

トンネルと地下 10

vol. 36
no. 10
2005

Tunnels and Underground

単線断面でトンネルワークステーションに挑戦
供用中のトンネルに避難連絡坑を接続
つくばエクスプレスの地下構造物
各種工法を採用した都上水道東南幹線シールド工事
波線を用いた従来弾性波探査にトモグラフィ的解析法を適用
イスタンブール世界トンネル会議技術調査報告(1)

日本トンネル技術協会誌



三菱重工

1989
英仏海峡トンネルT-5区貫通式完成にわく関係者たち

1993
《世界最大級の泥水式シールド》
東京湾横断道路工事で活躍

2003
《超大断面・大深度・長距離掘削用シールド》
神田川・環状七号線地下調整池の建設で活躍

1995
《3心円泥水式駅シールド》
地下鉄12号線環状部飯田橋駅工区建設工事で活躍

1939
《日本最初の本格的シールド》
関門トンネル工事で活躍

トンネル開発技術に60余年のヒストリー。

昭和14年(1939年)我が国初の本格的シールド式トンネル掘削機を開発して以来、三菱重工はトンネル開発技術のパイオニアとして60余年にわたり国内や海外で数多くの実績を築いてきました。豊かな21世紀を育むために、三菱重工は最先端のジオテクノロジーでさらに前進しています。



三菱重工業株式会社 本社 地中建設事業ユニット 営業グループ 東京都港区港南2-16-5 〒108-8215 TEL03(6716)3111
神戸造船所 地中建設事業ユニット 営業課 神戸市兵庫区和田崎町1-1-1 〒652-8585 TEL078(672)2876

定価 1,575円
本体価格1,500円

雑誌06619-10



4910066191054
01500

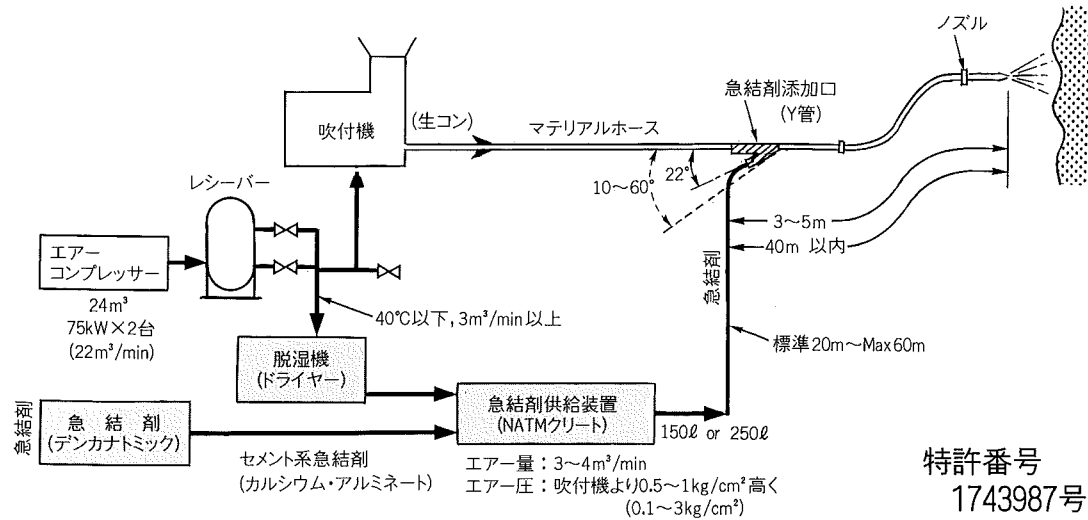
世界に誇る日本のNATMトンネル

安全性・経済性・高品質

技術者が選ぶ **デンカナトミック**

吹付けコンクリート用急結剤

NATMトンネル吹付けシステム(デンカナトミック使用時)



特許番号
1743987号
2060759号
2118718号

湧水、剥落をシャットアウトする

急結力

- 湧水に強い
- 急結性が優れている
- 付着性が大きく、はね返り損失が少ない
- 短時間強度・長期強度とも優れている

《デンカナトミック》 種類 * : TYPE-Lは、液状急結剤です。

TYPE	かさ比重(標準) 有振動	かさ比重(標準) 無振動	真比重(標準)	標準使用量 (×C%)	主成分	性能および主な用途
3	1.03	0.73	2.48	3~6 (標準5)	無機塩	一般吹付け工事、用排水路・法面吹付け工事、他
5	1.22	0.78	2.68	5~10 (標準7)	急結性セメント鉱物	高急結性一般吹付け工事、湧水部の吹付け工事、ナトムトンネル用万能タイプ
10	1.18	0.70	2.86	10~25	超急硬性セメント鉱物	高強度用 緊急・補修吹付け工事、ぼうあつトンネル工事、膨張性地山工事、地下貯蔵用タンク
L*	—	—	1.47	4~8	無機塩	一般吹付け工事 トンネル・用排水路・法面吹付け工事

■ トンネル関連製品

- デンカ Σ-ショット…高強度吹付けコンクリート用混和材
- デンカ FTN…吹付けコンクリート用高機能混和剤
- デンカ サブショット…小断面トンネル (TBM) 用吹付けモルタル
- デンカ プロック…長尺ボルト・ケーブルボルト用定着材
- デンカ ウレタン/MIF…地盤注入およびジオパライニング定着材
- デンカ AGF…AGF工法用セメント系定着材
- デンカ ES…無公害な土質安定用急硬材
- デンカ CSA 100R…トンネル2次巻きのひびわれ抑制に (水和熱抑制型膨張材)
- デンカ GK-10…セメント系裏込注入材

チャレンジする化学

デンカ

電気化学工業株式会社

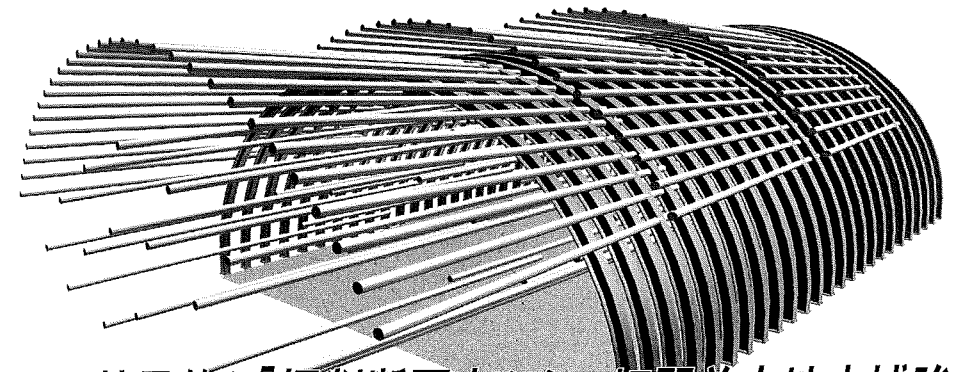
本社 ● 特殊混和材事業部
東京都千代田区有楽町1-4-1 〒100-0006
電話 03-3507-5358

全方位 GFRP 管長尺補強システム

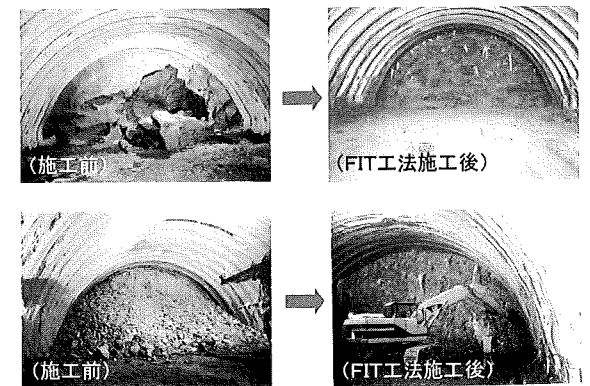
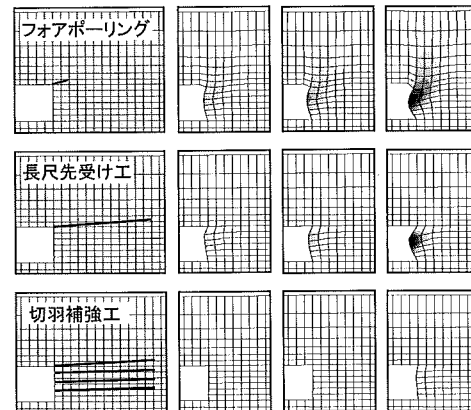
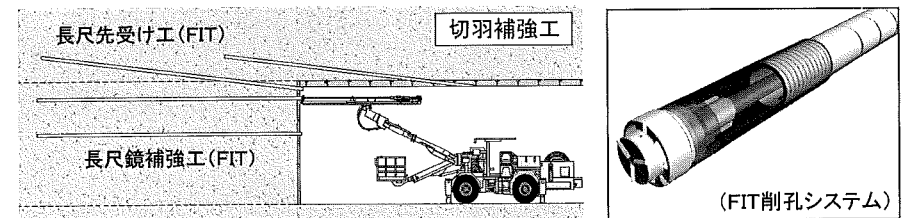
NETIS登録
(No. CB-030065)
施工実績 150 件以上

FIT 工法

FRP INJECTION TUBE



最も効果的な「掘削断面内からの切羽前方地山補強」



(数値解析による切羽補強効果の検証例)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部 TEL(03) 3798-8511 FAX(03) 3798-8516
大阪土木営業部 TEL(06) 6363-1884 FAX(06) 6313-0755
名古屋支店 TEL(052) 223-1050 FAX(052) 223-1059
札幌支店 TEL(011) 751-4681 FAX(011) 751-4682

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

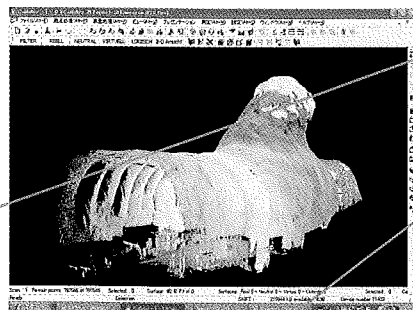
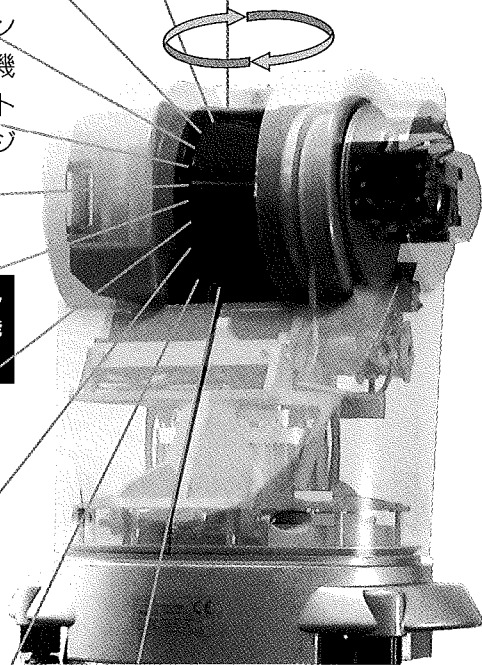
Callidus™ レーザースキャナー

3次元トンネル断面計測機

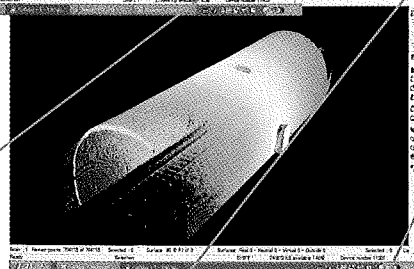
測距精度±5mmで、1秒に1000点以上計測する3次元トンネル断面計測機。1つの機械点からトンネルの約20m⁽¹⁾の範囲を10分で計測できます(機械点前後)。測定データの3次元展開図は、まさにトンネルを絵画のように詳細表示します。又、内蔵デジタルカメラで測定範囲を写真として記録可能です。

(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン



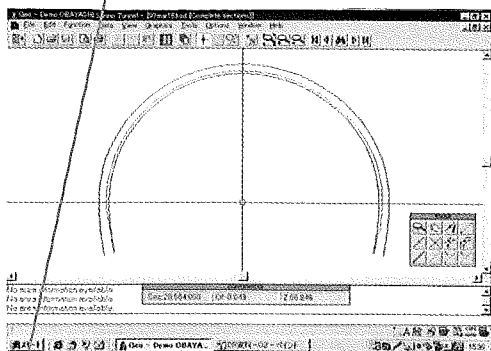
特殊なトンネル形状も対応可能です。



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

MITSUBISHI DIABIT 地山の維持・補修用工具システム

☆玉石・軽石混じり砂礫層掘削に威力を発揮!! ☆掘削しながら同時にケーシングが挿入できる!!

ウルトラメックスビット

工具システム(アウタービットロストタイプ)
※特許申請中

(パイロットビット)

(ロストビット)

スーパーメックスビット

工具システム(ビット回収タイプ)
特許No.2730253他

超硬工具協会賞受賞

主な用途

- トンネル.....鋼管先受け工
水抜きボリング
- 法面.....アンカー
水抜きボリング
鏡ボルト
鏡補強
- 基礎.....地盤改良
- 調査.....ボリング

(シャンクデバイス)

スモールビット

工具システム(ロストビットタイプ)
※特許申請中

(ロストビット)

三菱マテリアル

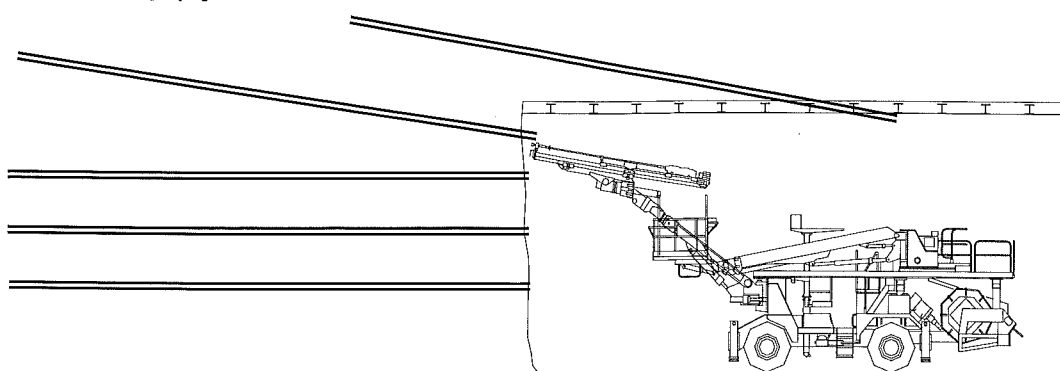
東京支店 ☎03-5819-5263 岐阜駐在 ☎0584-27-5082
大阪支社 ☎06-6355-1053 海外グループ ☎0584-27-5011
九州営業所 ☎092-573-7372

KATECS

全方位切羽補強工法

パノラマ工法

パノラマ工法は切羽から長尺樹脂管 (GRP管) を打設しシリカレジンを注入することで切羽前方地山を効果的に拘束するための全方位マルチパターン地山補強工法です。特殊強化樹脂管を切羽から全方位に打設することで、天端部の先受工と併せて鏡面補強も同時に施工することができ、切羽の安定性を高め、掘削の安全性を向上させます。



アルカリフリー型液体急結剤

AFK-777J

『AFK-777J』は、コンクリートとの混合が良く付着性に優れ、液体急結剤を少量のエアで添加するため、従来の粉体急結剤と比較して、粉じんやリバウンドが低減されます。

また、液体急結剤吹付けコンクリート用高性能減水剤『404シリーズ』を併用することで、安定した品質の吹付けコンクリート施工が実現できます。



「ヨロケ」とは昔 鉱山で呼ばれたじん肺のことです

KATECS

発泡型シリカレジン

SR-L

SR-Lは、シリカレジンベースとして従来のセメント系や無機系定着材の欠点を克服し、パノラマ工法の定着材として開発された発泡タイプの定着材です。砂層、粘土層及び亀裂の多い崩壊性岩盤や破砕帯に注入することにより、高強度の複合シリカレジン形成し芯材を確実に地山に定着させ、さらに発泡性能によって亀裂に充填されることにより芯材周囲の地山を改良できます。

注入式長尺先受工法

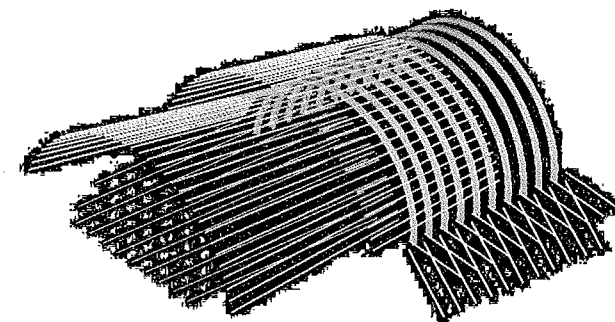
AGF工法

AGF-P工法

AGF-S工法

小口径長尺先受工法

Small-P工法



鋼管膨張型ロックボルト

タイムリーアンカー

無機系注入材

シリカセーフ

KATECS

株式会社 カテックス 建設資材事業部

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

本社 〒460-8331 名古屋市中区上前津1丁目3番3号
技術営業部 TEL 052-331-8821 FAX 052-332-0164

中部営業部 〒460-8331 名古屋市中区上前津1丁目3番3号
TEL 052-331-8821 FAX 052-332-0164

東京支店 〒112-0014 東京都文京区関口1丁目15番3号
TEL 03-3260-8321 FAX 03-3266-1648

関西営業所 〒550-0015 大阪市西区南堀江4丁目1番18号
TEL 06-6578-3235 FAX 06-6578-3237

広島事務所 〒735-0022 広島県安芸郡府中町大通1-2-13
TEL 082-285-6601 FAX 082-285-6651

九州営業所 〒816-0932 福岡県大野城市瓦田4-15-26
TEL 092-574-0856 FAX 092-574-0846

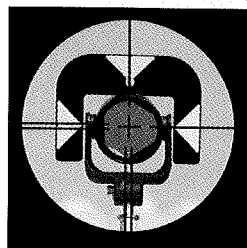
北海道地区 〒003-0011 札幌市白石区中央1条5丁目8番2号
㈱エイチ・アール・オー TEL 011-821-5868 FAX 011-821-6644

トンネル測量システム

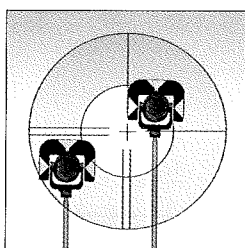
トンネル計測者の声を聞き、さらに進化。
ライカTPS1200シリーズついに登場。



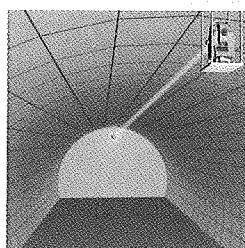
TCRA1200



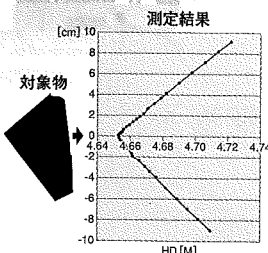
精度が向上した自動視準
プリズムの観測回数を上げると共に、CCDカメラの解像度を細かくすることで自動視準の内部処理スピードや精度が向上。



自動視準視野が変更可能
制御コマンドを使用して視野を1/3にすることにより、プリズムが近くに並んだ状態でも測定可能。



ノンプリズムの距離延長
新特許技術PinPointR300によりノンプリズム測距範囲500mまで可能。これにより、器械のターニング回数が減少。※対象物反射率90%のとき



ノンプリズム精度の向上
PinPointR300ノンプリズム測定なら、測定対象物の正確なデータ取得が可能。

ライカ ジオシステムズ株式会社

<http://www.leica-geosystems.co.jp>

本社 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコート
 テクニカルセンター 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコートB1F
 大阪支店 〒540-6131 大阪府中央区城見2-1-61 Twin21 MIDタワー31F
 福岡営業所 〒812-0016 福岡市博多区博多駅南1-3-6 第三博多倍成ビル6F
 札幌出張所 〒063-0829 札幌市西区発寒9条13丁目1-10 プレサント発寒ステーション3F
 Tel.03-5940-3020 Fax.03-5940-3056
 Tel.03-5940-3035 Fax.03-5940-3059
 Tel.06-6910-3871 Fax.06-6910-5733
 Tel.092-432-8201 Fax.092-432-8221
 Tel.011-669-1101 Fax.011-669-1102

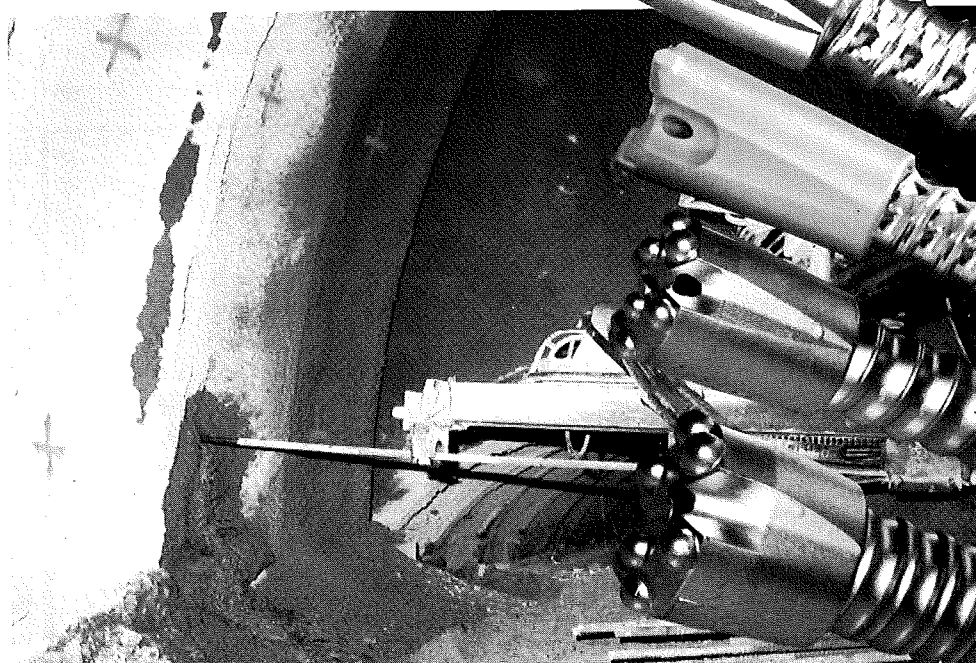


自削孔
NTロックボルト PAT.P

特徴

自削孔：削孔時には、ビットとロッドの役割をなし、削孔後には、中空ロッド内からグラウト材を充填し、完了するもので、中空ロッド自体がロックボルトの役割をなす。
施工性：スイベルスリーブを使用し、グラウト材をフラッシングとして、削孔すれば、削孔完了が注入完了となり、施工性が大幅に上昇する。
左ネジ：削孔時のズリ排出が容易。
 グラウト材との付着が良く引抜き抵抗が高い。
 全長左ネジで、カップリングで接続でき、長尺ボルトの
多様化：適応地山、使用目的に適応した4種類のロックボルト
 がある。

打設が可能。
と各種ビットが



NTロックボルト本体仕様

種類	RB-30	RR-32	RA-40	FP-73
材質及び形状	特殊鋼、台形ネジ	特殊鋼、ローブネジ	特殊鋼、台形ネジ	特殊鋼、台形ネジ
寸法	28.5D*11d(P13.0)	31.0D*16d(P12.7)	39.6D*18d(P13.0)	72.0D*54d(P8.0)
重量	3.5kg	3.5kg	6.6kg	12.5kg
耐力	≥19 tf	≥19 tf	≥35 tf	≥60 tf
破断荷重	≥25 tf	≥25 tf	≥50 tf	≥80 tf

製造元



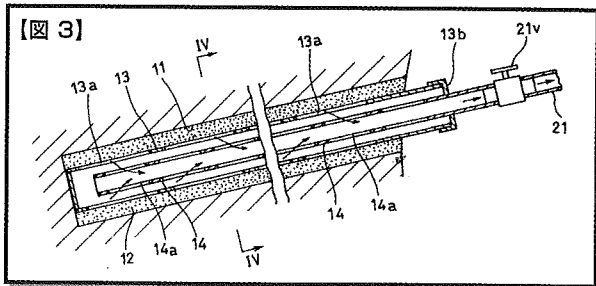
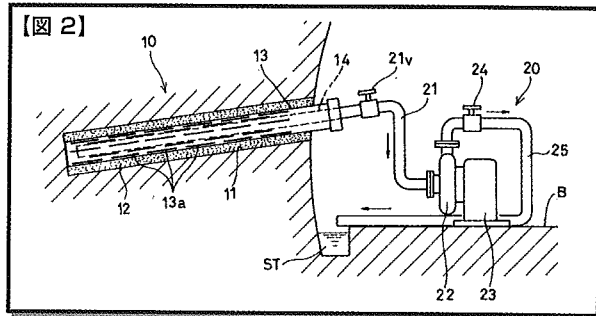
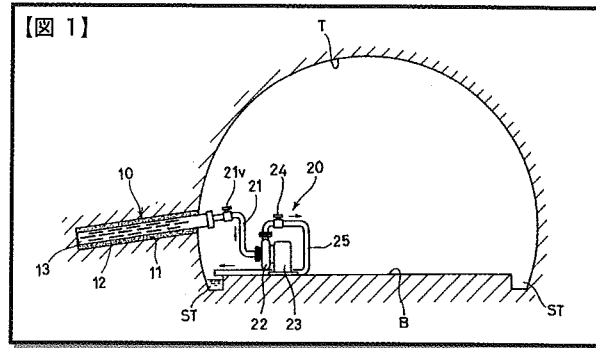
日東鐵工株式会社

本社 〒142-0043 東京都品川区二葉4-1-20 MC中延ビル
 TEL 03-5702-0161(代表)
 FAX 03-5702-0165
 中国営業所 〒700-0824 岡山県岡山市内山下1-5-11 YAF内山下ビル
 TEL 086-234-4800
 FAX 086-234-4400
 相模原工場 〒229-1112 神奈川県相模原市宮下1-1-38
 TEL 042-773-4111(代表)
 FAX 042-774-0939

トンネル坑内 湧水濾過処理工法

特許 第3497116号

トンネル坑内で掘削時に発生する湧水を濾過処理する湧水濾過処理方法において、掘削されたトンネル内に生じた湧水点又はその付近に削孔を掘削し、周囲の土に影響を及ぼさない濾過材でストレナ管の外周を囲んだ濾過手段を上記削孔に装着し、この濾過手段で湧水を濾過して清水とし、その清水を所定の吸引圧で吸引して側溝へ排出するようにしたことを特徴とする湧水濾過処理方法。

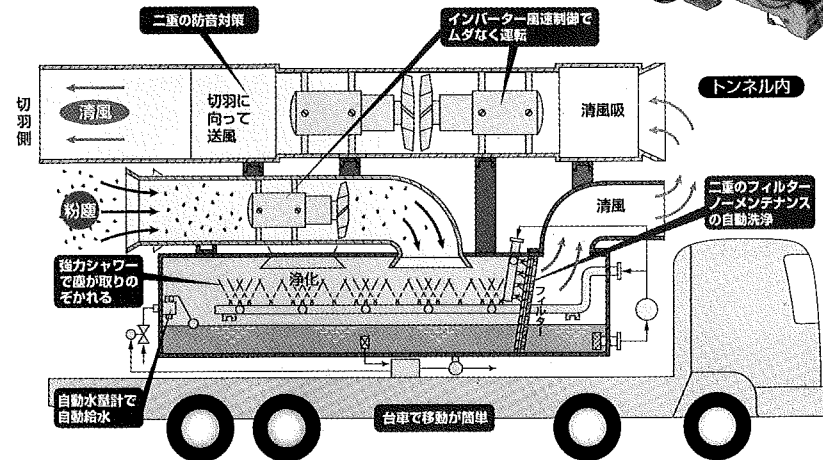
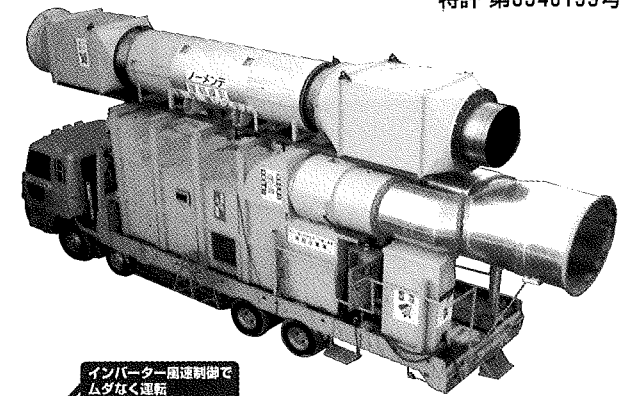


ノーメンテナンス“集塵機”強制換気システム

特許 第3546199号

集塵機の目的

- 人体に有害な粉塵の除去
- 作業員の視野の確保
- 周辺の環境の粉塵公害対策



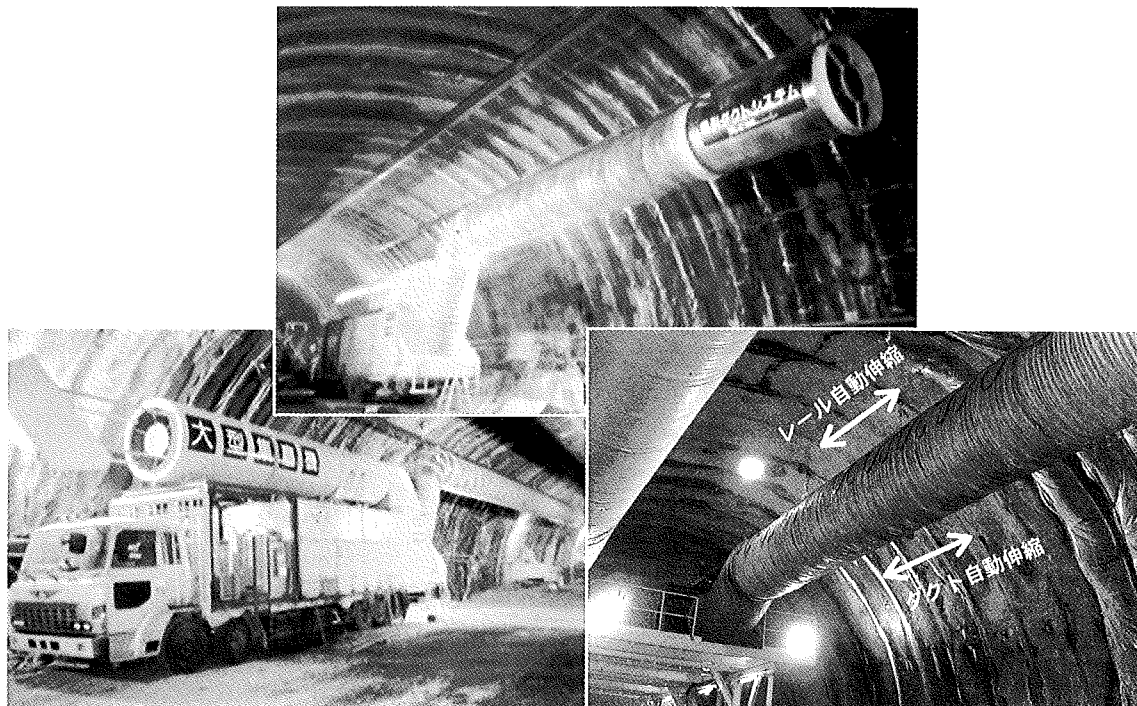
【仕様表】

		集塵機		
		S-C-900	SW37	SW55
吸込ファン	型式	MFA90Pz 37kw	SW37kw 2連並列	SW55kw 2連並列
	口径	φ900	φ1,000	φ1,100
	風量	700m³	1,100m³×2 2,200m³	1,200m³×2 2,400m³
	全圧	全圧180mmA×9.8=1,764pa	1台当り全圧180mmA×9.8=1,764pa×2台	1台当り全圧240mmA×9.8=2,352pa×2台
	回転数	1,460rpm 50Hz 1,800rpm 60Hz	インバータ 400rpm~MAX1,800rpm	インバータ 400rpm~MAX1,800rpm
送気ファン	型式	—	SW55kw 2連並列	SW80kw 2連並列
	口径	—	φ1,200	φ1,300
	風量	—	1,300m³×1 1,300m³	1,500m³×1 1,500m³
	全圧	—	全圧500mmA×9.8=4,900pa	全圧500mmA×9.8=4,900pa
	回転数	—	インバータ 400rpm~MAX1,800rpm	インバータ 400rpm~MAX1,800rpm
散水圧力ポンプ	型式	—	—	—
	吐出量	1,000l/min	1,000l/min	1,000l/min
	出力	7.5kW	11kW	11kW
	回転数	1,500rpm~1,800rpm	1,500rpm~1,800rpm	1,500rpm~1,800rpm
	装置寸法	L4,500 H2,800 W1,800	寸法は現場のニーズによる	寸法は現場のニーズによる
能力	セメント粉塵 60%	セメント粉塵 60%	セメント粉塵 60%	
	岩切粉塵 40%	岩切粉塵 40%	岩切粉塵 40%	
1カノン	風量1,000カノン~排気200カノン	風量1,000カノン~排気200カノン	風量1,000カノン~排気200カノン	
	=1m²空気中に0.01mmgの粉塵量	=1m²空気中に0.01mmgの粉塵量	=1m²空気中に0.01mmgの粉塵量	
その他	—	温度計、排水システム、記録計付きインバータ制御で、粉塵の状況に応じて風速も自由に交換できます		

S 株式会社 阪本商会 本社: 大阪市浪速区稲荷1丁目10番4号
 TEL. (06) 6562-7657 FAX. (06) 6562-7650
 西営業所: 兵庫県小野市大開町字南谷415-30
 関東営業所: 静岡県田方郡天城湯ヶ島町佐野字奥野869-619
<http://www.sakamoto-shokai.co.jp>

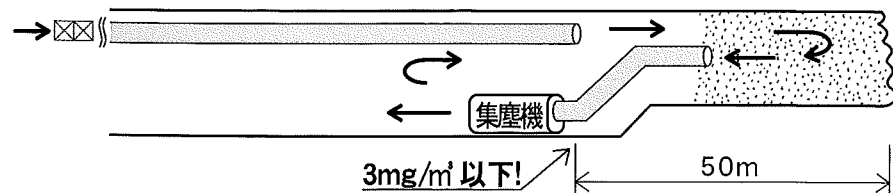
吸引ダクトシステム

ガイドラインをクリア(*) 0.5mg/m³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應。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。
- ・適應外径はΦ600~Φ1800、負圧-2kpa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。



宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

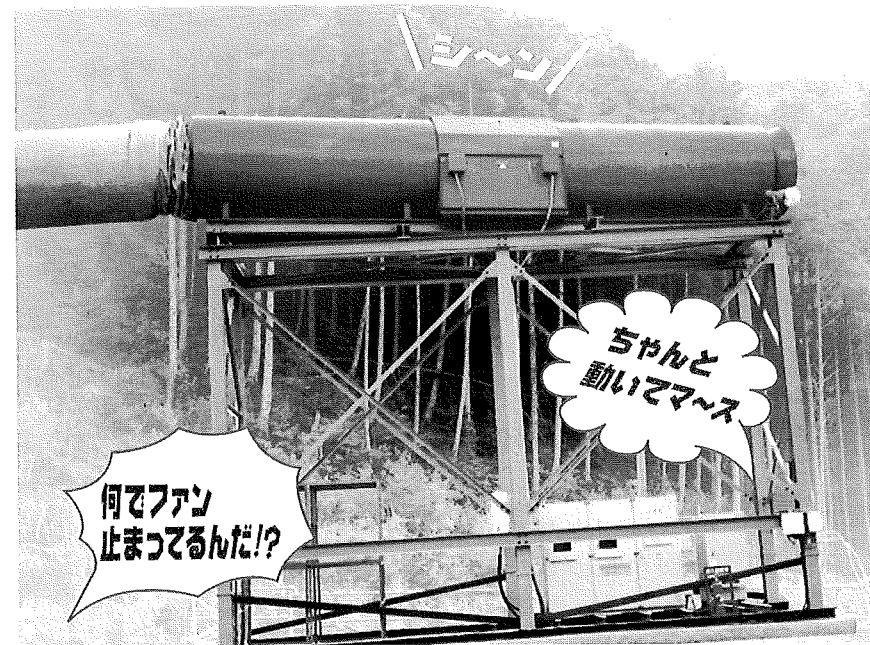
株式会社流機 エンジニアリング

本社/〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 プロフィットリンク聖坂
TEL: 03 (3452) 7400 (代) FAX: 03 (3452) 5370
つくば/〒308-0114 茨城県筑西市花田84-6

URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: eigyobu@ryuki.com リーセンサー TEL: 0296 (37) 7680 (代) FAX: 0296 (37) 7681

超低騒音・二軸反転ファン **エアロ★MAX**

耳をすまして下さい! ●**・**・**・**・**・**~ これ、ファンの音なんです。



今時、静かなのは当たり前!!

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: 標準78dB(A)、オプションサイレンサーで60dB(A) 以下も可能。
- 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: 長年にわたってつちかっ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の幅広い揃えで対応致します。
換気のご相談はお気軽に本社・営業部までどうぞ。

宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています

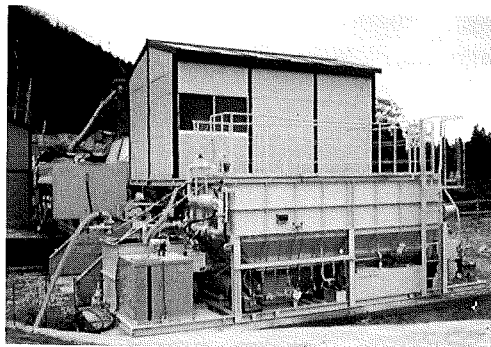
株式会社流機 エンジニアリング

本社/〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 プロフィットリンク聖坂
TEL: 03 (3452) 7400 (代) FAX: 03 (3452) 5370
つくば/〒308-0114 茨城県筑西市花田84-6

URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: eigyobu@ryuki.com リーセンサー TEL: 0296 (37) 7680 (代) FAX: 0296 (37) 7681

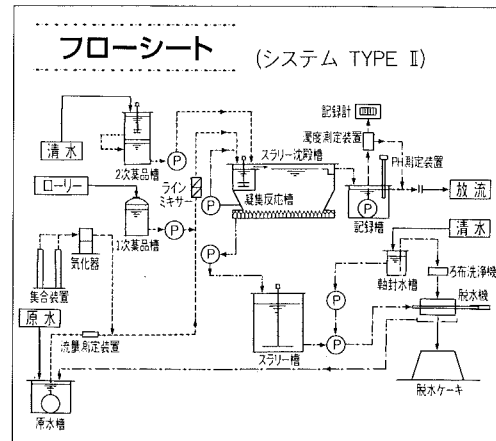
TWS型シリーズ 濁水処理装置

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。角型シクナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汙板型の脱水機を採用していることから汙布等の消耗費が少ない。
又、加圧型脱水方式の無薬注で脱水出来る。
3. シ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。
原水流入に合わ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
自動汙布洗浄装置

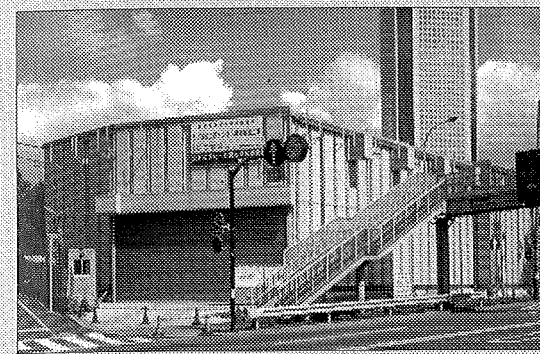
シクナー5機種、脱水機4機種を標準化し、処理量に応じた自由な組み合わせが可能です。あなたの現場にピッタリフィットのシステムを御検討下さい。

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

大丸の防音システム



サイレントハウス(Bタイプ)

- 工期の早い標準型
- 音源対策から大型プラントまで

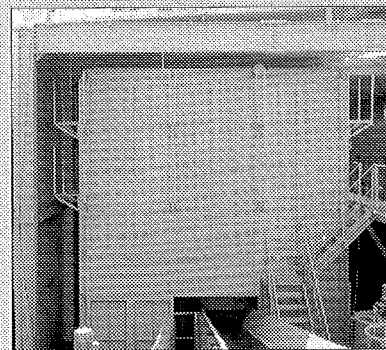
コスモス (Cタイプ)

- 防音効果が最大
- 環境問題の解決に



VLFシステム

- 超低周波音対策に
- 16Hzで-26dB (実績)



設計・施工 東京都知事許可(般-13)第76001号 鋼構造物工事業
建設コンサルタント登録 建13第5745号

DMR
Daimaru

大丸防音株式会社

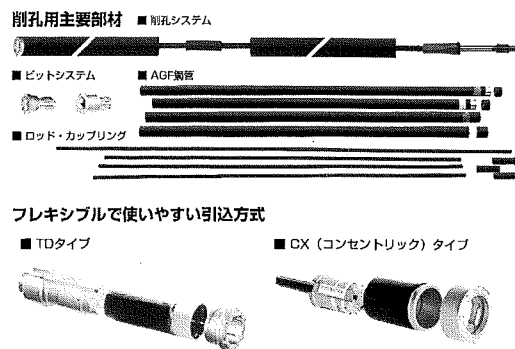
http://www.daimaru-bojon.co.jp
本社 〒104-0043 東京都中央区湊2-4-1 TOMACビル2F
TEL.03-3537-6700 (代表) FAX.03-3537-6701
営業所 〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3-28-16 オーベクスビル
TEL.06-6821-6151 FAX.06-6821-6477

TFT のトンネル資材

▼ AGF工法

トンネル工事において軟弱地山の先行ゆるみ抑制のためAGF鋼管を打設し、その後注入をおこなうことにより地山を安定させ掘削を可能にする工法で、「AGF-φ工法」等があります。

当社はこれらの「ビットシステム」「AGF鋼管」「ロッド・カップリング」等をご提供します。

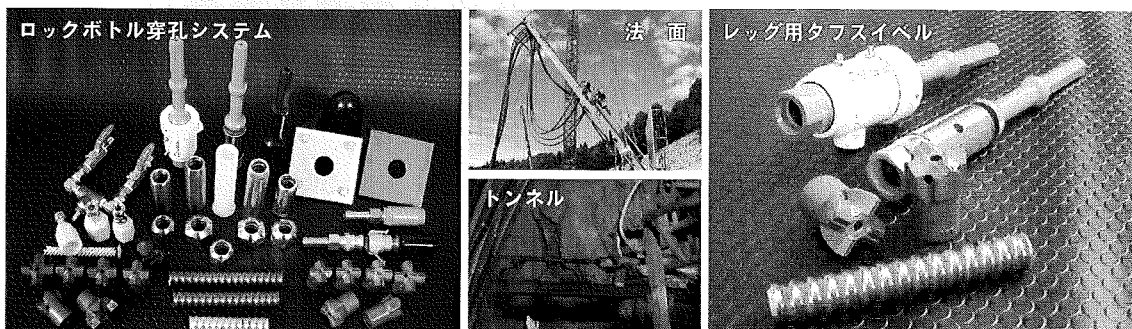


▼ タフボルト (自穿孔ロックボルト)

トンネルのフォアパイリング用ボルトから法面用ロックボルトまで幅広く使用されています。どんな削孔機でも施工でき、しかも小型削岩機も使用可能であり足場費の低減が図られます。

また削孔ビットもφ45~φ65mmと広く準備されています。

品名	外径mm	断面積mm ²	引張荷重	降伏荷重	せん断荷重
TF22	31.5	375	235kN (24Tf)	196kN (20Tf)	125kN (12.7Tf)
TF26	31.5	420	274kN (28Tf)	215kN (22Tf)	176kN (18.0Tf)
TF32	34.0	500	353kN (36Tf)	274kN (28Tf)	216kN (22.0Tf)



TFT 株式会社 **ティーエフティー**

Tube Forming & Technological

〒220-0051 神奈川県横浜市西区中央1丁目29番16-201号

Tel 045-320-1701 Fax 045-320-1702

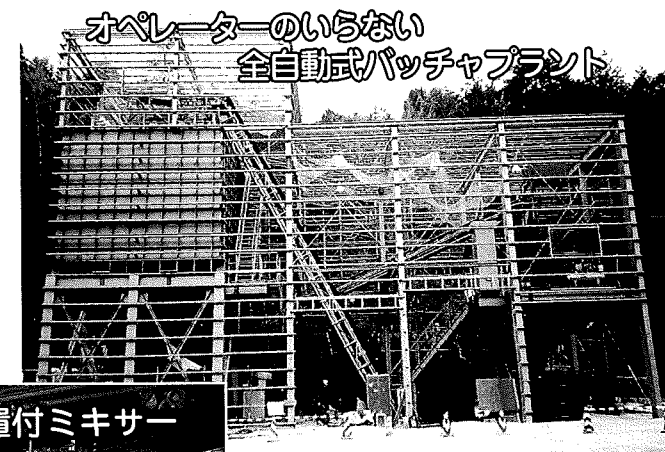
高品質・SEC・高強度対応型 吹付プラント

全自動式 バッチャプラント

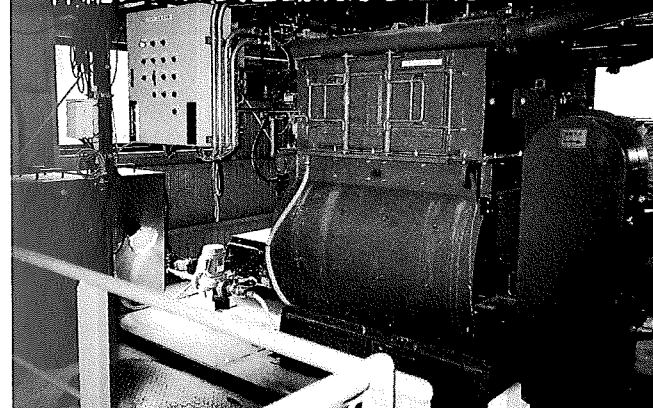
吹付コンクリート用

自動スランプ調整装置

バッチャプラントの水分補正は
名岐の自動スランプに
おまかせ下さい。



伸縮ノズル式自動洗浄装置付ミキサー



■ MKS-500KBE-TME型

生コン洗浄水処理装置

- ◆ スチールファイバー供給設備
- ◆ 濁水処理プラント (能力 10T/H~100T/H) ユニットタイプ
- ◆ 砕石プラント・産廃プラント・ベルトコンベアー 設計・製作
- ◆ 油圧バケット、特殊クレーン設計・製作
- ◆ ターンテーブル (30ton・重タンブ用・40ton通過)

MK 名岐機器株式会社

本社 岐阜県養老郡養老町有尾600-100
〒503-1227 TEL (0584) 35-3735(代)
FAX (0584) 35-3736

本巢工場 岐阜県本巣市神海
〒503-1235 TEL (0581) 32-5066
FAX (0581) 32-5565

長工期
トンネルに適し
人件費の
大幅削減!

ミキサー洗浄水

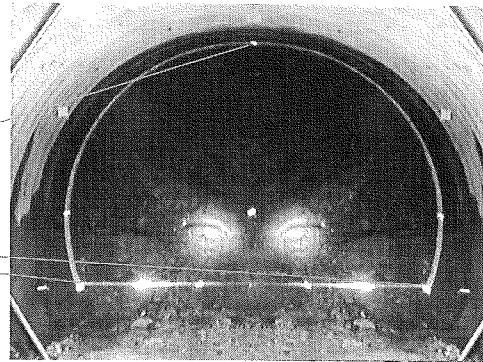
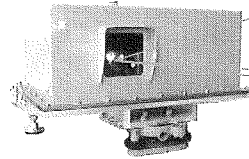
トラミキ洗浄水

リサイクル

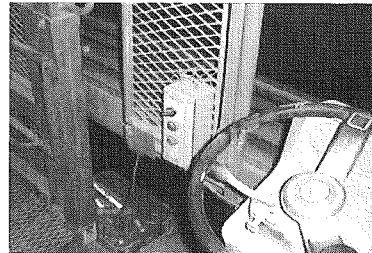
レーザーマーキングシステム

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

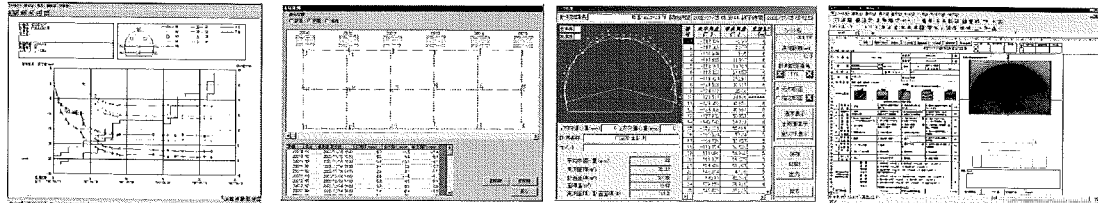


現場環境に耐え得る頑強なコントローラー

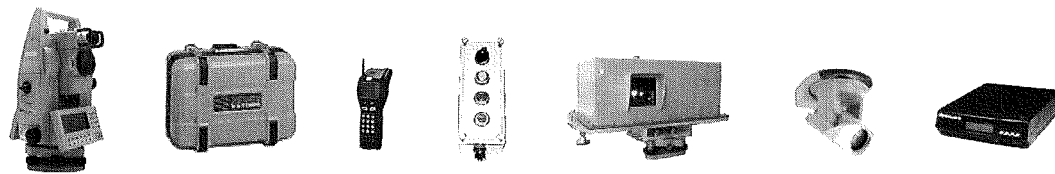


ジャンボに取付けて使用可 AC200V対応

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

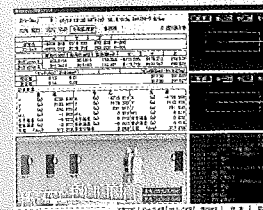
ROBOTEC SURVEY SYSTEM

シールド工事向け自動測量システム

実績 日本国内・アジア No.1

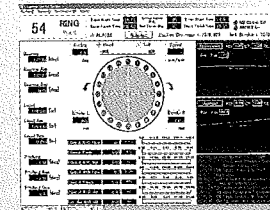
シールド工事における自動測量システムの納入実績は、国内はもとよりアジア地区でNo1となりました。数々の高速・高精度施工の新記録を打ち立て、現在も世界各国の現場で稼働しております。

自動測量システム

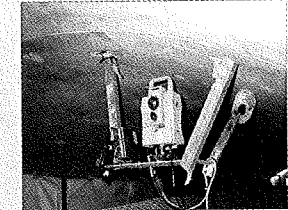


坑内は勿論離れた事務所からの遠隔測量も実現します

ガイダンスシステム



掘削オペレーターには解かり易いガイダンス画面を提供します



トータルステーションは施工工程や施工条件により弊社エンジニアが最適なスペックの機材を提案致します

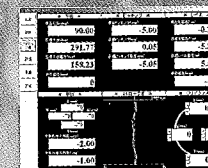
ARIGATAYA V3.0

シールド工事向け掘進管理システム

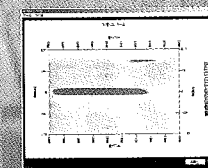
各々の現場における要望等を最大公約数で取り入れ、システムアップし、常に進化しております。弊社は強力なコンサルタント部門による提案スタイルで、お客様にご満足頂いております。

- システムタイプ
- 泥土圧 泥水 TBM
 - 上下水道 共同溝 地下鉄 道路 etc. (各々専用のソフトをご用意しております)
- オプション
- Shiled Broad Band (ブロードバンドシステム)
 - FOG (光ジャイロシステム)
 - 3D土量計測システム
 - シールド測量パック
 - セグメント内空・変位計測
 - CG・VR・ホームページ作成

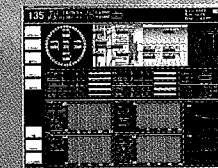
GEOMETRY GYRO



セグメント内空計測



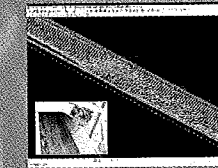
掘進管理



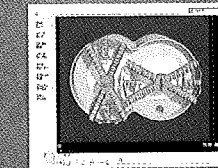
Shiled Broad Band



3D土量計測システム



CG・VR作成



enzan

enzan

Visit Our Web Site : www.engan-k.com

株式会社 演算工房

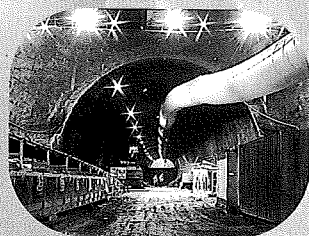
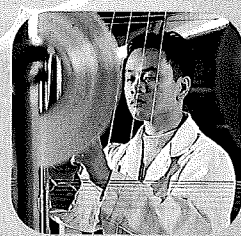
本社 office: 京都市中京区烏丸通押小路上の秋野々町535番地 日土地ビル4F TEL: 075-213-7200 FAX: 075-213-7201
東京 office: 東京都千代田区神田錦町3-15-6 川崎パークビル17F TEL: 03-3518-2688 FAX: 03-3518-2689

Cyber WORKS

ABC

VENTILATION SYSTEMS

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



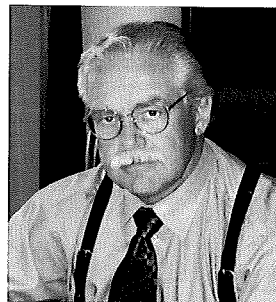
親愛なる日本の皆様

ABCカナダは、1968年の設立以来、トンネル掘削・鉱山用高品質換気システム開発に常に斬新な改革を続けてまいり、現在ではそれらの多くの現場において世界で最も優れた風管メーカーとしての地位を得ております。

ABCカナダの最も重要な使命は、風管メーカーとして如何にお客様の要望に応え、如何にお客様に満足を与えることが出来るか常に努力を続けることであり、それがお客様の幸せに貢献できるものと信じております。そのためにABCカナダはいち早くISO9001をクリアし、品質管理面においても常にお客様の満足度を満たすために努力をしております。

37年間の悲願としてこのたび日本のマーケットに参入できることはABCカナダにとり大きな喜びであり、日本国内総代理店である東友エンジニアリングと共に日本のお客様に十分満足していただける商品とサービスをお届けしていきたい所存です。

Darryl C. Yausie
President
ABC Ventilation Systems



総代理店 **東友エンジニアリング株式会社** 代表取締役社長 泉 俊憲

〒102-0073 東京都千代田区九段北3丁目2番地5号 東伸24九段ビル8階

TEL 03-3234-8901 FAX 03-3234-8900

TOYU GROUP 株式会社 トーユーエコサポート TEL 03-5226-5971 FAX 03-5226-5974

(取り扱い商品：防音システム)

トーユーサービス株式会社石岡工場 TEL 0299-27-6211 FAX 0299-27-6233

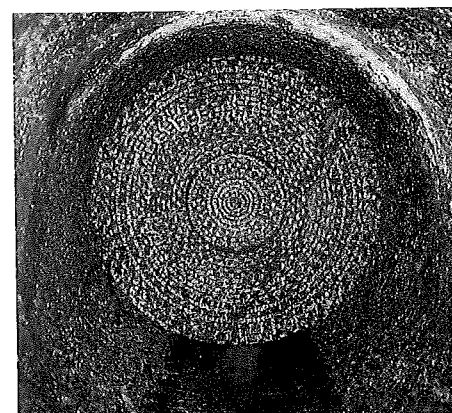
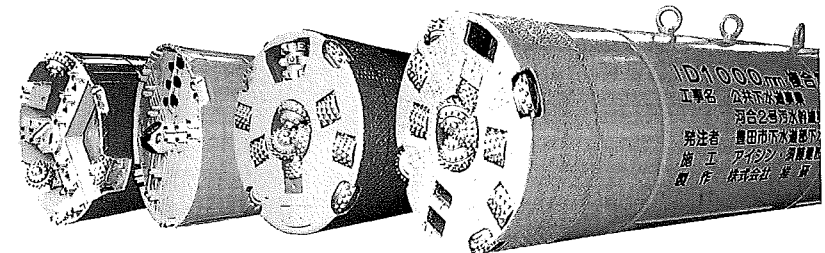
岩盤推進を創めて20年

軟弱土から硬岩まで!!

