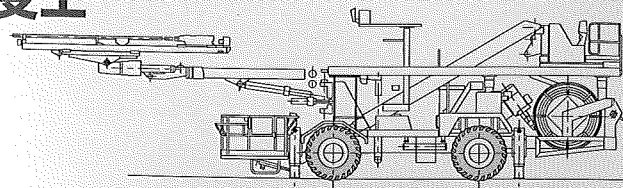


環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO AGF System

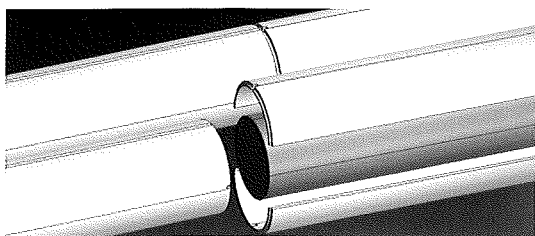
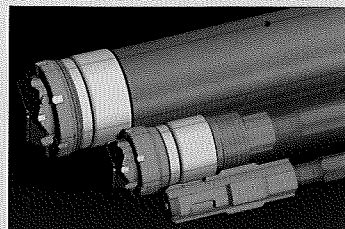
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



AGF-Me工法

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

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



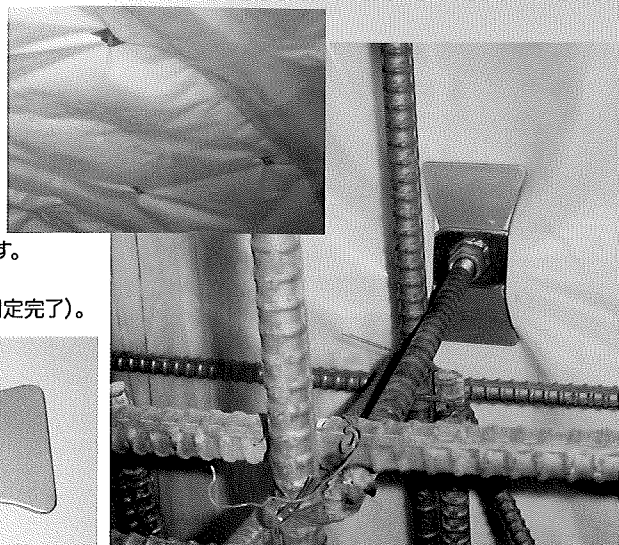
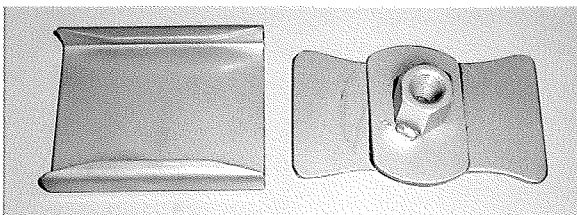
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

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)。



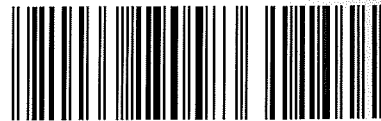
東邦金属株式会社 東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD

〒105-0003
東京都港区西新橋3丁目2番1号 共同ビル(西新橋)10F
Tel:03-5401-6211 Fax:03-5401-6218
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)

定価 1,575円 雑誌06619-5
本体価格1,500円



4910066190583
01500

トンネルと地下 5

vol. 39
no. 5
2008

Tunnels and Underground

補助ベンチ付き全断面掘削・早期閉合で都市トンネルを掘る
TBM掘削における多量の湧水を清濁分離して処理
騒音・振動・低周波音をモニタリングし周辺環境への影響を抑制
高度な技術を駆使して地下連続立体複々線化事業を推進
高水圧下での急曲線貯留管の建設
高地下水位・高透水性の硬質砂礫地盤における開削工法の検討

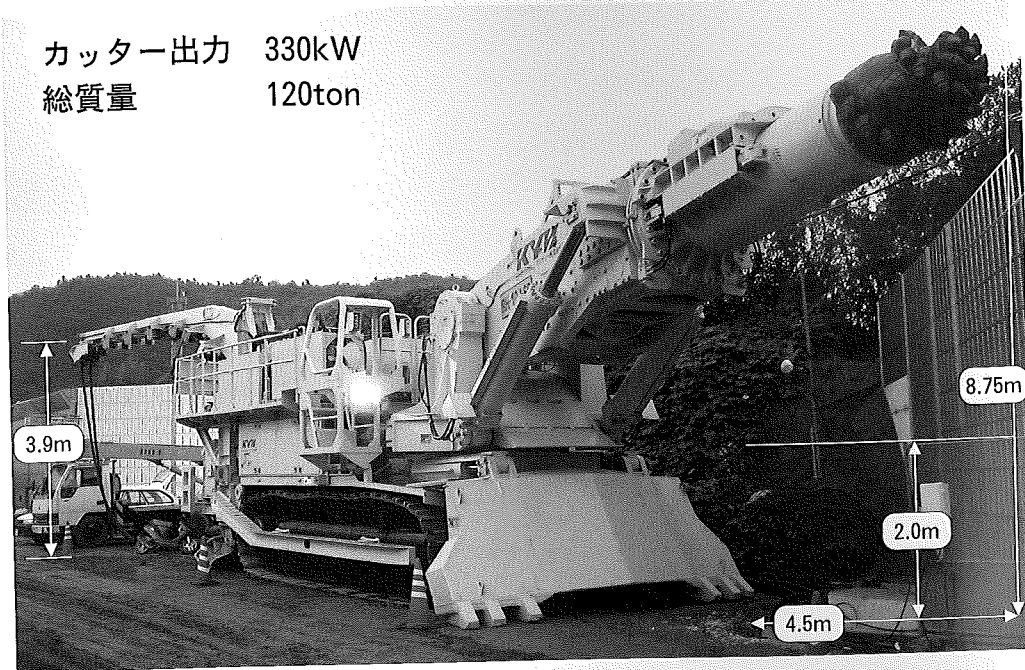
日本トンネル技術協会誌



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10.5m（ケーブルハンガーを除く）
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅4.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とビック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

（旧社名: 日本鉤機株式会社）

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

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

西部支店 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル TEL 092-411-4998

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

FURUKAWA
ROCK DRILL

FRD
FURUKAWA

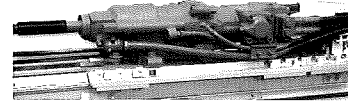
様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み重ねてきた各種製品と
全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

ホイール式ドリルジャンボ

JTH2200R/3200R

新幹線・道路・水路等の全断面および補助ベンチ
工法のトンネルさく孔に威力を発揮します。

新世代型油圧ドリフタHD210II搭載。

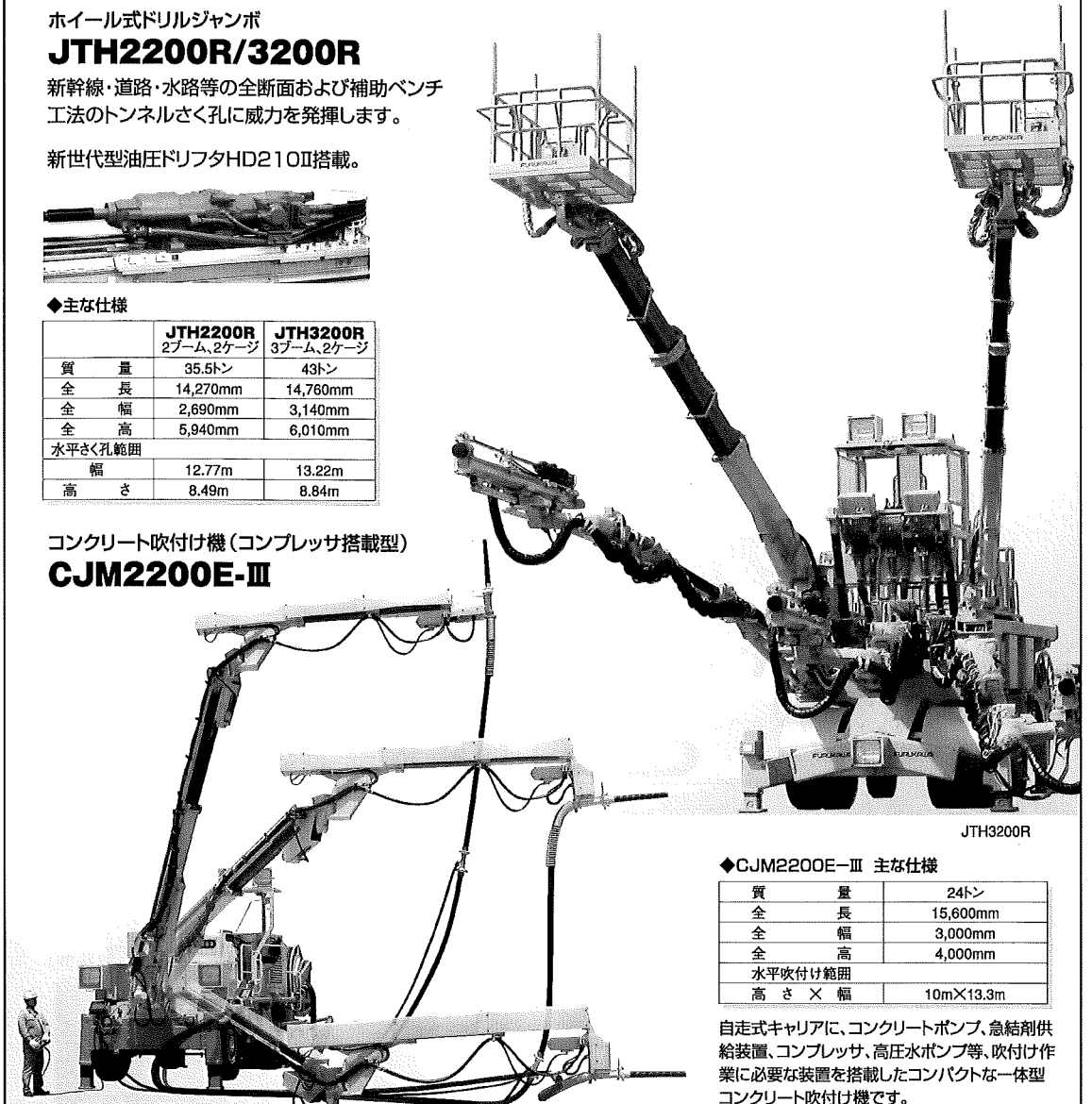


◆主な仕様

	JTH2200R 2ブーム、2ケージ	JTH3200R 3ブーム、2ケージ
質量	35.5トン	43トン
全長	14,270mm	14,760mm
全幅	2,690mm	3,140mm
全高	5,940mm	6,010mm
水平さく孔範囲		
幅	12.77m	13.22m
高さ	8.49m	8.84m

コンクリート吹付け機（コンプレッサ搭載型）

CJM2200E-III



JTH3200R

◆CJM2200E-III 主な仕様

質量	24トン
全長	15,600mm
全幅	3,000mm
全高	4,000mm
水平吹付け範囲	
高さ×幅	10m×13.3m

自走式キャリアに、コンクリートポンプ、急結剤供給装置、コンプレッサ、高圧水ポンプ等、吹付け作業に必要な装置を搭載したコンパクトな一体型コンクリート吹付け機です。

写真は吹付け姿勢の合成写真です。

△古河機械金属グループ

FRD 古河ロックドリル株式会社 <http://www.furukawarockdrill.co.jp/>

本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号 古河ビル8F 特機部 電話：(03) 3231-6966

札幌支店 011-861-3261 東北支店 022-384-8991 関東支店 027-326-9611 名古屋支店 0568-77-7700

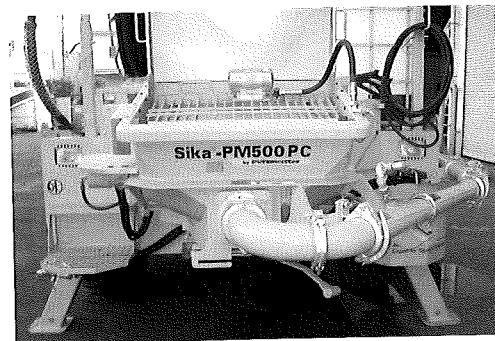
関西支店 06-6475-8221 広島営業所 082-832-3542 四国営業所 087-815-1708 九州支店 092-948-2010

吹付けコンクリートシステム



コンクリート吹付機
Sika®-PM500 PC
by Putzmeister

当社はこのたびコンクリートポンプ・コンクリート吹付機で世界的実績を誇るputzmeister社と契約し、今までの吹付機の発想をことごとく変え、さらにその実績と技術ノウハウの基に製造されたputzmeister・Sika®-PM500PCを国内に導入しました。

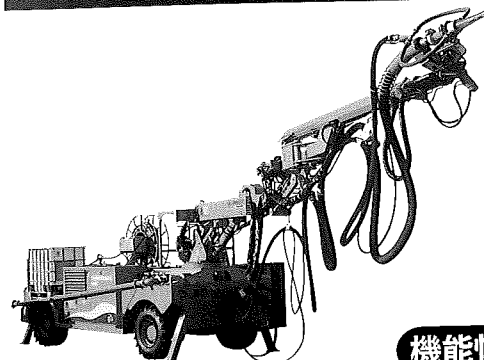


特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです。

プツマイスター圧送ポンプの特長

- ①シリンダーが他社機と比較して長い
プツマイスター L=1000mm
他社機 L=600~700mm
- ②S型揺動管の切替速度が他社機と比較して速い
プツマイスター 0.15sec
他社機 0.20~0.30sec
- ③油圧回路に特許FFH(フリーフロー回路)機能を採用

この三大特長によって、吹付け時の脈動が非常に少なく、またそのことに関連して息つきが防止され、コンクリートの付着性が著しく向上、作業時間の短縮、飛散リバンドの減少、さらに部品の消耗、油圧ホース、油圧ポンプ等々を含めコストダウンその減額を可能とします。



コンパクトで群を抜く使いやすさ!

機能性、機動性の基に理想的な機械化を実現!

総販売元 東友エンジニアリング(株) 製造輸入元 プツマイスタージャパン(株)

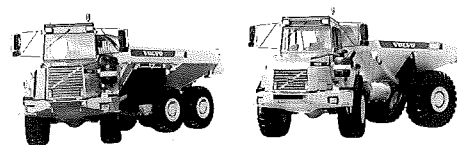
トンネル関連製品

吹付けコンクリートシステム

putzmeister・Sika®-PM500PCコンクリート吹付機
Putzmeister S.A.

一体型吹付機・特殊型吹付機
設計・製作: 東友エンジニアリング株式会社

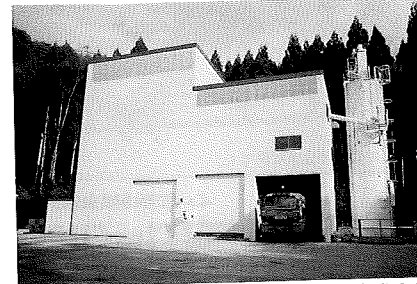
VOLVO ダンプトラック
(A25C-TS, A25C-TR, A20/30C-T)



Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他、トンネル施工機械全般

バッチャプラント
(全自動式, 3槽クラム式, 簡易型, 特殊型)



設計・製作: 名岐エンジニアリング株式会社

トンネル換気システム

ABC
VENTILATION SYSTEMS



- ファスナー式風管
- ツイングダクト風管
- スパイラル風管
- 帯電防止型風管

総代理店 東友エンジニアリング株式会社

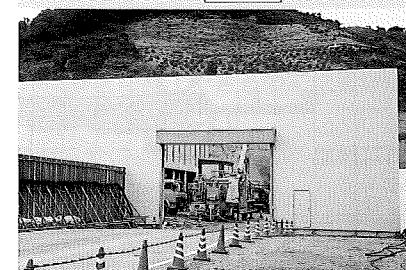
騒音防止システム

エコフラット -35db Cタイプ



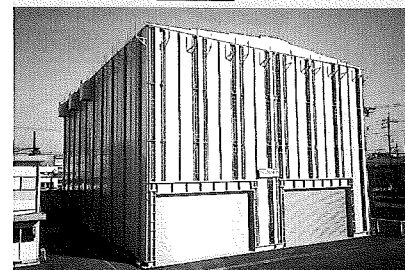
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 -15db Aタイプ



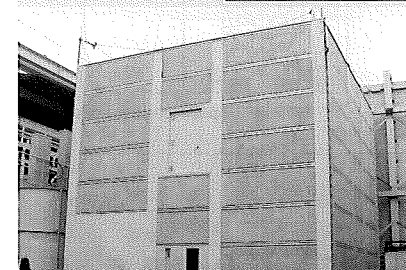
適応性の優れた防音パネル

エコユニット -30db Bタイプ



組立て容易な標準型防音ハウス

スーパーエコハウス 超低周波音 -25db



超低周波音対策に適した防音ハウス

設計施工 株式会社トユーエコサポート

建設業界に貢献するTOYU GROUP

東友エンジニアリング株式会社

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

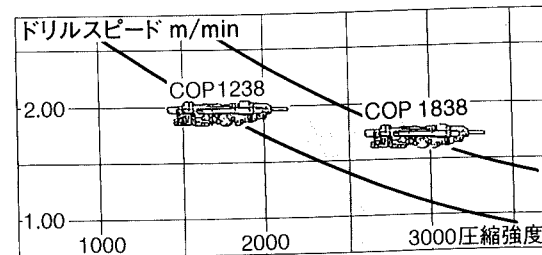
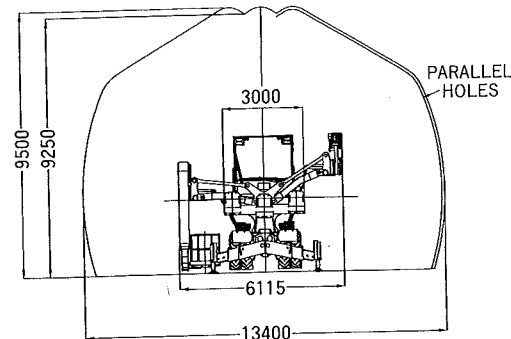
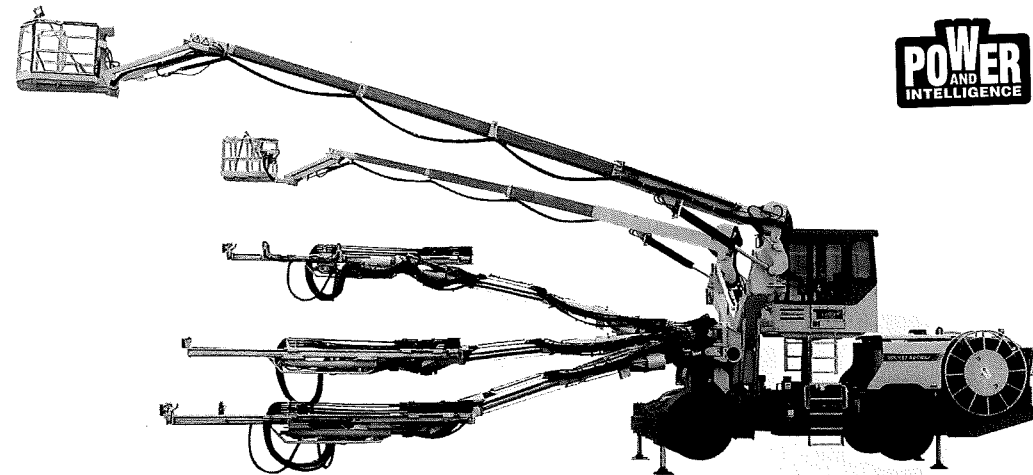
〒102-0073 東京都千代田区九段北3-2-5 TEL: 03-3234-8901 FAX: 03-3234-8900
株式会社トユーエコサポート TEL: 03-5226-5971 FAX: 03-5226-5974
トユーサービス株式会社石岡工場 TEL: 0299-27-6211 FAX: 0299-27-6233

アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット

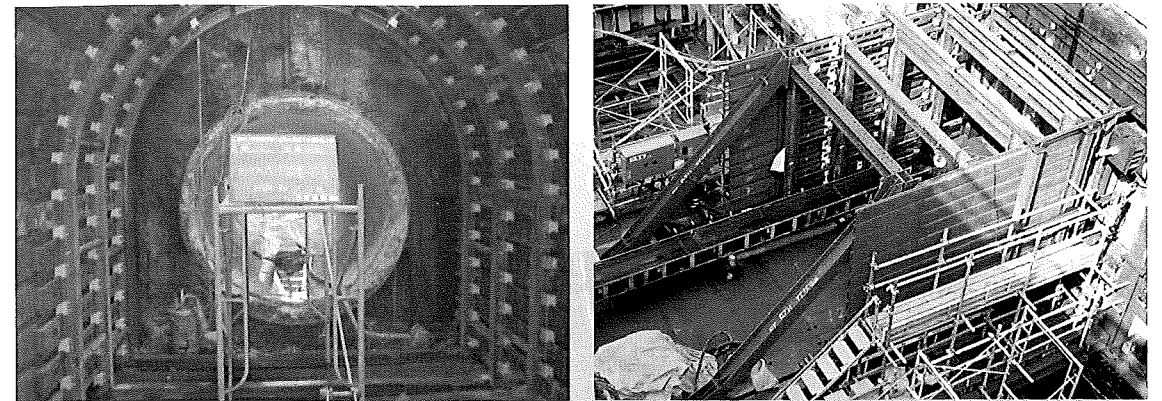


ドリルマシン株式会社 DRILL MACHINE CO., LTD.

本社 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 6-16-8 桂ビル5階
 TEL (03) 3806-3377 番 FAX (03) 3806-8461 番
 関西支店 〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4
 TEL (078) 802-5551 番 FAX (078) 802-5528 番
 九州支店 〒839-0841 福岡県久留米市御井旗崎1-6-14
 TEL (0942) 43-5315 番 FAX (0942) 43-5832 番
 焼津営業所 〒425-0072 静岡県焼津市大住 638-1
 TEL (054) 620-7301 番 FAX (054) 620-7303 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

アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法



30年の実績(工法指導致します)

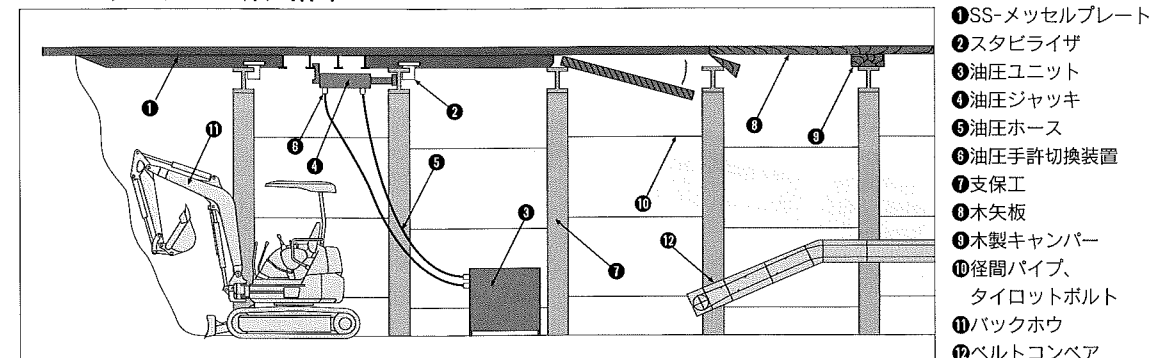
特徴

- 地山をゆるめず任意の断面形状のトンネル掘削ができます。
- 余堀りがなく切羽の掘削と一次覆工が同時に安全に施工できるので地表面が沈下しません。(都市トンネル工事では最適)
- SS-メッセルプレートとスタビライザとの組合せにより、メッセルの離脱及びノーズダウンを防止する構造になっています。直線・曲線掘進に適應します。
- SS-メッセル工法に使用される断面は、支保工の形状に従って、円形・角形・アーチ形・馬蹄形、のいずれでも自由に選べます。

実績

- JR線等線路直下横断工事。鉄道・道路・下水道・共同溝などトンネル工事に多数の実績をもっています。

SS-メッセル工法概略図



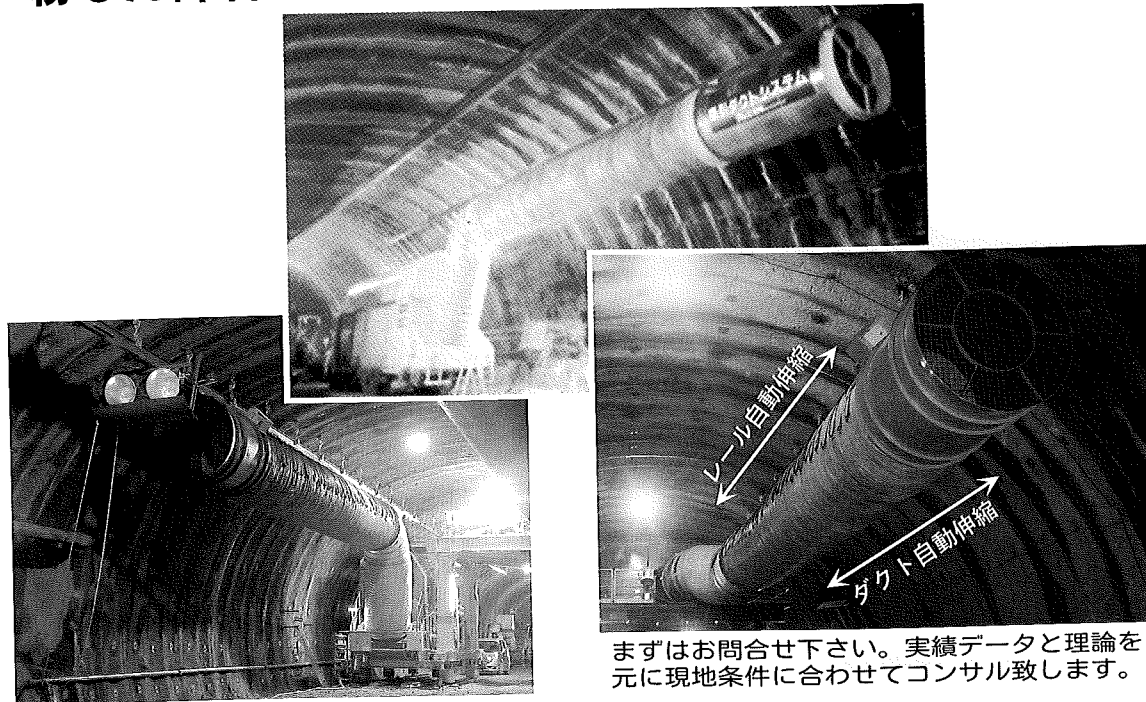
株式会社シーテック

URL <http://www16.ocn.ne.jp/~sietech/>

〒102-0074 東京都千代田区九段南3丁目8番10号 TEL. (03) 3263-7457 (代) FAX. (03) 3262-0915

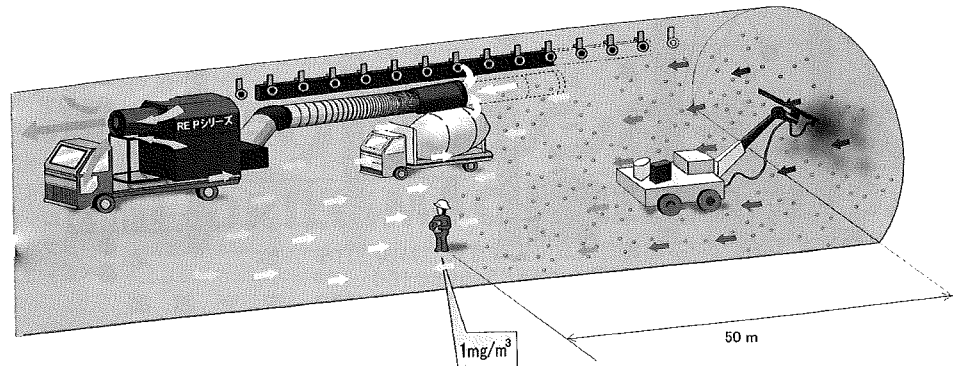
吸引ダクトシステム

業界初 吸引ダクトシステム特許取得〔第3883483号〕
 粉じん障害防止規則を大幅に満たす $1\text{mg}/\text{m}^3$ 達成!!



まずはお問合せ下さい。実績データと理論を元に現地条件に合わせてコンサル致します。

- ・発生源粉塵対策の決定版。
- ・ダクトはもちろん、吊下げレールも無線リモコンで楽々前進。
- ・掘削工法や作業サイクルに適合。操作にお手間をとらせません。
- ・最低限の切羽送気量と後方の高い清浄空間の確保で換気コストとランニングコストの大幅なコストダウンに。
- ・適応径はφ600～φ1650、負圧-2kPa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。移動照明を使用することで切羽作業効率、安全性が大幅にアップ。その他の口径・延長はご相談下さい。

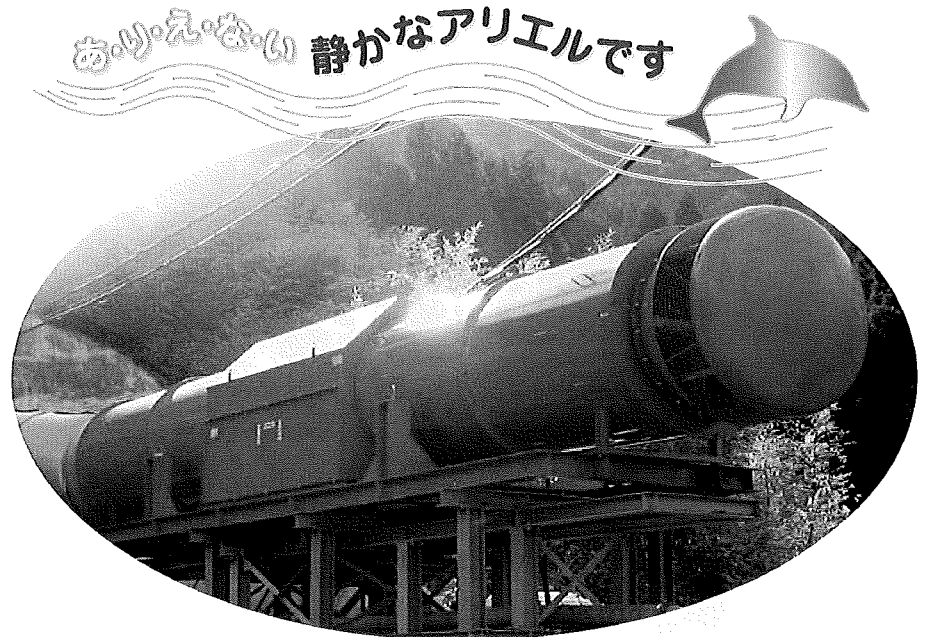


株式会社 流機 エンジニアリング

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

本社 / 〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル
 TEL: 03 (3452) 7400(代) FAX: 03 (3452) 5370
 つくば / 〒308-0114 茨城県筑西市花田90-1
 テクノセンター TEL: 0296 (37) 7680(代) FAX: 0296 (37) 7681

超低騒音・三軸反転ファン エアロ★MAX アリエル



今時、静かなのは当たり前!!

ファンの性能を保持したまま、より低騒音に、よりスタイリッシュに。
シールド、都市NATMなどの都市環境や
大断面長大トンネルの施工環境に対応する換気ファンを400台以上保有。
必要なとき、必要な容量の設備を提供します。

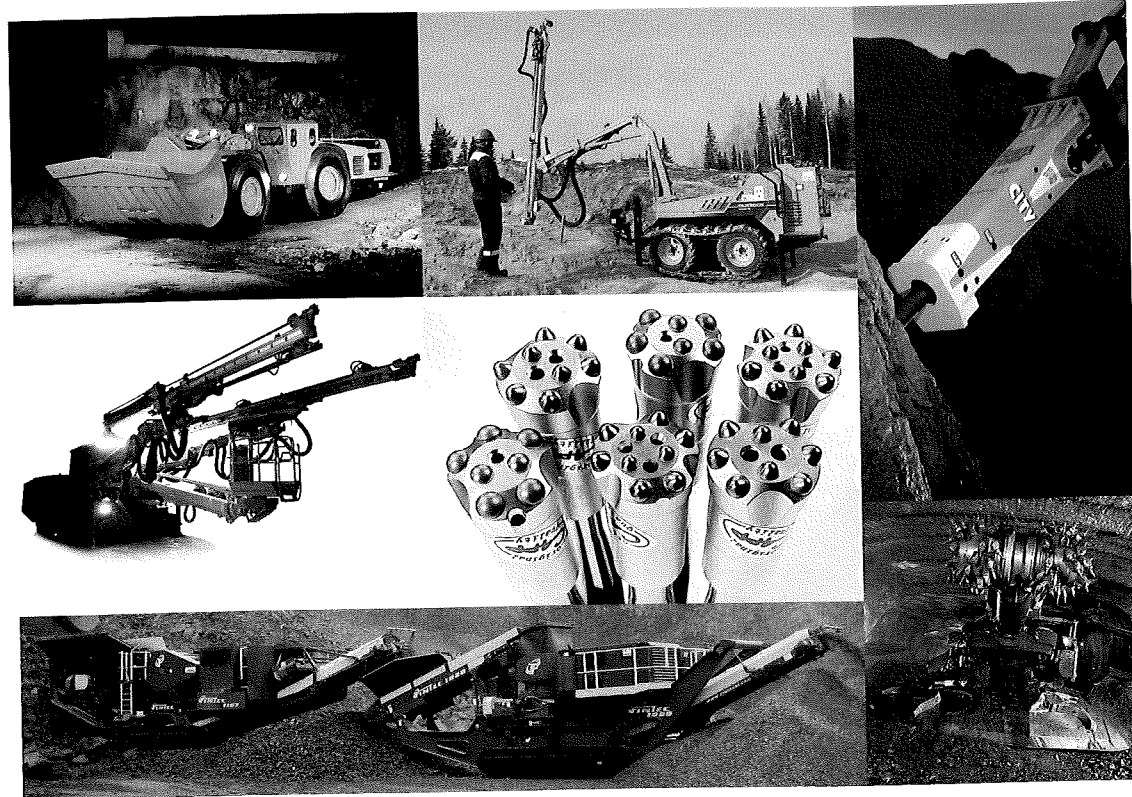
- 超低騒音:** エアロMAXは最小値78dB(A)、アリエルは当社比-5dB
- 省エネ:** インバータでファンの回転数を制御するため無負荷電流がなく、人-△直動方式や可変ピッチ方式より大幅に省エネができます。
- 高効率:** 固定翼、インバータ制御で広い性能点で効率のいい運転。
- 制御:** ダストセンサーによる自動制御、集塵機との連動運転が可能。
 (特許 第1742880 ダストセンサーによるインバータ制御)
- 使い易さ:** 軽量、INV高調波対策も万全、ソフトスタートでダクトを痛めずファンのメンテナンスも軽減。
 高価なフリッカ対策設備も不要。
- コンサルティング:** 長年にわたって経験して参りました弊社の換気のノウハウを生かし、換気計画後、5.5kW×2×200kW×2の幅広い品揃えで対応します。
 換気のご相談はお気軽に本社・営業部までどうぞ。

株式会社 流機 エンジニアリング

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

本社 / 〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル
 TEL: 03 (3452) 7400(代) FAX: 03 (3452) 5370
 つくば / 〒308-0114 茨城県筑西市花田90-1
 テクノセンター TEL: 0296 (37) 7680(代) FAX: 0296 (37) 7681

SANDVIK



Productivity
in Action

サンドビック マイニング アンド コンストラクションは、鉱山、建設業界においてトータルソリューションをご提供する世界のリーディングカンパニーです。私たちの製品は、鉱山機械、建築機械、一般土木機械に広く対応し、製品群は、掘削機、クラッシャー、油圧ブレーカ、スクリーン、及びその消耗品類と広くカバーしております。それらは、長い歴史で培った経験と知識が生かされた優れた設計に基づいた製品であり、また万全のアフターセールスサポートにより貴社を強力にバックアップいたします。長い歴史を持つサンドビックは、お客様とのパートナーシップを大切にします。私たちは、お客様とのより密なパートナーシップにより、お客様の生産性、収益性を改善する斬新なソリューションを絶えず提案し続けます。

サンドビック マイニング アンド コンストラクション ジャパン株式会社

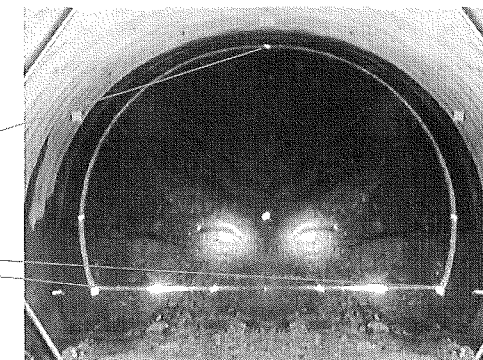
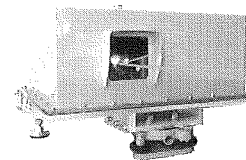
〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6階TEL045-478-0682/FAX045-478-0861

URL <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/jp/>

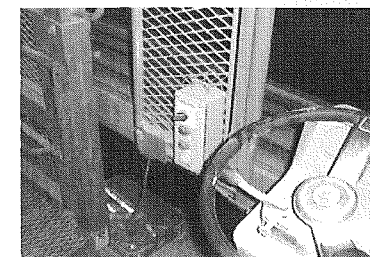
レーザーマーキングシステム

国内、海外特許取得済み

残像効果を使ったペイント不用の連続高速照射を実現

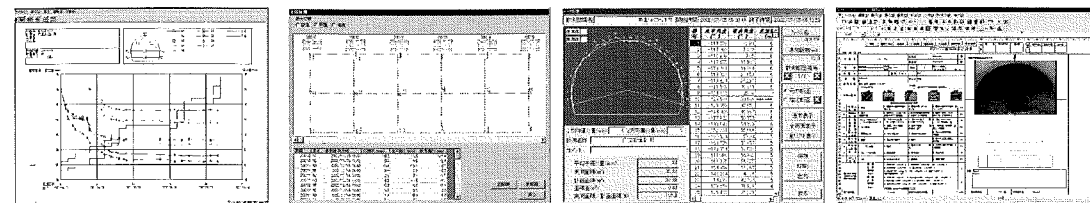


現場環境に耐え得る頑強なコントローラー

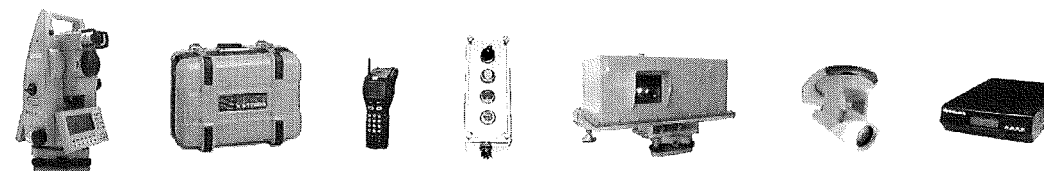


ジャンボに取付けて使用可
AC200V対応

各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



A計測データ処理 支保工立込精度、変形量 内空、巻厚検査 切羽観察、etc



豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。

MAC マック株式会社

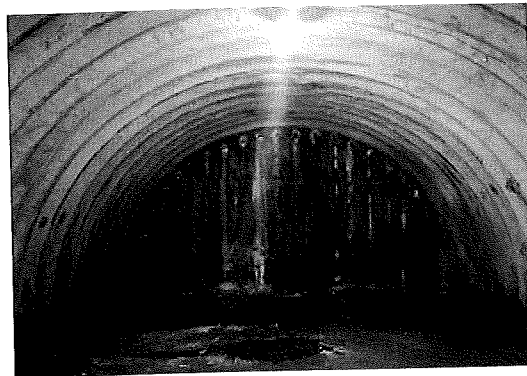
〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3
TEL (047) 371-3191 FAX (047) 371-3190

〔販売元〕

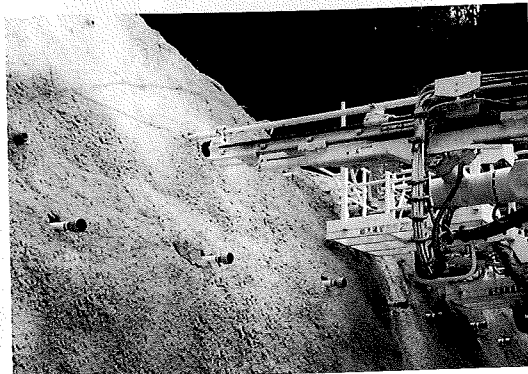
古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

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



(施工例)断面内からの無拡幅AGF工法



(施工例)鏡面への小口径二重管削孔システム

AGF工法のバリエーション

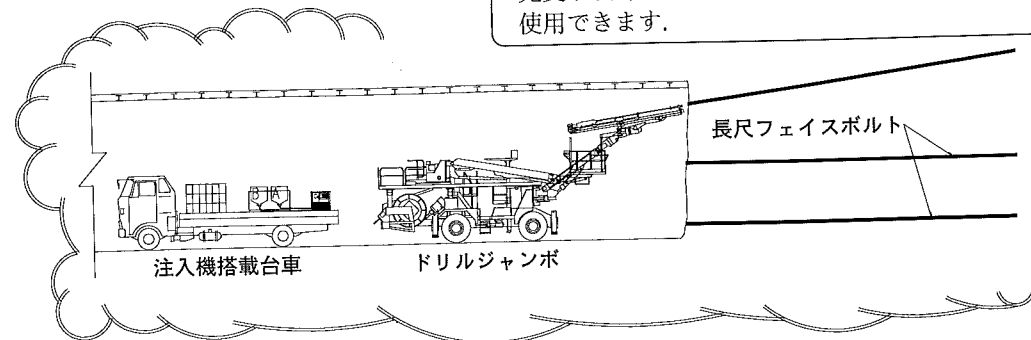
プロトタイプ
無拡幅タイプ
最小拡幅タイプ

小口径二重管削孔システム

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

先受け以外にも長尺鏡ボルトや水抜きパイプとして使用できます。

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



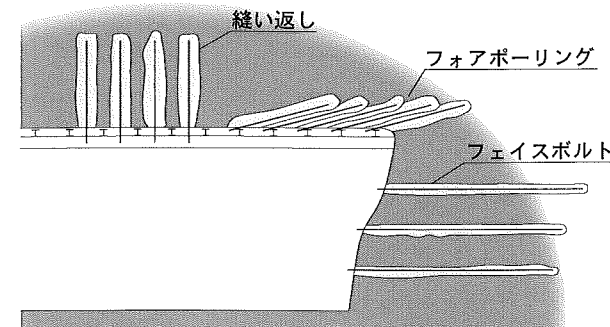
注入材のバリエーション

- シリカレジン注入材
 - ・スーパーSRF(標準タイプ)
 - ・スーパーSRF(Sタイプ)
 - ・スーパーSRF(低粘度タイプ)
- ウレタン注入材
 - ・ガンバンスーパーS
- 無機系注入材
 - ・シリカセーフ



(施工例)固結状況

注入ボルトのバリエーション



注入式フォアボーリングや鏡ボルト等に使用する注入ボルトとして、

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

等があり、地山条件や使用目的に応じて選択できます。

主要営業品目

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

KATECS

株式会社 カテックス
建設資材事業部

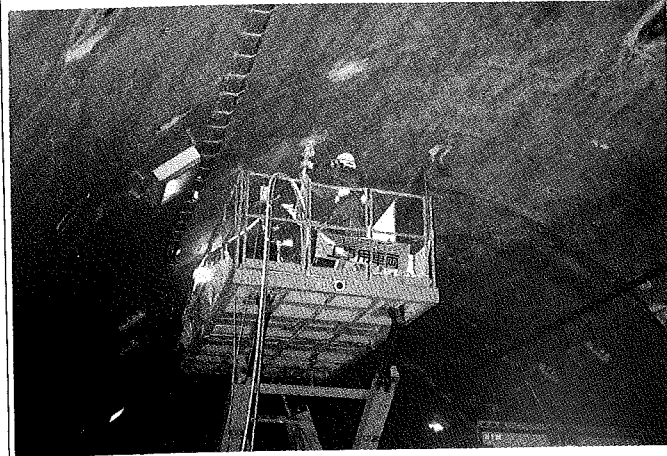
ホームページ <http://www.katecs.co.jp/>

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

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

硬質発泡ウレタン セツフォーム工法

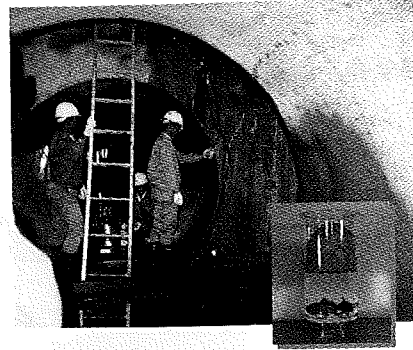
急結性・高性能空隙充填材



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

漏水を瞬時にストップ! SF-A工法

長期耐久性に優れた
無溶剤タイプの
ウレタン系止水材



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

ケミカルフォーム協会会員

アルス株式会社	〒950-0944 新潟市中央区愛宕 1-4-25	TEL 025-280-0337
株式会社内田工業	〒332-0032 埼玉県川口市中青木 2-12-2	TEL 048-257-0848
エコシビックエンジニアリング株式会社	〒135-0047 東京都江東区富岡 1-12-4 み満きビル	TEL 03-3643-7241
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0023 東京都中央区日本橋本町 3-6-2 小津本館ビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共ショウ	〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町 1-12-6	TEL 03-3668-8416
株式会社共和	〒462-0832 名古屋市北区生駒町 7-148-1	TEL 052-911-3984
寿建設株式会社	〒960-0231 福島市飯坂町平野字東地蔵田 8-1	TEL 024-543-0511
四国リニューアル株式会社	〒780-0815 高知市二葉町 3-5	TEL 088-878-0050
ショーレジン株式会社	〒104-0032 東京都中央区八丁堀 3-14-4 直平ビル	TEL 03-3551-8391
成和リニューアルワークス株式会社	〒163-0610 東京都新宿区西新宿 1-25-1	TEL 03-5326-0720
株式会社西日本ザイベックス	〒755-0032 山口県宇部市寿町 3-5-23	TEL 0836-21-2666
日本総合防水株式会社	〒171-0022 東京都豊島区南池袋 3-11-10 ベリエ池袋	TEL 03-5950-8211
林建設工業株式会社	〒998-0023 山形県酒田市幸町 1-6-6	TEL 0234-23-3322
フジモリ産業株式会社	〒141-0022 東京都品川区東五反田 2-17-1 オールコート大崎マークウエスト	TEL 03-5789-2206
株式会社マシノ	〒733-0822 広島市西区庚午中 1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒007-0870 札幌市東区伏古 10 条 2 丁目 11-8	TEL 011-782-4441
株式会社マノール	〒142-0043 東京都品川区二葉 1-18-8	TEL 03-3787-1131
株式会社三原工業	〒531-0074 大阪市北区本庄東 1-22-3 四本ビル	TEL 06-6371-9947

協会事務局

〒103-8650 東京都中央区日本橋人形町2-31-11
日清紡ポスタルケミカル(株) TEL 03-5644-7760

製造元 **日清紡** 化学品事業本部

〒103-8650 東京都中央区日本橋人形町2-31-11 TEL 03-5695-8939

拡大された能力。 継続的なお客さまへの コミットメント。



www.oricamining.com

オリカ・マイニング・サービス
——産業爆薬、起爆システムおよび
高度な爆破ソリューションの
世界的リーダー企業。

オリカは、ダイノ・ノーベルのアジア、
中南米、欧州、中東およびアフリカ事業
を買収しました。当社は、お客さまとの
関係の維持、ならびに統合プロセス全般
における滞りのない移行の実現に努めて
います。

当社は、オリカとダイノ・ノーベルの
最良部分を活用し、お客さまの最終利益
拡大をお手伝いいたします。

皆さまには、くさなる技術投資、
◇供給のより高い安定性に向けて、
より広範囲の製品およびサービス、
ならびに拡大された製造施設/サプライ
ポイント・ネットワークへのアクセス、
◇爆薬、技術サービス、ANおよび起爆
システム製品の信頼できるデリバリー
——をご期待いただけます。

オリカは、鉱業および建設業界、
ならびに当社のお客さまへの
コミットメントをお約束します。

オリカジャパン株式会社
〒105-0001
東京都港区虎ノ門3丁目7-11
虎ノ門三須ビル7階
Tel: 03 5777 4681 Fax: 03 5777 4682

 **ORICA**
MINING
SERVICES

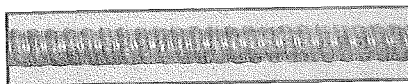
— NATM を支える —

技術と信頼!

