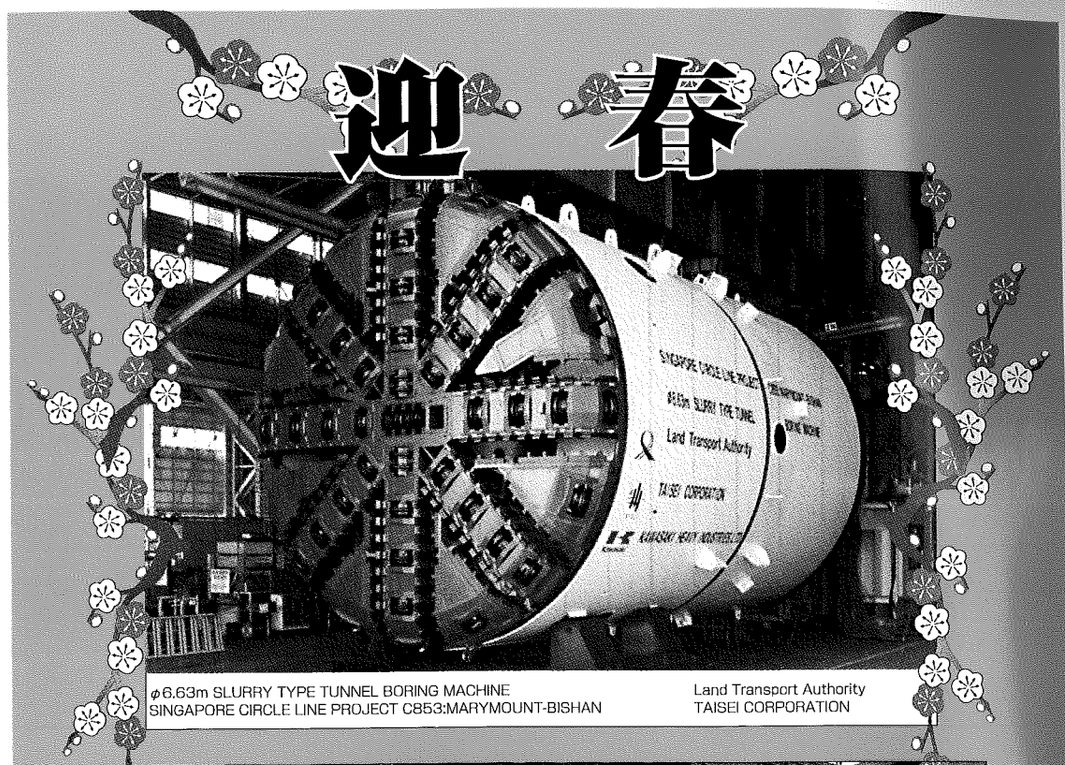
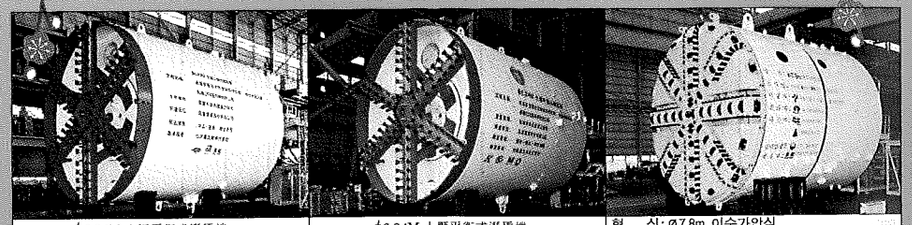
トンネルと地下　平成17年1月1日発行第36巻第1号　昭和45年11月18日第3種郵便物認可
出版元　株式会社土木工学社　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

迎春



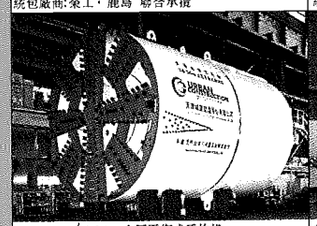
φ6.63m SLURRY TYPE TUNNEL BORING MACHINE
SINGAPORE CIRCLE LINE PROJECT C853:MARYMOUNT-BISHAN
Land Transport Authority
TAISEI CORPORATION



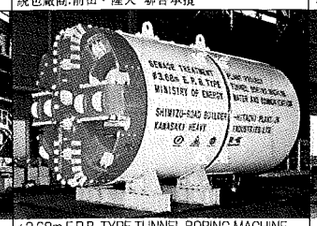
φ6.24M 土壓平衡式潛盾機
工程名稱:高雄都會區大衆捷運系統紅橋線路網建設案
紅線 CR4 區段標統包工程
主管機關:高雄市政府捷運工程局
興建單位:高雄捷運股份有限公司
統包廠商:榮工・鹿島 聯合承攬

φ6.24M 土壓平衡式潛盾機
工程名稱:高雄都會區大衆捷運系統紅橋線路網建設案
橋線 CO2 區段標統包工程
主管機關:高雄市政府捷運工程局
興建單位:高雄捷運股份有限公司
統包廠商:前田・隆大 聯合承攬

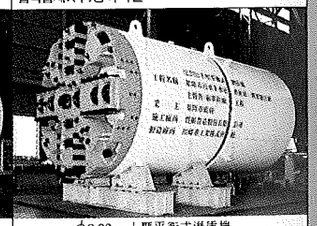
형　　식:Ø7.8m 이수가압식
공 사 명:지하철 9호선 909공구 건설공사
시 행 자:서울특별시 지하철 건설본부
감 리 자:유신코퍼레이션
시 공 자:두산건설(주)・형대건설(주)
협력업체:(주)동아지질



φ6.34m 土压平衡式盾构机
工程名称:天津地铁二号线
主管机关:天津市地下铁道总公司
兴建单位:天津城建营造股份有限公司



φ3.68m E.P.B. TYPE TUNNEL BORING MACHINE
SEWAGE TREATMENT PLANT PROJECT
MINISTRY OF ENERGY, WATER
AND COMMUNICATION
SHIMIZU-ROAD BUILDER-HITACHI PLANT JV



φ2.93m 土壓平衡式潛盾機
工程名稱:基隆市污水下水道系統第一期實施計劃
主幹管(和平幹線)工程
業　　主:基隆市政府
施工廠商:慧頤營造股份有限公司

川崎重工
鉄構ビジネスセンター　土木機械営業部
東京本社：東京都港区浜松町2-4-1(世界貿易センタービル)　〒105-6116　(03)3435-2387~9
関西支社：大阪市北区堂島浜2-1-29（古河大阪ビル）　〒530-0004　(06)6348-8255

定価 1,575円
本体価格1,500円
雑誌06619-1
4910066190156
01500

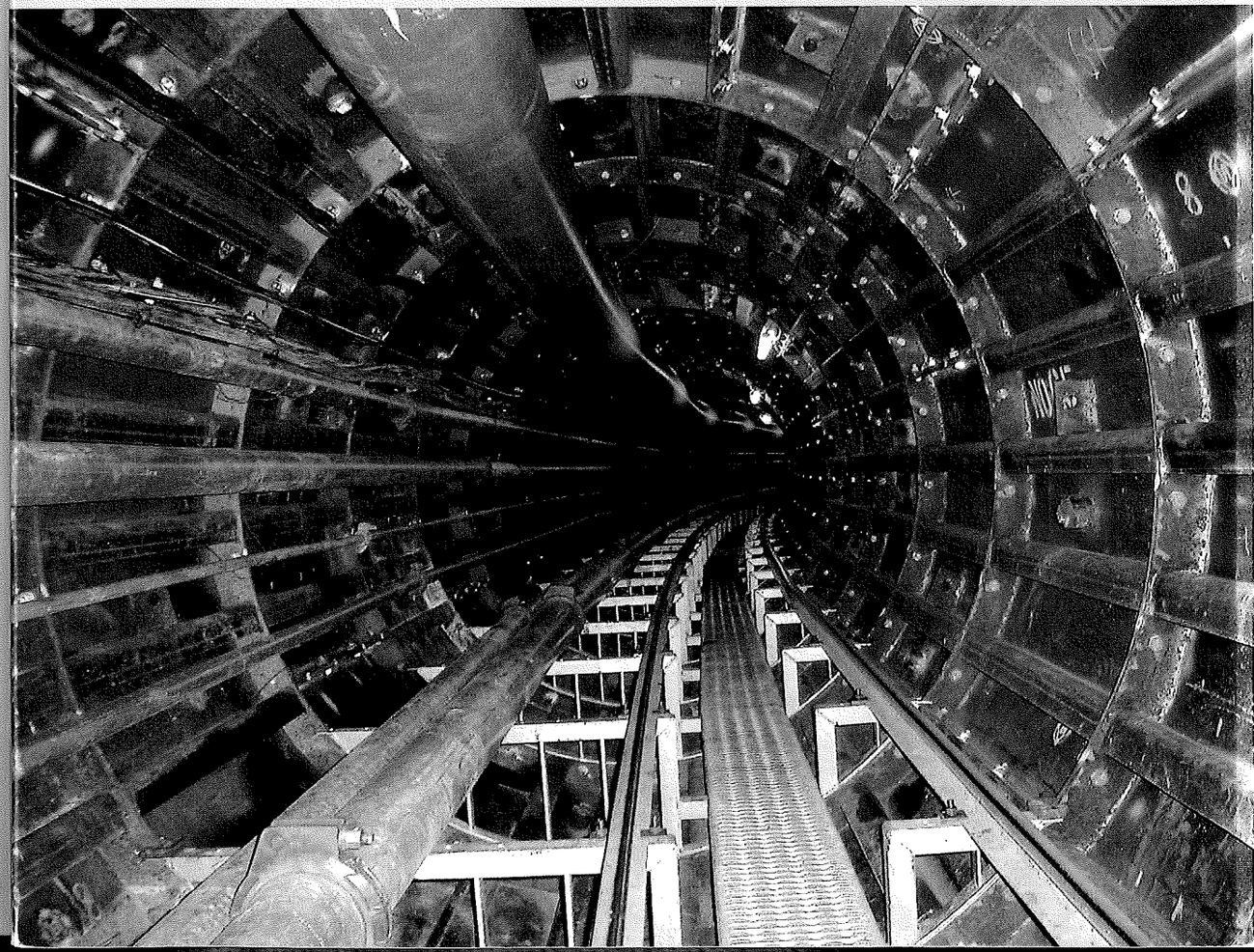
昭和45年11月18日第3種郵便物認可　平成17年1月1日発行(毎月1回1日発行)　第36巻第1号　通巻413号　ISSN 0285-631X

トンネルと地下 1

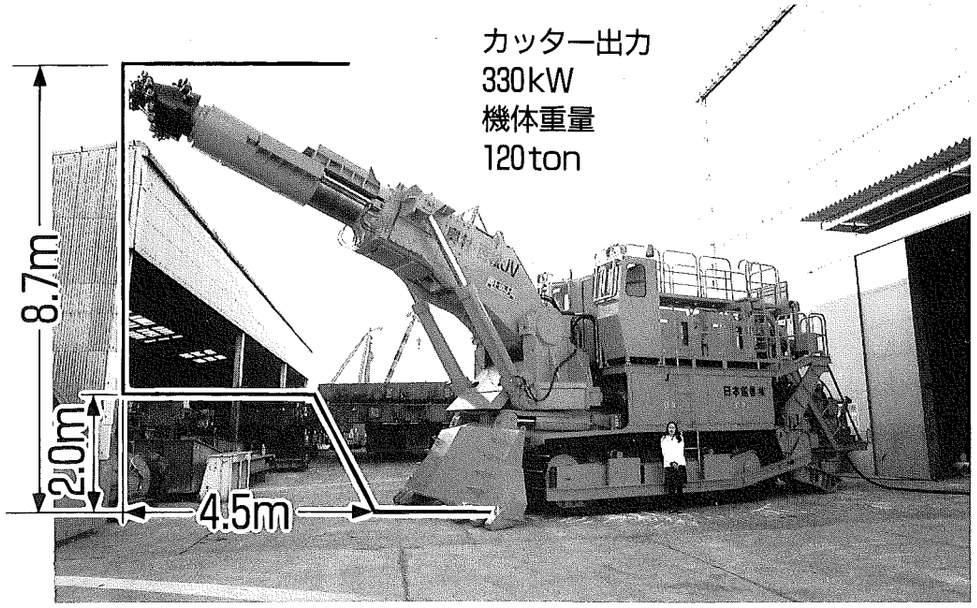
vol. 36
no. 1
2005

極小土かぶりにおける保護盛土を用いたトンネル掘削
洪積砂礫層の小土かぶりめがねトンネル
ダブルジャッキ式シールドによる施工
明治通り下池袋～渋谷間の地下鉄シールド工事の概要
都市内道路シールド分合流の非開削拡幅技術の開発
シールド発進・到達工実態調査報告(1)

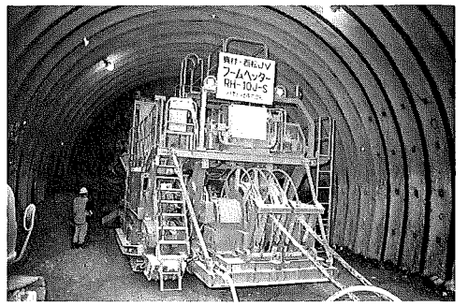
日本トンネル技術協会誌



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: ㊀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62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62番地2 TEL 059-234-4111

謹　賀　新　年

Step-up 21 創造への新たな技術

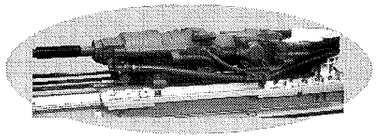
FURUKAWA

次世代型ホイール式ドリルジャンボ
JTH2200R / JTH3200R

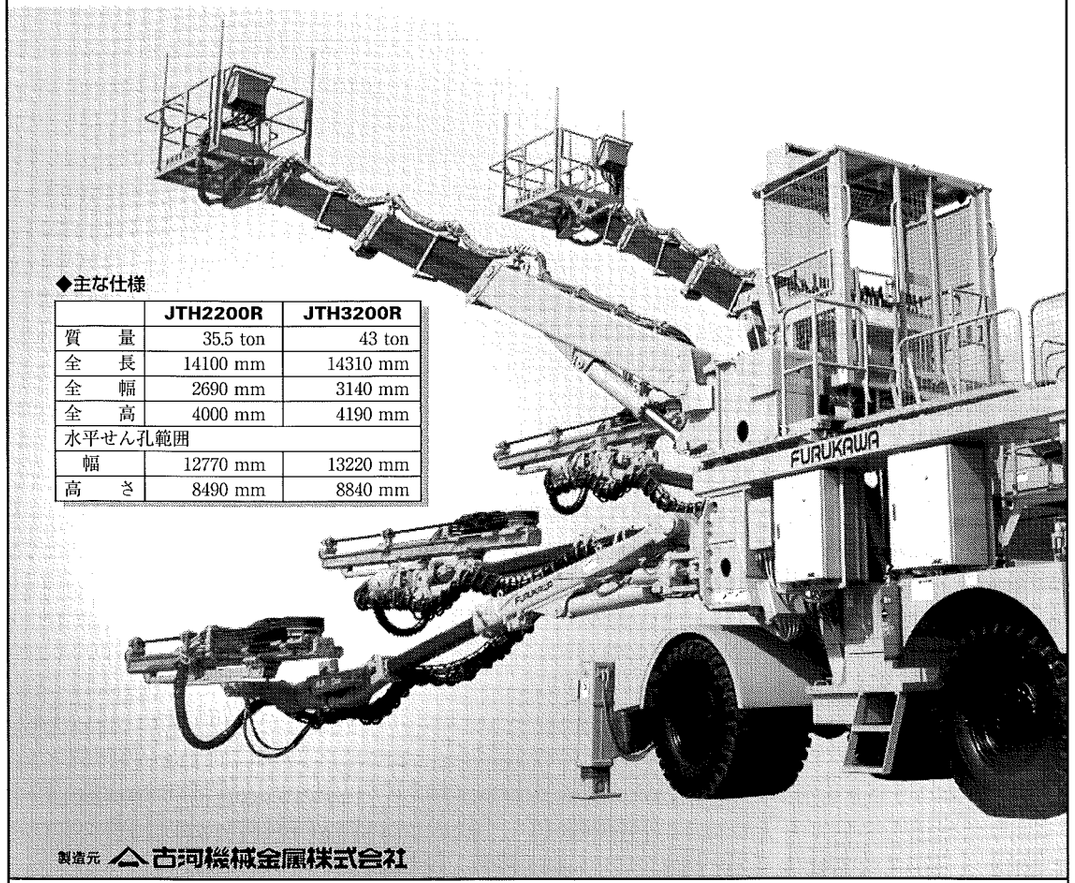
（2ブーム、2ケージ）　（3ブーム、2ケージ）

新型油圧ドリフタ***HD210***、アルミ製ガイドシェル、ブーム、チャージングケージetc.全ての動きがスピードアップ。
せん孔作業の違いがわかる次世代型ホイール式ドリルジャンボ新登場。

新型油圧ドリフタHD210搭載



デュアルダンパ内蔵の新型油圧ドリフタ***HD210***搭載。
クラス最高のせん孔性能と消耗品ライフの向上を実現。



◆主な仕様

	JTH2200R	JTH3200R
質　量	35.5 ton	43 ton
全　長	14100 mm	14310 mm
全　幅	2690 mm	3140 mm
全　高	4000 mm	4190 mm
水平せん孔範囲		
幅	12770 mm	13220 mm
高　さ	8490 mm	8840 mm

製造元 古河機械金属株式会社

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の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。

総販売元 古河機械販売株式会社 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

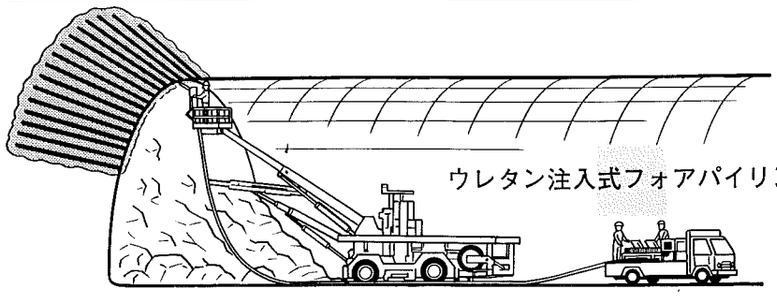
札幌支店 ☎011-861-3261　東北支店 ☎022-356-5771　関東支店 ☎027-322-5953　名古屋支店 ☎0568-77-7700
静岡出張所 ☎054-620-1641　関西支店 ☎06-6475-8221　広島支店 ☎082-231-5621　四国支店 ☎087-833-4833
九州支店 ☎092-948-2010
整備工場
関東 ☎0274-60-7011　名古屋 ☎0568-77-6363　関西 ☎06-6475-8461　九州 ☎092-948-2010

BRIDGESTONE

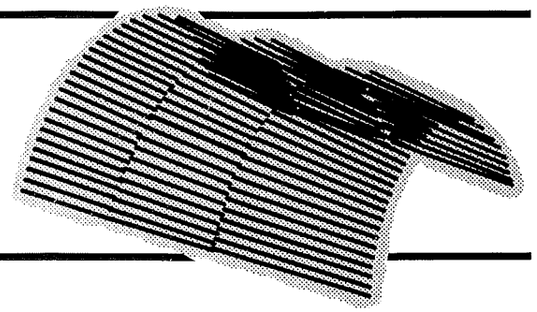
厳しい条件下の施工に
迅速な対応・信頼の
ブランド

ブリヂストンのトンネル資材

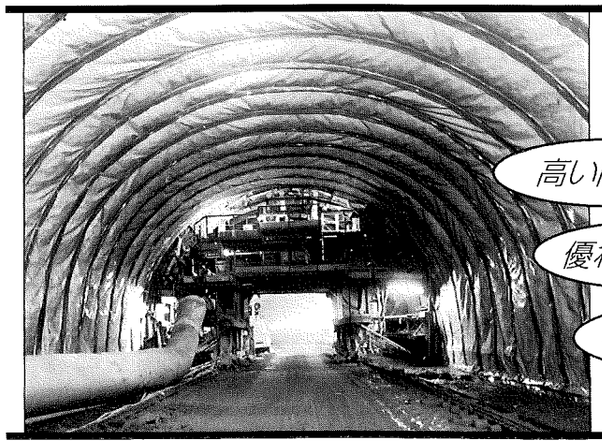
切羽の安定化対策用補助工法
エバーライトGK工法　ウレタン注入式岩盤固結工法



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

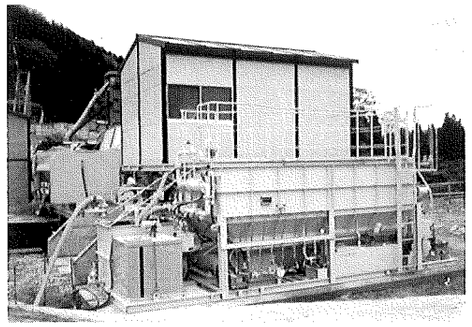
株式会社ブリヂストン　土木・海洋商品販売部
東京都中央区八重洲1丁目6番6号　〒103-0028
電話　東京(03)5202-6870

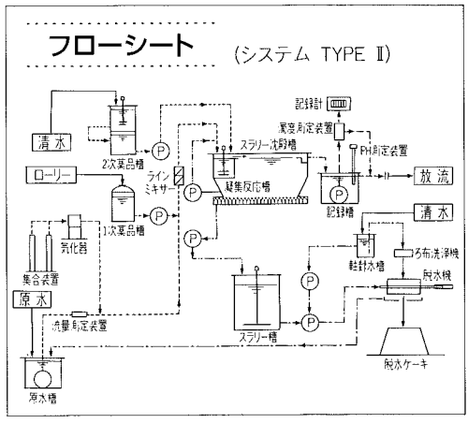
謹　賀　新　年

TWS型シリーズ 濁水処理装置

Waste Water Treatment System

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せにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式沪板型の脱水機を採用していることから沪布等の消耗費が少ない。
又、加圧型脱水方式の為無薬注で脱水出来る。

3．シックナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。

4．運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。

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

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

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

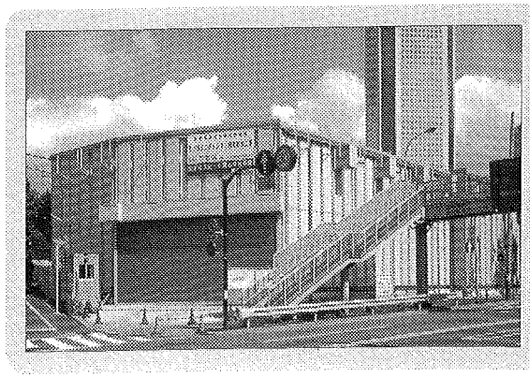
シックナー5機種、脱水機4機種を標準化し、処理量に応じた自由な組み合わせが可能です。あなたの現場にピッタリフィットのシステムを御検討下さい。

詳細資料請求、お問い合わせは

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

謹　賀　新　年

大丸の防音システム



サイレントハウス(Bタイプ)

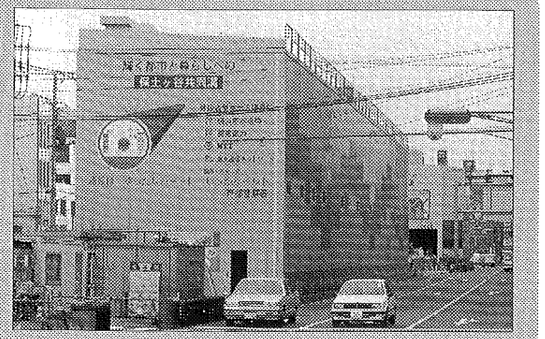
●工期の早い標準型

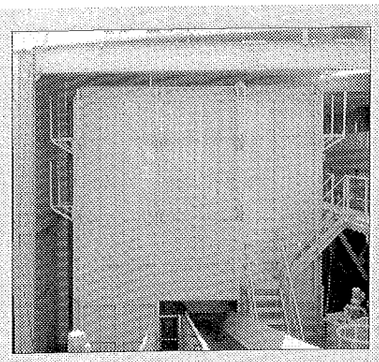
●音源対策から大型プラントまで

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(般ー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.dalmaru-bouon.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

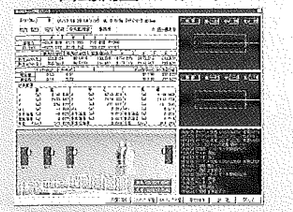
ROBOTEC SURVEY SYSTEM

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

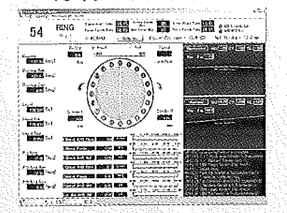
シールド工事における自動測量システムの納入実績は、国内はもとよりアジア地区でNo1となりました。数々の高速・高精度施工の新記録を打ち立て、現在も世界各国の現場で稼動しております。

自動測量システム

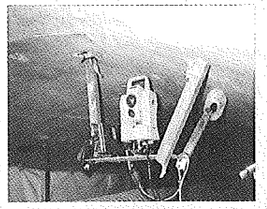


坑内は勿論離れた事務所からの遠隔測量も実現します

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種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

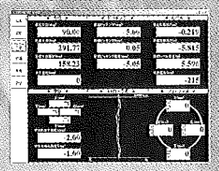
シールド工事向け掘進管理システム

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型スタイルで、お客様にご満足頂いております。

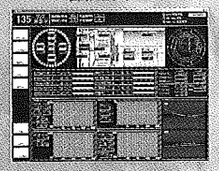
システムタイプ
- 泥土圧　泥水　TBM
- 上下水道　共同溝　地下鉄　道路　etc.
（各々専用のソフトをご用意しております）

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

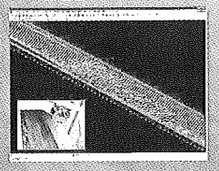
GEOMETRY GYRO



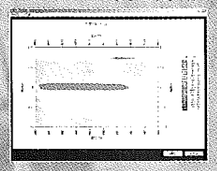
掘進管理



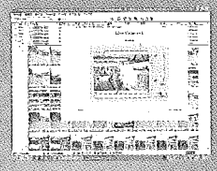
3D土量計測システム



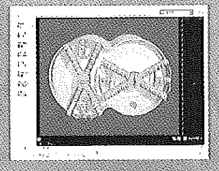
セグメント内空計測



Shiled Broad Band



CG・VR作成



enzan Koubou

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

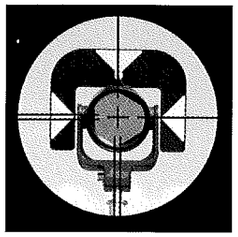
株式会社 演算工房

本社office:京都市中京区烏丸通押小路上る秋野々町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3-15-5 川崎パークビルⅠ7F　TEL:03-3518-2588　FAX:03-3518-2589

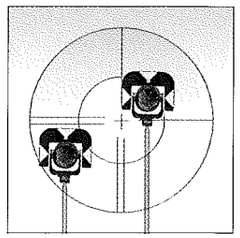
WORKS Cyber

謹　賀　新　年

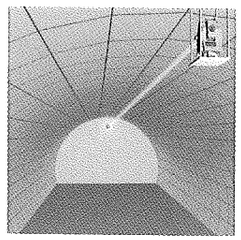




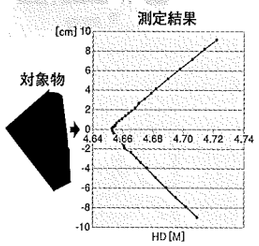
精度が向上した自動視準
プリズムの観測回数を上げると共に、CCDカメラの解像度を細かくすることで自動視準の内部処理スピードや精度が向上。



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	Tel.03-5940-3020 Fax.03-5940-3056
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	Tel.03-5940-3035 Fax.03-5940-3059
大阪支店	〒540-6131	大阪市中央区城見2-1-61 Twin21 MID タワー31F	Tel.06-6910-3871 Fax.06-6910-5733
福岡営業所	〒812-0016	福岡市博多区博多駅南1-3-6 第三博多偕成ビル6F	Tel.092-432-8201 Fax.092-432-8221
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.011-669-1101 Fax.011-669-1102

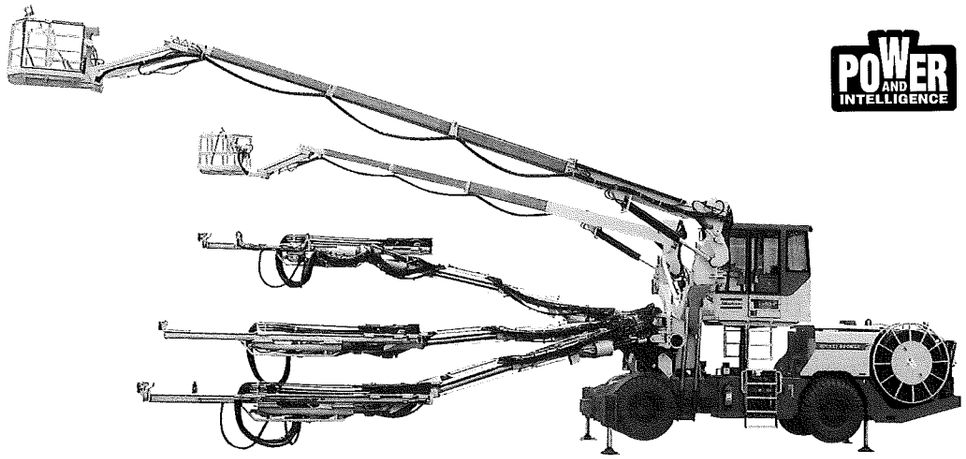
Leica Geosystems

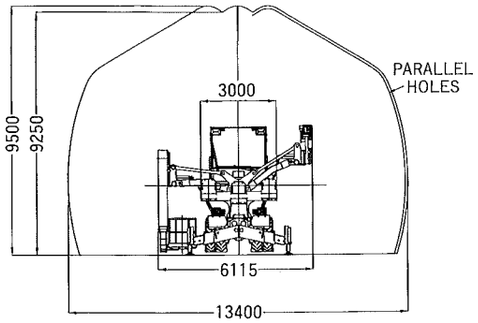
謹　賀　新　年

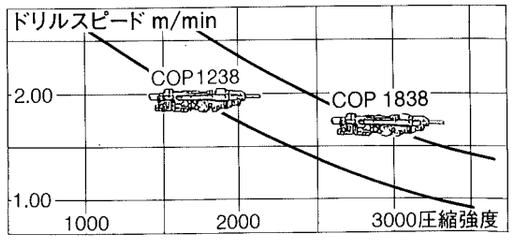
アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B
COP1838油圧ドリフター搭載
3ブーム・2バスケット

POWER AND INTELLIGENCE







DRILL

ドリルマシン株式会社
DRILL MACHINE CO.,LTD.

本社	〒116-0013 東京都荒川区西日暮里2-23-11 TEL(03)3806-3377番 FAX(03)3806-8461番
関西支店	〒657-0864 兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4 TEL(078)802-5551番 FAX(078)802-5528番
九州支店	〒839-0841 福岡県久留米市御井旗崎1-6-14 TEL(0942)43-5315番 FAX(0942)43-5832番
飛騨高山営業所	〒506-0021 岐阜県高山市名田町4-3 ハイム楓2-2 TEL(0577)33-8466番 FAX(0577)32-3634番
焼津営業所	〒425-0072 静岡県焼津市大住638-1 TEL(054)620-7301番 FAX(054)620-7303番
兵庫工場	〒679-1332 兵庫県多可郡加美町大袋川端454-3 TEL(0795)36-0461番 FAX(0795)36-0467番

特許権侵害訴訟の勝訴確定について(お知らせ)
――トンネルの注入式長尺先受工法(ＡＧＦ工法)――

東京都千代田区三番町2番地
飛島建設株式会社
名古屋市中区上前津1丁目3番地3号
株式会社　カテックス

拝啓　時下益々ご清栄こととお喜び申し上げます。
平素は格別のご高配を賜り，誠にありがたく厚く御礼申し上げます。
さて，弊社らが各種トンネル工事で施工してきたＡＧＦ工法が，下記地山固結工法特許権の侵害にあたるとして，権利者東海ゴム工業株式会社殿(代表者：藤井昭，本社：愛知県小牧市)と争いになり，平成13年10月に，東海ゴム工業株式会社殿は浜松簡易裁判所に「特許権に基づく差止等請求の調停」の申立を行いました。この際，お取引先各位には，それまでの経緯や弊社対応方針のご案内と共に，ご支援のお願いをさせて頂きました。

弊社らは，本件について一貫して「侵害していない」という見解を取り続けていたため，その後東海ゴム工業株式会社殿は，東京地裁に弊社らを債務者とした「工法差止等の仮処分命令」を申立て(H14.3.28)，次いで「損害賠償・工法差止等を求める本案訴訟」を提起(H14.6,28)されましたが，結果，東海ゴム工業株式会社殿の敗訴(H15.4.17)となりました。
原告東海ゴム工業株式会社殿は，これを承服せず東京高裁に控訴されましたが，同様に敗訴(H16.2.27)し，さらに最高裁に上告(H16.3.11)されましたが，今回これが棄却され(H16.9.10)，権利侵害訴訟は弊社らの勝訴で確定しました。
一方，弊社らは，特許庁審判部に本件特許の無効審判を請求しました(H14.5.21)が，これが審決で斥けられたので，東京高裁に審決取消を出訴し結果，弊社らが勝訴しました。(H16.2.27)。敗訴した東海ゴム工業株式会社殿は，最高裁に上告されました(H16.3.11)が，今回これも棄却され(H16.9.10)，特許無効審判訴訟は弊社らの勝訴で確定しました。本件特許は，今後特許庁に戻されて審理され正式に無効となります。

本件訴訟では，お取引先各位の特段のご配慮を賜り，お蔭様で，上に申し上げたとおり完全勝訴となり，ＡＧＦ工法も安心して実施できる運びとなりました。誠にありがとうございました。
先ずは略儀ながら書面をもちまして，ご報告かたがた御礼申し上げます。　　敬　具

記

本件特許権

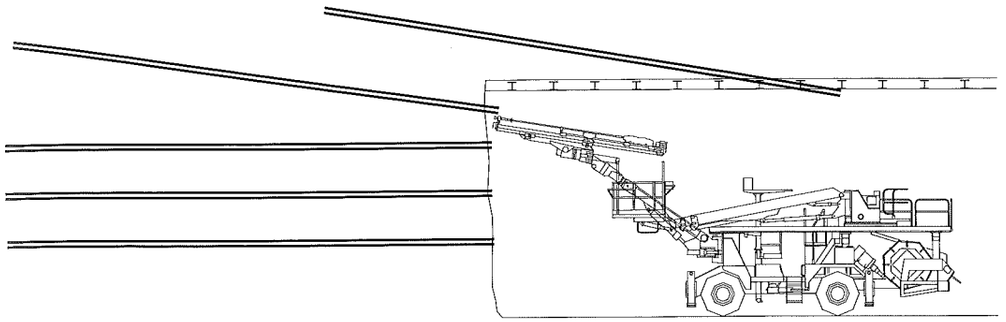
発明の名称	産業上の利用分野	出願番号 (出願日)	公告番号 (公告日)	登録番号 (登録日)
地山固結工法	トンネル工事で，軟弱地山を薬液で堅固に改善する工法	特願平1-42531 (H01.02.22)	特公平7-81484 (H07.08.30)	2056106 (H08.05.23)

以　上

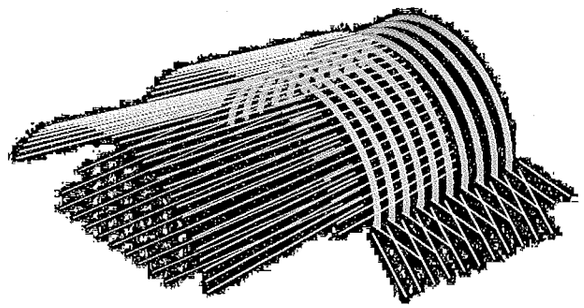
弊社本件問合せ先 ―――― 飛島建設株式会社　土木本部土木技術部長　松尾勝弥
TEL03-5214-7083
株式会社カテックス　建材資材事業部技術営業部次長　浅井　勉
TEL052-331-8821

謹　賀　新　年

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によって，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助工法です。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。



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



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623-4　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

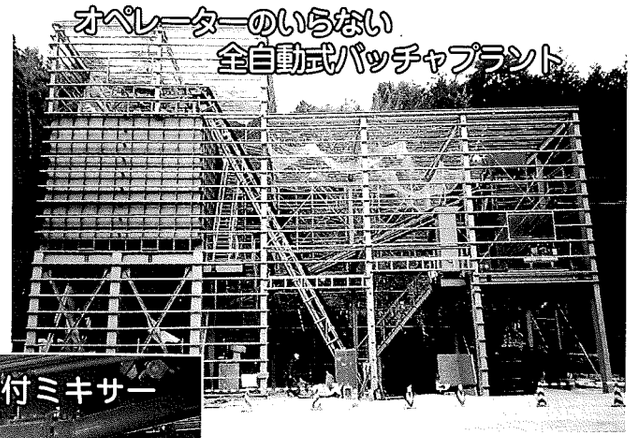
高品質・SEC・高強度対応型　吹付プラント

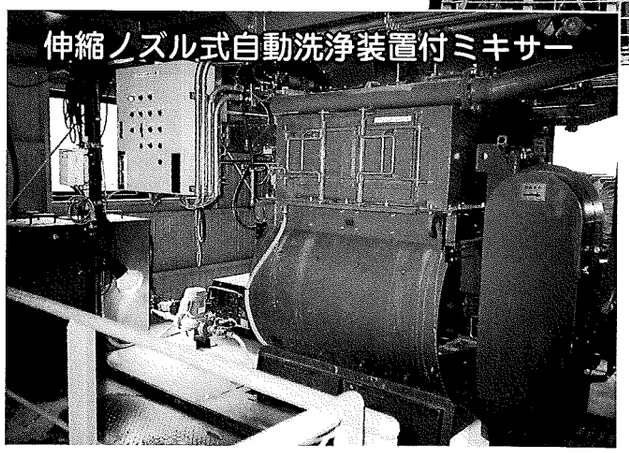
全自動式 バッチャプラント

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。





■ MKS-500KBE-TME型

**長工期
トンネルに適し
人件費の
大幅削減！**

■ 生コン洗浄水処理装置

ミキサー洗浄水
トラミキ洗浄水
リサイクル

- ◆ 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・重タンプ用・40ton通過）

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㈹
FAX（0584）35-3736

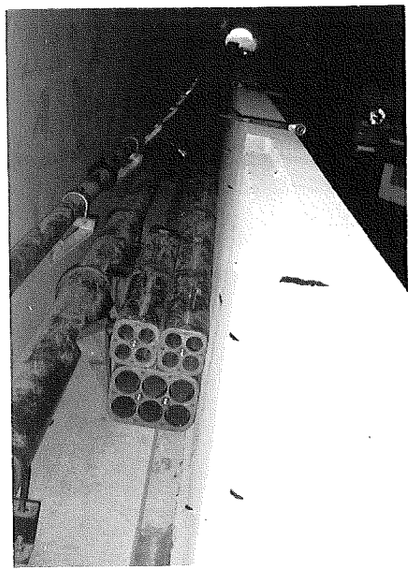
本巣工場　岐阜県本巣市神海
〒503-1235　TEL（0581）32-5066
FAX（0581）32-5565

謹　賀　新　年

永久施設に永久管路



▲ 宇治トンネル　〔日本道路公団〕



▲ 関南トンネル〔日本道路公団〕

地下ケーブルの保護に
杉江の多孔陶管

セラダクト

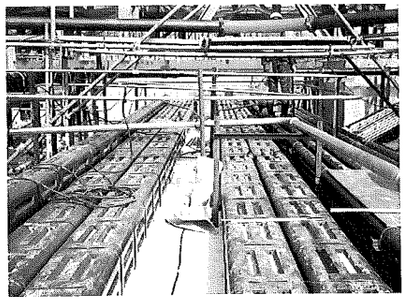
燃えない　錆びない　壊れない

地中配線管路材（JIS C 3653）

トンネル内の狭い空間の多条数のケーブル布設に最適な管路です



▲川越火力発電所〔中部電力㈱〕



▲ 広野火力発電所〔東京電力㈱〕

狭い空間（トンネルetc）での制約された条件下でも施工が簡単、迅速に行える、杉江の“多孔陶管”は多条数ケーブル布設に最適です。予備孔も安価に設けられる等、管路省力化工事に是非お役立て下さい。

杉江製陶株式会社

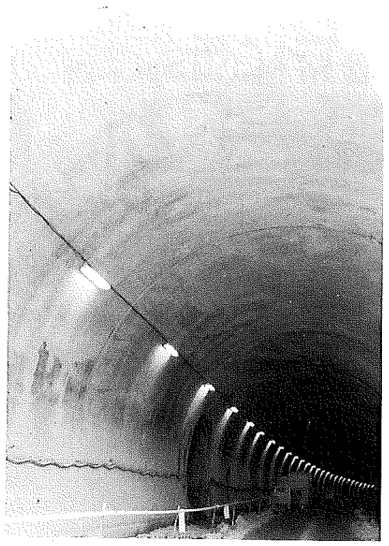
sugie

本社・工場　愛知県知多郡武豊町字上山1－76　〒470-2387　☎(0569) 35-2360㈹　FAX (0569) 35-4087
東京支店　東京都渋谷区恵比寿1－21－8　〒150-0013　☎(03) 3442-6181㈹　FAX (03) 3442-1691
大阪支店　大阪市都島区御幸町1－3－1　〒534-0012　☎(06) 6922-6991㈹　FAX (06) 6922-2498
札幌連絡所　札幌市北区新川2条10丁目575-28　〒001-0922　☎(011) 763-8907㈹　FAX (011) 763-8790

コンクリートの劣化，欠陥箇所の改修，補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法



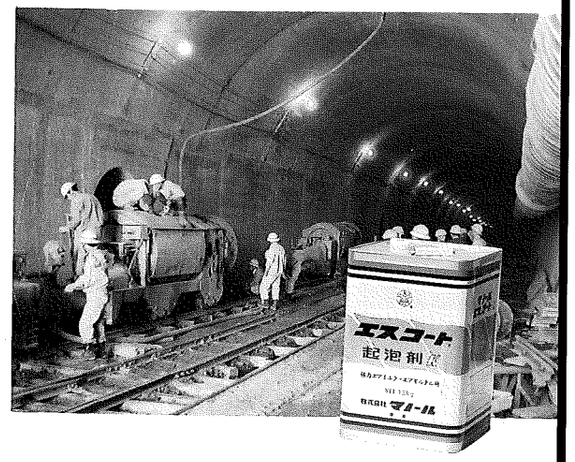
〈工期短縮，即日仕上り〉

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

- ■ 短時間で高強度，即日仕上り
- ■ 強力な接着力と収縮，ヒビ割れ防止
- ■ 防水性，防錆力に優れ，中性化防止
- ■ 既調合品で現場管理が簡単

エアモルタル裏込め注入……

エスコート
L&K 起泡剤



- ■強力な分散性と安定した流動性
- ■ノーブリージング
- ■任意の強度の選定
- ■セメント，骨材の種類が任意

◆土木資材の綜合プランナー◆

株式会社 マノール

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

謹　賀　新　年

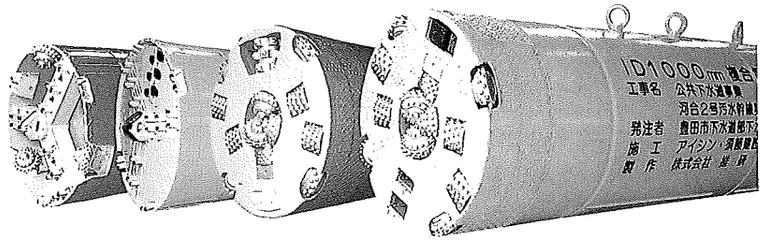
岩盤推進を創めて20年

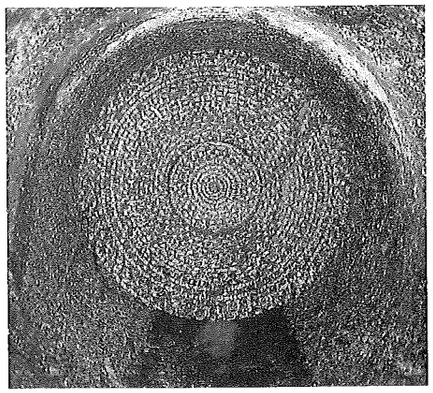
軟弱土から硬岩まで!!

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

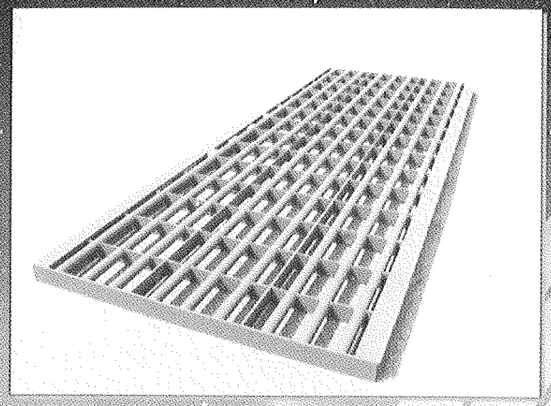
株式会社 堀研

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

NTロードマット

意匠登録済み特許出願中



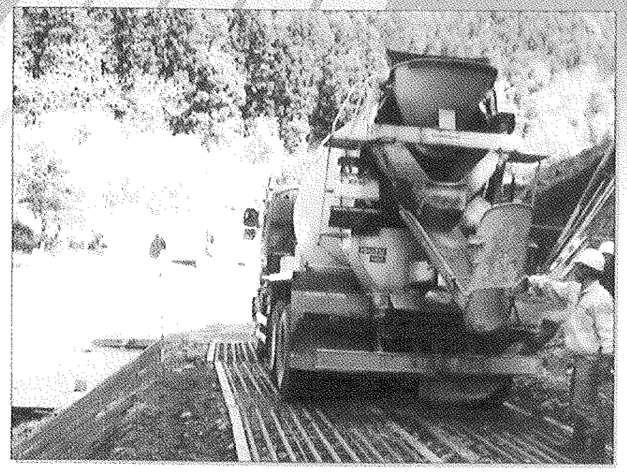
NTロードマットはパイプ表面の溝とリブによって滑り止め効果が得られパイプによって沈み込みを防止し、安定した仮設道路を作ることができます。

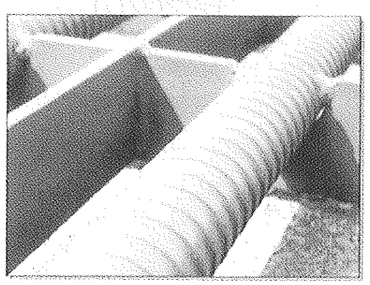
こんな現場に

- 雨や湯水で鉄板が滑りやすい
- 車のタイヤを痛めたくない
- 坂道で滑りやすい
- 軟弱地で沈み込みやすい

是非、お試し下さい。

寸法　4000×1500×90(mm)
質量　440(kg)





製造販売元　△ 日東鐵工株式会社

URL　http://www.nittotekko.co.jp

本　　社　〒142-0043　東京都品川区二葉4-1-20 MC中延ビル
TEL(03)5702-0161㈹　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㈹　FAX(042)774-0939

注:当仕様は改良のため予告なく変更させていただくことがあります。

謹　賀　新　年

安心と信頼

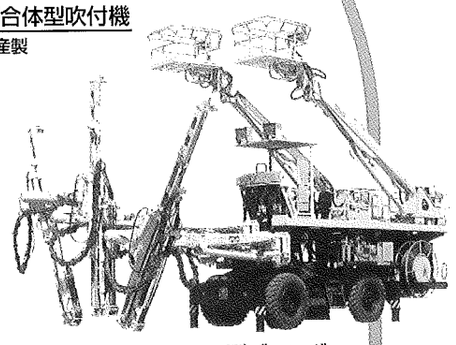
SANKO RENTAL



SFW1C−6S型合体型吹付機
富士物産製



M26型坑内用ダンプ
新キャタピラー三菱製



THMJ3900型ジャンボ
サンドビックトーヨー製

お陰様で20周年を迎えることが出来ました。

〈経験と実績、メーカーとの一体型、安心と信頼〉を追求し、お役に立つよう日々行動しています。

- ●TotalCost削減の為にサービスマン付レンタルを積極的に展開中です!
- ●メンテナンス対応=ご希望のサービス体制をお聞かせ下さい。
  40名のメンテナンスサービス員が、迅速に対応致します。
- ●ユーザーニーズに合った提供システム=現場のご予算をお聞かせ下さい。
- ●総保有機台数 450台=ブローカーにない強み!途中入替もOK!

トンネル機械の総合レンタル

三興レンタル株式会社

高槻事務所／〒569-0836 高槻市唐崎西2-26-1
TEL0726-77-2101㈹　FAX0726-77-2109

〈協賛〉
サンドビックトーヨー㈱
新キャタピラー三菱㈱
富士物産㈱

ジェルフォー

無機系超微粒子地山改良注入材



新しく開発したジェルフォーは、山岳トンネル掘削補助工法に使用する完全無機系・ゲル化特性を持つ低価格・高浸透性・高強度の注入材です。

自穿孔式

長尺先受工法

AGF ST工法

○完全無機系の為、BOD, CODの心配が無く、不燃性
○ゲルタイムが1～2分
○3～4μmと超微粒子
○ホモゲルは1日で1.5～3.0MN／m²
○1.5ショットで注入

○作業性が抜群（実績21m／本）
○ロッド外径φ78がロープねじの為、注入材との付着が良好
○二段ビットにより、位置決めと直進性が良好
○特別な作業足場は不要

トンネル工事の強い味方

止水シート防護キャップ
とめんぼ

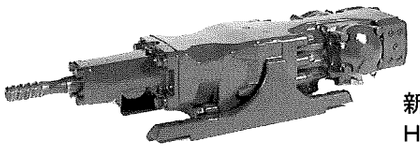
高強度ねじふしロックボルト
NOSHボルト

岡部株式会社
TEL.03-3624-5111
ホームページ：
http://www.okabe.co.jp

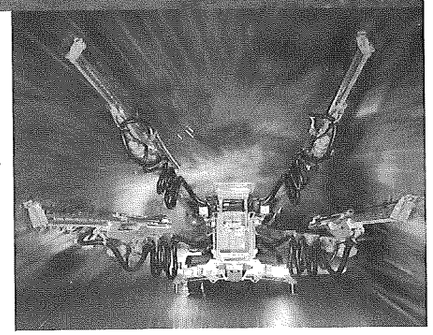
土木事業部　〒130-0002 東京都墨田区業平3-14-4 日土地押上ビル
TEL.03-3624-5188　FAX.03-3624-5189
ホームページ　http://www.okabe-doboku.com/
札　幌 電話 011-837-2030　東　北 電話 022-288-8484　関　東 電話 03-3624-5116
新　潟 電話 025-287-7700　中　部 電話 0568-76-5611　関　西 電話 06-6535-0621
九　州 電話 092-624-5878

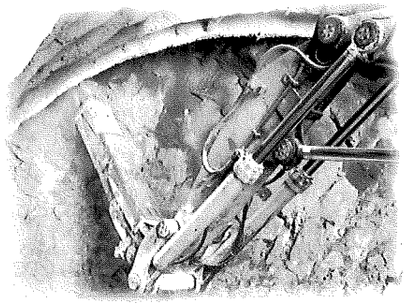
謹　賀　新　年





新型高性能ドリフター
HLX5





TOYO　EJC　Rammer
TAMROCK　TORO

サンドビックトーヨー 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

1本1本が大切！　だから

次世代 防食 ロックボルト

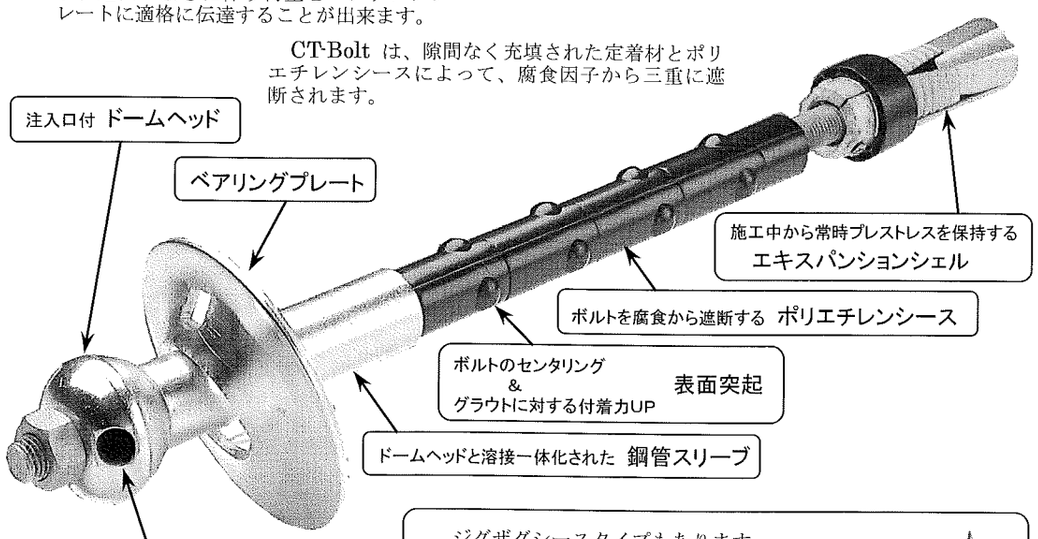
CT-Bolt

Ørsta Stål

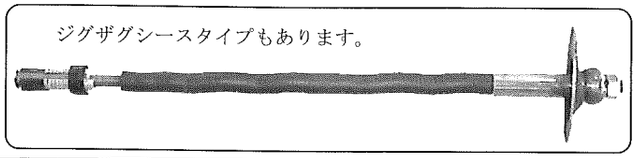
通常施工により超長期支保

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

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

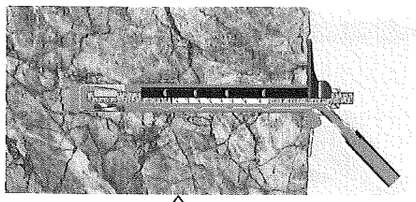


ジグザグシースタイプもあります。



CT-Bolt の定着は、

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



完全充填

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

用途：

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

総発売元　Your Fastening Partner

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

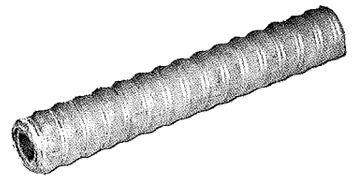
〒105-0014 東京都港区芝 2-5-10
お問い合わせ先 TEL：03-3798-8517
技術部 FAX：03-3798-8850

謹　賀　新　年

日本の地山を補強する

FRPロックボルト

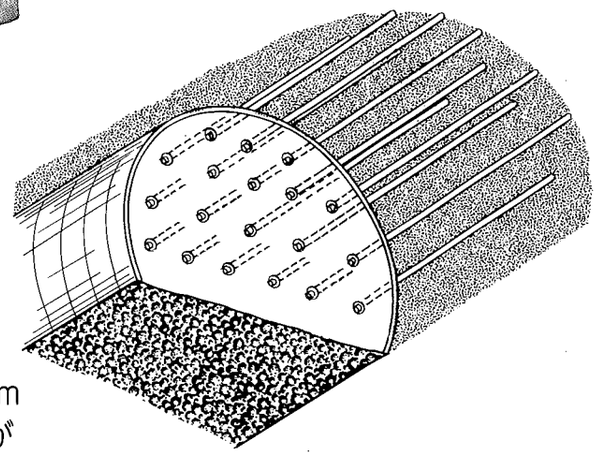
1．長尺フェイスボルトとして



中空全ネジ：CGR32

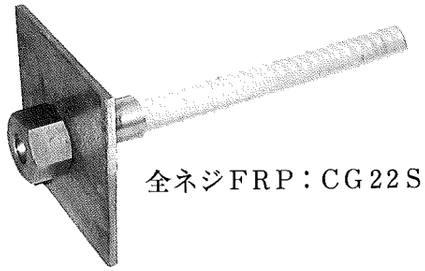


FRPケーブル：FG15

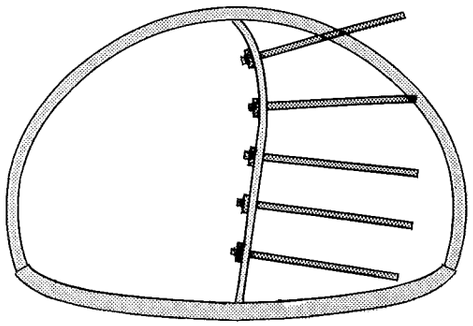


切羽保持には10～20mの長尺ＦＲＰボルトが大変有効です

2．掘削予定部のロックボルトとして



全ネジFRP：CG22S



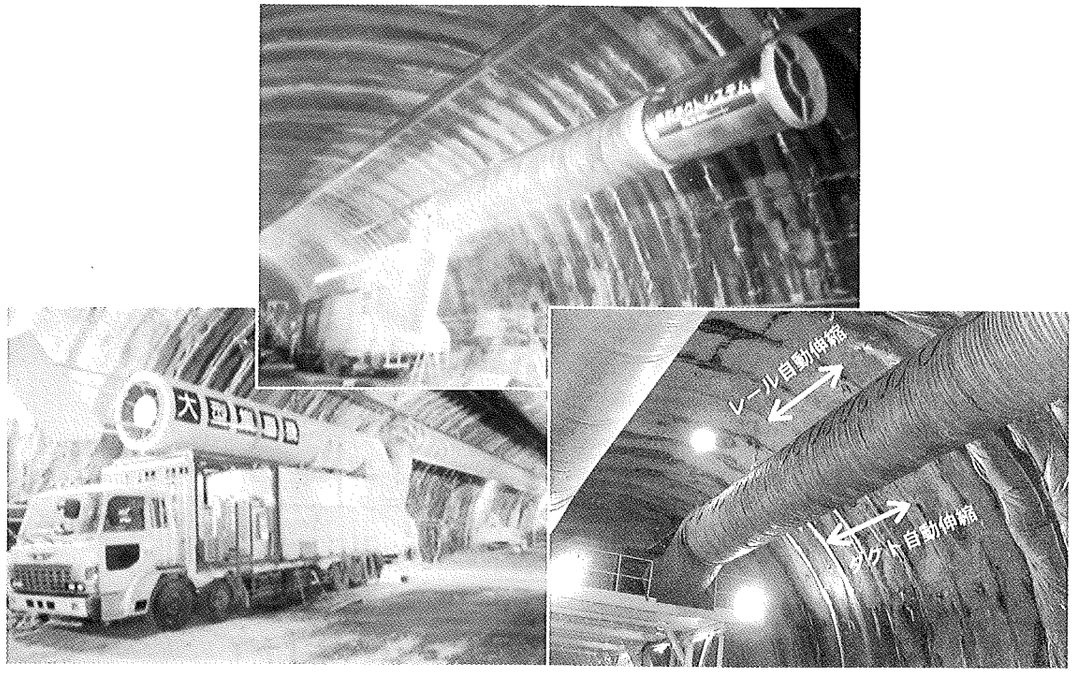
全ネジＦＲＰボルトで、ナット締めが可能です

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー　土木営業部

〒105-0014 東京都港区芝2丁目5－10 ☎(03)3798-8511 FAX(03)3798-8516
〒530-0047 大阪市北区西天満3丁目2－17 ☎(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755
〒460-0002 名古屋市中区丸の内3丁目14-32 ☎(052)223-1050 FAX(052)223-1059
〒065-0834 札幌市東区北34条東9－1－1 ☎(011)751-4681 FAX(011)751-4682

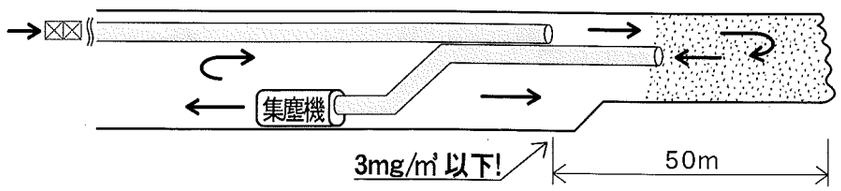
吸引ダクトシステム

ガイドラインをクリア(※)0.5mg/m³達成!!



(※)諸条件はお問合せください。

- 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応。操作の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・ランニングコストの大幅なコストダウンに。
- ダクト外径はΦ600～Φ1800、負圧－2kpa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。



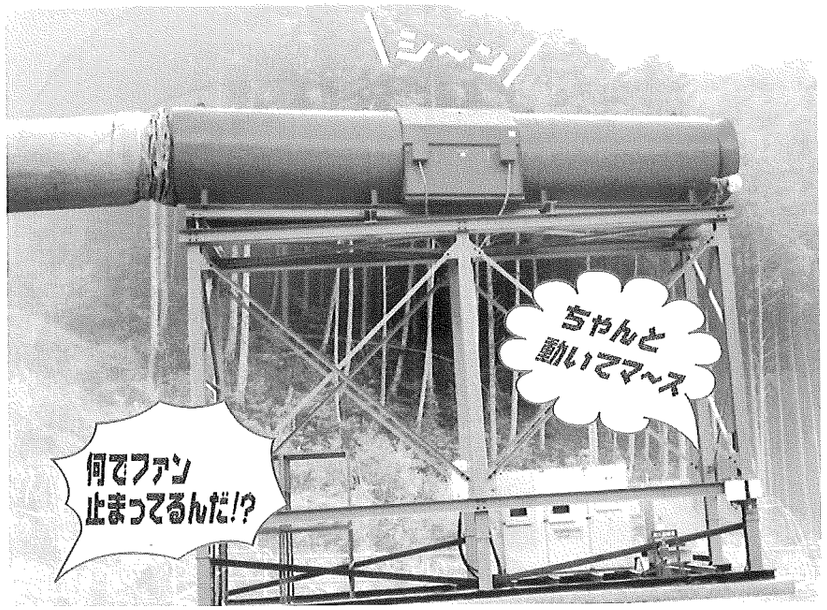
まずはお問合せ下さい。実績データと理論を元に現地条件に合わせてコンサル致します。

株式会社流機エンジニアリング
URL：http://www.ryuki.com　E-mail：eigyobu@ryuki.com
本　社／〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 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 茨城県真壁郡関城町大字花田字西山84-6
ﾘｰｽｾﾝﾀｰ TEL：0296（37）7680（代）FAX：0296（37）7681

謹　賀　新　年

超低騒音・二軸反転ファン エアロ★MAX

耳をすまして下さい！●●サ・ア・〜 これ、ファンの音なんです。



今時、静かなのは当たり前!!