複合推進工法 (C.M.T工法)

- 800mm~3000mmまで対応
- 機内よりビット交換が可能です。
- 岩盤と普通土との互層土質も施工可能です。
- 長距離曲線推進も可能です。

■ CMT工法で使用される様々なカッターヘッドの一例



C.M.T工法協会
株式会社 **推研**

本社 〒547-0002 大阪市平野区加美東4-3-48

TEL 06-4303-6026

FAX 06-4303-6029

研究所 〒569-1044 大阪府高槻市上土室3-29-7

TEL 0726-94-6164

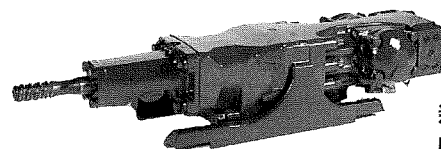
FAX 0726-92-0186

TOYO

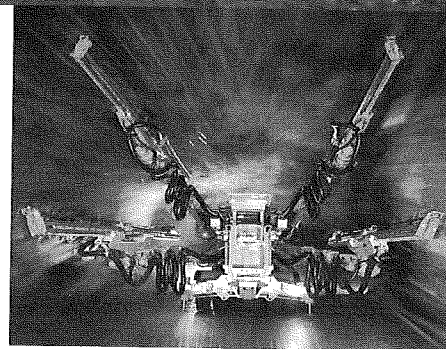
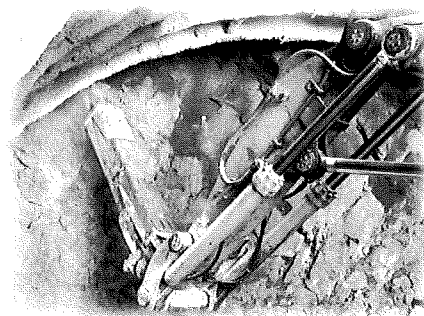
SANDVIK



サンドビクトーヨーは、高速さく孔と作業環境改善の実現をお約束します



新型高性能ドリフター HLX5



TOYO EJC Rammer

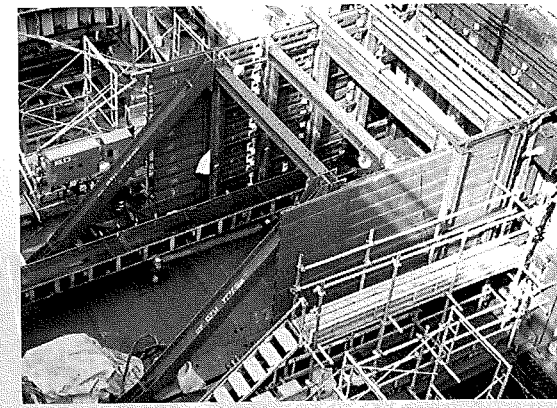
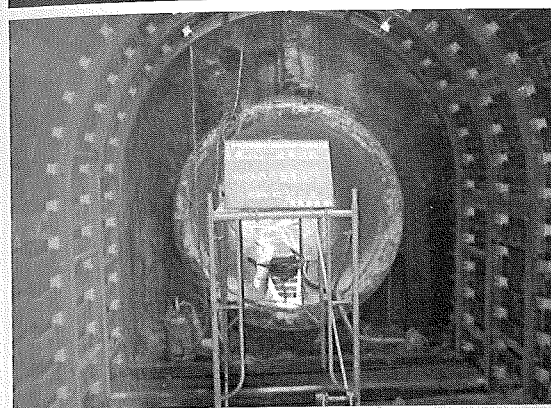
TAMROCK TORO

サンドビクトーヨー 株式会社
〒222-0033 横浜市港北区新横浜 2-15-12
共立新横浜ビル6F

Tel: 045-478-0660 Fax: 045-478-0661
URL: <http://www.SMC.sandvik.com>

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)

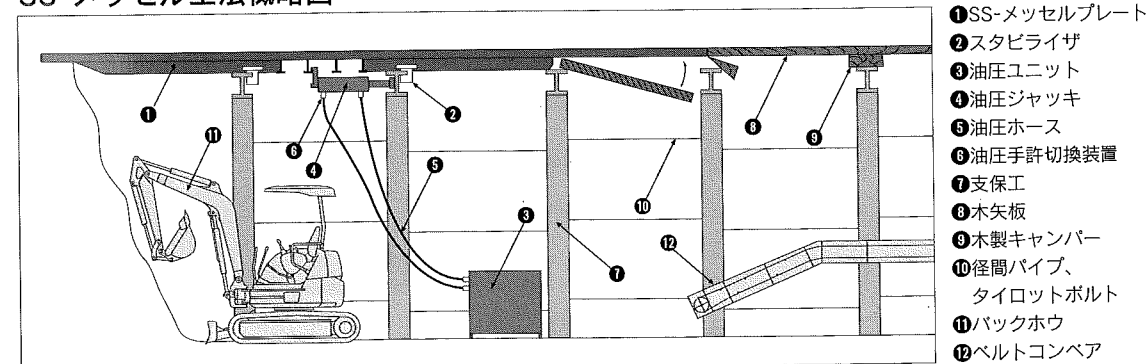
特徴

- 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・曲線掘進に適応します。
- 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



SIETECH 株式会社シーテック
URL <http://www16.ocn.ne.jp/~sietech/>

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋4丁目4番5号 TEL.(03)3263-7457(代) FAX.(03)3262-0915

電力・通信ケーブル用多条保護管

カナパイプPV型

Kanaflex

ISO9001
認証取得

トンネル内埋設工事を 省力化・効率化

用途

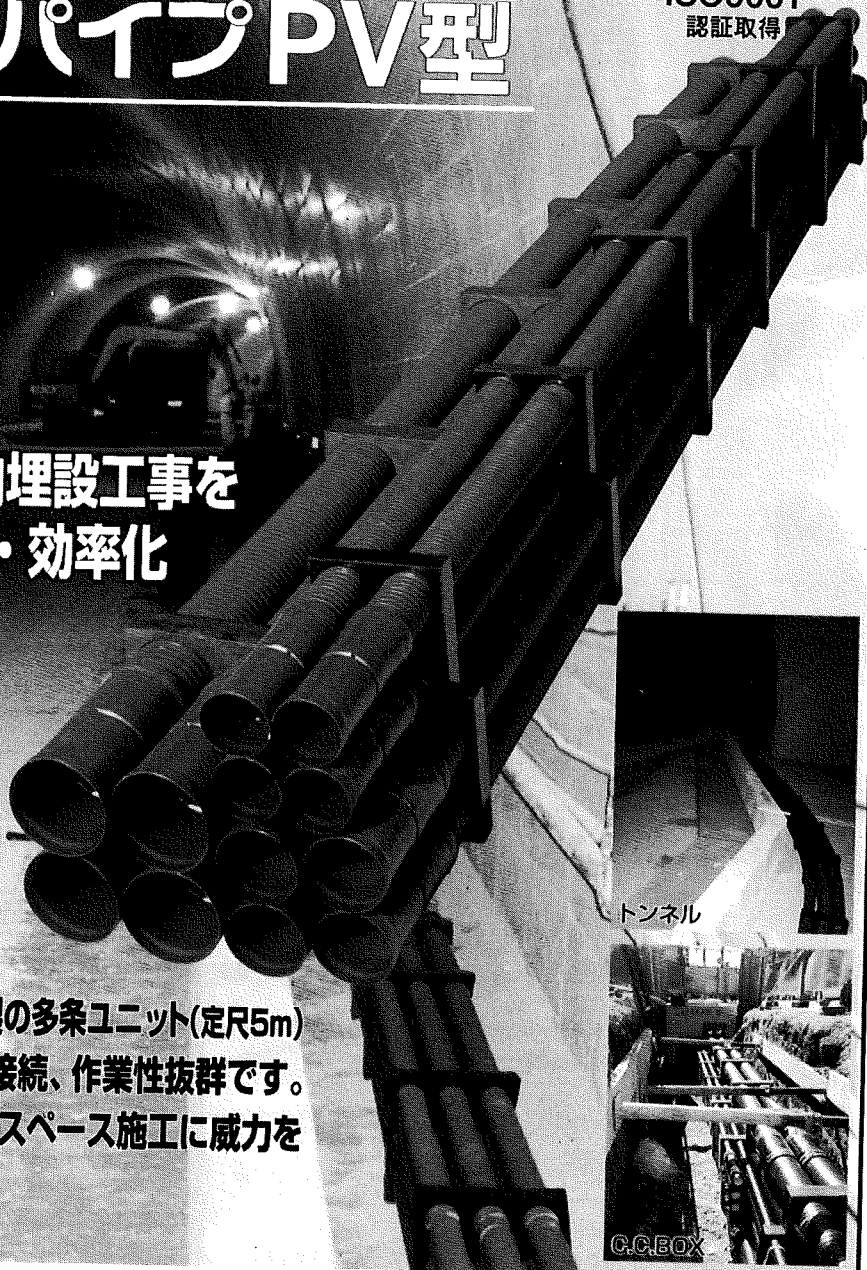
- トンネル・道路・橋梁
- レジャー施設
- 電線共同溝 (C.C.BOX)
- 大規模プラント

難燃ポリエチレン製の多条ユニット(定尺5m)
ワンタッチで管路接続、作業性抜群です。
配管間隔が狭い省スペース施工に威力を
発揮します。

カナフレックスコーポレーション株式会社

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)6881-0776 FAX(06)6881-0760
 札幌営業所 TEL(011)271-8770 仙台営業所 TEL(022)792-3055 横浜営業所 TEL(045)241-7511 新潟営業所 TEL(025)226-5111
 静岡営業所 TEL(054)275-2258 金沢営業所 TEL(076)234-5660 名古屋営業所 TEL(052)955-1511 神戸営業所 TEL(078)360-6173
 広島営業所 TEL(082)240-0609 高松営業所 TEL(087)861-4600 北四国営業所 TEL(0875)57-6120 福岡営業所 TEL(092)474-2630
 鹿児島営業所 TEL(099)224-8404

直営工場 北海道工場 仙台工場 栃木工場 千葉工場 滋賀工場 愛東工場 広島工場 四国工場 九州工場
 URL <http://www.kanaflex.co.jp>

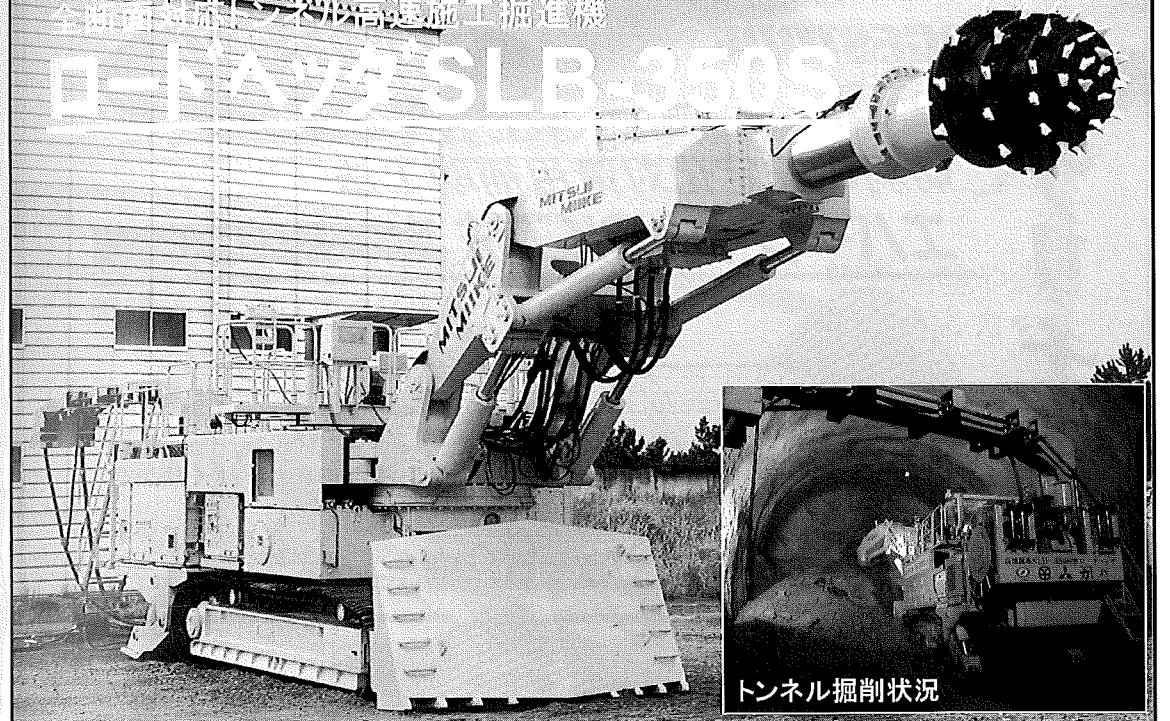


トンネル

C.C.BOX

全断面掘削トンネル高速施工掘進機

ロードヘッド SLB-350S



トンネル掘削状況

大断面トンネルの高速施工を目指して

特徴

- 国内最大の350kW・4/6P定出力型2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても充分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており、ベンチ長は最大5mまで確保できます。又、中折れブームを取り外しての全断面掘削、及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し、及び低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。(硬岩用ドラム使用)
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。
- ディーゼルエンジンの搭載により、ロードヘッド単独での走行が可能です。
よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。

※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。
 ※2 掻寄・コンベヤ仕様の場合、ディーゼルエンジンは搭載されません。

製造元 株式会社 三井三池製作所 本店 / 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
 販売元 産業機械部 TEL. 03-3270-2006 FAX. 03-3245-0203
 札幌支店 TEL. 011-251-5211 FAX. 011-221-3704 / 大阪支店 TEL. 06-6448-6851 FAX. 06-6441-6537
 福岡支店 TEL. 092-271-8871 FAX. 092-271-0653
<http://www.mitsumiike.co.jp> E-mail koken@mail.mitsumiike.co.jp

メンテナンス ミイケ機材株式会社 本社 / 〒103-0021 東京都江戸川区中央1丁目13番19号
 TEL. 03-3241-4711 FAX. 03-5678-4105



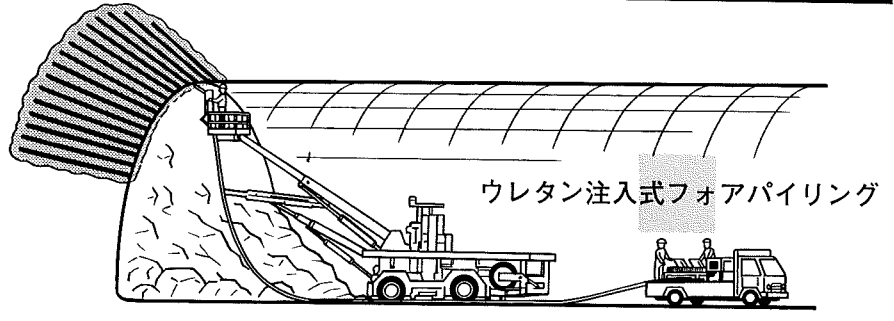
スライドデッキ

BRIDGESTONE

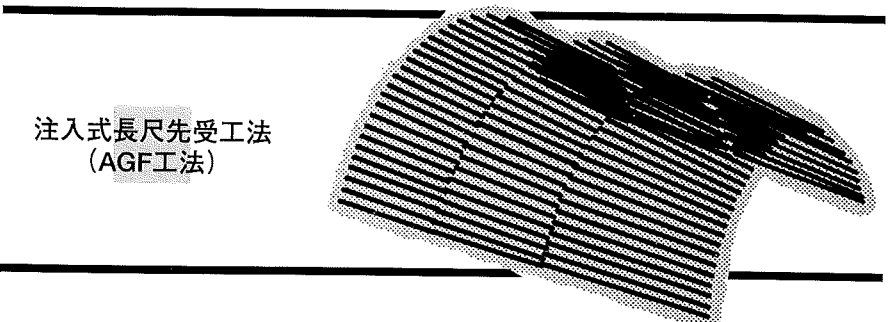
厳しい条件下の施工に
迅速な対応・信頼の
ブランド

ブリヂストンのトンネル資材

切羽の安定化対策用補助工法
エバーライトGK工法 ウレタン注入式岩盤固結工法

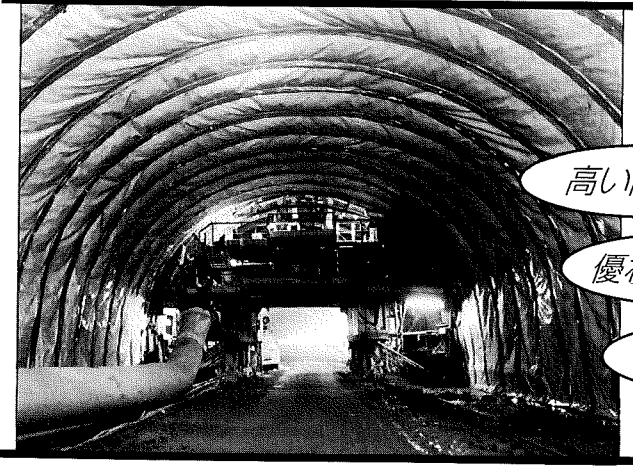


ウレタン注入式フォアパイリング



注入式長尺先受工法
(AGF工法)

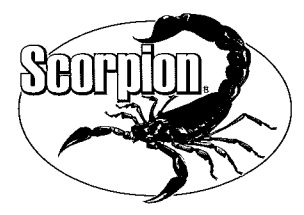
ナトミックシート トンネル用防水シート



- 高い防水性
- 優れた耐久性
- 容易な施工性

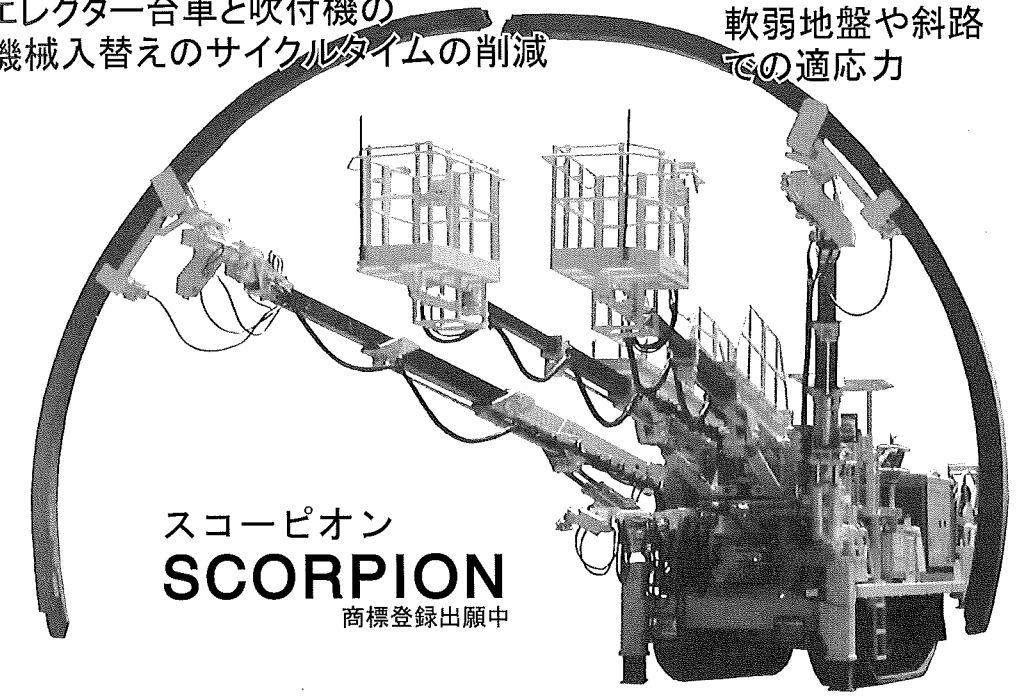
株式会社ブリヂストン 土木・海洋商品販売部
東京都中央区八重洲1丁目6番6号 〒103-0028
電話 東京(03)5202-6870

Tonneru no Rental



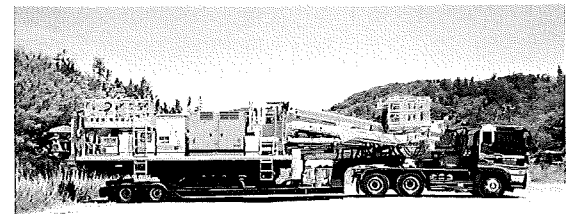
安全と効率を追求 特許出願済
ゴムクローラ式エレクター

エレクター台車と吹付機の
機械入替えのサイクルタイムの削減
軟弱地盤や斜路
での適応力



スコープオン
SCORPION
商標登録出願中

- 仕様
- 新型吹付機 AL-286
- 新型吹付ロボット
- コンプレッサー 2台
- 急結剤補給装置



●現場への輸送に解体・分離不要

小断面用、中断面用各吹付機のオリジナル・ラインナップ所有

株式会社 トンネルのレンタル

〒389-0514 長野県東御市加沢字大谷地286-1
TEL 0268(62)1426 FAX 0268(62)1999
URL: <http://www.tonneru-rental.co.jp/>
E-mail: tonneru-rental@luck.ocn.ne.jp

【好評発売中】

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 約280頁 本体価格4,660円 送料 340円

【推薦の言葉】

東京都技監兼下水道局長・工学博士 村田 恒雄

泥水式、土圧式シールドの開発と実用化により、切羽の崩壊や地盤沈下の防止はもとより、適用地盤の拡大、施工性や作業環境の改善なども飛躍的に進み、都市トンネルの施工法としてシールド工法は一般化されてきた。そして、今日では、立坑の設置や発進などの工夫や、特殊な断面形状や多円形のシールド工法の開発など、今日的なニーズや用途に応じた技術が誕生している。これらの技術は、国内はもとより英仏海峡トンネルの建設でも活用されるなど、広く海外でも日本で育ったトンネル技術として社会基盤造りに貢献している。

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だけで、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されている。また、これらのこと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・設計例も紹介されており、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。

本書の刊行が、シールド工事のより一層の安全性や経済性に寄与するとともに、新しいシールド技術の発展に貢献するものと確信するものである。

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

きりーとーりー線

《ご注文票》

シールドトンネルの新技术 _____ 冊 申込みます。

所在地 〒 ()

事業所名 _____

部 課 名 _____

申込者名 _____

®

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

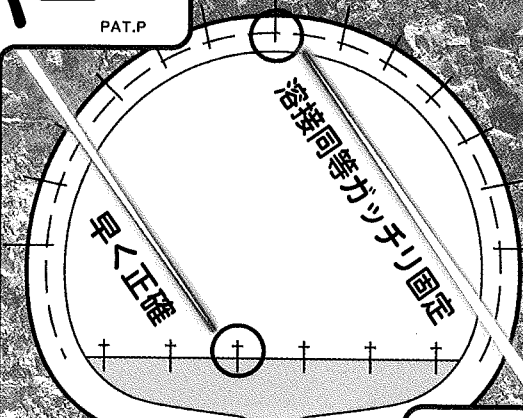
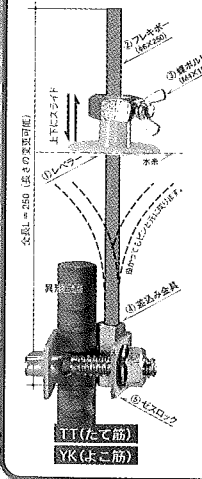
本 社 〒501-1534 岐阜県本巣市根尾神所 362-1
TEL(0581)38-2241(代) FAX(0581)38-3383
営業所 〒501-1203 岐阜県本巣市文殊 64-387
TEL(0581)34-3990(代)

安全・作業効率・経済性を追求した“トンネル副資材”!!

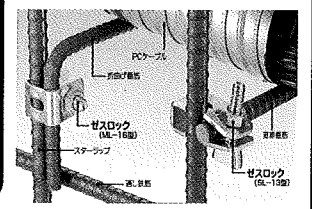
コンクリート床版の天端出し表示具

テンバー®

PAT.P



鉄筋組立クロス部‘結束金具’



ゼスロック®

PAT.P

建設の安全と省力化にアタック
ゼン技研株式会社

〒818-0105 太宰府市都府楼南5-16-13
TEL (092) 925-8161 FAX (092) 925-3449
URL <http://www.zen-g.co.jp/>

コストダウンを可能にする Kリング

特許出願中 (特願2001-309314号)

トンネル工事におけるインバート、アーチ鉄筋組立金物

トンネル施工時の覆工工事における、鉄筋補強工事は、坑内上部・壁部にアンカーを打ち、そのアンカー筋に段取り筋を溶着し、それにアーチ筋を取付けていましたが、"防水シートを焦がす"、"塵肺作業である"、"作業効率が悪い"等問題点が指摘されていました。当社開発のKリングを使用することにより、スピードアップ、コストダウンを可能にすると同時に諸問題をすべて解決することができました。

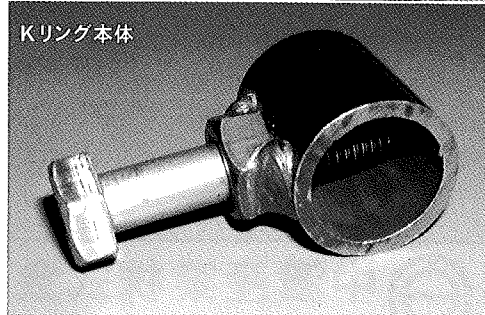
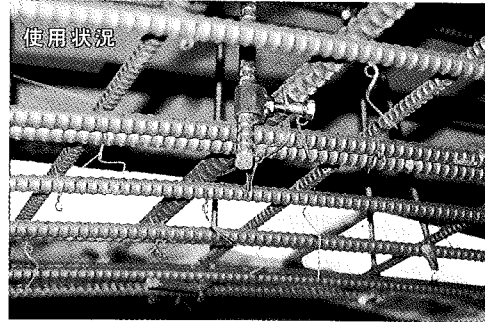
ご納入実績

鹿島・西松・大豊共同企業体 第二東名高速道路 富士川トンネル東工事
 大林・白石・地崎工業共同企業体 第二東名高速道路 掛川第三トンネル工事
 奥村組・名工建設・矢作建設工業共同企業体 第二東名高速道路 島田第五トンネル工事

製造・販売元

KTK
 ケーティーケー

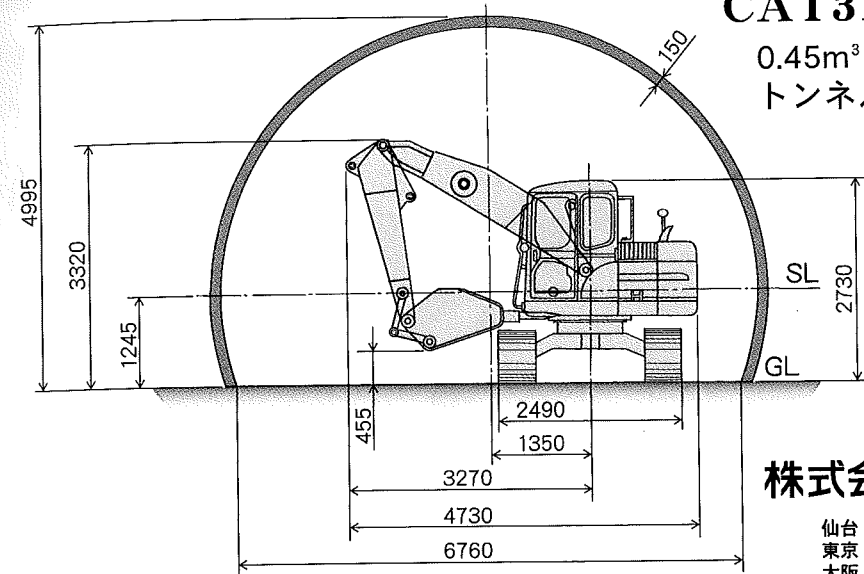
〒436-005 静岡県掛川市弥生町 105 番地
 Tel : 0537-24-5988 Fax: 0537-24-3859
 E-mail : ktk@r5.dion.ne.jp
 URL : http://www.h7.dion.ne.jp/~ktk



小断面にも入ります?

CAT313B

0.45m³ショートブーム
 トンネル仕様



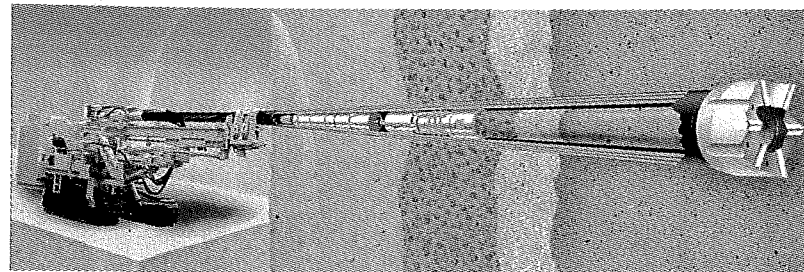
株式会社 ケイリー

仙台 : TEL.022-359-5331
 東京 : TEL.03-3661-5651
 大阪 : TEL.06-6838-1372

CATERPILLAR (キャタピラー) 及びCATはCaterpillar Inc.の登録商標です。

トンネル掘さく的安全施工に アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■ 特長

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

KOKEN 鉦研工業株式会社

本社 〒164-8650 東京都中野区中央1-29-15
 TEL (03)3366-3111(大代表) FAX (03)3366-3341

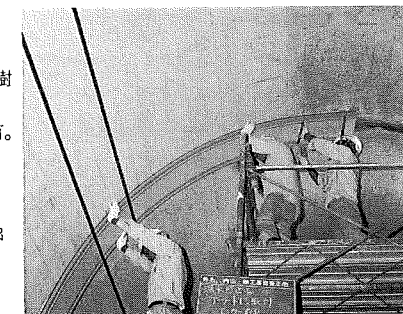
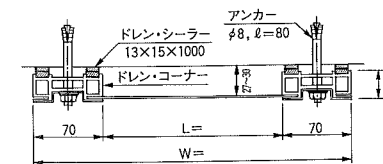
お問い合わせ先 : エンジニアリンググループ
 TEL. (03)3366-3123 FAX. (03)3366-3365
 http://www.koken-boring.co.jp/

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に

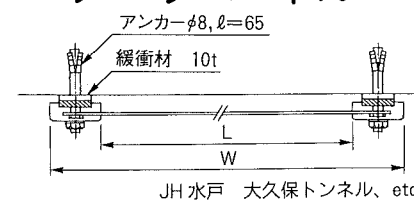
アーチ・ドレン 導水樋

■ 特徴

- ・漏水幅に応導水幅の選択が可能
- ・導水プレートはアクリル変性P.V.C強化樹脂で驚異的な耐衝撃性有り
- ・寒冷地型、Box カルバート用勾配型、etc 有。

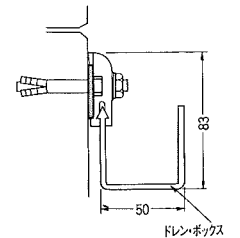


コンクリート剥落対策に アーチ・パネル



JH 水戸 大久保トンネル、etc。

水平導水樋に サイド・ドレン



■ 特徴

- ・スプリングライン等の水平方向からの漏水対策に最適
- ・ドレン・ボックスは必要に応じサイズの変更が可能

ニホン・ドレン工業株式会社

〒910-2166 福井市小路町 4-12-1
 ☎0776(41)3725 FAX 0776(41)3455
 e-mail n-doren@sky.hokuriku.ne.jp



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。

次世代型ホイール式ドリルジャンボ JTH2200R/3200R

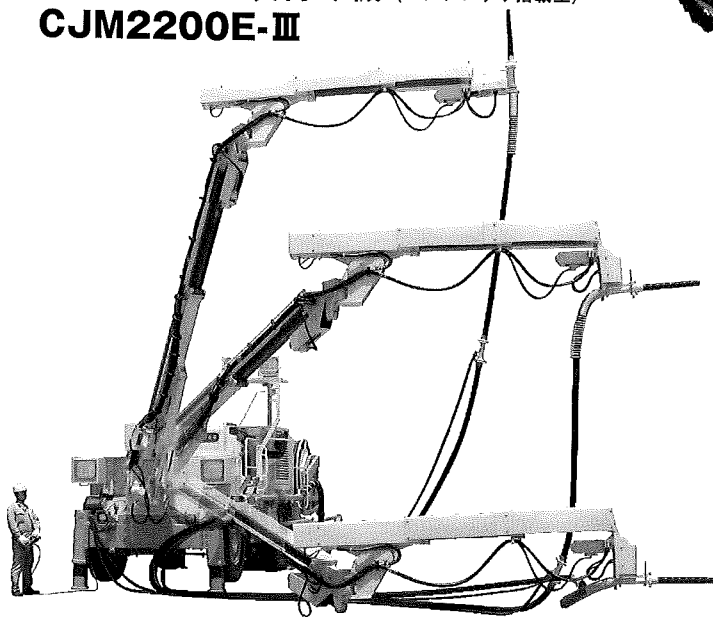
新幹線・道路・水路等の全断面および補助ベンチ工法のトンネルさく孔に威力を発揮します。

新世代型油圧ドリフタHD210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



写真は吹付け姿勢の合成写真です。

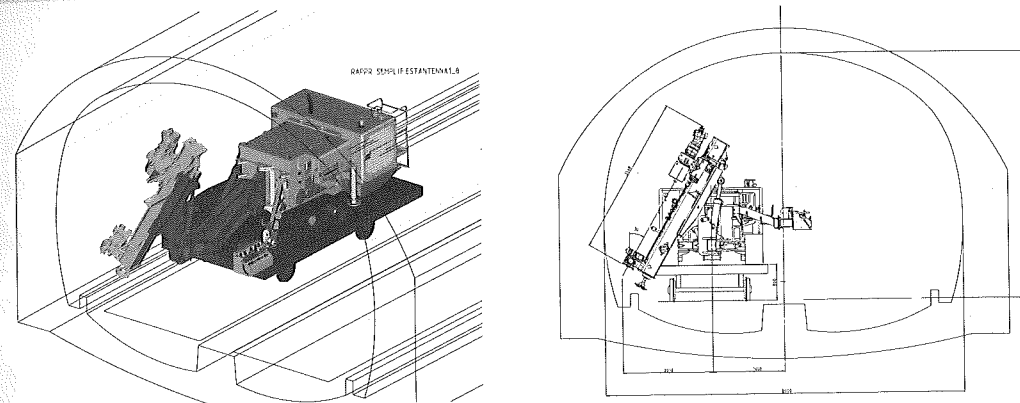
◆CJM2200E-Ⅲ主な仕様

質量	22トン
全長	15,600mm
全幅	3,000mm
全高	4,000mm
吹付け範囲	
高さ × 幅	10m × 13.3m

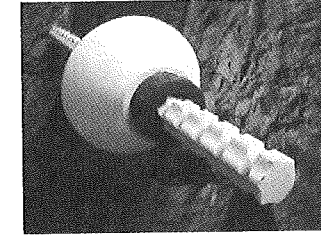
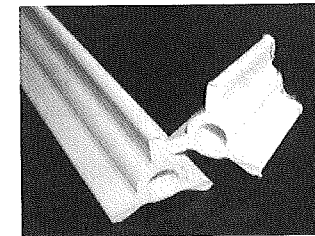
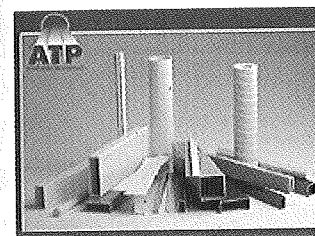
自走式キャリアに、コンクリートポンプ、急結剤供給装置、コンプレッサ、高圧水ポンプ等、吹付け作業に必要な装置を搭載したコンパクトな一体型コンクリート吹付け機です。

トンネルの削孔機械・輸入資材

- 油圧削孔機 SM401 ショートマスト仕様
現場に応じたショートマスト長を選択可能 (ロッド長 1m ~ 2m)



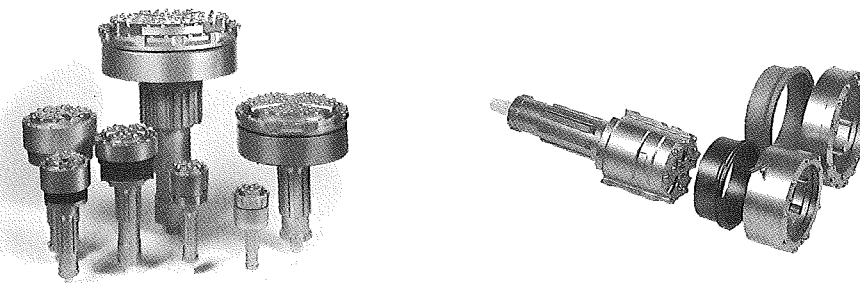
- グラスファイバチューブ & ボルト
トンネル切羽等の補強資材、その他注入用のチューブもございます。



STAR 500S

WIBOLT STAR

- SOROFLEX [リングビット]
小口径から大口径までケーシングを用いる二重管削孔に最高のビットシステム



△ 古河機械金属グループ (旧社名: 古河機械販売株式会社)
FRD 古河ロックドリル株式会社 ホームページ: <http://rvs.furukawakk.co.jp/ms/>

本社 〒101-0047 東京都千代田区内神田2丁目15番9号 古河千代田ビル 特機営業部 ☎03-3252-2544
札幌支店 ☎011-861-3261 東北支店 ☎022-384-8991 関東支店 ☎027-322-5953
名古屋支店 ☎0568-77-7700 静岡出張所 ☎054-620-1641 関西支店 ☎06-6475-8221
広島営業所 ☎082-231-5621 四国営業所 ☎087-833-4833 九州支店 ☎092-948-2010

SOILMEC ソイルメックジャパン株式会社
Drilling and Foundation Equipment

〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町3-12 サンバードビル3F
TEL:03(5643)1271 FAX:03(3664)6451 <http://www.soilmec-j.com/>

■巻頭言

地下空間の未来

只腰 憲久5

■研究

波線を用いた従来弾性波探査にトモグラフィ的解析法を適用

三木 茂・吉田 幸信・進士 正人・中川 浩二51

■計画

各種工法を採用した都上水道東南幹線シールド工事

山田 廣・忍 亮39

■報告

イスタンブール世界トンネル会議技術調査報告(1)

JTAイスタンブール技術調査団 61

■施工

単線断面でトンネルワークステーションに挑戦

—JR吾妻線付替 横壁トンネル—

岡野 法之・辻 徹・中島 純也・河南 幸治7

供用中のトンネルに避難連絡坑を接続

—湯浅御坊道路 川辺第一トンネル—

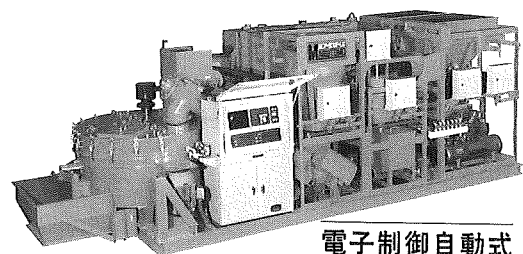
緒方 健治・橋 豊・阿部 俊・谷口 拓也17

コンパクトで計量精度は抜群...

丸友の移動式 コンクリートプラント

製造・販売・リース

生産量 10~90m³/H



電子制御自動式
(印字自動記録装置付)

丸友機械株式会社

本社 名古屋市東区泉一丁目19番12号
〒461-0001 電話 (052) (951) 5 3 8 1 (代)

東京営業所 東京都千代田区神田和泉町1の5
〒101-0024 ミツバビル 電話 (03) (3861) 9461 (代)
恵那工場 岐阜県恵那市武並町藤字相戸2284番地
〒509-7121 電話 (0573) (28) 2 0 8 0 (代)

つくばエクスプレスの地下構造物

—秋葉原駅~綾瀬川トンネル—

赤澤 有二・富田 能民・阿部 修三27

■連載講座

山岳トンネルにおける工事用機械の選定(24)

仮設備(3)—坑外設備—

「山岳トンネルにおける工事用機械の選定」連載講座小委員会71

■現場だより

「芸術と文化と健康福祉が調和した町」尾道市御調町より

藤田 英治26

■資料

トンネル千夜一夜(10)

小野田 滋48

土木情報

編集部50

トンネルジャーナル

編集部60

工法・技術・製品ニュース

編集部83

海外文献速報

JTA研究開発委員会84

■会報

会報

日本トンネル技術協会86

【表紙説明】

つくばエクスプレスの地下構造物

—秋葉原駅~綾瀬川トンネル—

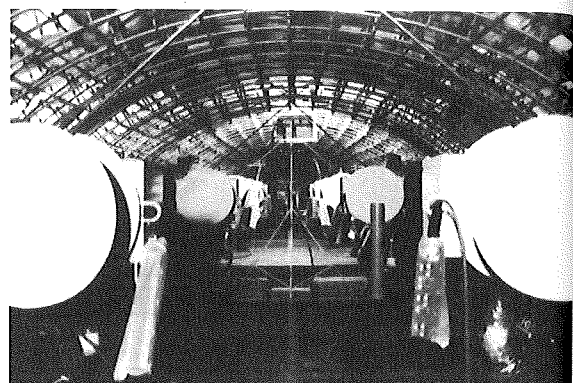
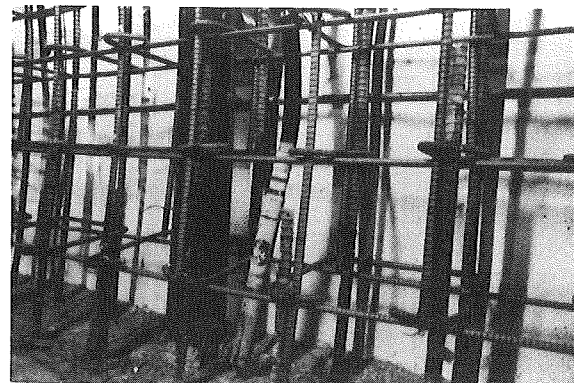


つくばエクスプレスは、東京都の秋葉原を起点とし、埼玉県および千葉県を経て茨城県のつくば市に至る延長約58kmの都市高速鉄道新線である。平成6年の工事着工から約10年を経て、今年の8月に開業を迎えた。最高運転速度は130km/hで秋葉原~つくば間を最速約45分で結ぶ。

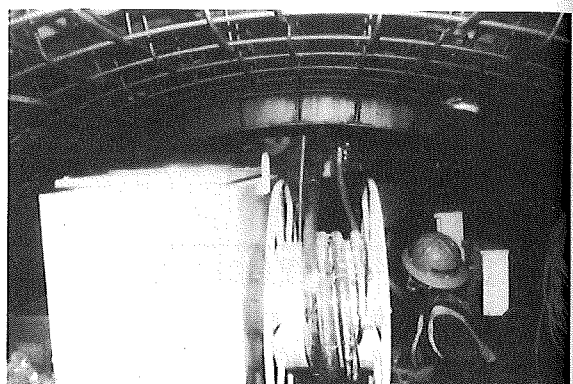
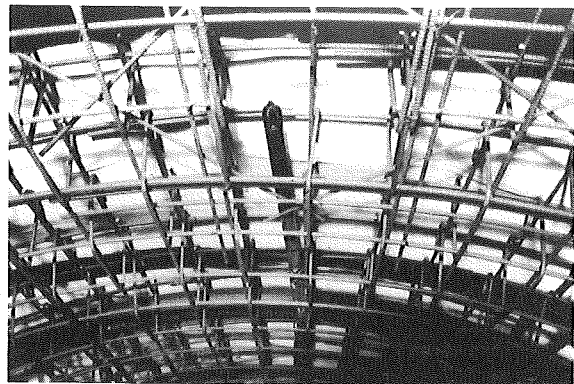
写真は、つくばエクスプレスのうち、東京都内地下鉄区間(13.3km)の6か所の駅間トンネルと代表的な駅および発車式の状況である。

[写真提供：鉄道・運輸機構](本文27頁参照)

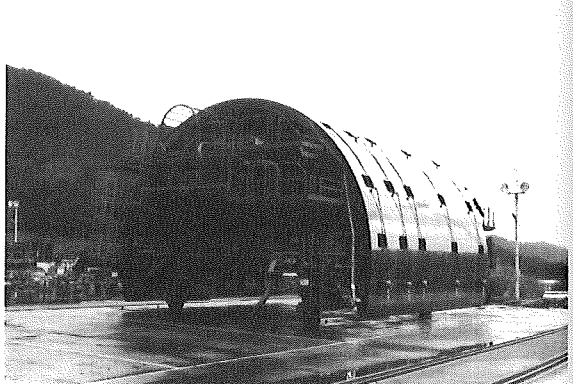
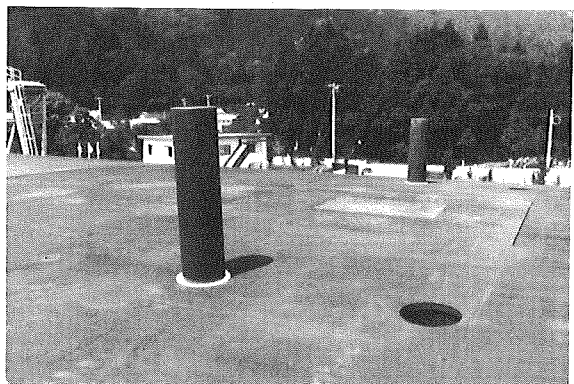
コンクリート打設の新技術



コンクリート感知センサー内蔵型自動バイブレータシステム
(バイブレータに内蔵されたセンサーがコンクリートを感知し自動的に巻き取る)



トンネル天場部の引抜き式バイブレータシステム
(トンネルの天場縦断を締固める)



伸縮式バイブレータシステム

浮きバイブレータシステム



岐阜工業株式会社
GIFUKOGYO CO.,LTD

本社 岐阜県本巣市十四条144番地 〒501-0464
本社工場 TEL (058) 323-2000(代) FAX (058) 323-1176

東京支店 (03) 3262-1285(代)
仙台営業所 (022) 259-2239
九州営業所 (092) 713-5265

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

会誌委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔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

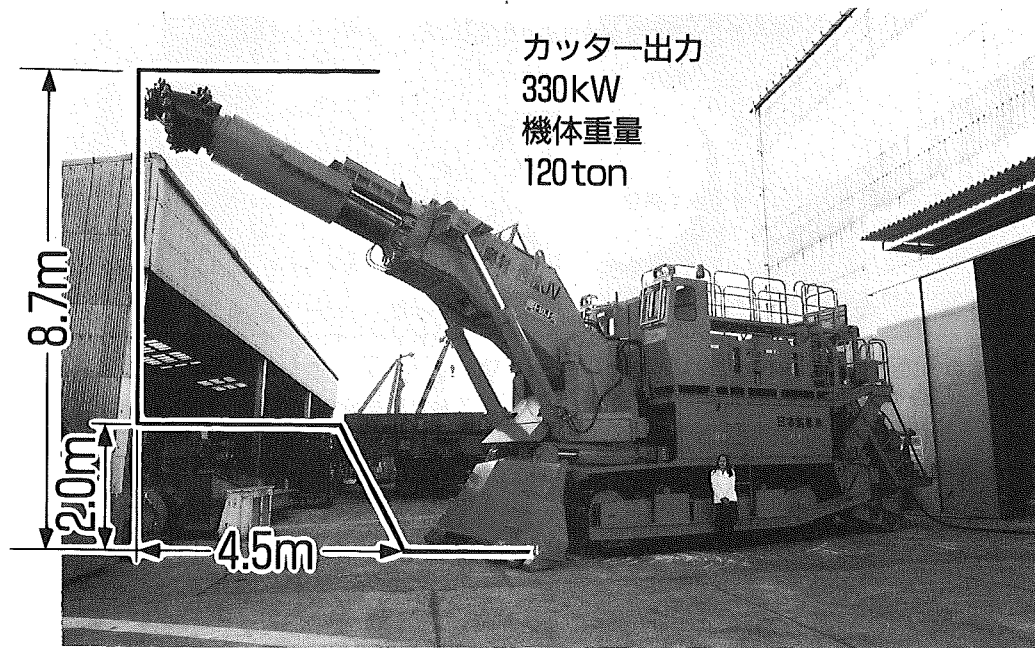
〔委員〕

- | | |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 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 | 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営業本部技術部長 | 松尾 勝弥
飛島建設株式会社土木本部トンネル統括部長 |
| 千葉 隆
清水建設株式会社土木技術本部
技術第二部長 | 三浦 正彦
株式会社大林組土木技術本部技術部長 |
| 永島 茂
東京地下鉄株式会社鉄道本部工務部次長 | 宮林 秀次
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 |
| 長島 芳雄
株式会社竹中土木取締役技術本部長 | 山田 邦博
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官 |
| 端 則夫
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル技術室室長 | 山田 隆昭
日本道路公団試験研究所調査役 |

編集顧問の構成 (五十音順・敬称略)

- | | |
|-------------------------------|-------------------------|
| 伊吹山 四郎
攻玉社工科短期大学名誉学長 | 松本 崇義
(元)東京都理事 |
| 島田 隆夫
鉄建建設株式会社社友 | 丸安 隆和
東京理科大学教授 |
| 高橋 彦治
伸光エンジニアリング株式会社技師長 | 吉川 新吉
東京発電株式会社常任監査役 |
| 田島 利男
株式会社ロードエンジニアリング代表取締役 | 吉村 恒
吉村とんねる・らぼ |
| 西松 裕一
東京大学名誉教授 | 渡邊 和夫
株式会社熊谷組執行役員副社長 |
| 林 博
西松建設株式会社専務取締役 | |

RH-10J-S ミニベンチ機械掘削工法 ブームヘッダー



カッター出力
330kW
機体重量
120ton



RH-10J-S型は

- ① 積込機、NATM関連機器等、従来機との組合せでミニベンチ工法が出来ます。
- ② トップデッキを外すことにより、ショートベンチ工法の上半にも使えます。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社 建設機械部

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

旧社名: 日本鉱機株式会社

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6階 TEL 03-5733-9441

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

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

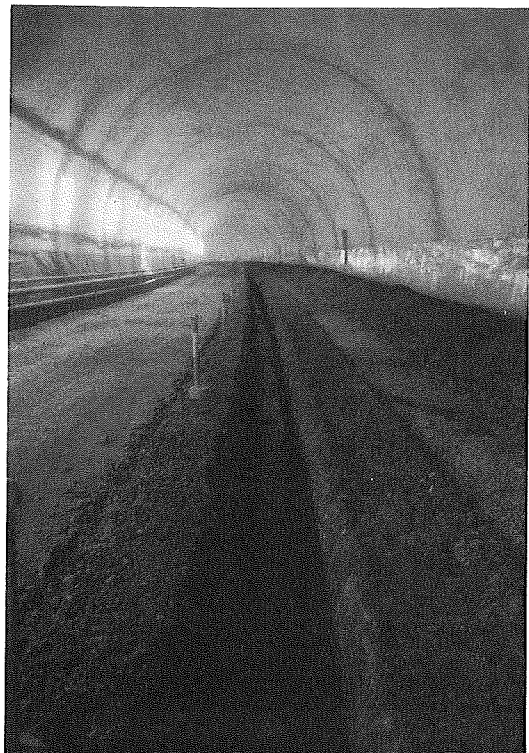
〔編集参与〕

今田 徹	東京都立大学名誉教授	橋本 定雄	不動建設株式会社特別顧問
定塚 正行	株式会社コンテック代表取締役社長	濱 建介	株式会社アオバ取締役会長
鈴木 章	月島機械株式会社顧問	水谷 敏則	(財)先端建設技術センター専務理事

〔委員〕

城戸 務	東京都水道局建設部工務課長	清水 満	東日本旅客鉄道株式会社建設工務部 構造技術センター課長
木谷 日出男	財団法人鉄道総合技術研究所 防災技術研究部主任研究員	津金 昭一	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
坂根 良平	東京都下水道局建設部設計調整課長	西村 聡	東京地下鉄株式会社建設部 新宿工事事務所所長
佐藤 亘	東京電力株式会社工務部送変電建設センター 首都圏調査グループ課長	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 上席研究員(トンネル担当)
佐野 正生	東京都交通局建設工務部計画改良課長	山田 隆昭	日本道路公団試験研究所調査役

岩盤切削機 トレンチャー **TRENCOR inc.**

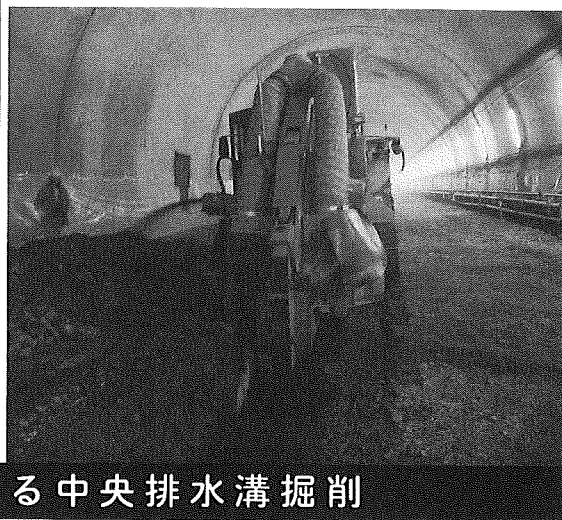


トレンチャーによる中央排水溝掘削

トレンチャーによる 工期短縮とコスト合理化の実現

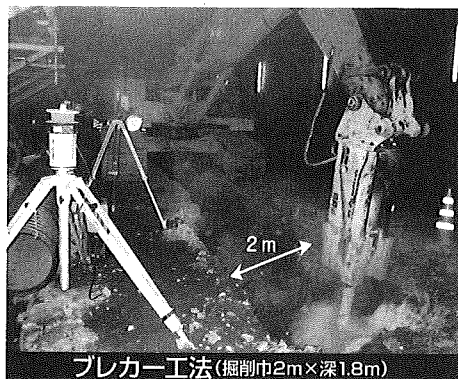
トンネル中央排水溝掘削例

トンネル	排水溝寸法(矩形)		進行と掘削時間	
	巾(m)	深(m)	m/時	時/日
新幹線	0.8	1.8	10~25	2~4
高速道路	0.6	0.9	20~50	4~5



	切削巾	切削深	用途
トレンチャー	0.3~2.4m	0.5~10.0m	深溝掘削 ⇒ トンネル中央排水溝、道路、造成地内溝
ロードマイナー	3.0~4.8m	0.9~1.9m	広幅掘削 ⇒ トンネル下半、道路盤、造成工事
ロックソー	0.1~0.3m	0.9~1.4m	狭溝掘削 ⇒ 光ケーブル、電力線、その他

どちらの工法を選びますか？



ブレイカー工法(掘削巾2m×深1.8m)



トレンチャー工法(掘削巾0.8m×深1.8m)

TRENCOR INC.
TEXAS, U.S.A
www.trencor.com

総代理店 **オオヤマ & Co.** (Ohyama & Co.)
〒121-0813 東京都足立区竹の塚 1-27-9
TEL.03-3885-0864 FAX.03-3885-0864
mail: ohyama@mui.biglobe.ne.jp

掲載頁
7

単線断面でトンネルワークステーションに挑戦 —JR吾妻線付替 横壁トンネル—

東日本旅客鉄道(株) 岡野 法之

国土交通省が建設を進めているハッ場ダム事業に伴い、JR吾妻線の一部が水没するため、JR東日本では、国土交通省からの委託により約10.4kmにわたる吾妻線付替工事を行っている。

本稿では吾妻線付替工事のうち、狭隘な単線断面の横壁トンネル新設工事において、山岳トンネルの掘削方式の新技術の一つとして注目されているTWS(トンネルワークステーション)による施工に挑戦しており、また当該地域に生息しているイヌワシと、発進立坑周辺に居住されている地元住民のために、各種環境保全対策を実施しているので紹介する。



写真は転石小割り状況

Construction of Yokokabe Tunnel of JR Agatsuma Line using Tunnel Work Station

By Noriyuki Okano, East Japan Railway Co., Ltd.

The relocation works of JR-Agatsuma Line is now under construction by East Japan railway Co., Ltd. (EJR) because a part of the existing Agatsuma Line will be inundated with the Yamba Dam project promoted by Ministry of Land, Infrastructure and Transportation. The length of railway line to be relocated is about 10.4 km. Yokokabe Tunnel is a section of Agatsuma Line to be relocated and a single-track mountainous tunnel with a narrow section. The Tunnel Work Station is adopted in the tunnel construction works. This paper introduces not only this system but also the environmental measures in consideration of the habitat of golden eagles.

