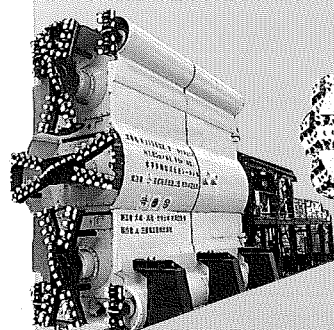




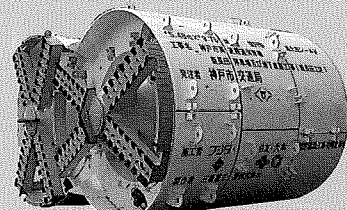
# 21世紀を掘る

## 地下開発に夢を広げる三菱重工のトンネル技術

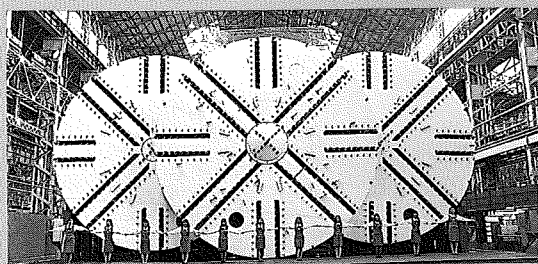
21世紀に向けて、高規格幹線道路網・エネルギー供給・情報ハイウェイ・上下水道など、安全で利便性の高い国土を支えるインフラ整備が進められています。それともなう地下基盤整備に活躍しているのが、三菱重工のシールドトンネル掘削機。三菱重工は、製造実績通算1,500台の経験と最新鋭のトンネル技術で新世紀を拓きます。



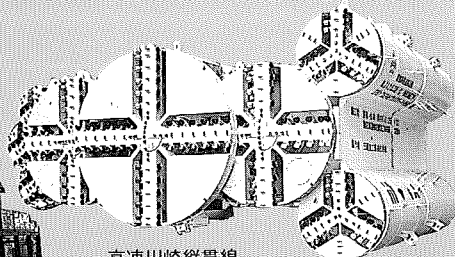
高速川崎縦貫線  
KJ125工区(B)換気洞道工事  
H7,800mm×W2,860mm(縦型)  
水平多軸型泥土圧シールド



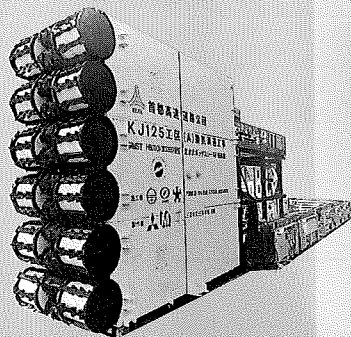
神戸市高速鉄道海岸線  
新長田停車場及び地下線路工事  
φ5,480mm×9,760mm DOT 密閉式泥土圧式シールド



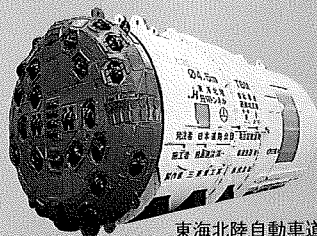
地下鉄12号線飯田橋駅(仮称)工区トンネル工事  
φ8,846mm×17,440mm 3心円泥水式駅シールド



高速川崎縦貫線  
KJ125工区(C)換気洞道工事  
H2,780mm×W7,250mm(横型)  
多軸式泥水矩形シールド



高速川崎縦貫線  
KJ125工区(A)換気洞道工事  
H8,000mm×W3,000mm(縦型)  
泥水式ボックスシールド



東海北陸自動車道  
飛騨トンネル避難坑工事  
φ4,500mm TBM



ZJN01000000200159

三菱重工業株式会社

本社 建設機械部 地中建機プラント課 東京都千代田区丸の内2-5-1 〒100-8315 TEL03(3212)3111  
神戸造船所 建設機械部 営業課 神戸市兵庫区和田崎町1-1-1 〒652-8585 TEL078(672)3111

出版元 株式会社土木工学社 東京都新宿区岩戸町16番地メジャー神楽坂

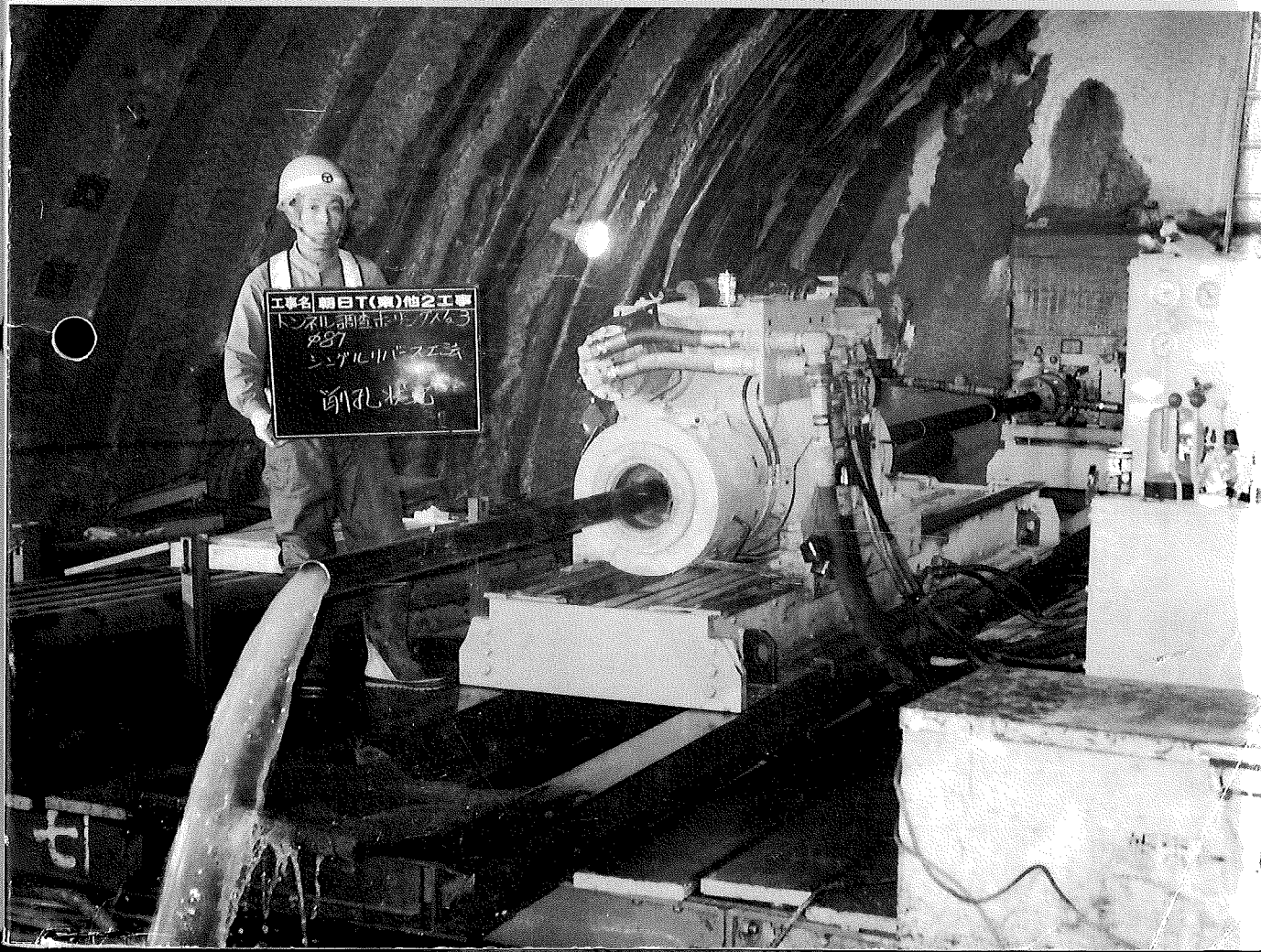
定価 1,230円 雑誌06619-12  
本体価格 1,171円

# トンネルと地下12

vol. 29  
no. 12  
1998

鋼製支保工の高耐力化と早期閉合で膨圧を克服  
箱根新道直下を小土かぶり掘る  
国内初の大型自由断面掘削機による効率的掘削  
首都高速橋脚を挟んでシールドを掘る  
ほぞ付きセグメントを用いた小口径シールド  
鉄道トンネルに海外セグメントを採用  
図で見るトンネル工事の推移と'97現況

日本トンネル技術協会誌



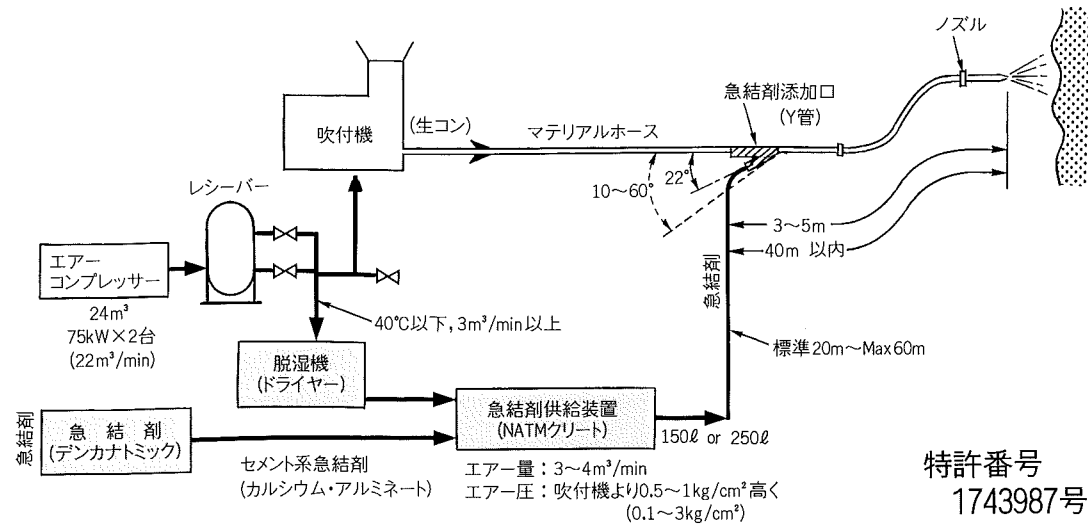
# 世界に誇る日本のNATMトンネル

安全性・経済性・高品質

## 技術者が選ぶ **デンカナトミック**

吹付けコンクリート用急結剤

### NATMトンネル吹付けシステム (デンカナトミック使用時)



特許番号  
1743987号  
2060759号  
2118718号

### 湧水、剥落をシャットアウトする

## 急結力

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

《デンカナトミック》 種類 \* : TYPE-Lは、液状急結剤です。

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

#### ■トンネル関連製品

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

#### チャレンジする化学



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

# Normet Spraymec 9150 WPC

## 大断面トンネル対応型 コンクリート吹付け機 フィンランドから上陸

トンネル工事はタフな仕事です。NORMET (ノルメット) は、トンネル建設業者のパートナーです。Normet Spraymec (ノルメット スプレイメック) は、ヨーロッパの主要国・香港・韓国・中国・オーストラリア等大型トンネル建設プロジェクトでのコンクリート吹付け作業を手掛け、豊富な経験と実績を有しております。

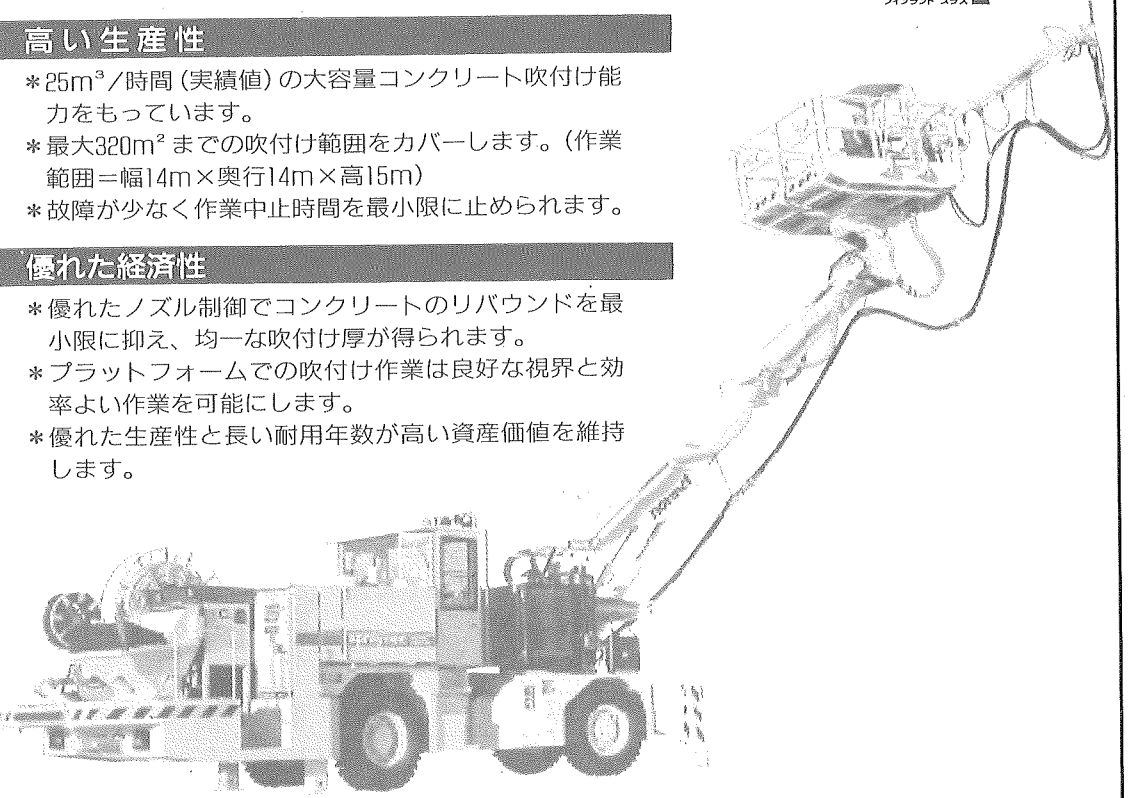


#### 高い生産性

- \* 25m³/時間 (実績値) の大容量コンクリート吹付け能力をもちます。
- \* 最大320m²までの吹付け範囲をカバーします。(作業範囲=幅14m×奥行14m×高15m)
- \* 故障が少なく作業中止時間を最小限に止められます。

#### 優れた経済性

- \* 優れたノズル制御でコンクリートのリバウンドを最小限に抑え、均一な吹付け厚が得られます。
- \* プラットフォームでの吹付け作業は良好な視界と効率よい作業を可能にします。
- \* 優れた生産性と長い耐用年数が高い資産価値を維持します。

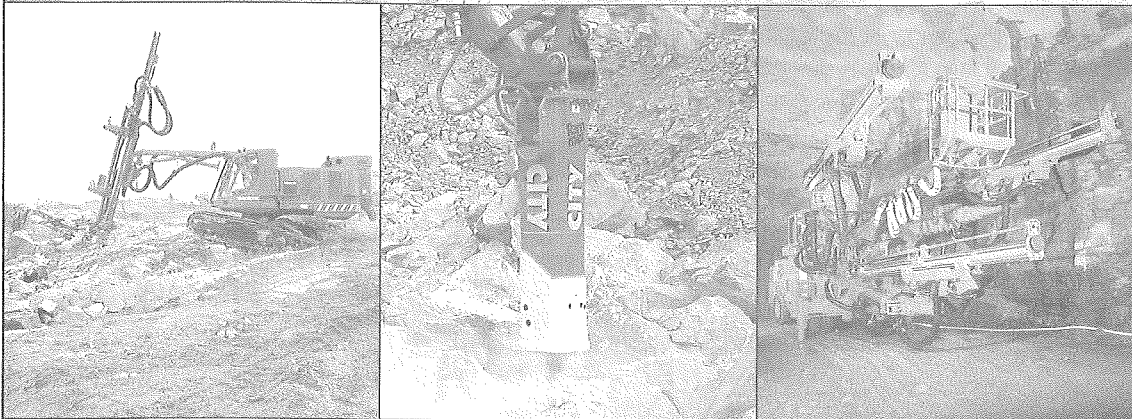


**normet**  
Your partner for tough jobs

総発売元  
株式会社 ケー・エフ・シー  
〒105-0014 東京都港区芝2-5-10  
TEL: 03-3798-8511  
FAX: 03-3798-8516

# TAMIROCK

*Your best business partner  
in Construction*



# TAMIROCK

# Ram mer®

タムロックファーストリミテッド  
(旧名 ランマーオーワイ日本支店) 日本支店

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20  
Benex S-1 8F  
TEL. 045-476-4111(代) FAX. 045-476-5531

# 大断面用トンネル集塵機Pシリーズ

環境重視 / 省エネ・コスト削減

“日本建設機械化協会  
奨励賞”受賞



RE-2000P:全長9.94m 全幅2.2m 全高2.3m 重量8700kg 動力37kW×4

- 送風量より大きい集塵風量で100%捕集・リフレッシュするため、モヤモヤが一気に解消
- 送風量がこれまでの70~80%ですむため大幅な省エネ・コスト低減が可能 (ダストセンサー自動運転可能)
- フィルターの自動クリーニングにより18000H (実績) のメンテナンスフリー
- 坑内騒音が低減
- 10t車マウントで移動・盛替が簡単

先端集塵換気システム バイバック, レンタルで提供します。

機種	処理風量	適用断面
RE-1000P	1200m <sup>3</sup> /min	65m <sup>2</sup>
RE-1500P	1700m <sup>3</sup> /min	90m <sup>2</sup>
RE-2000P	2400m <sup>3</sup> /min	130m <sup>2</sup>
RE-3000P	3000m <sup>3</sup> /min	200m <sup>2</sup>

株式会社 流機 エンジニアリング

本社 〒108-0014 東京都港区芝5-16-7 (芝ビル)  
☎(03)3452-7400代表 FAX.(03)3452-5370  
つくば 〒300-4522 茨城県真壁郡明野町向上野691-2  
リースセンター ☎(0296)52-5851 FAX.(0296)52-5852

# 無拡幅長尺先受け工法(都市型多段AGF-P工法)

AGF-P工法の都市部トンネル補助工法への可能性

## 1. 工法の概要

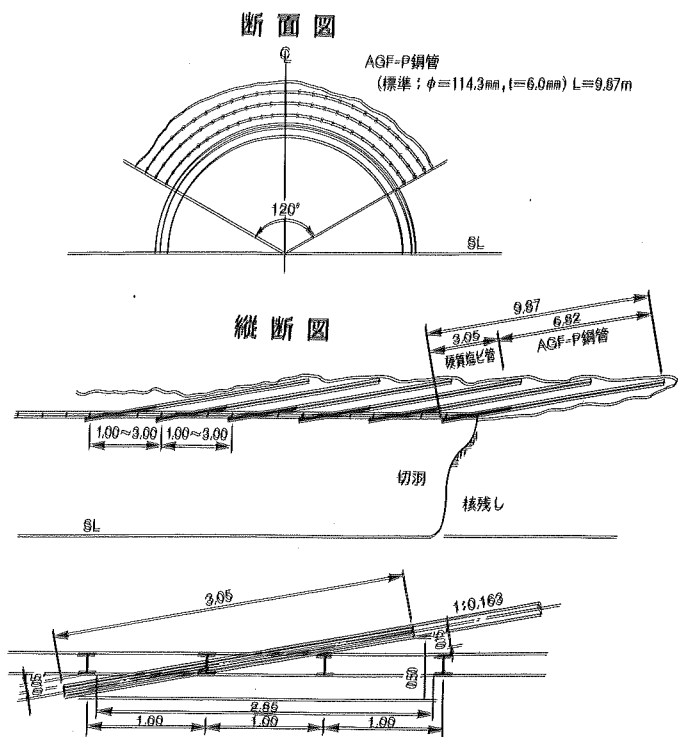
本工法は、薄い土被りや軟弱地山のトンネル掘削の補助工法として、長さ6~9m程度のAGF-P工法を1基~3基ごとに施工します。これにより、トンネル掘削断面周辺に2~3段のAGF-P工法による地山改良体が形成されます。したがって、トンネル周辺地山の剛性を大きく高めることができます。なお、AGF-P工法とすることで断面拡幅の必要はありません。

## 2. 工法の特徴

■複数段のAGF-P工法による地山改良体(鋼管+シリカレジン)を形成することにより、トンネル掘削周辺地山の剛性は飛躍的に向上し、地表面沈下等の抑制に大きな効果を発揮します。

■塩ビ管により鋼管を鋼製支保工の上端部まで打込むことで断面の拡幅を必要とせず、掘削時間の短縮、経済性の向上が可能です。

■ドリルジャンボに一部装置を装着するだけで施工できます。



日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

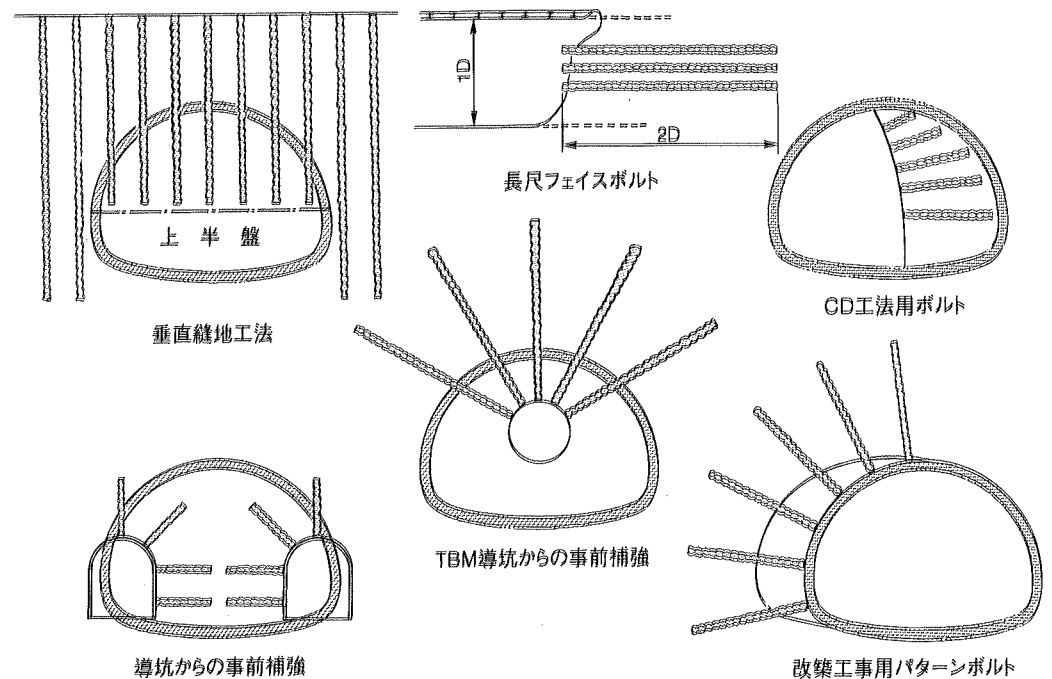
# 株式会社 カテックス 建設資材事業部

本社	〒460-8331 名古屋市中区上津1丁目3番3号	関西営業部	〒550-0014 大阪市西区北堀江1丁目1番10号 503
中部営業部	TEL 052-331-8821 FAX 052-332-0164		TEL 06-578-3235 FAX 06-578-3237
東京支店	〒112-0014 東京都文京区関口1丁目15番3号	九州営業所	〒816-0932 福岡県大野城市瓦田623-4
	TEL 03-3260-8321 FAX 03-3266-1648		TEL 092-574-0856 FAX 092-574-0846

# GRPマルチタイプロックボルト

## 特徴

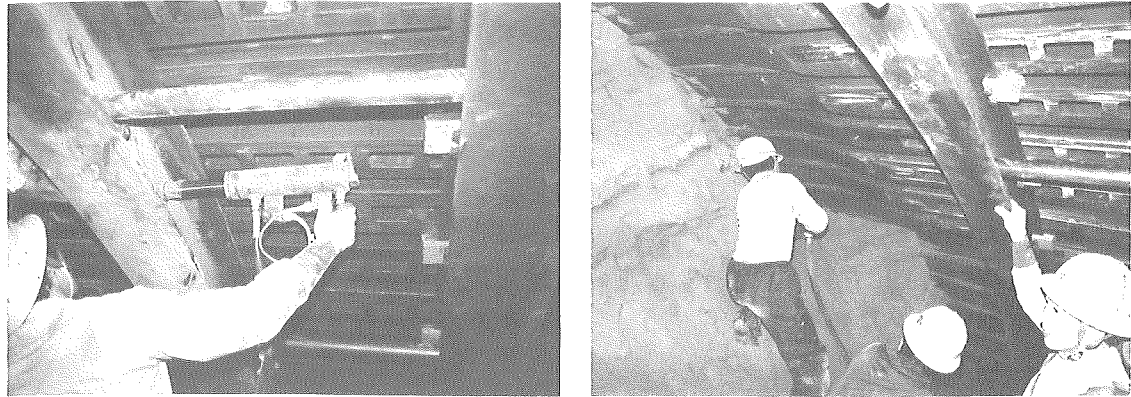
- 全ネジ形状(φ25mm)により長さを自由に選択でき、様々な定着材との付着も良好です。
- ネジ部耐力177kN(18tf)以上の強度によりシステムロックボルト(パターン)に使用可能です。
- 耐酸性、耐アルカリ性に優れた、腐食しない恒久的ロックボルトです。
- 従来の鋼製ロックボルトに比べ高耐力、軽量で取り扱いが容易です。
- 後工程での切削が簡単にできるため、使用用途は多岐にわたります。
- 中実型(先充填タイプ)、中空型(後注入タイプ)が有り、8m以上の長尺ボルトとしても使用可能です。



AGF、AGF-P(注入式長尺先受け工法)  
 GS-IF(シリカレジン注入式フォアポーリング)  
 PU-IF(シリカレジン、ウレタン注入式フォアポーリング)  
 岩盤固結工法  
 GRPフェイスボルト工法  
 TRP(既設トンネル改築計画)  
 RJ-FP(ロジンジェットフォアパイリング工法)

GRPロックボルト  
 GRP長尺ケーブルボルト  
 カテックN2防水シート  
 MAI自穿孔ロックボルト  
 SRFシリカレジン

# アーストンネル掘削工法に最適 SS式メッセル



30年の実績（工法指導致します）

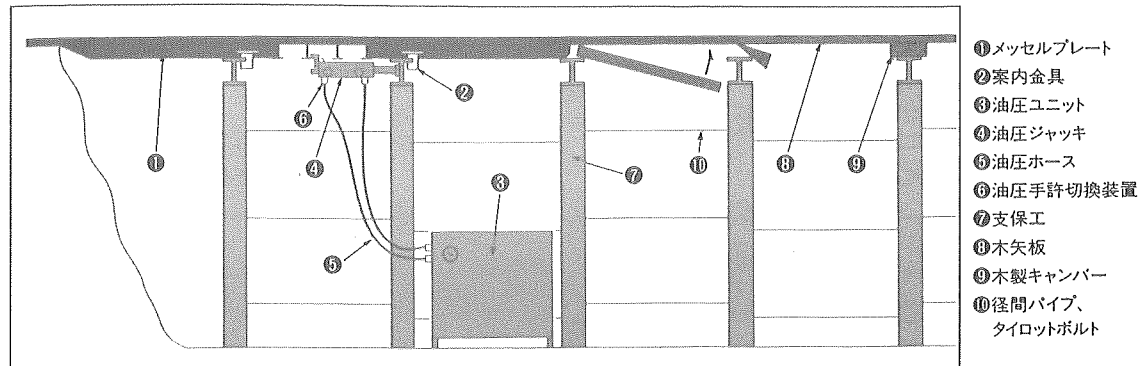
## ■特長

- メッセルプレートにより内部が保護されているので、地山の肌落ちがなく安全です。
- 余堀が非常に少なく、地山の弛みもなく、地表面の沈下がない。
- メッセルプレートと特殊な案内金具との組合せにより、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る。直線・曲線掘進に適応します。

## ■実績

- 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。
- 実績では、JR等線路直下横断工事、トンネル（鉄道・道路・下水道・共同溝）などに多数の実績をもっています。

## メッセル工法概略図



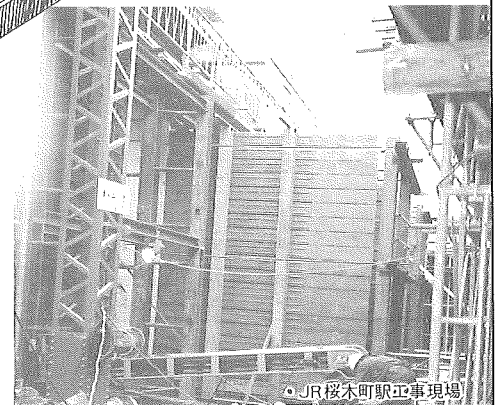
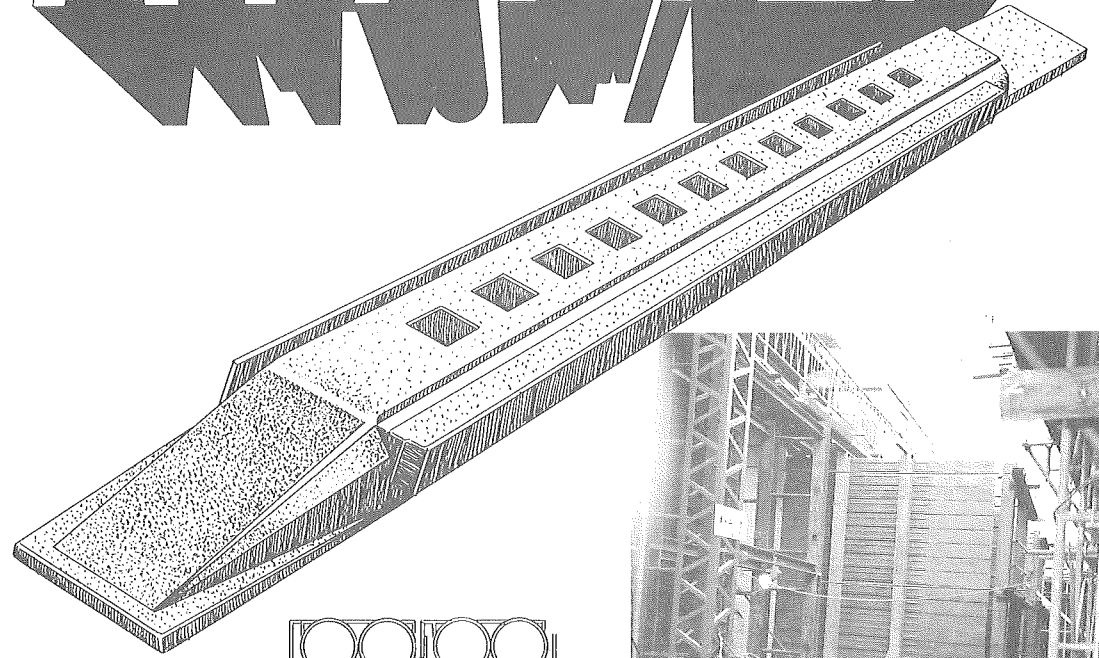
- ①メッセルプレート
- ②案内金具
- ③油圧ユニット
- ④油圧ジャッキ
- ⑤油圧ホース
- ⑥油圧手許切換装置
- ⑦支保工
- ⑧木矢板
- ⑨木製キャンバー
- ⑩径間パイプ、タイロッドボルト

 **SHINOHARA CO., LTD.**

〒102-0072 東京都千代田区飯田橋4丁目4番5号(ポンピアンビル) TEL (03)3263-7457 FAX (03)3262-0915 本社営業部

山岳はもちろん、都市土木にも最適な

# パイプメッセル



●JR桜木町駅工事現場

## ■特長

- 断面性能を大幅に増強した安全第一のメッセルです。
- 前下り、およびテール部のタワミが最も少ない。
- デブなジャンクションはメッセル相互間をしつかりと結びハズレないメッセルです。
- 線形に従って正確に掘進できます。スタビライザ（実用新案出願中）デバイスの使用により、直、曲線に忠実に適応します。
- 発進組立て作業が簡単で、経済的です。



**三井物産マシナリー株式会社**

本店開発機械営業部

〒105-0004 東京都港区新橋6-1-11(秀和御成門ビル) ☎03-3436-2871(代) FAX03(3436)2866

設計監理 **昭幸産業株式会社**

〒160-0022 東京都新宿区新宿2-5-11 山下ビル4F TEL 03(3341)8231 FAX 03(3356)0373

## 種も仕掛けも有りませんが、1000mを超える長距離圧送が実現しました。

これまでも本誌上でSBS吹付機の長距離圧送をご紹介して参りましたが、愛媛県の或るNATMの工事現場でSBS吹付機TS型が採用されました。本工事では1996年11月に日本国内における最長圧送記録を樹立しました。圧送距離は1,040mに達しました。途中の配管は119°の曲りも含むものでした。