ケー・エフ・シーの ロックボルト

全ネジ FRP ロックボルト

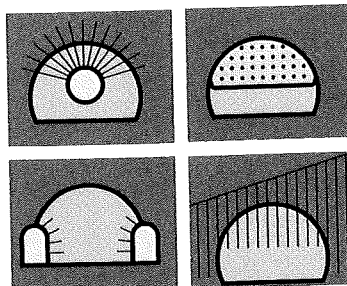
CG22S



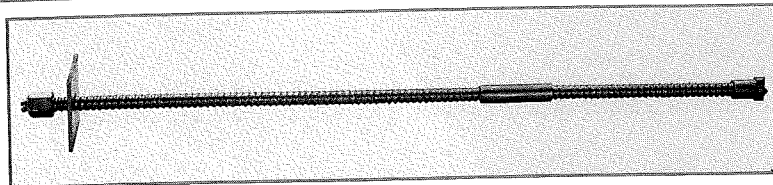
CGR32



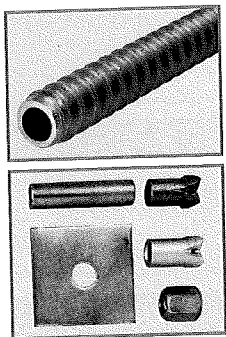
FRP ボルトに全ネジ加工することによって、ナット取付け、カプラー接続が簡単にできます。



自穿孔 IBO アンカー

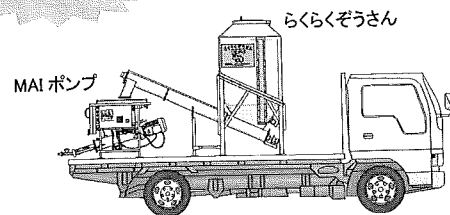


現場での取扱いが非常にし易い R32 ネジを全長にわたって転造した中空ロックボルトです。

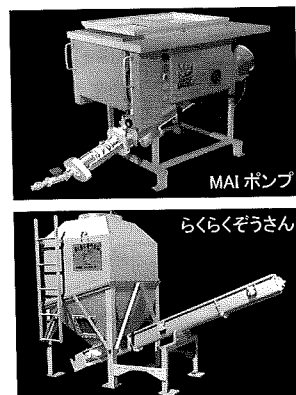


MAI ポンプ & らくらくぞうさん (モルタル投入システム)

ECO システム!



現場ゼロエミッションに貢献します。



特許第 3256532 号
(らくらくぞうさん)



環境にやさしいパッケージ
「ふたたびくん」

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

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

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

1本1本が大切! だから

次世代 防食 ロックボルト

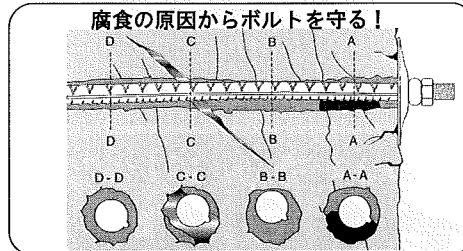
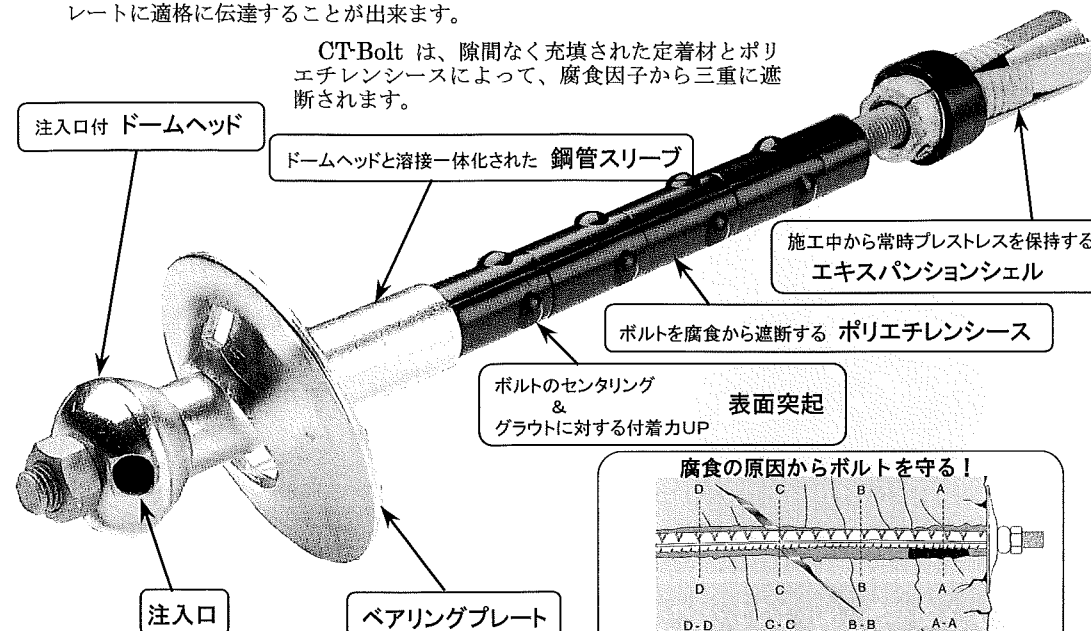
CT-Bolt

Ørsta Stål

通常施工により超長期支保

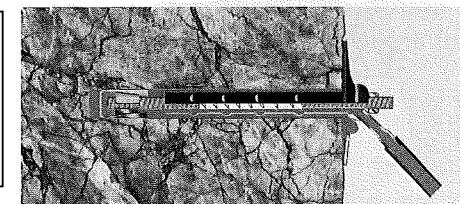
CT-Bolt は、施工直後からプレストレスを導入し、特殊半球型ドームヘッドにより、地山の動きに伴う荷重をベアリングプレートに適格に伝達することが出来ます。

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



CT-Bolt の定着は・・・

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



用途:

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

完全充填

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

総発売元 Your Fastening Partner

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

〒135-8073 東京都江東区青海2丁目45番タイム24ビル

お問い合わせ先 TEL: 03-3570-5182
技術部 FAX: 03-3570-5191

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〉

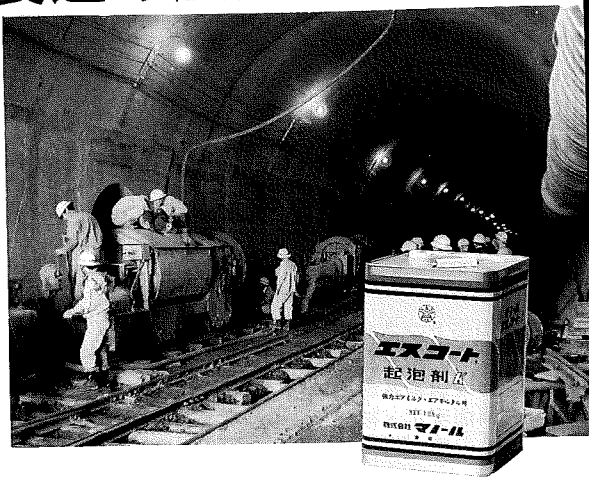
プレミックス急硬モルタルと
特殊ラテックスの
複合材で
短時間で実用強度が得られる
即日補修工法です。

- 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 ◆



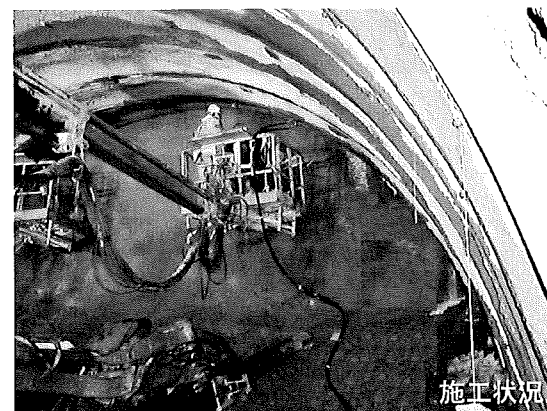
株式会社 **マニール**

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

補助工法・注入材のことならティーエムシー

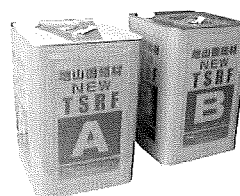
■ AGF-OFP工法

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



■ 各種注入材

NEW-TSRF
(シリカレジン)
NEW-TBU
(ウレタン)

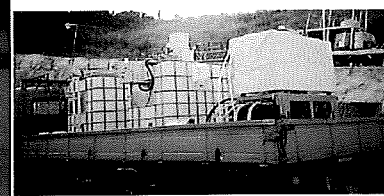


※その他各種工法、セメント系注入材など、詳しくは当社ホームページをご覧ください。

環境に配慮したリサイクルコンテナシステム



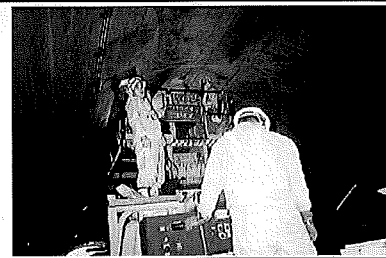
◎リサイクルコンテナ(左)と現場への搬入風景 当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。



トンネル補修もティーエムシーにお任せください

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

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



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



株式会社ティーエムシー ホームページ : <http://www.tmc-net.com/>

お問合わせ・お見積のご相談はお近くの当社事務所まで

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

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤
NT-1000シリーズ

急結剤と併用することにより、
高品質で経済的な吹付けコンクリートを実現。

- 単位水量を減少し、急結性・付着性・強度発現性などの諸性状を改善する。
- 急結剤の使用量を低減する。

アルカリフリー・低アルカリ型液体急結剤
メイコ®SAシリーズ

成分中にアルカリ分をほとんど含まない液体急結剤。

- 作業員に対する安全性が高い。
- 粉じんの発生が少なく、良好な吹付け作業環境が得られる。
- 付着性に優れ、リバウンド量を低減する。
- アルカリ骨材反応を助長しない。

より良い吹付けコンクリートのために。
現場のニーズに専用の混和剤システムがお応えします。

高品質化

低粉じん・
低リバウンド

省力化

高強度化

二酸化ケイ素を主成分とした球状で
超微粒子のシリカフェーム。

- ワーカビリティ、材料分離抵抗性、ポンプ圧送性などを改善する。
- 硬化コンクリートを高強度化し、水密性を増大させる。

シリカフェーム

メイコ®MS610

吹付けコンクリートの
練置きを1~16時間
まで自由にセットコントロール。

- 長時間の運搬や現場での練置きを可能にする。
- 夜間のコンクリート製造作業を軽減し、吹付け工事を効率化する。

湿式吹付けコンクリート用セットコントロール剤

デルポクリート

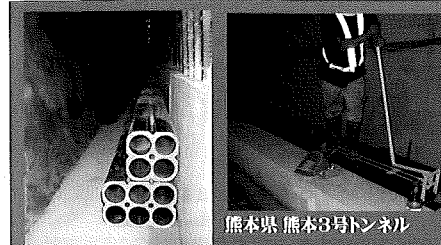
BASFポゾリス株式会社

- 本社/東京都港区六本木3-16-26
混和剤営業部: TEL03-3582-8811(直) FAX.03-3583-3800
 - 支店/仙台、東京、名古屋、大阪、福岡
 - 営業所/札幌、宇都宮、千葉、横浜、上越(松本・金沢)、静岡、広島、高松、鹿児島
- 資料進呈/詳しくは、本社混和剤営業部または、最寄りの事業所にお問い合わせください。
URL <http://www.pozzolith.basf.co.jp>



●BASFポゾリス(株)は開発センターと茅ヶ崎工場において、ISO9001およびISO14001の審査登録をしています。

BASF
The Chemical Company



熊本県 熊本3号トンネル

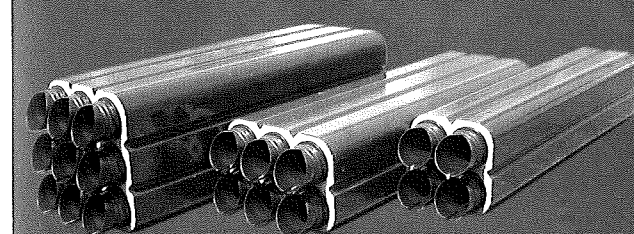
西日本高速道路株 第二名神 栗東トンネル



名四国道事務所 足助ハイパス 足助トンネル



高山国道事務所 中部縦貫道 前原1号トンネル



— 特長 —

標準管の長さは65cmの新規格

※従来のセラダクトAは60cm。

接続はカップリング方式で簡単

スピーディー

※従来のセラダクトAはバックシフト介在ボルト締め

トンネル内専用として
セラダクトA^{エース}

ネオ

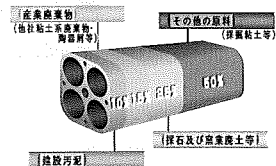
neo

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



再生材料を使用
採石および製煉土、陶磁器用 50%以上
セラダクトAはエコマーク認定商品です
第 04 131 014 号

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



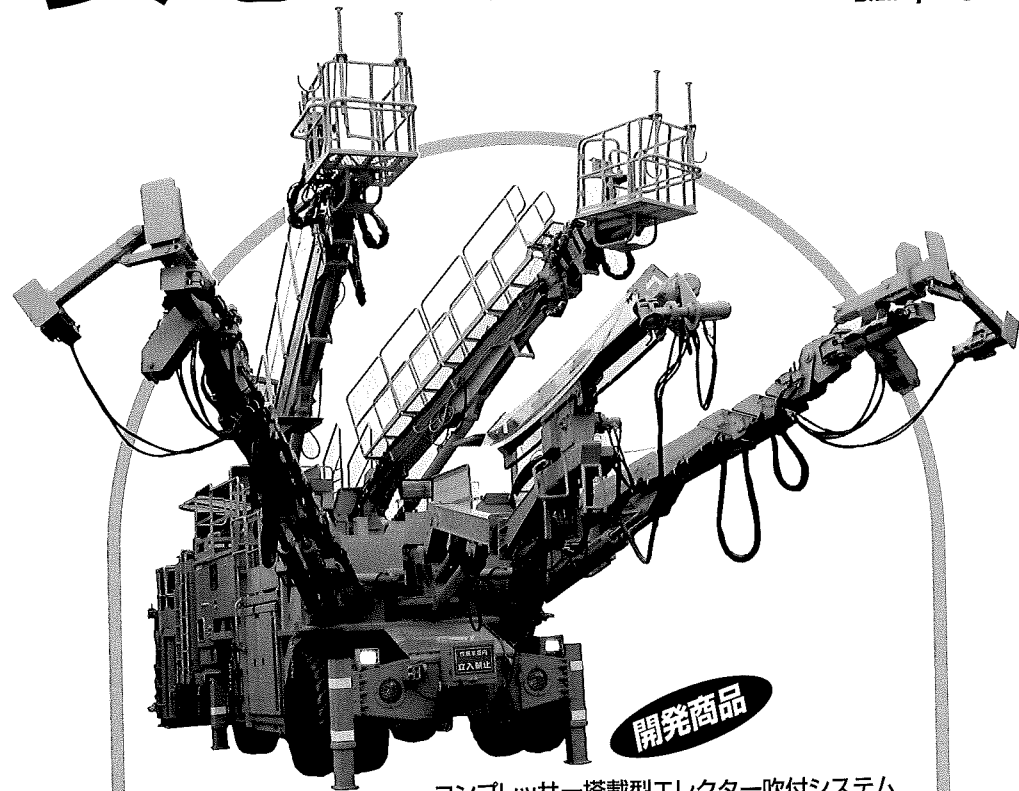
ISO 9001:2000取得

杉江製陶株式会社
sugie

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

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

安心と信頼



開発商品

コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム
(ホイール式)

〈1台2役のスグレモノです!〉

- 1台にて1次吹付、支保工建て込み、2次吹付可能です。
- 2バスケットによる効率UPが可能です。
- 最大荷重1200kgの支保工を運搬・建て込み可能です。
- コンプレッサー 90kw・37kwを搭載しています。

トンネル機械の総合レンタル

三興レンタル株式会社

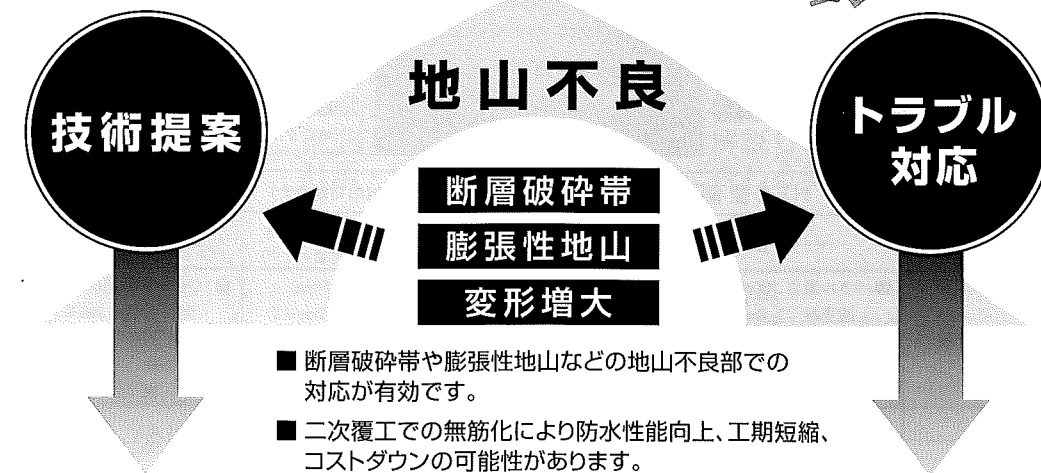
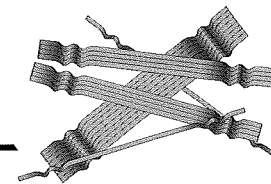
高槻事務所 / 〒569-0836 高槻市唐崎西2-26-1
TEL072-677-2101(代) FAX072-677-2109



厳しい条件下の施工に迅速な対応・信頼のブランド

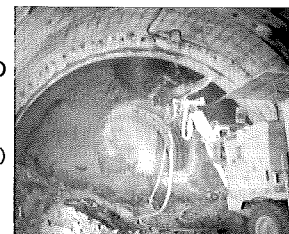
コンクリートをより強く、よりしなやかに。

タフグリッ プ コンクリート補強用鋼繊維



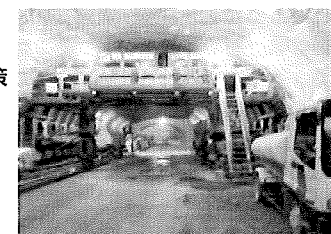
一次吹付

- 吹付のコンクリートの崩落防止(膨張性地山)
- 山はね対策
- メッシュ置換(安全対策)
- 切羽の自立補助



二次覆工

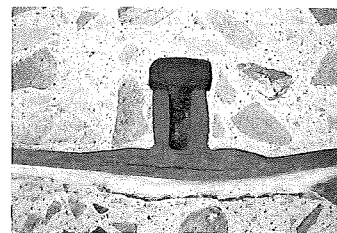
- 内空変位増大対策
- 無筋化
- 剥離・剥落防止



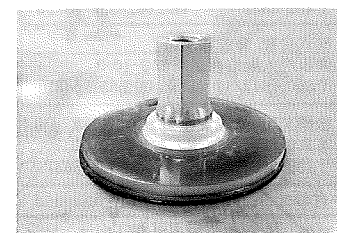
防水への信頼性・施行性の向上へ

ナトミックシート トンネル用防水シート

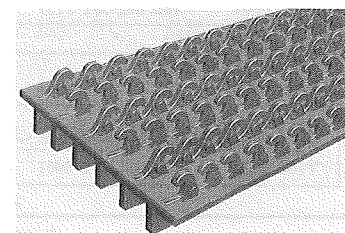
- 高い防水性
- 豊富な品揃え
- 容易な施工性



ウォーターバリア



吊鉄筋金具



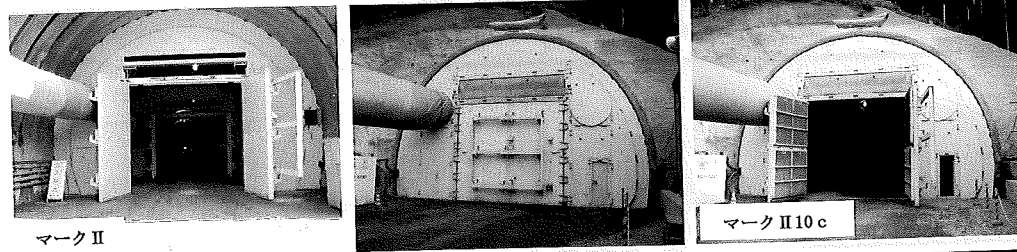
クイックバー

株式会社ブリヂストン

土木・建築資材販売促進第2部
東京都中央区八重洲1-6-6 〒103-0028
TEL.(03)5202-6872 FAX.(03)5202-6874

25年の実績が最大級の安心です

～ヒューズ工業の防音扉は生産物賠償責任保険(対人)付きです～



マークII

マークII 10c

HFS型防音扉(オプションで自立式、牽引式にも対応可能です)

製品名称	マークII	マークII 10c (コンクリート100mm充填タイプ)	マークII 15c New (コンクリート150mm充填タイプ)	ロック式 New (砕石150mm充填タイプ)
仕様	●パネル厚さ 150mm 遮音板 3.2mm×2 吸音材 150mm 制振材 2.0mm	●パネル厚さ 150mm 遮音板 3.2mm×2 吸音材 150mm 制振材 2.0mm ●コンクリート厚さ 100mm	●パネル厚さ 150mm 遮音板 3.2mm×2 吸音材 150mm 制振材 2.0mm ●コンクリート厚さ 150mm	●パネル厚さ 150mm 遮音板 3.2mm×1 砕石 150mm 制振材 2.0mm 金網 2.0mm
形状				
防音扉1基設置の場合の音響性能				
騒音レベル	19 dB(A)	19 dB(A)	21 dB(A)	19 dB(A)
低周波音圧レベル	13 dB	20 dB	23 dB	17 dB
防音扉2基設置の場合の音響性能				
騒音レベル	28 dB(A)	29 dB(A)	30 dB(A)	28 dB(A)
低周波音圧レベル	19 dB	33 dB	36 dB	26 dB

防音扉以外にも、防音ハウス・防音壁などの防音パネルを使用した製品も取り扱っております。

【建設騒音対策協会】

株式会社 牛尾商店
福岡県福岡市博多区中洲 5-4-19
〒810-0801 TEL. 092-281-2131

株式会社 カテックス
愛知県名古屋市中区上元津 1-3-3
〒460-8331 TEL. 052-331-8821

株式会社 ティーエムシー
東京都荒川区西日暮里 5-23-3
〒116-0013 TEL. 03-3891-8211

日豊株式会社
東京都渋谷区渋谷 2-12-12
〒150-0002 TEL. 03-3409-8041

株式会社 野佐和商会
大阪府大阪市西区新町 2-10-3
〒550-0013 TEL. 06-6532-6451

株式会社 ビーエスアイ
北海道札幌市中央区北一条東 13-1-1
〒060-0031 TEL. 011-241-6500

古河ロックドリル 株式会社
東京都中央区日本橋室町 2-3-14
〒103-0022 TEL. 03-3231-6961

松茂工販 株式会社
東京都江東区豊洲 4-1-23
〒135-0061 TEL. 03-3536-5531

協会幹事: ヒューズ工業株式会社
東京都江戸川区平井 6-35-5
〒132-0035 TEL. 03-3617-8111

お問い合わせ E-mail souon@fuse-ind.co.jp

- ◆ISO9001取得 ~ 防音設備の設計、製造、施工、リース
- ◆建設業登録 とび・土工工事業 (般-17 第75054号)

創立1981年

ヒューズ工業株式会社
FUSE INDUSTRIES CO., LTD.

□本社 〒132-0035 東京都江戸川区平井 6-35-5 TEL. 03-3617-8111 FAX. 03-3617-7565
□大阪営業所 〒531-0072 大阪府大阪市北区豊崎 3-4-14 ショーレイビル TEL. 06-6359-2611 FAX. 06-6359-2288
E-mail info@fuse-ind.co.jp URL http://www.fuse-ind.co.jp

マックス・シェルレ 著

推進工法の理論と実際

野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金城英夫 監修

B5判 437頁 税込 8,925円 送料450円



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

〈主要目次〉

- 第1章 推進工法の技術
- 第2章 推進工法の機械・器具
- 第3章 推進管に作用する荷重とその計算方法
- 第4章 推進工法の計画、設計および施工
- 第5章 管布設の欠陥と損傷

推薦のこぼ

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1960年にはわが国の普及率は15%に過ぎなかったが、今日では60%近くになっている。当初、年間1500kmしか施工実績がなかったが、近年の施工延長は年間15000kmになっている。下水管渠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。

本書では、ドイツで推進工法の研究開発で著名なマックス・シェルレ博士が推進工法におけるいろいろな疑問について理論的に解明した古典的な名著である。博士は理論面のみではなく、実際の施工にも従事し、実務にも精通していたので、実務面の良さも持っている。

私たちは、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。

中本 至・石橋信利・金城英夫

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、下記の申込書に部数・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メジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072

《書籍申込書》

推進工法の理論と実際 冊 申し込みます

住所 (〒)

事業所名

TEL

部課名

申込者



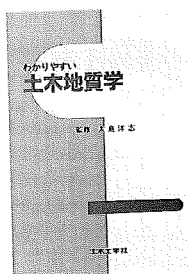
土木工学社の地質学書

〔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 税込2,625円 円340円



主要目次

序編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

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

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

〔その他の既刊図書〕

建設工事の保安地質学〔改訂版〕 石井康夫 著 A5判 475頁 税込6,300円 送料340円

建設工事の地質診断と処方 石井康夫・矢嶋壯吉 共著 A5判 324頁 税込4,515円 送料340円

地下水の科学 P.A.ドミニコ・F.W.シュワルツ 共著 大西有三 監訳

第I巻 地下水の物理と科学 B5判 235頁 税込4,281円 送料340円

第II巻 地下水環境学 B5判 252頁 税込4,485円 送料340円

第III巻 地下水と地質 B5判 197頁 税込3,873円 送料340円

岩盤地下空洞の設計と施工 E.フック・E.T.ブラウン 共著 小野寺進・吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳

B5判 444頁 税込10,290円 送料450円

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

A5判 360頁 税込5,097円 送料340円

岩盤の計測と解析 鈴木光 著 A5判 244頁 税込4,410円 送料340円

地質工学概論 菊地宏吉 著 B5判 276頁 税込4,994円 送料340円

続 きみの庭にも温泉が出る 石井康夫・俣野恭寛 共著 新書判 217頁 税込1,260円 送料210円

きみも金鉱を発見できる 石井康夫 著 新書版 200頁 税込1,029円 送料210円

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

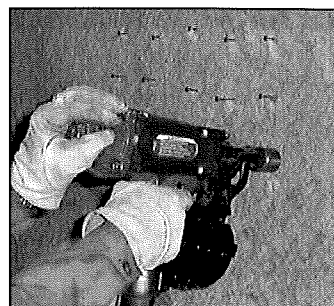
吹付けコンクリートの初期強度試験に最適!!

空気圧式ピン貫入試験機
〔エフティーエス・ピーキューブ〕
Pneumatic Pin Penetration Tester

fts-P³

規格: JIS726-2001
「空気圧式ピン貫入試験」
適合品

特許 No. 3329676



空気圧式ピン貫入試験機 fts-P³は、吹付けコンクリートの表面にピンを打ち込み、その貫入深さから強度推定する試験機です。

【特長】

1. 機器の取り扱いが容易で、試験結果に個人差が生じません。
2. 空気圧力により、安定した貫入力 が得られます。
3. 貫入方向に制限がなく、トンネル壁面での 原位置試験 が可能です。
4. 2種類のピンの使用により、広範囲の強度推定 が可能です。
(ピンA: 10~30N/mm², ピンB: ~10N/mm²)

fts エフティーエス株式会社

〒111-0051 東京都台東区蔵前4-6-8 サニープレイスビル8F

TEL: 03-3863-3158 FAX: 03-3863-3159

E-mail: info@fts-ltd.jp

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

0~20 (約2年) 20~30 (1年6か月)

30~40 (約1年) 40~50 (6か月)

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

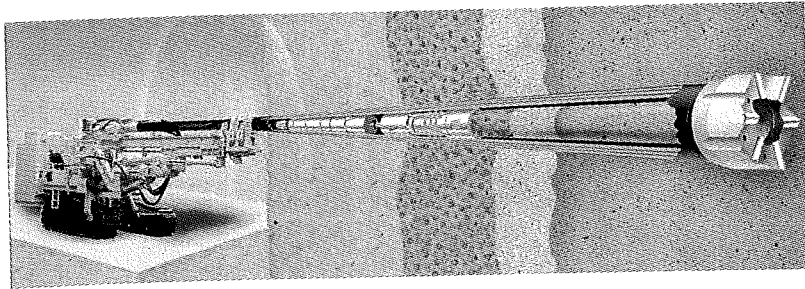
中濃産業株式会社

代表取締役 土田 義 式

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

トンネル掘さくの安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

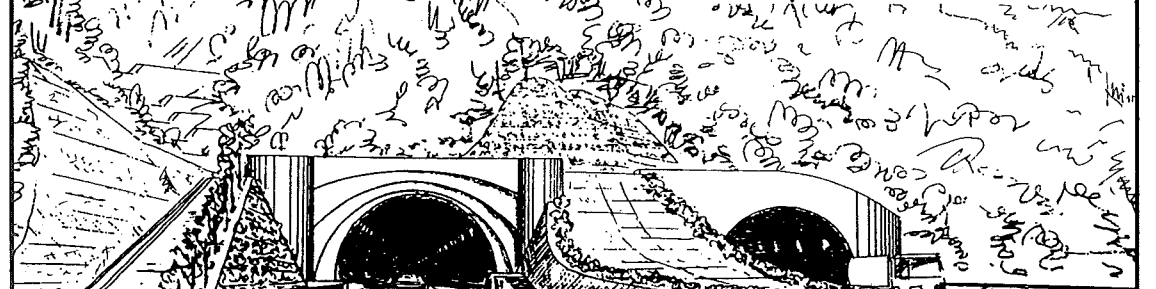
- ①断層破砕帯や湧水をともなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に、施工時間が大幅に短縮できます。
- ②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。



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

お問い合わせ先：工事営業本部
TEL. (03)6907-7512 FAX. (03)6907-7522
<http://www.koken-boring.co.jp>

道路、トンネル設計 (本土工、換気、防災、照明、施工管理他) トンネル現場診断



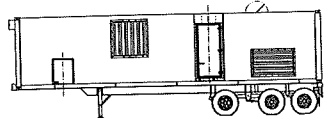
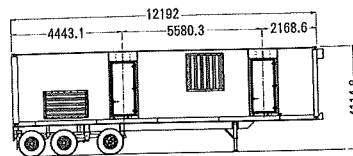
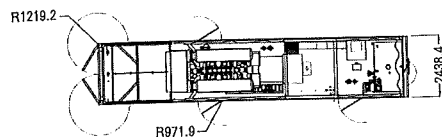
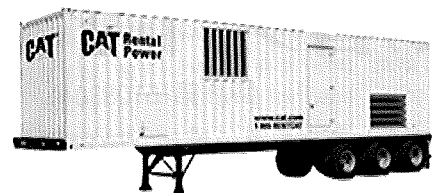
(社) 建設コンサルタンツ協会会員 ISO9001取得

株式会社 ロード・エンジニアリング

会長 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) 本誌編集顧問
取締役副社長 山田 憲夫 常務取締役 堀内 浩三郎(工学博士)
大阪支店長 亀甲谷 義高(技術士) 福岡支店長 朽網 新

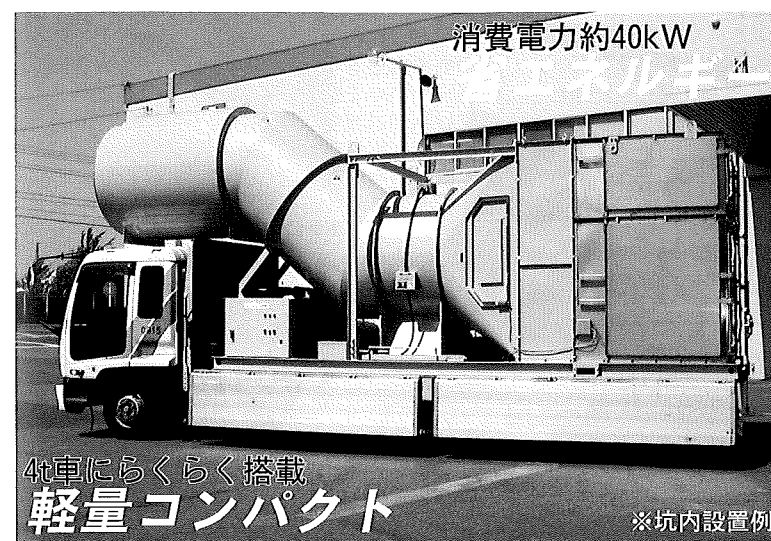
本社：〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号 電話(03)3891-0711
大阪支店：〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号 電話(072)691-0711
福岡支店：〒812-0016 福岡県博多区博多駅南1丁目15番22号 電話(092)436-1588
沖縄営業所：〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号 電話(098)870-6411

大型発電機 レンタル



		2000KVA	
		50	60
周波数	Hz	50	60
出力	KVA	2,000	2,281
出力	kW	1,600	1,825
電圧	V	400	440
電流	A	2,887	2,993
燃料		軽油	軽油
容量/燃料タンク	L	4,730	4,730
燃料消費量	L/h	260	307
燃料消費量(75%負荷時)	L/h	—	—
全長	mm	13,500	13,500
全幅	mm	2,439	2,439
全高	mm	4,115	4,115
乾燥質量	kg	40,370	40,370
整備質量	kg	33,636(車台含む)	33,636(車台含む)

株式会社 ケイリー
仙台：TEL.022-359-5331
東京：TEL.03-3661-5651
大阪：TEL.06-6838-1372
k lea
URL <http://www.klea-cat.com>



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



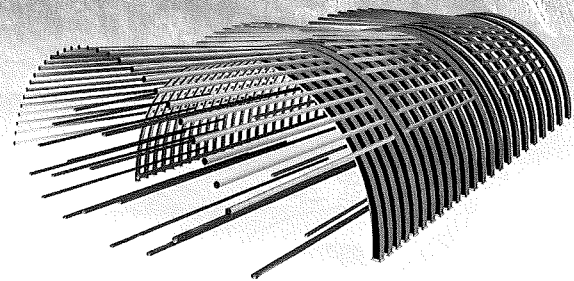
取扱レンタル商品

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

株式会社 レント 特機営業課 担当者 工藤・篠崎

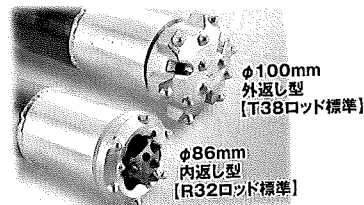
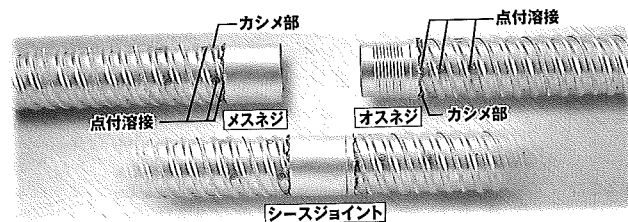
〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-12-9 NIビル8階 TEL: 03-5642-6750 FAX: 03-3249-0415
URL: <http://www.rent.co.jp> E-mail: kudo.yuji@rent.co.jp

ユニークな発想と高品質・自信の価格



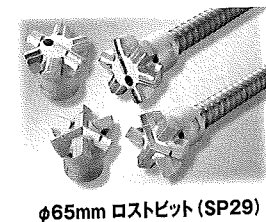
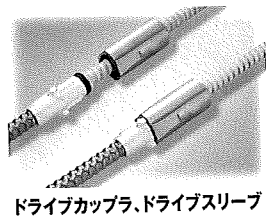
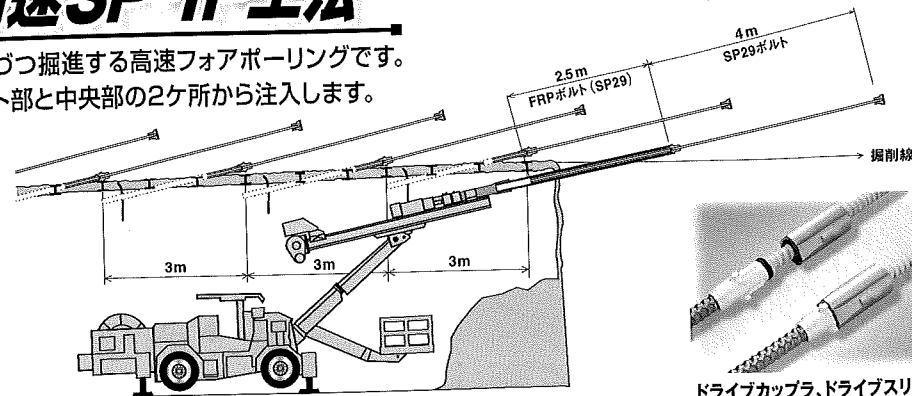
FIXチューブ工法

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

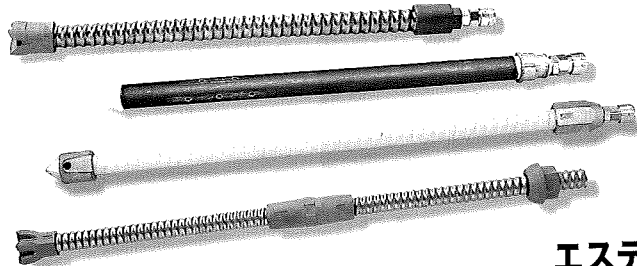


高速SP-IF工法

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



自穿孔ボルト&注入管



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

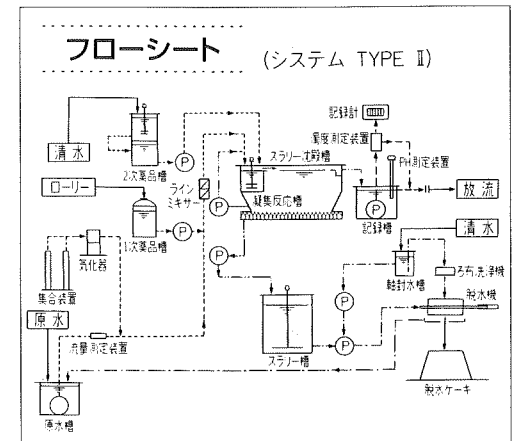
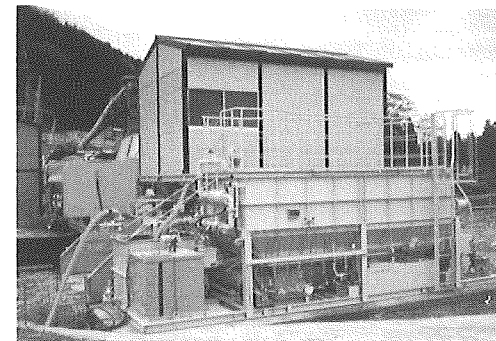


エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL:0729-90-0250 FAX:0729-90-0251
http://www.st-eng.co.jp

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力



特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式戸板型の脱水機を採用していることから戸布等の消耗費が少ない。
又、加圧型脱水方式の為無薬注で脱水出来る。
3. シックナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
4. 運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。

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

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

6. 豊富なオプション装置
高分子凝集剤の自動溶解装置
処理水返送装置 (異状警報装置と連動)
炭酸ガス後中和処理装置
鉄分除去処理装置 (エアレーション装置等)
スラリー再濃縮装置
脱水助材添加装置
自動戸布洗浄装置

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

詳細資料請求、お問い合わせは

株式会社 フジテックス
本社 〒930-0821 富山市飯野12-1
TEL (076)452-1616(代) FAX (076)452-1617

Waste Water Treatment System

■巻頭言

技術開発はエンドレス

長崎 光男.....5

■計画

高地下水位・高透水性の硬質砂礫地盤における開削工法の検討

—仙台市高速鉄道東西線 薬師堂工区・卸町工区・六丁の目工区—

森 研一郎・齊藤 豪・佐藤 友亮.....55

■施工

補助ベンチ付き全断面掘削・早期閉合で都市トンネルを掘る

—岸谷生麦線(生麦方面行き)トンネル工事—

寺山 徹・津野 和宏・内海 貴志・蛭川 愛志.....7

TBM掘削における多量の湧水を清濁分離して処理

—東北中央自動車道 栗子トンネル東避難坑—

成田 明仁・春山 英樹・永井 宏・植中 靖二.....19

騒音・振動・低周波音をモニタリングし周辺環境への影響を抑制

—宇和島道路 石丸トンネル—

清水 正二・渡邊 博・柳森 豊・小林 真人.....25

高度な技術を駆使して地下連続立体複々線化事業を推進

—小田急電鉄小田原線 代々木上原～梅ヶ丘—

中込 芳雄・伊藤 健治.....37

高水圧下での急曲線貯留管の建設

—新羽末広幹線(太尾・駒岡区間) 第一工区—

波多野純一・仲澤 克彦・森井 啓之・大畑 裕.....45

■連載講座

シールド工事の施工に関するQ&A(11)

JTA都市トンネル小委員会.....63

■現場だより

「風の町」蟹田より

矢野 勇一.....18

「鯉乃国」中土佐町久礼より

末松 幸人.....36

■資料

トンネル千夜一夜(41)

小野田 滋.....34

土木情報

編集部.....44

トンネルジャーナル

編集部.....62

工法・技術・製品ニュース

編集部.....73

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会.....74

■会報

会報

日本トンネル技術協会.....75

【表紙説明】

高度な技術を駆使して地下連続立体複々線化事業を推進

—小田急電鉄小田原線 代々木上原～梅ヶ丘—



本事業は、小田急電鉄小田原線の代々木上原駅付近から梅ヶ丘駅付近までの2.2kmを連続立体交差化するとともに、東北沢駅付近から梅ヶ丘駅付近までの約1.6kmにおいて複々線化を行うものである。本稿は、在来線直下でのシールド掘進と密集した市街地施工における環境対策・事業PRの取り組みについて紹介するものである。

写真は、環状7号線トンネル部完成状況である。

【写真提供：小田急電鉄(株)】(本文37頁参照)

ヤマモト (さくがんき) 無騒音 無振動 静かな破碎

超大型油圧破碎機
YTB 1120
トンネルビッカー

ヤマモトロックマシン株式会社

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

工場 広島県庄原市東城町36番地 ☎(08477) 2-2137(代)

仙台営業所 (022) 792-4534(代) 大阪営業所 (06) 6531-1571(代) 高知営業所 (0888) 22-1367(代) 九州営業所 (092) 471-0381(代)

Kanaflexの電力・通信ケーブル保護管

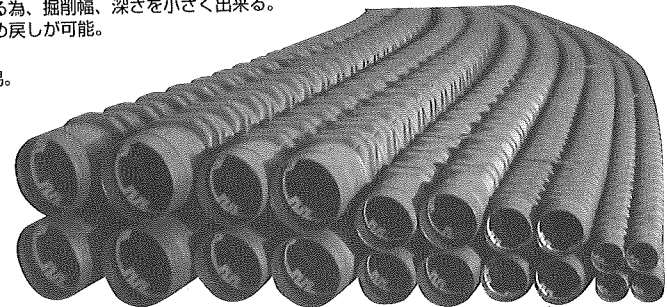
都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多条保護管 特許出願中

カナレックスML

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

- 1. 独自構造（波付き管と管台一体型リブの連続構造）**
 - ・リブに平面部があり、管を密着させて敷設できる為、掘削幅、深さを小さく出来る。
 - ・従来品に比べ、良好な砂の充填ができ、一括埋め戻しが可能。
- 2. 可とう性に優れる**
 - ・上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。
- 3. 優れた性能**
 - ・軽量で、全サイズワンタッチ接続の採用により、工事の省力化が図れる。
 - ・ワンタッチ式のロングベルマウス、ベルブロックを採用することによりハンドホール接合部の省力化が図れる。
 - ・JIS C3653（附属書1及び3）の圧縮強度試験、難燃性試験をクリア。
- 4. 摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ**



ハンドホール工事の工期短縮・工費削減に現場の 加工作業を大幅に軽減できる ワンタッチ継手付ハンドホール



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

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

※特許・意匠出願中

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

カナフレックスコーポレーション株式会社 ISO 9001認証取得
株式会社 インテック

東京本社 〒106-6117 東京都港区六本木6-10-1 (六本木ヒルズ森タワー17F)
TEL(03)5770-5111 FAX(03)5770-5130
大阪本社 〒530-6017 大阪市北区天満橋1-8-30 (OAPタワー17F)
TEL(06)6881-0767 FAX(06)6881-0769
営業所 札幌・仙台・横浜・金沢・名古屋・神戸・広島・高松・福岡・鹿児島
直営工場 北海道・仙台・栃木・千葉・滋賀・愛東・広島・四国・九州

会誌 W G の 構成 (五十音順・敬称略)

〔主 査〕

大 島 洋 志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹 事〕

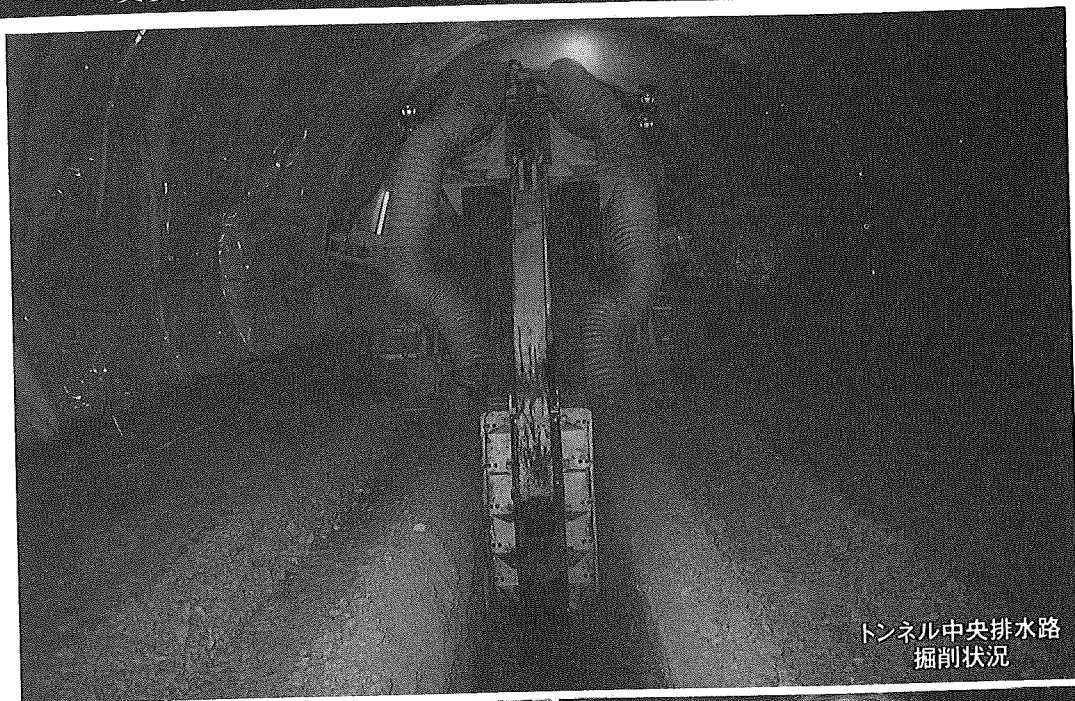
- | | |
|---|--|
| 池 田 豊 人
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官 | 千 葉 隆
清水建設株式会社土木技術本部
地下空間統括部部长 |
| 伊 藤 範 行
鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部
グループ長 | 長 島 芳 雄
株式会社竹中土木常務取締役 |
| 大 石 敬 司
東京地下鉄株式会社建設部工事課課長 | 濱 建 介
株式会社アオバ取締役会長 |
| 久多羅木 吉治
東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長 | 松 原 利 之
飛鳥建設株式会社土木事業本部技術統括部
トンネル技術グループ部長 |
| 城 間 博 通
株式会社高速道路総合技術研究所
道路研究部トンネル研究担当部長 | 山 道 哲 二
株式会社大林組東京本社生産技術本部
トンネル技術部部长 |
| 鈴 木 明
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 | 領 家 邦 泰
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル技術室部長 |

編集顧問の構成 (五十音順・敬称略)

- | | |
|--|----------------------------|
| 伊吹山 四 郎
攻玉社工科大学短期大学名誉学長 | 林 博
西松建設株式会社専務取締役 |
| 島 田 隆 夫
鉄建建設株式会社社友 | 松 本 崇 義
(元)東京都理事 |
| 高 橋 彦 治
伸光エンジニアリング株式会社技師長 | 丸 安 隆 和
東京理科大学教授 |
| 田 島 利 男
NPO法人いきいきハイウェイ支援全国ネット
トンネル担当 | 山 口 啓 二
株式会社熊谷組代表取締役副社長 |
| 西 松 裕 一
東京大学名誉教授 | |

トレンチャー

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

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。



ワールド開発工業株式会社

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

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

大島 洋志 国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田 徹 東京都立大学名誉教授	高橋 良文 東京都下水道局技術開発担当部長
定塚 正行 日本シビックコンサルタント株式会社 参与・技師長(山岳トンネル担当)	橋本 定雄 (元)東京都公営企業管理者下水道局長
	濱 建介 株式会社アオバ取締役会長

〔委員〕

木谷 日出男 財団法人鉄道総合技術研究所 防災技術研究部部長	田村 聡志 東京都水道局建設部工務課長
坂根 良平 東京都下水道局建設部設計調整課長	中本 忠道 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐
佐山 順二 東京電力株式会社電力流通本部工務部 設備渉外・調整グループ課長	西村 聡 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 第二工事事務所所長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所 立体交差課長	野邑 敏行 東京都交通局建設工務部計画改良課長
城間 博通 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部トンネル研究担当部長	真下 英人 独立行政法人土木研究所 基礎道路技術研究グループ 首席研究員(トンネル担当)

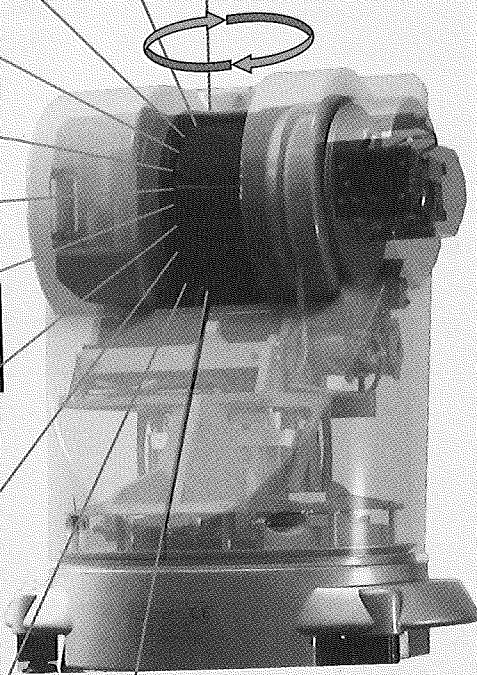
Callidus™ レーザースキャナー

3次元トンネル断面計測機

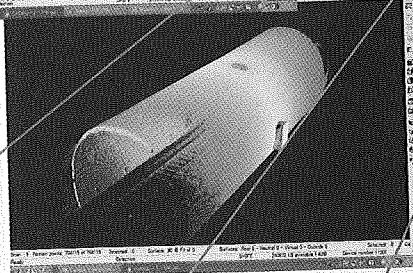
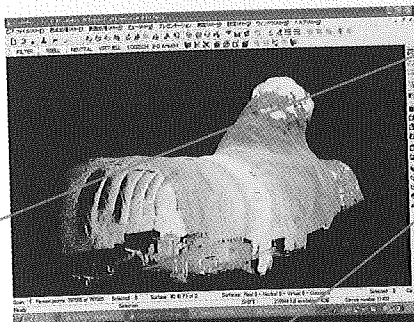
測距精度±5mmで、1秒に1000点以上計測する3次元トンネル断面計測機。1つの機械点からトンネルの約20m⁽¹⁾の範囲を10分で計測できます(機械点前後)。測定データの3次元展開図は、まさにトンネルを絵画のように詳細表示します。又、内蔵デジタルカメラで測定範囲を写真として記録可能です。

(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン



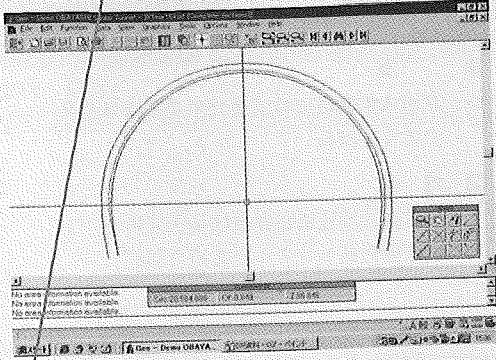
特殊なトンネル形状も対応可能です。



単独スキャンを合成し、トンネル全体を簡単に3次元表示できます。

データ解析および製図「GEOWIN」

AUTOCAD搭載の後処理ソフト「GEOWIN」は、測量計算ソフトを中心としたトンネル管理システムです。カリダスで計測したデータを3次元メッシュ(ポリゴン)で補間した後、断面を指定するだけで設計断面との比較図、設計断面に対する各観測点の差、観測断面の円周長、観測断面の面積、観測範囲のボリューム計算などが計算・表示・出力できます。



販売・レンタル 株式会社ソーキ

〒550-0025 大阪市西区九条南4-2-4
TEL: 06-6586-1707 FAX: 06-6586-1277
URL: <http://www.sooki.co.jp/>

製造元 トリンブルジャパン株式会社

〒135-0007 東京都江東区新大橋1-8-2
新大橋リバーサイドビル101
TEL: 03-5638-5022 FAX: 03-5638-5016

掲載頁 7

補助ベンチ付き全断面掘削・早期閉合で都市トンネルを掘る —岸谷生麦線(生麦方面行き)トンネル工事—

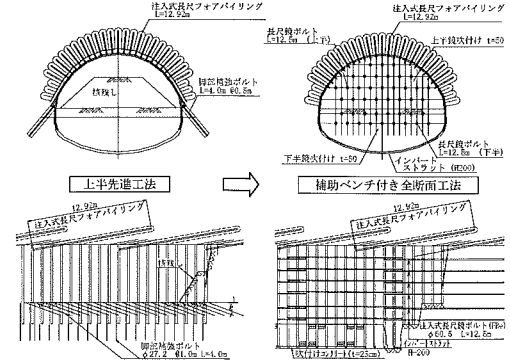
首都高速道路(株) 寺山 徹

岸谷生麦線(生麦方面行き)トンネル部の大部分は都市部山岳工法による施工であり、この施工の概要として、以下の報告を行う。①小土かぶりの土砂地山におけるトンネル掘削工法として、現地での脚部補強試験の結果などを踏まえて、上半先進工法から補助ベンチ付き全断面工法に変更を行った。②上記変更にあたっては、鏡ボルトの軸力計測などの十分な確認を行った。③この工法の変更の結果、平坦部である中学校校庭部では、地表面沈下は26mm以下に抑えられ、十分安全な施工ができた。④校舎および体育館のアンダーピニングについては、受替地中梁の沈下量にトンネル掘削の影響が見られたものの、適切なジャッキ管理により建物に影響を与えず、安全に施工できた。

Excavate Eeath Tunnel using Full Face Cutting with Short Bench Method and Early Invert Closure —Kishiya-Namamugi Line (towards Namamugi) Tunnel—

By Toru Terayama, Metropolitan Expressway, Co. Ltd.

