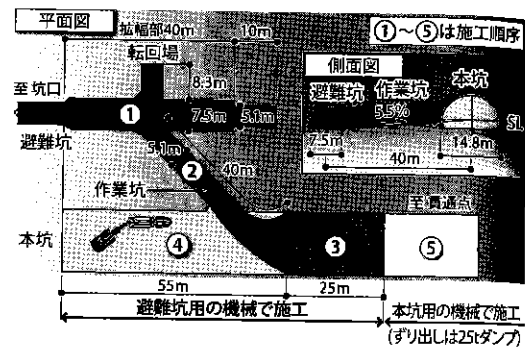


図-9 作業坑の取付け方

ンボ(古河JTH2200R HD220[20kW])2台を配置。本坑第2切羽には、4ブームドリルジャンボ(アトラスE4C COP3038[30kW])を採用する(表-2)。穿孔能力を通常の約2倍とすることで、孔時間を短縮する。

また、フルオートコンピュータジャンボを使用することで「孔尻」「差し角」「孔間隔」の穿孔精度を向上させ、余掘り数量の低減を目指す。

コンピュータジャンボは、削孔履歴(三次元位置座標、平均ノミ下り速度、削孔時間、ドリフタ油圧・打撃数・回転トルク)の記録が可能であり、設計の削孔位置と実際削孔位置の比較、3Dスキャナ(サーフェーサ)を利用した発破後の断面形状測定結果と合わせて、発破プラン(削孔位置、装薬量)の適否を判断、次施工にフィードバックさせる。

吹付け機には、エレクト付き2ノズル吹付け機を採用し、吹付け能力を2倍とすることで吹付け時間を短縮する。また、鋼製支保工や金網がある場合、機械の入替え時間を短縮する。

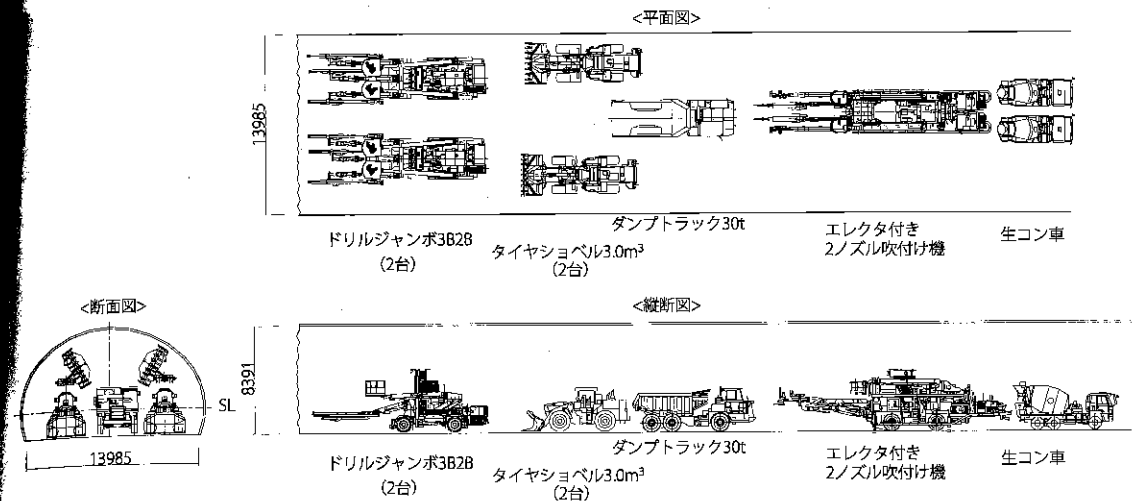


図-10 機械配置図(本坑)

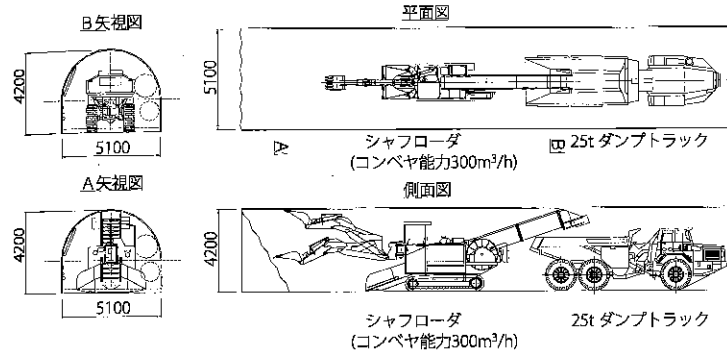


図-11 機械配置図(避難坑)

表-2 ドリルジャンボ一覧表

用途	本坑用(第1切羽)	本坑用(第2切羽)	避難坑用
型式	JTH2200R	E4C	L2C
ブームレイアウト	3ブーム 2バスケット	4ブーム 1バスケット	2ブーム 1バスケット
ドリフタ	HD220 <20kW> 187kg	COP3038 <30kW> 165kg	COP1838 <18kW> 170kg
エンジン定格出力	119kW	173kW	115kW
パワーバック	3×55kW(400V)	4×95kW(1,000V)	2×75kW(400V)
制御方式	セミオート 削孔データ収集可	フルオート 削孔データ収集可	セミオート 削孔データ収集可
備考	国内最大級のドリフタ	打撃力COP1838の2倍	-

積み・運搬は、本坑については大断面の特徴を生かし、ホイールローダ(3m³積み)2台でダンプの左右から積み込み、積み込み能力を2倍とすることでずり出し時間の短縮を図る。また、ずり出

長孔発破で穿孔・装薬、準備・後片付けの回数と機械の入替え回数を低減することでロスタイムを縮減する。

長孔発破をする場合、掘削壁面の安定確保が重

しに30tダンプを使用し切羽への入替え回数を低減する。避難坑は小断面であることから、シャフローダ(コンベヤ能力300m³/h)を使用し、25tダンプトラックに積み込み、搬出する。

また、機械の能力を考慮し、重機の離合・回転場所は375mに1か所で行う(図-12)。小断面に合った標準規格を上回る大型機械の導入を可能にするため、底盤部はコンクリート舗装により平坦性の維持を図る。

(3) ロスタイムの縮減と余掘り低減

長孔発破で1発破進行長を延ばすことで、機械の入替え時間によるロスタイムを縮減する。

長孔発破の1発破進行長は、本坑CIパターンは3m、避難坑CIIパターンは4m、CIIIパターンは3mとする(表-3)。

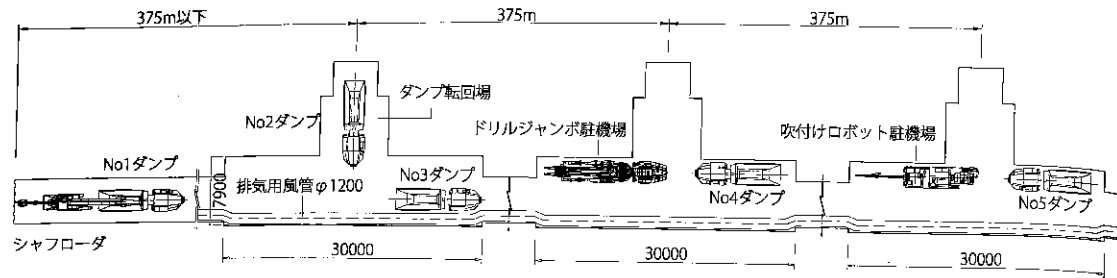


図-12 重機待機・回転場(避難坑)

表-3 長孔発破の仕様

対象パターン	目標掘進長	設計掘進長	
本坑	CI	3.0m	1.5m
避難坑	CIp	4.0m	1.5m
	CIIp	3.0m	1.2m

表-4 火薬類の仕様

位置	起爆	親ダイ	増しダイ
芯抜き孔	導火管付き雷管	高爆速爆薬	ANFO
払い孔	導火管付き雷管	含水爆薬	ANFO
踏前孔	導火管付き雷管	含水爆薬	含水爆薬
最外周孔	電子雷管	含水爆薬	SB爆薬

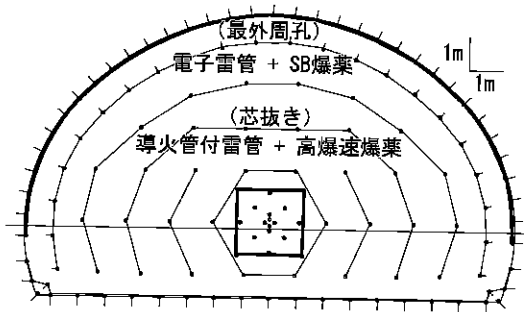


図-13 長孔発破パターン(本坑)

要となるため、周辺地山を緩めない発破方法にて掘削する。長孔発破時の最外周孔には、電子雷管とSB爆薬を使用する(図-13)。

スムーズプラスティング効果で周辺地山の損傷を減らし、平滑な掘削壁面とすることで、余掘りが低減されサイクルタイムも向上する。

また、長孔発破の確実な芯抜きを行うため、親ダイに導火管付き雷管に高爆速爆薬(爆速:7.2km/s)を使用し、増しダイにANFOの組合せを使用する。

さらに、通常発破でのサイクルタイム向上を図るため、ANFO爆薬を機械装填することによる装薬時間の短縮、導火管付き雷管を使用することによる結線時間の短縮も図る(表-4)。

(4) 快適な坑内環境の確保

快適な坑内環境の確保のため、吹付けコンクリートには、発生粉じん量の低減と跳返り率の低減が

期待できるクリアショット工法を採用する。クリアショット工法は、粉体急結剤と酸性液体急結剤を同時に使用することで、切羽から50m後方での粉じん量が1mg/m³を下回るとともに、通常25~30%程度の跳返り率を低減することができ、サイクルタイムの短縮も期待できる。

また、発破時に発生する後ガスを短時間で処理するためには、拡散する前に吸引することがもっても効率的であるので、切羽近傍に吸引口を持っていくことができる伸縮風管(写真-1)を使用し、発破後の換気時間を短縮し、ダウンタイムの低減を図る。

(5) 寒冷地における吹付けコンクリートの安定供給

急速施工をするためには、大量の吹付けコンクリートの安定供給が必要となる。そのため、商用1.5m³級全自動プラントを設備し供給する。これにより、急速施工に伴う多切羽からの需要にも対応可能となり、ダウンタイムの低減を図る(写真-2)。

本州でも有数の極寒地でのトンネル工事となることから、寒冷地対策として、コンクリートの練上り温度の低下が吹付けコンクリートの跳返り率に影響し、サイクルタイムが遅延する。そこで、骨材ストックヤードを全天候型テントで覆い(写



写真-1 伸縮風管

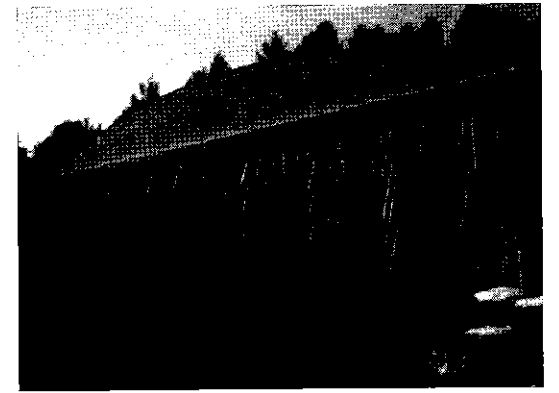


写真-3 全天候型テント

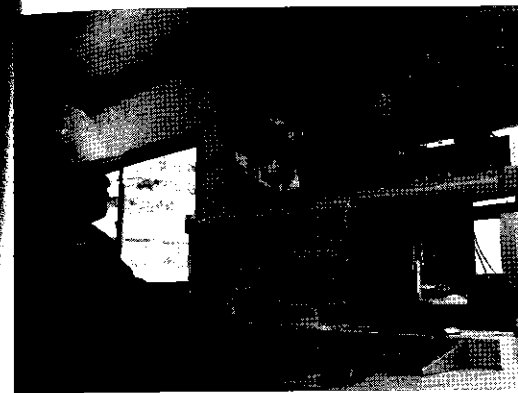


写真-2 商用1.5m³級全自動プラント

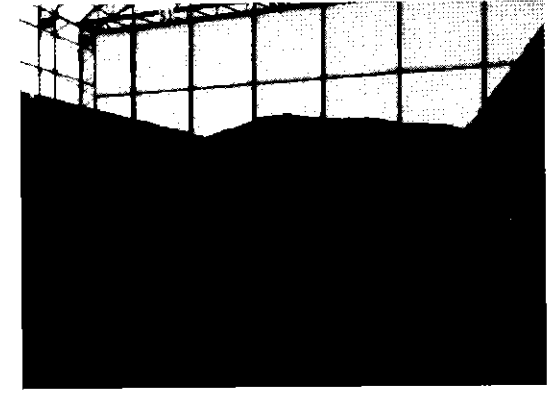


写真-4 骨材ストックヤード

真-3)、骨材を床盤から加温養生を行い(写真-4)、練混ぜ水はボイラーを設備することにより加温、吹付けに適切な練上り温度を管理する。

5 おわりに

宮古盛岡横断道路は地元の皆様、自治体および関係各位の熱意・ご支援により、かつてないスピードで進めることができています。

最大の難所である区界地区で長大トンネル工事に着手し、整備がいつそう促進されるものと各方面からおおいに期待されているところである。

復興を支援する道路として、また、岩手県全域の産業経済の発展を担う道路として、宮古市から盛岡市までの一日も早い開通に向け、事業推進を図っていく所存である。

岩盤地下空洞の設計と施工

E. フック・E. T. ブラウン共著/小野寺透・吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳

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

公共生コンプラントの設置・管理運営とトンネル・橋梁一括施工

—国道45号摂待道路 摂待第1・第2トンネル—

国土交通省東北地方整備局三陸国道事務所建設監督官 金 濱 巨 泉
大成・銭高・東コン特定建設工事共同企業体摂待道路工事業所長 小 原 克 彦

1 はじめに

三陸沿岸道路(復興道路)事業は、かつてないスピード感をもって整備を進めるためのさまざまな取組み(発注ロットの大型化など)が導入される一方、東日本大震災からの復興に向けたリーディングプロジェクトとして、自治体や民間が進める復興事業との資材需給調整の面においても重要な役割を担っている。

2 工事概要

本工事は、国道45号三陸沿岸道路における「田老～岩泉」区間のうち、岩手県宮古市田老字向新田～田老字星山に位置するトンネル2本、橋梁上下部工、道路改良工を施工する大型ロット工事である。また、三陸沿岸道路工事の本格化とともに、今後需要が急増する生コンクリートの安定供給を

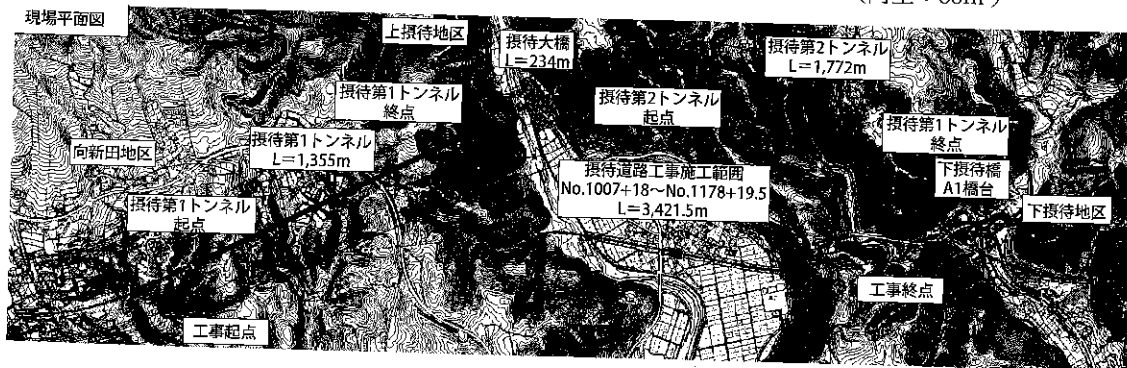


図-1 施工場所平面図

特集 復興に貢献するトンネル

目的として、自工事のトンネル2本、橋梁上下部工に加えて、近隣他工区の9本のトンネル工事にコンクリートを供給する三陸沿岸道路専用の生コンクリートプラントの設置から管理運営および撤去までを工事内容に含んだ特徴的な工事である。

本工事区間は、田老小堀内・グリーンピア三陸宮古がある海岸部に広がる高位段丘面を通り、西には、この地域の地層名ともなっている原地山(標高485.9m)が位置する。また、摂待第1トンネルの終点側と摂待第2トンネルの起点側との間には、二級河川である摂待川があり、この摂待川を跨ぐ摂待大橋を施工する。摂待第2トンネルの終点側は、国道45号摂待トンネル付近に位置する。

下記に主要な工事概要を示す。

(1) トンネル

摂待第1トンネル：延長L=1,355m
(内空：88m²)

第2トンネル：延長L=1,772m
(内空：95m²)

橋梁下部工
特大橋：橋台2基(深礎杭φ2.5m, 8本)
橋脚2基(深礎杭φ10.5m, 2本)

橋梁上部工
特大橋：橋長L=234m
PC3径間連続ラーメン箱桁橋

道路改良工
舗路土工3,430m³、工事用道路1,350m²

(2) 公共生コンプラント

敷地面積10,830m²
コンクリート出荷量 約150,000m³

3 地形・地質概要

3-1 摂待第1トンネル

摂待第1トンネルは、なだらかな勾配を有する小起伏の丘陵地で、最大標高は160m程度の段丘面を形成している。区間内には大きな沢は認められないが、東向きに流下する小規模な沢地形が2か所発達しており、そのうち1か所においては、沢が1D(約15m)程度の小土かぶり部をなしている。

基盤岩は原地山層の安山岩で、標高140m付近を境に段丘堆積物が分布する。安山岩は硬質であるが亀裂の発達が顕著であることから、局所的には脆弱な破砕帯を挟むものと予想されるが、明瞭なリアメントや断層が確認されておらず、規模の大きな破砕帯は分布していない。

起点側坑口付近では、崖錐堆積物が分布するが層厚は薄く、坑門基礎部では安山岩の風化岩が分布する。終点側坑口付近は、勾配40度程度の急勾配斜面で、表土や崖錐堆積物はほとんど被覆しておらず、基盤岩である安山岩がごく表層に分布する。

3-2 摂待第2トンネル

摂待第2トンネルは、最大標高は150m程度のやや起伏の大きな丘陵地である。山陵の頂部に、局所的に段丘面が形成しており、ト

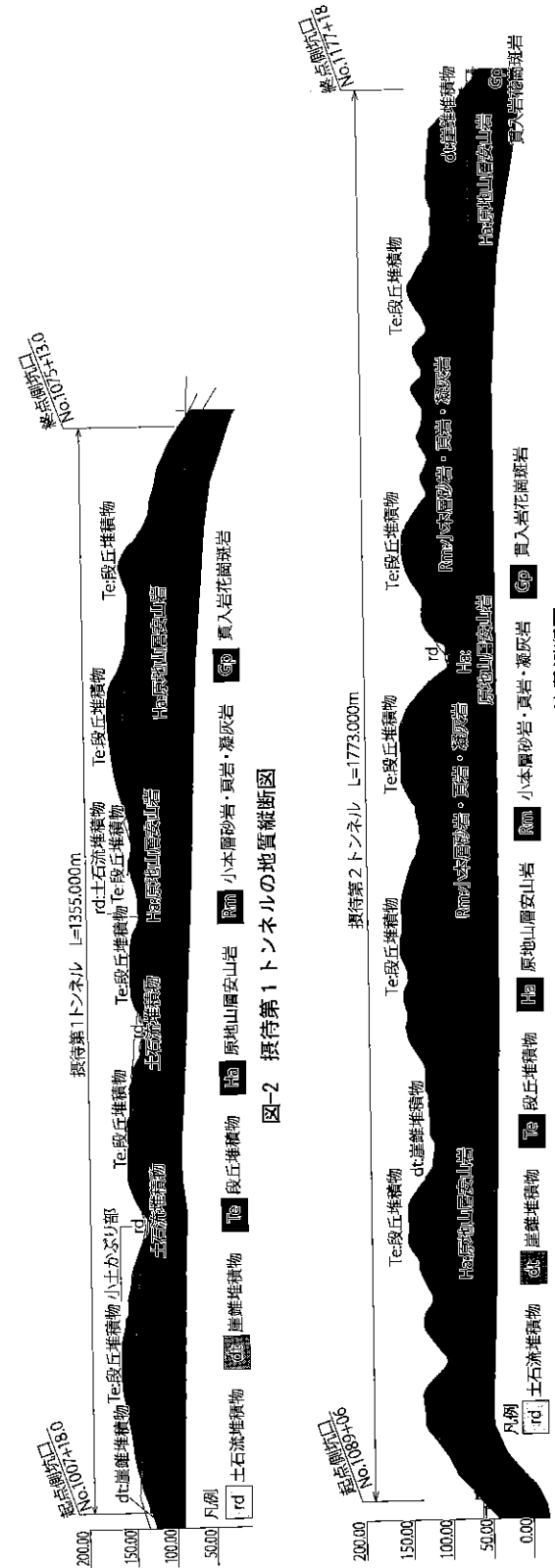


図-2 摂待第1トンネルの地質縦断面

図-3 摂待第2トンネルの地質縦断面

ンネル区間内には、数本の河川が横断している。いずれも急峻なV字谷を形成するほど、深く切れ込んだ形状を呈している。

基盤岩は、西部には小本層の砂岩頁岩互層、東部には原地山層の安山岩が分布している。両坑口部は原地山層の安山岩が、トンネル一般部には小本層の砂岩頁岩互層が分布する。安山岩は硬質であるが亀裂の発達が顕著であり、連続性は乏しいもののリニアメントが認められることから、局所的には、脆弱な破碎帯を一部含むと予想される。

起点側坑口付近は、勾配40度程度の急勾配斜面で、表土や崖錐堆積物がほとんど被覆しておらず、安山岩がごく表層に分布する。坑口背後斜面には崩壊跡も認められ、急崖の連続した露岩部も認められることから坑口への落石発生が懸念される。終点側坑口付近は勾配40度程度の急勾配斜面で、表土や崖錐堆積物がほとんど被覆しておらず、安山岩や貫入岩である花崗斑岩がごく表層に分布する。

4 トンネル施工の概要と懸案事項

4-1 摂待第1トンネル

摂待第1トンネルは、起点側から終点側に向かい4%の下り勾配となっているほか、設計支保パターンでは、地山区分D：485m、地山区分C：870mとなっており、全体の36%を地山区分D(図-4)が占めている。トンネル諸元を表-1に示す。

摂待第1トンネルの施工にあたっては、2014(平成26)年11月度に坑口付けを行い、これから本格的に両押し施工のトンネル掘削が始まる。ここでは、今後のトンネル施工において、懸念される問題点を挙げる。

- ① D区間は多亀裂な岩盤で、地下水位が高いことによる、地山の緩みによる天端崩落や切羽の肌落ち、突発湧水による切羽の不安定化および湧水処理対策
- ② 亀裂の多い扁平大断面トンネルであることによる、坑口部や小土かぶり部における天端崩落やそれに伴う変形、地表面沈下の防止
- ③ 終点側坑口において、工事用道路が勾配12

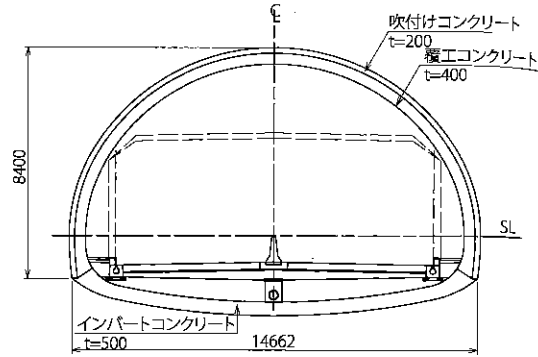


図-4 標準断面図(D I-b)

表-1 摂待第1トンネル諸元

延長	1,355m
掘削工法	NATM(発破掘削)
掘削方式	C:補助ベンチ付き全断面工法
	D:上半先進ベンチカット工法
掘削断面積	C:101m ²
	D:125m ² (インバート:22m ² 含む)



写真-1 終点側状況写真

%、幅員4mと急勾配、狭隘である(写真-1)ことによる、掘削初期段階における大型重機入替え方法と冬季におけるずり出し車両のスリップ防止

- ④ 4%と急な下り勾配で扁平大断面トンネルであることによる、覆工天端部の背面空洞に起因して発生するひび割れ防止

4-2 摂待第2トンネル

摂待第2トンネルは、起点側から終点側に向かい0.3%の下り勾配となっているほか、設計支保パターンでは、全体の93%を地山区分C(図-5)が占めている。また、摂待第1トンネルに比べて延

長が長いこと、トンネル等級区分が1階級上位の等級となり、掘削断面積が若干大きくなっている。トンネル諸元を表-2に示す。

摂待第2トンネルの施工にあたっては、2015(平成27)年1月からのトンネル掘削開始を予定している。現段階におけるトンネル施工時に懸念される摂待第2トンネル特有の問題点を挙げる。

- ① 起点側坑口付近は、勾配40度程度の急勾配斜面であり、坑口背後斜面には崩壊跡も認められ、急崖の連続した露岩部が見られる。坑

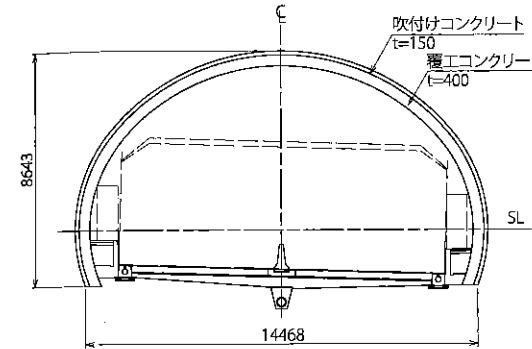


図-5 標準断面図(C II-b)

表-2 摂待第2トンネル諸元

延長	1,772m
掘削工法	NATM(発破掘削)
掘削方式	C:補助ベンチ付き全断面工法
	D:上半先進ベンチカット工法
掘削断面積	C:109m ²
	D:132m ² (インバート:22m ² 含む)
補助工法	注入式フォアポーリング(L=3m)



写真-2 起点側状況写真

口には、H形鋼杭を用いた作業構台が計画されており、施工方法に加えて落石などの第三者も含めた落石防止対策が必須とされる(写真-2)。

- ② 坑口への工事用道路は、起点側で勾配12~14%、終点側で12%と急勾配であり、両坑口とも幅員4.0mの狭隘な施工ヤードしかないために、摂待第1トンネル以上に仮設ヤードを有効的に利用するための仮設備計画が重要である。
- ③ 終点側坑口は国道45号に近接しており、また、民家に近接した狭幅員の生活道路も走行しなければならないため、発破による安全対策および騒音・振動・粉塵対策など、国道通行車両や近隣住民に対する対策が必要となる。

5 生コンクリートプラントの概要

5-1 生コンクリートプラントの役割

当生コンクリートプラントは、三陸沿岸道路工事に伴って今後需要が急増する生コンクリートの安定供給に向け、国土交通省が設置する三陸沿岸道路専用の「公共生コンクリートプラント(以下、公共生コンプラント)」である(図-6)。

これにより、三陸沿岸道路の事業工程に対する遅延リスクが軽減されることはもとより、地域の復興事業で必要となるコンクリートの需給バランスを阻害することなく、地域全体の円滑な復興事業の推進にも寄与するものである。

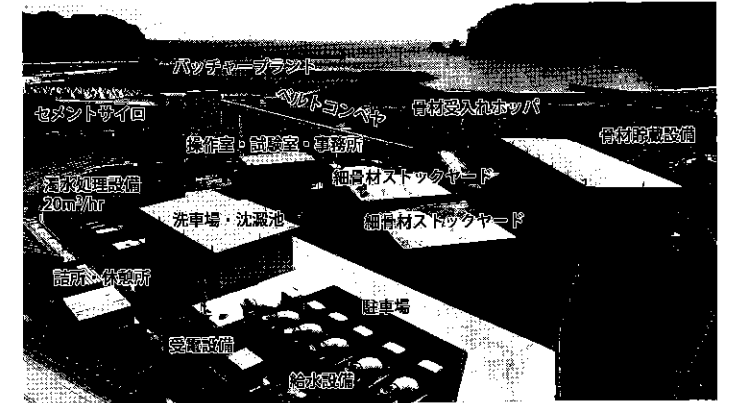


図-6 公共生コンプラント全景

5-2 生コンクリート供給範囲と供給数量

5-2-1 供給範囲

生コンクリートの供給範囲は、図-7に示す岩手県宮古市崎山地区内～同市田老字星山地区内の約20km範囲である。

5-2-2 供給数量

生コンクリートを供給する対象構造物と、供給数量を表-3に示す。

5-3 公共生コンプラントの設備概要

公共生コンプラントの設備概要を表-4に示し、

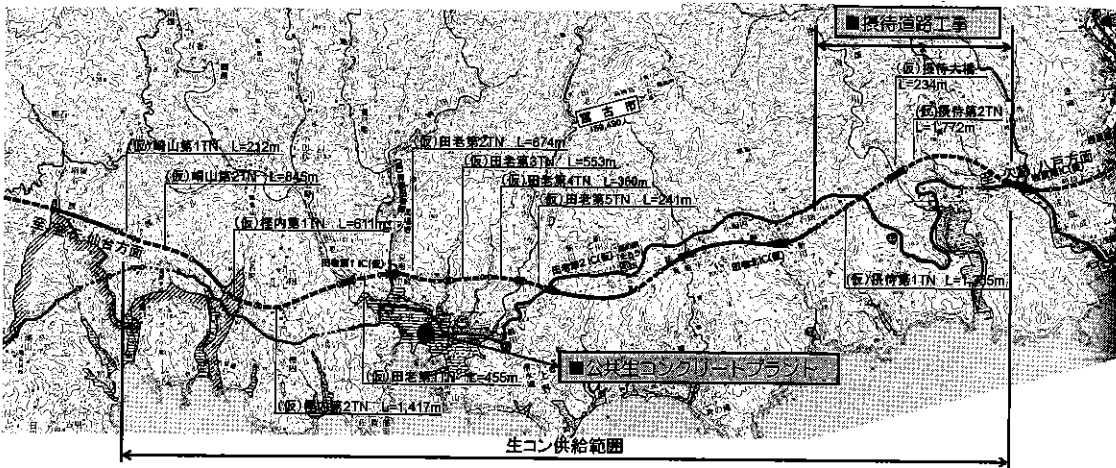


図-7 生コンクリート供給範囲

表-3 対象構造物と供給範囲

対象構造物	構造区分	単位	数量	対象構造物	構造区分	単位	数量	
(仮)崎山第1トンネル	インバート	m³	1,587	(仮)田老第4トンネル	インバート	m³	1,246	
	覆工	m³	2,928		覆工	m³	4,817	
(仮)崎山第2トンネル	インバート	m³	2,177	(仮)田老第5トンネル	インバート	m³	1,362	
	覆工	m³	11,544		覆工	m³	3,286	
(仮)椗内第1トンネル	インバート	m³	4,225	(仮)撰待第1トンネル	インバート	m³	4,570	
	覆工	m³	7,982		覆工	m³	17,818	
(仮)椗内第2トンネル	インバート	m³	3,331	(仮)撰待第2トンネル	インバート	m³	3,299	
	覆工	m³	19,981		覆工	m³	24,468	
(仮)田老第1トンネル	インバート	m³	827	(仮)撰待大橋	上部工	m³	2,835	
	覆工	m³	6,169		下部工(橋脚躯体)	m³	2,320	
(仮)田老第2トンネル	インバート	m³	1,873		下部工(橋台躯体)	m³	1,669	
(仮)田老第3トンネル	インバート	m³	1,305	下部工(深礎)	m³	3,884		
	覆工	m³	7,553	下部工(竹割)	m³	30		
				(仮)下撰待橋	下部工(橋台躯体)	m³	820	
合計							m³	152,965