掲載頁
17

供用中のトンネルに避難連絡坑を接続 —湯浅御坊道路 川辺第一トンネル—

中日本高速道路(株) 緒方 健治

本工事は、和歌山県北部を縦走する湯浅御坊道路の交通量増加に伴う防災等級の向上により、現在供用中である川辺第一トンネル横に災害・事故対策用避難坑(L=2,645m、φ=4.5m)および供用線に接続する避難連絡坑(人道用:L=約22m×4か所(10.2~13.5m²),車道用:L=約18m×4か所(18.2~40.4m²))を建設するものである。

供用線トンネルは単線対面通行であることから、交通規制は困難となり、トンネル本線を供用しながら、避難連絡坑を接続させる必要があった。

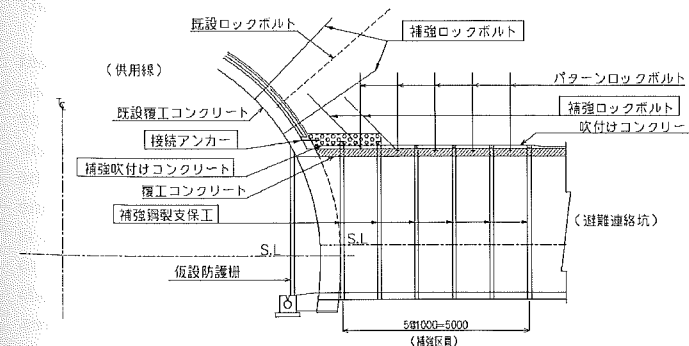
本稿は、施工時の供用線トンネルに与える影響を最小限に抑制するために実施した避難連絡坑掘削方法、および交差部の補強について報告する。

Connection of Road Tunnel under Operation and Evacuation Tunnel-Kawabe Tunnel No.1 of Yuasa-Gobo Road

By Kenji Ogata, Central Japan Highway Co., Ltd

The evacuation tunnel of Kawabe Tunnel No.1 of Yuasa-Gobo Road in the northern part of Wakayama Prefecture was constructed to improve the performance of disaster prevention of Kawabe Tunnel. This evacuation tunnel, running parallel to Kawabe Tunnel, has the length of 2645 m, the diameter of 4.5 m and 4 crossovers with the length of about 22 m and the section area of 10.2 to 13.5m².

The crossovers were connected with Kawabe Tunnel under operation without the regulation of traffic because Kawabe Tunnel has the system of one-way traffic. The impact of connection works should be mitigated. This paper presents this connection works mainly.



図は補強構造概要図

つくばエクスプレス(常磐新線)は、東京都の秋葉原を起点とし、埼玉県および千葉県を経て茨城県のつくば市に至る延長約58kmの都市高速鉄道新線である。路線は「大都市地域における宅地開発及び鉄道整備の一体的推進に関する特別措置法」にもとづいて整備された鉄道であり、この法律によって各県が作成した基本計画に従い、首都圏東北部の地域開発と利便性の高い交通アクセス手段を確保することを目的として整備が進められた。最高運転速度は130km/hで秋葉原～つくば間を最速約45分で結ぶものである。

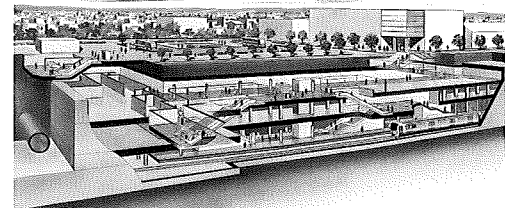
平成6年の工事着工から約10年を経て、今年の8月に開業を向かえることができた。

本稿はつくばエクスプレスのうち、東京都内地下鉄区間(13.3km)の5か所の駅および6か所の駅間トンネルの設計・施工・コスト縮減策について述べる。

Breakthrough of Tsukuba Express Railway Line-Construction Records between Akihabara Station and Ayasegawa Tunnel

By Yuuji Akasawa, Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency

Tsukuba Express Railway Line (New Joban Railway Line) with the length of about 58 km is an urban rapid railway line jointing Akihabara in Tokyo and Tsukuba City in Ibaraki Prefecture through Saitama and Chiba Prefectures. This line was developed based on "the Housing Land Development in the Metropolitan Area and the Special Measures Law about the Overall Promotion of the Railroad Service" (the Special Measurement Law). The construction project of this line was promoted by the basic plan made by Tokyo metropolitan Government, Saitama, Chiba and Ibaraki Prefectural Governments in accordance with the special measurement law.

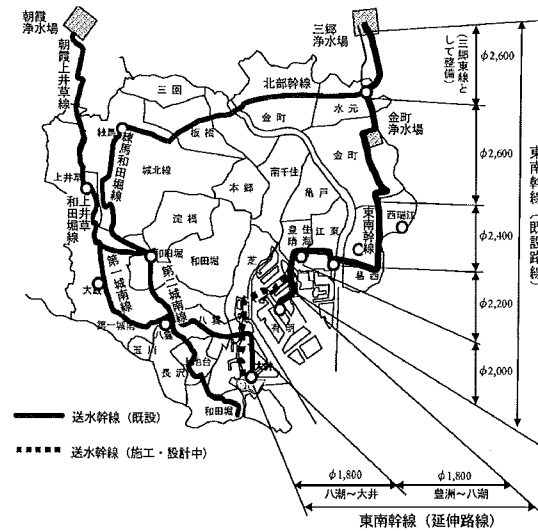


図は六町駅完成図

The purpose of construction of this line is to develop the north-east region of metropolitan area and to secure the high performance accessibility along this line in this region. The maximum speed of train is 130 km/h and the time required between Akihabara and Tsukuba is down to 45 minutes.

The construction works began in 1994 and the operation started on August, 2005. This paper introduces the underground construction works in Tokyo with the length of 13.3 km having 5 stations and 6 bored tunnels.

東南幹線は、東京都水道局三郷浄水場から築造中の大井給水所(仮称)までを結ぶ、延長約45kmに及ぶ大規模送水管の計画であり、現在までに約34kmが整備を完了し、残りの約11kmの区間で工事中あるいは設計中となっている。東南幹線の施工にあたっては、種々検討の上、主にシールド工法が用いられてきたが、加えて、軟弱地盤への対応や既設構造物への影響の排除、コスト縮減などを考慮し、立坑築造や到達防護などにおいて各種の斬新な工法を採用してきた経緯がある。本稿では、東南幹線の位置づけを整理するとともに、整備ルート、布設工法、特殊工法の採用などについて区間ごとにまとめることにより、その全体概要を紹介するものである。



図は東南幹線の全体計画

Construction of Shield Tunnel for Tonan Water Supply Main using auxiliary methods

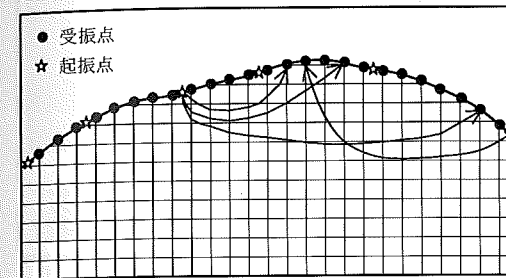
By Hiroshi Yamada, Tokyo Metropolitan Government

The Tonan Water Supply Project is a water supply line project that joints Misato Purification Plant managed by the Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government and Ooi Waterworks under construction. The length between the both is 45 km and 34 km of this line is complete and the rest is now under construction or is in the design stage. The shield method is adopted to make water supply tunnel. And, some auxiliary methods are used to mitigate impacts against existing structures, to make cost saving and to improve ground. This paper presents the outline of this project.

弾性波探査屈折法はトンネル事前調査における主要な調査法であり、「はざとり法」に代表される層構造解析が使用されている。トモグラフィ的解析は、層構造を仮定しない解析法であり、最近では適用例が増えている。本稿では、トモグラフィ的解析の概要を示すとともに、既往弾性波探査結果をトモグラフィ的解析で再解析することで、トモグラフィ的解析の適用性を検討したものである。再解析の結果、多くの事例でトンネル計画位置に波線が通過していない実態が明らかになった。また、切羽観察記録を用いて探査結果の妥当性を評価した結果、トモグラフィ的解析を使用することで、層構造解析に比較して同等か同等以上に地山状態を把握できることが明らかになった。

Tomographic Analysis applied to Seismic Prospecting

By Shigeru Miki, Kiso-jiban Consultants Co., Ltd.



図はトモグラフィ的解析におけるモデル化

The seismic prospecting represented by the generalized reciprocal method is a method of the site investigation before construction of tunnelling project to analyze layer structure of ground. The tomographic analysis is one without the assumption of layer structure of ground and increasingly used. We crosschecked geological data given by the conventional seismic prospecting with the tomographic analysis. Our study clarified that some seismic waves cannot pass some kinds of ground in tunnel section and the tomographic analysis gives us more useful geological data.

イスタンブールで開催された2005年国際トンネル会議の参加、およびトルコ、スイス、フランス各国のトンネル工事の視察を目的に、日本トンネル技術協会が企画したイスタンブール国際トンネル会議技術調査団の調査報告として、国際トンネル会議の内容、各国トンネル工事の技術情報などについて10月号と11月号の2回に分けて報告する。

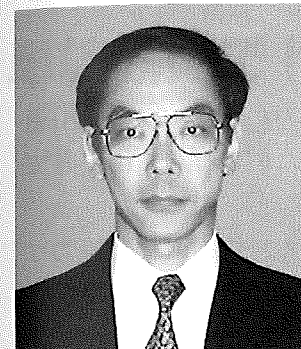


写真は調査団

Report of World Tunnel Congress 2005 in Istanbul - Part I Reported by JTA-Delegation

The JTA-Delegation participated in the World Tunnel Congress 2005 in Istanbul held by International Tunnelling Association and Turkish Road Association, and made technical visits to tunnelling job sites in Turkey, Switzerland and France. The delegation reports the information on the Congress and tunnelling job sites in Europe in "Tunnel and Underground (Monthly Journal of JTA)" to be issued on October, 2005 and November, 2005.

地下空間の未来



東京都下水道局流域下水道本部長(本協会理事)

只 野 憲 久

地下施設は、建設費は高いが用地費が低いこと、地上と複層の土地利用ができること、などの特性を持つため、都市間の道路や鉄道のトンネルにとどまらず、都市内において、地下鉄や下水道はもちろんのこと、地下道路、地下調節池などますますその適用範囲は広がりを見せている。

最近では、地上にもできるものをわざわざ地下に作るケースも増えてきた。本誌でもたびたび取り上げられる首都高速中央環状線は、先に完成した東側のリングは全線高架だが、建設中の新宿線、計画中の品川線など西側のリングは地下式が採用された。

道路と鉄道の連続立体交差でも、これまで多用されてきた高架式を転換し、京王線の調布付近や、小田急線の下北沢周辺など地下式で計画される例も増えてきた。

こうして、多くの公共施設が地下に建設されることになり、「トンネルと地下」が掘られるケースが増えると、出来上がるものは「掘り山」、すなわち地下空間である。そこは地上とは違った特性を持つ特殊な空間である。

地下道や地下街では、ちょっと油断すると迷子になってしまうが、自然光が届かず、周辺が見えないから、適切な案内がないと自分がどこにいるかわからず、方向感覚を失ってしまう。

また、地下空間そのものは当然、地上からは視認性がない。見知らぬまちで小さな看板しか出ていない地下鉄の出入り口を見つけるのは誰だって難しい。

災害の不安もある。急激な降雨により地下室が浸水して被害が出たのは記憶に新しい。私の所属する東京都下水道局では、毎年6月を浸水対策月間としているいろいろな活動をしているが、地下室への浸水への備えを喚起するのも重要なメニューのひとつだ。

このようなデメリットを持つ地下空間が広くこれからの社会に受け入れられていくためには、いくつかの重要なポイントをクリアしていかななくてはならない。

一つ目は管理とその費用の問題である。都市内の地下空間は、地上と違って目が届きにくく、不潔な近寄りやすい空間になる可能性を潜在的に持っている。また地下は空調、防災、清掃、点検など日常的に維持費用がかかる。このため、その管理を公共側にまか

ユニークな発想と高品質・自信の価格



※連続突起を有する鋼製シースを地山に引込み、芯材を挿入して固化材を注入。周辺地山にしっかりと“FIX”します。

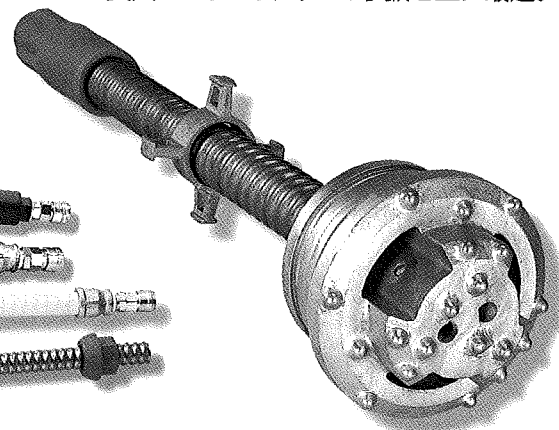
STD BITS

(ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングビット径
65A	φ76.3	φ86
90A	φ101.6	φ108
100A	φ114.3	φ124
125A	φ139.8	φ144

FIX TUBE 工法

長尺フェイスボルト工、水抜き工に最適。



自穿孔ボルト&注入管

AGF-SP 工法

名称	形状		降伏荷重 (kN)	破断荷重 (kN)
	外形状	内径		
SPアンカー	R29	φ13	204	>255
	R32	φ17	204	>255
	R38	φ16	400	>500
SPミニパイル	R51	φ29	600	>750
	R73	φ50	960	>1200
注入管	鋼管	φ27.3	φ15	155
	GFRP	φ28	φ17	-

R38自穿孔ボルトで二重管打設してロッドを回収しない、高速・高剛性長尺先受け工法です。坑口などでのミニパイプルーフとして最適。

STE

エステーエンジニアリング株式会社

ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0869 大阪府八尾市桜ヶ丘3丁目101番地
TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251

E-mail: steng@kawachi.zaq.ne.jp

※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。

せきりにするのではなく、地域社会が協力してよい環境を保つ努力が欠かせない。沿道にビルを持つ地権者が一緒になって地下道を管理する主体を作った例(汐留)も出てきている。

二つ目はユニバーサルデザインである。これから高齢社会を迎え、体力や認識能力などに課題を持つ人も増えてくる。また、少子化社会で労働力が将来減れば、アジアの豊かな人的資源を活用する機会も増え、外国との交流もますます増えるだろう。

地上と高低差があるうえ、ただでさえわかりにくい地下空間を、こうした社会的弱者、そこをはじめて訪れる人などにとっても、親しみやすく不安のない、ユニバーサルデザインを有する地下空間へと改良する努力が不可欠だ。

三つ目は情報化への備えである。地下には電波が届かないから、携帯電話が繋がらず、その普及につれ、地下にある飲食店の客の入りが悪くなったという話もあるほどだ。GPSも使えず、当然ユビキタス(コンピューターをどこでも使える環境)にも適応しない。これでは今後の都市空間としては失格である。情報過疎にならないよう、携帯電話の中継局の設置の義務付けなどは防災上からもぜひ必要だ。

四つ目は民地の活用である。

地価が高騰したバブルの時期には、大深度地下だ、ジオフロントだと騒がれたが、その後下火になり地下空間として使っているのはいまでも実質的には道路の下だけである。そこに地下鉄、共同溝などあらゆる施設が集中している一方、民地の下はビルの地下室以外ほぼ手付かずだ。

民地をうまく活用した地下広場や、民間ビルと連携した地下道ネットワークなど、民地の地下空間にもういちど光を当てていく必要がある。

夏暑く冬寒い、湿気が多い、雨が多く所によっては雪も降るなど変化の激しい日本の自然環境にとって、地下空間の安定性は魅力的だ。そこでは、太陽の輻射熱などが及ばないため、地上の気候の変化の影響を受けにくく、省エネや省資源の点から利点が多い。

地上のように施設の設置による景観への影響が少ない、施設の騒音が外に漏れない、風の道をふさがらないなどの利点もある。

このように、都市環境となじみやすい地下空間の果たすべき役割は、将来に向けて、大きいものがある。建設費が高い、情報からの疎外、災害の不安などの地下空間の有する弱点を、安く早く掘る土木技術、快適・安全空間を創造する建築・機械技術など最新のテクノロジーで克服し、これからの都市の社会を支える基礎的インフラとして大きく育てていくことが望まれる。

施工

単線断面でトンネルワークステーションに挑戦

—JR吾妻線付替 横壁トンネル—

東日本旅客鉄道(株)上信越工事事務所長野工事区助役 岡野 法之
 東日本旅客鉄道(株)上信越工事事務所長野工事区区长 辻 徹
 東日本旅客鉄道(株)上信越工事事務所長野工事区施設係 中島 純也
 大林・戸田共同企業体横壁JV工事事務所所長 河南 幸治

1 はじめに

昭和22年、関東地方を襲ったキャスリン台風は利根川流域に大きな被害をもたらした。そこで、利根川下流部の洪水被害の軽減と首都圏への水道用水および工業用水確保のため、国土交通省は群馬県吾妻郡長野原町にハッ場ダム建設事業を推進している。このハッ場ダム事業により、JR吾妻線岩島～長野原草津口間のうち約6km区間(川原湯温泉駅含む)が水没することとなり、JR東日本では国土交通省からの委託により約10.4kmにわたる吾妻線付替工事を進めている(図-1)。

この付替工事は、トンネル3本、大小5橋梁、1高架橋および1駅の新設からなるプロジェクト

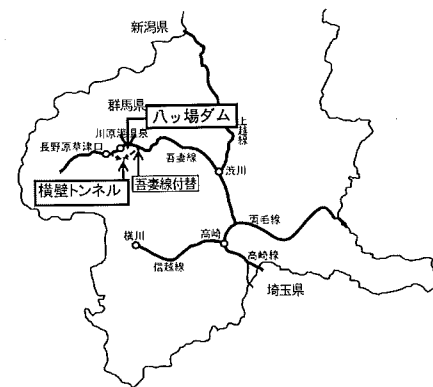


図-1 ハッ場ダムおよび横壁トンネルの位置

であり、このうち横壁トンネルは、付替線の終点方(長野原草津口駅側)にあたる横壁地内白岩沢から横壁地区小倉地内に至る延長1,737mの新設単線トンネルである(図-2)。

本稿では、横壁トンネル新設工事における鉄道単線断面でのトンネルワークステーション(以下、TWS)の施工、猛禽類(イヌワシ)に対する環境保護対策について報告する。

2 工事概要

2-1 工事概要

横壁トンネルは、NATM区間1,510m、開削区間227mの延長1,737mの単線馬蹄形トンネルである(表-1)。

横壁地区小倉地内(終点方)の付替国道と付替鉄道の交差部に立坑を構築し、坑外仮設ヤードを構築した。立坑位置から掘進方向上部に観音堂、10m未満の位置に民家があり、立坑構築ヤードが狭く施工性を考慮した必要最小限の立坑形状が要求された。また、この坑外仮設ヤードから約1.4km離れた丸岩には猛禽類(イヌワシ)の生息が確認されており、施工時期の調整、設備面の対策などが必要となった。

横壁トンネルの掘削断面積30.7~34.8m²であり(図-3)、坑内運搬はレール方式にて行っている。

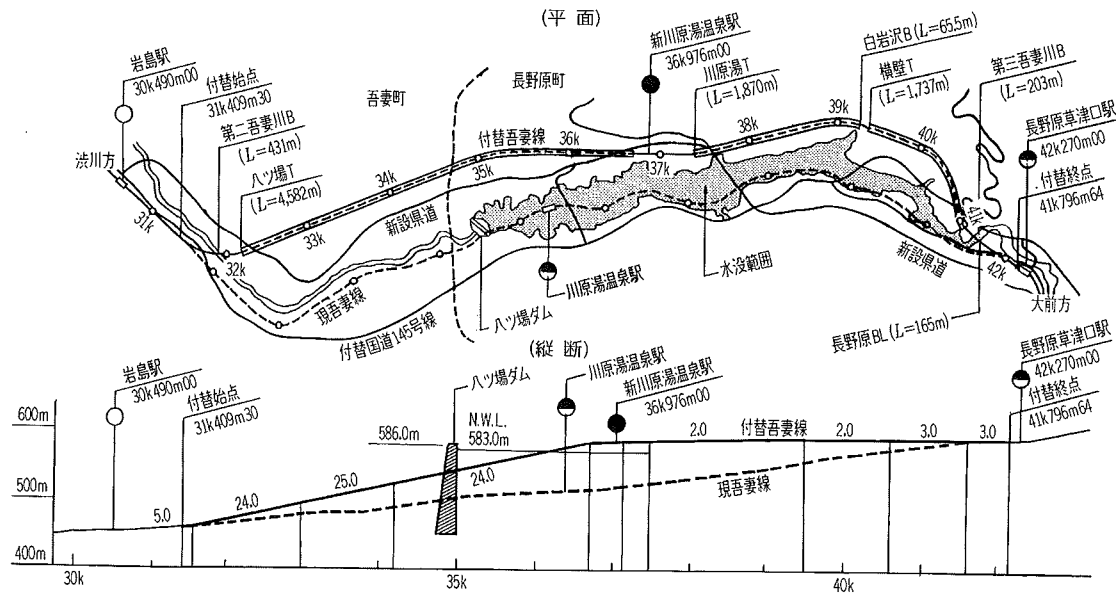


図-2 吾妻線付替工事全体概要

表-1 横壁トンネル工事概要

工 事 名	吾妻線岩島・長野原間付替横壁T新設	
工 事 場 所	群馬県吾妻郡長野原町横壁	
事 業 主 体	国土交通省関東地方整備局 ハツ場ダム工事事務所	
発 注 者	東日本旅客鉄道(株) 上信越工事事務所	
施 工 者	大林・戸田共同企業体	
トンネル延長	NATM区間: 1,510m, 開削区間: 227m	
縦断勾配	起点方から終点方に向かい2%の下り勾配	
最小曲線半径	R=600m	
掘削断面積	30.7~34.8m ² : 単線1号型	
掘削工法	全断面掘削, 補助ベンチ付き全断面掘削	
掘削方式	機械掘削	
掘削機械	自由断面掘削機	
坑内運搬方式	レール方式(等三線方式, RG914mm)	
ずり処理	積み込み	ミニバックホウ(0.14m ³)
	運搬	機関車(バッテリー式12t) シャトルトレイン(14m ³ 積み2連)

切羽作業の安全性とサイクルタイムの向上を図るために、切羽での掘削・吹付け・ロックボルト打設作業の機械入れ替えをなくし、高所作業足場を確保できるTWSにて施工を行っている。

2-2 地形および地質概要

施工区間周辺は、新第三紀以来、火山活動の激しかった地域であり、最近では2004年9月に噴火

した浅間山と草津白根山がある。このため、地形は急峻で急勾配河川により浸食地形と地すべり地形となっている。

地質は、新第三紀中新世の林層が広く分布し、これを第四紀の段丘堆積物、崖堆積物、土石流堆積物が覆っている。林層は岩層の違いから、(1)下部層(Hatb 1)、(2)中部層(Hatb 2)、(3)上部層(Hatb 3)の3層に区分され、さらに下部層と中部層はそれぞれ上下2層((a), (b))に分けられる(図-4)。

(1) 下部層(Hatb 1)

Hatb 1 (a)は、暗緑灰色を呈する玄武岩質安山岩の火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩を主体とし白岩沢地域に分布する。潜在割れ目が多く、ややもろい岩質と良好な岩質からなり、所により暗紫灰色を呈する赤鉄鉱を含む弱層を介在する。白岩沢地域は熱変質の部分が見られ、全体にモンモリロナイトをかなり含む。

Hatb 1 (b)は、暗安灰色を呈する安山岩質凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩よりなり東沢~中村地域に分布する。破碎部のもろい岩質とやや強度のある岩質を含み、所々にラミネ、層理が明瞭なこと、円礫が目立つ水成堆積物であるのが特徴である。熱変質域が見られ、モンモリロナイトの

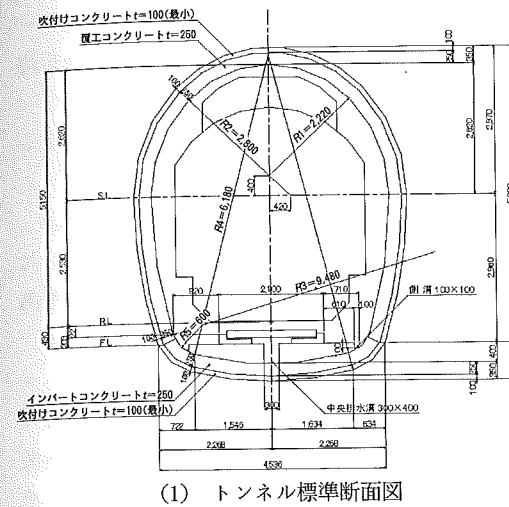


図-3 横壁トンネル標準断面・支保パターン (I-N断面)

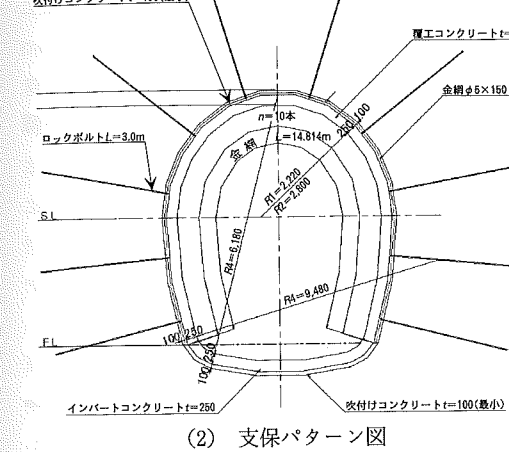


図-4 横壁トンネル一般図

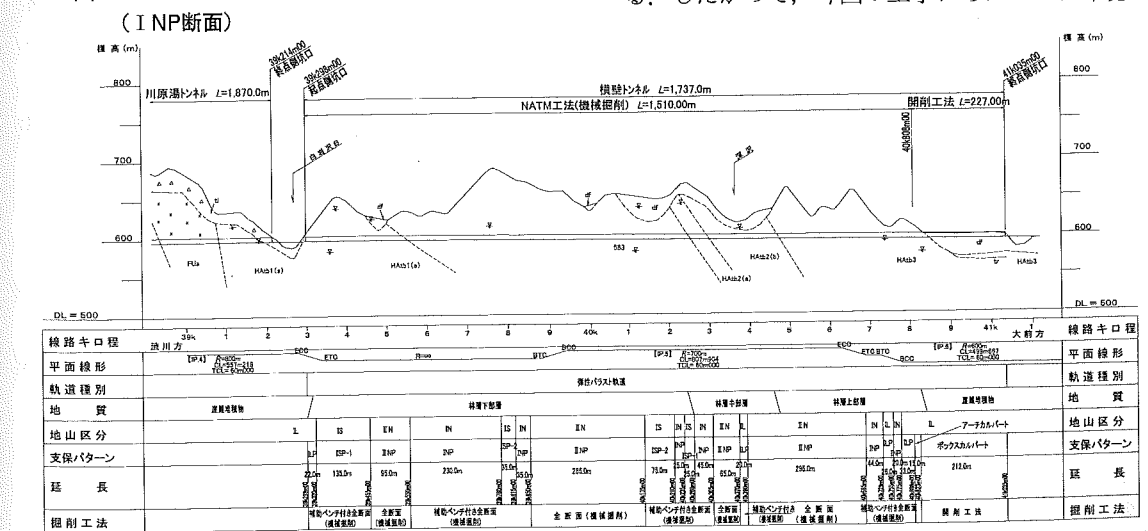


図-5 横壁トンネル一般図

多い地層を介在する。

(2) 中部層(Hatb 2)

Hatb 2(a)は、灰~赤灰色を呈する石英安山岩質凝灰角礫岩を主体とし東沢~中村地域に分布する。Hatb 1(b)と似るが特徴としては若干固結度の弱い岩である。

Hatb 2(b)は、灰~赤灰色を呈する石英安山岩質凝灰角礫岩~凝灰角礫岩よりなり、一部、軽石質凝灰岩~火山礫凝灰岩を介在し深沢地域と吾妻川本流に分布する。全体に岩質がもろく、固結度が低く、簡単に剥離しやすいのが特徴である。熱変質は見られない。

(3) 上部層(Hatb 3)

暗灰色を呈する安山岩質凝灰角礫岩を主体とし小倉地域に分布する。Hatb 1(b)と似るが特徴としては全体に安山岩質~石英安山岩質の礫を含み、岩質も硬~軟とばらついている。熱変質は受けていない。

3 環境保全対策

3-1 自然生態系保全対策

ハツ場ダムサイト付近は関東の耶馬溪といわれる風光明媚な景勝地・吾妻渓谷があり、周辺には生態系の頂点に立つ猛禽類のイヌワシやクマタカなどの営巣地ともなっている自然豊かな地域である。したがって、今回の工事にあたっては環境と

の共存を図るように努めた。今回実施した環境保全対策の概要について次に述べる。

3-2 工事期間の制限

トンネルの坑外仮設ヤードから約1.4km離れた丸岩にはイヌワシの生息が確認されている。行動範囲が狭くなるとともに敏感度が高くなるイヌワシの営巣期(雛が確認されなかった場合は10月中旬～3月)は、営巣活動への影響を極力軽減するため、地上部の工事は規制される(写真-1)。

地下部工事については猛禽類への影響がないため通年でも施工可能である。しかし、坑外仮設備の稼働を伴うことから、設備面で下記の対策を実施した(写真-2)。

- ① 資材の搬入、ずり搬出に必要な立坑を上屋にて囲う。
- ② 坑内からのずり搬出は、立坑から坑外ずり仮置き場までのダンプトラック運搬を減らすために、ベルトコンベヤにてずり仮置き場へ搬出する。
- ③ ベルトコンベヤにはカバーを、ずり仮置き場には場外運搬ダンプトラックへの積み込みバックホウがイヌワシの視界に刺激とならないよう屋根をかけた。
- ④ バッチャープラント・濁水処理設備をはじめ、ずり処理設備などの坑外仮設備は迷彩色

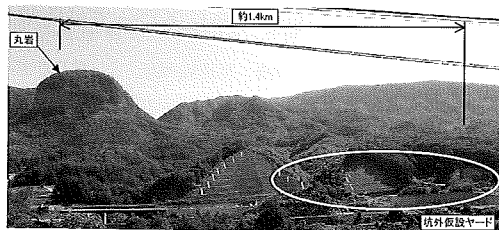


写真-1 丸岩と坑外仮設ヤード



写真-2 坑外仮設備環境対策

である緑色に着色した。また、資材養生シートもブルーシートでなく、迷彩色シートを使用している。

以上の対策の実施により本工事を通年施工することが可能となった。

3-3 騒音・振動対策

付替国道と付替鉄道の交差部に立坑を構築した位置には、立坑部から10m未満の距離に民家があり、住民に対する騒音・振動対策が必要である。主な対策は以下のとおりである。

- ① 立坑部でのずり搬出作業および資機材搬入作業、バッチャープラントのコンクリート混練作業時の騒音・振動を極力小さくするために、立坑およびバッチャープラントに防音上屋を設置した。
- ② 立坑斜路部とずり仮置き場周囲には、ずりの落下する音を極力小さくするために、防音壁を設置した。
- ③ 工事用車両は最徐行にて運行し、車両停止時にはアイドリングストップを行った。

これらの対策により、現在のところ周辺住民からの苦情もなく、施工している。

4 TWSの施工について

4-1 鉄道単線断面トンネル施工上の問題点

鉄道単線トンネルのような約30m²の馬蹄形断面においては、限られた狭い空間で効率よく、かつ合理的に作業を進めるうえで、掘削機械とずり出し設備の選定は重要な要素の一つである。横壁トンネル断面での施工上の問題点を下記に示す。

- ① 近年、トンネル施工機械が大型化してきており、作業が集中する切羽付近では、絶えず掘削・吹付け・ロックボルトに関連する機械の入れ替え作業を行う必要がある。
- ② 入れ替えをする機械は、待避場所への移動、ならびに待避場所の設置などの作業が増えるだけでなく、機械も小型化を迫られるため施工能力が落ち、掘削サイクルに与える影響は多大なものとなる。
- ③ 本トンネルの地質は、凝灰角礫岩を主体と

する軟岩(一軸圧縮強度:10N/mm²以下)であり、機械掘削(自由断面掘削機)での掘削方式となる。標準仕様の自由断面掘削機では、機体が大きい機体の入れ替えに必要な待避所が大きくなる。

- ④ 機械の入れ替えにより、機械との接触事故の危険性が高くなる。

4-2 TWSの計画

上記の対策として、自由断面掘削機を通過させることのできるガントリー上に、吹付けコンクリートに必要なマニピュレータ、ロックボルト削孔を行うドリフタ、作業足場などを搭載した一体型の機械設備であるTWSを採用した。

本トンネルの起点方(掘削貫通点側)から約60m起点側の川原湯トンネルの坑口付近での崩落岩塊群直下の施工実績から、インバートの早期閉合が本トンネルでも必要な区間があると想定された。

現在のTWSのシステムを構築するまでの過程を下記に述べる。

当初は、切羽の後方約60mの位置でインバート施工ができる空間を確保し、インバートの早期閉合が可能なTWSを計画した。TWSの概要を下記に示す。

- ① 自由断面掘削機にて掘削した切羽のずりを自由断面掘削機から直接ガントリー後方の第1コンベヤにて処理し、トンネル断面上部へ中継するように第2、3コンベヤを搭載させた後方台車との一体型(総延長約85m)のTWSを検討した(図-5)。
- ② 標準仕様の自由断面掘削機ではガントリーとのクリアランスが少ないため、機械同士との接触事故を防止するため、自由断面掘削機を最小限に小型化する。
- ③ 切羽で下半掘削と同時にインバートを掘削し、吹付けコンクリートにて早期閉合ができるように、自由断面掘削機のブームを中折れ式にし、インバート掘削ができるようにする。
- ④ 切羽のずりを自由断面掘削機から直接後

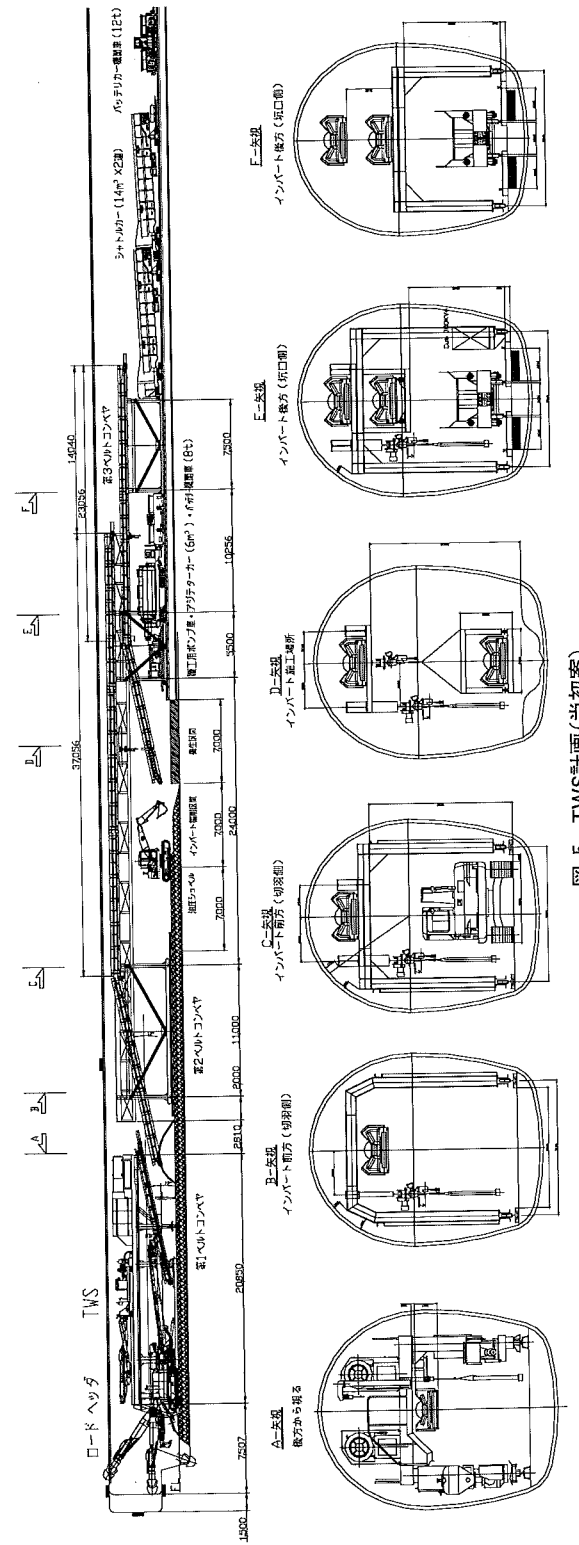


図-5 TWS計画(当初案)

方へ搬出させるために、ずり出し機能として掻き寄せバケットを自由断面掘削機のブームの下へ搭載する。

- ⑤ 坑内環境(粉じん、酸欠など)対策の一つである換気設備は、ガントリー周辺には搭載機械で風管を切羽近辺まで延長するスペースがないため、坑口からの新鮮な空気をTWS最後尾の位置まで送気させ、TWSガントリー上には小型の補助送気ファンと集塵器を搭載し、坑内環境を確保する。
- ⑥ 支保工などの資機材の搬入は、資材台車でTWS最後尾まで搬入後に、ホイストで吊上げ、ガントリーと自由断面掘削機の間を通すようにレールにて移動する。
- ⑦ 支保工建て込み、ロックボルト打設時の作業足場は、使用しない時はガントリーの下に収納できるリフトブルデッキを採用する。しかし当初案では、まだ以下に示す問題があった。

- ① インバートの施工サイクルにより切羽の進行に影響を及ぼす場合があり、またその反対に切羽のサイクルによりインバートの施工ができない場合がある。このため、トンネル掘削全体の進行を妨げることになる。
 - ② 吹付けコンクリートを湿式にて計画していたが、TWSは全長で約85mともなり材料供給が長距離圧送となる。配管内の残コン処理の課題、および圧送中に閉塞する可能性が高く、閉塞撤去作業中の事故の危険性がある。
 - ③ インバート施工している上部をコンベヤにてずりが運搬されているので、落石などの危険性があり安全面にも課題がある。
- 上記の課題を解決すべく、下記のように改良した。

- ① 事前地質調査の再度見直しを行い、本トンネルの地質は川原湯トンネル終点方坑口部に見られた崩落岩塊群のような崩壊地質とは異

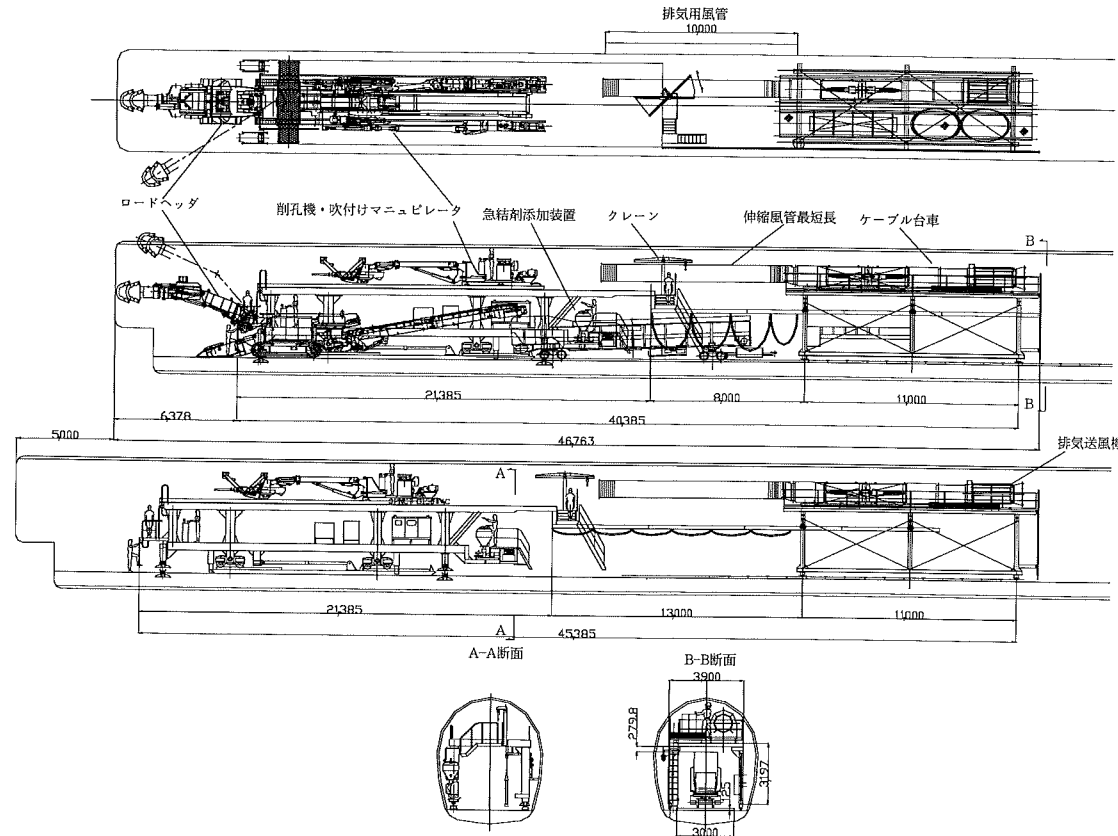


図-6 TWS計画(改良案)

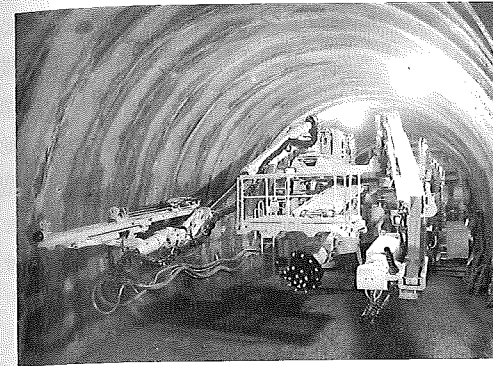


写真-3 TWS前方

なり、崩落岩塊群より良好な地質である。そのため川原湯トンネルのように早期にインバートを閉合する区間は少ないと判断し、切羽とインバート施工を切り離すこととした。それに伴い、TWS後方のベルコン後方台車を換気・変電設備だけの後方台車とし、ガントリーと後方台車を切り離しそれぞれが単独移動できるようにし、インバート施工は、切羽後方約150mの位置で施工するように改良した(図-6、写真-3)。

- ② 吹付けコンクリートについては、乾式に変更することにより長距離圧送となった場合でも残コン処理の必要がなくなり、閉塞の頻度

も極小となり安全面においても向上した。

- ③ インバート施工を後方で行うには切羽の坑内車両(シャトルカー・吹付け台車など)を通行させる設備が必要となる。道路トンネルで使用する一般的なインバート栈橋は、小断面内での採用が不可能なため、本トンネル独自の栈橋を製作する必要があった。今回、坑内車両をスライディングフロアに搭乗させたままインバート施工箇所の上をスライドさせ通行できるキャリングフロアを開発し採用することとした(図-7)。インバート施工時の坑内車両の離合方法は、次のとおりである。インバート掘削は、等三線で坑内車両と離合ができる0.25m³級のブレイカにて掘削を行い、0.25m³級のバックホウにてシャトルカーにずりを積み込み搬出する。インバート掘削施工中およびコンクリート打設中は、等三線軌道の切羽側スライドポイント部までブレイカおよびバックホウを待避させ、坑内車両と離合させる。それと同時にキャリングフロアを、インバート施工箇所の上を乗り越えるようにスライド移動させて切羽側軌道と接続させる。軌道の接続完了後、坑内車両をキャリングフロア上に搭乗させる。坑内車両をキャリ

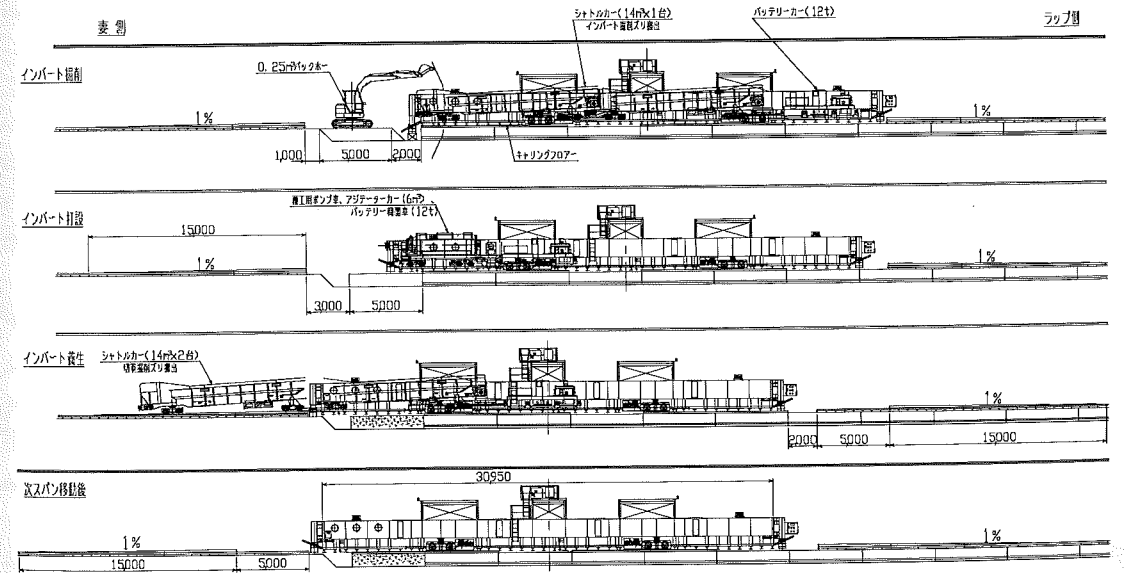


図-7 キャリングフロア概要

ングフロアに搭乗させたまま、切羽側軌道と切り離し坑口側へとスライド移動させる。坑口側軌道と再度接続後に、坑内車両を坑口まで運行させる。インバートコンクリート養生期間中は、掘削・打設施工中と同様にキャリングフロアを切羽側へスライド移動させ、養生上部を乗り越えるようにし、切羽側と坑口側の軌道とを接続させ坑内車両を通行させる。その他の改善点としては、換気設備の変更とタービン充電式バッテリー機関車の採用がある。

換気設備については、送気方式から排気方式に変更した。後方台車に排気用送風機を設置し後方台車から切羽側へは吸い込みダクトを設け、坑口側へ排気用風管にて坑内粉じんを排出し、坑外の除塵機(湿式)にて粉じん処理するように改良した。

そして、ずり搬出および資機材の運搬には、タービン充電式バッテリー機関車を採用した。これにより、バッテリー載せ換え作業に伴う玉掛け作業をなくすことができ、また、リモコン操作を可能とすることにより、後押し運転時でも運転席から

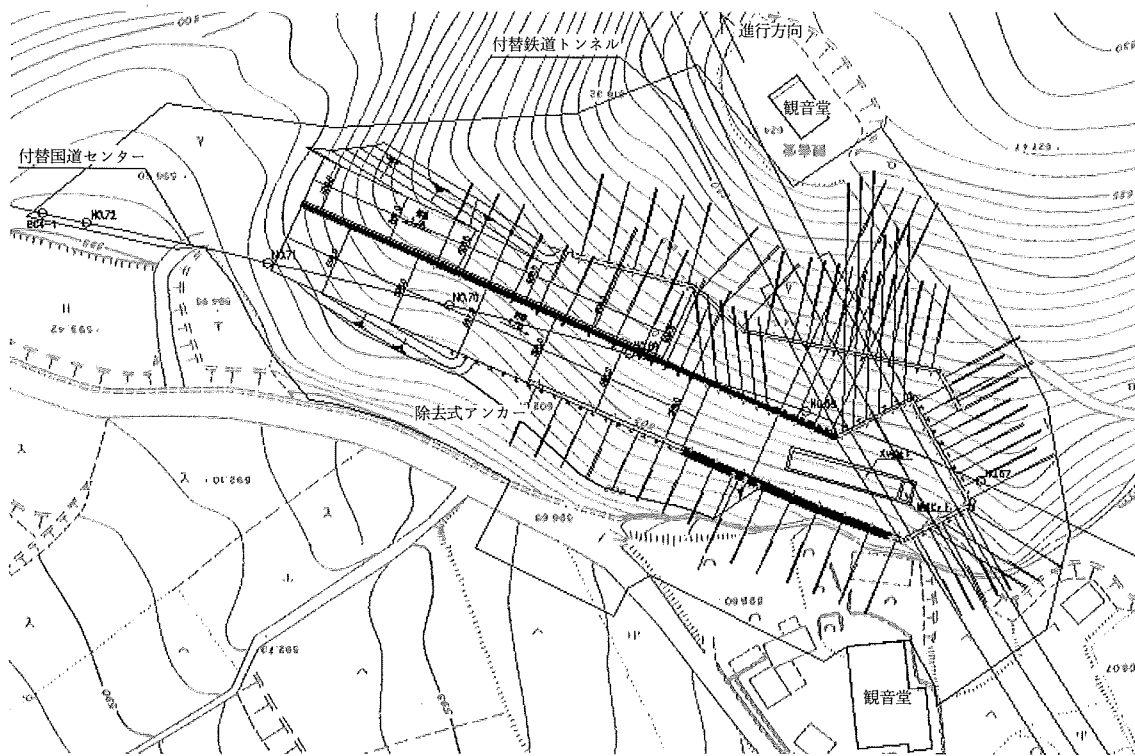


図-8 立坑ヤード平面

離れて進行方向前方を目視で確認できるようにし、安全性の向上を図った。ずり搬出については、長大トンネルで近年多く採用されている連続ベルコン方式の検討も行ったが、覆工セトル内でコンクリート打設作業員が安全に作業できるだけの空間を確保してコンベヤを通過させる空間がなく、ずり搬出は従来どおり、シャトルカーにて搬出することとした。

4-3 施工結果

平成16年9月より初期掘削を開始し、10月にはTWSを組み立て、投入した。11月より単線断面をTWSによる本格的な施工に着手した。立坑構築位置および当該箇所の地質条件の制約により立坑は最小限の大きさ(L=13.5m, W=9.3m)で構築せざるを得なかった。この形状では、効率よく坑内車両を運行させるのが困難であったこととTWS投入のためのスペースを確保するために坑口から延長20mまでトンネル断面を拡幅し初期掘削区間とした。

初期掘削区間は、立坑構築の土留め杭およびト

ンネル断面内に打設されている除去式グラウンドアンカーを撤去しなければならなかったため、土留め補強として立坑底盤に張コンクリート(厚さ:30cm, 有筋)を打設した。トンネル進行方向の上部には観音堂が近接しており、観音堂を残したまま立坑を構築させるために、2段土留めにて立坑ヤードを確保した(図-8)。

2段土留めの直下を掘削していくため、薬液注入にて2段土留めの安定を図るとともにAGF工法(鋼管式長尺フォアパイリング)とFIT先受け工法(グラスファイバー式長尺フォアパイリング)の補助工法にて補強した。

掘削は、トンネル断面を拡幅したため道路トンネルなどで使用する施工機械にて施工した。掘削は1,300kg級ブレイカにて行い、ずりは0.45m³バックホウにて4tダンプトラックに積み込み搬出した。ロックボルト打設および補助工法は、HD90(2ブーム, 1ケージ)の油圧ホイールジャンボにて、吹付けコンクリートは一体型吹付けロボットにて施工を行った。初期掘削時は、近隣の民家への騒音対策として、トンネル掘削作業を昼間だけとした。立坑の補強、薬液注入、補助工法により、土留めの変状、天端沈下も少なく掘削することができたが、立坑掘削と同様に初期掘削区間も転石・巨礫が出現し苦心した。

転石・巨礫は、クサビによる油圧式割岩工法にて小割り撤去した。とくに、補助工法の長尺先受けを施工していたので、天端に出てきた転石を串刺し状に抑えることができ、天端の崩落を起こすことなく、転石を撤去することが可能となり、無事に掘削することができた。

TWSでの施工では、掘削・ずり処理の施工サイクルを短縮させるために、自由断面掘削機による掘削作業とずり搬出作業を同時に行うことが求められる。自由断面掘削機をずり出し機能として掻き寄せバケットをブーム下部に搭載するよう改良したが、掘削同時稼働が困難なことからバケットの動作が通常のバックホウに比べ極端に遅くなり掻き寄せするのに時間がかかること、さらには、切羽の掘削ずりを完全に搬出することができないこと

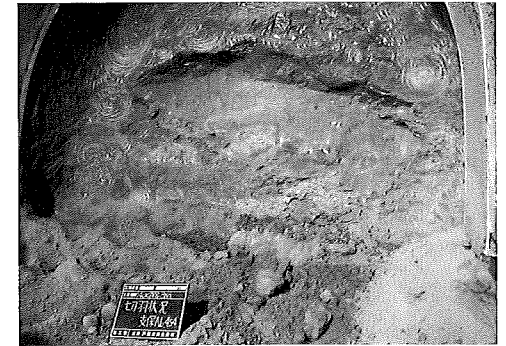


写真-4 切羽抜け落ち状況



写真-5 転石小割り状況

が判明した。掘削ずり掻き寄せのために、自由断面掘削機と完全に分離させ単独稼働が可能なミニバックホウ(0.14m³)を相番機械とした。

また、玉石層での掘削では、掘削の反動で自由断面掘削機の搬出ベルコンが振れて、シャトルカーに直接積み込むことが困難であった。この解決策として、自由断面掘削機の搬出ベルコンとシャトルカーとの間に、自由断面掘削機の搬出ベルコンからの受け口を拡張させたベルコン台車を投入した。

現在までに、TWSおよびインバート栈橋システムの改良を重ね課題を克服してきた結果、問題なく稼働している。また、小規模な切羽崩壊(写真-4)や玉石層に遭遇し、巨礫の出現などあったが、補助工法(FIT先受け・FIT鏡止めボルト)の採用、油圧式割岩工法による巨礫撤去(写真-5)にて難所を突破し、最大月進100mを記録し、大きなトラブルもなくNATM区間延長1,510mのうち約650mまで進行している。

5 おわりに

国土交通省八ッ場ダム建設事業に伴うJR吾妻線付替工事において、横壁トンネルは3トンネルのうち、最後に着工した区間である。現在、自然生態系保全対策の実施によって問題なく通年施工しており、TWSも大きなトラブルもなく最大月進100mの進捗を記録し、進行している。

最後に、本工事の円滑な進行にご尽力いただいている国土交通省八ッ場ダム工事事務所の担当者の方々、坑外仮設備の自然環境保全対策にあたり、多大なご指導をいただいた猛禽類対策委員会の先生方、また、TWSの検討に貴重なご助言をいただいた関係者の方々に厚くお礼申し上げる次第である。

わかりやすい トンネルの力学

B5判 286頁 本体価格 5,825円 円340円

福島啓一著

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

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

〔目次〕 ○従来のトンネル力学の考え方／トンネル力学の発展、NATM以前の考え方／ゆるみ高さの推定、ゆるんだ地山の釣り合い、沈下量の差により変わる土圧、切羽の安定、地山の分類による支保の設計、NATMの考え方／せん断破壊説、変形による圧力の低減、地山のゆるみ防止、アンカーボルトによる地山の補強、地山挙動の時間依存、せん断破壊説による設計法、経験的設計法、地山分類と地山等級に対応した支保工の標準設計、NATM力学についての問題点、○弾性論による解析／弾性学の基礎、軸対称円形トンネル、線対称円形トンネルの弾性解、円形トンネルの弾性解析、地表面に近いトンネル、だ円形のトンネル、球形空洞周りの応力と変位 ○弾性論による解析／そ性力学の基礎、軸対称円形トンネル、線対称円形トンネルの弾性解、円形トンネルで地山の自重を考えた弾性解析 ○弾性解以外の検討／トンネルの大きさの影響、時間の影響、表面の影響、山はね、ゆるみと締めり、地山のゆるみ、再圧密を考えた考察 ○その他の検討／二次覆工の役割とひび割れ、安全率、支保工の設計・観察・計測の解釈と逆解析、力学的に好ましい、または好ましくないトンネルの設計および施工法、有限要素法、トンネルと地下水