A major part of tunnel on the Kishiya-Namamugi line located in urban area was constructed using the NATM, and we report the following as a summary of this construction.



図は上半先進工法から補助ベンチ付き全断面工法

- 1) As a tunnel excavation method for earth tunnel, based on the results of the foot enforcement test, we changed the tunnelling method from the top heading and bench method to full face cutting with short bench method.
- 2) Before making this change, we made thorough checks regarding the axial tension of the rock bolts for face.
- 3) As a result of this change, we could limit the settlement of the playground of a middle school, which existed above the tunnel, to a mere 26 mm, thus ensuring safety.
- 4) The underpinning work was safely completed without any bad effect on school buildings because of an appropriate jacking management, although the tunneling work affected on the deformation of the underpinning beam.

掲載頁 19

TBM掘削における多量の湧水を清濁分離して処理 —東北中央自動車道 栗子トンネル東避難坑—

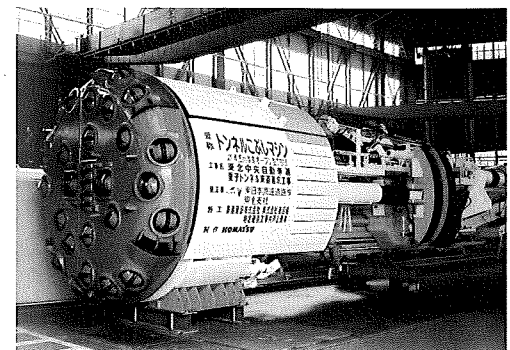
東日本高速道路(株) 成田 明仁

東北中央自動車道栗子トンネル東避難坑工事は、福島県と山形県境付近に計画される延長約9kmの道路トンネルの避難坑のうち福島県側5,473mをφ4.5mTBMで施工する工事である。トンネル掘削開始後、約1,100m地点までにトンネル湧水が400t/hrを超え、比例的に湧水が増量し、約5,500mトンネル掘削完了時には約900t/hrを超える規模の濁水処理設備能力が必要と予想され、抜本的なトンネル湧水処理対策が必要となった。

本稿では、本工事におけるトンネル湧水処理(清濁分離)方法について記述する。

Huge Inflow Water Treatment in TBM Tunnelling—Emergency Tunnel, Tohoku Expressway Kuriko Tunnel— By Akihito Narita, East NEXCO Co., Ltd.

This work builds eastern part of emergency tunnel for Kuriko highway tunnel (9 km) planned near the border of Fukushima prefecture and Yamagata prefecture. The TBM (φ4.5 m) is to bore this tunnel for 5,473 m. After the tunneling work started, the water inflow into the tunnel exceeded approximately 400t/hr at the point of 1,100 m from portal, and if more water inflows in proportion as excavating, it was estimated that the required capacity of turbid water treatment equipment amounts to more than 900 t/hr till the tunnelling was completed at 5,500 m. Hence, fundamental measures for water inflow were required.



写真はTBM本体

This article reports on the inflow water countermeasures that separate it to turbid and pure water in this construction.

騒音・振動・低周波音をモニタリングし周辺環境への影響を抑制
—宇和島道路・石丸トンネル—

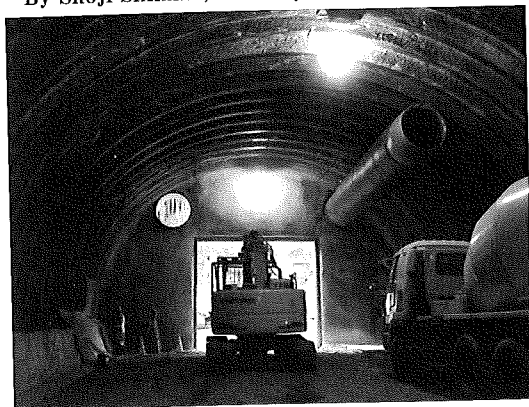
国土交通省 清水 正二

石丸トンネルは宇和島市の南西部に位置する一般国道56号宇和島道路の2車線道路トンネルで、NATMにより施工される延長693mの山岳トンネルである。

施工場所周辺は閑静な集落となっており、周辺環境への影響を最大限に抑制するために、近隣住宅への騒音の影響を夜間(22:00~翌6:00)等価騒音レベル40dB以下、発破振動の影響を0.10cm/sec以下にVE提案で規制した。また、発破低周波音も自主的に100dB程度に抑制した。この様な厳しい規制を遵守した施工を可能とするため、騒音・振動の影響を正確に把握し迅速に工事へフィードバックできる自動計測管理システムを導入した。本稿では自動計測管理システムを用いた施工実績について紹介する。

Keep the Environment Around by the Monitors of the Noise/Vibration/Infrasound—Ishimaru Tunnels, Uwajima Road—

By Shoji Shimizu, Ministry of Land, Infrastructure and Transport



写真は坑口部防音扉

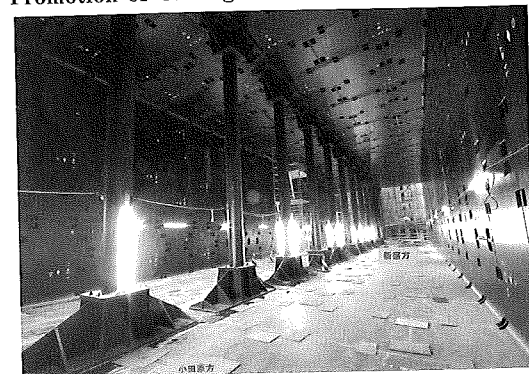
The Ishimaru tunnel is two-way lane tunnels of Uwajima road located in the South-West of Uwajima-city that is tunneling of extension 693 m constructed by NATM. The noise of the night (22:00, next morning 6:00) in the neighborhood was regulated by less than 40dB (equivalent sound level) to keep the environment around of construction site and the blasting vibration was regulated by less than 0.10 cm/sec. The blasting infrasound was regulated by about 100 dB. The automatic measurement system was introduced to manage the influence of noise and vibrating in neighborhood, and the construction that observed severe regulation was enabled. This paper reports the construction results by the automatic measurement system for administration.

高度な技術を駆使して地下連続立体複々線化事業を推進
—小田急電鉄小田原線 代々木上原~梅ヶ丘—

小田急電鉄(株) 中込 芳雄

本事業は、踏切での慢性的な交通渋滞の解消などを目的として、小田急電鉄小田原線の代々木上原駅付近から梅ヶ丘駅付近までの2.2kmにおいて、道路と鉄道を連続立体交差化するとともに、あわせて抜本的な輸送サービスの改善を目的として、東北沢駅付近から梅ヶ丘駅付近までの約1.6kmにおいて、鉄道の複々線化を行うもので、地表2線(複線)を地下式4線(複々線)にする工事を2004年9月より着手した。

本稿は、着手から今までの工事進捗状況および今後施工予定である在来線直下でのシールド掘進作業の紹介と世田谷区、渋谷区の密集した市街地施工に伴い環境対策・事業PRの取り組みについて紹介するものである。



写真は環状7号線トンネル完成状況

Promotion of Underground Railway and Quadrupling Project using Advanced Technology—Odakyu Line Between Yoyogiuehara and Umegaoka—
By Yoshio Nakagome, Odakyu Electric Railway Co., Ltd.

This project, started in September 2004, consists of building underground railway in the 2.2 km between Yoyogi-uehara and Umegaoka stations on the Odakyu line in order to ease the chronic blockage of traffic at the crossings, and quadrupling of track in the 1.6 km between Higashikitazawa and Umegaoka stations in order to increase the transportation capacity. This article explains the status of the construction from its start to the present, and introduces the shield excavation planning under existing railway lines, the environmental strategies, and the promotions of the construction works.

高水圧下での急曲線貯留管の建設

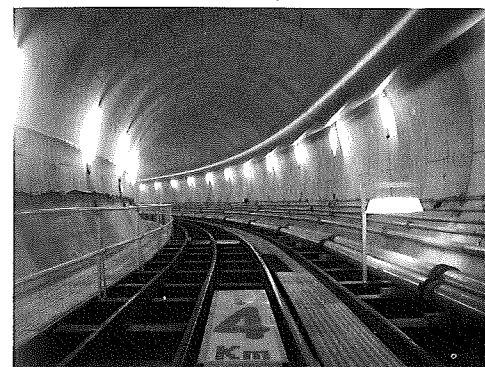
—新羽末広幹線(太尾・駒岡区間) 第一工区—

横浜市 波多野純一

横浜市環境創造局は鶴見川流域での浸水対策事業として新羽末広幹線の整備を進めている。このうち下流区間は平成15年度末に完成し、上流区間が完成すると約41万m³の貯留が可能となり、時間降雨量60mm(10年に1回程度の降雨)に対応できることになる。

本稿においては、最上流部、太尾~駒岡区間の貯留管の施工(仕上がり内径φ6,500mm泥水式シールド工、主に二次覆工省略型RCセグメント)について当該工事が特徴とする①高水圧、②急曲線、③内水圧対応について、その問題点を明らかにするとともに、施工に際し講じた対策などを述べる。

Construction of Curved Stormwater Reservoir under High Groundwater Pressure—Nippa-Suehiro Stormwater Line (between Futoo and Komaoka) —
By Junichi Hatano, City of Yokohama



写真は100R急曲線部の仕上がり状況

The environmental planning bureau of Yokohama city is promoting the construction of the Nippa Suehiro Stormwater line as a anti-inundation measure in Tsurumigawa river area. The downstream section completed in the end of fiscal-1999, and once the upstream construction is complete, it will be possible to store a total of 410,000 m³, and can correspond to an hourly rainfall of 60 mm (once in 10 years). This article explains the problems and countermeasures in construction of the stormwater line (finished diameter of φ6,500 mm) between Futoo and Komaoka, mainly focusing on its characteristics:

- 1) High groundwater pressure
- 2) Curved lines
- 3) Internal water pressure.

高地下水位・高透水性の硬質砂礫地盤における開削工法の検討

—仙台市高速鉄道東西線 薬師堂工区・卸町工区・六丁の目工区—

仙台市 森 研一郎

仙台市高速鉄道東西線(延長約14km)の東側平野部に位置する薬師堂、卸町、六丁の目の3駅周辺の地盤は、固結度の高い硬質な砂礫地盤であるにもかかわらず、高い透水性を有している。また、地下水位が高く、底盤の遮水層として期待できる層は大深度にしか存在しない。

仮設計画の策定にあたっては、当該地周辺で過去に同規模の工事事例もないことから、解析的な検討に加えて、現地において調査工事を行うなど、地下水対策および硬質地盤での施工性について、とくに慎重な検討を要した。

本稿では、このような地盤条件のもとで行った調査工事での施工性の確認結果と、その結果にもとづいた駅ごとの仮設計画の策定について報告する。

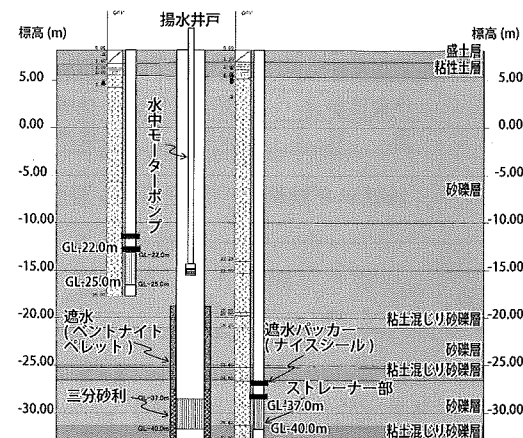
Investigation Regarding Cut-and-cover Works on Stiff Gravel Ground Having High groundwater Level and High Permeability—Sendai Subway Tozai Line, Yakushido, Oroshimachi, Rokucho-No-Me Section—

By Kenichiro Mori, Sendai city

Even though the ground of the three stations -- Yakushido, Oroshimachi, Rokucho-No-Me that located in the eastern plane of the Sendai is composed of stiff gravel, its permeability are high. Also, the groundwater level is high, and the stratum expected as impervious zone is at much deeper level.

For the selection of plans of temporary works, since there were no precedents of similar works near these area, we thoroughly considered the feasibility of constructing in such a ground through analysis and onsite examination.

This article reports the results of investigation of the feasibility of construction in such a ground, and the selection of plans of temporary works based on the investigation result.

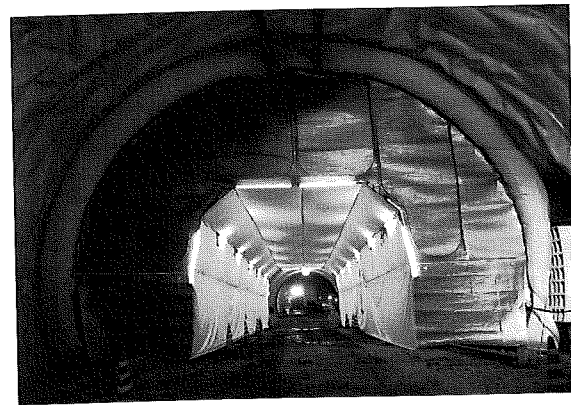


図は揚水試験の概要図

トンネルバルーン覆工コンクリート
トータル養生工法

長期耐久性に優れた高品質な
覆工コンクリート施工を実現します！

NETIS登録
(No.HR-040005)



セントル温度養生バルーン

打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い温度養生をします。

【特徴】

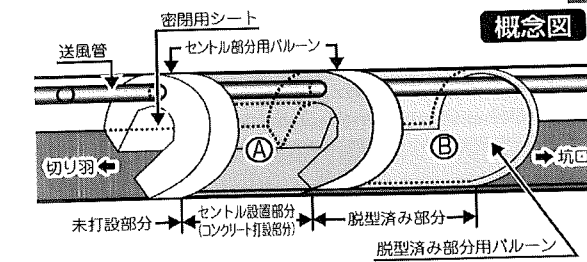
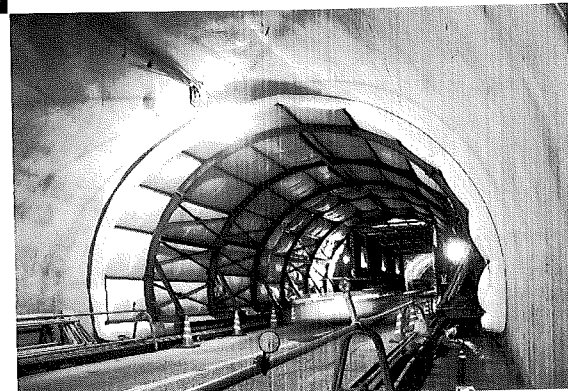
1. 若材齢時に温度管理をすることで初期強度が向上します。
2. 高品質コンクリートの確保が可能です。
(脱型時コンクリートの付着が減少します)
3. サイクルタイムの短縮が可能です。
4. 洗い水が車両通行部に落ちません。

覆工養生バルーン

脱型後の覆工コンクリートを覆います。

【特徴】

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



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

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

2005年『日経BP技術賞 建設部門』受賞

岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO., LTD.

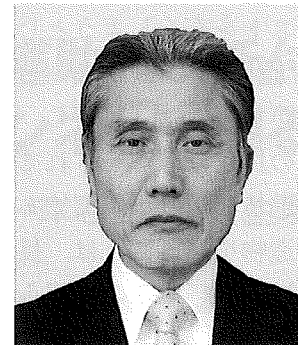
本社・工場 岐阜県本巣市十四条144番地
Tel 058(323)2000(代) Fax 058(323)1176
東京支店 Tel 03(3262)1285(代) Fax 03(3262)6093
仙台営業所 Tel 022(259)2239 Fax 022(259)3664
九州営業所 Tel 092(713)5265 Fax 092(714)3028
URL <http://www.gifukogyo.co.jp/>

株式会社 東 宏
TOUKOU

本社 北海道札幌市東区北20条東5丁目1番7号
Tel 011(742)3331 Fax 011(742)3333
関東支店 Tel 027(352)2061 Fax 027(352)6065
道東営業所 Tel 0155(34)6311 Fax 0155(34)8494

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

技術開発はエンドレス



青木あすなる建設(株)顧問(本協会評議員)

長崎光男

21世紀は大戦争による壮大な浪費のない状態の中で経済が展開するために、「インフレ」にはならないで、「デフレ」を基調とする経済になるとの予測がある。また、発展途上国における低コストの労働力の供給はこの先少なくとも20年は続きそうであり、原材料のコストアップもかなり吸収されるだろう。このような時代では、買い手市場となり売り手側はいかに付加価値の高い物を提供できるかに企業の存続がかかるので、技術力がますます必要となってくる。したがって技術立国日本はこれからは、蘇るといふのだ。

たしかに日本の年間の特許件数は22万件に達していてアメリカの2倍半もあるという事実をみても技術ではまだ圧倒的に優位にあるが、最近では、文化や教育さらには「モノづくり」の面まで後退が目立ってきている。これらの下降トレンドを早く立ち直らせないと上昇トレンドの国々に追いつかれるのは早い。これからは技術だけでなく文化や教育に力を入れ、技術と国柄で、世界から畏敬の念を持ってみられるような存在になるのが、少資源国日本の目指す途ではないだろうか？

技術を維持発展させるためには地道な努力がいる。アメリカが手っ取り早く金を集めるための金融工学に力を入れ、地道な努力を放棄したために日本の技術にたよる例は増加してきている。その一つに原発がある。今、世界で原発を建設できるのは日本の東芝、日立、三菱重工の3社だけだ。そのうちの一家の例では原発建設逆風のなか技術者を3,000人ずっと抱えてきたそうで、先の見通しがあったとはいえ、技術の維持にかける日本企業の意気込みを感じる。ちなみに米露をはじめ世界で今後、100か所ほどの原子力発電所を建設する計画があり、原発投資額は40~50年の間で30兆円規模になるそうだ。規模の大小に拘わらず、いったん手放した技術あるいは技術者は戻らないことを銘記すべきであろう。

最近アメリカで橋梁の崩壊事故が発生したように、インフラの老朽化に伴う事故が欧米露で顕在化してきている。また日本でも、下水道管の老朽取り替えが大きな問題になるといわれている。さらに橋梁の老朽化による欠陥が指摘されだしてきた。今後ますます、インフラの「耐久性と高品質」を求めるニーズは強くなっていくであろう。

このような時代背景もあって、土木構造物のライフサイクルコストを安くしようとして高品質コンクリート(SQC)の研究が進められている。最近では耐久性に優れていることも数値的に明らかになってきて、本体構造物に使用される例がでてきた。しかし、公共事業費が年々削減されている現状では、高品質コンクリートの良さは理解をされていても、初期投資が若干高くなる傾向にあるので普及はなかなか進まないのが現実である。初期投資が多少高くてもライフサイクルコストの安い良い構造物を作ることは、長いスパンで見れば国の債務の削減にあるいは将来の公共投資の削減に寄与するのは明らかである。

わが国のトンネル施工法に画期的な変革をもたらした、NATMが本格的に導入されてから30年たった。導入期は技術者のモチベーションも強く、トンネルの設計施工を工学的に扱えるようになったため、トンネル経験の少ない若い技術者も、短期間に新技術の習得が可能となり、工法の普及と技術の発展が短期間に進むことができた。NATMの評価が高まるにつれ、より厳しい施工環境や地質での施工を求められるようになった。このために、補助工法や施工機器材、またFEMなどの解析技術に進歩改良が加えられていった。そして、今日では成熟した工法となった。

現在の技術者は現場を軽視しがちだという指摘を事あるたびに聞くようになってきた。官民ともに組織の簡素化と要員の縮減を求められ事務処理に追われている状況ではやむを得ない部分もあるが、根底には工法あるいは現場に対する安心感があるからだと思う。例えばトンネルでいえば、一次覆工ならびに切羽の先受けや注入などの補助工法に過剰に頼り、現場の管理を疎かにしていないだろうか。技術の成果の恩恵にあずかるのは当然かもしれないが、基本的な養生ができていない緊張感のない現場をみると立派な補助工法は現場管理の手抜きを容易にするためかと疑いたくなることもある。

イラクに長期間派遣された多勢の自衛隊員が全員無事故で帰国したのに対して、最新の装置を備えたイージス艦が事故を起こしたのは明らかに緊張感の差であろう。建設現場が立派な装備をしていても戦場の緊張感がなければ事故は発生する。

シールドも含めたトンネル技術が、今後飛躍的に発展するとは思われないが、それでも施工機械、材料などの周辺技術は進歩し続けるだろう。技術に対するニーズは、その時々で社会情勢で変わるが、「省力化」、「急速施工」、「高品質」、「耐久性」などのニーズはまだまだ続くと思うし、国際間の競争も激しくなってくる。また、技術が進むとハードルが上がり新たな技術開発を迫られるなど、技術開発に終わりはない。

建設技術は、あらゆる技術の集大成であり、現状に満足していれば技術開発のモチベーションも弱くなる。建設技術者の皆さんは、技術立国日本の一端を担っていることを忘れないで下さい。

施工

補助ベンチ付き全断面掘削・早期閉合で都市トンネルを掘る

—岸谷生麦線(生麦方面行き)トンネル工事—

首都高速道路(株)神奈川建設局設計グループ総括マネージャー 寺山 徹
 首都高速道路(株)技術管理室設計グループ上級メンバー 津野 和宏
 横浜市道路局横浜環状道路調整部横浜環状道路担当課長 内海 貴志
 みらい建設工業(株)東京支店技術部課長 蛭川 愛志

1 はじめに

都市計画道路岸谷生麦線は、横浜市鶴見区岸谷二丁目付近(国道1号)と生麦三丁目付近(東京大師横浜線)を結ぶ全長約1,200mの横浜市道で、完成後は横浜環状北線の出入口の一部としても機能する、横浜環状北線の関連街路である(図-1)。この岸谷生麦線の国道1号側約330mの区間がトン

ネル構造であり、このうち生麦方面行きのトンネル部分については、完成後、横浜環状北線の子安台換気所および鉄道と交差する高架部分の工事用道路として使用するため、首都高速道路(株)が横浜市から受託し、先行整備を行った。

岸谷生麦線トンネル部の大部分については、都市部山岳工法による施工であり、以下に示す各項目に留意しながら施工を行った。

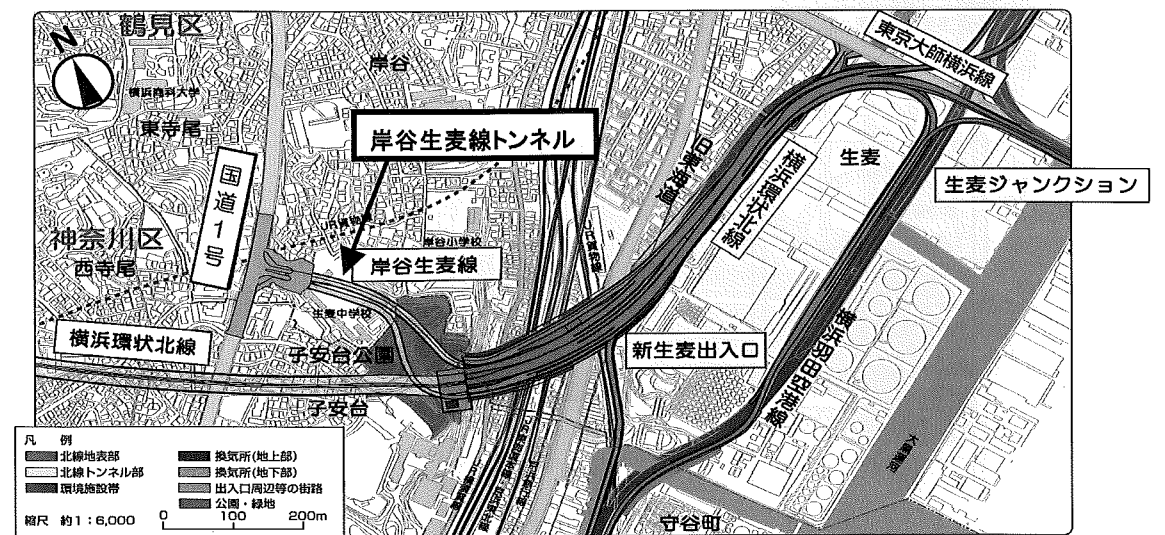


図-1 路線概要図

(1) トンネル掘削一般部の地盤変状

トンネル直上は公共用地(中学校および公園)であり、また施工区域には急峻な崖地や住宅地が隣接するため、周辺地盤への影響を最小限に抑える。

(2) トンネル掘削特殊部(受替え杭間の掘削)

校舎および体育館をアンダーピニングし、その基礎杭を一部撤去しながらトンネルを掘削する。校舎および運動場は通常利用しながらの工事であり、影響を最小限に抑える。

(3) 地下水への影響

施工区域に隣接して、多数の民間井戸および多くの住民に利用されている「岸谷の湧水」が存在するため、地下水への影響を最小限とする。

2 岸谷生麦線トンネル工事の概要

工事名称：(負)岸谷生麦線(生麦方面行き)トンネル工事

発注者：首都高速道路(株)神奈川建設局

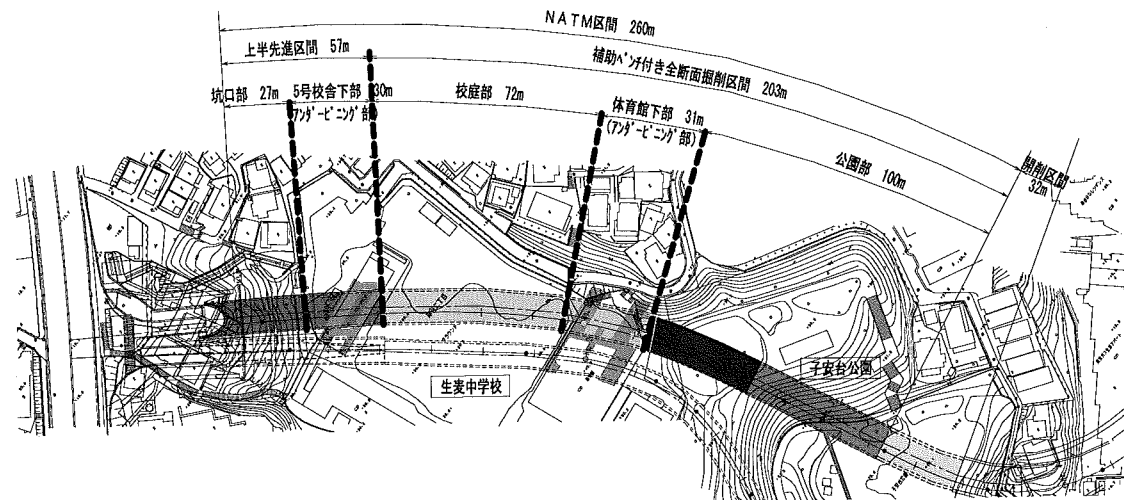


図-2 トンネルとアンダーピニング平面図

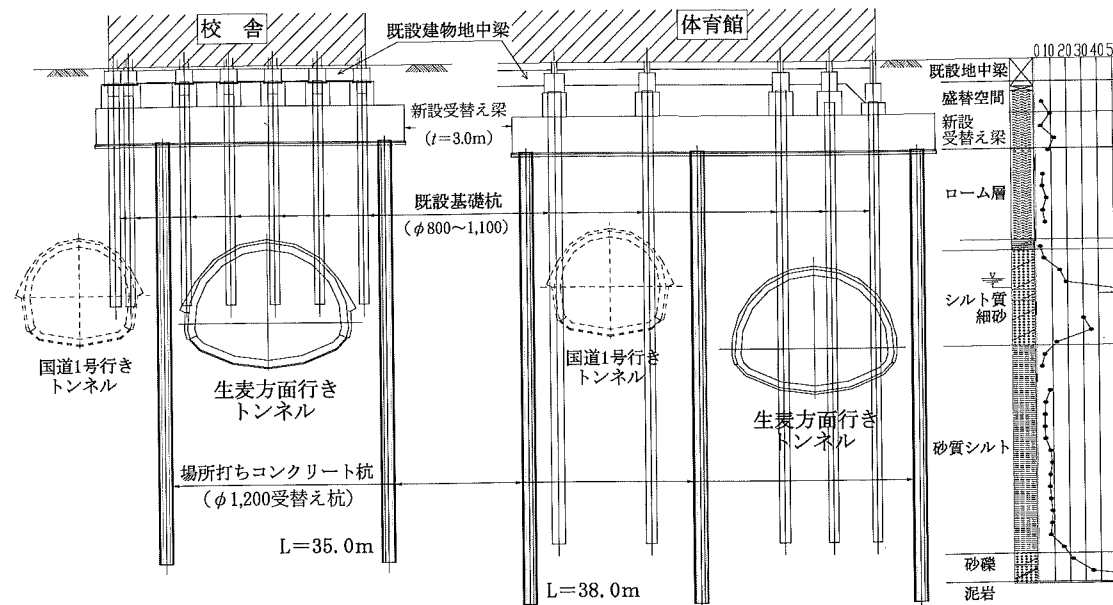


図-3 トンネルとアンダーピニング断面図

工事場所：横浜市鶴見区岸谷二丁目付近

工期：平成16年7月29日～平成19年8月31日

施工者：みらい・地崎(負)岸谷生麦線(生麦方面行き)トンネル特定建設工事共同企業体

工事内容：トンネル延長L=304m、生麦中学校5号校舎と体育館のアンダーピニング工一式

場所打ち杭：(phi 1,200, L=35~38m, n=27本) 掘削工法：上半先進工法および補助ベンチ付き全断面工法

掘削方式：機械掘削(掘削断面積130m²)

トンネル周辺の土地利用形態は、トンネルルート直上が中学校および公園であり、周辺は閑静な住宅地である。校舎および体育館のアンダーピニングの位置および断面を図-2, 3に示す。

3 地形・地質概要

3-1 トンネル地質条件および地下水条件

岸谷生麦トンネルは、土砂地山からなる洪積台地を通過する(図-4)。この洪積台地は、上総層群を基盤とし、その上位を相模層群の下末吉層ロームおよび新規ロームが覆う地層層序である。本トンネルの主要地山であるLm1, Lmc, Ss1, Sc2の各地盤物性値を表-1に示す。Lm1, Lmcについては一軸圧縮強度が100kN/m²を超えるやや硬

質なロームである。相模層群のSs1(砂質土層)は平均N値=32の良く締まった砂質土層であるが、透水係数については2.4×10⁻³~5.1×10⁻⁵cm/secとばらつきがある。Sc2層は全体的にシルトを主体としているが、パイプ状、レンズ状に砂分を含有する。平均N値=7で、やや硬質なシルトと分

表-1 トンネル通過部土質力学定数

地層	N値	単位体積重量 γ _t (kN/m ³)	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角度 φ (°)	変形係数 E (MN/m ²)
Lm1	5	13	35	20	13
Lmc	3	15	55	0	10
Ss1	32	19	0	35	17
Sc2	7	15	140	0	16

時代	地層名	主な土質	記号	N 値	
現世	盛土・表土	ローム 黒ボク	B	0~3 (2)	
	完新世	腐植土層	腐植土	Ap	2~3 (2)
		粘性土層	シルト	Ao	2~3 (2)
		砂質土層	砂	As	9~42 (26)
第4相模層群	新期ローム層	ローム	Lm1	1~12 (5)	
		ローム	Lm2	4~9 (6)	
	下末吉ローム層	凝灰質粘土	Lmo	1~12 (3)	
	第1砂質土層	シルト混じり細砂	Ss1	4~75 (32)	
		シルト質細砂	Ss1	4~75 (32)	
		シルト	Sc1	10~17 (12)	
		凝灰質シルト	Sc1	10~17 (12)	
	第2粘性土層	シルト	Sc2	3~15 (7)	
		砂質シルト	Sc2	3~15 (7)	
	第2砂質土層	シルト質細砂	Ss2	14~68 (28)	
		凝灰質細砂	Ss2	14~68 (28)	
	第3砂質土層	シルト混じり細砂	Ss3	14~88 (45)	
シルト質細砂		Ss3	14~88 (45)		
第3粘性土層	有膜質シルト	Sc3	7~42 (14)		
	凝灰質シルト	Sc3	7~42 (14)		
第4砂質土層	細砂	Ss4	11~139 (45)		
	凝灰質細砂	Ss4	11~139 (45)		
新世	泥岩層	泥岩	Km	37~375 (150)	
	砂層	軽石混じり泥岩 細砂	Ks	26~375 (121)	

地質層序表

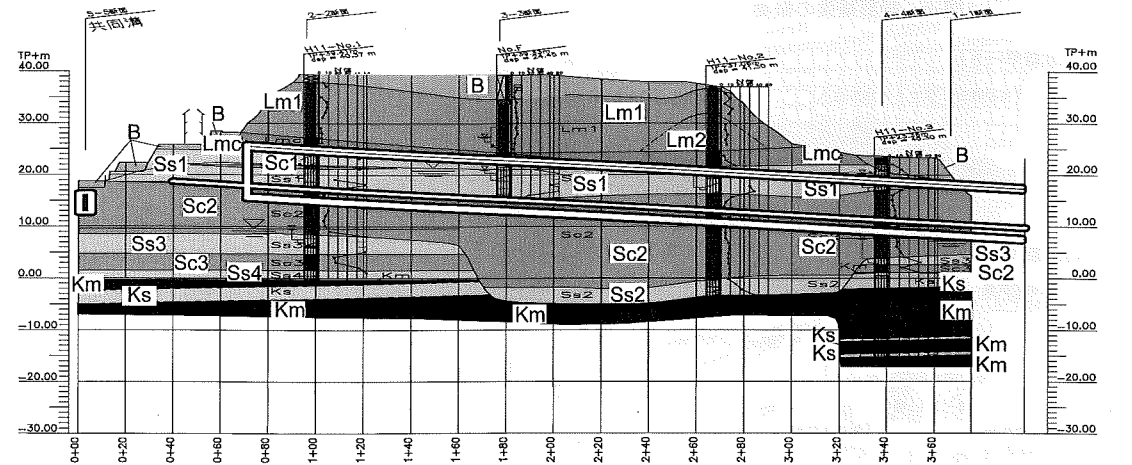


図-4 トンネル地質縦断面図

類でき、変位の小さい地山である。地下水条件に関しては、Ss1層は自由水面を持ち、その最高水位はトンネル天端付近である。一方、常時の水位はこれより低く、上半SL~肩部と予想される。

4 補助ベンチ付き全断面掘削工法への変更

4-1 脚部補強試験

トンネル付近は土砂地山であり、当初は長尺フォアパイリングによる先受けと脚部補強ボルトを併用(図-5参照)し、核残しにより切羽の安定を図りながら上半先進で掘削する計画としていた。しかし、坑口部の明かり掘削後の状況や土質試験からトンネル上半脚部の支持地盤(Sc2層)が泥濘化しやすい粘性土であること(鋭敏比 $St=10$)が判明した。このことから、脚部補強ボルトの補強効果に懸念が生じたため、下記項目を目的として、現地試験施工による平板載荷試験を行った。

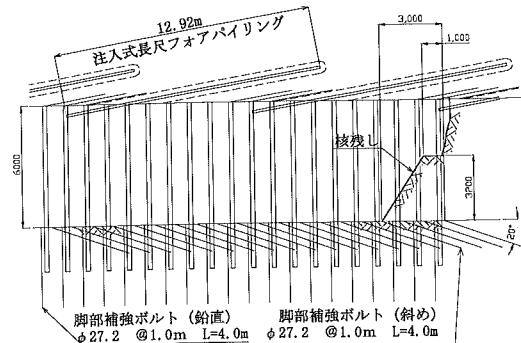


図-5 脚部補強の概要

【群集杭試験ヤード】

(当初設計: ボルト+18%注入)

平板載荷試験 Case 1 (現状地盤)
(最大効果: AGP+注入圧力上昇)

【単独杭試験ヤード】

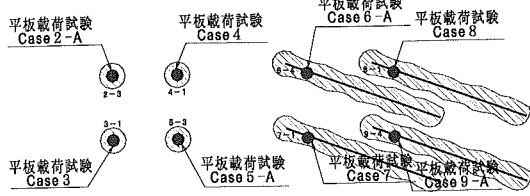


図-6 本試験における改良体施工

- ・改良体の形成状況
- ・改良による地盤支持力の変化
- ・改良体の変形係数の再評価
- ・先行改良(前方斜め打ちボルト)による地盤支持力の変化

試験施工では、ボルト(φ32mm)とAGP(φ114.3mm)の二種類を用い、図-6のように配置した。平板載荷試験のケースを表-2に示す。注入材にはシリカレジンを採用した。また表中の注入率UPでは、注入圧増加または設計量の2倍を上限とした結果、平均で4割程度の注入率増となった。また、実施工では鉛直方向と斜め方向の各補強の改良効果が複合することも考えられるので、単独杭と群集杭の2パターンについて試験を行った。平板載荷試験は「地盤調査の方法と解説」(社)地盤工学会)に準じた。試験結果を表-3に示す。支持力は、鉛直AGPかつ群集の場合(Case5-B)においてのみ目標値(2,049kN/m²)を達成したが、その他のケースにおいてはいずれも目標を下回った。とくに斜め方向の脚部補強の場合、改良後の変形係数が現地地盤(未改良)を大きく下回っていることから、削孔時に鋭敏比の高い周辺地盤を乱した可能性が高いと推定される。

試験実施後の鉛直AGPにおける改良体形成状況を写真-1に示す。改良体は径500mm、厚さ30mm

表-2 試験ケース

試験 Case	試験番号	方向	形態	鋼材	注入率
Case1	1				未改良地盤
Case2-A	2	鉛直	単独	ボルト	18%
Case2-B	3		群集		注入量UP
Case4	4		単独	注入量UP	
Case3	5	鉛直	単独	AGP	18%
Case5-A	6		単独		注入量UP
Case5-B	7		群集	注入量UP	
Case6-A	8	斜め	単独	ボルト	18%
Case6-B	9		群集		注入量UP
Case8	10		単独	注入量UP	
Case7	11	斜め	単独	AGP	18%
Case9-A	12		単独		注入量UP
Case9-B	13		群集	注入量UP	

表-3 試験結果

試験 Case	試験番号	方向	形態	鋼材	注入率	極限支持力 (kN/m ²)	許容支持力 (kN/m ²)	許容支持力作用時の変形係数 (kN/m ²)
						494	329	(16,500)
						2,049	1,366	(300,000)
Case1	1					991	661	35,000
Case2-A	2	鉛直	単独	ボルト	18%	1,700	1,133	49,000
Case2-B	3		群集		1,400	933	35,000	
Case4	4		単独	注入量UP	1,400	933	118,000	
Case3	5	鉛直	単独	AGP	18%	1,600	1,067	20,000
Case5-A	6		単独		注入量UP	1,200	800	14,000
Case5-B	7		群集	2,250	1,500	78,000		
Case6-A	8	斜め	単独	ボルト	18%	850	567	11,000
Case6-B	9		群集		900	600	8,100	
Case8	10		単独	注入量UP	850	567	7,700	
Case7	11	斜め	単独	AGP	18%	1,600	1,067	13,000
Case9-A	12		単独		注入量UP	1,500	1,000	12,000
Case9-B	13		群集	1,150	767	19,000		

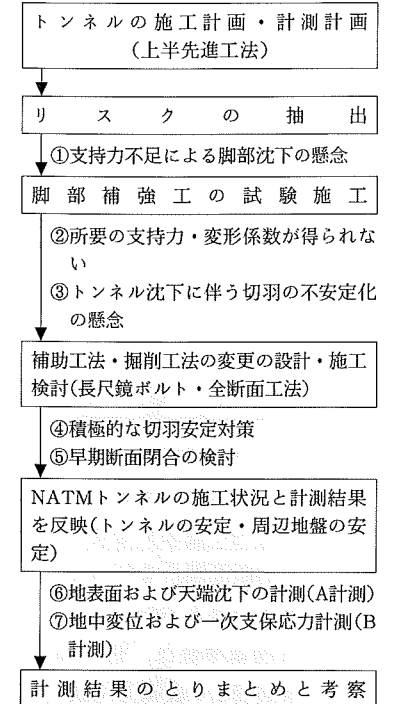


図-7 修正設計フロー

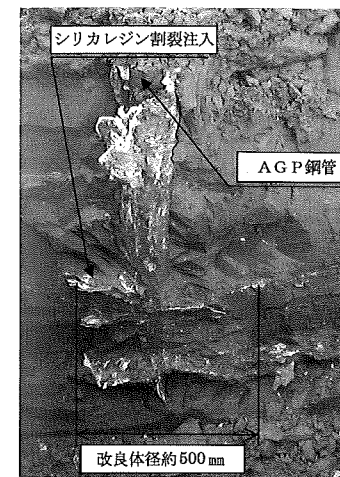


写真-1 AGP工法の割裂注入状況。良好な改良状況ではないと判断された。

4-2 掘削工法および補助工法の変更

前述の試験結果より、トンネルの掘進に伴う地表面沈下および中学校校舎などへの影響を極力小さくするための修正設計を行った。修正設計の検討フローを図-7に示す。

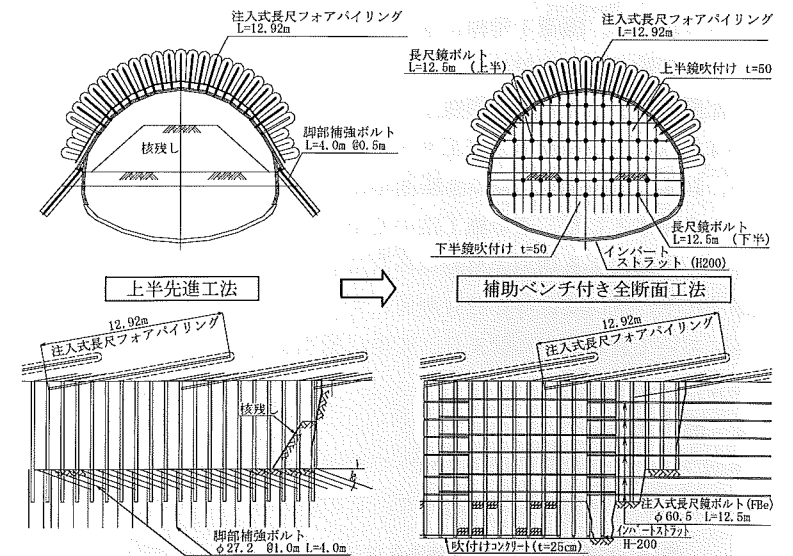


図-8 上半先進工法から補助ベンチ付き全断面工法

掘削開始時の掘削工法は資機材の準備の都合から、上半先進工法とした。補助工法は、先行斜め改良を省略したかたちでの脚部補強(AGP)に、当初計画されていた核残しに替わって、より積極的に切羽の保全を図るために長尺鏡ボルトを追加し、施工においては、地中変位および地表面沈下、

校舎の計測結果を反映させながら当初計画どおりの施工管理を行った。

坑口より60m程度慎重に掘進した時点で施工法変更の準備が整ったため、フォアパイリングによる先受けと長尺鏡ボルト併用による「補助ベンチ付き全断面工法」へと修正し、インバートストラットと吹付けコンクリートによる早期閉合を行うことでトンネルの安定を確保し、脚部補強については省略した(図-8)。

5 施工管理

5-1 トンネル掘削

補助ベンチ付き全断面工法を採用するにあたり、積極的に切羽の鏡部分を安定させ、円滑な掘削を行い、早期断面閉合を行って地盤変形を抑制することを施工の基本方針とした。表-4の地盤変形に関する管理基準値は、近接構造物の状態、FEMによる事前解析の結果から設定した。トンネル掘削の施工管理フローを図-9に示す。工事始点側のトンネル坑口は、国道1号線に面しており、施工ヤードの制約から、吹付けコンクリートのプラントが配置できず、また、掘削残土の仮置きスペースがなかった。このため、施工サイクルに限界があり、1方ごと(1間ごと)の全断面早期閉合を行うことを基本とした。この施工法の変更により、トンネル掘削による切羽の挙動は非常に安定し、地表面沈下、坑内変位など各計測値はすべて、全工程において管理値内に収まり、安全に掘削を進めることができた。

5-2 補助工法

補助ベンチ付き全断面掘削工法への全面的な移行に先立ち、試験施工区間を設けた。この際に各

表-4 地盤変形に関する管理基準値

管理レベル	地表面沈下(mm)		天端沈下(mm)	内空変位(mm)
	学校	公園		
通常管理	I	0~9	0~14	0~24
	II	10~19	15~34	15~33
警戒領域	III	20~29	35~49	57~94
	IV	≥30	≥50	57~80
危機領域	V	≥30	≥50	95~133
			≥81	≥134