主要設備の選定根拠を以下に示す。

5-3-1 バッチャプラント

当初計画における対象構造物ごとの月別打設数量表(発注者より受領)より、覆工コンクリート3か所、インバートコンクリート1か所を同日に打設することを想定し、日最大打設数量を500m³/日(≒140m³×3か所+88m³×1か所)と設定した。

混練ミキサ1バッチのサイクルタイム(62sec/B)、生コン車1台あたり積込み量(4.0m³/台)、作業効率(0.8)、日あたり製造時間(8.0h)から、

表-4 公共生コンプラント設備概要

種別	種類	容量	台数	備考	
材料貯蔵ビン	セメント	高炉BB	7.0m³	1	
	普通, 早強	5.0m³	2		
	細骨材	砕砂	17.0m³	1	
		陸砂	13.0m³	1	
	粗骨材	4020	14.0m³	1	
		2505	15.0m³	1	
		予備	12.0m³	1	
	混和材	3.0m³	1	計量器・サイロなし	
	練混水	1.0m³	1		
	計量方式	種別累加計量方式(C1, C2, C3, S1, S2, G1, G2, G3, W1, W2, A1, A2, A3, A4), 計量印字記録装置			
表面水自動測定装置(S1, S2)					
コンピュータ制御・カラーディスプレイ					
容量変換装置(0.5~1.5m³ 変換ステップ0.01m³)					
混和剤タンク	AD: AE減水剤(マスターボリス78S) 6,000L 1				
	AE: AE剤(マスターエア202) 6,000L 1				
	予備 6,000L 1				
	その他				
出荷管理装置	伝票発行, 材料管理				

1.0m³練りミキサと1.5m³練りミキサで対比し、1.5m³練りミキサを選定した。

5-3-2 セメントサイロ

セメントの貯蔵量は、コンクリートの最大製造月の日平均容量の2~4日分とされており、当該設備では1日の最大打設数量(高炉セメントB種使用)の2日分で検討した(500m³/日×0.3t/m³×2日=300t<200t/基×2基)。

5-3-3 ベルトコンベヤ

ベルトコンベヤの能力については、コンクリート日最大打設数量500m³/日を基本とし、1.9t/m³の細・粗骨材を輸送する必要があることから、500m³/日÷8h/日×1.9t/m³≒120t/hと設定した。

5-3-4 骨材貯蔵設備(細骨材ストックヤード含む)

骨材貯蔵設備は細骨材ストックヤードを含め、コンクリート日最大打設数量500m³/日を基本とし、3日分の貯蔵量を確保できる構造とした。

また、細骨材(砕砂・陸砂)については青森県から船便で搬入することから、1種類1回あたり約

表-5 骨材貯蔵容量の検討

材料	単位	使用数量	骨材貯蔵設備		
			上屋あり	ストックヤード	計
S1(砕砂)	m³	480	300	1,000	1,300
S2(陸砂)	m³	365	300	1,000	1,300
G1(2505)	m³	710	750	—	750
G2(4020)	m³	170	250	—	250

※検討に用いたコンクリート配合は、総出荷量の75%を占める18-15-40BBとした。

1,000m³の搬入となり、場内にストックヤードを設置する計画とした。

5-3-5 濁水処理設備

コンクリート製造設備における濁水は、おもに生コン車および混練ミキサなどの洗浄清掃時に発生する。

発生量は0.218m³/min×60min=13.08m³/hであることから、この濁水量を処理可能な設備としてポータブル型の最小能力20m³/hを採用する計画とした。また、処理水は循環再利用する。

5-3-6 生コン車の所要台数

覆工コンクリートの打設箇所が3か所で重複した場合(覆工コンクリート打設終了後にインバートコンクリート1か所を施工)を生コン車の所要台数とし、打設箇所の組合せから最大で17台となった。

5-4 コンクリートの配合

5-4-1 配合基準

公共生コンプラントより出荷する配合の標準仕様基準を表-6に示す。

5-4-2 使用材料

使用材料は、『土木工事共通仕様書 平成25年』(国土交通省東北地方整備局)、『JIS A 5308:2014 レディーミクストコンクリート』、『コンクリート標準示方書 2012年

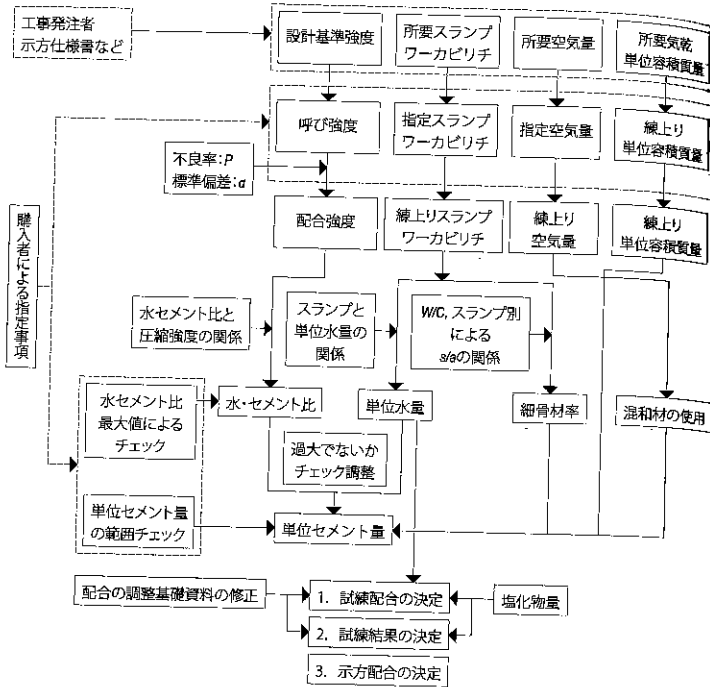


図-8 示方配合決定フロー

表-6 配合標準

区別番号	呼び強度	スランブ (cm)	粗骨材最大寸法 (mm)	最小セメント使用量 (kg/m ³)	水セメント比 (%)	セメントの種類
②	18	8	40	—	60以下	高炉セメントB種
④-1	18	15	40	270	60以下	
⑫	24	8	25	—	55以下	
⑬	24	8	40	—	55以下	普通ポルトランドセメント
⑮	30	8	25	—	55以下	
⑰	40	8	25	—	55以下	早強ポルトランドセメント

表-7 使用材料一覧表

種類	製造業者	出荷場所および産地
セメント	高炉セメントB種	三菱マテリアル(株) 宇部三菱セメント(株)八戸西SS (バックアップ:岩手工場)
	普通ポルトランドセメント	
	早強ポルトランドセメント	
細骨材	陸砂	(有)ヨコハマ 青森県上北郡横浜町字雲雀平7-1
	砕砂	越友産業(株) 青森県東津軽郡平内町内童子
粗骨材	砂利25~5mm	アシスト岩手(株) 岩手県下閉伊郡岩泉町小本 小本川流域
	砂利40~20mm	
混和剤	AE減水剤標準形(I種): マスターボゾリス78S	BASFジャパン(株) 茅ヶ崎工場
	AE減水剤標準形(I種): マスターポリヒード15L	
	AE剤(I種): マスターエア202	
練混ぜ水	地下水	BASFジャパン(株)盛岡製造センター 宮古市田老字川向159

規定』(土木学会)の品質規格に合致した材料を選定することを原則とした。使用材料一覧表を表-7に示す。

5-4-3 配合設計

コンクリートの配合設計を行ううえで、とくに着目した事項を以下に、示方配合を決定するまでのフローを図-8に示す。

- ① 使用骨材の適否と骨材の混合比率の決定
- ② 水セメント比と強度の関係
- ③ 同一粗骨材最大寸法における、水セメント比・スランブ別の単位水量(W)の関係
- ④ 同一粗骨材最大寸法における、水セメント比・スランブ別の細骨材率(s/a)の関係

5-4-4 耐凍害性の検討

近年、東北地方では融雪剤散布によるコンクリートの劣化が問題となってきており、コンクリート構造物の耐久性確保のための一つの指標である耐凍害性を確認するため、コンクリート標準示方書にもとづき、以下の試験による照査を実施し、問題ないことを確認した。

- ① 内部損傷に対する照査について、JIS A 1148(A法)により確認した。
- ② 表面損傷に対する照査について、試験溶液を融雪剤に見立てた溶液としたうえで、RILEM CDFにより確認した。

5-5 今後の課題

2014(平成26)年10月末現在、実績として約2,100m³を出荷した。出荷実績を積み重ねるなかで生じた課題を以下に示す。

- ① 運搬時間に応じたスランブロス、空気量ロスの設定(配合の見直し)
- ② 出荷コンクリートの品質管理地点の設定(荷卸し地点、圧送ポンプ筒先)

- ③ 打設箇所の重複に伴う生コン車の配車
- ④ 出荷量の増大に伴う残コンクリート処理
- ⑤ コンクリート製造設備のトラブル対策

6 おわりに

本工事では、すでに稼働している公共生コンプラントとこれから本格的に稼働となる橋梁・トンネル工事が、復興工事のモデル現場となれるよう安全性や周辺環境にも十分に配慮するとともに、将来にわたり耐久性に優れた高品質な構造物の施工を進めていきたい。

公共生コンプラントは、2014(平成26)年4月より工事に着手し、同年8月31日に稼働式を迎えることができた。稼働式に先立ち、CSR活動の一貫として「プラント愛称」と「PR看板」を地元小学生に募集して、愛称が「未来の笑顔プラント」と決定し、PR看板をプラント壁面に掲示した。

また、2014(平成26)年8月26日には田老第一中学校の生徒さんを招いて、「生コンクリートの体験学習」を行った。「復興を身近で感じる体験ができてよかった」などの意見や、回答に窮する質問などもあり、子供たちの関心の高さをうかがうことができた。

今後も地域の復興とその先の未来につながる事業の一端を担うものとして、積極的に地元の方々とかかわる機会を設けつつ、早期完成に向けたいっそうの工事進捗を図っていきたく考えている。

参考文献

- 1) コンクリート工学協会: コンクリート便覧 第2版, 1996.2.
- 2) ダム技術センター: 改定ダム施工機械設備設計指針(案), 2005.1.

続きみの庭にも温泉が出る

その後の温泉開発と建設の考え方

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



株式会社 土木工学社

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

復興事業におけるトンネル施工と地域協働への試み

—三陸沿岸道路 吉浜トンネル—

国土交通省東北地方整備局南三陸国道事務所建設監督官 菊池 忠利
 清水・青木あすなる特定建設工事共同企業体所長 三原 泰司
 清水・信木あすなる特定建設工事共同企業体工務統括 小岩 一博
 清水・青木あすなる特定建設工事共同企業体工事統括 秦 健二

1 はじめに

国道45号吉浜道路工事は、複数の工事を一括契約する大型化工事として発注され、2012(平成24)年3月に着手した。本稿では工事の概要報告とともに、早期の道路開通を目指して、被災地域に集中して発注された大型化工事にどのように取り組んだかをトンネル工事を中心に報告する。また、本工事を進めるに際して、関連する受注会社で構成する協議会は、地域と一体となって復興に取り組む(地域協働)ために多彩な活動を行ったので、その内容と成果についても報告する。



図-1 吉浜道路位置図

2 工事概要

吉浜道路は大船渡市の三陸町越喜来から、三陸町吉浜を結ぶ工事延長3.6kmの自動車専用道路である(図-1、表-1)。本道路事業には、並行する現道の一般国道45号の最大級の峠である羅生峠の隘路解消と地域間交流の拡大、地域経済の発展・活性化、交通の安全性の確保などの効果が期待されている。

吉浜道路の主要構造物は、

- ① 土工部
- ② 高架橋部(越喜来高架橋L=584m, 吉浜高架橋L=373m)
- ③ トンネル部(L=1,644m)

からなる。

表-1 吉浜道路計画諸元

起点(三陸IC)	大船渡市三陸町越喜来
終点(吉浜IC)	大船渡市三陸町吉浜
延長	3.6km
幅員	12m
構造規格	第一種3級
設計速度	80km/h
おもな構造物	越喜来高架橋 L= 584m
	吉浜トンネル L= 1,644m
	吉浜高架橋 L= 373m
	三陸IC
	吉浜IC

3 地形・地質概要

吉浜道路は北上山地の東縁部に位置し、その東方は三陸海岸特有のリアス式海岸となっている。地質は中生代白亜紀後期の花崗閃緑岩を基盤として、沢部や山麓部の表層に崖錘堆積物が分布している。トンネル起点側、終点側坑口部では土石流堆積物や風化部が存在しており、No.139+15~

No.142間には粘土を介在する断層破砕帯が確認されているがCH級岩盤主体の新鮮で堅硬な花崗閃緑岩が支配的である(図-3)。

越喜来高架橋のかかる浦浜川からトンネル起点側(越喜来側)にかけて、ホルンフェルス化した堆積岩から真砂化した花崗閃緑岩へ暫時移行する。地下水位は調査ボーリングで確認されているが、突発的な湧水による地山の劣化の危険性は両坑口部と低速帯以外は小さいと想定された。

4 トンネルの施工

4-1 仮設備計画

吉浜トンネルと吉浜高架橋は

今回の大型化工事の特徴は、トンネルとその両側の高架橋部(一部既施工)が一括で複数の建設会社に同時に発注されていることにある。本工事においては、発注者の指導のもと、橋梁上部工を担当する建設会社と工程調整や情報共有など連携を取りながら、工事を安全かつ効率的に進めることが求められた(図-2)。

本工事の工事概要を表-2に示す。

表-2 吉浜道路工事概要

工事名	国道45号吉浜道路工事
発注者	国土交通省東北地方整備局
受注者	清水・青木あすなる特定建設工事共同企業体
工事場所	岩手県大船渡市
工事内容	吉浜トンネル 延長L=1,644m, 2車線道路トンネル, 掘削断面積A=80.7m ² (CI)
	越喜来高架橋 下部工3基, 大口径深礎杭φ15m, D ₀ =18.0~20.5m, 橋脚□=9.0m×9.0m, H=65.5~70.5m
	道路改良工事 三陸IC, 吉浜IC
工期	2012(平成24)年3月15日~2015(平成27)年3月31日

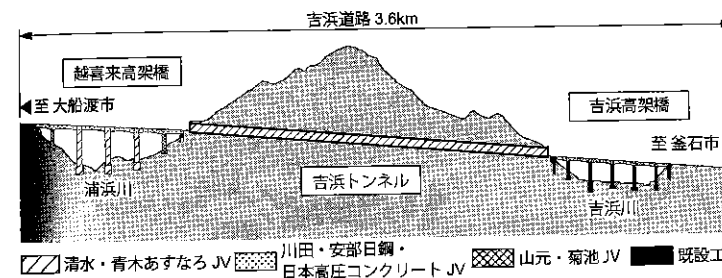


図-2 吉浜道路の大型化工事の発注状況

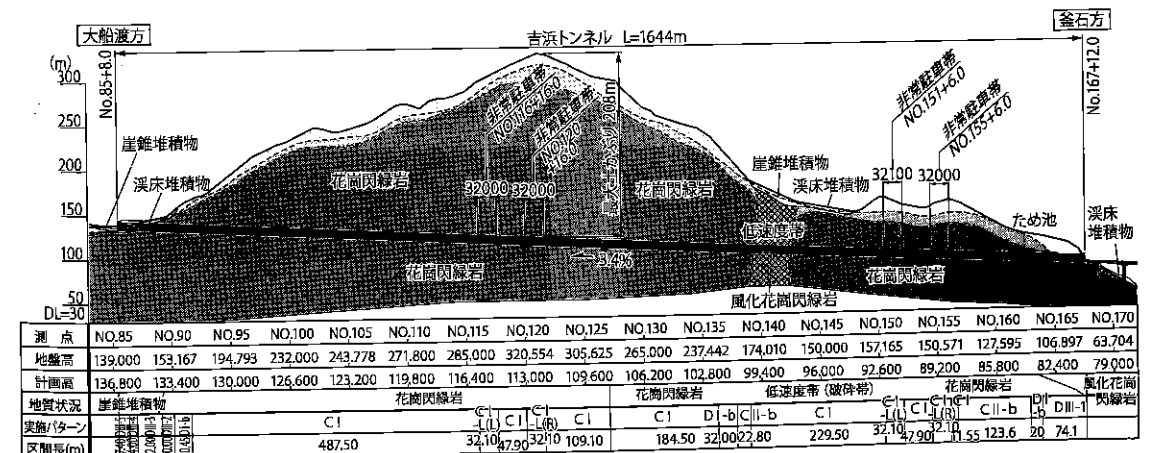


図-3 トンネル縦断面図

同時に施工が始められたため、施工進捗に応じて必要になるヤード、固定仮設物や工事用道路の切廻しなどの計画について、受注関連企業間で連絡調整を行い、効率的なヤードの運用を行った(図-4)。とくにトンネル工事については、吹付けや覆工用のコンクリートの運搬、発生ずりの集積や搬出など、大型車両の機動性の確保が重要である。一方、橋梁工事では、施工箇所の移動に伴って大型クレーンを中心とした資材揚重スペースとコンクリート打設スペースが必要となる。そのため、両工事の競合する場所では、綿密な計画の調整が求められた。

仮設備ヤードを含むトンネル坑口付近には民家が点在しているため、とくに夜間工事を伴うトンネル工事では振動や騒音の影響が懸念された。ま

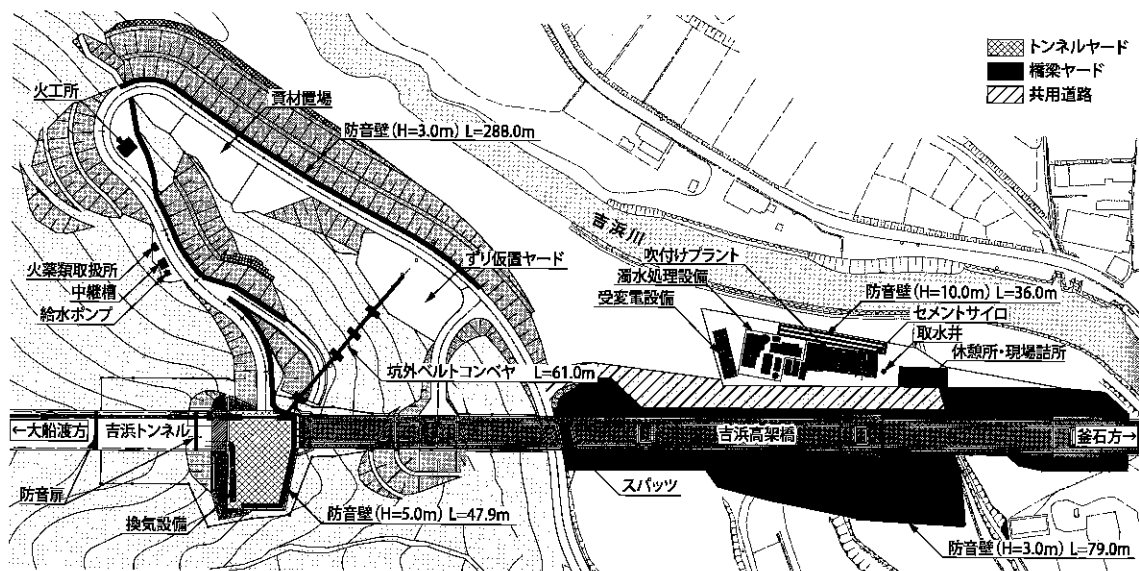


図-4 吉浜トンネル仮設計画図



写真-1 工事用道路のエコピタット付き安全鋼板

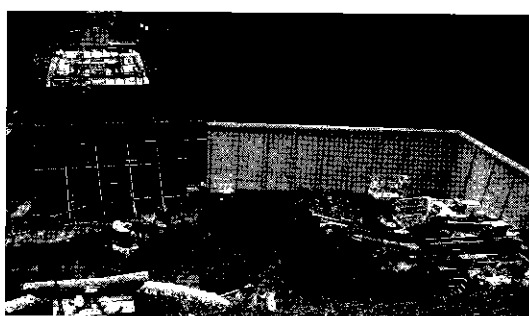


写真-2 坑口部防音壁

た、トンネル坑口と仮設備ヤードをつなぐ工事用道路(約300m)は、高低差が約40mあり、急斜路(最大勾配15%)であることから、大型車両の走行によるエンジン音などの騒音を低減させるため、工事用道路には防音設備(写真-1)を設けた。掘削ずり積み場や吹付けプラント、濁水処理プラント、坑口送風機設備など騒音発生箇所には個別防音対策(防音壁：防音パネルBSK-Aタイプ)を行った(写真-2)。

4-2 トンネル施工概要

トンネル掘削は補助ベンチ付き全断面工法の発破掘削工法である。ずり処理は冬期の急勾配斜路の安全性の確保や夜間の騒音振動対策として、ベルトコンベヤ方式による運搬とした(図-5、写真-3)。

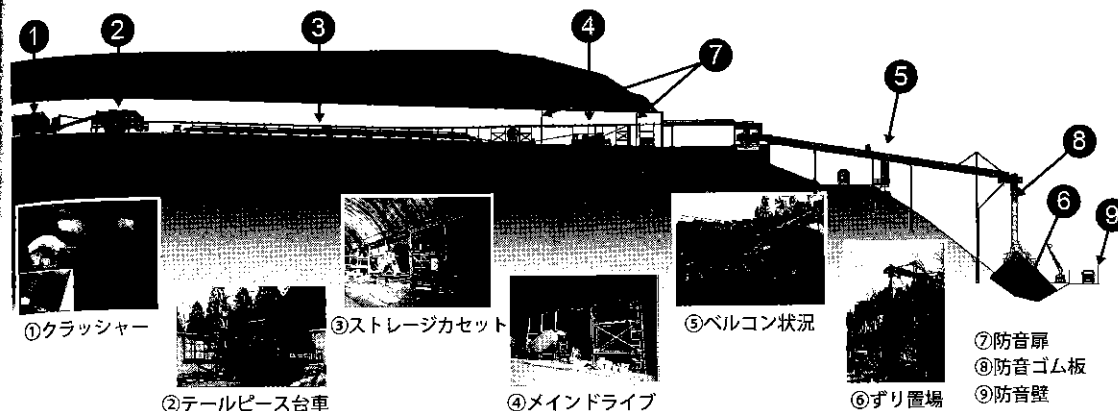


図-5 トンネルずり処理システム



写真-3 坑口ベルトコンベヤ設備

本工事におけるベルトコンベヤシステム実施上の課題を、以下に示す。

- ① 花崗閃緑岩には石英が多く含まれ、硬岩用のクラッシングプラント(300t/h)の消耗が激しい。
- ② 岩質から鋭利な岩塊によるベルトの損傷トラブルが多い。
- ③ トンネル延長が1,600m程度と短く、ずり処理費のコストアップにつながる。

地山は全体的に安定しているが、土かぶり小さい区間も多く、最大でも208m程度であることから、局所的な風化の影響を受けやすく、切羽観察では部分的に滲み程度の湧水を伴う節理の発達が多く見られた。CIパターン以上は全体延長の76%であった。

4-3 破碎帯の位置検証とその施工

4-3-1 破碎位置の検証

当初設計では、断層破碎帯の位置は弾性波探査

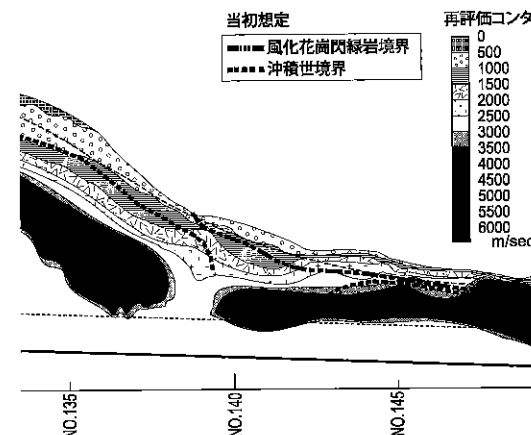


図-6 トモグラフィー解析による破碎帯領域の推定

(剥ぎ取り法)と地表からの斜めボーリングによりNo.139+15~No.142付近とされていたため、出現予想位置の手前20mより坑内から水平調査ボーリング(L=110m, φ101)を行った。その結果、破碎帯は確認されず、トモグラフィー解析方法を用いて低速度帯の位置を見直した(図-6)。

同図に示すとおり、弱層部の位置が切羽前方に移動し、さらに地表踏査結果や、地表ボーリングおよび坑内ボーリングの結果との整合が得られたことから、切羽を想定破碎帯の手前まで進めたうえで、再度調査ボーリングを行った。再調査によって確認した破碎帯の位置は、再想定のとおりであった(図-7)。

ボーリングコア状況から破砕片は黄褐色の砂または角礫状であり、破碎帯は約30mの弱層部とし

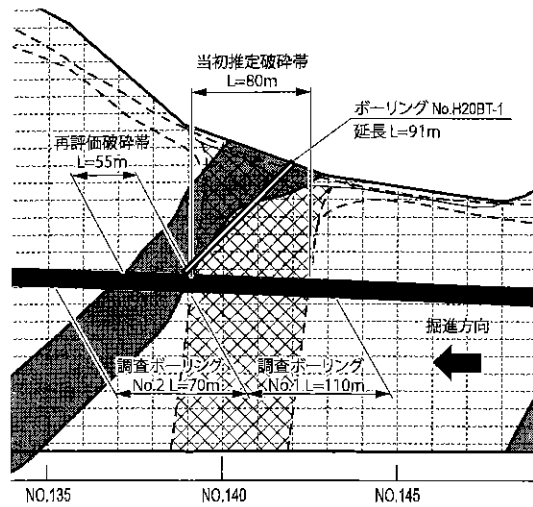


図-7 当初想定位置と再推定位置の重ね合わせ



写真-4 破砕帯部切羽状況 (No.137+00付近)

で確認された。被圧湧水はなく、抜管後の湧水量は15L/min程度であった。

4-3-2 破砕帯部の施工

トンネル掘削時に破砕帯部は区間長55mの弱層部として出現し、地表部の露頭で確認していた破砕帯規模(80m)よりも小さかった。切羽安定対策として、鏡吹付けを併用しながらDIパターンで施工した(写真-4)。この区間の最大天端沈下量は8.3mm、水平測線の最大内空変位量は6.2mmと比較的小さく、トンネルの安定を確保することができた。

4-4 起点側坑口部の施工(貫通部)

4-4-1 補助工法

起点側坑口(貫通部)は谷地形と斜めに交差する(図-8)。坑口付近は、沢が急峻な山地から緩斜面に移行する地点で、厚さ2~10mにわたり土石流

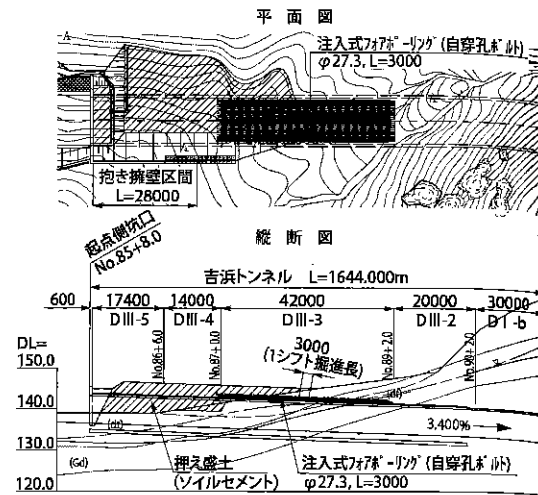


図-8 起点側補助工法計画図

で運ばれた巨礫(転石)混じりの砂礫や崩積土が堆積している。そのため、抱き擁壁と改良盛土によりトンネルを延長し、沢部を通過して、土石流に対して安全な地点を坑口としている。

土かぶりの小さい区間では、トンネル天端部が崩積土~土石流堆積物にかかるため、補助工法として長尺フォアパイリングと鏡ボルトが設計されていた。試掘の結果、巨礫(転石)が非常に硬質で、長尺削孔が困難なこと、長時間の送水削孔で巨礫間の細粒分が流されると不安定化することが懸念された。そこで、切羽付近で転石の状況を確認しながら施工できる注入式フォアボーリングに変更して施工した。

実際の掘削では、崩積土~土石流堆積物の下の風化花崗閃緑岩の自立性は良好で、鏡ボルトは必要なく、注入式フォアボーリングのみで施工した。

4-5 発破騒音・振動対策

4-5-1 対策の概要

掘削の開始地点である終点側坑口より20m付近からは中硬岩が出現し、発破掘削の必要性が生じた。

坑口付近(横石地区)は、坑口から見通せる範囲内(200~400m)に民家が点在し、夜間は道路の交通量もほとんどなく、閑静な地域である(図-9)。

発破騒音・振動対策としては、直近の民家(坑口より166m地点)で騒音対策目標値を騒音65dB

以下、低周波音90dB以下と定め、次のような対策を行うことにより通常の昼夜作業へ移行した。

- ① 坑口掘削(0~50m)は昼間に行い、薬量を制限した制御発破を実施。
- ② 防音扉(1枚目)を設置後、発破時間帯を深夜にしない条件で火薬量を制限した昼夜施工を実施。
- ③ トンネル掘削の本格化(中硬岩の全断面発破掘削)に伴い、火薬量が増大するため、坑口に2重の防音扉を設置してから通常の昼夜作業に移行。

騒音や振動については人によって感じ方が異なるため、発破施工に伴い計測とヒアリングをくり返しながら掘削を進め、生活環境の確保に努めた。

発破騒音に関しては対策の効果が得られていたが、低周波騒音に対しては防音扉による低減効果が小さく、付近の住民のヒアリングにより発破時に窓やドアが震える現象が確認されていた。そこで、今後の発破回数や薬量増加に備え、低周波騒音対策の検討を実施した。