このような長距離圧送性能は、エアーシール部の高い気密性と脈動がまったく生じない構造によるものです。むろん、超低粉塵・低リバウンドの魅力もお忘れなく。

## 粉粒体搬送の革命児!

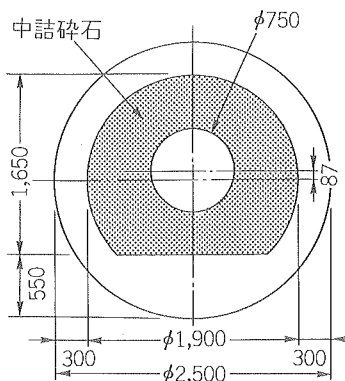
SBS吹付機は、乾式コンクリート吹付けだけでなく、あらゆる粉粒体の圧送に使用できます。

1996年12月に(株)大林組殿施工によるトンネル内中詰砕石埋め戻しに際して7号砕石の圧送用にSBS吹付機TS型を採用すべく試験が行われました。その結果、圧送距離は318mでした。

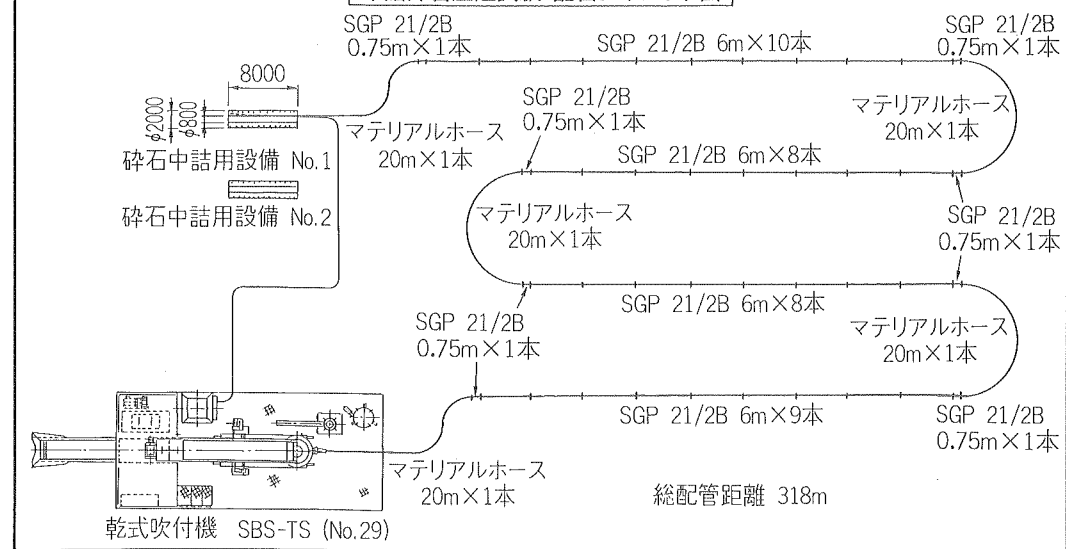
この距離は、SBS吹付機からすれば、余裕を持ったものであり、従来の方法を革命的に合理化するものです。

型 式	A1	TS	C1
最大吐出量	3m <sup>3</sup> /h	5m <sup>3</sup> /h	10m <sup>3</sup> /h
最大吹付距離	500m	1km	1km
電 気 容 量	7.5kW	15kW	30kW

トンネル完成断面図



中詰砕石圧送試験 配管レイアウト図



**スギウエエンジニアリング(株)**

# NATM一筋, 筋金入りです

\*湿式コンクリート吹付けなら……………

**スイングエース** 大容量低粉塵吹付けのエース!



4トラック搭載型 SW-536E-4M  
レール台車搭載型 SW-536E-4R  
ロボット一体型 RUN-536E

**TOYO**  
Good Combination with you.

きれいな水を自然にかえす  
**濁水処理設備**

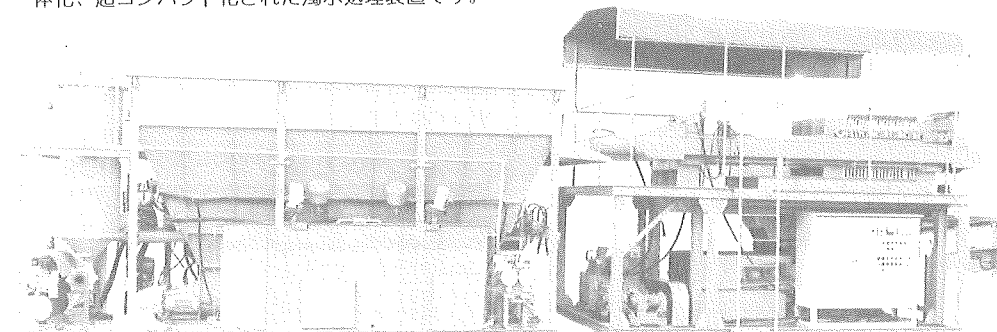
土木工用・ポータブル型

特 長

■スギジェットエースSJA型の概要

工用濁水処理システムの処理条件である、濁水の浄化・pHの中和・汚泥の脱水の3装置を完全に一体化、超コンパクト化された濁水処理装置です。

- 超コンパクト(完全一体)化により
- 全体構造の単純化、自動化を計り、運転が簡単、維持管理が容易になりました。
- 輸送が容易で現地工事が簡単です。
- 狭い据付場所に最適。



詳細資料請求、お問い合わせは ……

**スギウエエンジニアリング(株)**

**株式会社 東洋製作所**

本社: ☎761-0301 香川県高松市林町351-23  
☎ 0878-66-5644 FAX 0878-66-0125

本 社 〒761-8075 高松市多肥下町625-1  
TEL(0878)67-1610 FAX(0878)66-6523

東京: ☎114-0013 東京都北区東田端2-9-6 クロコダイル第3ビル  
☎ 03-3894-0283 FAX 03-3894-0288

東京支店 〒114-0013 東京都北区東田端2-9-6 クロコダイル第3ビル  
TEL(03)3894-0140 FAX(03)3894-0288  
福岡営業所 〒810-0055 福岡市中央区黒門8-4  
TEL(092)761-0851 FAX(092)731-3034

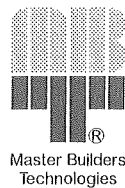
良いNews

## ひと足先にアルカリフリー。 環境にやさしい液状急結剤、メイコSA160(新発売)

ついにアルカリフリーの液状急結剤が開発されました。メイコSA160は、成分中にアルカリを全く含まないため、作業環境を大幅に改善。コンクリートの耐久性も向上します。もちろん、液状タイプで所定量を正確に供給できるため経済的で、乾式吹付けにも湿式吹付けにも使用できます。

- アルカリフリーで作業環境を改善。
- はね返りや粉塵量の低減が可能。
- 初期・長期強度に優れ、厚吹きに最適。
- 一定量の供給が可能な液状タイプ。

アルカリフリー液状急結剤  
**メイコ® SA160**



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 TEL03-3582-8814(直) FAX.03-3583-3800  
●支店/東京、大阪 ●営業所/札幌、仙台、上越、金沢、松本、宇都宮、千葉、横浜、静岡、名古屋、高松、広島、福岡、鹿児島  
資料進呈/詳しくは、本社UGC営業部または、最寄りの営業所にお問い合わせください。

Building Tomorrow Together

SKW-MBT  
CONSTRUCTION CHEMICALS

# 自削孔 NTロックボルト PAT.P

### 特 徴

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

打設が可能。  
と各種ビットが



NTロックボルト本体仕様

種 類	RB-30	RR-32	RA-40	FP-73
材質及び形状	特殊鋼、台形ネジ	特殊鋼、ローブネジ	特殊鋼、台形ネジ	特殊鋼、台形ネジ
寸 法	28.5D*11d(P13.0)	31.0D*16d(P12.7)	39.6D*18d(P13.0)	72.0D*54d(P8.0)
重 量	3.5kg	3.5kg	6.6kg	12.5kg
耐 力	≥19 tf	≥19 tf	≥35 tf	≥60 tf
破 断 荷 重	≥25 tf	≥25 tf	≥50 tf	≥80 tf

製造元



日東鐵工株式会社

本 社 〒142-0043 東京都品川区二葉4-1-20 MC中延ビル  
TEL 03-5702-0161(代表)  
FAX 03-5702-0165  
中国営業所 〒700-0824 岡山県岡山市内山下1-5-11 YAF内山下ビル  
TEL 086-234-4800  
FAX 086-234-4400  
相模原工場 〒229-1112 神奈川県相模原市宮下1-1-38  
TEL 0427-73-4111(代表)  
FAX 0427-74-0939

# 切羽安定対策用補助工法

天端肌落ち防止／切羽安定／鏡押さえ／根固め  
縫い返し／拡幅／空洞充填 等

## PUIF ウレタン注入式フォアポーリング

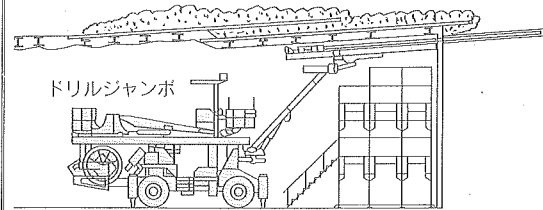
山岳工法でのトンネル掘削において、ウレタン系注入材とボルト材を組み合わせて先受けを行う工法。



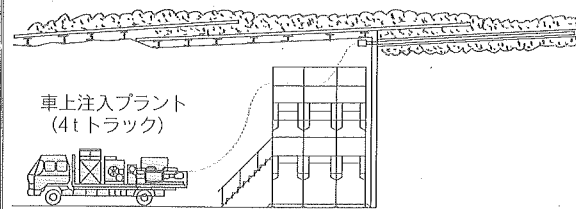
注入工

## 注入式長尺先受工法 (AGF工法)

長尺の先受を鋼管打設と注入により構築し①通常のドリルジャンボで施工②鋼管を先端で引っ張る方式を採用③地質に応じた削孔システム選定にて、地質の範囲が広く、効率の高い施工が可能。



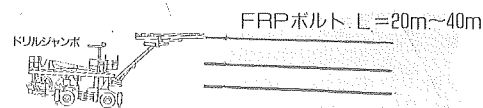
削孔・鋼管打設工



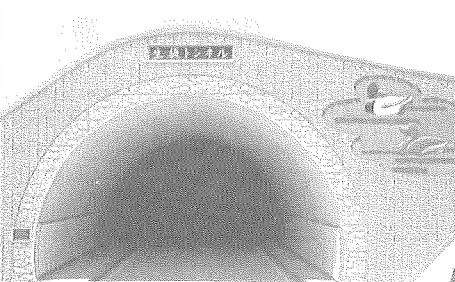
☆注入工(注入機3台同時注入)

## 長尺鏡押さえ

樹脂ボルト (FRPボルト) を鏡に打ち込み  
定着剤FSRを注入し固定



TBU ウレタン	FCU 瞬結性	SRF-T シリカレジン	EPU 超浸透性	FSR 長尺ボルト用シリカレジン
低粘度、高発泡により、あらゆる地山に対応可能	瞬結性にすぐれている為、湧水対策に最適 空洞充填にも適す	従来のウレタン薬液に対し、ウレタン反応の一方に水ガラスを利用。発泡性能も有し経済性、難燃性を大幅に改善	発泡性能を有し、浸透性が従来の薬液より高く、マサ土や細砂等の地山に最適	ボアホール内を確実に充填し、早期に高い定着力が得られます。



# 坑口部景観材料

◇化粧型枠・レリーフ(オリジナルデザインも可能)  
◇銘板・標示板(セラミック、みかげ石、鋳物、ブロンズ)

※詳細は各種カタログ有り、資料請求は下記まで

本 社 愛知県小牧市北外山町津3600番地 ☎(0568)77-6523(直通)  
東京支社 東京都港区赤坂2丁目17番2号(赤坂ツインタワービル本館16階) ☎(03)3585-1557(代表)  
大阪支社 大阪市西区新町1丁目4番26号(四ツ橋中央ビル6階) ☎(06)533-2125(代表)  
名古屋支店 名古屋市中村区名駅南二丁目4番19号(住友生命名古屋ビル12階) ☎(052)592-8411(代表)  
広島支店 広島市中区紙屋町1丁目3番2号(住銀広島ビル5階) ☎(082)240-1991(代表)  
福岡支店 福岡市博多区博多駅東2丁目10-35(JT博多ビル3階) ☎(092)451-3251(代表)  
札幌支店 札幌市中央区南1条西12丁目322番地(新永ビル6階) ☎(011)261-5566(代表)  
東北支店 仙台市宮城野区宮城野1丁目26-15 ☎(022)293-3035(代表)  
四国営業所 高松市城東町1-6-26(蓮井ビル4階) ☎(0878)51-0558

**TRI TOKAI**  
**東海ゴム工業株式会社**

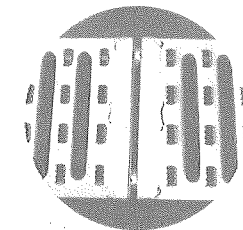
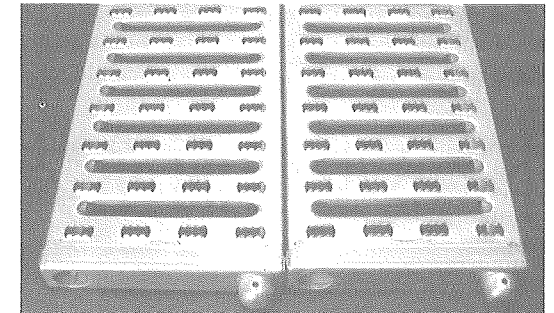
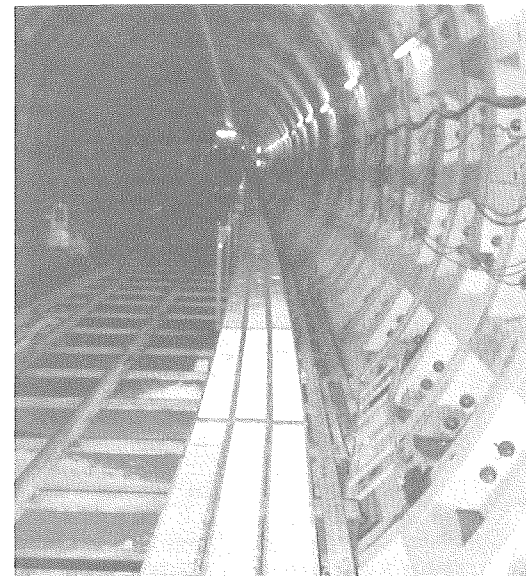


強さと作業性を極めたシート用鋼製足場板(KGJ型)

# シートドステップ

作業通路専用タイプ  
(実用新案 第1453323号 登録済)

ステップ材にコストパフォーマンスの時代を拓く



◀特殊ジョイント

## 軽い……強い……ノンスリップタイプ

### 仮設作業は軽々、抜群のハンドリング

軽さにスチールの強さを兼ね備えた省力型です。扱いやすく、ハンドリングも容易。現場での負担を軽減し、作業能率の向上に威力を発揮します。

### 作業の安全を守る、確実な踏面加工

上面には、泥・モルタル等のたまりを防ぐスリットが入っています。さらに、滑り止め加工(アンチスキッド)を施していますから、油・砂等の付着、寒冷地での凍結時にも安全です。

### 特殊ジョイントで敷設はカンタン

特許技術の特殊ジョイントにより、長手方向へ連続して敷設する場合、直線・曲線を問わず、差し込むだけで連結できます。連結部のはね上がりやパタツキがないため、通路としての使用にも好適です。点検等の際は、連結敷設された足場板の部分的な取り外し、再連結が容易に行えます。

### 長期間の使用に耐える、すぐれた経済性

防錆力の高い溶融亜鉛メッキ仕上を採用。長期間にわたって、スチールならではの強度と剛性を保ちます。木製・合板製と異なり、吸水・吸湿による変形や、焼失のおそれはありません。また、製品が均一ですので、受払い時の検査は、目視だけで十分です。

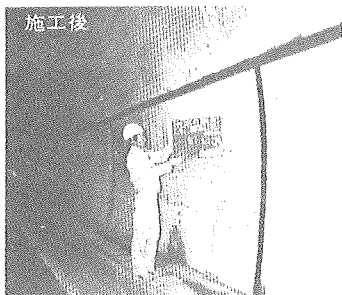
## 川鉄機材工業株式会社

本社 〒135-0044 東京都江東区越中島1-2-21(YKビル)  
本社営業部 ☎03(3820)6553 名古屋支店 ☎052(221)8411  
大阪支店 ☎06(315)4711 福岡支店 ☎092(474)7201

広島営業所 ☎082(211)0367 札幌営業所 ☎011(261)3581  
仙台営業所 ☎022(223)0574 新潟営業所 ☎025(241)5606  
高松営業所 ☎0878(35)1029 鹿児島営業所 ☎0992(22)1407  
●リース部門 関東地区: (株)カワキシステム ☎03(5245)1531  
関西地区: 名古屋機材センター ☎0586(67)3821

# トンネル漏水、氷結防止工事Y.S.B工法

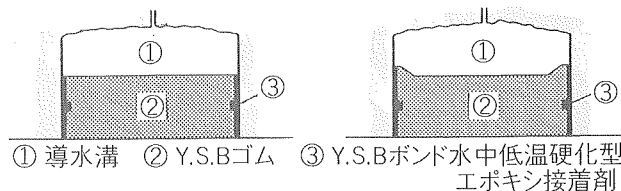
施工後



Y.S.B工法カット挿入型

平タイプ

標準タイプ



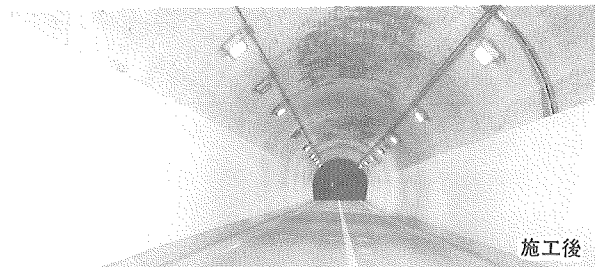
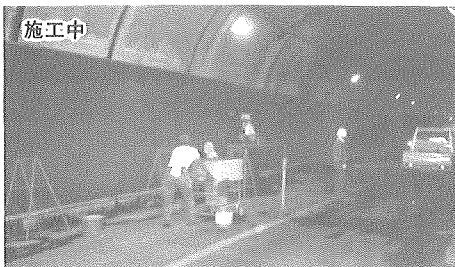
① 導水溝 ② Y.S.Bゴム ③ Y.S.Bボンド水中低温硬化型エポキシ接着剤

難燃性のある、クロロレン系独立気泡スポンジゴム(Y.S.Bゴム)を用いて導水路を形成し、側溝など排水路へ導水するのがこの工法で、「漏水」「氷結」のあるトンネルの防水、導水工事には最適です。またトンネル壁面照度向上塗装前の水処理には、カット挿入型が欠かせません。

# トンネル壁面塗装 Y.T.P-SF工法

PAT第2592956

施工中



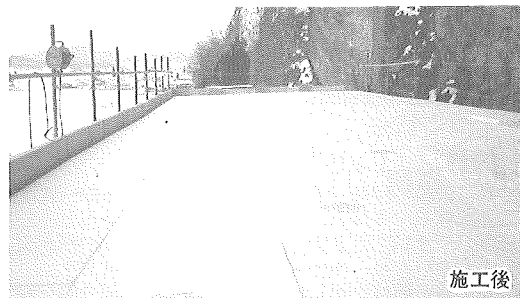
施工後

常乾型フッ素塗料を用いて、トンネル内の照度、洗浄拡散反射率を向上させ、トンネル内の安全性を飛躍的に増大させます。Y.T.P-SFは塗装面の表面張力が低くなるように作られており、水を弾く力が非常に強くなっているので、塵が付着しにくく、水洗いだけでもとの光沢になります。

# ロックシェッドの荷重軽減構造

PAT第2124291

施工後



施工後

ロックシェッド上の敷設土に、比重の軽い発泡体ブロックやハニカム構造体を、組み上げ又は発泡させて、岩石崩壊からロックシェッド・スノーシェッド・トンネル坑門部等の構造物を、保護する工法を考えました。



株式会社 吉澤総合防水

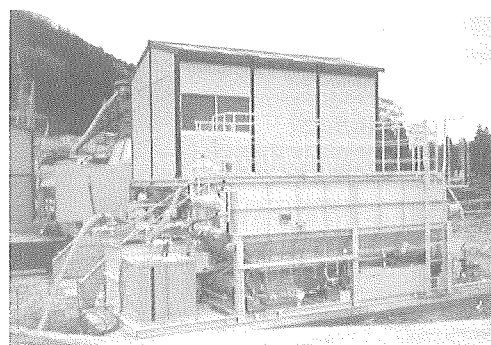
関東連絡事務所 〒270-0021 千葉県松戸市小金原8-16-14 TEL(0473)45-5866 FAX(0473)45-6858

〒390-0851 長野県松本市大字島内3487-17  
TEL (0263) 47-5281  
FAX (0263) 47-2018

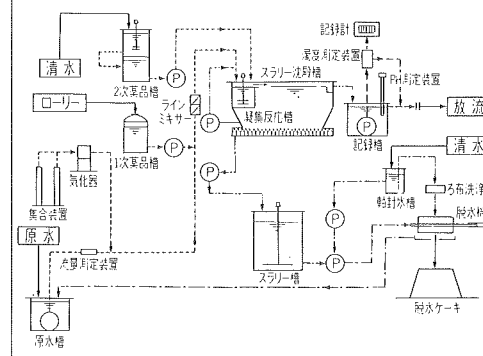
# TOWAハイクリーンII

コンパクトながら

大きな処理能力



フローシート (システム TYPE I)



## 特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汙板型の脱水機を採用していることから汙布等の消耗費が少ない。又、加圧型脱水方式の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。原水流入に合わせた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。

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

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

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

シックナー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



東和工業株式会社総販売店  
株式会社フジテック  
本社 〒930-0821 富山市飯野12-1  
TEL (0764) 52-1616(代)  
FAX (0764) 52-1617



東和工業株式会社  
〒930-0834 富山市問屋町2-3-5  
TEL (0764) 51-3981(代)  
(0764) 51-3768(直通)  
FAX (0764) 51-0964

Towa: Waste Water Treatment System

トンネル工事の  
安全施工で活躍する  
「ロックボルト」

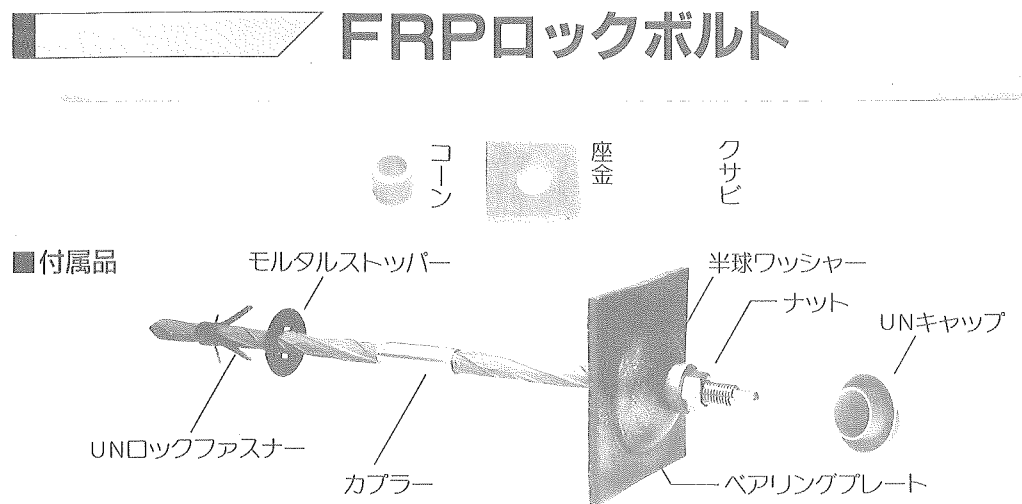


- 抜群の挿入性と  
高引抜強度を確保！
- 一貫生産体制の確立により、  
経済的に！安定供給！

自穿孔ボルト (UND29)



FRPロックボルト



発売元

**RDM** 株式会社アールディメタル

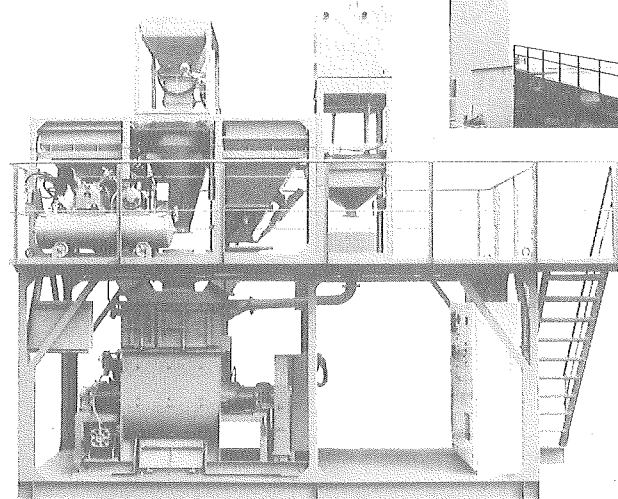
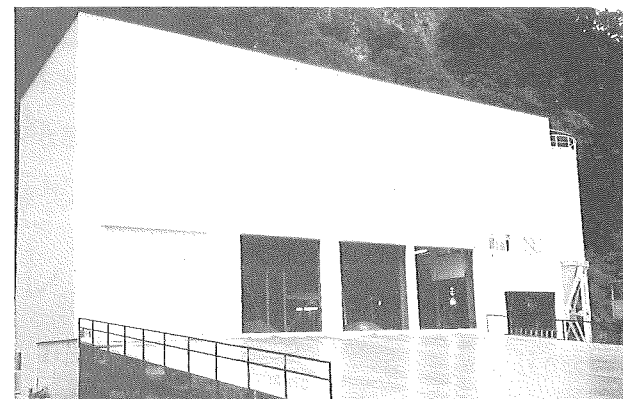
〒940-0004 新潟県長岡市高見町4425番地  
TEL.0258-24-4540(代) FAX.0258-24-7743

製造元

 北越メタル株式会社

豊富な実績！NATMトンネルに最適  
高性能 バッチャプラント

- ☆操作が簡単で取り扱いが容易
- ☆狭い場所にも能力発揮



- 高精度な電子計量システム
  - 全自動ワンマンコントロール方式
  - 印字記録計付
- ※能力に応じた機種を容量に  
よって選択可能です

トンネル用  
高性能 濁水処理プラント

☆据付け工事の少ないユニットタイプと地形に合わせた  
レギュラータイプを製作しております。

各種プラントおよび機器の設計・製作



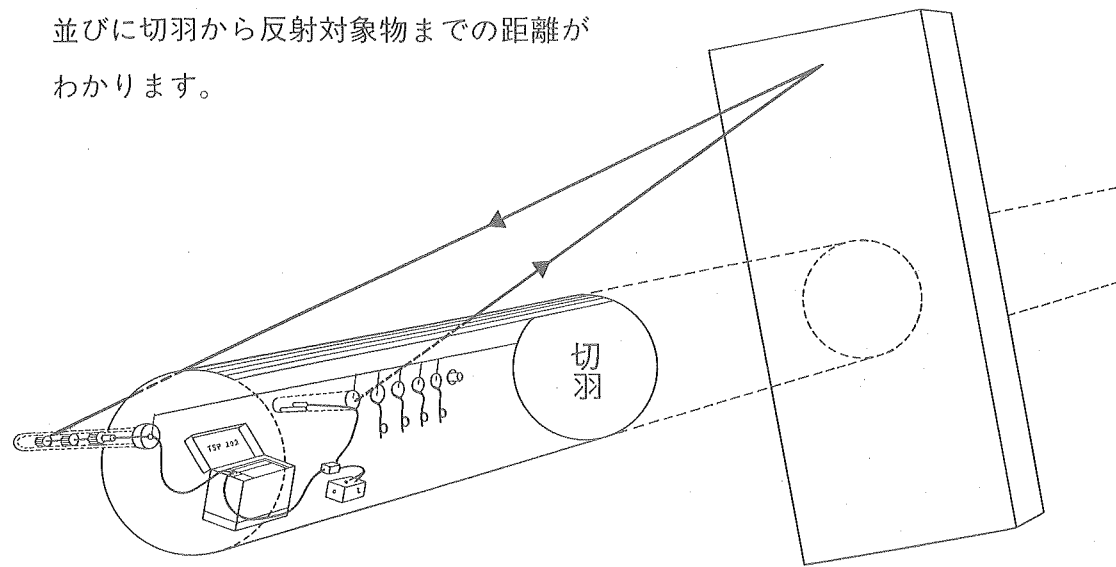
名岐機器株式会社

本社 岐阜県大垣市内原2丁目133-1  
〒503-0936 TEL <0584> 89-7885(代)  
FAX <0584> 89-3693

# 切羽前方及び周辺地山地震探査システム

## TSP 202 (スイス製・特許出願済)

反射対象物（断層や地層の変化）がトンネル切羽前方に存在すると、音波信号の一部がそれらにぶつかって反射し、受振器で拾われます。伝播時間に基づき、反射対象物の位置並びに切羽から反射対象物までの距離がわかります。



- 地山の変化を予測することにより、適切な対策がとれ、安全な施工が行えます。
- トンネル周辺の岩盤力学的パラメータが得られます。
- 測定作業が短時間で行え、測定結果を直ちにフィードバックできます。  
(測定に約1時間、解析に約2時間を要し、その日に結果が得られます)。

総代理店

**FBK 富士物産株式会社**

東京都中央区銀座6-8-7 交詢ビル  
TEL 03(3571)4101 (代)  
FAX 03(3571)4109

# トンネル工法の革命児・アトム

# PC-ATM

ピーシーアトム  
Pre-Cast Arch Tunnel Method

## アトムは21世紀を築き上げていくアーチトンネル工法です。



PC-ATM **PC-ATM 研究会**

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)内 TEL (03) 5221-7263  
FAX (03) 5221-7296

三井物産(株)	TEL (03) 3285-3060	東洋商事(株)	TEL (03) 3294-1444
丸藤シートパイル(株)	TEL (03) 3242-7658	岡三興業(株)	TEL (03) 3436-0710
石川島建材工業(株)	TEL (03) 5221-7263		

## 防音ハウスの専門企業大丸防音が、防音ハウスを動かした!!

道路工事の防音に・工事期間の短縮に・経費の節減に  
連続移動をする工事に最適アイテム  
新開発! 自走式防音ハウス「イドーグン」登場



### 【特徴】

- 1 移動する音源にあわせて、防音ハウスが自走します。
- 2 ハンドル角12度の範囲でカーブを切ること可能、カーブしている場所でも使用が可能です。
- 3 勿論、音源のサイズにあわせて、防音ハウスの大きさも自由に替えられます。(応相談)
- 4 天井クレーンの組み込みが可能です。(3t未満、オプション)
- 5 本体の組立期間は3~5日の短期間で済みます。
- 6 25~30ホンの減音効果が期待できます。

自走式防音ハウス

# イドーグン

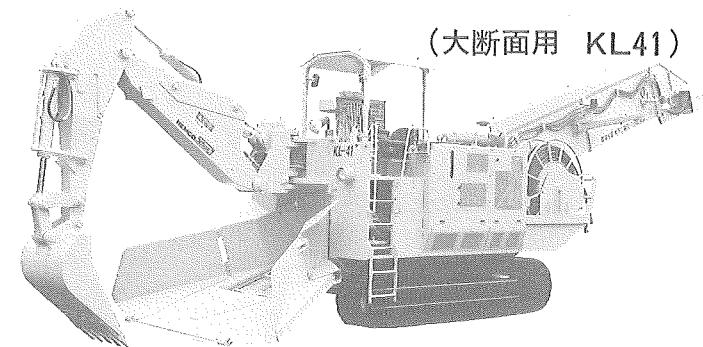
**DMR 大丸防音株式会社**

Daimaru 本社 〒105-0004 東京都港区新橋1-5-6 第2石橋ビル  
TEL.03-3574-1811(代表) FAX.03-3574-1836  
〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3-28-16 オーベクスビル  
TEL.06-821-6151 FAX.06-821-6477

## トンネル 急速施行の最新鋭機!

**KEMCO** Schaeff · ロータ

ドイツの特殊建機専門メーカーKarl Schaeff社とコトブキ技研工業(株)が、締結した技術提携に基づき製作・販売されるもので国内のニーズに応え、開発された新方式のずり積込機です。トンネル工事(断面積5~150㎡)又、碎石現場、道路工事等幅広く活用でき、作業能率の向上に威力を発揮。

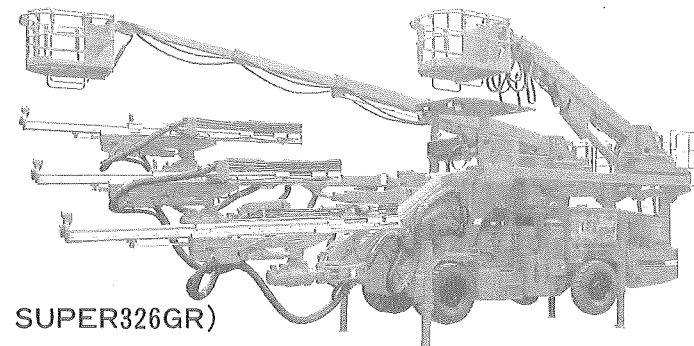


(大断面用 KL41)