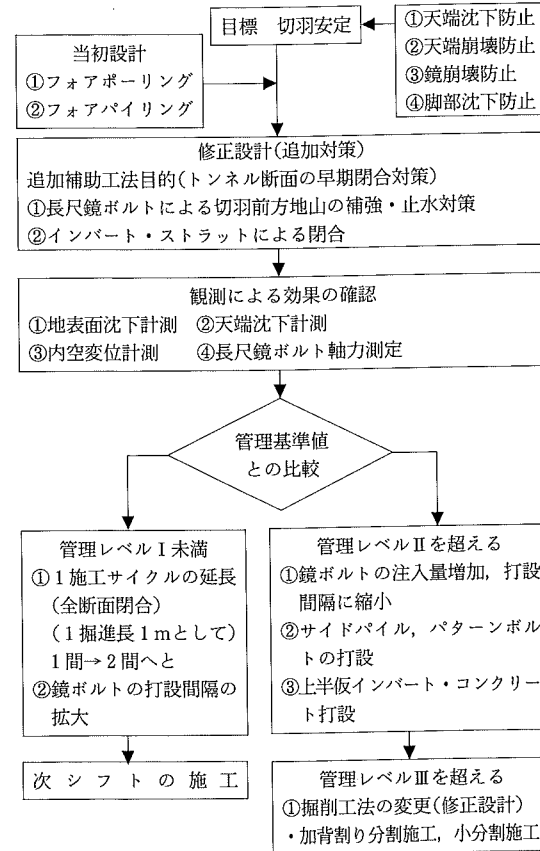


図-9 施工管理フロー

種計測や観測を行い、この結果から切羽前方地山の補強対策である長尺鏡ボルトの効果、および早期断面閉合によるトンネルの安定効果について検証した。

5-2-1 長尺鏡ボルトに関する測定

図-10に示す計測位置の鏡ボルトに対して、ひずみゲージを1.5m間隔の8測点に貼り付けたセンサー管を鋼管内に挿入し、長尺鏡ボルトに作用する軸力を測定して、切羽前方地山の拘束状況を確認した。長尺鏡ボルトの軸力測定システムを図-11に示す。なお、長尺鏡ボルトには注入用のスリット入りで切断可能な鋼管パイプ(FBeボルト)を採用した。さらに、夏期休暇(8月13~20日)による切羽停止期間における切羽の押し出し量について、上半4か所と下半3か所を直接トータルステーションで測定したが、切羽の押し出しはほとんど見られなかった。

5-2-2 測定結果

長尺鏡ボルト軸力の測定結果を図-12に示す。前サイクルで施工した長尺鏡ボルトとラップしている測点(B-8~6)の圧縮力については、前サイクルの注入改良ゾーンが疑似擁壁となり、それ以後の作用土圧により一時的に生じたものと考えられる。前サイクルの鏡ボルトとのラップ区間以深における地山の挙動は、各掘削段階で切羽直近の計測点に顕著に現れている。

この切羽が計測点に近づくことで発生した軸力の増加は、長尺鏡ボルト補強工が切羽の押し出し力に対する抵抗として働いていることを示してい

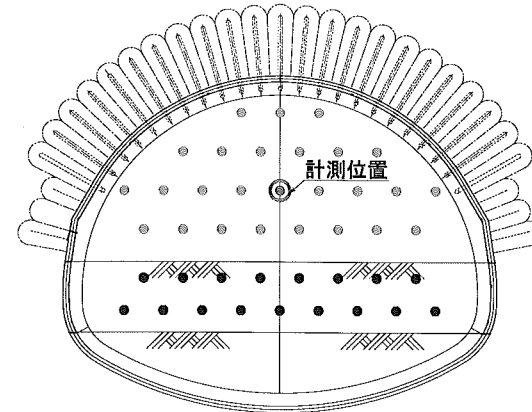


図-10 長尺鏡ボルト軸力測定断面図

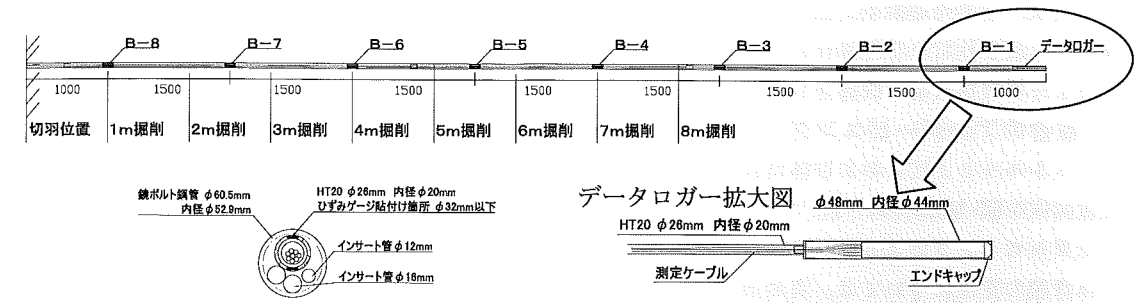


図-11 軸力測定システム

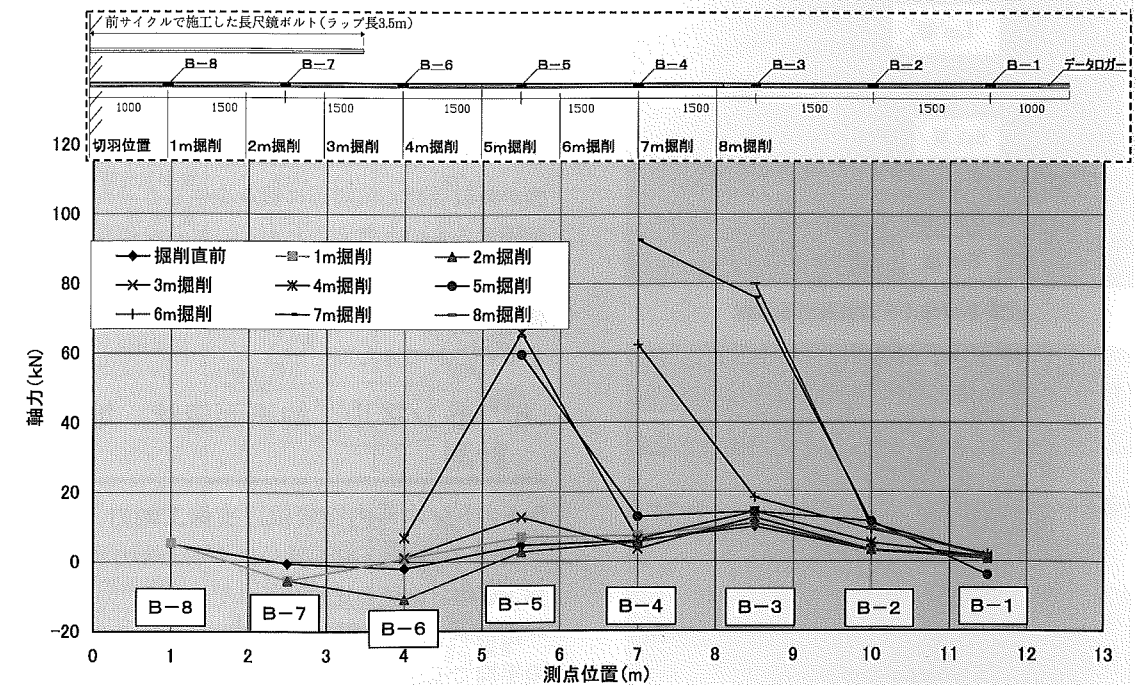


図-12 長尺鏡ボルト軸力測定結果

5-2-3 鏡ボルトと切羽における地下水の関係

写真-2にNo.1+36付近における切羽の状況、また図-13に同位置における想定地質断面図を示す。地下水位は、上半肩部にあったが、切羽掘削時には、Ss1層下端付近まで低下していた。これは、長尺鏡ボルトの施工により切羽が安定し、さらに、シリカレジンの注入浸透固化による地山改良効果と考えられる。

この結果、上半先進掘削工法と比べ、鏡部分の水溜まりおよび泥濁化によるトラフィカビリティー不良が大幅に改善された。

5-3 校舎のアンダーピニング

トンネルルートと校舎および体育館との全体平面位置関係を図-14に示す。

アンダーピニングによる受替えを行った校舎および体育館の変位については、実測最大値はトンネル通過後まで管理値以下で推移し、問題なく施

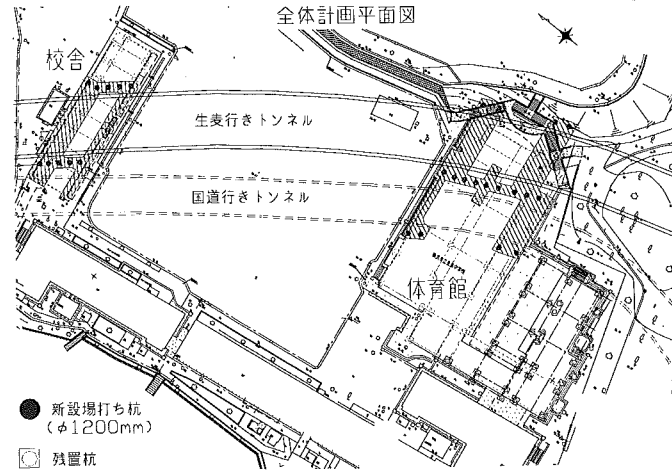


図-14 トンネルと校舎・体育館との位置

表-5 建物の沈下管理基準値と実測値

建築基礎 許容沈下量	管理基準値 上段(一次管理値) 下段(二次管理値)	実測最大値	
		校舎	体育館
変形角 (rad)	0.7×10 ⁻³ 1.1×10 ⁻³	0.27×10 ⁻³	0.34×10 ⁻³
相対沈下量 (mm)	10 14	2.5	2.6

工を終了した(表-5)。しかし、校舎下の新設受替え梁(図-3参照)左端直近の杭頭部の沈下量は、事前解析で9.0mmであったが、トンネルの掘削に伴って12.4mmまで進行した。この現象は、校舎直下でのトンネル掘削(上半先進工法)時に施した脚部補強が新設受替え杭周辺に緩みを生じさせたことに起因するものと考えられた。これらを仮定し、緩みを考慮した二次元弾性FEM解析および骨組み構造解析を行った結果、おおむねこの現象を再現することができた¹⁾。

6 トンネル、地表面変状、地下水計測

6-1 トンネル内空変位、支保工軸力

表-6, 7に掘削工法の違いによる天端沈下量と支保工応力計測値の比較をそれぞれ示す。

土かぶり、地質状況がほぼ同じ条件である区間の平均で工法による違いを比較した場合、天端沈下では、上半先進工法区間と脚部補強を採用した

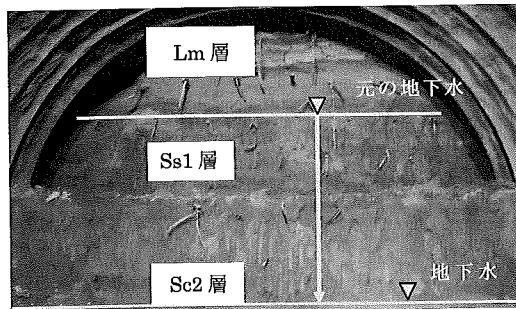


写真-2 No.1+36地質断面状況

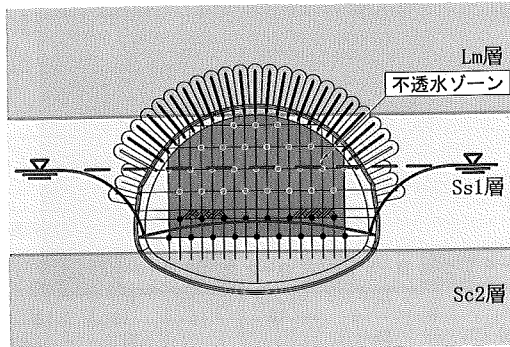


図-13 No.1+36予想地質断面図

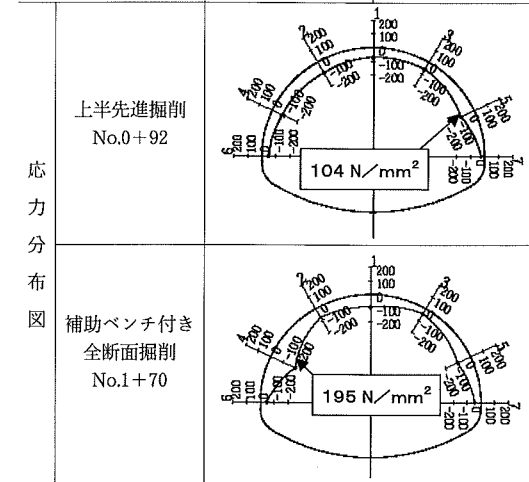
区間で20mmに対し、補助ベンチ付き全断面工法と早期閉合を採用した区間では16mmで、後者が20%沈下量を抑制できた。逆に、支保工に発生する応力は、前者では104N/mm²に対し、後者では195N/mm²と1.9倍であった。これより、補助ベンチ付き全断面工法(+早期閉合)においては、上半先進工法(脚部補強(AGP))に比較して支保工がより多くの土圧を負担することにより、変位を抑制したことがわかる。

表-6 掘削方法の違いによる天端沈下量

計測項目	天端沈下(mm)			
	上半先進掘削 (No.0+80~ No.1+20平均)		全断面掘削 (No.1+30~ 80平均)	
掘削工法区分	解析	実測	解析	実測
数値区分	37	20	28	16
管理基準値	57			
実測値/管理基準値	35%		28%	
実測値/解析値	54%		57%	

表-7 掘削方法の違いによる支保工応力

計測項目	鋼製支保工応力(N/mm ²)			
	上半先進掘削		補助ベンチ付き 全断面掘削	
掘削工法区分	解析	実測	解析	実測
数値区分	82.9	104.0	92.5	195
管理基準値	245			
実測値/管理基準値	42%		80%	
実測値/解析値	125%		211%	



6-2 地表面沈下計測

中学校校庭という平坦部の地表面沈下計測位置を図-15に、また各計測断面のトンネル中心上における地表面沈下の推移および各断面の沈下形状を、図-16, 17に示す。図-16より、以下の傾向が見受けられる。

- ・切羽から約1.3D(約17m)前方において先行沈下が発生
- ・切羽到達時に、全沈下量の29%の先行沈下が発生
- ・後続沈下は、切羽より1.9D(約25m)後方で収束

図-17(全体平均値は、No.1+20~No.2+70)から、トンネル中心から約36mで地表面沈下が収まっていること、また校庭内の一様な地盤および安定したトンネル掘削により、各断面における沈下の傾向が非常に似通っていることがわかる。この沈下形状の全体平均値と統計理論による式(1)での近似曲線の比較を図-18に示す。この結果から、

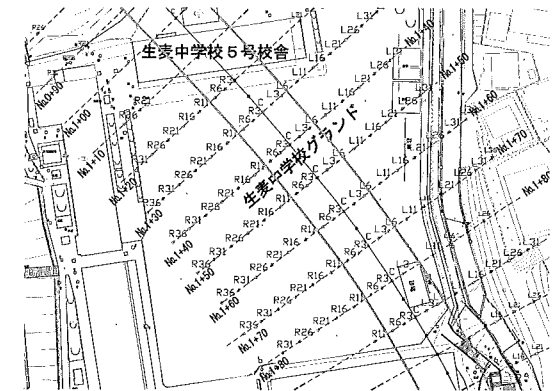


図-15 地表面沈下計測平面図

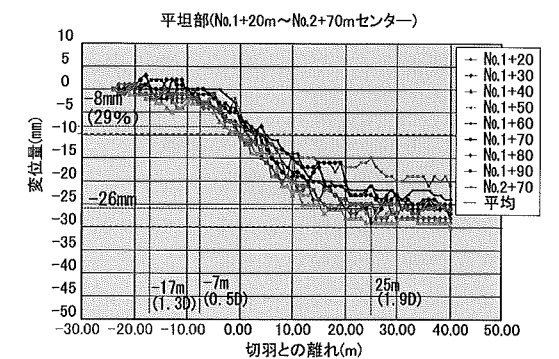


図-16 切羽位置と地表面沈下

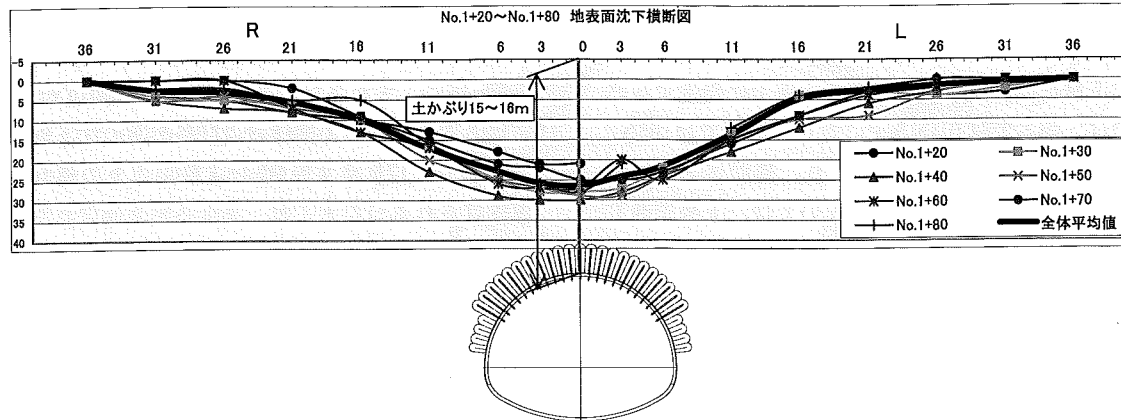


図-17 各計測断面における地表面沈下形状

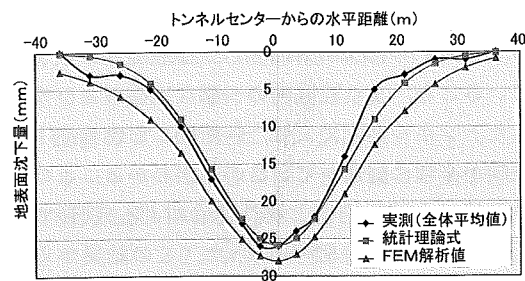


図-18 校庭平坦部における地表面沈下形状と近似式との比較

式(1)の近似の精度はきわめて高いことがわかる。

$$\delta = \frac{V_s}{\sqrt{2\pi \cdot i}} \cdot \exp\left(-\frac{X^2}{2 \cdot i^2}\right) \quad (1)$$

ここで、

δ : 地表面沈下量(m)

V_s : トンネル掘削に伴う地表面沈下面積(=0.72m²)

i : 変曲点までの距離(=k・Z)

k : 沈下トラフ幅係数(平均値=0.5)
(固い粘土 k=0.4, 軟らかい粘土 k=0.7)

Z : 地表面からトンネル中心までの深さ(=22m)

X : トンネルセンターまでの距離

6-3 岸谷湧水量への配慮

本トンネルの二次覆工は、ウォータータイトとし、さらに地下水の流れを遮断しないために通水ドレーンをトンネル全線にわたり、10m間隔に設ける配慮を行った(図-19)。

“岸谷の湧水”の湧水量の変化は降水量の変化

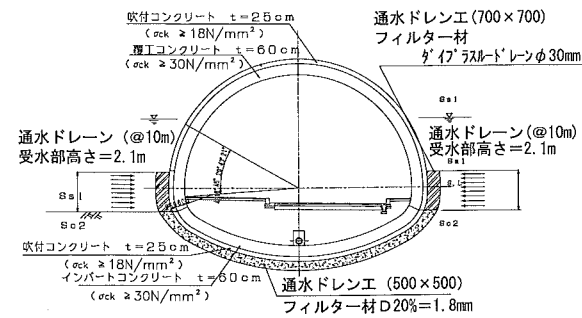


図-19 ウォータータイト構造と通水ドレーン

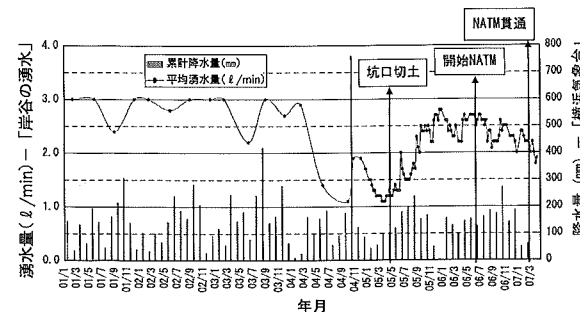


図-20 岸谷の湧水と湧水量と降水量およびトンネル掘進との関係

と連動しており、トンネル貫通までの間、トンネルの施工に起因すると思われる大きな変化は見られなかった。

また、トンネル施工中にトンネル内での異常出水は発生しなかった(図-20)。

7 ま と め

本稿の内容をまとめると以下のとおりである。

- ① 現地での脚部補強試験の結果を踏まえて、

上半先進掘削工法から補助ベンチ付き全断面掘削工法に変更を行った。

- ② 工法の変更にあたっては、鏡ボルトの軸力計測などにより、補助工法の効果の確認を十分に行った。
- ③ 工法変更の結果、平坦部である中学校校庭部では、地表面沈下はライフラインおよび生徒の移動速度からの管理値である30mmに対して26mm以下に抑えられ、十分安全な施工ができた。
- ④ 地表面沈下については、切羽の約1.3D(約17m)前方から先行沈下が始まり、先行沈下量は全沈下量の約3割となった。沈下は、切羽より約1.9D(約25m)後方で収束した。沈下量や沈下断面の形状は、解析値と良く一致した。また、影響範囲は校庭内に留まり、民地への影響はなかった。
- ⑤ トンネル二次覆工のウォータータイト化および通水ドレーンなどにより、“岸谷の湧水”への配慮を行った。
- ⑥ 校舎および体育館のアンダーピニングについては、受替え地中梁の沈下量にトンネル掘

削の影響が見られたものの、適切なジャッキ管理により建物に影響を与えず、安全に施工できた。

本工事では、土砂地山の都市トンネルとして、補助ベンチ付き全断面掘削工法を採用し、周辺地盤への影響を最小限とする安全な施工を実施することができた。本稿が、今後の都市NATMの事例として参考になれば幸いである。

なお、本工事に関し、「岸谷生麦線トンネルの設計施工に関する小委員会(委員長：今田 徹・東京都立大学名誉教授)を平成16年12月～平成19年4月にかけて計7回開催した。その場において、委員の方々から賜った貴重なご意見や多大なご指導、ご鞭撻に対し、ここに深甚の謝意を表すものである。

参 考 文 献

- 1) 寺山徹・津野和宏・石黒順一・守山和朗：横浜市道岸谷生麦線トンネル建設に伴う生麦中学校校舎アンダーピニング工事の設計・施工概要，基礎工，Vol. 35, No.5, pp.60-64, 2007.



セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B 5 判 132頁 本体価格 2,000円 千290円

本書は「トンネルと地下」の連載講座として、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、同じフォーマットで紹介したものをもとに、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。

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



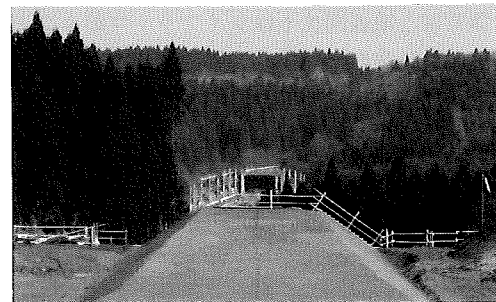
「風の町」蟹田より

矢野 勇一

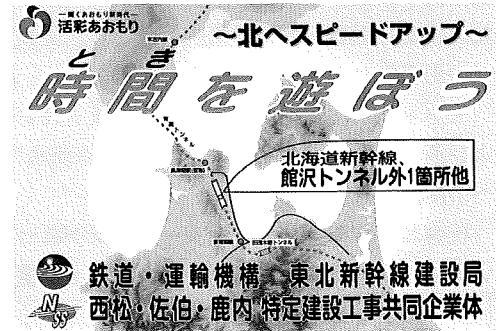
「その前日には、西風が強く吹いて、N君の家の戸障子をゆさぶり、「蟹田ってのは風の町だね」と私は、れいの独り合点の卓説を吐いたりなどしていたものだが、・・・」太宰治の小説『津軽』の一節である。

昨年の4月に当地に乗り込んで1年を経たが、実際、蟹田町(今は、外ヶ浜町蟹田)は本当に風の強い町である。夏は山背と呼ばれる東風(太平洋からの風)が強く吹き、冬には西風(山側からの風)が強く吹いてくる。遠く江戸時代には、山背の長期化により稲作の凶作を引き起こし、飢饉を発生させたのみならず、都にて「打ちこわし」などの乱を引き起こした。これを思えば、いくら米の品種改良が進んで凶作などはなくなったとは言え、「山背の夏は涼しくて良い」など、のんきなことは口が裂けても言えないものだと思った。

平成14年12月1日に、八戸間まで開業した東北新幹線は、平成22年に、新青森まで開業予定であり、更に、新函館(仮称)までの開業は、平成29年が予定されている。新青森駅より先は、北海道新幹線と称されており、新青森～青函トンネル入口間が東北新幹線建設局の担当となっている。私事ではあるが、盛岡～八戸間では巻堀トンネル、八戸～新青森間では田茂木野トンネルに在籍し、現在は、新青森～青函トンネル間の当現場にて勤務中である。現在、八戸～青森～函館を運行している“特急はくちょう号”は、青森駅よりJR津軽海峡線に入り、陸奥湾沿いを北上し蟹田駅を過ぎた所で、西側にほぼ直角に曲がり“大平トンネル”へ入る。これより、津軽トンネル、大川平トンネルを経て青函トンネルへ入り北海道へ渡る。大平トンネルからは在



トンネル終点方上部より大平トンネル入口部を望む

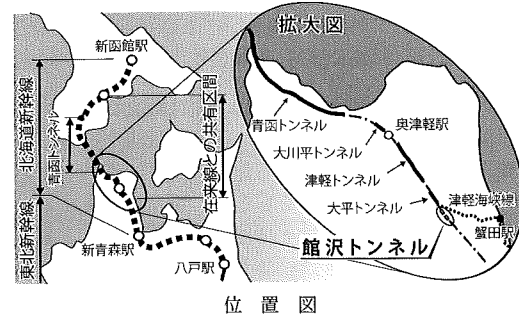


現場のキャッチフレーズ

来線との共有区間となる。

「北海道新幹線、館沢トンネル外1箇所他」工事は、トンネル2本と中間に橋梁などを含んで全長1,645mの工事である。施工は、館沢トンネル(終点方)の出口側から掘削を開始している。坑口から約250mは、土かぶり0～2mなので、地盤改良・保護盛土を補助工法として施工した。館沢トンネル終了後に、館下トンネル(起点方)の入口側から掘削予定である。現場開設時に、“～北へスピードアップ～ とま時間遊ぼう”というキャッチフレーズを作成した。新幹線ができることにより、短縮され余裕ができた時間を有効に利用して(遊んで)いただくという意味である。今年は、2本のトンネルで掘削・覆工と最盛期を迎える、無事故・無災害を継続できるよう全員が安全意識を強くして誠意努力する所存である。

(西松・佐伯・鹿内特定建設工事共同企業体館沢トンネル出張所所長)



施工

TBM掘削における多量の湧水を清濁分離して処理

—東北中央自動車道 栗子トンネル東避難坑—

東日本高速道路(株)東北支社郡山工事事務所工事長 成田 明仁
東日本高速道路(株)東北支社郡山工事事務所 春山 英樹
東日本高速道路(株)東北支社郡山工事事務所所長 永井 宏
鉄建・浅沼特定建設工事共同企業体栗子作業所副所長 植中 靖二

1 はじめに

東北中央自動車道(以下、「東北中央道」という)栗子トンネル東避難坑工事は、福島県と山形県境付近に計画される延長約9kmの道路トンネル避難坑のうち福島県側5,473mをトンネルボーリングマシン(Tunnel Boring Machine、以下「TBM」という)で施工するものである。

トンネル掘削開始後、約1,100m地点までにトンネル湧水が400t/hrを超えている。このままトンネル掘削延伸に比例して湧水が増量した場合、約5,500mのトンネル掘削完了時には約900t/hrを

超える規模の濁水処理設備能力が必要と予想され、抜本的なトンネル湧水処理対策が必要に迫られたところである。

本稿では、現地施工を通じて得られたTBM施工によるトンネル湧水処理(清濁分離)方法について紹介するものである。

2 栗子トンネルの概要

東北中央道栗子トンネルは、福島県福島市から山形県米沢市に至る延長28.3kmのうち、福島県と山形県境付近に計画される延長約9kmの長大トンネルである。完成すれば日本で3番目に長い

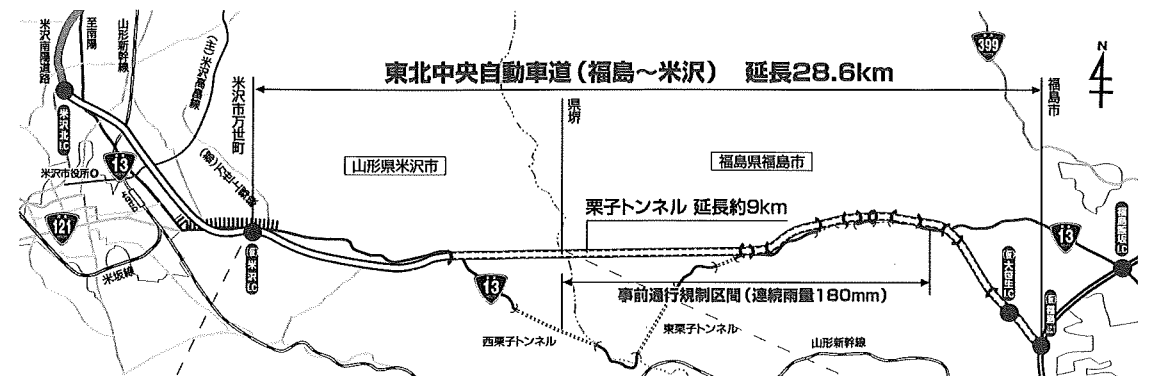


図-1 栗子トンネル位置図

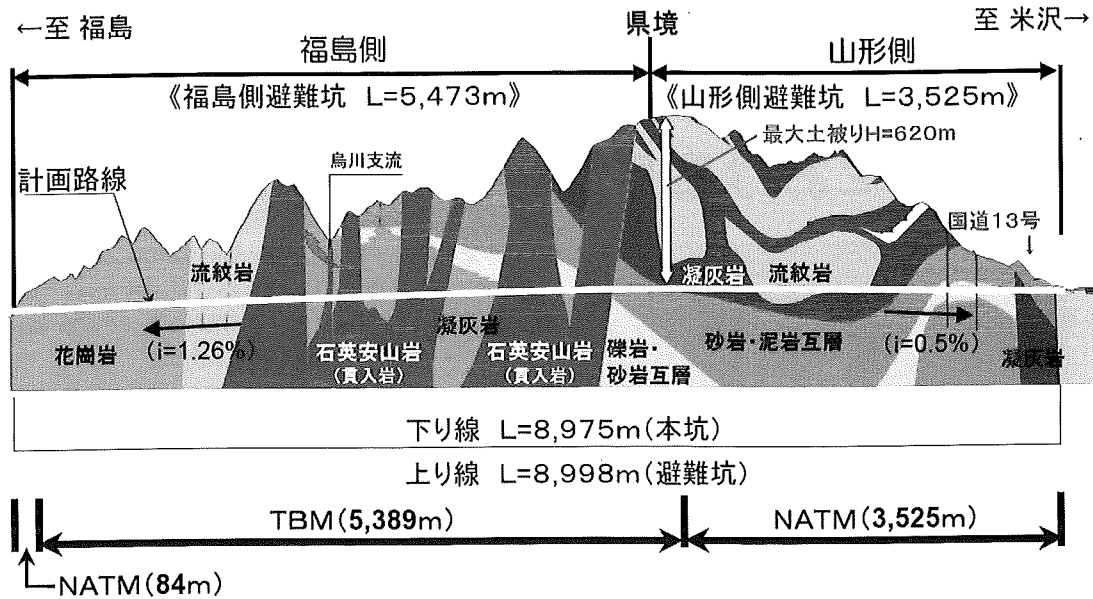


図-2 栗子トンネル概略地質縦断面

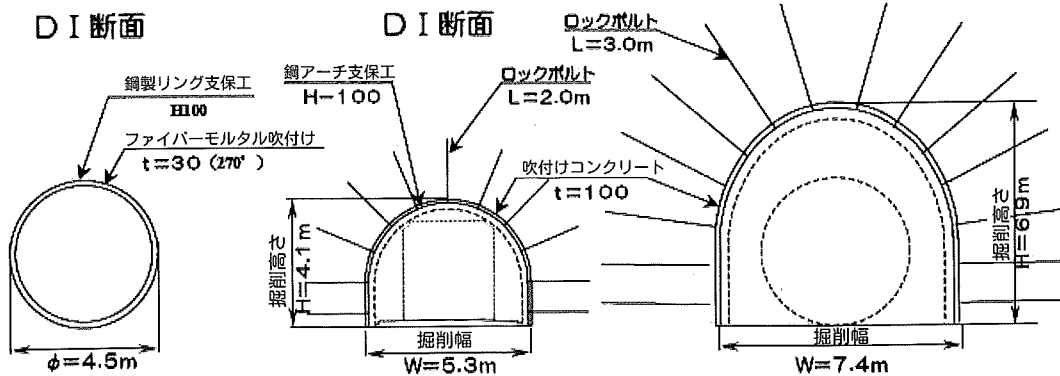


図-3 掘削工法比較図

山岳道路トンネルとなる(図-1)。

本トンネルは、暫定2車線施工であるため、本坑と避難坑が計画されている。福島側坑口から県境付近までの約5.3km間が1.26%の上り勾配であり、そこから山形側坑口まで0.5%の下り勾配となっている。地質は、福島県側は花崗岩、石英安山岩、流紋岩などの硬岩地山が分布する。一方山形県側は新第三紀の火山礫凝灰岩を主として砂岩泥岩互層が分布し、比較的軟質な地山である。最大土かぶりは県境付近で約620mあり(図-2)、トンネル中央部の地質データは、調査ボーリング・弾性波探査では的確なデータが得られないことから、空中電磁法による比抵抗値を測定し、評価を

行っている。

3 避難坑の施工方法

避難坑工事は、本坑の施工に先立ち、地質調査と水抜き坑を兼ねて避難坑を先行施工している。福島県側は順掘り区間が長く、地山も比較的事硬いことからTBMにより施工を行っている。一方、山形県側は軟質な地山であること、不良地山箇所では、大量の湧水が想定されていることからNATMによる施工を行っている。

なお、TBM施工がトンネル中間部までであるため、その解体は、貫通予定点に、あらかじめ山形県側において、NATMにより避難坑を拡幅し、

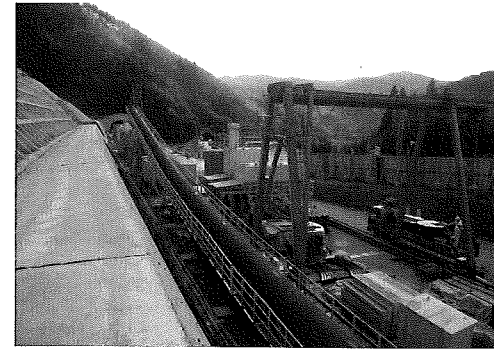


写真-1 坑外仮設備状況(濁水処理設備側)

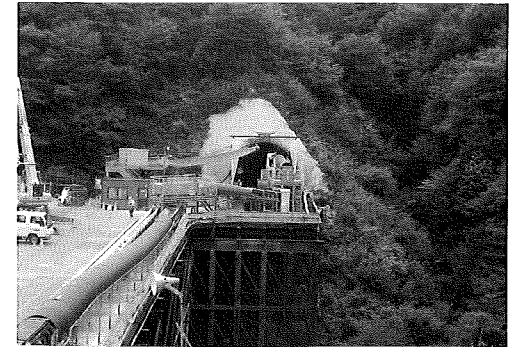


写真-3 坑口状況



写真-2 坑外仮設備状況(坑口側)

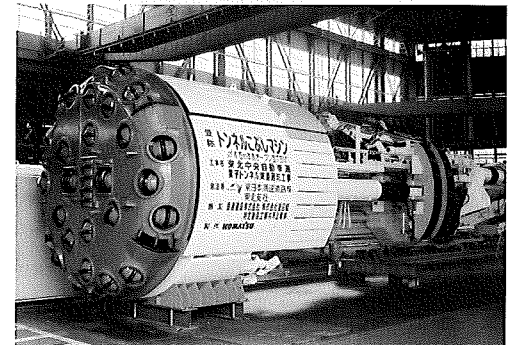


写真-4 TBM本体

ここへTBMを引き込み解体する計画である(図-3)。

4 栗子トンネル東避難坑工事の概要

避難坑掘削に先立ち、高さ約30m、幅約80mの沢部に鋼材重量約900tの仮橋を設置し、ずり処理は坑内を連続ベルトコンベヤとし、坑口からずり仮置場までは固定ベルトコンベヤにて運搬している。また、坑外仮設備は暫定2車線分ヤードに設置している(写真-1, 2)。

避難坑掘削は、坑口~84m間をTBMへの坑内での付属施設(連続ベルコンなど)取り付けのためNATMで施工を行っている。

その後、TBM本体の坑外で組み立てを行い、2006年10月1日に完成し、坑内に引き込み同年12月下旬よりTBMによる昼夜連続の本格掘削を行っている(写真-3, 4)。

なお、前方の地山状況を確認のため切羽前方探査(TSP(Tunnel Seismic Prediction)、削孔検層)により、確認しながらTBM掘削を行っている。

2008年1月現在の地質は、石英安山岩の貫入岩と火山礫凝灰岩の互層箇所の地層帯であり、一部熱水により変成されている箇所もあるが比較的軟質で一軸圧縮強度は約25N/mm²程度となっている。また、湧水は2007年4月上旬で約300t/hr、同年6月上旬には約120t/hr、など多量出水の影響を受けている。

2008年1月31日現在の掘進長は、計画延長5,473mに対し3,363m(61.4%)、また湧水量は約470t/hr(清水:420t/hr、濁水:50t/hr)となっている。

5 清濁分離方法

5-1 当初施工計画時の考え方

トンネル湧水は、事前調査結果の想定量から、100t/hrの濁水処理設備およびφ150mmの坑内排水管を計画したが、安全を見込み、150t/hrの濁水処理設備およびφ150mmの坑内排水管を設置した。

5-2 湧水量の状況・濁水処理設備能力

トンネル掘削開始後、約730m地点(2007年4月

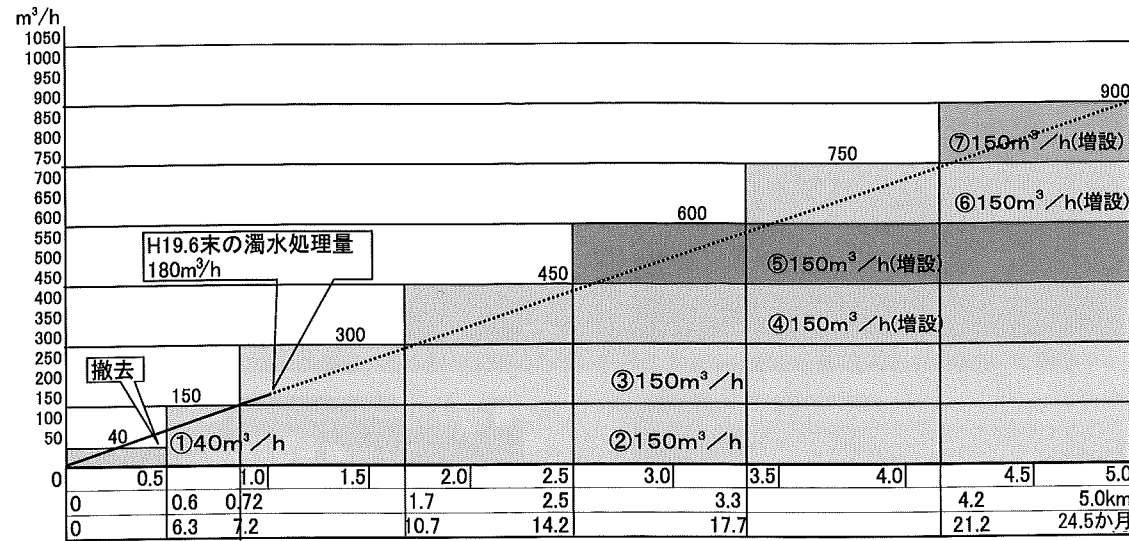


図-4 予想濁水処理量

10日)において約300t/hrの多量湧水が発生し、濁水処理設備能力(150t/hr)を超えたことから、同年4月27日には新たに処理能力150t/hrを追加し処理能力300t/hrまで対応可能とした。

しかし、その後約1,100m地点(同年6月10日)で新たに約120t/hrの湧水が発生し、湧水量450t/hr(清水:180t/hr, 濁水268t/hr)となり濁水処理設備能力限界に近づき、このままトンネル掘削延伸に比例して湧水が増量した場合、約5,500mトンネル掘削完了地点では約900t/hrを超える濁水処理設備能力が必要と予想された(図-4)。これにより、抜本的なトンネル湧水処理対策(清濁分離方法)が必要となった。

このような現地環境から、濁水処理設備の増設場所確保が困難であるが、①清水の坑口付近から河川への直接放流が可能(直近に河川があること)であること、②坑内湧水のPH値が河川のPH値と差異がない(河川の水質環境変化とならない)ことが明らかになり、清濁分離方法によるトンネル湧水の処理が可能と判断した。

5-3 清濁分離の経緯

(1) 第一ステップ(清濁分離工A)【2007年4月5日実施】

方法：トンネル坑壁湧水(清水)を湧水箇所から樋やビニールホースなどにより個別にφ300mmの

排水管に取り込み、坑口から河川へ放流した。一方、濁水は軌道下を自然流下させ坑口から濁水処理プラントへ導水した。

問題点：φ300mm排水管への清水取り込み量は少ないが、トンネル掘削が延伸した場合、清水がφ300mm排水管通水許容量(約270m³/hr)を超える。また濁水も濁水処理設備の許容値(300t/hr)を超えることになる。

(2) 第二ステップ(清濁分離工B)【2007年6月26日実施】

方法：トンネル坑壁多量湧水箇所を止水壁で仕切り、清水域を数箇所設置し、それをφ300mm排水管に取り込み、坑口から河川へ放流した。濁水は軌道下を自然流下させ坑口から濁水処理プラントへ導水した(表-1)。

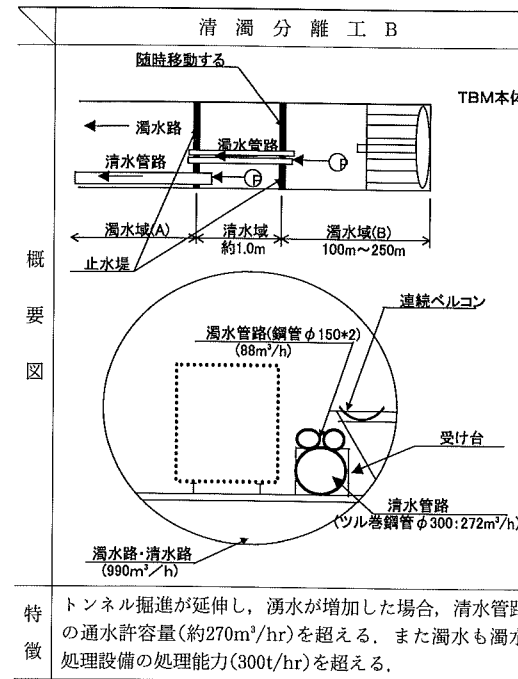
なお、清水への取り込み量は第一ステップより多くなるものの、トンネル掘削が延伸した場合、第一ステップと同様の問題点が生ずる。

上記二つの清濁分離方法では、清水についてはφ300mm排水管通水許容量(約270m³/hr)を超え、濁水も濁水処理設備の処理量(300t/hr)を超えることが懸念された。そこで、φ300mm排水管を濁水、軌道下を清水へと発想を転換し、かつ濁水域をTBM先端から一定区間としてその後方を清水域とした。

(3) 第三ステップ(清濁分離工C)【2007年8月22日実施】

TBM先端から約250m区間を濁水域として止水

表-1 清濁分離工B



トンネル掘削が延伸し、湧水が増加した場合、清水管路の通水許容量(約270m³/hr)を超える。また濁水も濁水処理設備の処理能力(300t/hr)を超える。

壁で仕切りを行い(トンネル掘削延伸に伴い濁水域の盛換を実施)、それをφ300mmの排水管に取り込み、坑口から濁水処理プラントへ導水した。なお、止水壁から坑口までを清水域として軌道下を自然流下させ、坑口から河川へ放流する。

問題点：φ300mmの排水管の土砂堆積および管内清掃が懸念される。

なお、第三ステップの施工にあたっては、事前に表-2に示す案を検討した

2案の違いは、濁水を管路または開水路で施工を行うか否かであるが、第二ステップまで管路を設置し、その有効活用が図れること、また経済性・施工性において案-1が有利なことから、案-1に決定した。

しかし案-1では、泥土の堆積が懸念されることから、一部排水管の上部に確認窓を設けて試験施工を行いその堆積状況を確認した。

その結果、濁水の流速が1.3~1.5m/秒となっており、泥土の堆積は確認されない状況であった。これは管路が坑口に向けて1.26%と下り勾配であったことと推定される。よって、案-1が有効であ

表-2 清濁分離工C比較案

	案-1(管路による濁水方式)	案-2(開水路による濁水方式)
概要図		
特徴	管の敷設に問題なし。泥土の堆積処理が難しい。経済性・施工性も案-2より有利	敷設に時間を要する。泥土の堆積処理が簡単。経済性・施工性も案-2は劣る
評価	◎	△

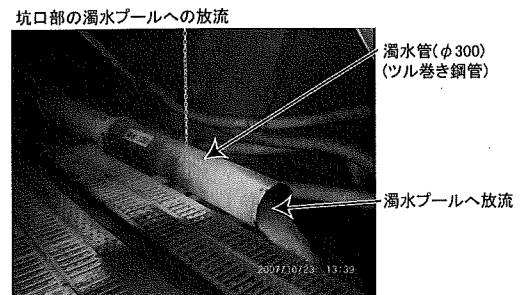
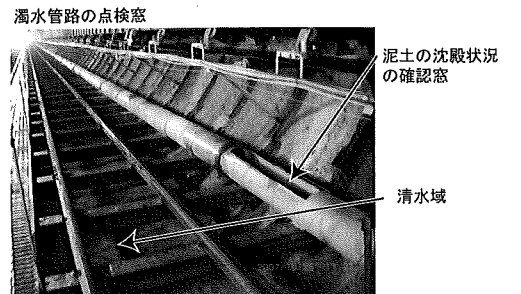
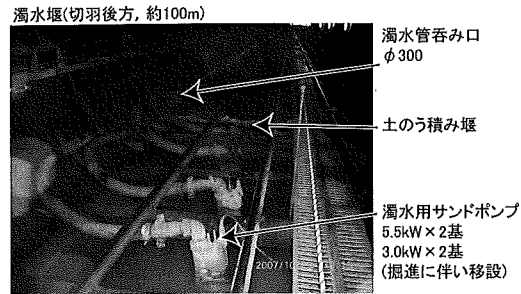


写真-5 清濁分離工Cの状況

ることを確認した(写真-5)。

6 現在の湧水および濁水処理状況

なお、坑口から約2,300m地点を通過後、トンネル坑内における多量湧水の発生は見受けられていない。これは花崗岩(花崗閃緑岩)の地層帯を通過し、その後、デイサイト・火山礫凝灰岩・泥岩などの地層帯へと地質が変化したことと推定される。また、濁水処理量も100t/hr未満で推移している状況となっている(図-5, 6)。

7 おわりに

2008年1月末現在、清濁分離方法は機能し、また濁水処理設備の増設方法に対しても経済的であり有効と判断している。

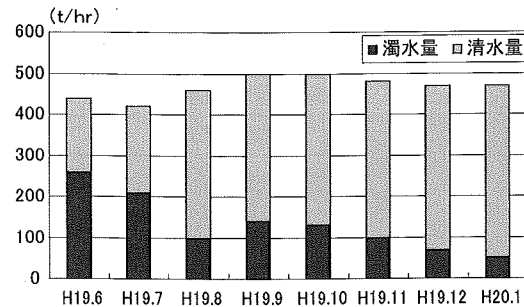


図-5 トンネル湧水量

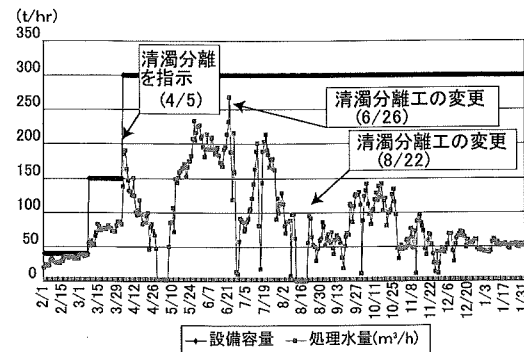


図-6 濁水処理設備容量と濁水処理量

本工事における2008年1月末現在のトンネル掘進延長は約3,400mであり、残り約2,100mの掘進となっているが、現況のまま湧水量が増大しないのであれば、濁水処理設備300t/hrの見直しが必要となる。しかし、今後の地質が当初想定されたものと同様であれば、濁水処理設備の見直し判断は可能であるが、実施工では地質が異なることからどのようにして濁水処理設備の見直しを行うかが今後の課題である。

現在、栗子トンネル避難坑は福島・山形側両坑口から掘削が進められている。その掘削進捗率は2008年1月末現在、約70%である。また、栗子トンネル本坑の施工については、施工計画などこれから検討すべき課題が、まだ種々残されており、これからも、避難坑で得られたノウハウを本坑に最大限反映していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 成田明仁・春山英樹・大築正明・清水雅之：東北中央自動車道栗子トンネル避難坑工事の現況，NEXCO技術情報，No.2，2007.7.