4-5-2 低周波吸音ボックスの検証と考案

低周波吸音ボックス¹⁾(BWE: プラスト・ウェイブ・イーター)は、ヘルムホルツ共鳴吸収の原理を応用した吸音装置である。その概要を図-10に示す。この装置の低周波音低減効果を検証するため、防音扉から十分離れた位置に吸音ボックスを最大200個設置し、その前後の観測点において実際の発破音を計測した(図-11)。

図-12に、検証の結果として吸音ボックス200個設置時の発破音波形の一例を示す。同図より、発破音が吸音ボックスを通過することにより、発破音のピーク値が約20%低下する様子がわかる。また図-13は、吸音ボックス数を100、150、200個とした場合の測定結果である。同図に示すように、

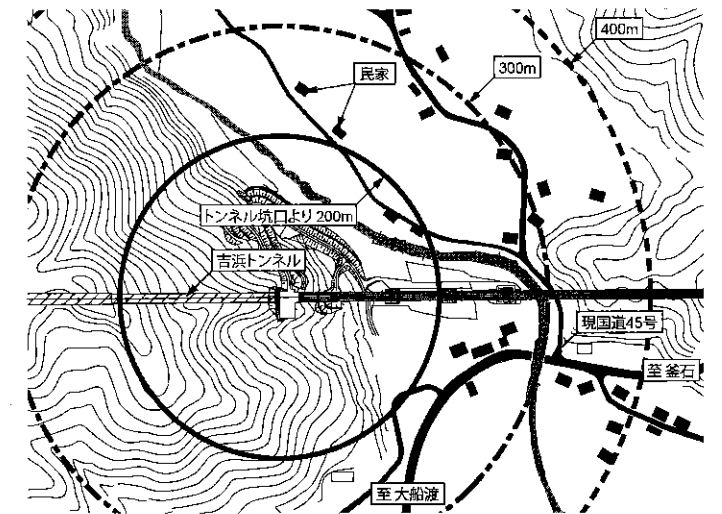


図-9 終点側坑口付近(横石地区)の民家

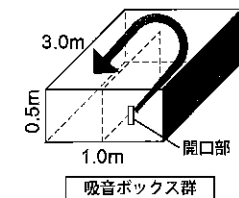
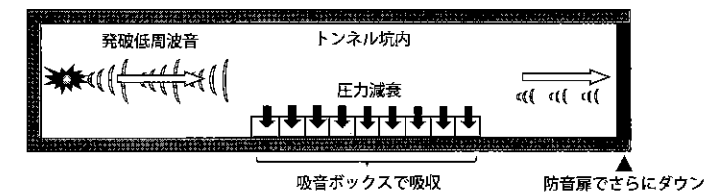


図-10 BWEの基本概念図

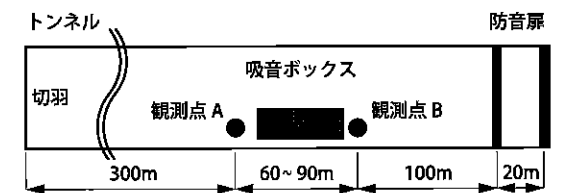


図-11 観測点と吸音ボックスの位置関係

吸音ボックスの数が多くほど低減効果は大きい傾向があり、200個の場合で坑口(防音扉より5m地点)で約5dBの低減効果を確認できた(図-14)。

その後、吸音ボックスを200個設置した状態で発破掘削を続けた結果、付近住民の事前ヒアリングでは申告された窓の震えや扉の揺れなどが設置後は気にならなくなったとの報告を得た。

この結果から発破の騒音振動対策として、低周

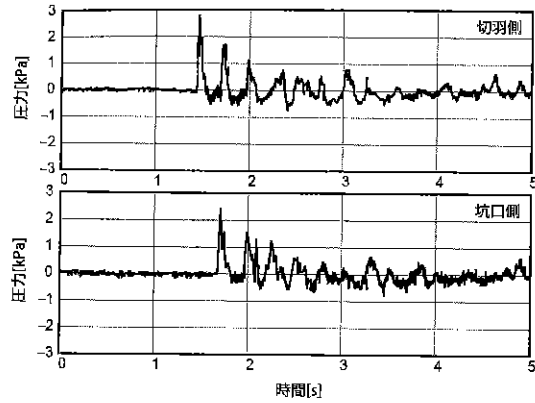


図-12 吸音ボックス(200個)前後の圧力波

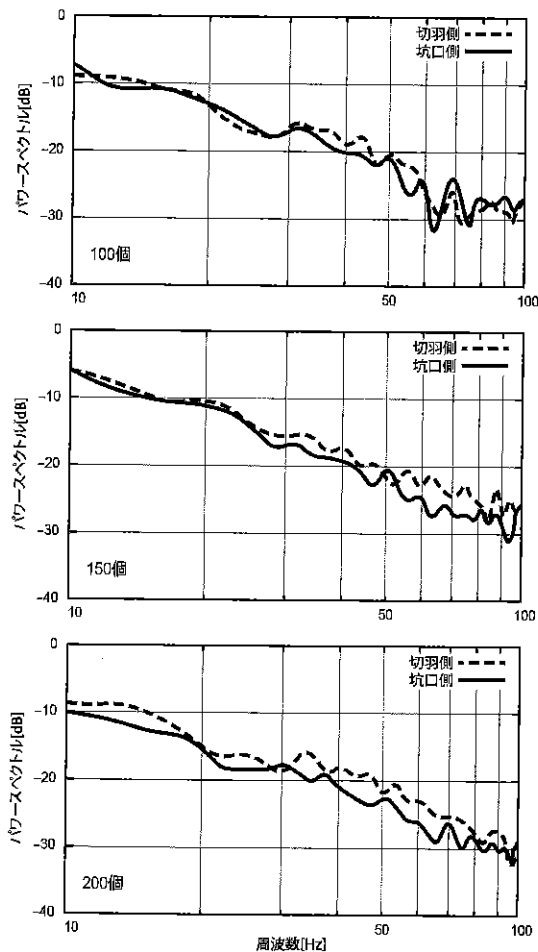


図-13 吸音ボックスによる低周波音低減効果

波の吸音特性を有する低周波吸音ボックス(BWE)と通常の防音扉を組み合わせて使用することにより、より効果的な対策が可能となった。

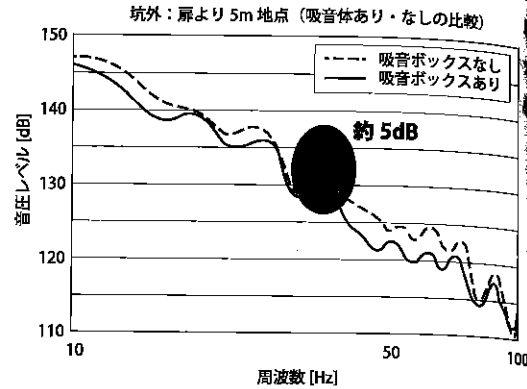


図-14 吸音ボックスによる低周波音低減効果グラフ

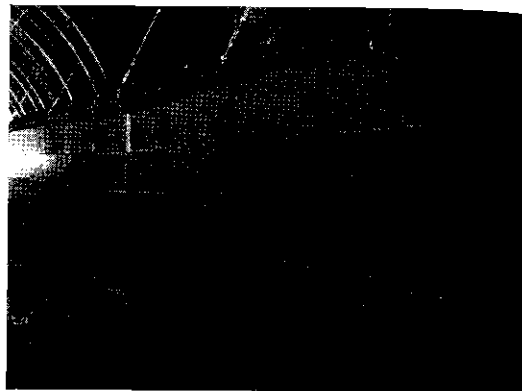


写真-5 BWE設置状況

5 トンネル発生土の活用による地域の復興支援

本工事地域の吉浜地区も東日本大震災により防潮堤などの倒壊被害を受けた。防潮堤などの復旧のため、「農地海岸保全施設災害復旧事業」を計画していた岩手県沿岸広域振興局農林部大船渡農林振興センターから、築堤材の提供要請があったため、平成25年7月30日から吉浜トンネルの掘削発生土の提供を開始した(写真-6)。

「農地海岸保全施設災害復旧事業」は、吉浜湾沿岸に広がる農地を津波から守るために、吉浜湾に沿って傾斜型堤防(延長594m、高さT.P.+7.15m)を、吉浜川河口部には付帯堤防(右岸側延長274m、左岸側延長229m、高さT.P.+7.15m)を、吉浜湾内には離岸堤2か所を整備する計画である(図-15)。

吉浜トンネルでは掘削土の搬出にベルトコンベ

6 復興事業における地域協働への試み

6-1 地域協働の重要性

東日本大震災以来、復旧・復興に向けた努力が懸命になされるなか、復興事業のリーディングプロジェクトとして吉浜道路(L=3.6km)の工事は2012(平成24)年度から本格化した。本事業は被災地において復旧・復興工事が時期的に集中することに加えて、沿岸地域のリアス式海岸地形的特性から海岸沿いの狭いエリアの中で工事が進められる。被災地域の中で道路事業を進めるにあたり、地域との相互にコミュニケーションをはかりつつ行うべき「復興に向けた地域協働」は以下の点から重要である。

- ① 地域に対して工事に伴う負荷が大きいので理解を得る必要がある。
- ② 被災地域では工事に伴うニーズをていねいに汲上げる必要がある。
- ③ 復興の進展状況が感じられるような情報発信と受止め先が必要となる。
- ④ 工事関係者の一体性を示すことにより地域とのコミュニケーションがしやすくなり、協調などの好循環が期待できる。
- ⑤ 復興事業という共通目標に向けた役割を確認して、その実行上の効果的な連携ができる。
- ⑥ 工事に伴って発生する課題に対して早期に解決を見出し、円滑な事業推進を図るムードの醸成ができる。

早期復興という事業を共通の目的として事業を進める側とそれを望む地域が互いにコミュニケーションを深め、効果的な連携を図るために活動していくことには大きな意義があると思われる。

6-2 活動母体としての協議会とその方針

復興事業として地域住民に工事説明をするなかで、通常の発注された工事ごとあるいは企業ごとの対応では、工事が多数あることから、情報伝達や連絡調整が煩雑で混乱しやすいことなどの課題があった。事業ごとの全関連企業が一体となって地域に対応することで、少しでもまとまりのある



写真-6 被災直後(吉浜川河口から上流を臨む)

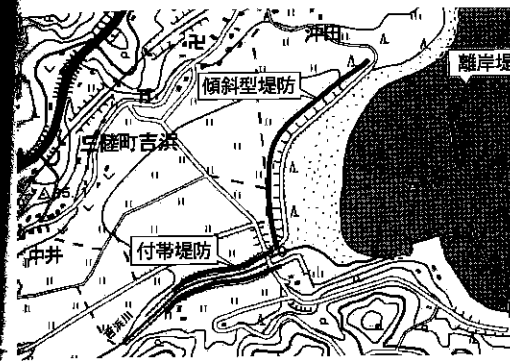


図-15 農地海岸保全施設災害復旧事業計画図



写真-7 築堤工事中(吉浜川河口から上流を臨む)

ヤシステムが採用されているため、発破掘削によって発生した岩塊はクラッシャーで破碎され、コンベヤで搬出される。そのため、築堤材料としての経済的な有効活用が容易になった。また、要望のあった時点で、吉浜トンネルは既に4割の掘削を終えていたが、傾斜型防潮堤および付帯堤防に必要な9万m³全量を平成26年2月末日に運搬完了し、復旧事業の促進に貢献した(写真-7)。

表-3 吉浜道路工事連絡協議会構成員

構成員	年度			
	24	25	26	
顧問	南三陸国道事務所建設監督官(国土交通省)			
会員	清水・青木あすなろJV(幹事)	○	○	○
	川田・安部日綱・日本高圧コンクリートJV(副幹事)	○	○	○
	山元・菊池組JV	○	○	
	菱和建设(株)	○	○	
	(株)小沢組	○	○	
	大成ロテック(株)			○

対応が可能となる。そのため、通常の発注者ごとに組織される安全協議会において、施工や安全に関する連絡調整活動のほか、地域の復興支援にかかわることも協議会の目的に加えて、地域との協働のベースとなるコミュニケーション強化に役立つと思われることを、協議会をベースに展開し、活発に行った。

吉浜道路の関連工事では着工以来3社から5社(JV含む)が工事にかかわって協議会を組織して運営した(表-3)。

6-3 活動内容

活動は地域のニーズに沿うように展開したため、活動内容は多岐にわたるが、その実施内容から整理して示す。

6-3-1 情報発信活動

地域が求める工事情報は、工事の進捗情報だけではなく、工事騒音や振動の大きさや発生時間帯、昼夜作業におけるライティングの時間、交通安全対策や道路の規制、車両通行量など、地域の環境に伴って多種多様である。地域に求められる工事情報の発信は、必要なタイミングに行われるが、発信した内容が効果的であったかどうかを確認することは難しい。工事に関係する情報や工事に伴う影響情報などのスムーズなフィードバックなどのためには、情報の発信窓口と受信窓口が明確である必要がある。

各工事の責任者は地域情報を共有するために自社工事だけでなく協議会の一員として地域に認知されるように接触機会を多くした。工事進捗情報



写真-8 工事進捗モニター(市役所ロビー)



写真-9 敬老会での工事関連情報の展示

を広く市民のみなさんに知っていただき、復興事業の進展を実感を伴って見守っていただくために、大船渡市の協力を得て市役所ロビーに設けたモニター(写真-8)を通して進捗写真やコミュニケーション活動情報を発信した。

また、地域の行事ごとに機会を得て積極的な説明や展示活動(写真-9)を行った。

社会への情報発信は、マスコミへの情報提供(記者発表やブリーフィング)を行い、新聞やテレビ、ラジオ、ネットなどさまざまなメディアを通じて情報の発信を試みた。

6-3-2 「地域を知る」活動

地域を知るうえで地域の歴史や人に着目することは効果的である。本工事地域のひとつである吉浜地区は、過去の明治・昭和の三陸の津波災害を経て、先行して住居の高台移転を果たした経緯があり、今回の津波災害が沿岸地域としては小さかったことで知られた地域であった。三陸町越喜来地

区や隣接する釜石市でも地区ごとの違いがあるが、防災訓練が功を奏した事例や避難経路の整備がたくさんの避難誘導を可能にした事例など大小さまざまな地域の沿革を有している。このような地域

の誇りや語り継がれる故事などを聞いたり、調べたりするプロセス自体が、地域と相互コミュニケーションを進めるうえで有益であった(表-4、写真-10)。

表-4 地域理解イベント

イベント	目的・テーマなど
① 地域史講演会 講師：郷土史研究家 木村正継氏	東日本大震災で注目された吉浜の高台移転の歴史や震災に対する先人の知恵などを学ぶ。
② 安全安心セミナー(津波防災講演会) 講師：吉浜中学校校長 村上洋子先生	震災時の釜石東中学校での避難誘導のご経験(教訓)より、地域防災の取組みや災害発生時の心得を学ぶ。
③ 地域史跡探訪ツアーの開催 地元ツアーガイド：菊池正人氏	住居の高台移転を先行して取組むなど、高い防災意識を育んだこの地域の史跡を巡り、郷土理解を深める。
④ 地域ノンフィクション本の購入や配布	大震災時の逸話や教訓などの本で地域に縁の深いものなどを購入。防災教育資料としての配布。
⑤ 津波記憶石建立への協賛	地域を挙げて津波の記憶石建立への取組みに対する協賛。
⑥ 祭り、地域イベントへの参加や協賛	伝統行事や地域イベントなどへの参加や応援および協賛。

6-3-3 地域行事への参画

地域には受け継がれてきた文化的な芸能や伝統行事があり、これらに参加・協力していくことも地域コミュニケーションを図るうえで重要な事項である。本協議会では、年間行事の中で敬老会、運動会、文化祭など、地域の要望に応じて参加してきた(写真-11)。

6-3-4 学校教育への理解と協力

吉浜道路の工事区域は大きく起点側の越喜来地区と終点側吉浜地区に分けられ、両地区ともそれぞれに歴史文化を持つ個性



写真-10 村上校長先生講演会



写真-11 地域と小・中学校合同運動会への参加

表-5 学校教育への協力活動

イベント	目的・テーマなど
① 模型実験(小・中学生) 橋やトンネルの構造原理・液状化(写真-12)	現場学習会にあわせて橋・トンネルの構造力学や災害のメカニズムなどを模型で体感してもらう
② キャリア学習・職業体験(中学生) (写真-13)	仕事の魅力を語るキャリアセミナーや実際の仕事を体験させて、仕事のイメージや職場の雰囲気も感じてもらう
③ 現地体感(中学生) (写真-14)	理科の教科にあわせて工事現場の切土掘削法面を使ったフィールドワークで地質学習
④ イベント招待(合唱・パフォーマンス)(小・中学生) (写真-15)	橋の連結式やトンネルの貫通式などのイベントにあわせて合唱やパフォーマンスを練習して発表
⑤ プレゼンテーション(出前講義)(中学生) 「トンネル貫通の感動について」	仕事上で味わえるやりがいや感動をテーマに経験者のプレゼンテーション
⑥ プレゼンテーション(出前講義)(中学生) 「記憶に残る写真の撮り方」	現場見学で写真撮影会を開催するにあたり、撮影技術を講習



写真-12 トンネル(橋)の力学模型実験



写真-13 キャリア学習セミナー



写真-14 切土法面を使った地質学習会

的な地域である。

両地区にはそれぞれ小・中学校がある。50～100人規模の小さな学校ではあるが、熱心に復興教育や防災教育活動がなされている。本協議会では現場見学を中心に工事のなかで学習素材になりそうな事柄をテーマにしてさまざまな形式で学校との協働を図った(表-5)。

協働の実践にあたっては、内容を充実させるため、ノウハウを先生方と一緒に考え、活動に反映させ実践した(写真-16, 17)。



写真-15 地域芸能大漁唄い込み



写真-16 見学会前の事前学習会(プレセミナー)

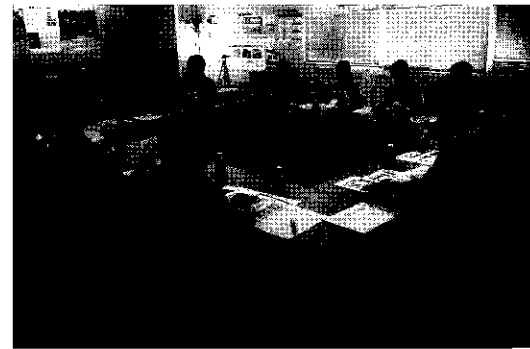


写真-17 学校職員を対象とした現場研修体験

6-3-5 協働の実践の発展的試み

工事の節目である橋梁の連結式やトンネルの貫通式には地域の方々と一緒になって喜び合えるような取組みを行った。トンネル貫通式を例にすると、貫通式典の内容を構想する段階から地域の代表や学校側と意見交換して、出席者や式典のアトラクション内容を一緒に考えた。アトラクションのなかで実施した「子供みこし」は小学生に実演していただいたが、事前に神輿を持ち込んだ練習(写真-18)をJV職員がリードするなどかわりあ



写真-18 準備・練習への指導・協力

いを大事にして行事を充実させた。また、現場見学会ではデジタルカメラの撮影技術の講習も加え、さらには外部写真コンテストへの応募のサポートをするなど協働の発展的な展開も組入れ、一つ一つの行事の充実化を図った。

6-3-6 協働の成果

吉浜道路工事では地域との交流が深まるにつれ、工事に対する声を、クレームではなく要望として聞くことができるようになった。具体的には地域の声を早い段階で察知できたり、建設技術に関する専門的な相談や質問などが寄せられたり、吉浜中学校のブログには工事の進捗写真やメッセージが載るなど、本地域における相互コミュニケーションが形成されてきた。また、橋の連結式典やトンネルの貫通式では児童・生徒たちが学校を挙げて参加し、地域のパフォーマンスや合唱などで式典を盛り上げ、工事の節目を喜んでくれた(写真-19)。

吉浜中学校での文化祭では津波防災を未来に伝えようと試みる演劇のなかで、トンネルの貫通のシーンが復興進展の象徴として演じられた(写真-20)。このような協働の進展は、工事関係者が地域の期待を直接感じ取ることによってコミュニケーションが深まり、地域の工事に伴う負荷に対する理解や協力につながって早期復興への好循環を生み出すベースになっている。

7 おわりに

本稿では、復興道路事業のリーディングプロジェ



写真-19 貫通式典に小中学生が参加



写真-20 吉中祭での演劇

クトとして進められた吉浜道路工事の施工概要やトンネル工事の特徴について報告するとともに、復興道路事業における地域協働を目指した現場の取組みについて紹介した。

また、発破騒音振動対策に用いた低周波吸音ボックス(BWE)は2013(平成25)年度土木学会環境賞を受賞した。

最後に、日ごろより事業の推進に協力していただいている大船渡市都市整備部建設課の皆様や吉浜地区、越喜来地区の地域の皆様と学校関係者の皆様に深く感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 谷川将規・三原泰司・西村晋一・阿曾利光・今津雅紀：低周波音吸音装置によるトンネル発破音の低減化検討，第42回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，pp.34-37，2014.1.
- 2) 西村晋一：トンネル発破低周波音の制御技術，「プラストウェイブ・イーター(BWE)」の開発，土木施工，Vol.56，No.1，pp.126-12，2015.1.

ICTを活用し早期開通を目指す

—国道115号霊山道路 セツ窪トンネル—

国土交通省東北地方整備局福島河川国道事務所長 永尾 慎一郎
 飛鳥建設(株)霊山道路トンネル作業所所長 水口 均
 飛鳥建設(株)霊山道路トンネル作業所監理技術者 藤田 圭一

1 はじめに

1-1 相馬福島道路の概要

相馬福島道路は、常磐自動車道と東北縦貫自動車道を結ぶ延長約45kmの高規格幹線道路であり、東日本大震災からの早期復興を図るリーディングプロジェクトとして位置づけられている。本道路の整備により、被災地と内陸部の連携が強化され、被災地の復興支援につながることから、早期完成

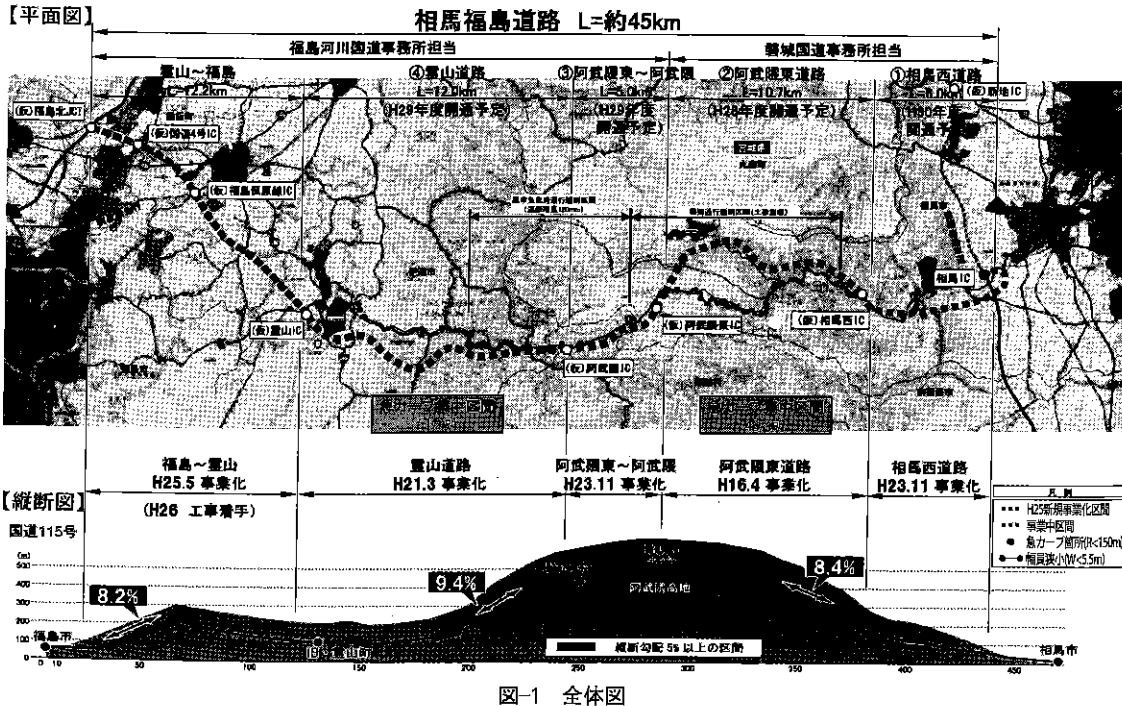


図-1 全体図

を目指し取り組んでいる。

相馬福島道路は、図-1に示すとおり、5つの区間に分けて事業を進めている。このうち、福島河川国道事務所では阿武隈東～阿武隈、霊山道路、霊山～福島^{りょうぜん}の3区間、約29kmを担当している。

現在、阿武隈東～阿武隈、霊山道路の区間においては、2017(平成29)年度の開通を目指し、改良工事、トンネル工事、橋梁工事を全面展開している。また、2013(平成25)年度に事業化となった霊

山～福島においては、設計および用地協議を進めており、2014(平成26)年度に着工したところである。

1-2 期待される整備効果

現在、福島県沿岸部の相馬市と内陸部の県都・福島市を結ぶルートとしては国道115号が主要経路となっており、東日本大震災では沿岸被災地の救助・救援活動などの重要な役割を担っていた。

一方、国道115号は線形不良箇所が多く、事前通行規制区間もある。2006(平成18)年には大雨による落石で約1か月間の全面通行止めが発生し、物流や観光など地域経済や地域の生活に大きな影響が出るなど、安全性や信頼性に課題を抱えている。

相馬福島道路の整備により、災害に強い交通・防災ネットワークが形成されるとともに、相馬市と福島市間の所要時間が60分から47分へと短縮される。これにより、地域間交流の促進をはじめ、福島市内の第3次救急医療施設への搬送時間短縮や安定搬送などの救急医療活動への貢献、内陸企業における相馬港を活用した輸送効率化による企業活動の活性化などが期待される。また、同時に整備を進めている東北中央自動車道(福島～米沢)とともに、太平洋岸と山形県を結ぶ新たな広域ネットワークを形成することとなり、地域間交流とそれに伴う経済発展なども期待されている。

以下に、現在、施工を進めている相馬福島道路のうち、福島河川国道事務所管内で最長となるセツ窪トンネルの施工について紹介する。

2 工事概要

2-1 霊山道路セツ窪トンネル

霊山道路12km区間にあるセツ窪トンネル(L=1,404m)は、2013(平成25)年2月に「国道115号霊山道路トンネル工事」として発注された3本のトンネルの中の1本で、現在、掘削、覆工作業が進められており、およそ半分にあたる724mの掘削が完了している。

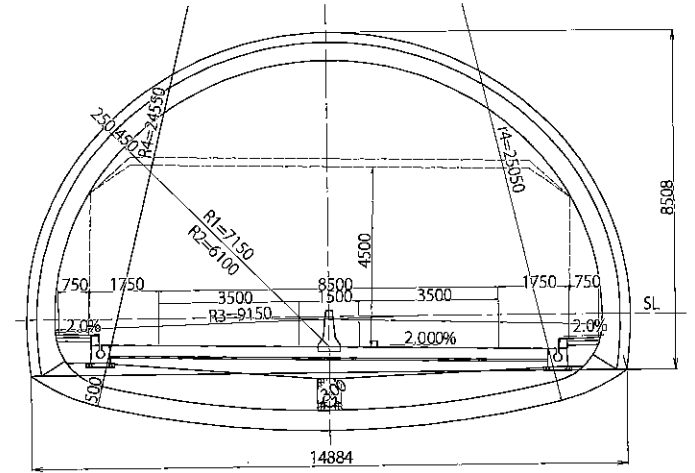


図-2 標準断面図(DIIIa)

2-2 霊山道路のトンネル工事概要

工事名：国道115号霊山道路トンネル工事
 工事場所：福島県伊達市霊山町石田地内
 工期：2013(平成25)年2月13日～2016(平成28)年3月7日(37か月)

主な内容：
 セツ窪トンネル L=1,404m(掘削、覆工)
 下り勾配4.0%
 宝直トンネル L=161m
 (覆工コンクリート)
 金弁蔵トンネル L=626m(掘削、覆工)
 上記3トンネルの坑門および附帯工事
 施工方法：発破によるNATM
 タイヤ方式
 トンネル断面：仕上り内空断面積 87.8m²
 (図-2)、幅員12.0m

3 セツ窪トンネルの地形・地質概要と工事の設計・計画

3-1 地形概要

セツ窪トンネルは、福島県から茨城県北部の太平洋側にかけて広がる阿武隈高地の北西部に位置している。トンネルから北東約5kmには霊山(標高約800m)の稜線が南北方向に連なり、起伏の富んだ地形を形成しているが、トンネル周辺は

おおむね標高150~350m程度の山間丘陵地が広がる。

山間丘陵地は浸食が促進された起伏が少ない地形となっているが、一部では浸食から取り残された残丘が標高400~600mの独立した丘として残っている。

トンネル周辺に流れる河川として、トンネル西側に阿武隈川支流の広瀬川が南北方向に流れ、北側には広瀬川に合流する石田川が東西方向に流れる。また、これら河川に合流する小規模の河川・沢が複数存在し、トンネル地表部にも存在している。

3-2 地質概要

トンネル周辺には、中生代白亜紀の花崗閃緑岩(飯館山花崗閃緑岩)が基盤岩として広く分布し、それに貫入する新第三紀の火山岩(玄武岩)が岩脈として点在する。

花崗閃緑岩の表層部は風化によりマサ化しているところが多く、トンネル坑口部周辺では地表面から約10m程度までマサ化している。一方、深部では硬岩レベルの硬質・塊状岩盤が分布する。

また、玄武岩の貫入箇所は、亀裂の発達や貫入境界部での粘土化が確認されている。

3-3 設計・計画

図-3にトンネル地質縦断図を示す。事前調査により、トンネル坑口部は起点・終点ともにマサ化した花崗閃緑岩が200~300m範囲で分布することが予想されているため、坑口部のDIIIaパターン以降も100m以上にわたりDIパターンが設計されている。

それ以降の一般部は、硬質・塊状の花崗閃緑岩が分布することが予想されているため、B・CIパターン主体の支保パターンが設計されている。

なお、両坑口部と弾性波速度の落ち込み区間の

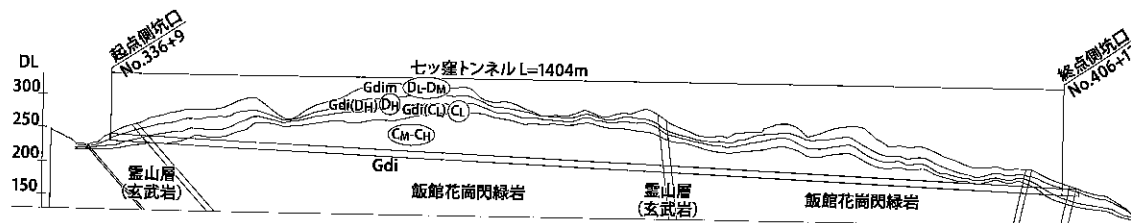


図-3 地質縦断図

計4か所については切羽前方探査を実施し、掘削に先立ち詳細な地山性状を把握することを計画した。

4 掘削状況

前述のとおり、トンネル掘削は2014(平成26)年11月時点で全延長の約半分を完了している。

そこで、本トンネルの代表的な地山である硬質・塊状岩盤と、マサ化した花崗閃緑岩が分布した起点側坑口、先進ボーリングを実施した弾性波速度の落ち込み区間の施工実績について説明する。また、弾性波速度の落ち込み区間で切羽に出現した白色粘土について、その対応を説明する。

4-1 節理が発達する硬質・塊状岩盤

本トンネル一般部の大半を占める花崗閃緑岩は、



写真-1 節理が発達する切羽状況

表-1 支保パターン比較表

Table with 4 columns: Support Pattern, Design (Total), Design (Actual), Design (Actual). Rows include B, CI, CII, DI, DIII, and Total.