型式	KL7	KL20	KL41	KL51	KL100B
適用ずり取り断面	5~12㎡	10~30㎡	30~80㎡	30~80㎡	70~150㎡
油圧パワーパック	30KW×1	45KW×1	90KW×1	90KW×1	132KW×1
コンベア能力	70㎡/h	150㎡/h	300㎡/h	300㎡/h	540㎡/h
重量	8.5 TON	13.0 TON	25.0 TON	25.5 TON	49.0 TON

## KEMCO TAMROCK 油圧モビール・ジャンボ

フィンランドTAMROCK社の高度な技術と、日本の岩石と戦って半世紀の歴史を持つKEMCOのノウハウが、コンパクトな油圧モビルジャンボを完成。小断面用レールジャンボから、ミニベンチ対応の3ブーム2バスケット油圧モビルジャンボSUPER326GRまで各種販売。



(大断面用 SUPER326GR)

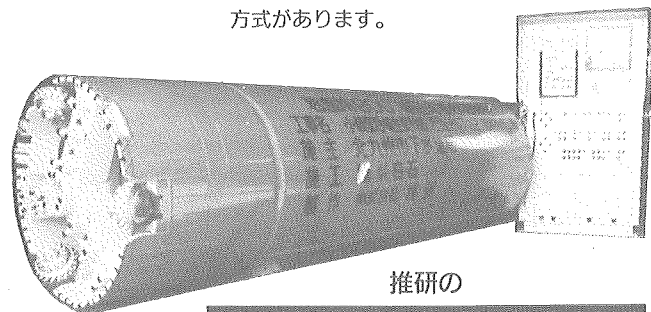
型式	RMH205	MH215TR	MAXIMATIC325TR	SUPER326GR
適用掘削断面	4~40㎡	16~100㎡	25~110㎡	25~110㎡
油圧パワーパック	45KW×2	45KW×2	45KW×3	55KW×3
エンジン出力	—	180PS/2,200rpm	160PS/2,300rpm	160PS/2,300rpm
重量	13.0 TON	31.0 TON	42.0 TON	42.0 TON

## コトブキ技研工業株式会社 建機事業部

■本社 〒160-0022 東京都新宿区新宿1-8-1 大橋御苑駅ビル2F ☎03(3226)3366  
■広島営業所 〒737-0191 広島県呉市広白岳1-2-2 ☎0823(73)1134  
■盛岡出張所 ☎019(654)2171 ■福岡営業所 ☎092(471)8819  
■支店/大阪 ■営業所/札幌・東京・名古屋・松山 ■広島営業所 ☎0823(73)1131

石盤を握る。

- 小口径(φ800~φ1350)に対応できます。
- 岩盤強度1000kg/cm<sup>2</sup>以下の推進に経済的です。
- 岩盤と普通土との互層土質も施工可能です。
- 岩盤の変化を目で確認できます。
- 掘進方法は切削方式、もちろんビット交換等は可能です。
- 掘削排土はスクリーパー排土方式と流体排土方式があります。



推研の

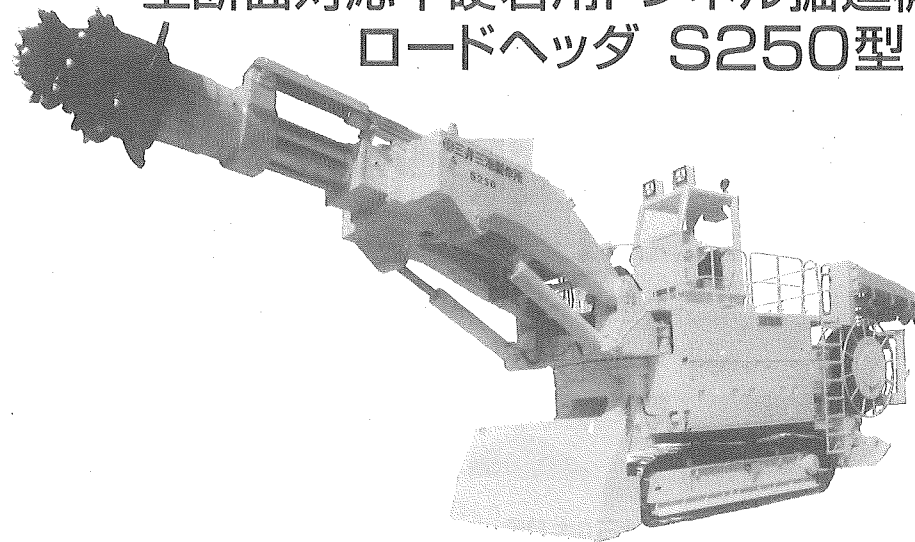
## 複合掘進機

岩盤専用

●お問合せは  株式会社 推研

本社 〒547-0001 大阪市平野区加美北1-21-13  
Tel. 06-752-6682 Fax. 06-752-6844  
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

## 全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダ S250型



### 特長

1. 最大9.0mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 250kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。

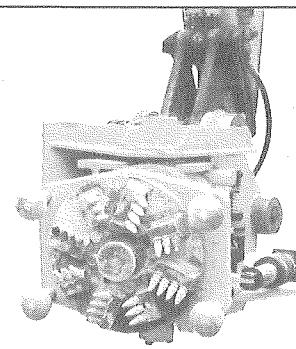
### 新製品

## 初太郎 (RPC-220型)

コンクリート橋脚はつり機

耐震補強工事のお助けマン登場!

はつり深さを均一に制限でき、  
狭い現場でも楽々作業。



土木・建設産業の一翼を担う。

販売元  ミイケ機材株式会社

本社/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目3番16号 三井ビル6号館  
TEL.03-3241-4711 FAX.03-3241-4960

札幌営業所 TEL.011-644-9110 FAX.011-644-9125  
新潟営業所 TEL.0258-47-1085 FAX.0258-47-1290  
広島営業所 TEL.082-240-9220 FAX.082-240-9237

仙台営業所 TEL.022-247-7155 FAX.022-247-7560  
大阪営業所 TEL. 06-308-1090 FAX. 06-306-2881  
福岡営業所 TEL.092-592-7510 FAX.092-572-6316

製造元  株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館  
TEL.03-3270-2006 FAX.03-3245-0203

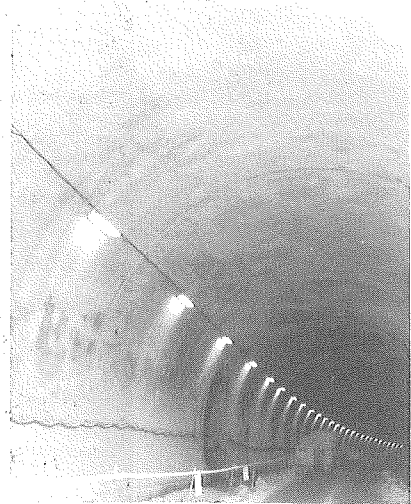
コンクリートの劣化, 欠陥箇所の改修, 補修……

急硬性改修モルタル

# ドクターQ改修工法

〈工期短縮, 即日仕上り〉

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

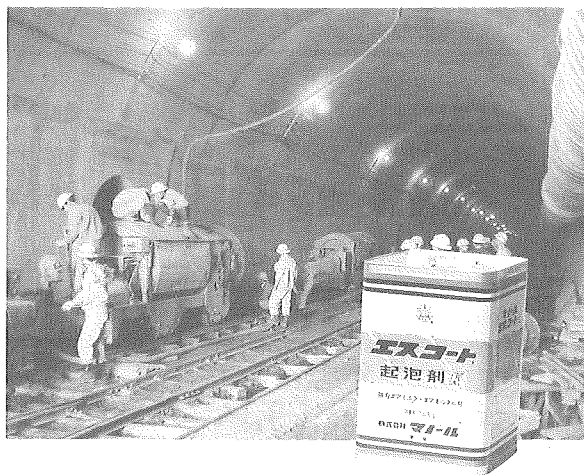


- 短時間で高強度, 即日仕上り
- 強力な接着力と収縮, ヒビ割れ防止
- 防水性, 防錆力に優れ, 中性化防止
- 既調合品で現場管理が簡単

エアモルタル裏込め注入……

## エスコート L & K 起泡剤

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



◆ 土木資材の総合プランナー ◆



株式会社 **マニール**

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

トンネル, 法面補強および擁壁補強らに貢献する

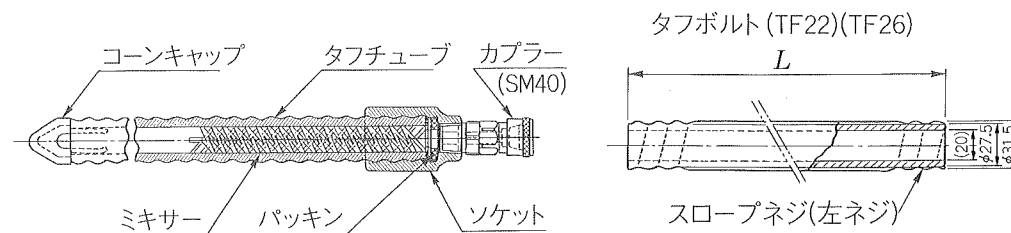
# TFTの中空ロックボルト

新製品

タフボルトTF22(タフチューブ)でコスト削減を!

## TFTタフボルトの特徴

1. 種類が豊富……目的に適った合理的な材料を選択できることにより大幅なコストダウンが可能。
2. 自穿孔, 注入管(フォアパイリング等)の何れにも使用可能。
3. 最大6mまでの長尺が可能。
4. 孔径が大きく施工性が良い。



## ◆ タフボルトシリーズ主要諸元

種類	外径 (孔径) mm	引張り荷重 Tf	降伏荷重 Tf
タフボルト TF32 (自穿孔型ボルト)	φ34.0 (φ20)	32以上	25以上
タフボルト TF26 (自穿孔型ボルト)	φ31.5 (φ20)	26以上	20以上
タフボルト TF22 (自穿孔型ボルト)	φ31.5 (φ20)	22以上	18以上
タフチューブ (注入ボルト)			

TFT 株式会社 ティーエフティー

〒220-0051 横浜市西区中央一丁目29番16-402号  
TEL 045-320-1701 FAX 045-320-1702

# MITSUBISHI 玉石・転石混り

DIABIT

## 砂礫層掘削に多数実績有り!

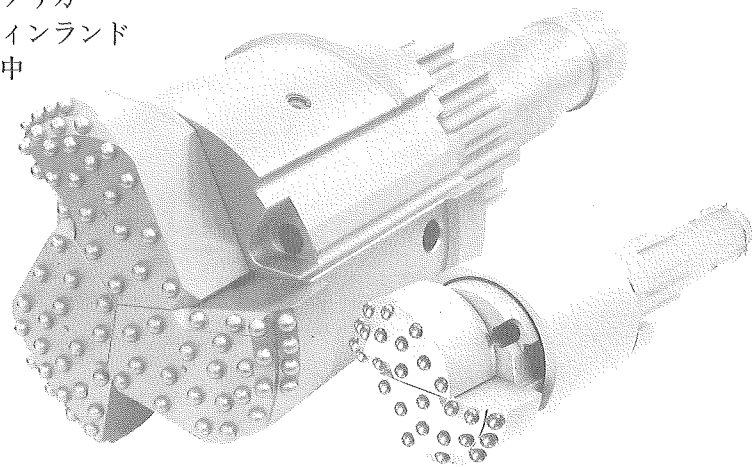
ダウンザホールドリルのスピードを活かす

# スーパーメックスピット

特許製品

- 日本
- アメリカ
- 欧州
- オーストラリア
- アフリカ
- フィンランド
- ★その他特許申請中

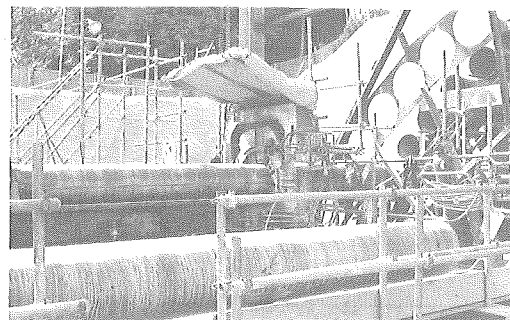
“科学技術庁『注目発明賞』受賞”



★今までにない確実な拡縮径機構を試してみませんか?

★大幅な作業性向上とコストダウンが期待できます。

★拡径時のビットゲージ125mm~685mmのワイドバリエーション。



硬質地盤の推進 (パイプルーフ工事)

用途	機械 (適用例)
●基礎工 ●土留め工 ●水井戸工	オーガマシン 電動モーター } +エアハンマー 油圧モーター }
●各種アンカー工事	アンカー用ドリフター アンカー用ドリフター +エアハンマー ボーリングマシン +エアハンマー
●パイプルーフ	ボーリングマシン +エアハンマー 小径推進機 +エアハンマー
●フォアパイル	アンカー用・ジャンボ用ドリフター アンカー用ドリフター +エアハンマー

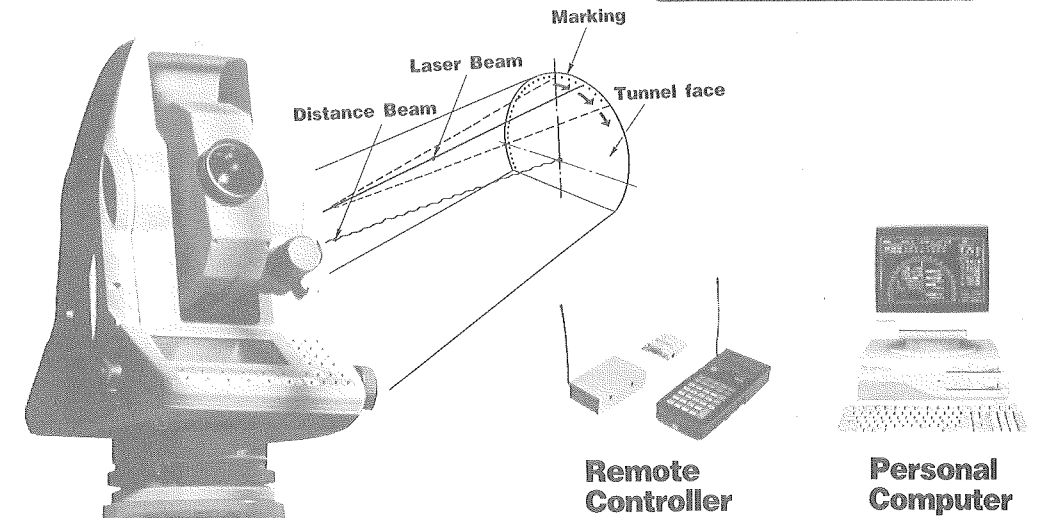
※回転+パーカッション装置の組み合わせで種々の工事に応用できます。

三菱マテリアル ホームページアドレス <http://www.mmc.co.jp/japanese/sector/rocktool.html>

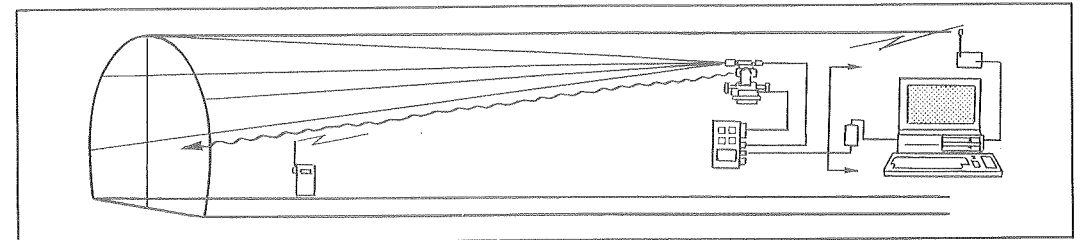
東北支店 ☎(022)262-0151 東京支店 ☎(03)3660-0316 名古屋支店 ☎(0584)27-4331  
大阪支店 ☎(06) 538-5146 九州支店 ☎(092)271-3035 海外グループ ☎(0584)27-5011

# 我が国最大の実績を誇る レーザープロットシステム

国内、海外特許取得済み



余掘り・アタリが大幅に減少、手動測量と同レベルの高精度を実現します。



### □ 新型レーザーマーキングシステムの特徴

1. 360°全周駆動により、急曲線、大断面掘削にも対応。
2. レーザー管を従来タイプより小型化し、駆動モーターを本体に内蔵としたため、コンパクトで設置が容易。
3. 3"の測角精度により、施工精度を向上。
4. 2次覆工におけるセントル位置決め等の切羽と逆向きの作業も全自動で可能。
5. 別売りのノンプリズム光波測距装置によって、
  - トンネル断面形状測定 ● 山留の変位計測 ● 大規模地下空間の形状計測等の応用が可能

### □ その他営業品目

- ジャンボ搭載型穿孔パターン照射システム
- ノンプリズム断面計測器
- 急曲線の座標計測 (ビームライナー)
- 多機能変位計測 (内空変位)
- シールド掘進機位置検出器

お問い合わせは

**MAC マック株式会社**  
〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3  
TEL (047) 371-3191 FAX (047) 371-3190

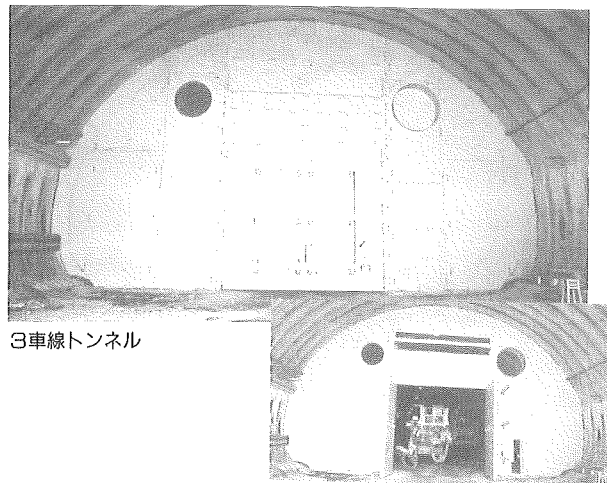
〔販売元〕

伊藤忠建機株式会社  
エヌアイ建機株式会社  
古河ドリルテック株式会社

# 快適な環境と理想的作業空間を創造

## 防音扉(HFS型新マークII)

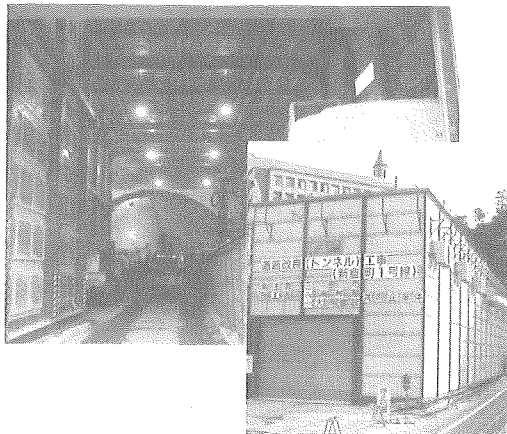
トンネル工事の発破騒音、低周波音は周辺環境に対しさまざまな問題を起こしている。ヒューズ工業の防音扉は低周波音の減音効果を重視した設計になっている。



3車線トンネル

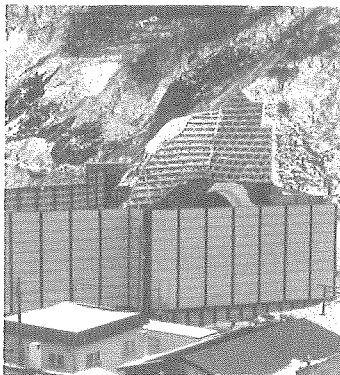
## パネル型防音シェルター

トンネル工事に於けるブレーカー等機械掘削音、関連機器の発生音等の対策設備である。発破にも対応する様製作している。



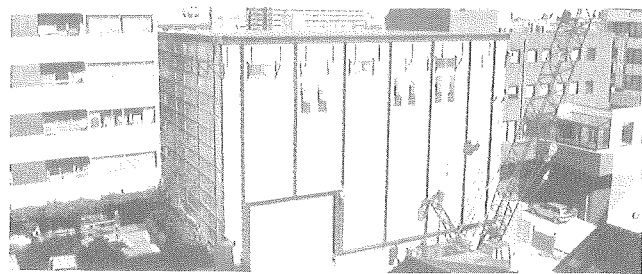
## 防音壁

トンネル工事で発生する車両、ズリの仮捨、処理プラント等の騒音対策である。



## 防音ハウス

規格化された防音材料の組み合わせによる経済的なユニットハウス、限定された現場敷地を有効利用できる様、環境に配慮した防音設備である。



都市トンネル用 IV型建屋

リース・レンタルに関し、ご相談下さい。



◆計量事証明業登録 騒音レベル 第913号 ◆建設業登録 とび・土工事業 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 TEL 03(3617)81111 FAX 03(3617)7565  
 □大阪営業所 〒531-0072 大阪府大阪市北区豊崎3-4-14 ショーレイビル TEL 06(359)2611 FAX 06(359)2288  
 □つくばテクノセンター 〒300-2431 茨城県筑波郡谷和原村大字上小目191-2 TEL 0297(52)2844 FAX 0297(52)3680

夢をかたちに  
信頼と創造の富士通

FUJITSU

富士通の  
画像通信システムが  
災害対策を  
バックアップ。



災害現場をリアルタイムで見ながら、同時に離れた複数の地点とテレビ会議で対策を検討。富士通の画像通信システムなら可能です。

用途で選べる、富士通の画像通信機器

富士通ビデオコンファレンスシステム VS-700sxt (H.261)

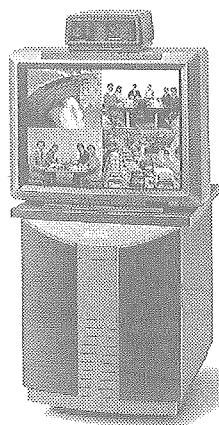
だれにでも使いこなせる豊富な機能を満載。本格的なテレビ会議が手軽に実現できるシステムです。

富士通ビデオコーデック FEDIS-T(H.261) / M2 (MPEG2) / U (H.261/H.263) / S (H.261)

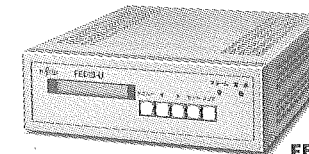
あらゆる回線種別、速度に対応した充実のラインアップ。ビデオカメラ等の画像を圧縮処理して、ISDN回線や電話回線などで手軽に伝送可能です。

富士通多地点テレビ会議装置

複数地点間でのテレビ会議を実現するシステムです。



VS-700sxt



FEDIS-U

# 富士通画像通信システム

お問い合わせは—富士通株式会社 ネットワークビジネス本部 販売推進統括部 〒100-8211 東京都千代田区丸の内1-6-1(丸の内センタービル) TEL.(03)3215-5261

**BRIDGESTONE**

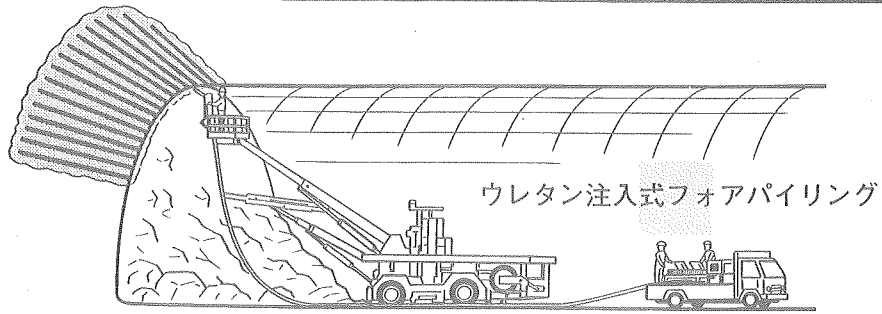
厳しい条件下の施工に  
迅速な対応・信頼の  
ブランド

ブリヂストンのトンネル資材

切羽の安定化対策用補助工法

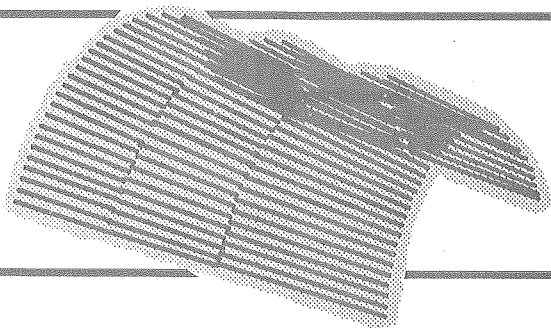
**エバーライトGK工法**

ウレタン注入式岩盤固結工法



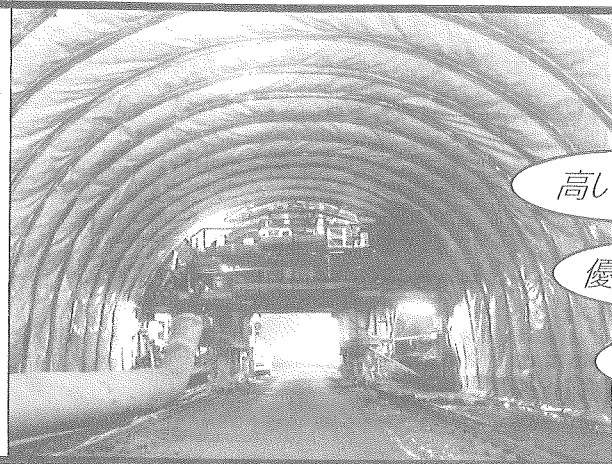
ウレタン注入式フォアパイリング

注入式長尺先受工法  
(AGF工法)



**ナトミックシート**

トンネル用防水シート



高い防水性

優れた耐久性

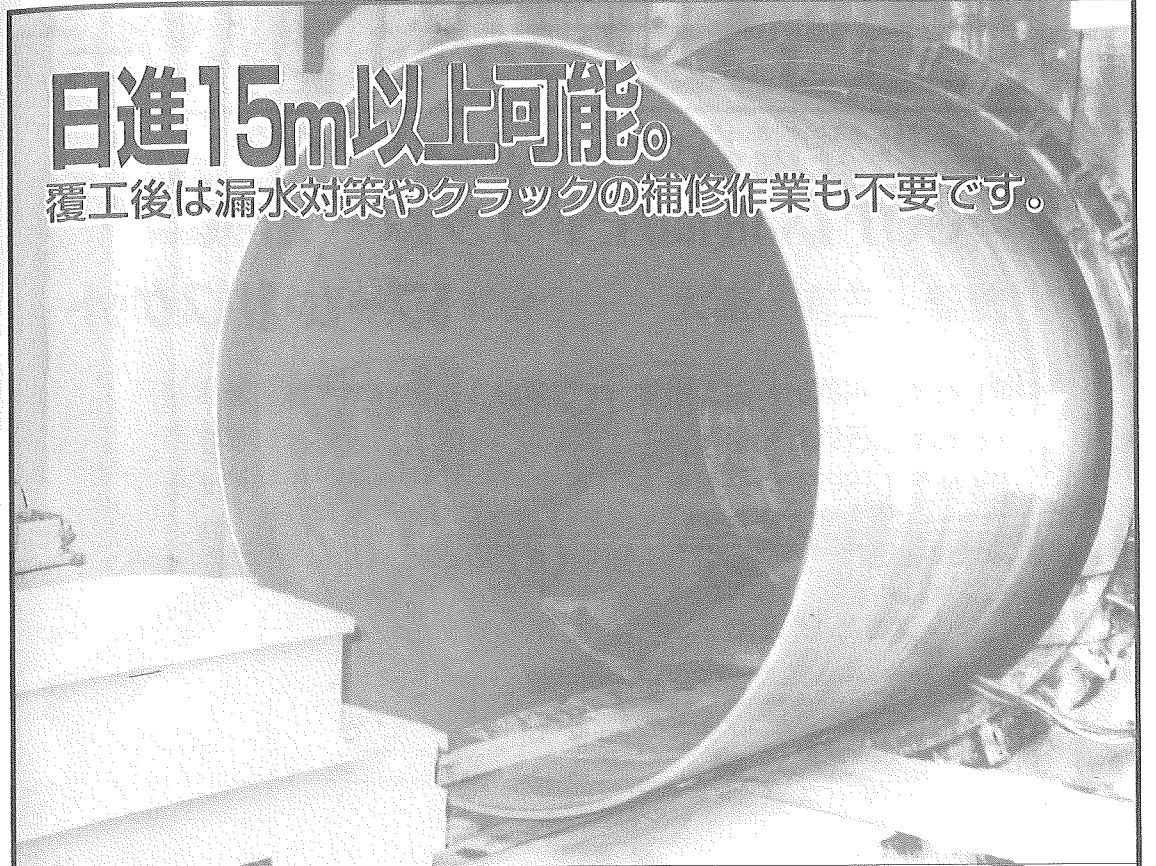
容易な施工性

株式会社ブリヂストン

土木・海洋商品販売部  
東京都中央区京橋1丁目10番1号 〒104-0031  
電話 東京 (03) 5202-6873

日進15m以上可能。

覆工後は漏水対策やクラックの補修作業も不要です。



工期短縮が可能で経済的

施工はFW-L工法用強ブラ管を搬入して心出し・接合したあと、セグメントと管材との間にグラウト材を注入するだけ。

安全で清潔な施工環境を実現

軌条設備は等辺山形鋼をセグメントに直接溶接。作業空間が広く、中腰作業が極めて少なくなります。また坑内の大気は清潔で、安全性に優れています。

近隣への影響も最小限に抑制

立坑ヤードから作業する工法なので、道路遮断による近隣への迷惑も最小限に抑えることができます。

優れた耐食性・耐久性

管材は耐食性、耐久性、耐摩耗性に優れた強ブラ管。コンクリート二次覆工に比べ通水量が同一の場合、必要内径を約10%小さくできます。

短期施工+安全性

**FW-L工法**

トンネル・シールド二次覆工

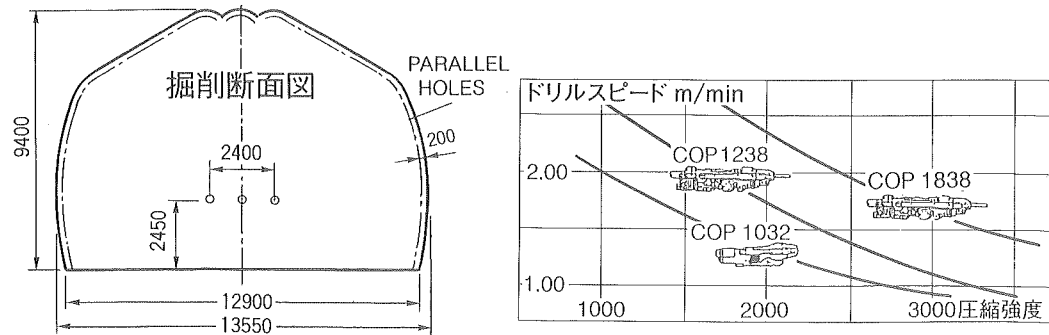
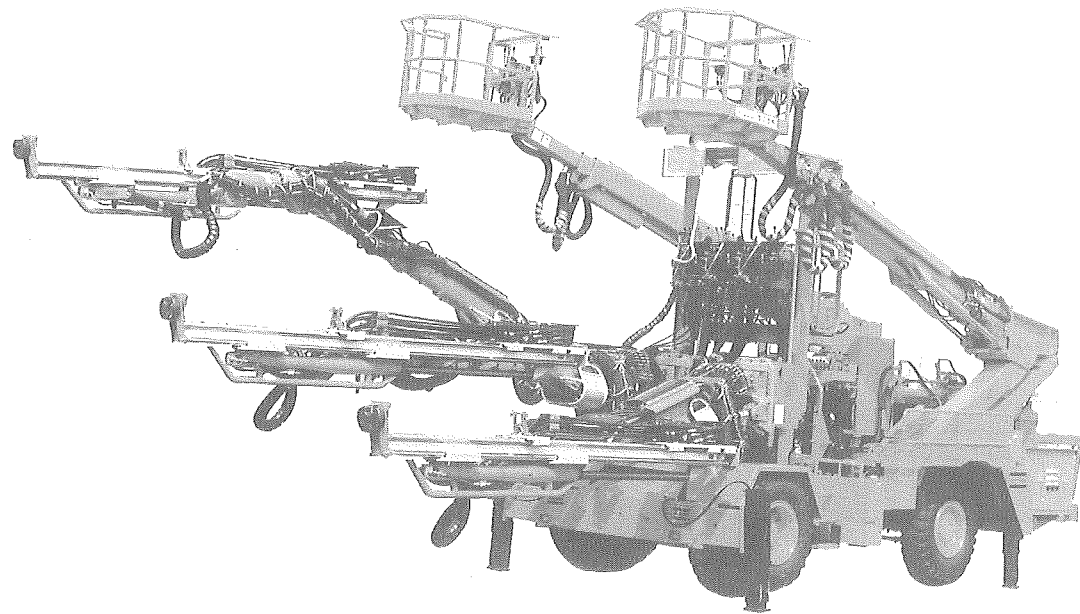
FW-L工法研究会