施工

騒音・振動・低周波音をモニタリングし周辺環境への影響を抑制

—宇和島道路 石丸トンネル—

国土交通省四国地方整備局建設監督官 清水正二
飛鳥建設(株)石丸トンネル作業所現場代理人 渡邊博
飛鳥建設(株)土木事業本部技術統括部トンネル技術グループ課長 柳森豊
飛鳥建設(株)技術研究所第二研究室主任 小林真人

1 はじめに

石丸トンネルは一般国道56号宇和島道路の宇和島南I.C.から津島I.C.間に位置する延長693mの山岳トンネルである(図-1)。本トンネルが通過する山体は標高140m程度と比較的低く、周辺は閑静な住宅地に囲まれている。とくにトンネル工事起点側は山間の狭い谷間の下流側に民家が点在しているため、これらに対する生活環境保全が本工事において重要な課題であった。そのため、入札時の総合評価方式によるVE提案では、トンネル仮設備、ずりおよび吹付けコンクリートの運搬時に発生する工事騒音を工事仮設備基地が設けられた起点側坑口にもっとも近接する民家において、夜間工事中(22:00~翌6:00)の8時間等価騒音レベル(以下、「 $L_{Aeq,8h}$ 」)40dBを騒音自主規制値として提案した。

発破振動については、本工事に近接する3軒の木造家屋において、振動速度0.10cm/secを振動自主規制値として提案した。また、発破に伴う低周波音は入札時の評価項目ではなかったが、近年、住居に近接する山岳トンネル工事で発破低周波音による苦情発生が増大していることを鑑み、騒音

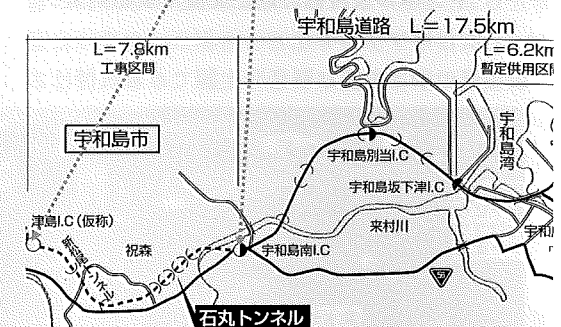
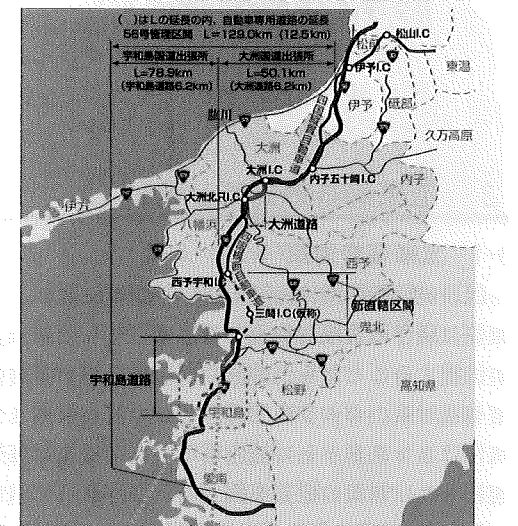


図-1 トンネル位置平面図

管理を行う民家に対して自主的な管理を行った。

このように、本工事においては夜間工事騒音40dB、発破振動速度0.10cm/secといった非常に厳格な自主規制値を採用したことから、騒音・振動の自動モニタリングシステムを設置し、提案した自主規制値の遵守、近接家屋への影響および周辺住民の生活環境保全を図った。本稿においては、これらの対策と管理の実績について報告する。

2 工事概要

工事名称：平成17-19年度石丸トンネル工事

発注者：国土交通省四国地方整備局

工事場所：愛媛県宇和島市祝森地内

工期：平成18年2月11日～

平成19年9月28日

施工者：飛鳥建設(株)

工事内容：工事延長 L=740m

トンネル延長 L=693m

掘削工法 上半先進ベンチカット工法(NATM発破)、補助ベンチ付き全断面工法

3 工事騒音の対策と管理

3-1 工事騒音対策

仮設備設置箇所は山間の狭い谷間に位置し、下流側に騒音の管理対象となる民家(以下、「M-1」)が位置することから、地形や仮設構造物を有効利用した対策、および夜間掘削ずりの坑内仮置きや吹付けコンクリートの坑内積み込みなどの対策を実施した。対策の概要を図-2および写真-1に示す。

3-1-1 トンネル仮設備の適正配置による対策

(1) 吹付けプラント

仮設備の中で主要な騒音発生源である吹付けプラント



写真-1 仮設備配置状況全景

ラントはM-1からもっとも離れた配置とするとともに、図-3に示すようにボックスカルバート上流部の作業構台下に配置した。これにより、合理的に工事用の仮設備構造を利用した防音対策が可能となった。また、吹付けプラントがトンネル施工基面より低い位置となるため、プラント内に定置式コンクリートポンプを設置し、トンネル坑内までコンクリートを圧送してトラックミキサに積み込むものとした。これにより夜間のトンネル坑外におけるトラックミキサのドラム回転音や走行音の発生を完全になくした。

(2) その他設備

濁水処理設備についてはM-1へ与える影響は少ないと予測したが、不測の騒音発生に対応するた

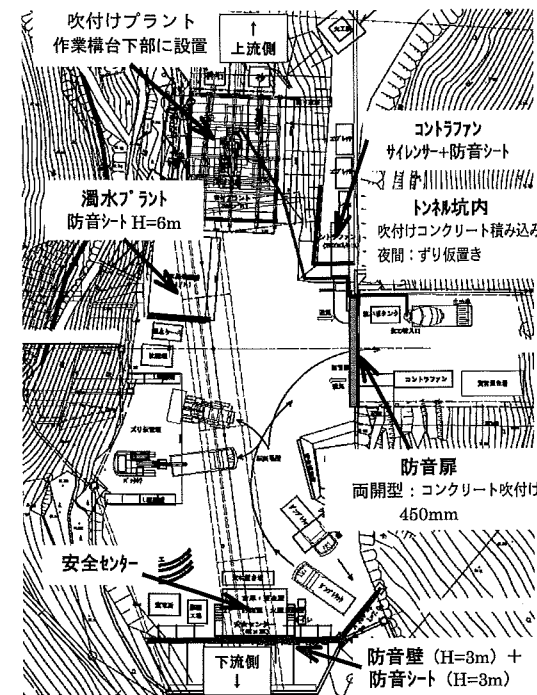


図-2 工事騒音対策の概要平面図

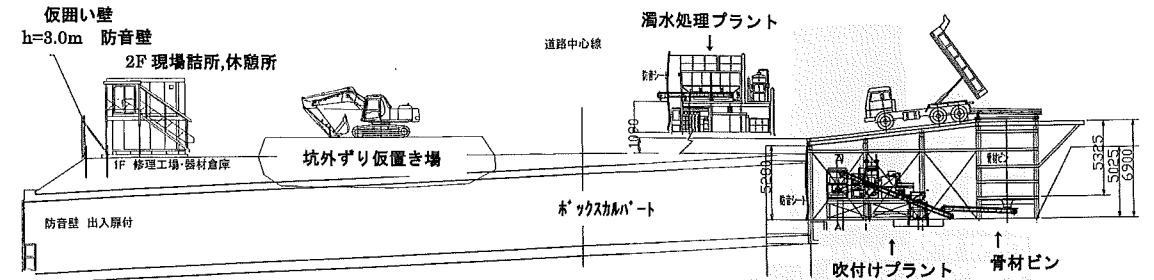


図-3 坑外仮設備配置縦断面図



図-4 防音扉概要図

め下流側に防音シート(H=6.0m)を設置した。換気設備については消音器を取り付けるとともに、送風機本体を防音シートで遮蔽した。さらに工事用地境界には鋼製防音壁(H=3.0m)に防音シート(H=3.0m)を高上げ設置し、これとあわせて安全センター(2階建て仮設建物)を配置することで、下流側への騒音伝搬を抑止する効果を狙った。

3-1-2 掘削作業に伴う騒音対策

初期掘削時には坑口部に支保工材と防音シートからなる簡易防音シェルターを設置し、トンネル切羽が70mまで進行した時点で図-4に示す防音扉(鋼製両開き：コンクリート450mm)を坑口部に設置し直した。

ただし、夜間の $L_{Aeq,8h}$ を40dBとして管理したことから、トンネル進行を200m確保できるまで昼間施工で対応した。昼夜間施工開始後はトンネル坑内へずりを仮置きするとともに吹付けコンクリートの積み込みも前述のように坑内で行うこととして坑外での発生騒音の低減に努めた。

3-2 工事騒音モニタリングシステムによる管理

工事騒音の管理は、図-5に示した工事仮設備基

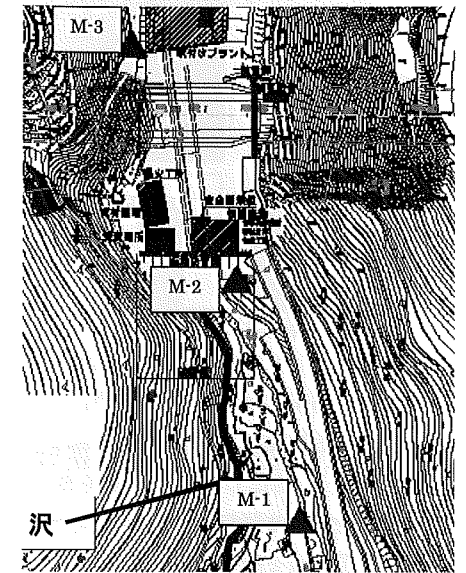


図-5 騒音のモニタリング位置

地にもっとも近接する起点側坑口からL=115m地点のM-1を対象として行った。しかし、M-1に対しては隣接道路の交通騒音・沢の水音・虫の音などの暗騒音が季節変動と日変動を持って影響し、工事の影響によらず自主規制値を超過することが予測された。したがって、工事によるM-1への影響の有無を明らかにするために、問題となる工事騒音が発生した場合の音源を特定できるようにする必要があり、図-5に示した工事用地境界M-2、工事仮設備基地内M-3にも騒音計を配置し、M-1とあわせてすべてのデータをパソコン上で管理する騒音モニタリングシステム(図-6)を導入した。

本システムの主要な機能を次に示す。

[モニタリングシステムの主要機能]

- ・騒音計のレベル出力を0.1sec間隔で現場休憩所パソコンに記録し、騒音の原音もサンプリ

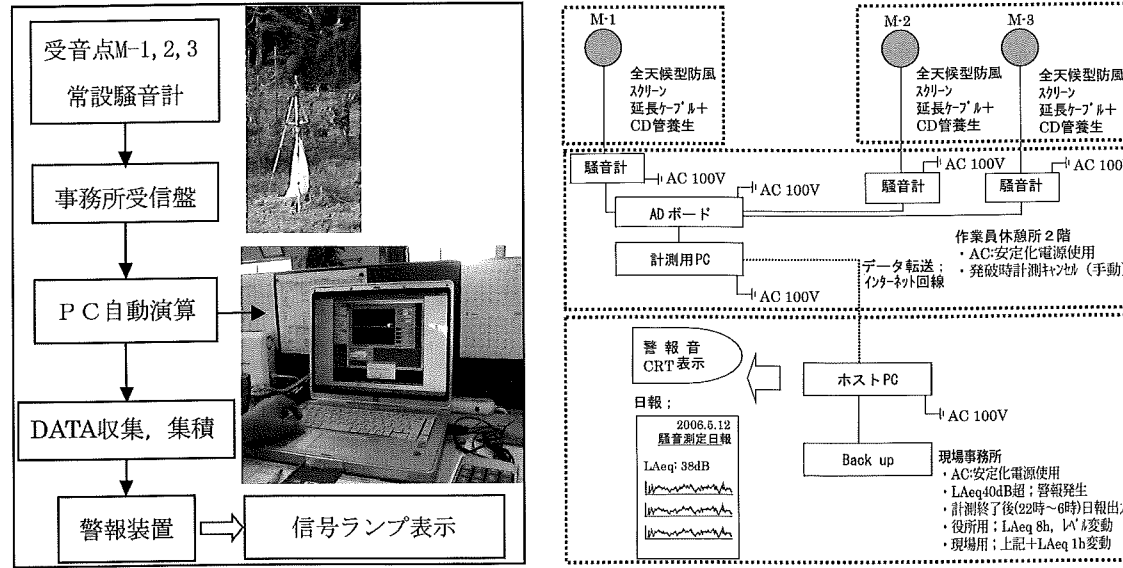


図-6 システム概要図

ング周波数44.1kHzで同パソコンに録音、インターネット回線により現場事務所に転送。
 ・現場事務所パソコンディスプレイに全計測点における夜間工事開始後からの等価騒音レベル(以下、「 L_{Aeq} 」)の時間変動を表示。
 ・随時発生する騒音への対処を可能とするため、自主規制値を超えた場合に直ちに警報を発信。
 ・前日作業による発生騒音について日報出力。
 暗騒音と同程度以下となる工事騒音に対する管理を行うため、図-7に示したフローにより騒音計測を行い、とくに下記事項を確認しながら現場作業を行った。

- ・夜間作業開始時に10分間作業を停止し、暗騒音を自動計測。暗騒音が40dBを超えない場合は、規制値を40dBとし、超える場合は規制値を計測した暗騒音値とする。作業再開しても規制値を上回らないこと。
- ・騒音自主規制値は $L_{Aeq,8h} = 40dB$ であるが、計測値が確定するのが8時間経過後であるため、作業中の発生騒音の変動を把握するために、作業騒音速報値として時間あたり等価騒音レベル $L_{Aeq,1h}$ (以下、「 $L_{Aeq,1h}$ 」)も計測し、これらが40dB以下であること。

図-8に騒音モニタリングシステム設置以降(平

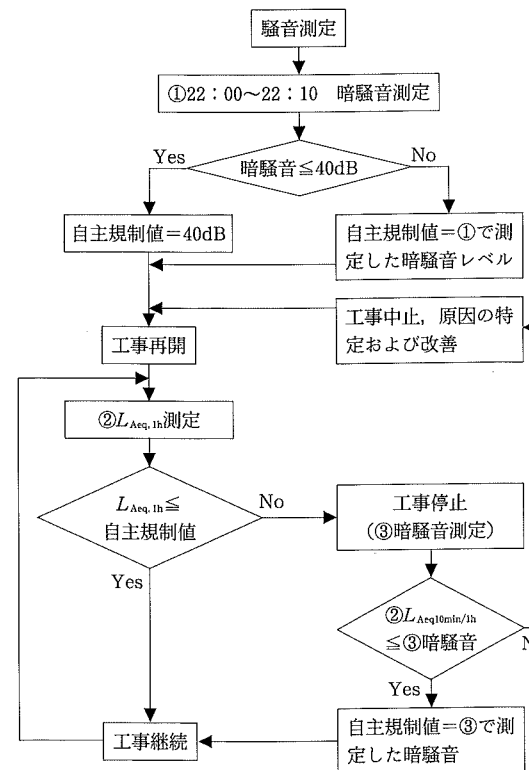


図-7 騒音測定フロー

成18年8月)から、夜間工事完了(平成19年5月)までのM-1における騒音モニタリング結果、およびモニタリング対象時間中(22:00~翌6:00)の総降雨量を示す。

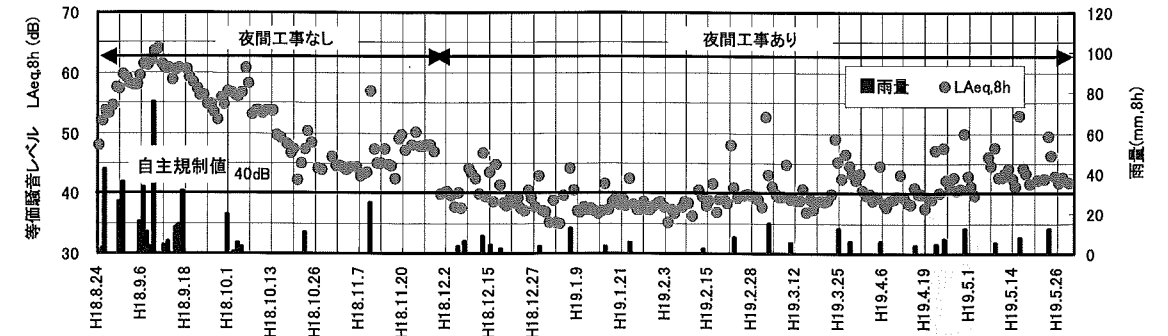


図-8 夜間工事着手前後の騒音モニタリング結果

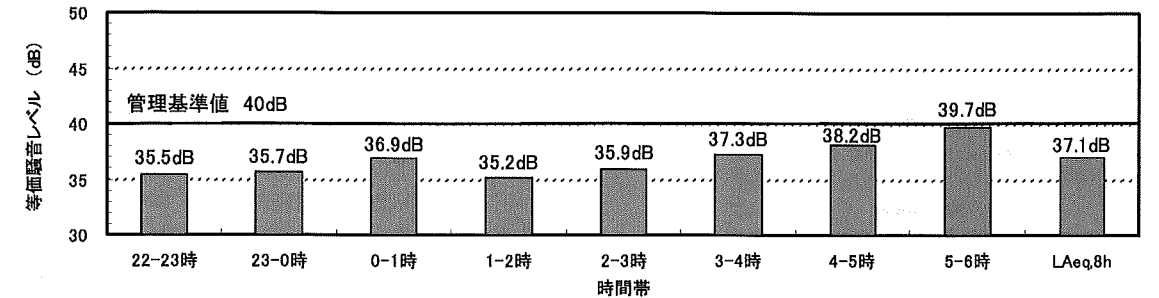


図-9 工事中の騒音モニタリング結果(H19.1.15)

モニタリング期間全般にわたり降雨に対応して40dBを超える結果が見られるが、これは雨音とM-1に近接する沢の流量増による流れの音の影響である。

また、平成18年11月末ころまでは、夜間工事なしにもかかわらず9月ころをピークとして自主規制値を超えているが、虫の音によるものである。これらは、自動録音されたデータの後解析により明らかになっている。このようにM-1ではさまざまな暗騒音の影響を受けるが、影響のない場合においては、夜間工事中においても40dB以下の騒音であることが確認できる。夜間作業騒音モニタリング結果の一例を図-9に示す。

暗騒音は40dB以下であったため、40dBを超えた場合には工事騒音の影響と判断されるが、時間あたり等価騒音レベル $L_{Aeq,1h}$ 、管理対象時間帯8時間の $L_{Aeq,8h}$ のいずれも自主規制値以下である。このような十分な工事騒音対策と暗騒音の影響を判断することで、評価点での工事騒音を管理し、夜間工事に伴う騒音影響を自主規制値以下で施工することができた。

4 発破掘削に伴う振動の対策と管理

4-1 発破振動への対策

一般に発破により発生する振動は、構造物の被害程度との相関の良い振動速度で評価される¹⁾。

ここで、発破による振動速度 V (cm/sec)は、

$$V = K \cdot W^m \cdot D^n \quad (1)$$

K : 定数

W : 1段あたり装薬量(kg)

D : 対象地点までの距離(m)

により推定されている。振動速度を低減するために、式(1)の K や W にかかわる対策を実施している事例が多い。

石丸トンネルにおいてもこれまでの事例を参考に、 W を低減させる対策として「MS雷管、DS雷管の併用」や「導火管付き雷管の使用」を、 K を低減させる対策として「上半三心円扁平断面であることを利用した、ダブルVカットによる心抜き」、「大型油圧ブレイカによる心抜き部先行掘削」などを計画、提案、実施している。

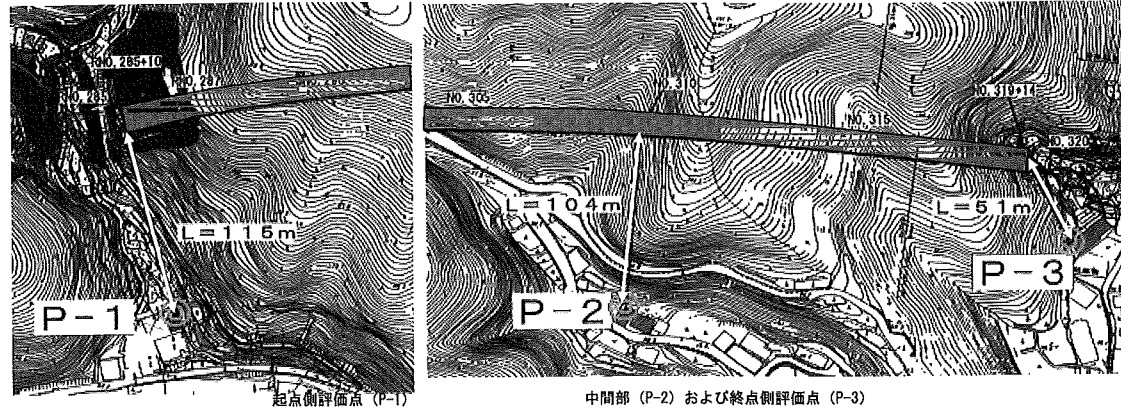


図-10 トンネルに近接した発破振動評価点位置図

表-1 発破振動速度 管理基準値

管理体制	管理レベル			VE提案 規制値 0.10
	レベルI 通常, 特記 仕様書の頻 度で計測	レベルII 注意, 監視 頻度増	レベルIII 警報, 発破 設計・工法 修正	
基準値	~0.06	0.06~0.08	0.08~0.10	

これらの対策により、次節に示す発破振動管理評価点(P-1~3)における発破振動の規制値を現設計の0.20(cm/sec)から「目に見える被害がなく、人体に感じない(震度0)」とされる²⁾0.10(cm/sec)として提案した。

4-2 発破振動の管理方法

4-2-1 発破振動評価地点の概要

発破振動による影響の評価は、トンネル路線に近接して点在する木造家屋を対象として行った。これらの評価地点は以下のとおりである(図-10)。

- P-1 : 起点側坑口部(測点No.285+10付近, トンネルとの離隔L=115m)
- P-2 : トンネル中間の沢沿い集落部(測点No.310+0付近, トンネルとの離隔L=104m)
- P-3 : 終点側坑口部(測点No.319+14付近, トンネルとの離隔L=51m)

4-2-2 管理基準値

発破振動の自主規制値0.10(cm/sec)を確実に遵守するため、他工事の実績も考慮して管理基準値を表-1に示すおりに設定して管理した。

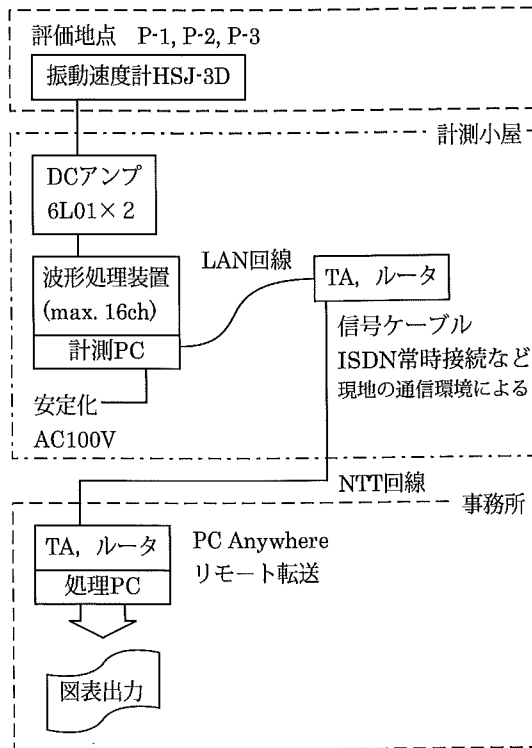


図-11 システムの概要

4-3 発破振動モニタリングシステムによる管理

4-3-1 システムの概要

発破振動は、前述の評価地点に設置した3方向(鉛直1方向, 水平2方向)振動速度計によりモニタリングした。なお、計測されたデータは、常時接続されたインターネット回線を介して事務所へ転送して、ハードディスクに保存した。

リアルタイムでの把握が可能な計測システムにより、発破振動の影響を早期に把握し、次回切羽掘削時の発破設計への反映が可能となるように配慮した(図-11)。

4-3-2 計測方法

計測方法は、サンプリング周波数1kHzでのプリトリガ計測とした。振動速度計は、評価地点での発破振動による影響が解消されたと判断された段階(切羽との離隔距離200~300m程度)で、次の評価地点へ移設した。ただし、P-1とP-2, P-2とP-3の組み合わせで、2点を同時にモニタリングすることとした。

4-4 実測データにもとづく発破設計

4-4-1 実測データの統計処理による発破振動予測

トンネルの発破振動速度は、前述の式(1)により予測される。式(1)の定数K, ベキ乗数m, nはいくつかの提案値が示されているが、地山条件や使用爆薬などにより、これらの定数は異なることが知られており、試験発破などの段階で設定することとされている¹⁾。

とくに新設トンネルに近接する構造物への影響を低減させる必要がある場合は、予測式の精度を向上させるため、実測データにもとづく統計処理を行い、現地条件に則した予測式の定数を設定して管理した事例がある^{3),4)}。

本トンネルでも厳しい規制値を遵守するために、P-1での実測データを統計処理して、P-2, P-3での発破設計へ反映させることとした。

4-4-2 P-1での実測データと振動速度予測

当初のP-1に影響する区間での発破設計は、一般的に示された発破振動予測式のうち、近隣トンネル現場で適用された実績を考慮して、吉川の式

$$V=600 \cdot W^{0.75} \cdot D^{-2} \quad (2)$$

を基本に計画した。

P-1における実測発破振動速度データを図-12に示すが、数回の発破を除いてほぼ管理レベルIIを満足する結果が得られた。これらの実測データをもとに式(1)の各定数を最小自乗法により算出すると、

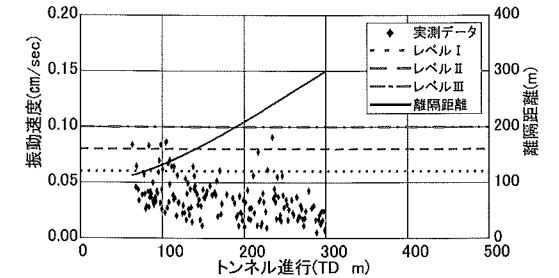


図-12 P-1での振動速度実測値とトンネル離隔の関係

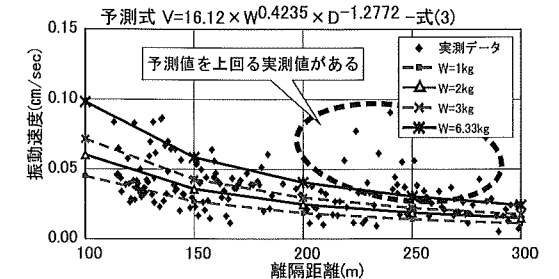


図-13 実測値と最小自乗法による予測値との関係

となる。式(3)とP-1における実測値を比較したところ、実測値が予測値を上回る傾向が見られ、とくに離隔距離200mを超えると、その頻度が増加している(図-13)。

段あたり装薬量は0.2~6.4kg, 離隔距離は115~300mと予測パラメータの変動幅に大きな差があり、説明変量となる振動速度も0.0~0.1cm/secと変動幅が小さく、有意な回帰を妨げている要因となっており、とくに離隔距離が大きくなると予測精度の低下が顕著になると考えられた。相関係数も0.59であり、P-2での発破振動予測には適用不能と判断した。

そこで、変動幅の相違を考慮して、予測を単純化するため、ベキ定数のm=0.75, n=-2に固定してKの変動のみを考え、実測値から逆算したKを用い予測式を設定し直した。ここで、逆算したKの平均値は、K=566.5になった。

先に提案して実施した、「上半三心円扁平断面であることを利用したダブルVカットによる心抜き」、「大型油圧ブレイカによる心抜き部先行掘削」などの効果により、一般的な値K=600に対し、5%程度低減されている。

しかし、一方でKの標準偏差は、 $\sigma = 291.1$ と大きくばらついたため、予測値の信頼性を確保するため、Kを平均値±2σ(σ：標準偏差，正規分布の場合，95.5%を占める範囲)として安全側に設定することとし、P-2では、予測式

$$V = 1148.7 \times W^{0.75} \times D^{-2} \quad (4)$$

を適用することとした。

4-4-3 P-2, P-3での振動速度予測と実績

式(4)にもとづく発破設計で施工したところ、P-2における実測値は、おおむね予測値以内に抑えることができた(図-14)。

P-3ではP-1, P-2における実測データから同様に処理した予測式

$$V = 1701.8 \times W^{0.75} \cdot D^{-2} \quad (5)$$

を適用したが、予測値が実測値に比して過大となる傾向を示した(図-15)。

- これは、
- ① 坑口の比較的軟弱な地山(トンネル中央部付近で弾性波速度2.4~4.6km/secに対して、弾性波速度2.0km/sec以下)であること(適用されたKが妥当でない)
 - ② P-1, P-2と異なり評価地点との離隔距離

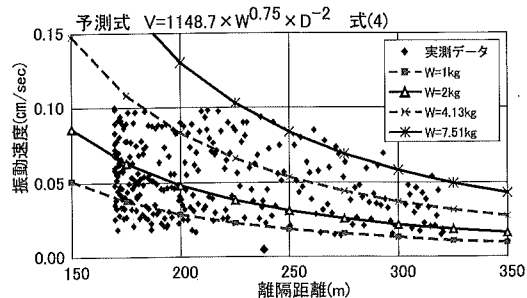


図-14 P-2での実測値と予測式の関係

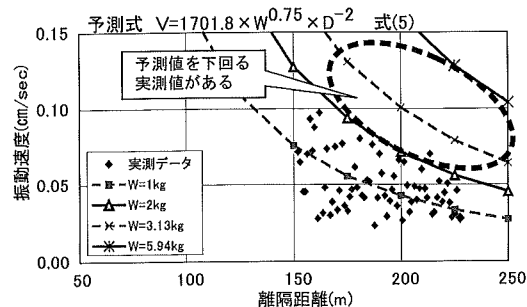


図-15 P-3での実測値と当初予測式の関係

が比較的短いこと(離隔距離の影響が振動速度に影響されやすい)

などに起因すると考えられたため、P-3での実測データを利用して、予測式を見直すこととした。装薬量の変動幅は小さく有意な差が出にくいことから、装薬量Wのべき定数mは0.75に固定し、比較の変動幅の大きいもう一つの説明変数である離隔距離Dのべき定数nとKを最小自乗法で処理した予測式

$$V = 1.2118 \times W^{0.75} \times D^{-0.7892} \quad (6)$$

を適用し、実測値をおおむね予測値以内に管理できた(図-16)。

4-5 予測値と実測値の相違についての考察

- 本トンネルの地質は、砂岩・泥岩互層であり、
- ① トンネル発破時に比較的硬質な砂岩塊の切羽出現位置に合わせて、心抜き部を切羽中心位置からずらしたこと
 - ② 大型ブレイカで心抜き部の補助掘削を先行させたこと

などで、発破振動予測式に用いるKの値が大きくばらついた。その結果、予測式精度の確保するためにはKを割り増して安全側に設定せざるを得なくなっている。

また、最大振動速度を観測した一段あたり装薬量の変動幅(0.8~8.6kg)が離隔距離の変動幅(51~320m)に比して小さく、管理する振動速度値も小さい(0.00~0.10cm/sec)値であることも、発破装薬量設計による振動速度値制御を難しくしている一因であると思われる。しかし、P-3のように坑口付近のやや軟質でほぼ一様な地山で、離隔距

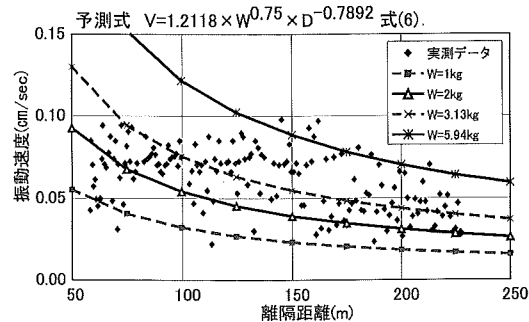


図-16 P-3での実測値と見直し予測式の関係

離も50~100m程度と比較的近接している場合には、離隔距離に応じた発破振動予測が比較的精度良く管理できている。

5 発破に伴う低周波音の対策と管理

発破に伴う低周波音は入札時評価項目ではないが、P-1周辺集落家屋への影響を考慮し、低周波音にも配慮した発破設計と防音扉の設置による低周波音対策を実施した。

防音扉の仕様は図-4に示したが、鋼製扉にコンクリートを厚さ450mmで吹付けた構造(写真-2)とした。

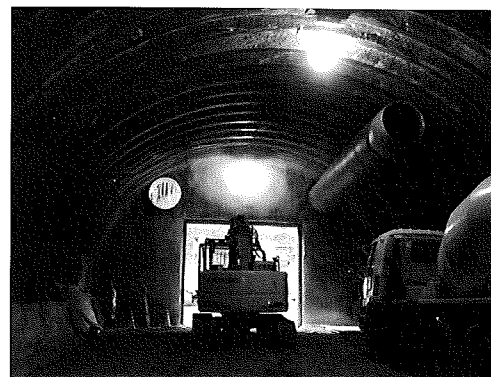


写真-2 坑口部防音扉

表-2 発破低周波音レベル実測値

総装薬量(kg)	切羽距離(m)	低周波音レベル(dB)		
		実測値(扉外側)	無対策時の測定値	遮音量
17.4	41	99	115	16
18.0	48	100	116	16
32.4	56	57	117	20
34.2	60	102.5	118	15.5
38.2	64	98	118	20
58.6	110	97	112	15
76.2	155	95	113	18
90.4	190	96	113	17
			平均遮音量	20

扉の重量が重いこと、戸当たり部の隙間を極力なくすことを考慮してモーター駆動によるスライド両開き式扉とした。低周波音A.P値(オールパス値：すべての音域の低周波音レベル値)で20dB程度の遮音量が得られ、一般的な防音扉の遮音量(10dB程度)に比べ改善されている。M-1での発破低周波音レベルの実測結果例を表-2に示す。

トンネル掘進とともに切羽距離が延び、地山深部へ到達して総装薬量が増加したが、低周波音レベルはおおむね100dB以下となっており、(社)火薬学会の発破低周波音規制推奨値(夜間)を満足した。結果的に近隣などからの苦情もなく、周辺への影響を低減した発破掘削であったものと考えられる。

6 おわりに

石丸トンネル工事では、近接家屋への影響および周辺住民の生活環境保全を図るために、VE提案で騒音・振動に関して厳格な規制値を提案し、これを遵守した施工および計測管理を行った。

今後、建設事業に対する環境影響評価の重要性が増すと思われる。本工事での実績を進展させ、より一層の環境保全に努めたいと考えている。

最後に、施工に際しご指導、ご助言をいただいた方々へ誌面をお借りして謝意を表する。

参考文献

- 1) (社)日本トンネル技術協会：トンネル爆破技術指針，1982.2.
- 2) (社)日本騒音制御工学会技術部会：発破による音と振動，山海堂，1996.1.
- 3) 原田進・吉田譲・宮村憲正・仮屋謙一：高速道路営業線に隣接する避難坑の施工，とびしま技報，No.54，2005.
- 4) 請関誠・豊島敏彦・高橋忠成・塩満剛治・武市直人・川端康夫：既設トンネルに近接した新設トンネルの施工，とびしま技報，No.55，2006.



■友の会があるトンネル

「友の会」と名がつく会は、趣味のファンクラブやサークルなどによくあるが、トンネルを対象とした友の会というのは珍しいと思う。神戸市兵庫区にある湊川隧道には、「湊川隧道保存友の会」と称する団体がおり、トンネルの一般公開をはじめとして、イベントや講演会の開催、会報の発行など、さまざまな活動を展開している。筆者も縁あって一昨年の講演会に講師として招かれ、現地を訪問する機会に恵まれたが、湊川隧道の保存に対する会員の方々の熱意には、頭が下がる思いがした。今回は、この湊川隧道の沿革と友の会の活動状況などについて紹介してみたいと思う。

■湊川隧道の建設と新開地

六甲山系の再度山^{みたたび}を源流として神戸市内を流れる湊川は、かつて兵庫区東山町付近から湊川公園、新開地を経て東川崎町へと流下していた。この河川は勾配も急で、平野部では天井川となっていたため、しばしば氾濫したほか、河口は神戸港へとそそいでいたため、堆砂によってその機能の低下が懸念されていた。また、天井川によって神戸の市街地が東西に分断されるなど、都市の発展が阻害されていたため、明治初期から湊川の流路を付け替える計画が取りざたされるようになり、1896

(明治29)年8月の大水害を契機として本格的な改修工事が実施されることとなった。

湊川の流路変更にあたっては、いくつかの案が考えられたが、最終的に、東山町で旧湊川と分岐し、会下山をトンネルでくぐり抜け、七番町、六番町を経由し、長田付近で既存の荻藻川に接続する案が採用された(現在の新湊川)。この計画を具体化するために、地元の実業家と大阪財閥の藤田伝三郎(藤田組→同和鉱業(現・DOWAホールディングス)の創始者)、東京財閥の大倉喜八郎(大倉土木(現・大成建設)の創始者)などの発起により、湊川改修株式会社が設立され、大阪市の水道事業に携わっていた瀧川^{たぎやま}勲二(1868~1909)を招聘した。瀧川は1890(明治23)年に東京帝国大学土木工学科を卒業した人物で、衛生工学の初代教授だったウィリアム・K・バルトンに学び、のちに下関市の水道事業にも功績を残したことで知られている。

こうして、会下山の直下に延長332間(603.5m)のトンネルを掘削することとなり、1898(明治31)年8月に呑口(東口)を、同年10月に吐口(西口)を起工し、翌年9月に導坑が貫通、1901(明治34)年3月に竣工した(図-1)。トンネルの断面は、内空幅24尺(7.3m)、内空高25尺(7.6m)とやや縦長で、約45m²という断面積は、当時の複線鉄道トンネルに相当する大断面であった。地質は大阪層群の砂礫、砂、粘土からなる互層で、掘削は人力によ

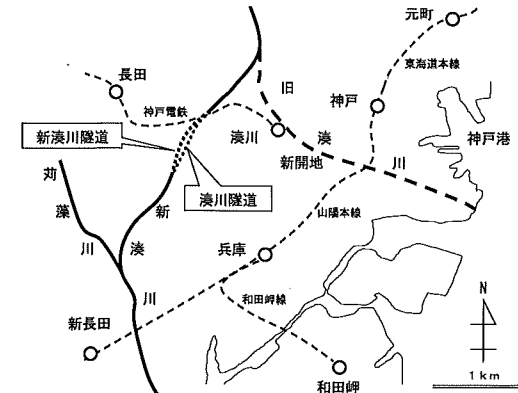


図-1 湊川の流路変更と湊川隧道の位置



写真-1 震災前の湊川隧道の吐口(写真提供:兵庫県神戸土木事務所)

り行われた。また、覆工は煉瓦巻きで、インバートとスキューバックに石材を用いた。坑門は、西洋の城門を思わせる意匠が施され、小松宮彰仁親王の揮毫により、呑口側に「湊川」、吐口側に「天地長久」の扁額が掲げられた(写真-1)。

湊川の付け替え工事が、公共事業ではなく民間資本によって実施されたのは、湊川が中小河川であったことや、旧河川敷を造成して土地開発を行うという営利目的があったためとされ、民間活力による社会資本整備の好例となった。

湊川改修株式会社によって造成された旧河川敷は新開地と名付けられ、芝居小屋や映画館が建設されて、ほどなく東の浅草と並ぶ有数の繁華街へと発展を遂げた。ちなみに、この地で育った映画評論家の淀川長治は、新開地に通い詰めて映画に親しんだと伝えられる。なお、呑口方は1928(昭和3)年、神戸電鉄の建設にあたって66m延長され、同時にトンネルの坑門も改築された。

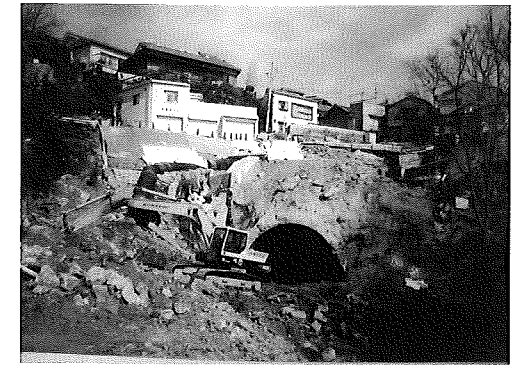


写真-2 震災で崩壊した湊川隧道の吐口(写真提供:兵庫県神戸土木事務所)

■阪神淡路大震災とその復旧

1995(平成7)年1月17日に発生した阪神淡路大震災は、この地域に未曾有の被害をもたらしたが、湊川隧道も吐口の坑口斜面が崩落し、坑門が全壊したほか(写真-2)、トンネル本体も覆工の変形、煉瓦の剥落、クラックの発生などが生じた。このため、坑門をコンクリート構造で応急復旧したほか、吹付けコンクリートや鋼板による内巻き補強が行われた。

湊川隧道の復旧にあたっては、新トンネルの掘削案、旧トンネルの改築案などを比較検討した結果、両坑口を全面的に改築し、中間部の西側にバイパスとなる新トンネルを併設することとした。そして旧トンネルの中間部は、歴史的遺産として保存し、呑口側に見学のためのアプローチトンネル(延長80.0m)を新設した。新湊川トンネルは、内空幅12.80m、内空高10.24m、内空断面積105m²と旧トンネルよりも大きく、延長は683.24mとなった。

復旧工事では、旧トンネルの坑門の意匠を踏襲することとし、無事だった扁額のみを再利用した。また掘削工法は、ベンチカット工法または側壁導坑先進工法によるNATMで、土かぶりが小さかったため、補助工法としてフォアポーリングを用い、神戸電鉄との交差部にはパイプルーフ工法を使用するなどした。工事は、災害復旧助成事業として兵庫県により行われ、1996(平成8)年3月に着工し、2000(平成12)年12月に通水が行われた。



「鰹乃国」中土佐町久礼より

末松 幸人

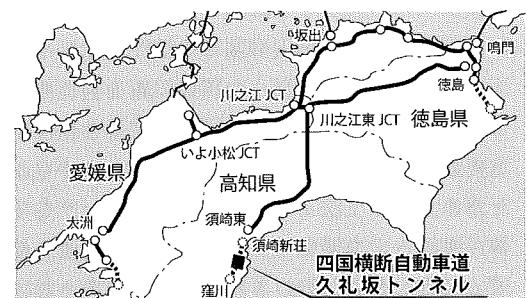
漫画『土佐の一本釣り』(青柳裕介著)の舞台にもなった高知県高岡郡中土佐町久礼は、古くから鰹の一本釣りが盛んな漁師町として知られている。

鰹の本場、中土佐町イチ押しの鰹料理はやはり「たたき」。その調理法のこだわりは、まず一本釣りの生鰹を使うこと。そして、薬焼きであぶることが最良とされている。薬の一気に立ち上る炎で、さばいた鰹の表面をあぶって鰹の旨みを閉じ込める。薬の香ばしい香りで、旨みが一層引き立った鰹。その焼きたてを厚めに切ったら、薬味を盛り、まず塩味で、次にしょう油かタレで食べる。焼きたてのぬくぬくを、にんにく芋をかじりながらほおぼるのが中土佐流だ。うまい鰹を食べたいのなら中土佐町へ。

町内には久礼大正町市場と呼ばれる、明治時代から地元の台所としてにぎわう市場がある。狭いが明るいアーケードに約30軒の露店が並んだ様子は、昔ながらの市場の風情にあふれている。

昼過ぎ、魚を並べ、さばき始めるおばちゃんたち。夫や息子が釣り上げた朝獲れ、昼獲れの魚が商品である。春はもちろん初鰹。夏はタコやアジ、秋は戻り鰹にタイやヒラメ、冬はウルメやサバと、季節によって旬の魚(干物)が勢ぞろい。市場では鮮魚以外に野菜や果物、手づくり惣菜なども並んでいる。それらを買って、港で潮風に吹かれながら遅い昼食。これも中土佐町の楽しみ方のひとつだ。

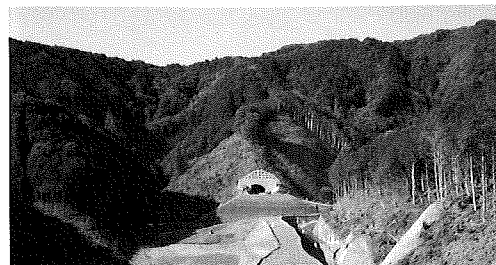
さて、久礼坂トンネル(L=927m)は四国横断自動車道の中で現在工事中の須崎新荘IC~窪川IC(L=21.8km)間の8本のトンネルのうち、ほぼ中間地点に位置する。



位置図



久礼大正町市場



起点側坑口

置する。トンネルの地質は四万十帯の北帯に属する。トンネル中間部に境界断層を有し、北側に砂岩優勢互層、黒色頁岩優勢互層が、南側には久礼メランジェが分布する。メランジェとは、四万十帯が大陸側プレートに付加する際に乱されて外来の岩片が含まれる地層の総称で、久礼メランジェは主に頁岩層から構成されている。久礼メランジェ頁岩層の内部には、数箇所の断層が確認されており全般に不安定な地質となっていることから、貫通まで予断を許さない地質が続く。

よって、断層破碎帯や切羽の急変に備え、切羽前方探査としてトンネル浅層反射法探査(SSRT)を導入し、慎重に掘削中であり、補助工法として、AGF、注入式フォアポーリング、垂直縫い地ボルトを施工している。現在、上下半掘削、インパート、覆工と最盛期で、無災害竣工と高品質施工・高環境施工を念頭に、早期貫通を目指して作業所一丸となって奮闘中である。(フジタ・みらい建設工業特定建設工事共同企業体所長)

施工

高度な技術を駆使して地下連続立体複々線化事業を推進

—小田急電鉄小田原線 代々木上原~梅ヶ丘—

小田急電鉄(株)下北沢工事事務所所長 中込 芳雄
小田急電鉄(株)下北沢工事事務所主任 伊藤 健治

1 はじめに

小田急線は新宿を起点とし、都心と神奈川県中部方面を結ぶ延長約120kmにわたる鉄道路線で、1日約189万人が利用する首都圏の通勤、通学路線として、その役割を担っている。最混雑区間である世田谷代田駅~下北沢駅間では、朝のラッシュ時には、大手民鉄では3番目となる190%の混雑率にまで達し、さらに、過密ダイヤにより列車速度が低下するなど、輸送改善が必要となっている。また、これによって、都心部の多くの踏切は、1時間に50分以上遮断し、周辺道路は慢性的な交通渋滞などの弊害を生じている。

これらの問題を解決するため、東京都と小田急電鉄では、連続立体交差事業と複々線化事業(4線化)を代々木上原駅~和泉多摩川駅間において、一体的に進めており、すでに郊外方の世田谷代田駅~和泉多摩川駅間8.8kmの4線高架化(一部掘

り割り化)が完成し、30か所の踏切が解消されるとともに列車の所要時間の短縮など、整備効果が発揮されている(図-1)。そして、2004年9月には、残る都心方の代々木上原駅~梅ヶ丘駅間2.2kmを4線地下化に着手し、鋭意工事を推進しているところである。以下、代々木上原駅~梅ヶ丘駅間の事業について紹介する。

2 事業概要

現在、代々木上原駅~梅ヶ丘駅間約2.2km(うち複々線化区間約1.6km)において、東京都の連続立体交差事業と小田急の複々線化事業を併せて進めており、これにより、9か所の開かずの踏切を解消するとともに、線路を増設し、複々線化を行うものである。2004年3月に連続立体交差の都市計画事業認可を取得した後、同年9月より工事に着手した。