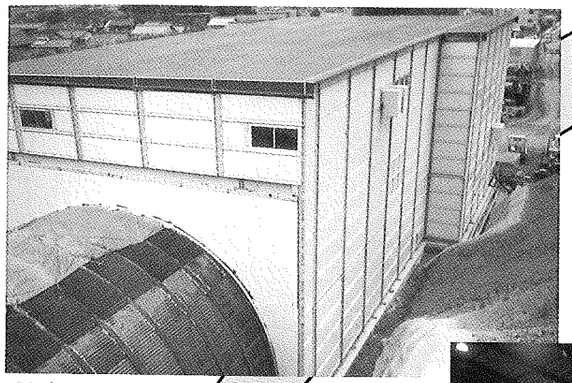
シールド、都市NATMなどの都市環境や
大断面長大トンネルの施工環境に対応する換気ファンを350台以上保有。

必要なとき、必要な容量の設備を提供します。

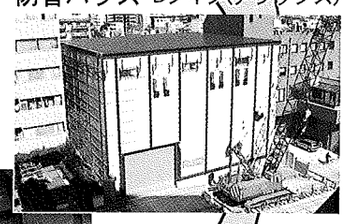
超低騒音：標準78dB(A)、オプションサイレンサーで60dB(A) 以下も可能。
省エネ：インバータでファンの回転数を制御するため無負荷電流がなく、人－△直動方式や可変ピッチ方式より大幅に省エネができます。
高効率：固定翼、インバータ制御で広い性能点で効率のいい運転。
制御：ダストセンサーによる自動制御、集塵機との連動運転が可能。
（特許　第1742880　ダストセンサーによるインバータ制御）
使い易さ：軽量、INV高調波対策も万全、ソフトスタートでダクトを痛めずファンのメンテナンスも軽減。
高価なフリッカ対策設備も不要。
ｺﾝｻﾙﾃｨﾝｸﾞ：長年にわたってつちかって参りました弊社の換気のノウハウを生かし、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。

株式会社流機エンジニアリング
URL：http://www.ryuki.com　E-mail：eigyobu@ryuki.com
本　社／〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 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 茨城県真壁郡関城町大字花田字西山84-6
ﾘｰｽｾﾝﾀｰ TEL：0296（37）7680（代）FAX：0296（37）7681

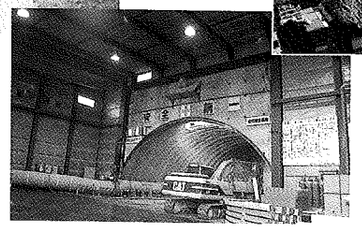
快適な環境を尊重し、理想の作業スペースをクリエイトする



防音シェルター　Dタイプ(デラックス)



防音ハウス Dタイプ(デラックス)

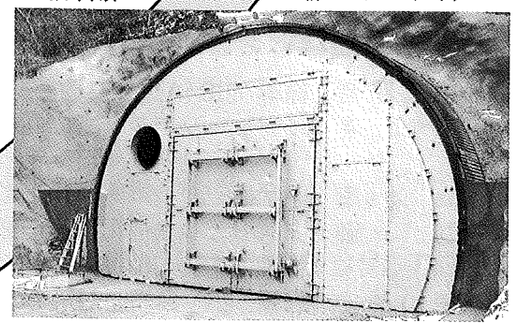


シェルター:ハウス内部



防音壁　Sタイプ(スタンダード)

防音扉　新マークⅡcタイプ



ISO9001認証取得　防音設備の設計、製造、施工、リース:MSA-QS-2351

◆計量証明事業登録 騒音レベル第913号　◆建設業登録 とび・土工工事業(般-12 第75054号)

ヒューズ工業株式会社

FUSE INDUSTRIES CO.,LTD.

本　　社　〒132-0035　東京都江戸川区平井6-35-5 HFビル　TEL03(3617)8111　FAX03(3617)7565

大阪営業所　〒531-0072　大阪市北区豊崎3-15-19 東洋東ビル　TEL06(6359)2611　FAX06(6359)2288

つくば資材センター　〒304-0824　茨城県結城群千代川村大字村岡998-1　TEL0296(30)7888　FAX0296(30)7655

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

degussa.

creating essentials

メイコSA163に策あり!



吹付けコンクリートの品質向上と粉じん対策が強く求められる吹付け工事。**「メイコSA163」**は成分中にアルカリ分をほとんど含まない液状急結剤で、作業員に対する安全性が高く、しかも粉じんおよびリバウンドを大幅カット。作業環境と経済性を飛躍的に改善します。また、単位水量を大幅に低減する湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤**「NT-1000シリーズ」**を併用することにより、さらに付着性や急結性、強度発現性などが優れる、品質の安定した経済的な吹付けコンクリートの施工を可能にします。

低アルカリ型液状急結剤

メイコ® SA163

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤

NT-1000シリーズ

- 高強度化・施工性の改善をするシリカフューム**「メイコMS610」**
- 湿式吹付けコンクリートの練り置き時間を1～16時間までコントロールする**「デルボクリート」**

資料進呈／詳しくは、本社UGC営業部または、最寄りの事業所にお問い合わせください。

●(株)エヌエムビーは中央研究所と茅ヶ崎工場において、ISO9001およびISO14001の審査登録をしています。

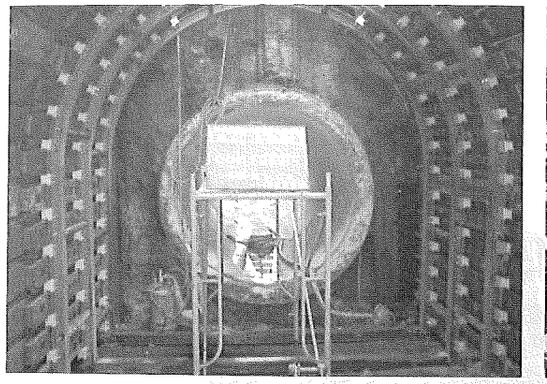
株式会社 エヌエムビー
株式会社 ポゾリス物産

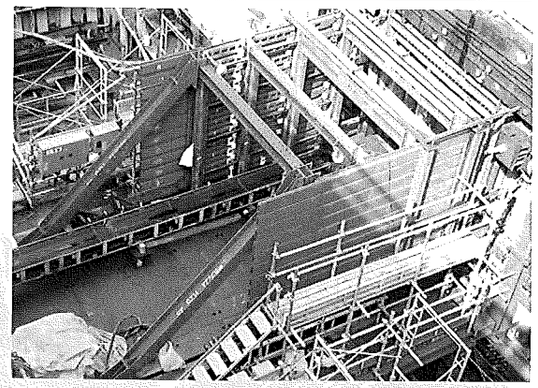
●本社／東京都港区六本木3-16-26 TEL03-3582-8811(直) FAX.03-3583-3800
●支店／東京、大阪 ●営業所／札幌、仙台、宇都宮、千葉、横浜、上越、松本、静岡、名古屋、高松、広島、福岡、鹿児島

URL／http://www.nmb-pbk.co.jp

謹　賀　新　年

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）

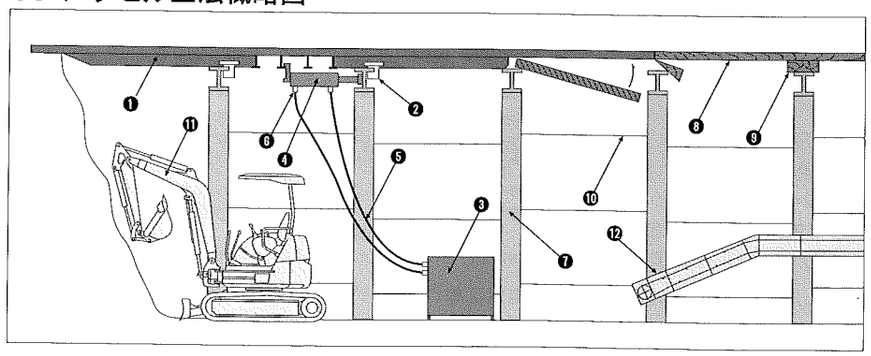
特徴

- 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



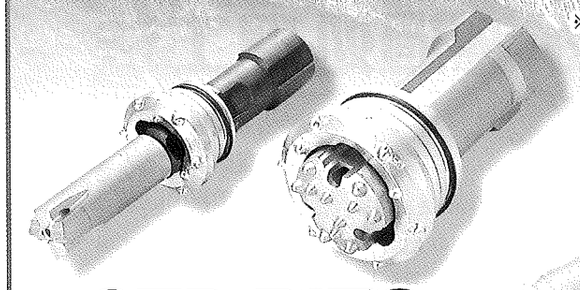
❶SS-メッセルプレート
❷スタビライザ
❸油圧ユニット
❹油圧ジャッキ
❺油圧ホース
❻油圧手許切換装置
❼支保工
❽木矢板
❾木製キャンバー
❿径間パイプ、タイロットボルト
⓫バックホウ
⓬ベルトコンベア

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

謹　賀　新　年

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。



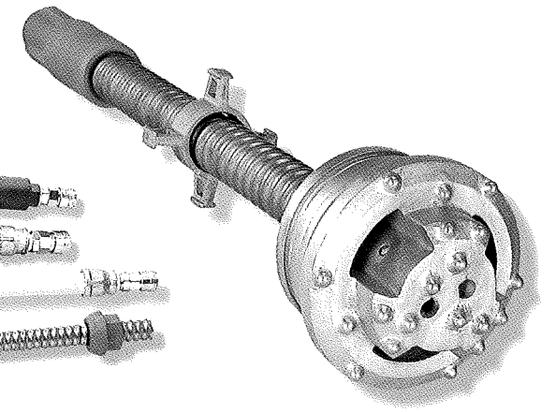
STD BITS

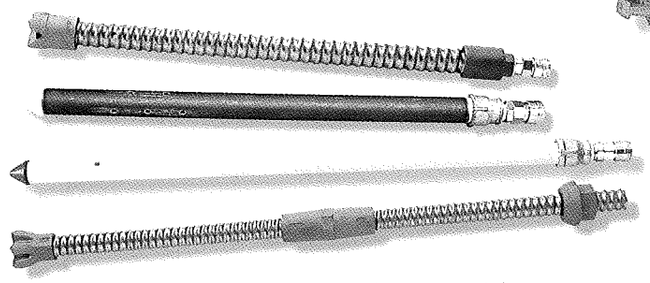
（ロストリング方式）

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

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。

名称		形状 外形状	形状 内径	降伏荷重 (kN)	破断荷重 (kN)
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	>215
	GFRP	φ28	φ17	–	>180

※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。

STE
エスティ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

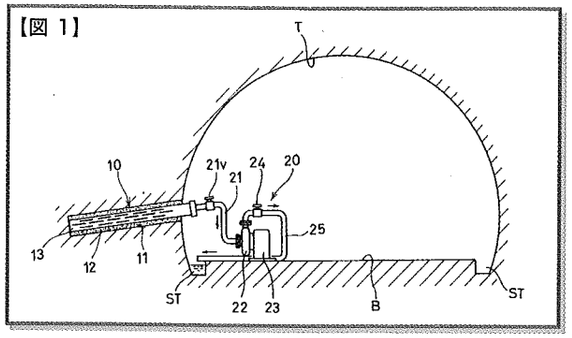


トンネル坑内湧水濾過処理工法

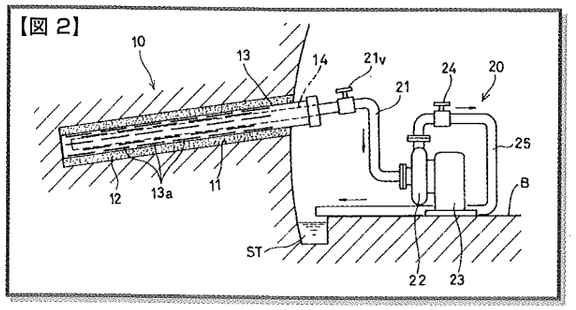
特許 第3497116号

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ー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。

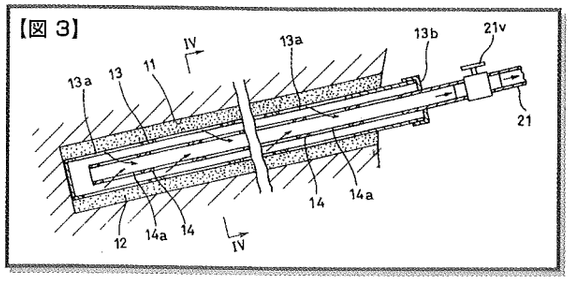
【図 1】



【図 2】

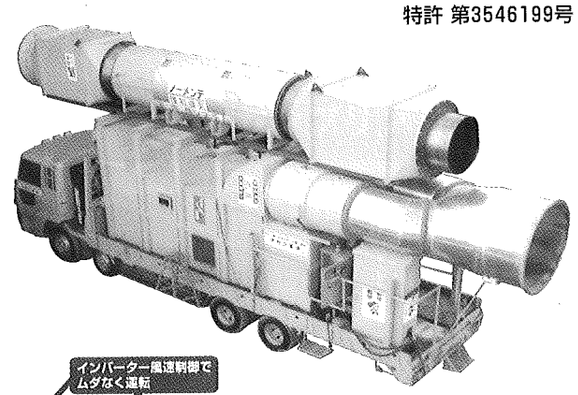


【図 3】



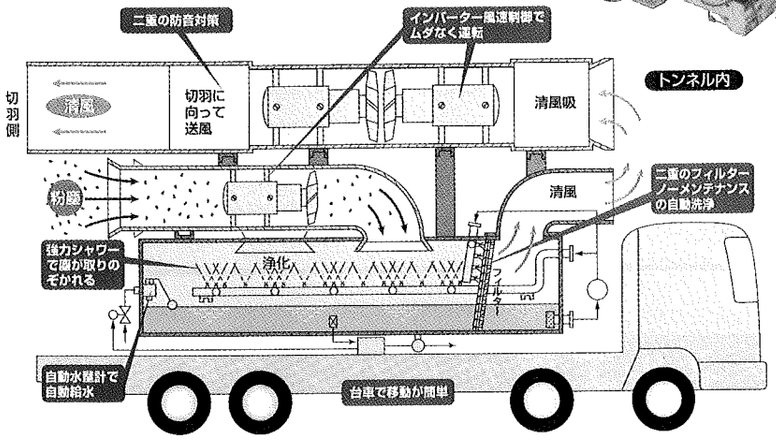
ノーメンテナンス“集塵機”強制換気システム

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	集塵機強制換気ファン	
		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180mmAq×9.8=1,764pa	1台当り全圧180mmAq×9.8=1,764pa×2台	1台当り全圧240mmAq×9.8=2,352pa×2台
	回転数	1,450rpm 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連直列	SW80kw 2連直列
	口径	—	φ1,200	φ1,300
	風量	—	1,300m³×1　1,300m³	1,500m³×1　1,500m³
	全圧	—	全圧500mmAq×9.8=4,900pa	全圧500mmAq×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% 岩切粉塵 40%　吸気1,000カウント～排気200カウント	セメント粉塵 60% 岩切粉塵 40%　吸気1,000カウント～排気200カウント	セメント粉塵 60% 岩切粉塵 40%　吸気1,000カウント～排気200カウント
	1カンウント	＝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変換できます	

S 株式会社 阪本商会

http://www.sakamoto-shokai.co.jp

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

謹　賀　新　年

コンパクトで計量精度は抜群…

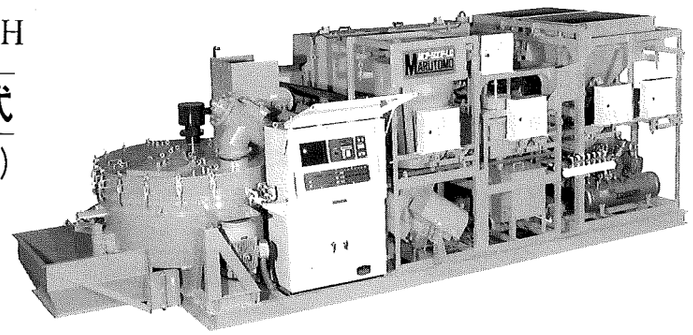
丸友の移動式 コンクリートプラント

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)



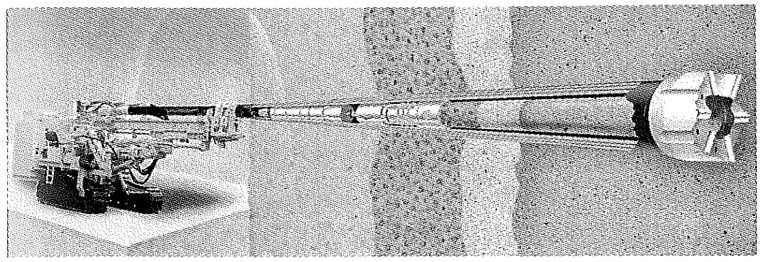
丸友機械株式會社

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)

謹　賀　新　年

トンネル掘さくの安全施工に
アロードリル前方探査システム

パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■特長

①断層破砕帯や湧水をともなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行え、施工時間が大幅に短縮できます。

②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわりなく、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。

KOKEN 鉱研工業株式会社

本　社　〒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/

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ



特許第1610830号

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

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

0～20（約2年）　20～30（1年6か月）
30～40（約1年）　40～50（6か月）

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

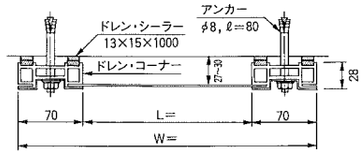
中濃産業株式会社
代表取締役 土田義式

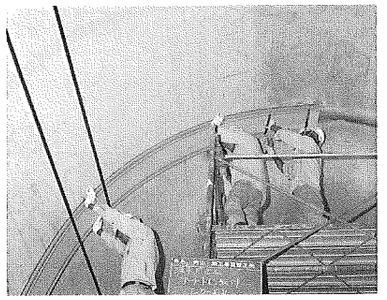
本　社　〒501-1534 岐阜県本巣市根尾神所 362-1
TEL(0581)38-2241(代)　FAX(0581)38-3383
営業所　〒501-1203 岐阜県本巣市文殊 64-387
TEL(0581)34-3990(代)

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に

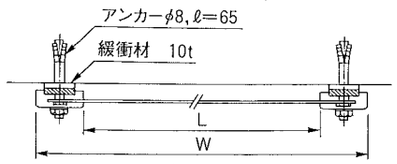
アーチ・ドレン導水樋

■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。





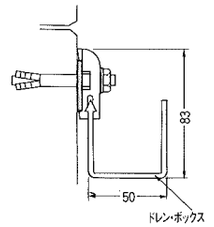
コンクリート剥落対策に
アーチ・パネル



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

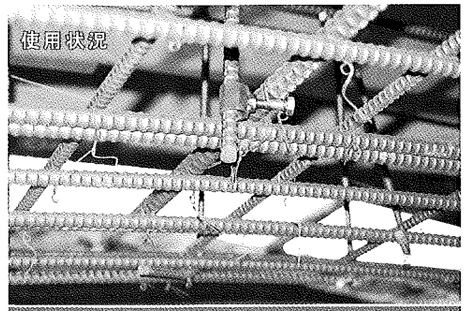
〒910-2166　福井市小路町4－12－1
☎0776(41)3725 FAX0776(41)3455
e-mail n-doren@sky.hokuriku.ne.jp

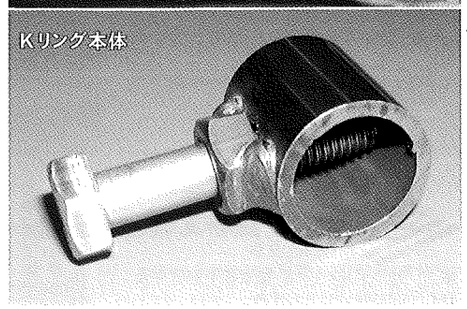
コストダウンを可能にする Kリング

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

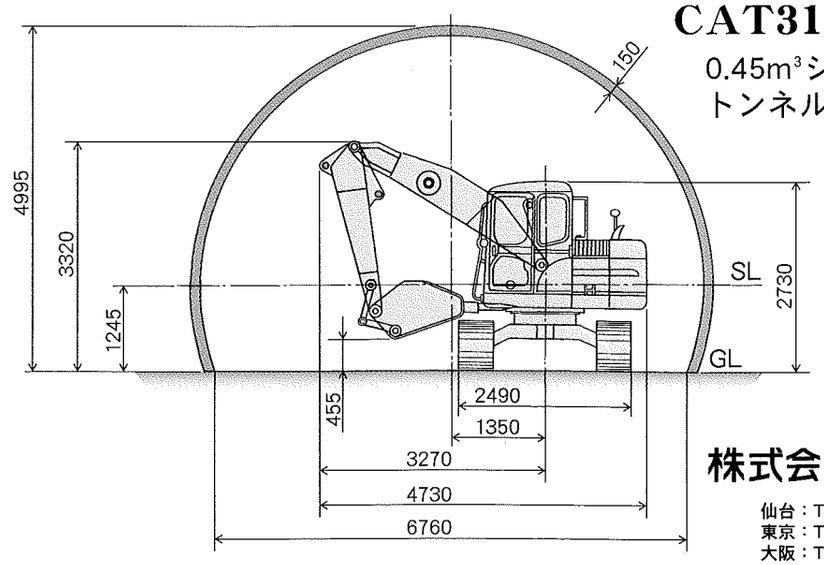
鹿島・西松・大豊共同企業体　第二東名高速道路　富士川トンネル東工事
大林・白石・地崎工業共同企業体　第二東名高速道路　掛川第三トンネル工事
奥村組・名工建設・矢作建設工業共同企業体　第二東名高速道路　島田第五トンネル工事

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。



21世紀の地球環境を見つめる土木専門図書

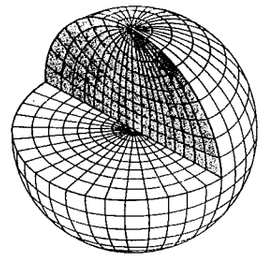
ブロック理論と岩盤工学への応用
R.E.グッドマン，G.H.シー著／吉中龍之進・大西有三訳
A5判　360頁　税込5,097円　送料340円

建設工事の保安地質学【改訂版】
石井康夫　著
A5判　474頁　税込6,300円　送料340円

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

岩盤地下空洞の設計と施工
E.フック，E.T.ブラウン　共著
小野寺透・吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆　共訳
B5判　444頁　上製本　税込10,290円　送料450円

山岳トンネルの新技術
ジェオフロンテ研究会　編纂
B5判　500頁　税込15,301円　送料450円



わかりやすいトンネル力学
福島啓一　著
B5判　286頁　税込6116円　送料340円

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

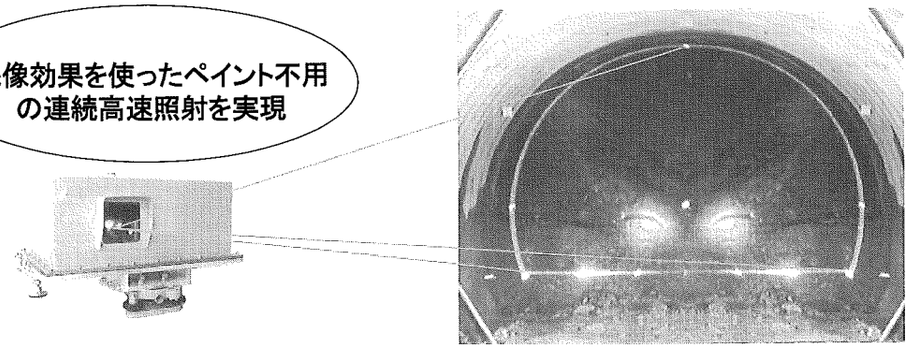
地質工学概論
菊地宏吉　著
B5判　276頁　税込4,994円　送料340円

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

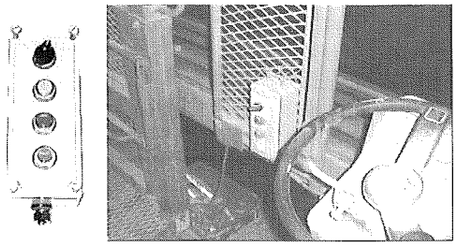
レーザーマーキングシステム

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

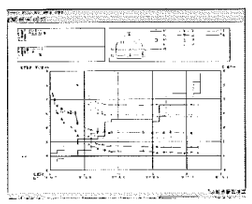


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

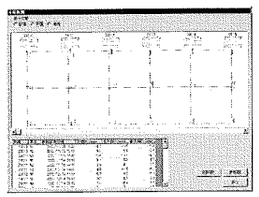


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

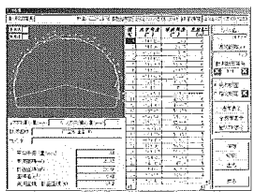
各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。



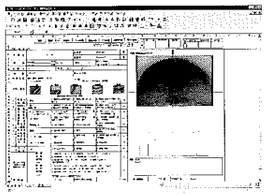
A計測データ処理



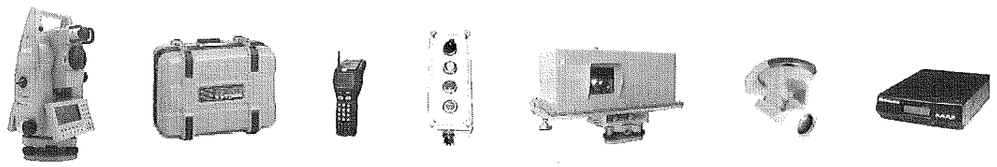
支保工立込精度、変形量



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 千葉県市川市曽谷8−16−3
TEL (047) 371-3191　FAX (047) 371-3190

〔販売元〕
古河機械販売株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

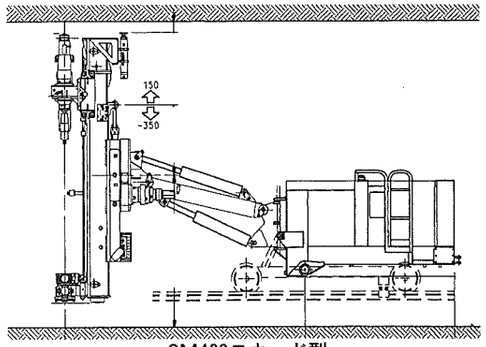
謹　賀　新　年

トンネルの削孔機械・輸入資材

● 油圧削孔機 SM シリーズ
狭いトンネル内での施工にショートマストで対応します。

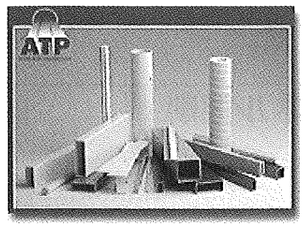


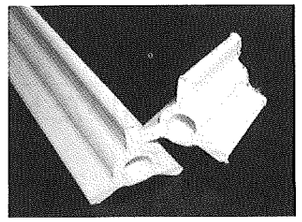
SM103



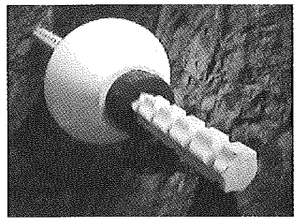
SM400スキッド型

● グラスファイバーチューブ & 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。



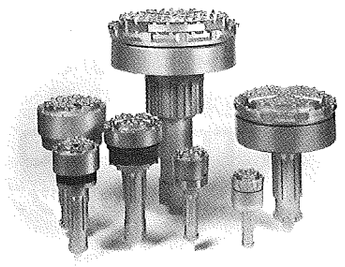


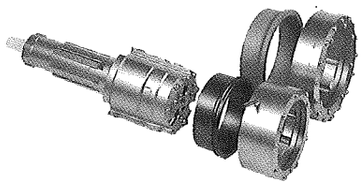
STAR 500S



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





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

トンネルと地下　1月号目次　Vol.36, No.1, 2005 Jan.

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻　頭　言

平成17年の年頭にあたって
三谷　浩……5

■研　　究

都市内道路シールド分合流の非開削拡幅技術の開発
―サイドランプ接続部の大地下空間の構築方法―
寺山　徹・山本　泰幹・今田　徹・田家　学……49

■計　　画

明治通り下池袋～渋谷間の地下鉄シールド工事の概要
―東京メトロ13号線―
藤木　育雄・中村　博征・景山　良……35

■報　　告

シールド発進・到達工実態調査報告(1)
ＪＴＡ都市トンネル小委員会……59

■施　　工

極小土かぶりにおける保護盛土を用いたトンネル掘削
―北陸新幹線　高社山トンネル南工区―
依田　淳一・今村　庄一・川島　康広・木村　亮之……7

洪積砂礫層の小土かぶりめがねトンネル
―南多摩 新滝山街道　戸吹トンネル―
田中　隆行・黒川　清和・荒川　真一・森田　篤……17



CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

ダブルジャッキ式シールドによる施工
―東京水道多摩丘陵幹線　第一整備区間第１工区―
佐藤　常男・小泉　美彦・青木　康治……27

■連載講座

山岳トンネルにおける工事用機械の選定(15)
ＴＢＭ(2)―断面別―
「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……67

多様化するシールド掘進技術(11)
既設シールド撤去工法，DSR工法
土橋　浩・濱井　武・倉持　豊・岸梅　博……79

■現場だより

『東九州自動車道の玄関』小倉より
小田　尚生……16

「肉じゃが発祥の地？」呉より
馬場　謙二……34

■資　　料

土木情報
編　集　部……26

トンネル千夜一夜(１)
小野田　滋……46

トンネルジャーナル
編　集　部……48

工法・技術・製品ニュース
編　集　部……78

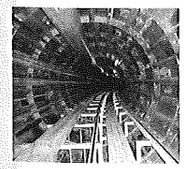
トンネルワールドニュース
JTA国際委員会国内広報ワーキング　…88

海外文献速報
JTA研究開発委員会……89

■会　　報

会　報
日本トンネル技術協会……92

【表紙説明】　ダブルジャッキ式シールドによる施工
―東京水道多摩丘陵幹線　第一整備区間第１工区―



多摩丘陵幹線は，多摩市内の聖ケ丘給水所から八王子市内の鑓水小山給水所を経て，多摩川左岸の昭島市拝島に建設中の拝島ポンプ所(仮称)に至る，口径1,500㎜，総延長が31.6kmの送水幹線である．

第一次整備区間の１工区(鑓水小山給水所から町田市小山町間)では，ダブルジャッキ式同時掘進シールド工法を採用した．写真は，同時掘進区間の仕上がり状況である．

〔写真提供：東京都〕（本文27頁参照）

謹　賀　新　年



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

会誌委員会の構成（五十音順・敬称略）

〔委　員　長〕

橋本定雄　不動建設株式会社特別顧問
（元）東京都下水道局長

〔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
猪俣　正　飛島建設株式会社執行役員技師長
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
田川弘義　株式会社竹中道路取締役社長
千葉　隆　清水建設株式会社土木事業本部 技術第二部部長
永島　茂　東京地下鉄株式会社鉄道本部工務部次長
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
濱　建介　株式会社アオバ取締役会長
三浦正彦　株式会社大林組土木技術本部技術部長
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
山田邦博　国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官
山田隆昭　日本道路公団技術部調査役

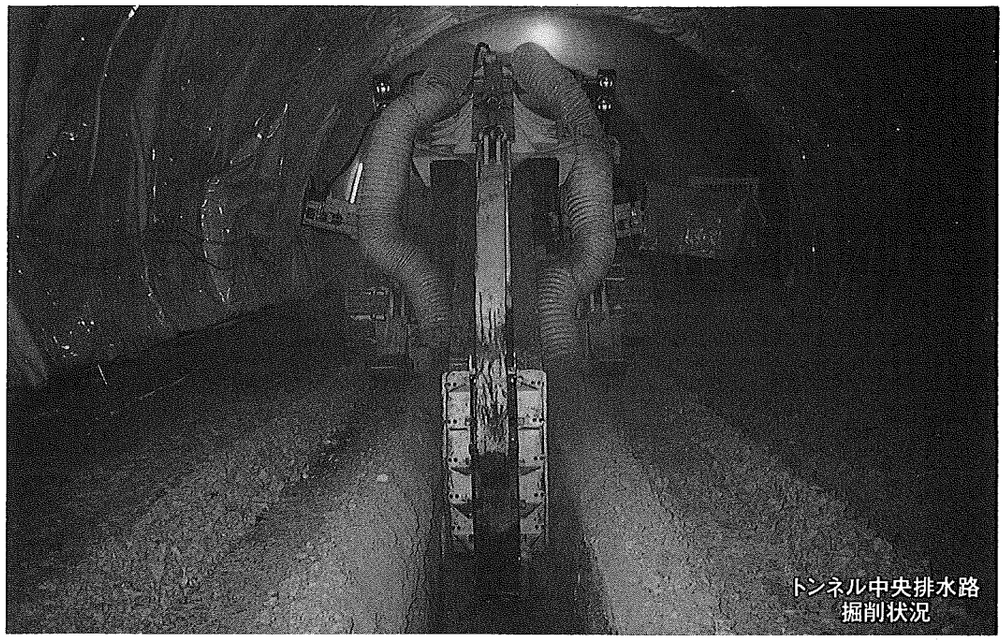
編集顧問の構成（五十音順・敬称略）

伊吹山四郎　攻玉社工科短期大学名誉学長
島田隆夫　鉄建建設株式会社社友
高橋彦治　伸光エンジニアリング株式会社技師長
田島利男　株式会社ロードエンジニアリング代表取締役
西松裕一　東京大学名誉教授
林　博　西松建設株式会社専務取締役
松本崇義　（元）東京都理事
丸安隆和　東京理科大学教授
宮川房夫　株式会社熊谷組専務執行役員
吉川新吉　東京発電株式会社常任監査役
吉村　恒　吉村とんねる・らぼ

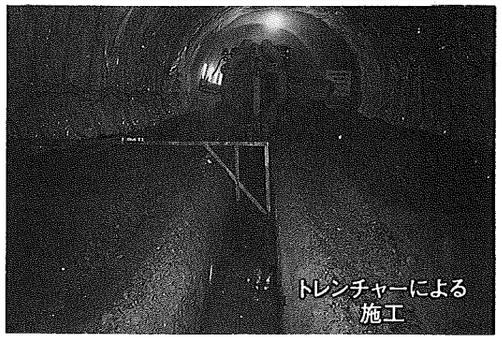
謹　賀　新　年

トレンチャー

硬質地盤の溝堀はトレンチャーをお試し下さい。


トンネル中央排水路
掘削状況


施工例


トレンチャーによる
施工

トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	TRS-985	1175/D7	40/30	60/35
メーカー名	テスメック	テスメック	マステンブルグ	マステンブルグ
掘削幅（最小）cm	45	75	70	70
掘削幅（最大）cm	60	100	110	110
掘削岩の硬さ（最大）	500kg/cm²	700kg/cm²	700kg/cm²	1000kg/cm²
重量 t	36	53	50	59
長さ m	13.0	10.8	14.0	15.4
幅 m	2.5	3.2	2.95	2.98
高さ m	3.30	2.86	3.00	3.20
エンジンの出力 PS	300	402	450	600

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

ワールド開発工業株式会社

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

編集委員会の構成（五十音順・敬称略）

〔編集委員長〕

橋本定雄　不動建設株式会社特別顧問
（元）東京都下水道局長

〔編集参与〕

伊藤良行　株式会社復建エンジニヤリング 第一技術部部長
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
今田徹　東京都立大学名誉教授
定塚正行　株式会社コンテク代表取締役社長
鈴木章　日本下水道事業団理事
濱建介　株式会社アオバ取締役会長
水谷敏則　（財）先端建設技術センター 専務理事

〔委員〕

大月喜雄　東京地下鉄株式会社建設部 新宿工事事務所所長
橿尾恒次　東京都交通局建設工務部保線課長
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
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
清水満　東日本旅客鉄道株式会社建設工事部 構造技術センター課長
清治均　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
高橋良文　東京都下水道局計画調整部事業調整課長
原薗一矢　東京都水道局建設部工務課長
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）
山田隆昭　日本道路公団技術部調査役

謹　賀　新　年

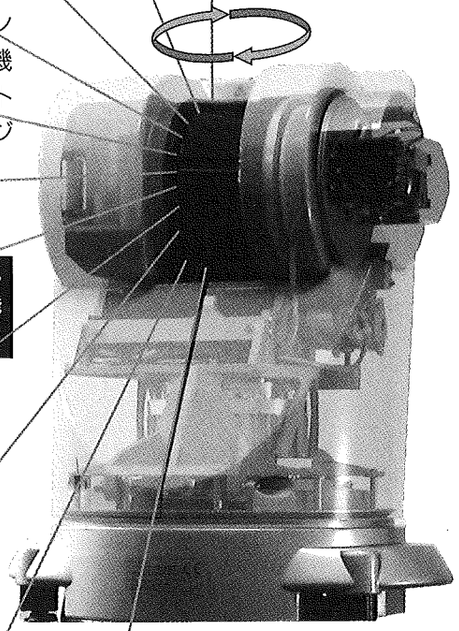
Callidus™ レーザースキャナー

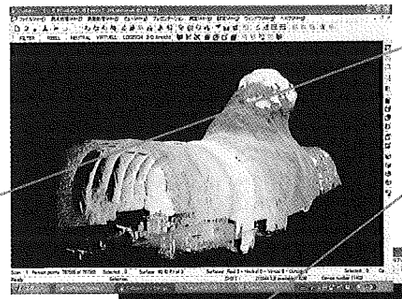
3次元トンネル断面計測機

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。

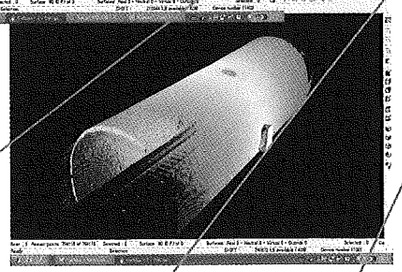
(1) 直径約8mのトンネルの場合

全周360°を10分でスキャン





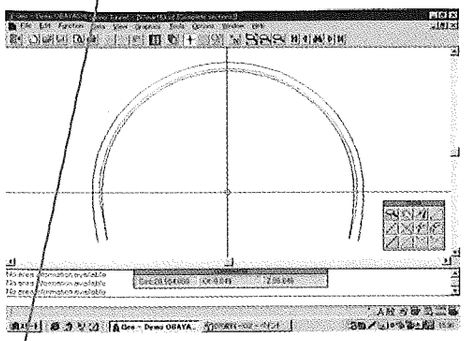
特殊なトンネル形状も対応可能です。



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

トンネルと地下　VOL. 36　No. 1　掲載概要

掲載頁 7

極小土かぶりにおける保護盛土を用いたトンネル掘削
—北陸新幹線　高社山トンネル南工区—

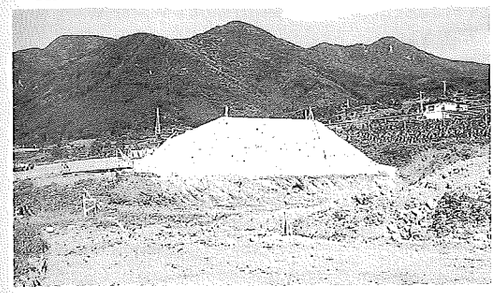
(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構　依田　淳一

北陸新幹線高社山トンネル南工区は，延長1,560mのうち坑口部約280mは土かぶり５m以下の小土かぶり区間であり，とくに坑口より約80mは−１～２mと保護盛土が必要な区間である．保護盛土区間直上付近は，果樹園，市道，用水路が存在し，これらへの影響を抑制する必要がある．とくに市道とトンネルとは保護盛土を施工後，その上に市道を再敷設することになっており，道路荷重および小土かぶりにおける荷重を考慮した覆工が必要とされる．本稿では，高社山トンネル南工区の坑口部における極小土かぶりにおける保護盛土を用いたトンネル掘削について報告する．

Application of Protection Embankment Method to Tunnel Excavation having very shallow –Hokuriku Shinkansen (Superexpress) Line, Koushasan Section–

By Junichi Yorita, Japan Railway Construction, Transportation and Technology Agency

The south section of Koushasan Tunnel of Hokuriku Shinkansen Railway Project has a length of 1,500 m and the cover within the distance of 280m from the portals is up to 5 m and the one within the distance of 80 m from the portals ranges from −1 to 2 m. In this construction condition, the protection of tunnel cover area is absolutely necessary using the embank method. On the embankment to be constructed, orchards, roads and waterways will be located and the negative impact by tunnel construction to them shall be mitigated. In the design stage, the traffic load to the tunnel having the very shallow cover shall be considered. This paper reports the tunnel construction using the protection embank method.



写真は保護盛土施工状況

掲載頁 17

洪積砂礫層の小土かぶりめがねトンネル
—南多摩 新滝山街道　戸吹トンネル—

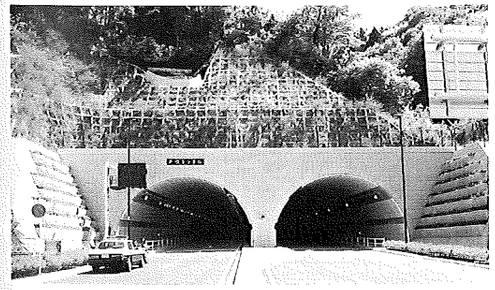
東京都南多摩西部建設事務所　田中　隆行

戸吹トンネルは八王子左入町とあきる野市秋留橋を結ぶ幹線道路として整備を進めている新滝山街道のうち，600m区間を山岳方式にて構築されたトンネルである．トンネルの特徴として小土かぶりの土砂地山におけるめがね型トンネルで，一部河川の下を通過ことが挙げられる．めがねトンネルは施工過程が多く，工期を短くするためにいくつかの工種は並行作業が要求される．本工事では先進坑インバート閉合と後進坑切羽掘削の時期に着目し，掘削時期のトンネル安定性へ与える影響についてFEM解析を用いて検討した上で，安定性を確保しつつも工期短縮に有利な施工方法を実施した．安定性検討にはとくにセンターピラーに作用する荷重に着目している．施工順序の検討概要のほか，河川横断部の対策工や計測結果について概要を報告する．

Construction of twin tunnel in diluvial sand with shallow cover –Tobuki Tunnel of Shin–Takiyama Kaido Street in Minami–Tama –

By Takayuki Tanaka, Tokyo Metropolitan Government

Tobuki Tunnel is one part of Shin–Takiyama Kaido Street, a glasses–shaped twin tunnel, and has a length of 600 m jointing Sairi–cho of Hachioji City and Akiru Bridge of Akiruno City, and a shallow cover. This tunnel was constructed in the diluvial sand strata by the NATM and passes a river. One subject of this tunnel project was to save the construction period because the construction of twin tunnel has relatively many steps. To solve this matter, the closure of invert of the preceding tunnel and the excavation of following tunnel were done coincidently. Before the construction, the safety of tunnel structure, especially, the one of center pillar, was checked by the FEM. This paper describes the major points of construction, the measures to pass the river and the measurement during the construction.



写真は戸吹トンネルあきる野側坑口

掲載頁 27

ダブルジャッキ式シールドによる施工
—東京水道多摩丘陵幹線　第一次整備区間・第１工区—

東京都水道局　佐藤　常男

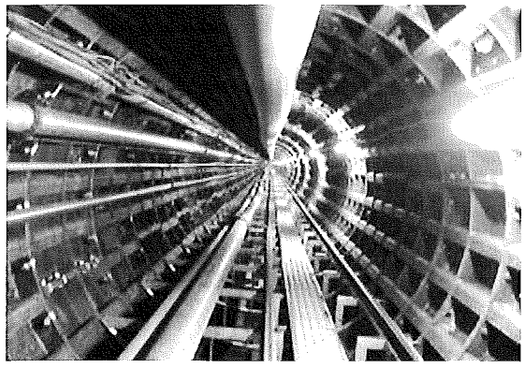
多摩丘陵幹線は，多摩市内の聖ケ丘給水所から八王子市内の鑓水小山給水所を経て，多摩川左岸の昭島市拝島に建設中の拝島ポンプ所(仮称)に至る，口径1,500㎜，総延長が31.6kmの送水幹線である．

この幹線の整備は，まず，第一次整備区間として聖ケ丘給水所から鑓水小山給水所までの延長12.6kmを実施している．本稿は，丘陵幹線の路線計画，工法選定等について概要を説明し，施工事例として第一次整備区間の１工区(鑓水小山給水所から町田市小山町間)のシールド工事について，当該工区のもっとも特徴的である「ダブルジャッキ式同時掘進シールド工法」について報告する．

Water supply tunnel by Double-Jack Shield Method in Tama, Tokyo

By Tsuneo Sato, Tokyo Metropolitan Government

Tama-Kyuryo Water Supply Line Main joins Hijirigaoka Water Work Station in Tama City and Haijima Pumping Station in Akishima City, and has a length of 31.6km and a diameter of 1500㎜. The first stage of this project is a tunnel construction of water supply with a length of 12.6km between Hijirigaoka Water Work Station and Yarimizuoyama Water Work Station. The first stage of this project is to construct a water supply tunnel by the shield tunnel method, jointing Yarimizuoyama Water Work Station and Oyamacho in Machida City. This paper presents the outline of the first stage of the first section such as the planning of alignment and the process of selection of construction method In this project, the double-jack shield tunnelling method which enables the coincident works of the shield advance and the assembling of segmental lining is adopted.



写真は同時掘進区間仕上がり状況

掲載頁 35

明治通り下池袋～渋谷間の地下鉄シールド工事の概要
—東京メトロ13号線—

東京地下鉄(株)　藤木　育雄

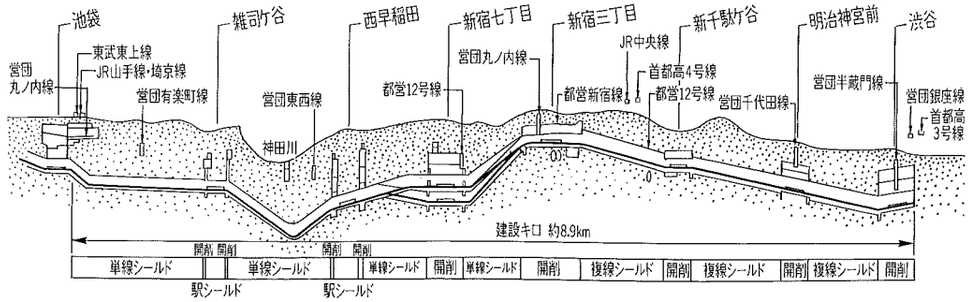
東京地下鉄(株)(以下，「東京メトロ」という)は，地下鉄13号線池袋～渋谷間の建設を進めており，平成19年度の開業を目指している．地下鉄13号線の建設は，東京メトロとして最後の新線建設となることから，丸ノ内線の建設以来蓄積された駅やトンネルの建設技術の集大成として，各種新技術を開発・採用している．

本稿は，この地下鉄13号線建設工事のうち，シールド工事の計画概要について紹介するものである．

Tokyo Metro Line No.13 by Shield Tunnelling –The last Subway Line in Tokyo–

By Ikuo Fujiki, Tokyo Metro Co., LTD

Tokyo Metro Co., LTD is now constructing Tokyo Metro Line No.13 between Ikebukuro and Shibuya, which will be under operation in 2007. This subway line will be the last one to be constructed in Tokyo area by Tokyo Metro Co., LTD which has constructed the subway network of Tokyo area since the execution of Marunouchi Line. Technically, integrated tunnelling technologies and newly developed ones in Japan to construct subway tunnels and stations are adopted in this project. This paper introduces the outline of tunnel construction by the shield tunnel method in this project.



図は13号線路線縦断図

掲載頁 49

都市内道路シールド分合流の非開削拡幅技術の開発
—サイドランプ接続部の大地下空間の構築方法—

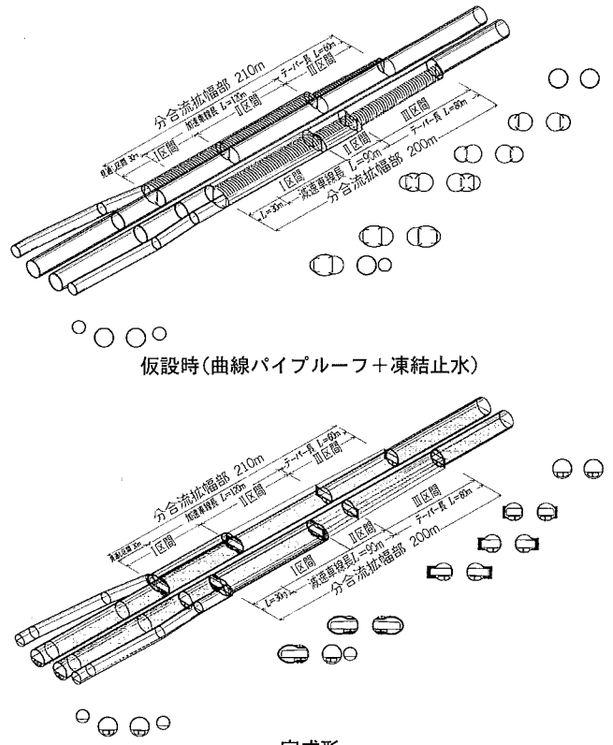
首都高速道路公団　寺山　　徹

道路シールドトンネルに出入口を非開削で接続する場合において，安全かつ合理的な分合流拡幅部の構造および施工法の確立を目的として技術検討を行った．本検討の対象とするのは，都市部の住宅地下を通る道路シールドトンネルであり，立坑が利用できないすべて非開削の厳しい施工条件下で，サイドランプ方式の分合流拡幅部を建設するときの拡幅施工法である．各種施工法案の技術検討を行った結果，安全かつ合理的な分合流拡幅部の構造および施工法の候補の一案として，シールド工法のランプトンネルを利用して，分合流拡幅部を構築する構造および施工法を考案するとともに，今後の施工技術開発などが必要な課題についても明らかにした．

Development of Side Ramp Junction Construction Technology by Bored Tunnelling Method

By Toru Terayama, Tokyo Metropolitan Expressway Public Corporation

Junction which joins expressway in underground and roads at grade is usually constructed with the cut and cover method. Tokyo Metropolitan Expressway Public Corporation (MEX) developed the safe and rational construction method of ramp junction and researched reliable structure of it. This method is to enlarge underground space by the bored tunnelling method such as the shield method, and enables to construct ramp junction jointing shield tunnel and surface in densely populated urban areas where shaft cannot be excavated by the cut and cover method. MEX proposes the technology to construct ramp junction by the bored tunnelling method in this paper.



仮設時(曲線パイプルーフ＋凍結止水)

完成形

図はランプシールドを利用した拡幅施工法の構造概念図

謹　賀　新　年

高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する
エレファントノズルシステム
第２東名高速道路・北陸新幹線工事で活躍中

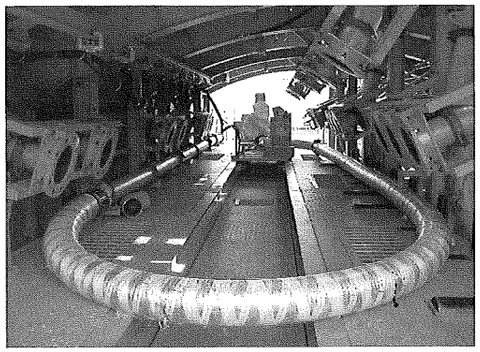
品質の向上

1. 多孔からのコンクリート投入が可能でブロック打設を実現します。
　効果：コンクリート品質の低下を抑えられます。

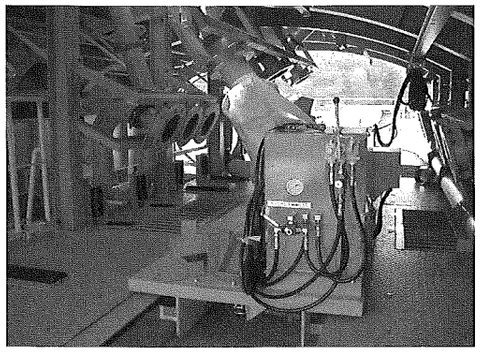
環境の改善

1. コンクリート配管を組解体する苦渋作業から解放します。
　効果：迅速な配管切替えが可能で省力化が図れます。

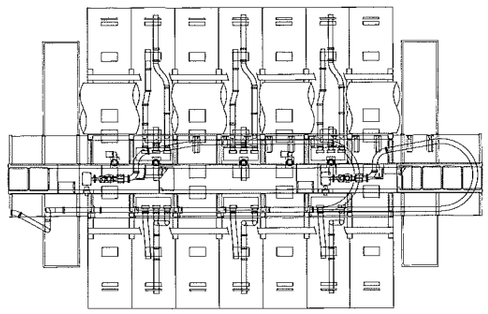
システム全景



配管挿入状態

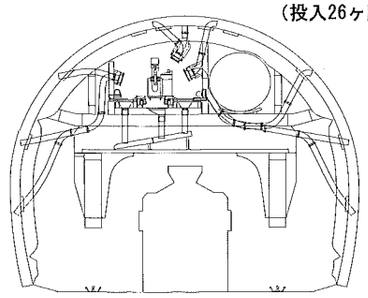


全体平面図



全体トンネル断面図

（投入26ヶ所）

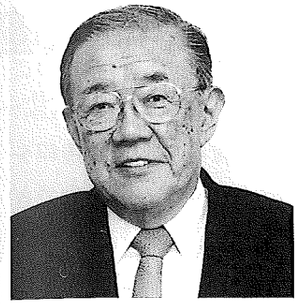


岐阜工業株式会社
GIFUKOGYOU CO.,LTD
GIFU KOGYO
本　　社　岐阜県本巣市十四条１４４番地　〒501-0464
本社工場　TEL (058)323-2000(代)　FAX (058)323-1176

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/

巻頭言
（題字　三谷　浩会長）



平成17年の年頭にあたって

（社）日本トンネル技術協会会長
三谷　浩

平成17年酉年の門出を迎え，新年のお祝いを申し上げます．旧年中は日本トンネル技術協会の諸活動について，皆様方には格段のご支援，ご協力をいただきまことにありがとうございました．本年も引き続きよろしくご指導，ご鞭撻を賜りますようお願い致します．

グローバル化の一段と進む中で，昨年は国外ではイラク戦争後の治安が一層激化し，最悪のテロ事件が続発し情勢は予断を許せません．米国大統領選の結果はブッシュ大統領の再選になりましたが，世界は引き続き不透明な情勢で，何があってもおかしくないといったら，言い過ぎでしょうか．

一方，国内景気の方は失われた十年と言われ，久しく低調が続いていましたが，ようよう回復基調に入ったと言われ，やや明るいニュースも聞かれるようになりました．

しかし，人々の暮らしや，社会活動の面では何と言っても，自然災害の続発が最大の憂慮すべき関心事でした．台風の本土襲来が例年の３倍以上となり，洪水，浸水，土砂災害が各地で発生しました．また台風23号襲来の直後に，震度７の新潟県中越地震が発生し，電力，通信，運輸などインフラ，ライフラインに多大の被害を与えました．強い余震の続発もあり，復旧も困難を極め，被害を受けられた方々に大変厳しい日々が続いております．一日も早い生活環境の回復を心から祈っております．改めて地震に強い社会インフラの整備，安全性の保持と関連のリスク対策の徹底がいかに重要であるかを認識させられました．一般的に地震に強いと言われていたトンネルも，新幹線，幹線道路等で被災したのも衝撃的でしたが，本協会の有力会員も調査，復旧に日夜を問わず取り組んでおります．

わが国の建設投資額も低下が続き，トンネル関連の事業費も伸び悩んでいます．また78年当時に比し，現在の消費者物価指数は約2.5倍と伸びていますが，トンネル建設については，ほぼ横ばいです．つまりトンネル建設にかかわる費用は，６割ものコスト削減がなされてきたという見方もあります．そのような厳しい環境のなかで，新幹線の長大トンネルの建設が東北，北陸，九州で，また道路，地下鉄，電力トンネルなどの建設も進んでいます．とくに大深度地下トンネルについては，分岐・合流の建設技術の開発が進められています．

ところでトンネル技術協会は，昨春以降一層の会員サービスの向上と，国内外の新しい課題に即した活動の展開を目指して，協会活動の見直し，改善を進めてきました．関係者のご努力の結果，見るべき成果も上がって参りました．いくつかの事項について紹介します．

まず，会員サービス向上の一環として，トンネル技術に関する内外の貴重な知識や情報を会員に提供するしくみを充実させるべく，会誌の見直しと関連の研究成果や情報が検索できるシステムを開発中です．会員と受託事業の確保は大変厳しい状況が続き，私どもも格段の知恵をだし，さらに汗をかかねばなりません．皆様の一層のご協力，ご支援をお願いします．

昨秋，第七回日本・オランダトンネル技術交流会議の開催に合わせ特別セミナーを開催しました．わが国のトンネル技術分野の第一人者の今田徹・東京都立大学名誉教授とオランダCOBオッド局長からトンネル技術の展望などを発表していただき，初めての催しでしたが多数の一般参加者から高い評価を頂きました．また国際ビジネスの推進策について，両国からえりすぐりのパネリストが出席して，大変野心的なセミナーも開催されました．関心のある出席者にとっては，またとない情報吸収の機会であったはずです．

日本のトンネル技術は，世界の最先端を行くものと自負もしており，昨春のシンガポール国際トンネル会議にも，日本から最多の技術レポートが発表されました．国内の技術資料をまとめた海外向け論文集「トンネル技術と活動」も各国の参加者には引っ張りだこでした．ITA総会では，小野紘一・京都大学教授が筆頭副会長に選ばれ，活躍されています．

しかし，日本企業が具体的に海外プロジェクトに参加し，調査・設計・建設を担当するケースは，国際的に高い技術水準に比べれば，まだまだ低調です．トンネル技術の国際交流に関しては，日本から出るばかりで入るものはほとんどない，いわば片側通行だと言う不満も聞かれます．技術やノウハウを国際的に共有し，ギブアンドテイクのもとに日本がグローバル社会で具体的な形でしっかり貢献するためにどうしたら良いか．この課題に取り組んだのが前述のセミナーです．

同様な観点から，当協会はシールド工法技術協会のご支援を得て，ITAホームページ(プライムスポンサー)を利用して，関連邦人企業の技術力，マネージメント能力を世界に広報し，情報交流も併せて行う事業に参画することになりました．これは日本のトンネル関連技術を世界に広くITを通じて 情報を発信・交流し，そして世界の要請に応えるとともに，この分野での邦人企業の一層の活躍を期待したいものです．

わが日本トンネル技術協会も時代の要請に応じて，新しい活動の第一歩を踏み出しました．皆様のご理解とご協力も得て，わが国の技術の輪を広く世界に広げることが今年の大きな目標です．

施工

極小土かぶりにおける保護盛土を用いたトンネル掘削

—北陸新幹線　高社山トンネル南工区—

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構飯山鉄道建設所所長　依田淳一
(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構飯山鉄道建設所副所長　今村庄一
佐藤・大日本・吉川・鹿熊　高社山トンネル南工区JV現場代理人　川島康広
佐藤・大日本・吉川・鹿熊　高社山トンネル南工区JV監理技術者　木村亮之

1　はじめに

北陸新幹線は，東京都を起点として，長野市，富山市，小浜市付近を経由し，大阪市に至る延長約600kmの路線である．このうち，平成9年10月に整備新幹線第1号として高崎・長野間(建設延長126km)が開業している．現在，長野・上越間は平成10年3月，上越・富山間は平成13年4月に，また，石動・金沢間は平成4年8月に工事実施計画の認可を受け，工事を進めている(図-1)．

高社山トンネルは，長野県北部の中野市と飯山市の境界部に位置する高社山(こうしゃさん)(標高1,351m)を貫く4,240mの山岳トンネルであり，北工区(延長2,680m)と南工区(1,560m)の2工区で山岳NATMにより施工している(図-2)．地質年代は，数10万～数100万年前の氷河で代表される地質年代の地層で，日本においては，火山活動が盛んな時代であり，火砕流堆積物，火山岩，安山岩など，色々な種類の地質が混在する山である．

南工区について，坑口部はなだらかな扇状地地形であり，火山山麓扇状地堆積物の未固結な礫混

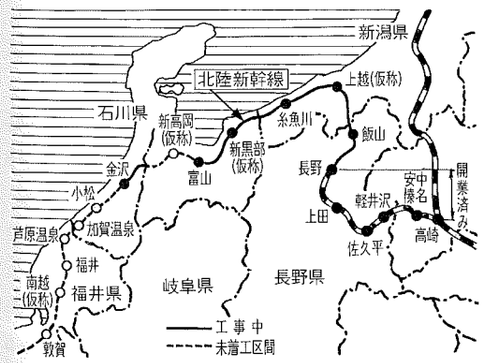


図-1　北陸新幹線(着工区間)ルート概要図

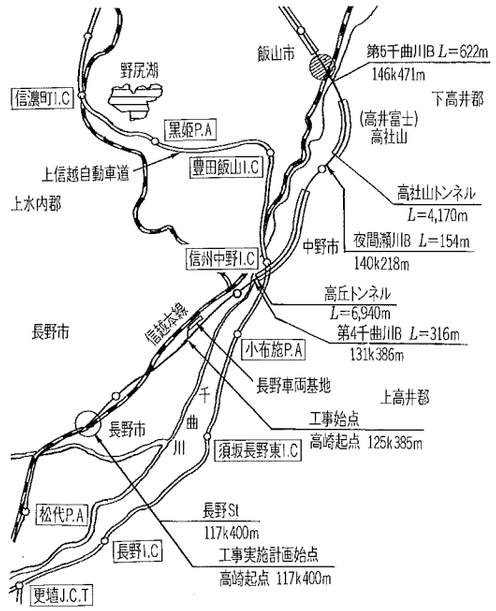


図-2　高社山トンネルルート概要図

じりシルトにおける掘削であった．また，高社山直下では硬質の安山岩部での掘削で一部発破を用いるほど硬質な地山であった．平成15年５月に北工区との工区境に到達，平成15年10月には高社山トンネルの坑口部に到達し，全掘削を完了している．

北工区は火山活動により閉じ込められた高圧湧水帯における掘削であったが，平成16年６月に南工区との工区境に無事到達し，北工区の貫通により，高社山トンネルとして全貫通している．

本稿では，高社山トンネル南工区の坑口部における超小土かぶりにおける保護盛土を用いたトンネル掘削について報告する．

2　工　事　概　要

高社山トンネル南工区は，延長1,560mのうち坑口部約280mは土かぶり５m以下の小土かぶり区間であり，とくに坑口より約80mは－1～2mと保護盛土が必要な区間である．保護盛土区間直上付近は，ブドウ，リンゴなどの果樹園，地元住民が生活道路として供用している市道，用水路が存在し，これらへの影響を抑制する必要がある．とくに市道とトンネルとは保護盛土を施工後，その上に市道を再敷設することになっており，道路荷重および小土かぶりにおける荷重を考慮した覆工が必要とされる．

3　地　質　概　要

坑口部の地質は扇状地地形の火山麓扇状地堆積物で岩塊，礫，砂，粘性土よりなる未固結堆積物である．主に玉石混じり砂礫主体の層と礫混じりシルト主体の層よりなる．N値はおおむね50以上を示すが，基質の部分では９程度である．また，挟在する粘性土層の地山強度比は0.7～1.9程度，N値は10～20程度である(図-3)．

4　保護盛土の施工

高社山トンネル坑口部より，約80m区間は土かぶり２m以下であり，一部，土かぶりがなくトンネルクラウンが地表に出てしまう箇所も存在する．このためトンネル掘削にあたって地山の自立に必要な土かぶり約３mを確保するために，盛土(保護盛土)を行った(図-4～6)．

4-1　保護盛土の考え方

保護盛土の施工にあたり，盛土の補強効果について定量的な解明がなされておらず，未だ設計の考え方が確立されていないのが現状である．一般的にトンネル掘削の観点から，掘削が容易であり，かつ，切羽の自立性が確保される強度は経験的に一軸圧縮強度で1～1.5N/㎟程度必要である．そこで通常のNATMで掘削できる地山相当に保護盛土の強度を確保することとし，保護盛土の設計