- キザイテクト株式会社  
〒451-0055 名古屋市西区堀越二丁目3番20号 ☎052(521)6436
- 麻生フォームクリート株式会社  
〒211-0022 川崎市中原区荻宿287番地 ☎044(422)2061
- 株式会社アクアテック  
〒660-0095 兵庫県尼崎市大浜町二丁目26番地 ☎06(415)2078
- ミサワホーバス株式会社  
〒338-0001 埼玉県与野市上落合2-4-1 ☎048(858)5211
- 〒540-0031 大阪市中央区北浜東2-14 ☎06(942)3121
- 株式会社クボタ  
本社 〒556-0012 大阪市浪速区敷津東一丁目2番47号 ☎06(648)2338  
東京本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町三丁目1番3号 ☎03(3245)3103  
事務局: 〒556-0012 大阪市浪速区敷津東一丁目2番47号 株式会社クボタ内 ☎06(648)2338

# アトラスコプコ・ロケットジャンボ

世界最高のドリルスピード  
COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム・2バスケット



**ドリルマシン株式会社**  
**DRILL MACHINE CO., LTD.**

本社 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里2-23-11 TEL (03) 3806-3377  
 関西支店 〒657-0845 神戸市灘区岩屋中町4-1-5 TEL (078) 802-5551  
 九州営業所 〒839-0809 福岡県久留米市東合川4-9-30 TEL (0942) 43-5315  
 東北営業所 〒020-0823 岩手県盛岡市門2-9-44 TEL (0196) 25-6312  
 工場 〒679-1332 兵庫県多可郡加美町大袋川端454-3 TEL (0795) 36-0461

【好評発売中】

P. A. ドミニコ, F. W. シュワルツ著

# 地下水の科学

各B5判  
全3巻

地下水の科学研究会

大西 有三 監訳

第I巻 地下水の物理と化学

本体価格 4,078円 円380円

第II巻 地下水環境学

本体価格 4,272円 円380円

第III巻 地下水と地質

本体価格 3,689円 円340円

本書は様々な環境問題を地下水理学の立場から本格的に取り扱うため、水の物理的・化学的性質、地球の状況、水資源としての地下水の状況、地下水の水理学的特性とその調査方法など多岐にわたっており、地質学者、水理地質の実務者、地球化学者ならびに流体力学に関心のある地球物理学者、または、地質学を学ぶ学生など広範に満足させる内容となっている。

### 〈第I巻 主要目次〉

序論 岩石における空隙の起源と透水性 地下水の動き 岩石の弾性的な性質と流れの方程式 水理試験 (モデル, 方法と応用) 溶質と粒子の輸送 汚染物質の水理地質学入門

### 〈第II巻 主要目次〉

地下水の化学 化学反応 物質輸送の数字理論 地下水による物質輸送 (水質編) 地下水による物質輸送 (地質編) 物質の輸送のモデル 輸送プロセスとパラメータ同定 水質浄化の対策

### 〈第III巻 主要目次〉

水資源 堆積盆水環境における地下水 地殻における地下水 地下水流動における熱輸送

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

きりーとーりー線

《ご注文票》

地下水の科学 I・II・III \_\_\_\_\_ 冊 申込みます。

所在地 〒 ( )

事業所名

部 課 名

申込者名



トンネル工学

シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会編  
B 5判 285頁 本体4,660円 (〒380円)

山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会編  
B 5判 500頁 本体14,573円 (〒450円)

わかりやすい トンネル力学

福島啓一 著  
B 5判 286ページ 本体5,825円 (〒380円)

わかりやすい トンネル技術入門

<山岳トンネル編>  
金原弘・渡部雅・立石俊一・稲見悦彦 共著  
A 5判 139頁 本体2,100円 (〒310円)

<都市トンネル編>  
橋本定雄・松本崇義・松本正敏 共著  
A 5判 204頁 本体2,800円 (〒310円)

トンネル工事の衛生と環境保全

臼谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著  
A 5判 211頁 本体3,200円 (〒380円)

岩盤工事・地質工学

地下水の科学 I ~ III (全3巻)

P. A. ドミニコ・F. W. シュワルツ 共著  
地下水の科学研究会 大西有三 監訳

第I巻 地下水の物理と化学  
B 5判 235頁 本体4,078円 (〒380円)

第II巻 地下水環境学  
B 5判 252頁 本体4,272円 (〒380円)

第III巻 地下水と地質  
B 5判 197頁 本体3,689円 (〒340円)

岩盤分類とその適用

吉中龍之進・桜井春輔・菊地宏吉 編著  
B 5判 231頁 本体4,656円 (〒380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・斎藤正忠・北川隆 共訳  
B 5判 444頁 本体9,800円 (〒450円)

ブロック理論と岩盤工学への応用

R. E. グッドマン・G. H. シー共著  
吉中龍之進・大西有三 共訳  
A 5判 360頁 本体4,855円 (〒380円)

岩盤の計測と解析

鈴木 光 著  
A 5判 244頁 本体4,200円 (〒380円)

建設工事の保安地質 (改訂版)

石井康夫 著  
A 5判 474頁 本体6,000円 (〒380円)

建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著  
A 5判 324頁 本体4,300円 (〒380円)

わかりやすい 土质地質学入門

池田和彦・大島洋志 共著  
A 5判 224頁 本体1,900円 (〒310円)

地質工学概論

菊地宏吉 著  
B 5判 276頁 本体4,757円 (〒380円)

土木一般・その他

海洋資源開発

稲田善紀 著  
A 5判 247頁 本体3,400円 (〒380円)

ジオテクスタイル設計マニュアル

T. A. Jaliburton・D. Lawmaker・V. C. McGuffey 共著  
田中 茂・山岡一三・廣田泰久 共訳  
A 5判 405頁 本体8,000円 (〒380円)

きみの庭にも温泉が出る

石井康夫 著  
新書判 183頁 本体980円 (〒240円)

きみも金鉱を発見できる

石井康夫 著  
新書判 200頁 本体980円 (〒240円)

株式会社 土木工学社

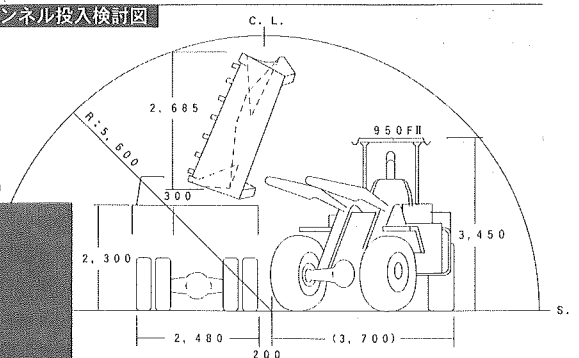
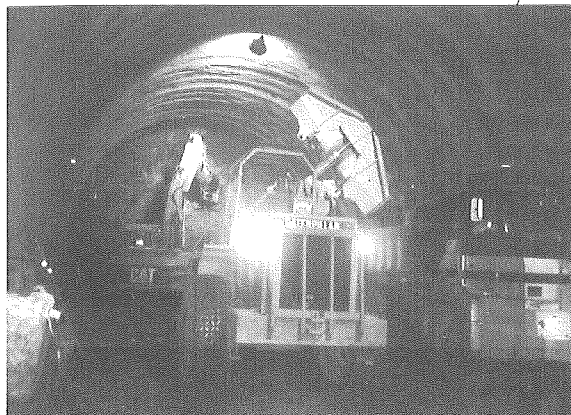
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー 神楽坂  
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072

《やはりキャタが定番》

トンネル投入検討図

CAT 950F II ホイールローダ

●総重量 16,400 (kg) ●定格出力 172 (PS) ●バケット容量 2.3 (m<sup>3</sup>)



株式会社 ケイ・リー

仙台：TEL.022-359-5331  
東京：TEL.03-3661-5651  
大阪：TEL.06-838-1372

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

トンネル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 岐阜県本巣郡根尾村神所362-1  
TEL(0581)38-2241(代) FAX(0581)38-3383  
営業所 〒501-1203 岐阜県本巣郡本巣町文珠64-387  
TEL(0581)34-3990(代)

# 吹付コンクリート早期強度測定器 シゲンテスタCV

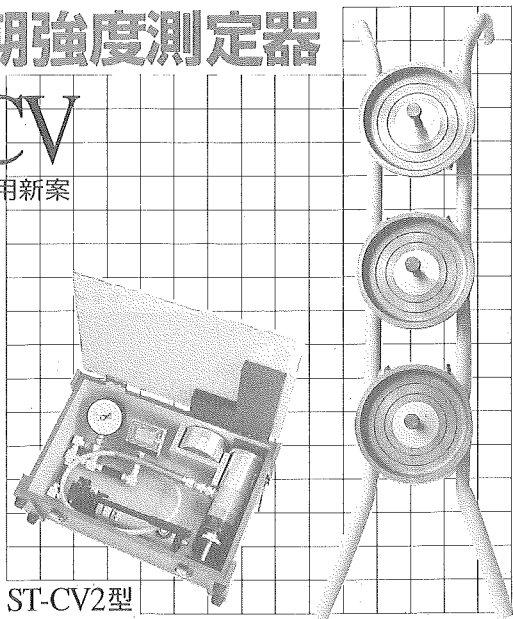
特許・実用新案

さらに使いやすくなって、新登場

圧力、圧縮強度を同時表示。  
小型軽量化により、機動力アップ。

### 特長

- テストデータを現場で素早く正確に測定。
- 圧縮強度0~30N/mm<sup>2</sup>までの測定が可能。
- 圧縮空気、電源等の設備は不要。
- 従来品より約5kg小型軽量化を実現し、可搬能力が向上。



ST-CV2型

お問い合わせは

TEL 03-3431-9341 **JTR** ジャパン テクノロジ リサーチ株式会社  
代表取締役 鈴木 成  
〒105-0002 東京都港区豊洲1-3-1 FAX 03-3435-0388

湧水・流水のある土木構築物の補修・補強に、

# アロンMショット工法

瞬結性ポリマーセメントモルタル吹付工法



アロンMショット工法の適用例

1. 鉄道トンネルの断面欠損補修、劣化部補強
2. 導水路内面劣化部の補強
3. コンクリート橋の橋脚、橋梁の劣化部補強
4. 山岳法面・ダム放水池法面の表面保護
5. 地下連続壁の補強
6. 鉄骨構造物の被覆防護
7. 護岸補修

使用方法については、工法研究会までご相談下さい。

(会員名簿) 五十名

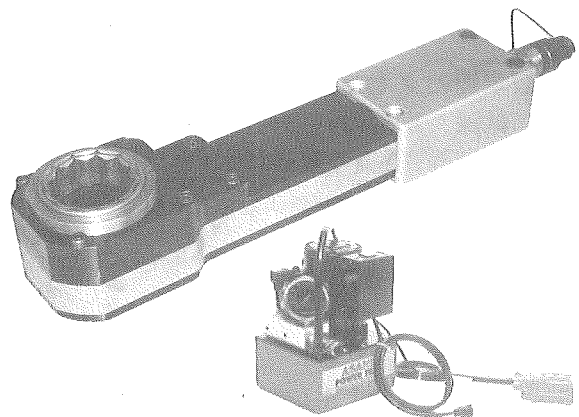
- 内野建設興業 ☎0832-53-0535
- 榎ケルビン ☎03-3663-0141
- コニシ工営(株) ☎011-764-3001
- (株) 三 紘 ☎0985-26-4128
- (有)ソイル技研 ☎0852-22-7281
- 日興レジン工業(株) ☎011-784-2331
- 日本基礎技術関東本社 ☎03-3476-5701
- 本社 ☎06-351-5621
- 日本綜合防水(株) ☎03-3403-0171
- 富士開発(株) ☎0764-32-3160
- 東亜合成株式会社 ☎03-3597-7339

## 〈アロンMショット工法研究会〉

事務局：東亜合成株式会社 機能製品事業部建材グループ内 東京都港区西新橋1-14-1  
TEL：03-3597-7339 FAX：03-3597-7380

ボルト締め付けの大幅なスピードUPを実現

# セグメント用油圧トルクレンチ PAT.P



- 従来の油圧トルクレンチが入らないピース間（ダブルボルトタイプ）ボルトボックスの奥側ボルトまで対応。
- 従来の油圧トルクレンチの「ピストン→回転変換」では果たせなかった1ストロークあたり約60°の駆動を実現。
- 重量は5.6kgと軽く、電動式トルクレンチより操作性が良い。
- 最大トルクが100kg.f.mと大きく、M33のセグメント用ボルトにも余裕を持って締め付け出来る。

ASAHI **A.S.H** TOOLS

新日本ツール株式会社

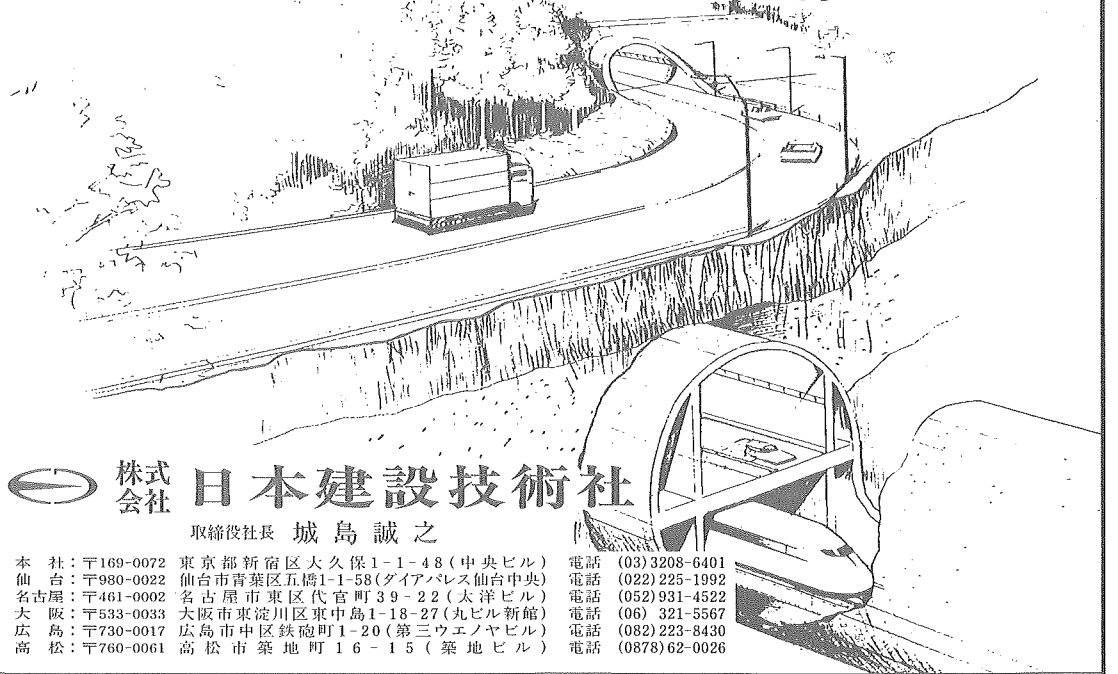
特機事業部

本社 〒578-0965 東大阪市本庄西3-100

大阪営業所 TEL (06) 745-1141 FAX (06) 745-1366  
東京営業所 TEL (03) 3621-1051 FAX (03) 5608-7066  
名古屋営業所 TEL (052) 851-2724 FAX (052) 859-1151  
福岡営業所 TEL (092) 611-8968 FAX (092) 624-1379  
新潟出張所 TEL (0256) 92-7141 FAX (0256) 91-1009  
両毛出張所 TEL (0276) 38-6123 FAX (0276) 38-6123

昭和34年創立 総合建設コンサルタント (社)建設コンサルタンツ協会会員

# トンネル・道路・共同溝設計



株式会社 **日本建設技術社**

取締役社長 城島 誠之

本社：〒169-0072 東京都新宿区大久保1-1-48(中央ビル) 電話 (03) 3208-6401  
仙台：〒980-0022 仙台市青葉区五橋1-1-58(ダイアパレス仙台中央) 電話 (022) 225-1992  
名古屋：〒461-0002 名古屋市東区代官町3-9-22(大洋ビル) 電話 (052) 931-4522  
大阪：〒533-0033 大阪市東淀川区東中島1-18-27(丸ビル新館) 電話 (06) 321-5567  
広島：〒730-0017 広島市中区鉄砲町1-20(第三ウエノヤビル) 電話 (082) 223-8430  
高松：〒760-0061 高松市築地町1-6-15(築地ビル) 電話 (0878) 62-0026

**SANDVIK**  
SANDVIK K.K.

# ロックツールのパイオニア



- スウェーデンの多国籍企業  
世界90ヶ国に200の小会社、日本でも36年
- トンネル掘削ビット・ロッド
  - ベンチドリリング用ビット・ロッド
  - ダウンザホールビット
  - ローラビット
  - 立坑用レイズボーリング用カッター
  - オーバーバデン用チューベックス
  - ロードヘッダー用ツール
  - ミッションダウンドホールハンマー
  - パイプルーフ用ビット
  - フォアパイル用ビット

**サンドビック株式会社** ロックツール事業部 TEL 078-992-0935  
神戸市西区室谷2-2-9 FAX 078-992-0937

## トンネル防水シートは 信頼と実績のブランドで!

- 株式会社 ケー・エフ・シー 〒105-0014 東京都港区芝2-5-10(芝公園NDビル)  
TEL 03-3798-8511
- シーアイ化成株式会社 〒104-0031 東京都中央区京橋1-18-1(八重洲片貝ビル)  
TEL 03-3535-4565
- 通研産業株式会社 〒984-0812 仙台市若林区五十人町20-5  
TEL 022-286-5794
- 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 03-3574-9571
- 株式会社 ブリヂストン 〒103-0027 東京都中央区日本橋3-5-15(同和ビル)  
TEL 03-5202-6873

## トンネル防水シート協会

〒195-0074 東京都町田市山崎町1223 シーアイハイッシーC-1101 電話 0427-94-3515

## 特殊鋼芯入り 油圧ブレーカー用チゼル(トンネル掘削用) スーパーデルタQ-8 PAT第1751956号

# 作業がはかどる。

- 耐熱性に富んだ特殊鋼をチゼル先端部に圧入。
- 耐摩耗性がアップ、長寿命。
- 抜群の作業効率を發揮。



- ブレーカー内に小石、塵、水などの侵入を防ぐフランジ付。
- 再生の必要性が少なく、取り替えの手間も1/3となり経済的。
- 各メーカーの機種や、ロングサイズにも対応可能です。

●お問い合わせは  
株式会社 **建設機械のクナカ**  
本社:〒739-0025 広島県東広島市西条中央4-2-47  
TEL. (0824) 23-2828 FAX. (0824) 22-5115  
東京・大阪・広島・福岡

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 本体 4,855円 送料 380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 本体 9,800円 送料 450円

### 建設工事の地質診断と処方

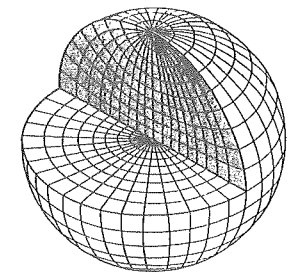
石井康夫・矢嶋壯吉 共著  
A5判 324頁 本体 4,300円 送料 380円

### 山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編纂  
B5判 500頁 本体14,573円 送料 450円

### 岩盤分類とその適用

吉中龍之進・桜井春輔・菊地宏吉 編著  
B5判 231頁 上製本 本体4,656円 送料 380円



### わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著  
B5判 286頁 本体 5,825円 送料 380円

### 岩盤の計測と解析

工学博士 鈴木光 著  
A5判 244頁 本体 4,200円 送料 380円

### 地質工学概論

菊地宏吉 著  
B5判 276頁 本体 4,757円 送料 380円

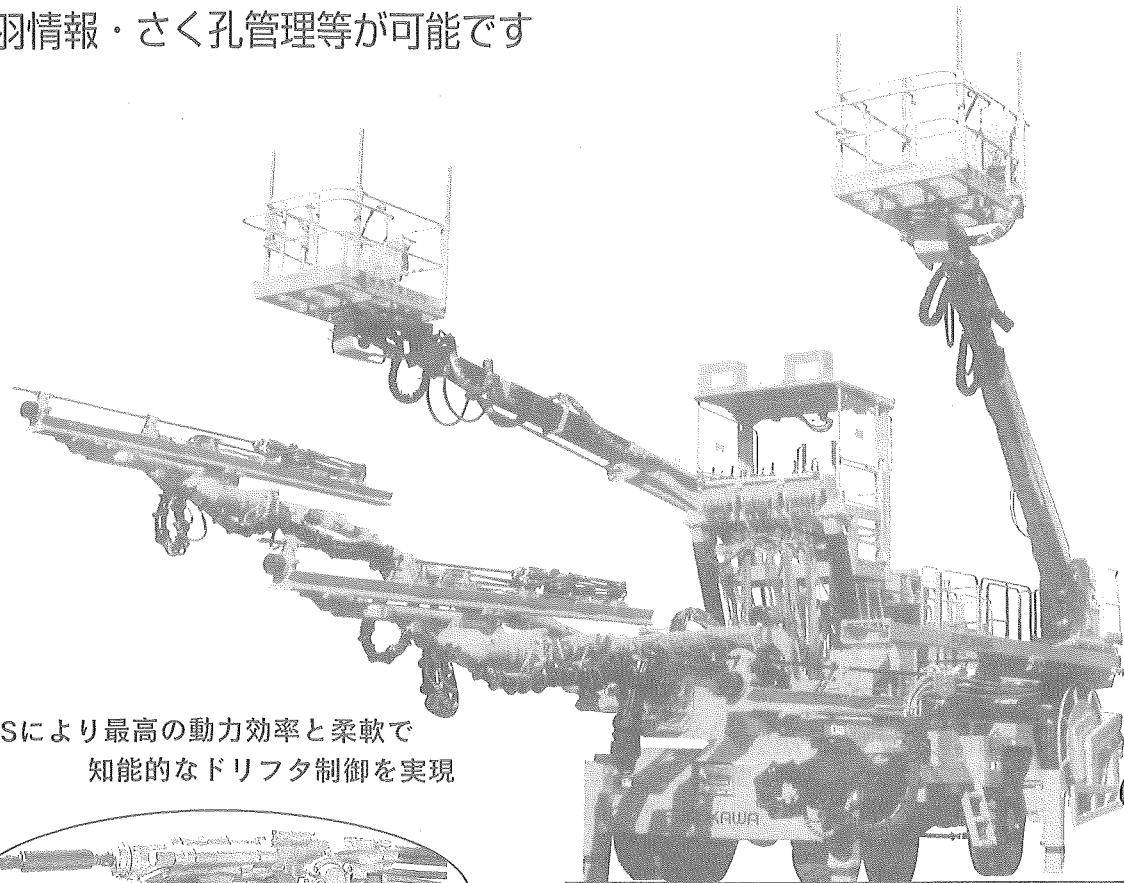
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂 **土木工学社** 振替 00110-8-190072 ☎03(3267)2888



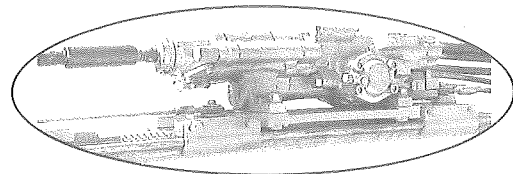
新開発高性能HD190型油圧ドリフタ搭載

# JTH3RS-190EX 3ブームホイールジャンボ

優れたコンピューターシステムの装備で  
操作性・経済性の向上  
切羽情報・さく孔管理等が可能です



FIDSにより最高の動力効率と柔軟で  
知能的なドリフタ制御を実現



### ●主な仕様●

全長 14,350mm / 全幅 3,100mm / 全高 4,200mm  
水平さく孔範囲：幅 13.0m 高さ 8.6m

総販売元

**古河さく岩機販売株式会社**

本社 〒100-0005 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 電話 03(3211)7887  
札幌営業所 東京営業所 広島営業所 大館出張所  
仙台営業所 名古屋営業所 高松営業所 盛岡出張所  
高崎営業所 大阪営業所 福岡営業所 北陸出張所

販売代理店 (全国に張り巡らされたサービス網)

**FDT 古河ドリルテック株式会社**

本社 〒100-0005 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 電話 03(3211)3581  
関東営業所 名古屋営業所 福岡営業所 高松出張所  
札幌営業所 大阪営業所 松本出張所 神奈川出張所  
仙台営業所 広島営業所 青海出張所

製造元 Technology To Our Future

**古河機械金属株式会社**



★TWSトンネルワークステーションから電動式坑内積込機  
コンクリート吹付機などトンネル掘削関係機械とサービス  
は「古河さく岩機」へご用命下さい

■巻頭言	雑感	筑波大学 西岡 隆	5
■報告	鉄道トンネルに海外セグメントを採用	帝都高速度交通営団 西林 聖武	55
		野焼 計史	
		辻 雅行	
	図で見るトンネル工事の推移と'97現況	(社)日本トンネル技術協会 佐藤 久	67
		田中 勝雄	
■施工	鋼製支保工の高耐力化と早期閉合で膨圧を克服	日本鉄道建設公団 豊原 正俊	7
	北陸新幹線 朝日トンネル東工区	清水・大豊・加賀田共同企業体 早坂 治敏	
	箱根新道直下を小土かぶり掘る	日本道路公団 江戸川修一	19
		木村 岸夫	
		高橋 広幸	
		進藤 敏則	
		小林 孝行	
	国内初の大型自由断面掘削機による効率的掘削	建設省 中川 誠	27
	高規格127号富津・館山道路 竹岡第1トンネル	千野 啓次	
		今岡 彦三	
		今村 仁悟	
	首都高速橋脚を挟んでシールドを掘る	帝都高速度交通営団 中島 誠三	37
	営団7号線 麻布台A線・B線工区	石川 早苗	
		大成・地崎共同企業体 山村 学	
	ほぞ付きセグメントを用いた小口径シールド	東京ガス(株) 鈴木 昭彦	47
		林 光俊	
		東亜・三井・佐藤・相鉄・不動共同企業体 高橋 厚	
		日本シビックコンサルタント(株) 滝本 孝哉	
■連載講座	大規模地下空洞(8)	「大規模地下空洞」連載講座小委員会	75
	事例 石油地下備蓄		
	セグメントの新技术(4)	「セグメントの新技术」連載講座小委員会	83
	DNAシールド, ガイドロックセグメント,		
	ウイングセグメント, ハニカムセグメント		
■現場だより	「千余年の足跡を残す追憶と浪漫の里」生野町より	青木・アイサワ共同企業体 樋口 武	18
	「交流ふれあいトンネル」桜江町から	アイサワ・今井共同企業体 國田 晴夫	26
■資料	土木情報	編集部	36
	トンネルジャーナル	編集部	46
	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	54
	工法・技術・製品ニュース	編集部	66
	文献紹介	編集部	74
	海外文献速報	JTA研究開発委員会	95
	「トンネルと地下」平成10年・年間総目次	編集部	100
■会報	会報	日本トンネル技術協会	104
■グラビア	眼で見るトンネル工事	編集部	1

### 表紙説明

### 膨圧を克服・北陸新幹線 朝日トンネル東工区

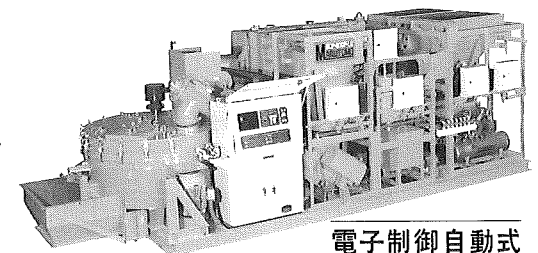
当トンネル工事は、延長約500mの断層破砕帯に遭遇し、作業が難航している。強大な地圧が作用し、支保部材の押し出し、変形、破断などの現象が発生した。水抜きを兼ねた先進地質調査ボーリングを行い、対策工を検討するなかでその結果を活用した。写真は先進ボーリングの状況。 [写真提供：日本鉄道建設公団] (本文7頁参照)

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 10~90m<sup>3</sup>/H



電子制御自動式  
(印字自動記録装置付)

## 丸友機械株式会社

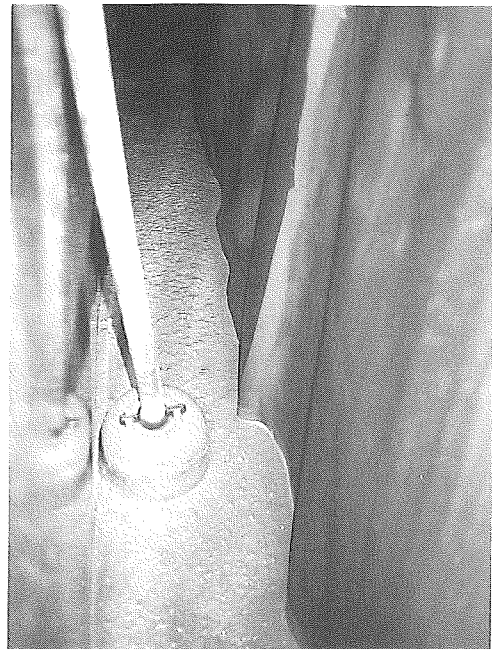
本社 名古屋市東区泉一丁目19番12号  
〒461-0001 電話 (052) (951) 5 3 8 1 (代)

東京営業所 東京都千代田区神田和泉町1の5  
〒101-0024 ミツバビル 電話 (03) (3861) 9461 (代)

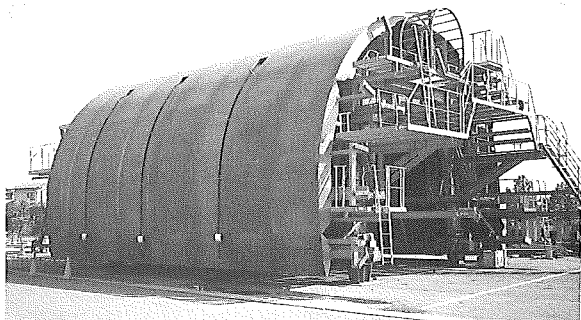
恵那工場 岐阜県恵那市武並町藤字相戸2284番地  
〒509-7121 電話 (0573) (28) 2 0 8 0 (代)

# コンクリート打設の新技术

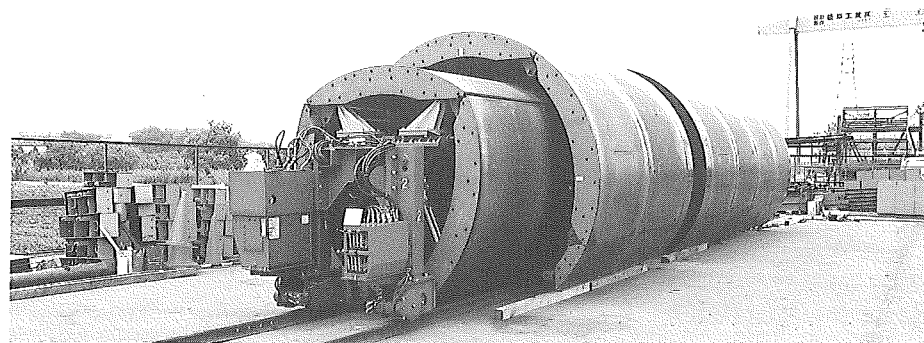
## 浮きバイブレーターシステム



打設中の浮きバイブレーター



上段：浮きバイブレーターランサー  
下段：浮きバイブレーターを装備した  
全断面スチールフォーム



上下水道の地下シールドトンネル用テレスコピック円形スチールフォーム



岐阜工業株式会社

GIFU KOGYO CO., LTD.

本社 〒501-0464 岐阜県本巣郡真正町十四条144

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

# Tunnels and Underground

# CONTENTS

Vol. 29, No. 12 December

## Control over Expansive Pressure by High Proof Stress and Early Closure of Steel-made Supporting Structure—Asahi Tunnel East Section on Hokuriku Shin-kansen (pp.7)

By Masatoshi Toyohara, Japan Railway Construction Corporation

This is the tunneled work section extending over 23.7km out of total length of about 40 km. The work is encountered with difficulty involved in the 500 m long fault-fractured zone during excavation. The said zone is featured by an extremely small competence factor with fractured clay of tuff and gravel-mixed clay emerging all over the excavated face. Due to action by strong earth pressure, there were such phenomenon as force-out of supporting members and deformative breaking. Convergence was measured over 554mm at maximum. This paper summarizes description of the progress status in the fractured zone, tunnel deformation characteristics, result of advancing boring and corrective measures.

## Excavation with Shallow Earth Cover beneath Hakone Shindo Highway (pp.19)

By Kishio Kimura, Japan Highway Public Corporation

This project requires construction of the traverse tunnel right under the Hakone Shindo Highway. The tunnel is planned to run through the clay-mixed cobble stone layer in semi-solid state with earth cover of 7.5 thickness. Possible road surface sinkage was a matter of concern during construction. To prevent this, the ground condition was predicted by the result of soil survey and test and the FEM analysis therefrom, and the leg reinforcing bolts were adopted as the control method against foreseeable surface submergence. In adopting this proposed method the plate bearing test was conducted and the reinforcing effect was proven to reflect on the design. After all such efforts, maximum depth of road surface submergence could be restrained to only 13mm.