地山等級B~CI級の安定した地山が想定されていた。しかし実際の地山は、数十cm間隔に割れ目(節理)が発達する地山となっている(写真-1)。

そのため、割れ目の多くが開口する箇所や、割れ目沿いに風化が進行している箇所では岩塊の抜け落ちなどが発生し、不安定な地山状態となっている。

割れ目の多くが平滑で、粘土や細粒分がほぼ全面に付着していることも、岩塊の抜け落ちの原因となっている。なお、設計時の懸念事項として、硬質な岩盤でも「節理に沿って岩盤密着度が悪い」可能性が想定されている。

このような割れ目の特徴があるため、支保パターンは鋼製支保工を用いるCIIパターンを多く採用している。現時点(2014(平成26)年11月)における支保パターンの設計・実績比較を表-1に示す。

B, CIパターン主体の設計であったが、掘削723.8mの実績ではBパターンが3.3%(24m)、CIパターンが23.8%(172.5m)、CIIパターンが47.3%(342m)となっている。

掘進長2mのBパターンでは、初期強度および曲げじん性を高めた吹付けコンクリートを採用し、局所的な岩塊抜け落ちを抑制する取組みを行っている。

4-2 マサ化した花崗閃緑岩が分布する起点側坑口

起点側坑口は、マサ化した花崗閃緑岩と貫入した玄武岩が分布し、頻繁に肌落ちが発生する切羽状態であった。

当初より切羽の不安定化が想定されていたため、天端には補助工法(注入式長尺鋼管フォアパイリング)を採用しながら施工した(図-4)。しかし、想定以上の変位(天端沈下)により、吹付けコンクリートやロックボルトに変状が発生した(写真-2)。

そのため、緊急対策として、増しロックボルト、上半脚部吹付けコンクリートを施工し、その後の施工にはウイングリブ付き鋼製支保工、上下半仮

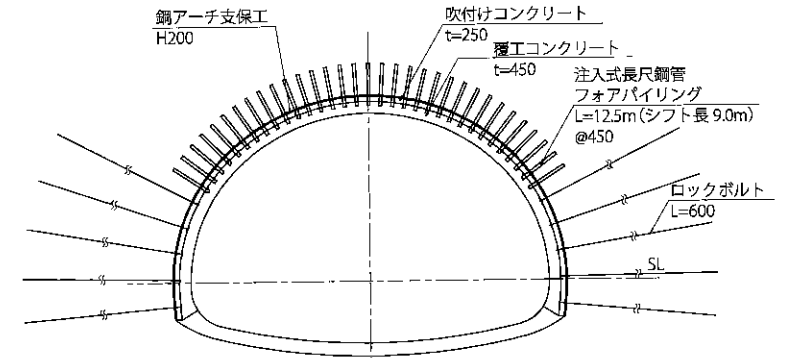


図-4 AGF施工時支保パターン図(DIIIa-1)



写真-2 吹付けコンクリートおよびロックボルト変状写真

インバートを採用した。変位は坑口区間の約30m範囲で発生し、インバートの施工により収束した。

地耐力が低いマサ化地山に、土かぶり相当の地山荷重が支保工脚部に作用したことが、変位増大の原因であると推定している。終点側坑口も同様の地山条件であるため、変位抑制対策を採用しながら施工を進める計画である。

4-3 弾性波速度の落ち込み区間

事前調査の弾性波探査により、弾性波速度の落ち込み区間が検出されていたため、事前に地山状況を確認するために先進ボーリング(L=98m)を実施した。

ボーリングはロータリーパーカッション方式のマシンを使用し、コアを採取した。採取したコアの写真とコア評価をもとに想定した切羽評価点のグラフを図-5に示す。コア評価は切羽評価点の評価項目である、「圧縮強度」「風化変質」「割れ目

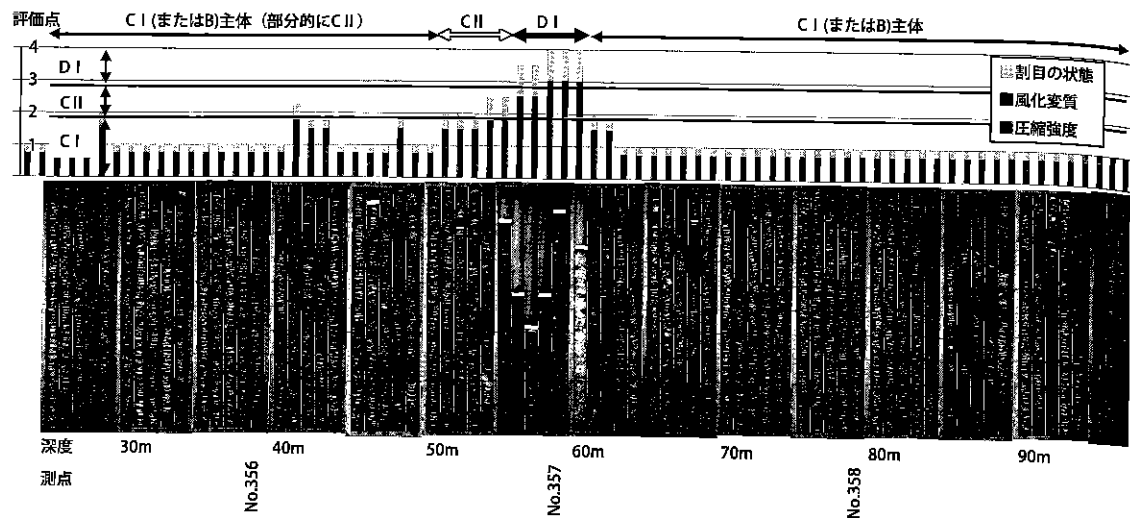


図-5 コア写真と評価点



写真-3 ディスキング現象

状態」の3項目を用いて実施した。

コアは厚さ1~2cmの円盤状に割れているため(ディスクング現象、写真-3)、「割れ目の頻度」「割れ目の形態」は評価項目から除外した。

評価の結果、粘土・土砂化した55~60m区間はDIパターン、その手前の風化した50~55m区間はCIIパターンの評価となり、それ以外の多くの箇所はCI~Bパターンの評価となった。

実際に採用した支保パターンは、粘土・土砂化区間はCII、それ以外の区間はCIパターンとし、ボーリングから想定した支保パターンとおおむね一致する結果となった。

コアで確認した粘土・土砂化区間では、厚さ2.0~0.5mの白色粘土層が切羽に出現(延長約15m)したが、切羽の不安定化や変位増加が発生しなかつ



写真-4 白色粘土層の切羽写真

表-2 白色粘土の試験結果

試験項目	試験結果
X線回折	膨潤性粘土鉱物(モンモリロナイト)を多く含む
陽イオン交換容量(CEC)	59.5mg当量/100g
粒度試験 2μm以下粒子の含有率	49%
浸水崩壊度	崩壊度D

たため、CIIパターンを採用した。

4-4 白色粘土の対応

前述の白色粘土層が出現した区間(写真-4)では、粘土層沿いにトンネル壁面から湧水がにじみ出し、一部の吹付けコンクリートにはクラックが発生した。

計測結果から大きな変位は発生していないことが判明していたが、粘土層の強度低下などに伴う変状発生が懸念された。そのため、白色粘土の性

状を確認する試験を実施した。表-2に白色粘土の試験結果を示す。

試験項目は、地山の膨張性を示す指標の中から4項目を選定した。試験の結果、白色粘土には膨潤性を示す粘土鉱物が多量に含まれていることや、水により急速に強度が低下することなどが明らかとなった。

これにより、現在、供用開始後も含めた長期にわたるトンネル構造体の機能維持を目的に、効果的な対策工を検討しているところである。

5 ICT(情報通信技術)を活用した施工管理効率化の取組み

東日本大震災の復興が加速化するなかで、建設労働者不足が深刻化している。

七ツ窪トンネルにおいては、品質や安全性を確保しつつ施工管理を効率化するために、近年急速に発展しているICTの活用した「見える化」に取り組んでいる。

5-1 現場全体における情報通信環境の整備

トンネル建設工事において坑内は携帯電話の電波が届かず、そのままではICTの活用が困難である。

そこで、トンネル坑内はもちろん、屋外ヤードなど、現場全体において、ICTのインフラとなる情報通信環境を無線LAN機器を利用して整備している(写真-5)。

このネットワークはインターネット回線を介して、遠隔地にある現場事務所や他のトンネルとVPN(Virtual Private Network)で結んでおり、現場事務所-トンネル間、あるいはトンネル間においても通信が可能である。また、IP電話機能も有しており、携帯電話の電波が届かない坑内においても通話が可能である。

5-2 職員位置の見える化

職員間の業務連携や災害発生時の対応など、それぞれの職員の現在位置の把握は施工管理の効率化、安全性の確保において重要である。トンネル

建設工事においては長細い構造で視認性が悪く、職員位置の把握が難しい。

本トンネル工事においては、それぞれ職員に無線LAN端末を所持させ、その通信電波を利用して職員位置をリアルタイムに把握するシステムを導入し、職員位置の見える化を実現している(写真-6)。

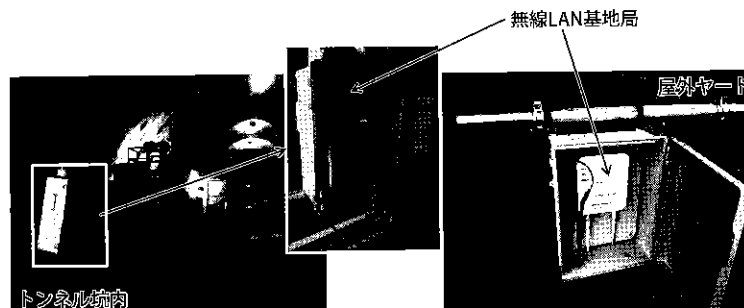


写真-5 無線LANによる情報通信環境の整備

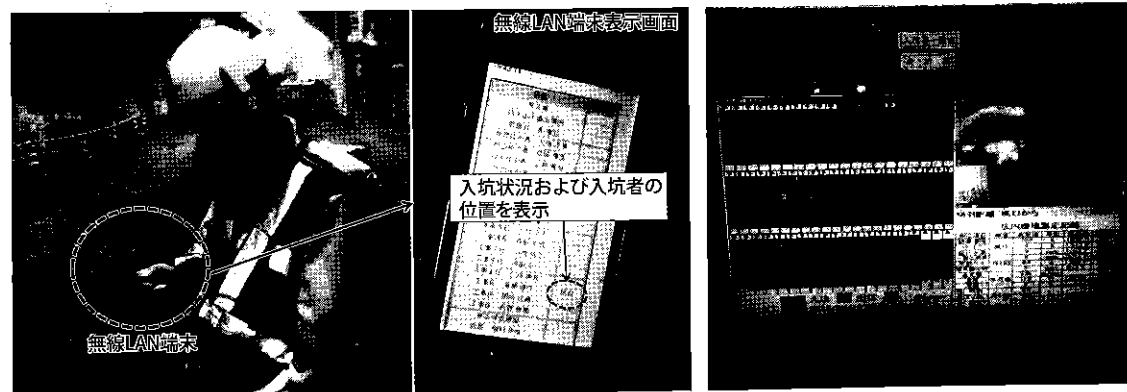


写真-6 無線LAN端末使用状況と位置表示状況

写真-7 入坑者一覧表示ディスプレイ

このシステムは、現場内のそれぞれの無線LAN基地局に対して、接続している無線LAN端末の所有者の情報を逐次取得することで、所有者がどの無線LAN基地局付近に存在するかを把握し、その情報を表示するものである。

この情報は、ネットワークを通じてどこでも確認可能である。また、坑口に設置している入坑者一覧ディスプレイとも連携しており、入坑者を自動的に検出・表示している(写真-7)。

5-3 現場状況の見える化

現場状況の見える化としてWebカメラはよく設置されている。ただし、Webカメラを使用するためには情報通信ネットワークが必要で、設置の労力の問題から、切羽など限定した場所への設置に留まることが多い。

本トンネル工事においては、現場全体において情報通信環境が整備されているため、設置の労力がほとんどない。現在、切羽や二次覆工打設位置など6か所にWebカメラを設置し、現場全体の現場状況の見える化を実現している(写真-8)。今後も工事の進行にあわせ増設する予定である。

カメラ映像は現場事務所の大型モニタ(写真-9)や職員の無線LAN端末(写真-10)など、どこでもリアルタイムに確認可能である。

5-4 二次覆工コンクリート打設状況の見える化

二次覆工コンクリートの打設管理は覆工品質を確保するため

に重要な管理項目の一つである。

本工事においては、ICカードを利用したコンクリート打設管理システムを適用し、コンクリートの打設状況の見える化を実現している。



写真-8 Webカメラ設置状況



写真-9 カメラ映像の大型モニタによる確認状況



写真-10 カメラ映像の無線LAN端末による確認状況



写真-11 システム適用状況

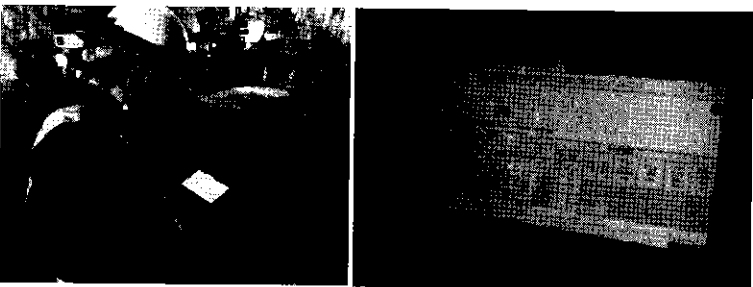


写真-12 打設管理システム表示画面の一例

本システムでは、アジテータ車ごとにICカードを配布する。また、プラントおよび打設位置にICカードリーダを設置する。

アジテータ車ごとに、コンクリート製造時や、打設開始・終了時にICカードをリーダで読み取らせると(写真-11)、その情報がネットワークを介してサーバに送信される。

サーバで情報がとりまとめられ、生コンクリートの出荷状況やアジテータ車の運行状況、製造からの経過時間などを、Web上でリアルタイムに情報を共有でき、これにより打設状況の見える化している。

現場およびプラントにて状況が共有(写真-12)できるため、アジテータ車出荷間隔の調整やトラブル発生時対応をスムーズに行うことが可能となっている。

6 おわりに

本稿では、復興支援道路として位置づけられ、現在、全面展開されている相馬福島道路の多くの工事のうち、その一つとして、七ツ窪トンネル工事における地質の特徴と施工管理の工夫について報告した。

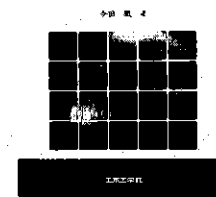
相馬福島道路は地元の方々、自治体および関係各位のご協力・ご支援により急ピッチで進められている。

このような重要性・緊急性をもつ事業の一端を担うものとして、地域の皆様の協力に感謝するとともに、福島県の復興、発展のためにも早期完成に向けいっそうの工事進捗を図っていきたく思っている。

山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著

B5判 183頁 上製本 本体価格3,200円 円350円



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

主要目次

山岳トンネル技術の要素と変遷/トンネル掘削による周辺地山の挙動/岩石の特性/トンネルと地質/トンネルの線形/断面の設計/支保構造物/吹付けコンクリート/ロックボルト/鋼アーチ支保工/覆工/切羽の安定/掘削工法・掘削方式の選定/併設トンネルの設計/特殊地山/坑口の設計/環境対策

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

突発湧水に挑んだトンネル施工と仙人峠道路が震災で果たした役割

—国道283号仙人峠道路 新仙人トンネル—

国土交通省東北地方整備局三陸国道事務所調査第一課長 成田 信太郎
鹿島・間・青木特定建設工事共同企業体 國谷 光 弘

1 はじめに

東北横断自動車道釜石秋田線「仙人峠道路」は、岩手県遠野市上郷町と同県釜石市甲子町を結ぶ延長18.4kmの自動車専用道路である。

岩手県内陸部～沿岸南部間の時間短縮はもとより、安全性の向上や釜石港を利用した物流拡大などを担う道路として、2007(平成19)年3月18日に開通した。



図-1 位置図

2 工事概要

急峻な仙人峠の急勾配、急カーブを克服するため、延長の約6割をトンネルと橋梁が占める。このうち新仙人トンネルが延長4,492mと最も長いトンネルである。

2002(平成14)年10月に貫通した新仙人トンネルの施工における特徴は以下のとおりであった。

- ① 約45°の急峻な地形に坑口ヤードとして作業構台を構築し、釜石市側から遠野市側へ片押しで掘削。
- ② 調査坑(将来は避難坑)と本坑を並行して掘削し、調査坑はレール方式で、本坑はタイヤ方式でずり運搬を実施。
- ③ 調査、設計の段階から石灰岩層部での溶食空洞の出現および突発湧水が懸念。

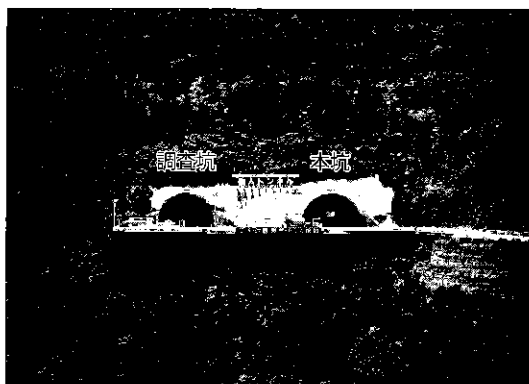


写真-1 釜石市側坑口状況

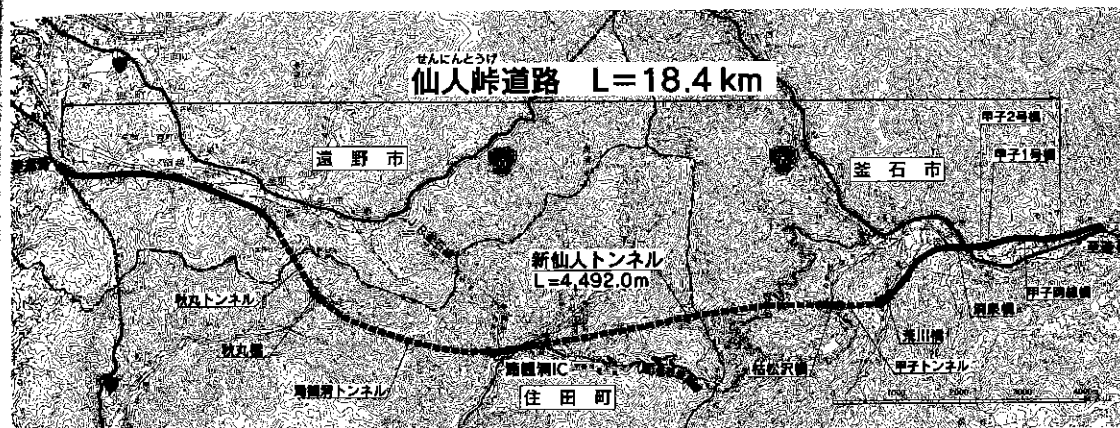


図-2 東北横断自動車道釜石秋田線「仙人峠道路」

表-1 工事諸元

工事名	仙人トンネル工事
工期	1997(平成9)年9月9日～2009(平成15)年12月25日
施工者	鹿島・間・青木特定建設工事共同企業体
延長	4,492m
規格	道路規格 第1種3級

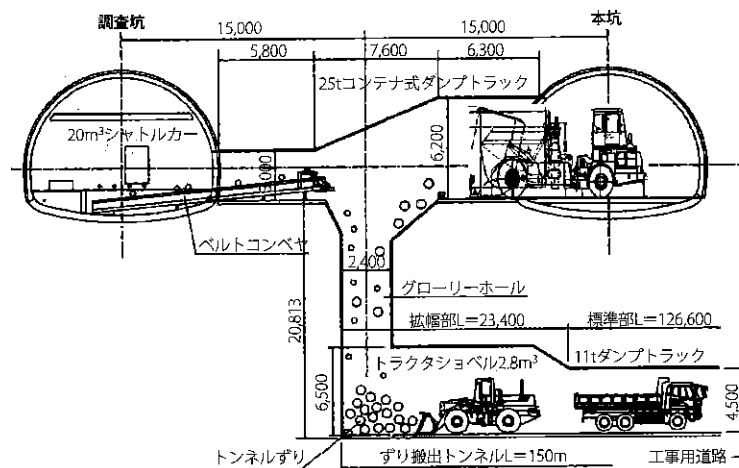


図-3 ずり出し要領図

2-1 グローリーホールによるずり出し

作業構台上で軌道車両やずり出しダンプトラックの走行をなくし安全性を高めること、本坑と避難坑から同時に搬出される多量の掘削ずりを集約して仮置きし二次運搬業務の効率化を図ることなどを目的として、坑口から45mの地点にグローリーホールおよび既設工事用道路へ取付けるずり搬出専用トンネルを構築した。

2-2 溶食空洞の出現と突発湧水

空洞出現による掘削進行に及ぼす影響を最小限にするため、空洞および地質脆弱部の把握を最優先に次の対策を実施した。

- ① 長さ40m程度のモニタリングをドリルジャ

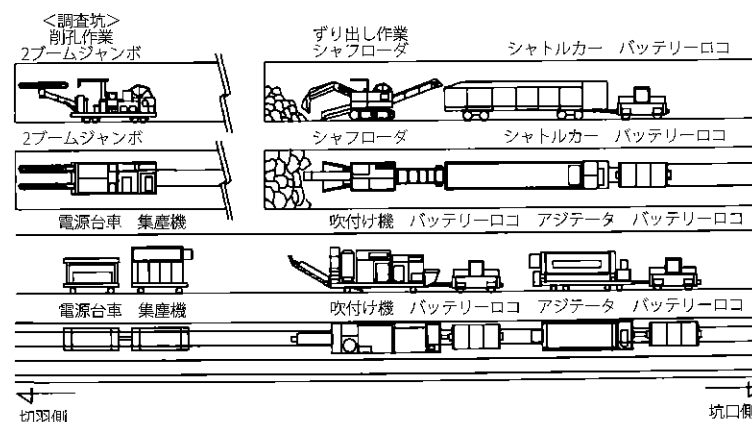


図-4 調査坑施工要領図

- ② 掘削盤の下方への長さ3m程度の短尺探りボーリングを毎切羽実施。

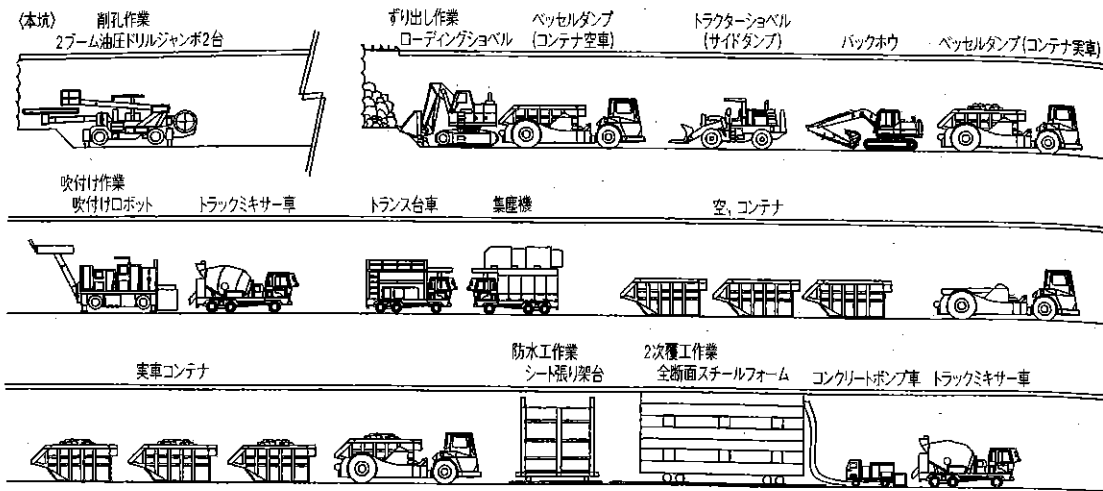


図-5 本抗施工要領図

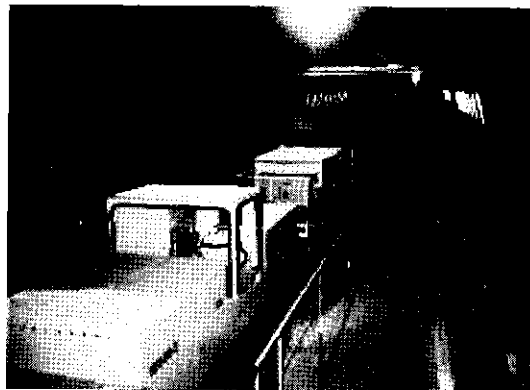


写真-2 調査抗ざり出し状況

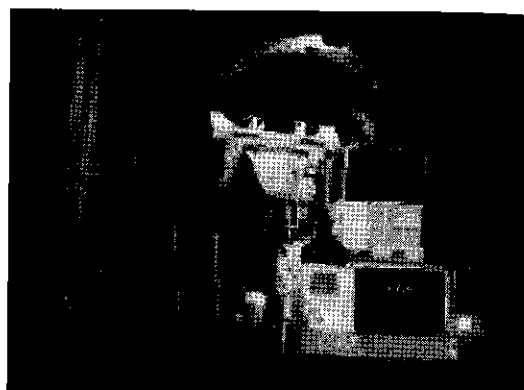


写真-3 本抗ざり出し状況

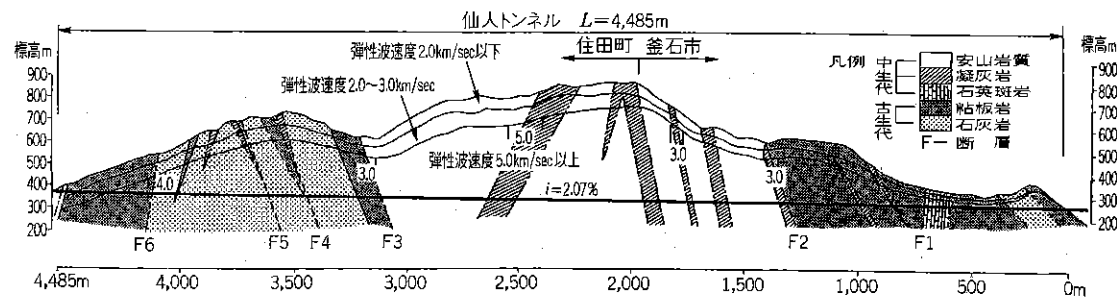


図-6 地質縦断面図

③ 反射トモグラフィによる3次元前方探査の実施、地形測量などを実施した。

掘削の結果、ある程度の大きさを持つ空洞が5か所出現し、第1洞から第5洞と命名した。そのうち、第1洞から第4洞については、ケービングクラブ(洞穴学研究所)に調査を依頼して洞内環境、

第4洞の掘削時には70t/minの突発湧水が約3時間にわたり出水し、流出土砂が切羽から約30m間に堆積したが、掘削盤より約50cmの水深で自然流下したため、作業員、機械などは無事であった。

3 東日本大震災時に果たした役割

2011(平成23)年3月11日14時46分、宮城県沖を震源とするマグニチュード9.0の東北地方太平洋沖地震により、三陸沿岸をはじめ太平洋沿岸部に巨大津波が襲来し、甚大な被害をもたらした。この津波により、津波ガレキ堆積や道路流出で、国道45号をはじめ主要幹線道路が寸断され、沿岸部の各地が孤立した。

3-1 「くしの歯」作戦の決行

「くしの歯」作戦とは、内陸部を南北に貫く東北縦貫自動車道と国道4号から、「くしの歯」のように沿岸部に伸びる何本もの国道を、救命・救援ルート確保に向けて切開く作戦のことである。

東北地方整備局では、東日本大震災当日の3月11日に、このくしの歯型救援ルートの設定を決定し、内陸部の花巻市から沿岸部の釜石市へ通る国道283号・仙人峠道路をそのルートの1つとして、地震被害の確認と復旧対策立案を進めた。

3-2 仙人峠道路に求められた機能と被災状況

このように、仙人峠道路は啓開作業のための現地入りルート、応援・支援助物資輸送、ボランティア活動など復旧・復興支援のための現地入りルートとして重要な位置づけがなされた。

三陸国道事務所では、発災後、ただちに道路パトロールを開始して状況確



写真-4 国道45号釜石市松原地内の状況

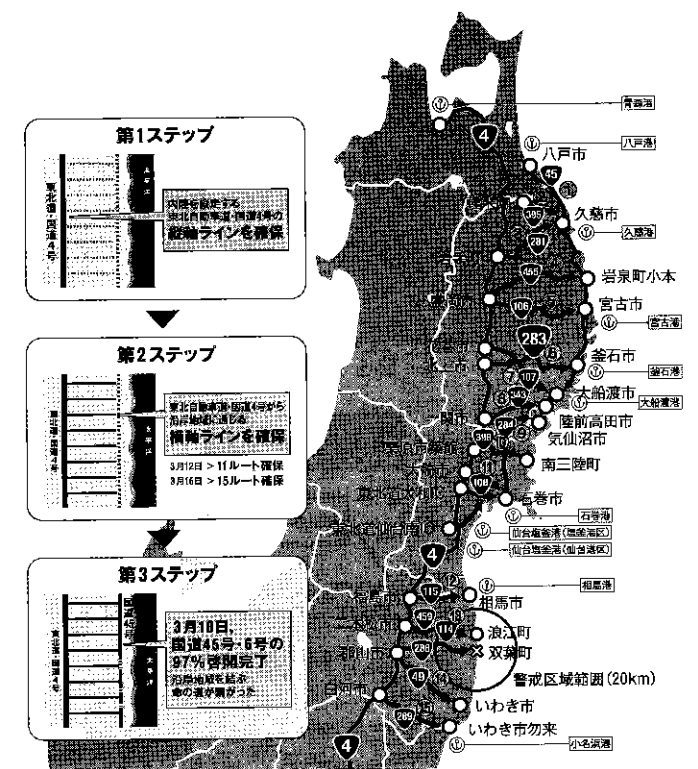


図-7 「くしの歯」作戦の概要



写真-5 甲子跨線橋の被害状況(路面状況)