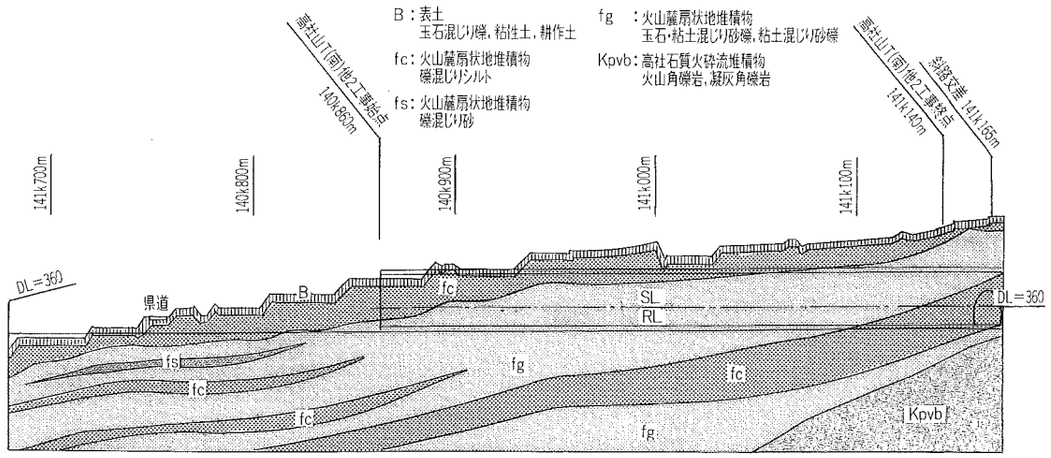


図-3　地質概要図

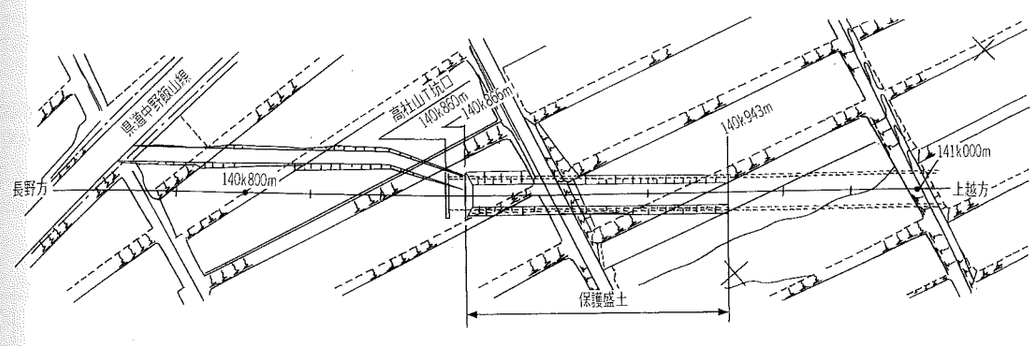


図-4　保護盛土平面図

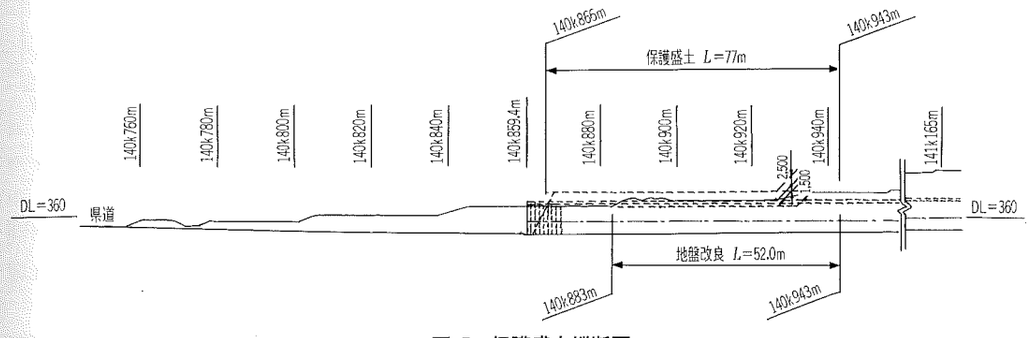


図-5　保護盛土縦断図

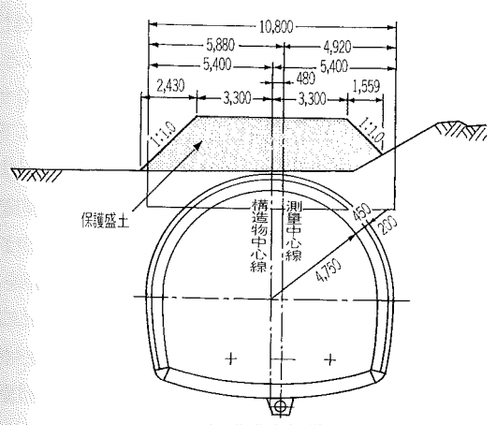


図-6　保護盛土標準図

強度は一軸圧縮強度で1N/㎟とした．

4-2　保護盛土施工計画

土かぶり約３mを確保するためにセメント系固化材を用いた改良土による保護盛土を行う．また，トンネルクラウン部の補強と原地盤と保護盛土との一体化を図るために原地盤の改良も併せて行う．

4-2-1　土　質

保護盛土に使用する固化対象土はトンネル掘削で発生する残土を使用する．土質条件を表-1に示す．

表-1　固化対象土土質条件

土　　質	礫混じり粘性土
自然含水比(%)	22.9
湿潤密度(g/cm²)	2.033
乾燥密度(g/cm³)	1.654

4-2-2　配合設計

配合設計にあたっては，(財)セメント協会の「地盤改良マニュアル」より，一軸圧縮強度について(現場/室内)強さ比を考慮し，室内配合試験より，配合を決定する．これは室内試験と現場施工における条件の違いを調整するためのもので，

① 施工機械と室内試験用混合機械の攪拌性能による混合程度の相違
② 養生室温に起因する強さの差
③ 土質のバラツキ
④ 含水比の相違

など現場の状況の変動を経験的に補正するための指標である(表-2)．

表-2より，現場配合は施工方式にバックホウを用いた場合，強さ比が0.3～0.7にあたり，現地の状況を考慮し，強さ比は0.6として配合設計を行うこととした．これより，配合設計強度は1.6N/mm²とした．

（目 標 強 度）＝1 N/mm²　　(1)

（配合設計強度）＝1 N/mm²/0.6≒1.6N/mm²　　(2)

4-2-3　固化材の選定

（1）　固化材選定試験

固化材の選定および添加量を決定するにあたって，セメント系固化材を4種類用意し，添加量を50，150，250kg/m³の3レベルを設定し，7日間20℃の養生後，一軸圧縮試験を行った．一軸圧縮試験結果を表-3に示す．

この試験結果より添加量と一軸圧縮強度の関係について回帰式を作成し，その式より，配合設計強度を満たす，固化材と添加量を決定することとした(図-7)．

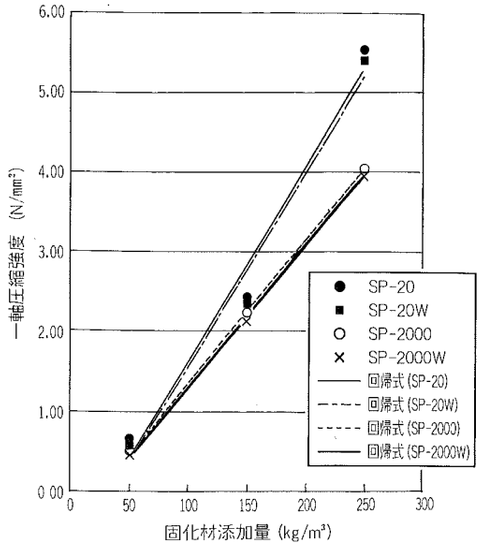


図-7　固化材添加量と一軸圧縮強度

表-2　(現場/室内)強さ比の指標：地盤改良マニュアル((財)セメント協会)

固化材の添加方式	固化対象土	施工機械	(現場/室内)強さ比
粉体	軟弱土	スタビライザ	0.5～0.8
		バックホウ	0.3～0.7
	ヘドロ 高含水比有機質土	クラムシェル バックホウ	0.2～0.5
スラリー	軟弱土	スタビライザ	0.5～0.8
		バックホウ	0.4～0.7
	ヘドロ	処理船	0.5～0.8
	高含水比有機質土	泥上作業車	0.3～0.7
		クラムシェル バックホウ	0.3～0.6

表-3　固化材添加量と一軸圧縮強度試験結果

固化材添加量 (kg/m³)	一軸圧縮強度 σ_r(N/mm²) ソイルパック SP-20 標準型	ソイルパック SP-20W 標準型 発塵抑制型	ソイルパック SP-2000 六価クロム 対策型	ソイルパック SP-2000W 六価クロム 対策型 発塵抑制型
50	0.61	0.59	0.48	0.44
150	2.39	2.34	2.24	2.11
250	5.52	5.39	4.03	4.00

表-4　固化材添加量回帰式

$Y=ax+b$ Y：一軸圧縮強度 (N/mm²) X：固化材添加量 (kg/m³)	ソイルパック SP-20 標準型	ソイルパック SP-20W 標準型 発塵抑制型	ソイルパック SP-2000 六価クロム 対策型	ソイルパック SP-2000W 六価クロム 対策型 発塵抑制型
a	0.025	0.024	0.018	0.018
b	−0.845	−0.827	−0.411	−0.485
相関関係	0.976	0.976	1.000	0.999

（2）　六価クロム溶出試験

配合の選定にあたっては，セメントおよびセメント系固化材を用いて地盤改良を実施した改良土から，条件によっては六価クロムが土壌環境基準(0.05ppm)を超える濃度で土壌中に溶出する恐れがあることから，原土壌と使用予定の固化材による六価クロム溶出試験により，土壌環境基準を満たす必要がある．

平成12年度に国土交通省より出された「セメント及びセメント系固化材を使用した改良土の六価クロム溶出試験要領(案)」にもとづき六価クロム溶出試験を実施した．図-7より固化材添加量が150kg/m³で配合設計強度を満たすことより，溶出試験は固化材添加量150kg/m³で行った．その試験結果を示す(表-5)．

表-5　六価クロム溶出試験結果

固化材添加量 (kg/m³)	六価クロム溶出量(ppm) ソイルパック SP-20 標準型	ソイルパック SP-20W 標準型 発塵抑制型	ソイルパック SP-2000 六価クロム 対策型	ソイルパック SP-2000W 六価クロム 対策型 発塵抑制型
150	0.02未満	0.02未満	0.02未満	0.02未満

表-6　固化材選定結果

	ソイルパック SP-20 標準型	ソイルパック SP-20W 標準型 発塵抑制型	ソイルパック SP-2000 六価クロム 対策型	ソイルパック SP-2000W 六価クロム 対策型 発塵抑制型
強度	◎	◎	◎	◎
六価クロム溶出試験	○	○	◎	◎
粉塵予制	×	◎	×	◎
経済性固化材添加量 (kg/m³)	◎ 101	○ 103	× 114	× 118
判定	△	◎	×	○

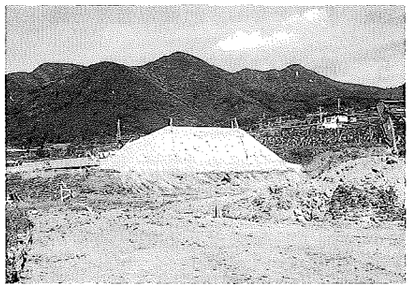


写真-1　保護盛土施工状況



写真-2　保護盛土施工部切羽状況

（3）　配合の決定

「(1)固化材選定試験」より必要添加量を満たせば，どの固化材でも設計強度を満たすことができる．また，「(2)六価クロム溶出試験」より，固化材添加量が150kg/m³以下であれば土壌環境基準を確実にクリアーできることより，どの固化材を選定しても問題ないという結果であった．

保護盛土を行う周辺は果樹園や市道が存在することより，土壌改良時に粉塵飛散が問題となる可能性がある．また，経済性を考慮した材料を選定する必要がある．

以上より，ソイルパックSP-20W(標準型，発塵抑制型)添加量103kg/m³として配合設計した(表-6)．

4-3　保護盛土施工状況

（1）　伐開除根

保護盛土と原地盤とのなじみをよくし，初期の盛土作業を円滑に行うため，草木や切り株を除去する．地盤に凹凸がある場合はできるだけ平坦に敷き均す．

（2）　工事用通路

保護盛土施工箇所までは切り盛りを行い，施工機械(0.7m³バックホウ，4tユニック，10tダンプトラック，15tブルドーザーなど)，発生土，固化材などを運搬するための進入路の施工を行う．とくにトラフィカビリティ確保のため再生砕石，敷き鉄板により進入路を築造する．

（3）　地盤改良工

トンネル掘削の天端より−1.5mまで0.7m³バックホウを用いて，固化材と原地盤を攪拌し，地盤改良する．

（4）　保護盛土工

トンネル掘削発生土(保護盛土材)を10tダンプトラックにより，残土仮置き場から保護盛土施工箇所まで運搬し，施工場所にて発生土と固化材が均一になるまで0.7m³バックホウにて十分攪拌し，1層30cmとして撒き出し，バックホウにて締め固める．

施工後の状況を写真-1，2に示す．地盤改良，保護盛土施工中に現地にて，試料を採取し，一軸圧縮試験を行った．設計強度1 N/mm²に対して，1.2N/mm²

程度の強度を有し，所要の強度を確保できた．

5　市道交差部の施工

本工区では保護盛土における低土かぶり区間において市道と交差する箇所(図-8, 9)が存在する．この箇所ではトンネルの安全性を確保するために，従来，覆工コンクリートには荷重がかからないものとして設計するところを，将来，覆工コンクリートに荷重がかかった場合でも，トンネルの健全性を確保するために荷重を考慮した覆工コンクリートの設計を行うこととした．

5-1　覆工コンクリートの考え方

通常の山岳NATMでは一次支保と地山の相互作用により，トンネルの安定を確保し，一次支保のみの状態で内空変位が収束した後に覆工コンクリートを打設することになっている．このため一

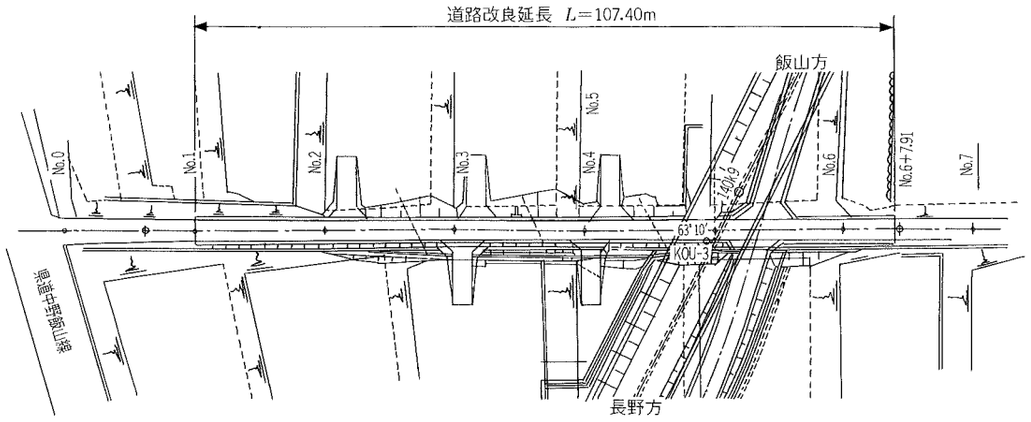


図-8　市道交差部平面図

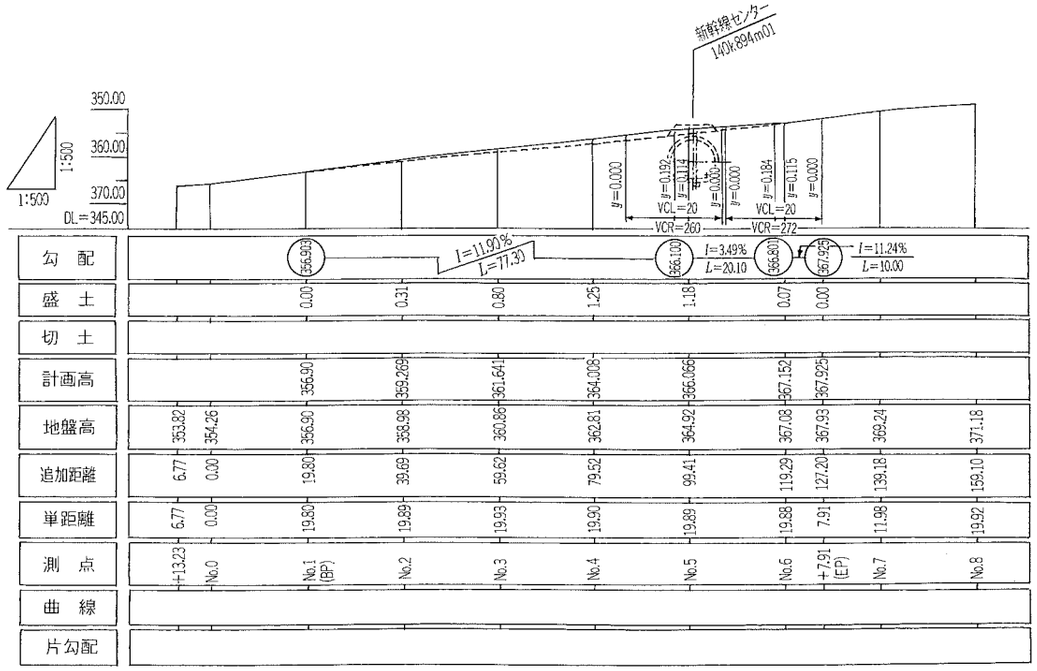


図-9　市道交差部縦断図

般には覆工コンクリートには力学的機能を持たせないことになっており，覆工コンクリートは，供用性や更なる安全率の向上といった二次的な意味合いが強く，無筋コンクリートにより施工されるのが一般的である．

一方，膨張性地山など特殊地山では，一次支保のみでは変位が収束せず，残留変位により一次支保の健全性が確保できない可能性が有する場合，覆工コンクリートを鋼繊維補強コンクリートや鉄筋コンクリートに変更し，覆工に荷重を負担させ，トンネルの健全性を確保する場合がある．

本工区のように小土かぶりという条件下ではあるが，特殊地山でもなく，一次支保にて変位が収束する地山では，覆工に作用する荷重を考慮して覆工を設計する根拠がなく，力学的には無筋コンクリートによる施工でも問題ないということになってしまう．小土かぶりという条件を考慮しても，安全率の更なる向上という観点からとくに力学的に明確な根拠がないまま鉄筋コンクリートによる補強を行っている場合も多い．

しかし，本工区では，市道とトンネルが交差する箇所は，道路交通荷重や小土かぶりに起因し，将来，覆工に土荷重が載荷する可能性もあり，地表面沈下による第三者への影響も考慮し，これらの荷重などを考慮した覆工鉄筋コンクリートの設計を行うこととした．また，トンネル天端からの離隔の確保と交差部から前後の道路のすりつけを考慮し，保護盛土を施工した．

表-7　覆工に作用する荷重(設計荷重)

固定死荷重	躯体自重
	インバート
	スラブ軌道
	路盤コンクリート
付加死荷重	通信ケーブル
	電力ケーブル
列車荷重	
土圧	鉛直土圧(テルツァギの緩み土圧)
	水平土圧
雪荷重	
道路交通荷重	

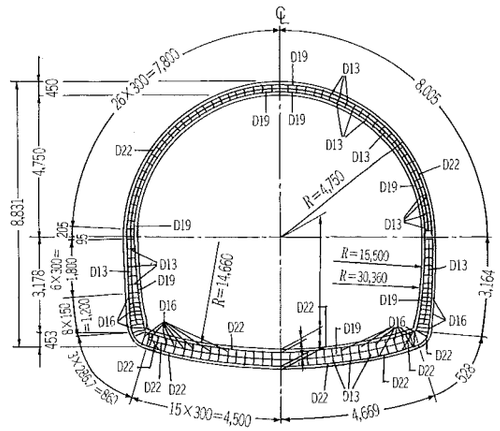


図-10　一般部覆工鉄筋コンクリート配筋図

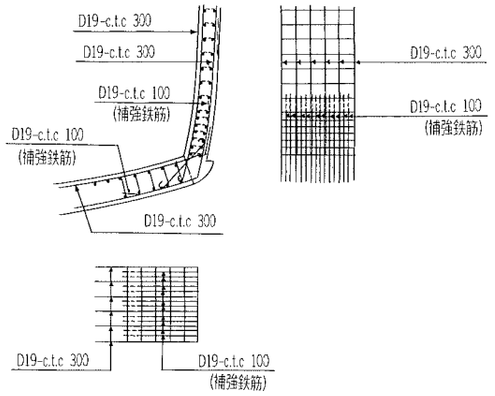


図-11　市道交差部覆工鉄筋コンクリート配筋図

表-8　補強鉄筋配置後の断面照査結果

	曲げ圧縮荷重 (N/mm²)	引張荷重 (N/mm²)	ひび割れ (mm)	せん断力 (kN)
アーチ	3.2	7.6	0.119	47.2
設計強度	9.6	140.0	0.468	130.8
側壁	4.5	19.1	0.170	126.4
設計強度	9.6	140.0	0.468	289.4
側壁下部 (補強鉄筋部)	9.4	127.4	0.770	298.4
設計強度	9.6	140.0	1.153	686.6
インバート端部 (補強鉄筋部)	4.0	36.8	0.147	240.9
設計強度	8.4	140.0	0.387	549.7
インバート中央	3.1	17.9	0.161	15.2
設計強度	8.4	140.0	0.468	217.3

5-2　補強鉄筋の設計

ラーメン構造解析によりテルツァギの緩み土圧を仮定して覆工の設計計算を行った．設計荷重は道路交通荷重を考慮し，使用限界状態における検討を行う．覆工に作用する荷重を**表-7**に示す．

インバートコンクリートと下半との取り付け部に応力集中が発生し，この部分の補強が必要であるという計算結果となった．このため，この部分に補強鉄筋を配置し，補強することとした(**図-10, 11**)．補強鉄筋配置後の断面照査の結果を**表-8**に示す．

6　掘削施工計画

6-1　小土かぶり区間における掘削上の問題点

(1)　保護盛土区間は原地盤と比較して，十分に改良されていない場合が想定され，グラウンドアーチが十分に形成されず，トンネル崩落の可能性が懸念される．

(2)　原地盤は玉石混じり砂礫，礫混じりシルトを主体とした未固結地山のため，一次支保構築までに天端崩落の恐れがある．

(3)　トンネル直上には果樹園が存在し，先受け工やロックボルトで果樹の根を傷つける可能性を有した．また，先受け工の注入材により，果樹の発育不良の可能性が懸念される．

表-9　一般的な先受け工の問題点

	問　題　点
充填式 フォアポーリング	安価で施工性がよいが，注入を伴わないため，先受け効果は薄い． 未固結地山では削孔時に削孔水が地山の緩みを誘発し，先受けの間から地山の抜け落ちが懸念される．
注入式 フォアポーリング	地山の改良効果は高いが，薬液を用いた注入のため，果樹生育への影響が懸念される．
AGF	

6-2　補助工法の選定

6-2-1　先受け工

小土かぶり区間では，天端崩落対策として一般的に充填式フォアポーリング，注入式フォアポーリング，長尺鋼管フォアパイリング(AGF)が先受け工として採用される．各工法には**表-9**のような問題点を有し，本工区の特徴である果樹園直下での先受け工としては適さない．そこで環境への配慮に重点を置き，薬液を使用せず，水圧によるボルトの膨張で地山を締め固める鋼管膨張型ボルトによる先受け工を採用した．

6-2-2　フットボルト

天端，脚部沈下防止，下半地山の締め固めによる安定化を図るために鋼管膨張型ボルト上半盤より下半に向けて左右４本/mずつ，計８本/m施工した．

6-2-3　下半仮インバート

下半掘削後，吹付けコンクリートにより，下半仮インバートを施工した．下半仮インバートにより，早期にトンネルを閉合させることでトンネルの天端，内空変位を抑止することができる．

6-3　坑口対策

坑口部は土かぶりがほとんどなく(土かぶり－1～2 m)，偏圧が働く可能性がある．そこで鉛直土圧と水平土圧バランスがとれ，アーチアクションが形成できるように，押え盛土としての役割を果たす保護盛土の形状を決定した(**図-12**)．

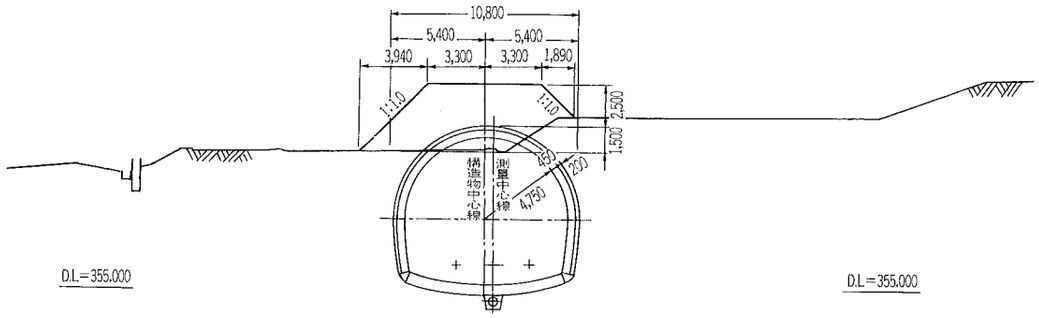


図-12　坑口部保護盛土断面図

7　計　測　管　理

掘削中，掘削後の地山の挙動を計測し，補助工法の妥当性，補助工法の変更の判断を行うために，A計測による計測管理を行った．管理基準値は神戸大学・桜井らによる「限界ひずみ法」により設定した．「限界ひずみ法」は一軸圧縮強度とひずみ(弾性ひずみ領域)の関係を整理したもので，トンネルの健全性が確保される最大ひずみ，最小ひずみ(地山が弾性変形するひずみ範囲)を地山の一軸圧縮強度より推定するものである．この最大ひずみ，最小ひずみをトンネルの天端沈下量に換算し，管理基準値とした．具体的には最小ひずみから計算される変位量をレベルⅠ，ひずみの中央値から計算される変位量をレベルⅡ，最大ひずみから計算される変位量をレベルⅢとして管理基準値を設定した．管理基準値とそのときの対応について**表-10**に示す．

表-10　管理基準値とその対応

管理レベル	ひずみ	管理基準値(天端沈下量)(mm)	対応
Ⅰ	0.8% (最小ひずみ)	40mm	通常施工，現場点検，計測頻度強化
Ⅱ	2.0% (ひずみの中央値)	100mm	補助工法の検討，作業員への注意喚起
Ⅲ	6.0% (最大ひずみ)	300mm	作業停止，大規模対策工の検討・実施

図-13はトンネル掘削時の代表的な断面のA計測の計測結果である．適切な補助工法と保護盛土の施工により，管理レベルⅡに達することなく，無事，掘削することができた．

8　お　わ　り　に

高社山トンネル南工区の坑口部は，保護盛土による地山の補強，市道交差部では将来的な荷重を考慮した覆工鉄筋コンクリートの施工，また，環境を考慮した薬液注入を伴わない先受け工の実施など，さまざまな工夫を行い，超小土かぶりという厳しい施工条件にもかかわらず，トンネル掘削を無事完了することができた．トンネル掘削により，果樹の根へ悪影響を及ぼす可能性も懸念されたが，この点も問題なく施工することができた．

高社山トンネルは，南工区，北工区ともに掘削を既に完了しており，鉄道・運輸機構北陸新幹線建設局管内の既着工区間では初のトンネル全貫通となった．坑口などの施工が若干残っているが，最後まで安全管理に留意し，トンネルを完成させていきたいと考えている．

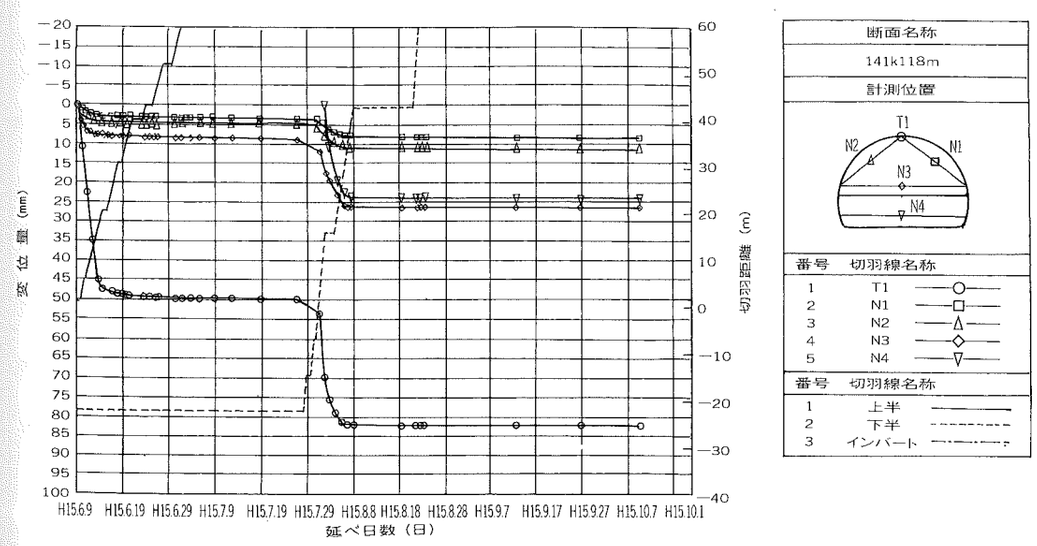


図-13　A計測結果

現場だより
平成17(2005)年

『東九州自動車道の玄関』小倉より

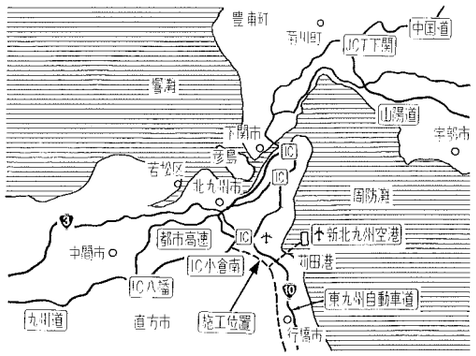
小　田　尚　生

九州本土最北端の北九州市は祇園祭で有名な小倉，鉄道ロマンをかき立てるレトロな門司，日本最初の官営製鉄所が築かれた八幡，玄界灘に面した漁業の若松，戸畑が合併した百万都市であるが，近年では県都福岡市への一極集中が続き，一時の元気が失われつつある．

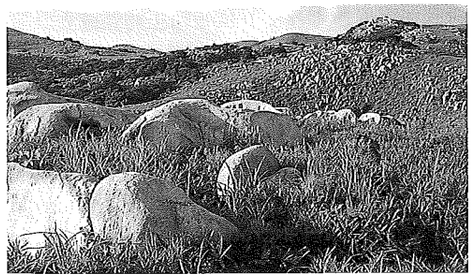
これに対し，瀬戸内海西部の周防灘に面する北九州市南東部は，日本有数のカルスト台地である平尾台，日本最大の面積を誇る合馬の竹林，管生の滝などの雄大な自然があり，今日でも農林業・漁業への取り組みが盛んである．たとえば，平尾台や福智山系ではタケノコ，シイタケ，高原野菜などが栽培され，大都市近郊農業の利点を生かした付加価値の高い農産物づくりが積極的に行われている．また，周防灘では知る人ぞ知る「一粒カキ」の養殖が有名で，小倉南ブランドの一つとなっている．山の幸・海の幸ともに豊富なとこである．

一方，太古のロマンを偲ばせる数多くの古墳をはじめ，そこに住む人々に支えられ守られた歴史のある神社・寺院が数多く残されており，農作や雨乞いの祈願として神々に奉納する神楽などの祭事が1年を通して行われている．

現在，当地域は平成17年度開港の新北九州空港に合わせて，東九州自動車道小倉JCT(起点)～苅田IC間の工事が急ピッチで進行している．長野トンネルは小倉JCTより約1.3km地点に位置する全長1,439mの併設トンネルである．



位　置　図


平　尾　台

このうち，長野トンネル西工事は小倉JCT側坑口より644mを施工するものであり，平成15年12月に仮設備に着手し，現在，上下線同時施工にて約120mの掘削を完了したところである．

掘削はNATMによる補助ベンチ付き全断面工法で，発破掘削を採用している．地質は堅硬な花崗閃緑岩であるため，発破による騒音・振動対策として上下線各坑口部に防音ハウス，防音扉を設置するとともに，夜間における掘削土の処理騒音を抑えるため，仮置場棟を建設し，近接する閑静な居住環境に最大の注意を払いつつ，地元住民の理解と協力を得ながらの施工となっている．

本工事の大きな特徴として，JCT側坑口から約100～250m地点の地表に『長野岩海』と呼ばれる岩集積群の分布が挙げられる．当岩海は花崗閃緑岩の風化層が地表水などによって洗い流され，直径2～5mに達する球形のコアストーンに「岩塊」が残ったものであり，世界的にも数少ない貴重な自然である．加えて，最近の調査で新種の希少生物や苔が発見されたことから，自然環境保全が工事を完成させるうえでの大きなテーマになっており，各種の影響監視計測を実施しながら，慎重に工事を進めているところである．

本工事はこれからが最盛期となるため，自然環境問題や高品質・高精度な製品作りに真剣に取り組むとともに，無事故・無災害での竣工を目指して関係者一同頑張っていく所存である．

人柄・土地柄・すべてよし，是非小倉へ来てっちゃ！

(梅林建設(株)・(株)志多組共同企業体所長)

施工

洪積砂礫層の小土かぶりめがねトンネル

—南多摩 新滝山街道　戸吹トンネル—

東京都南多摩西部建設事務所新滝山街道工事事務所　田　中　隆　行
(元)前田・戸田・早野・清水組建設共同企業体所長　黒　川　清　和
前田建設工業(株)関西支店土木部課長　荒　川　真　一
前田建設工業(株)土木技術部設計技術グループ課長　森　田　　篤

1　はじめに

新滝山街道は国道16号(八王子左入町)と国道411号(あきる野市秋留橋)を結ぶ幹線道路で，平成9年4月に八王子3･3･41号線としてかすみ学園通りから秋留橋までの約5.3km区間が都市計画決定された．本路線は，圏央道あきる野インターチェンジの開設や多摩地域の発展などによる新たな交通需要に対応するとともに，現道のバイパス道路として滝山街道(国道411号)の交通渋滞を緩和，歩行者の安全確保を目的として早急な整備が求められている．戸吹トンネル工事は，新滝山街道事業のうち高尾街道から秋留橋に至る第一期事業区間において，山岳トンネルと開削トンネルを施工するもので，このうち山岳トンネルはめがね型トンネルを採用している(図-1)．

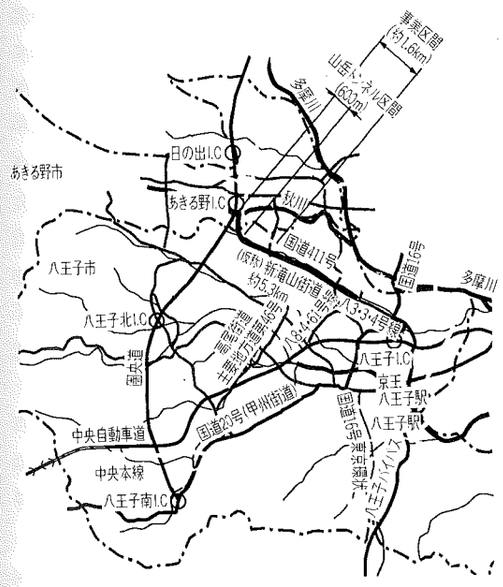


図-1　戸吹トンネル位置図

本稿では戸吹トンネル(山岳部)における工期短縮対策の検討および作用荷重の測定結果などを含め，工事概要について報告する．

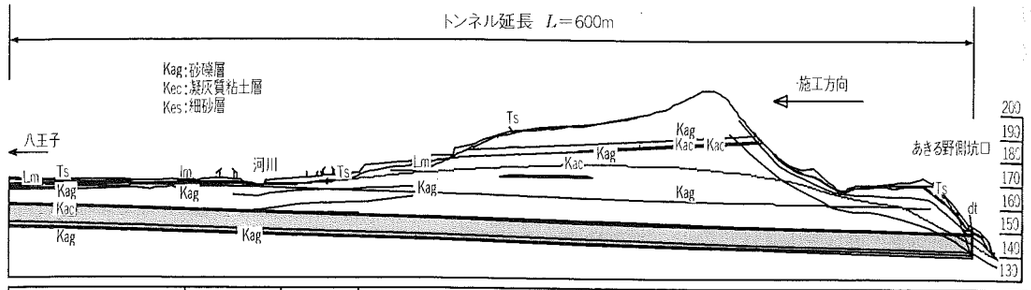
2　工事概要

2-1　地質および周辺環境

戸吹トンネルは，秋川右岸の加住丘陵と呼ばれる起伏に富んだ丘陵地に位置し，地山は加住礫層と呼ばれている更新世前期の洪積礫層を主体として凝灰質粘土層および細砂層が狭在する土砂地山であり，地山等級「D」に該当する(図-2)．

トンネル延長600mのうち，八王子側の約220m区間は土かぶりが10～16mと小さく，地上には一部河川が横断している．坑口部65m区間および小土かぶり部218m区間については補助工法として注入式長尺鋼管先受け工(AGF)を用いている．

図-3にトンネルの標準断面図を示す．



DⅢ-1a	DⅢ-1b	DⅠ-2	DⅠ-1	DⅢ-2	パターン
110m	60m	48m	317m	65m	延　長
60cm	60cm	60cm	50cm	70cm	アーチ覆工
80cm	80cm	80cm	70cm	90cm	インバート
H-200 @1m	H-200@1m	H-150@1m	H-150@1m	H-200@1m	鋼製支保
25cm	25cm	20cm	20cm	25cm	吹付け
4m 1.2m 1.0m	4m 1.2m 1.0m	4m 1.2m 1.0m	4m 1.2m 1.0m	4m 1.2m 1.0m	ロックボルト長さ 周 方 向 延長方向
60cm セメントミルク	45cm セメント ミルク	45cm シリナ レジン	45cm セメント ミルク	60cm セメントミルク	AGF 打設ピッチ 注入材
土かぶり10～14m			土かぶり 14～16m	偏圧地形	地　形
	民家	河川	民家		地上環境

図-2　縦断図

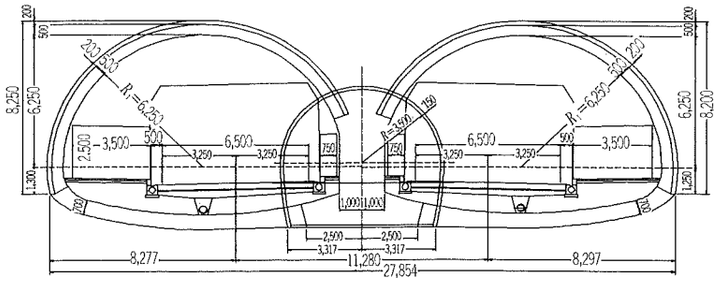


図-3　標準断面図

2-2　中央導坑の施工

めがねトンネル全体の施工の流れを**図-4**に示す．中央導坑は平成13年４月から掘削を開始した．地山はにじみ出る程度の少量の湧水によって掘削面が容易に劣化し，掘削後時間の経過とともに肌落ち頻度が増加し，0.5～1.0m³程度の天端崩落がしばしば発生した．掘削作業は早期の一次吹付けが不可欠で，ずり出し作業前の吹付けや掘削途中での部分的な仮吹付けなど，素掘り状態の時間を極力短くする工夫が必要であった．とくに坑口から300m以降は湧水量が多く，天端が大きく崩落することもあり，増しフォアポーリングにて対応しながら掘削を進めた．

中央導坑の掘削盤はセンターピラーの基礎地盤として強度が要求される．事前にFEM解析を行い，本坑掘削時にセンターピラーに作用する荷重，地盤反力を予測し，現位置試験結果と比較した．掘削により土圧が解放された状態の地盤にて平板載荷試験を行い，予測される必要地耐力以上が確保されていることを確認した．ただし，地山は水を含んだ状態でくり返し荷重を受けると泥土化しやすいため，切羽作業では掘削盤を設計より30cm高く掘削し，底盤の吹付けコンクリートを施工する直前に設計高さまで掘削後，直ちに吹付けコンクリートを施工した．また，吹付けコンクリートにクラックが発生し，重機・車両の往来による局所的な荷重が背面地山に伝達され泥土化することがないよう，底盤吹付けには金網を設置し厚さは15cm以上を確保した．

2-3　センターピラーの施工

センターピラーの構築はベース部，壁部，天端

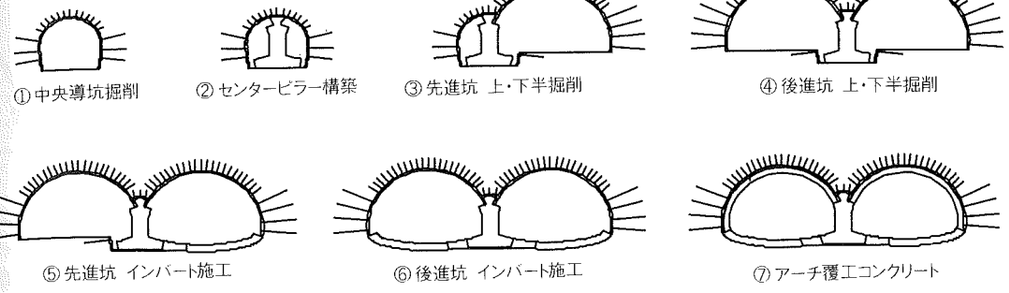


図-4　施工順序



写真-1　センターピラー壁部打設セントル

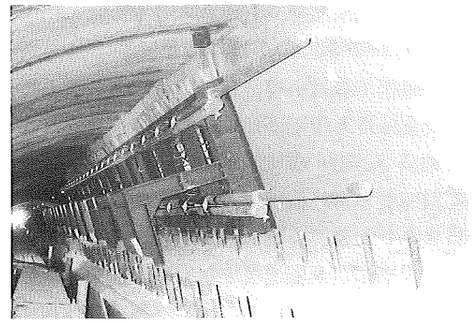


写真-2　センターピラー天端部型枠

部の３つに分割して行った．１スパン10.5mとし，遅れて本坑掘削を併進させるために坑口から奥へと順次構築した．

壁部コンクリートの型枠にはスライドセントルを使用し，天端部は鋼製型枠を使用し吹き上げ方式にてコンクリートを打設した．コンクリート打設は配管によるポンプ圧送とし，施工延長200mまでは導坑坑口から，200m以降は本坑坑内にポンプ車を据えて圧送した(**写真-1, 2**)．

2-4　本坑掘削

本坑掘削は下り線を先進坑として平成14年４月に掘削を開始し，同年７月に上り線上半掘削を開始した．先進坑の選択は次の理由により，下り線を選択した．

本トンネルの坑口から約100mの区間は，上り線側に土かぶりが大きい偏圧地形をしており，上り線に比較的大きな荷重が作用しやすい．また，これまでのめがねトンネル実績および事前解析によると，支保工に作用する荷重は先進坑の方が後進坑よりも大きくなることがわかっている．そこで，先進坑掘削段階においてセンターピラーに作用する荷重(片側トンネルからの偏った荷重)を減らすため，また最終的に支保工に作用する荷重をなるべく上下線均等に配分するために，土かぶりが小さい下り線を先進坑として掘削を開始した．

さらに地下水は下り線側の沢部から，上り線側遠方にある秋川に向かって流れており，地下水流上流側の下り線を先行掘削することにより，上り線切羽周辺では水位が低下し，地山がより安定した状態で掘削することができた．**図-5**は比較的湧水が多いDⅢ-1b区間における各坑道掘削時の切羽付近の坑内湧水量を掘削断面積で除した値を示している．中央導坑掘削時にくらべ，本坑掘削時の湧水量が少なく，導坑掘削による水抜き効果が大きい．当地山の透水係数は2～5×10⁻⁴cm/secと小さく，トンネル工事条件としてはとくに湧水量

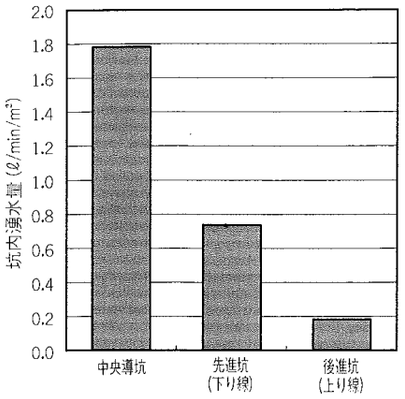


図-5　坑内湧水量比較(坑内湧水/掘削面積)

が多い地山ではないが，前述のとおりわずかな湧水が発生しても掘削面が劣化し，掘削に支障をきたす地山である．導坑内からとくに水抜き工を実施しなくとも導坑掘削により湧水量が減少した効果は大きい．事実，導坑掘削では頻発していた肌落ち，天端崩落が先進坑では掘削面積が大きいわりには頻度が少なくなり，後進坑掘削ではさらに減少し作業が容易であった．中央導坑はセンターピラーを構築する目的以外にも本坑切羽を安定させる効果があり，もし導坑がなければ本坑掘削においてより多くの補助工法が必要であったと想像される．

2-5　河川横断部の施工

河川横断部は土かぶり10mで0.35D（D：全幅28.4m）しかなく，掘削による緩みの影響が河床部に達するのは必至で地山に水みちが発達すれば河川流水が坑内へ流入することも懸念された．万一に備えた対策工として，河床には特殊ポリマー製の遮水シートを設置した(図-6)．対策工の選定にあたっては，下流にある養鯉場への影響を考慮し，セメントを使用せず，また大型重機車両を用いないで施工できる方法を選定した．導坑掘削時には切羽から探り削孔を行い前方地山の湧水を確認しながら慎重に掘削を進めたが，河川付近の地山は含水比が高く自

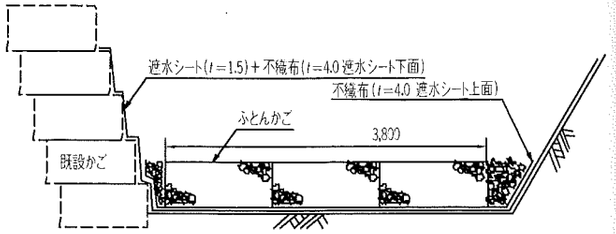


図-6　遮水シート図

立性に劣り，河川直前のNo.453＋19では天端崩落が発生した．天端崩落に対してはフォアポーリングの追加で対処しながら，河川下を通過した．本坑掘削では補助工法として用いている長尺鋼管先受け工の注入材料を湧水下で確実に固化できるようセメントミルクからシリカレジンに変更し，地山と鋼管との一体化および天端地山の改良を確実にした上で掘削した(図-7)．

3　掘　削　順　序

3-1　坑口切土工に先行した導坑掘削の着手

坑口位置は現地山を切り取り，山側に追い込んだ位置に設計されている．当初の計画では切土工事を行い設計坑口の位置から中央導坑を掘削する計画であったが切土工事には約3か月を要するため，切土を行う前に仮設導坑を通じて中央導坑掘削に着手した．切土工事については次に述べるような導坑掘削完了後に必要となる坑内作業と併行して行うこととし工期短縮を図った(図-8)．

隣接する開削トンネル工事の関係で，中央導坑が工区界にある地中連続壁に到達した後，貫通させることなくセンタピラーの施工を開始すること

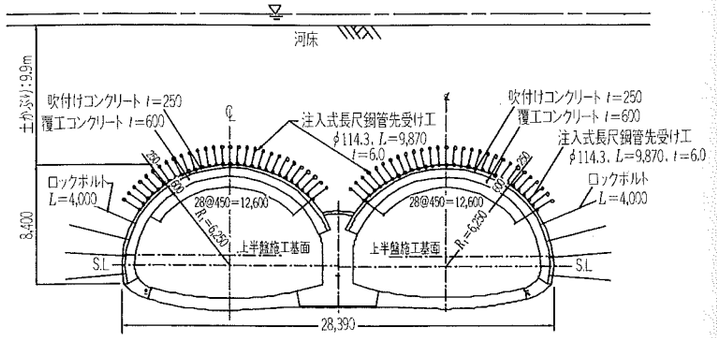


図-7　河川横断部断面図

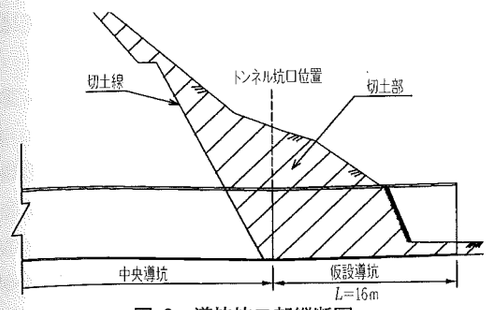


図-8　導坑坑口部縦断図

になった．したがって，センターピラー構築材料搬入などはあきる野側坑口から行うことになる．一方，工期短縮のためにセンターピラーと併行して本坑掘削を進めるが，センターピラーの第一ブロックの施工を開始した時点で坑口から導坑内への車両出入りは不可能になる．したがって，センターピラー鉄筋は全線分を予め導坑内に搬入しておく必要があり，その期間が必要となる．また，施工結果ではあるが，導坑掘削時に湧水と混ざり泥土化したずりが坑内路盤に堆積した．粘土分を多く含む堆積泥土は半液状になり，重機による搬出は非常に効率が悪く，また比重が大きく流動性が悪いためバキュームによる排出も不可能であったため，導坑掘削サイクルの中で処理できる量には限界があった．このためセンターピラー鉄筋組み立て準備として導坑掘削完了後に泥土を搬出し，路盤を整備する期間が必要であった．

3-2　本坑掘削順序

当初計画では後進坑の上半掘削は先進坑のインバートを閉合し，トンネルの剛性を高めた後に着手する計画であった．インバートは上半・下半掘削の作業および重機退避スペースの関係上，上半切羽より220m程度後方で施工可能となる．したがって，後進坑の掘削は先進坑上半掘削から上半切羽220mおよびインバート58m(＝2D)の施工期間を経た後になる．また，先進坑が補助工法区間の施工に入った段階では切羽進行が遅くなり，後進坑掘削は先進坑との離隔調整のために先進坑にあわせて進行を遅らせる必要が生じる．

ここで，先進坑のインバート閉合に関係なく後進坑を掘削すれば，後進坑着手を早めることができ，また，支保パターンおよび地山状況の変化により先進坑の進行に遅れが生じても後進坑掘削を継続して進めることができるため大幅な工期短縮につながる．しかし，掘削順序を変更することにより，施工途中段階および掘削完了時のトンネル安定性が損なわれる可能性がある．とくに後進坑上半掘削前後はセンターピラー上部地山の荷重変化が大きく，地山が不安定になりがちと予想される．

そこで，中央導坑の掘削が完了した時点で，掘削中の計測および平板載荷試験結果をもとに地山弾性係数を確認したうえでFEM解析を実施し，先進坑のインバート閉合時期が後進坑掘削時のトンネル安定性に与える影響について検討を行った．

検討は施工過程を結果に反映できるよう，FEMによる逐次掘削解析を行った．検討位置はトンネル安定上厳しい条件となる小土かぶり部および偏圧地形部を選定した(図-9，表-1, 2)．

解析結果については過去のめがねトンネル検討事例[1]を参考に留意すべき項目を検討し，周辺地山の局所安全率，トンネルの変位，支保工およびセンターピラーに作用する荷重に着目して，施工順序の違いによる差異，地山およびトンネル部材の安定性を評価した．地山安全率，部材発生応力，各変位については先進坑インバートと後進坑上半掘削との施工順序の違いによる有意な差はなく，またそれらの大きさはすべてのステップにおいて許容値以下であることが確認された．センターピラーに作用する荷重についても両者ほぼ同様で，図-10に示すように先進坑上半掘削段階における躯体内の応力分布についてはCASE 2（先進坑インバート閉合前に後進坑を掘削）の方が均等に分布しており，バランス的には望ましい結果となっている．

事前検討においては先進坑インバートを施工することなく後進坑上半掘削に着手してもトンネル構造および周辺地山は安定性を確保できる結果となった．ただし，解析上の想定条件は実地山と必ずしも一致しないため，実施工ではトンネルおよび地山の変位挙動を計測し，解析モデルの妥当性

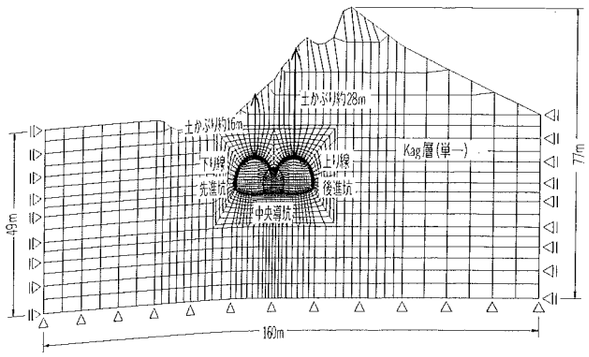


図-9　FEM解析モデル(偏圧地形部)

表-1　地山物性値

	変形係数 E(MPa)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ(kN/m³)	粘着力 C(MPa)	内部摩擦角 ϕ(°)	引張強度 σ_t(MPa)
砂礫層	100	0.40	20	0.05	40	0.01
AGF改良域	1600	0.40	20	0.8	40	0.01

表-2　支保部材物性値

支保部材	変形係数 E(MPa)	断面積 A(m²)	断面二次モーメント I(m⁴)	単位体積重量 γ(kN/m³)
鋼製支保工(導坑)H-150	2.1×10^5	3.965×10^{-3}	1.620×10^{-5}	78
吹付けコンクリート(導坑)	4.0×10^3	0.20	—	23
インバート吹付け(導坑)	4.0×10^3	0.10	—	23
鋼製支保工(本坑)H-200	2.1×10^5	6.353×10^{-3}	4.720×10^{-5}	78
吹付けコンクリート(本坑)	4.0×10^3	0.25	—	23
インバートコンクリート	2.5×10^4	0.20	—	2.5

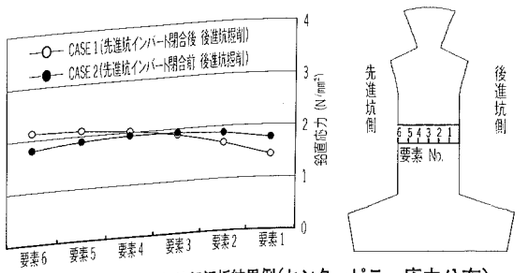


図-10　小土かぶり部解析結果例(センターピラー応力分布)

を確認しながら施工管理をすることとした．

4　施工結果

4-1　計測管理

計測管理は次の項目を主な目的として行った．

(1)　地山安定性と支保ランク妥当性確認(日常管理)

(2)　予測解析と実挙動との比較(想定条件の確認)

(3)　めがねトンネル設計に参考となるデータの収集

(1),(2)に対しては切羽観察と天端沈下，内空変位測定を主とし，(3)に対してはトンネルB計測で一般的に実施される項目に加え，センターピラー荷重測定を小土かぶりおよび大土かぶり部にて実施した．

中央導坑掘削時の計測管理基準値は地山掘削壁面のひずみに着目し，事前調査で得られた地山弾性係数に応じた限界ひずみをもとに，天端沈下量および内空変位量に対して設定した．本坑掘削時の管理基準値は事前調査および導坑掘削時の計測結果をもとに行ったFEM解析結果を参考に設定した．また施工開始後，本坑の変位挙動がFEM解析結果と異なることが判明した場合には早期に解析モデルの見直しを行ったうえで再予測および管理基準値の再設定を行う計画とした．

4-2　本坑の計測結果

本トンネルでは湧水量が多い区間と少ない区間とでは掘削直後の切羽の自立性に違いがあるものの，地質は全区間を通じてほぼ均一であった．天端沈下や内空変位について解析結果と比較すると，計測値そのものは弾性FEM解析の結果よりもやや小さく差異がみられたが，施工段階ごとの変化や先進坑と後進坑との相対値などは解析結果とよく対応していた．施工中は解析モデルの見直しなどは行わず，管理基準値を比例計算にて変更しながら施工を続けた．施工結果の例として天端沈下に関する予測値と計測値との比較を図-11に示す．

4-3　センターピラーに作用する荷重の測定

土かぶり57m，16mの位置においてセンターピラーに作用する荷重を測定した．センターピラー躯体内に1断面あたり2か所を測定した．計測器は埋設したコンクリート有効応力計により，直接応力を測定した．図-12に切羽進行に伴うピラー応力の経時的変化の測定値を示す．厚さ2mの壁厚内では切羽通過時に通過した切羽側の圧縮応力が増加しており，先進坑および後進坑の通過に伴う荷重の増加傾向はFEM解析結果とよく一致している．またそれに連動してセンターピラー傾斜測定においても一旦，先進坑側に傾斜し，後進坑通過時に元に戻る挙動を示している．

全荷重の大きさは先進，後進両坑の掘削完了後がもっとも大きくなっているが，先進坑通過後の荷重は先進坑側に偏っており，バランス的に不安定な段階が発生していることがわかる．これらのことから，めがねトンネルの検討においては完成時のみでなく施工途中段階の安定性の確認が重要であり，またその検討にはFEM解析が有効な手段となり得ることがわかる．ただし，今回の解析は2次元弾性モデルで実施しており，施工段階で発生する局部的なゆるみの影響などは考慮されていない．そのため，センターピラー作用荷重に関して大きな傾向をとらえつつも，詳細には解析に反映されていない部分もある．例えば，センターピラー応力分布において先進坑寄り応力と後進坑寄り応力との割合は，導坑直上地山のゆるみや支保工設置時期に関する条件設定が結果に影響する．詳細な設計・検討にFEM解析を用いる場合には，応力解放率や地山の非線形性などについても詳細に検討・吟味していく必要はあると考えられる．

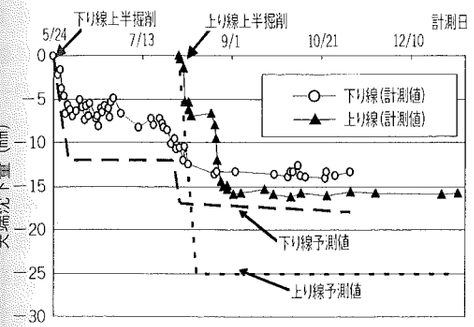


図-11　計測結果例(天端沈下比較)

センターピラー作用荷重を図-13および式(1)に示すように両トンネルセンターにはさまれた地山体積の重量で表して整理した．

$$W=\gamma\cdot(a+d\cdot h_w) \qquad (1)$$

W：センターピラー作用荷重

γ：地山単位体積重量

a：両トンネル間地山の天端高さ以下の面積

d：両トンネルセンター間の距離

h_w：荷重高さ

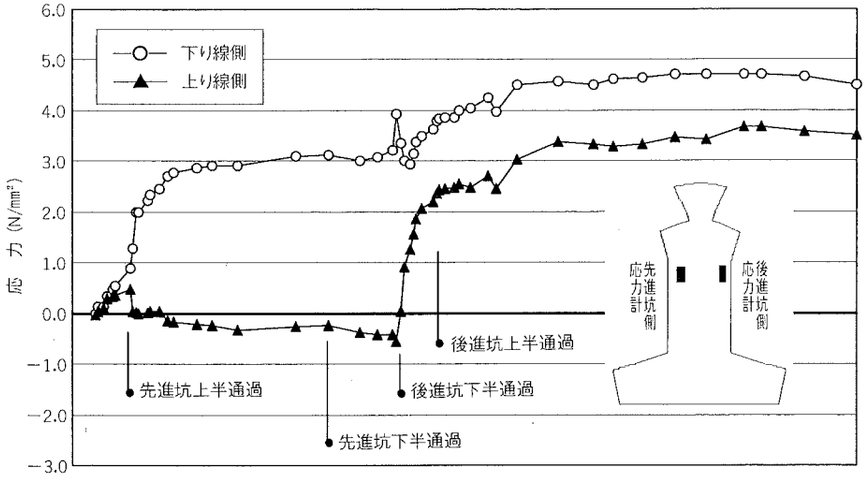


図-12　計測結果例(センターピラー応力変化　土かぶり57m)

図-14は横軸に土かぶり比(土かぶりとトンネル全幅との比)を，縦軸にセンターピラーに作用荷重を式(3)に示す荷重高さ比に換算したものを計測値および解析値についてプロットしたものである．

$$\text{土かぶり比} = H/D \quad (2)$$

H：土かぶり

D：トンネル全幅(＝28m)

$$\text{荷重高さ比} = h_w/D \quad (3)$$

h_w：荷重高さ

過去に施工されためがねトンネルの事例では土かぶりの増加に伴ってセンターピラーに作用する荷重が増加し，また土かぶりがある大きさに達するとセンターピラーに作用する荷重はほぼ一定になると想定して設計されている[2](図中の実線)．

$$h_w = H \quad (H < D) \quad (4)$$

$$h_w = D \quad (H \geq D) \quad (5)$$

同様に本トンネルにおいてもセンターピラー作用荷重に上限値があり，かつ測定断面1の土かぶり(＝57m)が作用する境界を越えていると仮定する場合，センターピラー作用荷重高さの上限値はほぼ1Dであると考えられる．これは過去に同様のめがねトンネルの設計において設定された作用荷重の上限値と一致する．一方，測定断面2(土かぶり16m)では，地山条件が土かぶり比0.57であるのに対して荷重高さ比は0.34Dと小さな値が計測された．すなわち，土かぶりが1D以下の場合に全土かぶり荷重が作用すると想定していた条件に対して約60%の荷重が作用している．

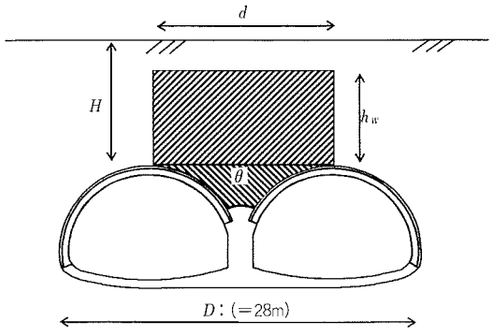


図-13　センターピラー作用荷重(1)

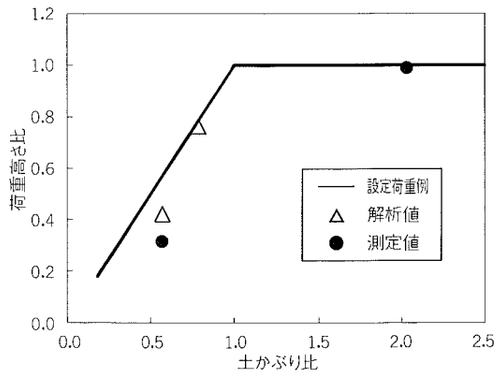


図-14　センターピラー作用荷重(2)

5　おわりに

平成13年4月に中央導坑掘削に着手し，12月上旬に導坑掘削を完了した．その後，導坑路盤整備およびセンターピラー構築作業と同時に法面切土工事を行った．同時施工することで，切土工事に要する3か月すべてではないにしろ，1か月は工期短縮効果があったと推測される．参考までに仮設導坑は切土作業に伴う落石のプロテクターの一部として機能し，安全に同時作業を行うことができた．

下り線(先進坑)は平成14年4月に掘削を開始し，掘削延長が220mに達した9月にインバート施工に着手した．上り線は平成14年7月中旬に掘削を開始し，当初計画による時期，すなわち下り線インバートが58m閉合した12月中旬よりも，5か月早い着手となった．

平成15年5月30日には上下線とも上半切羽が600m先の工区境に到達し，同年9月16日には覆工コンクリートの打設が全線完了し10月10日にトンネル掘削工事の竣功を迎えた．その後，舗装，設備工事が行われ，平成16年4月29日にトンネル開通を迎えた(**写真-3**)．

めがねトンネルの施工事例が増え，最近では無導坑方式にて超近接トンネルを掘削した事例が見られる中，本トンネルにおいては地山強度やトンネル離隔を考えると，センターピラーは必要であったと考えられる．とくに導坑掘削による水抜き効果がなければ本坑掘削にはさらなる補助工法が要求されたことも考え得る．

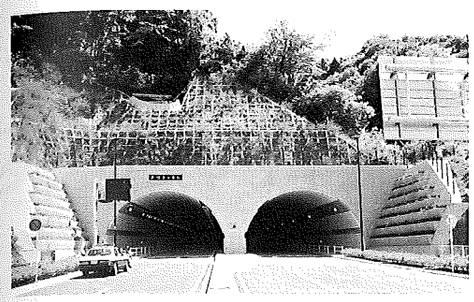


写真-3　戸吹トンネルあきる野側坑口

めがねトンネルは用地の面で有利であるばかりでなく，小土かぶり部においても山岳工法で施工できるようになったことで開削トンネルに比べて掘削土量や躯体鉄筋量などが抑えられ，経済的にトンネルを構築する方法として今後も計画される数が増えると思われる．トンネルセンターピラーへの作用荷重などの設計の考え方や施工に関するノウハウが少しずつ蓄積されてきており，戸吹トンネルの施工法を検討する際には施工順序や検討段階に着目すべき点などについてこれまでのめがねトンネルの施工実績を大いに参考にした．

これらの検討や工事を進めるにあたりご協力頂いた関係各位の方々に感謝致します．

参考文献

1) 宮野前俊一・森田篤・梨本裕・関順一・高森貞彦：FEM解析によるめがねトンネル施工法の検討，トンネル工学研究論文・報告集，第8巻，1998.11.