株式会社 **土木工学社**

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

施工

供用中のトンネルに避難連絡坑を接続

—湯浅御坊道路 川辺第一トンネル—

中日本高速道路(株)中部支社岐阜工事事務所所長 緒方健治
西日本高速道路(株)関西支社和歌山工事事務所吉備工事区 橋 豊
(元)西松・浅川共同企業体工事係長 阿部 俊
(元)西松・浅川共同企業体工事主任 谷口拓也

1 はじめに

和歌山県北部を縦走する湯浅御坊道路は、和歌山県吉備町から御坊市に至る延長約20kmの自動車専用有料道路である(図-1)。この湯浅御坊道路は、旧海南湯浅道路を経由して、大阪からの阪和自動車道と連絡しており、広域交通の円滑化を図るとともに、沿線の文化・観光資源を生かした地域振興や産業経済の発展および阪神・和歌山県の一体的発展を図ることを目的としている。

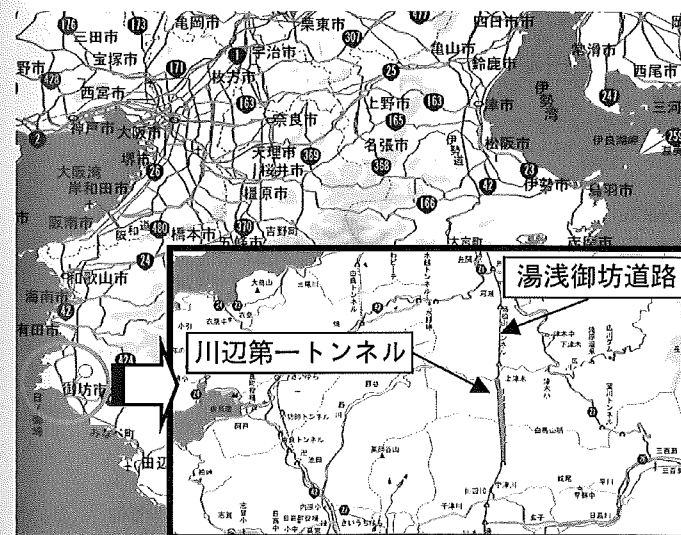


図-1 現場位置図

本工事は、現在供用中の湯浅御坊道路の交通量増加に伴う防災等級の向上により、川辺第一トンネルの西側横に災害・事故対策用避難坑(L=2,645m, φ=4,500mm)および供用線に接続する避難連絡坑(人道用:L=約22m×4か所, 車道用:L=約18m×3か所)を建設するものである。

供用中のトンネル本線に向かって避難連絡坑を施工する場合、供用線を通行止めもしくは通行規制を掛けながら施工する方法が一般的である。しかし、川辺第一トンネルは一車線対面通行である

ことから、片側通行規制を掛けることが困難であり、また、通行止めも不可能であることから、トンネル本線を供用しながら避難連絡坑を接続させる必要があった。

さらに、施工段階で避難坑が計画されている本線トンネルでは、交点部分に迎え掘りや補強などが行われるのに対して、前述の経緯から、交差部には対策が行われておらず、供用線覆工コンクリートの安定を確保するためには、連絡坑側からの交差部補強を余儀なくされた。

本稿は、施工時の供用線トンネルに与える影響を最小限に抑制するために

実施した避難連絡坑掘削方法、および交差部の補強について報告する。

2 工事概要

2-1 トンネル概要

工事名：湯浅御坊道路川辺第一トンネル避難坑工事

発注者：日本道路公団関西支社

施工者：西松建設(株)・(株)浅川組共同企業体

施工場所：和歌山県有田郡広川町大字上津木～和歌山県日高郡川辺町大字中津川

工期：平成14年3月26日～平成16年8月11日

施工内容：TBM掘削工(φ4,500mm, L=2,590m) NATM掘削工(L=55m, 両坑口)

避難連絡坑

- ・人道4か所×21.8m
10.2～13.5m²
- ・車道3か所×18.3m
18.2～40.4m²

掘削工法：避難坑 TBM掘削工法
避難連絡坑 全断面発破工法

- ・人道部 在来工法+NATM(補強部)

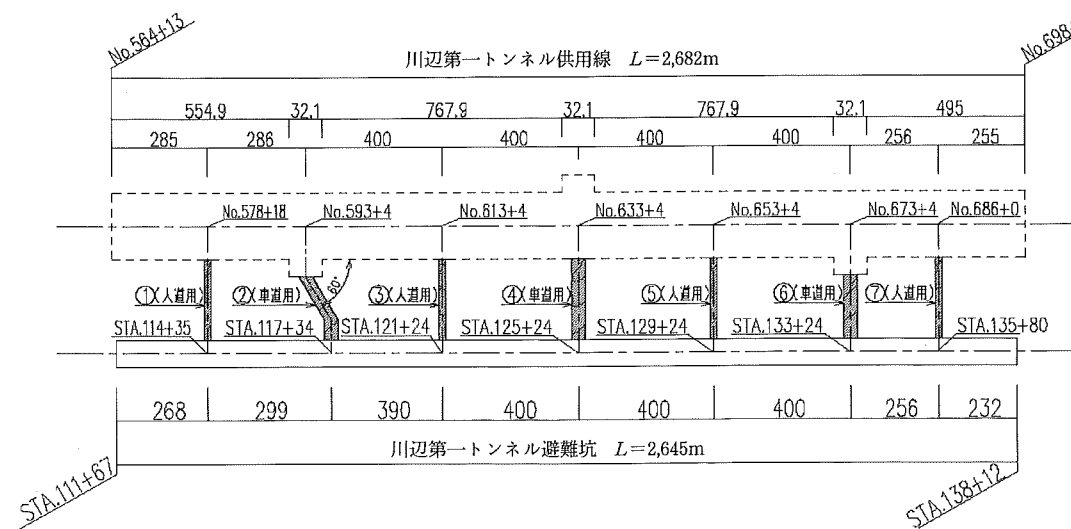


図-2 避難連絡坑位置図

- ・車道部 NATM
- ・供用線交差部補強 NATM

2-2 地質概要

当該工事の地質は、四万十帯に属する中生代白亜紀の日高川層群美山累層が分布している。美山累層は砂岩および砂岩頁岩互層を主体としており、部分的にチャート層も確認されている。また、小規模な岩脈が貫入し、大小多数の断層も確認されている。起点側・終点側とも河川の山側に位置し、新生代第四紀沖積層および堆積物が分布している。地山弾性波速度は、坑口および破砕帯を除いて3～5 km/s程度であるため、発破掘削に適していると考えられた。

3 供用線交差部補強方法

3-1 避難連絡坑設置位置

避難連絡坑設置位置を図-2に示す。避難連絡坑は、人道用4か所、車道用3か所の計7か所である。このうち、No.②(STA.117+34)の避難連絡坑は供用線に対して、60°の角度で接続している。

3-2 標準断面図

避難連絡坑(人道および車道)の標準断面図を図-3に示す。

3-3 補強構造の検討

避難連絡坑を接続することに対し、供用線覆工

コンクリートには対策が講じられていなかった。このため、避難連絡坑の掘削開口に伴う緩みの発生により、現状で安定している覆工コンクリートに何らかの影響を及ぼすことが考えられた。

そこで、図-4に示す手順で交差部補強構造の検討を行った。

検討の結果、避難連絡坑が接続することにより、供用線覆工コンクリートに許容値以上の引張応力が発生するため補強が必要であることがわかった。

推定した緩み領域(供用線側：約1.0m, 避難連絡坑側：約0.5m)は、トンネル掘削時に発生するものであることから、その荷重は鋼製支保工、吹付けコンクリート、ロックボルトなどの一次支保工が負担するのが一般的な考え方である。また、覆工コンクリートは、掘削時の変位が収束した後に打設されるものであり、化粧巻きの位置付けが大きい。しかし、今回の施工は、避難連絡坑を接続することによって、供用線には大きな欠損部が生じることになる。このときには、それまで安定状態を維持していた緩み荷重のバランスが崩れ、後荷重となって供用線覆工コンクリートに作用することになる。このため、断面欠損が生じる前に補強を行い、荷重バランスが崩れた状態になっても耐え得る構造としておくことが望ましく、補強方法の検討においては以下の項目を考慮した。

- ① 規制, 工程上の理由から、供用線内からの補強は困難なため、避難連絡坑側から実施する。
- ② 供用線に断面欠損が生じる前に避難連絡坑の外周に吹付けコンクリート+H形鋼による補強コンクリートを構築する。

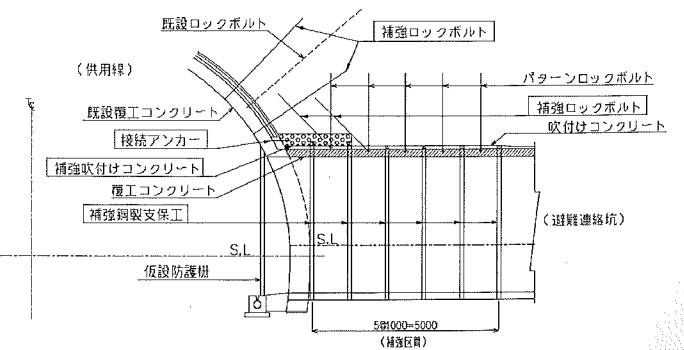
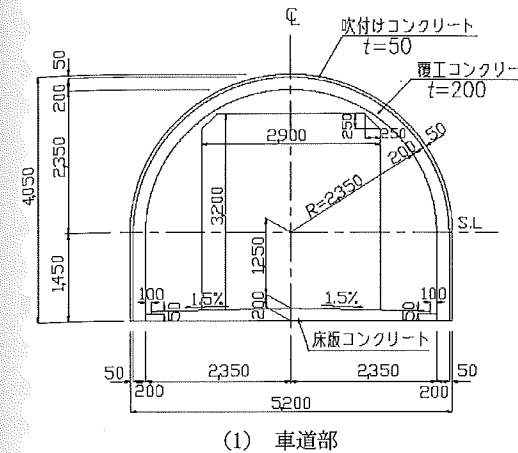
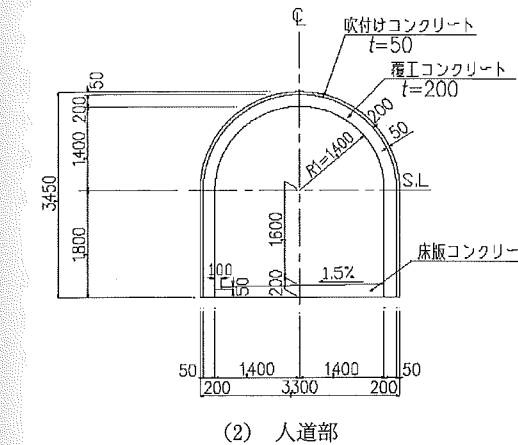


図-5 補強構造概要図



(1) 車道部



(2) 人道部

図-3 避難連絡坑標準断面図

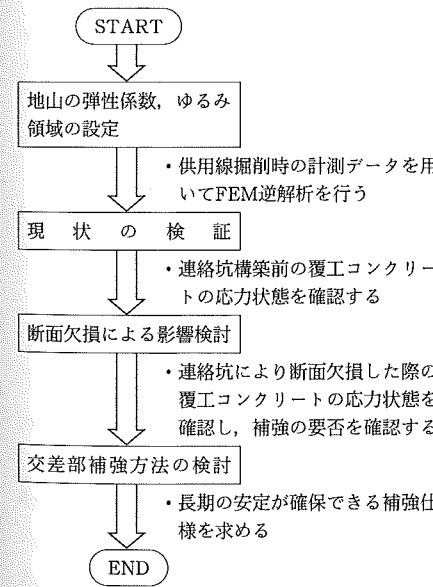


図-4 交差部補強構造の検討手順

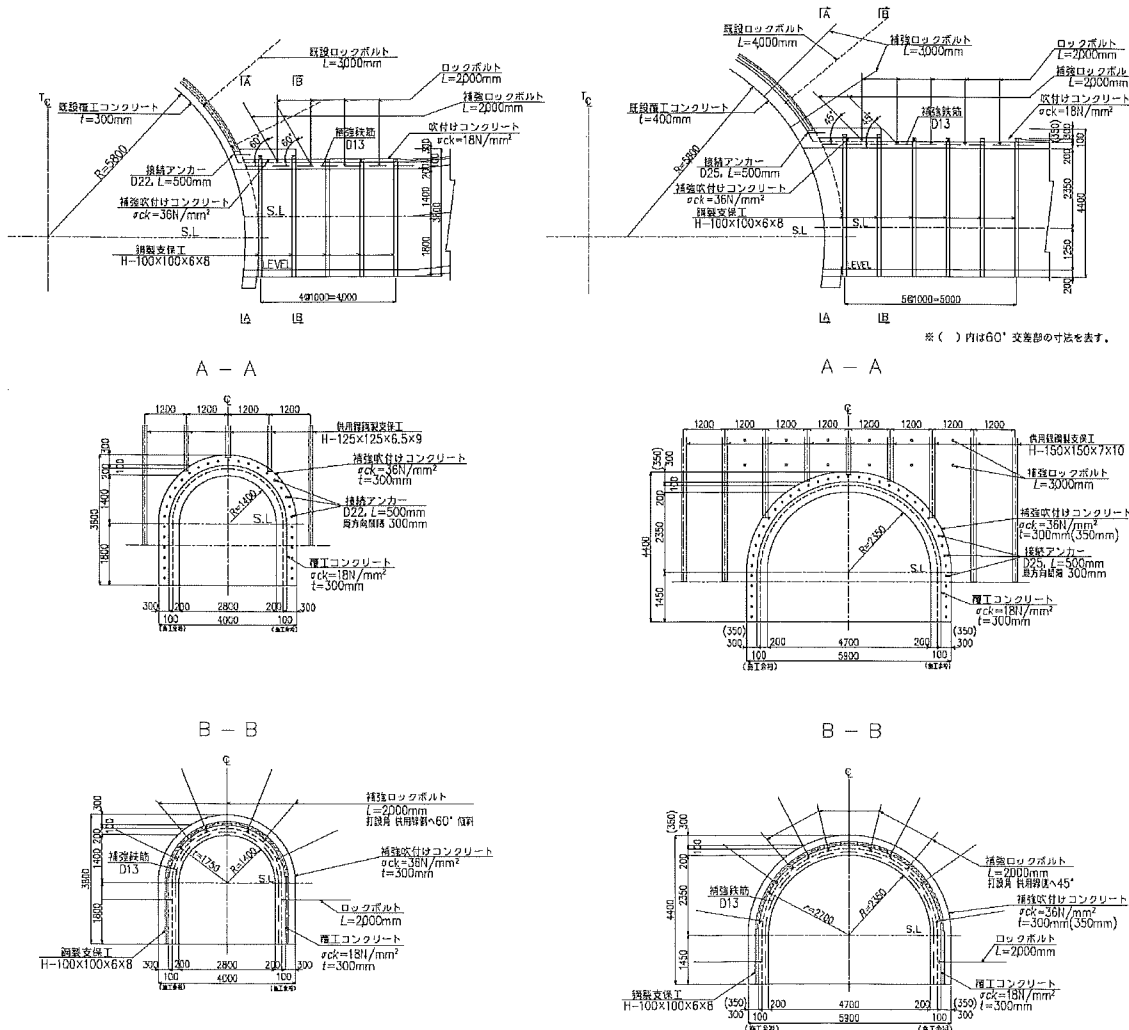
- ③ 供用線覆工コンクリートと補強コンクリートは、鉄筋アンカーにより一体化し、その後断面欠損をさせれば、外力は補強コンクリートを介して地山へ伝達させることができる。
- ④ 避難連絡坑掘削時の緩みを極力小さくするため、増しロックボルトを行う。
- ⑤ 供用線覆工コンクリート切断時は、供用線トンネルへ与える影響を最小限に抑制するため、ワイヤーソー工法を採用する。
- ⑥ 施工時、供用線走行車輛に対する第三者災害を防止するため、仮設防護壁を供用線側に施工する。

以上の項目を考慮し検討を行った結果、図-5に示す補強構造とすることによって、供用線覆工コンクリートの安定性を確保し、施工ができるものと考えた。

3-4 避難連絡坑覆工コンクリートの検討

供用線覆工コンクリートと同様に、避難連絡坑覆工コンクリートについても安定性を検討した。

図-3に示す当初設計の車両用および人道用の覆工構造について解析を行った結果、無筋コンクリートでは、発生引張応力度が許容値を超えるため、安定性が確保できないことを確認した。そこで、その対策として、補強鉄筋(主筋：D13@250、配



(1) 人道用連絡坑交差部(通常部) (2) 車道用連絡坑交差部(非常駐車帯部90°, 60°)

図-6 交差部補強支保パターン図

力筋：D13@300)を配筋することによって安定性が確保できると判断した。

以上の検討により決定した車道用および人道用交差部補強支保パターンを図-6に示す。

4 避難連絡坑施工フロー

4-1 施工フロー

避難連絡坑施工に関する施工フロー図を図-7に

示す。供用線側での作業は必要最小限とし、施工開始時の5夜間は掘削のための先行作業を、また終了時の7夜間で先行作業の撤去・復旧およびケーブル作業を実施した。これ以外の作業は、すべて避難連絡坑側から実施した。

4-2 先行作業

先行作業は、供用線夜間通行止め時(5夜間)に供用線側より行った。作業内容は以下のとおりである。

- 作業①：交差部の内装板撤去
- 作業②：覆工コンクリート撤去用(ワイヤーソーで実施)のコア抜き
- 作業③：施工中における交差部付近の挙動を把握する計測器設置(図-8参照)
- 作業④：交差部地山の緩みを最小限に抑制する供用線補強ロックボルトの打設(車道のみ)
- 作業⑤：供用線仮設防護壁(H形鋼+キーストンプレート)設置

4-3 避難連絡坑の施工

避難連絡坑の掘削は、避難坑および既設本坑掘削時のデータより、非常に硬質な砂岩が分布

していたことから発破掘削を採用した。このとき、発破による供用線覆工コンクリートに与える影響を最小限に抑制するために制御発破を取り入れ(5章参照)、計測工によるデータをもとに周辺地山の挙動と支保部材の効果および振動値を管理した。また、同時に薬量などを施工方法へフィードバックさせるとともに、後続するほかの連絡坑施工へもフィードバックした。その結果、供用線覆

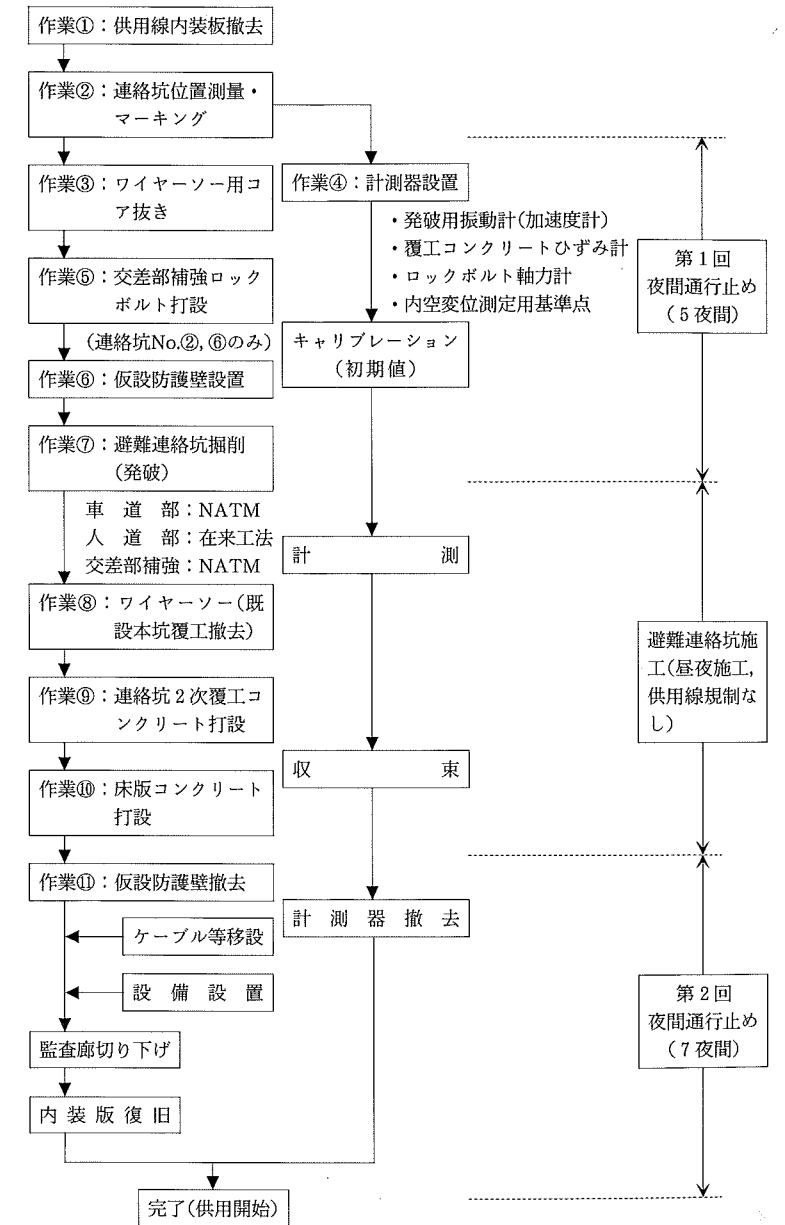


図-7 施工フロー図

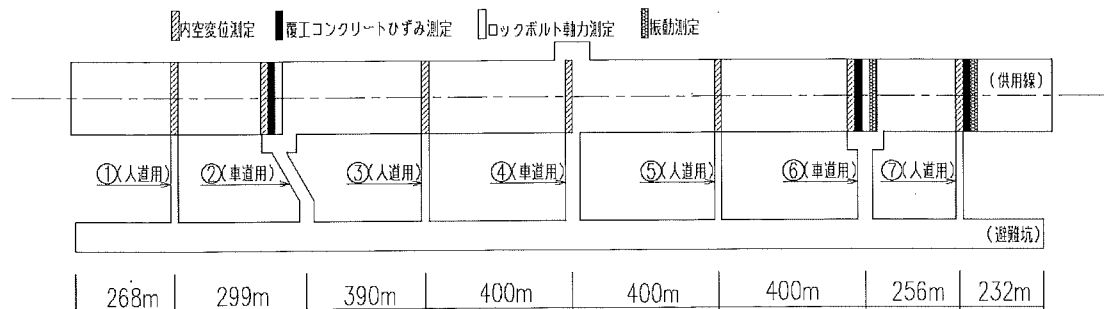


図-8 計測設置位置図

工コンクリートに与える影響を最小限に抑制し、また走行する車両に支障を与えることなく、掘削することができた(作業⑦)。

掘削終了後、供用線覆工コンクリートに与える影響を最小限に抑制する方法としてワイヤーソー工法を採用し、切断・撤去を行った(作業⑧)。その後、連絡坑の2次覆工コンクリート、床版コンクリート打設を順次行った(作業⑨、⑩)。

5 発破掘削(制御発破)

5-1 発破振動の影響

当該施工は、供用線トンネルに近接および接続することから、避難連絡坑掘削時の発破振動の影響が懸念された。そこで、避難連絡坑発破作業によって発生する発破振動が供用線に与える影響について検討を行った。

供用線への動的影響予測は、次式(1)を用いた。

$$V = K \times W^m \times D^{-n} \quad (1)$$

ここで、 V ：振動速度(kine, cm/sec)

K ：常数

W ：段あたりの薬量(kg)

D ：距離(m)

指数 m は $1/2 \sim 3/4$ 、 n は $1 \sim 3$ の値が報告されており、当該施工においては、 $m=2/3$ 、 $n=2$ を用いた。常数 K は、供用線トンネルに設置した振動計で計測することにより K 値を算出し、施工にフィードバックさせた。

5-2 発破振動管理基準

発破施工に際し、発破振動管理基準値を設定する必要があった。既往の研究では、許容振動値の推定式²⁾や表-1に示すトンネル各種コンクリート

表-1 トンネル覆工・吹付けコンクリートのクラック発生限界

工事名称	破壊実験対象物	限界値kine(cm/sec)
若山トンネル(山陽自動車道)	吹付けコンクリート	70 以上
小木津トンネル(常磐自動車道)	覆工コンクリート	30~40以上
己斐トンネル(山陽新幹線)	〃	30 以上

表-2 トンネル健全度点検結果の判定区分³⁾

判定区分	一般的状況
AA	損傷が著しく、交通の安全確保または第三者に対し支障となっているか、もしくはその恐れがあり、緊急補修の必要のある場合。
A	損傷が大きく、補修するかどうかの検討が必要な場合。
B	損傷は小さいが、補修するかどうかの検討が必要な場合。
OK	損傷がないか、もしくは軽微で、補修する必要がない場合。

注)上記の補修とは、変状対策のための総合的な対策工のことをいう。

表-3 振動速度の許容値³⁾

健全度判定区分	許容振動速度
B, OK	4cm/sec
A	3cm/sec
AA	2cm/sec

注)コンクリート片の落下の恐れのある場合は、その処置を前提とする。

のクラック発生限界実験例²⁾があるが、ここではJH設計要領³⁾により設定した。

発破振動のような動的挙動の影響を予測する場合、事前に接続する供用線覆工の健全度を把握する必要があり、夜間通行止め時に点検を行った結果、表-2の“OK”ランクに区分された。これに

伴い、JH設計要領に示される表-3に従い、発破振動管理基準値を4kineに設定した。

5-3 発破計画

発破振動管理基準値を遵守するように発破計画を立案した。発破計画は、試験発破の振動計測結果から得られた K 値を用いて、振動管理基準値を満足する薬量を計算し、実施するものとした。

(1) 試験発破

標準発破パターンによる試験発破を行い、発破振動計測を行った。結果から、式(1)を用いて K 値を算出し、振動管理基準値を遵守できる発破(制御発破)の薬量を求めた。

(2) 発破計画(制御発破)

発破掘削を進めるうえで、心抜き部の振動速度が大きくなる傾向があるとの予測から、電子雷管を使用し1孔あたりの薬量を低減させることとした。さらに、1発破あたりの進行を1.2mから0.6mまで変更する分割発破により、1段あたりの薬量をより一層低減させる方法も採用し、発破計画を立案した。また、切羽が発破限界地点に達した時点で、静的破碎工法と機械の併用掘削に移行することを採用した。

5-4 発破実績

発破計画をもとに、避難連絡坑掘削を行った。発破計画と実際の発破振動計測値を常に対比させるために、振動計測器を設置している連絡坑No.⑥(車道用)およびNo.⑦(人道用)から先行掘削を行った。

連絡坑No.⑥は、切羽位置が供用線覆工から8mの地点で、振動計測値が4.2kineとなり管理基準値：4kine以上となったため分割発破に切り替えた。分割発破は、最高進行長を50%に落として進めたが供用線覆工から4.6m地点で再び管理基準値を超えた。その後は、静的破碎工法+機械掘削の併用掘削を行った。

静的破碎工法は、さまざまな工法(低振動破碎工法、放電衝撃破碎工法、静的破碎剤など)が存在するが、安全性、施工性および経済性などを総合的に判断して、石灰系膨張性静的破碎剤を使用した。静的破碎剤で岩盤にクラックを発生させた

後、ミニブレーカーなどにより2次破碎を行った。

また、連絡坑No.⑦も同様に、切羽位置が供用線覆工から8mの地点で振動計測値が4.3kineとなったため分割発破に切り替えた。平均進行長を70~50%に落としたが、本坑覆工から4.7m地点で、振動計測値が管理基準値を超えたため、静的破碎工法+機械掘削の併用掘削に移行した。

連絡坑No.⑥および⑦の発破実績から、後続施工する連絡坑No.①~⑤の発破計画を見直した。供用線覆工から8m付近までを電子雷管による制御発破とし、8~4mは分割発破、また4m~到達間は静的破碎剤を用いた機械併用掘削とした。ただし、地山状況により発破振動の伝達度合が変化するため、全発破時に供用線側にて技術計測員が発破音、振動状況、覆工の異常有無を確認し、その状況により使用薬量などを決定し掘削発破を進めた。

その結果、供用線側覆工コンクリートの異常は認められず、また走行する車両に対しても支障を与えることはなく無事に完了できた。

6 各種計測結果

6-1 供用線交差部計測結果

供用線交差部における各種計測管理値を表-4に示す。各種計測結果を以下にまとめる。

(1) 供用線覆工コンクリートひずみ測定結果

代表的なひずみ測定結果(連絡坑No.⑥：車道)を図-9に示す。

車道用(No.②、⑥)および人道用(No.⑦)連絡坑とも、切羽が供用線覆工コンクリートより1D(D：連絡坑掘削径)程度まで接近した時点から覆工コンクリート切断・撤去までの間で、変動が確認された。しかし、最大でも400 μ 程度であり、管理値：レベル1(=2,000 μ)と比較しても十分小さい。以降250 μ 以下で安定に推移し、供用線覆工コンクリートに対し応力面から有害な変状を与えることはない結果を得た。

(2) ロックボルト軸力測定結果

車道用No.②では、供用線覆工コンクリート切断後に最大2kNの変動が確認された。また車道

No.⑥では、切羽が1D程度に接近した時点からロックボルト軸力に変化が見られ、最大4kN程度の変動が確認された。両者とも管理値：レベル1 (=70kN) に比べて非常に小さい。

その後も同様の値で推移し、交差部周辺の地山応力状態は安定を維持している結果を得た。

(3) 内空変位測定

全連絡坑交差部において光波測距儀により測定を行った。測定中の通行車両による振動の影響は受けたものの、全体的な傾向から大きな変化(レベル1以上)は見られず、供用線覆工コンクリートに対し変位面から有害な変状を与えることはない結果を得た。

以上の結果から、交差部補強を行ったことにより、連絡坑接続による外力(=緩み荷重)を分担でき、その妥当性が確認できた。また同時に、制御発破の有効性も確認でき、供用線覆工コンクリートに対して有害な変状を与えることなく、避難連絡坑施工を完了できた。

6-2 発破振動計測結果

連絡坑No.⑥および⑦で得られた振動計測データ

表-4 計測管理値

管理レベル	覆工コンクリート ひずみ(μ)	ロックボルト 軸力(kN)	内空変位 (mm)
レベル1	2,000	70	2
レベル2	3,100	100	3
レベル3	5,100	170	4

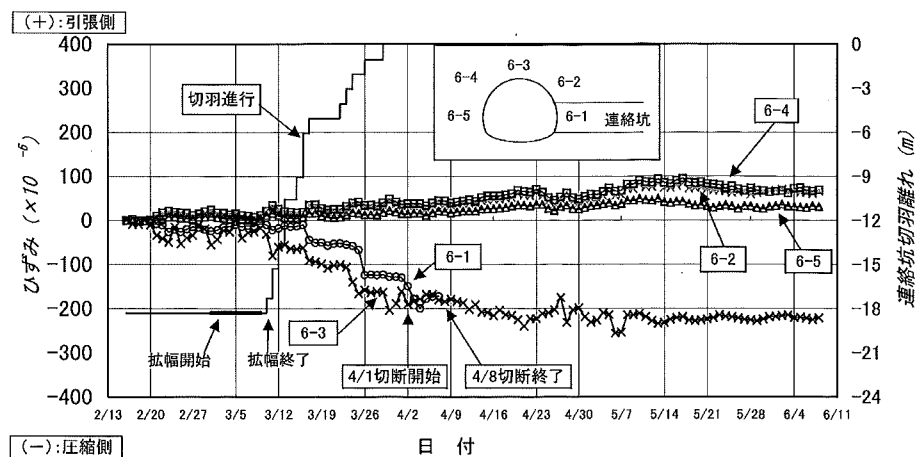


図-9 連絡坑No.⑥(車道)覆工コンクリートひずみ測定経日変化図

データを図-10,11に示す。また、計測データから算出されるK値を図-12に示す。

図-12から、切羽(爆源)が供用線覆工(振動受信

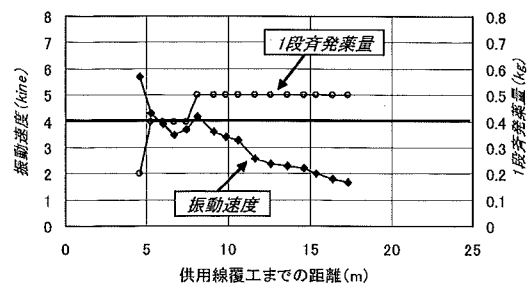


図-10 連絡坑No.⑥(車道)における振動計測結果

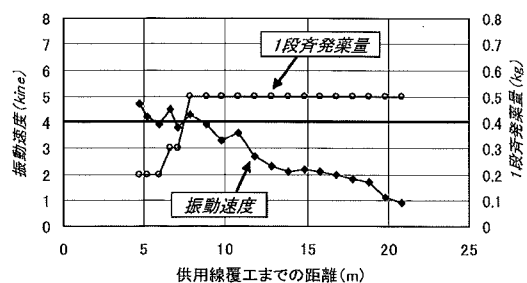


図-11 連絡坑No.⑦(人道)における振動計測結果

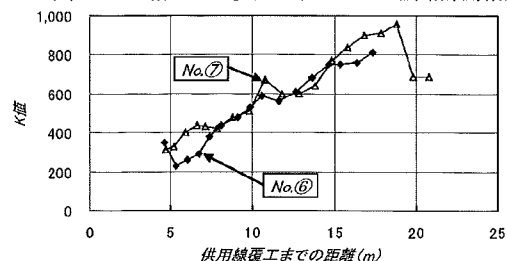


図-12 連絡坑No.⑥(車道)およびNo.⑦(人道)におけるK値

点)に近づくに伴って、K値が小さくなっていることが認められた。

一般的に、発破地山の地質が比較的均一であれば、K値のばらつきは見られず一定値を示す。しかし、施工データのK値は一定値を示さずばらつきも確認された。この理由として2点考えられる。

- ・切羽が供用線覆工に近づくに伴い、供用線覆工壁面が自由面として作用し、K値が次第に小さくなったと考えられる。理論上、心抜き部と払い部にK値の相違があるのはこの影響による。
- ・非常に少ない装薬量でかつ振動伝達距離が非常に近いため、発破時のミクロ的な相違(岩盤状況、装填状況、振動波の伝わり方など)が作用したと考えられる。

ただし、一般的に非常に近接した発破の場合、K値が小さく算出される傾向にあるが、K値には距離減衰の影響も含まれているため、これを考察する必要も発生する。

7 おわりに

本工事は、供用中の高速道路トンネルに避難坑および避難連絡坑を構築する工事であり、掘削施

工中に供用線を通行規制することなく、連絡坑を接続させた初めての工事であった。

施工中の小さなミスが、多大な災害を引き起こす懸念があった。無事に施工を完遂させるために、事前には綿密な設計および施工協議を行い、施工中は、施工計画と実施工および計測データを常に対比させ、計画の見直しをくり返した。

また、厳しい工期を遵守する中で安全第一を常に考え、とくに発破時には直接監理者が要所を監視し、安全管理を徹底させた。結果として、供用線覆工の安定を確保し、また走行車両に対して影響を与えることなく無事に完了することができた。

本報告が、近年、増加傾向にある同様のトンネル近接発破工事の参考になれば幸いである。

最後に、関係各位のご指導・ご協力に対して誌面を借りて深く感謝する次第である。

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) ジェオフロンテ研究会：現場技術者のための制御発破工法の実例, p.37, 1996.
- 3) 日本道路公団：設計要領集第三集, (1)トンネル本体工保全編(近接施工), pp.1-45, 1998.
- 4) 日本道路公団：点検の手引き, 1985.

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

1. 原稿は弊社ホームページ(<http://www.tunnel.ne.jp>)に掲載されている投稿規定により執筆して頂きます。
 2. 原稿のボリュームは、原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む)。
 3. 原稿掲載の採否は、本誌編集委員会で審査のうえ決定します。
 4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお支払いいたします。
 5. 原稿は、原則として返却いたしません。
(注:「現場だより」の投稿は受付けておりません)
- 送付先 株式会社土木工学社 編集部 投稿係
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888(代)



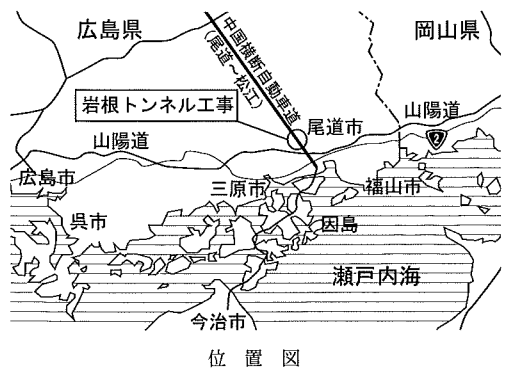
「芸術と文化と健康福祉が調和した町」尾道市御調町より

藤田 英治

国際芸術文化都市を目指している広島県尾道市は広島市の東部80kmに位置し、市街からなら「しまなみ大橋」(尾道～今治)を車で30分も走れば四国に渡ることができる。尾道と聞けば、尾道ラーメン・映画・文学……と連想される方が多いかもしれない、実際、滋養豊かな瀬戸内海の小魚をふんだんに使ったスープの尾道ラーメンは絶品で、二度三度と口にしたいことうけあいである。また、映画のロケ地としても有名で、とくに大林宣彦の「時をかける少女」や「転校生」のロケ地であり、最近では「男たちの大和」で用いた実物大の戦艦大和のロケ用模型が話題となっている。

文学では、この地で小学校から高校時代を過ごし、「放浪記」で有名な林芙美子がしばしば尾道を題材に取り上げており、志賀直哉の「暗夜行路」にも情緒ある尾道の町並みが紹介されている。これらのことは、尾道観光のシンボルである千光寺の中腹にある「文学の小道」に建てられた25名の詩人・文化人達の石碑の一節に刻まれている。

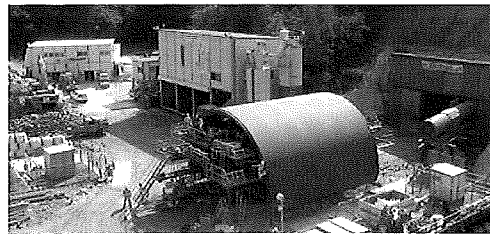
当現場が位置する尾道市御調町は、尾道市街から10km北上したところにある美しい自然に囲まれ、健康と福祉を基本理念とした生活質感のある優しい町である。御調町の町名は御調郡から取られたもので、その昔、神功皇后が近くに船を泊めた際に、木梨の長が水を奉納したところ、皇后はその水が大変澄んでいたことを讃えて「水調」と言われ、この「水調」を「御調」として郡名にしたと伝えられている。また、有名な彫刻家で広島県名譽県民の圓鏢勝三(1905～2003)の出生



位置図



圓鏢記念館



抗口仮設ヤード全景

地でもあり、御調町の山腹に建てられた圓鏢記念館には、600点を超える作品が展示されている。

御調町は、かつて京から大宰府へと通じる古代山陽道と、尾道から中国山地を横断して山陰の温泉津に至る石州街道が交差した場所であった。中国地方を南北に横断し、尾道と松江を結ぶ中国横断自動車道は、まさにこの山陽の尾道から山陰の松江に至る古来の道、石州街道を現代の道として復活させるものと言える。

さて、中国横断自動車道の一環である当岩根トンネル工事は205mの貝ヶ原トンネルと1,200mの岩根トンネルを施工するものである。平成17年7月現在、貝ヶ原トンネルの掘削は完了し、岩根トンネルを約400m掘り進んだところである。切羽の地質は白亜紀後期に形成された広島型花崗岩が主体で、NATMによる補助ベンチ付き全断面発破掘削工法で施工している。

工事にあたっては、地元の方々の多大なるご理解とご協力を得るとともに、発注者および関係各位のご指導のもと、JVと協力会社が一丸となって平成18年春の貫通を目指し、無事故・無災害を念頭に鋭意施工中である。

(五洋・浅沼特定建設工事共同企業体岩根トンネル工事事務所所長)

施工

つくばエクスプレスの地下構造物

—秋葉原駅～綾瀬川トンネル—

鉄道・運輸機構東京支社工事第二部長 赤澤 有二
 鉄道・運輸機構東京支社工事第四課長 富田 能民
 鉄道・運輸機構東京支社工事第四課課長補佐 阿部 修三

1 はじめに

つくばエクスプレス(常磐新線)は東京都の秋葉原を起点とし、埼玉県および千葉県を経て茨城県つくば市に至る延長約58kmの都市高速鉄道新線である。路線は「大都市地域における宅地開発及び鉄道整備の一体的推進に関する特別措置法」にもとづいて整備された鉄道であり、この法律によって各県が作成した基本計画に従い、首都圏東北部の地域開発と利便性の高い交通アクセス手段を確保することを目的として整備が進められた。

最高運転速度は130km/hで秋葉原～つくば間

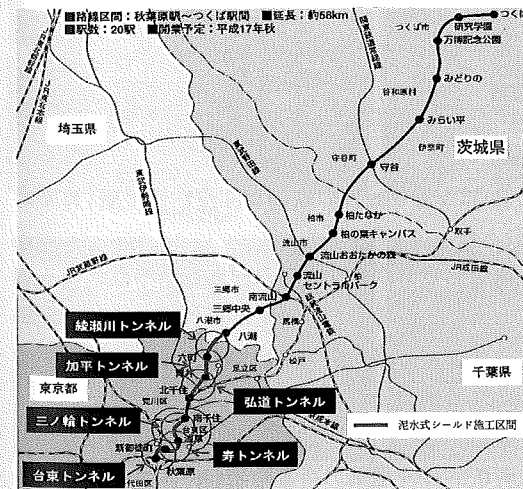


図-1 つくばエクスプレス路線図

を最速約45分で結ぶものである(図-1)。

本稿ではつくばエクスプレスのうち、東京都内地下鉄区間の駅および駅間トンネルの施工について述べるものである。

2 工事概要

2-1 路線概要

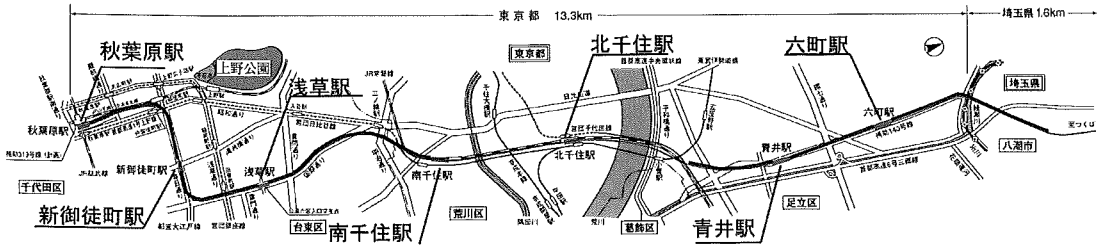
つくばエクスプレスのうち、東京都内の延長は13.3kmである。この間には、秋葉原・新御徒町・浅草・南千住・北千住・青井・六町の7駅を設置した(図-2)。このうち、高架駅となる北千住駅を除き残る6駅は地下駅である。これらはすべて開削工法で施工した。駅間は外径10.0～10.4mの複線トンネルをシールドトンネルにて施工した。

2-2 地質概要

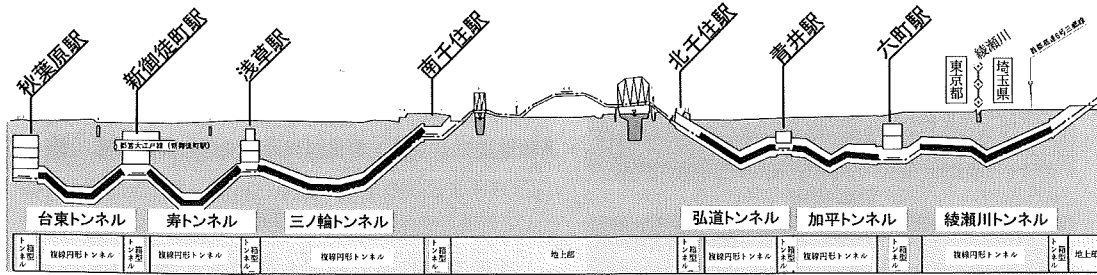
つくばエクスプレスの都内区間は、東京低地を北東に通過していくことになるが、この低地は荒川・江戸川などによって形成された沖積平野で平坦な地形を呈している(図-3)。

秋葉原駅の掘削床付け面(TP-33m)は東京層の透水層(Dc4)を貫通して砂質土層(Ds5)に位置し、土留め壁根入れ部は江戸川層の透水層(Dc5)とした。

台東および寿トンネルの掘削地盤は洪積世前期から第三期に相当する上総層群(Ka)を基盤岩とした。下位より江戸川層(Ds5)、東京礫層(Dg4)、



(1) 平面図



(2) 縦断面図

図-2 つくばエクスプレス東京都内平面・縦断面図

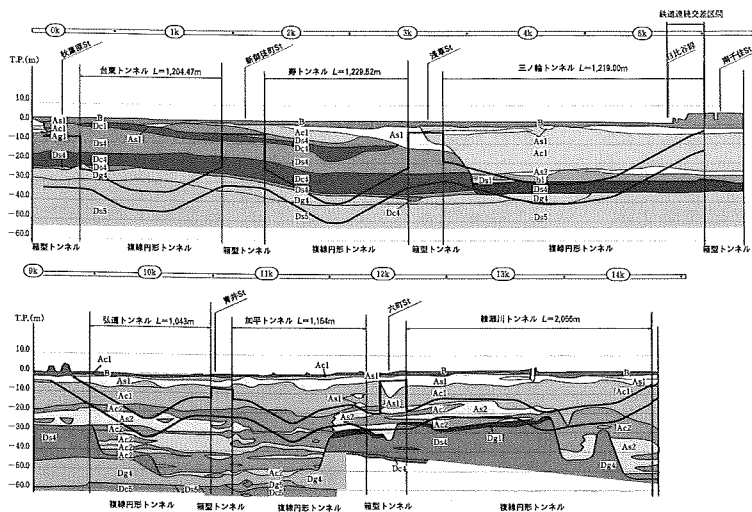


図-3 地質縦断面図

東京層(Ds4・Dc4)となる。国際通り下に開削で構築する浅草駅は上部に沖積層の有楽町層(As1)、下部が洪積の東京層(Ds4, Dc4)となり、東京礫層と江戸川層の地下水は被圧されておりその水頭はGL-13m付近となる。

三ノ輪トンネルは発進部から200m区間上半部が洪積砂層、下半部には洪積シルト層が現れ、中央区間においては、約1,400mにわたって埋没段丘の礫層が全断面に出現する。その後、到達部

600mはN値0~6の軟弱な沖積粘性土層(有楽町層)となっている。

青井および六町駅は上部が有楽町下部粘性土層(Ac1-2)と下部が七号地層に相当する粘性土地層(Ac2)で、有機物や腐食物が混入しN値は2~27と粘性は弱い。

弘道・加平・綾瀬川トンネルの掘削地盤は青井・六町駅同様沖積層の有楽町層(Ac1)および七号地層(Ac2, As2)となる。

3 各駅工事概要

各駅の概要を表-1, 写真-1に示す。

3-1 秋葉原駅

秋葉原駅は東京都の土地区画整理事業(8.8ha)による都市計画道路(幅員25m)直下に計画された(図-4)。

駅構造は地下3階に変電所を取り込んだ4層3径間を基本とし、延長284m, 幅13~23m, 掘削

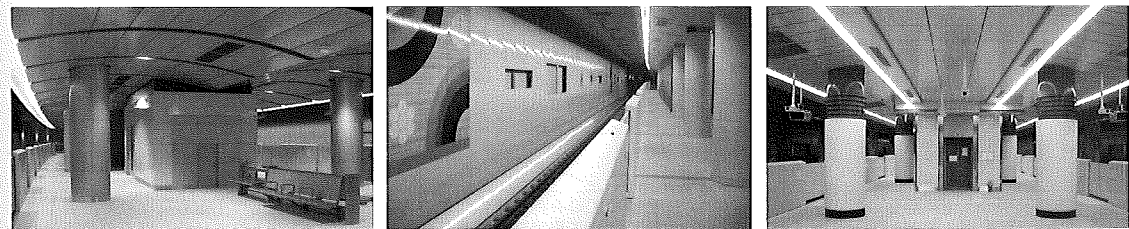
深さは37mである。つくば方端部はシールド発進立坑を有し、土留めの一部に炭素性繊維であるネフマックを採用した。

掘削工法は工期短縮および作業基地確保から逆巻き工法を採用した。

JR総武線と交差区間は計画道路構造および駅構造を満足するための既設高架橋の改修が必要となることから、約66m間をJR東日本へ設計・施工委託をした。

表-1 各駅概要表

駅名	秋葉原駅 (東京都千代田区神田花岡町)	新御徒町駅 (東京都台東区元浅草一丁目)	浅草駅 (東京都台東区浅草三丁目)	南千住駅 (東京都荒川区南千住四丁目)	北千住駅 (東京都足立区千住旭町)	青井駅 (東京都足立区青井三丁目)	六町駅 (東京都足立区六町四丁目)
配線略図							
駅部断略							
キロ程	0km000m	1km580m	3km140m	5km670m	7km560m	10km580m	12km000m
駅形式	地下駅(4階)	地下駅(4階)	地下駅(4階)	地下駅(1階)	高架下駅(3階)	地下駅(2階)	地下駅(3階)
乗降場形式	島式ホーム	島式ホーム	島式ホーム	相対式ホーム	島式ホーム	相対式ホーム	島式ホーム
ホーム幅員等	1×12m×125m	1×9.3m×125m	1×9.7m×125m	2×5.0m×125m	1×10.9m×125m	2×9.3m×125m	1×9.1m×125m
エスカレーター	旅客通路22台 乗降場 3台	旅客通路11台(4) 乗降場 4台	旅客通路 7台 乗降場 2台	乗降場 2台	旅客通路 1台 乗降場 3台	旅客通路 7台 乗降場 4台	旅客通路 9台 乗降場 2台
エレベータ	2台	2台	2台	2台	2台	3台	2台



秋葉原駅

新御徒町駅

浅草駅



南千住駅

青井駅

六町駅

3-1-1 地下連続壁

掘削深さが約37mの大規模掘削となるため、土留め工として次の3案で検討した。

- 1案 RC地下連続壁(本体利用)
- 2案 SMW仮土留め
- 3案 鋼製地下連続壁

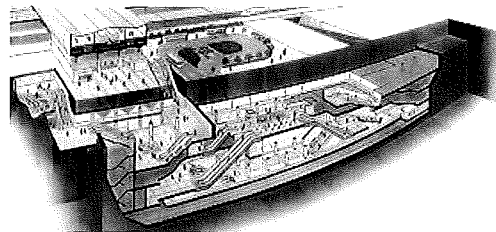


図-4 秋葉原駅完成図

掘削土留め壁構造は、施工条件などを考慮しRC連続壁を採用した(表-2)。

連続壁厚は90cmとなり、深度が50~55mの設計となった。50mのうち下部6~7mはボイリングによる根入れとし、無筋コンクリート構造とした。

また、上部4m部分は将来道路計画により撤去可能な泥水固化壁構造(芯材H-400×400)として路面覆工支持杭とした。

掘削エレメント長は仕切り鉄板方式による先行エレメント2.0m、後行エレメント7.5mを基本としたが、近接建物区間については後行エレメントを3.5mに短縮し安全性を向上させた。

表-2 秋葉原土留め工選定表

	①案 RC地下連続壁土留め工(本体利用)	②案 SMW式土留め工	③案 鋼製地下連続壁土留め工(本体利用)
略図			
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 大深度の施工に適しており、今回工区地の層での深い掘削でも止水性はよく、補助工法は不要である。 施工設備が大規模となり、他の案よりは作業用地が広がる。 壁の剛性・断面性能が任意に設計でき、地下構造物の本体として利用できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 今回工区は、大深度の杭打ち施工なので、施工精度を保つために先行削孔が必要である。 大深度杭打ちの施工誤差があるので、Dg4, Ds5層の止水を確実にするため、側部薬注を併用する必要がある。 鉄道構造物で、今回のような大深度施工の実績が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 基本的には、①案のRC地下連続壁と同じである。 H形鋼材のフランジに嵌合継手を持つ構造で、嵌合で連結していくため、高い建て込み精度が要求される。 鋼材1本で最大重量となるため、揚重機クレーンが小型でよく、①案より仮設ヤードが小さくてよい。 RC内壁との一体壁としての施工実績が少ない。
工期	本体利用の土留め壁なので、全体工期としては他の案との差が少なくなる。	土留め工のみの施工は、他の案より短い工期で施工できる。しかし、全体工期を含んだ場合は、差が少なくなる。	本体利用の土留め壁なので、全体工期としては他の案との差が少なくなる。
防水工	<ul style="list-style-type: none"> 躯体側部の外側に防水ができない。 防水対応としては、連壁に吹付けタイプの防水工を施しさらに内壁と一体化施工を確実にすることで完成後の漏水対策としている。 	躯体全周に防水できる。	<ul style="list-style-type: none"> 躯体側部の防水ができない。 防水対応としては、内壁と一体化施工を確実にすることで完成後の漏水対策としている。
経済性	土留め工のみの比較では、②案より不経済であるが、本体利用のコンクリート工と掘削土量の減を考慮すれば、他の案より経済的となる。	土留め工のみの場合は、他の案よりはかなり経済的であるが、側部薬注、コンクリート工、掘削土量を考慮すると、他の案より不経済となる。	土留め工のみの比較では、②案より不経済であるが、本体利用のコンクリート工と掘削土量の減を考慮すれば、②案より経済的となる。
評価	◎	○	○

表-3 秋葉原駅盤ぶくれ対策工選定表

区間名 距離表示	A 区間 OK050M000	C 区間 OK080M000
	連続壁地層構成断面図	
連続壁下端位置	東側：施工済み(TP-47.000m) 西側：施工済み(TP-47.000m)	東側：未施工 西側：施工済み(TP-47.200m)
W(tf)：掘削底面以深の土塊重量	626.95	619.21
F1：Wに対する安全率	1.20	1.20
C1(tf)：土留め壁と地盤の摩擦抵抗力	266.42	292.50
F2：C1に対する安全率	3.00	3.00
C2(tf)：地盤(不透水層)のせん断抵抗力	420.57	577.20
F3：C2に対する安全率	2.00	2.00
U(tf)：透水層の揚圧力	737.24	634.79
盤ぶくれ照査安全率 ≥ 1.0	1.11	1.42 不透水層(Dc5層)に1.00m以上貫入した状態(TP-48.330m)

掘削精度は1/500を確保すると同時に、騒音・振動対策についても配慮した。施工初期段階では、GL-30m付近の礫層部において17m³/h程度の逸水が発生し、埋め戻しを余儀なくされたが、作泥能力アップのための補助プラント設置や掘削のペースを落とすなどの結果、逸水量を減少させることができた。

3-1-2 盤ぶくれ対策工

地下水の帯水状況は各層の水頭測定結果から、層厚約8m(TP-15~23m)の難透水層(Dc4)を境に2分され、上層では表層水(GL-3m)にほぼ一致するTP±0mの水頭を持ち、下層ではTP-12m前後にあり被圧していた。

排水工法などの補助工法の検討のためDg4、

Dg5の2層を対象に揚水試験を行った。

その結果、透水係数はDg4が4×10⁻¹cm/sec、Dg5は4×10⁻²cm/sec程度で、水を豊富に含んでいることを確認した。また、不透水層であるDc5層が連続的に分布していることが確認された。

そのため、基本的には、連壁の根入れ部分をDc5層に延長することにより盤ぶくれ対策工としての遮水工を実施した(表-3)。

遮水工法には、二重管ダブルパッカー工法を選定し、改良厚さは2m、改良高さは連壁下端深度より上に2mラップし、下限深度は不透水層(Dc5)の層境に隆起があることが懸念されるため、不透水層上端から2m入った深度とした。