写真-6 甲子跨線橋の被害状況(橋台背面沈下)



写真-7 復旧完了状況

認を行った結果、甲子跨線橋において橋台背面の沈下による被災が確認されたが、新仙人トンネルをはじめ、他の構造物に損傷はなかった。そのため、震災当日夜より橋梁踏掛板および舗装の復旧作業を開始し、翌日に復旧作業を完了した。

3-3 仙人峠道路が果たした役割

仙人峠道路の復旧により震災発生翌日から緊急車両の走行が可能となり、遠野市に設置された

「後方支援活動本部」から、被災地への人や食料、物資などの移動を支援する道路として活用された。

(1) 釜石市街地の迅速な啓開作業着手を支援
津波により甚大な被害を受けた釜石市街地の啓開作業のため、仙人峠道路が重機などの輸送路として使われ、震災発生から丸2日も経たない3月13日早朝からの啓開作業着手が可能となった。

【岩手県建設業協会などの活動実績】¹⁾

- ツメ付きバックホウ 4台
- ローダ 5台
- ダンプ 10台
- 重機オペレータ、職員など

(2) 遠野市から沿岸被災地への移動を支援

仙人峠道路が復旧した3月13日から、釜石市への救援物資の

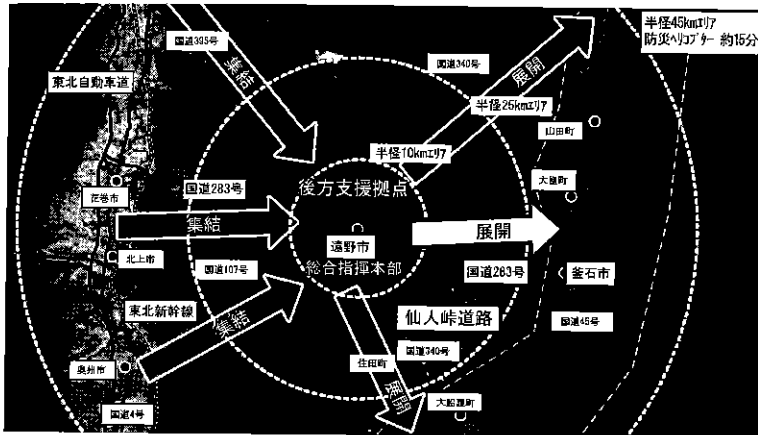


図-8 支援経路図¹⁾

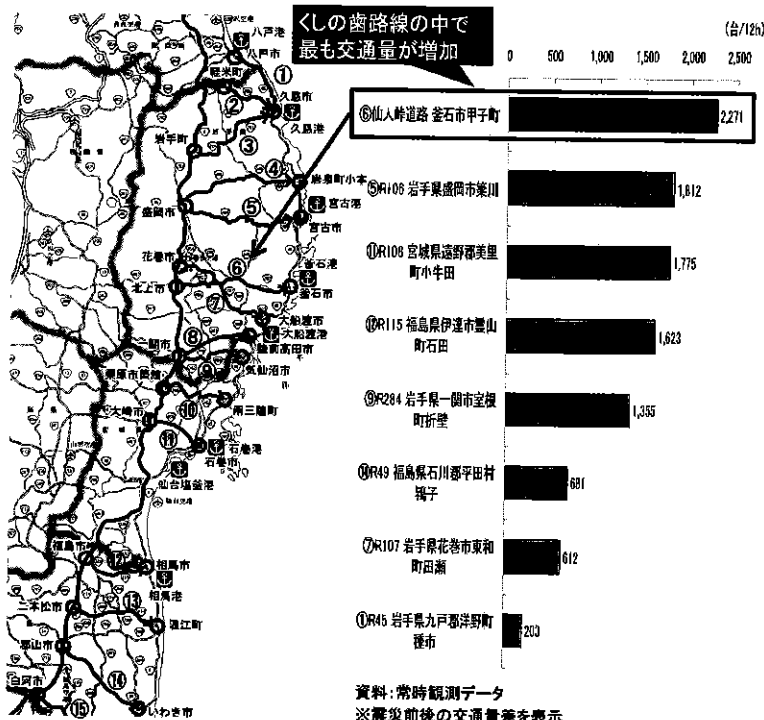


図-9 くしの齒作戦ルートと増加交通量

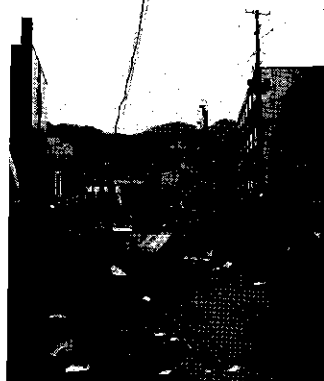


写真-8 釜石市内での啓開作業状況(1)²⁾

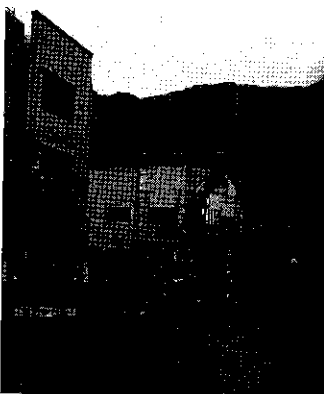


写真-9 釜石市内での啓開作業状況(2)²⁾

表-2 遠野市の救援物資受入れ状況¹⁾

【全国の自治体からの救援物資提供】全国44市町村	
主な救援物資の受入れ状況	米(1袋10kg換算)6,400袋
	水・飲料(2L)12万8千本
	衣類・寝具など17万8千枚
	食料16万6千箱
物資センターの状況(2012年6月末閉鎖)	仕分け作業など従事者数のべ 3,784人
	直接搬出利用世帯数のべ 20,355世帯



写真-10 遠野運動公園に集結した自衛隊

表-3 遠野市からの救援物資輸送状況¹⁾

【被災地への救援物資の搬送】250回	
主な救援物資	
おにぎり14万個	燃料(1缶18L)3,500缶
衣類・寝具など12万5千枚	米(1袋10kg換算)3,800袋
水・飲料(2L)10万6千本	食料11万箱

震災から4年が経過した現在、沿岸を離れ内陸部の仮設住宅で生活している被災者や、地場産業である水産業、製造業、観光業の復興を支えるという役割、また、有事の際の防災機能としての役割など、果たしていく役割は大きい。

参考文献

- 1) 遠野市総務部沿岸被災地後方支援室：遠野市後方支援活動検証記録誌，pp.39-145，2013.9.
- 2) 岩手県建設業協会遠野支部：遠野の思いをつなぐ，pp.6-31，2014.1.
- 3) 鹿野島秀行・小山茂・伏谷永次・柴田利明：急傾斜の坑口から長大トンネルを高速施工，国道283号仙人トンネル，トンネルと地下，Vol.34，No.2，pp.27-36，2003.2.

搬送が開始された。そのほか、燃料輸送(3月16日釜石市へ灯油280L)、避難者受入れ、災害ボランティアや各種職員派遣隊の移動などを支えた。

4 おわりに

東日本大震災後、東北横断自動車道釜石秋田線は新たに17kmが事業化され、内陸部の花巻市と沿岸部の釜石市が高規格道路で結ばれる。

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]
工学博士 石井康夫 著

理学博士 石井康夫 著
A 5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



「北のウォール街と呼ばれた郷愁の街」小樽より

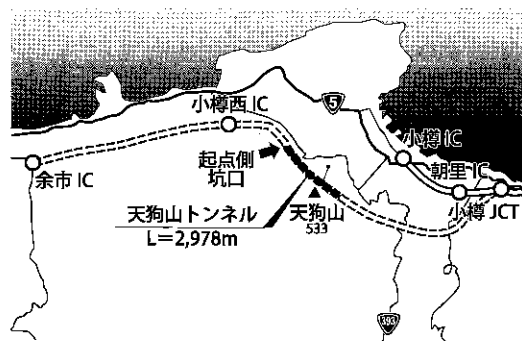
海老子川 啓

小樽は札幌の北西約35kmに位置する北海道を代表する観光地である。古くはニシン漁の中心地として、また開拓時代以降は北海道における政治・経済の中心地である札幌の外港として開かれた港町であり、北海道でいち早く近代文化が流入し、北海道経済の窓口として発展してきた。往時の面影は運河沿いに並ぶ石造り倉庫群や、北のウォール街と呼ばれた当時の歴史的建造物群に偲ぶことができる。このような経済的繁栄を背景に、文学・美術などの文化面においても才能に溢れた人たちが全国から集まり、その才能を競い合い、その中から伊藤整、小林多喜二、小田観策をはじめおおぜいの優れた作家が生まれていった。

さらに小樽は石原裕次郎が3～9歳までの幼少期を過ごした街としても知られている。それが縁で開設された石原裕次郎記念館には主演した映画セットの再現や愛車、衣装などが展示され、裕次郎の魅力を満喫できる場所となっている。

小樽港は大型客船によるさまざまな周遊クルーズの寄港地にもなっている。なかでも最大級のダイヤモンド・プリンセスが入港した際などは、港の中に巨大なビルが突如出現したようで港の景色が一変する。

当トンネルの名前にもなっている天狗山は、小樽市の中心部より南西に位置する標高約530mの小樽のシンボリックな山である。スキー場にもなっており、山麓から山頂間はロープウェイで結ばれている。山頂の展望台からは、昼は小樽の町並み、小樽港、積丹半島、暑寒別連峰などが一望でき、夜ともなれば宝石を散り



位置図



天狗山トンネル見学会

ばめたような夜景を一望できる。札幌の藻岩山、函館の函館山と並んで北海道の三大夜景と呼ばれている。

天狗山トンネル工事は、北海道横断自動車道(余市～小樽JCT)のうち、(仮称)小樽西IC～(仮称)小樽JCT間に位置する延長2,978mの工事である。地質は含軽石火山礫凝灰岩が主体であり、機械掘削方式によるNATMで施工している。ちなみに軽石凝灰岩は小樽軟石と呼ばれ、市内に点在する多くの歴史的建造物の外壁材として用いられている。採掘した当時の石切り場跡は現場近傍でも見ることができる。2013(平成25)年5月に掘削を開始し、2014(平成26)年12月末現在、約1,200mまで掘削が進んでいる。ずりの搬出に連続ベルコンを採用しているため、坑内走行車両による排気ガスが低減されるとともに、ダンプトラック走行による坑内路盤の劣化も大幅に抑制されている。さらに覆工コンクリートの施工にさいしては28日間連続して湿潤養生を行うシステムを導入して高品質化を目指している。

当トンネルは見学者・視察者が多く、先日1,000mの掘削を終えた時点でその数は1,000名を超えた。そのほとんどが5～10月の6か月間に集中していたことから、案内・説明役となる副所長を中心としたスタッフは準備や対応に大忙しだった。竣工までの無災害工事と3,000人の見学者・視察者迎え入れ達成を目標に全従業員が一丸となり安全施工に邁進している。(安藤ハザマ・佐藤工業JV天狗山トンネル作業所長)

第六十三回 語り継ぎ 言ひ継 行か



継ぐ

(元)清水建設(株) 木内

勉

はじめに

私は、今までにここに登場された、そうそうたる現場の大先輩の方々とは少し違った経歴であり、このような名誉ある連載に登場してよいか躊躇しました。しかし、日本のトンネル技術は、現場のみならず、発注機関、学会、研究機関や技術協会など多くの人や組織に支えられて、進歩・発展してきたと思っています。私は清水建設で現場とそれを支えるスタッフの両方を経験し、また建設会社以外の多くのトンネル関係者の皆様とも交流させていただき、その支援を得ながらトンネル技術の進歩の一端を担ったという多少の自負もあります。そんな想いから、自分の経験とそのとき何を感じたかを語ることで、これからの日本のトンネル技術を支える若い人たちの一助となればと思い、筆をとることにしました。

私は1972(昭和47)年4月に清水建設(株)に入社し、2013(平成25)

年3月までの41年間在職しました。その間に、以下のように大きく分けて3つの経歴を積みました(詳細は経歴表参照)。

- ・トンネル工事を中心に現場の施工を担当した期間
- ・トンネルを離れ、全く未知の環境と技術に挑戦した期間
- ・トンネル部署の技術スタッフとして本社に復帰し、営業と現場を支援した期間

その41年を振り返り、印象に残っていることを記してみたいと思います。

山陽新幹線 富田トンネル落盤事故

■なんとなく異様な感じ

1973(昭和48)年6月5日の夕方、「山鳴りがする」という坑内からの連絡が入り、主任と坑口から1,645mの切羽に向かった。切羽は湧水もなく、「一の方」の作業員による最終発破を終え、ずり出しも完了し、ジャンボ削孔機を前進させたり支保工建込みの段取り



1983(昭和58)年 研修後半のザ・ガイザーズMSRプロジェクトサイトにて、左が筆者

著者略歴	
昭和47年4月	清水建設(株)入社 山陽新幹線富田トンネル工事 山陽新幹線第2桜谷トンネル工事
昭和50年7月	山口県企業局厚東川工業用水道事業送水トンネル建設工事
昭和52年9月	中国電力(株)水封式岩盤地下タンク岩国地点地質調査 中国電力(株)水封式岩盤地下タンク井島地点地質調査
昭和55年1月	鳥取市都市計画事業洪水調整用公共下水道開削トンネル新設工事
昭和56年7月	技術開発本部ロックエンジニアリング部 米国で大深度ホーリングの調査・研修 国内で大深度ホーリング現場中心に技術指導
平成元年1月	土木本部技術第二部トンネルグループ(現場・営業支援) トンネル現場の技術支援 トンネル案件の営業支援 大規模地下空間の技術開発 二井宿トンネル(TBMφ2.3m)計画・技術指導 JR東日本(株)ハッ場トンネル(TBMφ6.88m)計画・技術指導 八王子城跡トンネル(リーミングTBM)計画・技術指導 日本セメント石灰石搬送用土佐山トンネル現場支援 既設トンネルの拡張工法の共同開発：国総研土木研究所 北陸新幹線峰山トンネル技術開発 大深度トンネルの分岐合流技術の開発 複合動的注入技術の開発 超々微粒子セメントグラウトの開発
平成25年3月	清水建設(株)退社
現在	(一財)エンジニアリング協会 地熱プロジェクト推進室副室長地下開発利用センター主幹

などをしてきた。

これが「山鳴り」か、入社2年目の私には、遠くで雷が鳴る音のように聞こえた。しかしその意味するところは知る由もなかった。間もなく、切羽から10m後方までの矢板が折れはじめ、支保工の変形・座屈が始まった。とはいえ、この現場の矢板の折損や支保工の座屈現象は初めてではなく、小崩落も何回か経験しており、そのつど、補強枠を建込んだり、一次覆工を行って難を逃れてきた。それまでも不良地山の程度に従い、側壁導坑先進工法、底設導坑先進工法と地山に合った工法を採用し、工程確保に努めてきた。

『ひかりは西へ』。岡山～博多間

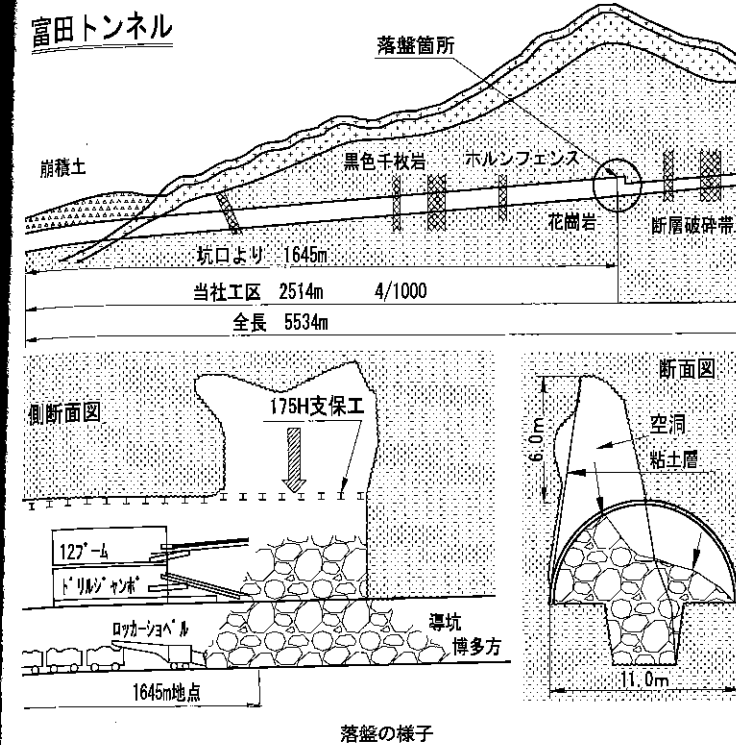
の開業日は決められていた。しかし、この時点の現場の工程的な状況は、工期は10か月遅れ、工程進捗が最大の課題であった。導坑貫通をやり遂げたばかり。現場職員は上部半断面の「月進300m」を目指し、全員の士気も高まり、意気盛んになっているときだった。

したがって、今までのように補強の手を打ちながら掘削進行を止めずに行く指示が出るものと思っていた。しかし、切羽点検中の主任と世話役は「なんとなく異様な感じ」を持った様子が窺えた。その後の先輩の指示は見事であった。機械類を後方に待機させ、「二の方」の作業着手を中止し、切羽後方の安全な地点に待避させ、国鉄

事務所など関係先に報告をした。しばらくしていると、「山鳴り」もおさまった感じなので、とりあえず、切羽後方部分の補強をすべく態勢に入った。そのとたん、20時50分、耳をつんざく大音響もろとも、約400m³の大岩塊が大崩落した。一瞬にして支保工を押しつぶした。岩石は一つで10m³もある大塊であった。

もしあのとき……作業員がいたら、全員の命も一瞬にして消え、ジャンボ削孔機もめっちゃめっちゃになっていた。もしあのとき……「これぐらいなら大丈夫」と作業を続け、あるいは退避の判断を誤ったら、落命という大災害を回避できた

富田トンネル



落盤の様子



富田トンネルでも採用された底設導坑先進上部半断面工法

自身の幸運を喜ぶと同時に、「経験と馴れ」を過信してはいけないこと、それと同時に、主任と世話役の見事な判断。「自分はいつになったらこのような判断ができるようになるのか」を思い知らされる大崩落事故であった。

■事故の教えるもの

H形鋼支保工は仮設なり

山陽新幹線岡山～博多間の工事では、ほとんどのトンネルで、H形鋼の鋼アーチ支保工と矢板を使用するようになり、落盤・崩壊による事故は、1961(昭和36)年ごろ

に比べ1/10程度に減っていた。1961(昭和36)年当時は、木製支保工やレール支保工が用いられていたが、H形鋼による支保工が一段と優れていることが大きな要因をなしている。しかし、H形鋼支保工も過信すると、大変なことになることをはっきり教えるものだった。

トンネル技術者三大訓

トンネル担当者は、同じトンネルの中を、毎日往ったり来たりし、同じ坑内環境で、同じ作業をくり返している。したがって、ややもすれば、大事をうっかり見逃し、あるいは過信したりしがちになる。

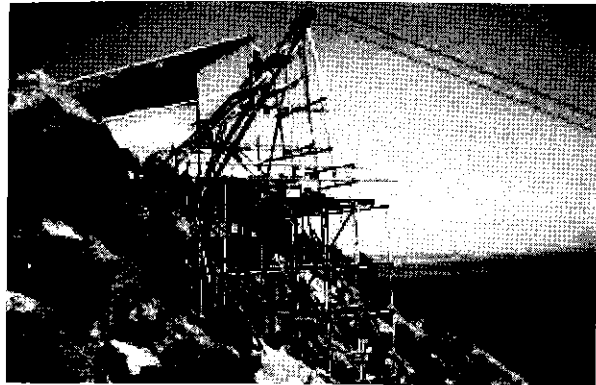
H形鋼支保工に当たり(押さえ)がついていなくても、「ここは岩も堅いから大丈夫だろう」と勝手な自己判断をしがちになる。それが重大事故を引き起こす原因になる。

古くから先輩たちから言い伝えられたトンネル精神訓はたくさんある。この落盤事故を通して思い浮かんだ、三つの精神訓をあげておく。

- 一. 石硬くとも山堅しとは限らない
- 二. 山のゆるみは、気のゆるみ
- 三. 押さえなき支保工、草のごとき

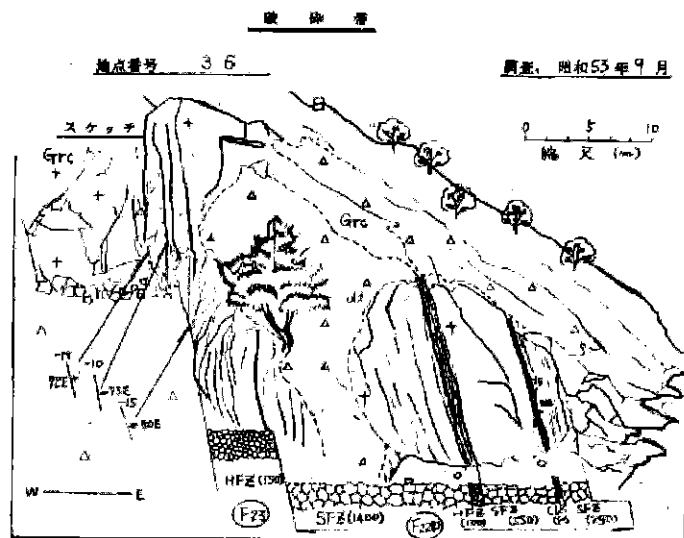
井島で学んだ岩盤分類

1977(昭和52)～1980(昭和55)年にわたり中国電力(株)の岩盤地下タンク地質調査工事に従事した。石油の岩盤地下タンクの適地選定の地質調査であった。電力中央研究所のご指導のもと、山口県から

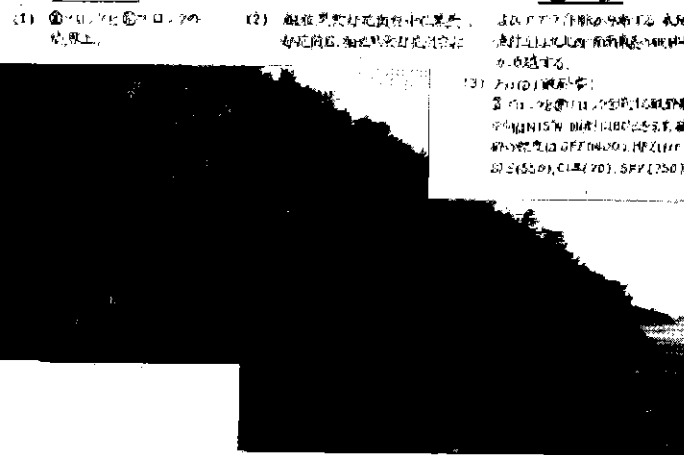


島内に索道を張り巡らし、同時に13か所でボーリングを行った

岩盤地下タンク井島地点地質調査工事（二次）



写真



地表踏査による破碎帯の調査スケッチ

岡山県にわたって瀬戸内一帯の地表踏査を行い、最後に香川県井島地点に的を絞り、島内の海面下100m付近の岩盤性状と岩盤地下タンクの可能性を検討するため、島内の1.5km×1.5km範囲を選定し、13か所で調査ボーリングと十数項目の岩盤試験を実施した。コアボーリングの総延長は約3,000mとなった。

岩盤等級の判定は、のちに京都大学教授となられた菊地部長が定期的に来られ、直接行われた。私を含め2人の現場職員は、最初は菊地部長の言われるままに、岩盤等級と注釈を野帳に書き取っていた。事前に実施済の地下水圧や透水係数・坑内載荷試験と照らし合わせながら、これがB判定か、これがCL判定か、これが破碎帯かと実地訓練を受けた。

とくに破碎帯はトンネルの配置計画と密接に関係し、地表部との関連性もチェックするため、地表踏査をくり返すことが多かった。2年目になるころには、われわれが予備判定を任せられ、菊地部長が修正するようになっていた。現物を見て、ハンマーでたたき、手で触り、地表で確認しながら徹底した地質調査・岩盤等級判定の訓練を受けた。

現場で感覚として体得した岩盤判定の基準は、その後どれほど役に立ったか計り知れないものがあった。35年を経た今でも脳裏に焼付いている。

現在のトンネルの計測などは自動化され、データは直接パソコンに取り込まれて整理される。計測

の数値をパソコンに取り込んだらそれで完了となっていないだろうか。「数値のささやき」が感覚で理解できることは現場技術者の基本と思う。

なお、このときの成果品である岩盤地下タンクの技術指針が、国家備蓄プロジェクトの菊間実証プラント、串木野・菊間・久慈の原油備蓄基地、最近完成した波方・水島のLPG備蓄基地建設の基礎となった。

3,000mの大深度ボーリングで学んだ米国の現場運営の考え方

昭和50年代、わが国では地下3,000m付近に賦存すると考えられる安定的な地熱エネルギーを採取する目的で、大規模深部における地熱開発が進められようとしていた。当時、清水建設はこの分野に対し、早くから着目していた。しかし、全くバックグラウンドのない会社が地熱分野に参入するには、どういったかたちで参入するのがよいか。また、技術導入を行う場合にはどういった方法を取るものがベストなのか。今後の方針決定の一助とするため、米国で地熱研修調査をすることとなった。

研修先は、地熱開発プロジェクトを事業者の代行として進めている、カリフォルニア州Santa ClaraにあるSAI ENGINEERS INC.であった。研修員は機械技術者1名と土木出身の私の2名であった。前半の4か月は、世界最大の地熱発電地域である同州のザ・ガイザーズ地域で進めようとしているプロジェクトについて、その構成や事

業計画、プロジェクトの進め方、リスクの取り方、事業資金の手当て、掘削業者の選定、スーパーバイザーの選定、掘削計画、見積りなどを学んだ。後半の3か月は、ザ・ガイザーズで始まる3,000mの掘削現場での研修であった。

当時、国内の3,000m級の地熱井は、掘削費10億円、工事期間1年が常識となっていた。一方、米国では掘削費5億円、工事期間は3か月が常識となっていた。なぜこの差が生じるのか、技術の差異の把握と原価分析が中心の研修となった。

最初に理解できなかったことは、現場の作業員がとにかくよく働くこと。彼らはDay Rateで契約している。彼らの所属するDrilling会社もDay Rateである。日本の常用工事と同じ契約である。1日24時間3交代、食事の時間もハンバーガーを頬張りながら仕事を続けるのである。「なぜそんなに一生懸命働くのだ？ 1日いくらだから、もっとゆっくり工事を進めれば、お金をもっと楽に稼げるのではないか？」の質問に、彼らはいつこう答えるのである。「セーブマネー、Mr.Kiuchiお前の考えは間違っている」と。



1982(昭和57)年 研修前半の研修場所のSAI ENGINEERS INC.にて。右が筆者

管理会社が行っているデータからビットの摩耗状態を想像し、ビット交換のベストタイミングを図るのである。自分の判断基準を持っているのである。

スーパーバイザーにも「なぜ、そんなに一生懸命働くのだ？」と聞いた。返答は「セーブマネー」作業員と一緒にあった。

返答の理由は評価基準にあった。「あいつに頼むと、あの掘削会社に頼むと、つねに計画より早く・安く・品質も良く仕上げてくれる」。事業者やエンジニアリング会社は、スーパーバイザーや掘削会社を選定するとき、このことを最重点に審査している。

スーパーバイザーや掘削会社(作業員)は、予定工期、予定コスト内で仕上げなければ、次に注文が来ないのである。日本のゼネコンでは、予定コストで仕上げたかより、請負金の増加が所長の評価に影響することが多い。また発注側は、そのデータを次の工事発注の評価基準には入れておらず、担当した技術者よりも会社の実績で判断する。米国と日本の決定的な考え方の違いである。

研修対象の3,000mの地熱井は、掘削費5億以内、工期3か月を少し残して完了した。掘削装置、泥水管理の方法、使用しているビットなど、ほとんどが日本と同じ仕様。同じ製品、単価もほぼ同じであった。

この差の一番の要因はなにか？「澁みのない意思決定と、徹底したセーブマネーの思想」に尽きる。また、このことを達成させるため、

スーパーバイザーと掘削会社の選定責任を負っているエンジニアリング会社は、常にこの道一筋の熟練技術者を探しており、スーパーバイザー個人の実績を徹底的に把握している。

25年にわたるTBMとのかかわり

米国から帰国後の7年の間、国内の地熱井の掘削現場を渡り歩いたあと、再びトンネルに戻った私は、トンネル施工法の技術開発、とくにTBMの技術開発と実績作りを命ぜられ、全くの白紙の状態から勉強を始めた。

1989(平成元)年ごろから第2東名・名神高速道路の計画が目されるようになり、長大トンネルの施工法が話題となっていた。長大トンネルの合理的施工方法の一つとして導坑方式が考えられ、その導坑掘削にTBMを用いる案が有力となっていた。当時、清水建設はTBMの実績がなく、受注活動を有利に展開するには、TBMの実績作りが急務となっていた。

TBMに関するありとあらゆる文献、他社の実績、先輩が残した実現しなかった施工計画書などを読みあさり、TBMメーカーの方々からのレクチャーを受けるなど、あらゆる手段で勉強を行った。案件があれば、発注者に技術プレゼンの機会を作っていた。トンネルに限らず、斜坑、立坑の機械化施工も視野に実績作りを挑戦した。

最初の挑戦は、TBM施工ではもっとも難しいとされる、斜坑を全断面で切り上げる方法であった。

当時シールド工法で、ECLの実験データがあったので、その応用としてTBMにも十分適用可能と考え、地下発電所を計画している複数の電力会社に提案した。しかし、水平のTBMも経験していないのに、それは無理だ、絵空事だと、社内からも非難が続き、斜坑TBMへの挑戦は潰された。