## Highly Efficient Excavation by Use of the Japan's First Large Free-section Excavator—Takeoka No.1 Tunnel on Futtsu-Tateyama Highway No.127 of high grade(pp.27)

By Makoto Nakagawa, Ministry of Construction

The project aims at construction of a road tunnel of 826 m length with excavated section area of 94 to 115 m<sup>2</sup>. The local geology is featured by soft rock but the face is relatively self-supportable. In addition, in order to pursue both improvement of the working environment and higher work efficiency, the nation's first large free-section excavator was introduced for total section excavation with the sub-bench, and good results were achieved. By application of the face monitoring system, the ground evaluation and support selection system and by increase or decrease of supports as demanded by the ground configurations,

a reasonable pattern could be selected.

## Shielding between the Piers of Tokyo Expressway Azabu-dai Line A and Line B Work Section on Subway No.7(pp.37)

By Seizo Nakajima, Teito Rapid Railway Authority

This subway line extends over 21.4 km in the South-North direction of Tokyo City area. The total railway line was divided into 3 sections; 2 sections for the II term 6.8 km and the III term 9.4 km have already been opened. For the III term work section, the civil work for construction of the station building in the open-cut section is nearly completed and the shield work from station to station is opened for more than its half.

The shield from Azabu Station to Higashi-Roppongi Station is in crossing or approach with the foundation of the existing expressway and other urban facilities. Therefore, prior to start of the work, both effect analysis and measurement control were conducted. This paper refers mainly to the bridge pier protection for the expressway.

## Small-dia. Shield Using Keyed Segments(pp.47)

By Akihiko Suzuki, Tokyo Gas Co.

Construction of the urban gas supply line network is essential to stability of the future energy supply. Yokohama Main Line Shield Work Project is now under way as a part of the energy supply stabilization scheme. The work is a small-dia. shield work using the RC keyed segment for primary lining. The RC keyed segment is fabricated by the pipe finished by centrifugal compaction as applied by the fabrication method of the Hume concrete tube. This saved much in costs.

This paper summarizes the measures to be taken prior to using the segments and some key points of caution for performance of the work.

## Adoption of Foreign-made segments for Railway Tunnel(pp.55)

By Masatake Nishibayasi, Teito Rapid Railway Authority

Korean-made segments were used for the single-track tunnel(6,600mm dia.) in Takanawa Work Section of TRRA's Subway Line No.7(Namboku Line). Introduction of segments from abroad is the nation's first attempt for the railway tunnel. This paper describes a summary of background of such imports and the process of review up to final decision and comparative study with the domestic products from the result of auditing on existing plants and trial products conducted by this Authority. Despite concern about the impact from the latest economic crisis in Korea, the quality was as good as that of the domestic products. The process of shop fabrication was well maintained as originally scheduled and the price was lower by about 8 percent.

### Supervision

Japan Tunnelling Association  
Shinko Dai-ichi Bldg., 14-7,  
2 chome, shintomi, Chuo-ku,  
Tokyo, 104-0042, Japan.

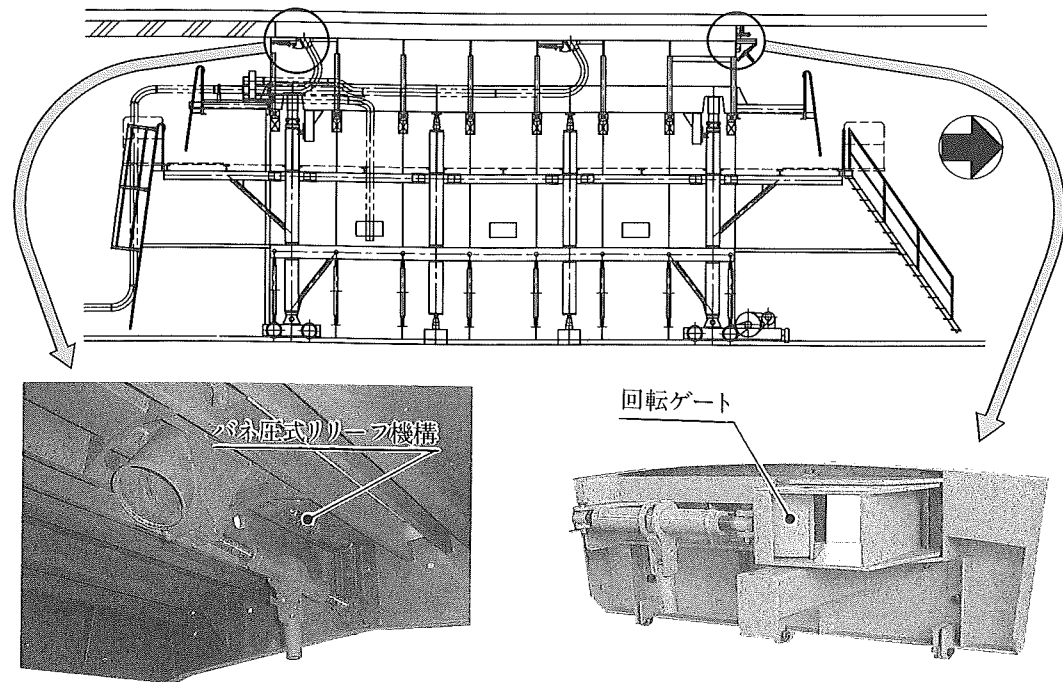
### Publisher

Doboku Kogakusha Co., Ltd.  
Major Kagurazaka, 16 Banchi,  
Iwatocho, Shinjyuku-ku,  
Tokyo, 162-0832, Japan.

### Tunnels and Underground

One copy : US \$ 15 (Seamail)  
Subscription Rate  
One year : US \$ 180 (Seamail)

# NEW トンネルクラウン部 コンクリート充填工法



## SAFETY

**SP-S型コンクリート注入口** (特許出願中)  
セントルの吹上げ式注入口に、パネ圧式リリース機構を付加

## 特長

- 打設時の過剰圧をリリース、セントルの変型を防止
- リリース圧の調整も可能
- 40mm骨材にも対応
- メンテナンスが簡単
- 頑丈でローコスト

## FILL UP + CONSOLIDATE

**PG型妻枠装置** (特許出願中)  
妻金具に視窓兼回転ゲート機構を付加

## 特長

- 内圧が保持され、充填率の高い密実なコンクリート覆工(圧縮強度が10%以上向上)ができる
- 開口部よりブリージング水が抜け、高品質のコンクリートが打設できる
- 回転ゲートの開口度により内圧調整が可能



TUNNELLING FORMWORKS & MACHINERY  
**SAGA KOGYO**

- 本社：〒933-0073 富山県高岡市荻布209番地 ☎0766-23-1500(代) FAX 0766-25-5629
- 東京営業所：〒101-0047 東京都千代田区内神田1-18-13(星徳ビル) ☎03-3293-9551(代) FAX 03-3291-3770
- 大阪営業所：〒532-0011 大阪市淀川区西中島3-19-13 ☎06-390-2670(代) FAX 06-390-2673
- 仙台営業所：〒989-2445 宮城県岩沼市桑原4-9-12 ☎0223-22-4316(代) FAX 0223-22-4315

## 会誌委員会の構成 (五十音順・敬称略)

### 〔委員長〕

橋本定雄 (前)財団法人東京港埠頭公社理事長  
(元)東京都公営企業管理者下水道局長

### 〔委員〕

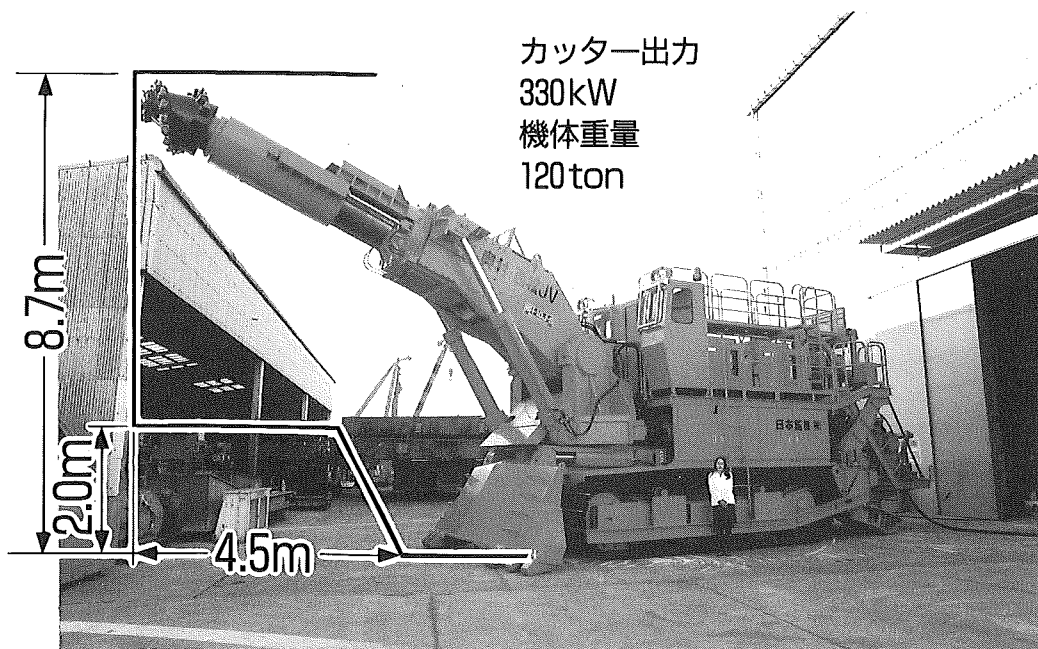
- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 一條 勝<br>鹿島建設株式会社建設総事業本部土木技術本部<br>工務部次長 | 木村昌司<br>建設省大臣官房技術調査室技術企画官           |
| 猪俣 正<br>飛鳥建設株式会社土木本部土木部長               | 久多羅木 吉治<br>帝都高速度交通営団建設本部設計部<br>計画課長 |
| 岩崎 辰郎<br>日本道路公団技術部調査役                  | 田川 弘義<br>株式会社竹中土木工事本部取締役本部長         |
| 遠藤 浩三<br>三菱地所株式会社顧問                    | 竹林 亜夫<br>清水建設株式会社土木本部技術第二部部长        |
| 片岡 邦昭<br>大成建設株式会社土木本部土木技術部部长           | 濱 建介<br>前田建設工業株式会社顧問                |
| 金沢 博<br>日本鉄道建設公団計画部計画課長                | 山本 武文<br>株式会社大林組土木技術本部技術第二部長        |

## 編集顧問の構成 (五十音順・敬称略)

- |                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| 伊吹山 四郎<br>攻玉社工科短期大学学長         | 林 博<br>西松建設株式会社常務取締役   |
| 金原 弘<br>大都工業株式会社顧問            | 松本 崇義<br>東洋建設株式会社顧問    |
| 島田 隆夫<br>鉄建建設株式会社相談役          | 丸安 隆和<br>東京理科大学教授      |
| 高橋 彦治<br>伸光エンジニアリング株式会社技師長    | 宮川 房夫<br>株式会社熊谷組常務取締役  |
| 田島 利男<br>株式会社ロードエンジニアリング代表取締役 | 吉川 新吉<br>東京電機株式会社常任監査役 |
| 長友 成樹<br>株式会社構造技術センター取締役      | 吉村 恒<br>佐藤工業株式会社常任顧問   |
| 西松 裕一<br>東京大学名誉教授             |                        |

# 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。

油圧カヤバの建機部門

## 日本鉱機株式会社

建機部

本社 〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目11番1号(富士ビル) 電話(03)3431-9331代  
 福岡支店 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号(安川産業ビル9階) 電話(092)411-4998  
 工場 〒514-0301 三重県津市雲出綱管町(カヤバ工業㈱三重工場) 電話(0592)34-4111

## 編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

### 〔編集委員長〕

橋本定雄 (前)財団法人東京港埠頭公社理事長  
 (元)東京都公営企業管理者下水道局長

### 〔編集参与〕

伊藤良行	株式会社復建エンジニアリング 技術第一部部长	定塚正行	株式会社ロードエンジニアリング 専務取締役
遠藤浩三	三菱地所株式会社顧問	鈴木章	東京都下水道局局长
大島洋志	国際航業株式会社 取締役技術センター長	濱建介	前田建設工業株式会社顧問
今田徹	東京都立大学工学部教授	水谷敏則	(財)先端建設技術センター 先端建設技術研究所長

### 〔委員〕

岩崎辰郎	日本道路公団技術部調査役	野崎春己	東京都地下鉄建設株式会社新交通本部 施設計画部長
小山幸則	財団法人鉄道総合技術研究所 技術開発事業本部副本部長	橋本博之	東京都水道局建設部設計第二課長
佐伯謹吾	東京都下水道局計画部総合計画課長	服部修一	日本鉄道建設公団工務部工務第一課総括補佐
竹内友章	東京電力株式会社地中送変電建設所 土木技術グループマネージャー	藤木育雄	帝都高速度交通営団建設本部設計部 設計第二課課長
土井博己	東日本旅客鉄道株式会社建設工務部 構造技術センター課長	真下英人	建設省土木研究所道路部トンネル研究室室長

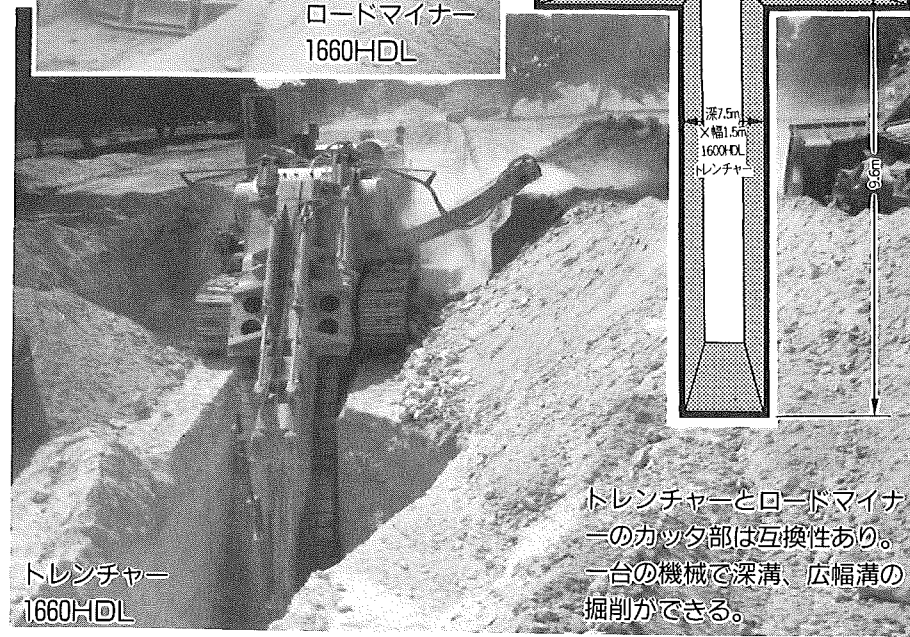
# 岩盤下面掘削機



ロードマイナー：大型トンネルの下半掘削、  
岩盤地帯の造成工事、広幅溝の掘削、広地域の造成工事  
コーリーマイナー：採石露天掘り  
トレンチャー：深溝の掘削

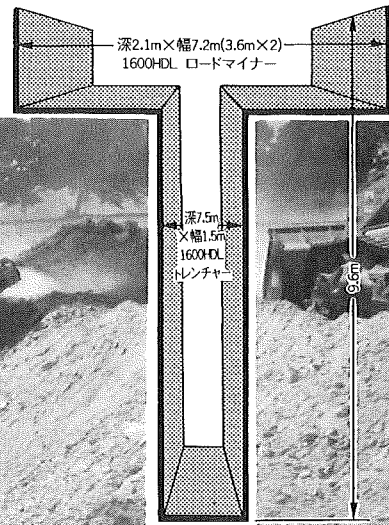


ロードマイナー  
1660HDL



トレンチャー  
1660HDL

広幅溝：深2.1m×幅3.6m  
(ロードマイナー)  
深溝：深7.5m×幅1.5m  
(トレンチャー)



トレンチャーとロードマイナーの  
カット部は互換性あり。  
一台の機械で深溝、広幅溝の  
掘削ができる。

	ロードマイナー				トレンチャー			
	1260HD	1460HD	1660HD	1860HD	1260HD	1460HD	1660HD	1860HD
切削幅 (m)	~3.0	~3.8	~3.8	~4.8	~1.1	~1.2	~1.5	~2.4
切削深 (m)	~0.9	~1.2	~1.5	~1.8	~3.7	~4.9	~7.6	~10.7
出力 (kW)	299	447	671	1120	299	447	671	1120
機体長 (m)	7.2	11.1	13.3	14.6	13.2	14.1	16.5	17.4
機体幅 (m)	3.0	3.8	3.8	4.8	2.9	3.3	3.5	4.8
重量 (t)	61	79	102	204	57	83	112	204

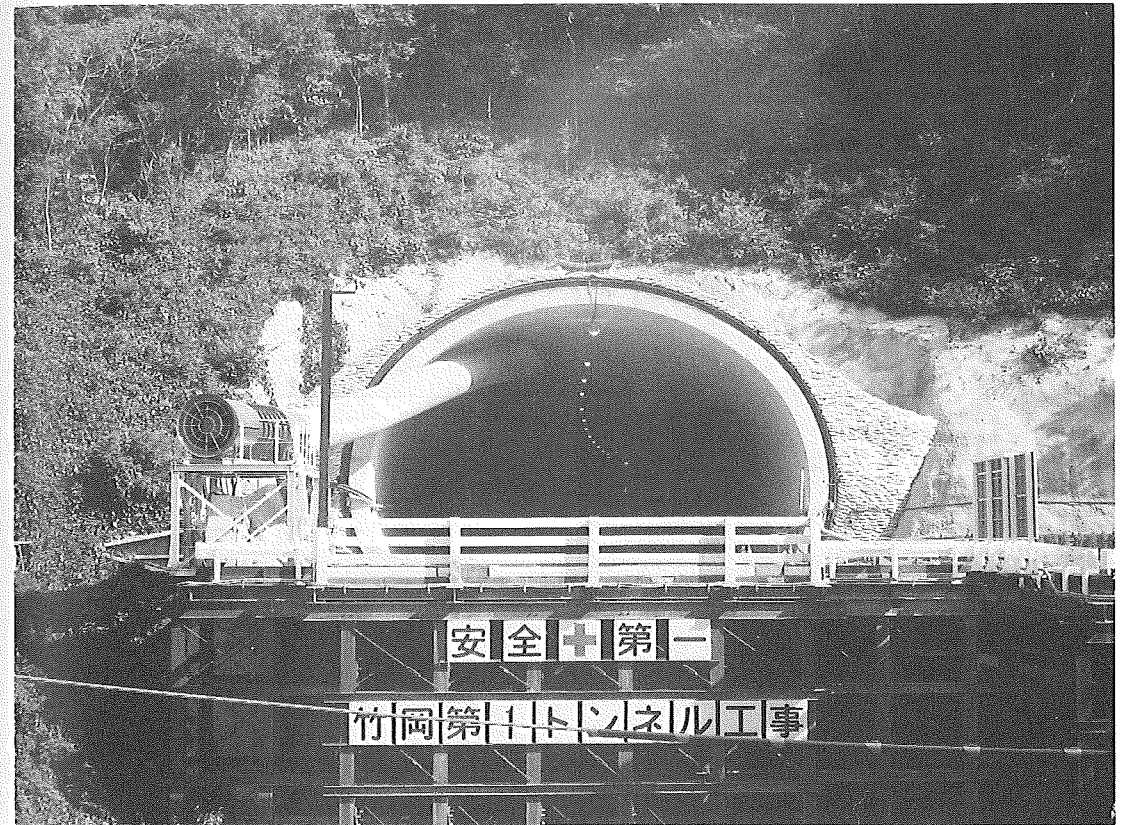
※土砂用から中硬岩用まで各種取り揃えています。ご相談ください。

製造 **TRENCOR INC.**  
TEXAS. U.S.A

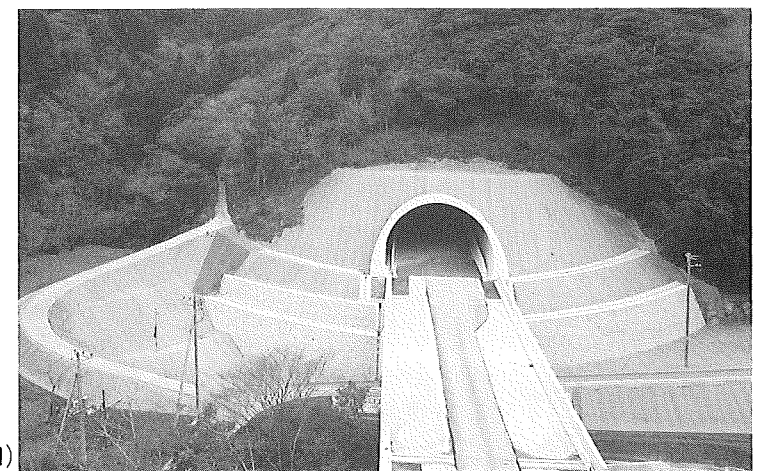
(連絡先) TEL 03-3885-0864  
FAX 03-3885-0864

# 眼で見るトンネル工事

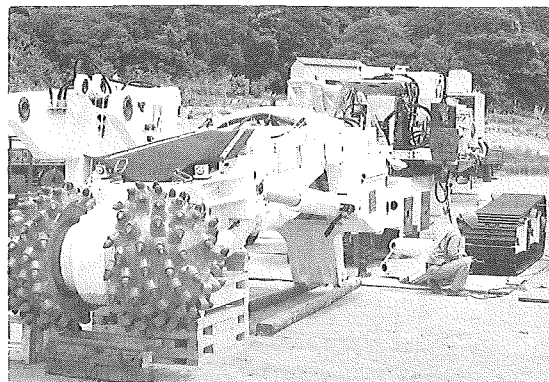
## 国内初の大型自由断面掘削機による掘削 高規格127号富津・館山道路 竹岡第1トンネル



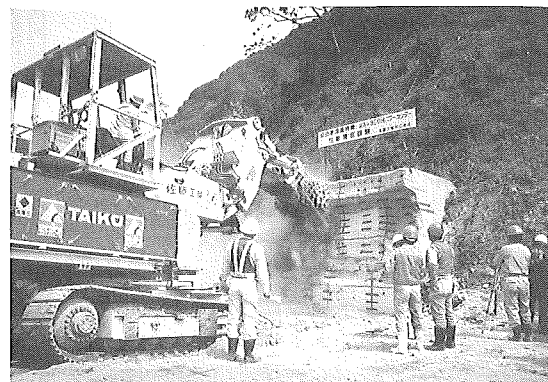
坑口状況



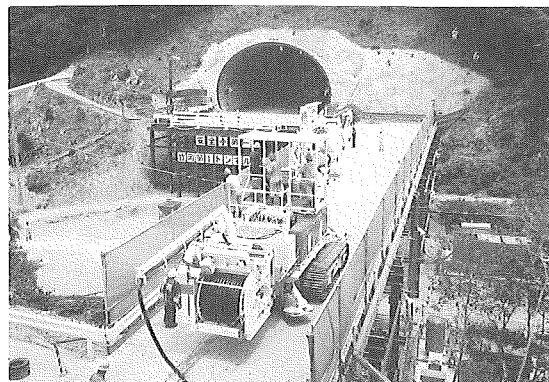
完成状況(起点側坑口)



掘削機(WAV300Hパワーカッタ)組み立て状況



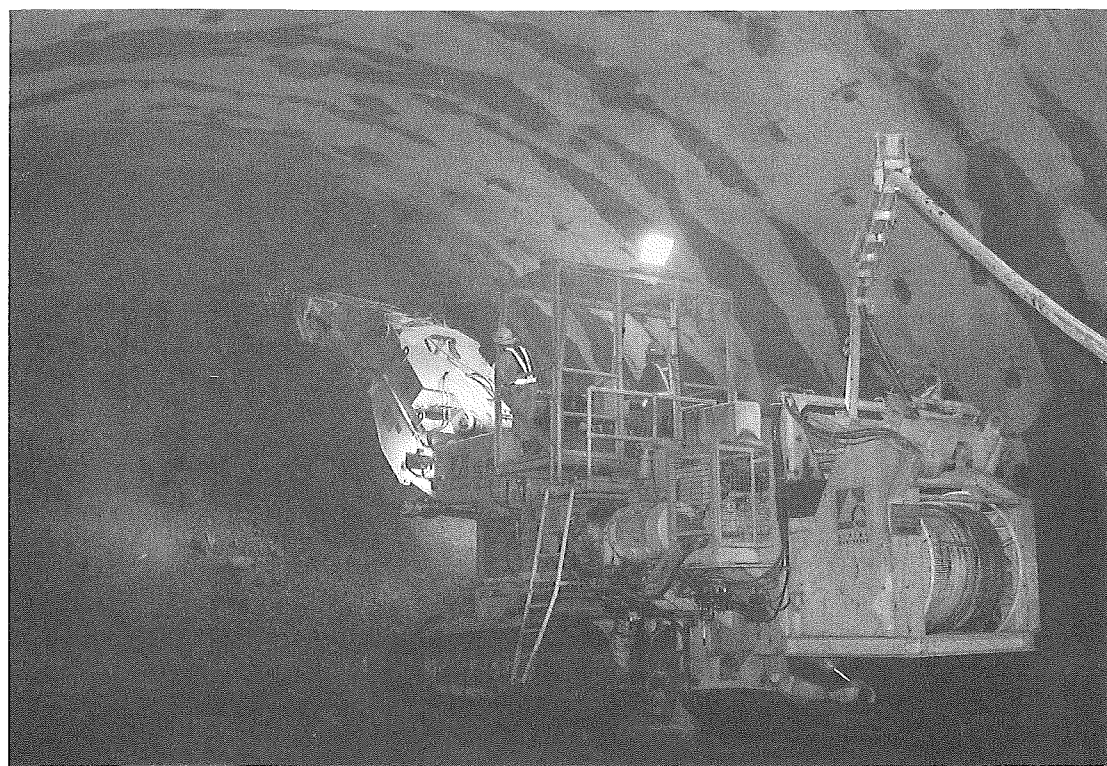
性能確認試験状況



掘削機搬入状況



掘削機全景



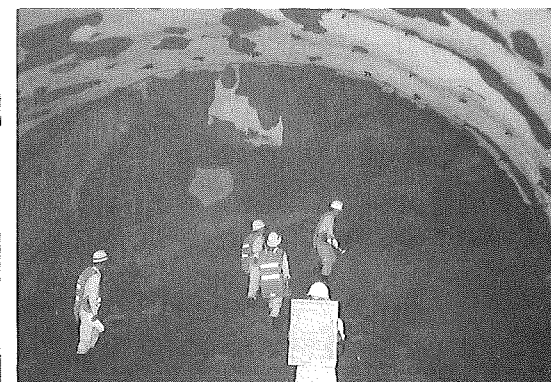
掘削状況(補助ベンチ付き全断面工法)



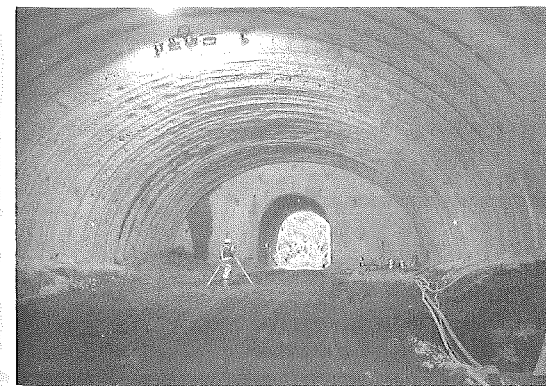
掘削およびずり出し状況



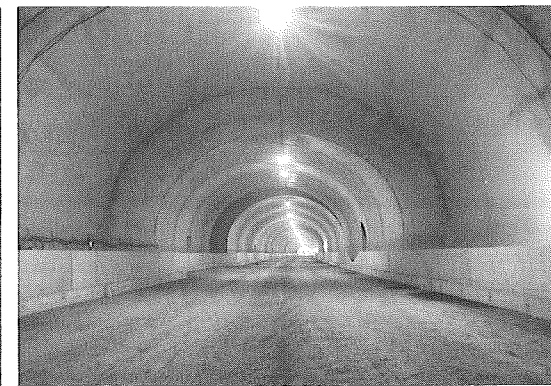
切羽観察システム稼働状況



岩判定状況



上半底設導坑貫通状況



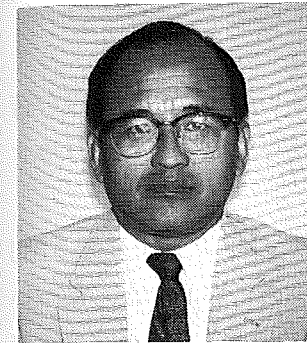
覆工完了状況

巻頭言

(題字 萩原 浩会長)

雑 感

西岡 隆



最近の大学教育は、映像抜きには考えられない。活字離れの激しい昨今では、映像を学生に見せるのがもっとも手っ取り早い。大学に入学したところに行う土木工学の紹介などでは、<sup>ひっきょう</sup>畢竟、土木工事の記録ビデオを学生に見せることになる。

機械や電気の分野と異なって、土木に関連する分野では構造物の巨大さ、公共施設としての社会的重要性、建設中の苦労話、完成時の感動などがその売り物になる。そのうえ、土木工事では、建設の準備段階から完成に至る話の流れにストーリー性がある。これは他の分野には決して見られない強みである。

土木の分野では、どの建設工事を取り上げてもこの条件に該当するのだが、とくにトンネルや地下空間の建設は、この条件にもっとも適合していると思われる。私としては多くの学生がこのような世界があることを理解して、もっと積極的に進出していてもらいたいと考えている。しかし、残念なことに、記録ビデオの多くはいわゆる「明かり」の仕事に限られているため、もっとも苦労と工夫を要するトンネルや地下空間の建設を学生に紹介するビデオがきわめて少ない。光が少なく、埃っぽくて狭い空間で撮影する条件の悪さがその大きな原因であろうが、そのほかにもトンネルや地下空間には、映像に適する「景色」がないことや、閉ざされた地下空間は、どうしても負のイメージが付きまとうことなどにもよっているであろう。

元来、トンネルや地下空間の建設では、日々の生活の中で人の目に触れることがないため、宣伝が不得手である。本年4月に開通した明石海峡大橋などは、日常生活の中で建設の過程が逐一観察できるため、工事そのものが宣伝につながった。日々の生活のなかで一日一日と完成されていく姿が人の感動を呼ぶものであった。このような点でわれわれの仕事は「明かり」の仕事に太刀打ちできない。

映像と比較して文芸作品などでは、事情が少々違うようである。「黒部の太陽」(木本正次著)、「湖水誕生」(曾根綾子著)、「闇を裂く道」(吉村昭著)など、他の土木工事と比較してトンネル

水路の補修に最適です。

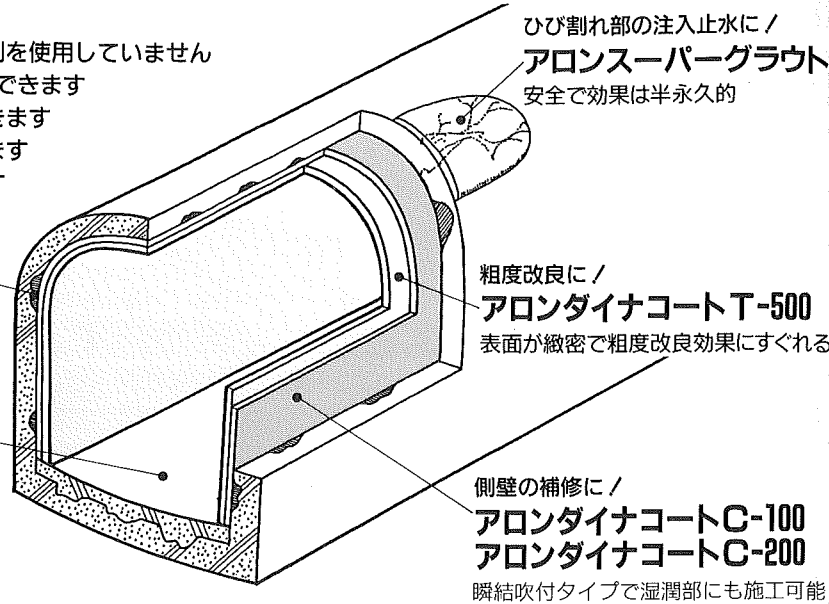
アロンドイナコート工法

特 長

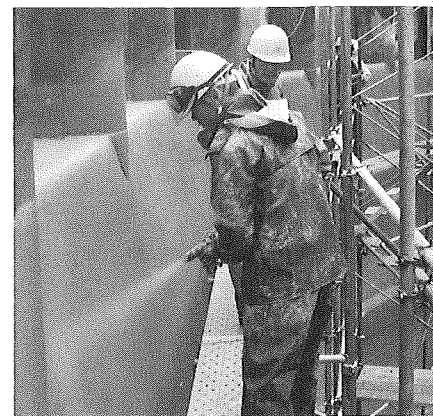
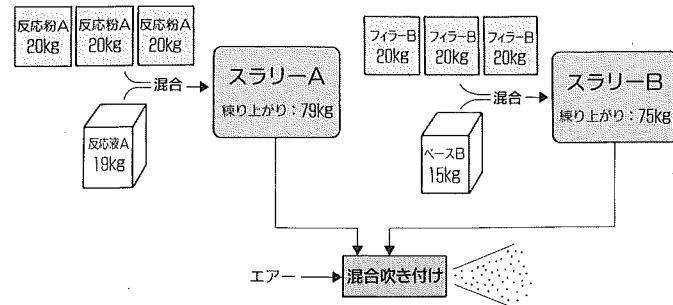
- ① 材料は全て水系で溶剤を使用していません
- ② 低温、高温化でも施工できます
- ③ 湿潤下地にも施工できます
- ④ 施工期間が短縮できます
- ⑤ 耐久性に優れています