本工事は、東北沢駅、下北沢駅、世田谷代田駅

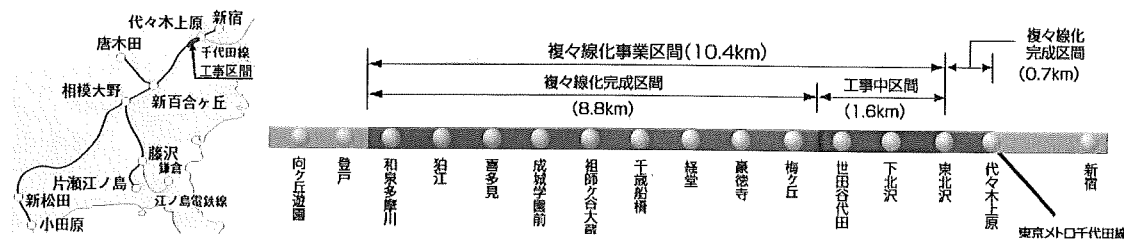


図-1 線路略図・複々線事業区間

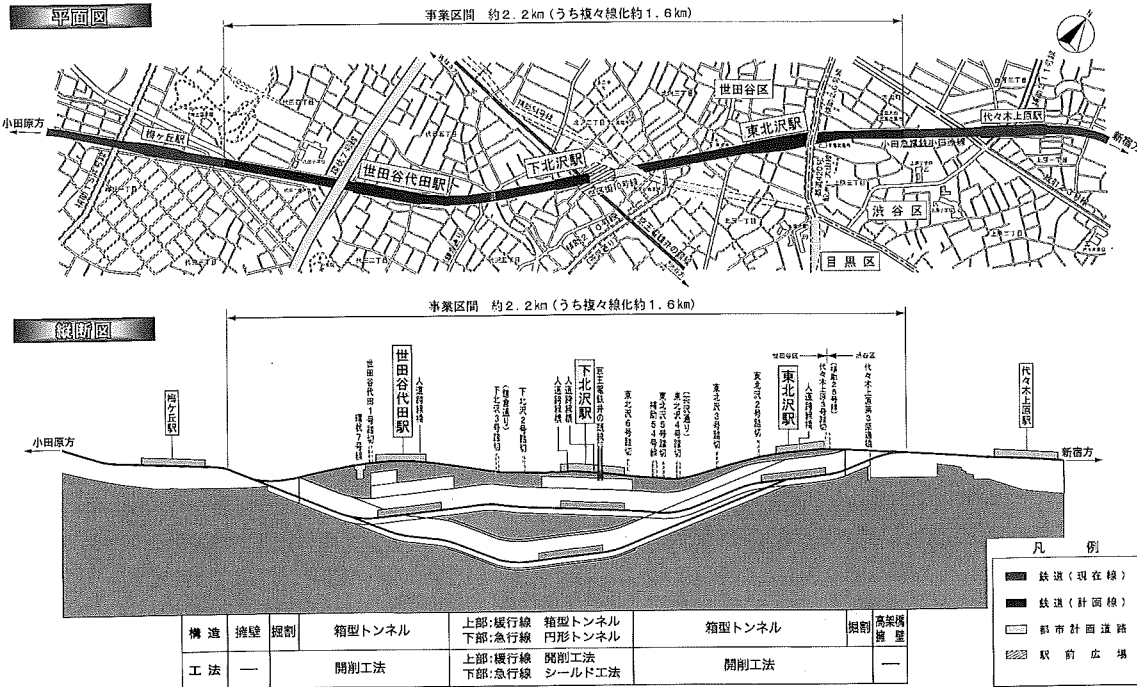


図-2 事業概要図

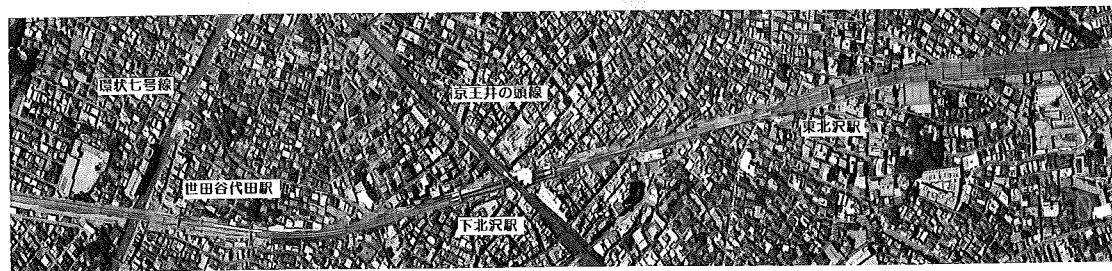


写真-1 事業区間上空写真

の3駅を含む2.2kmを4線地下化するものであり、このうち、下北沢駅付近は2層構造としている(図-2)。施工については、開削工法を基本としているが、下北沢駅付近の一部にシールド工法を採用している。また、東京都の主要幹線道路である環状7号線との交差部では、推進工法(R&C)を採用している。

3 工事の進捗状況

本事業区間は、世田谷区および渋谷区の密集した市街地に位置しており、環状7号線や京王井の頭線との交差および東京地下鉄千代田線との隣接など、多くの関係者を有する非常に厳しい条件下

での工事である(写真-1)。

現在、工事着手から3年が経過し、開削工事区間では、土留め杭の打設、在来線直下の掘削に先立ち、軌道を仮受けするための工事桁架設工事を実施しているほか、東北沢駅および世田谷代田駅では、地上の駅舎を橋上化するなど、仮設工事を進めてきた。また、シールド関係工事については、立坑構築やシールドの製作を行っている。このほか、環状7号線交差部については、一期(2線分)のトンネル構築が、完了したところである(写真-2)。

本稿では、在来線直下でのシールドトンネル工事および環状7号線交差部のトンネル工事の概要について紹介する。

3-1 シールドトンネル工事

3-1-1 工事概要

本事業のシールドトンネル工事は下北沢～世田谷代田間(下北沢駅を含む)を結ぶ併設単線シールドで、世田谷代田駅付近の立坑を発進し、下北沢駅付近(新宿方)の立坑でUターンして2本(上下線)のシールドトンネルを構築する計画である。トンネル外径φ8,100mm、掘削延長1,290mを泥水式シールド工法により施工する(図-3)。トンネル



写真-2 現在進捗状況(土留め杭, 工事桁)

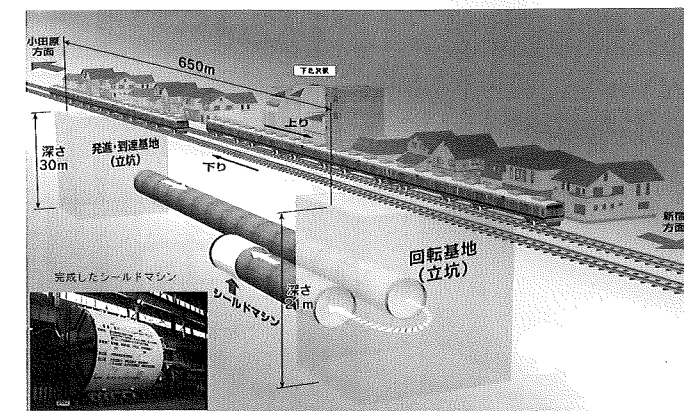


図-3 シールドイメージ図

土かぶり約13~20mでシールドトンネル部の土質は、おおむね上総層砂層(N値50以上)である。

3-1-2 工事の特徴

- ① 過去に例が少ない、在来線直下を並行して掘進するシールド工事
 - ② 京王井の頭線交差部直下の掘進
 - ③ 住宅密集市街地での工事
 - ④ 併設シールドの切り上げによる駅舎構築(下北沢駅)
 - ⑤ 在来線地下化後、シールドトンネル上部を開削工法にて、緩行線トンネルを構築
- 以上のような難工事であり、鉄道輸送の安全と工事の安全を確保すべく、トンネル工学の学識経験者などで構成する技術委員会を設置し、現在、安全面、技術面の検討を重ねている。

3-1-3 進捗状況

シールド発進・到達立坑および回転立坑の構築は、在来線直下での作業となるため、在来線軌道を工事桁へ受け替え、掘削および躯体の構築を進めてきた。発進・到達立坑は、深さ約32mの掘削に際し、周辺の地下水位が高いことから土留め杭の変状による周辺地盤の影響や在来線軌道への影響が懸念されたが、計測機器による監視を強化するなど安全施工に努めた結果、世田谷代田駅付近に位置する発進・到達立坑の構築を2007年11月に完了した。

引き続き、2008年中のシールド発進をめざし、シールドの搬入・組み立て作業などを進めていく。

3-2 環状7号線交差部トンネル工事

3-2-1 工事概要

環状7号線は、1日に約7万台の交通量があり、また、道路下には水道幹線やガス管路などのライフラインが埋設されている。このため、トンネル躯体構築の工法検討にあたっては、道路上から掘削する開削工法では、道路交通へ支障をきたし、埋設物への影響も懸念されることから、道路管理者および埋設企業者(以下、「管理者・企業者」

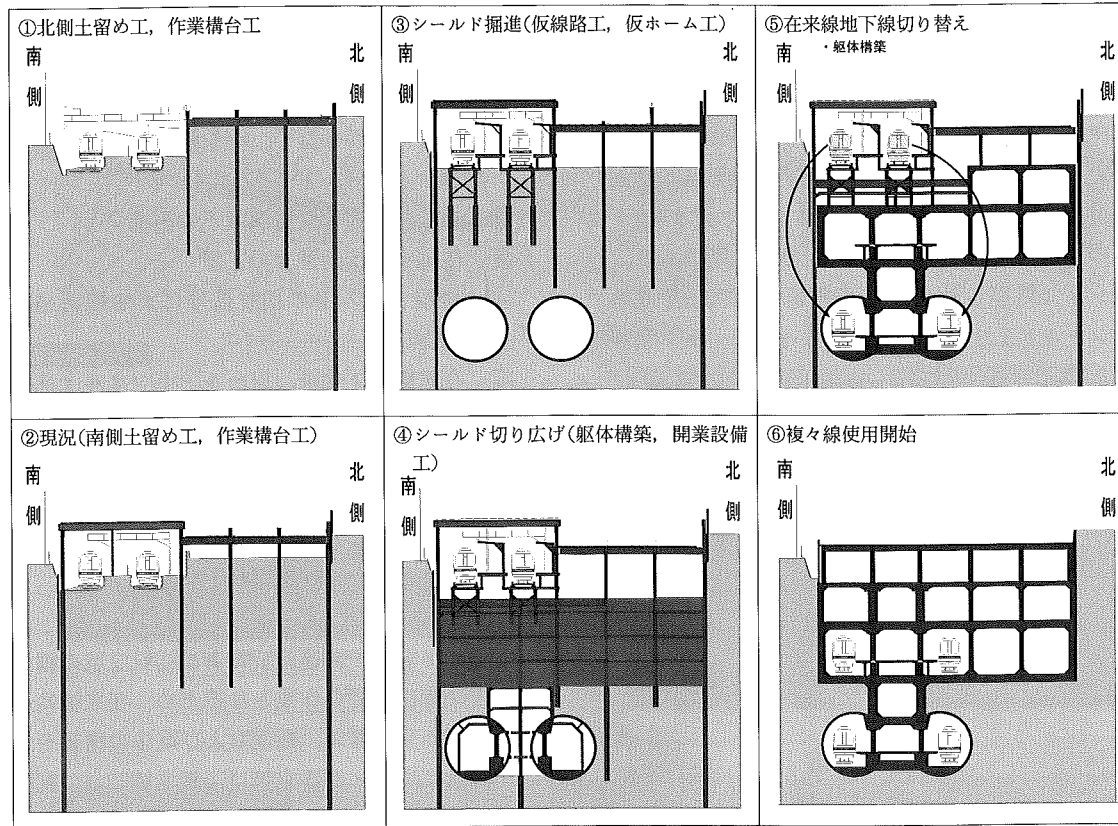


図-4 下北沢駅部ステップ図

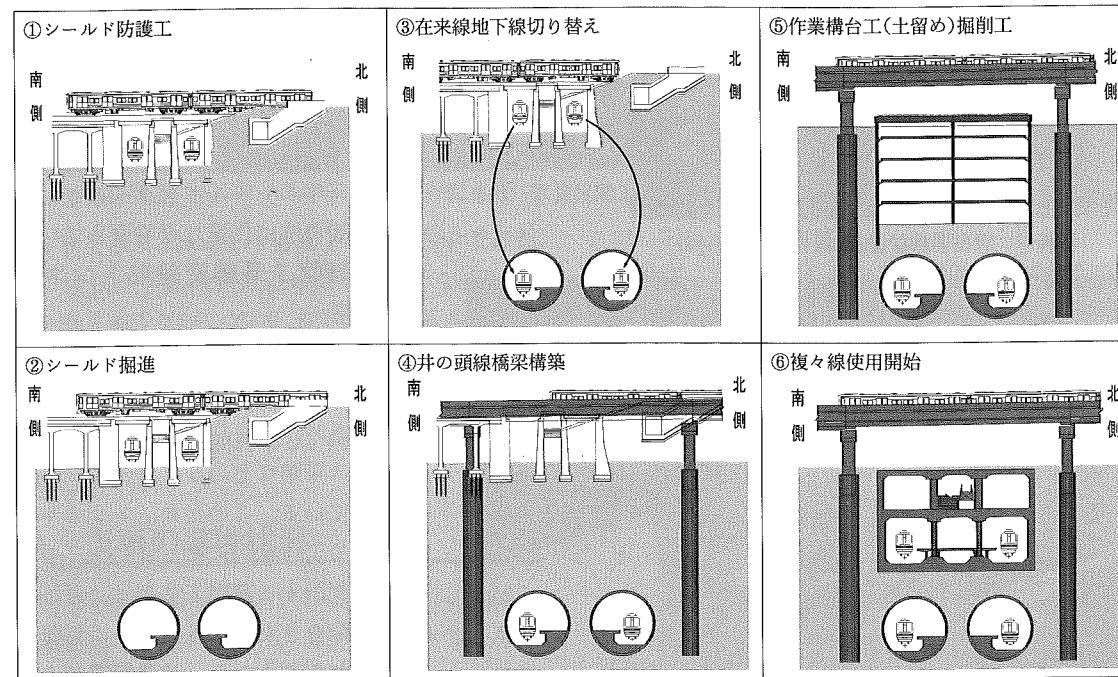


図-5 井の頭線交差部ステップ図

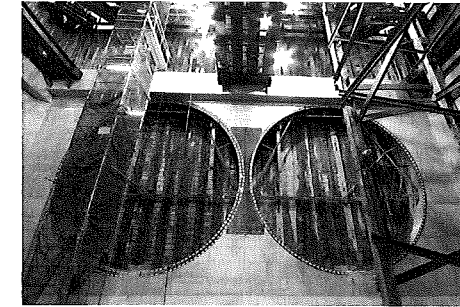


写真-3 発進・到達立坑完成写真

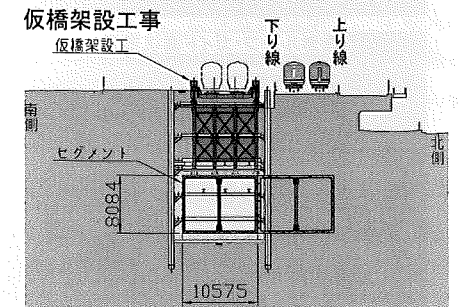
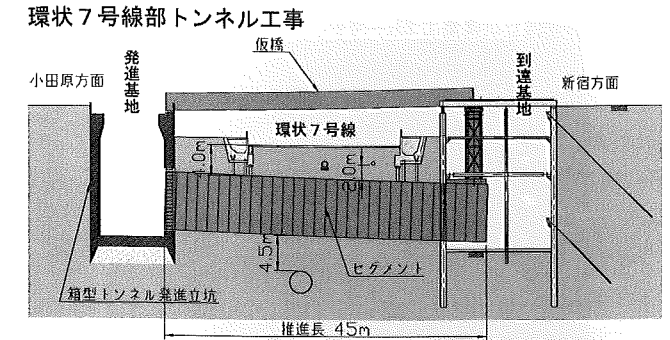


図-6 環状7号線横・縦断面図

という)と協議を重ね、その結果、道路や埋設物への影響が小さい、非開削工法『箱型トンネル推進工法』を採用することとなった。

トンネル外径 $\square 8,084\text{mm} \times 10,575\text{mm}$ (1 函体)、推進延長は45m、土かぶりは約4mで当該区間の土質は上部よりローム層、凝灰質粘土層、東京礫層、上総層から構成されている。

3-2-2 工事の特徴

- ① 推進施工においては、4線躯体(2線1函体)のうち2線躯体が在来線直下の橋梁部に位置するため、橋梁下部構造の基礎杭に干渉しない在来線南側(線増区分)施工を一期工事とし、一期躯体上へ仮線切り替え後、在来線跡地直下を二期工事として施工する。
- ② 推進工法の検討にあたっては、躯体と埋設物との距離が近接していることから、小さい土かぶりでも施工が可能なR&C工法を採用した。
- ③ 路面および埋設構造物を防護するため、先行して箱型ルーフ($\square 800\text{mm} \times 800\text{mm}$)を挿入する。その施工においては、基礎杭などの切断を行うため、掘削作業はすべて人力掘削で、被圧地下水下での人力開放型施工となる。

3-2-3 進捗状況

工事に先立ち、管理者・企業者と施工にかかわる協議を重ね、一定の管理値を設け道路面の変状観測を24時間体制で行うこととした。また、当初設計での躯体構造はRC構造としていたが、1函体製作に約2か月を要し、この間、切羽が開放された状態となり、道路および埋設物の影響が懸念されるため、函体製作時間を省略できるプレキャ

スト製品(合成セグメント)を採用することとした。立坑構築については、2005年8月より着手した。立坑構築完了後、道路交差部の箱型ルーフの施工に際し、地下水の流入を防ぐため、立坑内から水平自在ボーリングによる地盤改良工(薬液注入)を行ったが、路面の隆起による影響で管理値に達したため、水道幹線への影響を考慮し、当初計画していた薬液注入量の約80%の施工で地盤改良を終了した。しかしながら、このような地盤改良では、箱型ルーフ施工(ガイド導孔含む)および函体推進施工の掘進中に、地下水の逸水による切羽の崩壊などが生じ、道路および埋設物への影響が懸念されたことから、地盤改良効果の確認(現場透水試験)と万一に備えたリスク管理を含めた安全管理体制の強化を図り施工を進めた。その結果、推進施工中は大きなトラブルなどなく、2007年10月に、無事、一期トンネルを貫通することができた。二期施工については、一期施工で得た経験を生かし、より一層安全管理を強化したなかで、実施していきたい。今後は、完成した躯体上へ線路を切り替えるため、工事桁の架設を予定しており、その準備を進めていく。

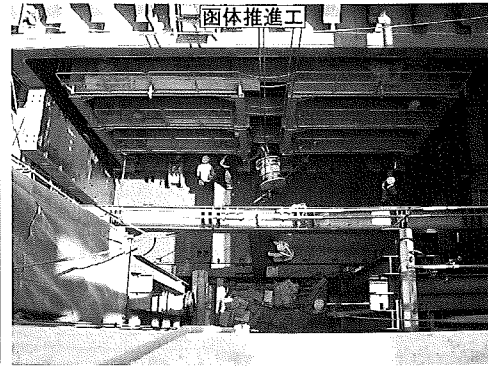
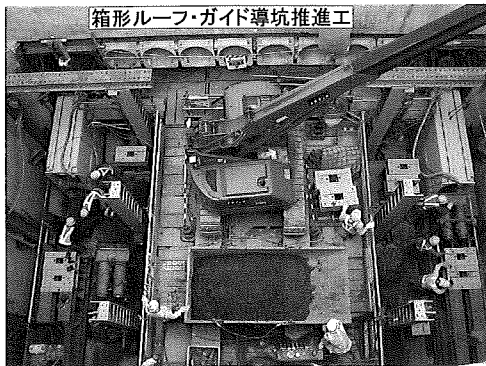
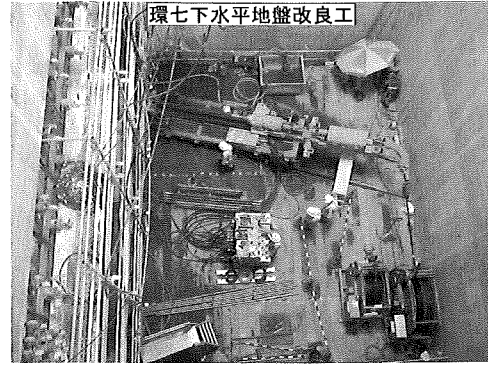
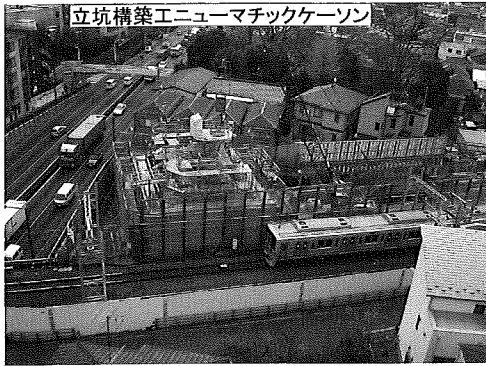


写真-4 環状7号線施工状況写真

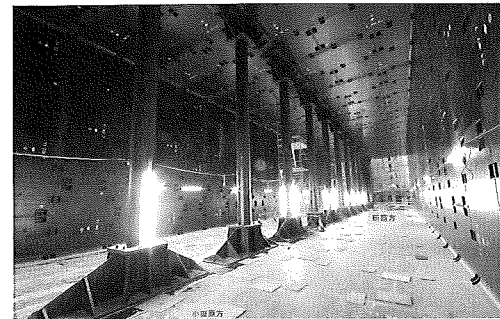


写真-5 環状7号線トンネル完成写真



写真-6 工事騒音対策(防音ハウス設置)

4 沿線環境対策・事業PR

事業地周辺は住宅密集市街地であるため、工事中の騒音・振動対策については、低騒音・低振動の重機械を使用するほか、防音パネル、防音シートや防音ハウスなどを設置し工事を進めている。また、開削工事においては、在来線軌道を工事桁へ受け替えることから、工事桁上で発生する列車騒音については、軌道のロングレール化をはじめとする騒音低減対策を図るなど、沿線の環境保全

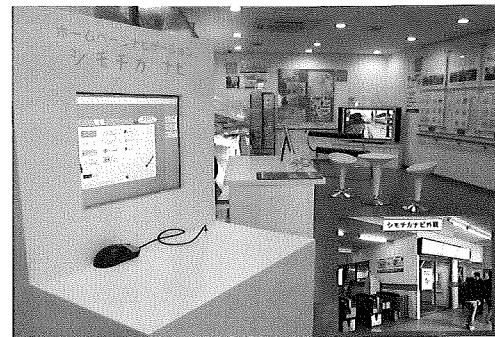


写真-7 PRコーナー「シモチカナビ」

に努めている。

一方、沿線住民や下北沢駅の利用者、来街者の事業への理解と協力などを得るために、事業PRの一環として2006年3月より下北沢駅に事業の情報発信コーナーを開設し、模型やCGにより工事の詳しい情報の提供をはじめた。現在までに約7万人の入場数があり、本事業に対して、たくさんの方から関心をいただいている。

5 おわりに

本事業は、9か所の開かずの踏切がなくなり、交通渋滞や地域分断が解消されるとともに、鉄道輸送のボトルネックが解消され、列車の増発が可

能となり、混雑が大幅に緩和されるなど、抜本的な鉄道輸送の改善を図ることができる。このように、本事業は道路と鉄道の両面において、整備効果が高く、かつ、緊急性もあり、多くの地域住民や鉄道利用者から一日も早い完成を期待されている。

今後の工事については、線路切り替えが数多く実施されるほか、在来線直下におけるシールドトンネルの掘進が始まるなど、ますます地下化工事が本格化していく。こうしたなかで、早期完成に向け工事を円滑に進めていくために、鉄道輸送および工事の安全確保をより一層強化し、この難工事に対し全力で取り組んでいきたい。

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 代表 鈴木 章

B5判 285頁 本体価格4,660円 円340円

本書は、最近のシールドトンネルの新技术を実務経験者を中心にまとめたものである。本書の特色は、シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性の現況をまとめたうえで、新技术について調査・計画編、設計・施工編とに分けて、その理論と実際についてソフト、ハードにわたり記載している。また、これらを実務にすぐさま活用できるように、付録としてセグメントの設計、地盤変位予測解析、施工計画についての計画・設計例も紹介し、実務者をはじめトンネル技術者のニーズに応えた内容となっている。

【目次】第一章 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○シールド工法誕生以前のトンネル工法○シールド工法の登場 2. わが国におけるシールド工法の歴史○シールド工法の導入と発展の経緯○シールド工法の現況 3. 今後の技術開発の方向性 第二章 調査・計画編 1. シールド工法の調査技術 2. 断面および線形計画 3. シールド機種の種類と選定 4. 新しいシールド工法 第三章 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○シールド機の構造と装備○仮設備の計画○シールド工事による自動化 3. 掘進と施工管理○シールド掘進と施工管理○シールド発進と到達○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 4. 近接施工と環境対策○近接施工と対策○アンダーピニングおよび支障物対策○シールド工事と環境対策○新工法の現状と将来展望○ECL工法 5. 切羽の安定と地盤変位防止○切羽安定の理論と実際○泥水式シールド工法の切羽安定○土圧シールド工法の切羽安定 6. 地盤変位の理論と実際 付録 1. セグメントの設計例 2. 地盤変位予測解析手法の例 3. シールド工事の施工計画

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

土木情報 No.419

今月の主な入札結果
(3月10日～4月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
沖縄事務局	那覇港(那覇ふ頭地区)道路(空港線)空港側陸上T築造	清水・國場JV	788
東北地整	摩当山T	間・西武JV	3,818
〃	鯉ヶ崎T拡幅	フジタ	1,045
〃	国道45号仙台東部(原町)共同溝	間組	1,945
北陸地整	砂防軌道新桑谷T	新栄建設	139
〃	国道49号揚川改良赤岩Tその2	森本組	935
〃	能越道小栗T	アイサワ工業	520
〃	〃 大泊構造物その2	酒井工業	210
関東地整	上尾道路浅間川函渠その2	中原建設	140
〃	〃 上尾地区横断地下道その3	西松建設	586
〃	上田坂城BP函渠	藤森建設工業	190
〃	上田BP函渠2	藤森建設工業	248
〃	新4号上三川横断函渠設置	増渕組	230
〃	圏央道高尾T(その1-2)	大成・大林・大豊JV	14,650
〃	堀之内地区函渠	鹿島建設	659
〃	大森蒲田共同溝(その2)	戸田・大日本土木JV	442
中部地整	41号船津T補修	宝興建設	116
近畿地整	名塩T(西口)他改良	香山組	260
〃	名塩T(西之町)	西武建設	292
四国地整	H19-21内屋谷T	奥村組	723.4
〃	H19-22大坂谷T	奥村組	1,462.8
九州地整	東九州道(県境～北川間)陣が峰T南新設	前田建設工業	3,127.4
〃	〃 (佐伯～蒲江)三軒屋T新設	飛島建設	2,272
〃	〃 (蒲江～県境)森崎T新設	竹中土木	1,948
〃	佐賀497号山彦T新設	熊谷組	1,398
鉄道・運輸機構	北海道新幹線, 幸連T他	奥村・浅沼・山田JV	2,489.6
〃	仙台東西線, 動物園駅他	大林・大日本土木・丸井重機JV	1,150
〃	北陸新幹線, 魚津上中島T他	大林・松尾・辻JV	4,790
東日本高速道路	常磐道原町T	前田建設工業	2,458
〃	北関東道足利第二T	大成建設	2,030
〃	北陸道米山T災害復旧	日特建設	197
首都高速道路	SJ14工区(1)EF連結路土留壁・T上床版	間組	1,328
中日本高速道路	舞鶴若狭道気山	森組	1,789.88
西日本高速道路	東九州道新津T	飛島建設	2,970
都・水道局	足立区江北五丁目地先送水管(1350mm・1100mm)新設及び到達立杭築造	戸田・大林・三井住友JV	501
〃	音無川幹線再構築その4	三井住友建設	373.8
〃	白金幹線再構築その2	鉄建建設	336.53
〃	雑司ヶ谷幹線再構築その3	日本国土開発	649.95
〃	十条幹線再構築その3	大日本土木	256.94
〃	品川区東五反田一, 二丁目付近再構築	大蔵工業	191.84
〃	杉並区阿佐谷南三丁目, 阿佐谷北一丁目付近枝線	福田組	390
愛知県	国道151号(三輪T)特殊改良1種	鈴木工業	408.7
横浜市	工業用水道宝町口径1100mm配水管布設替	立川開発工業	149.58
川崎市	江川4-1雨水管	福田・福田道路・京浜JV	470
〃	宿河原1号雨水幹線その3	オリエンタル白石・河崎JV	267.5
〃	野川地区他下水枝線第15号	藤原・真成JV	258
〃	波川2-3号雨水管	重田組	179.8
京都市	トンネル新設(大布施拡幅)	岡野組	272
大阪市	東横堀西幹線下水道管渠築造	間・南海辰村JV	680
堺市	草部雨水線外下水管布設	ダイニ工業・橋JV	488
広島市	大州地区下水道築造19の19号	りんかい日産・錦JV	1,041.17
〃	可部南地区下水道築造19の31号	広成・砂原JV	1,002.87
松山市	石井5号雨水幹線	協和・アイエンJV	924.8
福岡市	比恵12号幹線築造	福田・愛宕・海山JV	1,016.83
北九州市	藤田雨水幹線合流改善管渠築造	西武・岩田地崎・土屋JV	1,496.8

施工

高水圧下での急曲線貯留管の建設

—新羽末広幹線(太尾・駒岡区間) 第一工区—

横浜市環境創造局管路事業課課長 波多野 純 一
 横浜市環境創造局管路事業課係長 仲 澤 克 彦
 横浜市環境創造局下水道建設事務所 森 井 啓 之
 大成・三井住友・保土ヶ谷建設共同企業体所長 大 畑 裕

1 新羽末広幹線概要

本工事は横浜市環境創造局が鶴見川流域での浸水対策事業として整備している新羽末広幹線(上流部太尾～駒岡区間の貯留管(シールド工)工事である

(図-1). 下流部樽町～末広区間は平成15年度末に完成し本工事区間が完成すると約41万m³の貯留が可能となり時間降雨量60mm(10年に1回程度の降雨)に対応できることになる。

本工区は新羽末広幹線上流部太尾～駒岡間計画

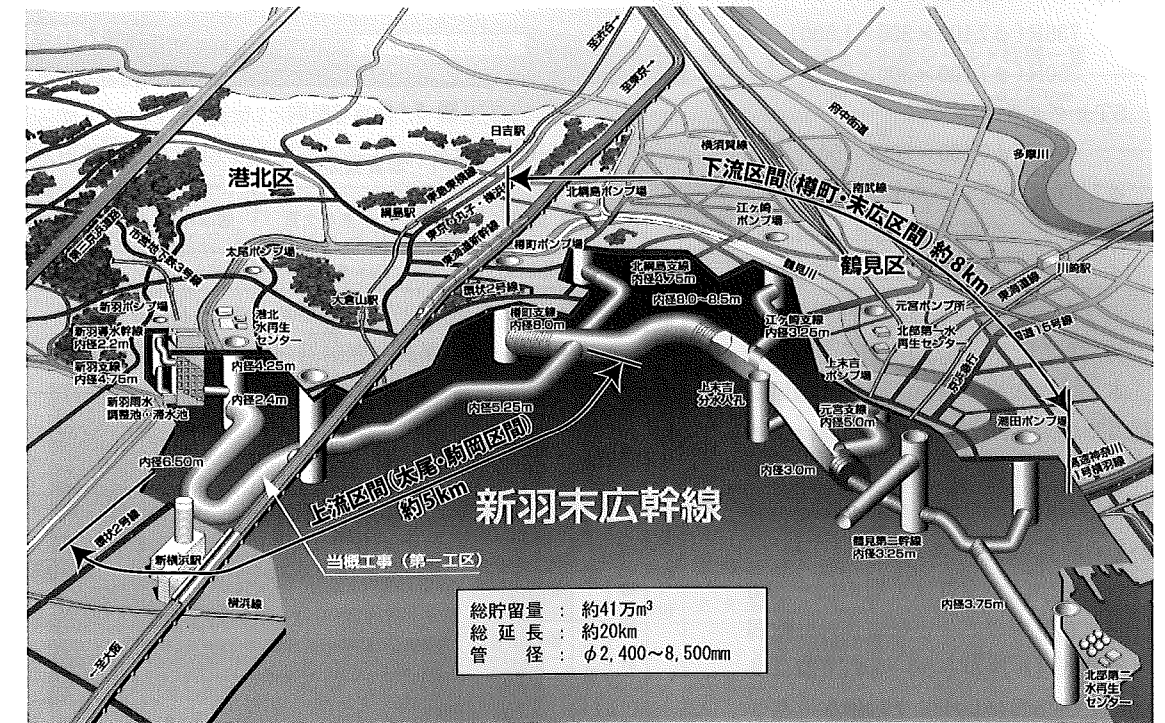


図-1 新羽末広幹線系統計画図

総延長 5 km の雨水貯留管のうち第一工区延長 1,744.4m を築造する工事である。一次覆工(主に二次覆工省略型 RC セグメント)は仕上がり内径 φ 6,500mm 泥水式シールドで施工する。当工事の特徴として、①高水圧、②急曲線、③内水圧対応が挙げられる。本稿ではその対策などを述べる。

2 概要

2-1 工事概要

工事名称：港北処理区新羽末広幹線(太尾・駒岡区間)第一工区下水道整備工事(その2・3)

工事場所：横浜市港北区大豆戸町1260～菊名七丁目8番28号地先迄

工事期間：平成17年1月19日～平成21年3月16日

発注者：横浜市環境創造局
 施工者：大成・三井住友・保土ヶ谷建設共同企業体

[主要工事数量]

RCセグメント：
 736R(φ7,100×300×1,500)
 350R(φ7,100×300×900)

STセグメント：
 430R(φ7,100×205×750)

φ7,270mm 泥水式シールド：1機
 シールド一次覆工工：L=1,744.4m
 インバート工：L=1,732.4m
 二次覆工工：L=268.3m
 防音ハウス工：一式

本工区は太尾・駒岡区間の計画延長約 5 km の雨水貯留管のうち第一工区部分(1,744.4m)の施工を行う。貯留水量は約 54,000m³ である。

2-2 地質概要

本路線地区の地質は表層の 10～20m 程度に鶴見川によって形成された軟弱な沖積低地が広がるが、その下部は洪積の上総層群いわゆる土丹層が堆積されている。当工区の施工深度は土かぶ

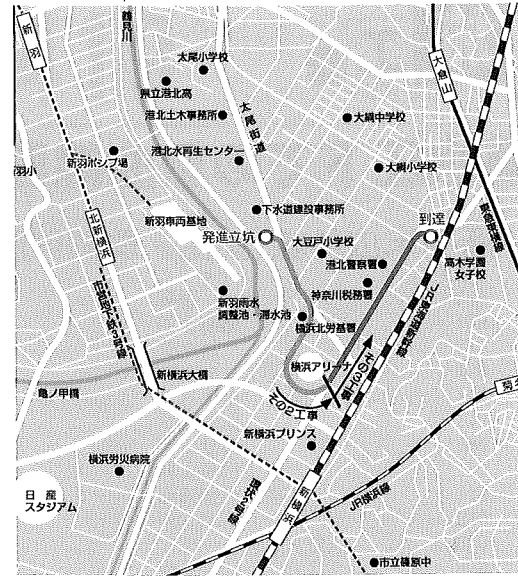


図-2 平面図

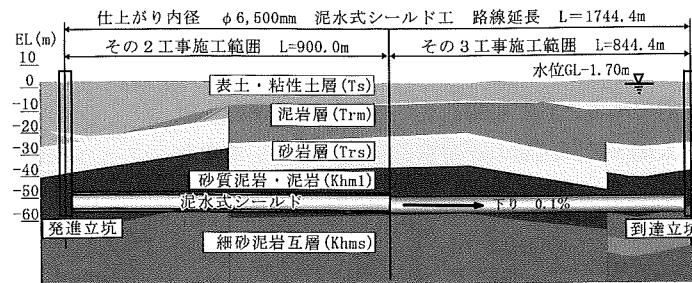


図-3 地質縦断面

表-1 地質縦断想定

地質年代	地質層序	記号	主な土質	層厚(m)	N値(回)		
完新世	沖積層	表土(盛土)	Ts	粘性土	0.90～2.80	0.6～5	
		粘性土層	Ac	砂質粘土・粘土	1.00～9.05	0～11	
		砂礫土層	Ag	砂礫	0～0.55	(68)	
第四紀	上総層群	下末吉ローム層	SL	凝灰質粘土・軽石	0～1.80	5～6	
		鶴見川層	泥岩層	Trm	泥岩	1.15～18.05	54～100<
			砂岩層	Trs	細砂・シルト混じり細砂	6.85～20.75	65～100<
		第一泥岩層	Khm1	砂質泥岩・泥岩	10.5～18.75	83～100<	
		上星川層	砂岩泥岩層	Khms	細砂泥岩互層	7.60～9.00	71～100<
			砂岩層	Khs	細砂・微細砂	8.85～10.9	83～100<
第二泥岩層	Khm2	泥岩・泥岩細砂互層	17.25+	100<			

り約 50m であり、この位置においては鶴見川の泥岩層(第一泥岩層 khm1)が分布している(図-3、表-1)。

この泥岩層は緑灰色の均質な泥岩であり所々に細砂の薄層を挟在する。土質試験結果は N 値が 50 以上(換算 N 値 100～150 程度)、一軸圧縮強度で 680～2,520kN/m²、平均 1,425kN/m² が確認されている。透水係数は挟在砂層で 3.8×10⁻⁴cm/s、粒度分布は砂分 15.9%、残りが粘土・シルト分である。粘着力は 850kN/m² 程度が想定される。可燃性ガスなどの滞留の可能性はない。

3 工事の特徴とその対策

3-1 高水圧施工

本工事は土かぶり約 50m 下での施工であり、地下水位は地表面近くにあるため水圧が約 0.5～0.6MPa の高水圧施工となる。シールド、エントランスシールド、セグメントシールドなどに高水圧対策が求められた。

3-1-1 シールド

シールドは外径 φ 7,270mm 泥水式を採用し、高水圧対策として以下の対策を施した(写真-1、図-4、表-2)。

- ① カッターシールド：ウレタンリップシールド(4段2列)
 - ② テールシールド：ワイヤーブラシ型(3段)
- カッターシールドは自動給脂装置を装備してシールド

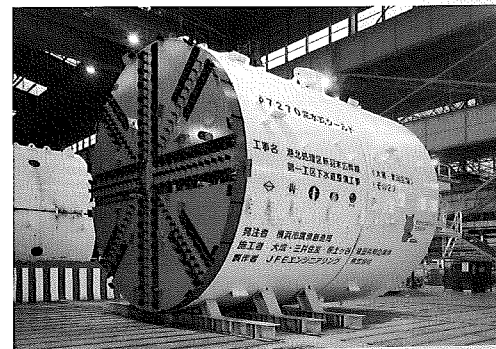


写真-1 φ7,270mm 泥水式シールド

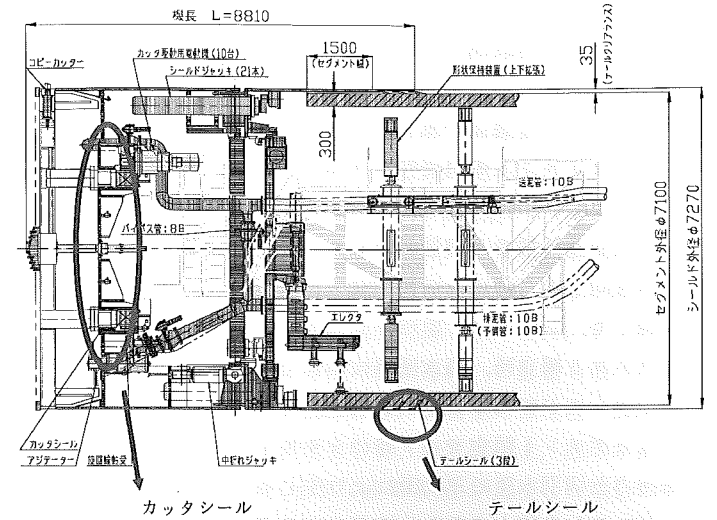


図-4 シールド高水圧対策

表-2 φ7,270mm 泥水式シールド仕様一覧

シールド	外径	φ7,270mm
	掘削外径	φ7,300mm
シールドジャッキ	機長	8,810mm
	総推力	2,700kN×21本=56,700kN
中折れ装置	単位面積あたり推力	1,366kN/m ²
	伸長速度	V=5.0cm/min
カッター装置	ジャッキ	2,500kN×18本
	中折れ角	左右3.0°, 上下1.0°
形状保持装置	形式	中間支持方式(電動駆動)
	トルク	常用6,242kN・m(α=16.2)
エレクト装置	回転数	0.67rpm
	電動機	45kW-400V×10台
アジテータ装置	形式	上下拡張方式
	形式	リングギヤ方式(手動)
送排泥管	羽根外径×基数	φ1,000mm×1基
	配管径	送泥10B, 排泥10B+10B(予備)

の寿命延長と止水効果の維持が可能なものとし、シールド温度を常時計測することでシールドの健全性を確認できるようにした。

テールシールドは過去の施工実績から耐圧性、耐摩耗性、セグメントの追従性を考慮してワイヤブラシ式とし、中ばね板とメッシュを追加した長距離・高水圧仕様を3段装備とした。また耐久性と止水性向上のためにテールグリス自動給脂回路を装備した。

セグメント組立時、高水圧下において懸念されたのがシールドのバックリング(後退)であった。これはセグメント組立モード時のシールドジャッキ保持力と切羽水圧の不均衡により生じる現象であるが、これを防止するために各シールドジャッキの推力を監視し、切羽水圧と比較してジャッキ全体の保持力が下回らないようにするためにジャッキの引き抜きに対してインターロック機能を装備するなど、バックリング防止システムを新たに装備し、テールブラシの反転防止に役立てその耐久性の確保に努めた。

3-1-2 エントランスシールド

エントランスは、0.5~0.6MPaの高水圧対応として、発進部はフラッパー+加圧チューブ式の2段構造を採用した(図-5)。理由は下記による。

① エントランスシールドはフラッパー式が一般

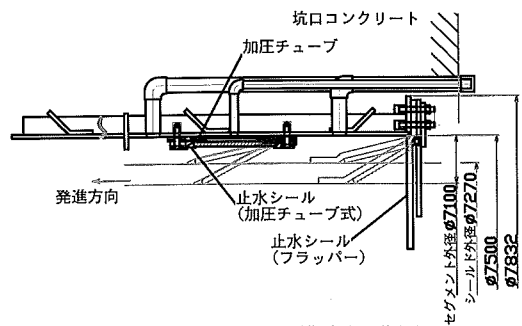


図-5 エントランス構造(発進部)

表-3 セグメントの仕様一覧

曲線半径	延長	使用セグメント	テーパ量	テーパ角	摘要
R=80m	261.4m	ST-外径7,100mm×厚さ210mm×幅750mm	70	0.56°	オールテーパー
R=100m	314.2m	RC-外径7,100mm×厚さ300mm×幅900mm	68	0.55°	"
R=200m	215.6m	RC-外径7,100mm×厚さ300mm×幅1,500mm	58	0.47°	"
直線	953.2m	RC-外径7,100mm×厚さ300mm×幅1,500mm	-	-	

的であるが、0.3MPa程度の止水能力しかなく、1.0MPa程度の止水能力のある加圧チューブ式が必要であった。また、加圧チューブ式は大深度で多くの実績を有していた。

② 中折れ部の段落ちがあるため2段シールドの必要があった。2段ともに加圧チューブ式を選択も考えられたが、発進部の透水係数、土質性状などを考慮して前面の1段はフラッパー式を採用した。

発進時の止水状況であるが、中折れ部通過時に多少の漏水が認められたが所要の止水性は確保された。また、到達部(第二工区施工)は1段の加圧チューブ式での止水構造とした(マシンは残置のためフード部の1段シールドとなった)。

3-1-3 セグメントシールド

セグメントシールドは水膨張性加硫ゴムで今回程度の水圧においては十分な止水性能を有し、とくに問題とならない。しかしながら内水圧対応の必要性からその仕様には種々の検討を行った(3-3に詳述)。

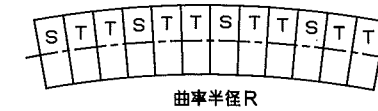
3-2 急曲線(Uターン)施工

3-2-1 セグメント

今回工事は延長1,744.4mのうち約45%が曲線施工である。また、R=100m区間はUターン線形であり貯留管ならではの特徴的なシールド線形である。曲線半径と延長、それに対するの使用セグメントは表-3のように使い分けをした。

曲線施工において、通常はストレートセグメント(S)とテーパセグメント(T)との組み合わせにより線形を構築するのが一般的であるが、本施工において曲線区間は、施工性、品質、経済性など、多くの優位性が考えられたので曲線部すべてのセグメントをテーパセグメントで構成するオールテーパーでの施工を行った(図-6)。

T:S=2:1の施工の場合(一般的な施工)



オールテーパー施工の場合

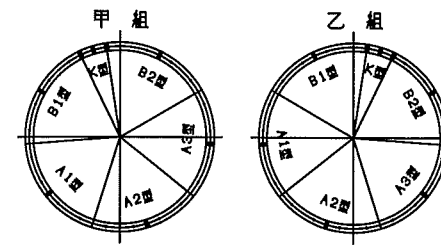
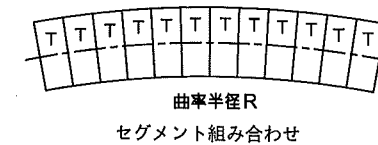


図-6 オールテーパーセグメントの概念図

表-4 一般的なテーパ量、テーパ角

項目	6m ≤ D ₀ < 8m
標準セグメント (コンクリート系セグメント)	テーパ量(mm) 25~90 テーパ角(度) 0.2~0.75

「トンネル標準示方書(シールド工法編)・同解説」より

表-5 オールテーパーセグメントの優位性

項目	優位性
施工性	・曲線施工において掘進の際、ほぼ一定のジャッキストローク差で管理できるため線形管理が容易になる。 ・上記の理由によりテールクリアランスの安定的確保がとりやすい。また、真円の確保がしやすくなるためクラック対策上も効果的である。 ・ストレートセグメントとテーパセグメントの選択を間違えることがない(ミスの排除)。
品質	・テーパ量が一番小さく抑えられるため、甲乙組による縦断方向の影響が少ない。 ・上記理由により、鉄筋配筋など、品質上有利となる。
経済性	・一曲線に対して型枠が一種類で済むため経済的な場合がある。

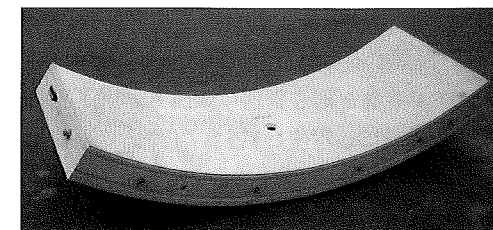


写真-2 今回使用RCセグメント

一般的なテーパ量、テーパ角は表-4に示す範囲となりオールテーパーの場合その大きさが最小になる。

オールテーパーセグメントによる施工は表-5に示すように多くの優位性が認められる。とくに、施工性に示したようにほぼ一定のジャッキストローク差とテールクリアランスの安定的確保がとりやすくなるので、線形確保およびクラック対策において大きな優位性を発揮した。また、テーパ量が最小になるので縦断方向への影響も最小に留めることが可能となり、品質上の優位性も確認された。懸念要素として、線形確保上、曲率がよりきつい状況(小さな曲率半径)が発生した場合の対応が考えられたが、設定曲率をややきつめ(やや小さな曲率半径)にすることで問題が発生することはなかった。

今回は曲線部においてのみのオールテーパーセグメントの使用であったが、直線部においては使用も可能であり、その場合、施工性においてはデメリットが生じるが、経済性においては優位にはたらく要素であると考えられる(表-5)。

3-2-2 RCセグメントのクラック対策

今回の曲線施工において懸念されたのは100R急曲線部(二次覆工省略型RCセグメント幅900mm使用)の線形管理とともにクラック対策であった。継手が内水圧対応で拘束力が強い(あそびがない)継手構造のため通常の掘進管理に加え、継手特有の組立手順の確立が必要であった。またシールド、セグメント構造、セグメントシールドなどに多くの配慮を行いクラック対策を行った。その対策および効果を表-6に示す。

表に示す対策のうち、番号1~4の対策は100R急曲線部に限らずすべての区間において実施したクラック対策の基本対策である。

とくに真円度の確保は下記理由により重要な管理項目であった。

・今回使用のセグメント間コッター継手の拘束力が強いこと真円が崩れるとコッター継手周りにクラックが発生する(継手の選定については3-3で記述)。

表-6 RCセグメントのクラック対策一覧

分類	番号	対策	対策の内容	効果	備考
掘進管理	1	真円度の確保	・前リングの真円状況の把握と次リングへの組立微調整の実行.	◎	
	2	テールクリアランスの確保と把握	・テールクリアランスの毎リングの把握と次リング組立での適切な掘進指示の励行.	◎	
	3	総推力, トルクなどトレンドの監視	・総推力, トルクの監視による適正範囲での運転の励行.	◎	
	4	全ジャッキを使用しての掘進	・急曲線施工時も全ジャッキを使用しての掘進.	◎	
組立手順	5	Kセグメントの組立手順(1)	・Kセグメントの挿入前に挿入箇所寸法を計測し, 設計寸法との差異を確認してからの組立.	◎	
	6	Kセグメントの組立手順(2)	・セグメント間の継手の拘束が強いため, Kセグメントの挿入の際, Bセグメントの一部のジャッキを抜き継手の自由度を確保しながらの組立.	◎	セグメント間継手はスライドコッター
	7	エレクター把持時の面向きの確認	・セグメント把持時, セグメントの面向きが組付け箇所の面向きに合っているかの確認.	◎	
シールド	8	シールドジャッキ伸張速度を極低速にする	・セグメント組立時, 油圧ポンプを切替えてシールドジャッキ伸張速度を低速モードでの組立.	◎	機内操作盤で任意にシールドジャッキ速度を切替可能
	9	形状保持装置の拡張位置	・形状保持装置の拡張位置を前後移動による試行.	△	効果は不明
	10	形状保持装置の拡張圧力	・形状保持装置の拡張圧力の見直しなど試行.	△	効果はあまりない
	11	シールドジャッキ, スプレッドジョイント部への給脂	・スプレッドのボールジョイント部への給脂の励行.	○	
セグメント	12	PEテープの貼付	・セグメント坑口側, または切羽側などへのPEテープ貼付試行.	△	割れ欠けには効果的であるがクラック対策としては不明
	13	Kセグメント挿入角の適正化	・挿入角設定時に, 過去の事例を参考にしての選定(設計時).	○	
セグメントシールド	14	シールド面への滑材の塗布	・ピース間のシールドに滑材を塗布して組立時の摩擦係数を低減させる.	○	
	15	シールドの検討	・供用開始後の内水圧の作用による, セグメントの欠け防止として, シールド溝位置, 溝形状, シールド形状, シールド膨張率などについて検討して, 仕様を決めた.	◎	詳細は3-3
	16	シールド面圧の均等化	・二段シールドの面圧が, 内外で線延長あたり均等になるようなシールドの選定.	○	