3-2 浅草駅

浅草駅は、既に埋設されている浅草幹線下水(φ4.8m)を避けた位置で、国際通り(幅員33m)路下に、構築延長304m、幅

17.0~21.5m、深さ31.4~37.9mの4層3径間の駅である(図-5)。

駅両端部がシールド発進立坑となるため、SMWの心材の一部にNOMST材を採用した。

3-2-1 柱列式地下連続壁

当初計画された土留め工法は一次土留め(SMW650)によりGL-11.5m付近まで掘削を行った後、路下にて本体利用の連続壁(t=800mm)の施

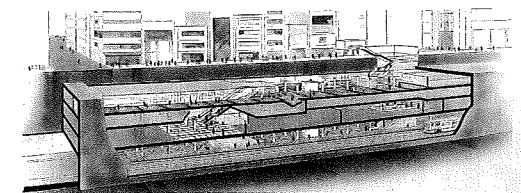


図-5 浅草駅完成図

工を行う計画であった。しかし、高水位地下水の影響から溝壁の崩壊が発生するおそれがあること、一次土留め施工後、地山安定のため地盤改良を検討したが、改良範囲に下水幹線を巻き込んでしまうこと、さらに、地下水の処理が問題となり、この方法をもってしても現状の条件下では路下連壁の施工は不可能であると判断した。

以上の検討結果から、土留め壁の再検討を行い、比較検討の結果、SMW壁+注入止水壁工法が総合的に優れていると判断した(図-6)。

地質条件から、側圧が非常に大きい(最大約27tf/m²)、断面係数の大きい芯材を選定した結果、削孔径850mm、芯材H-594×302、芯材長は側圧に対するつり合い根入れ長から35~45m、根入れ長3.0~8.2mとした。また、削孔長は掘削床付け面がDc4層で、その下には被圧帯水層が存在するので、盤ぶくれを防止するために揚水を行わなければならない。ここではその揚水量をできるだけ少なくするために、止水性のソイルモルタル壁を施工限界まで築造することから、削孔長は48mとなった。

3-2-2 盤ぶくれ対策工

掘削床付け盤付近の不透水層(Dc4層)の下層に被圧帯水層の砂礫層(Dg4)と砂層(Ds5)があり、掘削時の盤ぶくれ対策として、被圧帯水層のDg4/Ds5層の水位低下を目的に、ディープウエル(DW)を採用した。しかし、SMWのソイルセメ

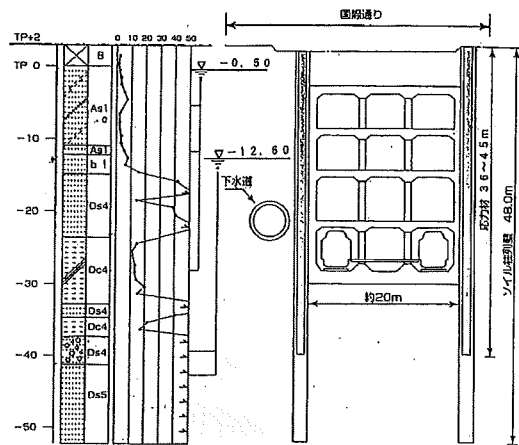


図-6 浅草駅土質概要・施工断面

ント壁の下層から回り込む水を減少させないと、多量の揚水が必要となることから、薬液注入によりDs5層に全周遮水壁を設け、揚水量を減らし、かつ復水工(リチャージ)も行った。

この結果、当初ピーク時定常揚水量6.0m³/minが、定常揚水量4.3m³/minとなり、リチャージ量1.4m³/min、計画下水放流2.9m³/minになった。

揚排水管理としてすべてのDW(17本)とリチャージ(14本)の水位と流量を自動計測し、必要地下水位を目標に被圧水位をパソコンで管理した。

その結果、揚水量実績はピーク時揚水量1.9m³/min、リチャージ量1.4m³/minで0.5m³/minの下水放流となり、リチャージ工法の目詰まりによる注水能力の確保と維持が課題であったが、ほぼ計画どおり放水することができた。

3-3 六町駅

駅構造は島式ホームを有する3層3径間で、延長373m、幅15~25m、掘削深さ29mである(図-7)。掘削範囲周辺には多くの埋設物が近接しており、駅起点方より100mの位置には外径6.6mの中川汚水幹線が土かぶり12.6m、鉄道トンネル上床版との離隔1.5mの深さで横断している。また、駅に平行して外径4.65mの東電花畑洞道が、土かぶり26m、離隔約3.0mの位置に埋設されている。東電洞道のほかに、軌道方向に花畑汚水幹線(φ1.78m)、軌道直角方向に北部幹線(φ3.6m)が駅構築のための土留め壁に近接して布設されている。建設ヤードに近接した民家とは、土留め壁と離隔が1.0mと近接している。

3-3-1 六町駅北工区

六町駅北工区は六町駅373mの内つくば方延長185m間を施工する。施工にあたっては土留め壁(造成深度50m)をSMW工法から継ぎ目のない等

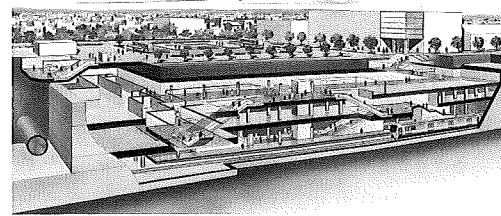


図-7 六町駅完成図

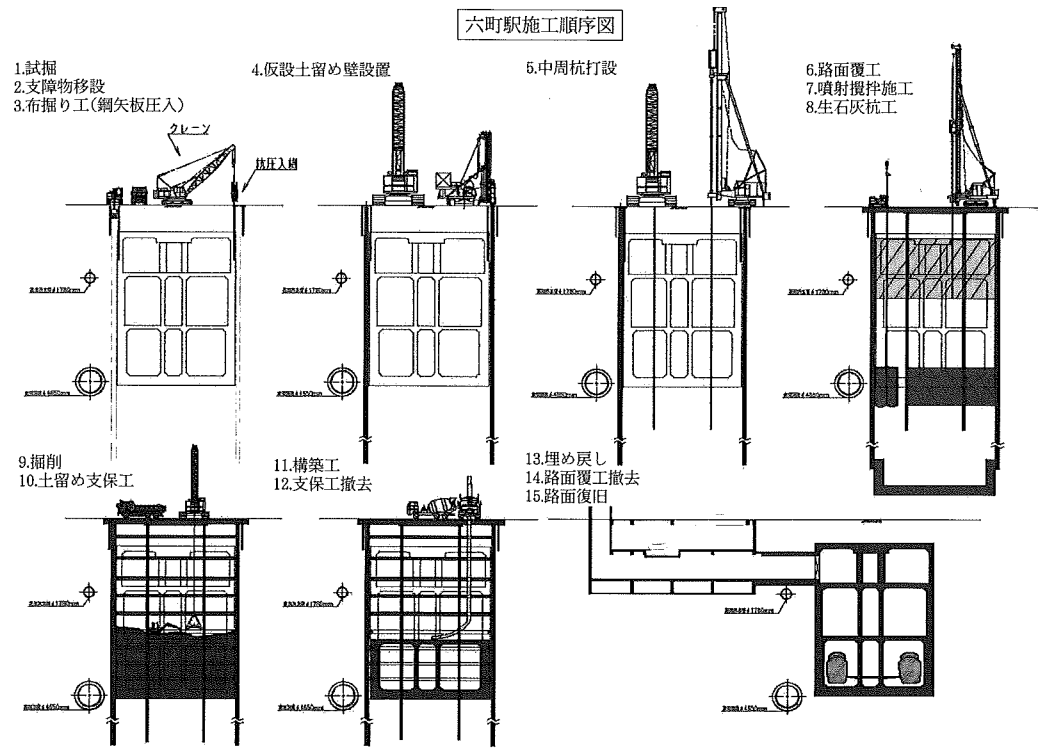


図-8 六町駅施工順序図

厚壁を造成可能なTRD工法に変更するとともに、盤ぶくれ対策工としてSuperjet-Midi工法による大規模な底盤改良を実施した(図-8)。

3-3-2 地下連続壁(TRD工法)

TRD工法は地盤に挿入したチェーンソー型カッタを横方向に移動し、溝掘削・固化液の注入・原位置土との混合攪拌を行い、地中に連続したソイルセメント壁を造成するものである(写真-2)。

施工実績の結果、段取り替え(一旦カッタポストを引き抜くような場合)に要する日数は当現場のように大深度施工では、本体・カッタポストの整備を含めて10日間を要した。また、本工法は比較的新しい工法であり、ビット交換・チェーン交換で部品調達に時間を要した。TRD本施工の歩掛りは2.5m(1エレメント)/1日となった。

また、全体167エレメントにおいて、造成開始時(戻り掘削完了時)と造成完了時の2回にわたり、掘削垂直精度測定データを取ったところ、管理基準(1/400)を下回る箇所はなく、平均で1/600~1/700という高い精度の結果を得た。

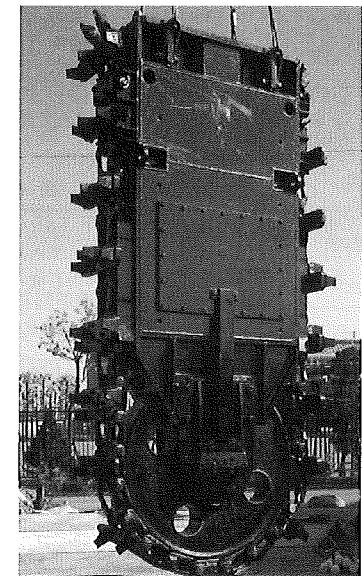


写真-2 TRD工法カッタポスト

3-3-3 盤ぶくれ対策工

施工箇所の地盤条件は床付け以浅に沖積粘性土層(Ac1層)が層厚20m程度分布し、このうち、約17mはN値1程度の非常に軟弱な沖積粘性土層で

ある。床付け以深は洪積砂質土層(Ds4層)と洪積粘性土層(Ds4-c層)が互層状に分布し、砂質土層内の地下水位はTP-6.5m程度である。

Ds4層の被圧状況についてはTP-42.0m付近のDs4-c層下面で3.6kg/m²程度の高水圧である。TP-42.0m付近のDs4-c層に対して、土留め壁と地盤の摩擦抵抗を考慮した盤ぶくれ検討を実施した結果、開削範囲全域で盤ぶくれ抵抗力(土塊重量+土留め壁と地盤の摩擦抵抗)が揚圧力より小さいことが確認され、盤ぶくれの発生が予測された。盤ぶくれ対策工として、地下水位低下工法、止水壁工法、底盤改良工法の3工法を検討し、「底盤改良工法(Superjet-Midi工法)」が最適であると判断した(表-4)。

施工にあたっては、ソイルセメント壁および底盤改良体の漏水に起因した掘削内部の被圧地下水頭の回復が想定されるため、掘削内部に揚水井戸を設置して被圧水圧の管理を図った。

本工事は高被圧帯水層内の大規模かつ大深度の開削工事である。さらに、重要構造物との超近接工事であることから、類のない大規模な底盤改良および先行地中梁の対策を実施するとともに、情報化施工を実施して土留め構造物の安全性確保および近接構造物の影響把握に努めた。施工にあつ

ては、計測および逆解析による現状評価や次施工段階の予測解析を行うことで、設計と同程度の安全性を確保しながら施工を進めた。躯体構築時にも入念な計測管理を行い、工事を無事完了させることができた。

4 駅間トンネル

東京都内の駅間トンネルについては6工区すべて複線トンネルとし、泥水加圧式シールド工法を採用した(図-9、表-5)。

トンネル断面形状については、最小曲線半径202mの建築限界拡大量、退避空間および蛇行余

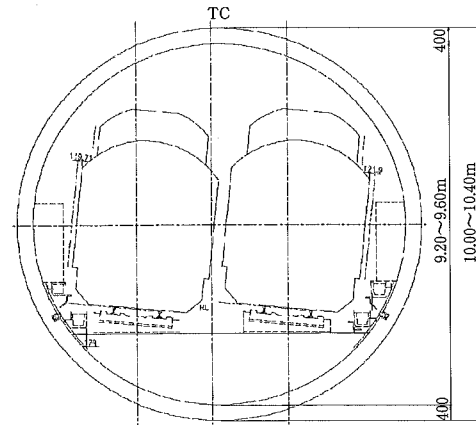


図-9 トンネル標準断面図

表-4 六町駅盤ぶくれ対策工選定表

対策工名	地下水位低下工法	止水壁工法	地盤改良工法
概要	本工法はDs4層にディープウェルを設置し、同井戸から揚水することでDs4層の被圧水頭を強制的に低下(Δs=10m)させる工法である。	本工法は盤ぶくれに対して安全な不透水層(Ds4c層)に地盤改良で造成した止水壁を根入れすることで、Ds4層の被圧水頭を遮断する工法である。	本工法は土留め壁の下部に地盤改良工法で不透水層を造成する工法である。
近接構造物、周辺地盤への影響	×(復水工法を併用する場合) FEN浸透流解析と圧密計算から、揚水1年間での地盤沈下は15cmと予想された。地下水位低下に伴う側圧変化で東電洞道の発生応力度は許容応力度以上と予想された。	△ Ds4層を広範囲に遮断するため、地下水の流向障害が懸念される。	○ 他のケースと比較して、周辺地盤に与える影響は少ない。
工法の確実性	× 復水工法は地下水位回復効果が経時的に低下する。	△ 改良杭1本の造成が2日間に及ぶため、打継目での止水性低下が懸念される。	○ 試験施工で改良諸元を確認する必要がある。
対策工の規模(両工区)	揚水井戸8本(φ500mm, 56m) リリーフ井戸4本(φ500mm, 43m) 復水井戸16本(φ500mm, 56m)	工法名: Superjet-Midi 有効止水壁厚: 1.8m (改良杭φ2.4m復列配置)	工法名: Superjet-Midi 有効改良厚: 1.5m (改良杭φ3.0mの完全ラップ配置)
工費	-	△	○
工期	-	+13か月	+3か月
総合評価	×	△	○

表-5 シールドトンネル設計・施工条件

項目	内容	台東T	寿T	三ノ輪T	弘道T	加平T	綾瀬川T
設計条件	形状・寸法	円形, 外形=10.0m	円形, 外形=10.0m	円形, 外形=10.0m	円形, 外形=10.4m	円形, 外形=10.4m	円形, 外形=10.0m
	単線・複線の別	複線	複線	複線	複線	複線	複線
	延長(m)	1,204.29	1,229.71	2,219.00	1,043.00	1,154.00	2,057.05
	土かぶり(m)	27.1~38.0	24.3~43.1	8.5~32.5	7.3~22.3	12.0~24.0	6.2~20.8
	最小曲線半径(m)	202	202	350	600	1,600	350
立地条件	シールド直上の用地状況	民地, 道路	道路, 一部民地	道路, 民地	道路, 民地	道路, 民地	道路, 民地
	道路種別・交通状況	国道, 都道, 区道, 多い	国道, 都道, 区道, 多い	国際・明治通り 非常に多い	都道, 区道やや多い	都道(環状7号線多い), 区道	都道, 区道やや多い
	河川下などの掘進の有無	無	無	無	無	無	綾瀬川横断
地盤条件	基地用地確保の難易度	国鉄清算事業団所有用地および開削構築内	地上部は国際通り, 春日通りの路上専用および開削構築内	国鉄清算事業団所有用地および開削構築内	東京都住宅局用地および開削トンネル構築内	東京都住宅局用地および開削トンネル構築内	民地
	トンネル上部の地盤構成	東京層(砂層, 粘性土層, 礫層)	東京層(砂層, 粘性土層, 礫層)	有楽町層(粘性土層)	有楽町層(粘性土層)	有楽町層(粘性土層)	有楽町層(粘性土層)
支障物件	掘削断面の主な地盤構成	江戸川層砂層	東京層, 江戸川層砂層	東京層(砂層, 粘性土層, 礫層), 有楽町層	有楽町層(粘性土層), 7号地層(粘性土層, 砂層)	有楽町層および7号地層(粘性土層)	有楽町層および7号地層(粘性土層)
	最大粒径(mm)	19	38	19	10	2	2
	地下水位(m)	G.L.-2.0~-4.8	G.L.-2.0~-2.2	G.L.-1.7~-2.8	G.L.-0.6~-3.7	G.L.-1.3~-1.9	G.L.-0.2~-2.2
	酸欠空気・有毒ガスの有無	有(メタンガス)	有(メタンガス)	有(メタンガス)	有(メタンガス)	有(メタンガス)	有(メタンガス)
	切羽の自立性	良好	良好	良好	悪	悪	悪
	地上の重要構造物	JR山手線, 京浜東北線, NTT上野ビル	病院, ビル	東京メトロ日比谷線, JR貨物線, JR常磐線	学校, 消防署	無	首都高速道路
	構造物の基礎など	東北・上越新幹線, NTT上野ビルほか	ビル	NTTとう道立坑, JR橋脚	消防署基礎杭	無	首都高橋脚, 東電鉄塔, 綾瀬川護岸
環境条件	井戸・古井戸の有無	無	無	無	有	無	無
	建物・仮設工跡の有無	無	無	無	無	無	花畑汚水幹線残留杭
	沈下に対する制約	厳しい	厳しい	厳しい	厳しい	厳しい	厳しい
	埋設物に対する制約	多い	多い	多い	やや多い	多い	多い
環境条件	沿線の密集度	密集した商業地域	密集した商業地域	密集した商業・住宅地域	密集した住宅地域	密集した住宅・商業地域	密集した住宅・商業地域
	環境保全の程度	上位	上位	上位	上位	上位	上位

裕を考慮し内空9.2m, 外径10.0mとした。青井駅を到達・発進とする弘道トンネル, 加平トンネルについては駅構造の関係から内空9.6m, 外径10.4mとした。また、セグメントについては全線幅広セグメント1.5mを採用した。

4-1 台東トンネル

台東トンネルは秋葉原駅を発進して約650mはJR東北・上越新幹線と並走し、半径202mの急曲

線で都営大江戸線の直下に入り、新御徒町駅の地下4階に到達する。

4-1-1 シールド設計

シールドについては、急曲線を掘進するため中折れ機構(中折れ角最大左右1.6°, 上0.5°)を装備した。また、同時裏込め注入装置を備えた。さらに、可燃性ガスが溶存する東京礫層を掘進するため機内防爆仕様とした。砂礫掘削によるビット保

護のためメインピットを高低差配置とし、さらにピット磨耗検出装置を3個装備し、限界摩耗量を40mmとした。

4-1-2 計測計画・結果

JR東北・上越新幹線および東京メトロ日比谷線、首都高速1号線、都営地下鉄大江戸線の重要構造物の掘進・到達施工時の影響を監視するため計測を行った。計測方法は水盛式沈下計およびトータルステーションによる自動計測とし、計測期間は事前計測が1か月、本計測が2か月、事後計測を3か月とした。計測結果はいずれの箇所でも沈下量は0~1.5mm程度で各構造物に与える影響は確認できなかった。

4-1-2 到達防護工

到達防護についてはすでに台東トンネル到達時には都営地下鉄大江戸線が開業しているため、事前に東京都地下鉄(株)に薬液注入工法による工事(平成12年施工)を施工委託した。

到達にあたり湧水量調査を行った結果、経年による珪酸の溶脱があり防護工の強度および止水性が低下していた。このため、追加防護注入を実施した。追加防護注入は都営大江戸線への影響を考慮して低圧浸透および二重管複相式を実施した。

到達部の切羽泥水圧管理は、改良区間からは「自然水圧+20kPa」と「静止土圧+水圧+20kPa」の範囲とした。また、総推力は40,000kNから30,000kNに低減した。ジャッキ速度については到達3リング手前から徐々に速度を緩め、最後は5mm/分の微速掘進とした。

シールド到達後の仮壁撤去が営業線直下での施工となることから、異常出水を想定して止水壁を新御徒町駅構内へ設置した。しかし、シールド解体時において湧水はなく無事解体することができた。

また、掘削に伴う都営大江戸線トンネルの変位は1mm以下であった(図-10~12)。

4-2 三ノ輪トンネル

三ノ輪トンネルは浅草駅を発進して東浅草幹線下水、NTT洞道、東京メトロ日比谷線、JR貨物線およびJR常磐線と近接交差する。

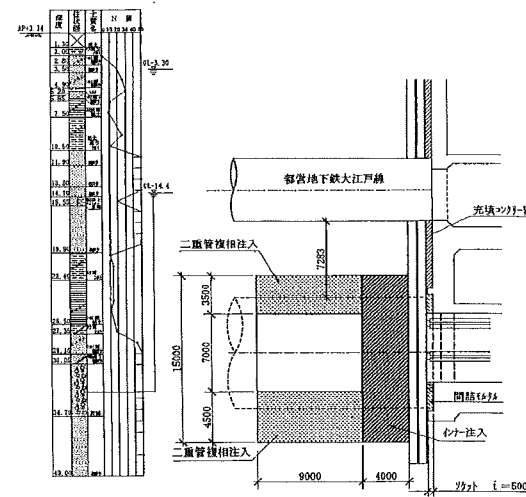


図-10 台東トンネル到達防護図

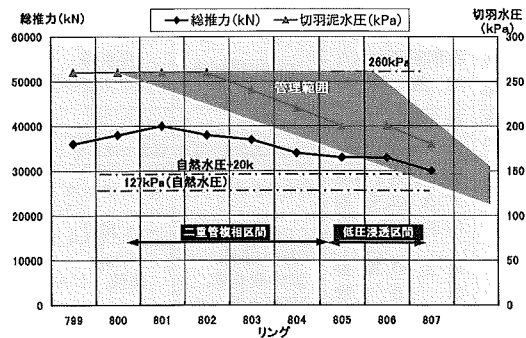


図-11 台東トンネル到達部掘削管理図

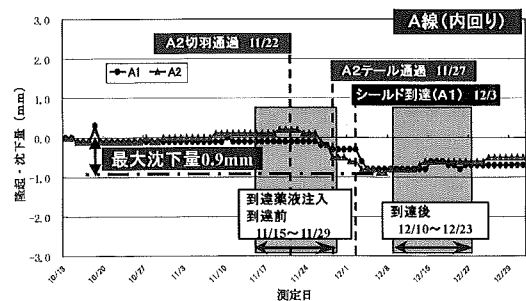


図-12 台東トンネル到達部沈下図

4-2-1 営業線鉄道交差部事前解析

営業線鉄道交差部におけるシールド上部の地質は、N値4程度で粒度分布は砂分が70%、シルト分16%、粘土分13%となっている。また、帯水砂層で均等係数は大きいN値は小さく、かつ粒子も細かいため、流動化が生じやすく、崩壊性が高い。また、シールド掘進による沈下や泥水の噴発

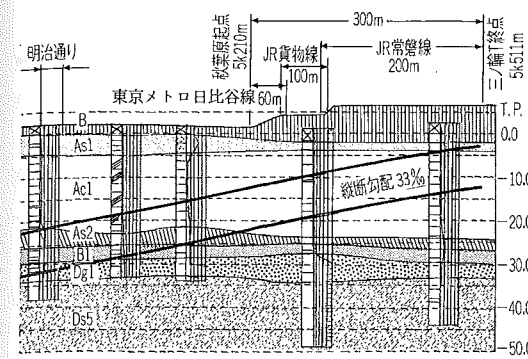


図-13 三ノ輪トンネル到達部地質図

などが予想されることから、各鉄道路線に対して影響を及ぼす可能性があるため、事前にFEMにより地盤変位予想解析を行った(図-13)。

その結果、軌道面での最大沈下量は、地盤改良をしない場合-42mm、した場合-30mmとなった。この-30mmの80%(-24mm)を軌道面沈下管理値と定め、FEM解析により強制変位させた結果、凸部における最大軌道狂いは1.9mm、凹部では2.6mmとなり各鉄道会社の軌道整備基準の一次管理値(東京メトロ日比谷線±3.5mm、JR貨物線±9.0mm、JR常磐線±5.0mm)以内となった。しかし、仮に管理値を超える軌道変位が生じた場合には軌道整備で対応することとし、各鉄道会社と協議した。

シールド掘進区間は前述のとおり、土かぶり小さく、崩壊性が高い砂質土を急勾配で掘進することから各営業線の、①シールド直上の沈下抑制、②泥水噴発防止、③各鉄道の安全確保、を目的とした地盤改良を実施した。地盤改良は各鉄道会社に設計・施工委託した(図-14, 15)。

4-2-2 営業線鉄道交差部計測計画

シールド掘進時の軌道監視は通過中および通過後3か月間は24時間体制で軌道の変位を仮橋上など(建築限界外)に取り付けた自動計測機にて計測した。また、地中変位を測定するため、鉛直および水平変位測定を各7点実施した(図-16)。軌道の変位測定は、あらかじめ設置されたターゲットの距離をトータルステーションで測定し、3次元的に不動点との相対水平変位、鉛直変位を算出

し、電話回線を使用して中央管理室、JV事務所、各鉄道会社および機構事務所にリアルタイムで測定結果を配信した。

さらに、シールド通過中および通過後1か月間において24時間体制で軌道工事管理者による目視での軌道の変位を仮橋上から監視させた。さらに、常磐線軌道監視用として軌道状況がリアルタイムで確認できるようTVカメラを設置した。

4-2-3 営業線鉄道交差部計測結果

日比谷線通過時の軌道相対沈下は一次管理値の-3.5mm以下であり、最終軌道整備後の水平変位

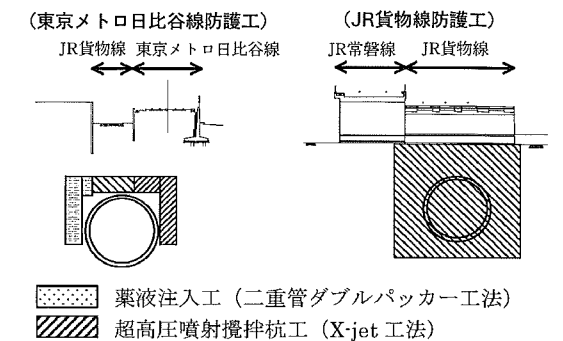


図-14 各営業線防護工図

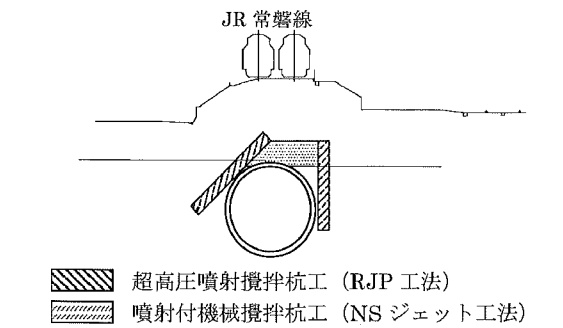


図-15 JR常磐線営業線防護工図

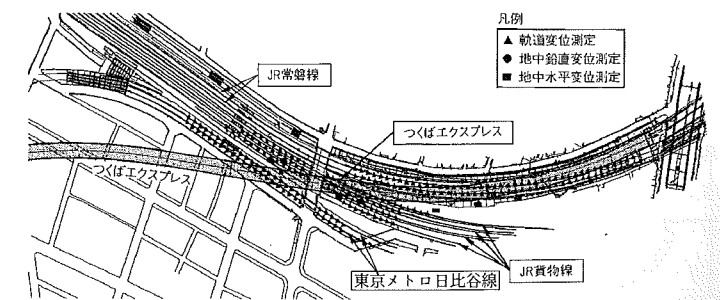


図-16 三ノ輪トンネル到達部位置図

は最大1.6mm程度、鉛直変位は最大3.1mm程度の変位が見られた。

JR貨物線通過時の軌道鉛直相対変位は最大3.8mm、水平方向で1.8mmと管理値以内であった。軌道整備については通過後2回実施したのみで管理基準値以内であった。

JR常磐線掘進時5k378m付近の地中変位はシールド通過に伴いGL-10.7m付近で地山側に約2.8mm程度の変位が見られたが、シールド通過後はシールド側に戻った。また、地表面の挙動はシールド切羽通過直前で約0.4mm程度の沈下が見られ、シールド通過中は約0.7mm程度の隆起が見られた。シールド通過後は徐々に沈下し、最終沈下量は-0.5mmとなった。

JR常磐線施工軌面の地表面沈下計測結果は約-20.0mm程度となり、事前解析値-30.0mm以内で収束した。沈下曲線は、5k070mの事前計測結果とほぼ同様の傾向を示した。

また、軌道の相対変位はシールド通過後、軌道整備を5回実施した結果、水平方向6.6mm、鉛直方向5.5mmと工事中止値10mmを超えることはなかった。

軟弱地盤で土かぶり小さく、首都圏の過密ダイヤで運行されている営業線直下を、上述したような事前解析結果にもとづく計測計画による監視と管理を行うことで、防護する軌道への影響も許容範囲内で収まり、南千住駅へ無事到達することができた。

5 おわりに

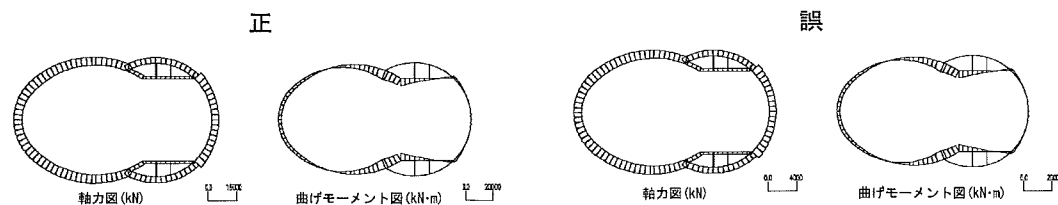
つくばエクスプレスは、①首都圏北東部地域の交通体系の整備、②JR常磐線などの既設鉄道の混雑緩和、③首都圏における宅地供給の促進、④沿線地域における産業基盤の整備と業務核都市の形成を目的に運輸政策審議会7号答申が昭和60年7月になされた。その後、平成元年6月に「宅鉄一体化法」が成立し、平成3年3月に整備主体となる第三セクター「首都圏新都市鉄道(株)」が設立され、平成6年に浅草駅が着工されて以来、地方自治体や関係鉄道事業者をはじめ、多くの関係者の協力のもと約10年の歳月を経て今年の8月24日に開業を迎えることができた。つくばエクスプレスが取り組んだ施工技術が、今後の鉄道建設計画に参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 鈴木真男・山崎正俊・町田茂一：常磐新線の工事費縮減に向けて、トンネルと地下, Vol.29, No.6, pp.41-45, 1998.6.
- 2) 青木一二三・飯田健二・丸山修・笹谷輝勝：地下駅合成鋼管柱の経済化の試み、トンネルと地下, Vol.31, No.7, pp.27-34, 2000.7.
- 3) 佐々木幸一・阿部修三・進藤良則：営業線直下における大断面シールドの到達、トンネルと地下, Vol.35, No.3, pp.37-43, 2004.3.
- 4) 佐々木幸一・阿部修三・坂巻清・岩本哲：常磐・日比谷線直下の大断面シールド、トンネルと地下, Vol.35, No.5, pp.15-22, 2004.5.

訂正

Vol.36, No.1, 56頁の図-8「(2)軸力図および曲げモーメント図(完成形)」に誤りがありましたので、以下のとおり訂正いたします。



計画

各種工法を採用した都上水道東南幹線シールド工事

東京都水道局建設部副参事(設計調整担当) 山田 廣亮
東京都水道局東部建設事務所工事第一課工務係次席 忍

1 はじめに

水道事業においては、主に浄水の運搬を担う管路については、その機能上、浄水場と給水所あるいは給水所相互を結ぶ送水管と、公道下などを網の目のように布設される配水管に分けられる。

今回取り上げる「東南幹線」は、埼玉県三郷市内の東京都水道局三郷浄水場から葛飾区内の金町浄水場を経由して、現在、大田区東海において築造中の大井給水所(仮称)までを結ぶ、延長約45kmに及ぶ大規模送水管の計画である。

東南幹線は、昭和49年から金町浄水場付近で整備が開始され、現在までに約34kmが整備済み、残りの区間は工事中あるいは設計中である。

今般、未着手区間7kmの設計が進捗し、ルート、工法の全体概要が固まってきたことから、本誌に投稿し諸賢に一読を願うものである。

2 東京都における送水管網の課題と対応策

東京の水道は明治31年の通水以来、今日まで100年以上の歳月を経ている。また、増加し続ける水需要に対応するため、基幹施設の拡張につぐ拡張を進めてきた経緯もあり、現在では施設の老朽化や機能低下、給水所施設などの地域的偏在、さらには事故時や震災時への対応がまだまだ不十分であるなどの課題を多く抱えている。また、平成7年

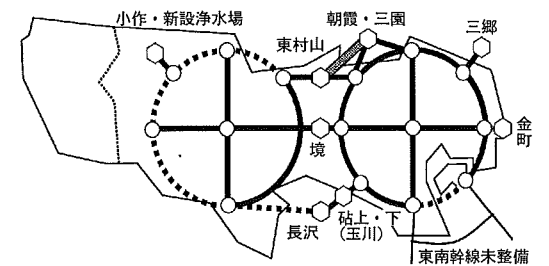


図-1 送水幹線整備の概要図

の阪神・淡路大震災を契機に、水道施設の震災対策の重要性も再認識されることとなった。

これらの課題に対応するため、東京都水道局では、老朽化施設の更新や耐震性強化に加え、送水管ネットワークの構築や配水区域のブロック化を進めているところである。

「送水管ネットワークの構築」とは、東京全体においてメガネ状の送水管網を形成し、非常時のバックアップ機能や給水所間の相互融通機能を確保することにより、震災時における水道システムとしての機能確保を図るものである。

図-1に示すとおり、東南幹線の未整備区間を整備することによって区部における送水管ネットワークがほぼ完成し、水道システムとしての安全性・信頼性が格段に高まることから、現在、東南幹線の全線整備に向けて取り組んでいるところである。

3 東南幹線(全体計画)

東南幹線は当初から、北部幹線、第一および第

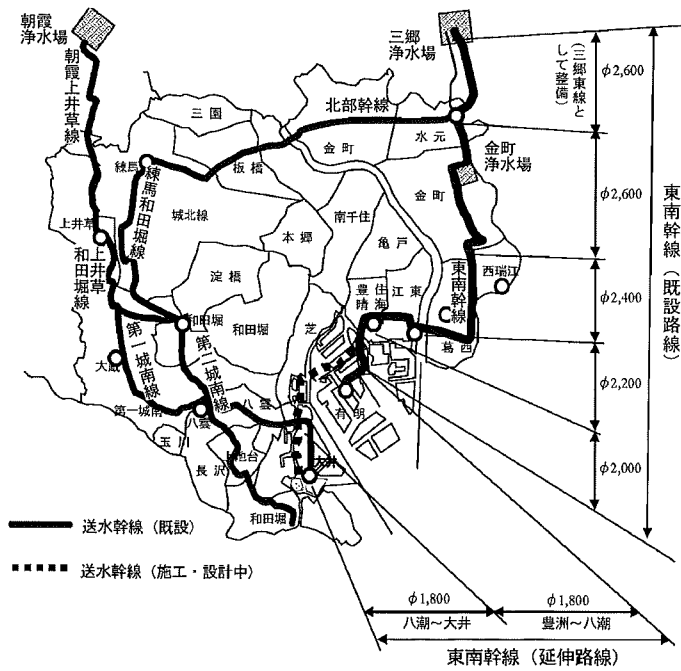


図-2 東南幹線の全体計画

二城南幹線などとともに区部における環状の送水管ネットワークを形成することを意図して計画された路線である。

図-2のとおり、現在、三郷浄水場から江東区豊洲までの約34kmが整備済みであるほか、大井給水所(仮称)から品川区八潮までの約4kmが工事中、残りの東京港横断部を含む約7kmが設計中であり、平成23年度の全線完成を予定している。口径は上流側が内径2,600mm、下流に行くほど口径は小さくなり大井給水所付近では内径1,800mmの計画となっている。

4 区間ごとに見た東南幹線の概要

4-1 既設区間

4-1-1 区間概要(図-3, 4, 表-1~3)

東南幹線の既設区間は、整備時期や位置づけなどから、大きく3区間に分けることができる。

第一期区間は昭和49~59年度までの間に、水元給水所から江戸川区大杉三丁目に至る延長約12kmが完成している。第二期区間は、大杉三丁目から江東区豊洲二丁目に至る延長約16km区間で、昭和63~平成7年度の間整備されている。残る

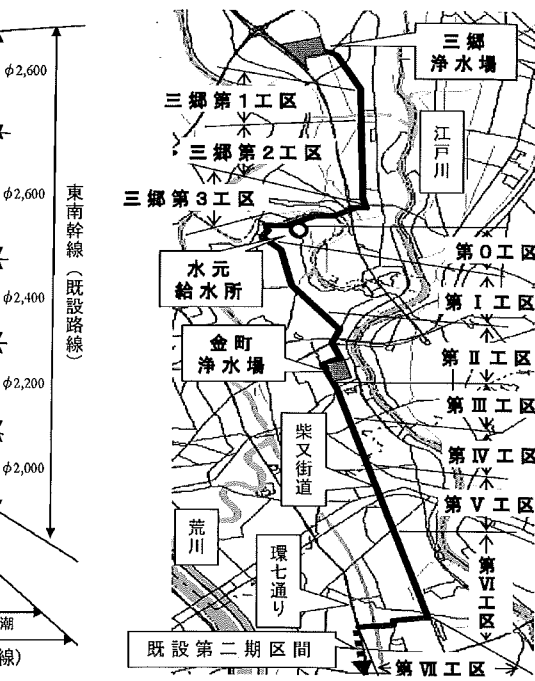


図-3 既設区間の概念図(1)

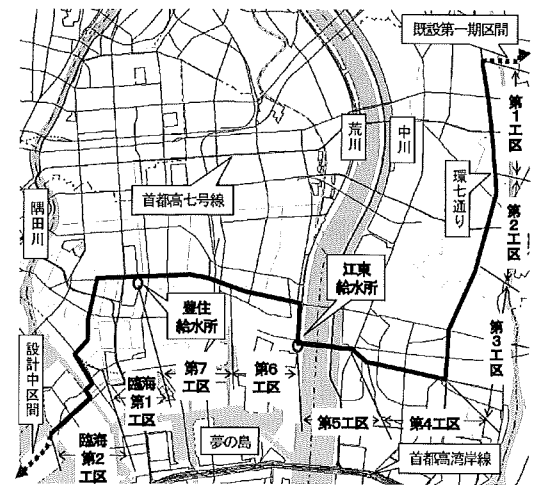


図-4 既設区間の概念図(2)

水元給水所から三郷浄水場までの約6km(三郷浄水場完成時(昭和60年)に施工済みの区間を含む)は、平成2~7年度までに、当時の「三郷東線」として整備されている。なお、送水管の内径は、第一期区間では2,600mmであったが、その後事業計画を見直し、第二期以降では2,400~2,000mmを採用している。

4-1-2 工法の特徴

既設区間の地盤は総じて軟弱地盤であり、地下

表-1 既設区間の概要表(1)

工区	0工区	I工区		II工区		III工区	IV工区	V工区	VI工区	VII工区			
延長(m)	990.5	995	873	1,266	395	527	1,044	810	1,725	926	1,255	899	494
最大土かぶり(m)	主に開削	22.5	23.4	18.3	開削工法	11.3	24.4	16.7	19.4	18.7	19.6	23.8	26.3
セグメント内径(mm)	-	3,300	3,300	3,300	-	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300	3,300
送水管内径(mm)	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600
シールド形式	-	土圧式(圧気併用)	土圧式(圧気併用)	圧気式	-	圧気式	泥水加圧	泥水加圧	泥水加圧	泥水加圧	泥水加圧	泥水	泥水
立坑形式		到達	両発進		発進	到達	両発進	下水道柴又幹線との共同施工(下水道局に委託)				両発進	地中接合(下字)
立坑築造工法		地下連続壁	地下連続壁	地中接合	ニューマチックケーソン	場所打ち杭	ニューマチックケーソン	下水道柴又幹線との共同施工(下水道局に委託)				ニューマチックケーソン	地中接合(下字)

表-2 既設区間の概要表(2)

工区	第1工区	第2工区	第3工区	第4工区		第5工区	第6工区	第7工区	臨海第1工区		臨海第2工区	
延長(m)	1,663	1,532	2,205	1,135	834	922	1,744	1,845	1,018	1,430	1,349	
最大土かぶり(m)	18.8	28.6	27	25	32.2	31.6	32.4	30.4	27.5	33.6	39.1	
セグメント内径(mm)	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100	4,400	2,900	2,900	2,700	2,700	2,700	
送水管内径(mm)	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,200	2,200	2,000	2,000	2,000	
シールド形式	泥水加圧	泥水加圧	泥水加圧	泥水加圧	泥水加圧	泥水加圧	泥土圧	泥水加圧	泥土圧	泥土圧	泥水加圧	
立坑形式		両発進	到達発進		両発進	到達発進	到達発進	地中接合(MSD)	到達発進	両発進	発進	
立坑築造工法	地中接合	地下連続壁	地下連続壁	地中接合	地下連続壁	ニューマチックケーソン	(江東給水所)ニューマチックケーソン	地中接合(MSD)	(豊住給水所)地下連続壁	地下連続壁	地中接合	地下連続壁

埋設物が多く既設構造物との近接施工を余儀なくされることが多かった。加えて第一期区間においてはバス路線で道路幅員が狭いこと、第二期区間では地盤がとくに軟弱であり、施工によって生じる周辺地盤への影響を最小限に抑えることが課題となっていた。このため大部分の区間でシールド工法を採用、シールドトンネル内にU型ダクトイル鑄鉄管(平成初期以降はUS型)を布設し、空隙部分にコンクリートを充填する構造とした。一方、重要河川横断部では点検通路方式を採用した(図-

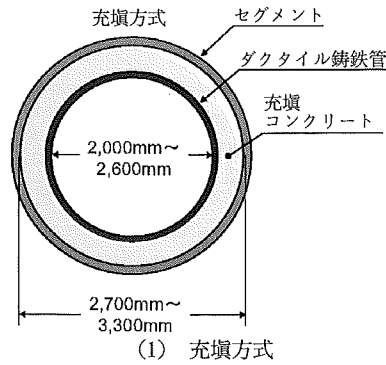
5)。

なお、開削区間および立坑内配管については鋼管を使用した。

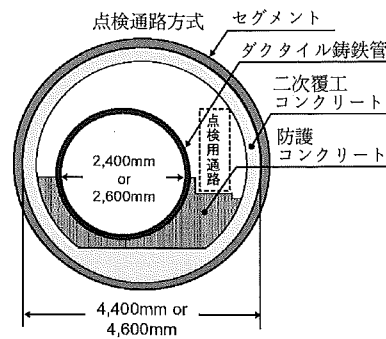
また、立坑については主に地下連続壁工法やニューマチックケーソン工法を採用する一方で、用地の確保がきわめて困難な5か所について、シールドトンネルを地中で接合する工法を採用した。このうち江東区南砂四丁目地先においては、わが国で初めてMSD工法を採用した箇所である。これは、現地において他企業の地下埋設物が輻輳しており、

表-3 既設区間の概要表(3)

工区	既設区間	三郷1工区	三郷2工区	三郷3工区
延長(m)	1,477	561	2,137	1,542
最大土かぶり(m)	-	24	24	24
セグメント内径(mm)	-	4,600	3,300	3,300
送水管内径(mm)	2,600	2,600	2,600	2,600
シールド形式	-	泥土圧	泥土圧	泥土圧
立坑形式	発進	到達発進	到達発進	到達
立坑築造工法	圧入ケーソン	圧入ケーソン	地下連続壁	地下連続壁



(1) 充填方式



(2) 点検通路方式

図-5 標準断面図

地上からの地盤改良が困難であったため、地盤改良を必要としない新しい地中接合方式として採用したものである。

さらに、シールド掘進位置における地層が軟弱なため、噴射攪拌杭工法や薬液注入などの補助工法を採用している。

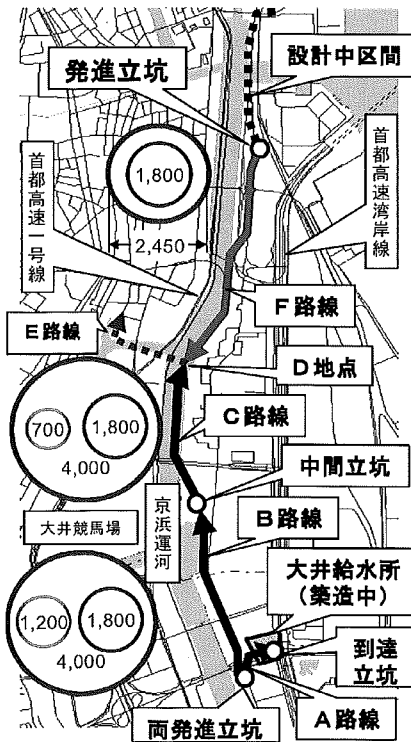


図-6 施工中区間の概念図

表-4 施工中区間の概要表

工区	A路線	B路線	C路線	F路線
延長(m)	274	1,118	989	1,412
最大土かぶり(m)	12	35	35	42
セグメント内径(mm)	4,000	4,000	4,000	2,450
送水管内径(mm)	1,800	1,800	1,800	1,800
シールド形式	泥水	泥水	泥水	泥水
立坑形式	到達	両発進	中間	異径MSD 発進
立坑築造工法	S M W	S M W	地下連続壁	異径MSD 地下連続壁

4-2 施工中区間

4-2-1 区間概要(図-6, 表-4)

平成14年度より、大井給水所(仮称)から品川区八潮までの約4km区間において東南幹線新設工事を施工している。管路の口径や地上施設・地下構造物などへの影響を考慮してシールド工法を採用し、布設位置は公道あるいは公園の地下利用で

施工延長をできるだけ減らすようにした。また、大井給水所から城南地区への配水管を東南幹線用トンネル内に併設することとしたため、本区間での東南幹線の口径は一樣(1,800mm)であるが、シールドトンネルについては、セグメント内径2,450mm(東南幹線単独区間)と4,000mm(配水本管併設区間)の2通りの規模とした。

4-2-2 シールドの選定

本区間の土質は、図-7のとおりほとんどが有楽町層、東京層の砂礫土および砂質土で、一部、大井給水所側に七号地層の砂質粘性土層が存在している。よって、玉石を含む砂礫土層にも対応可能な泥水式シールドを採用し、土かぶりは、共同溝、NTTなどの占用物や護岸との離隔を確保し、堅固な東京層下の砂層を掘進できるように配慮した。

また、路線全体が東京港の埋立地に該当し、事前のボーリング調査においてメタンガスの賦存が確認されている。このため、可燃性ガス対策としてマシンや各種電気設備の防爆化、ガス検知器・警報機、換気設備の設置やテールシールドの改良などの防爆対策、さらにはガス責任者や監視員の設置などの安全対策を実施している。

4-2-3 地中接合・分岐シールド

D地点は、先に述べたとおり径の異なるシールドトンネルの接合地点であるが、4,000mmトンネル内に併設していた配水本管(700mm)の分岐地点でもある。この配水本管用シールドトンネルの必要内径が2,000mmであるため、結果的にD地点で3通りの内径のシールドトンネルが接合する形態と

なる。一方で、D地点は緑道公園のため管理者から立坑築造の許可が得られなかった。このため、立坑を省略できる工法を種々検討し、結果的に図-8のとおり「分岐シールド」と「異径MSD地中接合」の各工法を採用することとした。

4-2-4 異径MSD地中接合

東南幹線と配水本管(700mm)を併設する内径4,000mmのシールドトンネルと、東南幹線のみの内径2,450mmのシールドトンネルを接合させる工法である。基本的には、貫入リングを介したいわゆるMSD工法であるが、接合するシールドの外径が異なるため、受入側シールドの面板を分割することによって貫入リングを受け入れるためのスリットが形成されるように工夫を施している。

なお、施工手順は図-9, 10のとおりである。

4-2-5 分岐シールド

地中接合地点Dにおいて、東南幹線用シールドから直角方向に、図-6におけるE路線のシールドトンネル(内径2,000mm)を分岐・築造する工法である。

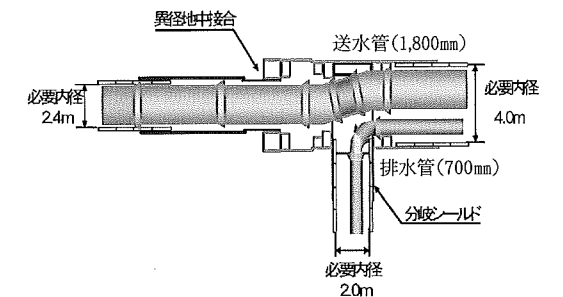


図-8 地中接合・分岐シールドの概念図

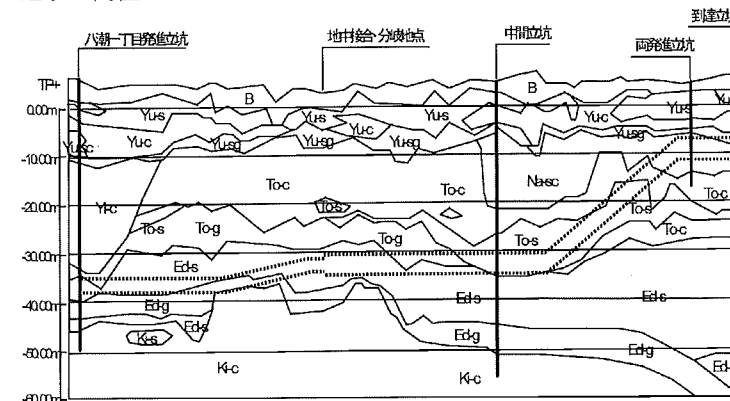


図-7 施工中区間の土質柱状図

層序表		記号
地層名		B
埋土		
沖積層	有楽町層上部	粘性土層 Yu-c
		砂質土層 Yu-s
		砂質粘性土層 Yu-sc
		砂礫層 Yu-sg
有楽町層下部	粘性土層 Yl-c	
	粘性土層 Na-c	
七号地層	砂質粘性土層 Na-sc	
	粘性土層 To-c	
洪積層	砂質土層 To-s	
	砂礫層 To-g	
	砂質土層 Ed-s	
江戸川層	砂質土層 Ed-g	
	砂礫層 Ed-c	
上総層群(北多摩層)	粘性土層 Ki-c	
	挟在砂層 Ki-s	

図-11のとおり、分岐させるシールド(外径2,396mm)は、外径4,500mmの親機が中間立坑に到達した際に、その前胴を親機の胴内に内蔵させる。そして、親機が地中接合地点に到達後、親機内で子機の中胴を組み立て仮発進させ、さらに子機の後胴の組み立てと仮発進をくり返し行う。

なお、D地点の土質は江戸川砂層で水圧が0.37 N/mm²あり、何らかの発進防護が求められたが、地上からの地盤改良が不可能なため、親機の中胴にあらかじめ開口部とゲートを設置、さらに親機中胴とゲートの間と分岐発進用エントランスに高

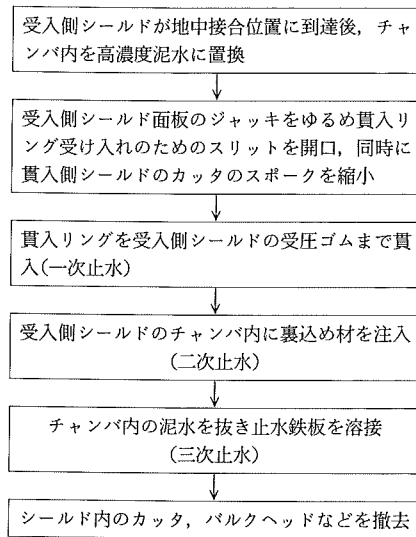


図-9 地中接合の施工フロー

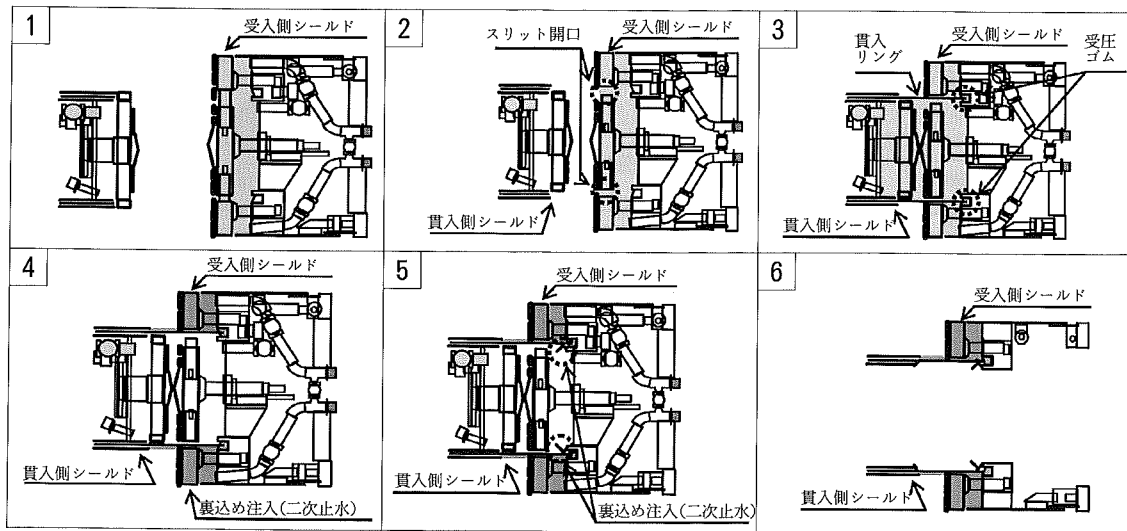


図-10 地中接合の施工手順図

性能のシールドを装備し、分岐位置でゲートを旋回させ子機が安全に発進できるように工夫した。

4-2-6 補助工法

本区間北端部の発進立坑においては、シールド発進到達部の地盤改良を省略するためEWと呼ばれる補助工法を採用している(EW工法(Electric corrosion Wall method))。

この工法は、電気防蝕技術を逆利用し、シールド通過部の立坑芯材を電氣的に強制腐食させるこ

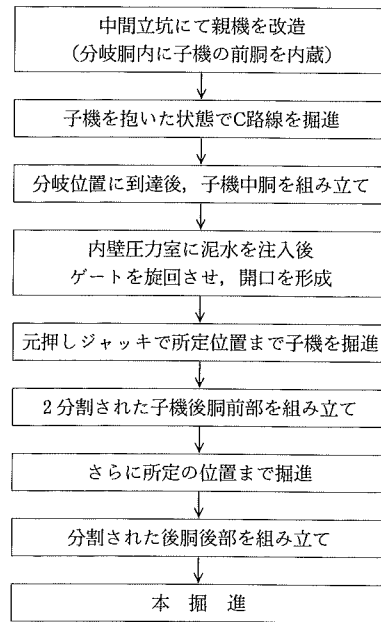


図-11 分岐シールドの施工フロー

とにより鋼材を薄肉劣化させ、立坑の土留め壁をシールドにより直接切削するものである。具体的には、電極を装着した鋼管をエントランス部に組み込んだ鉄筋かごを建て込み、立坑の地下連続壁を築造し、発進到達の際に電極に電流を流し鋼管を腐食させシールドにより切削する。

なお、本区間ではほかの発進防護工法として、エントランス部を新素材コンクリート(鉄筋の代替として炭素繊維部材を用い石灰石を粗骨材として使用した切削しやすいコンクリート)で築造するNOMST工法を、薬液注入に代わる一般の防護工法として採用している。

4-3 設計中区間(図-12)

4-3-1 設計上の留意点

既設区間末端の江東区豊洲二丁目から施工中区間北端の品川区八潮一丁目までの区間において設計を進めている。本区間において設計上考慮しなければならない点として、ルート選定のほか、東京港横断部を含むこと、豊洲区画整理事業との整合を図ることが挙げられる。

施工ルートについては、当初予定していた給水所経由の必要性はないと判断できたため、海底横断部が長くなるものの最短ルートを選択した。次に、このルートでは、およそ2kmの東京港横断部をかかえることになるため、海上からの土質調査が必要である。この状況については、後に詳述