欠損部の補修に/  
アロンドイナモル-30  
数センチの厚さを1回で施工可能

インパート部の補修に/  
アロンドイナシートS  
水中での打設が可能



アロンドイナコートC-200の施工方法



アロンドイナコートC-200の物性値

圧縮強さ (材令28日)	曲げ強さ (材令28日)	接着強さ (材令28日)	硬化時間	耐摩耗性 (テーパー式)
316kgf/cm <sup>2</sup>	112kgf/cm <sup>2</sup>	18.4kgf/cm <sup>2</sup>	数秒(20°C) 約10秒(5°C)	普通モルタルの 3倍の耐摩耗性

(当社研究所にて測定)

**東亜合成株式会社** 機能製品事業部建材グループ

本社 〒105-8419 東京都港区西新橋1-14-1 ☎(03) 3597-7341(ダイヤルイン)  
支店/東京(3597)7342・大阪(203)3178・名古屋(541)1184・営業所/仙台(211)6121・富山(42)2311・高松(25)2671・広島(228)5430・福岡(721)1902・札幌(612)4131



2. 工事概要

工事名称：北陸幹(糸・魚)・朝日T(東)  
 工期：平成6年3月17日～平成11年7月26日  
 工事内容：掘削延長 L=4,155m(全長 7,550m)  
 掘削断面積 約72m<sup>2</sup>  
 縦断勾配 3/1000  
 掘削工法：補助ベンチ付き全断面工法、  
 一部上半先進工法  
 掘削方式：発破タイヤ方式、コンテナ輸送方式ずり処理

3. 地質概要

本トンネル付近の地質は、起点方から中生代白亜紀～古第三紀の太美山層群、新第三紀中新世～鮮新世の北陸層群の順に分布する<sup>1)</sup>。起点方は安山岩質溶岩、安山岩質凝灰角礫岩が主であり、岩石の強度も大きくトンネル掘削はおおむね順調であった(図-3)。

坑口から1,800m付近では、全体的に赤褐色のかなり変質した流紋岩質溶結凝灰岩に変化した。また、坑口より2,000m付近からは、緑色や赤褐色の凝灰岩層が頻りに現れるようになり、一部では完全に粘土化するまで破砕が進行している地質であった。

新第三紀の北陸層群は、坑口から3,600m付近で上記太美山層群と雁蔵断層を介して接しているものと推定され、安山岩質溶岩、凝灰質砂礫層、泥岩層からなっている。

4. 施工概要

4-1 掘削

坑口から2,710mまでは、補助ベンチ付き全断面工法で掘削し、その後、第2破砕帯に入ってから一部上半先進工法に変更、現在はショートベンチカット工法に変更し、切羽は3,050mに到達している(平成10年9月現在)。補助ベンチ付き全断面工法では、発破によるNATMを採用し、2ブームホイールジャンボ2台を使用した。ずり処理は積み込み機械に電動式ローディングショベルを、

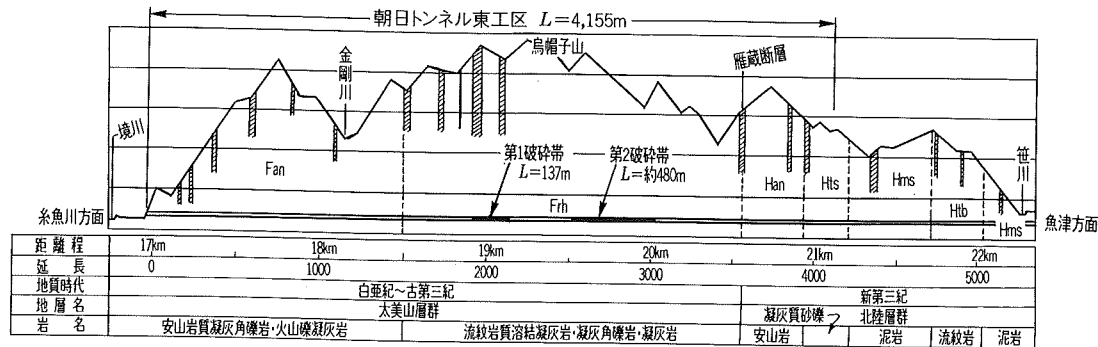


図-3 地形地質縦断図

表-1 使用機械一覧

用途	機械名	型式	能力・容量	台数
掘削・積み込み	2ブームホイールジャンボ	JTH2RS-150	2ブーム 1ゲージ	2
	ホイールローダー	950F	2.1m <sup>3</sup>	1
	油圧ブレイカー	REGA320 S-55	1300kg級	1
	油圧ショベル	REGA320	0.7m <sup>3</sup>	1
	ローディングショベル		2.65m <sup>3</sup>	1
	キルナコンピコンテナ	K-300-320 K-300 コンピ用	山積み 18m <sup>3</sup>	15
吹付け	吹付け機	アリバー 285 ロボット 30G	一体型 SF-1E	1
	急結材供給装置	PAC250		1
換気・送気	コントラファン	MFA125P2 -SC5-VP1700φ	2000m <sup>3</sup> /min	1
	コントラファン	MFA110P2 -SC3-VP1200φ	1500m <sup>3</sup> /min	1
	コンプレッサー	KST-75ER	12m <sup>3</sup> /min	2
覆工	シート張り台車		L=4.5m	1
	セントル		L=12.0m	1
工	コンクリートポンプ	MKW-35SM	35m <sup>3</sup> /h	1
	抗外設備	バッチャープラント 濁水処理設備	22.5m <sup>3</sup> /h 150m <sup>3</sup> /min	1 2

輸送トラックにコンテナ方式を採用し、ずり処理作業の効率化、安全性向上、坑内環境の改善を図っている<sup>2)</sup>。主要な施工機械を表-1に示す。

4-2 支保パターン

支保パターンは坑口から1,770m地点までの地山等級Ⅲ<sub>N</sub>パターンと、その後3,050m地点までの地山等級Ⅰ<sub>N-5</sub>パターンの2つに大別できる。

代表的な支保パターンを図-4に示す。

5. 第2破砕帯の掘削(延長約480m)

5-1 破砕帯概要

5-1-1 位置

坑口からの距離 2,573～約3,050m地点

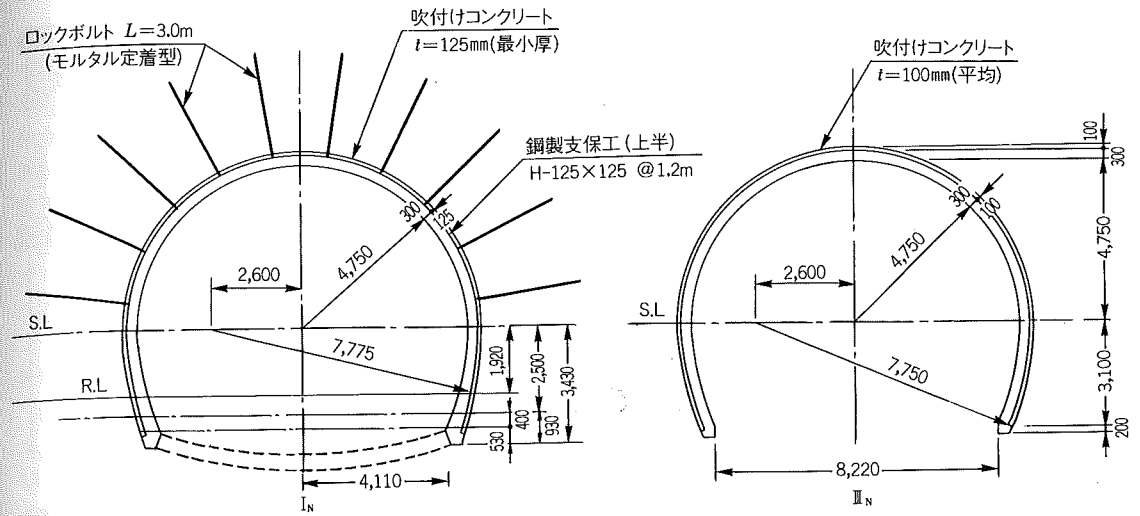


図-4 標準断面および支保パターン図

表-2 岩石試験結果一覧

No	採取場所	採取日	土の湿潤密度試験 JSF T 191		土の一軸圧縮試験 JSF T 511 (kgf/cm <sup>2</sup> )	三軸圧縮試験 JSF T 520,521	X線分析	特記	
			湿潤密度(g/cm <sup>3</sup> )	乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )					
5	19k600m (坑口から2,620m) 第2破砕帯	H9.4.24	—	—	132.63	—	膨張性モンモリロナイトの存在確認微量のため影響なし	破砕帯部の比較的良質な岩石試料を抽出	
6	19k710m (坑口から2,730m) 第2破砕帯	H9.6.23	湿潤密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.22	1.861	試験方法 [UU]	—	ボーリングコア試料	
			乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.01		c(kgf/cm <sup>2</sup> )			0.57
			自然含水比(%)	10.1		φ度			3
8	19k721m (坑口から2,741m) 第2破砕帯	H9.6.23	湿潤密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.21	3.422	試験方法 [UU]	同上	ボーリングコア試料	
			乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.04		c(kgf/cm <sup>2</sup> )			0.35
			自然含水比(%)	8.4		φ度			0
9	19k740m (坑口から2,760m) 第2破砕帯	H9.7.25	三軸クリープ試験 [CD] 実施中		—	—	—	B計測点	
11	19k960m (坑口から2,980m) 第2破砕帯	H10.4.30	湿潤密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.67	738	試験方法	—	ボーリングコア試料	
			乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.63		MST [UU]			
			自然含水比(%)	1.1		c(kgf/cm <sup>2</sup> )			3.46
12	20k003m (坑口から3,022m) 第2破砕帯	H10.5.10	湿潤密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.35	—	試験方法	同上	ボーリングコア試料	
			乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )	1.94		φ度			1.98
			自然含水比(%)	12.3		圧縮強さ(kgf/cm <sup>2</sup> ) (側圧 2.0kgf/cm <sup>2</sup> )			0.26

5-1-2 地質状況

凝灰岩層が破砕粘土化し、礫混じり固結粘土層および変質脆弱化した火山礫凝灰岩層が分布する。これらの破砕層がトンネル断面とほぼ平行に交わるのが特徴である。

破砕帯の粘土および岩石試料を採取して、一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、および膨潤性粘土鉱物の有無を調べ

るためにX線分析を行った。その結果は一軸圧縮強度で1.9kgf/cm<sup>2</sup>から3.4kgf/cm<sup>2</sup>と比較的良質な凝灰岩部分で130kgf/cm<sup>2</sup>であった。土かぶり400mを考慮すると、固結粘土層の地山強度比は0.1以下という結果である。

また、X線分析の結果では膨張性モンモリロナイトの存在を確認できたものの極微量なためトンネルに対する

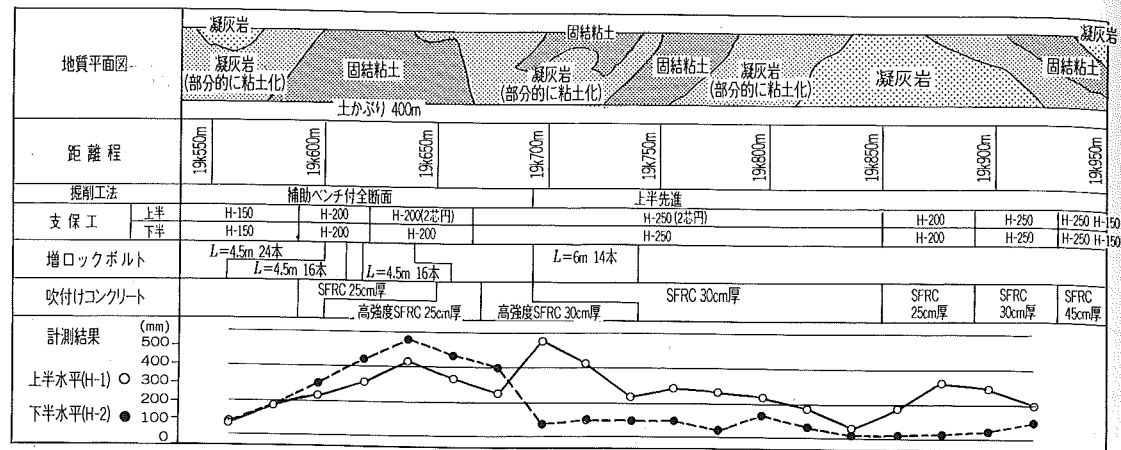


図-5 第2破砕帯の地質と施工状況

悪影響はないとみられ、当破砕帯で発生したトンネルの変形は、主に地山の強度不足に起因するものと思われる。試験結果の一覧表を表-2に示す。なお、この破砕帯区間の湧水量は最大100 l/min程度と少量であった。

第2破砕帯の地質状況を図-5に示す。

5-2 施工状況

支保パターンなどの施工状況については図-5に示す。

5-2-1 坑口から2,520~2,710m

平成9年3月18日、坑口より2,520m以降から初期変位速度が増大傾向を示しはじめた。支保パターンは逐次変更し、進行長0.8m、鋼製支保工H-250、吹付けコンクリートはSFRC、ロックボルト24本(3mおよび6m)、インバート吹付け $t=250\text{mm}$ 、変形余裕量150mmに、さらに吹付けコンクリートには高強度コンクリート(SFRC)を使用するパターンも採用したが、相次いでロックボルト頂部ナットの破断や鋼製支保工の変形・破断などの現象が発生した。

トンネルの変形は、水平方向の変位が天端沈下をはるかに卓越していたので、変形余裕量を水平方向に大きく確保するため2芯円鋼製支保工を採用するなど、効率的な掘削断面確保に留意した。

補助ベンチ付き全断面区間では、この後、掘削して4か月を経ても完全には変形が収束せず、下半水平変位量が最大554mmに達している地点もある。このときの変位量増加の特徴は、以下のとおりである。

- ① 掘削後3週間、切羽からの距離4D(D:トンネル直径)のときに最終変位量550mmの50%相当の約250mmに達した。その後3か月以上を経て、閉合などこの間の対策工実施にも拘らず、変位量は550mmに達した。
- ② 掘削後4か月を経て、変位速度は減少傾向から増加傾向に転じた(1→5mm/日まで徐々に増加)。

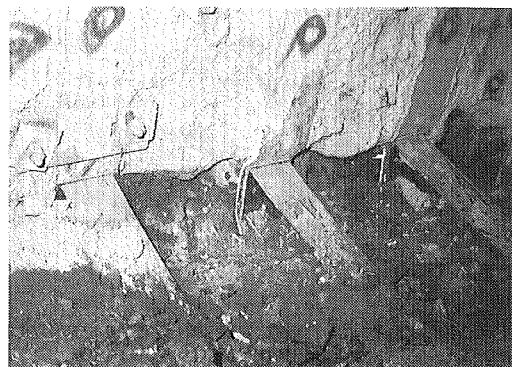


写真-1 上半支保工・ストラット接合部の破壊状況

5-2-2 坑口から2,710~2,951m

(1) 上半掘削

2,710m地点から斜路造成後、上半掘削を開始した。支保パターンは、鋼製支保工H-250、進行長0.8m、SFRC吹付けコンクリート、H-200鋼製ストラットによる上半仮閉合とした。

上半仮閉合の結果、変位速度は激減したが、一方ではストラットとアーチ支保工の接合部付近で支保工やストラットの座屈破壊が発生し、上半支保工の交換を余儀なくされた(写真-1)。

(2) 下半掘削

上半掘削中も緩やかに変形を続け新たに支保工のクラック・変形が生じていた区間の復旧と、これに続く下半掘削を開始した。下半掘削の影響で、計測の上半水平測線に20~40mm/日の大きな変位速度が観測されたが、上半掘削時からの累計変位量は一部を除きおおむね補助ベンチ付き全断面工法の場合と同等程度である。また、下半切羽が進むにつれて、前方約40mの範囲で再び上半の変位速度が増加し、健全性をどうにか保っていた鋼製ストラットやH-250上半鋼製支保工が変形する現象もみ

られた。ただし、下半水平測線の動きは、上半を先行して掘削したため、かなり小さくなっている。中央集水管およびストラット閉合を切羽直近まで施工しているため、閉合後の動きはとくに下半水平測線において大きな改善がみられた。収束傾向を示しながらも容易に安定しない変形状況はこれまでと同様であるが、一部の区間では掘削後8週間で変位速度1mm/月以下まで収束した区間もでてきている。

6. 先進地質調査ボーリング

6-1 先進ボーリングの目的

上半切羽では、ジャンボドリルによるさぐり削孔の結果、前方約20mに比較的硬質な岩と少量の帯水層を確認できた。このため、下半掘削の期間を利用して水抜きを兼ねた前方の地質調査を行うことにした。

6-2 ボーリング状況と結果

地質調査が目的なので仕様はオールコアとし、工法選定では二重管リバースサーキュレーションコアリング<sup>3)</sup>を採用し、目標深度は200mとした(写真-2)。

これまでの切羽観察では地質の変化が不規則かつ急で、前方の地質予測が困難であったため、切羽から前方に向かって左右それぞれに調査を行い、平面的な地質の拡がりをも把握できるようにした。

これまで破砕帯掘削中は、変質脆弱化し、あるいは粘土化した火山礫凝灰岩で占められていた切羽の前方に、新鮮で硬質な安山岩および火山礫凝灰岩が存在していることが判明した(図-6、写真-3)。

また、この硬質な岩層は所々に水脈となる亀裂を伴っていて、多量の被圧地下水が存在することもわかった。No.1ボーリング(深度311m)では、調査のためのコアを採取しながらいくつかの大きな帯水層を突破し、最終的には約5m<sup>3</sup>/minの水を集水することができた。このときの口元での湧水圧は9.4kgf/cm<sup>2</sup>であった。

前方では比較的硬質な地質と、多量の湧水に恵まれたため、リバース工法によるコアリングが非常に効率的な成果を上げる結果となった。先進ボーリング実績工程と

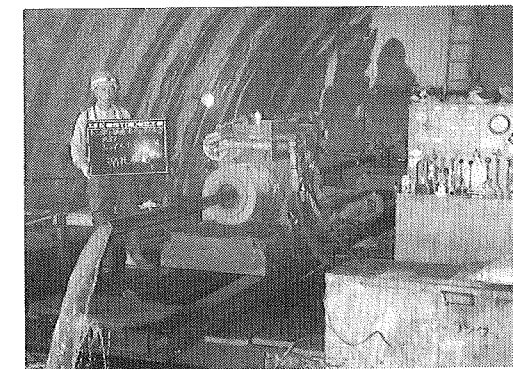


写真-2 先進ボーリング

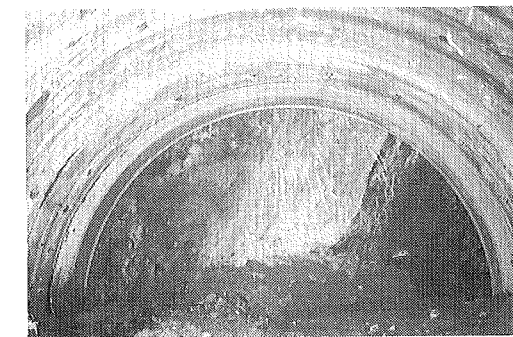


写真-3 切羽状況(硬質安山岩(左)、粘土化した凝灰岩(中央)、変質凝灰岩(右))

リバース工法の概要図を図-7, 8に示す。

6-3 対策工検討への活用

前方への掘削再開にあたり対策工を検討するなかで、ボーリング結果を以下のように活用することができた。

- ・前方の硬質安山岩は、走向とトンネル中心線が鋭角に交差するため、約60m前方まではSL平面上で脆弱層を突破できない。したがって、脆弱層の変形に対抗するために、トンネル側壁部の安山岩の層厚を1D(10m)とすれば、延長100m程度の対策工区間が必要であることが判明した。
- ・前方では、被圧水を持った硬質安山岩と粘土化した火山礫凝灰岩が切羽を半分ずつ占有することになる。

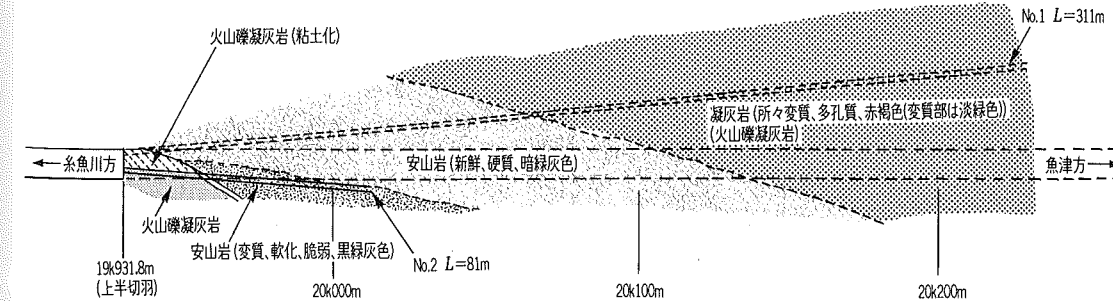


図-6 水平ボーリングによる地質調査結果

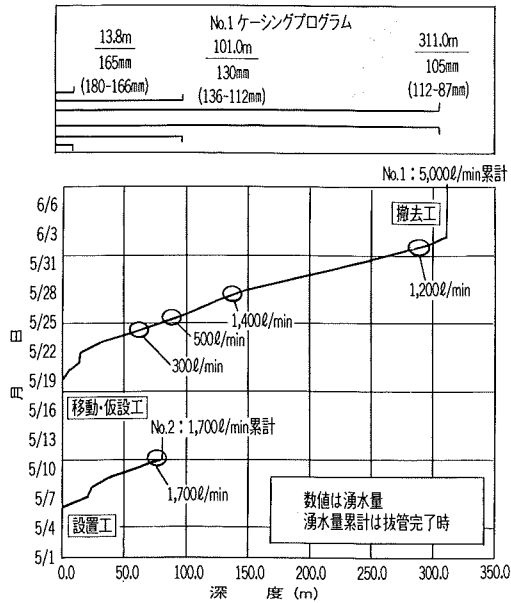


図-7 先進ボーリング実績工程

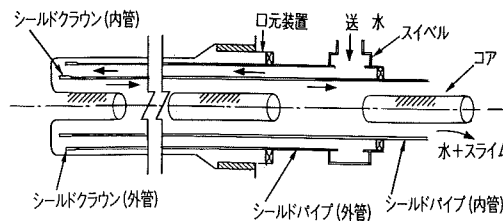


図-8 二重管リバースサーキュレーションコアリング

したがって、湧水による粘土部分の鏡の崩落が懸念されるため、ウレタンの鏡注入および先受け注入の導入を検討することにした。

7. トンネル変形計測

7-1 B計測

B計測の計器配置図を図-9に示す。

(1) 地中内変位

地中内変位の経日変化および区間ひずみ分布を図-10、11に示す。これらから以下のことがわかる。

- ・天端部では、深度12mを計測の不動点と見なしても、深度10m位置の変位量は約20mm内空側に変位することから、掘削影響は数10mに及ぶことが想定される。

(2) ロックボルト軸力

ロックボルト軸力分布を図-12に示す。これから以下のことがわかる。

- ・約4～6%の大きなレベルのひずみが認められる右SL部では、ロックボルトの軸力分布に明瞭なピークは現れず、なだらかに分布する。
- ・約2%程度のひずみが発生するような天端や左SLの地山では、ロックボルト軸力計測で一般に現れるような明確なピークが深度2～3mの位置に現れる。

(3) 吹付けコンクリート軸応力

吹付けコンクリート軸応力の経日変化を図-13に示す。これから以下のことがわかる。

- ・天端部では、トンネル形状が円形である形状効果により変位は拘束され、約100kgf/cm<sup>2</sup>の圧縮応力となる。

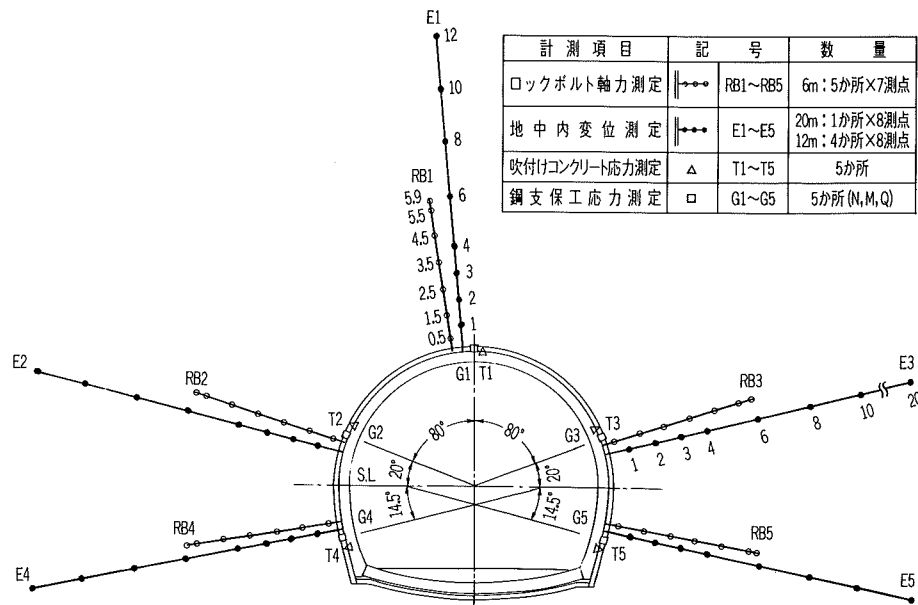


図-9 計器配置図

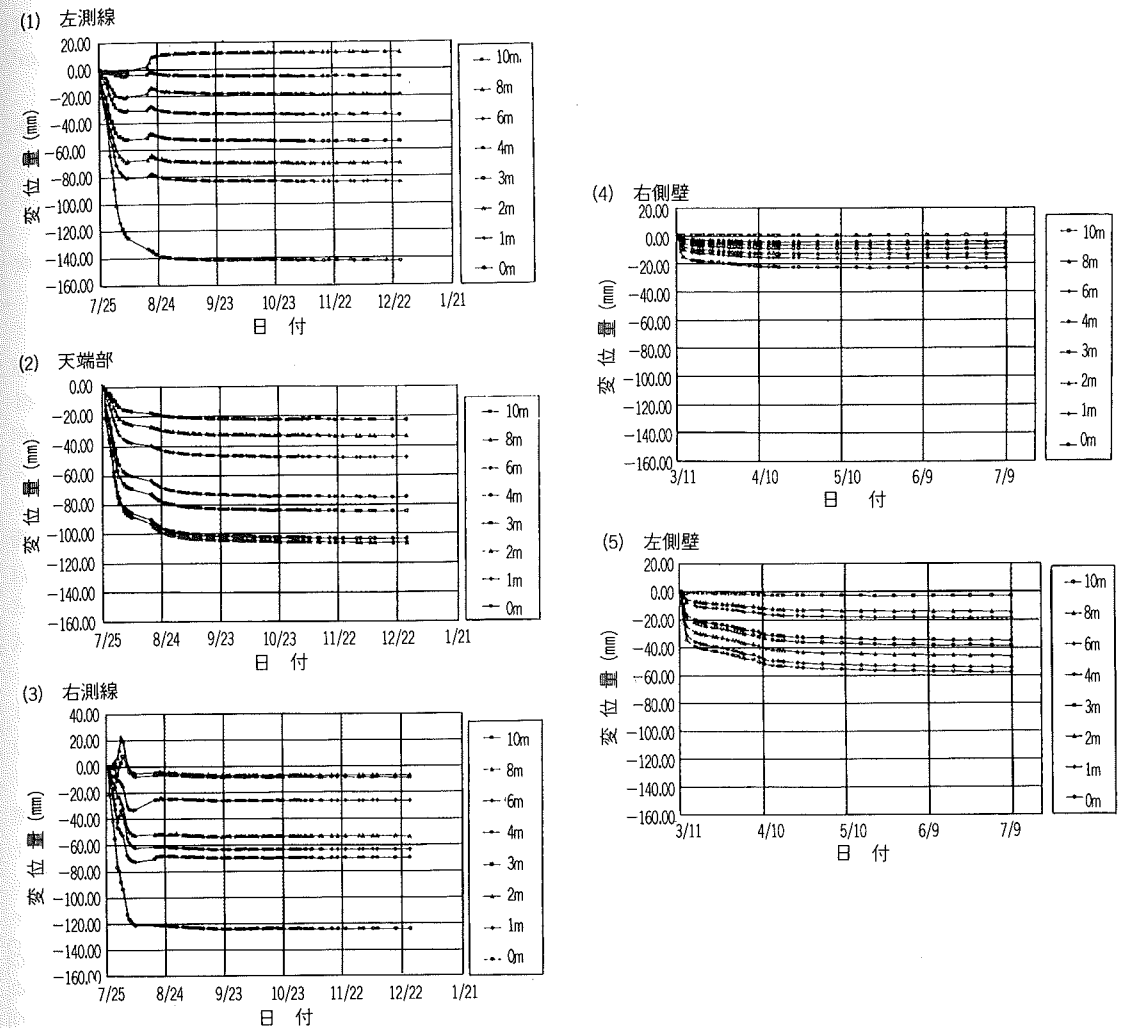


図-10 地中内変位経日変化図

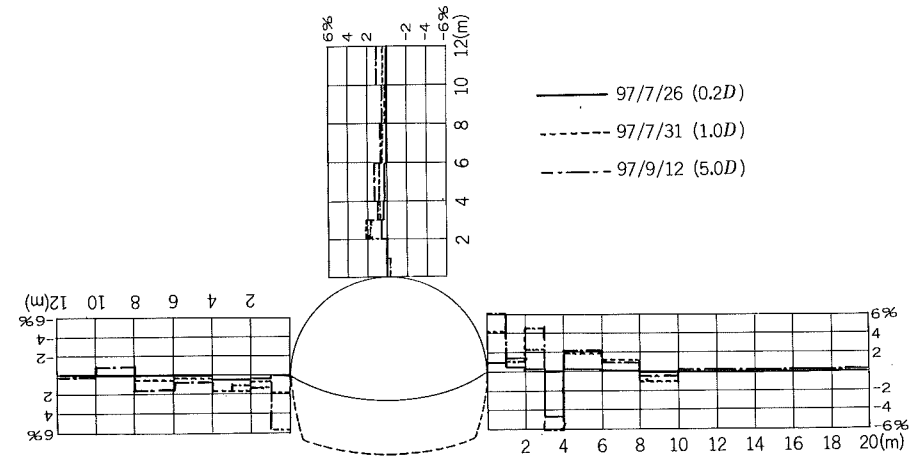


図-11 地中内区間ひずみ分布図

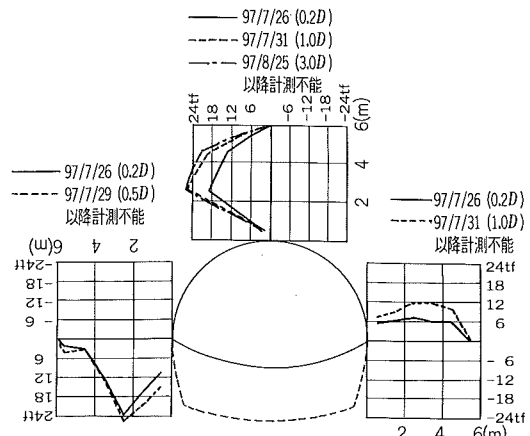


図-12 ロックボルト軸力分布図

- ・左SL部では、天端部での変位拘束と、背面地山と吹付けコンクリート間の十分な付着により、約120kgf/cm<sup>2</sup>の圧縮応力となる。
- ・右SL部では、約4～6%の大きなレベルのひずみがトンネル周辺地山に分布する。ここでは、吹付けコンクリートに地圧が軸応力として円滑に伝達されない(図-13, 右SL軸応力参照)。
- ・下半部では、インバート閉合の拘束効果によって、吹付けコンクリート軸応力がかかなり大きな値を示す。

(4) 鋼製支保工断面力

鋼製支保工軸力の経日変化を吹付けコンクリート軸力とともに示し、これと吹付けコンクリートとの軸力分担率の経日変化を図-14に示す。また、鋼製支保工曲げモーメントの経日変化を図-15に示す。