2) 松田哲夫・豊里栄吉・五十嵐瑞穂・梨本裕・椙山孝司：1本導坑センターピラー共有型メガネトンネルの設計法と検証，トンネル工学研究論文・報告集，第7巻，1997.11.

【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　価格 2,650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てものである．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Ⅰ編　トンネル工事に必要となる基礎的地質学
第Ⅱ編　トンネル工事と地質条件
第Ⅲ編　地質調査法
第Ⅳ編　工事を対象とした地質調査の進め方

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

土木情報 No.379 今月の主な入札結果

（10月28日～11月14日）

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
沖縄事務局	那覇港道沈埋T 4･5 号函	東洋･佐伯･国土総JV	2,800
〃	〃 8号函	若築・三井造・本間JV	3,860
中四農政	中村大王上区域排水T	鹿島	308
関東地整	外郭放水路第５立坑流入施設	フジタ	1,260
中部地整	三遠南信引佐地区三遠T	清水・熊谷JV	2,700
近畿地整	丹波綾部道路橋上T	前田建設	2,640
〃	2号歌島橋地下横断歩道２	熊谷組	880
四国地整	波介川用水路T	奥村組土木興業	421
九州地整	熊本３号新佐敷T1	五洋・竹中JV	3,450
道公・東京	北関東道蓬田T東	前田・東亜JV	3,720
鉄運・北陸	北幹，松ノ木T(西)他２	西松・五洋・本間・相村JV	1,395
水機構・中部	徳山ダム県道付替１号T	竹中土・西濃JV	958.5
〃	〃 国道付替５号T２	青脇建設	586.22
〃	〃 国道付替７号T２	飛島・淺沼JV	901.5
都・水道局	立川市錦町 5～3 配水本管	三春組	279
〃	豊洲２立坑改造	新井組	139
〃	練馬区田柄２～北町８配水本管	三登・小樽JV	614
〃	石神井台 3-1～同6-4 配水管布設替	北川建設	216.27
都・下水道局	八重洲1，日本橋３付近再構築３	東急・ピーエスJV	673
〃	南青山３，５付近再構築	アイサワ工業	413
〃	小石川４，５付近再構築	大蔵工業	212
〃	南長崎１，西池袋5付近枝線 1-2	フジタ・アイサワ・西武JV	1,010
〃	十条台幹線５	清水・佐田JV	405
長野県	県道川尻小谷糸魚川線山住T	ハザマ	740
新潟県	国道117号大倉T	西松・福田・高橋JV	2,130
〃	主要道佐渡１周線黒姫T黒姫工区	大林・丸運・銅谷JV	1,830
〃	〃 虫崎工区	本間・第一・菊池JV	1,715
大阪府	寝屋川流下飛行場南増補幹線２	ハザマ・南海JV	2,750
〃	南大阪湾流下貝塚幹線８	狭間組	416.6
兵庫県	浜坂漁港関連道整備	鴻池・フジタ・香山JV	1,730
〃	国道178号道改県境T	大林･飛島･アイサワ･株本JV	3,950
奈良県	県道大又小川線狭戸T	東急・森・浅川JV	768
和歌山県	国道371号平瀬T	ハザマ・地崎・三友JV	1,165.5
〃	国道168号切畑T	東急・東亜・初島JV	1,178.8
〃	紀の川中流流下幹線管渠	熊谷・国土開・丸山JV	1,065
山口県	県道岩国佐伯線道改落合T	ミヤベ	632
香川県	国道377号払川拡幅兼割T西	松・田村JV	670
熊本県	地方道水俣田浦線女島T	丸昭・諫山JV	879
鹿児島県	道改油井T	南生・竹山・勇JV	998
仙台市	長町第１雨水幹線流入管６	りんかい日産建設	217
横浜市	桜木線配水管改良１	飛島建設	376.9
静岡市	静岡駅北口駅前地下広場	前田・木内・平井JV	1,190
名古屋市	小田井貯留管取水人孔	前田建設	245
篠山市	配水連絡管10-1	吉田組	220
和歌山市	公下新堀雨水幹線	飛島建設	214

施工

ダブルジャッキ式シールドによる施工

—東京水道多摩丘陵幹線　第一次整備区間第１工区—

東京都水道局多摩水道改革推進本部施設部工務課長　佐藤常男
東京都水道局多摩水道改革推進本部施設部工務課長補佐　小泉美彦
鹿島・東急建設共同企業体鑓水シールド工事事務所監理技術者　青木康治

1 はじめに

多摩丘陵幹線は，多摩市内の聖ケ丘給水所から八王子市内の鑓水小山給水所を経て，多摩川左岸の昭島市拝島に建設中の拝島ポンプ所(仮称)に至る，口径1,500㎜，総延長が31.6kmの送水幹線であり，多摩地区において最大規模の施設である(図-1)．

この幹線の整備は，まず，第一次整備区間として，聖ケ丘給水所から鑓水小山給水所までの延長12.6kmを実施している．事業期間は，平成９年度から17年度である．次に，第二次整備区間を，鑓水小山給水所から拝島増圧ポンプ所までの延長19.2kmとし，事業期間は平成14年度から22年度末である．

現在，一次区間は，ほとんどの工区が完了し，一部の工区について17年度の通水に向け施工中である．また，二次区間については，事業計画にもとづき14年度から設計を進めてきたが，16年度に２か所の工区で工事を着工し，現在施工中である．なお，この幹線の工事は，全線をシールド工法(セグメント内径2,150㎜)での施工を計画している．

本稿は，丘陵幹線の路線計画，工法選定などについて概要を説明し，施工事例として一次区間の１工区(鑓水小山給水所から町田市小山町間)のシールド工事について報告する．

2 路線計画

2-1 地形および地質概要

多摩丘陵幹線の計画路線は，多摩市・町田市および八王子市などにわたり，多摩ニュータウン開発事業地域，八王子市の市街地および多摩川・浅川など大河川を通過している．地形は比較的海抜の高い丘陵地(T.P120～160m)や台地(T.P120m前後)・河川などがある谷底低地(T.P100m前後)になっており変化に富んでいる．

一次区間は，ルートが主に多摩ニュータウン地域内にあり，この地域は小高い山や谷を造成して整備されているため，上部地層はローム質の盛土・埋土が多く，地質の構成は盛土・埋土の下部におおむね沖積層，ローム層，上総層群と続く(図-2)．

二次区間は，多摩ニュータウンの西側地域，八王子市の市街地域および多摩川・浅川などの大河川部など，さまざまな地域を通過している．地層は，造成されて整備された地域は盛土・埋土が見られるが，一次区間と比べ層圧は薄い．地質の構成は，一次区間と類似しており盛土の下部に沖積層，ローム層，上総層群となっている．

2-2 路線計画

路線計画は，多摩丘陵の変化に富んだ地形や多

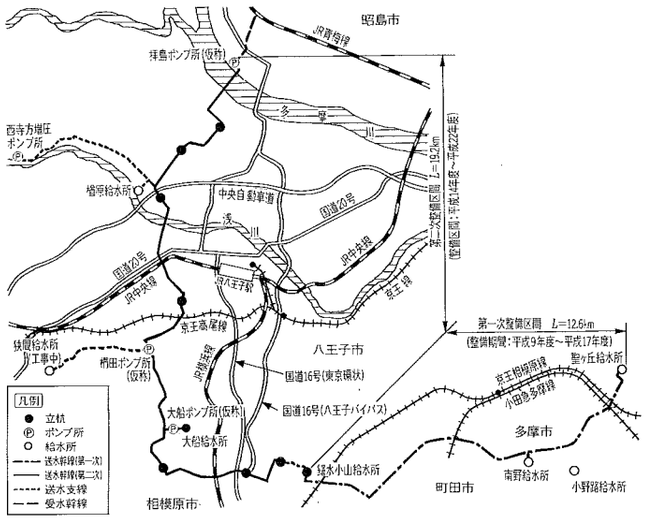
様な地質などの環境条件に加え，地下埋設物の状況，多摩川をはじめとする大小河川の横断，6か所での鉄道横断，など制約条件の多い中で送水する給水所などの施設位置，将来の水運用および維持管理について検討し，最適なルートを選定した．

その結果，一次区間は聖ケ丘給水所をでてほとんどを多摩ニュータウン開発地域の南縁に東西に走る尾根幹線道路(都道)を通り，一部市道を経て鑓水小山給水所に至るルートで計画した．

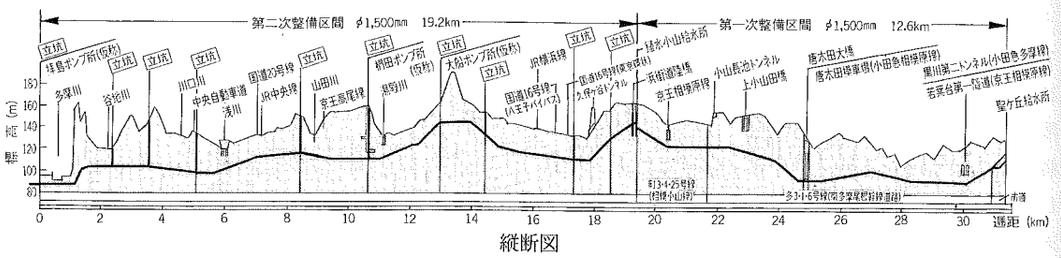
また，二次区間は途中に4か所の給水所などに送水することから分岐地点などを考慮し，鑓水小山給水所から町田街道を西へ向かい大船給水所へ分岐するため，町田市相原町付近で北側へ向かい，八王子市椚田町を経由し，西八王子駅付近でJRを横断し，滝山街道を経て多摩川を横断し昭島市拝島に至るルートで計画した．

また，埋設深度については，下水道幹線，河川および鉄道横断などの制約条件を考慮し決定した．

立坑およびシールドの工法は，制約条件をクリアできる深度の上総層群(砂質土および粘性土層)の土質状況を踏まえ，各工区においてコスト，施工性および道路交通，地域などの環境対策面などを踏まえ技術的な検討を行い最適な工法を選定した．



平面図



縦断図

図-1　丘陵幹線平面図・縦断図

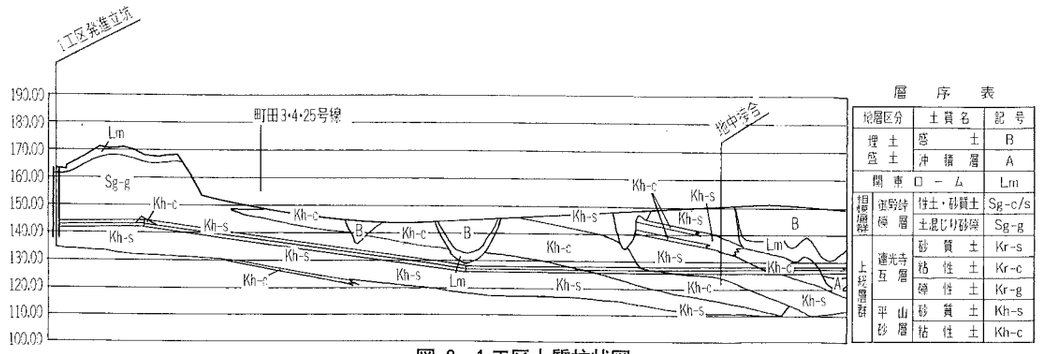


図-2　1工区土質柱状図

3　ダブルジャッキ式同時掘進シールド工法による施工

平成9年度に着工した一次区間のうち，もっとも鑓水小山給水所よりの1工区の施工において，当該工区で採用した新工法である「ダブルジャッキ式同時掘進シールド工法」について紹介する．

3-1　工事諸元

工事名：鑓水小山給水所～町田市小山町2215番地先間送水管(1,500㎜)用立坑およびトンネル築造工事

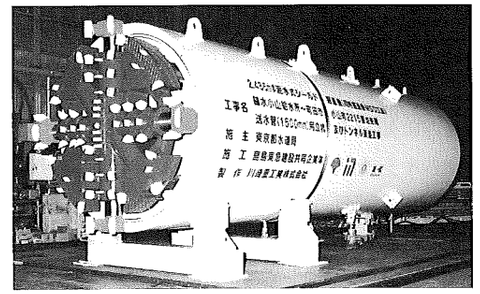
工　期：平成14年6月14日～平成16年8月11日

主要施工数量：発進立坑築造工(ニューマチッククケーソン工法)　1基

トンネル築造工：泥水式シールド工法・地中接合　1,215.5m

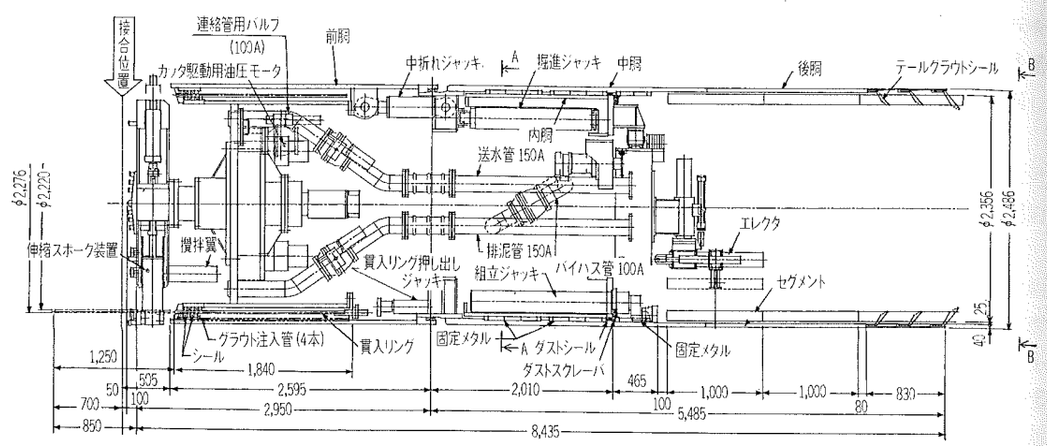
3-2　シールド工事概要

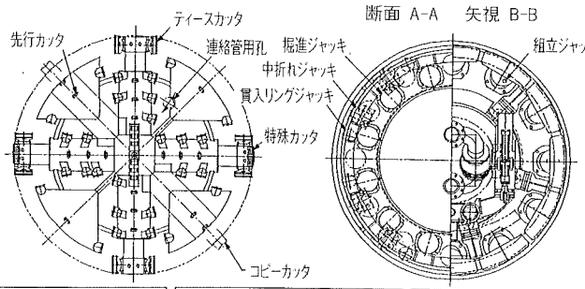
施工位置は，多摩丘陵の南部に位置し，発進立坑は鑓水小山給水所に隣接する比較的人家のまばらな地域であるが，近隣では大規模マンションの建設工事が進行している．シールドの通過路線の大半は商業地域・住宅地などの開発が進みつつある(図-3)．


工事名
送水管(1500mm)用立坑
施主　東京都水道局
施工　鹿島・東急・前田・西武・大日本土木・青木あすなろ・飛島・ケミカル・奥村・佐藤渡辺・ピーエス・三井住友・三井建設・三井住友建設・三井住友・三井住友・三井住友

工法のシールドの概念図を図-6に示す．シールド内側に前後にスライドする筒状の内胴を有し，内胴には前方に伸びる掘進専用の「掘進ジャッキ」と後方に伸びるセグメント組み立て専用の「組立ジャッキ」を装備しており，これらは同一円周上に交互に配置されている．

このように2種類の専用ジャッキを持つことから「ダブルジャッキ式同時掘進シールド」と呼んでいる．また，カーブ施工時には，掘進ジャッキを全伸状態で停止させ，組立ジャッキを通常のシールドジャッキと同様の操作方法で掘進，組み立てを行う．





シールド本体要目	
外径	φ2,486㎜
全長	8,435㎜
組み立てジャッキ	700kN×1,150st×12本
中折れジャッキ	700kN×1,150st×8本
掘進ジャッキ	700kN×1,000st×12本
中折れ角度	左右±3.5°
コピーカッタジャッキ	93kN×235st×2本
伸縮カッタジャッキ	257kN×180st×4本
貫入リンクジャッキ	350kN×200st×8本
最小曲線半径	100mR

カッタドラム要目	
型式	全断面掘削正逆回転方式
回転数	0～2.2min^{-1}
トルク	常用219kN・m 最高329kN・m
カッタ	超硬チップ付きカッタ
油圧モーター型式	ME175（減速機付き）×5台

エレクタ項目	
型式	リングドラム式
吊り荷重	200kg
押し込み力	2000kg
回転数	0.8/1.6min^{-1}
伸縮ストローク	MAX380㎜
前後ストローク	前100㎜ 後400㎜
油圧モーター型式	MAX250B0×1台
伸縮ジャッキ	φ63×380st×14MPa×2本
摺動ジャッキ	φ63×500st×14MPa×1本

パワーユニット要目				
	シールドジャッキ用	摺動ジャッキ・中折れジャッキ用	カッタ用	コピーカッタ・エレクタ・伸縮スポーク用
油圧ポンプ型式	LVPO17×1台	LVPO17×1台	K3VG63×2台	QT43-20×1台
常用圧力	35MPa	35MPa	14MPa	21MPa
吐出量	0～20ℓ/min	0～20ℓ/min	0～110ℓ/min	24ℓ/min
出力	15kW×4P×1台	15kW×4P×1台	30kW×4P×2台	11kW×4P×1台

図-5　シールド構造図

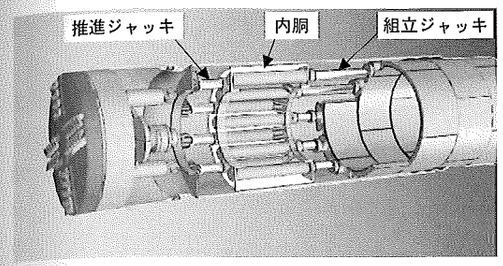


図-6　ダブルジャッキ式同時掘進シールド概念図

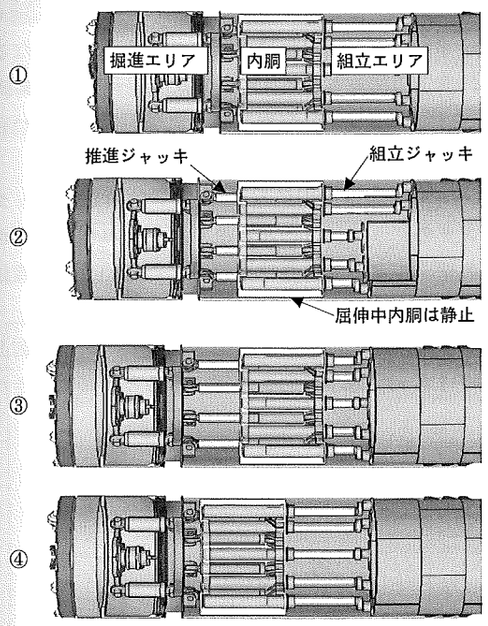


図-7　施工ステップ

3-3-2　施工ステップ(図-7)

(1)　初期状態

掘進ジャッキを縮め，同期させて組立ジャッキを伸ばすことにより，シールド本体を移動させることなく内胴をスライド範囲前端に移動させ，セグメント組み立てスペースを確保する．

(2)　同時掘進の実施

掘進ジャッキによりシールド全体を前方に押し出し，地山を掘削する．並行して組立ジャッキを通常のシールドでのセグメント組み立てと同様に操作し，内胴に装備したエレクタを用いてセグメントの組み立てを行う．掘進ジャッキの反力は内胴から(セグメント組み立てで縮めていない)組み立てジャッキを介してセグメントへと伝達される．

(3)　掘削，組み立ての完了

1リング分の掘削とセグメント組み立てが完了する．

(4)　内胴の盛替え

次リングのセグメント組み立てスペースを確保するため，掘進ジャッキを縮め，同期させて組み立てジャッキを伸ばすことで内胴を1リング分前方に盛替える((1)と同様の操作)．

3-3-3　当工法の特徴

(1)　サイクルタイムの短縮

掘進ジャッキによる掘進作業と，組立ジャッキによるセグメント組み立てを同時に行うことにより，それぞれの作業を同時に行うことのできなかった従来工法よりもサイクルタイムを短縮することができるため高速施工が可能になる．

(2)　二機構部の止水性，メンテナンス性の確保

同時掘進に関する機構部分はシールドスキンプレートにすべて内包されているため，止水性において従来工法と差異がないばかりではなく，当該機構部の故障の際にも完全に機内のみの作業となることからメンテナンス性にも優れる．

(3)　作業の安全性の確保

内胴の後端部を境に，切羽側掘進ジャッキが装備されている「掘進エリア」，立坑側に組立ジャッキが装備されている「組み立てエリア」にそれぞれ独立している．エレクタは内胴の立坑側に装備されており掘進中もセグメントに対して相対的に静止していることから，セグメント組み立ては従来工法と全く同じ感覚で作業ができるので，作業の安全性が確保できる．

(4)　ジャッキ選択パターンの自動化

従来工法ではセグメント組み立て時にシールドジャッキにかかるのは，切羽の土水圧のみであるが，本工法の場合にはこれに掘進による推力が加わる．掘進中にセグメントを組み立てる際に，セグメントピースを挿入するのに必要最小限の組立ジャッキを縮めるが，ジャッキ選択を誤った場合には，ジャッキの必要推力が装備推力を上回りシールド全体が後退し，方向が変化する可能性がある．こういった誤操作を防止する目的で，全部で12本

の組立ジャッキから必要なジャッキを選択するために，リングごとにピース間継ぎ手をちどり配置するための甲，乙の2パターンとA1, A2, B1, B2, Kの5ピース分の5パターン，合計10パターンを2種類の釦で自動的に選択するようにした．これとともに，組立ジャッキに過大な推力がかかった場合には掘進停止するようにインターロックが掛かっている．

3-3-4　実施工における機能確認

全1,213リングのうち同時掘進を実施したのは，鉄道下越部を除く直線区間の175リングであったが，その結果の一例として，**図-8**に1リングのサイクルタイムが最速であった955リング目の掘削開始から内胴盛替え完了の間の線形管理グラフを示す．

（1）　サイクルタイム短縮効果について

図-8に示すとおりこのリングのサイクルタイムは31分であるが，従来工法で同条件の場合には，「31分」＋「セグメント組立時間(14分)」−「内胴盛替え時間(3分)」＝「42分」となり，11分の短縮を実現したことになる．

しかし，セグメント強度により総推力が制限されているために掘進速度を上げられなかったことと，礫層や粘性土層の掘進時に排泥管の閉塞が頻繁に発生し，閉塞解除作業のため，掘進の中断が相次いだことなどにより，一方中通してすべてのリングでこのリングのような良好なサイクルタイムで施工することができなかった．また，レール延伸や送排泥管の延伸などのクリティカルになる作業との関連もある．

（2）　シールドの姿勢制御および線形確保について

同時掘進施工中には図-8より，方位とピッチングのグラフにほとんど乱れが見られないことからシールドの姿勢変化はほとんどないことが確認できた．

また，中折れ機構を使用することで，同時掘進時にもトンネル線形を確保することが確認できた．

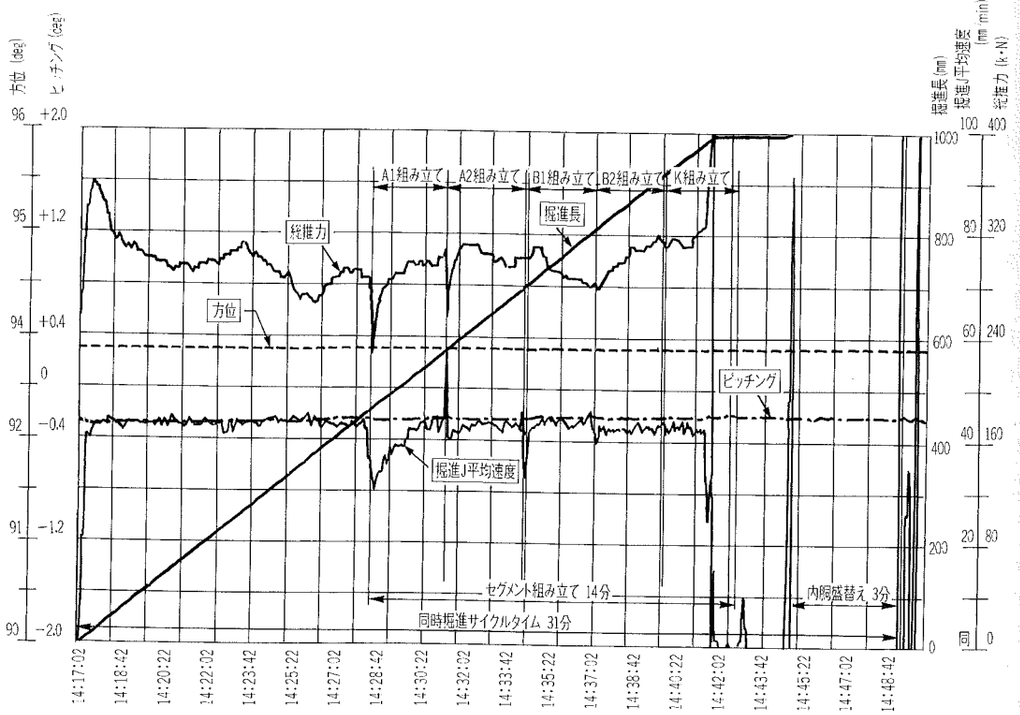


図-8　同時掘進管理グラフ

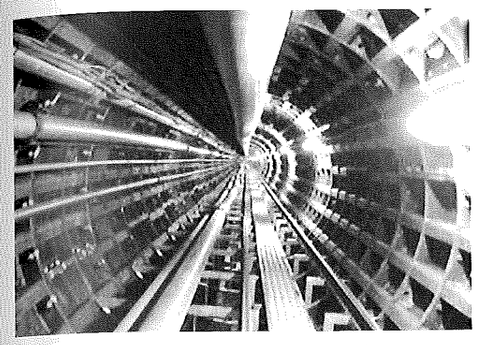


写真-2　同時掘進区間仕上がり状況

写真-2に同時掘進セグメント組み立て完了状況を示す．

4　おわりに

本施工においては，シールド施工総延長の15%とはいえ「ダブルジャッキ式同時掘進工法」の機構的な施工性および信頼性を実証することができた．今後は今回の実証施工結果を踏まえ，他の同時掘進予定工事にフィードバックしていくとともに，シールド・セグメントの耐力・処理設備・貼り付け人員などのコスト増関連も含めたデータを蓄積していけば，シールド工事における長距離施工の方策の選択肢として展開を図ることができると考える．

シールドトンネルの新技術

シールドトンネルの新技術研究会編　代表　鈴木　　章

B5判 289頁　価格4,893円　〒340円

本書は，最近のシールドトンネルの新技術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，新技術について調査・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．

〔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〇シールド工法の歴史〇シールド工法誕生以前のトンネル工法〇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〇シールド工法の導入と発展の経緯〇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. 覆工〇一次覆工の設計〇二次覆工の設計と施工〇シールドトンネルの防水技術　2. 立坑の設計と施工設備〇立坑の設計と施工〇シールド機の構造と装備〇仮設備の計画〇シールド工事による自動化　3. 掘進と施工管理〇シールド掘進と施工管理〇シールド発進と到達〇裏込め注入工法と注入効果〇曲線施工と地中接合〇補助工法の種類と選定　4. 近接施工と環境対策〇近接施工と対策〇アンダーピニングおよび支障物対策〇シールド工事と環境対策〇新工法の現状と将来展望〇ECL工法　5. 切羽の安定と地盤変状防止〇切羽安定の理論と実際〇泥水式シールド工法の切羽安定〇土圧シールド工法の切羽安定　6. 地盤変位の理論と実際　**付録**　1. セグメントの設計例　2. 地盤変位予測解析手法の例　3. シールド工事の施工計画

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

現場だより
平成17(2005)年

「肉じゃが発祥の地？」呉より

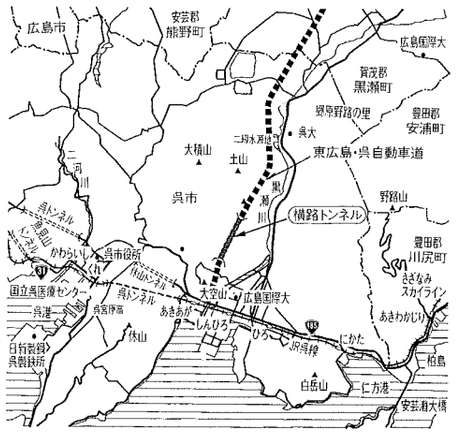
馬 場 謙 二

当現場のある呉市は，広島県南西部に位置し，瀬戸内海に面した気候温暖な人口20万の都市である．市域のうち，54%が山林で，平坦地が少なく山によって各地区に分断された特異な地形をしている．

明治の初めまでは，半農半漁の４つの村落であったが，山に囲まれ海に近いという地理的な特徴から，明治19年に第二海軍区軍港に指定され，明治22年には呉鎮守府が開庁し，本格的な海軍基地の建設が進められた．太平洋戦争時には，人口40万を超え「戦艦大和」を建造した東洋一の軍港として栄えた．

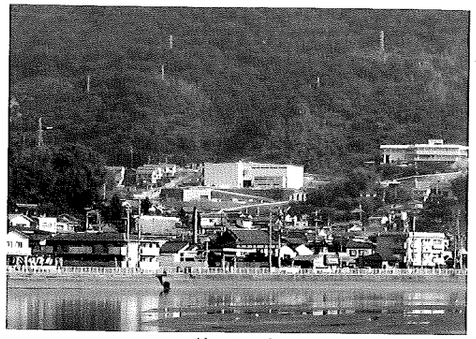
2002年には，市制100周年を迎え，いろいろなイベントが行われた．その中でも，同じく軍港だった舞鶴市と争っている「肉じゃが発祥の地はどこか」はマスメディアにも取り上げられ有名になった．

呉市の観光スポットといえば，入船山記念館と海上自衛隊呉基地が挙げられる．入船山記念館は，旧呉鎮守府司令長官官舎(国の重要文化財に指定)を中心に，郷土館，歴史民俗資料館などがあり，呉の歴史を知るにはまたとない施設である．海上自衛隊呉基地は今年の２月にイラク派遣された輸送艦「おおすみ」の定係港であり，毎週日曜日にはFバースで護衛艦艦内を一般公開している．間近に潜水艦が停泊していることもあり，記念撮影も可能である．



位 置 図


入船山記念館


坑 口 部

最近の話題としては，海上保安大学校の潜水技術課程研修を受ける潜水士の活躍を描いた映画「海猿」のロケが呉地域で行なわれ，ロケ地が市内の観光情報などで紹介されている．

さて，東広島呉自動車道は，山陽自動車道(東広島市)と国道185号(呉市)を結ぶ延長32.8kmの自動車専用道路であり，国道375号のバイパスとして国交省が整備している．横路トンネルは，東広島呉自動車道の中で，もっとも呉市側にある長さ1,806mのトンネルであり，現在350mを掘削したところである．坑口付近には1,100軒ほどの民家があり，近接家屋まで約60m程の距離である．そのため，坑口部は防音建屋で覆っており，トンネル現場には見えない．工事は最盛期を迎え，地元住民の方々のご協力を得ながら，無災害での竣工を目指して鋭意施工中である．

(清水・錢高特定建設工事共同企業体所長)

計 画

明治通り下池袋～渋谷間の地下鉄シールド工事の概要

—東京メトロ13号線—

東京地下鉄(株)建設部長 藤 木 育 雄
東京地下鉄(株)建設部計画課課長補佐 中 村 博 征
東京地下鉄(株)建設部計画課主任 景 山 良

1 はじめに

東京地下鉄(株)(以下，「東京メトロ」という)は，地下鉄13号線池袋～渋谷間の建設を進めており，平成19年度の開業を目指している．

地下鉄13号線の建設は，東京メトロとして最後の新線建設となることから，丸ノ内線の建設以来蓄積された駅やトンネルの建設技術の集大成として，各種新技術を開発・採用している．

本稿は，この地下鉄13号線建設工事のうち，シールド工事の計画概要について紹介するものである．

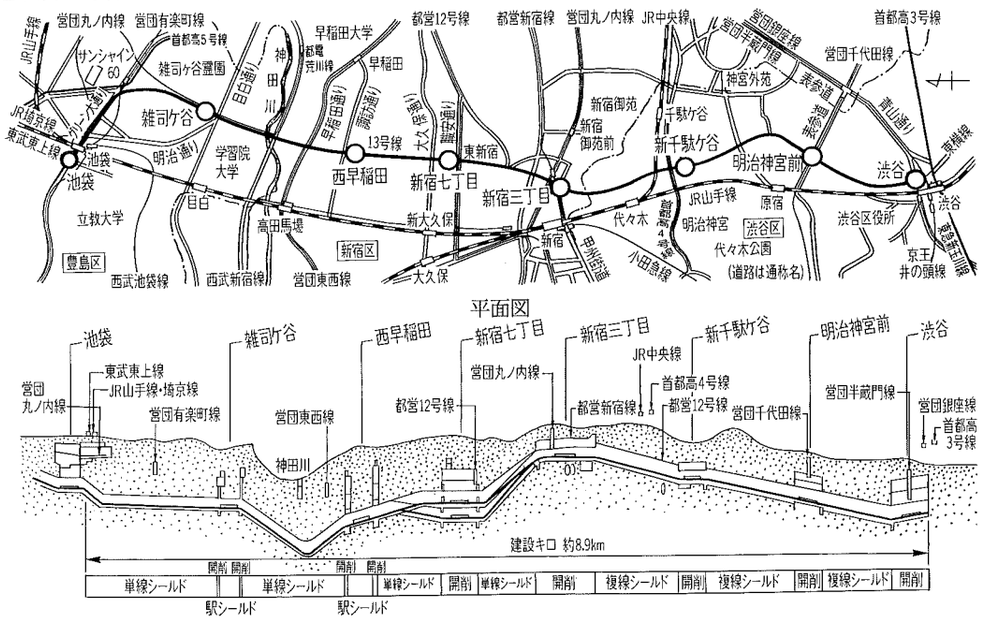
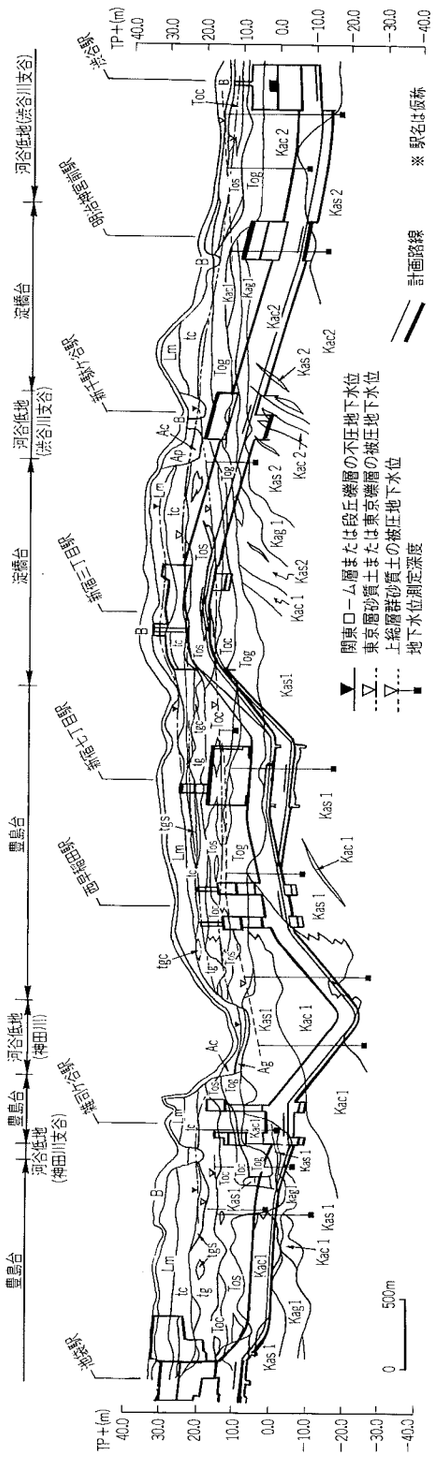


図-1 13号線路線平面および縦断面図



凡例　計画路線

地層名	土質	記号	特徴
表土・盛土	粘土など	B	コンクリート片，木片などを混じる不均質なローム質粘土．N値 0～3．
洪積層 関東ローム層	ローム	Lm	おおむね均質で多孔質なローム．一部で軽石などを含み不均質で粘性が小さい．N値は 1～9．
洪積層 関東ローム層	火山灰質粘性土	tc	粘性の強い有機質粘土とやや粘性のある凝灰質粘土．N値は 1～12．
洪積層 段丘礫層（豊島台のみ分布）	粘性土	tgc	有機物，腐植物を混じる粘性のあるシルト・粘土．N値は 4～50以上．
洪積層 段丘礫層（豊島台のみ分布）	砂質土	tgs	シルトを挟在する細砂，N値は16～31．
洪積層 段丘礫層（豊島台のみ分布）	砂礫	tg	径 2～20㎜亜円礫主体，細砂，中砂，粘土が混じる．N値は15～50以上．
洪積層 武蔵野礫層	粘性土	Toc	比較的粘性が強く，砂が混じるシルト・粘土．貝殻片を多く含む．N値は 6～32以上．
洪積層 武蔵野礫層	砂質土	Tos	細砂～粗砂主体からなり，細礫，シルト，貝殻片を含む．N値は 6～50以上．
洪積層 武蔵野礫層	砂礫	Tog	径 2～50㎜の亜円礫主体の砂礫．マトリックスは粘土～粗砂．N値は22～50以上．
洪積層 東京層群	粘性土	Kac1	均質で硬質なシルト主体（土丹状）．N値は10～50以上．
洪積層 上総層群 江戸川層・舎人層・東久留米層	砂質土	Kas1	粒径が均一な細砂で密実に締まっている．固結したシルトを薄く混入．N値は23～50以上．
洪積層 上総層群 江戸川層・舎人層・東久留米層	砂礫	Kag1	径 2～30㎜の亜円礫を主体．マトリックスは粗砂～細砂．N値は28～50以上．
洪積層 上総層群 北多摩層	砂質土	Kas2	粒径は均一で微細砂からなり，シルト分も混入する．N値は33～50以上．
洪積層 上総層群 北多摩層	粘性土	Kac2	所々に細砂を挟む固結シルト（土丹）．N値は50以上．

注）神田川や渋谷川の谷底低地には，シルト(Ac)・腐植土(Ap)・砂礫(Ag)などからなる谷底堆積物が分布する．

図-2　地質縦断図

2 路線概要

地下鉄13号線は，東京メトロ有楽町線新線池袋駅を起点とし，都道435号(通称：グリーン大通り)，都市計画道路環五ノ１号線の下を通過後，明治通りを南下し，新宿三丁目，明治神宮前を経由して渋谷に至る延長8.9kmの路線である(図-1参照)．

完成後は，起点の新線池袋駅において東京メトロ有楽町線を経て東武東上線，西武有楽町線・池袋線と，終点の渋谷駅において東急東横線と相互直通運転を行う予定であり，東京都北西部および埼玉県南西部から神奈川県横浜方面をつなぐ大動脈として期待されている．

駅は，既設の新線池袋を除き，雑司ケ谷，西早稲田，新宿七丁目，新宿三丁目，新千駄ケ谷，明治神宮前，渋谷(駅名は仮称)の７駅であり，すべての駅間トンネルと雑司ケ谷駅および西早稲田駅はシールド工法で計画している．

地下鉄13号線の地質構成は，図-2に示すとおりで，池袋～新宿七丁目付近は武蔵野台地の豊島台，新宿七丁目～渋谷付近は淀橋台に位置している．

豊島台・淀橋台の地質は，地表面から４m程度までが埋土，その下部30m程度まで洪積層である関東ローム層，段丘礫層(tgc，tgs，tg)，東京層群(東京層(Toc，Tos))，東京礫層(Tog)が位置し，それ以深は上総層群(Kas，Kac)で構成されている．

豊島台では関東ローム層の下部に段丘礫層をはさみ，東京層と上総層群が分布し，また淀橋台では関東ローム層の下に東京層と上総層群が分布している．

地下水は，関東ローム層，段丘礫層の不圧帯水層と，東京層および上総層群の数層に分かれた被圧帯水層に分布している．

新千駄ケ谷駅から渋谷駅間の施工範囲に多く分布する北多摩層は，非常に細かい粒子の砂層が介在しており，この砂層が高く被圧された地下水を有することから，シールド掘進にあたっては注意が必要な地質である．

3 シールド工事

3-1 シールドトンネルの設計方針

地下鉄13号線のシールドトンネルは，以下の方針にもとづいて設計している．

(１)　トンネル外径は線形などを考慮し，単線シールドφ6,600㎜，駅シールドφ8,000㎜，複線シールドφ9,800㎜とした．また，複線部で断面最適化の検討を行い，W9,700×H8,400㎜の複合円形シールドを初めて採用することとした．なお，二次覆工は建設時に施工せず，将来のために二次覆工余裕を確保することとした．

(２)　セグメントは，鉄筋コンクリート平板型を標準とし，一部ダクタイルセグメントと鋼製セグメントを使用する．セグメントの継手は，地下鉄13号線が硬質地盤中に建設されることから，新たに開発した継手を主として採用する．また，セグメントの幅は，従来の1,500㎜から鉄道トンネルで最大となる1,600㎜を標準とすることとした．

これらにより，大幅なコスト縮減を図った．

(３)　シールドは，地質，作業基地面積および近接構造物などの施工条件を考慮し，泥水式シールドと泥土圧シールドを使い分けることとした．

(４)　幅広セグメントの採用によって，セグメントが変形・損傷しやすくなることから，新たに開発したテール内形状保持システム(TKS)を地下鉄13号線の全シールドに標準装備することとした．

TKSは，組み立て完了直後のセグメントがシールドのテール部内で無支持状態となり，掘進時の推進力によって変形・損傷することを防止する目的で開発したものである．このシステムは，テール内のスキンプレート内側に取り付けた膨張自在な膨張体を空気圧で膨らませることにより，組み

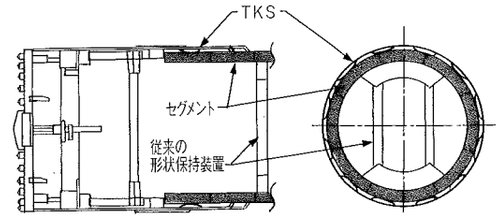


図-3　テール内形状保持システム(TKS)

表-1　13号線シールド工事計画概要一覧表

シールド区分		南池袋単線シールド	雑司ケ谷駅シールド	高田単線シールド	新宿御苑複線シールド	千駄ケ谷複線シールド	神宮前複線シールド	西早稲田駅シールド
施工延長		1,454	139m	1,245m	1,245m	912m	738.5m	167.8×2=335.6m
最大土かぶり		29.8m	27.7m	32.2m	32.2m	22.9m	20.2m	24.9m
線形	最小曲線	R=180m	直線	A線：R450m B線：R250m	R=162m	R=253m	R=503m	R=700m
線形	最急勾配	35‰	2‰	35‰	10‰	16‰	10‰	10‰
セグメント	種別	単線	単線	単線	複線	複線	単線(Uターン)	単線(Uターン)
セグメント	外径	φ6,600㎜	φ8,000㎜	φ6,600㎜	φ9,800㎜	φ9,800㎜	φ8,000㎜	φ6,600㎜
セグメント	種類	RC平板型 ダクタイル	RC平板型 鋼製	RC平板型	RC平板型	RC平板型	RC平板型 鋼製	RC平板型
セグメント	厚さ	320㎜	350㎜(平板) 250㎜(鋼製)	320㎜	400㎜	400㎜	350㎜(平板) 250㎜(鋼製)	320㎜ 250㎜(ダク)
セグメント	幅	1,600㎜	1,600㎜	A線：1,600㎜ B線：1,600㎜ 1,400㎜	1,200㎜ 1,600㎜	1,200㎜ 1,600㎜	1,600㎜	平板：1,400㎜ 1,600㎜ ダク：1,250㎜ 1,600㎜
セグメント	分割数	6不等分割	7等分割	6不等分割	7等分割	8不等分割	7等分割	平版：6不等分割 ダク：6等分割
セグメント	区セグメント	軸方向挿入	軸方向挿入	軸方向挿入	軸方向挿入	軸方向挿入	軸方向挿入	軸方向挿入
継手	セグメント間	A線：スライドロック継手 B線：BEST継手	FAKT継手	A線：スライドロック継手 B線：BEST継手	BEST	スライドロック インサート式 高剛性	DUET継手	ワンタッチ式 コッター継手
継手	リング間	A線：タスリング B線：BEST継手			〃	タスリング	DUET継手	自己締結式継手
シールド	形式	泥土圧	泥水式	A線：泥土圧, B線：泥水式	泥水式	泥土圧	泥土圧	A線：泥土圧, B線：泥水式
シールド	特長	テール内形状保持装置	テール内形状保持装置	テール内形状保持装置 中折れ装置	テール内形状保持装置	テール内形状保持装置	テール内形状保持装置 中折れ装置	テール内形状保持装置 中折れ装置
シールド通過部の地質		(洪積層) 東京礫層 N=50以上 上総層砂層 N=50以上	(洪積層) 上総層礫層, 砂層 N=50以上 東京層群 砂層 N=20～50 粘性土N=10～20	(洪積層) 東京礫層 N=50以上 上総層砂層 N=50以上	(洪積層) 関東ローム N=6 東京層群 (砂, 粘性土, 礫層) N=10～50 上総層群(砂, 礫層) N=50以上	(洪積層) 東京層(礫層) N=50以上 上総層群(砂, 礫層) N=50以上	(洪積層) 上総層群 (砂, 粘性土層) N=50以上	(洪積層) 上総層群 粘性土層, 砂層 N=27～50以上
交差・近接構造物		NTTシールド：10.0m	都営大江戸線：0.9m 幹線下水：4.4m	都営大江戸線：0.9m	都営大江戸線：0.9m	東電洞道：4.4m 城南河川滞流復活導水管路：1.8m	東電MH：6.0m 城南河川滞流復活導水管路：4.2m	NTTシールド：13.1m
		千登世橋洞道：6.9m 有楽町線：9.2m 都電(荒川線)	都電(荒川線)			NTT洞道：3.3m 東電洞道：0.8m		NTTシールド：10.0m

立て完了直後のセグメントを全周から支えたまま掘進させるものである(図-3参照).

3-2　シールド工事の計画概要

表-1に，各区間シールド工事の計画概要を一覧で示す.

シールド区間は，南池袋単線シールド，雑司ケ谷駅シールド，高田単線シールド，西早稲田駅シールド，戸山単線シールド，新宿単線シールド，新宿御苑複線シールド，千駄ケ谷複線シールドおよび神宮前複線シールドの9区間である.

このうち，南池袋単線シールドと雑司ケ谷駅シールドはA・B線(A線：池袋→渋谷方面，B線：渋谷→池袋方面を表す)各々が親子シールドである.また，西早稲田駅シールド，戸山単線シールドおよび新宿単線シールドはUターン施工となっている.したがって，全体で15本のシールドトンネルとなる.

以下，それぞれの区間ごとに特徴を述べる.

4　各区間シールドの特徴

4-1　南池袋単線シールドおよび雑司ケ谷駅シールド

(1)　工事内容

当シールドは，新線池袋駅から雑司ケ谷駅間の単線並列トンネル(外径φ6,600㎜，図-4参照)と雑司ケ谷駅のホーム部となる単線並列トンネル(外径φ8,000㎜，図-5参照)を親子シールドで施工するものである.シールドは，雑司ケ谷駅終端立坑を発進し，駅シールド部の延長139mを掘進する.そして，雑司ケ谷駅始端立坑に到達後，駅シールドの親機から子機を立坑内に引き出し，単線シールドとして新線池袋駅までの延長1,454mを再掘進する.また，駅シールドの中間部では，A・B線トンネル相互間の連絡通路を2か所築造する.

駅シールドの離隔は1.34mである.駅シールド区間の平面線形はほぼ直線であるが，単線シールド区間はグリーン大通りから都市計画道路環五ノ1号線にかけてR180mの急曲線となっており，13号線の単線シールド区間でもっとも急な場所である.単線シールドの離隔は3.4～7.5mである.

シールドは，地質や発進基地の面積などを総合的に勘案し，A線シールドは泥土圧シールド，B線シールドは泥水式シールドとした.

駅シールド掘進部の地質は，発進部で全断面上総層の砂質土となっているが到達部付近では，上総層礫質土，砂質土および粘性土の互層地盤となっていて，全体的に硬質地盤となっている.

単線シールド部の発進部は，駅シールドの到達部と同じく，上総層の互層地盤となっていて，中間部付近で全断面上総層の粘性土となる.到達部

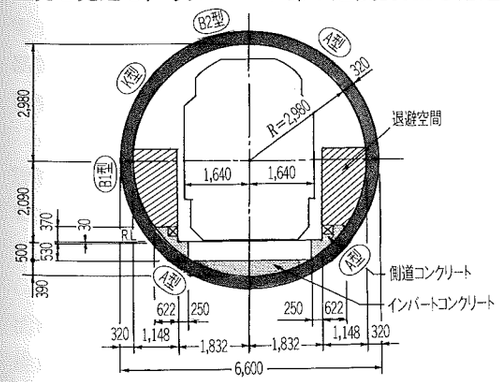
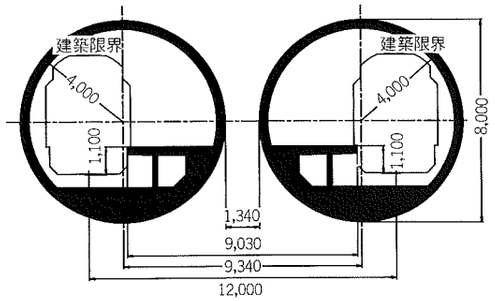


図-4　南池袋単線シールド標準断面図

併設トンネル部



連絡通路部

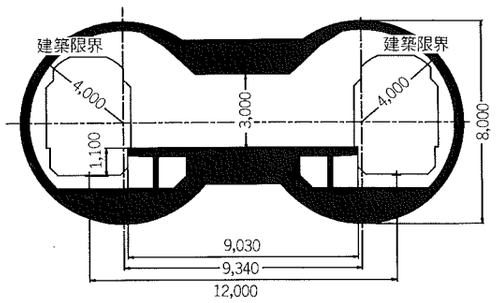


図-5　雑司ケ谷シールド標準断面図

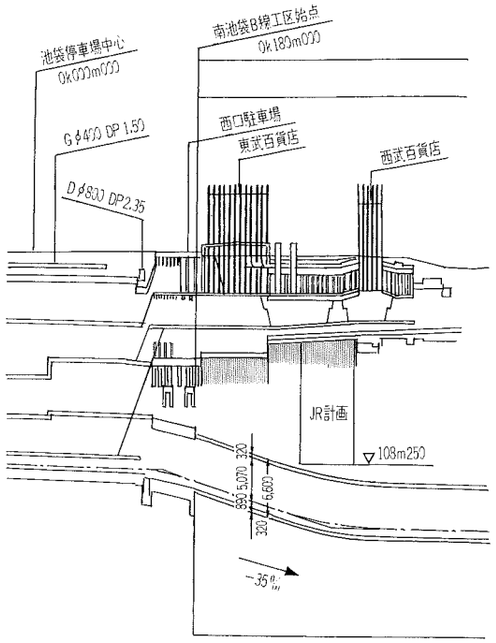


図-6　新線池袋駅終端部近接構造物縦断面図

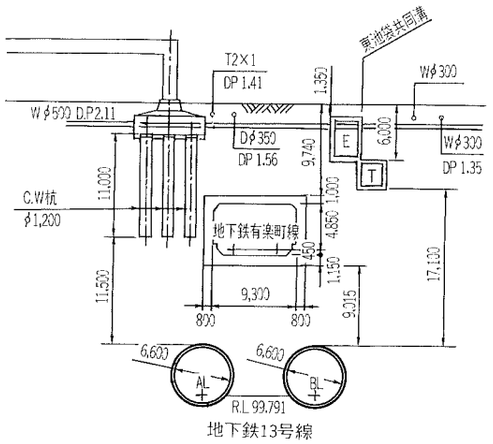


図-7　地下鉄有楽町線との交差断面図

の新線池袋駅では全断面ほぼ東京層の砂質土となる．

近接構造物は，新線池袋駅の終端側から東武デパート，東武東上線，JR山手線・埼京線，西武池袋線と西武デパートがあり，それぞれと平面交差する(図-6参照)．また，地下鉄丸ノ内線が真上に平行，近接することになる．中間部でNTT千登世とう道(φ3,550㎜)と地下鉄有楽町線とシールド上部で平面交差し，離隔6.0mと9.0mでそれぞれ近接することとなる(図-7参照)．

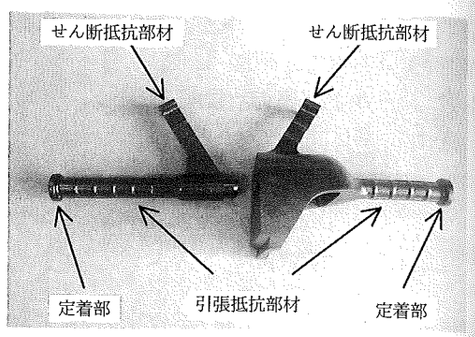


写真-1　DUET継手構造

（2）　セグメント

単線部のセグメントは，幅1,600㎜(急曲線部では幅1,400㎜)，桁高320㎜の6不等分割RC平板型セグメントであるが，一部区間に幅1,250㎜，桁高250㎜の6等分割ダクタイルセグメントを使用する．

駅シールド部のセグメントは，幅1,600㎜，桁高350㎜の7等分割RC平板型セグメントであり，駅中間部に設ける連絡通路の欠円部は鋼製セグメントである(図-5参照)．

単線部セグメントの継手は，ワンタッチ式のコッター継手である．

駅シールド部のセグメントの継手は，13号線用に開発したDUET継手である(写真-1参照)．

4-2　高田単線シールド

（1）　工事内容

当シールドは，雑司ケ谷駅から西早稲田駅に至る延長1,245mの単線並列トンネル(外径φ6,600㎜，図-4参照)でA・B線とも泥土圧シールドで施工するものである．また，シールドの到達後，中間部においてA・B線トンネルの間にポンプ室を非開削工事にて築造する．

シールドは，西早稲田駅を発進し，雑司ケ谷駅に到達する．A・B線トンネルの離隔は2.9～13.7mである．最大土かぶりは，中間部で32.3mと，13号線の中ではもっとも大きい所である．

シールド掘進部の地質は発進部からほぼ全断面上総層の粘性土で，到達部付近で上総層の砂質土となり全体が硬質地盤での掘進となる．

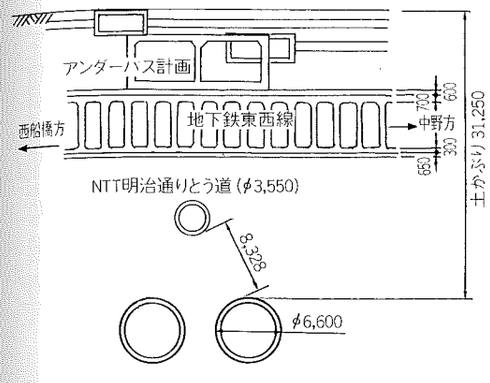


図-8　地下鉄東西線との交差断面図

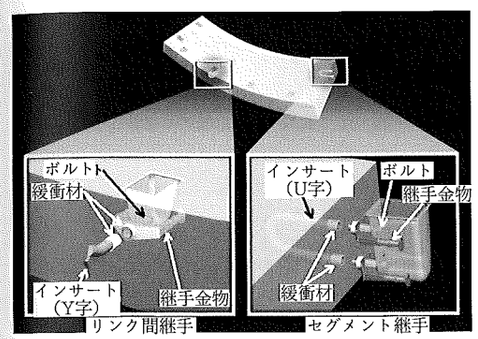


図-9　BEST継手の構造および配置

近接構造物は，発進からまもなくした所に，地下鉄東西線(離間約16m)およびNTTとう道(φ3,550㎜)(離間約8.3m)，中間部で神田川(離間約8m)と交差し，到達部付近でNTTシールド(φ3,550㎜)離間約2mで交差・近接する(図-8参照)．

（2）　セグメント

セグメントは，幅1,600㎜であるが，B線は急曲線部に幅1,400㎜も用いる．桁高は320㎜で，6不等分割RC平板型セグメントである．また，中間部のポンプ室は欠円トンネルとなり鋼製セグメントを用いる予定である．

セグメントの継手は，13号線用に開発したDUET継手(写真-1参照)とBEST継手(図-9参照)である．

4-3　西早稲田駅シールド

（1）　工事内容

当シールドは，西早稲田駅のホーム部となる延長167.8mの単線並列トンネル(外径φ8,000㎜，図-5参照)を泥土圧シールドでUターン施工するものである．シールドは，西早稲田駅の終端立坑から発進し，始端立坑に到達後，立坑内でUターンさせて再度終端立坑に向けて発進する．掘進総延長は335.6mとなる．また，雑司ケ谷駅同様に，駅シールドの中間部ではA・B線トンネル相互間の連絡通路を2か所築造する(図-5参照)．

シールド掘進部の地質は，全延長において硬質な上総層の砂質土と粘性土からなっていて，砂質土には被圧水を有している．

近接構造物は，シールドの上部に並列して，NTTシールド(φ2,850㎜)が離隔13.0mで近接し，その上部に同じく並列して東電シールド(φ1,600㎜)がある．

（2）　セグメント

セグメントおよび継手については，雑司ケ谷駅の駅シールド部と同様である(写真-1参照)．

4-4　戸山単線シールド

（1）　工事内容

当シールドは，西早稲田駅から新宿七丁目駅に至る延長531mの単線並列トンネル(外径φ6,600㎜，図-4参照)を泥土圧シールドでUターン施工するものである．シールドは，新宿七丁目駅地下4階のB線側から発進し，西早稲田駅に到達後，立坑内でUターンさせてA線側から再発進し，新宿七丁目駅の地下3階に到達する．掘進総延長は1,062mとなる．A・B線トンネルの離隔は，発進部で最小離隔3.9m，Uターン部で5.4mである．

シールド掘進部の地質はB線シールドの発進部から到達までほぼ全断面上総層砂質土で，中間部に一部上弦に東京礫層が出現する．Uターン後のA線シールドは発進部が全断面上総層砂質土で中間部からは，東京礫層が9割方占めるようになり，いずれも硬質地盤での掘進となる．近接構造物は，シールド上部に約13mの離隔でNTTシールド(φ2,850㎜)がトンネルと平行している．

（2）　セグメント

セグメントは，幅1,600㎜，桁高320㎜の6不等分割RC平板型セグメントである．

セグメントの継手は，先に掘進するB線側はBEST継手(図-9参照)，Uターンした後のA線側は

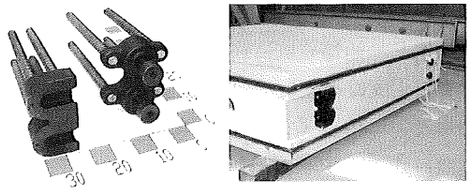


写真-2　スライドロック継手(複線用)

スライドロック継手(写真-2参照)である．

4-5　新宿単線シールド

(1)　工事内容

当シールドは，新宿七丁目駅から新宿三丁目駅に至る延長455mの単線並列トンネル(外径φ6,600㎜，図-4参照)を泥水式シールドでUターン施工するものである．シールドは，新宿三丁目駅B線側から発進し，過去最急勾配となる40‰で下り，新宿七丁目駅の地下4階に到達後，立坑内でUターンさせ，6.3mの引き上げを行ってA線側から再発進し，新宿三丁目駅に到達する工事工程の関係から，これまでに例がない立坑内でのシールド引き上げを行うことになった．A・B線トンネルの離隔は，発進部で平面的に3.5m，Uターン部で上下に0.4mである．

シールド掘進部の地質は，発進部でほぼ全断面東京層粘性土，中間部から東京層礫質土，到達部で全断面上総層砂質土となる．一方，Uターン後の再発進部はほぼ全断面東京層礫質土が占め，中間部で一部東京層砂質土が介在し，到達部ではほぼ全断面東京層粘性土が占める地質となっている．土かぶりは，A線側始端部で21.4m，終端部で11mと小さくなっていて，B線側は始端部で27.6mと大きく，終端部で12.4mと小さくなっている．