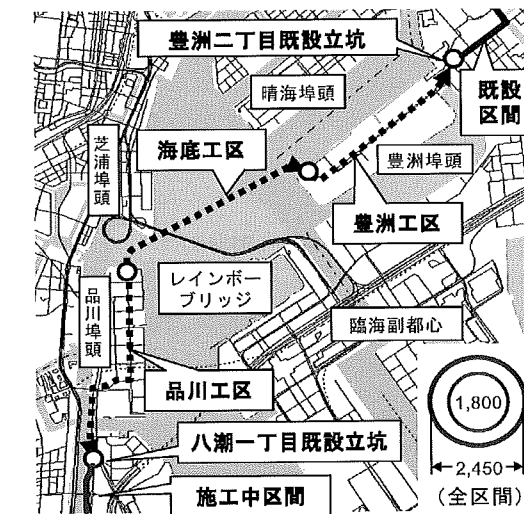


図-12 設計中区間の概念図

する。最後に、豊洲埠頭全域において東京都施行の土地区画整理事業が行われているため、既設区間末端の豊洲二丁目立坑から東京港横断部までの区間については、ルートのみならず、立坑位置から作業ヤード確保、工事スケジュールに至るまで、区画整理事業側との綿密な調整を行った。

4-3-2 東京港海底部土質調査

シールド工事の設計にあたり、詳細なルートや深度、さらにはシールド機種を決めるために海底部の土質調査を行う必要がある。東京港海底部には既存データにより埋没谷の存在が確認されていることから、東京港横断区間で12か所のボーリング調査を計画した。

この調査は、船舶の交通流が輻輳する東京港内にスパッド台船による足場を一定期間設置し、ここからボーリング調査を行うものである。したがって、東京港を航行する船舶の衝突事故などが発生しないよう対策を施す必要があった。このため、実作業に先立ち、学識経験者、海事関係団体、関係官公庁などで構成する委員会を設置し、ここで調査計画に見合う船舶航行安全対策について検討を進め、安全標識の設置や警戒船による24時間監視体制などの対策を決めた。

4-3-3 工法選定

本区間では、中間部に東京港横断部を抱えていることからシールド工法を採用することとし、土質調査結果を踏まえ、シールド掘進位置、立坑位置を図-13のとおりとした。シールドの通過地層は豊洲埠頭内では主に江戸川砂層で一部玉石を含む砂礫層であり、東京港横断部と品川埠頭内は主に土質的に安定した土丹層(北多摩層)である。

また、区画整理事業が平成18年度末に完了することを考慮して、豊洲埠頭先端部に中間立坑を築造し、東京港海底部および豊洲埠頭内は泥水式シールドを採用することとしている。詳細は区画整理の進捗に合わせ調整していく。

4-3-4 特殊工法の採用

(1) 高水圧対策

設計中区間のうち、とくに東京港横断部においては、前述した土質調査の結果を踏まえ、埋没谷

を避けるとともに、できるだけ均質な地盤を掘進できるように設計したため、最深部で海面下50mでのシールド施工となった。このため、高水圧下に耐えられるよう、シールドのテールシールド増設やシールド材の工夫、さらにはシールド到達工法の工

夫などを施すこととした。

(2) SOCS

設計中区間(約7km)においては、中間部に2か所の立坑を築造する計画としている。このうち豊洲六丁目に築造予定の立坑については掘削深度

60m程度の大深度立坑となるほか、上層部が軟弱な一方で下層はN値50を超える硬質地盤であること、区画整理事業区域内での施工のため施工ヤードが制限されるとともに短期間での施工が必要、などの条件をクリアせねばならない。

経済性に加えてこれらの条件も踏まえ、さまざまな工法を比較検討の結果、自動化オープンケーソン工法(SOCS=Super Open Caisson System)を採用することとした(図-14)。

この工法は、従来のオープン

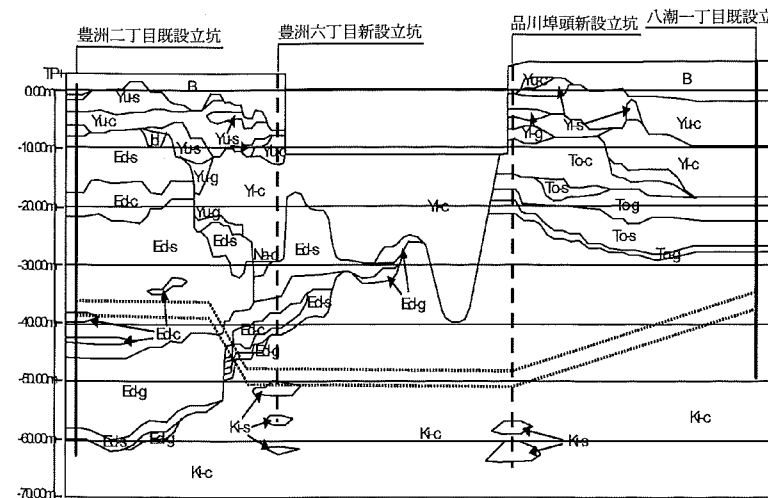


図-13 設計中区間の土質柱状図

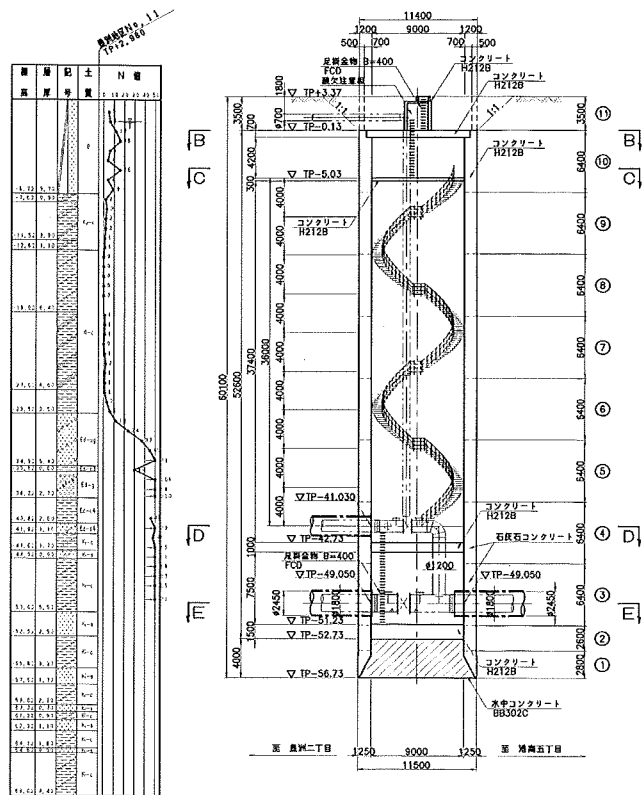


図-14 土質条件および立坑断面図

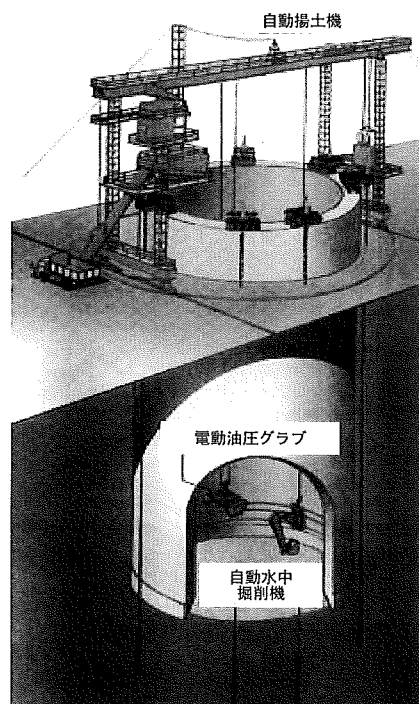


図-15 SOCS工法概念図(橋形タイプ機械)

ケーソン工法を改良し、さまざまな地盤条件に対して確実に高精度なケーソン沈設を可能にした工法であり、本工法により、掘削深度100m、ケーソン外径30mの規模まで施工可能であるほか、適用地盤も軟弱地盤から従来掘削困難であった玉石層や土丹層などの硬質地盤まで対応できる。なお、本工法は全国でも9例程度の適用事例しかなく、東京都水道局においては初めて適用する工法である。

SOCSは①自動掘削揚土システム、②自動沈下管理システム、③プレキャスト躯体システムから構成され、本工事においては①と②を利用する。また、施工機械については揚土方式の違いにより2タイプあるうち、図-15のとおり橋型クレーン形式の揚土機を用いる「橋型タイプ」を採用する。

5 おわりに

東南幹線の施工中区間は、平成19年度に工事が

完了する。また、設計中区間については平成17年度から順次工事に着手し、平成23年度に全区間完成する予定である。さらに、送水管ネットワークの一層の強化を目指し、東南幹線を大井給水所以南(大田区南部まで)に延伸する構想がある。

東南幹線の未整備区間においては、当局として初めて取り組むいくつかの新しい工法を採用している。このため、新工法の施工精度や難易度などを注視している状況である。今後、施工中区間ならびに設計中区間の工事が終了後、その状況や課題などについて報告する所存である。

参考文献

- 1) 東京都水道局：東南幹線，東京都第四次利根川系水道拡張多摩水道施設拡充事業誌，2001.3.
- 2) 東京都水道局：東南幹線，東京都水道施設整備事業誌(昭和61年度～平成11年度)，2005.3.
- 3) PCウェル工法研究会：自動化オープンケーソン工法について，PCウェル工法研究会HP.

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、これらのこと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。

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



■ 女人禁制と「山の神」

トンネルがいつごろから女人禁制となったのかは定かでないが、江戸時代の鉱山などでは禁忌とされていなかったようなので、日本古来の伝統というわけではなさそうである。また、戦前のトンネルの工事記録などには「女人夫」という名の女性作業員も登場するので、トンネル内に女性を入れてはならないということでもなかったらしい(ただし切羽ではなく後方作業に限られたようである)。

とは言え、女性を入れると男性作業員の注意力が散漫となること、女性のかん高い声が木製支保工のきしむ音と紛らわしく危険予知ができなくなること、かつて劣悪だったトンネルの作業環境から母体を保護することなどから、いつしかトンネルから女性の姿が消えてしまったようである。この際、「女はトンネルに入るな」と命じるよりも、「山の神が嫉妬してお怒りになる」と説いた方が効果があったため、女人禁制伝説がひとり歩きを始めた……というのが事の真相と言われている(ちなみに、女性にまつわるトンネルの苦労話は、本誌1972年11月号でも「女人禁制」と題して田島利男編集顧問が一文を寄せている)。

ところが、トンネルの女人禁制は、日本特有のものではなく、ヨーロッパにもセントバルバラ信仰なるものが存在するのである。詳しくは、「土

木学会誌」の寺本勝三論文(1992年5月号、1996年2月号掲載)や、松村みち子の「工事現場に輝くオンナ」(NTT出版・1993)、「女人禁制にサヨナラを」(行研・2003)などですでに紹介されているので、興味のある方はご一読いただきたい。

■ セントバルバラ信仰

ここで上記の文献などをもとにセントバルバラ信仰をもう一度整理すると、紀元300年頃、小アジアのニコメディア(現在のトルコのイズミット)の富裕な商人貴族の娘であったバルバラ(Barbara: 英語ではバーバラ)は、もともと異教徒であったが、父の留守中にキリスト教に改宗したためその怒りに触れ、たび重なる拷問や幽閉にも屈服することなく、最後は父親の手で処刑されて天に召されたとするもので、神はバルバラの殉教に対して聖人の地位を与え、災厄から人々を護る守護神となったのである。

写真-1は、スウェーデン・ストックホルムにある

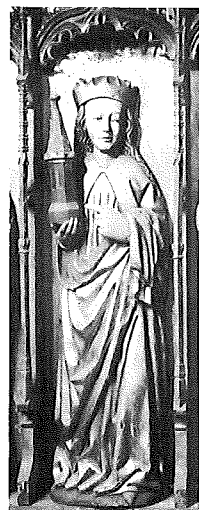


写真-1 トンネルの守護神・セントバルバラ像

国立歴史博物館が所蔵する15世紀頃のセントバルバラ像(木像)で、持ち物である塔は、バルバラが洗礼を受けた場所を示し、窓の数は「三位一体」を象徴している。

セントバルバラがなぜトンネルと結びつくようになったのかは明らかではないが、常に危険と対峙しながら工事を行うトンネル作業員にとって、セントバルバラに祈りを捧げる習慣が自然に根付いたことは容易に想像され、トンネル工事のほかにも鉱山、消防、建築、火薬など、とくに危険な仕事の守護神となっている。セントバルバラは、主にカトリック教徒によって信仰されており、スイスやオーストリアのトンネル現場ではその像を飾って護り神としており、女人禁制が厳格に守られているとのことである。そして、ヨーロッパのトンネル技術の導入とともに日本にもその思想が移入し、「山の神」と結びつけて女人禁制伝説が生まれたのではないかと、というのが寺本や松村の一致した見解となっている。

ちなみに、日本の「山の神」の信仰は、鉱山や炭坑などにもあり、一昨年訪れた大牟田市の三井三池炭坑跡地には、写真-2に示すような「山ノ神」の祠が祀られていた。

■ 女人禁制は万国共通?

何年前かに、中国から来日した土木工事関係の調査団を引率して、ある山岳トンネルの現場を見学したことがあった。一行には中国人の通訳も同行していたが、これが女性だったことから、直前になって大慌てをするはめになってしまった。迎えに来た見学先の担当者も「それは難しいかもしれませんが?」とのことであったが、現場へ向かうマイクロバスの中でそんなことを言われてももう遅い。以前から「中国は女性が強い国」、「女性は自立心に富み、仕事に誇りを持っている」、「女性の怒り方は半端でない」と吹き込まれていたため、こんな非科学的な説明をしたとたん帰国して、はては国際問題に発展してしまうのではないかとやきもきしたが、幸い現場の方々のご配慮で無事に見学

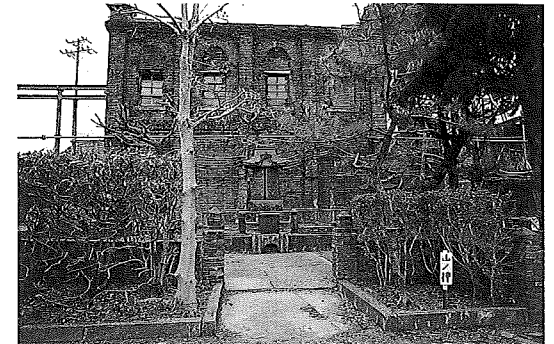


写真-2 旧三井三池炭坑の「山ノ神」(中央の小さい祠)を終えることができ、安堵した。

あとで女性通訳に「日本のトンネルには女人禁制という伝統があって、今日は危うく見学できないところだったんですよ。」と告白したところ、「中国のトンネル工事にも同じような慣習があって心配しましたが、日本の皆さんのご厚意に感謝します。」とのことで、あの心配は何だったのかと拍子抜けしてしまった。この言葉ですっかり安心してしまったため、中国ではなぜトンネルが女人禁制なのか、西洋や日本の影響があるのか、中国独自の伝説があるのかなど、その核心を聞くのを忘れてしまったが、いずれ機会があれば探してみたい。

■ トンネル現場に女性が登場する日

2005(平成17年)5月11日付の「読賣新聞(夕刊)」では、「均等法20年『山の神』もう怒らない トンネル工事女性解禁」という見出しで「男女雇用機会均等法」の公布20年を機会に、厚生労働省が女性の坑内労働禁止の条項を撤廃する方向で検討を始めたことが報じられていた。女性の坑内労働は、1947(昭和22)年に制定された「労働基準法」第64条によって、救護活動や研究・取材目的などを除き、母体保護の見地から禁止されていたが、労働環境の改善とともにその必要性も薄れ、このたびようやく見直される運びとなったのである。

あと何年か後のトンネル工事現場では、あちこちで女性の姿が見られるようになり、「山の神」伝説も、昔はこんなことがあったという笑い話のひとつになっていることだろう。

土木情報 No.388

今日の主な入札結果

(8月11日～9月10日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
北海道開発局	空知中央地区美唄達布幹線用水路幌達布工区	高橋建設	376
水資源・中部	豊川用水二期事業西部幹線併設水路有明工区	東急建設	780
四国地整	坂本第一T	奥村組	1,640
九州地整	宮崎218号小川2・3号T	東亜建設工業	860
鉄道・運輸機構	道幹・渡島当別T西工区	鉄建・伊藤・岩田・松本JV	3,130.7
〃	〃 〃 東工区	大成・地崎・岩倉・加藤JV	3,380
道公・北海道	北海道横断自動車道大夕張T東	鹿島・熊谷・みらいJV	5,350
道公・東北	東北中央自動車道水窪第一T	升川建設	767
道公・九州	東九州自動車道西ノ内T	米盛建設	1,303.6
首都公団	SJ51工区～SJ53工区(外回り)T(その3)	大林・大豊・東急JV	467.3
宮城県	国道398号南境T	飛島・遠藤JV	795
都・水道局	大田区山王二丁目地先配水本管新設	日興・石上JV	306
都・下水道局	湯島幹線改良その2	竹中土木	166
〃	千代田区神田和泉町, 神田佐久間町三丁目付近再構築	不動・三綱・北立JV	523.5
都・新都市建設公社	町田市公下本町田2号雨水幹線その6及び汚水枝線	青木あすなる・土屋企業JV	280.38
〃	日の出町公下長井地区外枝線布設17公-2	日本国土・旭建設JV	363
〃	八王子市川口町3308番地地先外下水道築造51(公8工区)	東京建設	248.02
〃	八王子市高月町1088番地地先外下水道築造51(11工区)	スミセキ・コンテックJV	199.03
山梨県	北富士地区内野用水路T(第3工区)	秋山土建	127
福井県	広域営農団地農道整備事業若狭西3期地区勢T	大成・ハザマ・伊藤・小浜・山下組JV	2,142
愛知県	日光川下流域下水道管きょ布設(綱浦工区)	清水・名工・佐藤JV	1,325
〃	刈谷線第4工区(その1)送水管敷設	フジタ・株木・近藤JV	1,570
大阪府	寝屋川流域下水道大東門真増補幹線(第1工区)下水管渠築造	鉄建・ハンシン建設JV	1,620
〃	大和川流域下水道天野川幹線(第7工区)下水管渠築造	狭間組	574.5
〃	一級河川寝屋川松原南調節池築造(取水施設管渠)	久本組・清田軌道工業JV	1,055
〃	〃 大日南調節池築造(取水施設)	国誉・南野JV	1,160
兵庫県阪神南泉民局	緊急街路整備事業山手幹線芦屋川横断工区街路工事	大林・奥村・竹中土木・大喜JV	3,850
和歌山県	国道169号(仮称宮井T)道路改築	大成・五洋・浅川組JV	2,238.44
島根県	(主)六日市巴見線笹山2工区地方道路(仮称)壱田T	大畑・日新JV	689.8
愛媛県	ふるさと農道奈良地区奈良T	浅田組	479
鹿児島県	県単道路整備工事(大竹野T2工区)	丸福・山下(善)・山佐産業JV	950
札幌市	3・1・1 創成側通(南5条線～南3条線間)道路改良	熊谷・淺沼・丸彦渡辺・ハザマ・杉原JV	1,760
函館市	銭亀沢3号汚水幹線新設1工区	東急・紀の国JV	107.9
〃	〃 2工区	清水・岩崎JV	154
帯広市	5工区下水道新設	笹谷・ネクサス・大國開発・大玄工業JV	126
真岡市(栃木県)	長田調整池整備	阿久津・丸二・東石JV	148.2
狭山市(埼玉県)	鶴ノ木雨水幹線築造工事(その3)	大成・西武・丸嘉JV	2,650
吉川市(〃)	吉川中央第1調整池整備	清水・三ツ和総合建設業協同組合・名倉JV	519
菖蒲町(〃)	菖蒲大処理分区分新堀汚水枝線(第1工区)	三ツ和総合建設業協同組合・小林建設JV	101
千葉市	下水道排水施設(稲毛区黒砂貯留管)	前田・長谷工土木工業JV	1,537
〃	〃 (北部第2貯留管)	熊谷・市原JV	480
〃	排水施設新設(高田排水路17の1工区)	旭建設	101.888
名古屋市	都市高3号線建設に伴う西古渡幹線下水道築造	名工建設	380
〃	大治町大字長牧地内荒子川幹線改良(その2)	西松建設	465
斑鳩町(奈良県)	水質改善下水道事業第12処理分区分龍田北汚水幹線工区	奥村組	643
香芝市(〃)	水質改善下水道(05-補1-5)	奥村・淺沼JV	805
和歌山市	公下杭ノ瀬川2号雨水幹線その3	戸田・楠本JV	232
〃	公下北部第11汚水幹線工事その2	淺川組	157

研究

波線を用いた従来弾性波探査にトモグラフィ的解析法を適用

基礎地盤コンサルタンツ(株)保全・防災センター物理探査部 三木 茂
 日本道路公団九州支社熊本管理事務所所長 吉田 幸信
 山口大学工学部社会建設工学科助教授 進士 正人
 NPO法人臨床トンネル工学研究所理事長(山口大学名誉教授) 中川 浩二

1 はじめに

弾性波探査(屈折法)は、トンネル事前調査における主要な調査法として長く利用されており、この結果を主たる資料として事前設計が行われている。しかし、弾性波探査を含めた事前地質調査結果と実際の地山状況が異なることがあり、その結果、トンネル施工時において支保変更がしばしば行われていることは現在も変わらない¹⁾。支保変更は、施工の安全性、予算管理、工程管理および事業の透明性の面からみて好ましいことではない。このことから、事前地質調査の精度向上、とりわけ弾性波探査の精度向上が求められている。

弾性波探査を含めた事前地質調査結果が、実際の地山状況と一致しない原因については、不適切な測線計画、調査の技術的限界、技術者の判断のばらつきなどがあげられている。一方、弾性波探査の精度向上に対する技術的アプローチとして、近年、トモグラフィ的解析が用いられるようになってきた²⁾。しかし、トモグラフィ的解析の技術的内容がトンネル技術者に広く認知されている状況ではなく、トモグラフィ的解析の施工実績にもとづく評価も十分理解されている状態ではない。調査技術者だけでなく、設計技術者、施工技術者においても、トモグラフィ的解析技術を理解することは、弾性波探査の精度向上、適切な結果利用

に不可欠である。

本稿は、このことを目的として、トモグラフィ的解析の原理、施工実績にもとづく評価結果を示す。

2 トモグラフィ的解析

トンネル事前調査における弾性波探査は屈折法が主体であり、解析法としては「はぎとり法」に代表される層構造解析が一般的に適用されている。現在の弾性波探査の方法が確立したのは1940年代後半ごろであり、これが大々的に用いられるようになったのは、1960年代後半ごろからである。現在まで測定機器は大きく進歩したが、探査の実施方法や解析法に大きな改良が加えられたとは言えない。

一方、弾性波トモグラフィが日本に導入されたのは1980年代であるが、土木分野において利用され始めたのは、1990年代ごろからである。トンネル事前調査にトモグラフィ的解析が利用され始めたのは、2000年前後からである。本誌では、2000年に初めて既往弾性波探査結果の再解析としてトモグラフィ的解析が紹介されている³⁾。トモグラフィ的解析の採用は増加傾向にあり、一般的な調査手法となりつつある。また、事前調査に採用されるだけでなく、切羽前方探査の一種、あるいは施工段階の追加調査⁴⁾として利用されている。

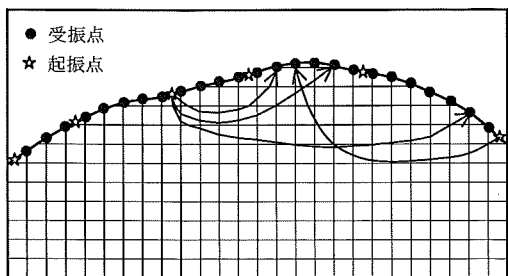
一方、トモグラフィ的解析の普及とともに、トモグラフィ的解析のトンネル事前調査への適用性、施工実績にもとづく評価に関する研究が進められた^{5),6)}。

トモグラフィ的解析が、トンネル事前調査に適用されるようになった技術的背景としては、屈折波を考慮した走時計算アルゴリズムが開発されたこと⁷⁾、コンピュータが発達し大容量の数値解析が身近で安価に実施できるようになったことがあげられる。

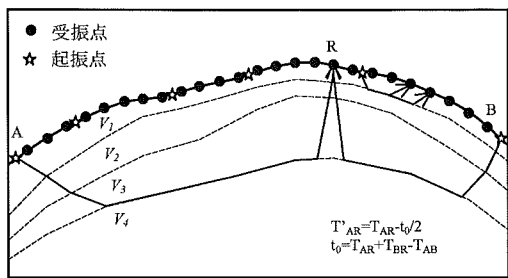
なお、従来の弾性波トモグラフィでは、孔間速度検層など探査対象領域を取り囲むように測定が実施されてきたが、トンネル事前調査では、多くの場合、取り囲むような測定は実施されていない。そこで、本稿では、精密探査に位置づけられる弾性波トモグラフィと区別して、トモグラフィ的解析の名称を用いている。解析技術としては両者に差はない。

2-1 層構造解析とトモグラフィ的解析

トモグラフィ的解析は図-1に示すように、地山を格子状に区分し個々の格子の速度分布を求める解析法である。



a) トモグラフィ的解析



b) 層構造解析

図-1 トモグラフィ的解析と層構造解析におけるモデル化

表-1 トモグラフィ的解析と層構造解析の比較

	層構造解析 (はぎとり法解析)	トモグラフィ的解析
解析のモデル化	起伏の少ない層構造	領域を格子状に区分
解析方法	簡単な計算と図式解法	コンピュータによる最適化計算
連続的な速度変化	×	○
低速度帯	△(判断差)	△(不明瞭)
遠隔起振	○	△
ボーリング孔	×	○
測定データ数	○	△
解析時間	×	○
解析結果の評価	×	○(波線の利用)

一方、層構造解析は地山を層状に区分し、層厚と速度を求める解析方法である。表-1は、トモグラフィ的解析と層構造解析の比較を示したものである。

トモグラフィ的解析では、格子状に地山を区分することから、連続的に速度が変化する構造、不規則な構造の解析に有利である。測定においては、地表の起振点、受振点に加えてボーリング孔などを利用した地中における起振、受振を解析に取り込むことができ、解析結果では、速度分布に加えて波線の通過状況を確認できる。また、解析にはコンピュータを使用するので、短時間で解析結果を得ることができる。良好な解析結果を得るためには多数の測定を要する欠点もあるが、測定機器の発達に伴い、多数の測定を行うことは容易になりつつある。

層構造解析は、地形の起伏が少ない地表における起振、受振を前提とした解析法であり、速度が連続的に変化する構造や複雑に速度が変化する構造の解析には適さない。比較的簡単な計算と図式的な解法で地山の速度構造が解析できるが、解析技術者による解析結果の任意性が高い。長さ1 km程度のトンネルの場合、解析に要する時間は熟練技術者で1週間程度必要とされている。一方、層構造を示す地山の速度構造の解析や、低速度帯の検知には優位な面もある。また、短い測線長で探査深度を確保するために、遠隔起振を利用でき

ることに特色がある。なお、層構造解析においても解析結果を確認するため波線の計算(パス計算)が実施されているが、すべての起振点と受振点の組み合わせについて波線の計算が行われることは少ない。

2-2 トモグラフィ的解析の原理

図-2はトモグラフィ的解析のフローを示したものである。解析に必要なデータは、測線に沿った地形、起振点と受振点の座標、測定走時であり、層構造解析に必要なデータと同じである。また、走時データの良否のチェックについても層構造解析と同じである。解析は、まず、地山を区分する格子の設定から行う。トンネル調査では、受振点間隔に合わせて格子の大きさを5 mあるいは10 mに設定することが多い。各格子に与える初期速度は、すべての格子に一定の速度値を設定することや、層構造解析結果を設定することが多い。解析は、すべての起振点と受振点の組み合わせについて設定した速度分布から理論走時を計算し、実際に測定した測定走時と比較を行う。ここで、理論走時が測定走時に近づくように格子の速度分布の修正を行い、再度、理論走時の計算を行う。理論走時と測定走時の差が一定値以下となるまでこのような計算を繰り返し、最終的に得られた速度分

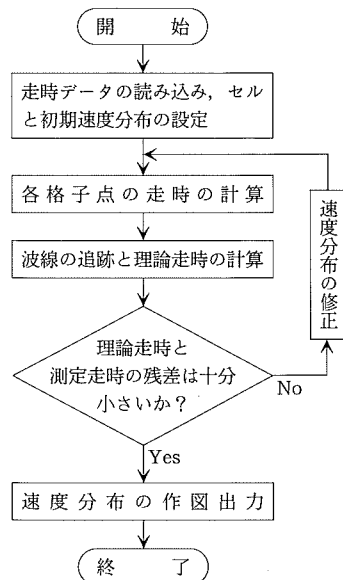
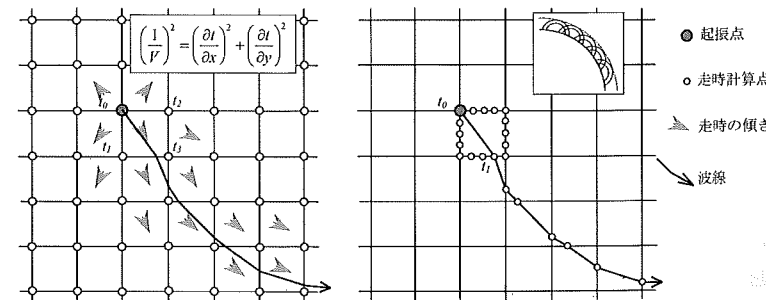


図-2 トモグラフィ的解析のフロー

布を解析結果とする。

理論走時を計算する方法としては、代表的なものとしてアイコナール方程式を差分近似する方法⁷⁾と、ホイヘンスの原理にもとづく方法⁸⁾がある。図-3は、その原理を模式的に示したものである。アイコナール方程式を用いた方法では、図に示した式を差分近似し、起振点から波面の広がりによってすべての格子点の走時を計算する。続いて、すべての格子について走時の傾きを計算する。波線は、走時の傾きに従うので、受振点から走時の傾きを追跡すれば起振点に到達し、波線と走時が計算できる。一方、ホイヘンスの原理にもとづく方法では、格子の境界に沿って多数の走時計算点を配置し、波線は必ず計算点を通過するものとして走時と波線の計算を行う。ホイヘンスの原理とは、「ある瞬間における波面上のすべての点を新たな振源とする波が発生し、その波の包絡線が新たな波面となる」というもので、走時計算点が振源となる。走時の計算は、起振点から最小の走時となるように各計算点の走時を計算する。波線の追跡は、同一格子において該当計算点の走時決定に使用した計算点を連ねる操作を起振点に達するまでくり返すことで行う。

格子の速度の更新は、格子を通過した波線の長さや通過に要した時間を基準にして行う。速度分布を更新する方法としては、同時反復法や最小2乗法を応用した方法が採用されている。図-4は、トモグラフィ的解析の例であるが、波線が通過していない部分の速度は求まっていない。このことについては、次に示す。



(a) アイコナール方程式の差分近似 (b) ホイヘンスの原理

図-3 代表的な走時計算の方法

3 再解析による既存弾性波探査結果の検討

3-1 検討方針と検討トンネル

トモグラフィ的解析に必要なデータは、層構造解析と同じである。そこで、層構造解析結果の評価、トモグラフィ的解析の適用性の評価は既存弾性波探査結果をトモグラフィ的解析で再解析することで実施した。再解析を実施することで、現在の弾性波探査の技術的課題を明確にし、改善方法を模索するものである。ここでは、弾性波探査で地山状態を把握するに際して、トンネル計画位置に波線が通過することが重要であると考え、評価指標として波線の通過を用いた。一方、トモグラフィ的解析の適用性については、施工時に実施された切羽観察記録を評価指標に採用し、層構造解析結果と比較することで検討した。

検討に使用したトンネルは、中国地方、四国地方を中心とした道路トンネルであり、トンネル本数は96本、再解析測線数は153、測線延長は約74.7kmである。主な地質は、花崗岩類、中生層粘板岩、中生代砂岩頁岩互層、結晶片岩、安山岩などである。

解析に用いたトモグラフィ的解析プログラムは、走時計算にアイコナル方程式の差分近似を、速度の更新に同時反復法を採用したものである⁵⁾。また、解析時に設定した格子間隔は5mとした。

3-2 波線を用いた既存弾性波探査結果の評価

トモグラフィ的解析では、波線が通過していない部分については速度を求めることができない。層構造解析は、深度とともに速度が大きくなることを仮定した解析法であることから、基盤速度が決定できれば、トンネル計画位置における波線の通過はあまり問題にされてこなかった。しかし、トモグラフィ的解析で再解析した結果、トンネル計画位置に波線が通過していれば、層構造解析においても適切な現場測定結果を利用した信頼性の高い結果と考えられる。

図-4は、再解析結果の例を示したものである。

図-4(a)では、トンネル計画位置に波線が通過しており、波線の通過の仕方も大きな偏りはなく、適切な現場測定が実施されたといえる。一方、図-4(b), (c)は、トンネル中央部で波線が通過しなかった例であり、土かぶり厚に対して適切な受振距離が確保されていなかったと考えられる。図-4(d)は測線が分割された場合の解析例であり、測線交差部で波線が通過していない。図-4(e)は、トンネル計画位置での波線の通過が不十分な例であり、このような場合、精度の良い解析結果は期待できない。この例では、測線終点での起振については測線上のすべての受振点で走時が測定されたが、測線始点での起振については距離程100m付近までの測定となっていた。

図-5は検討トンネルについて、波線通過状況を整理したものである。約43%のトンネルにおいて波線通過率が100%未満となっている。ここで、波線通過率とは、トンネル長さに対するトンネル計画位置に波線が通過した部分の長さの割合である。また、約23%のトンネルで波線通過率が50%未満となった。多くのトンネルにおいて、波線がトンネル計画位置にまで達していないことが明らかとなった。

土かぶり厚が大きい場合、トンネル計画位置に波線が達しにくいことは容易に想像がつく。図-6は、トンネルの最大土かぶり厚と波線通過率の関係を示したものである。土かぶり厚が50mを越すと波線通過率が100%未満となるトンネルが顕著に現れだし、土かぶり厚が約120mを越すと、ほとんどのトンネルで波線がトンネル計画位置に達していない。層構造解析では深部の基盤速度を決定するため、遠隔起振が用いられることがあるが、トモグラフィ的解析では遠隔起振を解析に反映させることが困難な場合が多い。しかし、遠隔起振が採用された場合を除いても、図-5, 6に示した状況が大きく変わるものではない。土かぶり厚に対して測線長が短い場合、このような問題が生じることが多い。

トンネルルートが湾曲している場合、測線を分割して探査が実施されることが多い。図-4(d)で

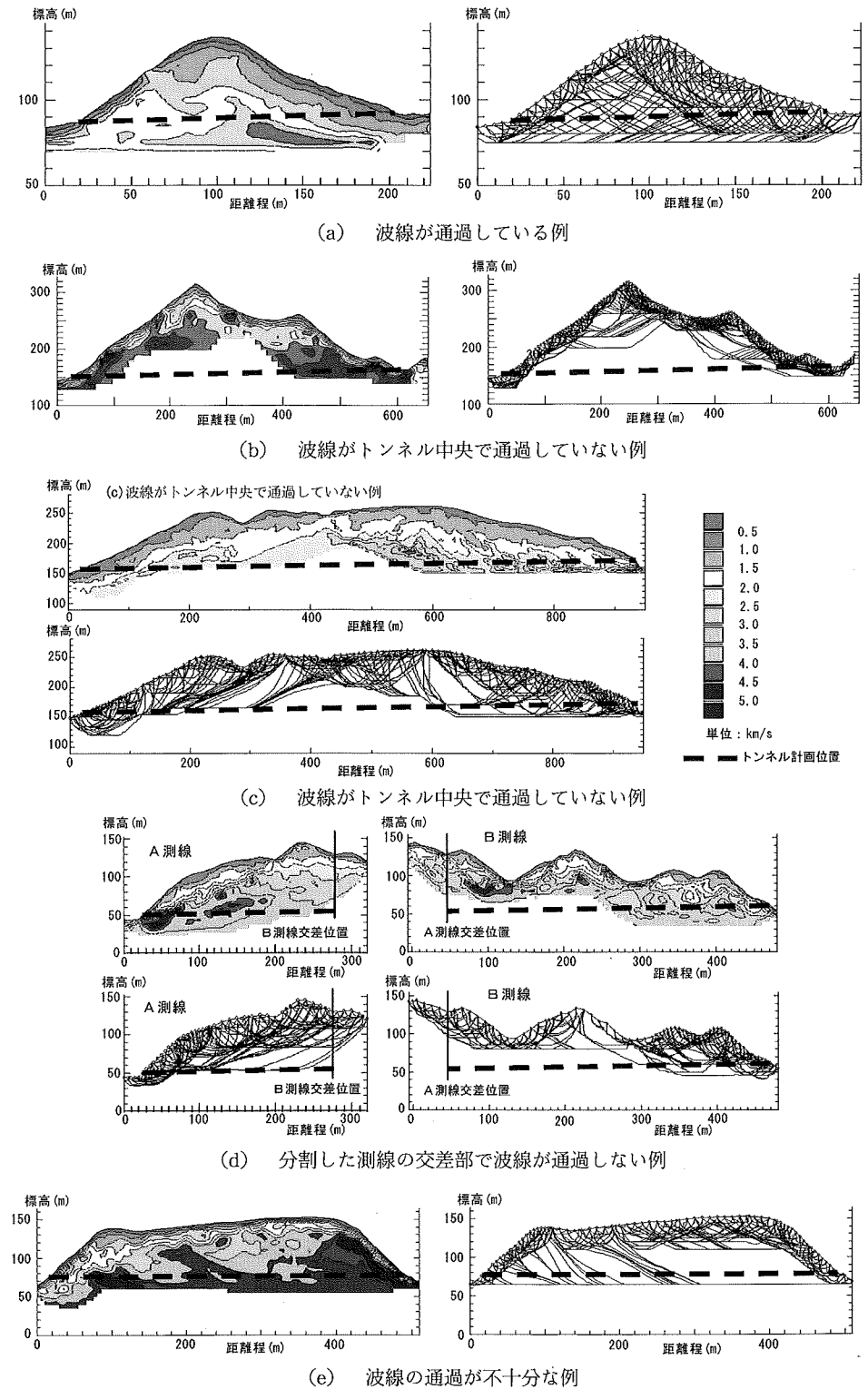


図-4 トモグラフィ的解析結果の例(速度分布図と波線図)

示したように、測線が分割された場合、測線交差部で波線がトンネル計画位置を通過しにくい状況が想定される。図-7は、測線の分割と波線通過状況を示したものである。測線が分割された場合、波線通過率が100%未満となる割合が増加しているのが明らかである。

測線を分割する場合、測線交差部で測線を延長するが、その延長長さはおおむね土かぶり厚程度であることが多い⁹⁾。探查要領など⁸⁾では、土か

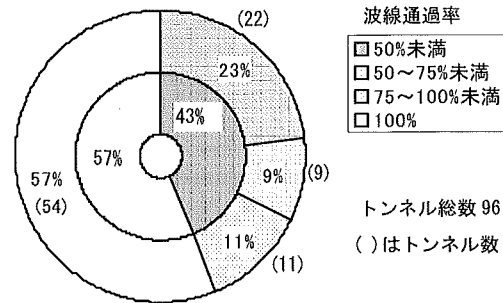


図-5 再解析結果における波線通過率の状況⁹⁾

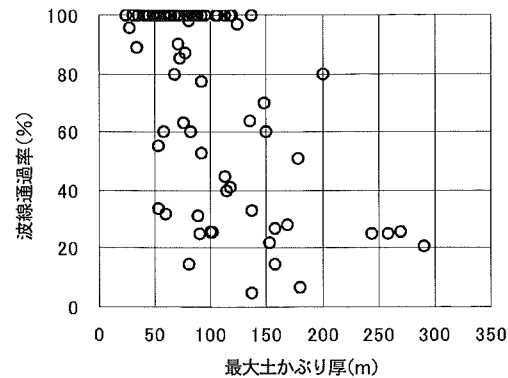


図-6 最大土かぶり厚と波線通過率の関係⁹⁾

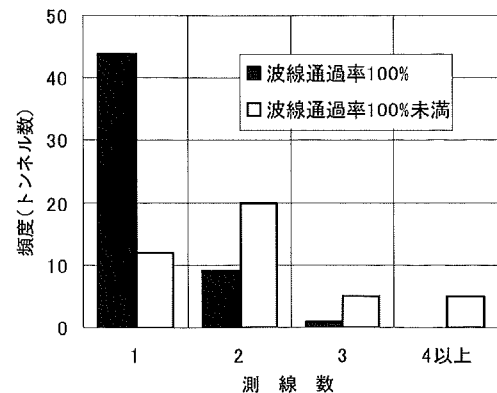


図-7 測線の分割と波線通過状況⁹⁾

ぶり厚の2.5~3倍程度の延長を目安とされているが、遠隔起振を利用することで延長長さの不足を補っている場合が多い。このため測線を分割した場合、トモグラフィ的解析では、通過率が100%未満となったトンネルが多くなっている。

波線がトンネル計画位置を通過しない一因として、最大受振距離の不足があげられる。最大受振距離とは、起振点に対して走時を測定した受振点との最大の水平距離である。これについても、探查要領などで目安は示されているが、既往の弾性波探查結果においては、必ずしも波線の通過を考慮した測定計画になっていないと言える。

現場測定に着目すると、探查装置のチャンネル数が少ない場合、最大受振距離を大きくとることはくり返し測定を要することになる。しかし、現在では多チャンネルの探查装置が実用化されているので、最大受振距離を大きくすることに対する現場作業の手間は改善されつつある。

3-3 トモグラフィ的解析の妥当性の検討

3-3-1 切羽観察記録による弾性波探查の評価方法

道路トンネルでは、弾性波探查速度や地質調査結果を参考にして、B、C I、C IIなどの支保区分が行われる。このことから、事前調査における弾性波探查結果の妥当性の評価指標として速度と支保パターンを対比することが考えられる。しかし、支保パターンは、地山状態に加えて安全性、施工性などを加味して決定されるため、評価指標として必ずしも妥当な方法とは言えない。一方、施工時に実施される切羽観察記録⁹⁾は、比較的忠実に地山状態を記録していると考えられる。そこで、切羽観察記録を利用した評価方法を用いた。

表-2は、日本道路公団における地山分類表¹⁰⁾と切羽観察記録における評点の関係を対応させたものである¹¹⁾。評価は、切羽観察記録における観察項目において速度に関する項目として、圧縮強度Cと風化変質Dの評点の合計で行う。ここでは、圧縮強度Cと風化変質Dの評点の合計を切羽強度指数と呼ぶことにする。一方、割れ目の頻度Eと割れ目の状態Fも速度に関する項目であるが、

表-2 地山分類表にもとづき設定した地山の評価¹¹⁾

タイプ	速度Vp (km/s)	切羽観察項目：C, D		
		圧縮強度 C	風化変質 D	切羽強度指数 C+D
I	5.0~	1~2	1~2	2~4
	3.8~5.0	2~3	2	4~5
	3.3~3.8	2~3	2~3	4~6
	2.6~3.3	3	3~4	6~7
II	~2.6	3~4	4	7~8
	4.9~	1~2	1~2	2~4
	3.6~4.9	2~3	2	4~5
	3.1~3.6	2~3	2~3	4~6
III	2.6~3.1	3	3~4	6~7
	~2.6	3~4	4	7~8
	3.5~	1~2	1~2	2~4
	3.0~3.5	2~3	2	4~5
III	2.0~3.0	2~3	2~3	4~6
	1.5~2.0	3	3~4	6~7
	~1.5	3~4	4	7~8

タイプ	代表的な岩種
I 層状岩	結晶片岩, 粘板岩, 砂岩・頁岩互層(中生代)など
II 塊状岩	花崗岩, 流紋岩質凝灰岩(中生代), 安山岩など
III 軟質岩	凝灰角礫岩, 泥岩(新第三紀)など

切羽観察項目 ⁹⁾			
項目	評価内容	項目	評価内容
A	切羽の状態	F	割れ目の状態
B	素掘り面の状態	G	割れ目の形態
C	圧縮強度	H	湧水
D	風化変質	I	水による劣化
E	割れ目の頻度		

これらは施工方法などに影響されるので事前調査段階の評価としては適切でない。なお、検討トンネルでは古い形式で切羽観察記録が実施されており、表-2に示した切羽強度指数の評価は、この形式に従ったものとなっている。現在使用されている切羽観察記録についても、切羽強度指数を設定することは容易である。

評価は、弾性波探查で得られた速度から表-2を用いて切羽強度指数の推定を行い、実際の観察で

確認された切羽強度指数と対比することで行う。例えば、花崗岩の地山で速度が4.5km/sであれば切羽強度指数は4~5と推定される。切羽観察において切羽強度指数が5であれば、両者は一致したと判定し、弾性波探查から地山状態が推定できたことになる。図-8はトンネルに沿った速度分布と切羽強度指数の分布を示したものである。図-8(2), (3)において、観察で得られた切羽強度指数が速度から推定した切羽強度指数の範囲に含まれていれば、速度から地山状態が推定できたことになる。また、トンネルで実施された切羽観察記録の枚数に対して、速度から推定した切羽強度指数が実際と一致した割合を切羽強度指数一致率として、トンネルに対する弾性波探查の妥当性を評価する。図-8(a)では、トモグラフィ的解析と層構造解析の速度はおおむね一致している。切羽強度指数一致率はトモグラフィ的解析で86%、層構造解析で87%であり、ともに高い一致率となり比較的地山状況を良く反映した探查結果が得られたと言える。一方、図-8(b)では、両解析手法で速度が大きく乖離する区間もあり、トモグラフィ的解析の切羽強度指数一致率は59%、層構造解析の切羽強度指数一致率は44%となった。トモグラフィ的解析が、層構造解析に比較して、地山状態の変化をとらえた結果となっている。

波線通過率が100%となり切羽観察記録が保存されているトンネルについて切羽強度指数一致率を求め、トモグラフィ的解析の妥当性の評価を行った。

3-3-2 トモグラフィ的解析の適用性の検討

図-9は、検討トンネルにおける代表的な岩種について、岩種ごとに切羽強度指数一致率を平均したものである。花崗岩、粘板岩ではトモグラフィ的解析が約15%高い一致率を示す結果となった。一方、中生代砂岩・頁岩互層では、両者とも高い一致率を示すが、層構造解析が若干高い一致率となった。全トンネルで見るとトモグラフィ的解析が高い一致率を示す結果となっている。図-10は、各トンネルについて層構造解析とトモグラフィ的解析の切羽強度指数一致率を比較したものである。

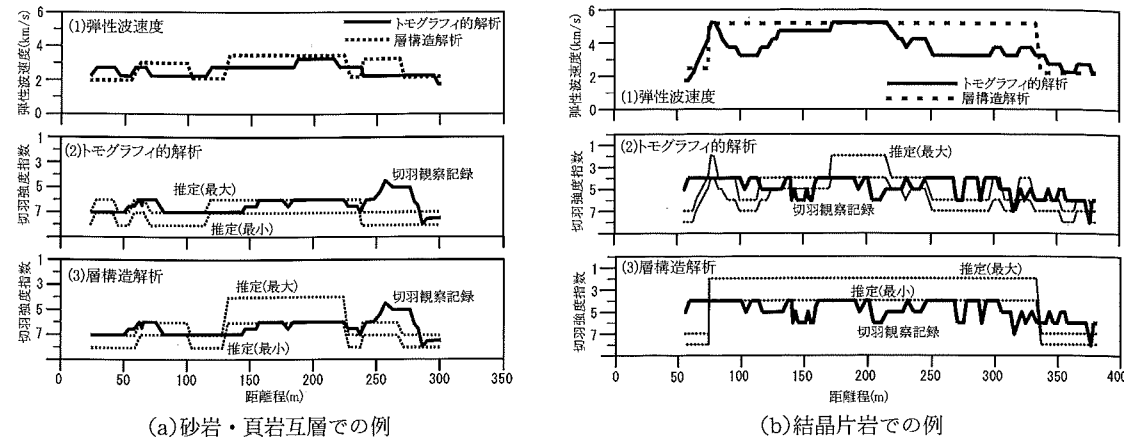


図-8 弾性波速度と切羽強度指数の分布

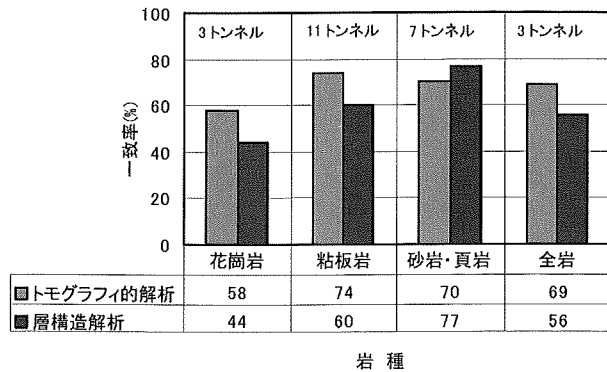


図-9 切羽強度指数一致率の比較

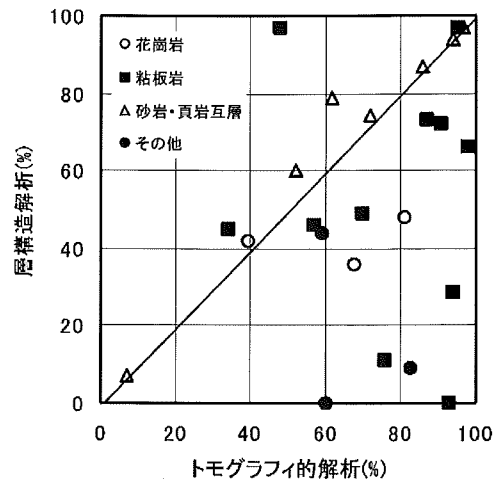


図-10 切羽強度指数一致率の比較⁹⁾

トモグラフィ的解析では多くのトンネルで高い一致率を示すとともに、ばらつきも層構造解析に比較して小さい。岩種別にみると、砂岩・頁岩互層では両者の差は少なく、図-9で示したように、比

較の高い一致率となっている。なお、両者とも小さい一致率となる結果がみられるが、切羽強度指数の1ランクのずれを許容すれば、ともに90%以上の高い一致率となる。一方、粘板岩では層構造解析はトモグラフィ的解析に比較して大きくばらつく結果となっており、非常に低い一致率から高い一致率まで見られる。トモグラフィ的解析ではおおむね50%以上の一致率である。粘板岩では、層構造解析の適用が困難な地質状況となっており、解析者の経験や判断が大きく含まれる結果となっていることが推定される。

トモグラフィ的解析の切羽強度指数一致率は、層構造解析に比較して顕著に大きい値とはなっていないが、ばらつきも少なくトンネル事前調査に適用性があると結論できる。なお、ここでの検討に用いた弾性波探査結果は、トモグラフィ的解析を前提としたものではない。トモグラフィ的解析を考慮した測定を行うことで、地山予測精度はより向上すると考えられる。また、支保パターンについて検討された結果においても、トモグラフィ的解析を用いることで調査精度が向上することが報告されている¹³⁾。

3-4 弾性波探査における波線の活用

前述のように、トモグラフィ的解析では、速度分布の解析に加えて波線の分布が得られる。そこで、弾性波探査結果に対する評価ツールとして積極的に波線を活用することが考えられる。トンネ

ル計画位置に波線が通過するように測定を実施することで、探査の精度向上が期待できる。事前に波線の通過状況が予測できれば、合理的な現場測定が可能である¹⁴⁾。また、短時間に解析できることから、波線通過を測定時に確認することも現実的になりつつある。

一方、事前調査段階においてトンネル計画位置に波線を完全に通過させることが不可能な場合もある。このような場合、波線図を用いて調査時の問題点を伝達することで、後工程の合理化にも寄与できると考えられる。トモグラフィ的解析を利用した施工段階の調査についても研究が行われており⁴⁾、事前調査の不足を施行時に補うことを事前に計画することも可能である。

4 おわりに

トモグラフィ的解析は、高密度弾性波探査、高精度屈折法地震探査などの名称で地質調査に広く利用されるようになってきた。トモグラフィ的解析は、ボーリング孔を利用した測定や施工段階における測定にも適用でき、トンネル構築全体の合理化に寄与するものと考えられる。一方、トモグラフィ的解析については初期値設定方法などの問題はありますが¹⁵⁾、多くの解析過程が自動化されており層構造解析に比較すると解析技術者による解析結果の違いは軽減されていると言える。

なお、本稿は従来の層構造解析を否定するものではない。トモグラフィ的解析においても低速度帯の検知性の実証確認など課題は残されている。両解析手法は、互いに補完するものであり、その利用方法については研究の端緒についたところである。

参考文献

- 1) 鈴木昌次・古川浩平・井上洋司・中川浩二：NATM施工実績に基づく事前設計の評価に関する一考察，土木学会論文集，No.427/VI-14，pp.261-270，1991。
- 2) 例えば、林宏一・斎藤秀樹：高精度屈折法地震探査の開発と適用例，物理探査，No.51，pp.471-492，1998。
- 3) 光木香・木幡芳文：北陸新幹線飯山トンネル地質調査最終報告，トンネルと地下，Vol.31，No.7，pp.613-621，2000，7。
- 4) 例えば、林宏一・斎藤秀樹：高精度屈折法地震探査を併用した切羽前方地震探査，トンネル切羽前方探査に関するシンポジウム・講演会講演論文集，土木学会関西支部，pp.49-55，2000。
- 5) 三木茂・吉田幸信・井上浩一・中川浩二：トモグラフィ的弾性波探査手法によるトンネル地山調査の評価，土木学会論文集，No.707，VI-55，pp.111-124，2002。
- 6) 三木茂・寅岡千丈・吉田幸信・進士正人・中川浩二：再解析に基づくトモグラフィ的解析法に適した測定計画の検討，土木学会論文集，No.756，VI-62，pp.49-59，2004。
- 7) 例えば、Vidal, John：Finite-difference calculation of travel times，Bulletin of the Seismological Society of America，Vol.78，No.6，pp.2062-2076，1998。
- 8) 例えば、日本道路公団：土質地質調査要領，pp.155-156，1993。
- 9) 日本鉄道建設公団：NATM設計施工指針，1996。
- 10) 日本道路公団：設計要領第三集第9編トンネル，pp.33-36，1985。
- 11) 中川浩二・保岡哲治・北村晴夫・三木茂・藤本睦・木村恒雄：トンネル事前設計における地質調査の問題点とその評価に関する研究，土木学会論文集，No.658/VI-48，pp.34-43，2000。
- 12) 三木茂・吉田幸信・中川浩二：トモグラフィ的解析弾性波探査による地山評価，平成14年度香川県地盤工学研究会学術講演会テキスト，地盤工学学会四国支部，pp.17-28，2001。
- 13) 大嶋健二・伊藤哲男：掘削実績に基づく事前弾性波探査法の評価について，土木学会第57回年次学術講演会，pp.1349-1350，2002。
- 14) 例えば、鈴木守・富田宏夫：トンネル地質調査の性格と問題点(2)，トンネルと地下，Vol.24，No.10，pp.49-59，1993。
- 15) 寅岡千丈・三木茂・重田佳幸・進士正人・中川浩二：トモグラフィ法を援用した最適な弾性波探査計画の検討，トンネル工学研究論文・報告集，第12巻，pp.213-218，2002。
- 16) 三木茂・進士正人・吉田幸信・中川浩二：弾性波探査トモグラフィ的解析法の初期速度設定について，土木学会論文集，No.763，VI-63，pp.223-228，2004。

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL・TUNNEL JOURNAL・TUNNEL JOURNAL・TUNNEL JOURNAL・TUNNEL

環境レポート2005

ハザマは、2004年度の環境保全・事業活動をまとめた「環境レポート2005」を発行した。

ハザマでは、環境問題への取り組みを社内外に対し情報開示することを目的に2000年より毎年発行しており、今回が6回目。今回発行の「環境レポート2005」は一般読者にわかりやすく全ページカラー刷りに変更し、これまで以上に図や写真を多く取り入れた。