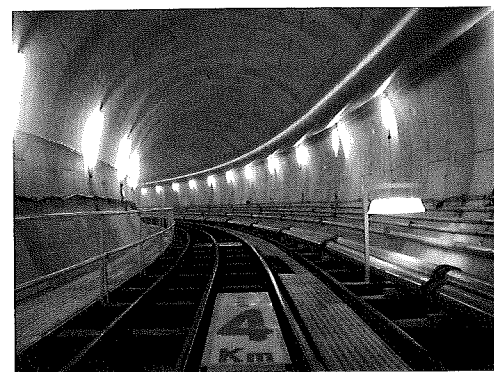


写真-3 100R急曲線部の仕上げ状況

・高水圧下においてセグメントが外水圧およびシールドジャッキにより大きな軸力および推力を受けるので真円の崩れによりセグメント間, リング間の割れ欠けにつながる。

100R部急曲線部ではとくに毎リング真円を実測により確認することで次の組み立てに随時フィードバックするなど掘進管理に傾注し, 上下左右のつぶれは5~15mm程度(外径φ7,100mmであるので約1/1,400~1/500)で施工された。

また, 番号5, 6に示したようにKセグメント挿入の際のジャッキの抜き挿しなどの配慮, および

番号8に記したように, Kセグメントを挿入する際, 油圧ポンプを切り替えて低速モードによるいねいな施工が拘束の強い継手の施工に対して大きな効果を発揮した。

100R急曲線部は大きなクラックを発生することなく無事施工を完了した(写真-3)。

3-3 内水圧対応

本工事は二次覆工省略型セグメントの貯留管であるため, 内水圧発生時においてセグメントの応力状態が変動することから, 各応力状態に対応したセグメントの選定が必要である(図-7)。あわせて首都圏外郭放水路築造工事で露見された水膨張性セグメントシールドの反発力に起因するRCセグメント表面の剥離現象への対策の必要性があった。

首都圏外郭放水路も同様な貯留管であるがそのセグメント表面の剥離のメカニズムは以下のプロセスによると推定されている。

「深さ50mのトンネルには大きな軸力がかかっているが洪水時のトンネル内の水圧によって一時的に軸力が小さくなる。同時にセグメント継手部の止水用の水膨張ゴムは洪水の流入水で膨張する。トンネル内の水圧が下がってもゴムの体積はすぐには変化せず再び軸力がかかる際に止水材と接する部分のセグメントに応力が集中し一部が剥離する。」¹⁾

上記現象より内水圧の対応として下記2点の選定において対応が必要とされた。

- ① RCセグメント継手の選定
- ② セグメントシールド(水膨張性)の選定

3-3-1 RCセグメント継手の選定

内水圧対応においては供用後貯留水の水位の変位に応じRCセグメント内外の応力状態が変わる

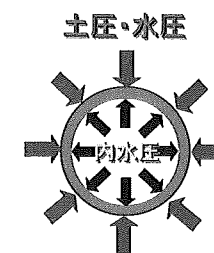


図-7 応力状態の変化概念図

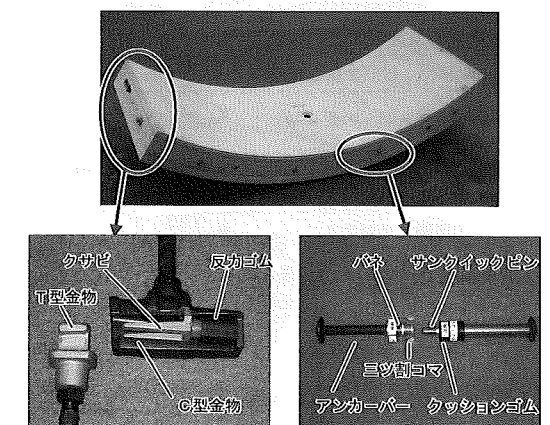
ため継手部の目開きなどに起因するクラック発生が懸念される。継手の選定においては応力状態が変わっても目開きが生じにくい(締結力が維持できる)継手の選定が肝要である。

RCセグメントの内水圧対応継手としては表-7に示す継手が紹介されている。

RCセグメントの目開きを考える場合セグメント間とリング間があるが, とくにその可能性が高いのはセグメント間であり, 拘束力が強く目開きが発生しにくい選定が必要であった。この点に関しては今回使用のコッター継手がその特性上確実性を有していた(目開きを発生しようとする力のはたらいた場合, 圧縮された内側の反力ゴムがその反発力によって目開きを発生しにくくする機構

表-7 内水圧対応セグメント紹介例²⁾

具体例の名称	構造		
	本体構造	セグメント継手構造	リング継手構造
1. メタル構造方式	メタル構造	ボルト継手	ボルト継手
2. 金具継手方式	鉄筋 コンクリート 構造合成構造	金具継手	ピン・ ボルト継手
3. 長ボルト方式	鉄筋 コンクリート 構造合成構造	長ボルト 継手	長ボルト 継手
4. コッター方式	鉄筋 コンクリート 構造合成構造	クサビ継手	ピン・ ボルト継手
5. 嵌合方式	合成構造	嵌合継手	嵌合継手



セグメント間
スライドコッター継手

リング間
サンクイック継手

写真-4 RCセグメント継手

を有している)。内水圧対応としての特性の確実性、施工性、内水圧対応の実績、経済性など総合的に判断し写真-4に示すコッター方式の継手を選定した。

実施工において上記組み合わせの継手は拘束力が強くセグメント間においてはあそびがないため組み立てにおけるクラックなどの対策は必要であったが(3-2-2に記述)、施工性において大きな問題を発生することなく施工を完了した。内水圧がは

たらいた場合もセグメント間において目開きはほぼ0mmに近いと考えられる。

3-3-2 セグメントシールの選定

(1) セグメントシールの選定フロー

セグメントシールは加硫ゴムの反発力と水膨張材の膨張圧の組み合わせにより止水効果を発揮するが、前述のように供用後のセグメント内外の応力状態の変化(内水圧の変動)に起因する継手部の目開きに際し水膨張材の体積増加と膨張圧が作用

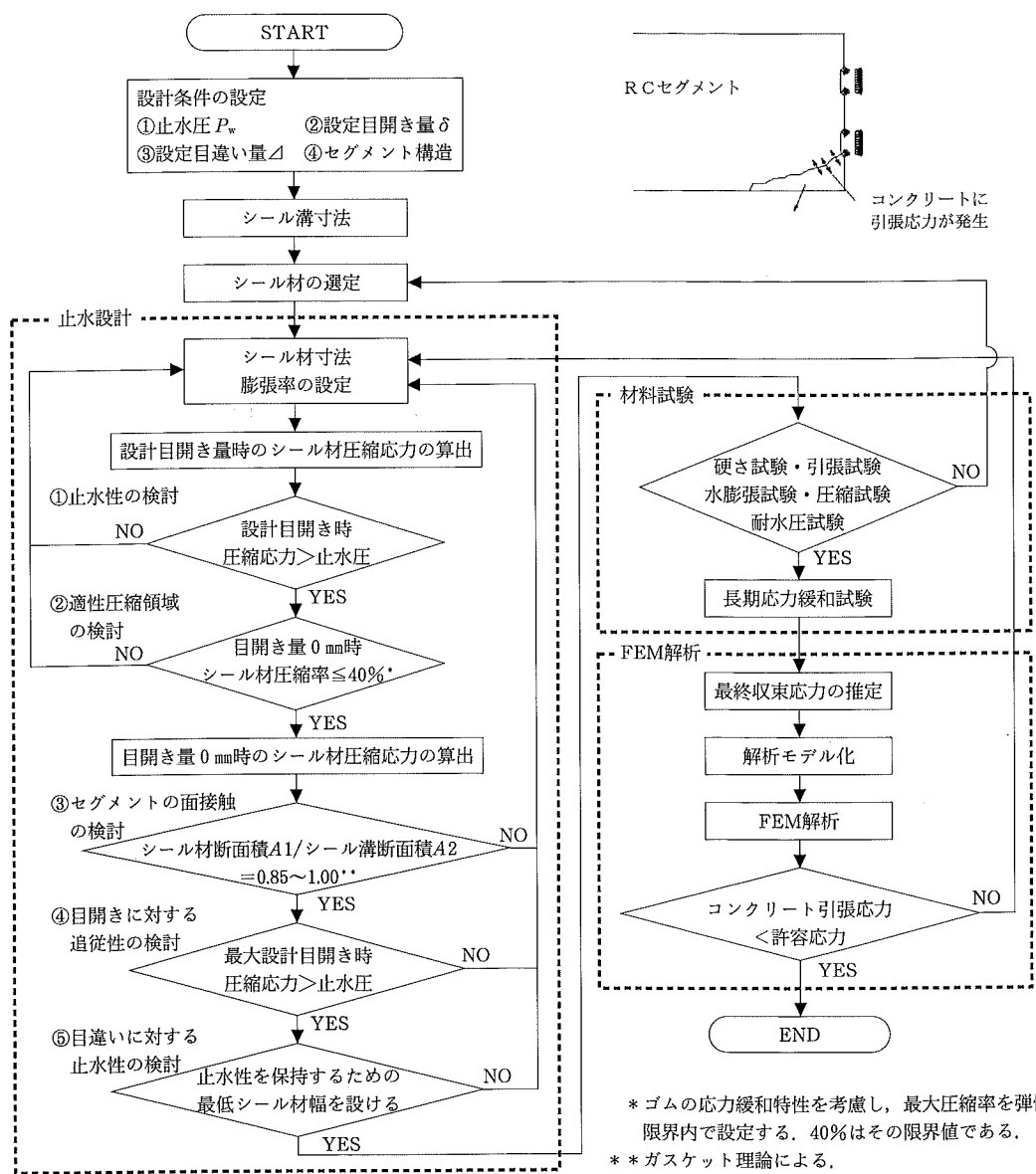
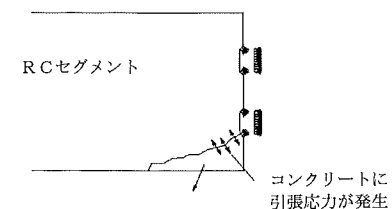


図-8 セグメントシールの設計フロー



*ゴムの応力緩和特性を考慮し、最大圧縮率を弾性限界内で設定する。40%はその限界値である。
** ガスケット理論による。

することにより大きな応力を発生しRCセグメント表面の剥離の原因になることが懸念される。

本工事でのシール材の採用に際しては膨張率、シール溝とシール本体の体積率などを実験検討し、将来にわたってRCセグメント表面の剥離などが生じないシール材の選定を試みた。選定にあたっては図-8に示すフローにより行った。

(2) セグメントシール仕様

RCセグメントは2段の水膨張性セグメントシール施工を行った。止水設計条件を表-8に示す。

(3) 止水設計

止水設計は上記条件のもとで通常行われるガスケット理論にもとづく手法で設計を行っている。これをもとにRCセグメントの剥離の検討を行うのであるが今回の検討にあたって注視したのは、

- ① シール材の膨張率
- ② シール材A1とシール溝A2の断面積比(A1/A2)

であった。この二つのパラメーターがシール形状

表-8 シールの設計条件

項目	外側シール材	内側シール材
設計目開き量	施工時 2mm 供用時 3mm	施工時 2mm 供用時 3mm
設計目違い量	3mm	3mm
設計水圧	施工時 0.7MPa 供用時 0.6MPa	供用時 0.6MPa
シール溝形状		

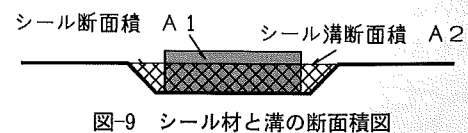


図-9 シール材と溝の断面積図

表-9 シール仕様

項目	外側シール材	内側シール材
断面積比	93%	92%
膨張率	3.0倍	1.5倍
シール形状		

および性能決定の主なパラメーターと考え慎重な設定を行った。とくに、内水圧のかかる内側のシールは上記要素がRCセグメント表面の剥離にかかわると考えられる。

計画設定したシールの仕様は表-9のとおりである。

表面剥離を起こすのは内側シール材であるが、シール材の発生面圧の増大は内水流入時の水膨張によって引き起こされるものである。膨張率については極力低い方が望ましいという考えで1.5倍の選定を行った。また、断面積比についても発生面圧の低下を考え、低い断面積比が望まれた。ガスケット理論では85~100%の範囲の必要があるため、与えられたシール溝断面より最小となる断面積比の設定を行った。

外側のシール材については面圧が発生したとしても地山との拘束があるため特段の配慮をすることはなかった。確実な止水効果を求め膨張率については通常に使われている3倍とし、断面積比については結果的にはほぼ同程度の仕様とした。

(4) シールの長期収束応力予測

シールが発生する応力を解析するにあたり長期応力緩和試験を行い最終収束応力の予測を行った。図-10に試験に用いた長期応力緩和試験の試験治具概要を示す。

図-10のようにシール材を封入した試験治具を水槽内に浸漬しシール材圧力の経時変化を測定した。図-11, 12はその計測結果および収束応力の予測である。

(5) FEM解析および結果

上記結果よりこの応力を解析モデル化し発生するコンクリートの断面力を求める。

解析条件は下記のとおりである。

- ・シール溝部に上記予測収束膨張圧を作用させる。
- ・外側シール部についてはセグメント外部より外水圧を作用させる。
- ・内側シール部についてはセグメント外部からの拘束力は作用しない。

照査は解析より得られる引張応力度がコンクリー

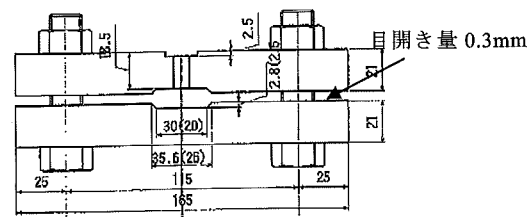


図-10 長期応力緩和試験治具

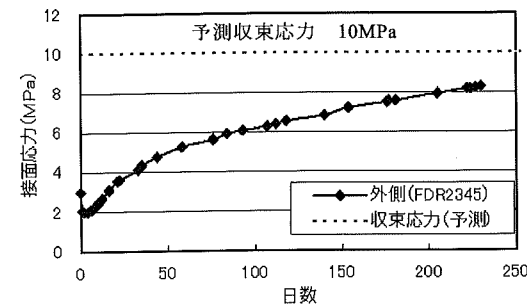


図-11 外側シールの計測結果および収束応力予測

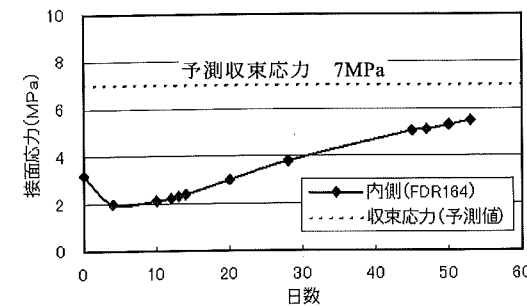


図-12 内側シールの計測結果および収束応力予測

トの設計引張強度以下となるか否かを確認することによって行った。

検討結果であるがFEM解析結果では内側シール部ではほとんど引張応力度が発生することなく発生引張応力は設計引張応力以下となる結果が得られた。シール材膨張圧によるRCセグメント表面の剝離は発生しないと考えられた。

(6) 現状の評価

本施工については上記手法によりシールの検討を進めたが検討手法の確立までは至っていない。当現場においても最終的にFEM解析による確認を根拠としているが推測の域を脱していない。

しかしながら剝離に至るもとの原因がセグメントシールの水膨張材の膨張圧による圧力の上昇であることから、当初からそれを防御することに着目し下記項目において安全側になるように配慮を行ってきた。

- ① 挙動の少ないセグメント継手の選定
- ② シール断面積とシール溝面積の比率低減
- ③ シール材の膨張率の低減

また、セグメント表面の引張応力に対して対抗面を少しでも確保するため、シール溝の内面からの離隔距離の確保についても配慮を行っている。内側のセグメント間継手配置との兼ね合いを考慮し極力内側に追い込んだ位置にシール溝を設置した。

今後においては内水圧対応の場合、シール材としてガスケットなど水膨張を伴わない材質選定の可能性も考える必要があるであろう。

4 ま と め

本工事においては施工上のキーワードとして、①高水圧、②曲線施工、③内水圧対応の三つを挙げさまざまな検討を加え施工にあたった。

①、②においては現状の技術において問題のない領域であると思われるが、③の内水圧対応は二次覆工省略型のRCセグメントにおいてはさらなる検討の余地があるであろう。本施工での対策事例が今後の施工の参考になれば幸いである。

本工事の施工状況であるが2007年11月中旬に無事到達を迎えインバート施工など二次覆工に移行している。新羽末広幹線の太尾・駒岡区間は第二工区も含め平成23年度完成の見込みである。

参 考 文 献

- 1) 外郭放水路のセグメントがはく離，日経コンストラクション，2006.1.27号，p.20，2006.1.
- 2) (財)先端建設技術センター編：内水圧が作用するトンネル覆工構造設計の手引き，1999.3.

計 画

高地下水位・高透水性の硬質砂礫地盤における開削工法の検討

— 仙台市高速鉄道東西線 薬師堂工区・卸町工区・六丁の目工区 —

仙台市交通局東西線建設本部建設部建設課主幹 森 研一郎
 仙台市交通局東西線建設本部建設部建設課技師 齊 藤 豪
 仙台市交通局東西線建設本部建設部建設課技師 佐 藤 友 亮

1 は じ め に

仙台市では昭和62年に開業した南北線に続く2本目の地下鉄として平成27年度の開業を目指し、東西線の整備事業を進めている。この路線は市の南西部住宅地から都心や東部の流通業務地区を経て新市街地の整備が予定される荒井地区に至る建設キロ約14kmの都市高速鉄道である(図-1)。

東西線は平成8年の整備方針の決定以後、平成10年にはルートを発表し、さまざまな議論や検討を重ね、平成12年にルートおよび導入機種を決定した。その後、事業化の決定や鉄道事業法にもとづく鉄道事業許可の取得、都市計画決定および環境影響評価の手続きなどを完了し、平成18年度に

は本格的に青葉山トンネルや青葉山駅・新寺駅・連坊駅・六丁の目駅(駅名はいずれも仮称、以下同様)の各駅を含む工区の工事着工に至った。今年度もすでに仙台駅工区・薬師堂工区・卸町工区の契約を完了しており、各工区とも順次着工している。ここでは、これらの発注済みの工区のうち、地質状況や地下水による施工上の課題があった、薬師堂工区・卸町工区・六丁の目工区において、その検討内容を報告する。

2 概 要

2-1 薬師堂工区～六丁の目工区の地質概要
 この区間は主に沖積層(粘性土層 $N < 10$ 、砂礫質土層 $N > 20 \sim 50$)および洪積層(粘性土層 $N < 10$ 、



図-1 路線概要図

地質時代	記号	地層名	土質・地質名	地下鉄レベルでの地質に関する記事
第四紀	現世	表土	粘性土～砂礫	表土・盛土・現河床堆積物。
	完新世	A	沖積層	連坊駅付近から終点側に見られ砂礫が主体。卸町・六丁の目間から砂。
	更新世	D	洪積層	砂混じり粘土および砂礫。
第三紀	鮮新世	Mk	向山層	固結度はやや低い。泥岩、シルト岩、砂岩の互層をなす。
		T	竜の口層	固結度は高い。泥岩、シルト岩、砂岩の互層をなす。

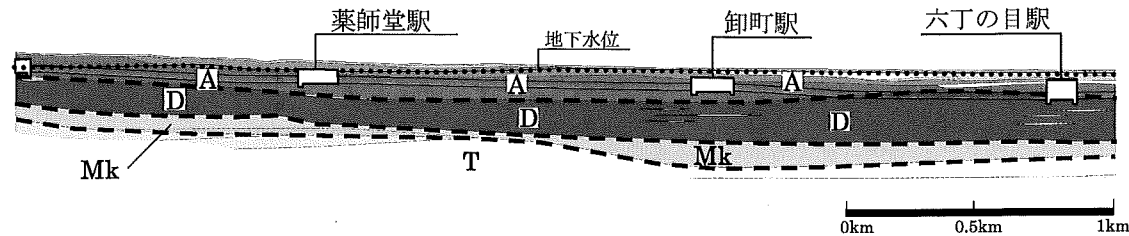


図-2 地形・地質概要

砂礫質土層(N>50)からなり、それより深い位置には向山層、竜の口層と呼ばれる軟岩層が分布している(図-2)。これまでに各駅の周辺で行った揚水試験の結果によると、礫質土層の透水係数は $1.4 \times 10^{-2} \sim 2.4 \times 10^{-3}$ 程度と比較的高いオーダーであった。なお、薬師堂駅付近から東の区域は地下水汲み上げによる地盤沈下防止のため、宮城県条例により昭和46年から恒常的な揚水が規制されており、地下水位が高い区間である。

2-2 各工区の工事概要

各工区における掘削深さと揚水試験時のボーリング調査による平常時の地下水位を表-1に示す。薬師堂駅は開削工法によりGL-18mまで掘削し、2層2~3径間、延長149mの躯体を構築する。トンネル部は薬師堂駅始端側から泥土圧気泡式シールドを推進し、連坊駅終端側でUターンを行い、薬師堂駅始端側に到達する区間延長999.4mの木ノ下シールドトンネルを施工する。

卸町駅は開削工法によりGL-17.5mまで掘削し、2層2~3径間、延長156mの躯体を構築する。トンネル部は卸町駅始端側から泥土圧気泡式シールドを2機並列推進し、薬師堂駅終端側に到達する区間延長1,339.6mの大和町シールドトンネルを施工する。

六丁の目駅は開削工法によりGL-23mまで掘削し、3層2~3径間、延長112mの躯体を構築する。トンネル部は六丁の目駅始端側から泥土圧気

表-1 各工区の掘削深さと地下水位

	薬師堂駅	卸町駅	六丁の目駅
平常地下水位*	GL- 8.53m	GL- 1.60m	GL- 1.15m
掘削深さ	GL-17.92m	GL-17.45m	GL-23.10m
水頭差	9.39m	15.85m	21.95m

※地下水位は年間±2.0m程度の変動値のうち、もっとも高い値を適用した

泡式シールドを2機並列推進し、卸町駅終端に到達する区間延長1,151mの六丁の目シールドトンネルを施工する。

2-3 施工上の課題

前述のように、薬師堂・卸町・六丁の目の各駅部は開削工法により施工する計画であるが、掘削範囲はN値50以上の比較的固結度の高い礫質地盤であり、かつ地下水位の高い高透水性地盤となっている。なお、周辺で過去に同規模の工事を行った事例はない。これまでにを行った土質調査によると、遮水層として主に期待できる層はGL-50m以深に分布する軟岩層のみであった。薬師堂駅および卸町駅ではGL-25m付近に数箇所の粘性土層の存在が認められていたが、平面的な連続性が不確実であったため、十分な遮水層として期待できるか慎重に検討する必要がある。

以上の条件から、本区間の3駅では、想定される以下の3工法を挙げ、各々の課題を抽出しながら検討を行うこととした(図-3)。

工法1：土留め壁を釣り合い根入れ長まで打設

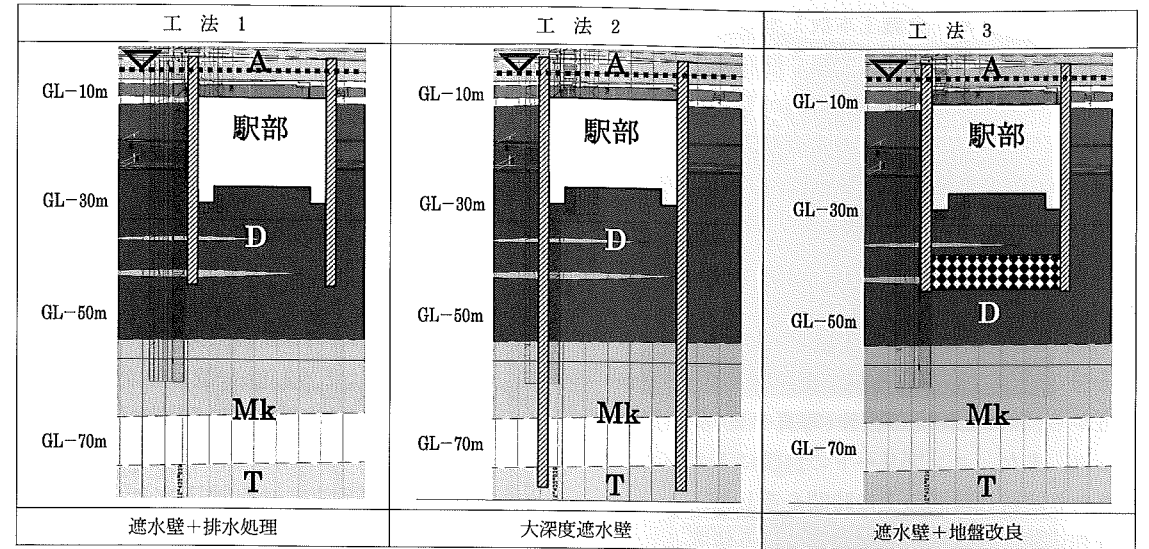


図-3 土留め計画の検討パターン

し、掘削底面からの湧水を排水処理する方法。工事排水の流出先の確保が課題である。

工法2：土留め壁を遮水層(Mk層またはT-s層)のあるGL-50~70mまで打設する方法。幹線道路上での施工による時間的制約が課題である。

工法3：土留め壁と底盤遮水層の形成を併用する方法。当該地盤における底盤遮水層形成の施工性および施工能力の確認が必要である。

3 六丁の目工区における検討

3-1 六丁の目工区の課題

六丁の目駅には粘性土層が確認されているものの、平面的な連続性がないため、遮水層として期待できる層はGL-50m以深の軟岩層しかない(図-4)。また、六丁の目駅の周辺には浸透流解析で算出された量の工事排水を受け入れることのできる施設がなく、揚水による周辺地盤の沈下量が大きいことが懸念されることから、排水処理を伴う工法1の適用は困難である。工法2および3について各専門家を交え検討した結果、当該地盤のような高透水性で固結度の高い礫質地盤における実績が乏しく、施工の確実性に不安があるとの結論

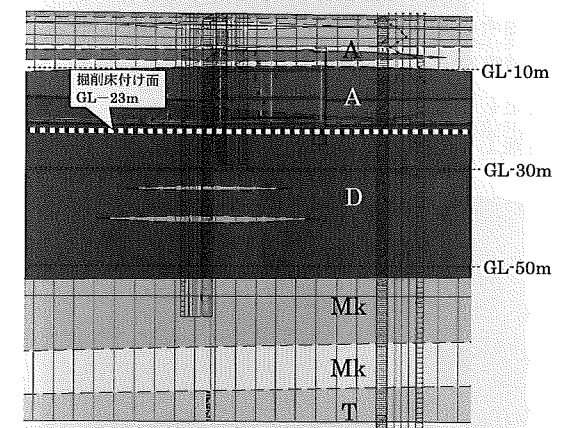


図-4 六丁の目駅周辺の地質概要

に至った。六丁の目駅は仙台港に至る主要幹線道路下に位置しており、重要幹線であるφ2,100の下水道管を吊り防護しながらの施工となることなどから、工事中の安全についてはとくに万全を期す必要があると考え、工法2および3の施工性を実際に確認するための調査工事を実施することとした。

3-2 調査工事の概要

調査工事は六丁の目駅直近の出入口用地で駅本体と同深度の立坑掘削を行った。立坑の底盤には揚圧力による盤ぶくれに抵抗できる厚さ4.3mの高圧噴射改良体を造成し、その遮水性能を確認する。また、造成の際は想定できる最大改良径4.0

mを確認するため、全施工本数7本のうち1本だけを床付け面より1m上まで厚く造成した。柱列式連続壁は駅の掘削深さと同じ23mとし、削孔精度の比較検討のためECWおよびUD-HOMETの2種類の工法で実施した。さらに、大深度にあるT-s層までの遮水層打設を想定し、深さ77mのRC地下連続壁も施工した。

3-3 調査工事の結果

RC連続壁については施工精度・遮水性能ともに十分な結果が得られたが、掘削時にGL-41m付近から径400mm程度の巨礫(写真-1)が多数見つかった。また、コンクリートの打設に1エレメントあたり連続12時間以上の時間を要した。

柱列式地下連続壁は芯材の建て込み精度として1/200以上を要求したが、1/50~1/100程度となった箇所が若干みられた。削孔精度は1/475と十分な精度を確保しており、孔底の余掘り長を小さく設定した箇所の建て込み精度が低かったことから、実施工では孔底への礫などの沈降・堆積物に留意

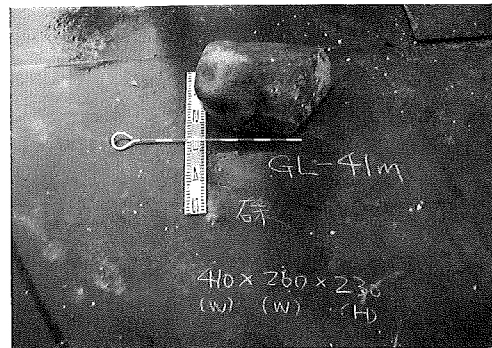


写真-1 GL-41m付近から出現したφ400の巨礫

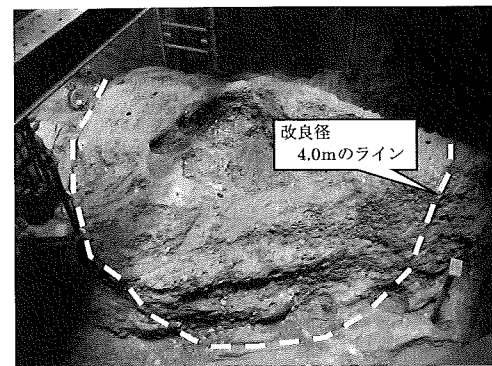


写真-2 確認した高圧噴射攪拌改良体の大きさ

する必要があることがわかった。なお、壁面からの顕著な湧水は確認されなかった。

高圧噴射攪拌による厚さ4.3mの底盤改良は完全ラップするように配置した7本について実施し、施工時のサイクルタイムなどを確認した。掘削底面からは最大3.0l/minの漏水が見られたが、大部分はにじみ出す程度であった。また、改良径の確認のために床付け面より1m上まで造成した改良体(写真-2)は部分的な断面欠損が見られるものの、単杭でおおよそφ4.0mの改良体が形成されていることから、連杭配孔となる実施工においても有効径4.0mを十分確保できると考えられる。

3-4 六丁の目駅における地下水対策工の検討

3-4-1 工法1(遮水壁+水替え)

六丁の目駅周辺には掘削底面から湧出した大量の工事排水を受け入れる容量のある下水管路や河川などがなく、また揚水による周辺地盤の沈下量が大きいと予想されることから、掘削底面からの湧水を排水処理することが難しい。したがって六丁の目駅ではこの工法は適用できない。

3-4-2 工法2(大深度遮水壁)

調査工事に際して実際にGL-77mの大深度までのRC地下連続壁を造成したところ、その施工精度や遮水性能に問題はなかったが、コンクリートの打設に連続12時間以上を要した。実施工が幹線道路上であることなどを考えると、この工法を適用することは困難と判断した。

3-4-3 工法3(遮水壁+地盤改良)

調査工事に際してGL-38m付近から径400mm程度の礫が多数発見されていることや、地盤改良工(ここでは高圧噴射攪拌工)のサイクルタイムについて実証が得られていることなどから、柱列式地下連続壁および地盤改良工は可能な限り浅い位置で施工したいと考えた。ここで、地下水による揚圧力に対して土塊重量でバランスがとれる深さを計算するとおおよそGL-50mであったのに対し、掘削床付け面(GL-23m)から高圧噴射攪拌改良体を造成する場合の深さはおよそGL-32.5mであった。なお、高圧噴射攪拌改良体の厚さは盤ぶ

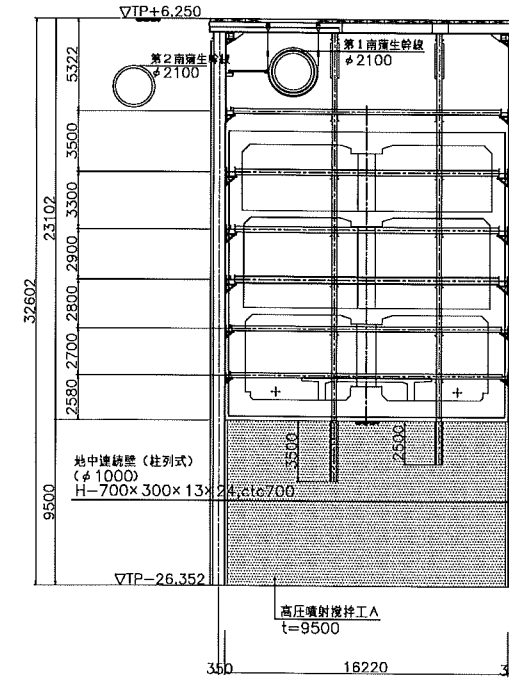


図-5 六丁の目駅土留め工断面図

くれに抵抗できる9.5mとした。以上より、六丁の目駅の地下水対策工法は、礫の堆積箇所を避けることができるようL=32.5mの柱列式連続壁を打設し、高圧噴射攪拌改良体を造成するものとした(図-5)。

4 薬師堂・卸町における検討

4-1 薬師堂駅周辺の地質概要

薬師堂駅周辺で実施した地質調査の結果(図-6)によれば、駅の掘削部は六丁の目駅と同様に固結度が高く透水性の高い礫質土層であり、最大φ300mm程度の礫が確認されている。GL-25mで厚さ1m程度の粘土層が見つかったが、掘削範囲における平面的な連続性が不確かであったため、GL-50mより浅い位置に遮水層はないものと評価した。なお、地下水位は三つの駅のうちもっとも低いGL-8.5mである。

4-2 卸町駅周辺の地質概要と揚水試験

4-2-1 地質概要

卸町駅周辺の地質(図-7)は薬師堂のそれとほぼ同様であるが、GL-20~-27mに粘土混じり砂

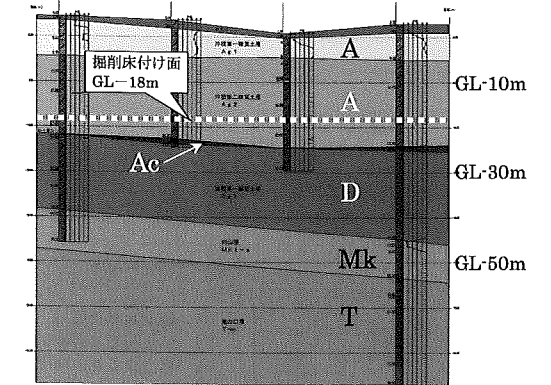


図-6 薬師堂駅周辺の地質概要

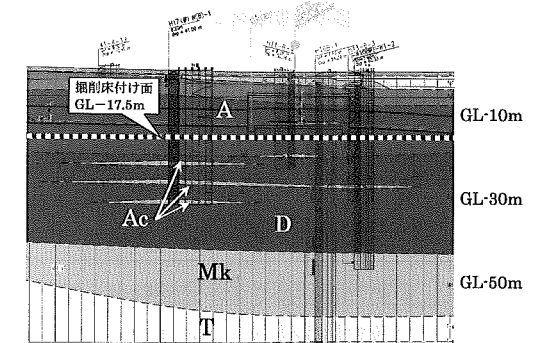


図-7 卸町周辺の地質概要

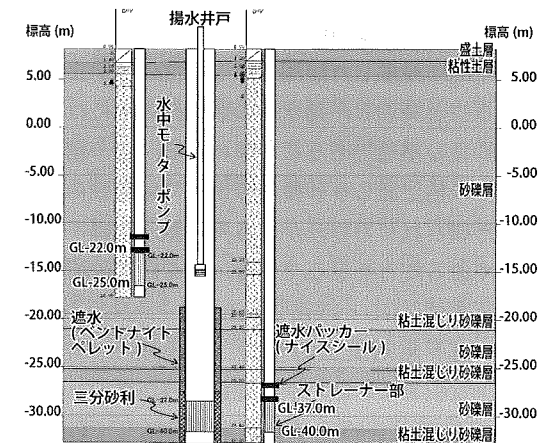


図-8 揚水試験の概要図

礫層が確認された。この層は粘性土分がやや少なく粘性土とは判断されないが、一定の遮水性能は期待できる可能性があったことから、層の上下に観測井戸を配置した簡易揚水試験を実施した(図-8)。

4-2-2 揚水試験の結果

揚水に伴う地下水位変動(図-9)および揚水終了

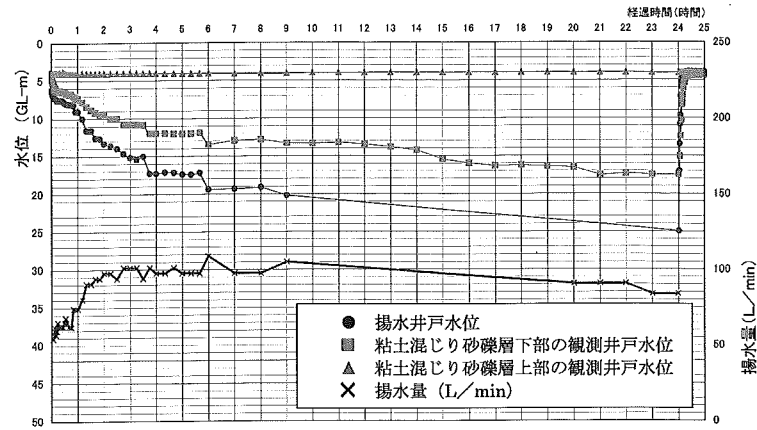


図-9 揚水時における観測井戸水位曲線

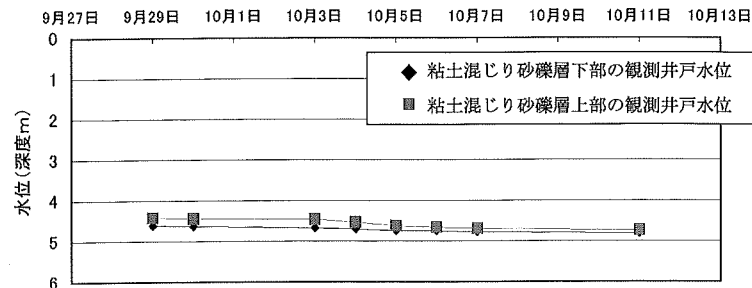


図-10 揚水試験終了後の観測井戸の水位変動

後の水位変動(図-10)を見ると、粘土混じり砂礫層の下部に設置した観測井戸の水位のみが揚水井戸の水位と調和し、揚水後の観測孔の水位は上下とも同様の挙動であることがわかる。この結果より、この粘土混じり砂礫層の上下には複数の帯水層が形成されており、かつ各々の地下水は不圧地下水であることを示している。なお、卸町駅周辺の地下水位はGL-1.6mである。

4-3 地下水対策工の検討

薬師堂駅および卸町駅は地盤条件が類似しているため、工法1~3の検討結果を一括して以下に示す。

4-3-1 工法1(遮水壁+水替え)

両駅ともに浸透流解析で算出された量の工事排水を受け入れる余裕のある下水管路や河川などがなく、また揚水による周辺地盤の沈下量が大きいと予想されるため、掘削底面からの湧水を排水処理することが難しい。したがってこの工法は適用できないと判断した。

4-3-2 工法2(大深度遮水壁)

遮水層(Mk層)まで遮水壁を打設する場合、その深度は両駅ともにGL-50m以上となる。施工に多くの時間を要した六丁の目駅における調査工事のサイクルタイム実績を考慮すると、実施工が幹道路上または住宅地であることから、この工法の適用は困難と判断した。

4-3-3 工法3(遮水壁+地盤改良)

両駅は掘削底面が浅く、六丁の目駅と比べて水頭差が小さいことから、揚圧力に対して土塊重量でバランスがとれる地盤改良の深さはGL-30m程度となり、六丁の目駅でのGL-50mに比べると浅い位置での施工が可能となる。また、両駅においてGL-30mまでの地盤では巨礫

帯も確認されていない。以上のことから、ここでは揚圧力に対して土塊重量でバランスがとれる深さでの地盤改良を行う方法を採用することとした。

さらに、地盤改良工法について薬液注入工法と高圧噴射攪拌工法を工期や経済性の観点で比較した。その結果、改良径が大きい高圧噴射攪拌工法の方が施工本数を削減することができるため、薬液注入工法に比べ上記の2点で有利となり、高圧噴射攪拌工法を採用することとした。

以上のことから、両駅における地下水対策工法は柱列式地下連続壁の下端に厚さ1.5m(最小改良厚)の高圧噴射攪拌工法による底盤改良を行うものとした(図-11, 12)。なお、卸町駅においてはGL-20~-27mに確認された粘土混じり砂礫層を一定の遮水層として評価することとした。これにより、地下水による揚圧力に対して土塊重量でバランスのとれる深さ(GL-13m)まで無対策で掘削することができ、高圧噴射攪拌工法のための削孔長を短くすることができる。

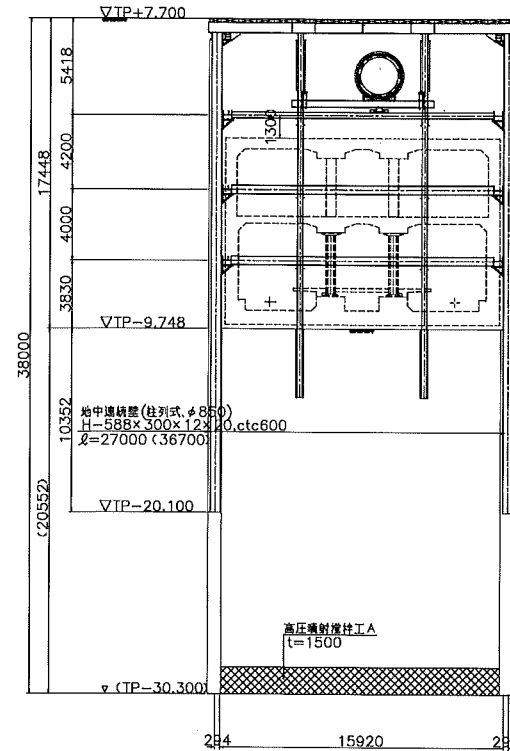


図-11 薬師堂駅土留め工断面図

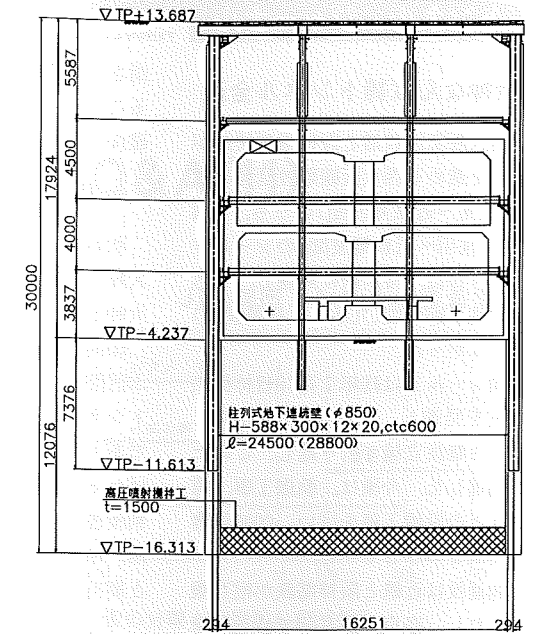


図-12 卸町駅土留め工断面図

調査工事の実施により高圧噴射攪拌工法が当該地で施工可能であることが確認できたうえ、土留め杭の建て込み精度の管理など、各種工法における多くのデータを得たことで実施工時における留意点も見えてきた。

本稿では主に調査工事の結果をもとに、駅ごとの条件に応じた土留め計画を策定した。今後は各工区とも本格的な開削工事に入っていくこととなるが、現場では計画どおりにいかない要因が発生することもあると思われる。安全を第一に考え、工事を進めるとともに、本調査および計画の妥当性・反省点を検証し、その結果については後の報告としたい。

5 おわりに

本工区の地下水対策については、

- ① N値50以上の砂礫質地盤
 - ② 高透水性地盤
 - ③ 掘削底面との大きい水頭差
 - ④ 遮水層と見なせる粘性土層が存在しない
- などの条件下において、施工性および経済性などの観点から、実状に合った工法を採用するべく、さまざまな検討を行ってきた。

E. フック・E. T. ブラウン共著

岩盤地下空洞の設計と施工

理学博士小野寺透・工学博士吉中龍之進・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

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL

阪神なんば線トンネル全通

西大阪高速鉄道と阪神電気鉄道が建設を進める西大阪線難波延伸事業(西九条～近鉄難波間)のうち、第4工区(桜川～近鉄難波間)のシールドが3月10日、桜川駅に到達し、すべての地下線区間(九条～近鉄難波間)がつながった。

同シールドは昨年7月19日に桜川立坑を発進し、576m区間を屈伸したのち難波立坑で折り返し、このたび到達した。今後は、軌道工事、電気などの設備工事を行い、2009年春の開業をめざしている。

開通後は近鉄と阪神電鉄が相互乗り入れし、奈良～三宮間で直通列車が運行される予定で、利便性の向上が期待される。

上信越道永江トンネルで貫通式

東日本高速道路が整備する上信越自動車道の永江トンネルが貫通し、3月11日に貫通式が行われた。

同道豊田飯山IC-信濃町IC間(13.2km)で進められている4車線化工事の一環で、同トンネルは永江第一トンネル(603m)と永江第二トンネル(244m)の2本からなり、第一トンネルは昨年10月に、第二トンネルが今年2月に貫通した。

新設のトンネルを下り線、現在通行しているトンネルは上り線として供用されることになる。

弁慶トンネルが供用開始

北海道開発局が整備を進める弁慶トンネル(1,048m)が3月19日供用を開始した。

平成9年8月の第2白糸トンネル崩落を受けた落石・岩盤崩壊対策として一般国道229号において進められている防災事業の一環。

落石・土砂崩落等の危険箇所が解

消され事前通行規制区間が解除されることや、救急医療搬送の定時制が確保が期待される。

新大峠トンネル開通

和歌山県が整備する国道425号新大峠トンネル(231m)を含む740mの大峠幅幅が3月19日開通した。

印南町古井地区と印南原地区を結ぶ区間の現道は幅員が狭く、とくにトンネル内は車両のすれ違いが困難であったが、開通により2車線で結ばれることになる。通行の安全性や利便性の向上はもとより、地域の生活、産業などの発展に寄与するものと期待される。

岩谷バイパスが開通

愛媛県が整備する岩谷バイパス(川登～万年間、1.8km)が3月19日開通し、川登トンネル(207m)ほか5橋梁などが供用された。

周町内間と松山市との連絡時間短縮による交流・連携の促進が期待される。

大野トンネルで開通式典

高知県が整備する県道久礼須崎線で、大野トンネル(364m)を含む大野バイパス(1,053m)が完成し、3月23日開通式典が催された。

県道久礼須崎線は、中土佐町久礼から須崎市安和に至る9.1kmの路線で、近い将来発生が予測される南海地震時には、地域の浸水や孤立のおそれがあることから、災害時の避難路や救命救急の支援道路として、整備を進めていた。これにより、地域の利便性や日常生活の安全・安心が向上すると期待されている。

珍坂トンネルが開通

豊岡市日高町知見と養父市八鹿町馬瀬を結ぶ県道十戸養父線の珍坂ト

ンネルが3月23日、開通した。

同トンネルは、長さ1,563m(豊岡市887m、養父市676m)。トンネルを含めた十戸養父線は長さ2,772m(豊岡市1,480m、養父市1,292m)、幅7m(片側車道2.75m、同歩道0.75m)の2車線道路。

豊岡市と養父市が知見八鹿道路事業の一環として2001年度に着工し、2006年9月に貫通。2007年からは兵庫県が事業を引き継ぎ、このたび開通を迎えた。

堀切峠トンネルが開通

九州地整が整備を進める国道220号青島～日南改良(青島～日南地区約18.3km)事業で、宮崎市折生迫-内海間が3月23日開通し、堀切峠トンネルで開通式が行われた。

開通区間は、同トンネル(1,487m)を含む、2.8km。異常気象時通行規制(連続雨量170mmなどで通行止め)から解放されることから、通勤・通学や緊急医療施設への搬送など日常生活に必要な安全な交通路の確保や漁業などの地域産業の安定的出荷などの整備効果の発現が期待される。

長崎南環状線

戸町～新戸町が開通

長崎県が整備を進める主要地方道長崎南環状線(戸町～新戸町)が完成し、魚見山トンネル(135m)を含む長崎市戸町～新戸町間、延長1,100mが、3月25日、開通した。

同路線は、長崎市大浜町の一般国道202号を起点として、同市早坂町の九州横断自動車道(長崎IC)に至る幹線道路。この整備により、長崎市中心部に流入する通過交通が分散され、都市内交通の円滑化が図られるとともに、長崎ICと長崎港の臨港地区が直結することで物流の効率化が期待される。

建設特撮

シールド工事の施工に関するQ&A(11)