近接構造物は，始端部でシールド上部に都営大江戸線が離隔2.1mで交差する(図-10参照)．

その他，第二戸山幹線下水(φ2,500)が最小離隔4.4m，NTTとう道などのライフラインが比較的浅い位置にあり，掘進管理にはとくに注意が必要である．

(2)　セグメント

セグメントは，幅1,600㎜(急曲線部1,400㎜)，桁高320㎜の6等分割RC平板型セグメントである．

セグメントの継手は，13号線の単線用に開発したFAKTセグメントである(図-11参照)．

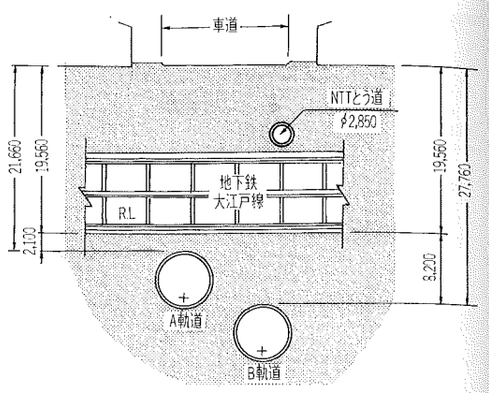


図-10　都営大江戸線との交差断面図

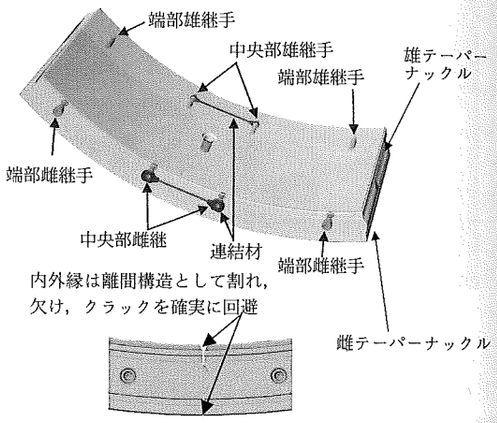


図-11　FAKTセグメント構造図

4-6　新宿御苑複線シールド

(1)　工事内容

当シールドは，新宿三丁目駅から新千駄ケ谷駅に至る延長889mの複線トンネル(外径φ9,800㎜，図-12参照)を泥水式シールドで施工するものである．シールドは，新宿三丁目駅を発進し新千駄ケ谷駅に到達する．

シールド掘進部の地質は，発進部から東京層粘性土と砂質土の互層で，その後は断面下部から東京礫層が出現し，粘性土，砂質土，礫質土の互層となる．中間部付近からは東京層の礫質土，上総層の砂質土，礫質土の互層となり，到達部付近では断面上弦に東京層礫質土が残るものの，ほぼ全断面上総層砂質土，礫質土が占めるようになる．

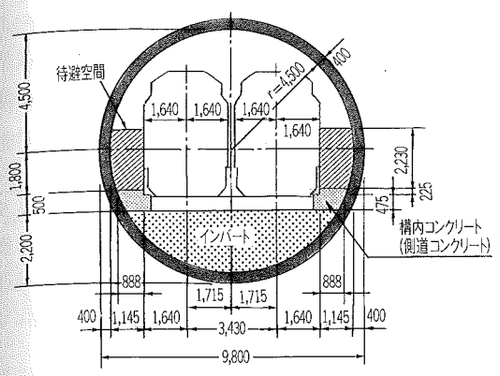


図-12　複線トンネル標準断面図

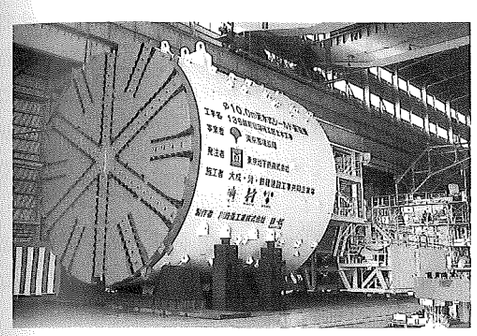


写真-3　新宿御苑複線シールド

土かぶりは，始端部で9.6m，終端部が10.3mとなっており，最大土かぶりでも14.4mと全体的に浅いトンネルとなっている．

近接構造物は，始端部付近で東電鞘管(φ1,724㎜(最小離隔約3.1m))が，終端部付近でJR中央線の架道橋(離隔約7.2m)が近接し，さらに首都高4号線の橋脚(離隔約7.2m)が近接し，都営大江戸線シールド(φ8,600㎜（離隔0.9m))が下部側で大接近する(図-13, 14参照)．

(2)　セグメント

セグメントは，幅1,600㎜(急曲線部1,200㎜)，桁高400㎜の7等分割RC平板型セグメントである．セグメントの一部は，韓国でも製作している．

セグメントの継手は，13号線用に開発したBEST継手である(図-9参照)．

4-7　千駄ケ谷複線シールド

(1)　工事内容

当シールドは，新千駄ケ谷駅から明治神宮前駅に至る延長912mの複線トンネル(外径φ9,800㎜，

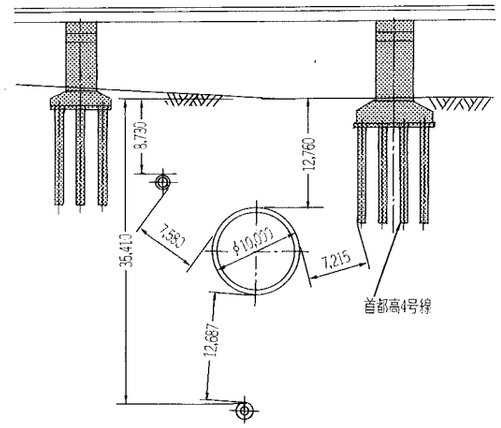


図-13　首都高4号線橋脚付近断面図

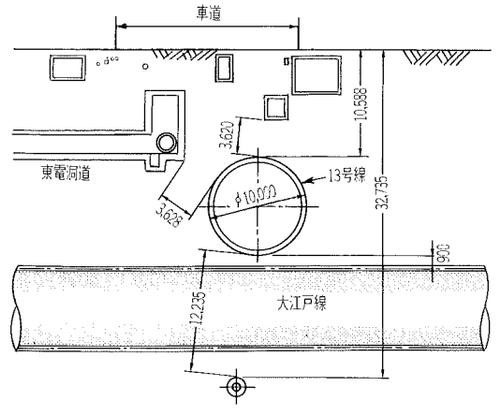


図-14　都営大江戸線との交差断面図

図-12参照)を泥土圧シールドで施工するものである．シールドは，新千駄ケ谷駅を発進し，明治神宮前駅に到達する．

シールド掘進部の地質は，発進部付近で上弦から東京層礫質土，上総層砂質土および礫質土の互層となっている．その後，下弦から上総層の粘性土が現われ中間部から到達部まで全断面上総層の粘性土となり，全域にわたり硬質地盤での掘進となる．

土かぶりは，始端部で14.1m，終端部で20.1mとなっていて，最大土かぶりは中間部で22.7mと比較的浅いトンネルとなっている．

近接構造物は，トンネルと平行してシールド上部に東電洞道(φ2,400㎜)が最小離隔4.4mで，下部に城南河川清流復活導水路(φ2,000㎜)が最小

離隔1.8mで近接，交差する．その他，中間部付近で民有地ビルと近接施工となる．

（2）　セグメント

セグメントは，幅1,600㎜（急曲線部1,200㎜），桁高400㎜の８不等分割RC平板型セグメントである．

セグメントの継手は，13号線の複線用に開発したスライドロック継手である（写真-2参照）．

4-8　神宮前複線シールド

（1）　工事内容

当シールドは，明治神宮前駅から渋谷駅に至る延長738.5mの複合円形トンネル（外径W9,700×H8,400㎜，**図-15**参照）を泥土圧シールドで施工するものである．シールドは，明治神宮前駅を発進し，渋谷駅に到達する．

シールド掘進部の地質は，全域にわたり上総層の粘性土および砂質土で，かなり安定した硬質地盤である．発進部付近から終端部付近まで下弦部に砂質土があり，到達部付近は全断面粘性土地盤となっている．

土かぶりは，始端部で19.3m，中間部で約18m，最大土かぶりとなる終端部で20.2mと，比較的平坦な地形となっている．

近接構造物は，トンネルと平行して上部に東電シールド（ϕ2,800㎜）が最小離隔7.9mで，下部に城南河川導水路（ϕ2,000㎜）が最小離隔4.2mで近接，交差する．

また，終端部付近では千駄ケ谷幹線下水渠および古川幹線下水渠が近接，交差するこれらの大型埋設物に対しての掘進管理にはとくに注意が必要である（**図-16**参照）．

（2）　複合円形シールドの概要

複合円形シールドは，複線断面の円形トンネルにおいて上下部に鉄道として利用しない部分が多く発生してしまう問題点を解決するために，構造的には円形の特性を活かし，必要な断面を確保できるトンネル断面形状としたものである．

トンネルの幅は従来の円形トンネルと同じであるが，セグメントリングに複数の曲率を持たせてトンネル上下方向の高さを縮小した．トンネル高さの縮小量は，トンネル断面隅角部の応力集中による鉄筋量の増加が，円形断面の主鉄筋径を1ランクアップさせる程度で可能となるように決めている．

また，構成するセグメントを極力共用できるよう，断面形状は幾何学的に上下と左右が対称となるようにし，セグメント分割も考慮した．

この複合円形シールドは，**表-2**に示すように，インバートや側道のコンクリート部断面積を控除した内空面積（トンネル純空間）が円形シールドとほぼ同等でありながら，トンネル断面積は10%程度の減となり，環境負荷低減にも寄与するものである．

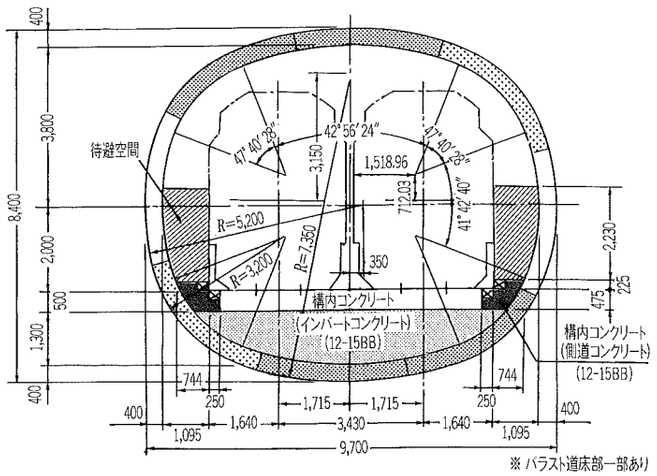


図-15　複合円形トンネル標準断面図

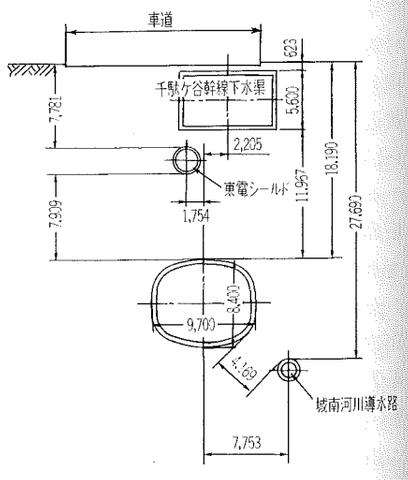


図-16　大型埋設物の近接断面図

（3）　セグメント

セグメントは，円形断面と同じ，幅1,600㎜，桁高400㎜のRC平板型セグメントである．分割は種類をできるだけ少なくなるよう配慮し，４種類８不等分割とした．

表-2　面積比較表

種　別	形　状	断面積 (m²)	トンネル純空間 (m²)
円　形	ϕ9,700	73.9	47.0
複合円形	H：8,400×W：9,700	67.3	46.1
比　率	—	0.91	0.98

※比率は円形を１とした場合で表記

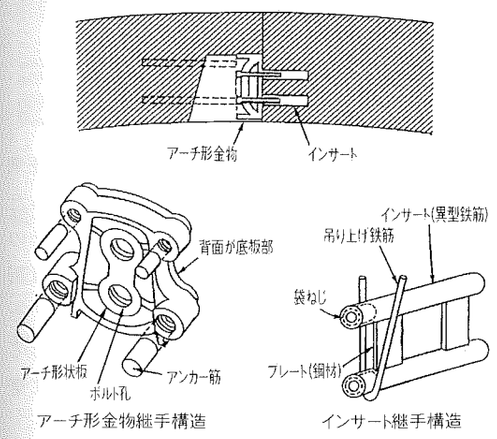


図-17　インサート式高剛性継手

セグメントの継手は，複合円形シールドであることからセグメント間に剛性の高いインサート式高剛性継手を（**図-17**参照），リング間にDUET継手（写真-1参照）を用いることにした．

（4）　シールド

シールドは，シールド高さ方向と同じ長さのカッタスポークを配置し，掘削不可能な偶角部分の掘削にはカッタスポークに装備した伸縮カッタを用いて全断面掘削を可能としている（**図-18**参照）．

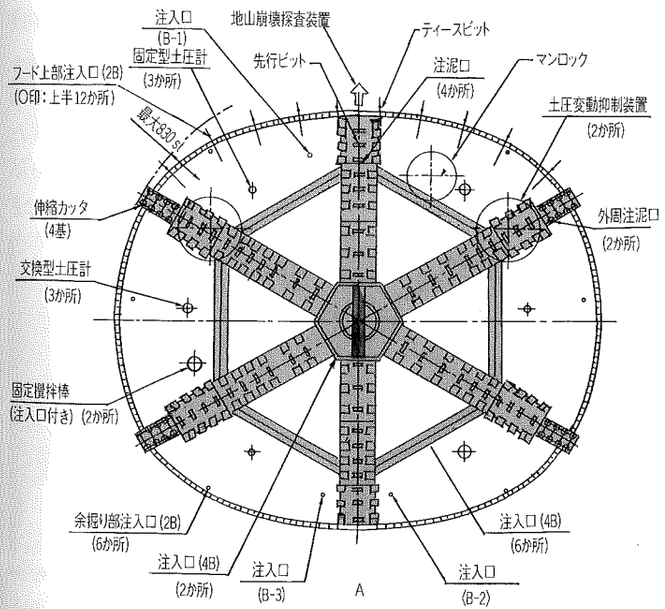


図-18　複合円形シールド正面図

5　おわりに

現在，駅部の開削工事は最盛期を迎えており，一部鉄筋コンクリートの構築が完成しているところもある．駅シールドおよび駅間シールド工事は，来年度から順次発進する予定であり，現在シールドやセグメントの製作を実施している．

13号線のシールド工事では，これまで述べた新開発技術の検証を行うと同時にトンネルの安全性・施工性を検証・確認するために，各種現場計測を予定している．

これらは，今後シールド工事の施工状況を踏まえ，機会があれば紹介する予定である．

参考文献

1）大石敬司・ほか：覆工の新しい継手構造，土木技術，2003.12.
2）大石敬司・ほか：新型継手DUETの開発（その1），土木学会年次講演会，2004.9.
3）中村博征・ほか：新型継手DUETの開発（その２），土木学会年次講演会,2004.9.
4）入江健二・ほか：経済性と高耐久性を追及した新型継手（その１，２），土木学会年次講演会2003.9.
5）入江健二・ほか：経済性と高耐久性を追求した新型継手（その３，４），土木学会年次講演会，2004.9.
6）矢萩秀一・ほか：スライドロックセグメントの開発（その１），土木学会年次講演会，2004.9.
7）矢萩秀一その他：FAKT（自己締結式）セグメントの開発（その４），土木学会年次講演会，2004.9.



トンネル千夜一夜(1)

還暦を迎えた新幹線のトンネル

(財)鉄道総合技術研究所
小野田　滋

■新幹線60周年？

昨年10月１日は，東海道新幹線が開業してちょうど40年目の記念日であった．当時「夢の超特急」と呼ばれた新幹線は，10日後に開幕した東京オリンピックとともに，高度経済成長時代のシンボルとなり，世界の高速鉄道に先鞭をつけることとなった．東海道新幹線には，施工延長515.8kmのうち，合計66か所，総延長68.6kmのトンネルが建設されたが，開業時に供用を開始したこれらのトンネルも，そろって40周年を迎えたことになる．しかし，この中には，それより20年も前に建設された新幹線のトンネルが含まれているのである．熱海～三島間の新丹那トンネル(延長7,959m)と，静岡～掛川間の日本坂トンネル(延長2,173m)がそれである．

■弾丸列車計画と日本坂トンネル

1938(昭和13)年，日華事変をきっかけとして戦火が拡大しつつあった大陸方面への輸送力を増強するため，東京～下関間を広軌別線で結ぶ高速鉄道が計画され，鉄道省に鉄道幹線調査分科会が設置された．いわゆる「弾丸列車」と呼ばれるこの計画は，1940(昭和15)年の鉄道会議で建設が承認され，翌年８月から準備工事が開始された．工事にあたって，もっとも重要視されたのが新丹那トンネルの建設であった．新丹那トンネルは，在来線の丹那トンネルが17年間に及ぶ難工事となった苦い経験から，弾丸列車の建設にあたってもそのネックになると考えられ，このため鉄道省では新幹線丹那隧道研究会を設置して万全を期した．そして，新丹那トンネルは，在来線にほぼ平行して建設されることとなり，1942(昭和17)年３月に東坑口で起工式が行われた．

これに対して日本坂トンネルは，用宗～焼津間に位置する東海道本線・石部トンネルの断面が狭く，曲線半径が急であったことから，在来線をいったん弾丸列車のトンネルに付け替え，これを断面改築するために優先的に建設されることとなった．工事は新丹那トンネルよりも早く1941(昭和16)年８月に着工し，セメント不足や作業員不足に悩まされながらも，1943(昭和18)年８月に貫通(**写真-1**)，翌年９月に完成した．そして，同年10月１日に在来線は日本坂トンネルに切り替えられ，石部トンネルとその神戸方に位置する磯浜トンネルは廃止された．それは奇しくも，東海道新幹線開業のちょうど20年前のできごとであった．



写真-1　貫通した日本坂トンネルと工事関係者
(1943.8：筆者所蔵)



図-1　日本坂トンネル(日本坂隧道)付近の東海道本線と廃線跡(地理調査所 1/2.5万地形図「焼津」昭和31年修測)

■日本坂トンネルの数奇な運命

弾丸列車計画の中で，すべてが完成した構造物は，この日本坂トンネルのみであった．延長の長かった新丹那トンネルは，結局，戦争の激化とともに1943(昭和18)年８月に東坑口，西坑口とも200m程度の覆工を完成させたのみで工事が中止され，技能者を養成するために設けられた直轄の隧道技術講習所も閉鎖されて，人々は浅川地下壕(東京都八王子市)や松代大本営(長野県長野市)の建設工事へと駆り出された．

図-1は，1956(昭和31)年修正測量の日本坂トンネル付近の地形図で，東海道線が現在の日本坂トンネルをくぐり，その東側の大崩海岸に沿って旧線跡と，廃止された石部トンネルと磯浜トンネルが明瞭に識別できる．これらの廃止されたトンネルは，戦中・戦後の混乱の中で放置され，1948(昭和23)年のアイオン台風で路盤と坑口の一部が崩壊するなどの被害を受けた．そして，東海道新幹線の着工とともにようやく改築工事が実施されることとなり，石部トンネルと磯浜トンネルを内部でつないで１本のトンネルとし，1962(昭和37)年に完成した．この時点で，日本坂トンネルはいったん廃止され，補修工事を行ったうえで1964(昭和39)年10月１日にめでたく東海道新幹線のトンネルとして開業を果たしたのである．



写真-2　戦前の新丹那トンネル坑口前で東海道新幹線の鍬入れを行う十河国鉄総裁
(1959.4；交通博物館所蔵，◎交通新聞社)

一方，坑口のみを掘削したままで放棄された新丹那トンネルでは，1959(昭和34)年４月20日に東海道新幹線の起工式が東坑口で挙行され，十河信二国鉄総裁が鍬入れを行った(**写真-2**)．工事は，鋼製支保工の採用や，機械化施工によって在来線の約４分の１の工期で1964(昭和39)年１月に完成し，東海道新幹線の開業に間に合わせることができた．

40年と言えば，人生に例えるとちょうど働き盛りの年代であるが，そうした中で還暦を迎えたトンネルが今なお現役で頑張り，日本の大動脈を支え続けているのである．

旭川紋別道愛別～愛山上川間開通

北海道開発局旭川開発建設部が建設を進めていた旭川紋別自動車道の愛別IC～愛山上川IC間10kmが，10月30日開通した．

今回の開通で，同自動車道の開通区間は49kmになり，札幌～網走間は30分短縮される．

セグメントを薄型化

首都高速道路公団は，シールドセグメントの薄型化，幅広化に取り組む．コスト縮減，施工スピードの引き上げが目的．

建設中の中央環状新宿線に採用しているセグメントについて，施工時にセグメントにかかる圧力などを調査・分析したうえで，セグメントの幅や厚さをどの程度まで薄くできるか見極める．薄型化などの実現が可能と判断した場合は，横浜環状(供用予定10年度)などの地下トンネルに新型セグメントを導入する意向．

飛騨清見～高山西間開通

中部地方整備局が建設を進めていた，中部縦貫自動車道高山清見道路の飛騨清見IC～高山西IC間8.7kmが11月27日開通した．

同道路は，福井市と松本市を結ぶ同自動車道の一部で，岐阜県清見村～同県丹生村までの延長24.7km．この開通は同道路初の開通区間となる．

同区間の開通により，東海北陸自動車道と同道路が直結，飛騨地域の産業，観光振興などに大きく寄与することになる．

東北新幹線高館トンネル起工

鉄道建設・運輸施設整備支援機構が建設を進めている東北新幹線の高館トンネル他工事が，06年11月の完成を目指して11月9日起工した．

同工事は，延長1,280mのトンネルと延長400mの橋梁を含む全長2,100mの区間で，八戸市では5番目の工事となる．トンネル部は軟弱な未固結の地層を掘進し，橋梁部は湿地帯での施工と，工区全般で技術的な課題が多い．

あぶくま高原道平田～小野開通

福島県が整備を進めている福島空港と東北自動車道および磐越自動車道を結ぶあぶくま高原道路の平田IC～小野IC間(8.6km)が11月25日開通した．

同道路は，福島空港，東北自動車道矢吹ICおよび磐越自動車道小野ICを結ぶ36kmの自動車専用道路．現在まで矢吹IC～福島空港IC間13.6kmが開通しており，今回の開通区間を加えると22.2kmとなり，全体の62%が開通することになる．残りは福島空港IC～平田ICの14kmとなった．

八潮共同溝Ⅱ期工事スタート

関東地方整備局東京国道事務所が建設を進めている八潮共同溝Ⅱ期工事が11月25日スタートした．

同工事は，Ⅰ期工事で施工済みの品川区・新東海橋交差点を起点に海岸通りを南下し，八潮交差点で東に急カーブを切り，京浜運河下を横断し，八潮1丁目の発進立坑を終点とする延長2,238m．ルート内の地山は石を多く含んだ砂礫と土丹層の比較的固い地盤．この固い地盤や曲線半径35mの急曲線に外径φ4.35mの泥水シールドで挑む．

六地蔵～醍醐間開通

京都市交通局が建設を進めていた地下鉄東西線六地蔵～醍醐間が11月26日開業した．

同区間は，宇治市六地蔵から京都市伏見区醍醐高畑町に至る2.4km．同地下鉄では初の市域外への進出となるもので，六地蔵駅と石田駅の2駅を設置．完成により，六地蔵駅でJR奈良線，京阪宇治線との乗換えが可能となり，広域的な鉄道ネットワークが形成される．

工事は4工区に分割．六地蔵北工区では世界初の複線大断面矩形シールド工法が採用された．

シールド工法技術協会ロゴマーク決定する

シールド工法技術協会(STA)は「平成16年度活動報告会」にて協会のロゴマークを発表した．協会加盟会社より募集をし，応募総数93点のうち，第3次審査を経て，清水建設(株)の林裕悟氏の案をロゴマーク(下記)として採用した．なお，実際のロゴマークは，オレンジと青を基調としたデザインである．

ロゴマークのコンセプトは以下のとおりである．

1.「目が行くけど目立ちすぎず」

本デザインが添付された名刺を渡されたときに，渡された人が自然と目が行くような「明るい色(暖色)」にした．そこから，会話のきっかけができて，協会の広報活動につながるように心がけた．

2.「シールドをわかりやすく」

デザイン的には，シールドの形状を，わかりやすくピクトグラム化して，安全，かつ，強固をイメージとなるようにソリッドなものとした．

STA

あけまして
おめでとうございます

平成十七年 元旦

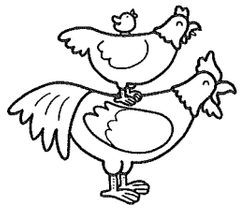
青木あすなろ建設株式会社
株式会社 淺沼組
安藤建設株式会社
石田土木株式会社
梅林建設株式会社
株式会社 大林組
株式会社 奥村組
株式会社 加賀田組
鹿島建設株式会社
株木建設株式会社
木原建設株式会社
木部建設株式会社
株式会社 熊谷組
株式会社 鴻池組
五洋建設株式会社
佐伯建設工業株式会社
佐藤工業株式会社
株式会社 ジェイテック
株式会社 志多組
清水建設株式会社
株式会社 白石
株式会社 精研
株式会社 錢高組
大成建設株式会社
大豊建設株式会社
太平工業株式会社
株式会社竹中土木
株式会社地崎工業
鉄建建設株式会社
戸田建設株式会社
飛島建設株式会社
株式会社ナトム技研工業
西松建設株式会社
日特建設株式会社
日本基礎技術株式会社
株式会社 間組
株式会社 フジタ
不動建設株式会社
前田建設工業株式会社
真柄建設株式会社
三井住友建設株式会社
名工建設株式会社
矢作建設工業株式会社
吉岡建設株式会社
ライト工業株式会社
若築建設株式会社

SECコンクリート協会
ケミカルフォーム協会
シールド工法技術協会
URT協会
旭化成ジオテック株式会社
株式会社スターロイ

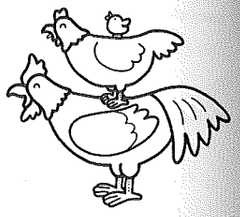
株式会社 エスコ
株式会社片平エンジニアリング
株式会社コンテク
国際航業株式会社
サンコーコンサルタント株式会社
株式会社ダイヤコンサルタント
株式会社ドーコン
株式会社東亜測器
東洋技研コンサルタント株式会社
パシフィックコンサルタンツ株式会社
株式会社復建エンジニヤリング
メトロ開発株式会社
株式会社ロード・エンジニアリング

アトラスコプコ株式会社
株式会社イズミ
奥村機械製作株式会社
株式会社カテックス
カヤバシステムマシナリー株式会社
株式会社クボタ
株式会社ケー・エフ・シー
株式会社小松製作所
サンドビックトーヨー株式会社
株式会社阪本商會
三和工業株式会社
シーアイ化成株式会社
成和機工株式会社
株式会社タイクウ
大栄工機株式会社
電気化学工業株式会社
トピー実業株式会社
登喜和産業株式会社
日豊商事株式会社
古河機械販売株式会社
マシノスチール株式会社
株式会社三井三池製作所
三菱重工業株式会社
(掲載順)

謹　賀　新　年



迎　春



平成17年元旦

青木あすなろ建設
AsunaroAoki

代表取締役社長　　市木　良次

〒105-0014　東京都港区芝二丁目14番5号　Tel (03) 5419-1011

株式会社 淺沼組

人・都市・自然のシンフォニー
Asanuma

代表取締役社長　淺沼 健一

本社・大阪本店　〒543-8688 大阪市天王寺区東高津町12番6号　TEL. 06-6768-5222(代表)
東 京 本 店　〒160-0007 東京都新宿区荒木町5番地　TEL. 03-5269-3111(代表)

ANDO 安藤建設株式会社

代表取締役社長　山 田 恒 太 郎

本　社　〒108-8544　東京都港区芝浦三丁目12番8号　☎(03)3457-0111(代表)
支　店　札 幌・東 北・横 浜・静 岡・名 古 屋・大 阪・広 島・九 州

石田土木株式会社

代表取締役　石 田 誠 一

〒876-0814　大分県佐伯市東町11番19号
TEL0972-23-5811　FAX0972-22-3882

謹　賀　新　年

豊かな未来づくりのパートナー

梅林建設株式会社

代表取締役社長　梅 林 秀 伍

本　社／〒870-0044 大分市舞鶴町1-4-35 (大分三井ビル)　TEL (097) 534-4151　FAX (097) 536-4151

OBAYASHI

株式会社 大林組

取締役社長　向 笠 愼 二

〒108-8502　東京都港区港南2－15－2



奥村組
OKUMURA CORPORATION

取締役社長　奥村 太加典

本　　社:大阪市阿倍野区松崎町2-2-2　TEL06(6621)1101
東京本社:東京都港区芝5-6-1　TEL03(3454)8111

ISO 9001　JTCCM
ISO 14001　MSA

１００年の力、１００年の夢に。

株式会社 加賀田組

代表取締役社長　佐　藤　　明

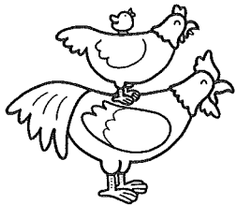
本　社　新潟市 八千代 1丁目 5番 32号　TEL　025－247－5171
http://www.kagata.co.jp/

100年をつくる会社。

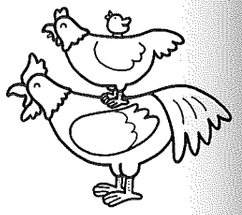
鹿島

代表取締役社長　梅 田 貞 夫

本社　東京都港区元赤坂1丁目2番7号
電話　東京03(3404) 3311(代)
http://www.kajima.co.jp/



迎　春



平成17年元旦



KABUKI

「テクテク」と 一歩 一歩 着実に前進します！
TQTQ
TECHNOLOGY（技術）・QUALITY（品質）・TENDER TREATMENT（親切）・QUICK RESPONSE（迅速）

株木建設
取締役社長 株 木 雅 浩
東京都豊島区高田３丁目31番５号
電話 03(3984) ４ １ １ １（代表）

さらなる挑戦。その先の感動へ…。

木原建設株式会社
KIHARA CORPORATION SINCE 1899
代表取締役社長 木原 一治

本　　社／福井県武生市大虫町7号2番地TEL.0778・24・2200（大代）
東京本社／東京都港区芝大門2-6-7 木原ビル内(4F～6F) TEL.03・3436・4933（大代）

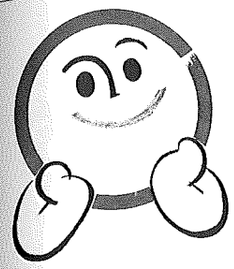
CHALLENGE 21C
KIBE

木部建設株式会社
代表取締役社長 木 部 信 敏
〒180-0005 東京都武蔵野市御殿山1丁目6番10号
TEL 0422-48-7221 FAX 0422-47-6967

KUMAGAI

株式会社 熊 谷 組
取締役社長 鳥 飼 一 俊
〒162-8557 東京都新宿区津久戸町２番１号　TEL:03-3260-2111
http://www.kumagaigumi.co.jp

謹　賀　新　年



笑顔にしたいから。
答えをいつも、

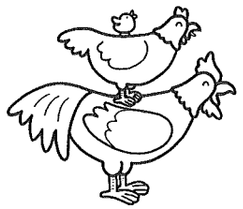
鴻池組
KONOIKE CONSTRUCTION CO.,LTD.
本　社　〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町3-6-1
大阪本店　TEL. 06(6244)3500
東京本店　〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台2-3-11
TEL. 03(3296)7700

五洋建設株式会社
取締役社長 鉄 村 和 次 郎
東 京 都 文 京 区 後 楽 2 - 2 - 8
www.penta-ocean.co.jp

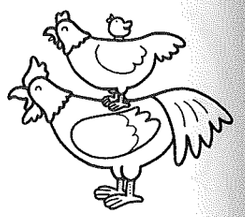
調 和 技 術
佐伯建設工業株式会社
取締役社長 左 海　省 司
本　社　〒101-8632 東京都千代田区東神田1-7-8 アルテビル東神田　TEL03-5835-4711

お渡しするのは「建設品質。」です。
佐藤工業
代表取締役社長　杉　晟
〒103-8639　東京都中央区日本橋本町4-12-20　TEL (03) 3661-1794

HEP&JES工法
High speed Element Pull method & Jointed Element Structure
JTC 株式会社 ジェイテック
代表取締役社長 森 谷 卓 雄
〒101-0051 東京都千代田区神田神保町3-12-3 神保町スリービル 電話 03-5215-5614 FAX 03-5215-5624



迎　春



平成17年元旦

信用と技術で地域社会に貢献する

総合建設業

株式会社 志多組

SHIDA

本　　社　宮崎市高千穂通1丁目4番30号　☎(0985)24-3151(代)・FAX24-9944
支店・営業所　東京・西東京・所沢・福岡・北九州・熊本・鹿児島・大分・宮崎・延岡・都城・日向

人がつくる、人の場所。

SHMZ

清水建設

取締役社長　野　村　哲　也

〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3(シーバンスS館)　TEL (03) 5441-1111

地球にスマイル――総合建設エンジニア

株式会社 白石

土木・建築－設計・施工－

取締役社長　相馬 諄胤

〒101-8588 東京都千代田区神田岩本町1番地14
電話　03（3253）9111(代表)
http://www.shiraishi.com/

地盤凍結工法

シールド発進、到達、地中接合、急曲線、拡幅、構造物接合等の防護は、安全・無公害の地盤凍結工法で…。

よりよき環境へ技術で挑む

株式会社 精研

東京支店（凍結本部）　〒112-0002　東京都文京区小石川1丁目12番14号　電話(03)5689-2351(代)
本　　社（大阪凍結部）　〒542-0066　大阪市中央区瓦屋町2丁目11番16号　電話(06)6768-5031(代)

謹　賀　新　年

大地への愛　人間への愛

錢高組

〒550-0005 大阪市西区西本町2-2-11 TEL.06(6531)6431
〒102-8678 東京都千代田区一番町31 TEL.03(3265)4611

社長　錢高一善

URL http://www.zenitaka.co.jp/

TAISEI

大成建設株式会社

社　長　葉　山　莞　児

〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1　電話 (03) 3348－1111

信頼に応える確かな技術

大豊建設株式会社

取締役社長　内　田　興太郎

〒104-8289 東京都中央区新川1丁目24番4号
電話 東京 03(3297)7006

TAIHEI KOGYO

心をこめた技術を

太平工業株式会社

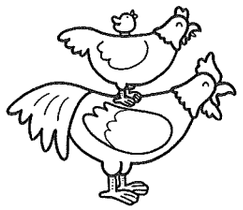
代表取締役社長　寺　門　良　二

〒104-0033 東京都中央区新川一丁目23-4　電話 03－5543－6000

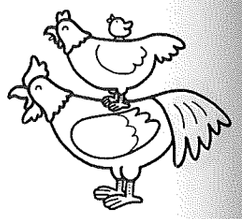
株式会社 竹中土木

取締役社長　竹　中　康　一

〒136-8570　東京都江東区新砂1-1-1　TEL.03(6810)6200
http//www.takenaka-doboku.co.jp/



迎　春



平成17年元旦

CHIZAKI

株式会社 地崎工業

代表取締役社長　北 條 紘 次

〒064-8588 札幌市中央区南4条西7丁目6番地　電話 (011) 511-8111
〒105-8488 東京都港区西新橋2丁目23番1号　電話 (03) 3436-3172

信用と技術の——

TEKKEN

鉄　建

代表取締役社長　山　本　卓　朗

http://www.tekken.co.jp/

戸田建設株式会社

代表取締役社長　加 藤 久 郎

本社／〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1 ☎ (03) 3535-1354
http://www.toda.co.jp/

飛島建設株式会社

取締役社長　富 松　義 晴

本社／東京都千代田区三番町2番地　〒102-8332　TEL. 03-5214-8200
支店／札幌・東北・関東土木・関東建築・千葉・埼玉・横浜・
名古屋・北陸・大阪・広島・四国・九州・国際

謹　賀　新　年

NATM

株式会社 ナトム技研工業

代表取締役　田能村　政　雄

〒879-7111 大分県大野郡三重町大字赤嶺1962番地
☎ (0974) 22－0686／22－6954　FAX (0974) 22－6954

毎日ふれあう技術

西松建設

代表取締役　国澤 幹雄

東京都港区虎ノ門1丁目20番10号
TEL 03(3502)7648　〒105-8401

NITTOC

日特建設株式会社

代表取締役社長　皐　守宏

本社　東京都中央区銀座 8-14-14　TEL (03) 3542-9111 (大代表)

日本基礎技術株式会社

JAPAN FOUNDATION ENGINEERING CO.,LTD.

代表取締役社長　湯澤　栄次

本　社　〒530-0037 大阪市北区松ヶ枝町 6 番22号 TEL 06 (6351) 5621　FAX 06 (6355) 2077
東京本社　〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町15番17号 TEL 03 (3476) 5701　FAX 03 (5489) 7821
URL : www.jafec.co.jp

Hazama

代表取締役社長　新 名　順 一

〒107-8658 東京都港区北青山2-5-8　Tel.03(3405)1122

FUJITA
"高"環境づくり フジタ
http://www.fujita.co.jp 151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2 Tel(03)3402-1911

こころを育む環境づくりをめざして
不動建設
取締役社長　髙橋昭夫
大阪本社／大阪市中央区平野町4-2-16　TEL (06) 6201-1121
東京本社／東京都中央区日本橋小網町6-1　TEL (03) 5644-8500

MAEDA 前田建設工業株式会社
取締役社長　前田　靖治
本　社／東京都千代田区富士見2－10－26　☎03 (3265) 5551 (大代)

真柄建設株式会社
取締役社長　真柄敏郎
〒920-8728 金沢市彦三町1丁目13番43号　☎(076)231－1266

三井住友建設株式会社
取締役社長　友保　宏
〒160-8577　東京都新宿区荒木町13番地の4　TEL.03(3225)5103

たくみの技と誠の心で
名工建設株式会社
JQA-2566　JQA-EM3360
取締役社長　馬場亮介
■本　　店／名古屋市中村区名駅1-1-4 JRセントラルタワーズ34階　TEL.052-589-1501(代)

YAHAGI 矢作建設工業株式会社
取締役社長　山田文男
■本　　社／名古屋市東区葵三丁目19番7号　TEL 052 (935) 2351
■東京支店／東京都中央区湊二丁目2番5号　TEL 03 (3555) 3611

吉岡建設株式会社
代表取締役社長　吉岡隆一
〒569-1136　大阪府高槻市郡家新町 41 番 2 号
TEL 072(681)1861(代)　FAX 072(681)1866

豊かな発想と専門の技術でトンネル防災に取り組みます。
Raito ライト工業株式会社
代表取締役社長　佐丸　雄治
東京都千代田区九段北4-2-35 〒102-8236 TEL.03-3265-2551 (大代表) http://www.raito.co.jp

WAKACHIKU
豊かな未来へ 技術のメッセージ
若築建設
代表取締役社長　彦坂　義助
■本　　社 東京都目黒区下目黒2-23-18　TEL.03-3492-0271

トンネル工事のコストダウンにご利用ください

高効率・低粉じん

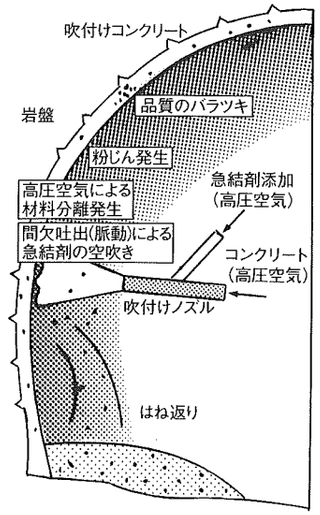
SEC吹付けコンクリート

建設技術審査証明（平成15年土木研究センター建技審証第0309号）

【性能向上のために分割練混ぜ（SEC）をしたコンクリート】

■はね返り率，粉じん発生量は，一括練りに対して10%以上減少する。
■材齢28日コア圧縮強度は一括練りに対して10%以上高い。

吹付けコンクリートの課題

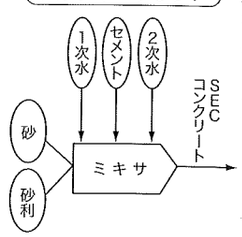


SECおよび高品質吹付け技術（シリカフューム・石灰石微粉末を活用して粘性の向上を計る）による課題の改善

SECの造殻効果
- 分離抵抗性の増大
- ホース内圧送抵抗の低減
- ポンプ圧送性の向上
- 急結剤・混和剤使用量の低減

高品質吹付けの効果
- 粘性の向上によるさらなる分離抵抗性の増大
- はね返り・発生粉じんの大巾な低減
- トンネル掘削コストの縮減

SEC対応のバッチャープラント



実績
湿式吹付け（一般）：140トンネル
高品質吹付け（新幹線・他）：120トンネル
初期高強度吹付け（新幹線）：4トンネル
高強度吹付け（第2東名・他）：5トンネル

SEC®（**S**and **E**nveloped with **C**ement）工法は，配合水を分割投入して練り混ぜることにより，低水セメント比のセメントペーストを骨材表面に付着（造殻）させるコンクリート工法です。

吹付けコンクリートにとって必要なコンクリートとは，過酷な加圧&外力（ポンプ圧送圧，空気圧，壁面への衝突圧）に抗することができる粘性をもった材料分離が少ないコンクリートです。

これをSEC工法により経済的に製造することで吹付けコンクリートの施工性能が向上します。

SECコンクリート機械協会がお手伝いさせて頂きます。

SECコンクリート機械協会

正会員	リブコンエンジニアリング㈱	石川島建材工業㈱	㈱東洋製作所	㈱北川鉄工所
	光洋機械産業㈱	成和機工㈱	石川島建機㈱	㈱ティーエムシー
	日工㈱	名岐機器㈱	丸友機械㈱	
特別会員	大成建設㈱	㈱大林組	清水建設㈱	㈱熊谷組
賛助会員	ユアサ商事㈱	東友エンジニアリング㈱	TCM㈱	グレースケミカルズ㈱
	㈱ポゾリス物産	伊藤忠建機㈱	㈱イゲタプロテック	新和商事㈱
	㈱フローリック	村上工業㈱	日産機㈱	電気化学工業㈱
	太平洋マテリアル㈱			

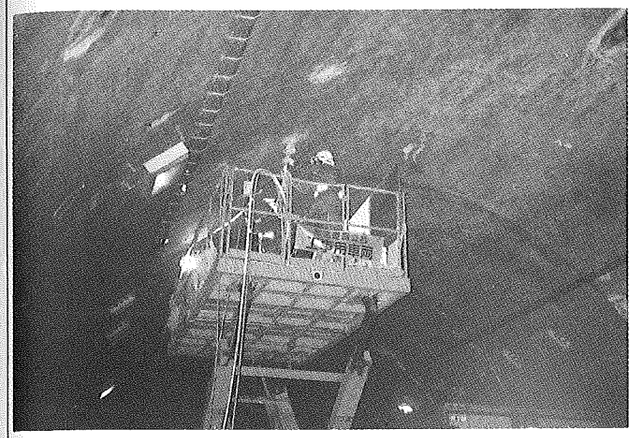
事務局　〒104-0031　東京都中央区京橋2丁目2-15　登亭京橋ビル　リブコンエンジニアリング㈱内
電話03（3275）8011㈹　FAX03（3275）8015　協会 http://www5.ocn.ne.jp/~ seckikai/index.htm

謹　賀　新　年

硬質発泡ウレタン

セットフォーム工法

急結性・高性能空隙充填材

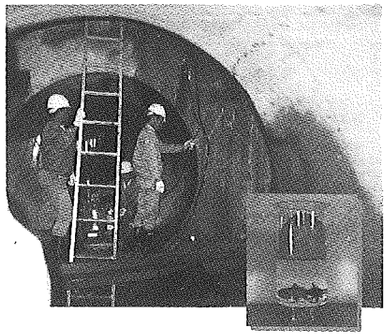


- シールドにおける滞水層，軟弱地盤の全面裏込め注入
- シールド急曲線部の裏込め注入（即時地盤反力の効果）
- トンネル構造物などの背面空洞充填
- 深基礎工法の裏込め（止水，裏込め後の即時掘削可能）

漏水を瞬時にストップ!

SF-A工法

長期耐久性に優れた無溶剤タイプのウレタン系止水材



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

ケミカルフォーム協会会員

アルス株式会社	〒956-0022 新潟県新津市さつき野3-6-3	TEL 0250-21-2288
エコシビックエンジ株式会社	〒135-0047 東京都江東区富岡1-12-4 み満きビル	TEL 03-3643-7241
株式会社共ショウ	〒103-0014 東京都中央区日本橋蛎殻町1-12-6	TEL 03-3668-8416
株式会社共和	〒462-0832 名古屋市北区生駒町7-148-1	TEL 052-911-3984
寿建設株式会社	〒960-0231 福島市飯坂町平野字東地蔵田8-1	TEL 0245-43-0511
四国リニューアル株式会社	〒780-0804 高知市日の出町2-12	TEL 088-878-0050
シビルリニューアル株式会社	〒162-0824 東京都新宿区揚場町2-14 原田飯田橋ビル	TEL 03-3513-0484
ショーレジン株式会社	〒104-0032 東京都中央区八丁堀3-14-4 直平ビル	TEL 03-3551-8391
太平洋テクノ株式会社	〒116-0014 東京都荒川区東日暮里1-5-7 三ノ輪ビル	TEL 03-3805-6521
日本綜合防水株式会社	〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-20	TEL 03-3403-0170
フジモリ産業株式会社	〒105-0021 東京都港区東新橋1-2-17 第12中央ビル	TEL 03-3574-0520
マシノスチール株式会社	〒733-0822 広島市西区庚午中1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒007-0870 札幌市東区伏古10条2丁目11-8	TEL 011-782-4441
株式会社マノール	〒142-0043 東京都品川区二葉1-18-8	TEL 03-3787-1131
株式会社三原工業	〒531-0073 大阪市北区本庄西3-7-5	TEL 06-6371-9947
株式会社山三商事	〒103-0023 東京都中央区日本橋本町2-6-13	TEL 03-3662-0253

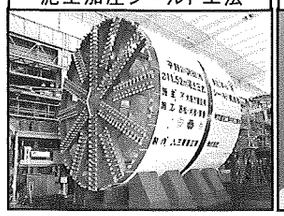
協会事務局
〒123-8585 東京都足立区西新井栄町1-18-1
ニッシンボウ・エンジニアリング㈱内 TEL.03-3886-4110

製造元 **日清紡** 化成品事業本部
本社 〒103-8650 東京都中央区日本橋人形町2-31-11 TEL 03-5695-8939
名古屋支店 〒460-0008 名古屋市中区栄5-2-38 TEL 052-261-6218

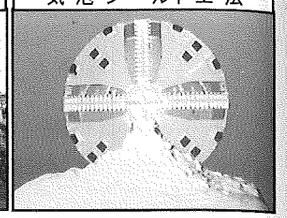
地下の空間を創る

近年、都市部の基盤整備には地下の利用が不可欠です。
シールド工法は、地下空間を創造する方法として
一段と重要さを増しています。
ここに集まった14のシールド工法は、
実績があり信頼できる最先端技術です。

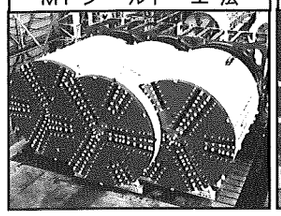
泥土加圧シールド工法



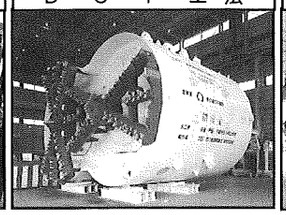
気泡シールド工法



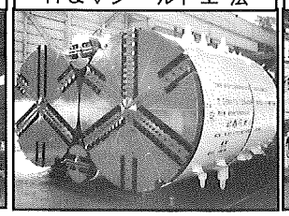
ＭＦシールド　工法



Ｄ　Ｏ　Ｔ　工法



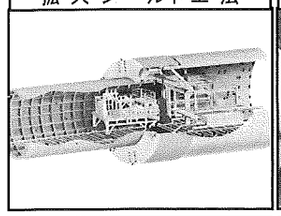
Ｈ＆Ｖシールド工法



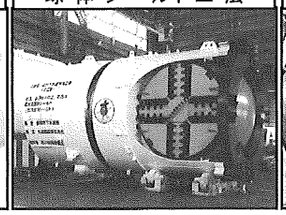
ケミカル・プラグ・シールド工法



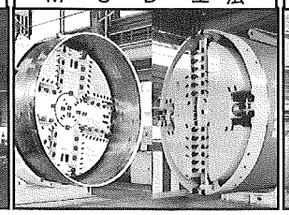
拡大シールド工法



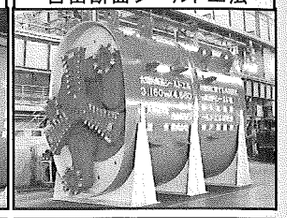
球体シールド工法



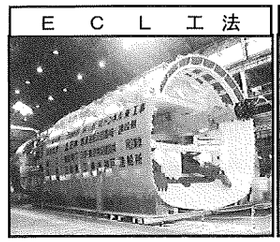
ＭＳＤ　工法



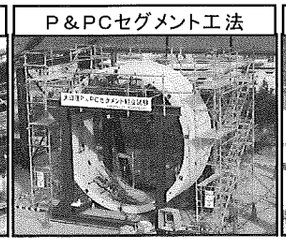
自由断面シールド工法



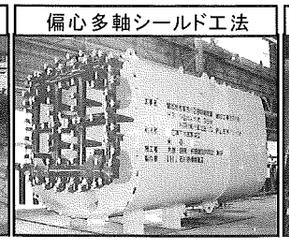
ＥＣＬ　工法



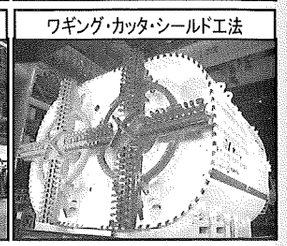
Ｐ＆ＰＣセグメント工法



偏心多軸シールド工法



ワギング・カッタ・シールド工法



シールド工法技術協会

事務局　〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2　品川インターシティB棟
㈱大林組　東京本社　土木技術本部内
TEL 03-3348-6322　FAX 03-3348-7125
URL:http://www.shield-method.gr.jp　e-mail:sta@shield-method.gr.jp

正会員

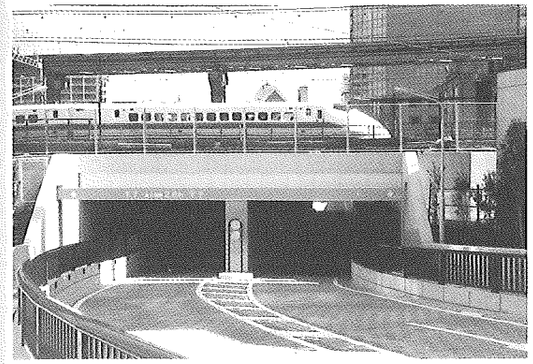
アイサワ工業㈱
青木あすなろ建設㈱
㈱浅沼組
大木建設㈱
㈱大林組
㈱大本組
㈱奥村組
奥村組土木興業㈱
小田急建設㈱
鹿島建設㈱
㈱熊谷組
㈱鴻池組
国土総合建設㈱
五洋建設㈱
佐伯建設工業㈱
坂田建設㈱
佐藤工業㈱
清水建設㈱
㈱白石
西武建設㈱
㈱銭高組
大成建設㈱
㈱竹中土木
大日本土木㈱
大豊建設㈱
㈱地崎工業
鉄建建設㈱
㈱テトラ
東亜建設工業㈱
東急建設㈱
東洋建設㈱
戸田建設㈱
飛島建設㈱
西松建設㈱
日特建設㈱
日本国土開発㈱
㈱間組
㈱ピーエス三菱
㈱フジタ
不動建設㈱
㈱本間組
前田建設工業㈱
㈱松村組
三井住友建設㈱
みらい建設工業㈱
村本建設㈱
名工建設㈱
㈱森本組
りんかい日産建設㈱
若築建設㈱
石川島播磨重工業㈱
川崎重工業㈱
㈱小松製作所
JFEエンジニアリング㈱
日立建機㈱
日立造船㈱
三菱重工業㈱
石川島建材工業㈱
㈱クボタ
新日本製鐵㈱
新和コンクリート工業㈱
ＪＦＥ建材㈱
ジオスター㈱
住建コンクリート工業㈱
住友金属工業㈱
都築コンクリート工業㈱
フジミ工研㈱
㈱神崎商店
京浜ソイル㈱
㈱立花マテリアル
第一化成産業㈱
ベントナイト産業㈱
マルマテクニカ㈱
ミイケ機材㈱

賛助会員

㈱新井組
安藤建設㈱
伊藤組土建㈱
㈱植木組
勝村建設㈱
株木建設㈱
古久根建設㈱
ＪＦＥ工建㈱
太平工業㈱
大旺建設㈱
大末建設㈱
東鉄工業㈱
徳倉建設㈱
奈良建設㈱
㈱福田組
真柄建設㈱
矢作建設工業㈱
㈱アクティオ
近畿コンクリート工業㈱
成和機工㈱
中央工業㈱
東洋工業㈱
日本コンクリート工業㈱

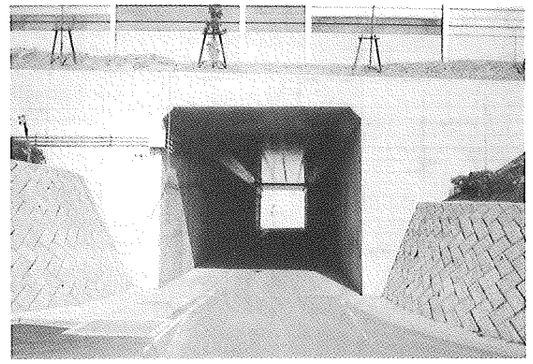
新時代を構築するテクノロジー

URT工法



東海道本線川口架道橋（2径間連続ボックス形式）

PCR工法



中央自動車道鳥沢西横断ボックス工事

URT協会会員（五十音順）

アイサワ工業㈱　金下建設㈱　第一建設工業㈱　日本ケーモー工事㈱
㈱浅沼組　九鉄工業㈱　大成建設㈱　日本国土開発㈱
石川島建材工業㈱　㈱熊谷組　大鉄工業㈱　㈱間組
石川島播磨重工業㈱　広成建設㈱　㈱竹中土木㈱　フジタ
伊藤組土建㈱　㈱鴻池組　㈱地崎工業　不動建設㈱
㈱植木組　五洋建設㈱　鉄建建設㈱　前田建設工業㈱
大木建設㈱　佐藤工業㈱　東亜建設工業㈱　三井住友建設㈱
㈱大林組　三軌建設㈱　東急建設㈱　村本建設㈱
㈱大本組　ジェイアール東海建設㈱　東鉄工業㈱　名工建設㈱
㈱奥村組　清水建設㈱　東洋建設㈱　㈱森本組
オリエンタル建設㈱　西武建設㈱　戸田建設㈱　ユニオン建設㈱
㈱加賀田組　㈱銭高組　飛島建設㈱　りんかい日産建設㈱
鹿島建設㈱　仙建工業㈱　西松建設㈱

URT協会

事務局／〒100-0006 東京都千代田区有楽町1-12-1 石川島建材工業株式会社内　電話 03-3216-2933
URL　http://www.urt.jp/

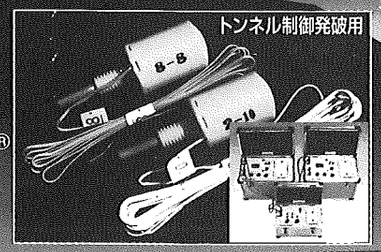
URT事務局分室
〒100-0006 東京都千代田区有楽町1-12-1
石川島建材工業株式会社内　電話 03-5221-7273

PCR事務局分室
〒140-0001 東京都品川区北品川1-8-11 品川KYビル10F
日本ケーモー工事株式会社内　電話 03-5462-8171

●カタログ請求・お問い合せ先：URT事務局分室・PCR事務局分室

人に…、地球に…、いま何が必要かを考えています。旭化成

自然にやさしい起爆を考える



最新起爆システム
EDD®
Electronic Delay Detonator

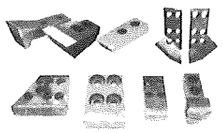
トンネルの振動、騒音軽減に!