数年後、技術提案を覚えてくれた電力会社の方から電話があった。「あの技術はまだ勉強していますか」と。「いえ、勉強していません」としか答えられなかった。その数年後、某建設会社が同じ施工法で、見事、斜坑TBMの実績を作り、斜坑TBMはもっとも安全な工法として評価が定まった。数年かけて、あそこまでやって、自分のふがいなさに、悔しさがこみあげてきた。

1994(平成6)年、ようやく、新潟～仙台ガスパイプラインの配管用の二井宿トンネルが受注できた。掘削径2.3m、延長1,100m。最大の課題は13%の上り勾配の掘削ずりをどうやって搬出するかであった。急勾配で鋼車は使えない。通常の流体輸送は、送泥側は問題ないが、下りで負圧がかかりすぎ適用できない。機械部の大先輩から、自然流下ですりを流せないかと提案があり、すぐ実験を行った。土石流が発生する条件を満たせば、TBMの掘削ずりを重力を利用した自然流下で輸送できることが確認できた。

実験データを京都大学防災研究所の土石流実験データと照らし合わせた。驚くほど一致していた。

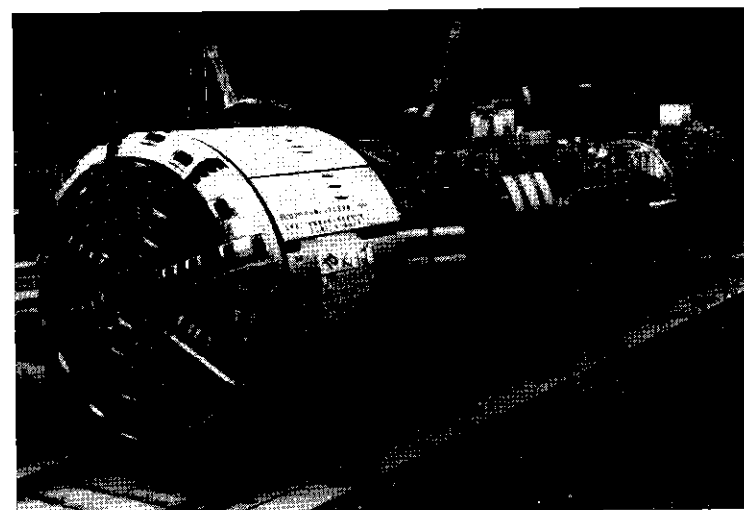
しかし、実験は数十mの小規模のものであり、1,100mの現場でうまくいくかどうか心配であったが、全くトラブルなく施工できた。このとき、他社に比べ、圧倒的に少ない実績をカバーすべく、TBMの自動方向制御やTBMの掘削データと地山の評価など、他社が文献などで発表していたことは、この最初のTBM現場でほとんど実施した。

■ハッ場トンネル

ハッ場トンネルは国内初のTBMによる全断面掘削で仕上げられたトンネルである。鉄道トンネルにTBMによる全断面掘削工法を採用していただくため、発注者に、6年間、毎月1回の技術プレゼンを行った。発注者の方も、よくも根気よく付き合っていた。

プレゼンを始めて3年目に、四国の現場で大破砕帯に遭遇し、そこに約1年、本社から常駐支援することになった。毎月1回のプレゼンテーションが数箇月途絶えた。発注者から四国の現場に電話があった。「もうTBMの鉄道トンネルへの適用は諦めたのか」と。もちろん、この間、同僚がカバーしてくれた。発注者の暖かい電話と同僚に、今でも感謝の気持ちでいっぱいである。

鉄道トンネルは、きわめて高い掘削精度を要求される。また、掘削径が約7mと、国内では、最大級の径となることから、全長4,500mの区間では、予期せぬ事態が必ず発生するので、NATMにすべきだという声が社内を高まっ



掘削精度や地山の変化に対応できるようなTBM的な対策が可能なハッ場トンネルTBM

ていった。TBMでは地山の変化への対応が難しいというものであった。もっともな意見である。しかし、4,500m全区間にわたって、詳細な地質調査が行われていたので、このくらいの課題は突破していかないと、清水建設のトンネル技術は永久にトップにはなれないと思い、また、斜坑TBMの苦い経験もあり、自分の判断を信じ突き進んだ。もちろん、TBMには指摘された課題に対処する工夫を随所に取り入れたが、大きなトラブルもなく、無事、終えることができた。

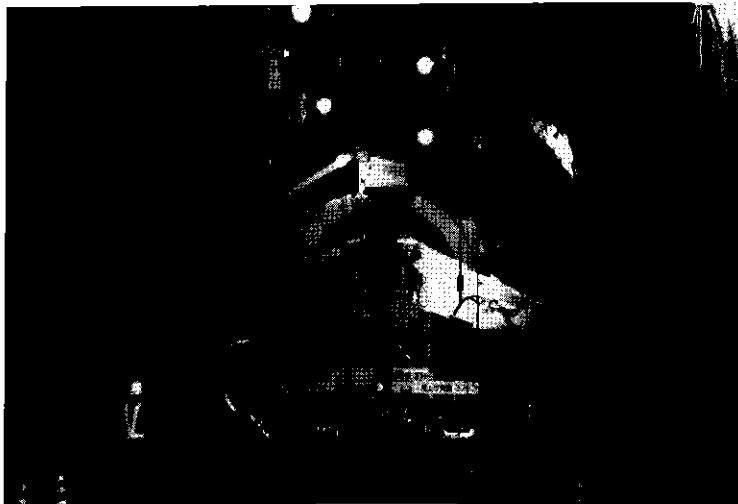
■八王子城跡トンネル

圏央道の八王子城跡トンネルは、施工中も完全止水と急速施工を要求されたトンネルであった。従来の止水注入と掘削をくり返す方法では、1,100mの止水区間が8年もかかることが課題であった。工程上もっとも時間のかかる作業は注入工であった。そこで、ヨーロッパで実績のあるリーミング方式のトンネル施工法を思い出して、導

坑を貫通させたあと、この導坑全区間にボーリングマシンを配置して注入工を行えば、導坑掘削の工期を考慮しても、工期が4～5年程度に短縮できる試算となった。導坑の掘削は岩盤シールド工法で行い、注入後の拡張は、ドイツビルト社のマシンを用いた。掘削径が13m近くになることから、これも国内最大径であり、工法も掘削径も国内では初めての経験であった。

ここでも、社内のおちこちから反対意見がでた。担当役員との攻防が6か月続いた。

この方法は実績があるのか？ 施工中、水は出ないか？ 拡張直後の支保はどうするのか？ もっと早く、安い方法はないか？ 私も気になっているところを突いてくる。しかし、このころには経験のなかったTBMも、8現場をこなしていた。考える最善の技術を採用して計画していることを、全く不安な様子を見せず何回も説明した。ヨーロッパの技術資料を



わが国最大径(12.88m)の掘削断面となったリーミングTBM組立て完了時の写真

提供してくれた、強力な協力者・池田さんがいてくれたおかげである。

土佐山トンネル 23kg/cm²の高水圧破碎帯57m 突破に13か月を要す 痛恨の失敗

1993(平成5)年3月着工の当工事は、日本セメント(株)の土佐山増強工事における山元から出荷基地を結ぶ、全長6.5km、仕上り断面約6m²のベルトコンベヤのトンネルのうち、最下流区間2,700mの工事であった。掘削は小断面であることから矢板工法が採用された。地質は古成層の泥岩・粘板岩で、安定し湧水も滴水程度であり、掛け矢板で、進捗も平均月進170m程度と順調であった。しかし、坑口から2,430m地点で高水圧を伴う破碎帯に遭遇した。

最初の現象は、安定した切羽が「山はね」のような状態で崩落した。切羽からの湧水は少し増えたが、1日様子を見て変化がないの

で、崩落したずりを処理していた。そのとき大崩壊が起きた。礫混じり泥水の流出が続き、1週間後ようやく清水に戻った。土かぶり250mの地表は盆地状で30軒の集落があり、各家には生活用の井戸があったが、その井戸は全部枯れた。

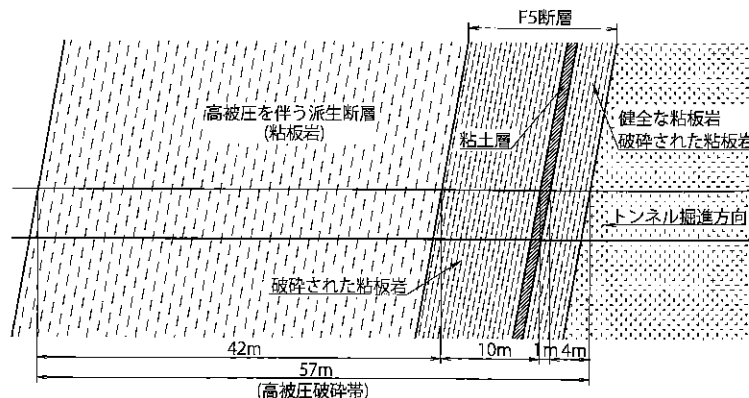
集落の井戸水の水位回復と破碎帯の掘進のため、大規模な止水注入を行った。バルクヘッドを構築し水圧を測定した。水圧計は23kg/cm²を示した。

注入当初はボーリングマシンやロッド全体が、水圧により坑口側

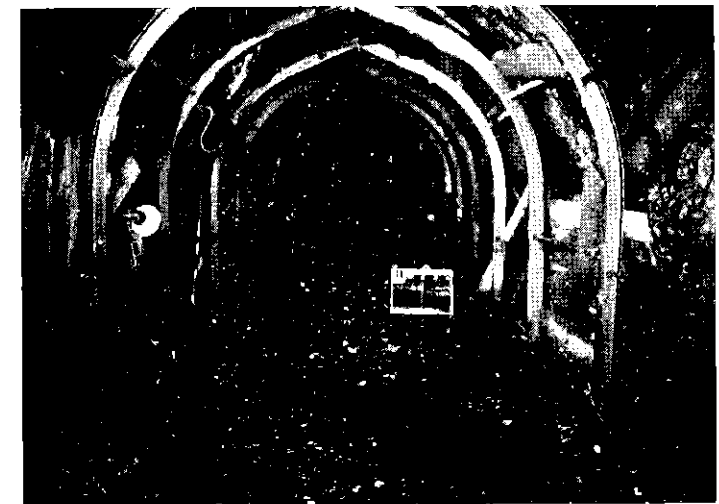
に押し戻されるので、ボーリングマシンをアンカーで固定し、とくにロッドのつなぎ作業時には飛び出ないように、いちいちアンカーとつなぎ、ボーリングマシンの真後ろは立入禁止とした。

削孔も水圧による締付けなどで、15m程度が限界であった。この15m区間を、止水注入の改良目標値に達するまで、ひたすら破碎帯にセメントを送り続けた。約5か月を要した。このころ破碎帯の全容もようやく確認できた。健全な粘板岩から、破碎された4mの粘板岩、その先に1m程度の粘土層、さらに10mの破碎された粘板岩、その先約50mは高水圧を伴う派生断層破碎帯が続いた。止水注入を行った15m区間が断層本体部であることもわかった。

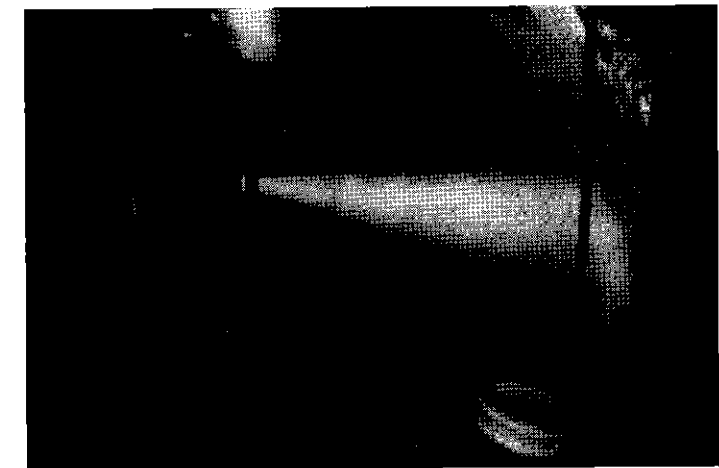
チェックボーリングを行い、止水改良目標値を確認し、慎重に切羽を開いた。湧水は認められなかった。止水を確実にするため施工途中からは、超々微粒子セメントを用いたが地山全体にセメント粒子は浸透せず、5~150mm程度のセメントの脈が地山中に幾筋も走っていた。このセメントの脈が、ト



土佐山トンネルのF5断層破碎帯(土かぶり250m)



1995(平成7)年10月15日 最初の崩落



止水作業中のロッド継ぎ足し作業時、ロッドから噴き出す湧水



1996(平成8)年7月18日 2度目の崩壊

ンネル周辺の地山を圧密させ23kg/cm²の水圧を遮断している状態であった。地山はきわめて安定しているように見えた。大幅な工程の遅れを取り戻すべく掘進を急いだ。支保は矢板から吹付けコンクリートに変更した。

断層本体部の掘削に入り6mの地点で再び大崩壊が起きた。その日、一の方は掘削・ずり出しまで行って終了した。二の方は、一の方の残した吹付け作業から入るよう、夕礼で打合せ確認。私は宿舎に引きあげた。ちょうど24時ごろ電話で叩き起こされた。「切羽の左肩部から泥水が少しでている」と。「吹付けは行ったのか」という問いに、「今やっています」との返事。

現場に駆け付けた。吹付けは切羽まで完了寸前であった。しかし、掘削を優先させていた。吹付けをせず、最初に掘削を行ってしまったことに気づいた。このときばかりは、夜勤の吹付け作業を確認せずに宿舎に引きあげたことを後悔した。地山をゆるませたことが原因の一つと思ったからである。

夜勤の担当者に、切羽の左肩部から泥水が出始めたときの状況を聞いた。

- ・最初、地山がキシムような音がした
- ・切羽をみると、左肩部からチョロチョロと泥水が出始めた
- ・掘削を中断、吹付け作業を行った

というものであった。

ほんのチョロチョロの泥水は、朝方には穴も1m以上になり、そ

の後、礫混じりの泥水が1週間流出。ようやく清水に戻ったので、再び復旧作業を開始した。同様の改良目標値で、止水注入を行った。この失敗から、切羽を開く前に、止水注入改良帯の外側に左・右に水抜きボーリングを行い、改良帯への水圧を減ずる処置を行いながら、注入・掘進をくり返した。57mの高被圧破砕帯の掘進に13か月を費やしてしまった。

「もし、あのとき吹付けを先にやっておけば、地山のゆるみが少しでも抑えられ、2度目の崩壊は防げたのではないか？ 吹付けの重要性を作業員の一人ひとりにもっとしっかり説明しておくべきだった」。矢板工法に慣れていた作業員に吹付けの重要性を十分に伝えきれなかった結果であり、いま思い起こしても後悔の残る場面である。

また、止水注入では、改良対象地山1m³あたり100kgのセメントを、とにかく圧入すればなんとかなる、という自分なりの基準も出来上がった。

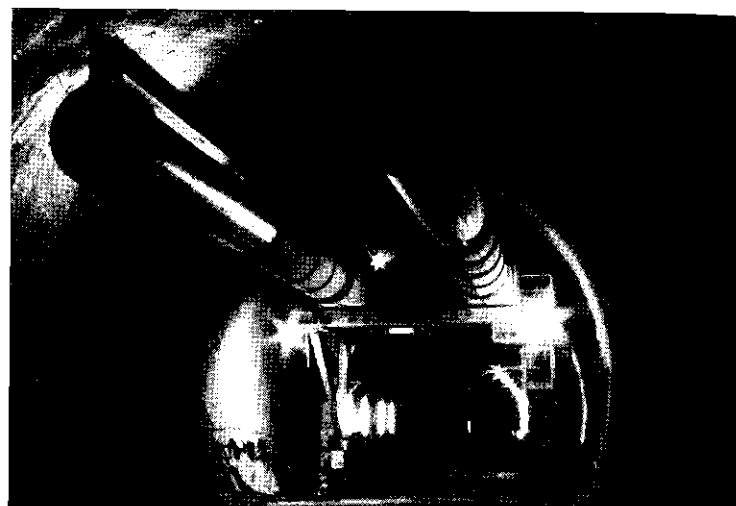
NATMの高速施工の研究・開発

2001(平成13)年4月、赤坂の鉄道公団本社によべられた。北陸新幹線峰山トンネル全長7.6kmのうち、西側の泥岩・砂岩の一軸圧縮強度100kgf/cm²区間で、最大月進300m、平均月進200mを目指したい。鉄道公団として新技術を使って高速施工を行いたいというものであった。

ただし、鉄道公団が室内試験で完成していた初期高強度吹付けコ



ホイールローダによるずりの積込み作業(掘削も同時併行作業)



エアカーテン換気システム(風管延伸のために切羽を止めない)



ロードヘッドSLB-350型による掘削状況

ンクリート(10分で3N/mm²の強度発現)を用い、鋼製支保工を省いてサイクルタイムを短縮することが条件であった。しかし、それだけでは月進300mはとても無理なので施工者も検討せよというものであった。

軟岩トンネルの高速施工である。これまで、鉄道公団の高速施工では、硬岩の発破掘削で、長野新幹線五里ヶ峰トンネルの280m/月、軟岩の機械掘削で、東北新幹線金田一トンネルの190.5m/月が記録されていた。軟岩の高速施工が遅れている結果となっていた。

鉄道公団は高速施工の研究開発として、初期高強度吹付けコンクリートのほか、日本トンネル技術協会に急速施工技術の調査・研究技術委員会を設け、その研究を行っていた。

筆者も委員の一人として参加していた。調査・研究は1997(平成9)年~2000(平成12)年まで続いた。その背景は以下のようなものであった。

山岳トンネルの標準工法であるNATMは、吹付けコンクリート、ロックボルト、および鋼製支保工を支保部材として昭和40年後半に導入されて以来、基本的な支保構造に関しては大きな変化はなかったが、施工法などの改良により次第に実質的工事費は低下してきていた。しかし、工期の短縮については経済効果があるにもかかわらず、大きな変化がなかったことから、工期短縮のための高速施工技術の開発は残された重要な課題で

あった。

それをいよいよ実践しようとしていた。

検討の結果、高速施工システムとして、材料では、初期高強度吹付けコンクリート、設計では鋼製支保工を省略した新支保パターン、施工法ではコンパクトで掘削能力が従来より大幅に高い自由断面掘削機、余分な掘削を防止する掘削自動制御システム、掘削・積込み同時施工法、エアカーテン式換気方式からなる要素技術を開発し、適用した。その結果、適用した2,420m区間の最大月進は304m、任意月進では321mを記録した。平均月進は170mで、目標値の200mには届かなかったが、標準工法に比較して、工期で45%短縮し、その結果、コストで20%の削減ができた。

施工を振り返ってひとつ気にかかっていることがある。それは、鋼製支保工を省略したことが、果たして良かったのか？

峰山トンネルの泥岩の成分分析では、膨張性の指標である成分が十分含まれていた。含水率が20%ときわめて低く湧水もないため、その挙動は示さなかっただけである。しかし、ロックボルトの作業時に変位がでるような挙動を示す傾向がみられた。削孔水が悪影響しているのではないかと考えている。ロックボルトを省略し、鋼製支保工と初期高強度吹付けコンクリートの組合せの方が地山の安定には良かったのではないかとくに堆積岩系の軟岩地山では、ロッ

クボルトの削孔と削孔水は地山を緩める気がしてならない。

皆さんどう思われますか？

おわりに

経験のない施工法や、小さな技術開発でも、それを現場に採用してもらうには、大変な労力と時間がかかる。また、その技術が現場で定着するまでにはさらに時間がかかる。現場は日々、今まで使われている技術にも、安全性・施工性・コストなどに小さな改善を続けているからである。それを越える技術でないとは定着しない。何年もの努力が報われるとは限らない。

振り返ると、会社人生の後半は、新しい技術の現場への適用で悪戦苦闘した20年であった。本当に現場で使ってもらえる技術はいくつ残せただろうか？ ほんの数個しかない。賽ノ河原に石を積むようなものである。しかし、地熱の世界から再びトンネルに戻ったとき、当時の土木のトップから「この努力を続けるか、諦めてしまうか、10年後の結果を想像してみる。結果は明白である」といわれ、自分にも「これしかない」と心に言い聞かせ進んできた。

これから日本では、北海道新幹線函館~札幌間やリニアモーターカーの建設が始まる。ほとんどが山岳トンネルとなる。日本のトンネル技術の集大成といってよい。これらの現場で、さらに技術を磨いて、日本のトンネル技術が世界標準になるよう若い人たちに期待したい。

土木情報 No.501

今月の主な入札結果
(1月10日～2月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
東北地整	R106茂市地区道路	戸田・岩田地崎JV	6,939
関東地整	中部横断下八木沢地区T	フジタ	2,094.2
"	" 塩沢T	三井住友建設	2,086.98
"	" 城山T(その2)	竹中土木	1,510.95
"	市川共同溝補強その5	片岡工業	110
"	横浜湘南道路T	西松・戸田・奥村JV	23,923.5
中部地整	東海環状小洞T	日本国土開発	1,016
"	天城北道路湯ヶ島第二T	東急建設	2,572
近畿地整	鍋谷峠道路鍋谷峠T残土積込処分他	旭工建	179
四国地整	H26-28拳ノ川T	西松建設	1,935
九州地整	福岡322号八丁峠道路T(朝倉側)新設	西松建設	1,374.8
"	熊本3号小津奈木T新設	西松建設	1,036.4
日本下水道事業団	堺市百舌鳥深井汚水線建設	戸田・木下JV	2,948
鉄道・運輸機構	九州新幹線(西九州), 経ヶ岳T他	鉄建・りんかい日産・西海JV	6,841.1
東日本高速道路	常磐道初石BOXはく落対策	ショーボンド建設	1,090
西日本高速道路	東九州道今泉	三井住友建設	1,827.5
"	長崎道中里T	鉄建建設	3,328
石川県	広域営農団地農道整備事業能登外浦4期地区椎木・北浦工区T	安藤ハザマ・宮下・石田JV	2,477
静岡県	静岡焼津線河川等災害関連(現年)26年災害査定第2号(仮)浜当目T	戸田・共和JV	1,577.9
大阪府	寝屋川流域下水道大東門真増補幹線(第5工区)下水管渠築造	紙谷工務店	401.9
長崎県	R384道路改良(<仮称>三日ノ浦T)	竹中・なかはら・大坪JV	2,019.15
水戸市	酒門町排水路新設	田口・コスモJV	122
さいたま市	徳力調節池土木施設整備(H26)	松永建設	106.14
柏市	大津川左岸第3排水区雨水枝線(26-15工区)(継続費)	石浜建設	180
流山市	指定廃棄物一時保管施設整備(ボックスカルバート設置工)	中村組	130.5
富山市	富山公下松川第二排水区旅籠町地区磯部雨水幹線築造	辻建設	214
名古屋市	高速度鉄道耐震補強(26-7)(一般土木)	大日本土木	624
"	犬山系導水路A管小牧市久保本町から小牧市大字上末字西前地内間2000mm整備	奥村・大有・山田JV	2,760
"	第5次惟信雨水幹線下水道築造	本間組	239.8
"	第2次柳島雨水調整池流入管下水道築造	シンキ・コーポレーション	102
北九州市	田畑川雨水幹線管渠築造	奥村・石山JV	1,055.33
福岡市	田尻今宿汚水幹線(4)築造	福田・三軌・海山JV	1,105.82
東京地下鉄	銀座線新橋駅改良土木	大成建設	2,450

建設工事の地質診断と処方

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

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

連載講座

山岳トンネル覆工の長寿命化技術(2)

—覆工の設計・施工概論—

「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

今回は、覆工の設計・施工について概要を紹介する。なお、覆工の設計・施工法は矢板工法とNATMとで大きく異なるため(図-1)、工法別に記載することにしたい。以下、鉄道トンネルの場合を例にとり記述した。ほかの用途のトンネルでは多少異なっている場合があるが、基本的な考え方は同様である。

② 矢板工法における覆工

2-1 概要

矢板工法は、トンネルを掘削したあと、木材や鋼材などの支保部材をトンネル内に建込みながら地山を保持し、比較的早期にれんがや場所打ちコンクリートなどの覆工を設置して、支保部材が受けていた荷重を受け替える(図-2)というものである。このため、矢板工法は、掘削したあとに支保部

材を建込み地山を受けるまでに時間を要する(ゆるみが増加すること、また、凹凸の多い地山を矢板や鋼材などの支保部材で受けることによる不確実性などから、支保部材は覆工施工までの安全率の確保のためという位置づけとなっており、その後施工される覆工が、地山の荷重を受け持つ永久構造物としての役割を担っていた。

図-3にトンネルの断面を矢板工法とNATMと

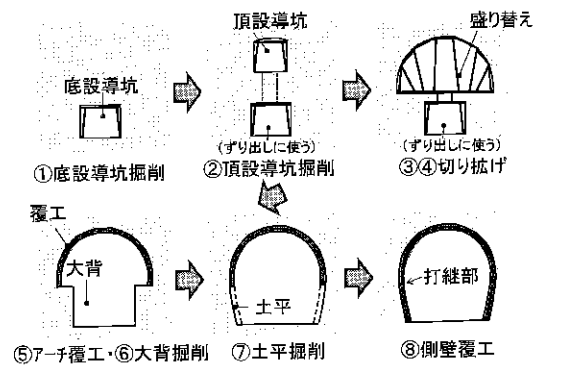


図-2 矢板工法の施工手順(新オーストリア式掘削工法の例)

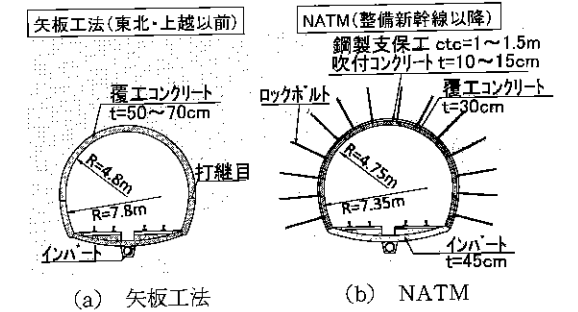


図-3 トンネル断面の比較

大分類	明治	大正	昭和							平成	
	15	25	35	5	10	20	30	40	50	60	10
掘削	古典的掘削法(日本式)			底設導坑 先進 上半先進							
支保	木製支柱式			鋼製 吹付コンクリート+RB							
覆工	れんが・石材			コンクリートブロック 場所打ちコンクリート							
	打設			人力 引抜き ポンプ 吹上げ							
型枠	木製			鋼製							

図-1 トンネルの施工法の変遷

と比較する。上記のような理由により、矢板工法のトンネルの覆工巻厚は現在の標準工法であるNATMと比べるとかなり厚くなっている。

2-2 覆工の材料

明治時代は覆工には主にれんがが用いられていた。石材が豊富に産出する地域では、側壁部に石材が使われた例も多い。なお、この場合でもアーチ部に通常は石材は使われない。これは人力で積み上げることが困難であったためと考えられている。

大正時代より場所打ちコンクリートが徐々に用いられるようになるが、当時の場所打ちコンクリートは人力作業による練り混ぜ、打設が中心であり、とくにアーチ部にコンクリートを均等に打設することが困難で、確実に巻厚を確保できるコンクリートブロックが一時的に用いられた。なお、側壁部は比較的容易に場所打ちコンクリートを施工できることから、側壁部のみ場所打ちコンクリートを用い、アーチ部はコンクリートブロックを用いたトンネル(図-4)もよく見られる。場所打ちコンクリートが一般的に用いられるようになったのは昭和に入ってからである。

2-3 覆工の設計

戦前は、施工上の制約から覆工の設計において行使できるオプションは、トンネルの形状や巻厚程度であったと考えられる。この時代の設計法は「経験的設計法」が主体であり、掘削・支保工の責任者が、現場の状況を見ながら、自らの経験と知識にもとづき、加背割りとともにトンネルの形状、覆工の巻厚を決定して工事を進めていたもの

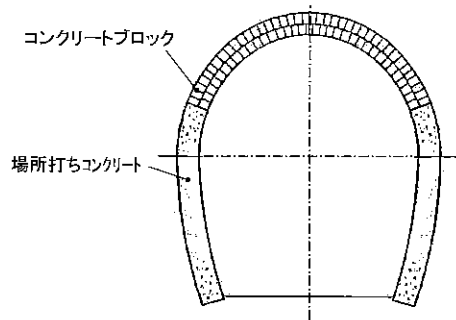


図-4 アーチ部にコンクリートブロックを用いた例

と考えられる。覆工の厚さについては、地質によりれんがを重ねる枚数を変えて施工されており、軟岩地山でれんが4枚巻き程度(巻厚50cm程度相当)が用いられていたようである。

戦後の高度成長期に入り、多くのトンネルが建設されるようになると標準的なトンネルの形状、巻厚などが示されるようになってきた。図-5に『トンネル標準示方書 解説, 昭和44年改版』¹⁾に示されているトンネルの標準的な形状を、表-1に同じく覆工の標準的な巻厚を示す。

図-6に当時採用された巻厚の分布を示す。矢板工法時代の覆工の巻厚は、新幹線を例にとると50cmや70cmとかなり厚かったことがわかる。

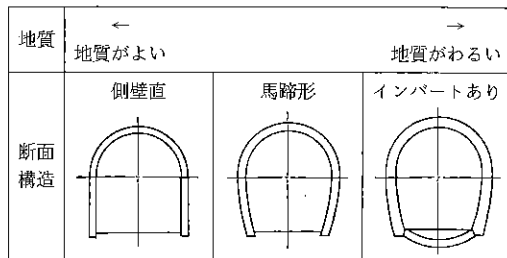


図-5 トンネルの標準的な形状¹⁾

表-1 覆工の標準的な巻厚¹⁾

内空断面の幅	覆工の巻厚
5m	30~50cm
10m	40~70cm

○の大きさは施工延長に比例する直線は表-1の範囲を示す

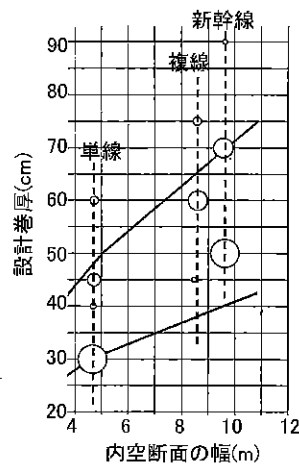


図-6 当時採用された巻厚の分布^{1)より作成}

2-4 覆工の施工

矢板工法の覆工の施工について、れんが、石材、コンクリートブロック、場所打ちコンクリートの材料ごとに記述する。

(1) れんが

れんがは、れんが工場にて、適当な塑性をもたせた粘土を整形し、乾燥したあとに焼成して製作された。

覆工には標準寸法のもの(オナマと呼ばれた)が使用された。鉄道では当時220mm×110mm×60mm程度のものがよく使われていたようである。

覆工は目地材としてモルタルを用いてれんがを積層することにより施工していく。図-7にアーチ部におけるれんがが施工の状況を示す。モルタルには、セメント：砂=1：3~1：4程度のものが用いられていた。当時は、水セメント比の考え方は確立されておらず、れんが職人が塗りやすい硬さに調整して用いられていたようである。