冊子は、ハザマの環境品質管理室に請求するか、ハザマのホームページでも見ることができる。

神田川・環7地下調整池
第2期供用開始

東京都が進めている神田川・環状7号線地下調整池事業のうち、神田川支流である善福寺川からの取水施設を建設する第2期事業がほぼ完了し、施設の供用を開始した。

同事業は、水害多発地域である神田川中流域の浸水に対する安全度を高めるために実施。環状7号線道路下に内径12.5mのトンネルを建設し雨水を一時的に貯留することで、神田川の急激な増水を防ぐ。総事業費1,030億円。

濁沢トンネル開通

新潟県長岡市の太田地区を迂回する濁沢バイパスの一部である濁沢トンネルが開通した。

同トンネルは、2003年11月より坑口を取り付け長岡側から片押しで掘削を開始。ロードヘッダを投入したNATMを採用したが、地層が複雑で大量湧水も発生し難航した。新潟県中越地震では、坑口部の上部が崩落し、覆工も剝離するなど甚大な被害を受けた。その後、復興支援道路

として完成が急がれていた。

トンネル延長案を採用

首都圏の都市再生を支える環状道路体系づくりの一環として計画されている横浜環状北西線(仮称)の概略計画がまとまった。

横浜市と国土交通省、首都高速道路公団が2年にわたるPIなどを踏まえ延長7.1kmのうち、4.2kmをトンネル構造とする「たたき台トンネル延長案」を示した。

同路線は、東名高速青葉ICと横浜環状北線(事業中)が接続する第三京浜港北ICを結ぶ自動車専用道路で、横浜北西部と横浜都心部および湾岸エリアの連絡強化と保土ヶ谷バイパスに集中する交通の分散が期待される。試算事業費2,400億円。

北幹・親不知トンネル貫通

鉄道・運輸機構が進める北陸新幹線の新規親不知トンネルが、着工以来11年を経て待望の貫通を遂げた。

同トンネルは、全長7,336mを東西2工区で施工。北アルプスの急崖が日本海に落ち込む、親不知、子不知の地名で知られる難所。西工区では、膨圧を伴う泥岩帯に遭遇し側壁やインバートが変形したり、東工区では、蛇紋岩や毎分29トンの出水に遭遇、土かぶり10m以下の掘削など難航をきわめた。

日中シールド工法技術交流会

日本と中国のシールド技術者らの情報交換や技術交流を目的とした「日中シールド技術交流会」が8月29～31日の3日間早稲田大学国際会議場で開催された。

会期中は、双方からシールド工法関連の最新技術や工事事例などが紹介された。最終日にはパネルディスカッションが行われ、両国の技術者が

今後のシールド技術の方向性について活発な意見を交わした。

同交流会は、小泉淳・早稲田大学教授と王夢恕・北京交通大学教授が発起人となり、2003年に北京で、2004年に上海で開催されており、今回初めて日本での開催となった。

駅などで火災対策

東京地下鉄(東京メトロ)は、本年度から5年間に総額492億円を投入して130駅と車両、トンネルなどの火災対策を実施する。

2003年に韓国の地下鉄でガソリンによる放火事件で大きな被害が起きたことを踏まえ、国土交通省が改正した「地下鉄道の火災対策の基準」に対応するため、基準に満たない駅や車両、トンネルを順次改善していく。

震災復興トンネル工事で
県内業者に限定

新潟県中越地震に伴う旧山古志村の羽根トンネル新設工事の発注にあたって、県内に本社を置くNATMトンネル施工経験がある建設業者に限定する措置が取られた。

同トンネルは、被災した現トンネルに平行して新トンネルを建設する災害関連工事。延長490m、歩道付き一車線道路、全幅6.75m。全山地すべり状態の厳しい条件下のため、綿密な調査・施工計画が求められる。一方で、旧山古志村復興の生命線となる幹線道路のため一日も早い完成、開通が期待される。

東北幹3トンネル貫通

鉄道・運輸機構東北新幹線建設局が進めている東北新幹線の「雪谷平」「横内」「松森」の3トンネルが貫通した。

この貫通により青森市内のトンネルはすべて貫通となった。

報告

イスタンブール世界トンネル会議技術調査報告(1)

JTAイスタンブール技術調査団

1 はじめに

第31回国際トンネル協会(ITA)総会および世界トンネル会議(WTC)が、2005年5月7～12日、トルコ共和国のイスタンブールで開催された。会議の主テーマは「地下空間利用：過去の分析と未来への教訓」である。

日本トンネル技術協会(JTA)では、この会議への参加、各国トンネルの視察、技術情報収集と技術交流を目的に、発注機関、建設会社、コンサルタントなど26名からなる調査団(写真-1)を5月7～18日にわたって派遣した。調査団の主な視察箇所は以下のとおりである。

- ① トルコ(イスタンブール)：ITA総会、WTC、ボスポラス海峡横断鉄道トンネル工

事視察

- ② スイス(チューリッヒ、ジュネーブ)：A16道路トンネル、ゴットルト鉄道トンネル、ローザンヌ地下鉄工事視察
③ フランス(パリ)：A86道路トンネル工事視察

この報告にあたり、会議の開催地であるトルコ共和国とイスタンブールについて、簡単に紹介する。

1-1 トルコの国土

トルコは、日本との時差6時間、青森県とほぼ同緯度に位置し、黒海、エーゲ海、地中海に囲まれ、ボスポラス海峡、マルマラ海、ダーダネルス海峡を挟んでヨーロッパとアジアに跨っている。面積は日本の約2倍の81.5万km²、人口約6,300万人(1997年)、首都はアンカラ(320万人)、もっと



写真-1 調査団



写真-2 第2ボスポラス橋

も大きな都市はイスタンブール(740万人)である。

1-2 トルコと日本

トルコは、日本を兄弟と呼ぶほどの親日国で、日本びいきとして有名である。トルコと日本の友好について、忘れてはいけない話として、1890年(明治23年)の和歌山県串本町沖合いでトルコ船エルトゥール号遭難への日本の支援と、1985年イラン・イラク戦争でのテヘランからの日本人脱出に際してのトルコの支援がある。

日本とトルコの友好を表すものとして、日本からの支援により1988年に完成した中央支間長1,090mの第2ボスポラス橋(施工:石川島播磨重工業(IHI))(写真-2)と、今回の視察箇所でもあるボスポラス海峡横断鉄道の建設工事(延長13.6km, 海峡部分1.4km, 大成建設JV)がある。また、1999年のトルコ北西部地震を受けた第1, 2ボスポラス橋の耐震診断を日本が行い、補強工事も日本の支援により行うこととなっている。第2ボスポラス橋とボスポラス海峡横断鉄道は、ヨーロッパとアジアを結ぶ架け橋・鉄道のみならず、日本とトルコの友好の架け橋・鉄道でもある。

1-3 歴史豊かなイスタンブール

イスタンブールは、ボスポラス海峡を境にヨーロッパ大陸とアジア大陸に跨るトルコ最大の都市で、ローマ帝国、ビザンチン帝国(東ローマ帝国)、オスマントルコ帝国という3大帝国の歴史に重要な拠点として栄えた。古代ギリシア時代には植民都市「ビザンチウム」、ローマ帝国末期の西暦330年に皇帝コンスタンチヌスが東ローマ帝国(ビザンチン帝国)の首都として遷都して「コンスタンチノポリス(コンスタンチノーブル)」, 1453年にオスマントルコ帝国がこの地を陥落させて「イスタンブール」と名前を変えている。イスタンブールは、1923年にオスマントルコ帝国からトルコ共和国となり、東ローマ帝国以来続いた首都としての地位を失ったが、トルコの社会・経済・文化の中心都市としての役割を果たしている。

また、1453年のコンスタンチノポリス陥落まではキリスト教徒の街であったが、オスマントルコ帝国時代に街の支配的な宗教はイスラム教に改め



写真-3 ブルー・モスク

られ、聖ソフィア教会をはじめとする多くのキリスト教会がモスクに転用された。現在は、法律により政教分離となっているが、トルコでは人口の99%がイスラム教徒であり、滞在中に幾度もコーランの祈りが聞こえてきた。

1-4 ITA総会, 世界トンネル会議

ITA総会には加盟国53か国のうち43か国が参加し、参加各国の活動報告やITAの運営状況に関する報告、討議が行われた。また、2008年のITA国際会議は、開催地としてアメリカとインドが立候補し、投票の結果、インドのニューデリーとなった。ITA作業部会では、13WG中10WGに日本から参画しており、このうち、調査団のメンバーからは「トンネル耐火構造物WG」に九富氏、「品質WG」に横尾氏が委員として参加した。またWTCでは、オープニングセレモニー、オープンセッション、一般セッションがあり、オープンセッションではMarmarayプロジェクトなどが紹介された。論文発表セッションとして、13トピック(23セッション)に対して108論文が発表され、このうち、日本からのものは28論文であった。

(文責:伊藤昭夫・東日本旅客鉄道(株))

2 イスタンブール世界トンネル会議

世界トンネル会議は、イスタンブールの中心にあるTaksim広場からタクシーで10分程度の丘の上にあるGrand Cevahir Convention Centerにおいて、2005年5月9~11日まで開催された。「地下空間利用:過去の分析と未来への教訓」と

いうテーマのもと、熱のこもった討議・発表が繰り広げられた。

2-1 オープニングセレモニー

5月9日会場内のAuditoriumにおいて開会式であるオープニングセレモニーが開催された。オープニングセレモニーは第一部と第二部に分かれており、第一部はITA2005年組織委員会の議長であり、トルコ道路協会副会長であるDr. Y. Erdemの開会のあいさつで始まった。第二部の最後では、黒装束の男女によるトルコ伝統のベリーダンスをアレンジした情熱的な踊りが披露された。トルコの伝統的な音楽に世界の音楽を取り入れた演奏と、太鼓のリズムに会場は熱気につつまれ、トルコ情緒あふれるオープニングセレモニーであった。

2-2 ITAオープンセッション

5月10日の午前に行われたオープンセッションでは「海底トンネル」に関連して以下の5件の発表がなされた。

(1) The Nusantara Tunnel(インドネシア)

S. P. Mangkoesoebroto
(PT Nasantara Tunnel Indonesia)

ジャワ島とスマトラ島を結ぶ25kmの海底トンネル計画の概要説明。

(2) ジブラルタル海峡トンネル(スペイン)

Jose M. Pliego(Dr. Ing. C.C.P)
スペイン~モロッコ間のジブラルタル海峡トンネル計画概要説明。このプロジェクトは、ITAがサポートしている。

(3) 国際輸送システムにおけるロシアの海底トンネル(ロシア)

S. Vlasov
(Vice president of Russian Tunnelling Association)

ベーリング海峡のロシア~アラスカ間海底トンネル計画、ロシア本土~サハリン間海底トンネル計画などの概要説明。

(4) ノルウェーのトンネル(ノルウェー)

Bjorn Milsten
ノルウェーのさまざまなトンネルプロジェクトの紹介。

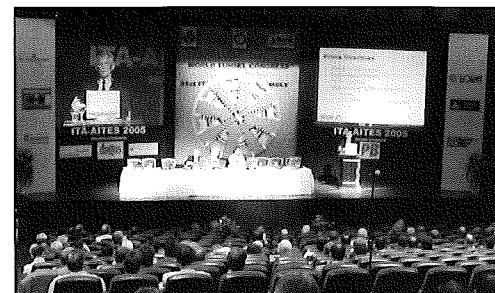


写真-4 オープンセッション

(5) The Marmaray Project(ボスポラス海峡トンネル, トルコ)

Steem Lykke(Project Director)

Lars Christian Ingerslev(PB)

Hideki Sakaida(PCI)

Frits Van De Kerk

(Oriental Consultants Co.)

ボスポラス海峡トンネルプロジェクトに関する各方面の関係者によるプロジェクト概要説明。

2-3 一般セッション

一般セッションは口頭発表とポスター発表の2つの方法で5月9~11日の3日間にわたって行われた。13のテーマに対し世界24か国から200編の論文が投稿され、そのうち日本からのものは41編ともっとも多かった。表-1に日本からの口頭発表一覧を、また表-2に日本からのポスター発表一覧を示す。

2-4 ITA総会

調査団としては参加しなかったが、5月8日と11日の2回に分けてITA総会が開催された。ここではITAの運営に関する多くの議題が討議・決定されたが、主たるものとして以下の2点を報告する。

(1) 元ITA会長, 故Colin Kirkland氏(イギリス)の追悼メモリアル

1988~1992年にITA会長を務めた故Colin氏(イギリス)にITAメダルが授与された(Colin夫人が受領)。最後に、出席者全員でColin氏のITAに対する貢献を称えらるとともにご冥福を祈り黙祷した。

(2) 2008年ITA国際会議開催地の選出

アメリカ、インドの2組が立候補し、投票の結

表-1 日本からの口頭発表一覧

テーマ	論文タイトル	対象工事名	発表者	所属
2. 地下構造物の計画, 調査, 開発, 設計手法	土砂地盤中のトンネル切羽安定に対する地下水の影響	東北新幹線 三本木原トンネル	小西 真治	(財)鉄道総合技術研究所
	アンカーシートとプッシュレジン継手の開発		三木 慶造	(株)大林組
	活動中の地すべり地帯におけるトンネル掘削-第二東名高速道路引佐第二トンネル	第二東名高速道路 引佐第二トンネル	磯田 将	清水建設(株)
	神流川発電所放水庭の止水設計と施工について	神流川発電所新設工事	川島 文治	東京電力(株)
3. 新しい掘削技術	日本における超深地層の研究施設の現状-深度1,000m立坑と研究坑道の設計・施工-	瑞浪超深地層研究所 研究坑道掘削工事	佐藤 稔紀	核燃料サイクル開発機構
	大断面泥土圧シールドのチャンパー内可視技術の開発	首都高中央環状・新宿線	福本 勝司	(株)大林組
	基隆河員山子分水路トンネルの計画と施工	基隆河員山子分洪工程	清水 光	鹿島建設(株)
	泥質岩の膨張性地山における多重支保工法の適用	北陸新幹線飯山トンネル	小川 淳	(独)鉄道・運輸機構
	膨張性地山における支保構造と二次覆工設計事例	北陸新幹線飯山トンネル	川原 一則	(株)熊谷組
5. 地下構造物の運営, 維持, 排水, 防水, 補修	先行アーチ支保による地盤補強	湧浪トンネル	岩永 茂治	(株)熊谷組
	特殊継手結合エレメントによる新しい地下構造物築造工法		玄順 貴史	東日本旅客鉄道(株)
	既設トンネル断面拡幅時における支保構造の挙動		砂金 伸治	(独)土木研究所
	山岳トンネルの省エネ照明設備について		永井 泉治	(株)エイトコンサルタント
6. 地下構造物の耐震技術	沈埋トンネルの耐震設計と可撓継手の効果		清宮 理	早稲田大学
	大深度道路トンネルの分岐合流築造技術の開発		四方 弘章	清水建設(株)
8. 機械化掘削	日本のシールド技術		後藤 徹	清水建設(株) (シールド工法技術協会)
	シールドトンネル覆工の火災時の変形挙動と耐荷力に関する研究		田嶋 仁志	首都高速道路公団
	常磐線と日比谷線の大断面シールドトンネルによる横断-つくばエクスプレス線三ノ輪トンネル	つくばエクスプレス線 三ノ輪トンネル	江戸 清	(独)鉄道・運輸機構
	未固結地盤中における低土被り鉄道トンネルの施工	東北新幹線牛鍵トンネル	小野 隆利	(財)鉄道総合技術研究所
9. 地盤改良と沈下制御	グラスファイバー補強チューブによる長尺鏡補強工の開発と適用		御手洗良夫	(株)熊谷組
	沈埋トンネルの車両火災用耐火板に関する研究		松尾 幸久	黒崎播磨(株)
10. 安全	デジタル精密写真計測による施工中の大断面トンネルの変位計測	第二名神高速道路 栗東トンネル	中井 卓巳	(株)アーステック 東洋
	掘削時におけるトンネルの安定性評価に関するリアルタイム多重パラメータ計測システムの適用	第二東名高速道路 静岡第三トンネル	アイダン オメール	東海大学
12. モニタリング技術	マルマラプロジェクト(ボスポラス海峡横断鉄道, トンネル及び駅部の設計施工方針)	マルマラプロジェクト	栄枝 秀樹	パンフィックコンサルタンツインターナショナル

表-2 日本からのポスター発表一覧

テーマ	論文タイトル	対象工事名	発表者	所属
2. 地下構造物の計画, 調査, 開発, 設計手法	トンネル工事における環境保全に配慮した地下水情報化施工	京都市道高速道路 1号線新十条通トンネル	大西 有三 安田 亨	京都大学 パンフィックコンサルタンツ(株)
8. 機械化掘削	連続カーブベルコン(R=30m)を用いたTBM導坑の効率的な施工-第二東名高速道路清水第四トンネル	第二東名高速道路 清水第四トンネル	庭屋 純一 秋好 賢治	大林・三井住友・鴻池JV (株)大林組
	日本国内最長距離級で中間に非開削拡幅部を有するシールドトンネルの設計と施工	春日井共同溝	滝本 邦彦	鹿島建設(株)
12. モニタリング技術	野外用AEモニタリング装置の開発とトンネル工事現場への適用		田野 久貴 阿部 大志	日本大学 国際航業(株)

表-3 テーマ別投稿論文数

テーマ	投稿論文数 (日本からの投稿)
1. トンネル, 環境, 社会	8 (0)
2. 地下構造物の計画, 調査, 開発, 設計手法	47 (7)
3. 新しい掘削技術	20 (9)
4. 契約, 工事費, リスク分析	7 (0)
5. 地下構造物の運営, 維持, 排水, 防水, 補修	13 (3)
6. 地下構造物の耐震技術	4 (1)
7. 地盤調査, 地質調査	6 (0)
8. 機械化掘削	27 (8)
9. 地盤改良と沈下制御	16 (3)
10. 安全	10 (1)
11. 解析手法と数値解析モデル	21 (1)
12. モニタリング技術	9 (3)
13. 沈埋トンネル	12 (5)
計	200 (41)

表-4 論文集国別掲載数

地域	国名	掲載数	地域	国名	掲載数
アジア	日本	41	ヨーロッパ	ドイツ	17
	シンガポール	3		スイス	11
	韓国	27		イギリス	2
	中国	6		イタリア	6
	台湾	1		ギリシャ	5
	タイ	4		フランス	4
ヨーロッパ	インド	1	ポルトガル	1	
	ロシア	4	スペイン	1	
	ノルウェー	2	トルコ	29	
	オランダ	5	北米	アメリカ	14
	チェコ	2	南米	ブラジル	3
	オーストリア	9	アフリカ	エジプト	2
計					200

果インドが選出された。これにより来年以降の開催地は次のとおりとなった。

2006年 韓国 2007年 チェコ

2008年 インド

(文責: 九富理・ジェイアール東日本コンサルタンツ(株)/北崎和博・(株)奥村組/秀島康史・(株)竹中土木/横尾敦・鹿島建設(株))

3 ボスポラス海峡横断鉄道トンネル(トルコ)

3-1 はじめに

ITA国際会議の2日目にあたる5月10日(火),

三谷会長以下調査団一行は会議のオープニングセッションに講演のあったボスポラス横断鉄道トンネル工事の現場事務所へ向かった。現場へはバス移動でヨーロッパ側の新市街にある会場より第1ボスポラス橋を渡って1時間弱で到着した。現場では、工事を担当するJVの幹事会社である大成建設(株)の吉田工事長および土屋所長からプロジェクトの全体概要と工事の特徴についての説明を受け、工事現場を視察した。

3-2 海峡横断鉄道建設の概要

イスタンブールの市街地は、ボスポラス海峡を挟んでアジアとヨーロッパの二大陸に跨る。ボスポラス海峡下を横断する鉄道トンネル工事が2004年8月27日に着工した。海峡横断鉄道プロジェクトは、海峡横断トンネル(沈埋トンネル)、TBM

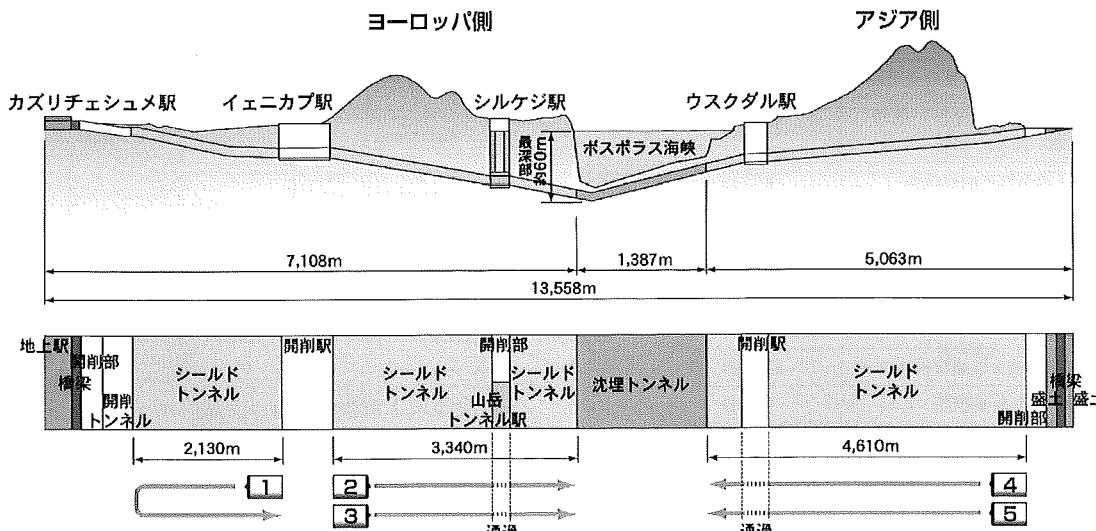


図-1 海峡横断鉄道の概要

(シールド)トンネル、4つの駅、軌道・機電設備工事からなり、延長は13.6kmである(図-1参照)。横断鉄道トンネルの工事契約概要と事業内容内訳を表-5, 6に示す。

3-3 工事の特徴

(1) 環境特別円借款

環境保全・改善に資するプロジェクトに対して、低金利・長期償還の有利な条件で融資を行う、環境特別円借款が適用されている。

(2) 工事契約形態は設計・施工一括のターンキー

表-5 工事契約概要

施主	トルコ共和国運輸通信省・鉄道・港湾・空港建設総局(DHL)
施工	大成・GAMA・NUROL JV
契約金額	約1,023億円
契約工期	56か月
資金調達	日本国際協力銀行(JBIC)

ベースを基調とした契約のため、設計コンサルグループ(Avrasya Consult JV)の監理による機能要求形式による設計業務が工事に付随し、設計マ

表-6 事業内容内訳

延長約13.6kmの軌道および付帯構造物の設計施工	
沈埋トンネル	1,387m(11函体)
TBM(シールド)トンネル	総延長18,720m(9,360m×2(複線))
山岳トンネル	シルケジ駅、渡り線(2か所)、避難連絡通路(48か所)
開削駅舎	イエニカプ駅、ウスクダル駅、シルケジ駅出入口
地上駅舎	カズリチェシュメ駅
その他構造物	開削トンネル、橋梁、換気建屋
駅舎建屋、設備・電気工事の設計施工	
既存トルコ国鉄(TCDD)の移設	

ニユアル、基本設計、詳細設計のすべてを請負者にて実施する。

(3) 沈埋トンネル工事は、ボスポラス海峡横断面部約2kmのうち、中央部約1.4kmに計画されている。函体11函(幅15.3m、高さ8.6m、長さ98.5~135m)は、ドライドックで下半分を構築し、引き続き洋上で上半分を構築する。その後、約40kmを曳航し、最深部で約60mまで沈設する。設置水深では既往沈埋トンネルの1.5倍となり、過去の同様のトンネルの記録を大幅に塗り替える。また、エーゲ海の真北に位置するマルマラ海と黒海の間を結ぶボスポラス海峡は、風光明媚もさることながらその水流の速いことでも知られており、5ノットを超えることもある。現在流速の詳細な現地計測を実施している。

(4) TBMトンネル区間は、単線トンネル2本が中心間隔14~45mで併設され、幅1.5mのセグメント約13,000リングを5台のシールドで構築する。そのうち、4台のマシンは海峡下で特殊な接続構造を用いて沈埋函と接続させる。

(5) 山岳工法(NATM)は、岩盤部において渡り線(2か所)、避難連絡坑(約200mに1か所)、シルケジ駅の構築に適用される。シルケジ駅は、旧市街の真中に位置し、地表面の土地利用範囲が制限されることや、路線通過位置が岩盤内であることから、プラットホームや通路、換気立坑などをNATMにより構築する。立坑部においては最大幅18mの大空間になる。また、地下水位が高く、



写真-5 アジア側ウスクダル駅遺跡調査



写真-6 アジア側ウスクダル駅での記念撮影

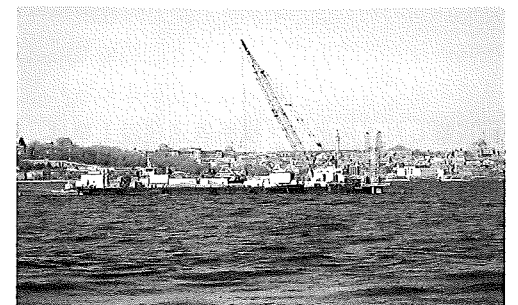


写真-7 ボスポラス海峡での地盤改良

高水圧に対する耐水型構造の覆工など特筆すべき工事である。

3-4 工事状況

工事は2004年8月27日に着工し、海峡部を含んだ追加地盤調査、岩盤線調査などの調査を終了し、2005年3月よりドライドッグの構築、海峡部地盤改良工事、トレンチ浚渫工事を開始した。また陸上開削部ではトレンチ掘削による遺跡調査を進め、2005年5月よりアジア側渡り線部の作業用立坑(直径12.4m)の掘削がNATMにて始まった。現地視察においては、アジア側ウスクダル駅における遺跡調査跡地およびボーリングコアの観察を行い、海岸線より海峡部地盤改良の状況を視察した後、

ヨーロッパ側にバスで移動した。ヨーロッパ側においては、トプカプ宮殿近郊のトンネルの陸上・海峡境界部で浚渫工事の状況説明を受けた。

3-5 その他

工事は事前調査を終了し、間もなくすべての詳細設計が終了する段階である。現在は準備工事を鋭意進めており、2005年秋からは工事も本格化し、沈埋トンネルの函体製作・沈設、ヨーロッパ・アジア側とも各所で駅舎部の開削工事、2006年度からはTBM(シールド)の掘進が開始される予定である。

トルコにおけるTBM掘進、NATMによるトンネル掘削は、割れ目の発達した砂岩・泥岩、その互層が大半を占め、切羽の自立性が良くない地山であることから、相当な困難を伴うことが予想される。また、三都物語の舞台である1,200万都市イスタンブール中心街における工事は、世界文化遺産に満ち溢れた旧市街(Historical Peninsula)を中心に、文化財保護や歴史的建造物への影響評価などのさまざまな規制と制約のもとに進めることとなるため、慎重な施工が求められる。今回視察したボスポラス横断鉄道建設工事は、世界が注目する大プロジェクトであり、わが国の建設技術を駆使して2009年の完成を目標に着々と進められている。この大プロジェクトの成功を心から祈るとともに、本視察のために貴重な時間をさいていただいた現地関係者に感謝いたします。

(文責：岩野政浩・大成建設(株))

4 A16道路トンネル(スイス)

4-1 プロジェクト概要

現在建設中のスイス高速道路(国道)A16は、スイス北西部の街ビエーネからジュラ山脈を抜け、国境を越えたフランスのデーレまでを結ぶ、自動車専用道路である。

A16の計画総延長は84kmで、このうちトンネル区間が約36km(43%)を占めている。大部分は片側2車線の上下線で建設されるが、長大トンネル区間と一部区間は2車線の交互通行で建設される。事業予算は56億CHF(スイスフラン：1 CHF=

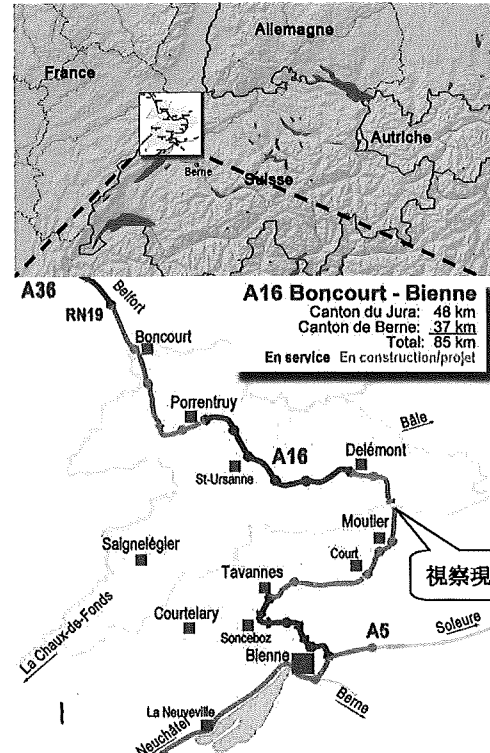


図-2 スイス高速道路A16ルート図

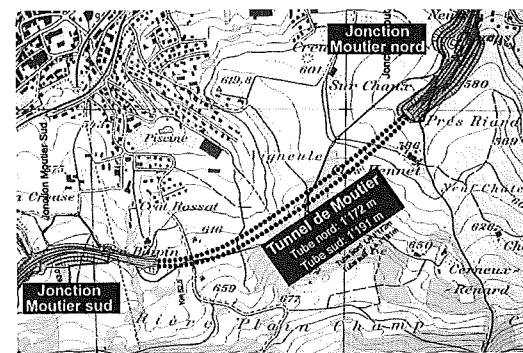


図-3 モウティエトンネル平面図

約88円)で、1 kmあたりの建設費用は約6,600万CHFである。

現在の予定では、2015年完成となっている。

視察したモウティエトンネルは、モウティエ市街を迂回して建設される、上り線1,191m、下り線1,172mの双設トンネルである。上下トンネル間には3か所の避難連絡坑が設けられる。

4-2 モウティエトンネルの地形・地質概要

本トンネルは丘陵部を貫くよう計画されている。そのため、土かぶりも最大でも35m程度である。

Tunnel de Moutier

Profil en long géologique

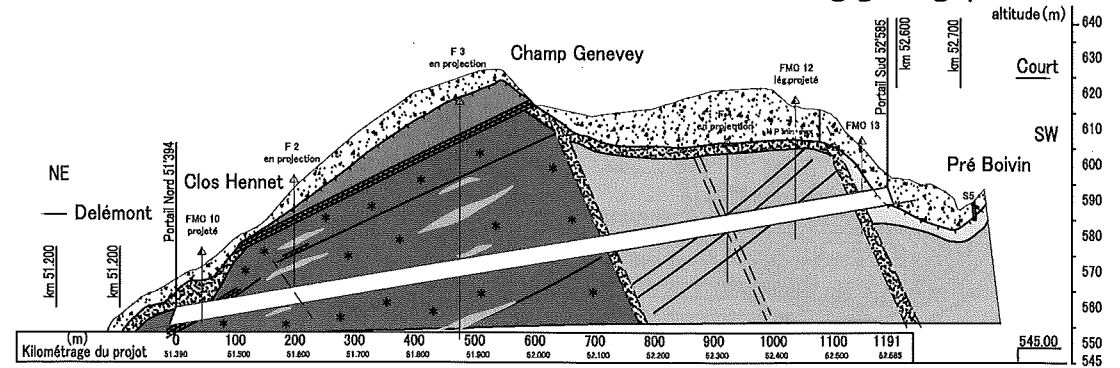


図-4 モウティエトンネル地質縦断面図

地質はモラッセと呼ばれる第三期層で構成されている。これはジュラ山脈の造山サイクルにおいて後造山サイクル砕屑物が厚く堆積したもので、礫岩をはじめとする粗粒堆積物からなっており、斜層理が発達している特徴がある。また、それぞれの岩種の層厚変化が著しいことも特徴である。

4-3 モウティエトンネルの特徴

本トンネルは2001年秋から坑口付けが行われ、2002年10月末からTBMによる下り線の掘削が開始された。写真-8に坑口付近の仮設備状況を、写真-9にTBM掘削による坑内状況を示す。

このTBMはアースプレッシャー型ではなく、オープン型でセグメントに反力を取って推進する。日本でいうところのシールドタイプである。

トンネル外径は11.46m。セグメントの厚さは日本の同径のものに比べて非常に薄く、28cmしかない。リング間およびセグメント間の継手にはボルトは用いられておらず、いわゆる「ほぞ」によって接合されている。キーセグメントは、通常トンネル天端部に設置されるが、ここではトンネル最下部に設置し、両側のセグメントを押し抜けて挿入している。

また防災対策として、二次覆工には耐火機能も要求しており、90分耐火性能を有している。これにより車両火災時にも、支保部材であるセグメントの健全性が十分確保できるようにしている。

4-4 トンネル掘削時の問題点と対策

われわれが視察した時点では、TBMは掘進を



写真-8 坑口付近の仮設備状況



写真-9 TBM掘削による坑内状況

休止している状態であった。下り線トンネル掘進開始後の2003年2月末に、坑口からおよそ200mの地点で断層破砕帯によって掘削不能となった。その原因と地質の性状確認を目的に30本以上のボーリング調査が実施され、地山挙動および地下水位観測などの動態観測などが実施された。

この地質調査の結果、再掘進にあたっては以下

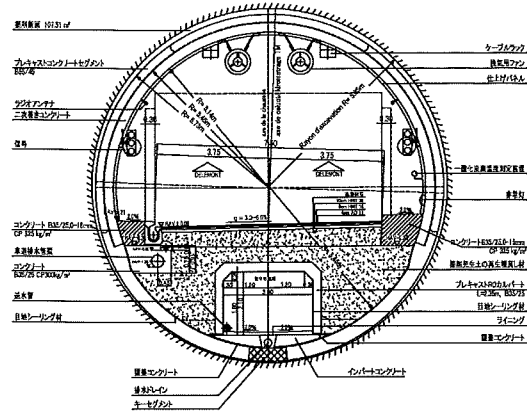


図-5 トンネル断面図

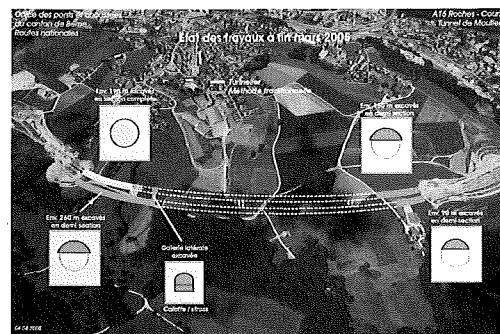


図-6 掘削工法区分と進捗状況

の対策が必要であるという結論に達した。

- ① ウェルポイントもしくはディープウェルによる地下水位低下工法の実施
- ② 地表面からのモルタルグラウトを用いた地山改良工の実施

現在これらの対策工を実施しており、施工完了後にTBMによる掘進を再開する予定である。

一方、上り線トンネルもTBMによる掘削を予定していたが、地質状況を勘察し、山岳トンネル工法に切り替えることとなった。図-6に現在時点における掘削工法区分を示す。

4-5 A16建設事業の進め方の特徴

(1) 国民投票による事業計画の承認

スイスでは国道建設などにかかわる公共事業計画は国民投票によって決定され、国の所管する公

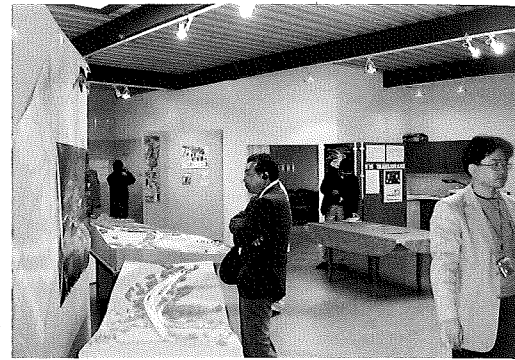


写真-10 センター内部の展示状況

共事業に対して国民が直接その賛否を決定するシステムをとっている。一方で、決定された事業計画の施行にあたっては用地買収の拒否権がないなどの措置も同時に盛り込まれており、公共事業に対する国民の権利と義務が明確にされている。

(2) 事業に関する情報の公開

国民に対するA16高速道路建設事業に関する情報公開の程度はきわめて高い。インターネットを用いて事業計画、予算、工事の進捗状況や経緯、現在の問題点など、多くの情報を一般に公開している。また、事業紹介を行う小冊子を毎月発行するなどの活動も行っている。これらはいずれも事業主体が国民にあることを示すものである。

今回の現場視察では、はじめにA16建設工事レセプションセンターに案内され、広報担当者から事業全体の説明を受けた。ここでは見学者に対する事業説明のために、工事期間中のみ専属の広報担当者を州政府職員として雇用している。

(3) 環境保全費用

スイスにおける道路建設費の内訳で特筆すべきものは、環境保全に対する費用である。とくに貴重種がいなくても、ピオトープを造るなど、自然環境の維持や復元に配慮した計画がなされており、かなり多くの割合の予算が費やされている。

(文責：河上清和・五洋建設(株)/石原義之・ジェイアール東日本コンサルタンツ(株))

連載講座

山岳トンネルにおける工事用機械の選定(24)

仮設備(3)―坑外設備―

「山岳トンネルにおける工事用機械の選定」連載講座小委員会

1. はじめに

山岳トンネル工事の仮設備としては、大きく坑内設備と坑外設備に分けることができる。そのうち、坑外設備は、概略次のように分類される(表-1)。用意される設備は、発破掘削と機械掘削またはタイヤ方式とレール方式の違いにより若干の差はあるが、基本的な設備は同様である。これらの設備を、工事規模やその特徴に合わせて配備されることが求められる。以下に、それぞれの設備について概要を述べる。

2. 給水設備

給水設備計画にあたっては、必要水量の算定が必要である。水を必要とする各機械設備の使用水量および必要水圧を確認し、工程表から月間使用量を算出し、この算出値の1~2割余裕を見込んだものを計画水量とする。また、作業サイクルの中のピーク必要水量(m³/min)も

表-1 坑外設備

分類	坑外設備
1. 給水設備	送水ポンプ、貯水タンク
2. 排水設備	濁水処理プラント
3. 給気設備	コンプレッサ、サージタンク
4. 換気設備	送風機
5. 吹付けコンクリート設備	バッチャープラント、コンクリートモビル、骨材貯蔵設備、セメントサイロ
6. 電気設備	受電設備
7. 土捨て場設備	ざり仮置場、ざりトロ転倒機
8. 仮設建物	修理工場、資材倉庫、作業員休憩所、現場詰所、監督員詰所、事務所、職員宿舎、下請事務所、労務宿舎、火薬庫、火工品庫、火薬類取扱所、火工所
9. 荷役設備	揚重設備
10. その他	タイヤ洗浄機、防音壁、防音ハウス

※給気設備は、コンクリート吹付け機の一体型が一般的となったため設備されない場合が多い。

算定しておく。これらから送水ポンプの仕様、台数、貯水槽の要・不要、配管径を決定する。表-2,3に、用途別使用水量の参考値を示す。配管径は、一般的な条件では概略次式で算出できる。

$$D=2Q/(60\pi V)$$

D：直径(m)

Q：算出した最大使用水量(m³/min)

V：流速(m/sec, 最大6m/sec以下)

表-2 各種機械使用水量

使用機械	仕様	使用量(ℓ/min)	備考
空 圧 ドリフト	ホース径 12~13mm	3~4	
	ホース径 19mm	4~5	
油 圧 式 ドリフト	40~50kg	15~25	仕様はドリフト重量
	100~120kg	30~40	
	150kg	45~60	
吹付けコンクリート	5~8m³/h	15~25	乾 式
コンクリートポンプ	管径6インチ	約2t/1回あたり	パイプ延長 100mあたり
	管径8インチ	約3.5t/1回あたり	

表-3 建設現場における清掃用水、雑用水

工 種	使用水量
コンクリート養生	0.5~1.5m³/min
型 枠 清 掃	0.3~1.0m³/min
岩盤清掃(ジェット水洗)	0.8~2.0m³/min (0.1~0.2m³/min)
埋 戻 し 土 締 め	(0.4~0.7)×水締め土体積
ウェルポイント打込み用(ジェット用水)	2~5m³/ライザパイプ1本あたり
修理工場洗浄水	0.03~0.06m³/min
その他の雑用水	0.2~0.5m³/min

表-4 事務所、宿舎における飲料水、雑用水の使用量

種別	飲料水	雑用水	計
事務所	30~40ℓ/人/日	10~20ℓ/人/日	40~60ℓ/人/日
宿舎	40~50ℓ/人/日	110~150ℓ/人/日	150~200ℓ/人/日

注1)水洗便所使用の場合は20~30%増える
 注2)飲料水は水道法の規定にもとづく水質基準に関する厚生省令23号によって規定
 計画時間最大給水量=(計画1日最大給水量/24)×1.5

水源は、工事期間を通じて必要水量が安定して確保できなければならない。工事用水は近傍の沢や河川を水源とすることが望ましいが、適当な沢や河川がない場合には井戸を掘って充てることも検討する必要がある。一般的ではないが、公共上水道水を工事用水に使っている例もある。

事務所や宿舎の水源は公共上水道とするのが望ましいが、井戸水などを使用する場合には、水質検査により飲料水に適していることを確認する必要がある。

3. 給気設備

NATM施工では、コンクリート吹付け機での空気消費がほとんどを占める。最近、空気圧縮機搭載型の吹付け機が普及しており小断面トンネル以外では坑外に給気設備を設けない場合が増えている。

給気設備計画にあたっては、圧縮空気を必要とする機械器具の種類、台数、使用期間から作業サイクル中のピーク使用量を算定し、漏気補正を考慮して計画空気量とする。これにより、空気圧縮機の仕様と台数を決定する。空気圧縮機は連続運転となるので、運転中も交替で保守点検ができるよう、予備機も含めて計画する。

計画空気量は、次式によって算定される。

$$Q = \alpha \cdot \beta \cdot Q_0$$

Q : 計画空気量(m³/min)
 Q₀ : 最大消費空気量(m³/min)

(機械の使用率と標高による補正含む)

α : 漏気補正=1.10
 β : 消耗係数=1.05

表-5に標高による空気消費量補正係数を、表-6に各種機械器具の空気消費量を示す。表-7に定置式回転圧縮機の例を、表-8に空冷荷搬式回転圧縮機の例を示す。

表-5 標高による空気消費量補正係数

標高	0m	300m	600m	900m	1,200m
係数	1.00	1.03	1.07	1.10	1.14

表-6 各種機械の空気消費量

使用機械	型式	仕様	空気圧(kgf/cm ²)	空気消費量(m ³ /min)
手持ち式削岩機	TY-76LD	36.5kg	5	3.1
	TY-85LD	40kg	5	3.4
空圧ドリフタ	TY90	31kg	5	4.1
	TY110	75kg	5	6.8
	TYPR120	175kg	5	13.5
	D95	90kg	5	6.4
	PD200	180kg	5	16.0
	MI10C	152kg	5	10.5
ハンドブレーカ	TYAB20	20kg	5	1.4
	TYAB30	28kg	5	1.7
	TYB80	37kg	5	1.9
ピックハンマ	CA7A	7.5kg	4	0.7
エアオーガ	TYPA-16	15.6kg	5	2.8
	RS55	0.23m ³	4~7	7~12
ロッカーショベル	RS85A	0.40m ³	4.5~7	11.5~16
	RS95A	0.6m ³	4.5~7	15~20
	RS150	0.68m ³	4.5~7	15~20
	RS200	1.00m ³	5~7	40~45
バケットローダ	650B	0.25m ³	4.5~6	7~12
	950B	0.66m ³	4.5~6	14~40
吹付け機	アリバ285	6~21m ³	3~6	12~20以上
	アリバ270	12m ³	3~6	14
	アリバ280	2~12m ³	3~6	12以上
	メナディエGM90	5~7m ³	6	9~13
	メナディエM2000S	1~20m ³	3~6	12以上
急結剤添加装置(エア搬送式)	CJM2200E		7	14+4急結材
	F150ED	2~6km/min	5	2~3
	Qガン	1~6km/min	7	3.5
	PAC150	1~10km/min	5~7	3.5
	AL-60Ⅲ	1~6km/min	2~7	2~3

表-7 定置式回転圧縮機(スクリー式および遠心式)の例

型式(呼称)	① 圧縮方式	② 冷却方式	段数	回転数(rpm)	吐出圧力(kgf/cm ²)	吐出空気量(m ³ /min)	電動機出力(kW)	本体寸法			③ 駆動方式	
								全長(m)	全幅(m)	全高(m)		
TW15SA	スクリー	A	1	3,600	7.0	2.2	15	0.81	0.85	1.43	0.44	B
TW22SA	"	A	1	5,100	7.0	3.3	22	0.81	0.85	1.51	0.52	"
TW37SA	"	A	1	4,000	7.0	5.8	37	1.47	0.95	1.39	0.82	G
TW37S	"	3.3	1	4,000	7.0	5.8	37	1.47	0.95	1.08	0.65	"
TW55S	"	4.8	1	2,800	7.0	8.5	55	1.85	1.16	1.39	1.35	"
TW75S	"	5.5	1	3,700	7.0	12.0	75	1.85	1.16	1.39	1.40	"
TW125N5	"	11.5	2	1,480	7.0	22.5	125	3.31	1.14	1.81	3.51	D
TW150N6	"	14.0	2	1,780	7.0	26.8	150	3.31	1.14	1.81	3.72	"
TW160N5	"	15	2	1,900	7.0	28.5	160	3.31	1.14	1.81	3.72	G
TW190N5	"	17.5	2	2,280	7.0	34.2	190	3.31	1.14	1.81	3.90	"
TW240N6	"	22.0	2	1,780	7.0	43.5	240	3.62	1.30	2.28	6.27	D
TW250N5	"	23.0	2	1,850	7.0	45.0	250	3.62	1.30	2.28	6.27	G
TW300N	"	275.0	2	2,170	7.0	55.0	300	3.62	1.30	2.28	6.50	"
TWF75	"	7.0	2	8,600	7.0	11.5	75	1.99	1.24	1.82	2.00	"
TWF90	"	8.2	2	10,000	7.0	14.0	90	1.99	1.24	1.82	2.00	"
TWF110	"	10.0	2	7,000	7.0	17.2	110	2.30	1.43	1.70	3.10	"
TWF132	"	12.0	2	8,100	7.0	20.7	132	2.30	1.43	1.70	3.10	"
TWF160	"	15.0	2	9,600	7.0	25.1	160	2.30	1.43	1.70	3.10	"
TWF190	"	16.0	2	11,000	7.0	30.0	190	2.30	1.43	1.70	3.30	"
TWF230	"	20.0	2	7,200	7.0	36.8	230	2.62	1.70	1.85	4.30	"
TWF280	"	26.0	2	8,700	7.0	46.0	280	2.62	1.70	1.85	4.50	"
TA-22	遠心	30.0	3	36,000/48,000	7.0	50.0	320	3.80	2.20	1.40	6.00	"
TA-30	"	56.0	3	31,000/46,000	7.0	100.0	600	4.30	2.20	1.50	7.90	"
TA-50	"	83.0	3	26,000/38,000	7.0	150.0	900	4.60	2.40	1.80	12.0	"
TA-70	"	116.0	3	21,000/32,000	7.0	210.0	1,250	5.00	2.60	1.90	16.1	"

表-8 空冷荷搬式回転圧縮機(ロータリ式およびスクリー式)の例

型式(呼称)	圧縮方式	回転数(rpm)	吐出出力	吐出空気量	機関出力(ps)	全備寸法			全備重量(t)	タイヤ数	油分離器容量(m ³)	初期潤滑油量(ℓ)	潤滑油消費量(cc/h)	騒音対策の有無
						全長(m)	全幅(m)	全高(m)						
PDS175S	スクリー	3,000	7	5.0	50.0	2.89	1.20	1.51	1.03	2	0.05	30	12	有
PDS265S	"	2,800	"	7.5	82.0	3.18	1.40	1.63	1.50	"	0.09	50	18	"
PDS370S	"	2,600	"	10.5	106.0	3.70	1.55	1.80	2.70	4	0.20	80	25	"
PDS600S	"	2,400	"	17.0	180.0	4.30	1.76	2.07	4.20	"	0.40	100	41	"
PDS750S	"	2,800	"	21.2	195.0	4.15	1.76	2.07	4.05	"	0.40	100	51	"
PDS750	"	2,150	"	21.0	225.0	4.63	1.94	2.42	5.25	"	0.45	120	50	無
PDS900	"	2,100	"	25.5	260.0	5.17	2.06	2.75	5.73	"	0.53	120	61	"
PDS1200	"	1,900	"	34.0	370.0	4.96	2.19	2.77	6.75	"	0.75	215	82	"
PDR175S	ロータリ	1,800	7	5.0	56.0	4.06	1.46	1.86	1.71	2	0.18	40	12	有
PDR250S	"	1,800	"	7.1	91.0	4.18	1.45	1.98	1.89	"	0.20	60	17	"
PDR370S	"	1,750	"	10.5	110.0	5.14	1.62	2.08	3.25	4	0.31	75	25	"
PDR480	"	1,750	"	13.5	130.0	4.50	1.79	2.23	3.60	"	0.39	93	32	無
PDR600S	"	1,750	"	17.0	190.0	5.94	1.90	2.58	4.75	"	0.45	120	41	有

4. 換気設備

換気方式は、大きく以下のような種類がある。①送気式、②排気式、③送・排気併用式、④送・排気組み合わせ式などである。どの方式を採用するのか、使用する風

管の種類は何か(軟管または硬管)、によって坑外に送風機を設置する場合としない場合がある。坑外に送風機を設置する場合、なるべく坑口に近い位置に設置することが望ましいが、坑内から排出された汚れた空気が送風機付近に漂い、再び送風機によって坑内に送られるこ

とのない位置に設置しなければならない。

5. 吹付けコンクリート設備

トンネル工事が基本的に昼夜作業であること、吹付けに使われるコンクリート配合が特殊であることから、現場専用のコンクリート供給設備が設置されることが一般的である。一般の生コンプラントから供給される場合もあるが、いろいろな制約を受けるため極まれなケースである。

吹付けコンクリート設備は、①コンクリートの混練設備、②骨材貯蔵設備、③セメントサイロの3つの設備で構成される。以下に、それぞれの概要を示す。

(1) コンクリート混練設備

1) NATM用バッチャープラント

NATM専用のバッチャープラントであり、組み立て・移設などの汎用性を考慮した設備である。計量器、ミキサ、操作室を備えており、コンピュータを使用した全自動操作盤により、高精度の品質管理が可能である。施工条件に合わせて、ミキサ容量が1.0m³/バッチを超える機種も採用されている。

2) コンクリートモービル

計量装置、骨材貯蔵ビン、セメント貯蔵ビン、ミキサを搭載している。ミキサは、スクリュウオーガ式の連続混練である。コンパクトにまとまっており、トラックや軌道台車への搭載が可能である。定置式で使用する場合もある。トラックや軌道台車に搭載した場合、切羽近傍まで移動できるためアジテーターが不要となる。

コンクリートモービルを採用する場合は、コンクリートモービルの骨材貯蔵ビン、セメント貯蔵ビンにそれぞれの材料を投入する設備が別途必要となるが、バッチャープラントに比べ特別な基礎などが不要であり、設置・撤去が容易である。

(2) 骨材貯蔵設備

コンクリートの混練を行う場合、骨材の表面水率が大きくばらついていると所定の品質のコンクリートを練り上げるのが難しくなる。したがって、骨材貯蔵設備は、降雨や降雪により骨材の表面水率に影響を与えない構造とする必要がある。

また、寒冷地では、冬季にきわめて低い温度の骨材が納入される場合もあり、採暖・保温などの温度調整ができるようにしておくことが望ましい。

現状で使われている骨材貯蔵設備は、バッチャープラントと1つの建物内に収められ、降雨や降雪の影響を受けない構造のものが主流となっている。

各骨材ビンの容量は、トンネル断面や1日あたりの進行長によるコンクリートの混練量によって決定されるが、

一般的には1ピンあたり30m³程度が多いようである。細骨材は、表面水率の変動が大きく練り上がり品質に影響を与えることから、ピンを2つ用意し表面水の調整ができるようにしておくことが望ましい。

(3) セメントサイロ

セメントサイロは、バッチャープラントに隣接して設置され、30~50t程度のものが多く使われている。双設トンネルの併行施工などセメント使用量が多い場合には、その使用量に合わせたより大きなサイロを用意する必要がある。

6. 電気設備

坑外に設置される電気設備は、①電力会社から供給を受ける受電設備、②電力会社からの供給を受けず独自に電源を確保する自家発電設備、③レール方式を採用した場合のバッテリー充電室などがある。バッテリー充電室は、施工条件により坑内に設置される場合もある。自家発電設備は、電力会社から供給を受けられない場合に設置されるものであり、極まれな場合である。

電気設備を計画する場合、主要電気機器の容量、台数、使用期間から月別負荷設備容量および月別最大使用電力量を算定し、使用電力計画を作成する。この計画にもとづき、受電設備や自家発電設備の詳細仕様を決定する。以下に、それぞれの設備の概要を示す。

(1) 受電設備

受電設備としては、キュービクル方式、屋内方式などがある。屋内方式は、建屋内にトランスなどを設置する方式であるが、最近では、取り扱いが簡便なキュービクル方式が主流となっている。

(2) 自家発電方式

何らかの条件で電力会社から電気の供給を受けられない場合に採用される方式である。電力会社の配電線が受電地点近くまで設置されていない場合で、配線工事に多大な費用が掛かる場合や配電線は設置されているが容量が小さく必要電力が確保できない場合などである。このような場合、工事用電力すべてを自家発電設備で賄う場合と、電力会社からの供給で不足する分だけを自家発電設備で賄う場合がある。

自家発電設備を計画する場合、あまり規模の大きくないNATMでの施工では、可搬式の発電機を設置することで十分であるが、TBMなど大きな電力を必要とする場合は定置式の発電機を設置する必要がある。設備する発電機は、電力の供給に必要な台数とメンテナンス時の予備としての発電機を用意する。このような設備を設置する場所が、山岳地帯などの自然が豊かな環境であるときには、周辺環境への配慮が求められる場合がある。

(3) バッテリー充電室

降雨、降雪の影響を受けない建屋や坑内に設ける必要がある。その規模は、使用するバッテリーの大きさ、台数によって決定される。

7. 仮設建物

仮設建物の計画を行う場合、工事規模に見合った規模とする必要がある。また、全体工程を念頭におき、工事終了まで各工種の支障にならない位置に設置しなければならない。

(1) 修理工場

工事の機械化が進み、多種多様な機械、車両が使用されている。使用機械の性能も向上し、大きな故障は少なくなってきたが、機械設備に故障はつきものでありこれに対応できる設備が必要である。坑内より修理工場での修理の方が効率的であることから、大型機械の修理にも対応できるスペースを確保しておくことが望ましい。

(2) 資材倉庫

野積みを嫌う資材(ドライモルタル、急結剤など)や機械設備の予備部品などを収納しておく設備である。工事規模にあわせてその規模を決める。

(3) 作業員休憩所、現場詰所、監督員詰所

作業員休憩所は、作業開始前の身支度や昼食を取ったり、休憩時に使用する設備である。使用人数に見合ったスペースが必要である。現場詰所は、元請職員の待機、休憩を目的とする設備でありそれほど大きなスペースを必要としない。しかし、現場詰所で日々の作業打合せを行う場合には、元請職員と下請関係者が多数集まるのでその人数に見合ったスペースを用意する必要がある。監督員詰所は、特別な事情がなければ特記仕様書に示されたスペースを用意する。

(4) 事務所、職員宿舎、下請事務所、労務宿舎

使用する元請職員、下請職員および作業員などの人数によってその規模を決定する。宿舎は、厚生労働省「建設業附属寄居宿舎規定」など、関係する法規に則って設備されなければならない。

(5) 火薬庫、火工品庫、火薬類取扱所、火工所

火薬類を使用する場合、火薬庫、火工品庫、火薬類取扱所、火工所の設備が必要である。火薬庫、火工品庫は、現場に設置しない場合も多い。これらの設置位置や構造は、五団体合同安全公害対策本部(五団体)の「火薬類管理自主基準」の規定によるものとする。