トンネル全断面にわたって、1孔1段、最大200段発が可能
EDD'は、ICタイマーにより、100~8,196msまで任意の秒時設定が可能です。
従って、100段発、200段発といった従来の技術では成しえなかった高段発雷管を提供できます。
EDD'は±2/10,000秒の高秒時精度で起爆します。
EDD'は10,000Gの加速度に耐えられます。

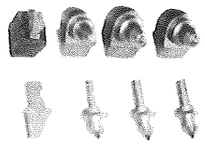
旭化成ジオテック株式会社
〒130-6591　東京都墨田区銀糸3-2-1　アルカイースト16F　Tel 03-5637-6621　Fax 03-5637-6629

Bits & Roller Cutters

カッタビット

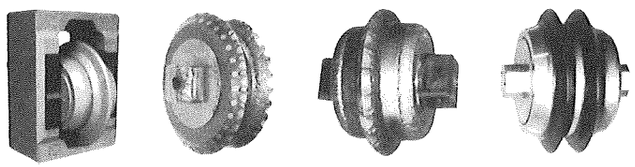


自由断面機用ビット／ホルダ



ローラカッタ

TBM岩盤掘削、シールド式複合地盤等、各種組み合わせ対応
サイズ：150m／m～483m／m（6インチ~19インチ）
刃先・リング交換式、チップインサート式



STARLOYは、ローラカッタ、カッタビットの専門メーカーとして知られ、その独創的で多彩な製品群は国内外で広く使用されています。
特に近年、ユーザーニーズに応えローラカッタのアフターサービス等にて、「トータルコストダウン」に寄与しています。

株式会社　スターロイ 営業部
starloy0@oak.ocn.ne.jp
TEL (06) 6621-1734

計測コンサルタントの
Esco 株式会社　エ　ス　コ
代表取締役社長　小 林 保 男
本　　社　〒220-0023 横浜市西区平沼1-8-5　TEL. 045(321)1077
東京事務所　〒104-0031 東京都中央区京橋1-6-8　TEL. 03(3564)5801
大阪支店　〒532-0012 大阪市淀川区木川東3-9-24　TEL. 06(6305)6468

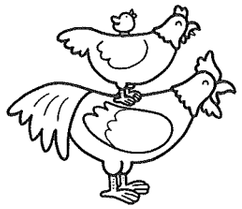
「道づくり」「道まもり」「道づかい」を常に考えています。
株式会社
片平エンジニアリング
代表取締役社長　藤　波　　督
●本　　社：〒112-0002 東京都文京区小石川2-22-2　TEL 03(5802)1616

建設コンサルタント
Contec 株式会社　コンテク
代表取締役　定 塚 正 行
〒116-0014　東京都荒川区東日暮里5丁目 41番2号　電話(03)5850-7811(代表)

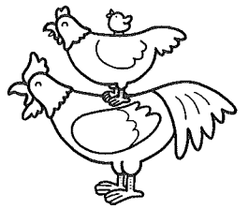
EARTHEON
「地球とずっと。」語り合い、「地球とずっと。」生きる。
代 表 取 締 役 社 長　田二谷正純
上席フェロー技術センター長　大島　洋志
国際航業株式会社
本　　社　〒102-0085 東京都千代田区六番町2番地 TEL 03-3262-6221(代)

SUNCOH
都市再生と環境調和をめざして
サンコーコンサルタント株式会社
代表取締役社長　侯 野　克 己
本店 〒136-8522 東京都江東区亀戸1-8-9　TEL 03-3683-7111(代)
URL http://www.suncoh.co.jp

謹　賀　新　年



迎　春



平成17年元旦

株式会社
ダイヤコンサルタント

代表取締役　松　浦　正　和

■本社　〒101-0032 東京都千代田区岩本町1-7-4 東急岩本町ビル　TEL:03-5835-1711　FAX:03-5835-1712

総合建設コンサルタント

Docon

株式会社ドーコン

代表取締役社長　柳　川　捷　夫

本　社 〒004-8585　札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号　TEL.011-801-1500　FAX.011-801-1600
http://www.docon.jp

土木計測の総合コンサルタント

株式会社 東亜測器

〒220-0051　横浜市西区中央1丁目28番8号　電話(045)321-1653㈹

総合建設コンサルタント

東洋技研コンサルタント株式会社

代表取締役　島　村　尚　伸

本社　〒532-0025　大阪市淀川区新北野1丁目14番11号　TEL 06-6886-1081(代表)
ホームページ：http://www.toyogiken-ccei.co.jp

謹　賀　新　年

総合建設コンサルタント

パシフィック コンサルタンツ株式会社

代表取締役社長　荒　木　民　生

本社　〒206-8550 東京都多摩市関戸1丁目7番地5　TEL 0423(72)0111

建設コンサルタント

株式会社 復建エンジニヤリング

代表取締役社長　山　本　勝　延

〒103-0012　東京都中央区日本橋堀留町1-11-12　TEL.(03)5652-8550㈹

都市トンネルの設計，近接施工の設計・計測管理，資機材の販売・リース

メトロ開発株式会社

代表取締役社長　大　門　信　之

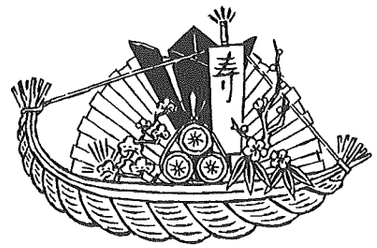
〒107-0052 東京都港区赤坂5−4−5　電話 03(3583)1531

道路，トンネル設計，トンネル現場診断

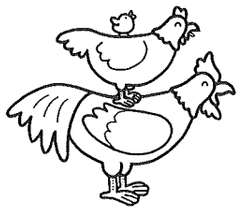
株式会社 ロード・エンジニアリング

代表取締役社長　田　島　利　男　　常務取締役　山　田　憲　夫
(技術士)本誌編集顧問
専務取締役　清　水　　洋　　福岡支店長　朽　網　　新
(技術士)

本　　社：〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号　電話 (03) 3891-0711
福岡支店：〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目15番22号　電話 (092) 436-1588



謹　賀　新　年



迎　春



平成17年元旦

Atlas Copco

アトラスコプコ株式会社
土木鉱山機械事業部

取扱製品：トンネルジャンボ，クローラドリル，ロッド・ビット，ロックボルト，油圧ブレーカ
〒105-0014　東京都港区芝2-13-4　芝ビル11F　☎(03)5765-7890

トンネル工事用　各種・配管材,R・P・Eロックボルト,足場板,風管,手摺材,パイプハンガー,シールド用・二段枕木(T・S・T),エアー抜きパイプ(ANP),逆止弁,プラグ,ボルトボックス蓋,アルミレール,油圧トルクレンチ

「満足を売る」
IZMI
株式会社イズミ

URL.http://www.izmiweb.co.jp

本社営業所　〒651-1431 西宮市山口町阪神流通センター1丁目108番地　TEL078(903)0200 FAX078(903)2671
東京営業所　〒101-0047 東京都千代田区内神田1丁目16-13中澤ビル2F　TEL03(3233)1701 FAX03(3233)1715
九州営業所　〒811-2307 福岡県粕屋郡粕屋町大字原町372グレイス松浦202号　TEL092(957)1570 FAX092(939)4615
工場・倉庫　兵庫・広島

奥村機械製作株式会社
OKUMURA MACHINERY CORPORATION

設計・製作　本　　社　〒555-0033 大阪市西淀川区姫島3-5-26　TEL.(06)6477-8540
　　相模原工場　〒229-1116 相模原市清新8－20－80　TEL.(042)774-2451

取扱製品　シールド掘進機・スチールセグメント・自動倉庫システム・自動測温サンプリング装置
自動クレーン・自動搬送設備・トンネル工事用設備・製鉄，製鋼関連設備

日本で生まれ，世界へ広がる。　*NATMの補助工法*

KATECS 株式会社カテックス

〒460-8331　名古屋市中区上前津1丁目3番3号　TEL：052(331)8821

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
東　京支店／〒112-0014	東京都文京区関口1丁目15番3号 第2麻生ビル2F	TEL：03(3260)8321
仙台事務所／〒984-0812	仙台市若林区五十人町20番地5	TEL：022(294)0311
関西営業所／〒550-0015	大阪市西区南堀江4丁目1番18号 十川産業西長堀ビル7F	TEL：06(6578)3235
広島事務所／〒735-0022	広島県安芸郡府中町大通1-2-13 メゾン入江101号	TEL：082(285)6601
九州営業所／〒816-0932	大野城市瓦田4丁目15番26号　リバーサイド大野城 A号	TEL：092(574)0856

謹　賀　新　年

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社
KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

代表取締役社長　石 井 英 勝

〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル　TEL(03)5733-9441

[取扱製品]　ブームヘッダー型トンネル掘削機，ミゼットマイナー型トンネル掘削機，
ブームカッターシールド掘進機，ウォーキングシールド掘進機，シャフトヘッダー(立坑掘削機)，HEP

クボタ ダクタイルセグメント/継手金物

株式会社クボタ〈産業機材営業部〉
本　　社　〒556-8601 大阪市浪速区敷津東1丁目2番47号　☎06(6648)3731　FAX06(6648)2260
東京本社　〒103-8310 東京都中央区日本橋室町3丁目1番3号　☎03(3245)3528　FAX03(3245)3591
北海道支社☎011(214)3170/中部支社☎052(564)5011/中国支社☎082(225)5563/九州支社☎092(473)2471

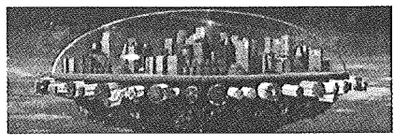
KFC

株式会社 ケー・エフ・シー　営業統括部

代表取締役社長　吉田 隆興　　専務取締役 営業統括部長　石田 伸行

〒105-0014 東京都港区芝2丁目5－10　☎(03)3798-8511　FAX(03)3798-8516
〒530-0047 大阪市北区西天満3丁目2－17　☎(06)6363-1884　FAX(06)6313-0755
〒460-0002 名古屋市中区丸の内3丁目14-32　☎(052)223-1050　FAX(052)223-1059
〒065-0834 札幌市東区北34条東9－1－1　☎(011)751-4681　FAX(011)751-4682

地下空間を開拓するコマツのトンネル機械



KOMATSU

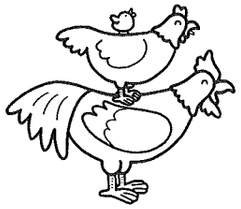
トンネル機械事業部
本 社
〒107－8414 東京都港区赤坂2－3－6
TEL 03(5561)2725
FAX 03(5561)2905
シールドマシン
トンネルボーリングマシン

SANDVIK

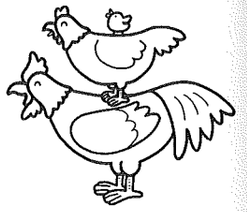
サンドビックトーヨー 株式会社

〒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

取扱製品：トンネルジャンボ，クローラドリル，ブレーカ，ローダ，ロードヘッダ，ツインヘッダ，ロッド・ビット ほか



迎　春



平成17年元旦

トンネル工事機械・一般汎用機械

〈リース〉・トンネル換気システム
・ホイールジャンボ・ホイールローダー・油圧ショベル・ダンプ類
・バッチャープラント・トラックミキサー・コンクリート吹付機
・発電機・コントラファン・トンネル集塵機・油圧ブレーカー小～大
・濁水処理プラント・給水工事全般・その他工事用機械全般
〈施工実績〉
・機械設置工事・ディーブウエル工事設計施工
・給水・排水配管設計施工・各種場所打杭工事
・矢板打抜工事・深礎工事・シールド工事

株式会社 阪本商會

代表取締役　阪本晴彦
E-mail:sakamotosyoukai@mc.neweb.ne.jp
本　社　〒556-0023　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 TEL(07946)2-6630／関東営業所 TEL(0558)74-5102

ずい道用支保工並びに深礎工事用補強リング

三和工業株式会社

取締役会長　東　庄五郎
代表取締役社長　鈴木貞宏
本　社　〒236-0003 横浜市金沢区幸浦2丁目3番地1号　☎045-785-2311㈹
工　場　横浜・糸魚川

NATM・防水シートシステム・水膨張シール材を販売するメーカー

シーアイ化成株式会社

土木産業資材事業部

〒104-8321　東京都中央区京橋1丁目18番1号　東京(03)3535-4565
支　店／東京　大阪　名古屋　福岡　仙台　札幌

成和機工株式会社

〒162-0824　東京都新宿区揚場町2番14号　電話 (03)3269-9411(代)

〔営業品目〕

シールド掘進機／荷役機械／泥水・濁水処理装置
地中壁／場所打杭／地盤改良

謹　賀　新　年

株式会社 タイクウ

代表取締役　赤阪全七
〒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
【取扱製品】カッタローダ，タフローダ，エアモータ

トンネル用鋼製型枠・鋼製支保工・その他トンネル用機材

大栄工機株式会社

代表取締役社長　古礒信幸
〒526-0842　滋賀県長浜市春近町90番地
TEL (0749) 64-0246　FAX (0749) 63-6765

デンカナトミック

電気化学工業株式会社

代表取締役社長　畫間敏男
本社特殊混和材事業部長　武富邦昭
〒100-8455　東京都千代田区有楽町1-4-1　電話(03)3507-5358

H支保工・ロックボルト・自穿孔ボルト・モルタル等トンネル資材の総合商社

トピー実業株式会社

TOPY ENTERPRISES, LIMITED

代表取締役社長　吉田泰久
〒102-0081 東京都千代田区四番町5番地9(東亜ビル)
電話　東京 03(3230)6410(代表)　FAX 03(3230)6458

ジャンボ・スパイラルロッド＆スパイラルビット

登喜和産業株式会社

本　社　東京都大田区西六郷3-17-23　TEL (03) 3735-4720
埼玉工場　埼玉県鴻巣市人形4－4－75
支　店　東京 (03) 3735-1901・大阪 (06) 6932-4501・西日本 (06) 6932-4702
営業所　仙台 (022) 345-8021・釧路 (0154) 22-1244

謹　賀　新　年

トンネル用機械販売・リース、土木資材販売
お蔭様で創業35周年を迎えます
これからも、もっと皆様のお役に立てる企業を目指します
日豊商事株式会社　代表取締役社長　中島　莞爾
本社／〒150-0002　東京都渋谷区渋谷2－12－12三貴ビル3F　TEL03(3409)8041
営業所／(大阪)　TEL06(6267)0838　(九州)　TEL0942(82)1703

古河機械販売株式会社
代表取締役社長　勝　泰彦
〒101-0047　東京都千代田区内神田2-15-9　電話(03)3252-2542

鋼アーチ支保工・ロックボルト・トンネル補修工事
マシノスチール株式会社
代表取締役社長　増野　要
本　社：〒733-0822 広島市西区庚午中1－19－23　TEL.(082)507－2737
大阪支店：〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3－16－3　TEL.(06)6389－6400

代理店　ミケ機材株式会社
ロードヘッダ，ツインヘッダ，コンクリート橋脚はつり機，トンネル換気設備
本社　〒132-0021 東京都江戸川区中央1丁目13番19号　TEL.03-3241-4711　FAX.03-5678-4105
製造元
販売元　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2号館　TEL.03-3270-2006㈹　FAX.03-3245-0203

ジオフロントに技術と実績で迫る
三菱トンネル掘削機(シールド,TBM)
三菱重工業株式会社
都市建機事業ユニット営業グループ
東京都港区港南二丁目16番5号　〒108-8215　TEL.03(6716)3111
三菱重工

研　究

都市内道路シールド分合流の非開削拡幅技術の開発

—サイドランプ接続部の大地下空間の構築方法—

首都高速道路公団神奈川建設局建設第一部設計第一課課長　寺山　徹
首都高速道路公団工務部設計技術課特殊設計班長　山本泰幹
(財)国土技術研究センター顧問(東京都立大学名誉教授)　今田　徹
日本シビックコンサルタント(株)事業統括本部企画調査部CMgr．グループリーダー　田家　学

1 はじめに

都市内における高速道路の整備事業では，住居地域などの周辺環境の保全，地上の用地取得の制約などの理由からトンネルで建設されることが多くなるとともに，既設の地下構造物やライフラインなどが輻輳する地下中浅部の利用制約上，トンネルの深度は深くなる．シールド工法で道路トンネルを建設する場合には，ランプ接続部における拡幅工法の技術開発が最重要課題のひとつとして挙げられる．とくに，非開削工法でランプ分合流拡幅部を建設する場合には，完成時および仮設時の構造の安定性，ならびに沈下抑制や止水対策など，非常に難しい技術課題がある．

これまでの大規模なトンネル拡幅工事の施工実績としては，鉄道トンネルでは，地下鉄駅部の建設において，併設シールドをかんざし桁工法で拡幅施工した事例がある[1]．道路トンネルでは，岩盤地山の山岳トンネルにおいて，ランプ接続部を拡幅施工した事例がある[2]．また，供用中の山岳トンネルを対象に，老朽化や車両の大型化などに伴い，既設トンネルのリニューアルを目的として，断面拡大技術の開発が行われている[3]．しかし，道路シールドトンネルを対象としたランプ接続部の大規模な拡幅工事については，センターランプ方式で，開削または立坑を利用した非開削の拡幅工事を実施している首都高速中央環状新宿線の事例を除き，これまでにはないのが現状である[4]．

本検討の対象とするのは，都市内の住宅地下を通る道路シールドトンネル(外径12m程度)であり，立坑が利用できないすべて非開削の厳しい施工条件下で，サイドランプ方式の分合流拡幅部を建設するときの拡幅工法である．

筆者らは，安全かつ合理的なランプ分合流拡幅部の構造および施工法の確立を目的として技術検討を行い，すべて非開削で拡幅し，柱のない大地下空間を構築する工法を考案したので報告する．また，本稿では，今後必要な施工技術開発課題などについても述べる．

2 施工条件

2-1 線形条件および地質条件

本検討の対象とする道路トンネルのランプ分合流拡幅部の平面図，および地層縦断図をそれぞれ図-1，2に示す．ランプ分合流拡幅部は，起点・終点側の分合流拡幅部(A)，(B)と，それらにつながる4本のサイドランプのトンネル(外径約9m)で構成されている．分合流拡幅部の地上条件は住居地域であり，施工に伴う周辺地盤への影響に十分留意する必要がある．平面線形の特徴から，起点側の分合流拡幅部(A)では，同規模のトンネル拡幅断面は併設しないが，終点側の分合流拡幅

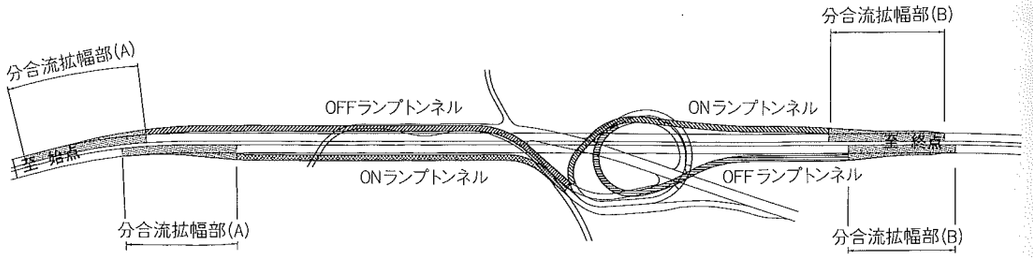


図-1　ランプ分合流拡幅部の平面図

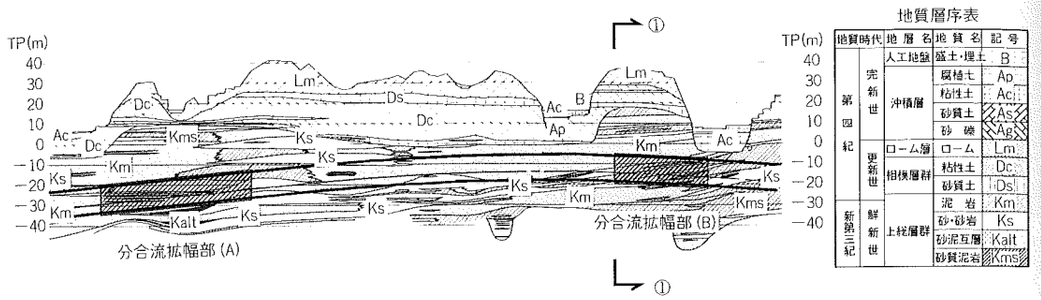


図-2　ランプ分合流拡幅部の地質縦断図

部(B)では，同規模のトンネル拡幅断面が併設し，とくにOFFランプトンネルの分岐部付近では大断面の併設トンネルとなる．ここでは，より併設の影響が大きいと考えられる終点側の分合流拡幅部(B)を検討対象とした．

分合流拡幅部(B)の地層構成を**図-3**に示す．この分合流拡幅部における地層構成は，第三紀の自立性の高い上総層群であり，泥岩層(Km)，砂・砂岩(Ks)，砂泥互層(Kalt)，砂質泥岩(Kms)の互層地山である．これらの地層のうち，介在砂層のKs，Kaltは被圧帯水層であり，周辺の沖積低地部と連続しているものと考えられる．本線トンネルの土かぶりは約47m，トンネル頂部の水圧は約240kN/m²の高水圧である．

第三紀の硬質地山における山岳工法の国内の施工実績を**図-4**に示す．図中には，本検討対象のランプ分合流拡幅部(B)を仮に山岳工法で施工した場合の片側の最大掘削断面積を併記している．この図から，本検討対象の分合流拡幅部のトンネル断面は，既往の山岳工法の施工実績と比較すると，最大級の規模であることがわかる．

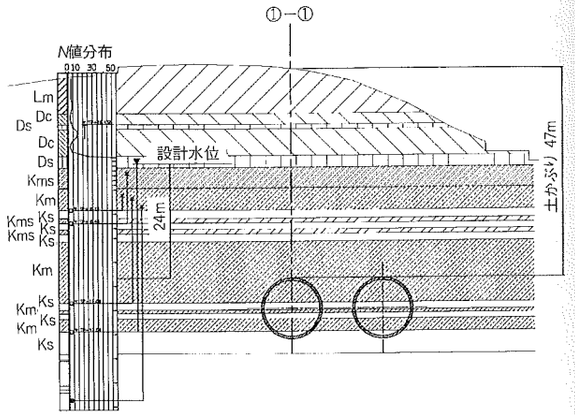


図-3　ランプ分合流拡幅部(B)の地層構成

2-2　施工手順

本線トンネルがシールド工法の場合，ランプ分合流拡幅部の施工手順としては，以下の３ケースが考えられる．

① 本線シールドに先行してランプ接続部を非開削工法で拡幅しておく．

② 本線シールドトンネルの完成後に，ランプ接続部を非開削工法で拡幅する．

③ 本線シールドトンネルの施工時または完成後に，拡大シールドなどで拡幅する．

これらのうち，①は，分合流拡幅部では本線シールドを通過させるため，拡幅断面がさらに大きくなる点で不利である．③の拡大シールドなどの特殊機械による掘削方法は，今回のような大断面の施工実績がないため現状においては実現性は低い．したがって，②の本線トンネルをシールド工法で施工した後に，ランプ接続部を非開削工法で拡幅する施工手順が，工費，工期，実現性の面でもっとも有利と考えられる．

このときの分合流拡幅部の施工方法としては，山岳工法により分合流拡幅部を拡幅する案(以下，「山岳拡幅施工法案」と呼ぶ)が考えられる．山岳工法は，分合流拡幅部のような断面が変化するトンネルに対しては，比較的容易に対応できる．また，大断面トンネルの覆工構造の安定性にも優れている．

しかしながら，本検討の対象地山においては，詳細な地質調査の結果から，トンネル位置周辺に分布している帯水層(Ks，Kalt層)は，周辺の沖積低地部と地下水のつながりのある可能性が高いことが確認された．このため，沖積低地部への影響を抑制するには，高水圧下のトンネル周辺の地山を確実に止水する対策が必要となる．しかし，山岳拡幅施工法案の場合，介在砂層を含む砂岩や砂泥岩の互層地山に対して，薬液注入工法により均質な止水品質を確保することは，現在の技術レベルでは非常に難しいと考えられる．

このため，山岳拡幅施工法案は，構造や施工性の面では技術的に可能と考えられるが，本検討の対象とする地山条件においては，トンネル周辺地盤への影響を抑えるための確実な止水方法などについて課題があり，より詳しい地下水調査や確実な止水方法の施工技術開発などが，今後の課題として考えられる．

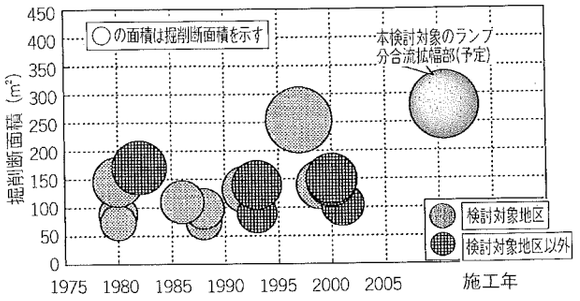


図-4　第三紀の硬質地山における山岳工法の施工実績

3　分合流の非開削拡幅技術の開発

3-1　ランプシールドを利用した施工法案の抽出

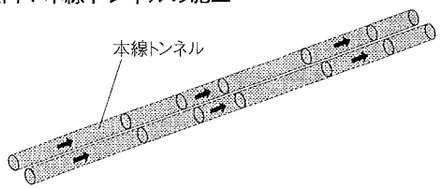
前章で述べた理由から，シールド工法によるランプトンネルを利用して，分合流拡幅部を施工する案(以下，「ランプシールド利用案」と呼ぶ)について，技術検討を行った．この施工法案は，**図-5**に示すように，本線シールドの施工後に，ランプのシールドトンネルを分合流拡幅部の端部付近まで延伸し，その後，本線トンネルとランプトンネルを接続する方法である．シールド工法は，山岳工法に比べると周辺の地下水へ与える影響はほとんどない．また，地盤の変形を抑制しながら施工する工法であるため，地表への影響抑制の面からも優れている．

ランプシールド利用案の比較表を**表-1**に示す．今回の施工条件や現在の技術レベルでの実現性を踏まえると，検討案として以下の３案が考えられる．なお，表中の断面図は，いずれも拡幅断面が最大となる分合流ノーズ付近のものであり，本線の２車線とランプの１車線を包括する拡幅断面である．

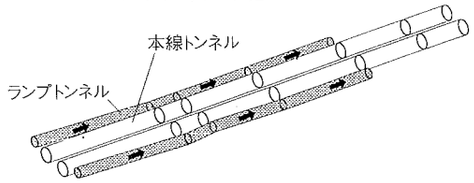
(1)「かんざし桁＋止水改良案」

本線とランプトンネルの併設シールド間をかんざし桁工法で拡幅する方法であり，地下鉄駅部などにおいて実績のある施工法である．しかし，仮設時のかんざし桁には，拡幅接合部にかかる土圧・水圧を受け持たせるため部材が大きくなり，その結果として，ランプトンネル径も大きくなる．また，かんざし桁は，トンネル坑内の狭隘な箇所からの施工となるため，大きな部材では施工が難しいと考えられる．止水対策の水平高圧噴射改良は，泥岩層と砂層の互層では均一な改良体の造成が困難であるため，確実な止水は期待できないと考えられる．

STEP1：本線トンネルの施工



STEP2：ランプトンネルの施工



STEP3：拡幅接続部の施工

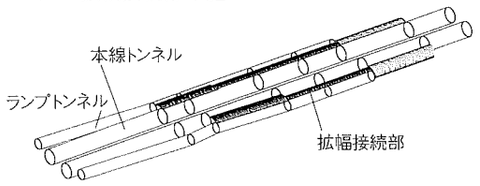
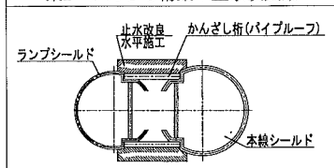
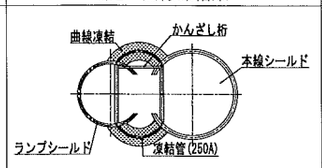
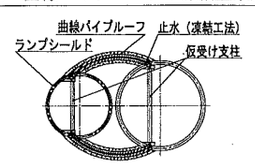
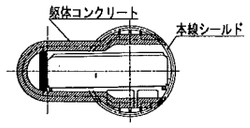
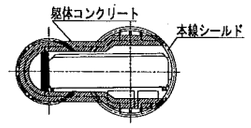
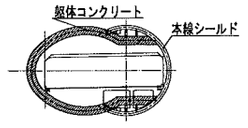


図-5　ランプ分合流拡幅部の施工手順図

表-1　ランプシールド利用案の施工法の抽出

		シールド工法によるランプトンネルを利用して，分合流拡幅部を施工する案(ランプシールド利用案)		
		案1　かんざし桁案＋止水改良案	案2　曲線凍結案	案3　曲線パイプルーフ＋凍結止水案
断面図	施工時			
	完成時			
施工性		・仮設時のかんざし桁には，外荷重(土水圧)を受け持たせるため，部材が大きくなる．このため，ランプトンネルの径も大きくなる． ・かんざし桁は，トンネル上部および下部からの狭隘な箇所からの施工となるため，大きな部材では施工が難しい．	・仮設時の曲線止水凍結には，外荷重(土水圧)を受け持たせるため，かんざし桁の部材を小さくすることができる．	・曲線パイプルーフの施工は，類似の施工実績がある．また，この仮設工法は，首都高速中央環状新宿線(富ケ谷出入口)の切り拡げ工事での採用に向けて，試験施工や技術開発が進められている．
構造性		・ランプトンネル側の余裕空間に柱を設置することで，完成形の覆工・躯体構造の安定性は向上するものの，非対称性が大きい形状であるためバランスはあまり良くない． ・かんざし桁の両端部にあたるセグメントは，あらかじめ形状を工夫しておく必要がある．	・ランプトンネル側の余裕空間に柱を設置することで，完成形の覆工・躯体構造の安定性は向上するものの，非対称性が大きい形状であるためバランスはあまりよくない．	・完成形の覆工・躯体は，シールドセグメントと躯体(合成構造)の多心円形の形状であり安定性の高い構造形である．
止水対策		・泥岩層と砂層の互層での施工となり，水平高圧噴射改良では均一な止水用改良体の造成が困難であり，確実な止水は期待できない．	・凍結工法により確実性の高い止水が期待できるが，凍土圧が厚くなる(約4m)ため，セグメントへの大きな凍結膨張圧の作用，周辺地盤の凍土隆起および凍結沈下の影響が懸念される．	・凍結工法により確実性の高い止水が期待できる． ・土圧，水圧を曲線ボーリングで受け持たせるため，凍結工法は止水のみの機能でよく，凍土厚を薄くすることができる．
評価		△	△	○

(2)「曲線凍結案」

凍結工法でアーチ状の凍土を造成し，拡幅接合部にかかる土圧・水圧を受け持たせるため，かんざし桁の部材を小さくすることができる．また，凍結工法により確実な止水が期待できる．しかし，凍土に仮設時の構造部材の機能を持たせるため凍土が厚くなることから，セグメントへの大きな凍結膨張圧の作用，周辺地盤の凍上隆起および解凍沈下の影響が懸念される．

(3)「曲線パイプルーフ＋凍結止水案」

拡幅接合部にかかる土圧・水圧を曲線パイプルーフで受け持たせるため，凍結工法は止水のみの機能で良く，凍土を薄くすることができる．曲線パイプルーフの施工は，山岳トンネルの拡幅工事などで，類似の曲線ボーリングの施工実績がある．また，最近では，首都高速中央環状新宿線のシールド切り拡げ工事を対象に，曲線パイプルーフの試験施工や技術開発が進められている．一方，完成形の覆工・躯体については，これまでの地中構造物にない独創的な瓢箪形状であるが，シールドセグメントと躯体の多心円形の形状であり，安定性が高い構造形である．

ランプシールド利用案については，このほかに，矩形のランプシールドや，本線トンネルのセグメントをランプシールドで切削する施工法なども考えられるが，現在の技術レベルでは，ランプ分合流拡幅部に適用したときの技術的課題が多く，実現性が低いと考えられる．また，拡幅接合部を小口径のシールドで地盤改良したり，拡幅量の小さい区間では，直線パイプルーフによる施工法や水平高圧噴射攪拌工などの地盤改良を併用した横坑方式も考えられるが，これらの施工法案については，分合流拡幅部に立坑を構築する必要があるため，今回の施工条件では，施工の実現性が低いと考えられる．

以上のことから，抽出した施工法案の中では，曲線パイプルーフと凍結止水を組み合わせた「曲線パイプルーフ＋凍結止水案」が最良案と考えられる．

3-2　ランプシールド利用案の施工法

(1)　構造概要

ランプシールド利用案「曲線パイプルーフ＋凍結止水案」の構造一般図を**図-6**に示す．ランプ分合流拡幅部では，道路線形にそって必要内空が変化することから，必要内空が小さい加減速区間とテーパー区間では，トンネル拡幅断面をコンパクトにする方が合理的である．

このため，最大断面となるノーズ付近の区間(Ⅰ区間)に対して，加減速区間(Ⅱ区間)とテーパー区間(Ⅲ区間)では，必要内空に合わせて躯体断面形状をコンパクト化する．また，Ⅱ区間の曲線パイプルーフ長を短くするとともに，拡幅幅の小さいⅢ区間では，ランプトンネルを利用しない代わりに，円弧状の曲線パイプルーフで躯体の構築空間を確保する．

(2)　ランプ接続部の構築方法

ランプ分合流拡幅部の最大断面であるⅠ区間の施工ステップ図を**表-2**に代表して示す．施工方法は以下のとおりである．

① ランプトンネルを地上から発進させ，分合流拡幅部の接続区間では，本線トンネルに併設して施工する(STEP 1，2)．

② 本線とランプトンネルのセグメント開口箇所に，鏡切り防護の低圧浸透注入を行い，本線トンネルから曲線パイプルーフを施工する．その後，曲線パイプルーフ内に凍結管を挿入し，鋼管内にコンクリートを充填する(STEP 3～5)．

③ 支保工を取り付ける台座をセグメントに設置し，支保工を架設する．前ステップで鋼管内に挿入した凍結管により，パイプルーフ間の止水凍土造成を行う(STEP 6，7)．

④ 上部セグメントの撤去，シールド間の上半を掘削する．引き続き，下部セグメント撤去，下半を掘削する．掘削完了後，躯体構築・埋め戻しを行う．なお，躯体は最大の必要内空を満足する断面とする(STEP 8～11)．

⑤ 躯体構築完了後，支保工を撤去する(STEP 12)．

ここで，ランプトンネルのセグメントを分合流拡幅部の完成構造の一部に利用することについては，仮設時の応力の累積や，先行応力が生じているセグメントを合成構造部材として扱うことに対して，懸念があると考えられたため，仮設部材の扱いとした．

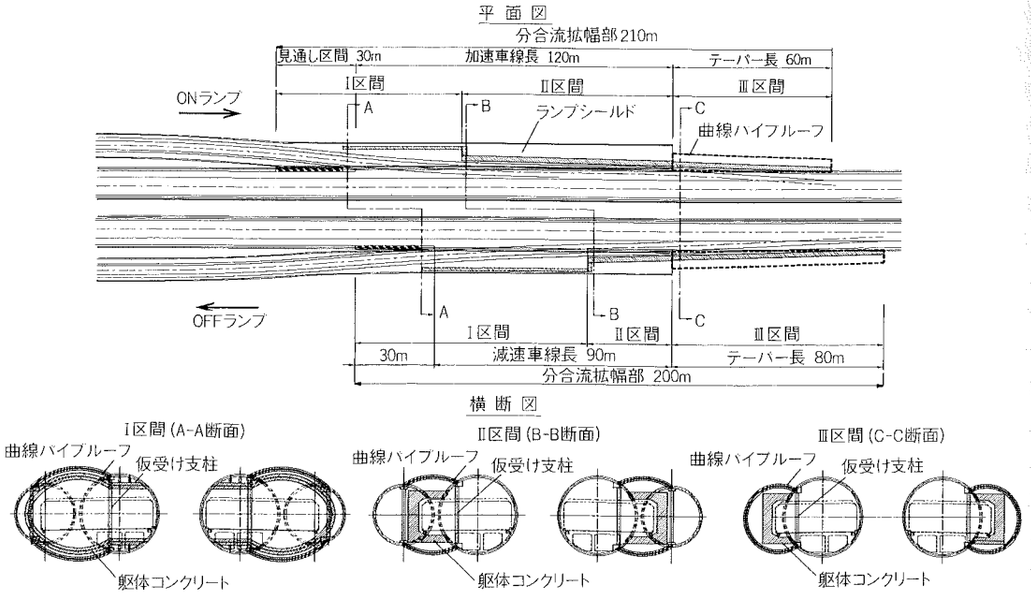
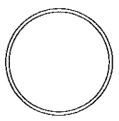
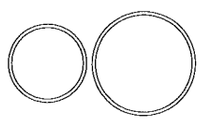
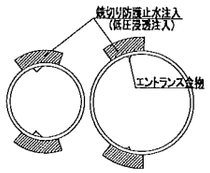
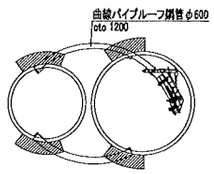
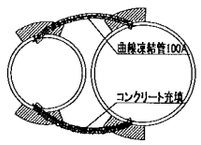
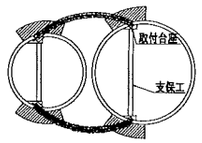
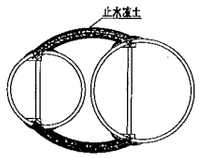
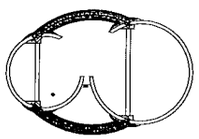
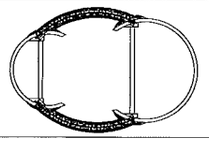
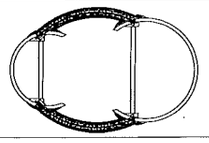
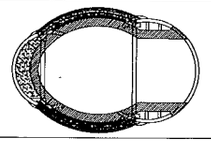
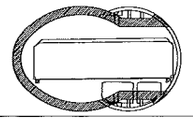


図-6　ランプシールド利用案「曲線パイプルーフ＋凍結止水案」の構造一般図

表-2　ランプシールド利用案　「曲線パイプルーフ＋凍結止水案」の施工ステップ図(Ⅰ区間)

1. 本線シールド推進	2. ランプ(円形)シールド推進	3. エントランス取り付け，坑口止水注入	4. 曲線パイプルーフ掘進
			
5. 凍結管挿入・コンクリート充填	6. 支保工取り付け	7. パイプルーフ間止水凍土造成	8. シールド間上半掘削(主桁切断)
			
9. シールド間下半掘削(主桁切断)	10. 構築・埋戻し(底版)	11. 構築・埋戻し(側壁・頂版)	12. 支保工撤去(完成形)
			

(3)　曲線パイプルーフの技術課題

本施工法案の曲線パイプルーフは，拡幅部にかかる土圧・水圧を受け持つため600㎜の鋼管径が必要となる．一方，これまでの曲線ボーリングの施工実績は，300㎜以下の鋼管径であり，鋼管径が大きくなると掘削方法は，ボーリング方式から泥水式または泥土圧式となる．また，必要推力が大きくなるため，推進方法は，鋼管を把持する方法から，リング押板などによりジャッキで押し出す方式となる．

本施工法案の曲線パイプルーフの曲線半径は約8～10m，曲線延長は約9～13mである．円弧状の曲線パイプルーフについては，曲線半径は約5m，曲線延長は約15～22mである．これらは，既往の曲線ボーリングおよび直線パイプルーフの応用技術であるため，実現できる可能性は高いと考えられる．主な今後の技術開発課題は，以下のとおりである．

- 鋼管位置の計測技術と推進機の方向修正技術の向上
- 鋼管の接合精度の向上
- 高水圧下でのエントランス部などの止水対策
- 推進機の内部構造のコンパクト化，および推進機の回収技術

3-3　ランプシールド利用案の構造

前節で紹介した，ランプシールド利用案「曲線パイプルーフ＋凍結止水案」の完成時の覆工・躯体構造および仮設時の構造を検討する．検討箇所は，構造の成立がもっとも厳しい分合流拡幅部(B)におけるⅠ区間の大断面トンネルである．検討断面を図-7に示す．本線シールドトンネルは，外径12m程度の併設トンネル(離隔0.5D，D：シールドトンネルの外径)である．土質定数を表-3に示す．設計土圧は，施工ステップを考慮した非線形弾性FEM解析を実施し，解析で得られる最大せん断ひずみと地質調査結果にもとづいた地山の限界せん断ひずみとの比較から，地山の緩み高さを推定した[5]．この結果，完成時の最大ゆるみ領域は1つのトンネルの横幅Doに対して，おおむね0.2Do相当の範囲となるため，このゆるみ範囲に相当する地山荷重を鉛直土圧として設計した．ただし，トンネル形状や施工法などが異なれば，設計土圧にも相違が生じるため，留意する必要がある．この課題については，掘削過程と覆工剛性を考慮した地山特性曲線の概念を用いて，さまざまなトンネル施工法を対象に作用土圧を算定し，設計土圧の検証を行っている．詳しくは，参考文献6),7)に報告したので，これらを参照されたい．

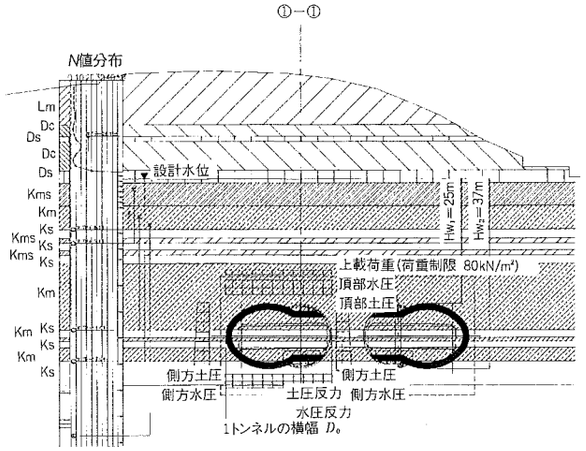


図-7　検討断面図：分合流拡幅部(B)

表-3　土質定数

記号	平均N値	γ (kN/m³)	c (kN/m²)	φ (度)	E (kN/m²)	ν	K (cm/s)
B	3	14.0	8	0	1690	0.45	2.6×10^{-5}
Ap	1	12.0	24	0	570	0.45	1.0×10^{-6}
Ac	4	18.0	20	33	1700	0.40	8.2×10^{-6}
As	1	15.0	30	0	1500	0.45	6.9×10^{-5}
Ag	15	0.0	0	30	19550	0.35	8.2×10^{-5}
Lm	5	13.5	56	0	6400	0.45	2.6×10^{-5}
Dc	8	15.5	120	0	1220	0.40	3.0×10^{-7}
Ds	34	18.5	42	33	30300	0.30	9.5×10^{-4}
Km	>50	18.5	2190	6	703800 183900	0.30	4.8×10^{-8}
Ks	>50	19.5	63	42	107300	0.30	1.9×10^{-3}
Kms	>50	19.0	1930	11	284300	0.30	2.7×10^{-7}

※：Km層の変形係数Eは，上段が起点側(A)，下段が終点側(B)の分合流拡幅部の定数を示す．

（1）　完成時

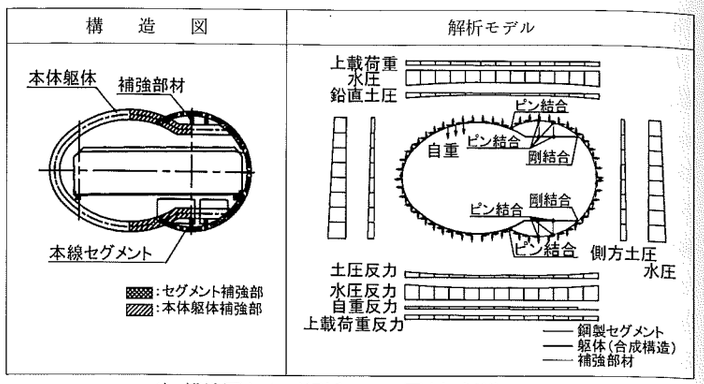
外荷重には，設計土圧，完全止水とした水圧を考慮する．また，将来の建物荷重として，制限荷重80kN/m²を考慮する．側方土圧係数については，各種の基準類や類似地質における施工事例の調査結果から0.5とした．完成時の覆工・躯体構造の検討結果を図-8に示す．分合流拡幅部の完成構造の一部になる本線トンネルの覆工は，スチールセグメントで，瓢箪形の本体躯体は，合成構造で構造が成立する．完成時の覆工・躯体構造の成立のために工夫した点は，以下に示すとおりである．

① 本体躯体の形状は，安定性が有利な円形および楕円形を基本とし，本体躯体と本線セグメントを結合した形は，構造の安定に有利な多心円形とした．軸力図および曲げモーメント図からわかるように，断面力の局所的な集中がない安定した構造形である．

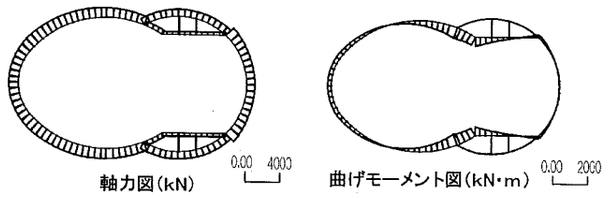
② 楕円形の本体躯体から水平部材を延ばして本線セグメントにつなぐとともに，この水平部材と本線セグメントを連結する複数の縦部材を配置して，セグメントにかかる曲げモーメントを抑制した．

③ 楕円形の本体躯体のアーチ部と本線セグメントの接合部は，覆工・躯体の曲げモーメントが小さくなるように，ピン構造とした．

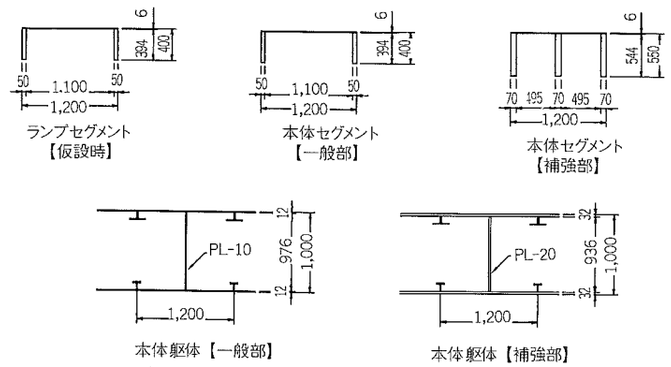
④ 本体躯体をRC構造とした場合，部材厚が大きくなるため，施工性や施工品質の確保が難しいと考えられる．このため，合成構造として部材厚を低減した．



1）構造図および解析モデル図(完成形)



2）軸力図および曲げモーメント図(完成形)



3）セグメントおよび本体躯体の構造諸元

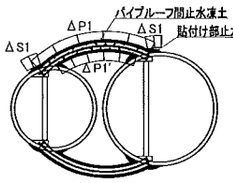
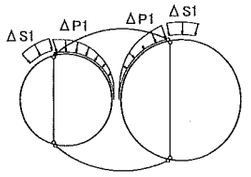
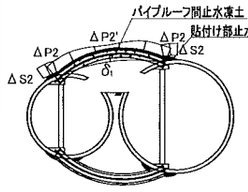
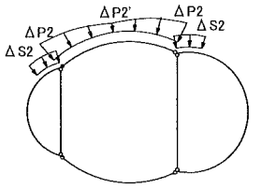
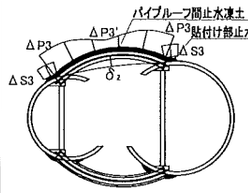
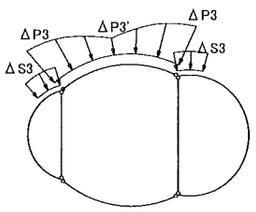
図-8　覆工・躯体構造の検討結果

⑤ 分合流拡幅部の構造によって，一般部の本線シールドのトンネル径が影響を受けないように，断面力が大きい本体躯体とセグメントの結合部のみを一部補強セグメントで対処した．

（2）　仮設時

「曲線パイプルーフ＋凍結止水案」で，凍結止水を行った場合に可能性のあるトラブルのうち，設計で対応すべきものとして，凍結膨張圧の作用にともなう仮設部材の影響検討が挙げられる．このため，仮設時の外荷重には，設計土圧，完全止水とした水圧に加え，凍結による凍結膨張圧も考慮する．

表-4　凍結膨張圧の荷重設定方法(仮設時)

施工ステップ	概　要　図		凍土圧荷重モデル
①パイプルーフ間止水凍結造成時 (凍土造成後，シールド間は未掘削の状態)	 凍土圧：凍土造成時の厚さ	・パイプルーフに作用する荷重は内側と外側の膨張圧(△P1，△P1')でキャンセルさせる． ・パイプルーフ内側の膨張圧(△P1)は，地盤を介してセグメントに付加荷重を与える．	
②シールド間上半掘削時 (凍土造成後，シールド間の上半掘削によってパイプルーフ内側が開放された状態)	 凍土圧：凍土造成時の厚さ	・掘削によるパイプルーフの変形(δ_1)を考慮して，凍土圧(△P2')に低減する	
③シールド間下半掘削時 (シールド間下半掘削完了後，凍土が成長した状態)	 凍土圧：維持運転時による凍土成長を考慮した厚さ	・維持運転による凍土の成長とパイプルーフの変形(δ_2)を考慮した凍土圧(△P3')を設定する．	

凍結膨張圧の荷重設定方法を表-4に示す．凍結膨張圧は，凍土の成長やパイプルーフの変形を考慮して設定する．凍土膨張圧がもっとも大きくなるのは，維持運転による凍土成長が生じる状態であり，シールド間の下半掘削時がこれにあたる．凍結膨張圧の抑制対策として，曲線パイプルーフの管内には，超低温と低温の制御管をそれぞれ掘削側と地山側に配置して，凍土成長を制御する．これにより，鋼管径600㎜の曲線パイプルーフ，仮設柱，および本線・ランプのスチールセグメントの構成部材で，仮設時の構造は成立する．

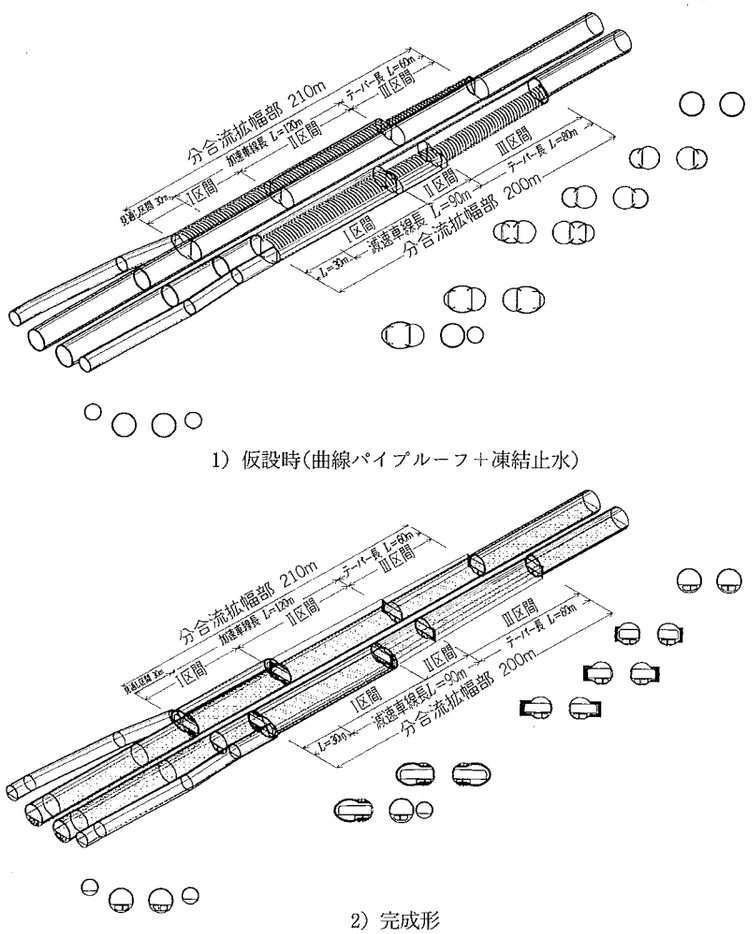
4　ま　と　め

非開削トンネルに出入口を非開削で接続する場合において，安全かつ合理的な分合流拡幅部の構造および施工法の確立を目的として技術検討を行った結果を以下にまとめる．

（1）　シールド工法のランプトンネルを利用してサイドランプ接続部をすべて非開削で拡幅し，柱のない大地下空間を構築する工法「ランプシールド利用案」を開発した．

本工法は，仮設時の沈下抑制および高水圧下での止水に優れている．また，完成時の覆工・躯体構造の成立も技術的に可能と考えられる．ただし，曲線半径の小さいパイプルーフ工法の施工技術開発，構造詳細および施工計画の検討などが，今後の課題として考えられる．

（2）　山岳工法により分合流拡幅部を拡幅する案「山岳拡幅施工法案」は，既往の山岳工法の施工実績において最大級の規模となるが，構造や施工性の面では技術的に可能と考えられる．ただし，本検討の対象とする地山条件においては，トンネル周辺地盤への影響を抑えるための確実な止水方法などについて課題があり，より詳しい地下水調査や確実な止水方法の施工技術開発などが，今後の課題として考えられる．



1）仮設時(曲線パイプルーフ＋凍結止水)

2）完成形

図-9　ランプシールドを利用した拡幅施工法の構造概要図

5 おわりに

本検討については，「横浜環状北線トンネルの設計施工に関する調査研究」委員会(平成14, 15年度)の検討項目の一つとして審議した．

この結果，本検討の対象とする分合流拡幅部(B)の施工条件においては，考案した図-9に示すランプシールド利用案が，非開削トンネルに出入口を非開削で接続する場合の安全かつ合理的な分合流拡幅部の構造および施工法の候補の一案として確認された．また，ランプシールド利用案および山岳拡幅施工法案について，今後必要な施工技術開発課題などを明らかにした．なお，各拡幅施工法案の課題については，施工実現に向けて，今後も引き続き検討を行っていく予定である．

最後に，本委員会に際して，熱心に審議された委員をはじめ関係各位に厚く御礼を申し上げる．

参考文献

1）須藤央・萩野竹敏：永田町直下，かんざし桁工法でシールド地下駅を造る　地下鉄南北線(７号線)永田町(仮称)駅工事，トンネルと地下，Vol.26, No.5, pp.37–47, 1995.5.

2）横関義美・岩波和昌：大断面拡幅工事に挑む　神戸市第２布引トンネル，トンネルと地下，Vol.23，No.2，pp.15–20，1992.2.

3）真下英人・石村利明：既設トンネルの断面拡大技術の開発，トンネルと地下，Vol.34，No.9，pp.41–48，2003.9.

4）大場新哉・小島直之：シールドトンネル開削切り開き工法の概要について，土木学会第58回年次学術講演会，pp.273–274，2003.9.

5）日本トンネル技術協会：トンネル解析手法の適用に関する検討報告書(日本道路公団本社委託)，2002.2.

6）山本泰幹：硬質地山におけるシールド工法と都市NATMの設計土圧，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集Ⅲ，pp.497–498，2004.9.

7）寺山徹・山本泰幹・今田徹：シールドトンネルランプ接続部の非開削拡幅工法の開発と設計土圧，土木学会トンネル工学報告集，Vol.14，pp. 367–374，2004.11.

報　告

シールド発進・到達工実態調査報告(１)

ＪＴＡ都市トンネル小委員会

1 はじめに

シールド工事は，技術の進歩に支えられてその適用範囲が広がり道路トンネルや雨水貯留管の建設工事にも採用されるようになっている．

しかし，技術的課題がすべて解決されたわけではなく，各工事において工夫や改善を積み重ねながら施工しているのが実状である．とりわけ，発進・到達工はトラブルが発生しやすい工種であるため，協会会員(以下，会員)の多くからその実態を明らかにして欲しいとの要望も多い．

そこで，今回はシールド工事の一般事項および発進・到達工について実態調査を行うことにした．

(施)都市トンネル小委員会発進・到達工調査幹事会の構成

No.	区　分	氏　名	所　属　・　役　職
1	幹事長	松岡　正宏	東京都下水道局建設部工務課課長補佐
2	幹事長※	蒲沢　正夫	東京都下水道局建設部工務課課長補佐
3	副幹事長	野本　寿	西松建設(株)技術研究所副所長
4	幹　事	守屋　洋一	(株)大林組土木技術本部技術第二部技術副部長
5	〃	福居　雅也	(株)奥村組技術本部土木部課長
6	〃	田中　啓之	鹿島建設(株)土木管理本部土木工務部課長(シールド担当)
7	〃 ※	長井　啓一	鹿島建設(株)土木技術本部工務部技術課
8	〃	河越　勝	(株)熊谷組土木事業本部シールドグループ課長
9	〃	大坂　衛	大成建設(株)土木本部機械部機械技術室室長
10	〃 ※	吉野　修	西松建設(株)技術研究所技術研究部土木技術研究課
11	〃	北川　滋樹	前田建設工業(株)土木本部土木部シールド部長

※途中交替の前任者を示す．

2 調査の目的

当小委員会は，表-1に示すとおり主にシールド工法に関する研究および教宣活動などを行っている．

今回の調査目的は，シールドトンネルにおける発進・到達工における技術的課題をアンケートから明らかにするとともに，より安全で信頼性の高い工法の確立に役立つ提言に結び付けることにある．

この調査結果は，「シールド発進・到達工実態調査報告書(2004年３月)」としてまとめられたが，その内容を多くの会員に知っていただくため本会誌に掲載し報告することにした．

3 調査概要

3-1　調査方法

調査は，回答者がアンケート用紙(電子データ)

表-1　活動経過

年　月	活　動　内　容
昭和58年９月	(施)都市トンネル小委員会を設置
昭和58年～昭和59年度	裏込め注入の実態調査(アンケート調査および分析)第６回トンネル技術シンポジウム(シールド工事における裏込め注入)を実施
昭和59年度～昭和60年度	設立10周年記念事業の一環として「都市トンネル技術シンポジウム」,「シールド機種の選定」を企画実施
昭和60年度～平成元年度	トラブル事例「土質とシールド機種」に関する調査(アンケート調査および分析)を実施
平成２年度～平成３年度	「密閉型シールドの施工管理」講習会の企画実施
平成４年度～平成６年度	「裏込め注入」に関する実態調査を実施
平成７年度～平成８年度	「シールド工事地中障害物」に関する実態調査を実施
平成９年度～平成10年度	「シールド曲線施工」に関する実態調査を実施
平成11年度～平成13年度	「密閉型シールドの施工管理」講習会の企画実施
平成14年度～平成15年度	「シールド工事説明用ppt」の作成 「シールド発進・到達工」に関する実態調査を実施

に入力する方式とした．アンケートの配布は，協会加盟施工会社のうち36社に対し，平成15年４月に行い，同年５月末を提出期限とした．

3-2　調査対象

調査対象は，平成10年４月から平成15年３月の間に着工した工事で，少なくともシールドの発進が終了している工事とした．

なお，推進工事およびミニシールド工事は含めないことにした．また，各工事についての回答はJV工事の場合スポンサー会社が回答することとした．

3-3　調査項目

主な調査項目は以下のとおりとした．

① 工事概要
② 一般事項(シールド・セグメント・裏込め注入)
③ 発進立坑・発進設備
④ 発進工法および発進部地盤改良工
⑤ シールド発進における課題等
⑥ 到達立坑・到達設備
⑦ 到達工法および到達部地盤改良工
⑧ シールド到達における課題等

3-4　データの整理方法

データの整理，分類，区分等は，原則として下記に示す方法とした．

① 各分析における対象件数は，アンケートの無効回答数を除いたものとする．
② データの母集団については，各項目ごとに記載する．
③ アンケートの回答内容が，アンケートの趣旨に合致しないものはデータから削除する．

3-5　アンケート回答件数

今回のアンケート調査においては，34社から551件の回答があった．

しかし，アンケートの趣旨に合致しないものが31件あったため，残りの520件を分析対象とした．なお，対象外としたものは，①ミニシールド工事，②オープンシールド工事，などである．

3-6　報告データについての留意点

分析対象としたアンケートは520件であるが，設問によっては無記入の箇所があるため，分析項目によっては520件を下回っている場合がある．

また，設問により択一回答と複数選択の回答があるため，複数選択回答では件数が520件を上回ることもある．

4　一般事項調査結果

4-1　シールドトンネルの使用目的

トンネル使用目的を図-1に示す．使用目的は，下水道が64%(334件)ともっとも多い．以下，鉄道と上水道が各々９%(47件)，水路・貯留池８%(41件)，共同溝４%(20件)となっている．

99年の「シールド曲線施工」実態調査(以下，99年調査という)と比較し，下水道６%減，鉄道４%増，電力３%減が目立っている．

4-2　掘進延長

分析対象は518件で，その平均掘進延長は1,155mである(99年調査1,166m)．掘進距離を500mごとに整理したものを図-2に示す．今回のアンケートでは，Uターン施工や中間立坑がある場合，各々の区間ごとに回答１件としているため，距離が少なめになっていると推察される．

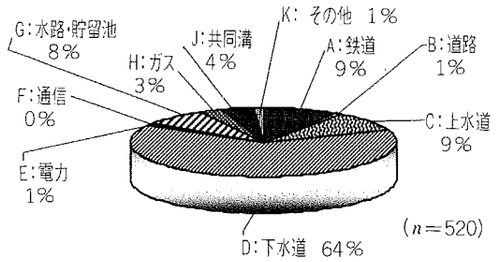


図-1　シールドトンネルの使用目的

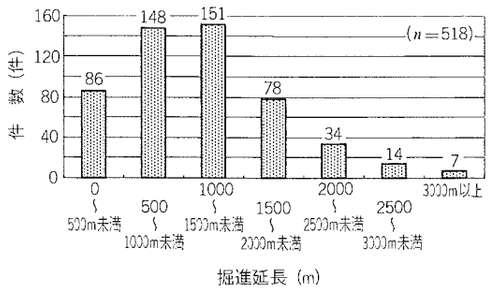


図-2　掘進延長と回答件数

4-3　シールド

4-3-1　シールド形式

シールド形式の比率を図-3に示す．シールド形式は，密閉型が99%(513件)を占めている．密閉型の内訳は，土圧式(土圧＋泥土圧)72%，泥水式27%で，その比率は約３：１である(99年調査，72%，26%)．なお，その他は半機械掘り式２件，機械掘り式１件であった．

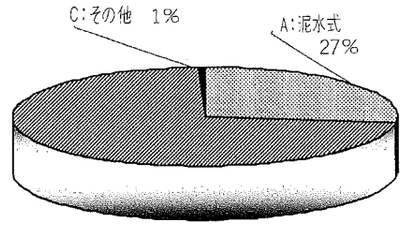


図-3　シールド形式

4-3-2　シールド形式と土質

発進および到達部のシールド通過部分の土質をもとに作成した，シールド形式と土質の関係を図-4に示す．密閉型シールドは，すべての土質で適用されているが，各工法ごとでは，土圧式で礫・玉石での比率が，泥水式で砂質土の比率が高いのが目立っている．ただし，施工件数の関係で各層ごとの適用件数は土圧式の方が多いことに注意が必要である(以下に構成比で表したものは同様の注意が必要)．

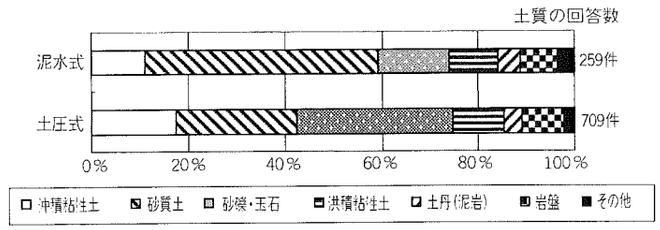


図-4　シールド形式と土質の関係(発進部＋到達部)

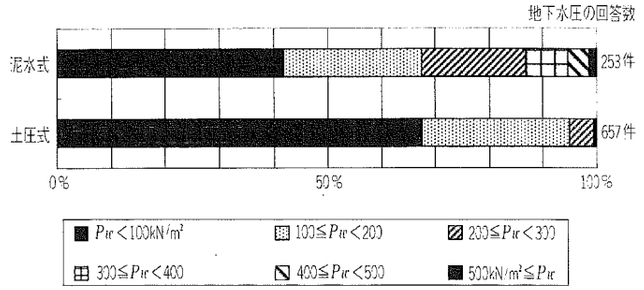


図-5　シールド形式と地下水圧の関係(発進部＋到達部)

4-3-3　シールド形式と地下水圧

発進および到達部のシールド天端の地下水圧(Pw)をもとに作成した，シールド形式と地下水圧の関係を図-5に示す．

200kPa以上では，適用件数および適用比率ともに泥水式の採用が多く，200kPa以下では土圧式の採用件数が多い．

4-3-4　シールド外径

シールド外径(D)別の比率を図-6に示す．シールド外径４m未満のものが全体の73%を占める(99年調査78%)．

4-3-5　シールド外径と機長

シールド外径(D)とシールド機長(L_1)の関係を，中折れあり，中折れなしに分けて，各回帰式(r：相関係数)を以下に示す．

なお，中折れ機構は，あり84%(428件)，なし16%(82件)である．

(中折れあり)

$L_1/D=3.55\times D^{-0.574}$ ($r=0.911$)

(中折れなし)

$L_1/D=3.55\times D^{-0.582}$ ($r=0.889$)

4-3-6　シールドの装備推力

断面積あたり装備推力は，全平均1,226kN/㎡，土圧式1,212kN/㎡，泥水式1,241kN/㎡で，約1,200 k N/㎡と見なせる(99年調査も約1,200 kN/㎡であった)．

4-3-7　テールシールの材質

テールシールの主な材質を図-7に示す．ワイヤーブラシが97%となっている(99年調査と同じ)．

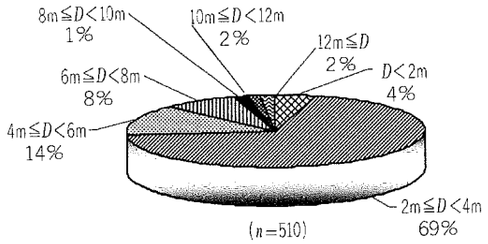


図-6　シールド外径

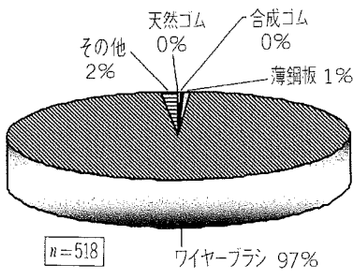


図-7　テールシールの材質

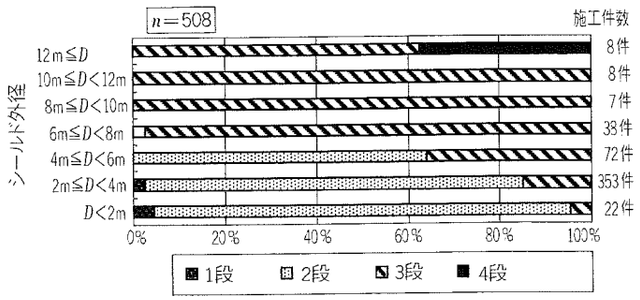


図-8　シールド外径とテールシール段数

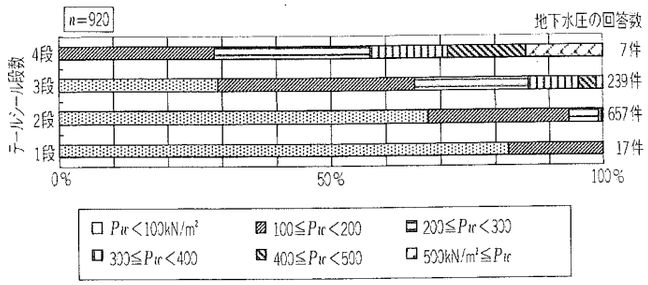


図-9　テールシール段数と地下水圧(発進部＋到達部)

4-3-8　シールド外径とテールシール段数

テールシール段数とシールド外径の関係(D)を図-8に示す．シールド外径が大きくなるにつれて段数が増える傾向にある(99年調査と同様な傾向を示す)．

4-3-9　テールシール段数と地下水圧

発進および到達部のシールド天端の地下水圧(Pw)をもとに作成した，テールシール段数と地下水圧の関係を図-9に示す．

地下水圧100kPa以下では1～2段シール，100 kPa以上では3～4段のテールシール採用の割合が高くなっている．

4-4　セグメント(発進および到達部)

今回のアンケートでは，発進および到達部で使用されたセグメントについて回答してもらった．このため，この他の区間で使用されているセグメントを含めた全体の特質を示していることにならないが，この条件付きで整理すると次のとおりである．

4-4-1　シールド外径とセグメント種類

シールド外径(D)と発進および到達部で使用されているセグメントの種類の関係を図-10に示す．シールド外径4 m以上では，RC(平板＋中子)セグメントが，4 m未満では鋼製セグメントが多く採用されている(99年調査と同様な傾向を示す)．

4-4-2　シールド外径とセグメント幅

シールド外径(D)と発進および到達部で使用されているセグメント幅(B)の関係を図-11に示す．外径2 m未満で幅750～900㎜，外径2～6 mで幅1,000～1,200㎜，外径6 m以上で幅1,200㎜以上がもっとも多い．なお，発進および到達部で曲線が含まれている比率は15%(883件中136件)あり，この関係で750㎜未満の回答には径8 m未満が含まれていると推定される(99年調査と同様な傾向を示す)．

4-4-3　土かぶりとキーセグメントの形式

発進および到達部の土かぶり(H)をもとに作成した，土かぶりとキーセグメント形式の関係を図-12に示す．土かぶりが増加するにつれて軸方向挿入の採用比率が増える傾向にある．