れんが積みは場所打ちコンクリートのような一体構造ではなく、積み方を工夫して強度を確保してきた。アーチ状の構造物では、れんがは周方向の同じ層では同じ方向に積む必要がある。トンネルにおけるれんがの組積法を図-8に示す。側壁部にはイギリス積み、アーチ部には長手積みが一般的に使われた。

イギリス積みは長手の層と小口の層を一層おきに積む方式であり、主に側壁部のれんが積み

として用いられた。目地が通る可能性が低いため強度も高くなる。

長手積みは、長手のみを千鳥に積む方法であり、主にアーチ部の組積法として用いられた。イギリス積みと比べ目地が通ってしまう可能性が高まるが、アーチ部をイギリス積みにより施工することは困難であることから、長手積みが採用されたものと思われる。なお、れんが積みは積み方の巧拙や目地モルタルの仕上がりによっても大きく影響を受ける。

(2) 石材

トンネル覆工に石材を使用する際の石材の組積法は主に布積みである。布積みは、図-9に示すように、れんがの組積法と同様に、四角い切石を水平に積む方式である。

(3) コンクリートブロック

コンクリートブロックは主に坑口部のヤードにコンクリートプラントを設けて、現場で製造された。コンクリートブロックは、230mm×150mm×300mm程度の大きさのものが多く使用され、巻厚がれんがと同程度になるよう、2枚巻き(約460mm)にするのが一般的であった。図-10にコンクリートブロック製造用型枠の例を示す。

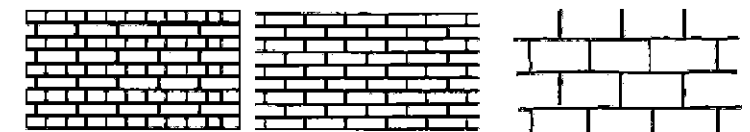


図-8 覆工のれんがの一般的な組積法²⁾

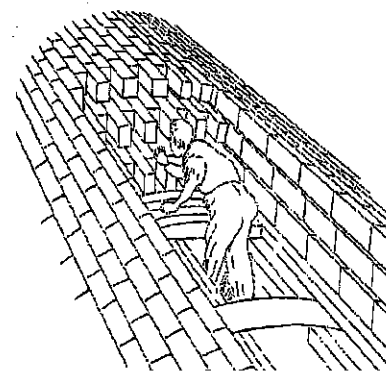


図-7 アーチ部におけるれんがの施工の状況²⁾

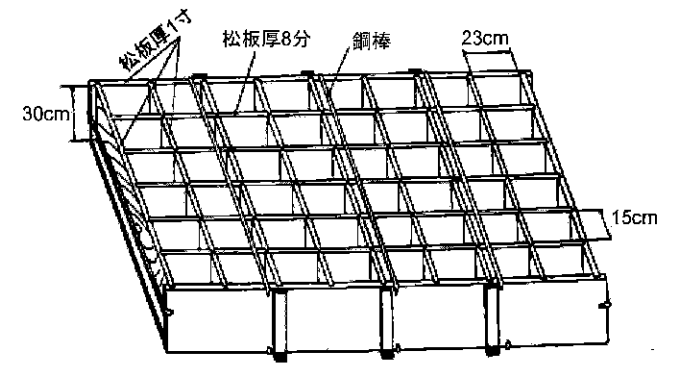


図-10 コンクリートブロック製造用型枠の例²⁾

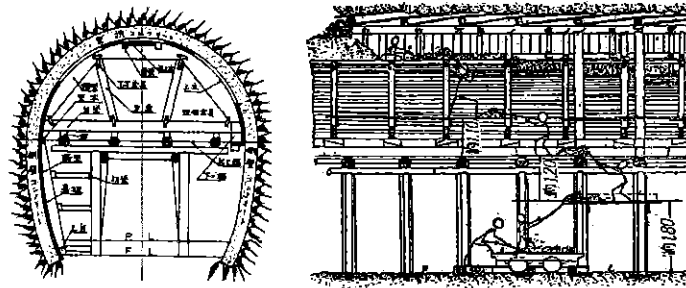


図-11 人力打設状況と木製型枠

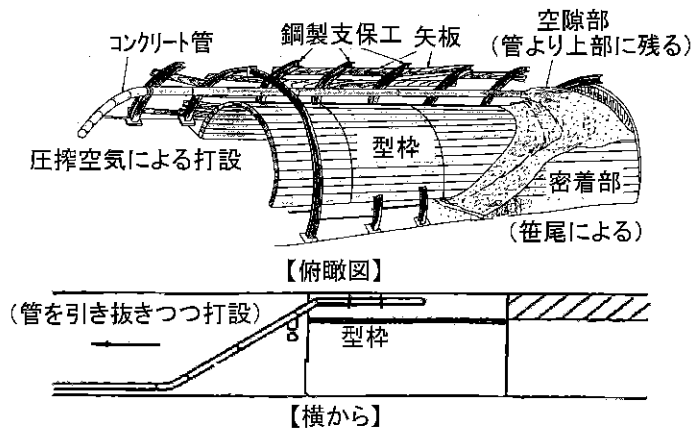


図-12 引抜き管方式の概要

コンクリートブロックは、れんがと同様に事前に製造して貯蔵しておくことが可能で、また、場所打ちコンクリートと比べ、施工時における湧水や外気温の影響を受けにくい、所定の巻厚が確保できるという利点があった。

(4) 場所打ちコンクリート

場所打ちコンクリートは材料の面では登場以来基本的には変わっていないが、その施工法はいくつかの変遷を経て今日に至っている。

初期の場所打ちコンクリートは図-11に示す木製型枠を用いた人力施工が主であった。機械化施工は1919(大正8)年に熱海線のトンネル工事や、1921(大正10)年に上越線のトンネル工事コンクリートプレッサによるコンクリート打設が試みられたなどの例があるが、長大トンネルなどのごく一部に限られていた。

戦後は、昭和30年代に木製型枠から鋼製型枠に代わり、打設方法も人力から機械式へと移行した。機械式による施工では、当初、打設管を型枠に挿

入して引抜きながらコンクリートを打設する引抜き管方式が用いられた。図-12に引抜き管方式の概要を示す。この方法では、均等にコンクリートを打設することは難しく、とくに最後にコンクリートを打設する天端部には空洞が残りやすかった。また、上半先進工法や底設導坑先進工法では、逆巻き施工(アーチ部の覆工をまず打設し、その後側壁部の覆工を打設する)となるため、側壁とアーチの境にコンクリートを充填することが難しく、現在の保守管理上の弱点となっている。

③ NATMにおける覆工

3-1 概要

NATMは矢板工法に代わり昭和50年代半ばから採用されるようになった工法で、現在は標準工法となっている。NATMでは、図-13に示すように、掘削後、支保部材(鋼製支保工、吹付けコンクリート、ロックボルト)により直ちに支保することでトンネル周辺の地山のゆるみを防ぐ。また、トンネル周辺の地山が支保部材により一体化されることで、トンネルの変形を抑制する(=グラウンドアーチを形成して、地山がトンネルの安定に寄与する)という点に特色がある。

NATMでは、一般的に、掘削に伴う地山の変位が収束したあとで覆工が施工される。図-14に、掘削に伴うトンネルの内空変位の経時変化の概念図を示す。

一般に山岳トンネルでは、周辺の環境条件の変化が少なく、地山が堅硬であることが多いので、吹付けコンクリートやロックボルトなどの支保工により、将来とも十分にトンネルの安定性が保持できると考えられている。

図-14に示したように、変位が収束したあとに施工するため、覆工には外力が作用しないと考えられ、小土かぶり部、都市部、膨張性地山などで覆工に力学的機能を積極的に期待する場合以外は、

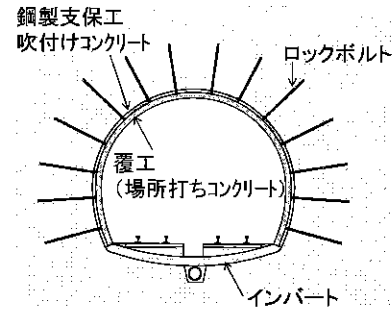


図-13 NATMトンネルの例

外力の変化や支保工の劣化に対して、構造物としての耐久性を向上させることや坑内環境の保全などが覆工の主な役割となる。

3-2 覆工の設計

(1) 考え方

覆工の設計の考え方は、トンネルが山岳部にあるか、都市部にあるかによって大きく異なる。

NATMの覆工の施工時期は、山岳部、都市部を問わず、図-14に示したように、掘削に伴う地山の変位が収束したあととなる。そのため、覆工に作用する荷重はほとんどないことになる。

このため、山岳部では坑口部などの小土かぶり区間を除き無筋コンクリートとし、主に施工性から決まる最小の巻厚を有する無筋コンクリート構造となる。

一方、都市部においては、覆工は鉄筋コンクリート構造とする場合が多い。これは、都市部特有の下記の理由によるためである。

- ① 比較的土かぶりが小さく、また、地山が土砂あるいは固結度の低い軟岩であることが多いため、将来的に土圧が作用する可能性や、地震の影響を受ける可能性がある。なお、都市部であっても、地山が安定している場合は、土圧を考慮しなくて良いとする設計基準もある。
- ② 完成後の近接施工や地形の改変の可能性がある。ここで、影響を正確に予測することは困難であるので、設定した地上権に応じた荷重や、トンネルに近接して建築することが可能な建物の階層に応じた荷重をあらかじめ見込むことがある。

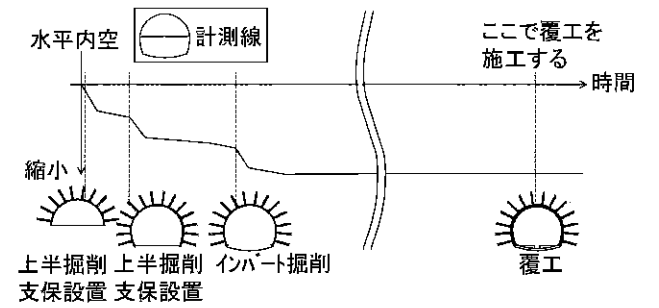


図-14 掘削に伴うトンネルの内空変位の経時変化

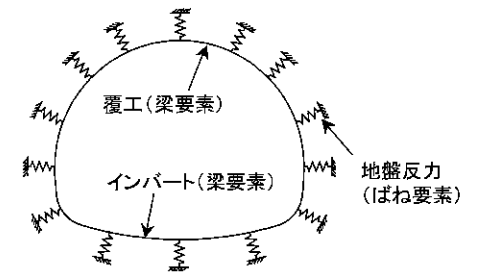


図-15 骨組構造解析モデル

- ③ 防水型トンネル(非排水型トンネル)とし、復水(掘削中に一時的に低下させた地下水位を施工後に復元)させることが一般的である。この場合、水圧を考慮する必要がある。

山岳部においても土かぶりの小さい区間においては、グラウンドアーチを形成できないことから、覆工に土圧が作用すると考え、鉄筋コンクリート構造とすることがある。この場合の設計は都市部と同様の考え方をとる。

覆工に力学的機能を持たせて鉄筋コンクリート構造とする場合は、骨組解析手法により構造設計を行うのが一般的である。骨組構造解析の概要を図-15に示す。覆工を梁部材、地山からの反力をばねによりモデル化し、荷重を節点荷重により与えて解析する手法である。

覆工の設計は、完成後に想定される設計荷重を部材に作用させて断面力および変位を算定し、トンネル構造物としての安全性を照査することにより行う。部材の設計手法としては、許容応力度法、限界状態設計法がある。これまでの設計事例は許容応力度法を採用している場合が多いが、最近では限界状態設計法による事例も増えてきている。

これらの場合の設計法は、開削トンネルやシールドトンネルで用いられているものとほとんど同じである。

都市部に建設される山岳トンネル(以下「都市NATMトンネル」と称す)の設計例⁹⁾をみるとシールドトンネルの考え方をかなり取り入れていることがわかる。しかし、必ずしも両者の統一がとれているわけではなく、荷重や構造モデル、支保工と覆工の役割など相違する部分も多い。以下、都市NATMトンネルを例にとり、具体的に覆工の設計法について解説する。

(2) 覆工と地山のモデル化

覆工は線形梁部材としてモデル化することが多い。一般に、山岳トンネルの覆工はインバートを最初に打設し、その後、アーチを打設することにより施工する。これにより打ち継ぎ目が生じることになるが、鉄筋は打ち継ぎ目においても連続しているため、計算上は、覆工全体が一体であると考えるのが一般的である。

地山は、地盤ばねとしてモデル化することが多い。覆工が地山側へ変位して地盤が圧縮となるときのみ作用するものとして「引張ばね切り」とするなどして相互作用を考慮する場合が多い。反力ばねとして地盤ばね、地盤反力係数は、設計基準⁹⁾、『山岳トンネル設計施工標準・同解説』⁷⁾、『トンネル標準示方書(シールド編)・同解説』、『道路橋示方書』などを用いて算出している。モデル化方法、算出方法などに差異は残るがシールドトンネルと類似した方法である。

地盤ばねとしては、半径方向ばねと接線方向ばねが考えられるが、山岳トンネルでは吹付けコンクリート～覆工間に防水シートが施工されていることを考慮し、図-15で示したように、接線方向ばねはモデル化しない場合が多い。半径方向の地盤ばねを考慮する範囲について、都市NATMトンネルでは地盤ばねを全周に(ただし、頂部の一部の範囲を除く場合もある)取り付けしたモデルがよく使われる。すなわち、鉛直上向きの反力は地盤ばねによる反力として自動的に算出される点が、シールドトンネルにおける設計法(慣用計算法、

地盤ばねモデル)とは異なる。

(3) 荷重のモデル化

考慮する荷重としては、土圧、水圧、上載荷重、自重などがある。都市NATMトンネルでの覆工に作用する荷重の設定法についても定説があるわけではないが、シールドトンネルにおける荷重の考え方と類似している。

シールドトンネルと違いがあるのは、支保工と覆工との荷重分担の考え方である。表-2に都市NATMトンネルにおける荷重分担の考え方を示す。①は、覆工は復水後の水圧と近接施工による土圧のみを受け持つという考え方で、例えば、国分川分水路トンネルの設計で用いられている。②は、覆工の設計に支保も考慮するという考え方で、支保と覆工を重ね梁でモデル化している。例えば、横浜市営地下鉄三ツ沢下町・上町駅の設計で用いられている。③は、覆工ですべての荷重を受け持つという考え方で、最近の事例はこのケースが多い。現状では、都市NATMトンネルが地表や地中の利用密度が高い都市部や固結度の低い地質で構成される地山で採用されることが多いため、安全性を重視してケース③の設計法を採用することが多いと考えられる。

鉛直荷重については、土かぶり高さが小さければ全土かぶり荷重を、ある程度深さがあれば図-16で示すような、テルツァーギなどのゆるみ土圧を用いている場合が多い。実務では、この方法を基本に、FEMの解析結果(塑性域)なども参考にして

表-2 都市NATMトンネルにおける荷重分担の考え方⁹⁾

ケース	荷重分担	問題点
①	覆工は掘削完了後に増減する荷重のみ受け持つ(=覆工は土圧は受け持たない)	支保工の信頼性が明確でないためトンネル全体としても信頼性が明確でない
②	支保と覆工の合成ですべての荷重を受け持つ	合理的な考え方であるが、支保の評価、防水シートにより縁が切れている構造物としての評価など解決すべき課題が多い
③	覆工がすべての荷重を受け持つ	永久構造物としての安全率を見込めるが多少オーバーデザインになる

$$h_0 = \frac{B_1 \left[1 - \frac{c}{B_1 \gamma} \right]}{K_0 \tan \phi} \cdot (1 - \exp(-K_0 \tan \phi \cdot H/B_1)) + \frac{P_0}{\gamma \cdot \exp(-K_0 \tan \phi \cdot H/B_1)}$$

ここに、

- h_0 : 土のゆるみ高さ(m)
- K_0 : 側方土圧と鉛直土圧の比(一般に1.0として良い)
- ϕ : 土の内部摩擦角(度)
- P_0 : 上載荷重(kN/m²)
- γ : 土の単位体積重量(kN/m³)
- c : 土の粘着力(kN/m²)
- B_1 : 天端でのゆるみ幅(トンネル半断面, m)

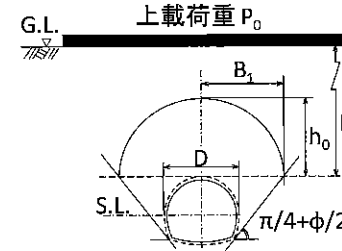


図-16 ゆるみ範囲とゆるみ高さ⁹⁾

ゆるみ高さを定めているのが現状である。側方土圧は鉛直土圧に側方土圧係数(λ)を乗じて求められる台形状の等変分布荷重として設定することが多く、シールドトンネルの地盤ばねモデルで用いられる荷重の設定方法と類似している。 λ としては0.5が多用される。

なお、都市NATMトンネルは一般に円形に近い形状であるので、変形を支配する最大の要素が鉛直荷重と水平荷重との比である。シールドトンネルと同様、 λ の設定が重要な問題となる。

また、シールドトンネルと同様に、砂質土は土水分離で、粘性土は土水一体として設計する方法が一般的である。

水圧については、都市NATMトンネルでは完成後に復水させるケースが多く、この場合、土水分離で設計する場合には水圧を考慮する必要がある。水圧は半径方向に水圧を作用させるのが一般的である。なお、間隙水圧を把握することは困難である実状を考慮し、実測のうえ、地下水位を仮定して水圧を算定している場合が多い。

設計地下水位の設定は、覆工の設計において重要な要素であり、これにより覆工厚さや鉄筋量が大きく変化する。円形に近い断面では比較的高い

水圧が作用しても大きな曲げモーメントが発生せず、軸力が増大するので、計算上は有利となる。しかしながら、扁平な断面では水圧が高いとインバート中央部には大きな曲げモーメントが発生し、厚いインバートと多くの鉄筋が必要となる。また、地下水位の高低に対し、覆工とインバートで有利・不利が相違すること、すなわち、地下水位が高いことが覆工の設計において有利になる一方でインバートの設計では不利になること、あるいはその逆のことが起こりえるので、複数の設計地下水位を設定して、覆工とインバートを分けて設計することもある。

上載荷重については、地表の道路交通荷重、建物などの構造物荷重などの現在すでに荷重として存在するもののほか、将来想定される荷重を上乗せしている例もある。

3-3 覆工の施工

(1) 覆工施工の時期

一般に山岳トンネルにおいては、前記したように地山変位の収束を確認したうえで覆工コンクリートを施工することを基本としている。変位が収束しない場合には、仮インバートや一次インバートによる早期閉合を試みる。地山変位の収束の確認方法は、変位速度が1~3mm/月程度(0.2~1mm/週程度)の値が少なくとも2週間程度継続することで判断することが多い⁹⁾。

(2) 防水シートの施工

覆工の施工に際し、地山からの湧水がトンネル内に漏水しないように吹付けコンクリート～覆工間に防水シートを施工する。なお、防水シートには吹付けコンクリートと覆工との間のアイソレーション(縁切り)により覆工のひび割れを防止する役割もある。

防水シートにはEVA, PVC, ECBなどが用いられる。油分が滲出する地山では耐油性シートを用いる必要がある。排水型トンネルでは0.8mm厚のシートが、防水型(非排水型)トンネルは1.5mm厚以上の厚さのシートがよく用いられている。

シートの取付けに先立ち、吹付けコンクリート面の極端な凹凸やロックボルト頭部の処理を行い、

覆工コンクリート打設時の防水シートを破損を防止する。また、集中湧水箇所は導水処理を行い、防水機能の低下や、シートのたわみによる覆工背面の空隙の残存を防止する。防水シートの裏面には、シートの破損防止とシート背面の透水層の形成を目的として裏面緩衝材が用いられる。

一般に防水シートの取付けは、コンクリート釘打込み機を用いて行われる。防水シートと裏面緩衝材を積層加工したシート防水材を使用し、裏面緩衝材にコンクリート釘を打ち込んで取付ける方式が一般的である。取付けにあたっては既設シートとの接合や下地面とのなじみを考慮する。

防水シートの接合の良否は防水工の機能に大きな影響を及ぼすため、十分な止水性および均一な接合強度が得られるように、防水シートを接合することが求められる。接合方法には熱溶着機による溶着接合とブチル粘着テープによる粘着接合があるが、気温や湿度の影響を受けにくい前者が主流である。

(3) 鉄筋組立て

覆工をRC構造とする場合は、防水シート施工後に鉄筋の組立てを行う。鉄筋は防水シート台車を用いて組立てる場合が多い。かぶり不足とならないように、型枠据付け時の上越しを考慮して配筋がされている例も多い。

鉄筋の設置にあたっては、鉄筋の保持金具を吹付けコンクリートに固定する必要がある。支持方法には吹付けコンクリートにアンカーを設置して固定する方法や、鉄筋を支持するための鋼製支保工を用いる方法などがある(図-17)。防水シートを貫通してアンカーを設置する場合は、止水ゴムなどを用いるなどして金具と防水シートとの間から漏水しないような配慮が行われている。

写真-1に鉄筋配筋後の状況を示す。

(4) 型枠の準備

覆工の型枠とは、鋼製パネル(メタルフォーム)またはスキムプレート、支持骨組み(セントル)、

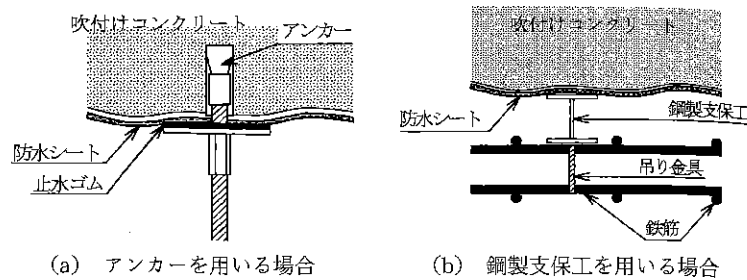


図-17 鉄筋の固定方法⁹⁾

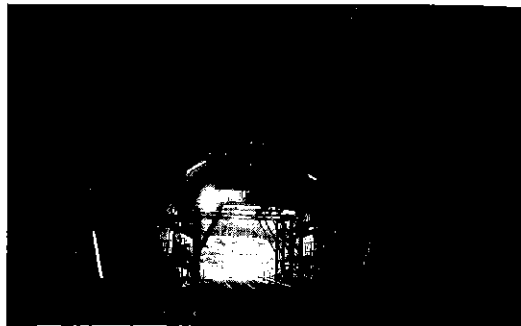


写真-1 鉄筋配筋後の状況

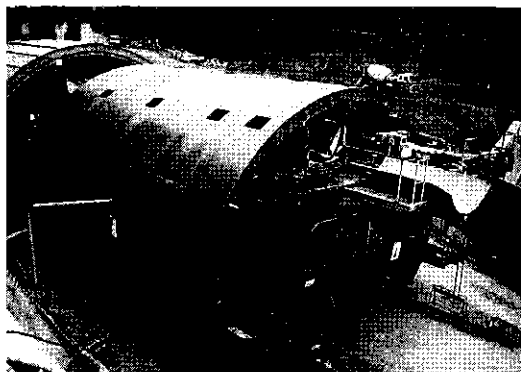


写真-2 移動式型枠の例

移動架台および付属品を総称するもので、組立式型枠と移動式型枠の2種類がある。前者はセントルとメタルフォームをコンクリート打設ごとに組立て、解体するもので、延長が短く転用回数の少ない場合に使用する。後者はセントル、メタルフォームまたはスキムプレートを一体化し、架台に乗せて移動できるようにしたものであり、こちらの方が一般的である。

写真-2に移動式型枠の例を示す。型枠の長さは9~12m程度である。施工能率の面では長い方が優れているが、長くすると温度収縮や乾燥収縮に

よるひび割れが発生しやすくなる。

覆工完成時の内寸寸法の不足を予防するため、型枠寸法には多少の余裕が考慮されている。

型枠が受ける荷重として、コンクリートの自重やコンクリート打ち込みによる圧力などが考えられる。セントルはこれらの荷重を考慮し、設計、製作がされる。また、型枠には、コンクリートの投入、締固め、コンクリート打設状況の確認、型枠の清掃を目的として、作業窓(検査窓)(図-18)が設置されている。作業窓の数量や大きさ、位置は品質の確保や作業性を考慮して決められている。

コンクリート打設に先立ち、型枠のケレン、清掃は十分に行い、剥離剤を塗布する。このとき、剥離剤を過度に塗布すると、覆工コンクリートの色むらや竊模様の原因となる場合がある。

型枠の設置は、打設時のコンクリートの圧力による型枠のずれ、ねじれ、移動が発生しないように行い、併せて打設時の沈下を予防するため、据付け支持地盤の強度の確認も行う例が多い。また、既設覆工コンクリートとのラップ部に過大な荷重をかけた場合、ひび割れなどが発生するため、既

設の覆工コンクリートと覆工型枠の重ね合わせ部(オーバーラップ部)に緩衝材を設置するための溝型枠を設けるなどの工夫が必要である。とくに天端部や曲線半径の小さいカーブの側壁部は十分に注意して施工が行われる。

妻型枠はコンクリート打設による圧力や振動で変形したり、隙間からモルタルが漏れたりしないように固定される。また、防水シートの破損を予防するためにシートとの間にクッション材などを配置するなどの配慮がされている。

(5) コンクリート打設

覆工コンクリートは、全断面を一度にすべて打ち込むのが一般的である。コンクリートの打設順序を図-19に示す。側壁部については作業窓より打設し、天端部は一般に吹上げ方式(図-20)が用いられ、鉛直上向きに圧送圧力をかけて打設する。内部振動機などを用いて締固めを行いながら、コールドジョイントなどを生じさせないように連続して打ち込んでいく。コンクリートの落下高は高くなり過ぎないように注意し、左右対称にほぼ同じ高さを保ち、型枠に偏圧がかからないように注意

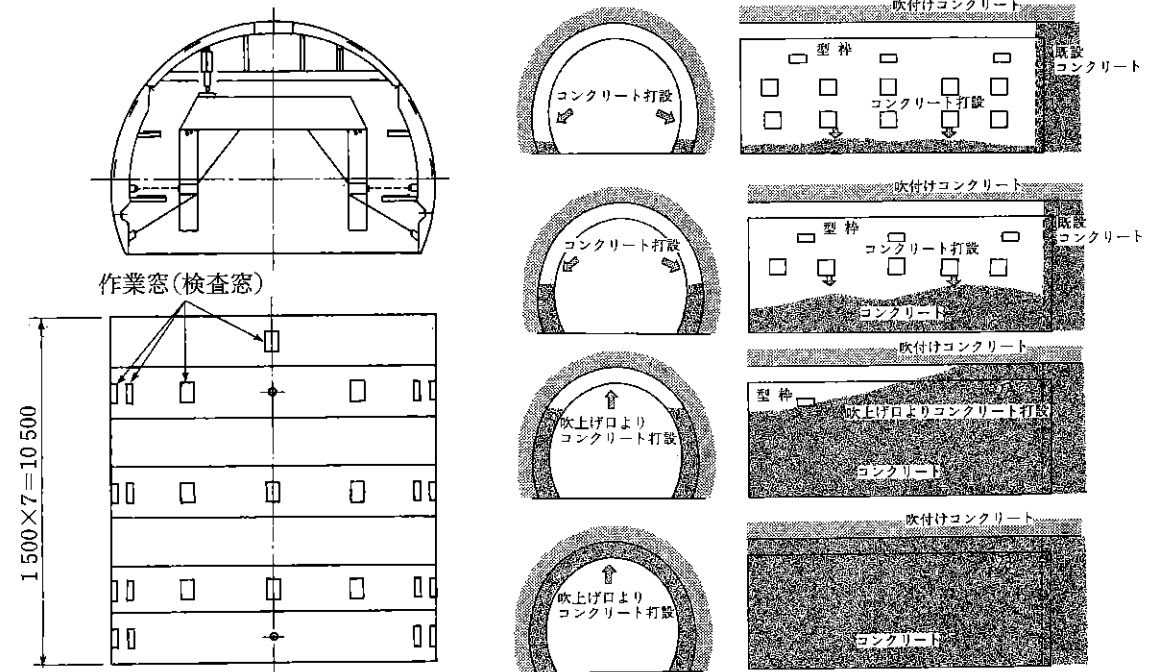
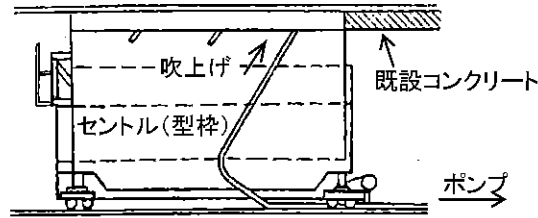


図-18 型枠の作業窓(検査窓)設置例¹⁰⁾

図-19 コンクリート打設順序¹⁰⁾

図-20 吹上げ方式による打設例¹⁾

して打設が行われる。コンクリートの打込み速度が速いと、型枠に大きな圧力がかかったり、締め作業の不足によりジャンカが発生したりするので、適切な速度で打設が行われる。

覆工コンクリート打設にあたっては、覆工背面に空隙を生じさせないこと、妻部を完全に充填することが非常に重要である。とくに、下り勾配で打設する場合、既設コンクリート側に空気が溜まりやすいため、空気抜き金具(孔)の設置などの対策が講じられる。

インバートと覆工の接合部は、トンネル断面のうち、もっとも弱点となりやすいので、異物の除去を徹底し、慎重に施工されている。

(6) コンクリート養生

これまで坑口部を除くトンネル坑内は、トンネル貫通前であれば温度が安定し、湿潤状態に保たれるとされ、一般的には付加的な養生を実施していなかったが、場合によっては坑口部やトンネル貫通後、冬季施工時など、外気の影響を受ける場合は散水養生や保温養生などを行うこともあった。

脱型は打設完了後12~20時間で行うことが多い。脱型時の圧縮強度は、断面形状が円形アーチ状の場合、2~3 N/mm²程度を目安としている場合が多い。脱型時可能な圧縮強度の設定については、「梁ばねモデル」による骨組構造解析にて覆工コンクリートに発生する圧縮応力、引張応力およびせん断応力を算出し、これらをすべて満足するコンクリート強度を求める方法がとられている例が

ある。

最近では坑内環境への配慮から、換気風量が多量となる傾向にあり、乾燥収縮によるひび割れ防止対策として、養生中にバルーンなどによる密封、散水による湿度の維持、脱型時期を遅らせるなどの工夫も試みられている。

④ おわりに

今回は、「覆工の設計・施工概論」として、矢板工法、NATMにおける覆工の設計・施工について概要を述べた。

次回以降、覆工コンクリートの品質向上技術、覆工の点検技術、補修・補強技術を詳述していきたい。

(文責：野城一栄/(公財)鉄道総合技術研究所、渡辺和之/(独)鉄道・運輸機構、水野希典/(株)高速道路総合技術研究所)

参考文献

- 1) 土木学会：トンネル標準示方書 解説，昭和44年改訂，1969.11.
- 2) 田邊朔郎：とんねる，丸善，1922.
- 3) 小野田滋：わが国における鉄道用煉瓦構造物の技術史的研究，鉄道総研報告特別号，No.27，1998.11.
- 4) 鉄道省：上越線水上石打間工事誌，第二巻，1933.
- 5) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 都市部山岳工法トンネル，丸善，2002.3.
- 6) 土木学会：都市NATMとシールド工法との境界領域，設計法の現状と課題，トンネルライブラリー，第8号，1996.1.
- 7) 鉄道・運輸機構：山岳トンネル設計施工標準・同解説，2008.4.
- 8) 土木学会：トンネル標準示方書 山岳工法・同解説，2006年制定，2006.7.
- 9) 日本道路公団試験研究所：覆工コンクリート施工マニュアル，2002.
- 10) 土木学会：トンネルコンクリート施工指針(案)，2000.7.