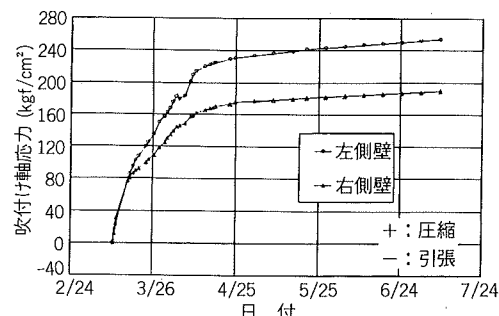
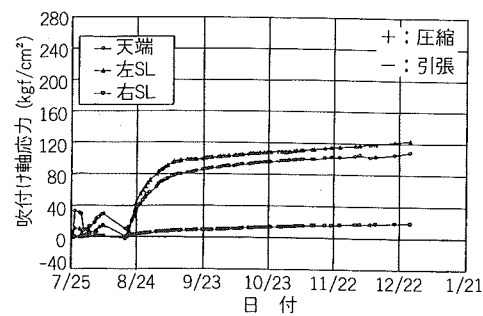
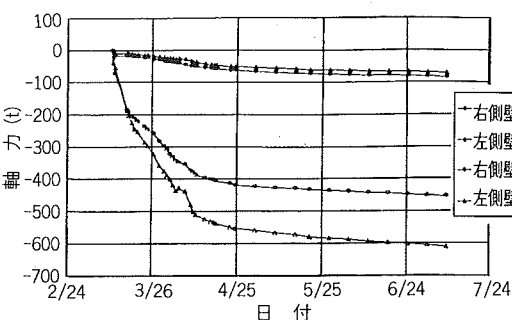
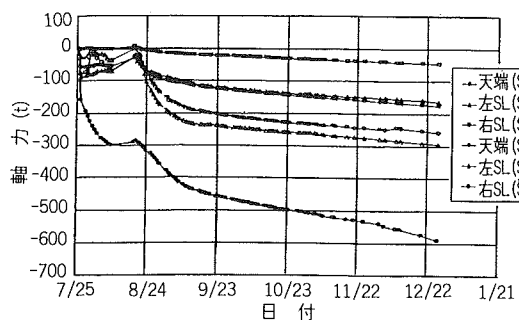
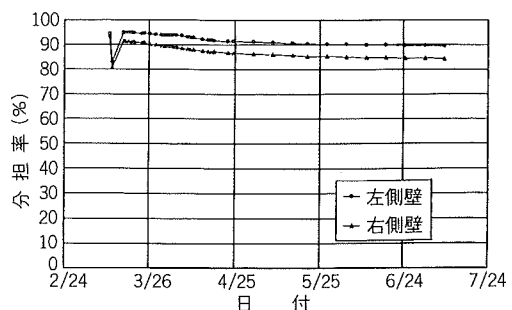
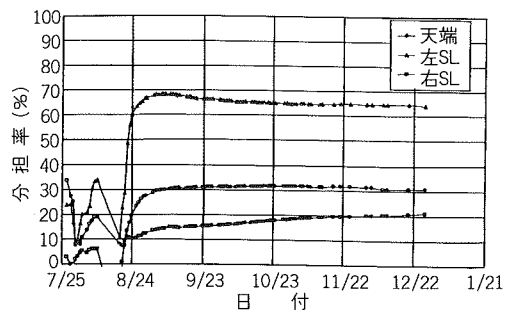


図-13 吹付けコンクリート軸力経日変化図



(1) 吹付けコンクリート(SC)と鋼製支保工(SR)の軸力経日変化図



(2) 吹付けコンクリート軸力分担率の経日変化図

図-14 経日変化図

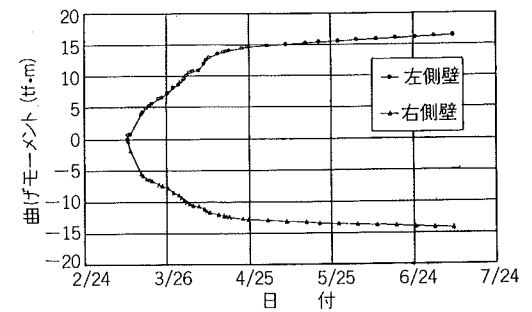
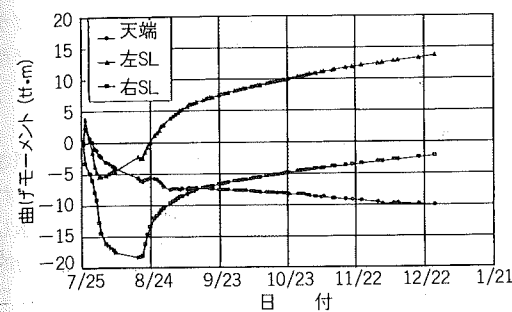


図-15 鋼製支保工曲げモーメントの経日変化図

7-2 有限要素法解析

大変形をシミュレーションできる力学モデルとその適用性を計測値などで調べた。その後に、これを用いてトンネル変形特性を数値解析的に把握した。

ここでは、詳細を省くが、解析結果ではトンネル掘削面から約10mの領域では内空側に大きく変位し、それ以深の変位は小さい。

7-3 得られた知見と考察

7-3-1 支保効果

上半先進工区間のB計測で得た計測データをもとにして支保効果を推察すると、以下のとおりとなる。

(1) ロックボルト

長さ4～6mのロックボルトの補強効果は、約2%程度のひずみが発生する地山では軸力分布に明らかなピークが現れることから、その有効性を確認した。また、約4～6%の大きなレベルのひずみがトンネル周辺に分布する右SL部のような地山では、明らかなピークは現れないものの約12tfのロックボルト軸力が発生することから、ある程度有効に機能したと考える。

しかし、計測の不動点を掘削面から12mおよび20mとする地中内変位計測からの地中変位量は、深度10m位置で約5～20mm程度トンネル内空側に変位する。このことから、長さ4～6mのロックボルトによる地中変位の拘束効果は地山全体の変位に対しては期待できない。

(2) 吹付けコンクリート

トンネル掘削により約4～6%の大きなレベルのひずみがトンネル周辺に分布する地山では、吹付けコンクリートに地圧が軸力として円滑に伝達されないため、変位拘束効果はあまり期待できない。さらに薄肉構造の吹付けコンクリート側壁端部は水平方向除荷に対して構造力学的にフリーとなり、変位拘束効果は期待できない。しかしながら、トンネル形状が円形となる天端部では、この形状効果による変位拘束が期待できる。

これらのことから、トンネル掘削面を支保部材で閉合した構造系として構築できれば、吹付けコンクリートが保有する耐力以内で変位拘束効果は発揮できる。このこ

とからも吹付けコンクリートは、有効で主要な支保部材と考える。

(3) 鋼製支保工

曲げ応力度が部材の耐力をはるかに超えて発生している。鋼製ストラットによる仮閉合によってトンネル形状の保持は期待できる。

さらにトンネル掘削により約4～6%の大きなレベルのひずみがトンネル周辺に分布する地山では、吹付けコンクリートによる変位拘束効果はあまり期待できない結果となったが、鋼製支保工はこのような地山でも鋼製ストラットによる仮閉合などにより支保効果を発揮する。これらのことから、鋼製支保工は吹付けコンクリートとともに主要な支保部材であると考えられる。

7-3-2 安定化策

計測結果と解析結果から、地山強度比が0.1を下回るような強度の小さい地山でのトンネル掘削時の有効な安定化策は、以下のものが考えられる。

- ・地山強度比が0.1と極端に小さい地山でのトンネルの安定化には、掘削外力に見合う支保剛性と断面性能が必要である。また、支保部材の保有耐力を活かすには、変形余裕を大きく取り、トンネル形状を円形にして早期断面閉合による軸力構造体の構築がもっとも有効である。
- ・切羽自立性の高い地山では、切羽直近で早期断面閉合が可能である補助ベンチ付き全断面工法が上半先進工法に比べて優位な場合が多い。不安定な切羽では、短いベンチ長で下半とインバートを同時施工とする早期断面閉合が有効である。

8. 高耐力支保工の効用と効果

8-1 対策工の条件

(1) インバート早期閉合：これまでの掘削状況から、インバート早期閉合による変位の抑制はもっとも重要である。

(2) 支保剛性：H-250 鋼製支保工および30cm厚の吹付けコンクリートが破壊される状況や、収束まで長期

に及ぶ地山の変形特性を考慮すると、支保耐力の絶対的な不足が考えられる。

(3) 変形余裕量：変形を完全に抑制することは不可能と思われるので、十分な変形余裕量を確保しておくことが必要である。大きな変形余裕量で健全な支保を保つにはやはり、十分な支保剛性が必要となる。

8-2 高耐力支保工

前項の条件から、必要な支保剛性の条件を満たすために、鋼製支保工を重ね合わせて建て込むことを考えた。支保工寸法や形状(パイプ状など)を変更するなどの案は、施工性の悪さ、調達の不便性など不利な点も多いと思われるからである。決定した対策工パターンは、以下のとおりである(図-16)。

掘削変形余裕量：300mm

鋼製支保工：外側 H-250，内側 H-150

吹付けコンクリート：外側 t=300mm，内側 t=150mm

(上半)SFRC，(下半)プレーン

ロックボルト：TD24-3m×6本，

TD24-4.5m×16本

インバート：H-200 鋼製ストラット

(補強リブ付き)，

吹付けコンクリート t=200mm，

中央集水管 φ600mm

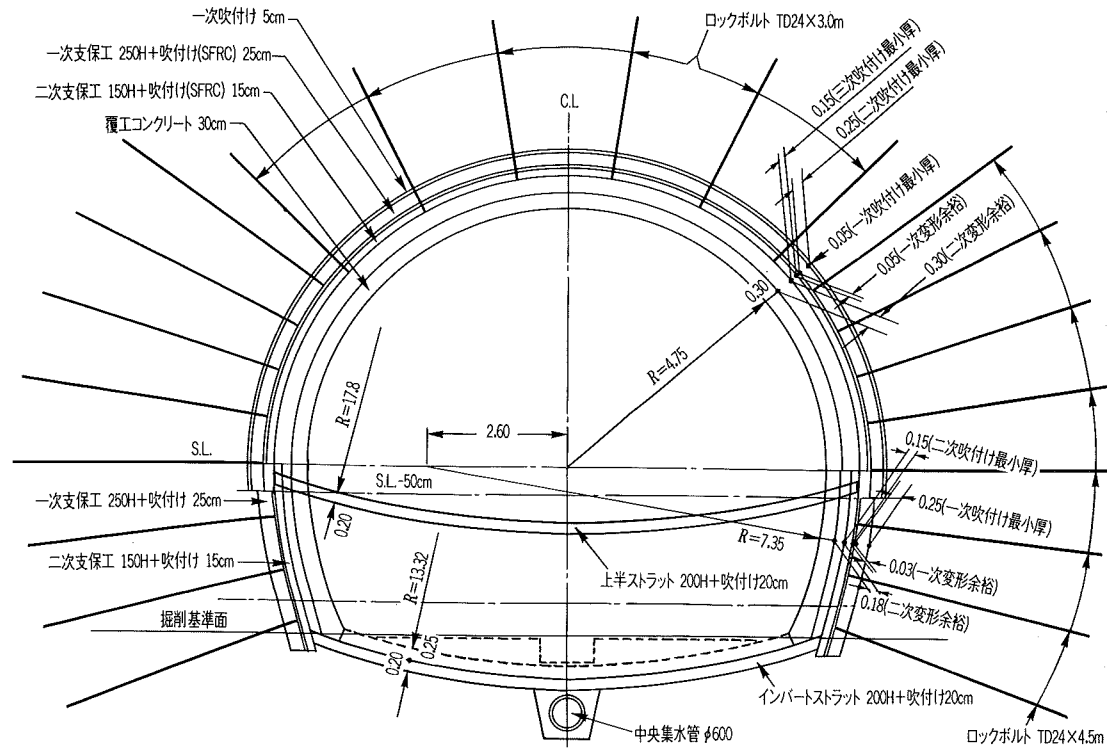


図-16 高耐力支保工

後述するとおり、従来のように切羽が安定するかどうかは不確定と判断し、ベンチ長 12~24m の上半交互併進にて掘削することにした。

8-3 切羽安定化策

ボーリングの結果から、切羽の半分を占めると予想される粘土が湧水によって流され崩壊することが懸念された。大規模な止水注入工も検討したが、粘土層と帯水した硬質安山岩層の境界が鏡面で明瞭に現れれば、部分的な遮水注入で対処できると判断した。

そこで、切羽安定化策には注入式鏡ボルト、注入式受けボルトを採用し、注入材にウレタンを使用した。

施工要領を図-17 に示す。

8-4 高耐力支保工の効果

平成 10 年 7 月 28 日、坑口から 2,951m 地点より高耐力支保工を採用して掘削を進めた。

現在までに明らかになった効果を述べる。

(1) 計測結果

高耐力支保工区間とその直前の区間における上半水平測線の計測結果の比較を図-18 に示す。掘削は上半、下半各 12m を交互に掘削した。また、下半の閉合は、中央集水工とともに 1 スパンを 4 m で施工した。

比較から明らかなことは、

① 初期変位速度：重ね合わせた支保工のうち、内枠

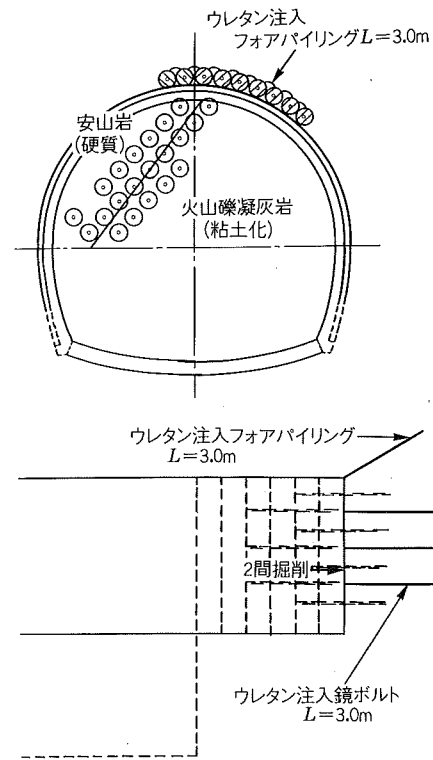


図-17 注入工

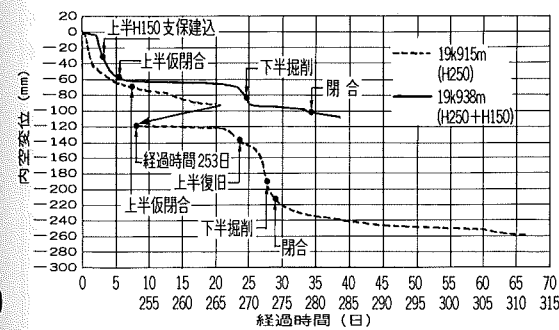


図-18 内空水平変位の比較(上半)

の H-150 を建て込むと、変位速度が減速する。

② 累計変位量：収束前であるが、明らかに変位量は減少しており、通常の支保工区間に比べてかなり小さい。

③ 早期閉合効果：インバートストラットによる早期閉合は、これまで同様効果が大きい。鋼製支保工を重ね合わせた場合はとくに顕著に現れている。

(2) 考察

初期変位の速度が類似した高耐力支保工区間の測点と通常の支保工区間の測点との比較では、支保工の保有耐

力の違いが閉合効果にも影響していることがわかる。早期閉合の効果を十分に得るためには、やはり相応の支保耐力が必要であると思われる。

閉合の結果、最終変位量も当然小さくなるので、吹付けコンクリートのクラックや鋼製支保工の屈曲など、支保部材の健全性に影響する因子は、この高耐力支保工区間では回避できると思われる。

9. ま と め

第 2 破砕帯掘削中の状況は、以下のとおりであった。

- ① 内空変位量が大きく、変形余裕量を超えて設計の覆工巻き厚を侵し、最大 554mm に達した。
- ② 土圧によって、吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼製支保工などの支保部材に変形・破壊を生じた。
- ③ 湧水はなく切羽が自立するため、掘進は可能である。

以上の状況下で、早期閉合や変形余裕量増加などの対策では不十分であることから、有効な支保部材である鋼製支保工と吹付けコンクリートの耐力向上を目指し、鋼製支保工の重ね合わせパターンをサイクル化して試みた。

10. お わ り に

これまでに蓄積されたデータや解析結果、先進ボーリングデータを活用して試行した高耐力支保工の施工結果については、現在途中経過を報告するにとどまるが、データ蓄積がさらに進むにつれて、その効果を明らかにすることができるであろう。

また、これまでの経緯から今後も土かぶりが大きく、一軸圧縮強度が極端に小さい地質構成の破砕帯に遭遇することが十分に考えられる。坑口から 3,600m 付近には雁蔵断層と呼ばれる活断層が存在するとも言われている。そのときには、今回の実績と経験を十分に活かし、貫通点到達に向けて鋭意努力していきたい。

参 考 文 献

- 1) 日本鉄道建設公団富山新幹線建設準備事務所：北陸新幹線、青海～魚津間 地質概要，pp.16～18，1992.2.
- 2) 佐々木忠俊・西川一正：電動式ローディングショベルとコンテナダンプによる効率的なすり処理工法，北陸新幹線朝日トンネル(東)，建設の機械化，No.573，pp.11～16，1997.11.
- 3) 北川修三・早坂治敏：青函トンネル新技術ミニ事典，土木施工，Vol.29，No.3，pp.48～59，1988.3.
- 4) 北村 章・平野邦彦・深沢成年・早坂治敏：青函トンネル本坑最深部施工時の地山挙動と支保効果について，土木学会論文集，No.385/VI-7，pp.106～115，1987.9.



# 「千余年の足跡を残す追憶と浪漫の里」生野町より

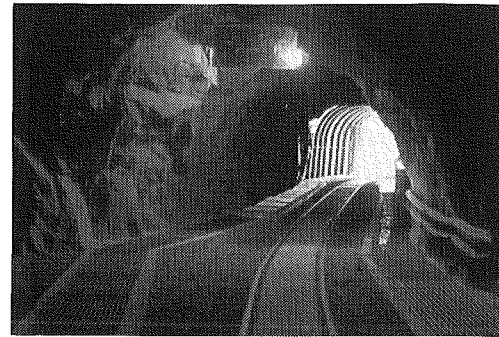
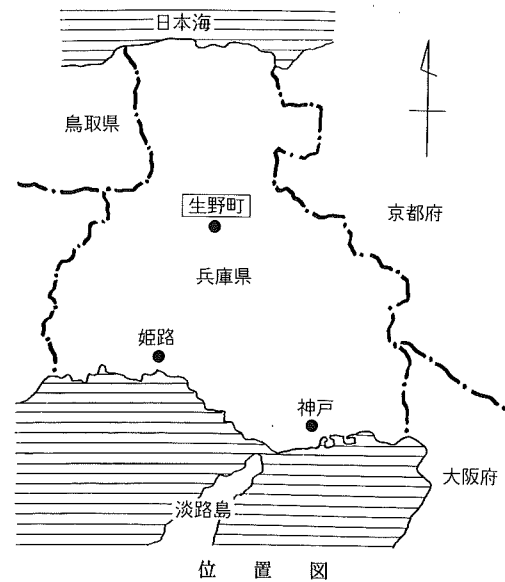
樋口 武

生野町は、兵庫県のほぼ中央部、但馬と播州をまたぐ中国山脈の分水嶺に位置し、四方を山に囲まれ、清らかな水と豊かな緑、澄みきった空気などの自然が息づくオアシスとして四季折々の幸に富み、また、関西の軽井沢として訪れる人々の心をなぐさめてくれる自然郷である。

町東部は、朝来群山県立自然公園に沿って関西電力黒川ダム、大明寺、黒川温泉、魚ヶ滝自然林養村センター、銀山湖(県営生野ダム)を結ぶ黒川渓谷があり、西部には国民宿舎やホテル、別荘などが建ち並ぶ生野高原がある。眺望のすばらしい段ヶ峰(1,103m)の山頂からは遠く瀬戸内海や兵庫県の屋根といわれる氷ヶ山を望むことができ、また、町中央部には千年の歴史を肌で感じさせてくれる史跡「生野銀山」がある。

生野町の歴史をひも解くと、古くは出雲文化圏と大和圏の接点として開け、生野銀山とともに発展してきたところで、町の至るところに由緒ある古刹、文化財が残されている。

生野銀山は、大同2(807)年の開坑と伝えられ、天文11(1542)年に本格的な採掘が始まり、織田・豊臣は奉行を、徳川幕府は直轄地として代官支配のもとに置き、



史跡「生野銀山」

佐渡金山や岩見銀山とともに幕府の財源の宝庫的存在となっていた。昭和48年に鉱量枯渇のため1200年の歴史に終止符をうち閉山した。その間に掘り進んだ坑道の総延長は何と350km以上、深さは800mにも達している。

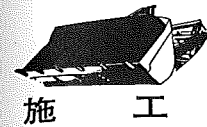
この銀山隆盛の歴史を後世に伝えるため、近代坑道は光と音の演出を施し地底にくり広げられた偉大な文化の跡を再現し、また、ノミ跡も生々しい旧坑道では、江戸時代の坑内作業を電動人形などで紹介して一般に公開している。

当現場は、生野町の西2kmの山間に囲まれた閑静な栃原集落の外れに位置している。従来、生野町から栃原集落に至る道は峠越えの県道しかなく、見通しが悪いうえに急勾配で冬季の凍結や降雪のため通勤・通学の交通に支障をきたしていたが、地元住民の30年来の悲願がついに叶い、昨年、播但連絡道路建設に伴う公共事業の一環として、待望の栃原トンネル建設着工の運びとなった。

当工事の概要は、道路改良工事1,508mのうち、トンネル部1,098m、道路改良部410mで、トンネル掘削断面積約70m<sup>2</sup>、2.9%の下り勾配の2車線道路トンネルである。地質は火山礫凝灰岩が主流である。

現在、トンネル掘削800m、覆工400mを完了したところである。播但連絡道路全面開通に合わせ、作業員一丸となって無事故での竣工を目指し日夜頑張っているところである。

(青木・アイサワ特別共同企業体栃原トンネル所長)



# 箱根新道直下を小土かぶり掘る

木村岸夫\* 高橋広幸\*\*  
進藤敏則\*\*\* 小林孝行\*\*\*\*

## 1. はじめに

箱根新道(一般国道1号)奥湯本IC(仮称)工事は、供用中の箱根新道にハーフインターチェンジを追加設置する工事である。

箱根新道は、箱根山崎を起点として箱根峠インターに至る延長13.8kmの有料道路で、昭和37年に一般国道1号のバイパスとして開設された(図-1)。

近年、西湘地域や周辺地域での道路網の整備が進み、交通量が増加し、箱根の玄関口である箱根山崎から箱根湯本地区(旧東海道の一部)にかけて交通混雑が生じている。この交通混雑を緩和させるため、箱根新道と県道湯本元箱根線(以下、旧東海道という)を箱根町須雲川で接続する奥湯本IC(仮称)の設置が計画された。

建設地の立地条件から箱根新道と旧東海道を接続するため、箱根新道直下を7.5mで横断するトンネルの建設が必要となった。本稿では、国道直下の土かぶりの小さいトンネルの工事概要ならびに脚部補強ボルトの計画、設計および補強効果について報告する。

## 2. 地形・地質

箱根火山は、伊豆半島の付け根に位置し、古期外輪山、新期外輪山および中央火山群からなる(図-2)。古期外輪山は、塔ノ峰・明神ヶ岳・金時山・三国山・箱根峠・白銀山を連ねる平均海拔高度1,000mの環状の山稜に相当する<sup>2)</sup>。

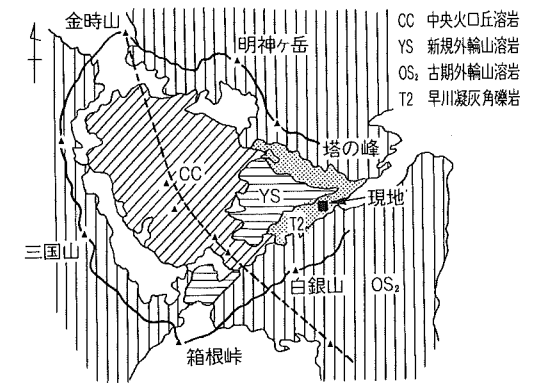


図-2 地形図

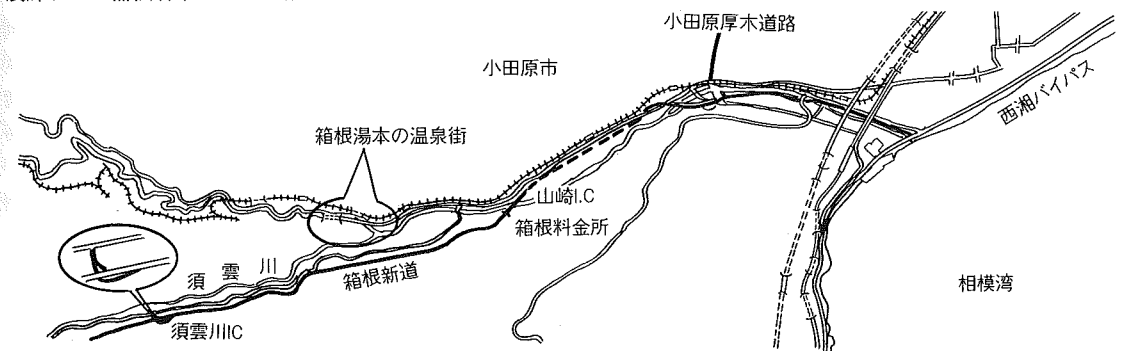


図-1 位置図

\*日本道路公団東北支社いわき工事事務所構築工事長  
(前日本道路公団東京第一建設局小田原工事事務所工事長)  
\*\*日本道路公団試験研究所技術情報課  
(前日本道路公団東京第一建設局小田原工事事務所)  
\*\*\*小田急建設(株)土木本部土木工務部  
\*\*\*\* " 技術本部技術開発部研究開発課

当工事は、白銀山より北東へ延びた古期外輪山から北へ分岐した支尾根の下部付近に位置し、斜面の傾斜は10~20°程度であり比較的緩傾斜な地形をなしている。この緩傾斜は、支尾根の最下端の須雲川沿いに広く分布する粘土混じり玉石層とこの層を被覆する厚さ2.0~6.5m

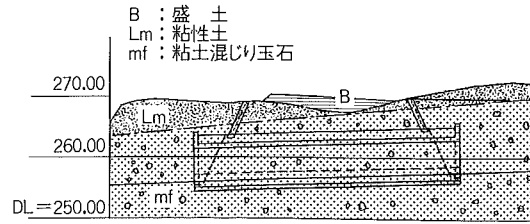


図-3 地質図

のローム層で形成されている(図-3).

この粘土混じり玉石層は、スコリア質の火砕岩から安山岩質～玄武岩質溶岩など雑多な玉石と玉石間を充填する半固結状態の粘土および砂礫で構成されている。また、この層は、玉石の配置が乱雑であることなどから須雲川起源の土石流堆積物であると思われる。さらに、層中には若干の湧水も認められた。

3. 工事概要

箱根新道奥湯本 IC(仮称)は、ハーフィンターチェンジであり、Aライン側が箱根新道への入口であり、Bライン側が旧東海道への出口となっている(図-4)。そして、箱根新道と旧東海道の取り合いの関係より、Bライン側に掘削断面積 65m<sup>2</sup>、施工延長 42m、平面線形 R=30m のトンネルを箱根新道横断部に土かぶり 7.5m で計画した。

また、以下に工事全体の概要を、そして表-1 にはトンネル諸元を示す。

設計速度	30km/h
道路規格	C規格ランプ
延長	42m
内空断面	56m <sup>2</sup>
平面線形	R=30m
縦断勾配	i=4.214%
掘削工法	上部半断面先進工法
支保パターン	DIIIa

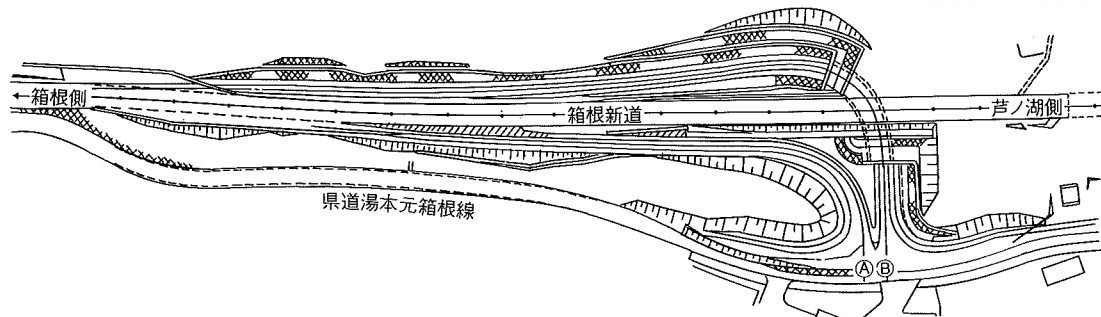


図-4 箱根新道奥湯本 IC(仮称)平面図

工事件名：箱根新道奥湯本 IC(仮称)工事  
 場所：神奈川県足柄下郡箱根町須雲川  
 工期：平成5年3月～平成7年12月  
 工事内容：土 工 50,000m<sup>3</sup>  
 法面工 3,500m<sup>2</sup>  
 基礎工 1,700m<sup>2</sup>  
 トンネル工 42m  
 その他

4. 工事計画

本工事の特徴は、箱根新道の交通を確保しながらのトンネル掘削工事にあるが、土かぶりが小さいこと、および対象地山が半固結状態の粘土混じり玉石層であることから、掘削時の路面の沈下が危惧された。そこで、トンネル全線にわたりパイプルーフ工を計画した。そして、この条件下、FEM 解析を実施し、掘削時の地山の変位を予測した。この結果、路面沈下はトンネル支持地盤の地耐力不足に伴う脚部の沈下による影響が大きいと考えられた。そこで、路面沈下対策として、脚部安定対策工法を計画した。以下、脚部安定対策工法の検討内容について記述する。

4-1 地盤の評価

地山物性値は、標準貫入試験、三軸圧縮試験および平板載荷試験より表-2のように決定した。

また、図-5 にはトンネル支持地盤と同様な地盤で実施した平板載荷試験の「荷重-沈下」曲線を示す。沈下量は荷重と一次元的な関係を保ったまま増加し、明確な極限支持力度を示さない。この破壊様式は、軟らかい地盤特有の進行性破壊現象による局所せん断破壊と考えられた。そこで、実務的に考え 30mm 沈下時の荷重 150tf

単位体積重量	2.0tf/m <sup>3</sup>
内部摩擦角	39°
粘着力	1.0tf/m <sup>2</sup>
変形係数	1,000tf/m <sup>2</sup>

/m<sup>2</sup>を極限支持力度と判定した。さらに、トンネル脚部に作用する地山荷重を Terzaghi の式<sup>3)</sup>を用いて算出した(表-3)。この結果、地盤支持力

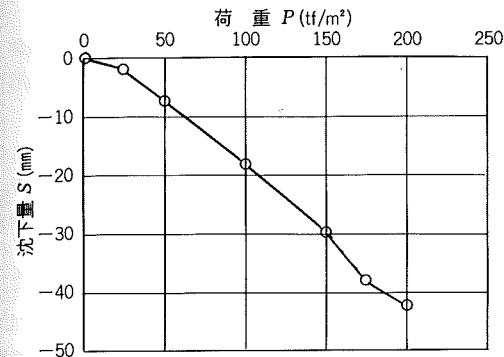


図-5 トンネル支持地盤の「荷重-沈下」曲線

地盤支持力	45.0tf
地山荷重	66.8tf

把握するため、二次元有限要素法解析を実施した。この解析では、地山の力学モデルを Drucker-Prager の降伏条件にもとづく完全弾塑性体と仮定し、パイプルーフ部は地山の剛性を変化させることでモデル化を行った。そしてトンネル掘削を上半と下半の2ステップで実施した。また、トンネルは無支保構造とした。

トンネル上半掘削時の塑性化領域を図-6 に示す。塑性化領域は、トンネル脚部周辺に生じる傾向にある。このときの路面の最大沈下量は 33mm である。また、下半掘削終了時の路面沈下量は最大で 50mm、路面の沈下勾配は 0.37% を示した。

4-3 路面沈下対策

原位置の土質調査にもとづく地盤評価と有限要素法解析結果より、路面沈下対策として脚部安定対策工法を採用することにした。脚部安定対策工法としては、①トンネル延長が 42m と短いこと、②平面線形が R=30m と急曲線であること、③事前の補強が困難であることなどから、トンネル掘削のサイクルタイムに組み込み、施工が簡易な脚部補強ボルトを選定した。