99年調査と比較すると，$H<40$ mの条件下において軸方向挿入の比率が各10%程度増加していることが明らかになった．

4-5　裏込め注入

4-5-1　裏込め注入材料

使用されている裏込め注入材料は，2液タイプエアなしが83%，2液タイプエアありが16%であった．1液タイプは1%と少ない(99年調査とほぼ同じ比率)．

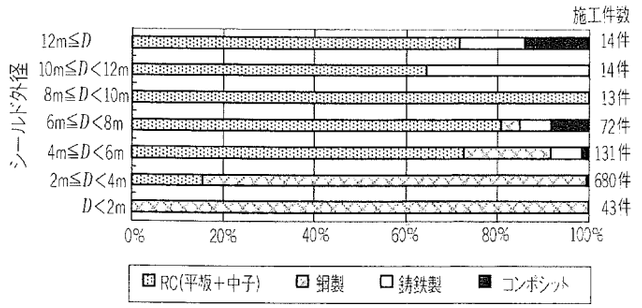


図-10　シールド外径とセグメント種類(発進部＋到達部)

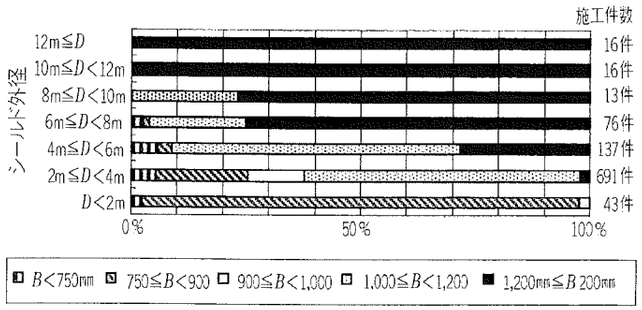


図-11　シールド外径とセグメント幅(発進部＋到達部)

4-5-2　注入位置

シールドに関する回答では，同時裏込め注入管を取り付けたものが21%(106件)，取り付けなかったものが79%(404件)である．

また，実施工での注入位置の回答では，シールドからの注入が15%(80件)，セグメントからの注入が85%(437件)となっている．同時裏込め注入管を取り付けたものの，実際に使用しなかった割合が2割程度あることがわかる．

4-5-3　裏込め注入材料と注入方式

使用されている裏込め注入の材料と注入方式の関係を図-13に示す．使用されている裏込め注入材料の割合は，注入方式に関わらずほぼ一定である．

ちなみに，JTAアンケートでは注入方式を次のとおり区分している．

同時注入方式：テールボイド発生と同時に裏込め注入を実施する方式

半同時注入方式：セグメントに設置されたグラウトホールがテールシールから離脱すると同時に裏込め注入を実施する方式

即時注入方式：1リングの推進終了後に裏込め

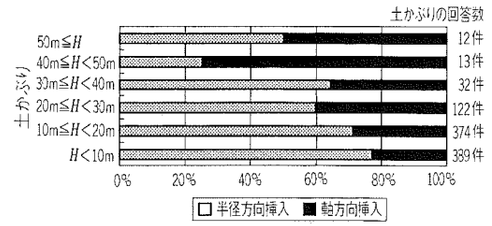


図-12　土かぶりとキーセグメント形式(発進部＋到達部)

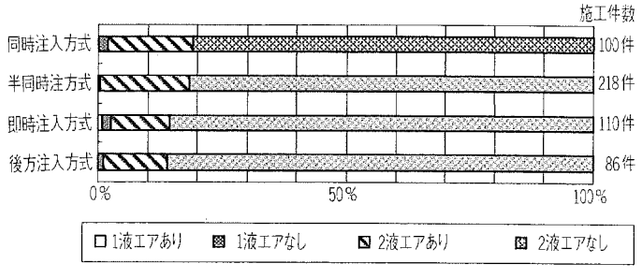


図-13　裏込め注入材料と注入方式

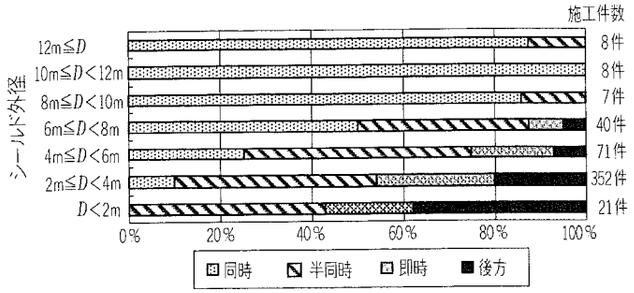


図-14　シールド外径と裏込め注入方式

注入を実施する方式

後方注入方式：数リング後方のグラウトホールから裏込め注入を実施する方式

4-5-4　シールド外径と裏込め注入方式

シールド外径(D)と裏込め注入方式の関係を図-14に示す．シールド外径が大きくなるにしたがって，同時裏込め注入方式の比率が大きくなっていることがわかる．また，99年調査と比較して後方注入方式の比率がD＜８ｍ以下で多くなっていることが明らかになった．しかし，今回のアンケートでは発進・到達部以外の土質条件を回答してもらっていないため，後方注入方式の比率増加についての理由(軟岩層が存在等)を明らかにすることができなかった．

5　立坑および立坑坑口設備

5-1　土留め工法と立坑寸法

5-1-1　土留め工法

（１）　立坑形状と土留め工法

発進および到達立坑の形状(円形，矩形)別に各土留め工法の採用割合を求めたものを図-15に示す．なお，立坑形状あるいは土留め工法に対する設問の回答で，“その他”および“無回答”だったものについては分析対象より除いた．これら分析対象外となった工法には深礎，人孔到達や地中接合などが多数含まれているものと考えられる．

立坑形状は矩形が80％と多く，円形は16％であった．円形立坑ではケーソンが約半数を占め，以下RC地下連壁，柱列式連続壁と続く．矩形立坑ではシートパイルが約半数を占め，以下柱列式連続壁，RC地下連壁となっている．また，これらの傾向については発進立坑，到達立坑で大きな差はない．

（２）　立坑深さと土留め工法

発進立坑と到達立坑のデータを合わせて，立坑深さと土留め工法との関係を表したものを図-16に示す．立坑深さ別データでは10～15mがもっとも件数が多い．15m以浅の立坑は約半数を占め，その土留め工法の内訳を見るとシートパイルが2/3以上を占める．立坑深さが15mを超えるとシートパイルから柱列式連続壁，さらにはケーソンまたはRC地下連続壁の割合が高くなっている．

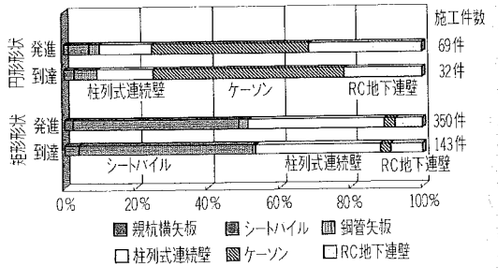


図-15　立坑形状と土留め工法

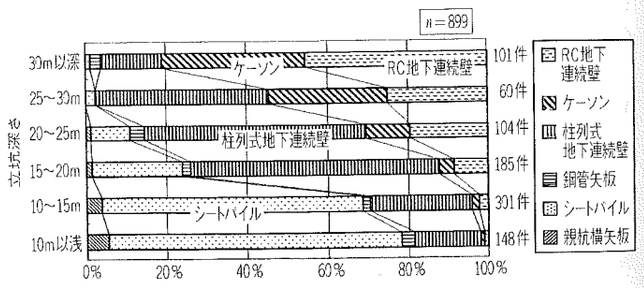


図-16　立坑深さと土留め工法

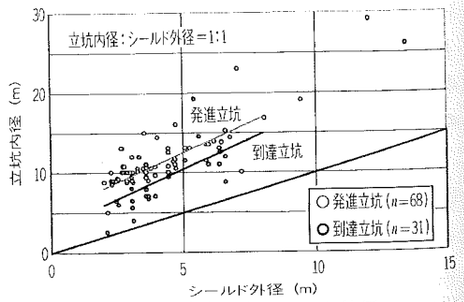


図-17　円形立坑内径とシールド外径

5-1-2　立坑寸法

（１）　円形立坑内径とシールド外径

円形立坑の内径とシールド外径との関係を図-17に示す．立坑の大きさはシールド外径だけで決まっていないようであるが，全般的に発進立坑の方が到達立坑より大きく，平均的に２ｍの差がみられる．

（２）　矩形立坑横方向内寸とシールド外径

矩形立坑の横方向内寸とシールド外径との関係を発進，到達立坑別に表したものを図-18，19に示す．

発進立坑の横方向内寸は，シールド外径に２ｍ以上の余裕を見込む場合が多いのに対し，到達立坑ではシールド外径と横方向寸法がほぼ等しいところまで広範囲に分布する．

（３）　矩形立坑掘進方向内寸とシールド機長

矩形立坑の掘進方向内寸とシールド機長との関係を発進，到達立坑別に表したものを図-20，21に示す．

発進立坑の掘進方向内寸は，シールド機長に対し４ｍ程度の余裕を見込む場合が多い．一方，到達立坑ではばらつきが多く，シールド機長の寸法

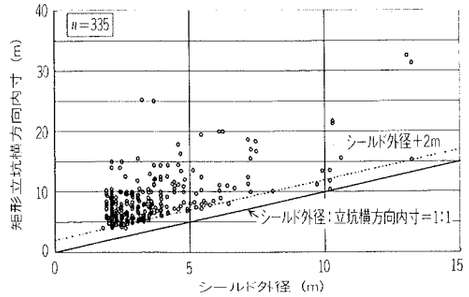


図-18　矩形立坑横方向内寸とシールド外径(発進立坑)

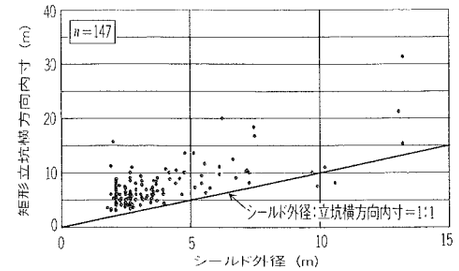


図-19　矩形立坑横方向内寸とシールド外径(到達立坑)

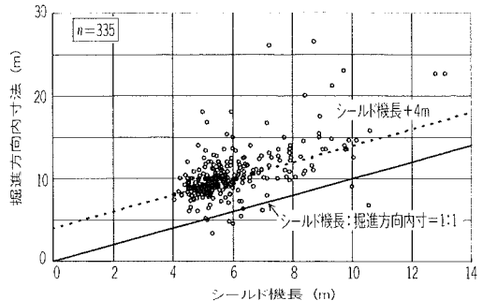


図-20　矩形立坑掘進方向内寸とシールド機長(発進立坑)

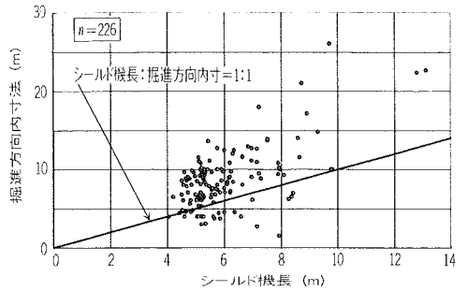


図-21　矩形立坑掘進方向内寸とシールド機長(到達立坑)

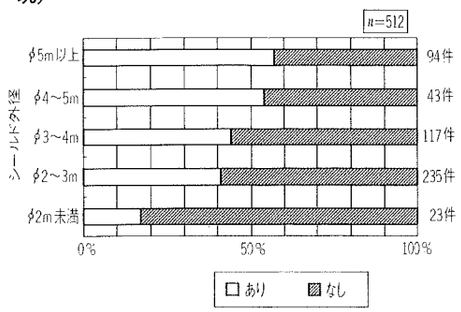


図-22　圧力調整用配管の有無とシールド外径

以外で決まっているものと思われる．

5-2　立坑坑口設備

5-2-1　発進坑口設備

（１）　裏込め注入用配管と圧力調整用配管

裏込め注入用配管はシールド外径に関わらず80％以上の事例で設置している．また，圧力調整用配管の有無をシールド外径別に表したものを図-22に示す．シールド外径が大きくなるに従い，圧力調整用配管を設置する事例が多くなっている．

（２）　エントランスパッキンの段数

エントランスパッキンの段数は，シールド中折

れ機構の有無に関わらず80%以上が1段を採用している．発進工法別にエントランスパッキン段数を表したものを図-23に示す．仮壁撤去工法はほとんどが1段であるが，仮壁切削工法では半数以上が2段のエントランスパッキンを採用している．

注）仮壁切削工法とは，シールドで直接仮壁を切削しながら発進をする方法．仮壁撤去工法とは，発進前に仮壁を撤去しておく方法である．

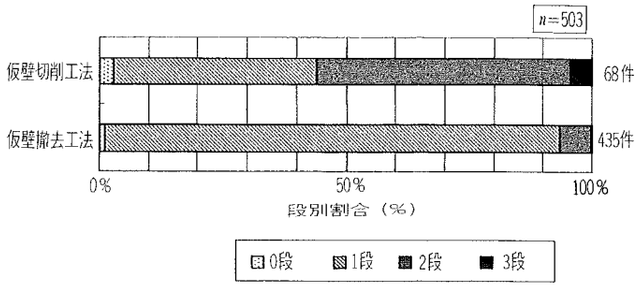


図-23　エントランスパッキン段数と発進工法

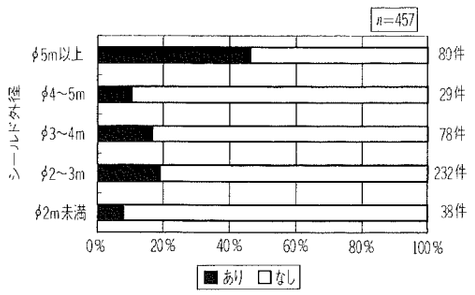


図-24　到達立坑用隔壁設置の有無とシールド外径

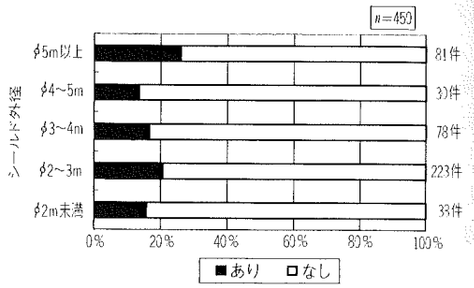


図-25　シールド回収の有無とシールド外径

5-2-2　到達坑口設備

（1）　到達立坑用隔壁

到達用隔壁設置の有無をシールド外径別に表したものを図-24に示す．大断面シールドでは到達用隔壁を設置した事例が多く見られた．

（2）　シールドの回収

シールド回収の有無をシールド外径別に表したものを図-25に示す．トンネル断面の大小に関わらず，シールドを回収する割合が2割程度を占めている．これは併設トンネルのUターンや立坑通過などによるものと推察される．

図書紹介



土木人物事典

藤井肇男 著

A5判　上製(箱入)　426頁

アテネ書房　定価(本体5,200円＋税)

この事典は，幕末から昭和時代までの間に土木の世界に身を置いた日本人500名の略歴や業績，横顔などを簡潔に記述したものである．

本書の特色は，その人物の肖像写真，工事写真や図面などをできるだけ収録している．

土木分野での初の人物人名事典となる本書は土木史の研究に必須の文献である．

連載講座

山岳トンネルにおける工事用機械の選定(15)

TBM(2)—断面別—

「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

TBMを断面(掘削断面＝掘削径)で大断面と小断面に仕分けすると，その境界はTBMハンドブック(トンネル技術協会編)では，掘削径で7mとしている．ただし，これは掘削径の最大と最小の中間を境として大小二分割する考え方からきている．しかし，山岳トンネルの加背割りの考え方，すなわち，掘削径による切羽の高さとその自立の安定性からの境界は6m程度と考えられる．この値は通常の複線断面での上半(マイクロベンチ)掘削と全断面掘削との加背割り判定の基準となる値に近い．最近のわが国の事情において，掘削径5mクラスが集中的に使われる機会があり，このクラスはかなり標準化され，機構的にも洗練された．しかし，このクラスから掘削径で50cm程度小さい4m台のTBMになると機械配置やスペースの余裕もかなり苦しくなり，機構を含めてこのあたりに実質的な境界があるように見受けられる．したがって，TBMの場合，機構上の観点からはこの中間クラスの内容を重視して，大中小の3段階で考えるほうが実用上はうまく整理できるかもしれない．いずれにしても，大断面クラスのTBM実績では，海外で30件以上の事例があるが，わが国では施工中も含めて2件しかない．TBM工法では特殊なリーミング工法を除けばすべて全断面で対応するため，切羽の自立性が大きな要因となる．したがって，掘削径が大きくなれば切羽の自立・安定・均一性が不安定になる要素が増大し，後方の支保についても相応の手当てが必要になり，掘削後の支保施工までの素掘り状態が与えるダメージも大きくなる．

これに加えてTBM工法は機械本体が切羽に存在するため適用できる補助工法の種類と範囲が制約される問題がある．大断面になれば掘削断面積が不良地山に与える影響が顕著に大きくなることから特別配慮が必要である．すなわち大断面の切羽は，中小断面に比べ切羽の不安定化，地山のゆるみ，肌落ち，崩落が増大し掘削能力の低下や安全性の問題が多く発生する．一旦地山の崩落が発生するとその手当てに多大な手間と時間を費やすこととなる．このように大断面TBMでは，中小口径のTBMに比べ地質の影響を大きく受けるため，複雑な地質と対応する可能性が高い日本の場合，これが大きな阻害要因となっている．大断面TBMは，掘削径の増大に見合った機構も大型化する必要があるが，不良地山時の対応を考えると，実に大きな機構が必要となる．そのため，費用も増大し，このことがTBM工法採用への足かせとなっている面も否定できない．もちろん，このような大断面TBM工法に見合う需要の低さもあるが，技術的に改善されれば施工の安全，合理性から需要は延びる可能性はある．また，大断面では海外で単胴シールドタイプの事例がある(TBMハンドブックではTBMの範疇に入れていない)．単胴シールドの機構の簡素性，機体長の短さを生かした全線ライナによる崩落防止と早期閉合で施工する方式は，トンネルの使用目的を考えた最終仕上げまでのトータルコストで評価すると，日本における地山条件をはじめとする他の立地条件に合致している要素が多く見受けられる．

以上，中小断面に比較して大断面の問題点を中心に述べてきたが，逆に小断面になると，各機械要素で強度や構造その他の条件により算定される寸法が能力に合わせて相似律的に縮尺することには限界があり，それらの配置・収納で，クリアランスをどれだけ確保できるかなど，狭隘さが大きな問題となり，作業性が極端に厳しくなることから，実質的には2m台が最小のTBMとなっている．

(文責：岡田喬・(株)熊谷組)

2. TBM施工事例：小断面TBM (沼隈幹線(6工区-1)管渠工事)

2-1　工事概要

当工事は，広島県芦田川流域下水道事業の一環として，広島県沼隈郡沼隈町から福山市鞆町までの沼隈幹線管渠工事の一次覆工(掘削外径φ2.32m，施工延長3,409.2m)をTBMで施工したものである．

表-1　トンネル概要

工事名	沼隈幹線（6工区－1）管渠工事	
発注者	広島県福山地域事務所	
工事場所	広島県沼隈郡沼隈町大字能登原～福山市鞆町大字後地	
工期	平成12年9月30日～平成16年3月25日	
延長	全長：3,409.2m TBM掘進延長：3,352.8m	
掘削断面積	TBM：4.2m²（φ2.320m）	
仕上がり径	φ1.350m（二次覆工は別途工事）	
掘削工法	TBM	
ずり出し方式	坑内：レール方式	立坑部：空気カプセル輸送方式

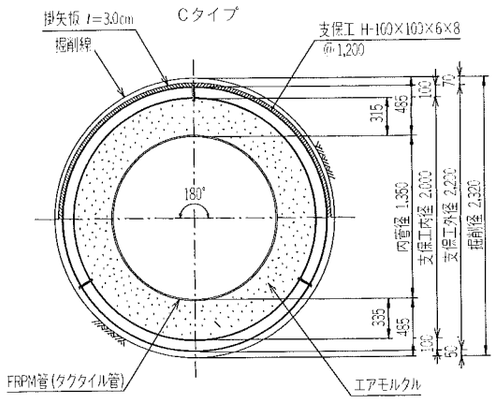


図-1　標準断面図

トンネル概要を**表-1**に，標準断面図を**図-1**に示す．

2-2　当工事の地質概要

現場付近の基盤地質は，鞆断層を境として東西で異なり，発進側（沼隈町側）は中生代白亜紀の高田流紋岩類であり，到達側（福山市側）は中生代ジュラ紀の那珂層群と呼ばれる堆積層類である．トンネルレベルでの地山は，大きく4つに分けられる．すなわち，発進側よりTD0～800m付近は流紋岩，TD800～2,500m付近は石英安山岩，TD2,500～3,200m付近は風化砂岩および頁岩の互層，TD3,200m付近以降は花崗岩である．

また，F1～F8の8か所の断層破砕帯が存在し，このうちF3およびF4・5は，とくに規模が大きく，高水位の地下水を伴う崩壊性の高い破砕帯であるとされていた．地質縦断図を**図-2**に示す．

2-3　当工事の特徴

（1）　当トンネルは，施工延長3,409.2mを掘削外径φ2.3mのTBMで施工する小口径・長距離トンネルである．

（2）　縦断勾配は，発進側から0.06%の下り勾配である．

（3）　深さ30.7mの立坑を掘削し，その底部から発進横坑TBMを発進させた．

（4）　設計では，断層破砕帯のうちとくに規模が大きいと推定されていた3か所の区間（約200m）について，迂回坑を利用した在来工法で掘削する計画であった．

（5）　地下水位が高く，切羽での想定湧水量は1.7t/min程度とされていた．

2-4　TBMの選定

2-4-1　TBM

（1）　当トンネルは，掘削外径φ2.3mの小断面であり作業空間が狭いため，切羽直後の早期支保が困難であること，また，崩壊性の高い断層破砕帯が多く存在することなどからから，ダブルシールド型TBMを採用した．

（2）　不良地山対策として，削孔検層や水抜きボーリング，地山改良などの前方削孔を行うため，小断面TBMで初めて削孔機（150kg級）を後続台車に搭載した．

（3）　インバータ制御によりカッタヘッド電動機を可変速とし，掘削地山の状況に応じたカッタ回転数，トルクを設定できるようにした．

（4）　長距離・高負荷掘削を考慮して，ダブルテーパローラベアリング，長距離対応シールシステムを採用し，信頼性，耐久性の高いカッタ軸受け構造とした．

凡例
Dt　崖錐堆積物
Po　ヒン岩・長石斑岩など（岩脈）
Gr　花崗岩
Ry　流紋岩
Da　石英安山岩
Ta　流紋岩・砂岩・泥岩（田島層）
Sh　頁岩優勢層
Ss　砂岩優勢層

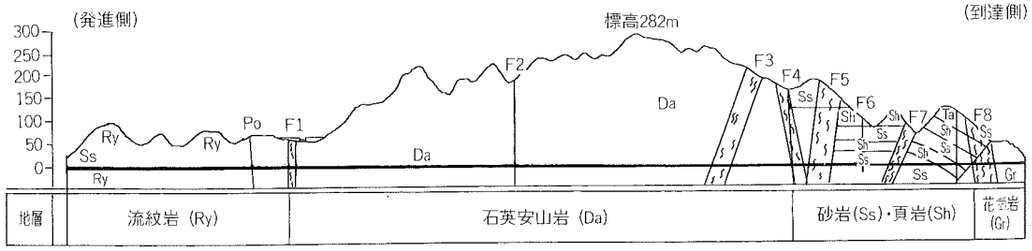


図-2　地質縦断図

（5）　不良地山でTBMが拘束されることを防止するため，最外周ローラカッタのオーバーカット量を大きめに設計した．

（6）　グリッパシールド径を小さくし，グリッパシールド引き込み時のずり詰まりによる盛替え不能を防止する構造とした．

（7）　作業環境を維持するため，高性能集じん機を後続台車に搭載し，切羽の粉じんを配管方式で直接処理できるようにした．

TBMの主な仕様を**表-2**に，TBM本体を**写真-1**に示す．

表-2　TBM仕様

No.	項目	主要諸元
1	型式	全断面トンネル掘削機（ダブルシールド型）
2	掘削基準径	φ2.320m
3	機長	7.386m
4	全長	約92m（TBM＋後続台車）
5	総重量	約100t（TBM62t，後続台車38t）
6	総出力	約300kW
7	電源	6,600V
8	カッタ カッタ径 カッタ数	 φ33cm（13.0inch） 19個
9	カッタ駆動装置 カッタ用電動機出力 カッタヘッドトルク カッタ回転数	 100kW×2台 147～308kN・m 2.4～13.4rpm （インバータ制御）
10	スラスト装置 総推力 スラストジャッキ 推進ストローク 推進速度	 3,528kN 882kN×4本 1,200㎜ Max6.0m/h（10cm/min）
11	補推進装置 総推力 補推進ジャッキ 推進ストローク	 3,920kN 980kN×4本 900㎜
12	グリッパ装置 グリッパ形式 総押し付け力	 油圧下開きリンク，シングルグリップ式 7,448kN（片側3,724kN）
13	フロントサイドサポート 形式 総押し付け力	 水平張り出し式 2,078kN（片側1,039kN）
14	プロテクタ装置 形式 カッタシールド テレスコシールド外筒 テレスコシールド内筒 グリッパシールド	 ダブルシールド式 φ2,290㎜ φ2,290㎜ φ2,230㎜ φ2,230㎜
15	ベルトコンベヤ ベルト幅×容量 コンベヤ台数	 350㎜×60m³/h 1条
16	集じん機	乾式60m³/min×1台

2-4-2　後続台車

TBMの後続台車は，**表-3**に示すとおり10両編成とした．**図-3**にTBM本体図を，**図-4**にTBMおよび後続台車図を示す．

2-4-3　軌条設備

立坑・横坑部は，15kg/mレールによる複線軌条を設備し，中央にトラバーサを設けて車両の入れ替えに使用した．

坑内は，15kg/mレールによる単線軌条を設置した．また，坑口より1,000m，2,000mの地点にポイントを設置した複線区間を設け，離合・待避箇所とした．**図-5**に軌条設備全体配置図を，**図-6**に坑内軌条設備断面図を示す．

2-4-4　ずり搬出設備

掘削ずりは，後続台車上のNo.1～3コンベヤを経て，後続台車最後部でずり鋼車（1.0m³積み）に積み込み，坑口まで搬出した．列車は，2.0t サーボロコによるずり鋼

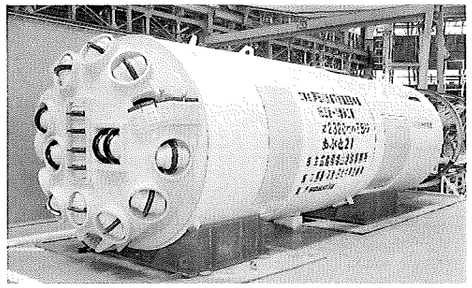


写真-1　TBM本体

表-3　後続台車編成

No.	長さ(㎜)	搭載機能
1	7,000	削孔機（150kg級）
2	7,000	資機材置き場，操作盤，給脂ポンプ
3	6,000	資機材置き場，油圧バルブ
4	6,000	油圧ポンプ，オイルタンク，電磁バルブ
5	6,000	集じん機
6	6,000	資機材置き場，集じん機用制御盤，冷却水用水タンク
7	6,000	制御盤，インバータ盤
8	6,000	高圧トランス
9	6,000	ケーブル置き場
10	6,000	通信ケーブル置き場

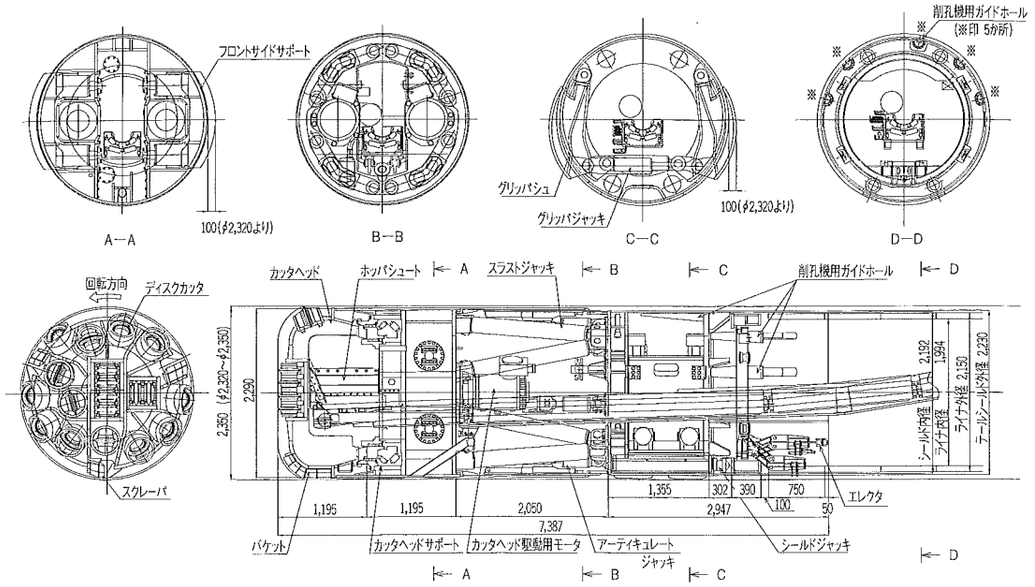


図-3　TBM本体図

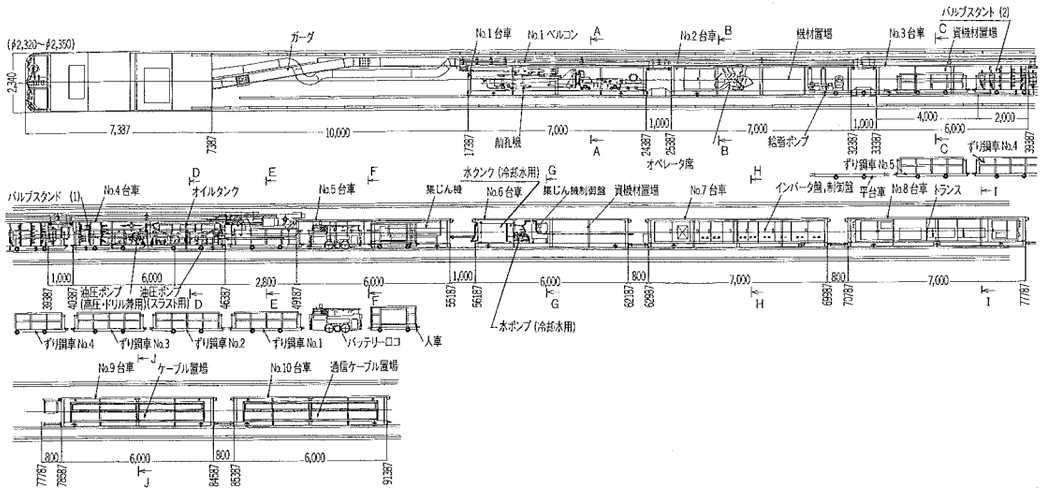


図-4　TBMおよび後続台車図

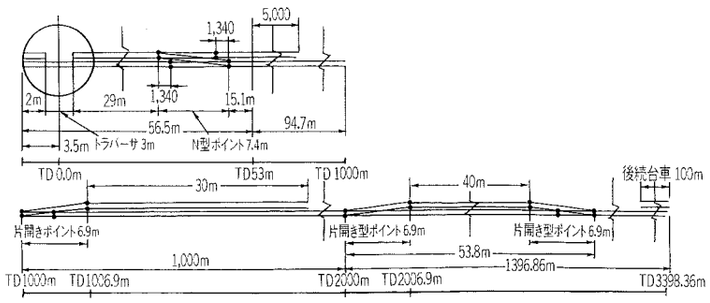


図-5　軌条設備全体配置図

車6両と材料台車1両の牽引を基本編成とし，2編成を使用した．図-7にずり鋼車編成図を示す．

立坑内のずり搬出は，空気カプセル輸送システムを採用した．これは，立坑下まで搬出したずりを，エプロンフィーダホッパに投入してカプセル(容量1m³)に積み替え，揚程約30mの立坑に設置した輸送管路内に発生させる気流を利用して鉛直輸送するシステムである．図-8と表-4に空気カプセル輸送システムの概要と仕様を，図-9にその動作原理を示す．

2-5　TBM施工実績

掘進延長3,352.8mのTBMは，平成13年10月に発進し，平成15年8月に到達した．平均月進は156.7m/月，最大月進は328.6m/月であった．

不良地山対策として，以下を行った．

① TBMに搭載した削孔機を利用したボーリング(削孔検層)および反射トモグラフィなどにより，前方地山を把握した．

② 前方探査結果をもとに，必要に応じて削孔機を利用した水抜きボーリング，鋼管先受け，地盤改良を実施した．

また，TD1,500～2,000mでは最大3.3t/minの大湧水に遭遇したが，坑内排水設備の増設を行い，濁水処理設備能力(2.5t/min)に対して清濁分離で処理した．

TBMの主なトラブルと対応実績を以下に示す．

① メイングリッパは，構造上左右単独での操作ができなかった．そのため，全縮操作を行う際，左右どちらかのジャッキ，シュー部にずりが噛み込んで反対側のストッパに負荷がかかりストッパが破断することがあった．破断の都度ストッパを付け直して対応したが，今後，メイングリッパ，ストッパの構造の検討が必要である．

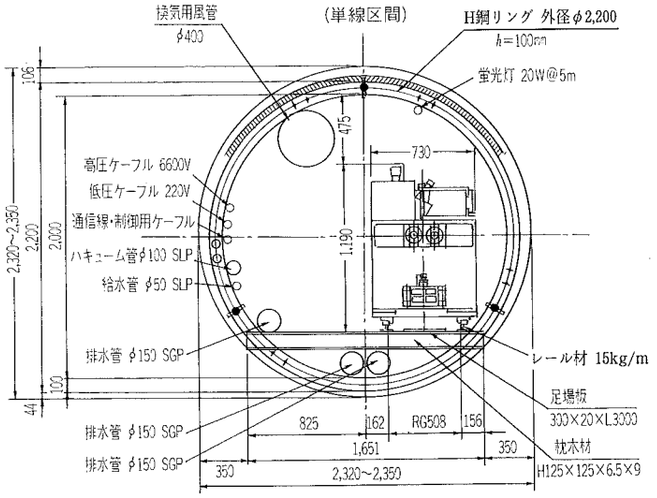


図-6　坑内軌条設備断面図

システム概要図

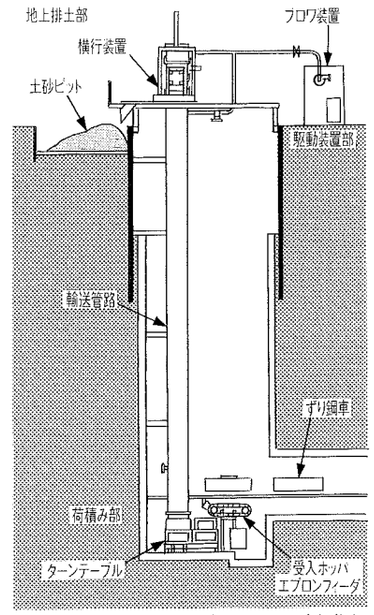


図-8　カプセル空気輸送システムの概要図

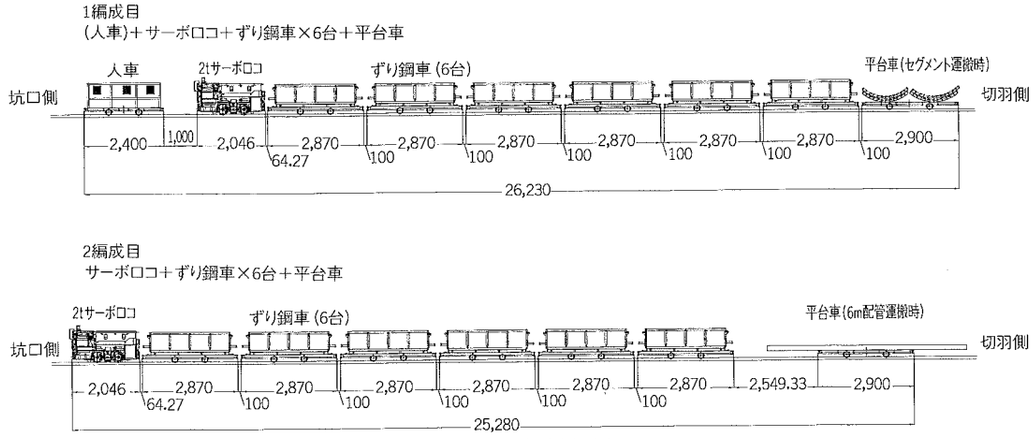
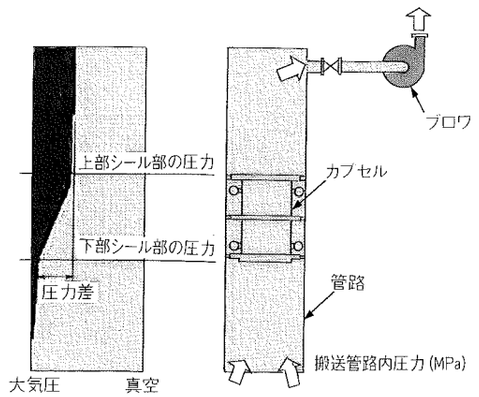


図-7　ずり鋼車編成図

表-4　カプセル空気輸送システムの仕様

No.	項　目	主 要 諸 元	数量	備　考
1	カプセルライナ カプセル容量 積載荷重	 1.0m³ 1,700kg	2車	 ガイド車輪8輪 ラバーシール2個
2	空気ブロワ 風量 電動機容量	 300m³/min 300kW（AC440V）	一式	横型遠心式ブロワ
3	ずり積み装置 油圧ターンテーブル エプロンフィーダ	 外径φ2,797.4 15kW	一式	
4	ずり排出装置 横坑装置 反転装置	 油圧シリンダ横移動方式 油圧シリンダおよびラック＆ピニオン	一式	
5	輸送管路	内径φ1,004	一式	



動作原理

図-9　カプセル空気輸送システムの動作原理

② リング支保工区間で支保工組み立て時，天端からの崩落があった．リング間に崩落防止用のスライド式エキスパンドメタルを設置して対応した．

③ 風化マサ状の土砂地山に湧水が混じったずりが，流動化してベルトコンベヤからこぼれ出したため，ベルトコンベヤがスリップして運転不能となることがあった．水抜きボーリングで対応できた箇所もあったが，極端な不良地山では水抜きボーリングさえも施工困難であり，ベルトコンベヤの速度アップ，常時洗浄，消耗ローラの交換などで対応した．

（文責：堀田匡彦・鹿島建設(株)）

3.　TBMの施工事例：大断面TBMによる施工例（滝里発電所導水路トンネル工事）

3-1　工事概要

滝里発電所は，北海道開発局が建設した滝里ダムに併設する最大出力57,000kWの一般水力発電所である．本導水路トンネルは，ダム取水口から発電所へ最大使用水量150m³/secを送水するためのもので延長は2,802mである．トンネル概要を**表-5**に，標準断面図を**図-10**に示す．

表-5　トンネル概要

工　事　名	滝里発電所新設工事土木本工事第二工区工事
発　注　者	北海道電力株式会社
工 事 場 所	北海道芦別市滝里町～野花南町
工　　期	1995年10月～1998年12月
延　　長	2,802m（うち，TBM施工延長2,650m）
掘削断面積	54.1m²（掘削径8.3m）
掘削方法・工法	TBM・全断面工法
ずり出し方法	バッテリロコ（12t）＋ずり鋼車（6m³×5台）

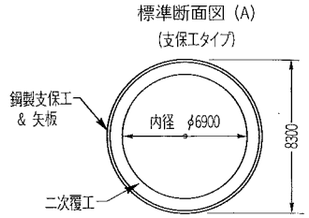


図-10　トンネル標準断面図

3-2　地質概要

本トンネルの地質は，取水口側から約2,270m間が中生代白亜紀の蝦夷累層群（砂岩頁岩互層を主とし，礫岩，凝灰岩を挟在．岩盤等級C_L～C_H），幅40m程度の断層破砕帯部を挟んで発電所側が新生代新第三紀オチヌンベ層（砂岩および泥岩から構成され，一部に石炭層を挟在．岩盤等級C_L～C_M級で一部D級）となっている．地質縦断図を**図-11**に示す．

3-3　当工事の特徴

当工事の特徴は，以下のとおりである．

① 本トンネルは，延長が2,802mと比較的長く，かつ勾配は発電所側から取水口まで0.664%の上り勾配である．

② 取水口から約2,300m間の地質が，岩盤等級C_L～C_Hの比較的新鮮な中硬岩～硬岩に分類される地山が想定される．

③ 本トンネルは，導水路・圧力トンネルであり円形断面となっている．

以上の条件から，発電所側からTBMにより片押しで急速掘進することで，TBM工法の優位性が発揮できるものと考え同工法が採用された．

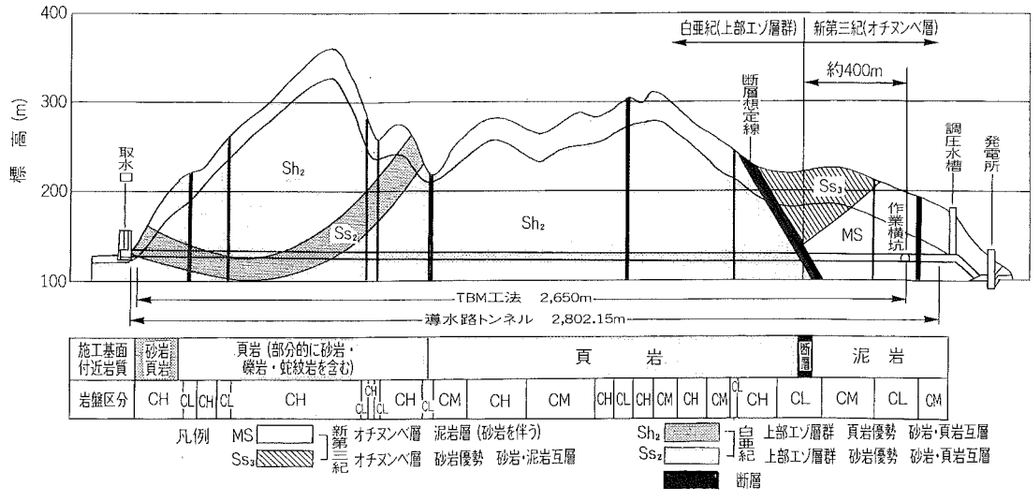


図-11　地質縦断図

3-4　掘削機械選定の経緯

TBM型式の選定，主要設備の仕様設計にあたっては，想定地質条件と施工当時日本最大となる掘削径8.3mの大断面TBMであることを考慮し，以下のように決定した．

① 良好地山での高速掘進を可能とし，かつ断層破砕帯や低強度の泥岩などグリッパ反力が得られない不良地山，あるいは地山の崩落が著しい場合に，トンネルライナーをシールドテール内で設置でき，これに反力をとりシールドジャッキ推進を可能とすること，また，メイングリッパ使用時は，掘削と支保工が同時施工できる利点があることから，ダブルシールド型TBMを選定した．

② 大断面トンネルでは地質状況の影響を大きく受けることから，切羽前方探査が重要となるため，カッタヘッド直後に先進ボーリング用の油圧削岩機を常備した．

③ 不良地山での切羽自立化を図るため，本体内からフォアパイリングを施工できるよう，カッタヘッド天端部120°の範囲にシールドを貫通するサヤ管を80cmピッチで12か所配置した．

④ ずり搬出が連続して行えるよう，後続台車内の軌道を複線としずりトロ待ちをなくした．

写真-2にTBM本体の全景を，**図-12**にはTBM本体図，**図-13**に後続設備関係図を示す．**表-6**には，TBM主要仕様を示す．

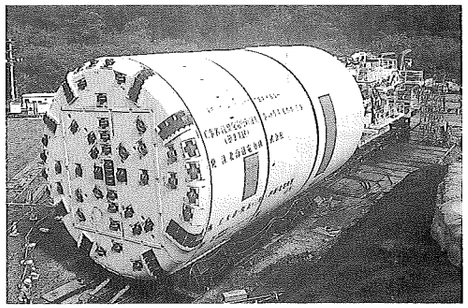


写真-2　TBM本体全景

3-5　施工実績

（1） 初期掘進期間（120m間）

初期掘進と地質不良区間が重なり，種々のトラブルが発生した．その一つに，カッタにより粉砕された泥岩の細粒粘土分がカッタヘッドのスクレーパ部およびチャンバ部に付着し，ずり取り込みが困難となり，回転トルクが上昇して掘削不能となる状況があった．また，未想定の断層による局所的な脆弱層部において切羽崩落が発生し，カッタヘッド前面の堆積土とシールド外周部の崩積土の摩擦抵抗によるマシントラップが発生し，その突破に22日を要した．これらにより，この区間の平均月進は約50mにとどまった．

（2） オチヌンベ層～亀裂の発達した蝦夷累層群区間

オチヌンベ層では，切羽が自立せず前方に向かって円錐状に崩落（先掘り状態）が生じ，またシールド外周には圧密した崩積ずりが付着し摩擦抵抗となると同時に上載荷重として作用するため，推力・トルクの増加を招き，掘進速度が低下したほか，後胴引き寄せ（リトラクト）トラブルが発生した．蝦夷累層に入ってからも亀裂性岩盤のためシールドテール部での地山崩落とリトラクトのトラブルが継続して生じた．

支保形式変更などの不良地山対策を試行錯誤しながらの掘進で，この間の平均月進は約150mであった．

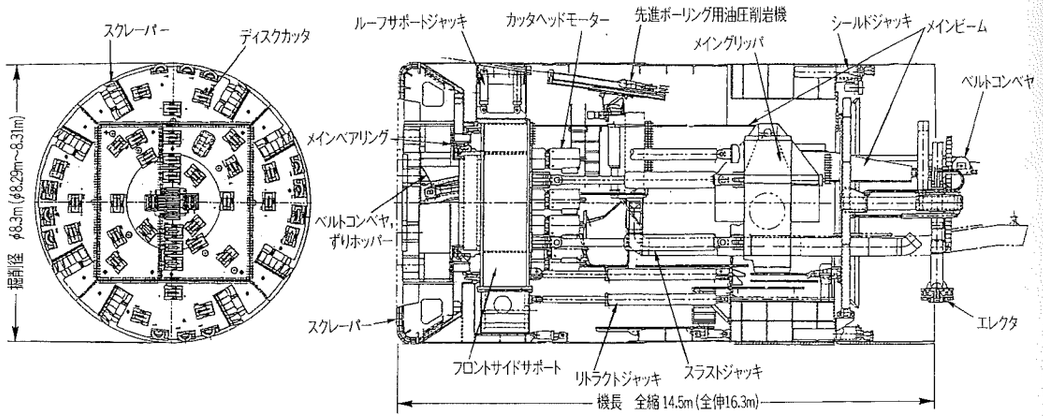
（3） 蝦夷類層群（貫通まで）

当区間では，地山状況ならびにこれまでのトラブル対策結果を反映して，標準的な支保形式として，下部は全線インバートライナーを設置し，アーチ部は状況に応じてキーストンプレートを天端部に貼り付けた鋼製支保工または簡易鋼製ライナー，ハイブリッドライナーなどを使用することにした．

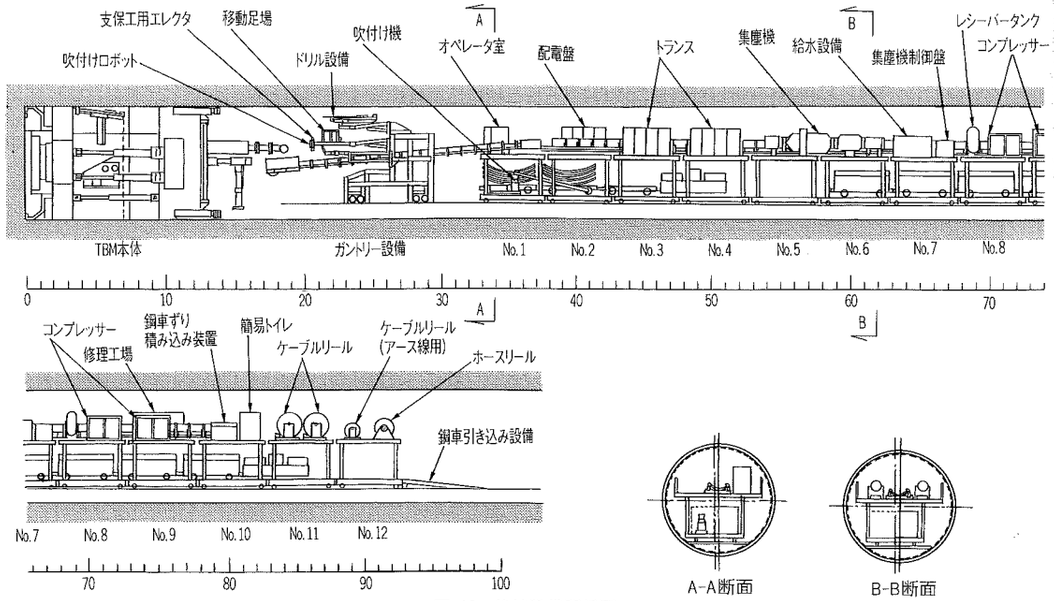
この結果，トラブルを未然に防ぐことが可能となり安定した進行が得られた．平均月進は290m，最大日進28.4m，最大月進380mを記録した．

表−6　TBM主要仕様

項　目	仕　様
TBM型式	ダブルシールド型
掘削径	φ8.3m
機長	全縮時14.528m，全伸時16.312m
重量	830tf
スラストジャッキ推力	1260tf
カッタヘッドトルク	400t−m
スラストストローク	1800㎜
カッタヘッド回転数	2段変速　5.25rpm/2.63rpm
カッタ駆動方式	水冷式電動モータ（225kW×10台）
装備カッタ	17インチ×52個
メイングリッパ押し付け力	片側　1,590t
シールドジャッキ推力	15本　2,250t



図−12　TBM本体図



図−13　後続設備関係図

以上の経過により，初期掘進から貫通までの全区間平均月進は約190mとなり，当初計画で想定した平均月進をほぼ確保することができた．

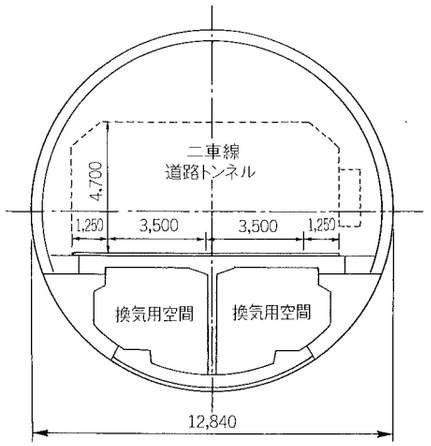
参考文献

1）川村昌臣・富樫泰治・平塚洋・森田隆三郎：日本最大径のTBMによる導水路の施工，北海道電力　滝里発電所導水路，トンネルと地下，Vol. 28，No. 9，pp. 53−61，1997.7.

4.　TBMの施工事例：大断面TBMによる施工例（飛騨トンネル本坑工事）

表−7　工事概要

工事名	東海北陸自動車道飛騨トンネル本坑工事
発注者	日本道路公団中部支社
工事場所	岐阜県飛騨市河合町〜岐阜県大野郡白川村大字荻町
工期	平成9年12月27日〜
延長	10.7km
掘削断面積	129.5m²（掘削径12.84m）
掘削方法・工法	TBM・全断面工法
ずり出し方法	連続コンベヤ



図−14　標準断面図

4−1　工事概要

飛騨トンネルは，東海北陸自動車道飛騨清見IC〜白川郷IC間に位置する全長10.7kmの高速道路トンネルである．トンネル概要を表−7に，標準断面図を図−14に示す．

4−2　地質概要

本トンネルの地質は，白川側坑口から中生代白亜紀の白川花崗岩類，同濃飛流紋岩類，中央付近の花崗斑岩貫入部を挟んで先三畳紀の飛騨変成岩類（片麻岩類），中生代ジュラ紀〜三畳紀の船津花崗岩類から構成されている．地質縦断図を図−15に示す．

4−3　当工事の特徴

① 縦断勾配が白川側から河合側（清見側）に向けて2％の上り勾配となっている．

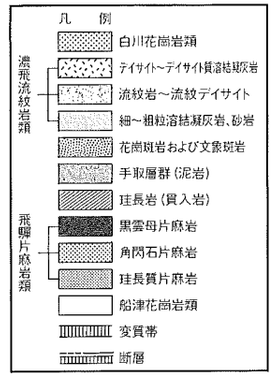
② 最大土かぶりが約1,000mと非常に大きい．

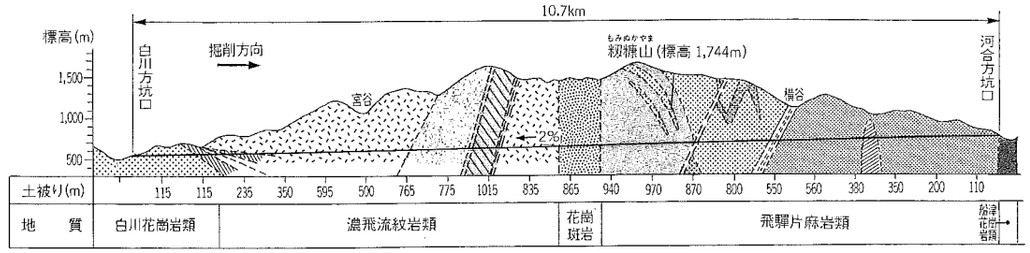
③ 両坑口ともに10年再現最大積雪深が3mを超え，とくに河合側坑口部はアクセス道路が冬季通行止めとなる．

以上の条件から，トンネル掘削は白川側からの片押し急速掘進を基本とし，かつ換気用立坑を設けず路盤下を換気ダクトとして有効利用できるTBMによる施工が採用された．

4−4　掘削機械選定の経緯

TBM型式の選定，主要設備の仕様設計にあたっては，想定地質条件ととくに世界最大級の大断面TBM（掘削





図−15　地質縦断図

径φ12.84m)であることを考慮して以下のように決定した.

① 良好地山での急速施工性と不良地山対応性を両立すべく，オープン型TBM（メイングリッパ，メインビーム，スラストジャッキの組み合わせ)と単胴シールド型TBM（シールドジャッキ推進)の長所を組み合わせた改良オープン型TBMを採用した.

③ 支保形式は経済性を考慮し，良好地山では吹付けコンクリートとロックボルトによるNATM支保，不良地山(岩盤等級D級)では全周トンネルライナーとした．大断面であることによる地山の緩みの増大，マシン本体のトラップ防止を考慮し，シールド長をできるだけ短くした.

④ 硬岩～超硬岩での掘削効率向上のため，カッタ推力増大化とカッタ交換回数減少のため19インチディスクカッタを採用した.

⑤ 不良地山対策として，推力，カッタヘッドトルクの増強と，カッタヘッド回転数をインバータによる無段階変速とした．さらに，シールドのトラップに備え補助推進ジャッキを装備した.

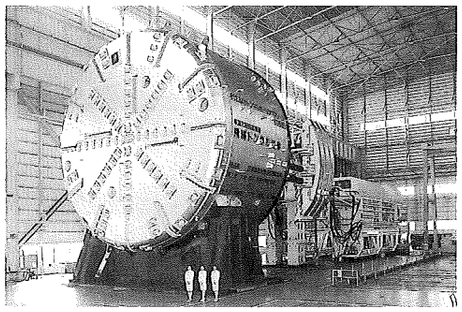


写真-3　TBM本体全景

表-8　TBM主要仕様

項　　目	仕　　様
T B M 型 式	改良オープン型
掘 削 径	φ12.84m
機 長	19.5m(後続台車含む全長約160m)
重 量	本体1,950t＋後続台車1,000t
総 出 力	7200kW
装 備 カ ッ タ	19インチ×91個
カッタ駆動方式	水冷式電動モータ(250kW×17台)
カッタヘッド回転数	0～4 rpm
カッタヘッドトルク	3,246t-m
スラストジャッキ推力	3,400tf
スラストジャッキストローク	2,050mm
シールドジャッキ推力	5,650tf
メイングリッパ押し付け力	片側4,500tf

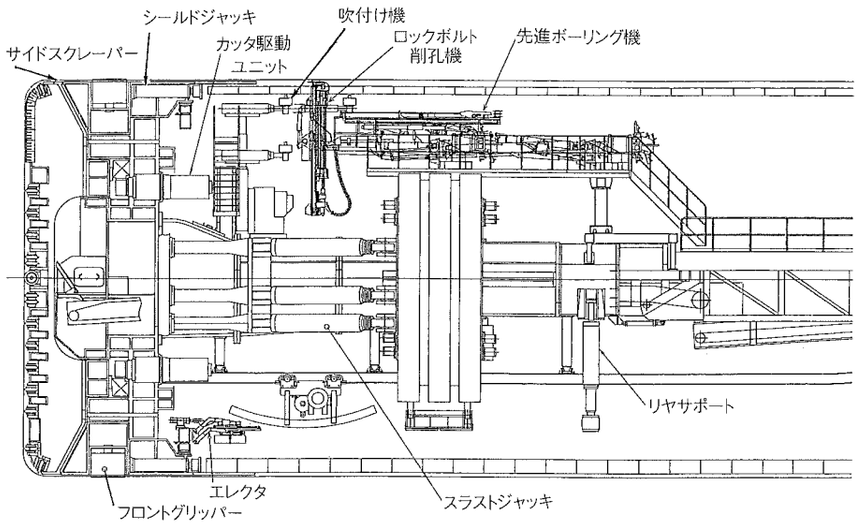


図-16　TBM本体図

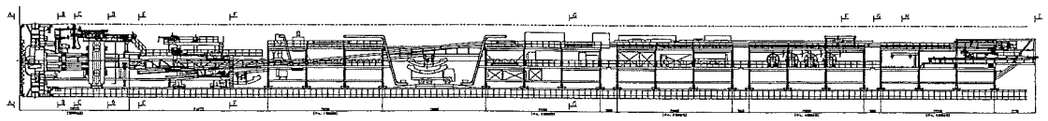


図-17　後続設備関係図

⑥ 切羽前方探査のため，先進ボーリング用油圧削岩機をカッタヘッド直後に常備した．また，カッタヘッド面板には，湧水の存在把握のための電磁レーダアンテナと大断面切羽での地山の硬軟分布を求める目的でカッタ荷重を直接計測するロードセルを試行的に取り付けている.

⑦ 切羽安定対策としてシールド内からの長尺フォアパイリング打設とカッタヘッドチャンバ背面より鏡ボルト打設をできるようサヤ管と削孔用貫通孔を設置した.

⑧ ずり搬出には，掘削を中断させることのないよう連続コンベヤを採用した.

⑨ 資材搬入は，大断面の利点を生かしTBM本体内までタイヤ方式で輸送可能とした.

⑩ 掘削時発生粉塵対策は，カッタヘッド内散水と集塵機吸い込み口をカッタヘッドとバルクヘッドに設置し直接吸引する.

写真-3にTBM本体の全景を，**図-16**にはTBM本体図を，**図-17**に後続設備関係図を示す．**表-8**には，TBM主要仕様を示す.

4-5　施工実績

本TBMの掘削は，執筆時点では200mの初期掘進を終了した段階である．この間，岩盤等級はD級であり全周トンネルライナーを用いたシールド推進モードでの掘進となっており，最大日進７mを記録しているが施工実績については今後，本掘進のデータが得られた時点で別途まとめて発表する予定である.

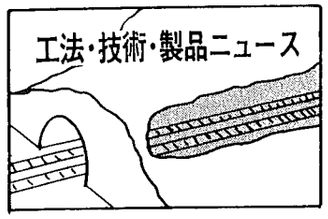
（文責：領家邦泰・大成・西松・佐藤共同企業体）

「トンネルと地下」バックナンバー在庫状況　　(2005年１月１日現在)

	第一巻	第二巻	第三巻	第四巻	第五巻	第六巻	第七巻	第八巻	第九巻	第十巻	第十一巻	第十二巻	第十三巻	第十四巻	第十五巻	第十六巻	第十七巻	第十八巻	第十九巻	第二十巻	第二十一巻	第二十二巻	第二十三巻	第二十四巻	第二十五巻	第二十六巻	第二十七巻	第二十八巻	第二十九巻	第三十巻	第三十一巻	第三十二巻	第三十三巻	第三十四巻	第三十五巻	第三十六巻
1月号		△	△	△	○	△	△	△	○	△	△	△	△	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2月号		○	○	○	△	△	△	○	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	△	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3月号		△	△	○	○	△	△	○	△	△	△	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4月号		△	△	○	○	△	△	○	△	△	△	○	○	○	△	△	○	△	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5月号		△	△	○	○	○	△	○	△	△	△	△	○	○	△	△	○	○	△	○	○	△	○	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6月号		○	○	○	○	△	△	○	△	△	○	△	○	○	△	○	○	○	△	○	○	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○		
7月号		○	○	○	△	△	△	○	○	△	○	△	△	○	△	○	○	○	△	○	△	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8月号		○	○	○	○	△	△	○	△	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	
9月号	△	○	△	○	△	△	△	○	○	△	○	△	△	○	△	○	△	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○		
10月号	△	○	△	○	△	△	○	△	△	△	○	△	○	○	△	△	○	○	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11月号	△	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	△	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○		
12月号	△	△	○	△	○	○	△	△	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注）○印：在庫あり，△印：在庫なしですが，コピーは可能です（実費＋送料＋消費税).

弊社ホームページ(http://www.tunnel.ne.jp)からも「トンネルと地下」のバックナンバーの在庫状況を確認できます．また，検索システムを使って，さまざまな検索ができますのでご利用下さい.