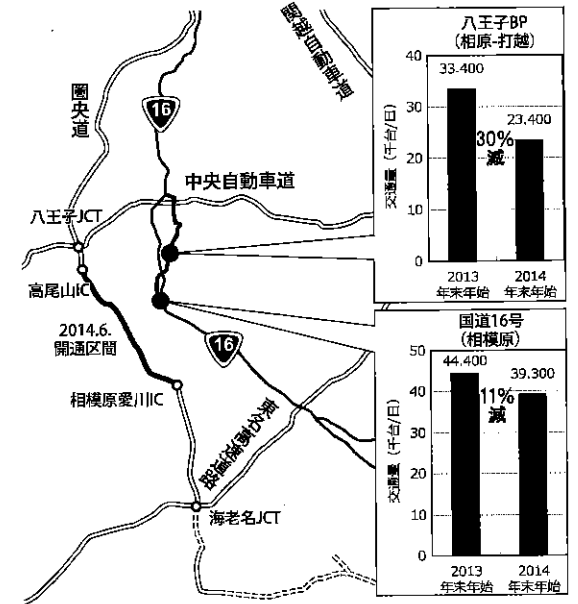
トンネルジャーナル

年末年始の混雑緩和に高速道路の開通効果

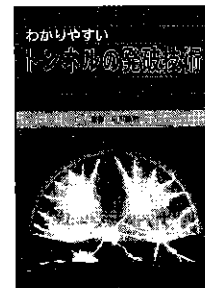
国土交通省と高速道路各社は、2014年度の年末年始における高速道路と国道の交通状況を公表した。これによると、年始に各地で降った雪の影響から交通量は昨年度と比べ7%減少した。10km以上の渋滞回数は250回となり、昨年度に比べ1割程度減少している。渋滞延長の最長は九州自動車道広川IC付近(福岡県八女郡)で1月3日に発生した59.5kmで、事故と交通集中が重なったことによる。

昨年6月に相模原愛川IC~高尾山IC間約14.8kmが開通した圏央道では、東名高速、中央道、関越道が圏央道で結ばれたことで、開通区間に隣接する圏央厚木IC~相模原愛川ICの交通量は、前年比114%と大幅に増加した。圏央道に並行する八王子バイパス(相原~打越)と国道16号(相模原)では、交通量がそれぞれ30%減、11%減となり開通効果が見られた。東名高速、中央道、関越道の圏央道の内側区間では、都心に向かう交通が前年度に比べ、3~8%減少するところもあった。

昨年7月に開通した舞鶴若狭自動車道小浜IC~敦賀JCT間では、年末年始における1日あたりの利用台数は約5,500台で、渋滞の発生はなかった。並



行する国道27号の国吉城地点では、交通量が昨年度14,600台/日あったものが、11,100台/日へと約24%減少した。



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。

株式会社 土木工学社

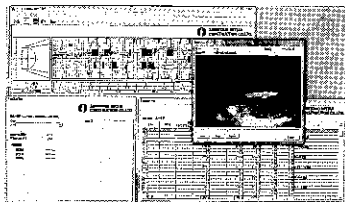
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888 (代) 振替00110-8-190072

工法・技術・製品ニュース

技術 トンネル補修履歴のデータベース化でライフサイクル管理



覆工背面空洞状況の撮影・記録作業はタブレット端末に搭載したシステムで行う



ジェネシスLTRのユーザインタフェース

三井住友建設(株)広報室
Tel 03-4582-3015
e-mail: information@smoon.co.jp

三井住友建設は、トンネル補修工事管理システム「ジェネシス-LTR」を美和トンネル(静岡県)の覆工背面空洞充填工事に適用した。

同システムは、同社が、室蘭工業大学板倉賢一研究室、日本原子力研究開発機構と共同で開発したトンネル・ライフサイクル管理のためのデータベース・マネジメント・システムをもとにして、現業事務所のPCなどで実行できるよう、トンネル補修工事における各種設計・施工情報をデータベース化してひび割れ展開図上に反映し、施工管理、ライフサイクル管理にフィードバックするシステム。

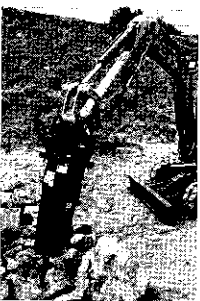
タブレット端末などを使って、覆工背面空洞充填における穿孔覆工厚、空洞幅、充填材料品質、充填量、充填圧といった施工情報を入力するだけで、自動的に補修工事の履歴データベースが作成される。従来業務と同様の管理項目を入力することで施工管理業務が実施できるよう設計されているため、業務の二重化になら

ず、職員の業務負担を軽減する。

データ処理部のユーザ・インタフェースには、トンネル調査・点検時に作成されたひび割れ・変状展開図を用いている。この展開図上の任意の位置をクリックすると、その近傍で実施した補修工種と施工管理項目が表示され、これに関連した任意のデータへアクセスして処理することが可能となる。このため、データベース・マネジメントの知識がないユーザでも直感的にデータ処理を行うことができる。

また、作成されたデータベースを利用した工事日報作成機能、品質・出来形管理情報の帳票機能、各種施工データのグラフ化・図化機能などが装備され、工事管理業務の効率化、高度化を推進するエンジニアリング・ソリューション・システムとしても活用できるとしている。施工情報はデータベース上で設計情報や位置情報などと関連づけがなされており、他社開発のCIMへデータを移行して活用することもできる。

製品 小型製品向けのキャタピラー製油圧ブレーカ



小型製品向け
Cat Eシリーズ
油圧ブレーカ

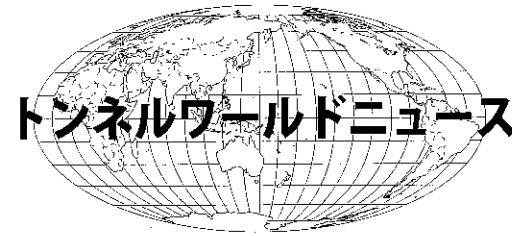
キャタピラー・ジャパン(株)広報室
Tel 03-5717-1122
e-mail: cjl-public@cat.com

キャタピラー・ジャパンは、コンクリート構造物の解体、舗装路面の破碎など、さまざまな用途での破碎作業に用いる小型製品向けの油圧ブレーカを発売した。

今回発売する油圧ブレーカは、1.5~5.5tクラスのミニ油圧ショベル、スキッドステアローダ、およびコンパクトトラックローダといった小型製品向けの油圧ブレーカで、H35Es、H45Es、H55Es、H65Esの4モデル。これらは、装着する各種小型製品

の性能を最大限に引き出すことで高い打撃力を発揮する。また、油圧ショベルとブレーカを接合する縦型ブラケットやブレーカ内部の動力ユニットを覆う密閉型ハウジングの採用など、随所に打撃性能・操作性を高める構造・機能を採用している。

グリース(潤滑剤)の給脂箇所を人の立つ高さに配置したほか、一般的な工具でツールの交換なども容易に行うことができるなど、優れたメンテナンス性やサービス性を持たせた。



(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ユーラシアトンネルプロジェクト の腐食検査契約

Intertek社は、イスタンブールのユーラシア・トンネル・プロジェクトで鉄筋腐食診断サービスを提供する契約を締結した。そのプロジェクトは、アジアとヨーロッパを初めて結ぶ海底ハイウェイを建設するものである。

その契約は、Intertek社がコンクリートトンネル内の鉄筋の腐食を監視するために4タイプの腐食センサと、調査のオペレーションをサポートする機器類と装置を提供し、構造物内の材料の持続的な健全性を保証するものである。

Intertek社は、Yapi Merkezi社とSK Engineering and Construction社のJVと締結し、そのメインの調達・建設の契約者は、ATAS社である。Intertek社の機器類の担当マネージャー

Tom Gooderhamは、「この規模のインフラプロジェクトにかかわることは、われわれの状況モニタリングの専門技術を活用することが使命であり、ATAS社と共同して将来の本トンネルの保守をサポートできることを楽しみにしている。このハイウェイプロジェクトは、トルコの交通機能を著しく改善するだろう」と語った。

「われわれの仕事は、腐食の早期発見を助け、インフラについての健全度の情報を提供する。また、これは、陰極保護システムを稼働させ、腐食発生を防ぐかを判断し、今後何年もトンネル維持に役立つだろう。」

本ハイウェイプロジェクトは、ZeytinburnuとKadikoy地区を接続し、全長14.6kmとなる。これは、イスタンブールのもっとも交通量の多い区間での交通混雑の緩和に寄与し、アジアとヨーロッパ間のより速達性の高いハイウェイとなる予定である。

本ハイウェイプロジェクトの工事は、2013年初めに開始され、2017年の完成が予定されている。海底トンネル区間は、5.4km、2層構造であり、周辺の道路工事により、新たな海底トンネルと接続をする。

(T&T '14.7 担当:小出啓明・東京都交通局)

多様化する
シールド掘進技術

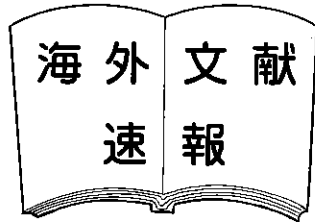
多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B5判 141頁 本体価格2,500円

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



(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

巨大TBMによる施工/Unleash the beast
By A. Conacher: TUNNELS &
TUNNELLING INTERNATIONAL,
September, 2012, pp.20-24

イタリアのフィレンツェ-ポローニャ間に位置する双設のスパルボトンネルは、延長2,600mであり、直径15.615mのHerrenknecht EPBMで掘

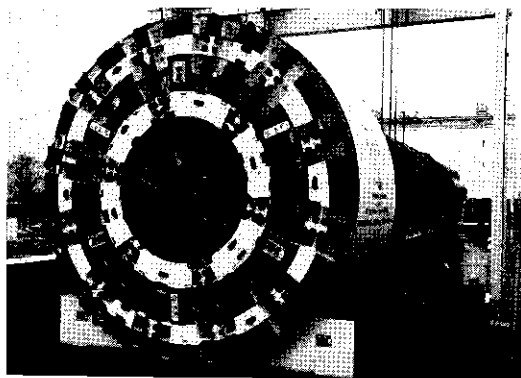
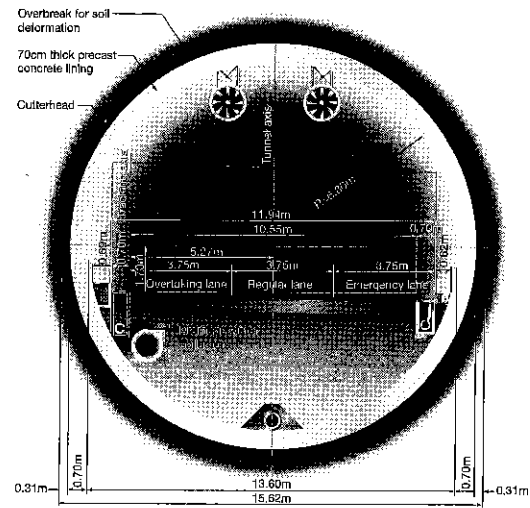


図-1 トンネル概要

削されている(図-1)。工期は2011年8月~2013年6月である。

本工事で採用した世界最大のTBMは、設備出力12MW、最大推進力394,850kN、掘削ホイールトルクは94,793kNm、総重量4,500tである。

直径17インチのディスクカッター76基、216個のカッターを装備し、予想される粘土質の地層に対処する設定がなされた。

土砂を調整するための20列の起泡材注入管を配備した。構成は、切羽直結の15列と掘削チャンバの中央に3列、スクリー・コンベヤに2列である。しかし、掘削チャンバの中心に水分がなかったことにより、粘土質土砂が完全に固化し、機械が詰まり掘削がストップした。対策としてチャンバの中央に6列の給水ラインを追加し、また起泡材列の1つをスクリーコンベヤから掘削チャンバの中央へ移した。

(文責: 畑生浩司・鉄建建設(株))

ヒマラヤにおける高度に機械化された発破工法へのアルプストンネル施工実績の適用/Application of Alpine Tunneling Experience for Highly Mechanized Conventional Heading in the Himalaya
TUNNEL, November, 2012

海拔3,980mにあるRohtang道は、世界でもっとも標高の高い山岳地帯を通るインド北部州の州境エリアを結ぶ唯一の道路である。この地域の村落は、深い雪や悪天候のため、4~6か月に及ぶ期間、他の地域との交通が遮断される。そのため、インド政府は2009年9月、道路の通年通行の確保と、狭く危険な山岳地帯でのアクセス時間を短縮するために、海拔約3,100m地点においてRohtangトンネルをBorder Roads Organizationに発注した。

このトンネルは馬蹄形で、幅は8mであり、2車線の道路と片側に幅1mの歩道を有する。また、路盤下には高さ2.25m、幅3.6mの避難坑が設置される。掘削は両坑口から開始し(北側坑口は冬期アクセス不能)、2012年6月現在、総延長8.8km

のうち3.5kmが掘削された。完成すると海拔3,000mを超える箇所でのトンネルとしては世界最長となる。本プロジェクトの課題は、標高、悪天候およびヒマラヤの地質である。平均土かぶり600m(最大1,900m)であり、断層や押し出し性地山が数箇所予想されている。また、80万m³のずり搬出と大量の湧水(1日あたり最大300万L)も課題である。

種々の地質状況における掘削方法や支保、安全策に柔軟に対応するため、ここでは発破工法が選択された。また、掘削断面積が135m²と大きいことや地質状況を考慮して多段ベンチカット工法が採用された。約83m²の上半に続いて約33m²のベンチ、最後にインバートが発破掘削される。ロックボルト、繊維補強吹付けコンクリート、鋼製支保で構成される支保工が、岩盤等級に応じて施される。断面の早期閉合のため、ベンチとインバートの掘削、支保建込みを、上半の掘削後に続けて行うほか、路盤下の避難坑では組立てエレメントを設置する必要もある。上半切羽、ベンチとインバートの掘削、避難坑の設置は、相互干渉を最小にするため、それぞれ施工箇所の相対距離を60m取っている。

掘削システム(Heading Installation)の開発、生産、供給、組立て、立上げについて、Rowa Tunneling logisticsは、アルプスにおける3例のトンネル施工経験を活かして、高度に機械化さ



図-1 ベンチ・インバート掘削エリアに吊り下げられた掘削プラットフォーム、ジョークラッシャーと牽引コンベヤ

れた物流システムを導入した。サイト内の物流は、2基のジョークラッシャーと、チェーンおよびフリクションボルトアダプタによって天井から吊り下げられた軌道上を移動する掘削プラットフォーム、さらに3基の牽引コンベヤと1基の連続コンベヤで構成される延長370mのシステムに支えられている(図-1)。天井から吊るされた掘削プラットフォーム上には、集塵ユニット、換気装置、エアコンプレッサ、中電圧変電設備、予備発電機、コンクリートポンプ、高電圧ケーブルドラム、清水供給ホースドラムのほか、掘削管理用コンテナ、人員用コンテナ、ワークショップコンテナ、貯蔵コンテナ、燃料タンク、添加剤タンク、空気ダクトカセットなどの坑内インフラ設備のすべてを設置できる。

(文責: 谷 卓也・大成建設(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)

一般社団法人

日本トンネル技術協会

会 報

1. 会員の現状

	1月31日現在
個人会員	863名
団体会員	202名
推薦会員	202名
特別会員	12名
名誉会員	0名
賛助会員	167名
合 計	1,446名

2. 委員会の開催状況(1月1日~31日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会運営企画幹事会(1/20)

木村宏委員長ほか10名, 名誉会員を検討

・広報小委員会 会誌WG(1/9)

大島洋志主査ほか14名, 2月号の会誌と3か月計画を検討

◎事業委員会(1/21)

桑原彌介委員長ほか17名, 催物開催結果および開催予定を検討

◎設立40周年記念事業実行委員会

委員会(1/29)

木村宏委員長ほか12名, 作業進捗状況を検討

催物企画WG(1/15)

中間祥二主査ほか5名, 作業進捗状況を確認

◎国際委員会

・海外文献小委員会

海外ニュースWG(1/23)

清水健志主査ほか9名, 海外文献を査読

計 6回開催 73名出席

②調査研究関係委員会

◎技術委員会

・安全環境小委員会(1/14)

豊澤康雄委員長ほか15名, 安全啓発活動報告および方針を検討

・山岳工法小委員会

支保WG打合せ会(1/20)

丸山修主査ほか4名, シンポジウム実施方針を検討

・都市近接施工ガイドライン編集小委員会

幹事会(1/22)

中谷武彦副主査ほか9名, 査読結果を検討

文献調査WG(1/30)

滝本邦彦主査ほか7名, 原稿を検討

・都市トンネル小委員会

シールド変遷史編集WG第2サブWG(1/26)

名倉浩主査ほか6名, 作業方針を検討

シールド変遷史編集WG第1サブWG(1/29)

河越勝主査ほか7名, 原稿を検討

シールド変遷史編集WG第3サブWG(1/30)

守尾洋一主査ほか7名, 原稿を検討

・保守管理小委員会(1/27)

藤森伸一委員長ほか14名, 平成26年度活動報告と27年度活動方針を検討

◎受託研究特別委員会

・長期耐久性特別委員会幹事会(1/29)

松岡茂幹事長ほか11名, 作業状況の確認および試験立会い

計 9回開催 89名出席

合計 15回開催 162名出席

3. 国際会議の開催予定

会 議 名	開 催 日	場 所	主 催 者 等
第41回ITA総会およびコンgres「Promoting Tunnelling in See Region」	2015. 5. 22~28	ドヴロヴニク (クロアチア)	Croatian Tunnelling Association ITA(国際トンネル協会) http://wtc15.com/
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)

*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

4. 平成26年度催物開催現況

(平成27年1月現在)

催 物 名	開 催 日	人数	場 所	CPD取得単位
(現場研修会)				
東北地区道路トンネル工事現場研修会	2014. 6.27	18	宮 城	2.0
—国道108号花洲山2号トンネル—				
中部横断自動車道トンネル工事現場研修会	2014. 7.24	32	山 梨	2.8
—八之尻トンネル, 宮狩トンネル—				
北海道道路トンネル工事現場研修会	2014. 8.28	23	北海道	3.8
—北海道横断自動車道第二天神トンネル・天狗山トンネル, 国道5号忍路トンネル—				
近畿地区道路トンネル工事現場研修会	2014. 9.12	20	兵 庫	2.0
—名塩道路・八幡トンネル—				
有楽町線小竹向原・千川間連絡線工事現場研修会	2014. 9.29	21	東 京	2.0
九州新幹線(西九州)トンネル現場研修会	2014.11.28	16	長 崎	3.5
—第一本明トンネル, 新長崎トンネル(東)—				
東北地区道路トンネル見学会	2014.12.17	10	福 島	2.0
—名八木沢トンネル—				
(施工体験発表会)				
第74回(山岳)「課題克服に取り組んだトンネル工事—新技術, 創意工夫, 周辺環境への配慮—」	2014. 6.24	172	東 京	6.3
第75回(都市)「創意工夫・新技術によるトンネル・地下構造物工事—新設および改良・再構築の施工事例—」	2014. 6.25	114	東 京	5.5
(講演・講習会)				
第16回ステップアップ研修会(シールド)	2014.10. 1~2	34	東 京	15.5
第17回ステップアップ研修会(山岳)	2014.11. 6~7	19	東 京	9.8
「トンネル技術者のための地相入門」講習会	2015. 3. 6	40	東 京	3.5
(記念事業)				
トンネル保守管理特別講演会	2014.10.29	143	東 京	3.7

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月号予告[4月1日発売予定]

- トンネル建設が地すべり安全率に及ぼす影響に関する解析的研究
- 国道400号 下塩原第二トンネル
- 県道東三河環状線 乗小路トンネル
- (株)合同資源 大芝合同トンネル
- 東京下水道 江東幹線
- 【連載講座】
- 山岳トンネル覆工の長寿命化技術(3)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆東日本大震災から4年が経とうとしています。まだまだ復興の途中ですが、今月号では「復興に貢献するトンネル技術」と題して、復興道路・復興支援道路を特集しました。

◆あの震災から「もう4年」「まだ4年」と、置かれている立場によって感じ方が違うものです。しかし、時が経つにつれて記憶は薄れていきます。まだ日が浅いのでこの震災のことは鮮明に覚えておりますが、今後は震災を経験していない人の割合が増えていきます。機会があるたびに当時を思い出し、後世に伝えていくためにも、記録に残すことが重要です。

◆さて、今月は、7日に首都高中央環状線の全線開通、14日に北陸新幹線が長野から金沢まで開通します。弊誌でもこれらのトンネルに関する施工報告を紹介しています。興味がある方は弊社のホームページから検索できますので、東京から金沢までの2時間数十分の新幹線の旅のお友に「トンネルと地下」を開いてみてはいかがでしょうか。

(K.Y)

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

★(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3号 [通巻535号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成27年2月20日 印刷

平成27年3月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会
会長 佐藤 信彦

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL: 03-3524-1755

FAX: 03-5148-3655

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)
(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

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

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

トンネル二次覆工型枠総合メーカー

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ハイブレード締固め工法
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中制御システム 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	1
NEXCO	6	1
地方自治体	14	3
鉄道・運輸機構	1	0

平成25年12月1日 現在

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

一歩前進! ~限りない未来への挑戦~



大栄工機株式会社

本社 〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地 TEL 0749-64-0246 FAX 0749-63-6765

URL http://www.daieikouki.co.jp/ E-Mail: daiei-co@minos.ocn.ne.jp

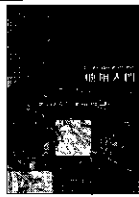
営業品目 各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売 ※詳しくはホームページを御覧ください

図書案内

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

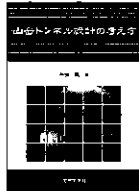
トンネルの計画・設計・施工にあたって留意すべき“地相”について、施工事例をもとに、豊富な図版と地形図を用いて、ていねいに解説した、画期的な入門書。



山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著
3,200円+税 B5判

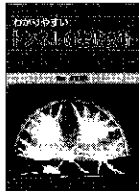
地山の力学状態を表す理論式から導かれる地山挙動の特徴を図表などを用いて手際よく説明した。トンネル掘削における工学的な理解を深化させる一冊。



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

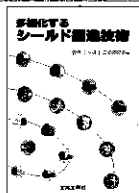
火薬類や発破技術の基礎的な知識から最新の技術まで幅広く取り上げ、また、火薬類を使用するうえで避けては通れない振動や騒音などの環境対策についても詳しく解説。



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。



わかりやすい土质地質学

大島洋志 監修
2,500円+税 B5判

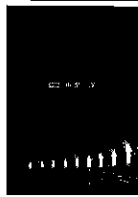
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた。



セグメントの新技术

小泉 淳 監修
2,000円+税 B5判

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



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

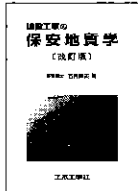
温泉開発における一般論から探査技術についてまとめ、今後の温泉開発の考え方を、外国の事例も交えながらわかりやすくまとめた。



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にわたり掲載した。シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた。



わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825円+税 B5判

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



ブロック理論と岩盤工学への応用

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

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



山岳トンネルの新技术

ジオフロンテ研究会 編
14,573円+税 B5判

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



ジオテクスタイル設計マニュアル

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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

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

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著
4,300円+税 A5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

白谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著
3,200円+税 A5判

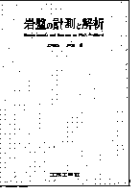
トンネル工事の際の労働衛生と環境保全の検討に有用な項目について、医学分野の知見から職業性疾患や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著
4,200円+税 A5判

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



わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉

橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著
2,800円+税 A5判

都市の代表的な地下施設である地下鉄、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課題を中心に、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。

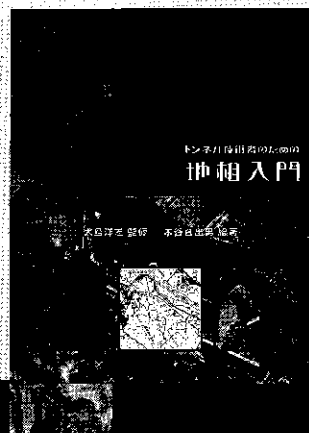


書籍のお申し込み ご注文は当社へ FAX または、書店にてお申し込みください。
FAX は、書名、部数、送り先、氏名、電話番号を明記のうえ右記までお送りください。

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

株式会社 土木工学社

新刊図書のご案内 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 (断層削剥地形) / 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

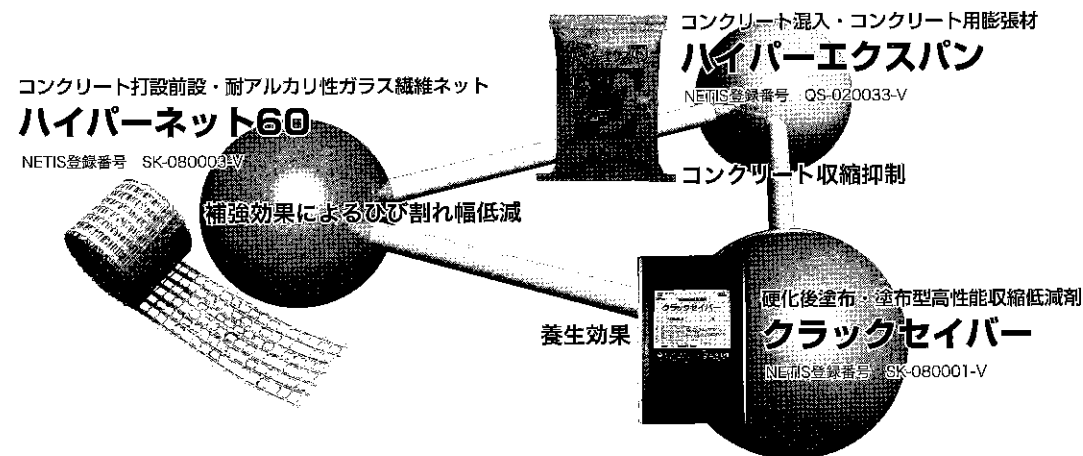
お申し込みは当社へFAX, または、お近くの書店にてお申し込みください



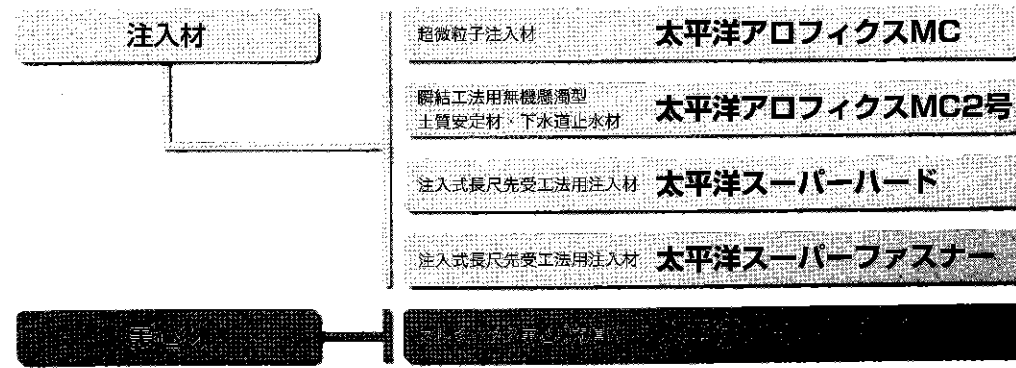
株式会社 土木工学社

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

コンクリートの
「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”



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

信頼の品質

技術提案に好適!! デンカの特種混和材

デンカの液体急結剤 《デンカクリアショット》

NETIS:KT-080020A

液体急結剤 **デンカナトミックLSA**

粉体助剤 **デンカナトミックUSS**
(Fc=18N/mm²)

デンカナトミックHSS
(Fc=36N/mm²)

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

優れた低粉じん吹付け

《デンカスラリーショット》

デンカナトミックUS-32

デンカナトミックUS-50

《粉じん低減剤》

デンカクリアップ2 & 3

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

実績の粉体急結剤

一般吹付け・高品質吹付け

デンカナトミックTYPE-5

高強度吹付け

デンカナトミックTYPE-10

瞬結吹付け・初期高強度吹付け

デンカナトミックTYPE-10S

デンカΣショットSH & S

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

覆工コンクリート
ひび割れ抑制・耐久性向上

コンクリート用膨張材
デンカパワーCSA

有機無機複合型被膜養生剤

デンカクラッコフ

ポリプロピレン短繊維

GRACE Microfiber

- ・高品質な覆工コンクリートが得られます

◆トンネル関連製品

- ・PFモルタルTYPE-K…小断面、TBM・シールド工事に用吹付けモルタル
- ・デンカライフセッター…吹付けコンクリート用凝結調整剤
- ・FTN-30…吹付けコンクリート用高性能減水剤
- ・デンカES/ES-L…無公害なセメント系土質安定用急硬材
- ・デンカコロイダルセメント/コロイダルスーパー…微粒子、超微粒子セメント
- ・デンカPモル…注入式ロックボルト定着材
- ・デンカクリーニングラウト…非エア系可塑性モルタル

DENKA

電気化学工業株式会社

特殊混和材部

東京都中央区日本橋室町2-1-1

電話 03-5290-5558

定価 1,620円

雑誌06619-3

本体価格1,500円



4910066190354
01500