ただし、火薬庫、火工品庫の構造は、JIS K 4831「移動式火薬庫の要求事項」とJIS K 4832「火薬類の盗難防止設備の要求事項」が定められており、これに従わなければならない。

8. 荷役設備

工事の進行に伴い逐次搬入される資機材の荷卸し設備である。門型クレーンなどがあるが、資機材の搬入に合わせ、トラッククレーンなどを手配して荷卸しを行う場合には必要としない。現場条件に合わせて、設置が選択される設備である。

9. その他の設備

最近、環境問題に対する関心が高くなってきており、直接工事遂行に関係を持たない設備を設置することを求められる場合がある。その代表的な設備は、防音対策設備である。周辺環境によっては、防音壁でなく作業ヤードをすっぽり覆う防音ハウスを設置することもある。また、タイヤ洗浄装置を設置する現場も増えている。タイヤ洗浄装置は、場外にタイヤについた泥を持ち出さないためだけでなく、場内をきれいに保つためにも備えておくべき設備である。仮設ヤードをアスファルトなどで簡易舗装することも、場内をきれいに保ち、場外への泥の持ち出しを防止するうえで有効な方法であるので、極力簡易舗装を行うべきと思う。

10. まとめ

以上のようにさまざまな坑外仮設があり、それぞれに求められる機能がある。個々の設備の機能が満足されることはもちろんであるが、配置など坑口仮設全体として機能的な計画を行うことが重要である。

以下に、坑口仮設の事例として、①レール工法の場合、②騒音・振動等環境に配慮した場合、③坑口ヤードが狭隘な場合の3例を紹介する。

(文責：清水雅之・清水建設(株))

11. 坑外設備事例：発破掘削レール工法工事例 (綱木川導水路トンネル)

11-1 工事概要

本工事は、綱木川ダム建設事業の一環として取水塔設備より導水路トンネルL=390.6mを建設するものである。トンネル掘削方法は、小断面NATMの発破掘削工法である。トンネル両坑口(プラグ部)は矢板工法で施工する。本体ダムを貫通する線形となっているため、その区間には、コンソリデーションおよびカーテングラウトをトンネル坑内より施工する。また、導水管はステンレス鋼管(φ1,300mm)を溶接接続により布設する。

11-2 工事の特徴

(1) 導水路トンネルの呑口側、約80mの線形は曲線施工でR=60m、勾配は-16.5°の斜坑である。

- (2) 標準断面形状は、トンネル仕上がり幅員2,500mm、
内空高さ2,750mm、最低覆工厚350mmの小断面である。
(3) 吐口側の地形は、ダム洪水吐きの放流河川が近接
し狭く、急峻である。
- (4) レール工法では、吹付けコンクリートをアジテータ
カーで切羽まで運搬するが、直接バッチャープラント
し狭く、急峻である。

11-3 施工機械定の留意点

- (1) 呑口側からの斜坑掘削区間は、レール工法が適用できないため、すべての機械をクローラ仕様とした。ずり出しは、不整地運搬車(クローラダンプ)とし、とくに吹付けコンクリートは坑口よりアリバ285により80m区間を空気圧送した。
- (2) 吐口側からのトンネル掘削坑外設備の配置は、レール工法のため、軌道の最小曲線や分岐器の種類(両開き・片開きY型, X型, N型)の組み合わせに規制を受け、タイヤ工法のように自由な設備の配置ができない。
- (3) 坑口の急峻な地形により、平滑な土地が少なく高低差のあるヤード造成を強いられて、5%以下の勾配での軌道布

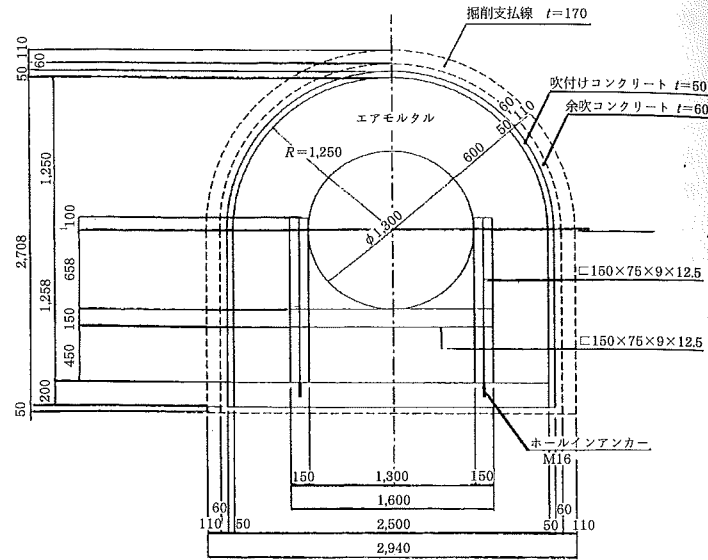


図-2 トンネル標準部形状

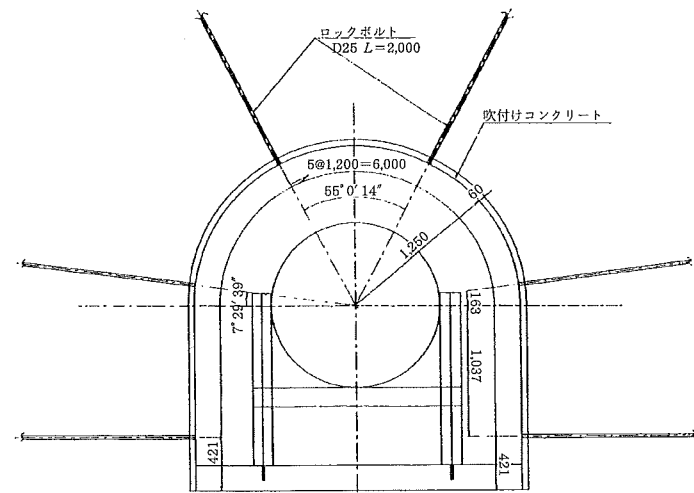


図-3 トンネル標準部支保パターン

工事名	網木川ダム建設事業取水放水設備工事
工事場所	山形県米沢市築沢地内
発注者	山形県網木川ダム建設事務所
工事内容	トンネル延長 L=390.6m 導水管路延長 L=407.3m (φ1,300mm溶接鋼管)
掘削断面積	約8~12m ²
掘削工法	小断面NATMレール工法
掘削方式	発破掘削方式
平面線形	曲線 R=60m, R=100m
縦断勾配	1/500(レール工法), 1/3.41(タイヤ工法)

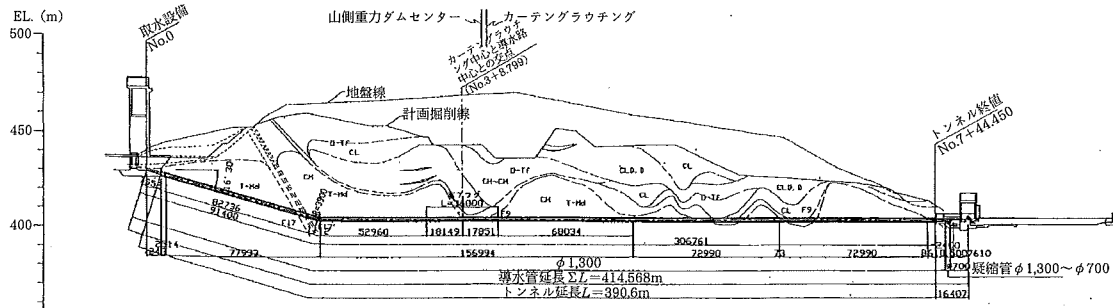


図-1 地質縦断と線形縦断

- から投入する設備配置ができなかったため、トラックミキサ車による積み替え運搬となった。
- (5) 軌道布設は、坑内は単線ですれ違い場所(待避線)が取れないため、坑口デポで編成の入れ替え作業が必要となる。トンネル機械の列車編成を作業の能率を下げないように連結する。列車編成は次のようにした。

- ① ジャンボ+モルタルポンプ台車
- ② シャフロダ+ずり鋼車
- ③ 吹付けロボット+吹付け機
- ④ コンクリートアジテータ車+集塵機

以上、4編成でバッテリー機関車は2台を使用する。

- (6) レール工法の濁水処理設備は、タイヤ工法と比較してトンネル路盤が痛みにくく、坑内湧水処理を清濁分離排水することが可能である。したがって、設備の処理能力を小さくすることができる。切羽付近の汚濁水と切羽後方の清水を別々の排水ポンプと排水ピットでそれぞれ坑外へ排水する。

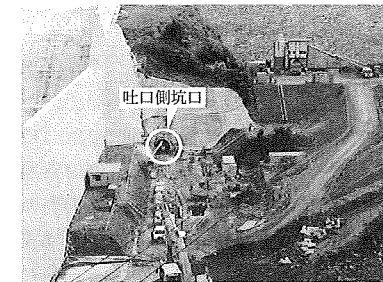


写真-1 吐口側坑外設備ヤード

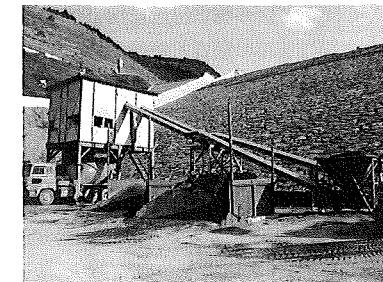


写真-2 吐口側バッチャープラント

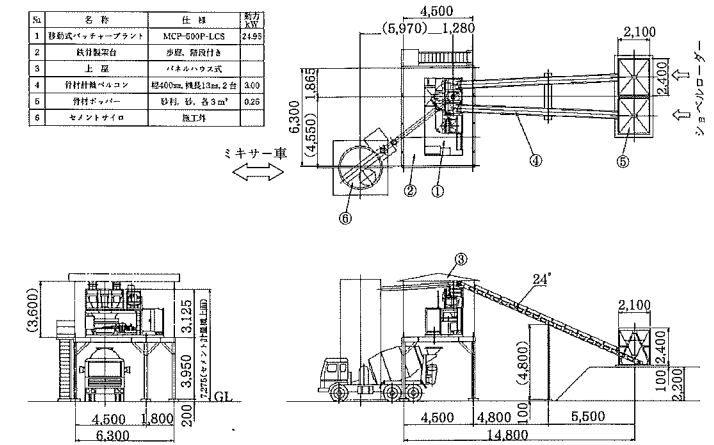


図-4 バッチャープラント計画

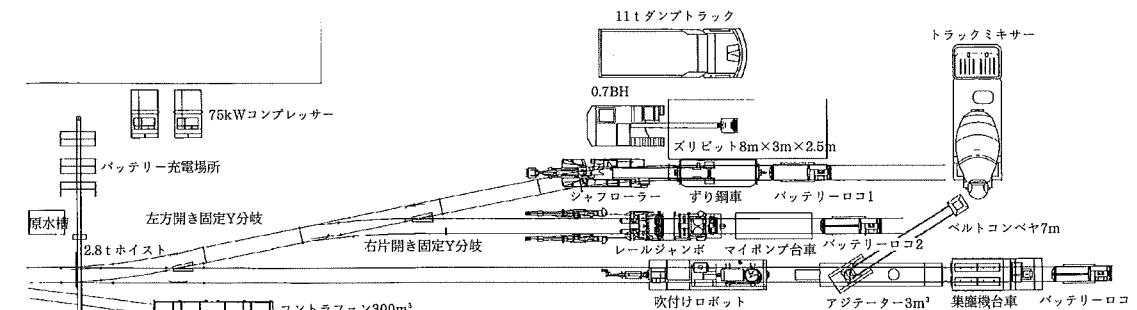


図-5 坑外軌道布設と列車編成

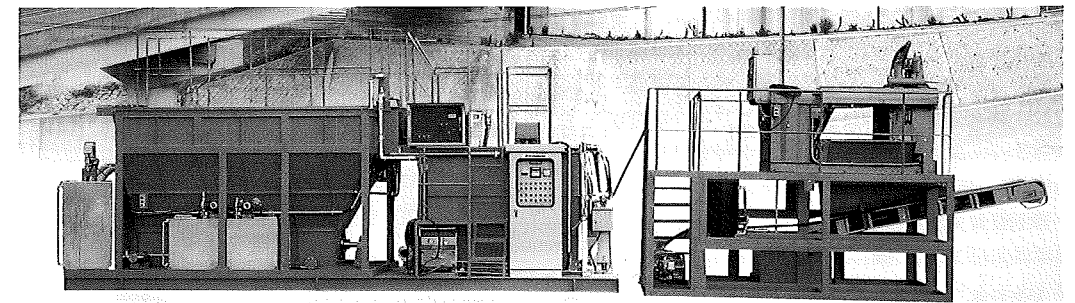


写真-3 ポータブル濁水処理設備

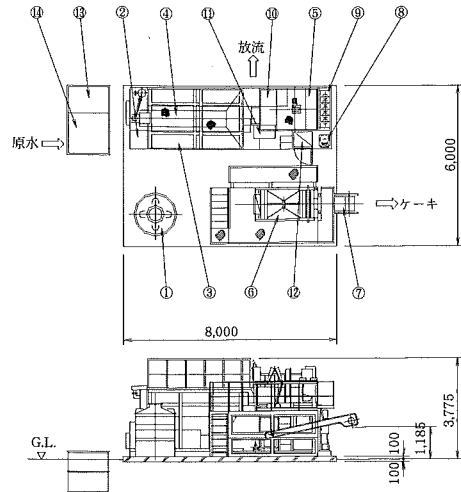


図-6 30m³/h濁水処理設備設置例

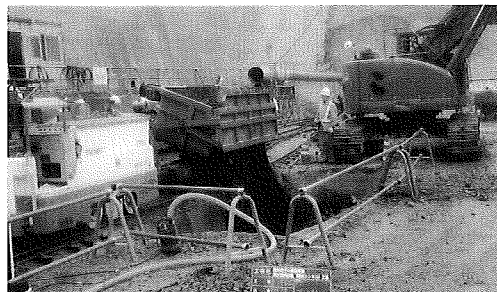


写真-4 坑外ざりピット

(7) この他に必要な坑外設備は、ざりピット、換気設備、バッテリー充電器設備、換気設備、コンプレッサ設備、給水タンク、火薬取扱所変電設備、材料置場のクレーンヤードなどが必要となる。

(文責：篠原慶二/前田建設工業(株))

番号	名称
①	PAC供給槽
②	高分子溶解槽
③	高分子供給槽
④	シロクナー
⑤	スラリー貯槽
⑥	フィルタープレス
⑦	ベルトコンベヤ
⑧	気化器
⑨	ポンプ集合装置
⑩	処理水槽
⑪	湿度計
⑫	制御盤
⑬	洗砂機(客先施工)
⑭	脱水機(客先施工)

12. 坑外設備事例：環境対策の例
(名古屋市道高速1号高針線 藤巻工区トンネル工事)

12-1 工事概要

本工事は、名古屋市内を東西に横断する名古屋市道高速1号線の一部であり、総延長2,500mの区間を山岳工法のトンネルで施工したものである。本事例は東山トンネル工事のうち、もっとも東側に位置する藤巻工区で、約500m(上り線：490.9m, 下り線496.2m)の2車線道路トンネル区間である。掘削対象地山は新第三紀鮮新世の東海層群矢田川累層のシルト～粘土層および砂質土の互層から構成されており、掘削工法は上半先進ショートベンチ工法、掘削方式は機械掘削方式で施工したものである。とくに、本工区の坑口付近に民家が点在していることから、夜間作業時の騒音・振動を極力抑えるように機械の選定や防音ハウスおよび換気用サイレンサーなどの計画を行った。また、騒音が発生する機械をすべて防音ハウス内に配置する必要があることから、仮設備の機能を損なうことなく効率的に配置する必要があった。騒音・振動に係わる主要仮設備を表-10に示す。

12-2 坑口部防音ハウスの検討

本工事は掘削は昼夜作業となることから、坑口仮設ヤードに近接する家屋に対して夜間作業時に発生する騒音の影響を抑制する必要があった(図-7参照)。施工場所の騒音規制値は名古屋市の条例で定められており、表-11に示す基準値内に抑制することが求められた。

まず、トンネル工事に先立ち、坑口周辺の民家近接部の2か所で暗騒音測定を行なった。その結果、最大45

表-10 騒音に係わる主要坑外仮設備一覧

区分	名称	仕様・規格	単位	数量	備考
防音ハウス	坑口部防音ハウス	20m×50m×14m, Cタイプ	棟	1	
	濁水処理設備防音ハウス	5.5m×21m×6m, Cタイプ	棟	1	
換気設備	コントラファン	1,500m³/min, 55kW×2連	台	4	上下線各2台
	送風機用風管	ビニール風管φ1,400mm	m	900	上下線各1系列
	吸気用サイレンサー	1,500m³/min	台	2	
	吸気用風管	スパイラル鋼管φ1,500mm, t=1.2	m	35	上下線各1系列
	排気用サイレンサー	1,000m³/min	台	3	
吹付けコンクリート設備	バッチャープラント	30m³/hr, 1バッチ0.5m³	台	1	
	セメントサイロ	50t	基	1	
給気設備	コンプレッサ	スクリーコンプレッサ75kW	台	4	上下線各2台
	給気管	SLP軽量鋼管4インチ	m	1,000	上下線各1系列

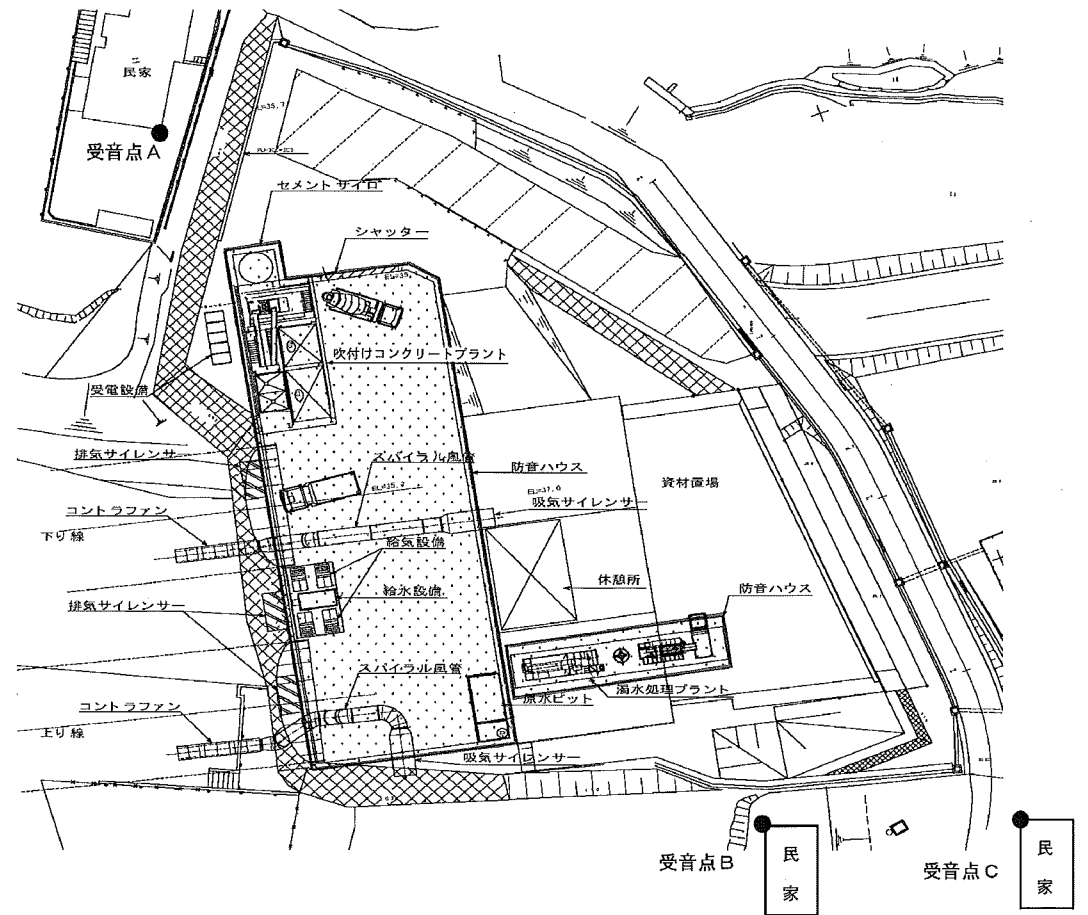


図-7 防音ハウス・仮設置図

表-11 条例による騒音規制基準値

用途地域	単位：dB(A)			
	朝方(6:00~8:00)	昼間(8:00~19:00)	夕方(19:00~22:00)	夜間(22:00~6:00)
第1種低層住宅専用地域	40	45	40	40

表-12 設備・作業の音源と騒音レベル

音源名	騒音レベル dB(A)	数量	備考
コンプレッサ	98	4台	給気設備
コントラファン	94	2台	換気設備
バッチャープラント	106	1基	吹付けコンクリート設備
コンクリートミキサ車	106	1台	吹付けコンクリート運搬
土砂落下音	98	2か所	坑内作業音
バックホウ	93	2台	坑内作業音
ダンプトラック	93	2台	坑内作業音
濁水処理プラント	93	1基	濁水処理設備
排気ダクトからの伝播音	68	3基	排気サイレンサー

表-13 Cタイプパネルの音響性能

中心周波数(Hz)	125	250	500	1,000	2,000	4,000
透過損失(dB)	24	30	37	39	42	40
吸音率(%)	28	64	85	87	80	73

dB(A), 最小37dB(A)となったことから、騒音規制値を勘案し、騒音対策基準値を37dB(A)とした。

防音ハウスの検討にあたり、夜間騒音の音源として想定した設備・作業および騒音レベルを表-12に示す。これらの音源に対して無対策では騒音予測値が騒音対策基準値を満足しないことから、防音ハウスに用いるパネルの遮音性能や防音壁を検討した。その結果、表-13に示す音響性能を有するパネル(高さ14m)で仮設備を覆うことで近接する各民家の騒音予測値について騒音対策基準値をややオーバーするが、法的な基準は満足することとなった。この判断については、実際の施工にあたり騒音測定

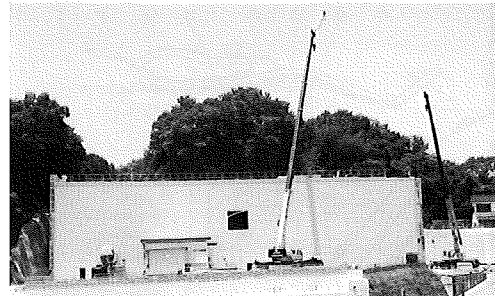


写真-5 防音ハウス全景

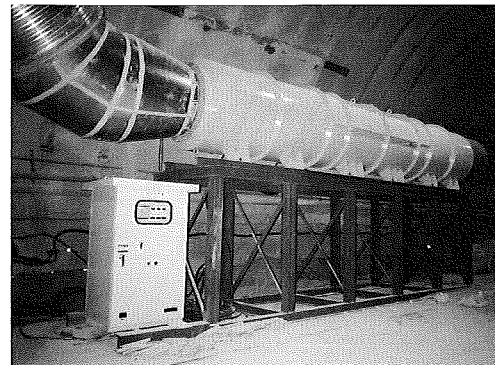


写真-6 低騒音型可変ピッチコントラファン

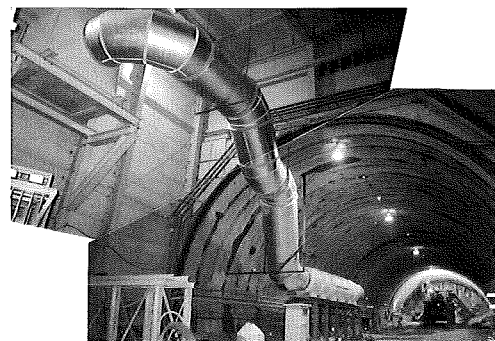


写真-7 換気設備の騒音対策全景

を実施し、問題となる場合はさらに追加の防音壁を設置することで対応が可能であることと、現状での対策費を必要最小限にできることから採用に至った。

防音ハウスの寸法は、坑口仮設ヤードの制約条件や防音ハウス内に設置する仮設備、坑内から出入りする重機車両の走行路および覆工コンクリートに使用するスライドセントルの組み立てスペースなどを考慮して、幅50m、奥行き20m、高さ14mに決定した。

防音ハウス内に設置する仮設備のうち、パッチャープラント・セメントサイロ・濁水処理設備は防音ハウス組み立て後の設置が困難であることから、事前に設置を行った。このうち、濁水処理設備は防音ハウス内に設置することがスペース上困難なことから、別途平面寸法で20.4

表-14 低騒音型送風機の仕様

製造者	三井三池製作所
名称	低騒音型可変ピッチサイレントコントラファン
型式名	MFA110P2-SC31-VPL
公称風量	1,200m ³ /min
公称全圧	400mmAg
性能曲線より	200mmAg→1,500m ³ /min
電動機	55kW×4P×2基(400/440V)
機体重量	7,800kgf
寸法	W1,566×L8,255×H1,653mm
騒音値	吸込み口 1.1m : 86.0dB(A)
	機側 1.0m : 82.5dB(A)
	吐出口 1.0m : 86.0dB(A)

表-15 サイレンサの有無による家屋への騒音の影響

対策工	受音点			管理基準値	
	A点 H=9.5m	B点 H=1.5m	C点 H=-1.5m	暗騒音 (夜間)	法的基準 (夜間)
サイレンサーなし	60	63	59	37	40
サイレンサーあり	40	38	34		

注)防音ハウスからの離れ：A点距離≒20m, B点距離≒20m, C点距離≒40m

m×4.7m、高さ5.7mの防音ハウスを設置した。

防音ハウス全景を写真-5に示す。

12-3 換気設備の防音対策

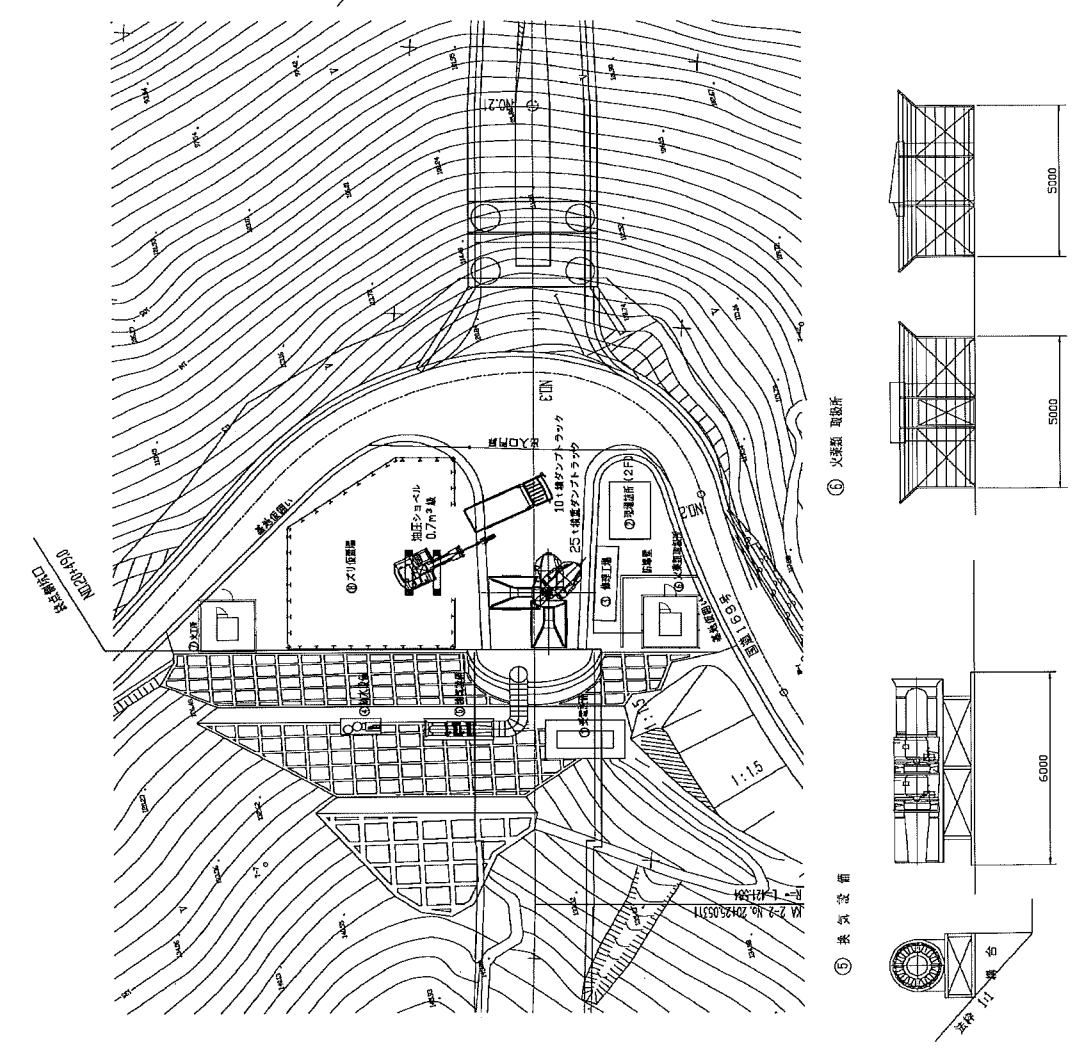
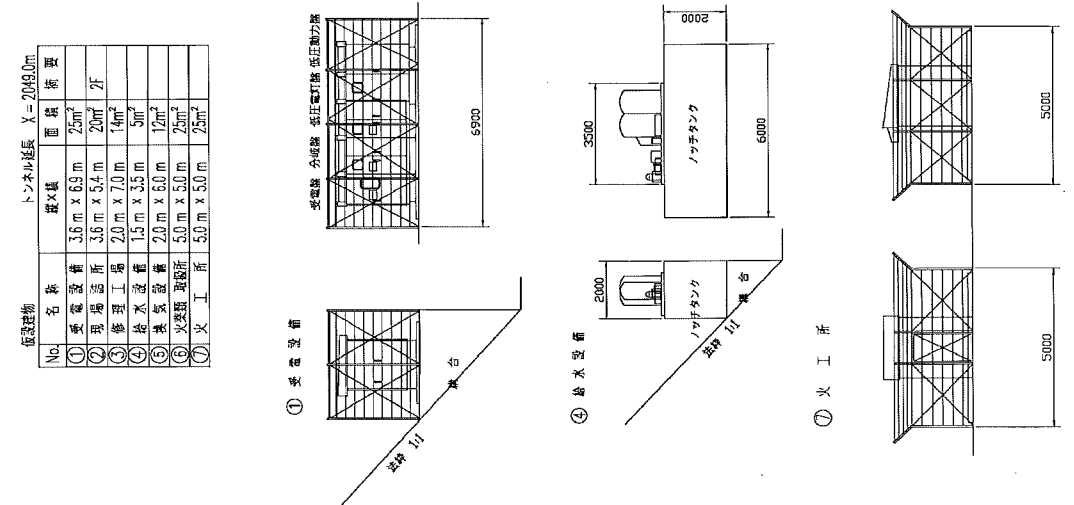
トンネル工事において、換気設備は作業中常に稼働しなければならないが、ファンの騒音のみならず、送・排気の騒音も大きいことから、発生騒音の小さい送風機を選定する必要があった。各メーカーの送風機を比較検討し、表-14に示す低騒音型送風機を採用した。また、換気用ファンの吸込み口のために防音ハウスに開口部を設けなければならないが、開口部からの騒音対策としてサイレンサーの有無について検討した結果、表-15に示す結果となり、サイレンサーを採用することとした。

なお、坑内からの排気についても開口部から騒音抑止の観点から排気用サイレンサーを設置することで、非常に厳しい騒音規制値を満足した中で施工を完了することができた。

(文責：鈴木雅行・(株)間組)

13. 坑外設備事例：狭隘な仮設ヤードの事例 (奥滯道路新田戸トンネル工事)

本工事は、和歌山県東牟婁郡北山村から奈良県吉野郡



十津川村を経て和歌山県東牟婁郡熊野川町玉置口を結ぶ、国道169号線のうちの未改築区間の約2kmのトンネル工事である。掘削対象地山は、日高川層群(頁岩、砂岩、同互層)のC~D級地山であり、掘削工法は補助ベンチ付き全断面ショートベンチ工法、掘削方法は発破掘削を主体としている。

坑口部は、供用中の国道のカーブした部分の内側に包み込まれるような状況になっており、700m²程度の敷地しか利用できない。トンネル坑内への通行帯を除くと、500m²程度が坑口前の敷地である。このような状況下、以下のような方策で対応している。

- ① 配管・配線の切り回しさえ行えば直近におかなくとも良い、受電設備・給水設備・換気設備(換気ファン)を坑口切土法面上に配置した。

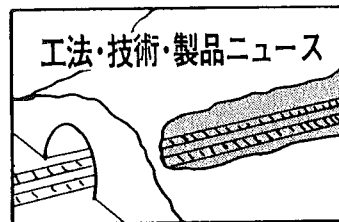
- ② 初期掘削時は、坑口にずり仮置場を設けず、坑口からやや離れた場所に仮のずり仮置場を設けることにより、初期掘削時トンネル施工機械の待機場所としている。この期間は、掘削ずりは仮のずり仮置場まで直送となる。

- ③ 掘削が進み、トンネル施工機械がトンネル坑内で待機できる状況となった時点で、仮のずり仮置場を廃止し、坑口にずり仮置場を設置する。ずり仮置き容量を大きくするため、仮置場周囲に土留め壁を設置する。

- ④ 火薬類取扱所は、離隔距離の対象となる設備に面した側に防爆壁を設け、離隔距離を短くする。

図-8に、この計画図を示す。

(文責：清水雅之・清水建設(株))



新幹線トンネル覆工検査車の2号機引渡し

三井造船は、JR東日本と共同開発した、新幹線トンネル用のコンクリート覆工検査車(2号機)を受注し、実際のトンネルでの性能確認を行い、引き渡しを完了した。

2004年に1号機が主に上越・長野新幹線で導入され、1年間の探査性能実績が評価され、2号機が東北新幹線向けに導入された。

同検査車は、コンクリート内部の状態を新たに開発したマルチパス方式レーダにより探査し、専用解析プログラムを用いて専門係員が欠陥の有無を診断。従来の打音検査では得られない覆工内部の状態を立体的に表示、記録することが可能。



無支柱でトンネル連結

大林組は、平行して設置した2本のシールドトンネルを非開削で連結させる新工法を開発した。

今回開発した「ツインアーチジャンクション工法」は、連結部の上下に60cm間隔で径350mmのアーチ型仮パイプルーフ設置し、その内側に本体構造物となる厚肉鋼管を挿入して

短部をセグメントと接続することにより連結部にかかる荷重をトンネルの外側に受け流し、無支柱の連結を可能とした。従来工法での連結部の作業は、地表からの開削やNATMで行っていたが、同工法はパイプルーフで囲まれた安全な空間の地中工事だけでコンパクトに施工でき、4割程度のコストと工期を短縮できる。

内外面平滑型金属樹脂複合管

カナフレックスコーポレーションは、耐久性・施工性に優れた内外面平滑型金属樹脂複合管「カナフレックス・スーパーF型」を開発、商品化した。

同複合管は、高密度ポリエチレンを使用したプラスチック製で耐薬品性に優れ、下水・雨水・排水などによる腐食防止効果が高い。内径300~2,000mmまで対応。また、独自の特殊構造により、止水性を高め、ヒューム管と同等以上の内水圧・圧縮強度を持つとともに、施工性と軽量化により、工期短縮・コスト低減を図った。

建設業務向け基幹業務テンプレート

飛鳥建設とみずほ情報総研は、飛鳥建設で稼働実績を積んだ建設業界では先進的なERP基幹業務システムと作業所向けの予算原価管理システム、情報系システムの販売を開始した。

基幹業務システムは、工事案件ごとに受注から工事管理、竣工、リニューアルまでの一連の業務をカバーし、作業所と本支店の工事管理・会計管理を一体化。作業所向けの予算原価管理システムは、飛鳥建設のノウハウを集積したものを実際の工事現場で使いやすく設計されたもの。情報系システムは、全社員が情報を共有するもの。

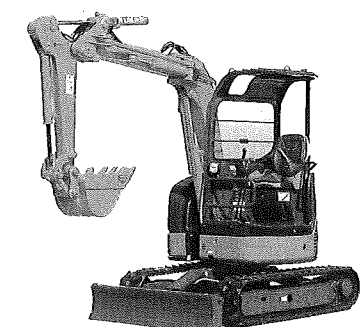
本システムの導入企業においては、

決算処理の時間短縮や本支店人員の削減、再配置、事務の集約が可能となり、組織変更にも柔軟に対応できる。

ミニショベル4機種をモデルチェンジ

日立建機は、ZAXIS30UR₂・40UR₂・55UR₂超小旋回型ミニショベル3機種と、ZAXIS27U₂後方超小旋回型ミニショベルの計4機種のモデルチェンジをした。

掘削作業能力など基本性能をはじめ、点検・整備・居住性、さらには、欧米の安全規格であるTOPS/OPG対応キャブ・キャノピの標準装備や、足回りには泥はけ性の良いソイルフリートラックを採用するなど大幅に性能を向上させた。



部分拡幅シールドで大断面トンネル向けの工法メニューを拡充

前田建設は、既存技術の部分拡幅シールド工法「M-ESS工法」で大断面トンネル向け工法メニューを拡充した。

同工法は、シールド側部の拡幅部掘削機構で地山を掘削し、特殊地山安定材を充填した後、拡幅セグメントを坑内から押し出して拡幅部を構築する。大断面向けにあたり、日立造船と共同で地盤条件などに合わせて3タイプの掘削機構を開発。今後高度化をさらに進め大深度・大断面トンネルなどへの技術提案を積極的に展開する方針。

【好評発売中】

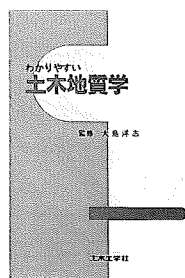
わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 B5判 209頁 本体価格 2,500円 円340円

本書は、平成11年3月号より17回にわたって「トンネルと地下」に連載した「トンネル技術者のための応用地質学入門」をベースに、加筆および整理してまとめたものである。本書では、最新のトンネル技術、地質学、ならびに、地質調査法などを挙げ、学生から実務者まで広範に満足させる内容となっている。

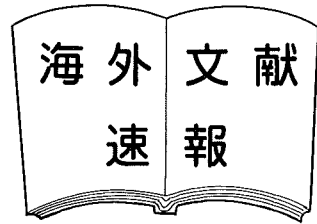
〔主要目次〕

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 序編 トンネルと地質の関わり | 第Ⅲ編 地質調査法 |
| 第Ⅰ編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学 | 第Ⅳ編 工事を対象とした地質調査の進め方 |
| 第Ⅱ編 トンネル工事と地質条件 | |



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



(社) 日本トンネル技術協会
研究開発委員会

岩盤特性における地盤工学的リスク
part1,2/Geotechnical risks in rock mass
characterization-part1, 2

By Irmina Poschl, Johannes Kleberger :
T&TI, September, 2004, pp.37-39, October
2004, pp.36-38

今日のさまざまなトンネルプロジェクトにおいて、計画時の岩盤分類による地盤評価の精度は、建設コストやリスク管理に大きな影響をもたらしている。本稿は典型的な岩盤挙動の定義と地盤工学的なリスクについての評価に関して、総合的にシステム化した岩盤分類手法について提案したものである。

地盤工学に起因するリスクは正確な設計手法によってある程度制御できるものである。無論、それはリスク要因となる項目を事前にできるだけ多く抽出し、その回避策を講じておくことである。例えば、崩壊性の断層をできるだけ避けるようなトンネル線形の修正をするといったようなことが考えられる。トンネルにおける多くの地盤工学的リスクは岩盤自体の特性と周辺の環境条件に大きく関連している。岩盤の内部応力、地下水位、地層の方向、掘削手順などがそうである。岩盤の内部挙動特性や影響要因は施工中の地山状況を大きく支配するものであり、とくに支保を設置する前の岩盤挙動に係わる潜在的な破壊モードやリスク事項を基本的に把握できるような手法が要求されるべきである。つまり、トンネル施工中に想定される地盤状況の総括を提供できるような岩盤分類システムが必要である。

従来、世界各地で用いられてきた標準的な分類法はQシステムやRMR法に代表されるような数値的な指標を活用する定量的手法が主体であった。このような定量的手法は「分類法」や「点数付けと合計」が用いられ設計者の私見を排除した透明性のある汎用性の高いものである。しかしながら、定量的手法は定性的な記述が欠けているという課題もあり、岩盤分類、支保分類、変形の大きさに係わる直接的な内部挙動を予測することは困難である。とくに複合地盤においては、その工学的判断が曖昧になることはやむを得ないことである。

こういった従来手法と比較して、東アルプス地区の「オーストリアスタンダード(ONORM B2203)」では岩盤挙動の定性的記述に重きをおいた手法が採用されてきた。この手法の利点は、

- ・岩盤分類は典型的な変形や挙動モードにもとづいて定義されている
 - ・分類と採用する支保の適性はトンネル掘削中の変形の大きさによって証明することが可能であり、施工へのフィードバックが迅速である
 - ・軟弱で崩壊性のある地盤においても、ある程度機能性を有する
- などが挙げられる。

本手法は地盤挙動のメカニズムを事前に推定することが必要だけれども、地盤工学的リスクを、ある程度の精度で予測することが可能である。しかしながら、複雑な条件におけるプロジェクトには十分なものとは言いがたい。効果的な分類方法は施主からのクレームをできるだけ少なくするとともに、施工者が予想困難な状況においても、きちんと埋め合わせを要求することができるような内容が必要である。

これらの要求を満足するために、岩盤分類手法は以下のようにあるべきである。

- ・透明性と再現性を有する分類手法
- ・数値解析および仮設・本設の覆工形態に係わる設計パラメータを提供すること
- ・従来の標準的な分類とリンクしていること(全エンジニアが妥当性をチェックすることが可

能なように)

- ・典型的な岩盤挙動と支保の種類による破壊形態を実証することがトンネル掘削中の観測などで可能なこと
- ・想定されるリスクを挙げ、支保の追加などの対策に関する記述、およびプロジェクトのリスク管理計画に関する記述がされていること

以上を踏まえ、2001年に公的なガイドラインとして標準化した「改定版新オーストリアスタンダード(ONORM B2203-1)」が制定された。これは、従来の定性的手法に定量的手法を組み合わせて、リスク管理に係わる記述を盛り込んだ岩盤分類手法である。まず、“岩盤タイプ(RMTs)”を規定して、定量的かつ定性的な分類を行うとともに岩盤挙動パターンを定義づけて、地盤工学的リスクの記述と検証を実施するスタイルである。岩盤タイプの数はプロジェクト固有の条件に委ねられて規定されるもので、それぞれの岩盤タイプごとに単一のシートを作成している。このシートには1つの岩盤タイプに対して、岩石力学的記載、構成されている鉱物に関する記述、岩盤としての特性、不連続面のパラメータ(片理、層理、節理、間隔、開きと介在物の有無……etc)、強度のパラメータ(単位体積重量、一軸圧縮強度、粘着力、内部摩擦角、ヤング率、透水係数……etc)、初期地圧、標準的岩盤分類(RMR, Q, GSI)、地下水位、岩盤の挙動形態・破壊モード、想定されるリスク、写真/スケッチなどを示したものである。

これらのあらゆるパラメータは実施工に伴う計測データを取り入れながら、フィードバックすることも可能であるし、現位置調査試験の結果や類似プロジェクトの情報を反映させながら設定するものである。この分類シートに記載されているリスク管理計画は、従来の定量的手法を十分に補間す

るものと考えている。

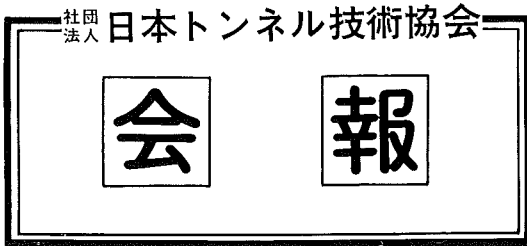
本手法はシステムの典型的な岩盤挙動と地盤工学的リスクの認識を定義するための記述であり、透明性、再現性を有した機能的な方法である。なお、分類シートの例については本文中に掲載されているので、そちらを参考にされたい。

(文責：山口 英・五洋建設(株))

トンネルプロジェクトの地盤工学的リスクに関わる報告書作成指針/Prise en compte des risques geotechniques dans le dossiers de consultation des entreprises pour les projets des tunnel

フランストンネル協会第32作業部会Recommandations de l'AFTES : TUNNELS ET OUVRAGES SOUTERRAINS, 2004年9,10月号

1. 指針の目的
 2. 序文
 3. 地山調査報告書
 - 3.1 地山調査報告書の目的
 - 3.2 地山調査報告書の3部構成
 4. 既往文献の収集(報告書1)
 5. 総括報告書(報告書2)
 - 5.1 標準示方書分冊69の規程
 - 5.2 総括報告書における地山調査に関わる記載事項
 - 5.3 総括報告書の目次案
 6. 検討報告書(報告書3)
 - 6.1 一般
 - 6.2 検討報告書の目的
 - 6.3 検討報告書の内容
 - 6.4 検討報告書の目次案
- (文責：高野佳博・(株)千代田コンサルタント)



1. 会員の現状

	7月25日現在	8月25日現在
正会員	2,054名	2,036名
団体会員	359名	354名
個人会員	1,695名	1,682名
名誉会員	1名	1名
計	2,055名	2,037名

2. 委員会の開催状況(8月1日~31日)

①調査研究関係委員会

◎施工技術委員会

ITA長大トンネル対応分科会：8/5(田村栄二郎主査ほか3名)概要案を検討

都市トンネル小委員会幹事会：8/26(服部公一幹事長ほか6名)調査結果を検討

◎研究開発委員会8/24(大久保誠介委員長ほか17名)海外文献を査読

トンネル技術白書小委員会編集校正WG：8/8(松尾勉主査ほか14名)方針を検討

同 総括WG：8/26(小野田滋主査ほか7名)取り

まとめ方針を検討

同 編集校正WG：8/30(松尾勉主査ほか5名)査読結果を検討

◎東北新幹線トンネル技術委員会機械化施工WG：8/16(田村武幹事長ほか23名)施工対策

◎処分空洞設計施工特別委員会：8/1,2(足立紀尚委員長ほか35名)現地視察

計 8回開催 118名出席

②運営広報関係委員会

◎総務委員会

企画運営幹事会：8/30(土谷幸彦幹事長ほか10名)委員会議題を検討

受託業務検討WG：8/23(藤原基文主査ほか6名)検討結果をまとめ

◎国際委員会

企画調整幹事会：8/24(鈴木篤幹事長ほか9名)COB対策

国内広報WG：8/30(光木香幹事長ほか7名)海外文献を査読

◎事業委員会：8/25(桑原彌介委員長ほか14名)催物計画を検討

◎会誌委員会：8/3(濱委員ほか14名)9月号の会誌と3か月計画を検討

計 6回開催 66名出席

合計 14回開催 184名出席

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催等	備考
第54回地盤力学会議	2005.10.13~14	ザルツブルグ(オーストリア)	Austrian Society for Geomechanics オーストリア地盤力学協会	http://www.oegg.at
国際会議 「長大トンネルのデザイン、建設、管理・雪山トンネル開通記念」	2005.11.7~10	台北(台湾)	Chinese Taipei Tunneling Association 台湾トンネル技術協会	http://www.longtunnel2005.taneeb.gov.tw
国際会議 トンネル—新しい方向、新しいチャンス	2005.11.28~12.1	ライプツィヒ(ドイツ)	STUVA e.V. 地下輸送施設の研究	http://www.stuva.de
国際シンポジウム：地下掘削とトンネル技術 環境保護を考慮したトンネルの建設	2006.2.2~4	バンコク(タイ)	Underground Excavation and Tunneling Group, Geotechnical Chapter, Engineering Institute of Thailand タイ技術協会、地質工学分会、地下掘削・トンネル技術グループ	http://www.eit.or.th/engineering/geotech/ISUET2006
国際会議と展示会 21世紀におけるトンネルと非開削技術	2006.3.7~9	セランゴール(マレーシア)	The Institution of Engineers, Malaysia Tunnel and Underground Space Technical Division, IEM マレーシア工学会トンネルおよび地下空間部会	http://www.iem.org.my/
第32回ITA総会およびコンgres「地下空間の安全」	2006.4.22~27	ソウル(韓国)	Korean Tunneling Association 韓国トンネル協会 国際トンネル協会	http://www.ita2006.com
第10回吹付けコンクリート国際会議	2006.9.12~16	ウィスラー(カナダ)	Engineering Conferences International 国際技師会議事務局	http://www.engconfintl.org/6ad.org Call for papers

*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。社団法人日本トンネル技術協会 TEL：03-3553-6174

4. 平成17年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所
(見学会)			
イスタンブール国際トンネル会議技術調査	2005.5.7~18	26	トルコ、スイス、フランス
神戸市地下鉄現場研修会	2005.7.8	20	兵庫県
京都市地下鉄現場研修会	2005.7.22	25	京都府
大強度陽子加速器施設現場研修会	2005.8.24	19	茨城県
北陸新幹線現場研修会	2005.9.15,16	30	新潟県
北海道地区道路トンネル現場研修会	2005.10.6,7	30	北海道
九州新幹線現場研修会	2005.11	30	佐賀県
(発表会)			
第56回(山岳)「特殊環境下におけるトンネル工事」	2005.12.12	200	東京都
第57回(都市)「都市トンネルにおけるリニューアルと補強工事」	2005.12.13	200	東京都
(講演、講習会)			
第8回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2005.6.23,24	32	富山県
第7回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2005.10.26,27	40	東京都
トンネル技術特別講演会	2006.2	300	東京都

11月号予告[11月1日発売予定]

- 内空変位量および天端沈下量と地山条件の相関に関する考察
 - 北陸新幹線 高丘トンネル南工区
 - 新潟県中越地震における道路トンネルの被害
 - 地下鉄13号線 新宿三丁目二工区
 - 中国電力 新帝釈川発電所導水路トンネル
 - 霞ヶ浦導水事業 石岡トンネル第2工区
 - イスタンブール世界トンネル会議技術調査報告(2)
- 【連載講座】
- 山岳トンネルにおける工事用機械の選定(25)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆8月25日に横浜環状北西線の概略計画が発表された。この計画は横浜環状北線の港北IC(事業中)と東名高速道路青葉ICを結ぶ7.1km(トンネル区間4.2km, 高架区間2.9km)の路線で、計画づくりには「PI」が導入された。PIとは事業の構想段階から市民に事業の情報を提供しつつ意見を把握し、それらを計画に反映していく手法である。市民からの意見はすべて公開されている。

◆計画案のトンネル部は上総層部の泥岩または砂岩が基盤と想定される丘陵部をNATMで通過する。20~60mの土かぶりの上には閑静な住宅街が広がっている。

◆住居の下にトンネルが通ることの住民の不安は多様で、「井戸が枯れる」、「地盤沈下が心配」、「低周波が伝わる」、「トンネル内で死亡事故などがあると心地よくない」、「振動が伝わる」など。これらの不安は専門家はどうか捉えるのか、杞憂なのか、凶星なのか。

◆いずれにせよ言えることは、計画が事業化されたとき、専門家ではない住民はこのように漠然とした不安を抱えたまま、トンネルの上で暮らしていかなければならないということである。

◆本誌を編集していると、トンネルが人工物である以上絶対ではないことを踏まえたうえで、しかしそれらの懸念はすこし杞憂かも知れない、と思う。それは門前の小僧として、トンネル構造の安定性や高い施工技術にもとづく環境影響の極小化に信頼感があるため、その信頼はトンネルに関する情報にいつも接していることで生まれているのだろう。

◆そこで、情報疎外から生じる類の不安を抱く方には、是非とも本誌を購読し、安心して生活できるようになっていただきたい、と言いたいところだが、すこしまニアックすぎるか……。(K.K.)

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

★(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36巻 第10号 [通巻422号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成17年9月20日 印刷

平成17年10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.soc.nii.ac.jp/jta

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 勝彦

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

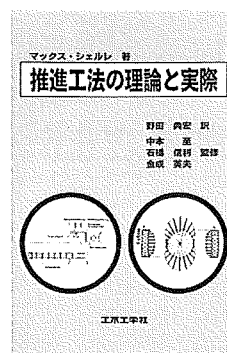
本誌掲載記事を無断で複写(コピー)および転載することは、著作権上での例外を除き、禁じられております。本誌から複写または転載を希望される方は、小社(03-3267-2888)までご連絡ください。

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 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

《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

㊞

TAIKU



CL301E型 カッタローダ

強力な掘削

最大掘削高さ6.6m

特長

1. カッタ駆動モータは、110kW電動機搭載
2. 散水装置により、ビット冷却と粉塵抑制
3. パワーコントロールにより、岩質等に応じて、自動的にドラム送り制御
4. ケーブルリールにより、電源ケーブルのさばきが容易
5. 走行移動用ディーゼルエンジン搭載

トンネル掘進機の本命・カッタローダ

山岳土木の豊富な実績を基に、なお開発に挑戦します。

RL型タフローダ



RL10

油圧式ズリ積機

アタッチメントとして
カッタヘッド
油圧ブレーカ搭載可能

型式	RL16	RL10	RL5-1
適用ズリ取断面	10~32㎡	7~30㎡	4~14㎡
油圧パワーパック	53kW	45kW	31kW
ベルトコンベア能力	150㎡/H	150㎡/H	70㎡/H
質量	16.5トン	12.6トン	9.2トン

製造・販売・レンタル 株式会社 **タイクウ**

本社 〒144-0047 東京都大田区萩中三丁目6番5号 ☎(03)3741-3131(代表) FAX(03)3741-6457

Kawasaki

コンパクトで大出力
坑内ダンプの革命児!!

KUT300

輸送重量27t・3軸4輪駆動



コンパクト

- クラス最小の車体寸法
 - ・全長7,980mm
- クラス最小の回転半径
 - ・5,850mm
 - (後・後輪リフトアップ時)

大出力

- クラス最大級のエンジン出力
 - ・212Kw/2,300min⁻¹

クリーン

- 万全の環境対応
 - ・第2次排ガス基準クリア
 - ・セラミック製黒煙浄化装置

安全

- 安全性
 - ・4段階調整式リタータ
 - ・後方カメラ&モニター

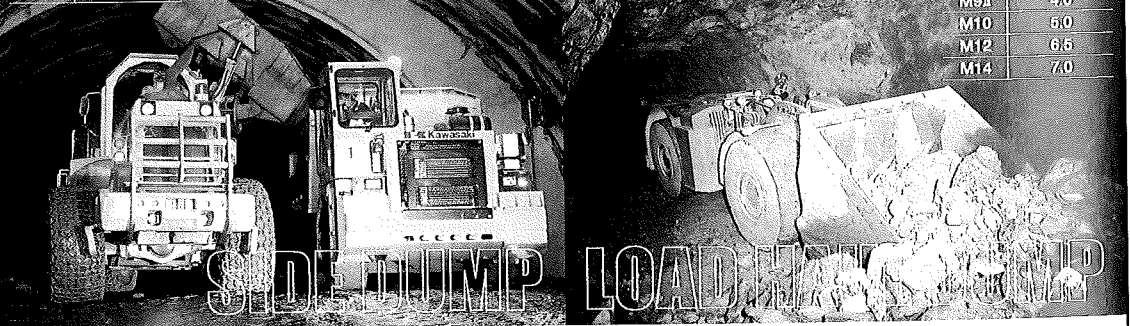
■両サイドダンプ

モデル名	バケット容量 (m ³)
80ZV	2.5
90ZV	3.2

ズリ積込機も運搬機もカワサキにお任せ下さい

■ロードホールダンプ

モデル名	バケット容量 (m ³)
M7	2.0
M8	3.0
M9II	4.0
M10	5.0
M12	6.5
M14	7.0



ONE FOCUS
Complete Solutions

Kawasakiは一人ひとりのお客様を大切にします

川崎重工業株式会社

建設機械ビジネスセンター

東京本社 〒105-6116 東京都港区浜松町2-4-1(世界貿易センタービル)
☎(03)3435-6959 HPアドレス <http://www.khi.co.jp/kenki/>