JTA都市トンネル小委員会

Q 36. シールド掘進時の低周波音対策と効果について教えてください。

A. 近年、産業機械などの大型化や高速化に伴い、それらの機械、構造物から発生する低周波音による問題が注目されています。

シールド工事での低周波音の代表的な発生源として、泥水式シールド工法の泥水処理設備に使用される振動ふるいが挙げられます。振動ふるいの稼働に伴い発生する超低周波音は、周辺家屋において建具のがたつきや室内での不快感などの問題を生じることがあります。ここでは、一般的な低周波音対策と振動ふるいから発生する超低周波音の音源側の対策について紹介します。

(1) 低周波音と対策

環境省「低周波音の測定方法に関するマニュアル²⁾」では、超低周波音と低周波音を次のように定義しています(図-1参照)。

- ・超低周波音：20Hz以下の一般に人が聴くことができない音波
- ・低周波音：100Hz以下の低周波数の可聴音と超低周波音を含む音波

低周波音による苦情は、次に示すように人に関する苦情(心理的苦情、生理的苦情)と建物などに対する苦情(物的苦情)に大別されます。

- ・心理的苦情：気分のいらいら、胸や腹の圧迫感
- ・生理的苦情：頭痛、耳鳴り、吐き気
- ・物的苦情：家具・建具の振動、置物の移動

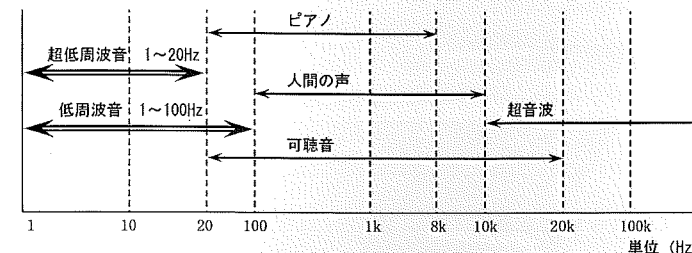


図-1 音の分類と代表的な周波数²⁾

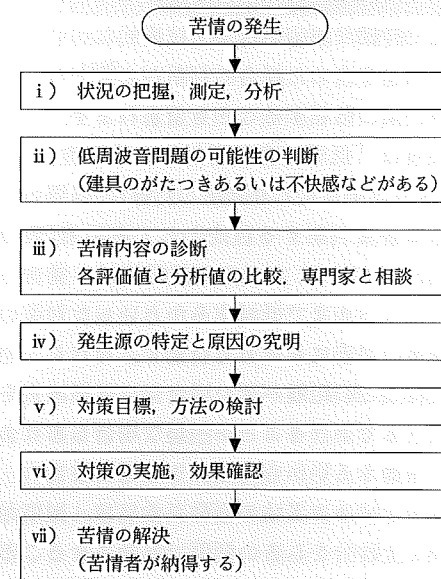


図-2 苦情発生から対策・解決までの一般的フロー³⁾

また、環境省は対策の具体例として「低周波音防止対策事例集³⁾」も公表し、苦情発生から対策・解決までの一般的フローを図-2のように示しています。

低周波音の低減対策は、苦情の内容が超低周波音による窓や戸のがたつきの問題なのか、耳を圧迫するように聞こえる可聴域低周波音の問題なの

表-1 低周波音による物的苦情に関する参照値³⁾

1/3 オクターブバンド 中心周波数(Hz)	1/3 オクターブバンド 音圧レベル(dB)
5	70
6.3	71
8	72
10	73
12.5	75
16	77
20	80
25	83
31.5	87
40	93
50	99

かなどについて診断を行い、適切な対策を検討することとなります。そして、効果的な対策を実施するには、低周波音発生メカニズムを明らかにしたうえで詳細な測定を行い、技術的な可能性とコストの関連を含めた総合的判断が必要となることから専門家に依頼することも望まれます。

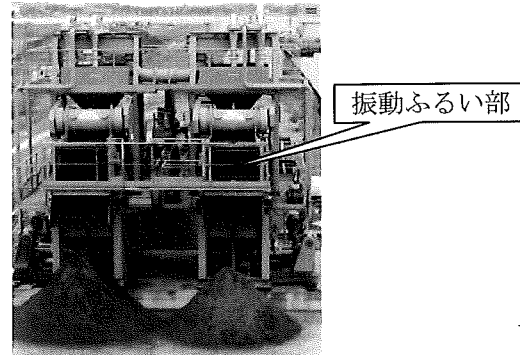
環境省は「低周波音問題対応の手引書⁴⁾」において、苦情の申し立てが発生した際に、低周波音によるものかを判断する目安として参照値(表-1参照)を公表しています。この参照値は、受音点での音圧レベルまで低減するかといった対策の目標低減量の目安にもなっています。ただし、発生源と受音点との距離が近い場合には低周波音を参照値以下まで下げることが困難な場合もあります。

(2) 振動ふるいから発生する超低周波音

泥水式シールド工法の振動ふるいは、掘削泥水中の礫・土砂分をふるい網面で振動させることによって分離する機械です(写真-1参照)。振動ふるいの設置台数は、工事規模などによって異なりますが、複数台(同規模、同能力の並列稼働)となる場合が多いです。

振動ふるいの超低周波音は、不均衡加振器による超低周波音成分の加振周波数によって、ふるい本体各部が加振されて発生します。

振動ふるいの負荷時の音圧レベルは、設置台数にもよりますが、実績から機側で110~130dB²⁾程

写真-1 泥水処理設備の振動ふるい(2台)⁵⁾

度となっています。そして、振動ふるいのモーター回転数は、通常1,000rpm前後で運転され、発生する超低周波音の周波数は $1,000 \div 60 = 16.7\text{Hz}$ となり、音圧レベルがおおよそ78dBを超えると窓ガラスや建具などが振動し始めることとなります(表-1参照)。

(3) 振動ふるいから発生する超低周波音対策

低周波音の一般的な対策方法として、①発生源対策、②伝搬経路上対策、③受音側対策がありますが、低周波音は可聴音に比べて波長が長いので、②、③の対策では効果はあまり期待できず、①の発生源対策が望ましいとされています。

そして、振動ふるいからの超低周波音は、一般的な防音ハウスの部材、構造では壁を透過してしまい効果が得られない課題があり、対策の基本は質量が大きく、剛性が高い材料で覆う方法が有効とされています。

振動ふるいの超低周波音対策の中で、発生源側での主な対策例を以下に示します。

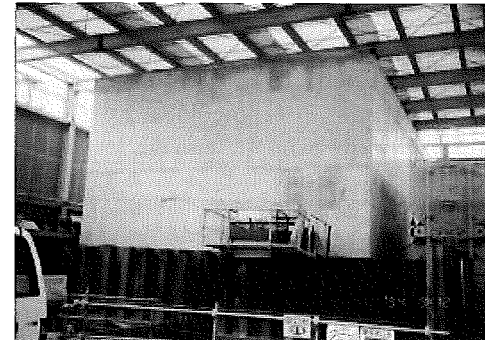
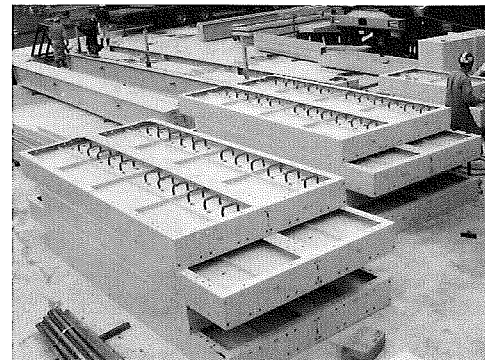
1) コンクリート遮音室

コンクリート遮音室は、厚さ30cm程度のコンクリート壁で発生源を覆う方法です(写真-2参照)。室内外の音圧レベル差で25~30dB程度の遮音効果がありますが、次のような課題もあります。

- ・築造および解体にコストと期間を要する
- ・解体時に騒音や廃棄物処理などの環境問題が生じる

2) コンクリート充填パネル

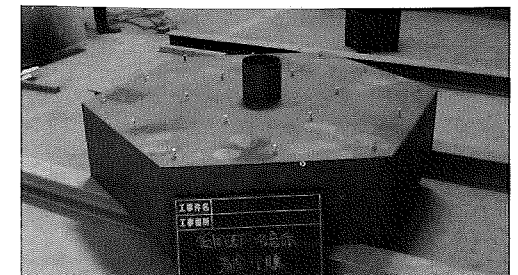
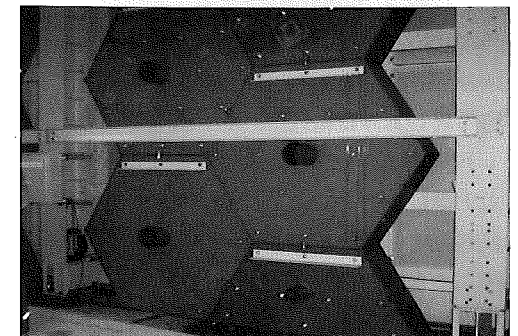
コンクリート充填パネルは、補強リブにて剛性

写真-2 コンクリート遮音室⁶⁾写真-3 コンクリート充填パネル⁶⁾写真-4 1/4 吸音レゾネータ⁶⁾

を高めた遮音板に、コンクリート(厚さ100mm)を充填したもので、室内外の音圧レベル差で15~25dB程度の遮音効果があります(写真-3参照)。パネル式のため設置・解体が容易であり、かつ、くり返し使用することが可能です。

3) 1/4 波長吸音レゾネータ

1/4 波長吸音レゾネータは、吸音共鳴によって音圧レベルを低減する方法です。低減対象とする超低周波音の1/4 波長分の長さをもつ一端開・一端閉の中空管(直径30cm程度)を、音圧レベルが

写真-5 六角形の鉄製のヘルムホルツ吸音レゾネータ⁶⁾写真-6 ヘルムホルツ吸音レゾネータ⁶⁾の内壁への取り付け状況

高くなりやすい遮音室内の四隅などに開口を向けて設置します。

中空管の開口近傍で数dBの効果がありますが、効果は開口近傍しか及ばないため、遮音室内の環境の改善としての使用が主で、室外への対策としては十分ではありません。

4) ヘルムホルツ吸音レゾネータ

ヘルムホルツ吸音レゾネータ(写真-5,6参照)も、吸音共鳴によって音圧レベルを低減する方法です。筒と容器を有する空間に音波が侵入すると、筒内部の空気と容器内部の空気が共鳴を起こす原理を応用したものです。室内の音圧レベルに対して8dB程度の吸音効果があります。前項のコンクリート充填パネルと合わせて使用し、室内外差で32dB程度の低減効果の事例⁶⁾もあります。

5) 位相制御

位相制御は、振動ふるいを複数使用する場合に有効な方法で、互いの振動するタイミング(位相)を制御することによって音圧レベルの減衰を図る技術です(図-3参照)。基準となる振動ふるい(基準機)の振動をセンサーによって検出し、それを

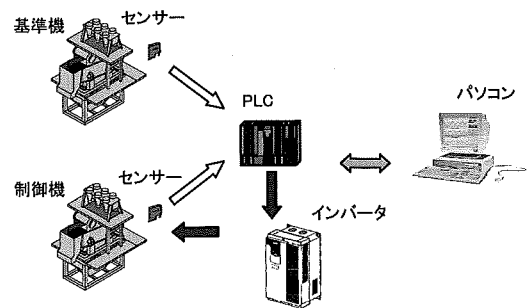


図-3 位相制御システムイメージ²⁾

もとに他方の振動ふるい(制御機)の位相をインバータ制御でずらします。その際、超低周波音同士が打ち消しあう位相(逆位相)に調整することで音圧レベルの減衰を図ります。位相を自由に設定することが可能であるため、低周波音問題地点を対象に対策することができます。

(4) まとめ

低周波音対策は、周辺環境の保全や工事の円滑な施工上、今まで以上に重要となってきました。

騒音・振動では環境基準値、規制基準値などが目安となっていますが、低周波音の場合にはそれに相当する法的規制値などは現状ありません。参照値について前述しましたが、測定結果がこの数値を超えているかどうかだけで低周波音問題の有無を判断するのは困難で、科学的な立場で総合的に判断しなければなりません。

そして、発生した苦情への対策検討のみならず、低周波音問題発生の可能性があると想定される場合にも、事前に過去の多くの事例や経験を参考に検討することが重要です。

一方、原因不明の苦情が低周波音として取り上げられる場合もあるので、現場をよく確認、診断して技術的に適切に対処することが必要です。

(文責：伊澤開次郎・大井隆資/(株)フジタ)

参考文献

- 1) 環境省：低周波音の測定方法に関するマニュアル，2000.10.
http://www.env.go.jp/air/teishuha/manual/index.html
- 2) 防音設備協会：仮設防音設備，設計・積算要領，平成19年度版，2007.4.

- 3) 環境省：低周波音対策事例集，2002.3.
http://www.env.go.jp/air/teishuha/jirei/index.html
- 4) 環境省：低周波音問題対応の手引書，2004.6.
http://www.env.go.jp/air/teishuha/tebiki/index.html
- 5) (株)三央：土砂脱水回収装置パンフレット，1999.5.
- 6) 鶴田政博・大森弘則・秋山克仁：大型振動ふるいから発生する超低周波音の吸音・遮音対策，(社)日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集，2004.9.

Q 37. シールドトンネルを既設構造物に近接して施工する場合、対策の要否をどのようにして判定するのか教えてください。

A. シールドトンネルを施工する場所は、一般に都市部が多く、過密化した地下の中を既設構造物に当たらないようにすり抜けて計画します。こうした中、シールドの掘削に伴って、ライフラインや既設構造物の支持杭などとの近接施工による影響は、シールド工事にとって避けて通れないものとなっています。

近接構造物に対して対策工を施すかどうかは、「近接程度の判定」を行って判断します。

(1) 近接施工

1) 定義

近接施工の定義は、「新設工事の施工中または竣工後に、地盤の変位変形により近くの既設構造物等を変位、変形させ間接的に損傷を与える恐れのある場合¹⁾」です。

2) 協議

近接施工の可能性がある場合には、近接構造物の管理企業者と協議を行う必要があります。

通常、事前調査として埋設物調査を行う際、近接協議を行うと予測される場合には、調査時に近接協議の協議担当部署を聞いておくのがよいでしょう。

近接協議には一般的に、計画協議、設計協議および施工協議があります。

計画協議は、新設構造物の計画概要を管理企業者に通知するとともに、管理企業者の将来計画や改築計画との整合性が図れていて新設構造物の設

計に取りかけられるかどうかを判断するものです。

設計協議は、近接程度の判定を行って、必要があれば既設構造物の許容変位・変形量の推定をし、対策工の検討および計測計画を行うものです。

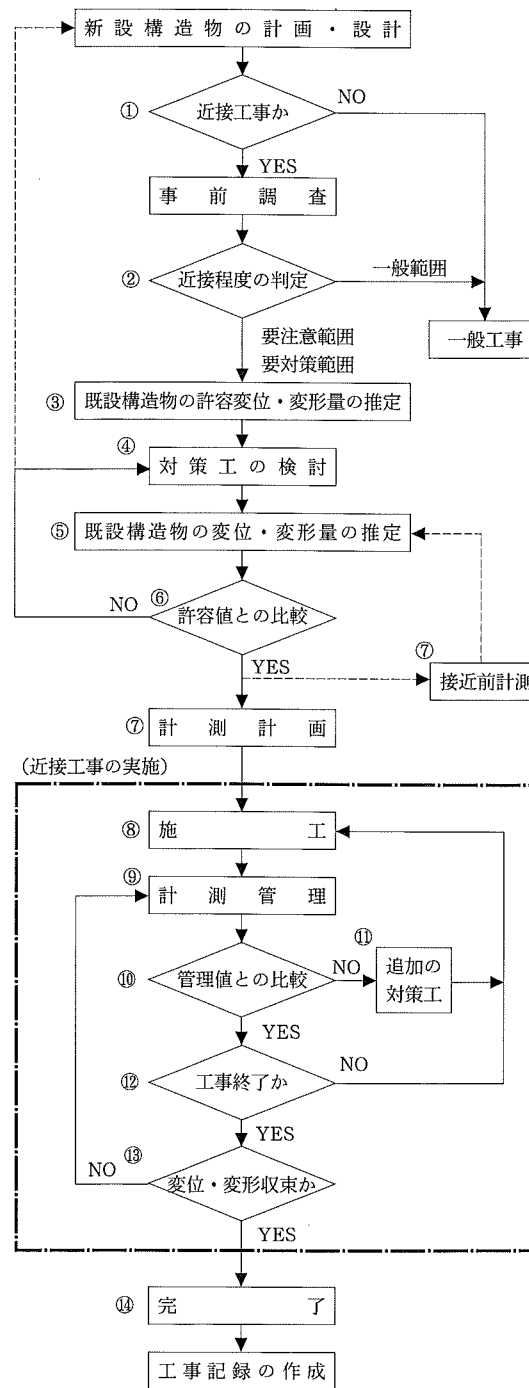


図-1 近接工事の設計、施工計画検討手順例¹⁾

施工協議は、具体的な工事方法や詳細工程をもとにその内容について検討し、計測管理の管理値の設定や管理値を超えた場合の対策工の検討などを行います。

図-1は、近接工事の設計、施工計画検討手順の一例で、設計協議(①~⑦)と施工協議(⑧~⑭)の流れをも示したものです。

ここでは、図-1の②について説明します。

(2) 近接程度の判定

近接程度の判定は、判定条件(近接程度の区分)により新設構造物の施工による既設構造物への影響を考慮して行います。また、これにより計測管理および対策工の要否を判断します。

1) 近接程度の区分

近接程度の区分は一般的には「近接施工技術総覧¹⁾」に示されているとおり三つに分かれ、名称は企業者により若干異なりますが、表-1に示すと表-1 近接程度の区分と対策の内容(例)(区分が三つの場合)¹⁾

近接程度の区分		対策の内容
区分	内容	
一般範囲	新設構造物の施工により既設構造物に対し、変位や変形などの影響が及ばないと考えられる範囲。	一般に特別な対策を必要としない。
要注意範囲	新設構造物の施工により既設構造物に対し、通常は変位や変形などの有害な影響はないと良いが、まれに影響があると考えられる範囲。	新設構造物の施工法による対策を原則として実施するとともに、既設構造物の変位・変形量を推定し許容値と比較を行うなど影響度を検討したうえで、状況に応じてその他の対策工を実施する。また、工事を安全に進めるため、対象となる既設構造物および周辺地盤や仮設構造物を含む新設構造物の挙動を計測して管理する。
要対策範囲	新設構造物の施工により既設構造物に対し、変位や変形などの有害な影響が及ぶと考えられる範囲。	新設構造物の施工法による対策を必ず実施するとともに、既設構造物の変位・変形量を推定し許容値と比較を行うなど影響度を検討したうえで、原則としてその他の対策工を実施する。また、工事を安全に進めるため、対象となる既設構造物および周辺地盤や仮設構造物を含む新設構造物の挙動を計測して管理する。

おりです。

また、「地中構造物の建設に伴う近接施工指針²⁾」では、「一般範囲」と「要検討範囲」との二つに区分しています。

「一般範囲」は、「新設構造物の施工により、既設構造物に対し、変位や変形などの影響が及ばないと考えられる範囲」で、「一般に、影響予測、計測および対策工など近接施工としての特別な対応を必要としない」ものです。「要検討範囲」は、「新設構造物の施工により、既設構造物に対し、変位や変形などの影響が及ぶと考えられる範囲」で、「既設構造物の変位・変形量(応力)を適切な手法で予測し、許容値との比較を行うなど影響度を検討する。計測および対策工は、影響度の検討結果に基づいて、要否および程度を判断する」ものです。

2) 近接程度の判定

近接程度の判定は、近接程度の区分の数とともに表-2に示すとおり既設構造物の管理企業者によって、それぞれ以下の3とおりの方法により行います。

- ① 既設構造物(管理企業者の構造物)側からの近接程度の判定(首都高、阪高、東京メトロ、JR、東京都交通局、NTTなど)
- ② 新設構造物側からの近接程度の判定(国土交通省、NEXCO、東京都下水道局、東京ガス)

表-2 近接程度の区分と近接程度の判定方法

企業者と近接程度の区分数		近接程度の判定方法		
企業者	区分の数	既設構造物側から	新設構造物側から	既設・新設両者から
首都高速道路	3	○	-	-
阪神高速道路		○	-	-
東京メトロ		○	-	-
J R	3	○	-	-
東京都交通局		○	-	-
N T T	3	○	-	-
国土交通省		-	○	-
N E X C O	2	-	○	-
東京都下水道局		-	○	-
東京ガス	2	-	○	-
東京電力		-	-	○

スなど)

- ③ 既設構造物側からと新設構造物側からの近接程度の判定(東京電力)

(3) 近接程度の判定基準例

- 1) 既設構造物側から近接程度の判定を行う場合(近接程度の区分が三つの場合)

既設構造物側から近接程度の判定を行う代表例として、NTTの判定基準を図-2に示します。

図-2は、既設構造物がとう道の場合ですが、このほかに新設構造物がシールドトンネルの場合には、既設構造物が「一般立坑」と「ケーソン立坑」の場合にも判定基準が示されています¹⁾。

- 2) 新設構造物側から近接程度の判定を行う場合(近接程度の区分が二つの場合)

図-3は、東京ガスを対象とした新設構造物側からの影響範囲の考え方です¹⁾。

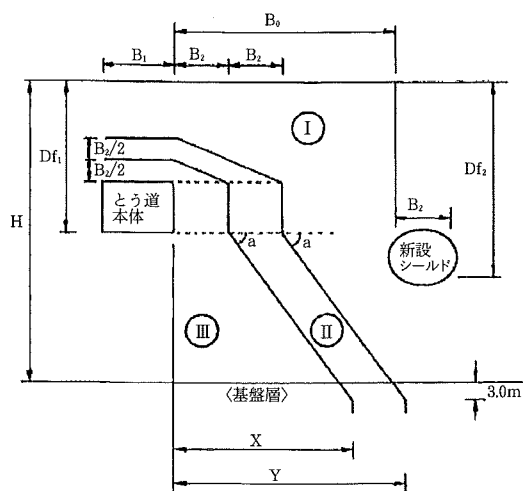


図-2 既設構造物側からの判定基準例(NTT)¹⁾

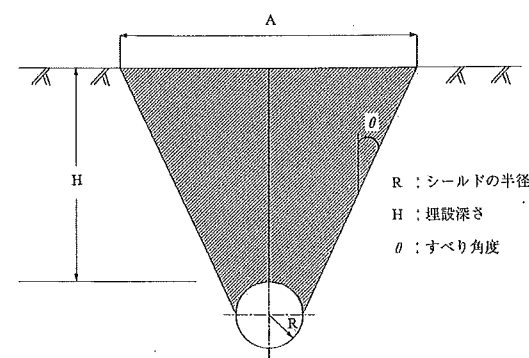


図-3 新設構造物側からの判定基準例(東京ガス)

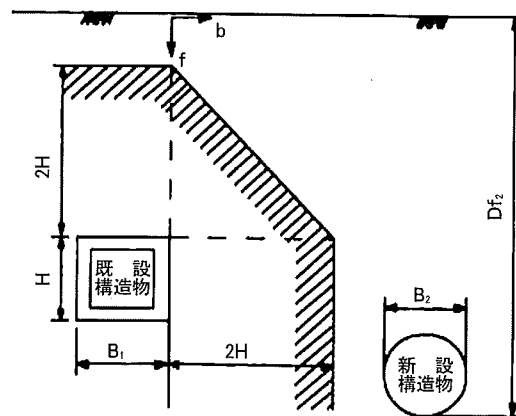


図-4 既設構造物側からの判定基準例(東京電力)

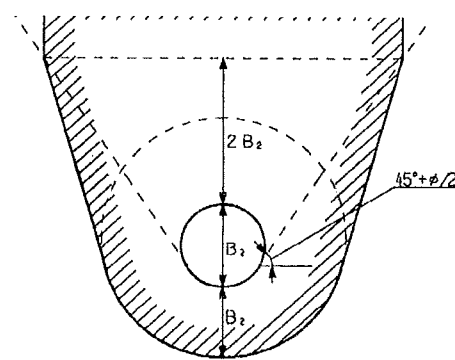


図-5 新設構造物側からの判定基準例(東京電力)

図中の斜線部で示される範囲にガス導管が埋設されている場合には、「ガス導管は地盤の沈下水平移動などによって何らかの影響を受けることになる」とされています。

- 3) 既設構造物側からと新設構造物側からの近接程度の判定を行う場合(近接程度の区分が二つの場合)

「地中構造物の建設に伴う近接施工指針²⁾」では、既設、新設両者から近接程度の判定を行うように記述されています。

図-4は既設構造物側からの近接程度の判定基準を示したもので、既設構造物が矩形の場合の例です。

また、図-5は新設構造物側(シールドトンネル)からの近接程度の判定基準を示したものです。

(4) 近接程度の判定における留意点

近接程度の判定を行う際には、計画、設計および施工協議時に、対象となる近接構造物管理企業

者の最新基準を参照し、近接程度の判定を行う必要があります。

また、設計協議と施工協議とは協議先が異なる企業者もあり、施工協議先であるシールド工事の施工場所を管轄する管理事務所には、企業者の詳細な図面が保管されていることもあります。この図面を参照することで近接構造物との正確な離隔や、場合によってはルート上にある支障埋設物を発見できることもありますので、協議先に図面の有無を確認することも重要です。

(文責：高松伸行/東急建設(株))

参考文献

- 1) 近接施工技術総覧編集委員会：近接施工技術総覧，1997.3.
- 2) (社)日本トンネル技術協会：地中構造物の建設に伴う近接施工指針，1999.2.

Q 38. 同時裏込め注入管による推力の上昇を懸念しています。同時裏込め注入管を使用する場合、発進・到達時の問題と併せて掘進時の対処方法について教えてください。

A. 掘進と連動して裏込めを行う同時裏込めの注入方法には、セグメントから注入する方法と、シールドのテール部に取り付けた同時裏込め注入管(以下、「裏注管」)から注入する方法があり、後者の利点として、テールボイドの発生箇所をただちに注入でき、沈下の抑制効果が大きいことが挙げられます。

また、注入材料として2液可塑状型裏込め材が一般的であることから、写真-1に示すように、裏注管はA液、B液の注入管とミキシング部、洗浄水管および油圧ジャッキで駆動する切替え用バルブから構成され、シールドテール部の左右両肩に取り付けることが一般的です。裏注管内には2インチ程度の配管が複数配置されるため、裏注管はシールド外筒から100mmほど突起します。

(1) 裏注管の問題点と突起によるトラブル

裏注管から注入する方式は前述した利点がある一方で、採用にあたっては次の3点に留意する必

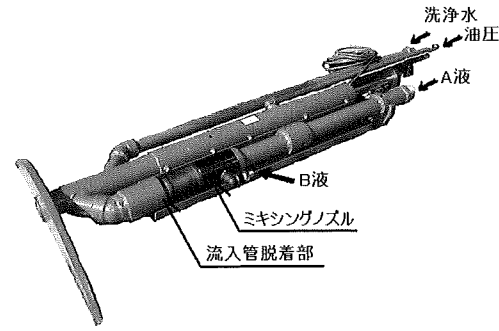


写真-1 同時裏込め注入管¹⁾

要があります。

- ① 裏込め材の固結による裏注管の閉塞
- ② テール内への漏洩・テールブラシの固結
- ③ シールド外筒から突起した形状によるさまざまなトラブル

ここでは、質問に関係した③について取り上げます。この裏注管の突起に起因する主だったトラブルとしては、推進抵抗の増大、方向制御への影響と発進・到達時の坑口からの出水があります。

1) 推進抵抗の増大

裏注管の突起部分の面積は1か所あたり0.05m²程度です。ちなみに突起により発生する掘進時の推進抵抗を杭の極限支持力をもとに求めると、 $N \geq 30$ の砂層で極限支持力が6,000kN/m²あることから、面積、個数を考慮すれば裏注管による推進抵抗は2か所で600kN程度となります。より硬質な地盤や強度が大きい高圧噴射攪拌工法などによる地盤改良範囲ではさらに大きな推進抵抗が生じる恐れがあります。過去の例では高圧噴射攪拌工法による発進防護にこの裏注管が引っかかり、掘進不能になっただけでなく、この推進抵抗が偏圧として作用し裏注管がテールとともに内側に変形し、シールドが損傷したことがあります。同様な現象は、より強度が高いNOMSTなど直接仮壁切削方式でも発生する恐れがあります。

2) 方向制御への影響

裏注管がシールドテール部の上方にあることから前述した推進抵抗により偏心力が発生し、縦断方向の方向制御

にも悪影響を及ぼしたり、さらに、裏注管側部の地盤反力により曲進施工時の抵抗になるとも考えられます。シールドの外径が変わっても裏注管のサイズがほとんど変わらないことから、方向制御への影響は中小口径のシールドでより顕著になります。

3) 発進・到達坑口からの出水

発進坑口のエントランスパッキンの止水性は、パッキン用ゴムの追従性、水圧を利用した密封性、フラッパーによる反転防止、円形のシールドとセグメントの平滑性により確保されています。しかしながら、ここに裏注管による大きな突起があると、パッキン用ゴムが追従できないことから隙間が生じ、そこから地下水が噴き出す恐れがあります。また、到達でもシールドを引き出す場合、同様な問題の発生が予測されます。

(2) 裏注管の突起によるトラブルへの対策

前述した裏注管の突起によるトラブルに対して、施工上のさまざまな工夫が必要になります。ここではそのいくつかを紹介します。

1) 推進抵抗の抑制

裏注管の突起による推進抵抗を抑制する方策は、裏注管の通過できる空間を通過前に確保することです。一つの方法としては、裏注管から前方のシールド外筒に取り付けた固定ビット(図-1参照)による突起部分の地山の切削があります。また、コピーカッタによる裏注管取り付け位置の部分切削という方法もあります。なお、これらの対策の採用にあたっては、固定ビットの摩耗やコピーカッタによるボイドの増加とその耐久性の確保に留意する必要があります。とくに長距離や砂礫地盤など硬

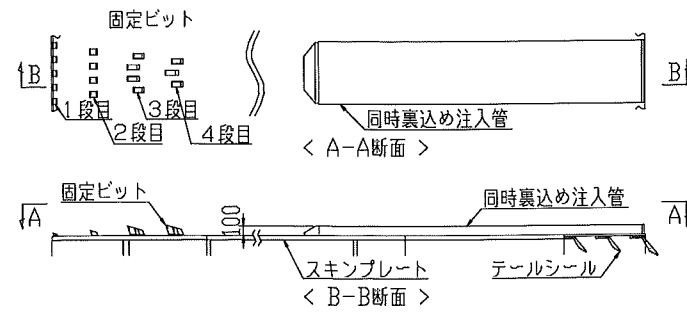


図-1 固定ビット

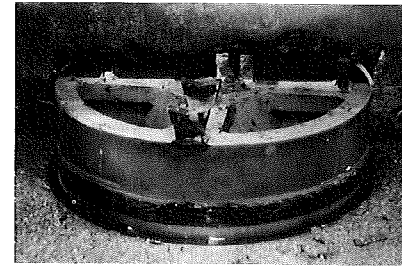


写真-2 NOMST切削装置²⁾

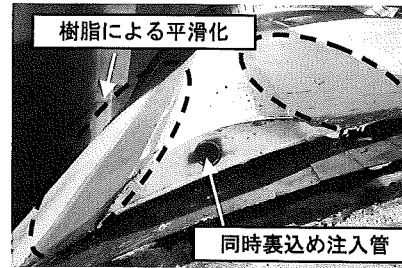


写真-3 平滑化事例

質地盤の場合には固定ビットの段差化などの対策が必要と考えます。

また、発進・到達防護に使用する高圧噴射攪拌工法やNOMSTなど直接切削用仮壁といった高い強度を有した材料に対しては、固定ビットの適用だけでは限界があるため、発進または到達坑口側から水平ボーリングにより裏注管の通過範囲を事前に削孔して空間を確保するという方法も採用されています。ただし、削孔により欠損する直接切削用仮壁部材の構造的な安全性の確認や、削孔時の出水対策を考慮しておく必要があります。

一方、NOMSTなどの切削用にシールド本体内に回転式の切削カッタを装備し、NOMST通過時に駆動させる方法もあります(写真-2、図-2参照)。

2) 方向制御性の確保

方向制御性の確保については、1)で述べた推進抵抗の抑制と裏注管を短くコンパクトにすることが基本です。

また、ジャッキパターンだけでなく中折れを装備することで裏注管によって発生する方向制御への影響を打ち消すこともできます。

3) 発進・到達時の止水対策

発進・到達時の止水対策は、エントランスの裏注管用の止水構造、裏注管部分の平滑化から構成

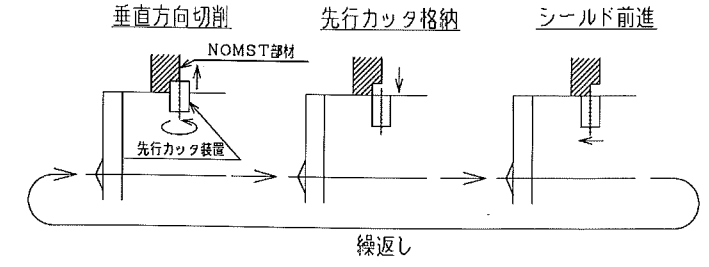


図-2 NOMST切削装置²⁾

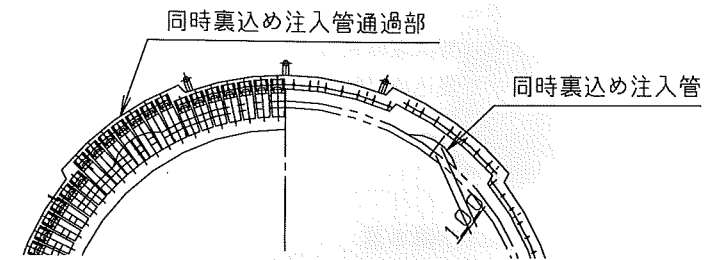


図-3 エントランス構造(同時裏込め注入管用)

されます。

① 発進時のエントランス構造の工夫

図-3は裏注管を対象としたエントランスの構造を示します。裏注管の通過断面に沿ってくぼんだ形状をしており、通過断面を確保しています。また、小断面や高水圧の場合は反転防止のフラッパーの分割を裏注管の通過部分だけ細かくしたり、従来のパッキン用ゴム($t=20\text{mm}$)に加えて薄く長いゴム($t=10\text{mm}$)を挟むことで追従性を確保しています。

② 裏注管部分の平滑化

発進時の工夫として、裏注管による凹凸をできるだけなくして平滑化する試みも行われています。写真-3は、裏注管の突起部分に弾性と密着性に富んだ樹脂(例えば、コーキング用変成エポキシ樹脂)で平滑化し、エントランスパッキンの追従性を高めた事例を示しています。

③ 到達・シールド引き出し時の留意点

シールド引き出し時には、発進坑口より大きな隙間ができることから出水の恐れがより高まりますので、坑口金物だけでなく到達方法を含め、いっそう十分な止水対策が必要となります。

(3) まとめ

裏注管による注入方法は、沈下などに対して効果的と考えますが、一方で、推進抵抗の増加、出水などのトラブルや方向制御性を阻害する一因になります。採用にあたっては、これらの得失をよく検討することが必要であり、硬質地盤、高水圧地盤、小口径シールド、急曲線施工ではとくに注意が必要です。

以上、裏注管の突起によるトラブルについて述べましたが、決定的な解決策は突起がない裏注管や、それが可能になる裏込め材料の開発であると

考えます。海外ではシールドテール部の板厚を厚くし、裏注管をその中に埋め込んでいる事例もあります。シールド工法の今後の改良の中で、この問題も解決されていくことを期待します。

(文責：名倉浩/(株)間組)

参考文献

- 1) (株)タック：同時裏込め注入管技術資料，2006。
- 2) 佐々木加津也・田中雄次・高橋慎吾・蕪木真二・清水賀之：新素材コンクリート壁切削用同時裏込め注入管部先行カッタ装置の開発，日立造船技報，Vol.60，No.1，1999.4。



多様化する シールド掘進技術

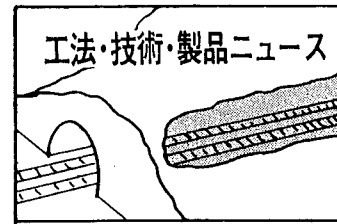
監修 シールド工法技術協会
B5判 141頁 本体価格2,500円

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

〔掲載工法〕

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

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



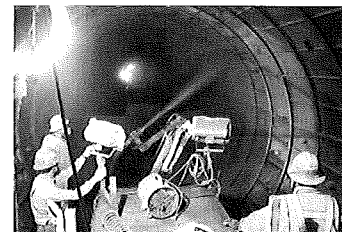
「スラリーショットシステム」 を乾式吹付け工法へ初適用

飛鳥建設は、飛驒トンネル避難坑工事において「スラリーショットシステム」を乾式吹付け工法に適用し、有用性を確認した。

飛驒トンネルは、全長10.7kmの長大トンネル。輸送距離が長いこと、フレッシュコンクリートの品質変化が懸念されたことや、二次覆工施工時にはインパットブロックが設置されているため残コンクリートの処理が困難などの条件から、乾式吹付け方式が選定されたが、別工事に対して坑道換気の上流側での施工となることから、発生粉じんの抑制が懸念されていた。

「スラリーショットシステム」は、粉じんの発生低減による作業環境の改善や、はね返りの低減、吹付けコンクリートの均質化を実現させる湿式吹付けコンクリート工法として開発されたが、今回、同システムが、乾式においても粉じん低減効果、品質の均質性確保について満足するものであることが確認された。

また、吹付け作業員の技量に起因する品質変動についても、「輝度計測式ドライミクストコンクリート含水量測定システム」を実用化することで、品質変動の低減を図った。

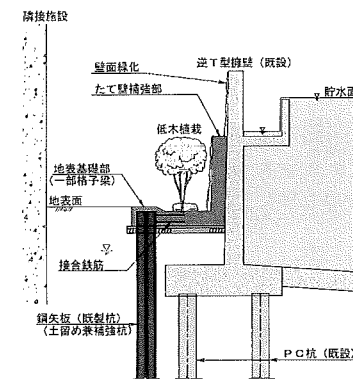


貯水槽の耐震補強工法を実用化

佐藤工業は、貯水槽の大規模地震対策として、地表から打設した補強杭とL型擁壁による新たな耐震補強工法を考案し、製紙工場の半地下式凝集沈殿槽の補修・補強工事において実用化(特許出願済)した。

同工法は、貯水槽周囲に地表から圧入工法で鋼矢板を打設し、鋼矢板を抱き込むようにL型擁壁を施工、貯水槽外壁と接合するもの。L型擁壁底部は、低木植栽や壁面緑化が可能。

貯水槽本体にはほとんど手を加えないため、深い掘削が不要であり、安全性・施工性の向上や工期短縮・工費節減効果があり、また、補強杭を鋼矢板による締め切り構造とすることで、貯水槽から不慮の漏水が発生した場合に、周辺地盤への拡散が抑制される効果もあるとしている。

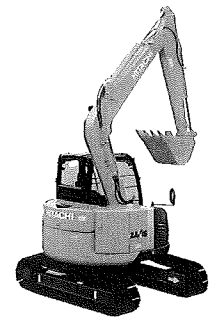


小型油圧ショベル5機種を発売

日立建機は、油圧ショベル3機種(ZX70-3、ZX110-3、ZX120-3)と同後方超小旋回機2機種(ZX75US-3(写真)、ZX135US-3)を発売した。

オフロード法排出ガス基準や欧米の排出ガス3次規制に対応し環境性能を向上させたほか、万一の転倒時に運転者を安全に保護するEOPS適合キャブの採用など安全性にも配慮した。

低燃費化などによる経済性の向上、後方確認の際、補助的に活用できる後方監視カメラの標準装備、居住性・整備性の改善など、油圧ショベルの全領域にわたって「基本性能の進化」を図っている。



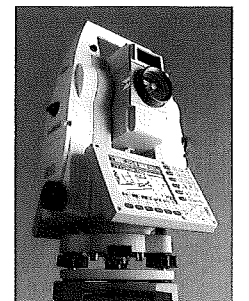
基本機能に特化した普及型 トータルステーション

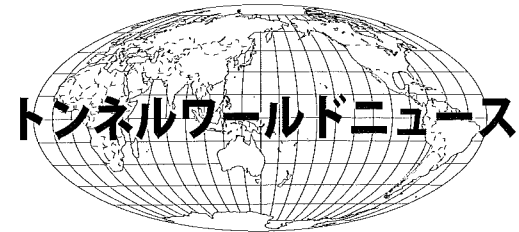
ライカジオシステムズはトータルステーションTPS 1200 Liteを発売した。

同機は、最上位機種であるTPS 1200+の基本性能はそのままに、必要な機能だけを搭載しコストパフォーマンスを追求したモデル。

プリズムターゲットを自動で認識し精密視準を行う自動視準機能、プリズムターゲットを使用せずに対象物を非接触で距離測定するノンプリズム測距機能に加え、モーター駆動、レーザー照射機能などを装備する。

購入後の上位機種へのアップグレードパスが付与されており、将来的な必要に応じてワンマンシステムやGNS受信機に拡張が可能となっている。





(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ピレネー山脈を貫く2本のPerthusトンネルが貫通

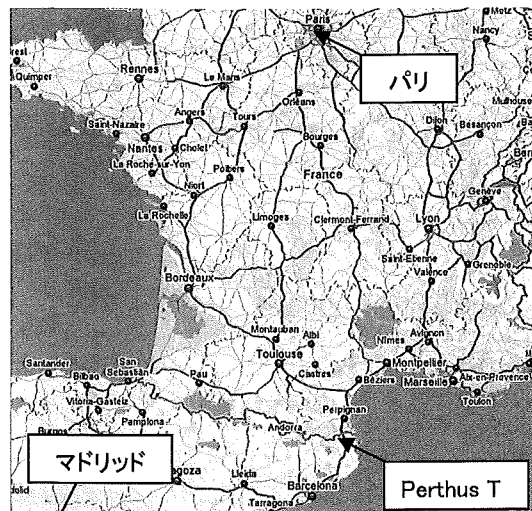
スペイン・フランス間的高速鉄道路線の一部となるピレネー山脈を貫く2本のPerthusトンネルのうち、1本目のトンネルでTBMが8.3kmに及ぶ硬岩掘削を10月に完了した。

Seli社は、Dragados-Eiffage JVとの契約のもとに、'Mistral' と命名されたTBMを使用して1本目のトンネルを掘削した。掘削は2005年9月末から開始され、2007年10月初めに貫通した。

内径8.7mの2本のトンネルを建設するために、2台の直径10mのHerrenknecht社製ダブルシールドTBM(パワー4,900kW, トルク20,000kNm)がJVにより調達され、各々17インチ、64個のカッターが取り付けられた。トンネルはコンクリートセグメント(6+1)によってライニングされ、2~4%の急勾配で建設された。

廃土運搬はMarti Technik社から調達したコンベヤで行われた。JVは2番目のTBM 'Tramontana' を用いて掘削した。そのTBMは2005年6月に発進し、11月末以前に貫通することが期待されている(11月23日貫通)。

ピレネー山脈東部に位置するトンネルの平面線

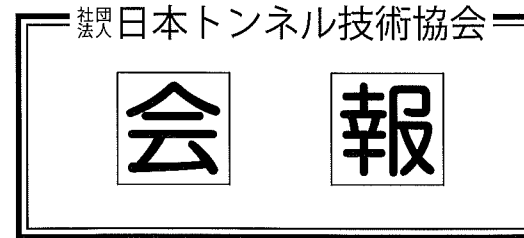


形に沿った地質は、花崗岩、花崗閃緑岩、閃緑岩、変成片岩からなる。腐敗岩中にあるいくつかの断層を両TBMが交差しており、そこでは事前の強化グラウトが必要であったが、グラウト材は主としてSeli社のグループ会社のInnotek社から調達され、各々のTBMから注入された。

トンネルはその大部分が国境からフランス側に位置しているため、TBMはフランス側で掘削を終える。2本のトンネル(25~35mの離れ)は41本の連絡横坑によって接続される予定である。

このトンネルはFigeurasとPerpignan間を結ぶ高速鉄道路線の鍵を握る区間であり、ここを結ぶことにより、スペインのマドリッドおよび主要都市と中央ヨーロッパ各国の首都とを結ぶ350km/hまでの高速運行が可能な高速鉄道網の一部を形成することになる。

(T&TI '07.11 担当：小島宗隆・鉄道・運輸機構)



1. 会員の現状

	3月25日現在
正会員	2,043名
団体会員	383名
個人会員	1,660名
名誉会員	1名
計	2,044名

2. 委員会の開催状況(3月1日~31日)

①調査研究関係委員会

◎技術委員会

都市トンネル小委員会

Q&A施工WG：3/26(中島泰彦主査ほか17名)原稿を検討

共通技術小委員会

ずり出し方式調査WG：3/6(小暮誠主査ほか6名)報告書を検討

新埋戻し材特別委員会：3/14(赤木寛一委員長ほか20名)モニタリング試験結果ほか

北海道新幹線(本州方)トンネル特別委員会：3/17, 18(足立紀尚委員長ほか45名)現地視察ほか

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第34回ITA総会およびコンGRESS 「より良い環境と安全のための地下空間を目指して」	2008. 9. 19~25	ニューデリー(インド)	CBIP(灌漑・水力中央委員会) International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会) http://www.cbip.org

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

高炉セメント利用検討委員会：3/21(魚本健人委員長ほか23名)調査のまとめを検討

小田急立体交差特別委員会：3/27(小山幸則委員長ほか32名)施工法を検討

計 6回開催 149名出席

②運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会

会誌WG：3/5(大島洋志主査ほか14名)4月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

対外広報WG：3/4(小島宗隆主査ほか8名)原稿の回収状況報告ほか

海外文献小委員会

海外ニュースWG：3/19(小島宗隆主査ほか7名)海外ニュースを翻訳

海外文献WG：3/19(大久保誠介主査ほか12名)海外文献を査読

◎事業委員会：3/25(桑原彌介委員長ほか13名)催物事業計画を検討

計 5回開催 59名出席

合計 11回開催 208名出席

続きみの庭にも温泉が出る

その後の温泉開発と建設の考え方

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



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

6月号予告[6月1日発売予定]

- 繊維補強型RCライナーの継手部耐火性能評価
- 東北新幹線 上北トンネル, 赤平トンネル
- 北海道横断自動車道 東占冠トンネル
- 東急東横線渋谷駅～代官山駅間地下化工事
- 東京都水道局 東南幹線

【連載講座】

- シールド工事の施工に関するQ&A(12)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆今回は書籍の紹介をさせていただきます。先月、「わかりやすいトンネルの発破技術」という書籍を発行いたしました。この本は以前掲載された連載講座「発破技術の現状」(8回掲載)をもとに加筆・修正したものです。講座で掲載されていた当時も読者の方より好評をいただいておりますが、さらに本文を加筆したうえ、資料も追加しましたので充実した図書にまとまったと思います。また、各章ごとのインデックスと索引を設けましたのでとても見やすい本になりました。構成は、「第1章 現状と展望」、「第2章 火薬類の基礎知識」、「第3章 発破技術の基本」、「第4章 新しい発破技術」、「第5章 発破と環境問題」のほか「資料」と「索引」となっています。内容は若手技術者の方にも発破技術を理解していただけるように火薬類や発破技術の基礎から最新技術まで盛り込みました。また、発破を行う際に避けては通れない、振動や騒音の環境問題も詳述いたしましたので末永くご利用いただける図書と考えております。トンネル技術者の方に1人1冊持っていただけるように安価に価格(1,500円(税別))を設定いたしました。ぜひお手元の書棚にお加えいただきたいと思っております。お求めは、お近くの書店か直接当社(土木工学社)の方へお申し込みください。

(I.Y)

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

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

トンネルと地下

第39巻 第5号 [通巻453号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成20年4月20日 印刷

平成20年5月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 小森 博

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL: 03-3553-6174

FAX: 03-3553-6145

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888

FAX: 03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

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

購読料

1冊 1,575円(送料108円)

(本体価格 1,500円)

1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。

TEL: 03-3267-2888

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

吹付けコンクリート用急結剤

「太平洋ショットマスター」



急結性に
優れています

セメント鉱物系ならではの
シャープな急結性が得られます
そのため吹付けコンクリートを急速に硬化させ
岩盤への優れた付着性
跳ね返りの低減が実現できます

2
短時間強度長期耐久性が
良好です

吹付け後 短時間で高い強度が得られ
以後の強度発現性も優れています
また セメント鉱物系ですので
長期耐久性も良好です

3
塩化物を
含んでいません

塩化物を含んでいないので
ロックボルト・鋼製支保工等の鋼材を腐食させません

優れた付着性!!

「太平洋ショットマスター」は、太平洋セメント株式会社が特殊セメントやセメント用各種混和剤の開発技術をもとに、鋭意研究開発したセメント鉱物系を主成分とした吹付けコンクリート用急結剤です。セメント鉱物ならではの急結性を有し、吹付けコンクリートの岩盤への優れた付着性・跳ね返りの低減が実現できます。

 太平洋マテリアル株式会社

●営業本部高機能建材営業部 〒103-0023 東京都中央区日本橋本町4-8-15 ネオカワイビル8F TEL.03-3278-5319
○北海道支店/TEL.011-221-5855 ○東北支店/TEL.022-221-4511 ○東京支店/TEL.03-3278-5331
○北陸支店/TEL.076-234-1670 ○中部支店/TEL.052-452-7141 ○関西支店/TEL.06-6228-6660
○中国支店/TEL.082-261-7191 ○四国支店/TEL.087-833-5758 ○九州支店/TEL.092-781-5331