ローラーカッタを効率的に交換

飛島建設と三菱重工業は，これまで困難だったローラーカッタの機械式交換が可能なシールドのカッタビット交換装置を開発した．

専用装置でビットをシールド中央円筒内に引き込む新機構により，土質条件に応じたビット選定，磨耗したビットの交換をシールド内で安全かつ効率よく行える．

交換時間は１スポーク１昼夜程度で，立坑構築や切羽の地盤改良などによるビット交換に比べ，大幅に工期短縮ができ，コストも10～20%低減できる．

11tクラスの油圧ショベル

新キャタピラー三菱は，油圧ショベル「REGA」Cシリーズの11tクラスのモデルチェンジ機種，CAT 311CU(バケット容量0.45m³)を新発売した．

同機は，作動油内の汚染物質除去に優れた高性能カプセルフィルタを標準装備．また，上部旋回体の点検フロアの滑り止めに新型スタッドプレートを採用．さらに，エンジン非常停止スイッチを標準装備，信頼性・メンテナンス性・安全性を向上．



SET工法

大成建設は，両端が開放状態の短尺エレメント(重量4,000t，長さ10～30m)を活用し，沈埋トンネルを効率的に構築する技術を開発した．

エレメントの函体長が短いため，組み立てる陸上の仮設ヤードを縮小できる利点がある．また海上運搬も容易で，設置するための水中の開削範囲も縮小できるため，従来工法に比べ15%以上のコスト低減が可能．

二重シートで有害物質の漏出遮断

戸田建設・フジタJVは，環境基準を超える重金属の混じったずりによる汚染を防止するため，遮水シートを使った封じ込め盛土工事を国道289号甲子トンネルで実施している．

二重構造のゴムシートにより，有害物質の漏出を完全に遮断する構造を採用．また，盛土施工中の降雨で，有害物質が流れ出るのを防ぐために，盛土箇所全面をシートで覆うなどの処置を講じている．

SPMとNO₂除去

西松建設は，走行中の自動車の排ガスに含まれる浮遊粒子物質(SPM)と二酸化窒素(NO_2)を除去することができる大気汚染浄化装置を，現在建設中の首都高速中央環状新宿線換気所に適用する．

両物質を浄化できる装置は現在，ノルウェーのトンネル１か所で導入実績があり，国内での適用は初めて．同装置は，脱硝装置と電気集塵機との組み合わせでできており，SPMを80%以上，NO_2を90%以上除去できるという．

超大口径PC推進管の基本性能試験

三井住友建設と住建コンクリート工業は，内径3.5mの超大口径PC推進管の基本性能試験を行った．内径3.5mという実大スケールのPC推進管の基本性能の検証は初めて．両社は今回の実験で止水性や耐久性が十分にあることを確認し，実用化のめどがついたとしている．

工場で製作した半円形の推進管を現場に運び，管同士をPC鋼材の緊張で一体化し，土圧・水圧などに対する強度と水密性を確保する．形状を半円形の２分割としておくことで，施工現場までの運搬が容易になり，２次覆工を伴うシールド工事に比べ施工作業も簡略化できるため，工期短縮，低コストの施工が可能になる．

横浜国大とコマツが産学連携で契約

国立大学法人横浜国立大学とコマツは，研究開発や連携調査，助言協力などを盛り込んだ包括的な協定をすることで合意し，このほど正式に契約を締結した．

協定は，インターシップなどの教育訓練，共同研究の拡充など研究開発，助言や協力などを含んだ幅広い連携領域を対象にしている．



覆工補強工法効果や施工性確認

熊谷組は，太平洋セメント，日本コンクリート工業の３社で共同開発した鋼製支保工と内巻き工を併用したトンネル覆工補強工法「サポート・ライニング・システム(SLS)」の実証実験で得たデータの解析・評価を行い，補強効果や施工性などシステム性能の有効性を確認した．

同工法は，大型重機を用いずに，人力による資材の運搬・組み立てが可能．最小補強厚さ10cmを実現し，内空断面に余裕がないトンネルにも適用できる．

連載講座

多様化するシールド掘進技術(11)

既設シールド撤去工法，DSR工法

土橋　浩*　濱井　武**
倉持　豊***　岸梅　博****

既設シールド撤去工法

1. 工法概要

本工法は既設シールドトンネルよりも一回り大きなドーナツ状のカッタドラムにより既設セグメントを抱き込み，1リングごとに外周部分を掘削し，既設シールドトンネル撤去後，空洞となる部分に充填材を注入しながら，撤去シールド内で既設セグメントを解体するものである．このため，従来のシールド工法とは全く異なった施工手順となる．

以下に，シールドおよび作業手順の概要を示す．

1-1　撤去シールド(図-1，2参照)

撤去シールドの施工手順は，従来と異なり「掘削―後方充填―セグメント解体」となる．以下にシールドの機構および各施工手順における特徴を示す．

1-1-1　掘削機構

・切羽の安定と掘削土砂の搬出を粘性土層から砂礫層まで円滑に行える密閉型泥水式とし，既設シールドトンネルより一回り大きなドーナツ状のカッタドラムを装備する．

・推進方法は既設シールドトンネルに反力をとり，後胴を固定して前胴を掘進させ，掘削終了後にけん引ジャッキにより後胴を引き寄せる複胴推進タイプを用いる．

1-1-2　後方充填

・シールド通過後，後方の空洞となる部分を充填する際，確実に後方を充填するため，充填材の注入量と

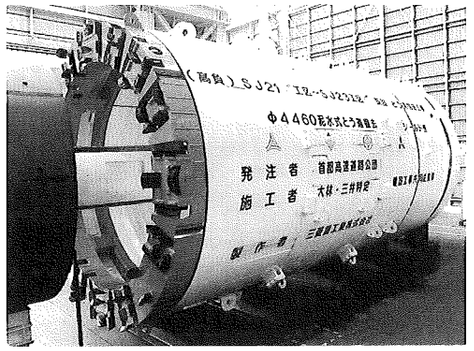


写真-1　撤去シールド

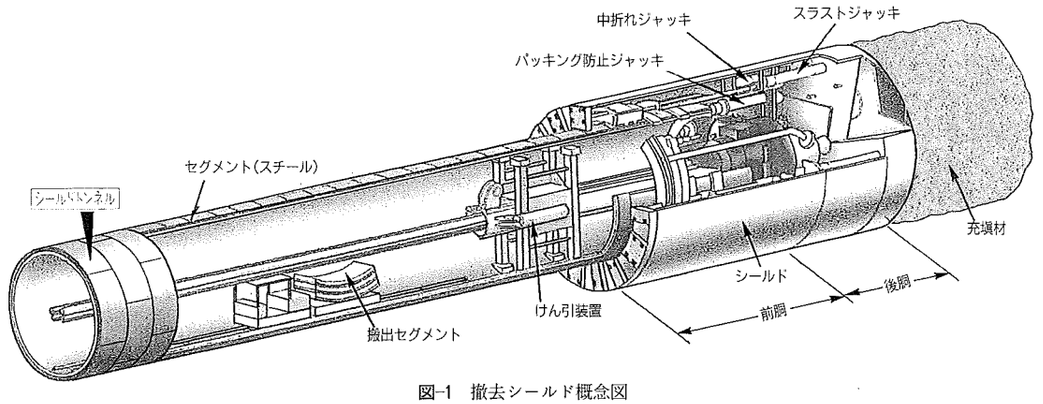


図-1　撤去シールド概念図

＊首都高速道路公団東京建設局建設第一部設計第一課長　　＊＊＊大林・三井住友共同企業体
＊＊　〃　〃　新宿工事事務所工事第三課長　　＊＊＊＊(株)新井組東京本店設計技術部

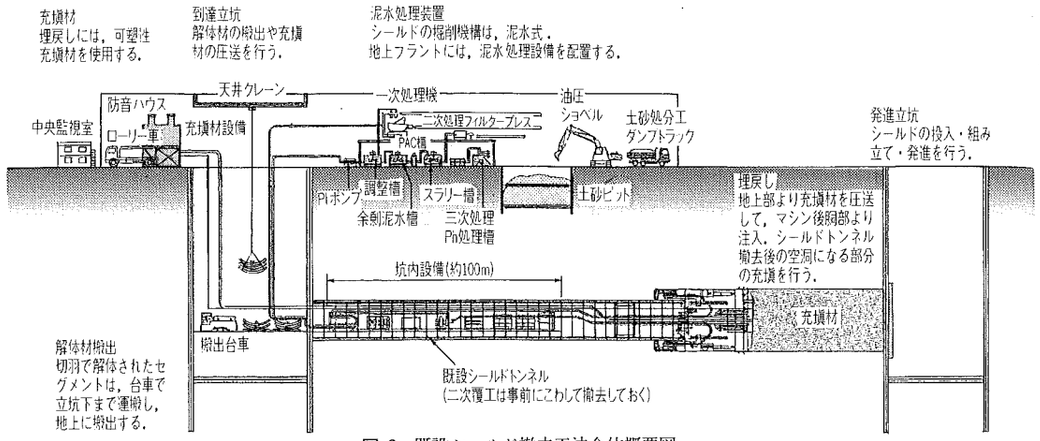


図-2　既設シールド撤去工法全体概要図

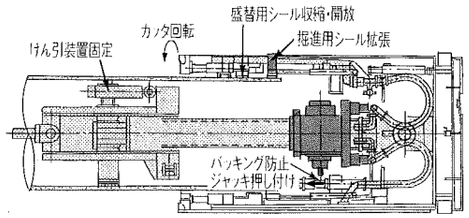


図-3　掘進準備

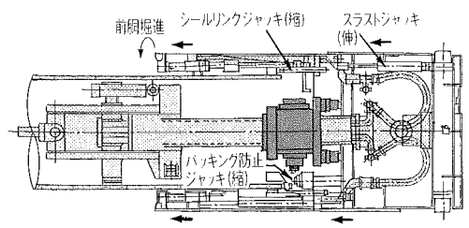


図-4　前胴掘進

けん引ジャッキ速度を同調させる機構とする．

1-1-3　止水機構

・機内への溢水防止のため，シールドと既設セグメントの間に2列の加圧式シールを装備している．

1-2　既設シールド撤去工法手順

1-2-1　掘進準備(図-3)

切羽の泥水圧力を保持するために設けた，セグメントとシールド間の2列の加圧式シールにおいて，後部の掘進用シールを拡張し，前部の盛替え用シールを収縮する．次に，切羽面と充填面に作用する土水圧のアンバランスにより生じるシールドの自走を防止するため，バッキング防止ジャッキをセグメント端面に押し付け，前胴掘進の反力となるけん引装置を固定して，切羽への泥水循環を行った後に，カッタを回転させる．

1-2-2　前胴掘進(図-4)

けん引固定された後胴を反力にし，スラストジャッキを伸張し，前胴を掘進させる．この掘進速度に同調させて，バッキング防止ジャッキを縮め方向制御を行うとともに，泥水圧力を保持している後方の掘進用シールをセグメントに固定残置させるために，掘進用シールに装備したシーリングジャッキを同時に収縮させる．

1-2-3　後胴推進・充填材注入(図-5)

掘進完了後に背面に充填材を注入し，けん引装置により後胴を引き寄せる．けん引速度は注入量に同調させ，けん引ジャッキを伸張させながらスラストジャッキを収縮させる．この際，前部の盛替え用シールを拡張し泥水を保持しながら，シーリングジャッキを伸張して後部の掘進用シールを前方のセグメントに盛替える．

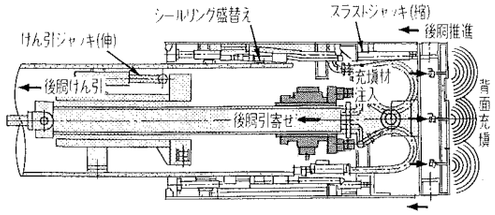


図-5　後胴推進・充填材注入

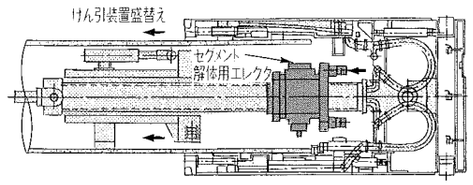


図-6　けん引装置盛替え・セグメント解体準備

1-2-4　けん引装置盛替え・セグメント解体準備(図-6)

充填材注入，後胴推進完了後に次のサイクルに備え，けん引装置を1リング分前方へ盛替える．また，機内スペースを確保するため，後方に格納しているセグメント解体用のエレクタを解体場所へ移動する．

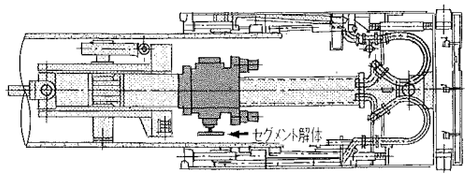


図-7　セグメント解体

1-2-5　セグメント解体・搬出(図-7)

接合ボルトを外してセグメントを解体し，エレクタ装置の自走機能で前方に搬出する．充填材を注入してから次のサイクルでセグメントを解体するまでの時間を充填材の養生時間と同程度とし，解体中も背面に変状を与えないようにする．

2. 開発の経緯

近年，都市部においてはインフラ整備が進み，地下埋設物が輻輳しているため，新規事業としてシールドトンネルを計画する場合，既設の地下埋設物が支障し，ルートの選定などを困難にしている．支障する地下埋設物への対策としては，トンネルのルート変更や開削工法による事前撤去などが考えられるが，ルート変更では線形計画上の制約や，開削工法では工事による交通などへの影響が予想される．そこで，ルート上に支障する既設のシールドトンネルを非開削工法により撤去し，撤去部を埋め戻していく既設シールド撤去工法を開発した．この工法を用いることにより，とう道などの大規模な地下埋設物を非開削工法による撤去が可能となり，所定のルートに道路トンネルを新設することができる．

3. 工法の特徴

3-1　技術的課題

本工法における技術的課題としては，経済的な掘削断面の確立や地下水に対する止水性など，以下の内容があげられるが，実工事への適用の中でそれぞれ解決している．

① 埋め戻し充填量を低減するため，シールド外径の小径化
② 掘削時における泥水および地下水の坑内流入防止を目的とした止水方法の確立
③ 後方充填材に影響を与えない掘進方法の確立
④ 既設セグメントに追従できるシールド機方向制御方法の確立
⑤ シールドによる既設セグメントのスキンプレート破損時における緊急止水対策
⑥ 早期強度および充填性に優れ，地下水に希釈されない充填材の選定および充填工の注入管理方法の確立

4. 工法の適用性

シールドのチャンバが既設シールドトンネルを抱き込むドーナツ状の形状となることから，シールド形式は切羽の安定と掘削土砂の搬出を粘性土層から礫層まで円滑に行える密閉型泥水式シールド工法となる．

また，実工事の実績から，東京礫層のような地下水の豊富な礫層から土丹のような固結粘性土まで幅広く適用が可能である．

5. 最新の施工例

首都高速中央環状新宿線は，環状第6号線(山手通り)直下に建設されており，このうち，シールドトンネル(外径約13m)の一部区間では約1kmにわたり既設の通信幹線用とう道が支障となる．環状第6号線は重交通を有する幹線道路であり，また中間部付近では東京地下鉄千代田線および小田急線と交差しているため，既設のとう道(シールドトンネル)の撤去工法として，非開削工法である本工法を採用した．

工事名：(高負)SJ21工区～SJ23工区既設とう道撤去工事
工事場所：東京都渋谷区代々木5丁目～富ケ谷1丁目
発注者：首都高速道路公団
施工者：大林・三井住友 特定建設共同企業体
工期：平成12年3月～平成16年10月
工事内容：既設トンネル撤去工事(泥水シールド)
路線延長：984.5m
シールド外径：4,460㎜
既設セグメント外径：3,254㎜(鋼製)
土かぶり：11.4～25.3m
縦断勾配：−0.3～+7.0%
最小曲率半径：70mR

5-1　本工事の特徴

5-1-1　シールド外径の小径化

一般的には，軸受け部と駆動部は一体となっているため，最小シールド外径には限界があった．本工事では軸受け部を前方に，駆動部を後方に配置することにより，シールド外径はϕ5,600㎜からϕ4,460㎜まで縮小することができた．また，掘削方式としては縮径しても切羽の安定が保ちやすく，掘削土砂の搬出を円滑に行える密閉型泥水式とした．

5-1-2　止水方法の確立

止水シールの選定にあたり，形状・材質の異なる止水

シールの追従性の確認と，実施工の２分の１規模の止水実験装置により止水試験・耐久試験を行い，図-8に示すニトリルゴム，ベローズ型シール形状を採用した．また，止水シールはセグメント外周との摺動による損傷を避けるために，固定(盛替え)用シールと移動(掘削)用シールの２列装備し，エアーにより拡張・収縮することで止水を図ることとした(図-9参照)．

5-1-3　掘進方法の確立

シールド本体を前胴・中胴・後胴の３胴構成とし，後方充填材に影響を与えないように推進反力を既設セグメントから支持するけん引方式とした(図-10参照)．

１リングの掘進サイクルは，①前胴掘進，②後胴けん引・後方充填，③セグメント解体・搬出の３工程となる．

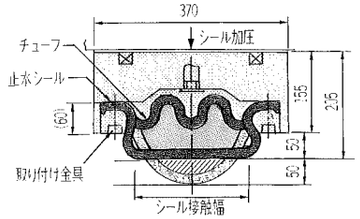


図-8　シール断面構造図

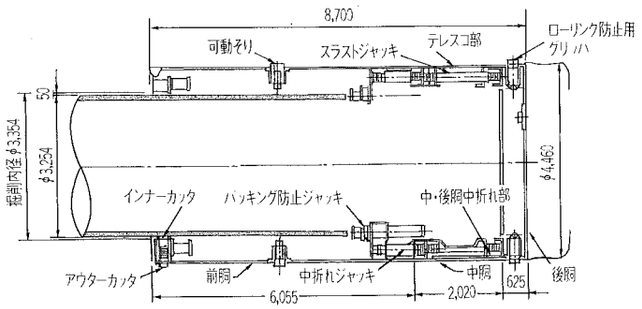


図-11　方向制御装置構造図

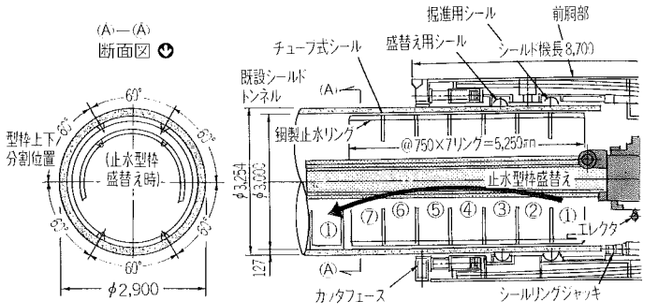


図-12　鋼製止水リング構造図

5-1-4　シールド方向制御方法の確立

シールドの方向制御は図-11に示すように既設セグメントとの離隔を確保しながら掘進する必要があるため，①前胴・中胴間に中折れ装置，②方向制御を微修正するため前胴部に可動そり，③外周部余掘り用としてアウターカッタ，④内周部既設裏込めモルタル切削用としてインナーカッタを装備した．

5-1-5　緊急止水対策(図-12参照)

シールドカッタによりセグメントのスキンプレートを損傷させる可能性があり，坑内への出水を防止するため，セグメント内側にチューブ式シールを装備した鋼製止水リング(テレスコピックタイプ)を配置した．

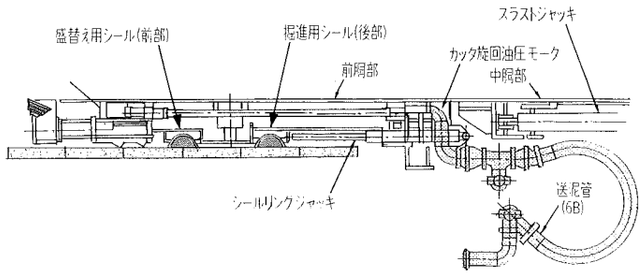


図-9　シール部詳細図

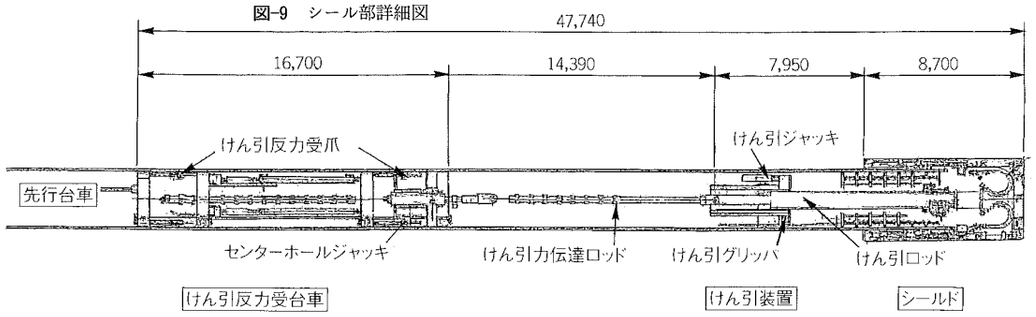


図-10　撤去シールドけん引構造図

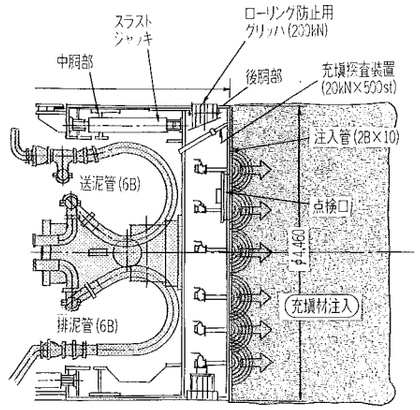


図-13　後胴部・充填部構造図

5-1-6　充填材の選定および充填管理方法の確立

充填材料および管理方法については，シールド後方の充填断面が約15m²と大きいため，確実に充填できる材料を選定し，管理を十分に行う必要がある．充填材は，①流動性がよく充填性・施工性に優れ，②注入後速やかに所定強度が得られ，③地下水流による希釈が少なく，④硬化後の体積変化を生じさせない要求性能を満足する必要があり，可塑性充填材を選定した．

注入管理方法は，一般の裏込め注入率から推定した計画注入率を設定し，圧力管理を併用しながら量管理を行った．また，後胴の引き寄せ速度と注入量を同調させ，均一な注入ができるように管理し，充填状況を確認するため，１リングに１回機内充填探査を実施した(図-13参照)．

5-2　施工経過

延長約１kmの施工を行ったが，２列の止水シールが有効に働き，坑内への漏水もなく，耐久性・止水性能の確認ができた．また，既設セグメント撤去後の後方充填についても，東京地下鉄千代田線および小田急線の直下を構造物に変状を与えることなく，通常のシールド工法と同様，地上への影響がほとんどないことが確認できた．今後，既設セグメントと撤去シールドの接触あるいは礫などの挟み込みによるセグメントの損傷を防ぐため．既設シールドトンネルと撤去シールド内面の間隔については，既設シールドトンネルの線形やセグメントの組み立て精度，土質条件(礫径)などにより設定する必要がある．

6. おわりに

実工事では過去に例のない施工であったため，事前にリスクに対する検討を行い，計測を実施しながら確実な施工管理を行い，無事工事を完了することができ，安全で確実な本施工技術の妥当性を検証することができた．今後，新たな地下利用計画で支障となる大規模地下埋設物の撤去および老朽化した埋設管のリニューアル工事への本工法の適用が期待されるものと考える．

(文責：土橋浩・濱井武/首都高速道路公団・倉持豊/大林・三井住友共同企業体)

参考文献

1) 竹鼻淳志・ほか：「非開削による既設シールドトンネルの撤去」，平成13年度土木学会全国大会，第６巻，pp.156-157, 2001.10.
2) 川瀬修・ほか:「非開削による既設シールドトンネルの撤去」首都高速中央環状新宿線，土木施工，Vol.43, No.4, pp.82-88, 2002.4.
3) M.Ogasawara・ほか：「Removal of the utility tunnel by shield method to build the underground expressway」, ITA WTC 2003, Vol.2, pp.693-699, 2003.4.
4) 野尻俊雄・ほか：「非開削による既設シールドトンネルの撤去」，第13回トンネル工学研究発表会，第13巻，pp.383-388, 2003.11.

ＤＳＲ工法

1. 工法概要

DSR(Draw a Shield for Recycle：内胴引き抜き再利用型シールド)工法(以下，本工法)は，掘削するトンネル径と同じ外径の「外胴」と，駆動部などを一体化した「内胴」を組み合わせたシールド(写真-1)を利用してトンネルを掘進し，到達立坑を必要とせずに内胴を再利用する工法である．

2. 開発の経緯

シールド工事において，発進立坑から複数の路線を掘進する場合，到達立坑を設置し，そこからシールドを回収して再度使用するのが一般的である．しかし，とくに都市部での到達立坑の築造は，

①　用地の確保が困難

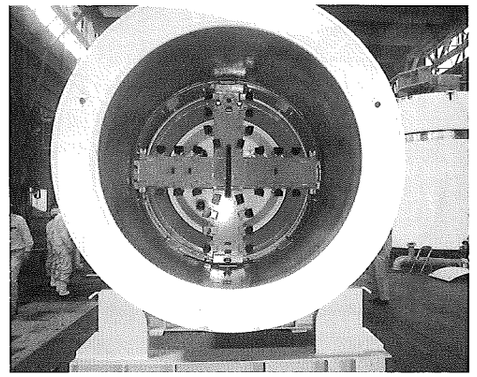


写真-1　DSRシールド(実証実験)

② 道路上への築造は，輻輳した埋設物の処理や長期間の道路占用による交通への悪影響

③ 土かぶりが深い場合，立坑築造にかかる費用が非常に高額となる．

といった事由により困難な場合が多い．この場合，到達部で解体し部品のみ再利用し，新規にシールドを製作していた．

本工法は，一般的なシールドと比較してトンネルの掘進という本来の機能を損なうことなく，到達立坑を必要としないでシールドを回収し，再利用することを目的として開発された．

3. 工法の特長

3-1 工法の特長

① シールドの再利用に，到達立坑を必要としない

② 発進基地の位置選定自由度の向上

③ 現場での容易なシールドの再利用が可能

この特長は，シールド本来の機能に影響を与えるものではないため，掘進延長や線形(最小曲線半径)，トンネル径など，通常の密閉型シールド(泥水式，土圧式)と同様の施工が可能である．

3-2 シールド製作コストの削減

シールド製作コストで大きな割合を占める駆動部を一つのユニットとして再利用するため，製作コストを大きく削減する．一例として，シールドを2機製作する場合と比較して，約3割のコスト削減が可能となる．

3-3 環境への配慮

シールドを回収するための大規模な立坑を必要とせず，構造物を築造する場合に必要な最小規模の立坑で施工が可能である．そのため，立坑設置に関わる周辺道路の渋滞や，工事公害による周辺環境の悪化を低減できる．また，立坑築造に伴う建設発生土や廃棄物の減量化を可能とする．

3-4 異径掘削に対応

一つの内胴に対して，外径を必要な断面寸法にした外胴(セグメント外径比で±20%程度)を使用することで，シールドを2台製作する場合と比較した場合，製作費を大きく削減可能となる．また，大きな断面で路線全線の掘進をする場合と比較して，掘削断面縮小による工事費の削減と施工数量の削減が可能となる．

3-5 シールドの構造

本工法のシールドは，大きく分けて内胴と外胴によって構成されている(**図-1，写真-2**)．

(1) 外胴と内胴

外胴とは通常のシールドにおけるスキンプレートに該当する部分で，内胴と組み合わせることでシールドを構成する．線形の条件などにより必要時には中折れ装置を装備する．原則的には1路線の掘進について一つの外胴を使用し，到達部に残置する．他路線の掘進には新規の外胴を製作する．内胴は，カッタ駆動モーターやカッタヘッド，隔壁などのシールド駆動部を容易に再利用可能とするために，それらの部品を1つのユニットとして構成する．内胴と外胴の接続はボルト接合を基本とし，容易に合体・分離が可能な構造である．内胴外面と外胴内面の接触面は，引き抜き・再装着の施工性および水密性に大きな影響を及ぼすため，機械仕上げ加工を施して平滑性を確保している．

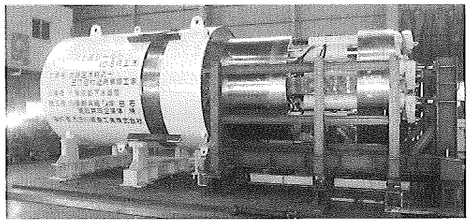


写真-2　DSRシールド(実証実験・外胴と内胴)

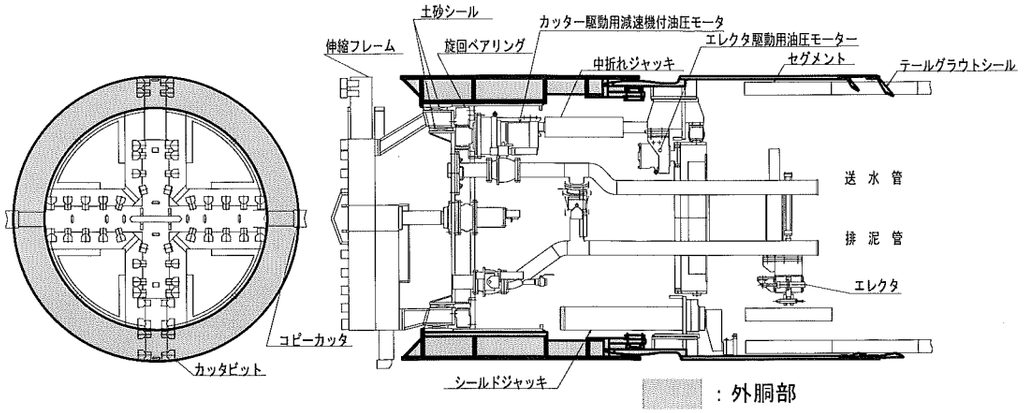


図-1　DSRシールド(例)

(2) その他の構造

カッタは，引き戻し時に外胴と干渉しないように伸縮または分離可能な構造にすることを原則としている．また，異径対応機の場合など，断面変化に対応可能なストロークの長いコピーカッタを装備する場合もある．

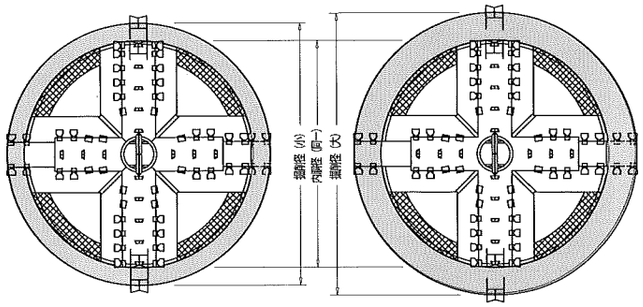


図-3　異径断面対応例

シールドジャッキは，ユニット化する場合は通常のシールドと比べて機械の中心部に寄った取り付け位置となる．このため，長偏心構造のジャッキと偏心量に対応したシールドジャッキスプレッダーを使用する．また，外胴側に設ける場合は，従来と同様のジャッキを使用する．ジャッキ本数および推力は，一般的なシールドに準ずる．

4. 工法の適用

本工法は以下のような事例で適用した場合にその特長をより活かすことができる．

4-1 立坑用地の確保が困難な場合

トンネル築造において起点および終点に立坑を築造することが困難な場合，路線の中間に発進立坑を築造しての両発進施工となる．到達立坑を設置すると，大規模かつ長期間の道路占用や切り廻しが必要であり，交通渋滞や周辺環境の悪化を招く懸念がある．かといってシールドを解体残置すると複数台のシールドが必要となり，工事費の増加につながる．ここに本工法を適用すると，両工区を1台のシールドで施工することにより，大幅なコスト削減が可能である．同時に交通渋滞の緩和，立坑築造費用の削減にもつながる．また，発進立坑位置を路線内の立地条件の最適な場所に選定することができ，発進立坑位置選定に関する自由度が大きくなり，路線計画の柔軟性が向上する(**図-2**)．

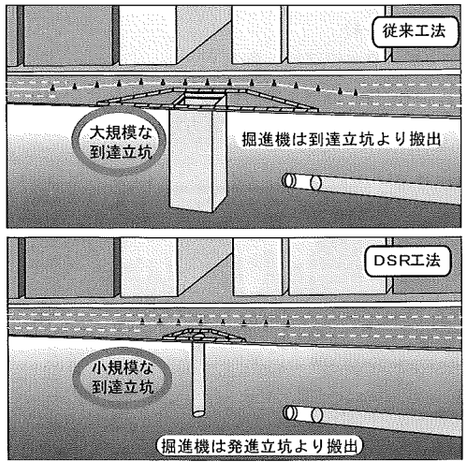


図-2　立坑規模の縮小

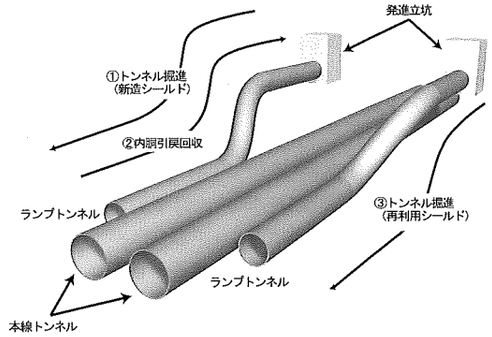


図-4　ランプトンネルへの適用例

4-2 異なるトンネル断面

下水道や共同溝などの合流・分流地点や断面変化点に発進立坑を築造し，それぞれ径の異なるトンネルを築造する場合，一般的にはその断面に最適なシールドをトンネル本数分製作し，そのシールドを再利用することはない．本工法をこのような条件に適用した場合，異径対応の内胴と，外径の異なる複数の外胴を組み合わせることにより，1台のシールドで施工でき，コスト削減が可能となる(**図-3**)．

4-3 併設トンネルや複数の短距離トンネルへの適用

地下鉄道や道路トンネルなどの2本の併設シールドを構築する場合，シールドの台数低減のために，往路トンネル到達部でUターンして復路トンネルを構築することが増えてきたが，到達部の構造物築造の都合などでUターンの困難な場合がある．本工法を適用した場合，シールドを引き戻して回収することにより，到達部分の構造物築造などの工程に影響を与えない併設シールド掘進が可能となる．また，地下鉄道の引き込み線や駅シールド，

道路のランプトンネルなど，短い距離で，かつ２つ以上のシールド掘進を行う場合に本工法を適用することで，到達部に立坑を設けることなくシールドの再利用ができ，コスト低減が可能になる(図-4)．

5. 最新の施工事例

5-1 工事概要

東京都では現在，管渠の老朽化対策と併せて集中豪雨時の浸水被害の解消に向けた再構築事業を計画的に実施している．当該地域は老朽化した管渠が多く，下流側での浸水被害対策と併せて主要枝線管渠を築造するものである．現場周辺は閑静な住宅街であり，最上流は狭小な道路，既設管接続部である最下流部は交通量の非常に多い道路であった．このような条件での到達立坑を築造してのシールド回収が非常に困難であったため，DSR工法が採用された．

工 事 名：文京区本駒込1，3丁目付近再構築工事
工事場所：東京都文京区本駒込一丁目11番～本駒込三丁目11番付近
発 注 者：東京都下水道局中部建設事務所
施 工 者：新井・白石建設共同企業体
工　　期：平成12年10月24日～平成14年10月16日(24か月)
諸　　元：DRS (内胴引き抜き再利用型)泥土圧式シールド工法
トンネル延長：L＝688.3m(掘進引き戻し区間 117.3m　再利用掘進区間　571.0m)
シールド外径：ϕ2,680㎜
仕上がり内径：ϕ1,800㎜
最小曲線半径：R＝16m
勾　　配：0.16～5.0%
土かぶり：3.8～13.2m
土　　質：本郷層砂層(N値20～30)

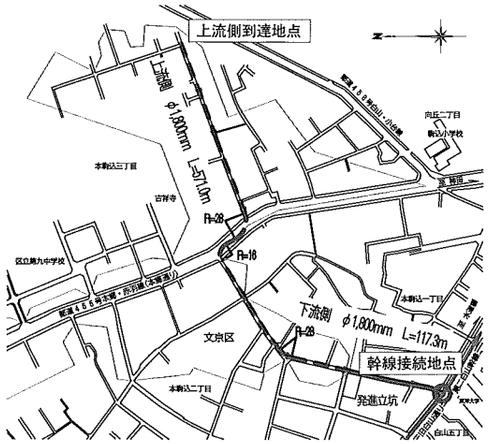


図-5　路線平面図

5-2 施工状況

内胴の引き戻しは，平成14年3月から37（うち，実働32)日間を要して作業を行った．

5-2-1 引き戻し

内胴の引き戻しは，以下の手順により行った．

① 掘進到達後，カッタの一部を取り外す(再利用)．
② スクリュウコンベヤなどを搬出後，軌条設備を撤去し，走行レールを設置する．
③ セグメントに反力装置を固定し，シールドジャッキと接続．内外胴の固定を解除した後，ジャッキの引側推力を利用して発進立坑側へ移動し，レール上に配置する．
④ 内胴と反力装置とを接続．シールドジャッキまたは反力装置内のジャッキにて引き戻しを行う(**写真-3**)．
⑤ 発進立坑まで引き戻し後，高さと方向を調整．
⑥ ２号機の外胴を立坑内へ投入し，内胴に組み付ける．また，①，②で撤去した部品も同様に組み付ける(**写真-4**)．
⑦ 組み立て完了後，掘進．

本工事では，内胴と反力装置の接続部材と引き戻し方法を数種類試行した．引き抜き方法について，直線部については進捗を重視し，曲線部についてはコントロール性を重視した結果，直線部は反力装置のジャッキ＋PC鋼棒，曲線部はシールドジャッキ＋鋼より線の組み合わせが適していることが確認された．この結果，直線部で10m/日，曲線部で３m/日の進捗量を記録した．この結果は引き抜き方法を試行しての結果であり，作業後半には10mを超える進捗が得られたことからも，今後の事例では向上が期待できる．

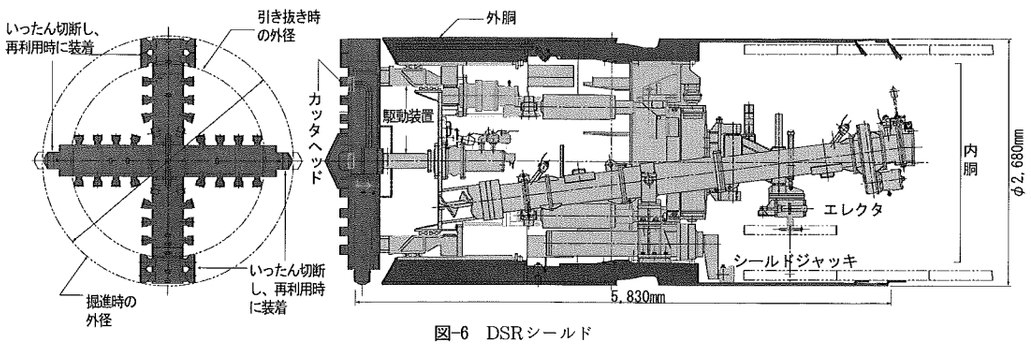


図-6　DSRシールド

5-2-2 再組み立ておよび再掘進

通常のシールドでは行わない，シールド駆動部を内蔵した内胴のみの移動という作業を行うことで，内胴に変形や破損が生じ，再組み立て時の外胴との収まりや止水性に不具合が生じることが懸念されたが，中折れ装置を固定し，頂部および左右に振れ止めを設置するなどの対策を内胴に施した結果，内胴のひずみなどは発見されず，引き戻したままの状態で新しい外胴には接合できた．その後の掘進でも，シールドに起因する不具合はなかった．

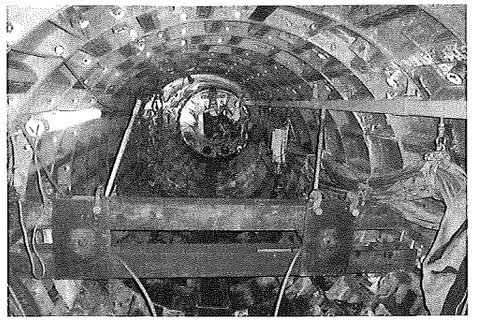


写真-3　引き戻し状況

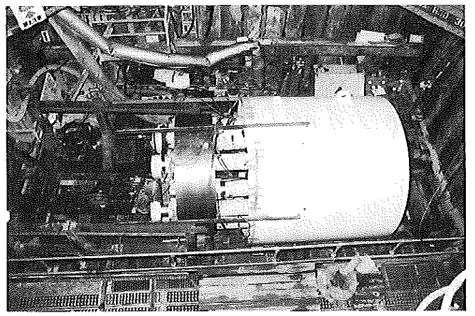


写真-4　外胴装着

6. おわりに

今後，都市部におけるシールドトンネル工事は，現在よりもより困難な条件下での施工となり，数々の問題に直面することが予想される．DSR工法はその諸問題のうち，シールドの低コストでの再利用，環境負荷の低減といった面で問題解決に役立ち，今後さらなる工法の活用や応用方法が生まれてくるものと期待している．

(文責：岸梅博・(株)新井組)

参 考 文 献

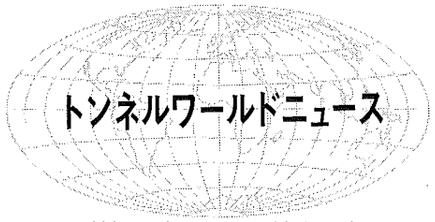
1) DSR工法研究会：DSR工法―技術資料―，第１版，2004.8.

『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内

1. 原稿は当社所定の投稿規定により執筆して頂きます．投稿規定は，弊社ホームページ(http:www.tunnel.ne.jp)に掲載されています．
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送りします．
5. 原稿は,原則として返却いたしません．

（注：「現場だより」の投稿は受付けしておりません）

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)



（社）日本トンネル技術協会
国際委員会国内広報ワーキング

ボスポラス海峡を横断する導水路プロジェクト

ヨーロッパ大陸とアジアを結ぶ大規模なGreater Melen 導水路プロジェクトで７つの契約が締結された．この中にはボスポラス海峡下の延長4.1kmのトンネル工事も含まれる．プロジェクト全体では，延長70kmのパイプライン工事が含まれており，完成するとイスタンブールに更に毎年10億ℓの水が供給される．

地元企業のALKE社とATAC社で構成される共同企業体は，アジア側にある延長10kmのパイプライン工区を受注した．この工事の契約の中には，延長５kmのパイプラインの敷設とOrnek村の下を通過する延長4.8kmのトンネルが含まれている．パイプラインの敷設区間は平坦な地形であり，パイプライン用の深さ３mの溝は，掘削機で十分に施工可能である．

Ornek村は山岳地帯に位置しているため，パイプライン通過用の延長4.8kmのトンネルが必要とされる．このトンネルは発破工法によって掘削され，一次覆工の吹付けコンクリート施工にはAtlas Copco社製のエアーコンプレッサーが使用される．トンネル断面の寸法は幅4.6m，高さ5.2mである．掘削とずり搬出のため，深さ35mの２本の立坑が村の両端に設置されているが，企業体の説明によれば，これらはトンネルの延長と工事中の換気坑としての利用も考慮してとのことである．

ALKE社とATAC社の共同企業体は，更にAyozogaとKagithaneを結ぶ延長2.5kmのトンネル工事も受注している．工事はまだ始まっていないが，Ornekトンネル工事と同様なアプローチで工事が進められるであろう．

イスタンブールの人口は，今後40年間に更に16万人が増加すると予測されている．このパイプライン計画は，減少しつつある飲料水の問題を解決するため，ボスポラスのアジア側の水源からヨーロッパ側にあるKagithane郊外まで水を供給するものである．

（T&T　'04.8　担当：三枝 直哉・東京都交通局）

カナダ側ナイアガラ滝の第三の導水路トンネル

オンタリオ電力社は，国内外のコントラクターに対してナイアガラの滝の下を掘削する三番目となるトンネルの設計・施工工事の入札の資格審査招聘を実施した．このプロジェクトは，Sir Adam Beck発電所の能力を15%増加させる計画で，ナイアガラ滝の上流のナイアガラ川からQueenston Heightsに位置する同発電所へ最低でも毎秒500m³の水を引き込むための延長10.5kmの導水路トンネル工事である．

この新しいトンネルは，１年間に160万メガワット時の追加電力量の発電を可能にするため，Niagara Falls市の下を通過して既設の発電機に流れる水量を増量するものである

落札した業者は，この目標発電量を達成するための設計に責任を有する．完成後のトンネル内径は少なくとも12.5mとなる．取水と放水の構造物も契約に含まれている．トンネルは主に頁岩の中を掘削するが，TBM工法を採用することが予想される．トンネルの支保システムの工法は請負業者に任される．工事期間中を通じて，およそ300万トンの岩が掘削され，100万トンのコンクリートが打設されることになる．

資格審査を通った業者は，今年の末に設計・施工契約の入札に招聘されることになる．このトンネルの工事費は，６億カナダ＄と見積もられている．政府関係者の予想では４年半の工期で2009年までに完成するが，これにより2,500人の雇用が期待される．

（T&TC　'04.8　担当：税所陽一・前田建設工業(株)）



（社）日本トンネル技術協会
研究開発委員会

泥土の調整/Soil conditioning for sands

By Miguel Pena(from Oxford University)：T & TI, JULY 2003，pp.40-42

土圧式シールドの技術は土かぶりが小さく地盤条件が悪いような場合でも地表面沈下を最小限にすることができる．掘削土に添加材を混合し，比較的容易に土の性状を変えることができる．添加材が幅広く使われているにもかかわらず，具体的な選択方法などの仕様はほとんどみあたらない．一般的には気泡材，ポリマーあるいはベントナイトなどが使われる．土圧式シールドで添加材を理想的に混合するには，濃度，添加率の調整が重要である．オックスフォード大学で添加材に関する調査が行われた．

市場には多種多様の気泡材が出回っており，基本パラメータ(濃度・FER値(気泡膨張率)・注入率など)も与えられているが，特殊な地盤で効果を最大限に引き出すようなものを選定することは難しい．特殊な砂地盤では最適な性質を持った添加材を選択する必要がある．

気泡材の物質はポリマー添加材を混合した陰イオン界面活性剤あるいはグリコールが用いられている．**図-1**は大気圧下において濃度の異なる5種類の材料それぞれでFER値とT50%(50%排水時間)を計測した結果である．例えば，濃度２%の材料Aは４%の材料Dより高いFER値となっており，材料Eは低濃度においても長い排水時間を呈している．また，材料Bでは反応できなかったことを示しており，原因は水を多く混ぜて使用することが難しいことが考えられる．掘削土を流動化

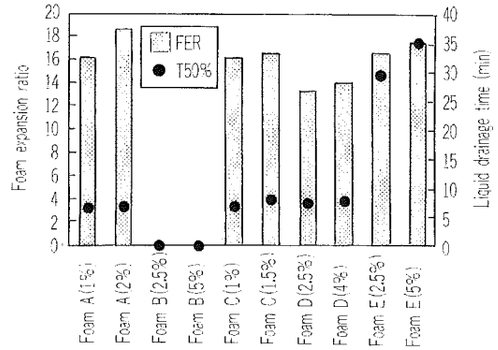


図-1　添加材濃度の違いによるFER値および50%排水時間

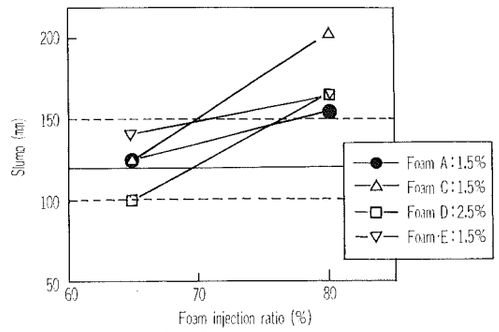


図-2　FIR値の違いによるスランプ値の変化

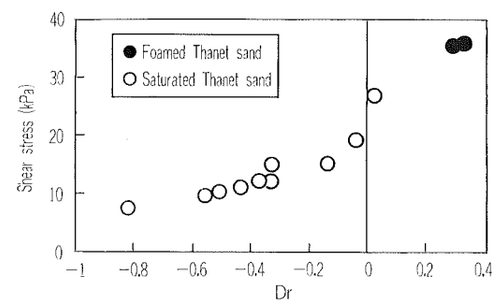


図-3　相対密度とせん断強度の関係

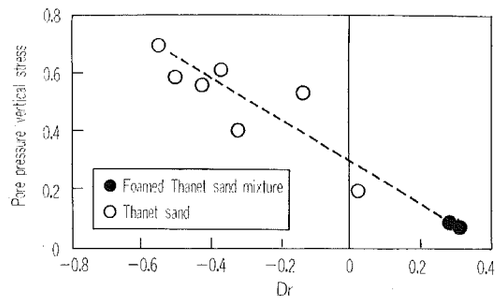


図-4　相対密度と(間隙水圧/鉛直応力)の関係

させ，排土を取り扱い易くするような添加材の選択が必要である．

図-2はThanet砂においてFIR値（気泡注入率）の異なる4つの気泡材を用いて，さらに濃度を変化させたスランプ試験の結果を示す．Qubaudによれば，点線の範囲内では塑性状態で土圧式シールドには適しているとされている．

図-3は気泡材を添加したthanet砂のせん断試験結果を示す．このケースでは材料D(FIR47.6%，間隙率1.27)を使用しており，このときの平均垂直応力は46kPaである．気泡材の混入によって砂の間隙比は増加する．間隙比が増加すれば，砂の相対密度は小さくなる．相対密度が小さくなればせん断強度も低下する傾向が見られる．**図-4**は相対密度と「間隙水圧/鉛直応力」の関係である．気泡混入土の場合，間隙比が大きくなっており，相対密度は小さくなる．図-1, 2を併せて見れば，

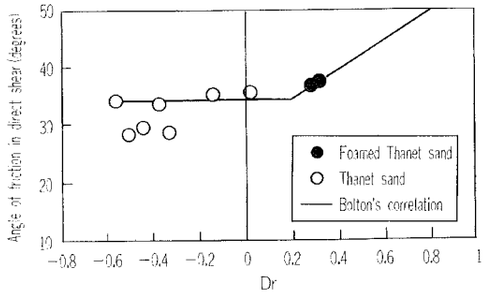


図-5　相対密度と内部摩擦角との関係

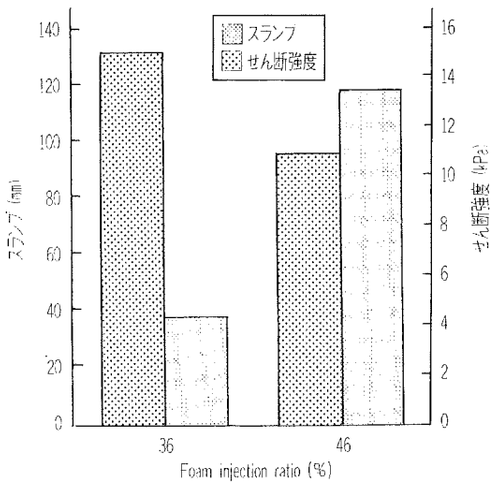


図-6　気泡注入率とスランプおよびせん断強度の関係

相対密度が減少するのに従いせん断強度が減少し，間隙水圧/鉛直応力が増加していることがわかる．**図-5**は内部摩擦角と相対密度の関係を示したものである．興味深いのは気泡混入土の相対密度の違いはあっても内部摩擦角は大きく変わらないことである．すなわち，添加材注入による間隙比増大は内部摩擦角の変化に大きな影響を与えないが，せん断強度の低下には寄与しているという結果である．せん断強度の低い添加材混合土はトンネル掘削において非常に重要な意義を持つ．トンネル掘削時に掘削能力を小さくでき，かつ磨耗も抑えることができる．**図-6**に示されるのは1.5%の濃度である材料Eで2種類の気泡注入率とスランプ値およびせん断強度を分析したものである．スランプ値が高い場合，そのせん断強度が低くなる傾向を示している．

これまでの結果を総括すると，気泡材の使用によって土の間隙比が増加する．添加した土の強度は添加前の土と比較して小さくなる．これは添加材混入土の間隙水圧に起因するものであり，これまで検討されてきたせん断強度の分析で取り上げられなかったことである．添加材混入率によってせん断強度を制御できるならば，砂中の間隙水の状態が解明されることにもつながる．よって，今後は添加材の安定性に係わる実験を補足し，新たな知見を拡げる必要がある．

（文責：山口 英・五洋建設）

地下構造物建設におけるリスクマネジメント(ISTTとITAの合同ワーキング報告)/Risk Budget Management in progressing underground works(International Society for Trenchless technology(ISTT)and International tunneling Association(ITA)Joint Working Group Report.

By Gerard Arends, Rolf Bielecki, John Castle, Stanislav Drabek, Alfred Haack, Frantisek Nedbal, Annica Nordmark, Ray Sterling

Tunnelling and Underground Space Technology Vol.19, No.1, 2004, pp.29–33

目　次

1. はじめに
2. リスクの最小化
　2.1　プロジェクト目標を決定するに必要な方法
　2.2　評価項目
3. リスク予算
4. 開削工法とトンネル工法のコスト比較
　4.1　直接コスト
　4.2　間接コスト
　4.3　ライフサイクルコストの比較計算
5. 契約方式の選定
6. 入札手続のための特別基準
7. リスク評価
8. 契約の裁定書

（文責：岩田 充功・鹿島建設(株)）

わかりやすい **トンネルの力学**

B5判　286頁　価格 6,116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，球形空洞周わりの応力と変位　○弾そ性論による解析／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そ性解，円形トンネルで地山の自重を考えた弾そ性解析　○弾そ性解以外の検討／トンネルの大きさの影響，時間の影響，表面の影響，山はね，ゆるみと締まり，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メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888（代）　振替 00110-8-190072

社団法人 日本トンネル技術協会 会報

1. 会員の現状

	10月25日現在	11月25日現在
正会員	2,075名	2,075名
団体会員	349名	349名
個人会員	1,726名	1,726名
名誉会員	1名	1名
計	2,076名	2,076名

2. 委員会の開催状況(11月1日～30日)

①調査研究関係委員会

◎契約積算委員会

山岳トンネル小委員会幹事会：11/25（峰田勲幹事長ほか9名)調査報告書を検討

◎施工技術委員会

支保幹事会編集分科会：11/11（木梨秀雄主査ほか8名)キーワードを検討

都市トンネル小委員会幹事会：11/12（松岡正宏幹事長ほか8名)掲載原稿を検討

◎研究開発委員会

トンネル技術白書小委員会B2打合せ会：11/29(木梨秀雄主査ほか5名)作業状況を確認

支保構造合理化特別検討会：11/10（西村和夫委員長ほか16名)一次原稿を検討

同　打合せ会：11/2（石井三郎幹事ほか3名)支保材料を検討

同　同：11/26（石井三郎幹事ほか4名)解析方針を検討

◎都市トンネル施工特別委員会幹事会：11/17（蒋宇静幹事長ほか14名)耐震性を検討

◎長期耐久性向上特別検討会改築WG：11/8（畔高伸一主査ほか9名)原稿を検討

同　同：11/29（畔高伸一主査ほか7名)作成方針を検討

同　保全WG：11/19（高橋正志主査ほか12名)目次案を検討

◎八甲田トンネル技術委員会現地検討会：11/10, 11（五十嵐敏文委員ほか7名)現地視察

◎筑紫トンネル特別委員会幹事会：11/5（大島洋志幹事ほか37名)現地視察

◎東北新幹線技術委員会機械化WG：11/30（田村武幹事長ほか16名)設計法を検討

計14回開催　169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WG：11/2（服部修一主査ほか12名)見直し事項を検討

◎国際委員会

企画調整幹事会：11/24（鈴木篤幹事長ほか8名)COB会議報告

国内広報WG：11/16（小島健一幹事長ほか8名)海外文献の査読

ITA総括WG：11/30（金井誠主査ほか10名)ITA理事会報告

◎事業委員会：11/16（桑原彌介委員長ほか15名)30周年事業対策

◎会誌委員会：11/4（橋本定雄委員長ほか11名)12月号の会誌と3か月計画を検討

計　6回開催　70名出席

合計　20回開催　239名出席

3. 平成16年度催物開催現況

催物名	開催日	人数	場所
（見学会）			
シンガポール国際トンネル会議技術調査	2004. 5. 22～31	27	シンガポール, ベトナム台湾
第二東名トンネル現場研修会	2004. 4. 16	24	静岡県
名古屋地区トンネル現場研修会	2004. 6. 4	28	愛知県
横浜市下水道現場研修会	2004. 6. 10	27	神奈川県
仙台市下水道現場研修会	2004. 7. 9	17	宮城県
北陸地区道路トンネル現場研修会	2004. 8. 5, 6	25	石川県，岐阜県
北陸新幹線現場研修会	2004. 8. 31	21	長野県
横浜市地下鉄現場研修会	2004. 9. 9	25	神奈川県
JR吾妻線トンネル現場研修会	2004. 9. 14	18	群馬県
大谷川山腹崩壊対策現場研修会	2004. 9. 17	17	栃木県
首都高速環状新宿線現場研修会	2004. 10. 19	22	東京都
東北新幹線現場研修会	2004. 10. 21, 22	18	青森県
大阪市地下鉄現場研修会	2004. 10. 25	24	大阪府
（発表会）			
①第54回(山岳)「山岳トンネルの難工事克服事例」	2004. 11. 18	216	東京都
②第55回(都市)「都市トンネルの環境対策事例」	2004. 11. 19	94	東京都
（講演，講習会）			
第7回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2004. 5. 27, 28	27	東京都
第6回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門)	2004. 10. 28, 29	33	東京都
トンネル技術特別講演会	**2005. 2. 9**	**300**	**詳細94頁参照**

4. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催等	備考
第12回オーストラリアトンネル会議「よりよき都市に向けてのトンネル技術」	2005. 4. 17～20	ブリスベーン(オーストラリア)	12th Australian Tunneling Conference 第12回オーストラリアトンネル会議事務局	http://www.tunneling2005.com
第31回 ITA総会およびコングレス「地下空間利用：過去の分析と未来への教訓」	**2005. 5. 7～12**	**イスタンブール（トルコ）**	**TRA Turkish Road Association トルコ道路協会 国際トンネル協会**	**http://www.ytmk.org.tr**
第5回 国際シンポジウム 軟弱地盤における地下建設の土質工学の現況	2005. 6. 15～17	アムステルダム（オランダ）	TC28 Symposium 国際地盤工学会第28回技術委員会	http://www.tc28-amsterdam.org
国際シンポジウム ―世界最大のトンネル市場― 中国	2005. 9. 7～ 9	上海（中国）	Tunnel and Underground Works Branch, China Civil Engineering Society, Intex Shanghai Co. Ltd. 中国土木学会トンネルおよび地下建設分科会	http://www.tunnel-china.com
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 Tunnelling Association 台湾トンネル技術協会	http://logntunnel2005.taneeb.gov.tw Call for papers
第32回ITA総会およびコングレス「地下空間の安全」	**2006. 4. 22～4. 27**	**ソウル（韓国）**	**Korean Tunnelling Association 韓国トンネル協会 国際トンネル協会**	**http://www.ita2006.com Call for papers**
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

トンネル技術特別講演会開催のご案内

このたび，今年度締めくくりの催物として下記のとおり特別講演会を開催することといたしました．テーマは，トンネルの掘削時に必ず直面する地質や断層などを構成している地下のメカニズムについての海底探査による地球システム変動の研究と，既存トンネルの有効活用ともなるリニューアルならびに維持補修についての保守管理技術の２題であります．

ともにトンネル技術者にとりましては，誠に重要な課題でありますので，多数ご参加下さいますようご案内申しあげます．

―記―

開　催　日：平成17年２月９日(水)

場　　所：虎ノ門「発明会館ホール」(案内図参照)
港区虎ノ門2-9-14　TEL：03-3502-5499

プログラム：

13：20　開会挨拶　　事業委員会委員長　日本交通技術(株)代表取締役社長　桑原　彌介

13：30　付加体地質学総論―南海トラフ，四万十帯そして日本列島
(独)海洋研究開発機構地球深部探査センター長　平　　朝彦

14：30　質疑応答

15：00　休　憩

15：20　トンネルのリニューアルと維持補修管理(仮題)
(独)土木研究所基礎道路技術研究グループ上席研究員　真下　英人

16：20　質疑応答

16：50　閉　会

定　　員：300名

参 加 費：会員10,000，一般12,000円

申し込み方法：この案内文書添付の申し込み用紙に記載のうえ，FAXをもってお申し込み下さい．電話での申し込みは受付けませんので，ご了承願います．
〒104-0041　東京都中央区新富2-14-7 新光第一ビル
社団法人日本トンネル技術協会　トンネル技術特別講演会係
TEL：03-3553-6174
FAX：03-3553-6145

支払い方法：上記お申し込みののち，郵便振替用紙通信欄に行事名と参加者氏名を記入のうえ，下記にお振り込み願います．現金書留でも結構です．
郵便振替口座：00160-7-196331　日本トンネル技術協会

そ　の　他：参加費の払い戻しはいたしかねますが，代理参加は差し支えありません．

社団法人日本トンネル技術協会

トンネル技術特別講演会申込書

下記のとおり申し込みます．

氏　名		年　齢	歳
会社名			
所属役職			
会社住所	〒　－ TEL：		

(会場案内図)

住所　東京都港区虎ノ門 2-9-14

電話　03-3502-5499　FAX　03-3595-2763

URL　http://bekkoame.ne.jp/ha/id25154/

交通　地下鉄銀座線「虎ノ門」駅　３番出口
徒歩５分
地下鉄千代田線「霞ヶ関」駅　A13番出口
徒歩13分
地下鉄日比谷線「神谷町」
徒歩７分



2月号予告[2月1日発売予定]

●光ファイバによるトンネル覆工の変状監視法
●里塚・上野幌連絡線　JR上野幌駅構内アンダーパス工事
●主要地方道茨木亀岡線　大門寺トンネル
●渋谷駅前の銀座線高架橋の受け替え
●京都市下水道　有栖川中央幹線
●シールド発進・到達工実態調査報告(2)
【連載講座】
●山岳トンネルにおける工事用機械の選定(16)
●多様化するシールド掘進技術(12)

＊内容等は変更になる場合がございます

編集後記

あけましておめでとうございます
◆本誌は本号よりデザインなどを刷新いたしました．創刊以来続けていた文字の大きさをひと回り大きな文字にし，見やすさを重視したデザインへ変更いたしました．また，新設のコーナー「トンネル千夜一夜」の連載を開始し，読者の方にさらに愛される「トンネルと地下」となるように努めました．今後も新設のコーナーなど増やしていきたいと考えておりますのでご期待ください．つきましては，以下に新設コーナーのご案内をさせていただきますので積極的にご投稿ください．
◆自由投稿のコーナー(仮タイトル：「読者の声」)を新設いたします．読者の方の意見や提言，または，有意義な情報など何でも結構ですのでご投稿ください．ただし，宣伝色の強い内容や他人を中傷するような内容は掲載をお断りすることもございますので予めご了承ください．原稿は文字のみとし，ボリュームは1,000字以内程度，タイトルは20字以内でお願いいたします．掲載にあたり，所属団体名と氏名も掲載いたします．投稿先は右記の(株)土木工学社編集部までお願いいたします．原稿には，連絡先(住所，氏名，所属名，電話，E-mailなど)明記のうえ，電子媒体(FD，CD，MO，いずれも可)と一緒に投稿してください．

(I.Y)

★購読の申し込み，または，送付先変更などの問い合わせは㈱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1号〔通巻413号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成16年12月20日　印刷
平成17年1月1日　発行

社団法人日本トンネル技術協会
会長　三谷　浩
〒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://wwwsoc.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 勝誉
印　刷　新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は，書店または土木工学社へ直接お申し込みください．
■お申し込みの際は，誌名，購読期間，住所，所属，氏名などを明記のうえ，FAX(03-3267-2807)にてお申し込みください．後日，小社より振込用紙をお送りいたします．

購読料
1冊　1,575円(送料108円)
　　(本体価格　1,500円)
1年　15,000円(前納)
振替　00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

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

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

吹付けコンクリート用急結剤
「太平洋ショットマスター」



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

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

3 塩化物を含んでいません
塩化物を含んでいませんので
ロックボルト・鋼製支保工等の鋼材を腐食させません

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

太平洋マテリアル株式会社

●営業本部 土木資材営業部　〒103-0023 東京都中央区日本橋本町4-8-15 ネオカワイビル7F　TEL.03-3278-5319
○北海道支店／TEL.011-221-5855　○東北支店／TEL.022-221-4511　○東京支店／TEL.03-3278-5331
○北 陸 支 店／TEL.076-234-1670　○中部支店／TEL.052-452-7141　○関西支店／TEL.06-6228-6660
○中 国 支 店／TEL.082-261-7191　○四国支店／TEL.087-833-5758　○九州支店／TEL.092-781-5331