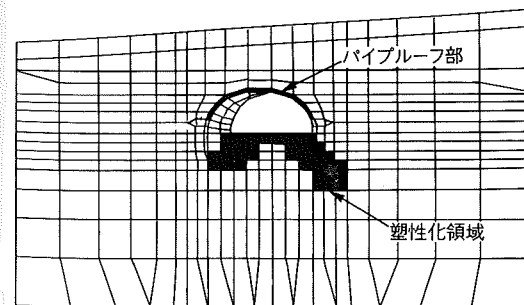


図-6 上半掘削後の塑性化領域

この脚部補強ボルトは、削孔径を杭径とし、摩擦杭的に増加支持力を期待するものである。しかし、当地のような固結度の低い地盤では地盤支持力の大きな増加を期待できないものと想定された。このため、地盤改良材としてゲルタイムが早く早期に効果が期待できるウレタンを脚部補強ボルトより注入し、脚部補強ボルトとウレタンによる改良地盤が一体となった複合地盤で地盤支持力の増加を期待することとした。

また、鋼製支保工には、支持面積の拡大と下半掘削時の沈下抑制を目的としてウイングリブ付き鋼製支保工を採用することとした。

5. 脚部補強ボルトの設計

現状では、脚部補強ボルトとウレタンの改良地山による複合地盤の地盤支持力を定量的に評価した資料を集めることが難しいため、平板載荷試験方法による試験施工を実施した。

5-1 試験施工

複合地盤の地盤支持力確認試験を坑口付近のトンネル上半地盤で実施した。試験概要を以下に示す。また、試験装置を図-7、写真-1 に示す。

(1) 複合地盤

・脚部補強ボルト

自穿孔ボルト：規格 UND×2000mm、φ28.5mm

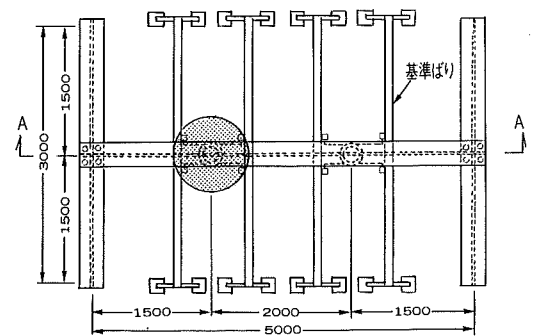


図-7 平板載荷試験概要図

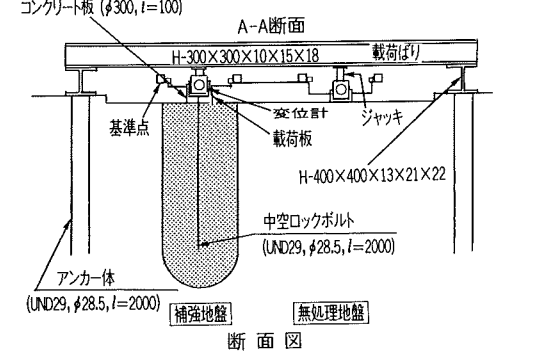


図-7 平板載荷試験概要図

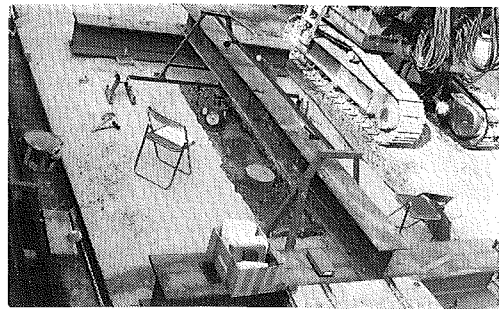


写真-1 平板載荷試験状況

・地盤改良材

ウレタン：注入材 発泡型2液性ウレタン  
 注入量 20kg/本  
 注入圧 16kgf/cm<sup>2</sup>

(2) 試験方法

地盤の平板載荷試験方法(JSF規格：T25-81)

(3) 試験装置

載荷板：φ300mm  
 ジャッキ：油圧ジャッキ(能力30t)  
 反力装置：アンカー式  
 荷重検出：油圧変換器  
 変位検出：ダイヤルゲージ(0.01×50mm)

(4) 載荷方法

サイクル数：4サイクル  
 試験最大荷重：400tf

(5) 試験終了の判断

試験最大荷重に達するか、沈下量30mmを確認した時点で試験を終了する。

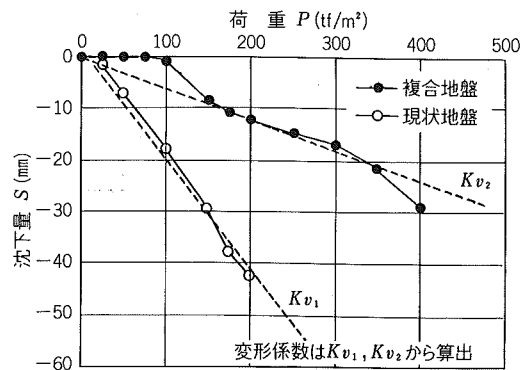


図-8 平板載荷試験結果

表-4 平板載荷試験結果

評価項目	現状地盤	複合地盤
極限支持力度	150tf/m <sup>2</sup>	400tf/m <sup>2</sup>
短期許容支持力度	100tf/m <sup>2</sup>	267tf/m <sup>2</sup>
変形係数	1,000tf/m <sup>2</sup>	4,000tf/m <sup>2</sup>

5-2 試験結果

試験結果を図-8、表-4に示す。これらには、地盤支持力の向上を明確に表現するため、先述した現状地盤での平板載荷試験結果も一緒に載せている。

(1) 変形係数

複合地盤の変形係数は約4,000tf/m<sup>2</sup>を示す。一方、現状地盤の変形係数は約1,000tf/m<sup>2</sup>であり、地盤の剛性は約4倍に改良されている。

(2) 地盤支持力

現状地盤の極限支持力が約150tf/m<sup>2</sup>であるのに対し、複合地盤の極限支持力は約400tf/m<sup>2</sup>であり、現状地盤の約2.7倍となっている。

以上より、複合地盤では地盤支持力が増加するとともに変形係数、すなわち剛性が大きく増加し、沈下の抑制に効果を発揮するものと推測する。

5-3 脚部補強ボルトの設計

試験施工の平板載荷試験結果をもとに、脚部補強ボルトの設計を実施した。

脚部補強ボルトとウレタンによる複合地盤の短期許容支持力度は、極限支持力度(400tf/m<sup>2</sup>)の2/3の267tf/m<sup>2</sup>とした。また、地盤支持力の算出は、ウイング幅を50cm、支保ピッチを1mと仮定して実施した。

$$\begin{aligned} \text{地盤支持力} &= \text{短期許容支持力度}(267\text{tf/m}^2) \\ &\quad \times \text{支持面積}(0.5\text{m} \times 1.0\text{m}) \\ &= 133.5\text{tf} > \text{地山荷重}(66.8\text{tf}) \end{aligned}$$

以上より、上半支保工脚部に脚部補強ボルト(l=2.0m、φ28.5mm)を1本(1断面あたり2本)打設する。

図-9、10にトンネルの断面図を示す。

6. 施 工

6-1 施工手順

トンネル工に関する施工手順を以下に示す(図-11)。

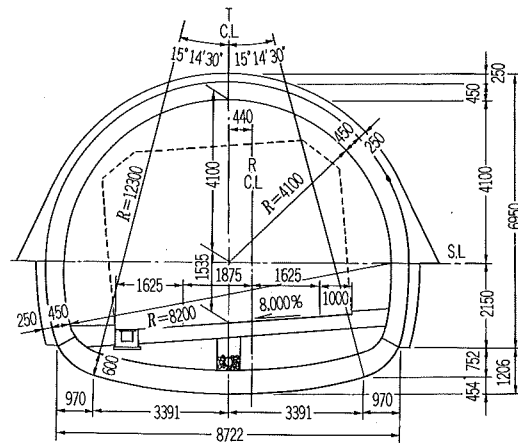


図-9 トンネル標準断面図

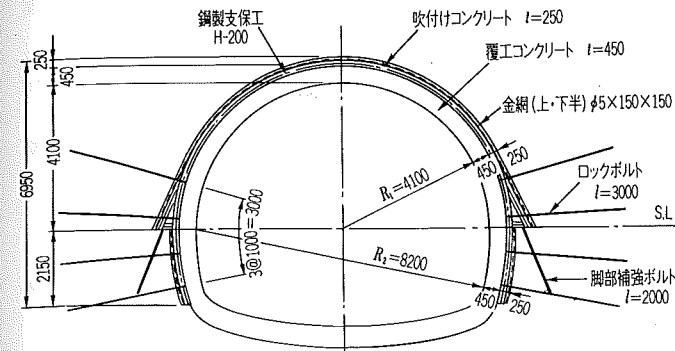


図-10 支保パターン

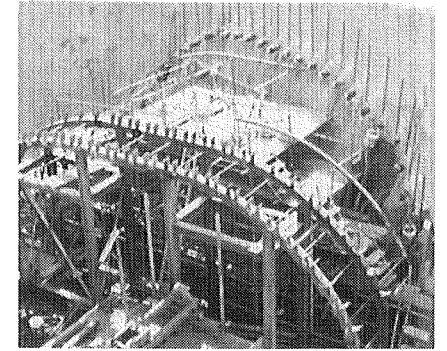


写真-2 パイプルーフ

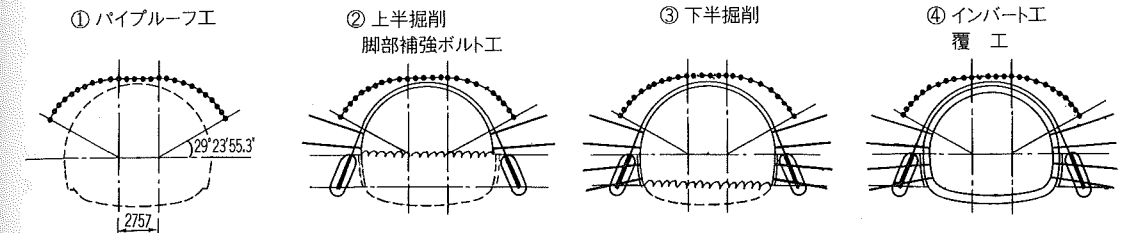


図-11 トンネル施工手順

- ① パイプルーフ工
- ② 上部半断面掘削
- ③ 上半鋼製支保工、吹付けコンクリート工、ロックボルト工、脚部補強ボルト工
- ④ 下部半断面掘削
- ⑤ 下半鋼製支保工、吹付けコンクリート工、ロックボルト工
- ⑥ インバート工、覆工

6-2 パイプルーフ工

写真-2にみられるように、外径216.3mm、肉厚8mmの鋼管をトンネル頂部約120°の範囲に550mmピッチで挿入設置しパイプルーフを形成した。パイプルーフの配置形状は、平面線形が曲線であることから若干ではあるが偏平となっている。

ここでの施工法は、地質がφ100~300mm程度の玉石を多数含む半固結状態の粘土混じり玉石層であることより、掘削時の送水による地山の緩みを懸念し「エアハンマー併用ノンコアシールド工法」を採用した。

- 工事数量および主な使用機械は以下のとおりである。
- ・工事数量 772m(φ216.3mm×26本)
  - ・穿孔機 TOP-L形機：最大トルク 1,400kg・m  
最大給圧力 6,000kg

6-3 脚部補強ボルト工

脚部補強ボルト工は、上半底盤の側壁部分に自穿孔ボルト(UND×2,000mm)を打設した後、試験施工と同様、16kgf/cm<sup>2</sup>の注入圧でウレタンを20kg/本注入し地盤を

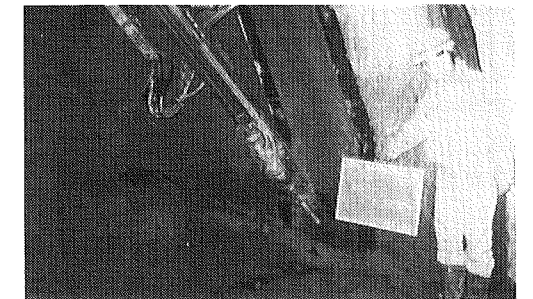


写真-3 脚部補強ボルト打設状況

固化する。この工法は、特殊な機械および設備を必要とせず、通常のドリルジャンボでの施工が可能であり施工サイクルに組み込めるという利点を有する(写真-3)。

7. 計 測 工

7-1 計測計画

以下に示す2つの目的で計測工を計画した。

- (1) 支保工へ作用する荷重の大きさや分布の仕方を確認し、トンネル断面の安定性を確保する。
- (2) 箱根新道への影響を観測し交通を確保する。

計測断面および各種計測工の配置図を図-12に示す。また、路面沈下計測を箱根新道路肩部にて実施した(図-13)。

- 計測項目
- ① 路面沈下
  - ② 天端沈下

: F1

- ③ 内空変位 : D1, D2, H1, H2
- ④ ロックボルト軸力 : B1, B2
- ⑤ 吹付けコンクリート応力 : T1~T5
- ⑥ 鋼製支保工応力 : G1~G5

計測管理は、計測値の判断基準として3段階の管理基準値を設定し(表-5)、以下のように実施した。

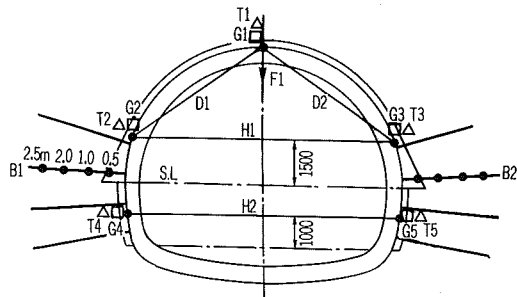


図-12 計測工配置図

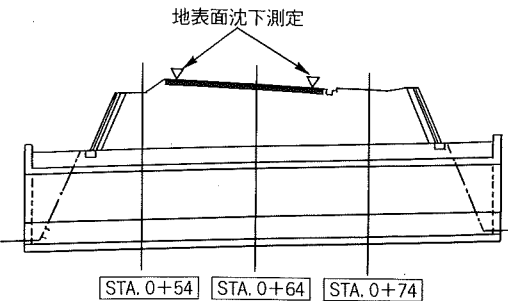
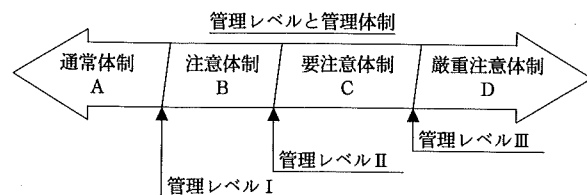


図-13 計測位置図

表-5 計測工管理基準値

計測項目	管理レベル			管理基準値設定根拠
	I	II	III	
天端沈下(mm)	7	15	22	孔内水平載荷試験, 三軸圧縮試験, 平板載荷試験, 限界ひずみ, 実績値
内空変位(mm)	15	30	45	
ロックボルト軸力(ton)	5	10	15	鋼棒の引張耐力, 引抜試験
吹付けコンクリート応力(kg/cm <sup>2</sup> )	30	60	90	圧縮強度, 実績値
鋼製支保工応力	$\sigma_s$ : 縁応力(kg/cm <sup>2</sup> )	700	1400	許容応力度
	$\tau_s$ : せん断応力(kg/cm <sup>2</sup> )	400	800	
箱根新道路面沈下	沈下量(mm)	13	26	島田の沈下予測式, 限界ひずみ, 近接構造物の許容実績 etc.
	沈下勾配(%)	0.13	0.26	



- A. レベルI以下: 定期計測および定期報告, 通常の計測体制
- B. レベルI~II: 計測頻度の増, 計測機器の点検, 目視観察の強化, 要因分析
- C. レベルII~III: 計測頻度の増, 測点の追加, 現状の点検強化, 目視調査
- D. レベルIII以上: 施工の一時停止, 対策工の実施, 設計の変更, 要因の追求

これらの管理基準値は、土質調査, 土質試験, 材料試験, 各種予測推定式および施工実績から設定した。

7-2 計測結果

7-2-1 トンネルに作用する荷重

図-14, 15に示す計測結果よりトンネルの上半脚部に作用する軸力は56tfと推定する。内訳は、鋼製支保工に18tf, 吹付けコンクリートに38tf(吹付けコンクリート応力: 15kg/cm<sup>2</sup>×吹付け厚: 1000mm×250mm)となる。トンネルへの作用荷重の推定値(66.8tf: Terzaghi理論)は、地山の不均一性を考慮すると、作用荷重とよく一致していると思われる。

7-2-2 下半掘削時の挙動

下半掘削時, 支保工および吹付けコンクリート応力の減少はほとんどみられない。さらに, 下半掘削に伴う沈下量の増加はほとんど見受けられない。これは, 鋼製支保工のウイングリブがトンネルに作用する荷重を脚部補強ボルトで補強された地山側へ分散させたことによると考えられる。

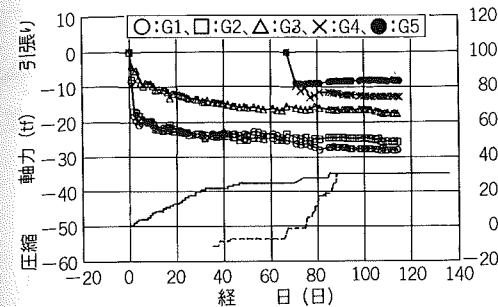


図-14 鋼製支保工軸力の経時変化グラフ

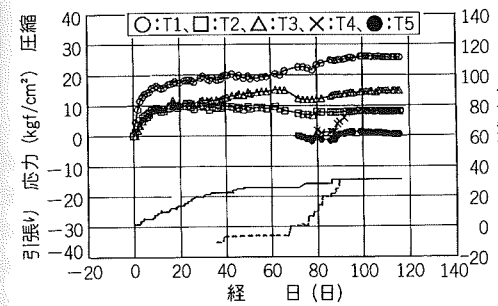


図-15 吹付けコンクリート応力の経時変化グラフ

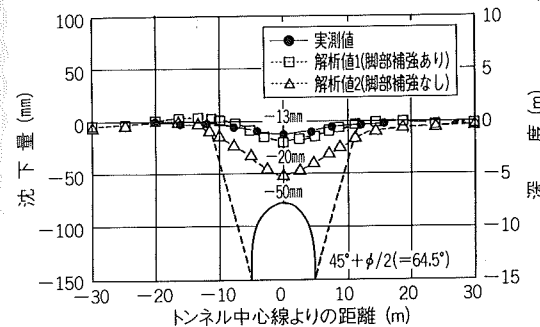


図-16 路面沈下グラフ

以上より, トンネル作用荷重に対してウイングリブと脚部補強ボルトが効果的に働いたと考える。

7-2-3 地表面への影響

図-16に路面沈下の横断図を示す。沈下量は最大で13mm, 沈下勾配は0.1%程度である。また, 掘削に伴う影響範囲は, トンネル底盤より45°+φ/2で仮定したすべり線とほぼ一致する。

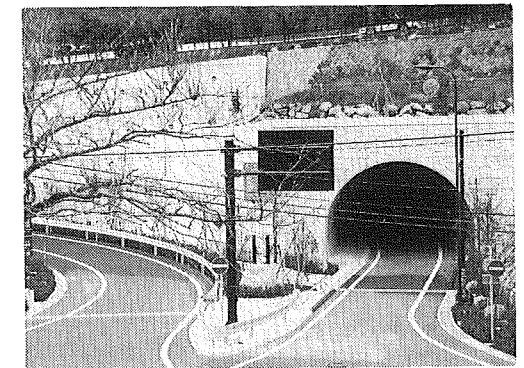


写真-4 奥湯本IC(仮称)トンネル坑口

8. おわりに

箱根新道奥湯本IC(仮称)工事では, 箱根新道を横断するトンネルを計画した。このトンネル工事は, 箱根新道の交通を確保しながらの工事であることから, 道路面の安全確保のために確実な施工が要求された。しかし, 本工事は半固結状態の粘土混じり玉石層中, 7.5mの小さい土かぶりでの工事であり, 路面の多大な沈下が危惧された。そこで, 各種土質調査結果および有限要素法解析結果をもとにトンネル施工時の地山性状を把握し, 脚部安定対策工である脚部補強ボルトを採用した。本工法の設計では, 効果を定量的に表すことが困難なことから, 試験施工を実施し, 経済性・安全性に努めた。その結果, 箱根新道の沈下を13mmに抑え, 施工を無事完了した(写真-4)。

現在, 奥湯本IC(仮称)は, 須雲川ICという正式名称が付けられ, 奥湯本への新しい玄関口として大いに利用されている。

最後に, 本工事でご協力いただいた関係各位に対し, 誌面を借りて謝意を述べる次第である。

参考文献

- 1) 日本道路公団: JH おだわら NEWS, Vol.2.
- 2) 猪郷久義・菅野三郎・新藤静夫・渡部景隆: 日本地方地質誌関東地方 改訂版, 朝倉書店.
- 3) 斉藤徹・吉村恒・野沢太三・藤井浩: 現場技術者のためのトンネル工事ポケットブック, 山海堂.

きみも金鉱を発見できる

金鉱の有望地域と探し方

理学博士 石井康夫著 新書判 202頁 本体定価 980円(〒310円)



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



# 「交流ふれあいトンネル」桜江町から

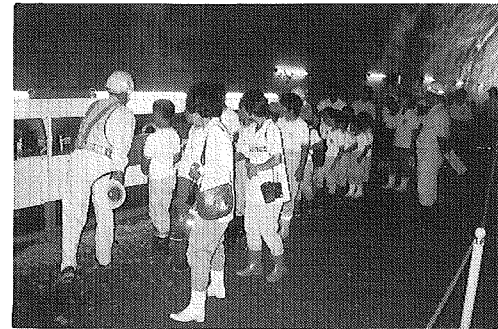
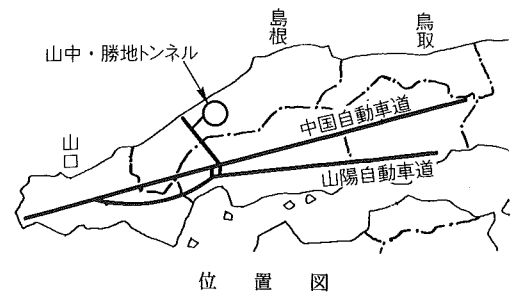
國田 晴夫

島根県西部に位置する桜江町は、邑智郡7町村中のひとつである。その邑智郡は前面に海岸ベルト地帯をひかえ、背後は広島県にもっとも突出して、県下の郡市中では面積は最大であるが、唯一、海のない内陸山地である。郡の西部を占める桜江町は有名な江の川および八戸川の流域にあり、古くから水害と相対しながら川とともに生き、荷船や川漁などの産業が栄えた町である。

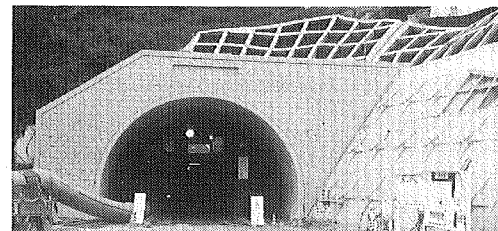
中国横断自動車道(浜田自動車道)の開通以後は都市部への新鮮な農作物の供給基地として注目されつつあり、また、平成9年4月には森林総合公園「風の国」、水ふれあい公園「水の国」が完成し、「風の国」では国の指定重要無形民族文化財の大元神楽や5月には桜江町のシンボルでもある「えんこう祭」(河童祭り)で賑わっている。さらに平成6年度より「交流ふれあいトンネル・橋梁整備事業」がスタートし、桜江旭インター線を整備することにより、隣町の旭町ならびに周辺の市町村との密接な交流・ふれあいが促進され、魅力あふれる地域づくりを行っている。また、当作業所においてもその一環として、一般・小学生を合わせて約360名の方々を招きトンネル見学会を行うなど、交流ふれあいを大切にしている。

さて、当企業が施工中の一般県道桜江旭インター線長谷工区改築(改良)山中・勝地トンネル工事一帯は、桜江町屈指の埴土および砂土地帯で、その基盤は雑多であるが、主として輝石安山岩の風化地帯が順平原化されたところである。

当工事は、山中・勝地両トンネルとその間の明かり区間(47m)で構成され、平成9年3月に着手した。山



トンネル見学会



坑口全景

中トンネルは、延長130mで、平成9年9月より掘削を開始し、民家が近いことから施工時間の制約をうけながら平成10年2月に貫通し、現在は覆工・坑門工も完了している。また、勝地トンネルは延長309mで、平成10年3月より掘削を開始し、平成10年9月に貫通、現在コンクリート覆工中である。

この工事の大きな問題は、両トンネル間の明かり部に地すべりの履歴跡がみられ、N値10以下の粘性土・隙質土が堆積し湧水も多いことである。このため、トンネル坑口部および明かり部で地すべり対策を事前に行う必要があり、資材搬入路を新たに設置し、トンネル坑口部には垂直縫い地・抑止杭・深礎工・軽量人工盛土・ウレタン注入を、明かり部対策として排水ボーリング・土砂置き換え・PCフレーム法面工などを施工した。その結果、トンネルおよび明かり部においても大きな変状もなく、無事故・無災害で工事を完成すべく作業所員一同一丸となって頑張っているところである。(アイサワ・今井特別共同企業体勝地トンネル作業所所長)



# 施工 国内初の大型自由断面掘削機による効率的掘削

## 高規格127号富津・館山道路 竹岡第1トンネル

中川 誠\* 千野 啓次\*\*  
今岡 彦三\*\*\* 今村 仁悟\*\*\*\*

### 1. はじめに

高規格127号富津・館山道路は、千葉県富津市から富浦町に至る延長20.4kmの自動車専用道路として現在事業が進められている。当地区は、一般国道127号が唯一の幹線道路であり、気象条件に左右されやすく、狭隘で線形不良箇所が多いトンネルがあるため、年々交通渋滞が激しくなっている。当路線が完成すれば、これらの諸問題を解消し、南房総に安定した交通路を確保するとともに平成9年12月18日に開通した東京湾アクアライン、現在供用している館山自動車道、また、今後建設予定の首都圏中央連絡自動車道(圏央道)と一体となって地域の活性化に大きく寄与するものと期待されている。なお現

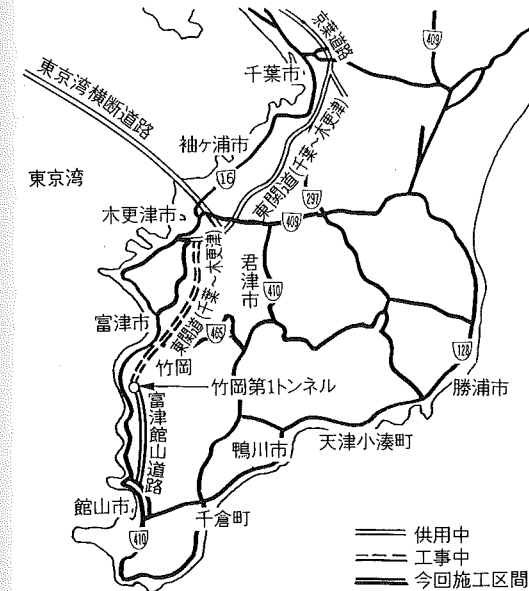


図-1 施工位置図

\*建設省千葉国道工事事務所副所長  
\*\* " 千葉高規格127号建設監督官  
\*\*\*佐藤工業(株)土木本部技術部部長  
\*\*\*\* " 竹岡トンネル作業所所長

在、平成10年度内の一部開業を目指して、鋭意施工中である。

竹岡第1トンネルは、その路線の中でも北側に位置する延長826mの道路トンネルである(図-1)。

本トンネルは、大断面トンネル掘削施工において、時代の要請である「安全性の向上、施工性の向上」を目的として、国内初の大型自由断面掘削機を新規導入し、補助ベンチ付き全断面工法にて無事工事を完成することができた。

本稿は、補助ベンチ付き全断面工法を施工するにあたり、鋼管膨張型ボルトの採用、切羽画像処理システムの開発などを含めて報告するものである。

### 2. 工事概要

本工事は、トンネル延長826m、掘削断面積94~111m<sup>2</sup>の2車線道路トンネル工事で、道路幅員は10.5mと広いが、偏平率0.6の5心円断面を採用している(図-2)。

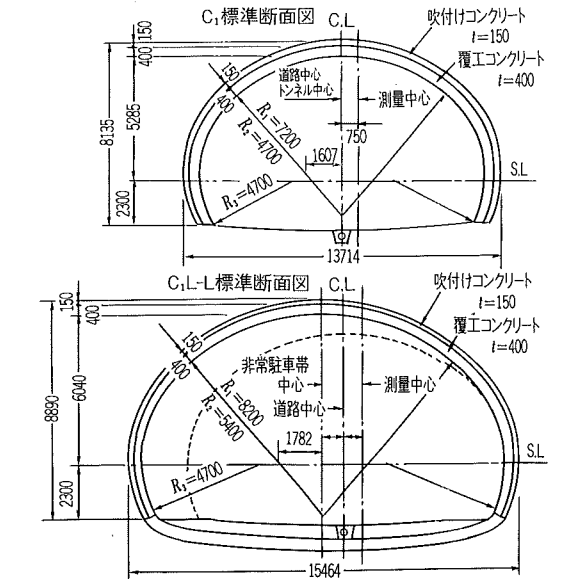
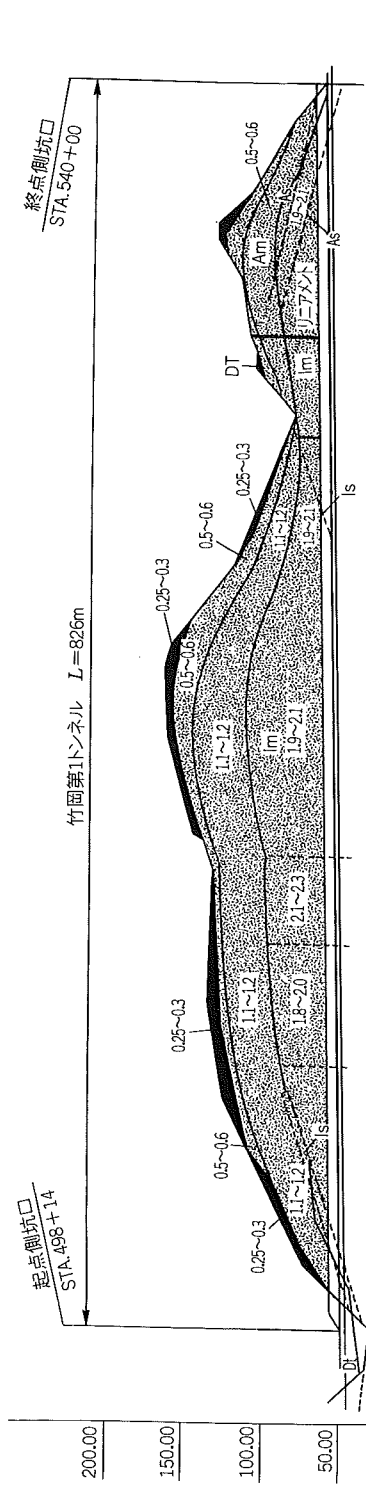


図-2 トンネル標準断面図



測点	計画高	岩質区分	上半先達ショートベンチ工法				補助ベンチ付き全断面工法				
			CI	CII	CIII	CI	CII	CIII	CI		
498+14	132.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
499+00	135.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
500+00	148.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
501+00	145.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
502+00	156.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
503+00	160.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
504+00	151.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
505+00	149.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
506+00	147.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
507+00	147.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
508+00	148.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
509+00	149.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
510+00	148.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
511+00	149.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
512+00	149.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
513+00	151.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
514+00	151.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
515+00	152.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
516+00	152.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
517+00	151.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
518+00	152.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
519+00	152.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
520+00	152.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
521+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
522+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
523+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
524+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
525+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
526+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
527+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
528+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
529+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
530+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
531+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
532+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
533+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
534+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
535+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
536+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
537+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
538+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
539+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25
540+00	153.00	軟岩	40	20	25	40	20	25	40	20	25

図-3 トンネル地質縦断

トンネル中間部に掘削断面積 130m<sup>2</sup>、延長 32.1m の非常駐車帯 2か所および将来の下り線までの避難連絡坑がある。また、暫定 2車線で整備され、将来の上り線に対面 2車線トンネルとして利用する計画である。

3. 地形・地質概要

本トンネルは、房総丘陵の西側、東京湾海岸線から約 2km 内陸側に位置し、標高 80~150m 程度の起伏に富んだ地形を呈している。斜面は比較的急峻であり、STA、No. 530 付近には路線を斜交する沢が存在し、沢沿いに断層を想定させるリニアメントが認められる。

地質は、新第三期中新世~鮮新世の三浦層群、天津泥岩層および稲子泥岩層を主体としており、東西方向に背斜・向斜をくり返し、局部的に地層のうねりがある比較的複雑な地質構造を示している。弾性波速度は、1.8~2.3km/sec で一軸圧縮強度は 80~150kgf/cm<sup>2</sup>程度である(図-3)。

4. 施工

4-1 施工概要

トンネル掘削は、館山方坑口から上半ショートベンチ機械掘削にて開始し、比較的地山条件が均一とみなされる区間(CIおよびCIIパターン)において補助ベンチ付き全断面工法を採用した。掘削機械は、WAV300H パワーカッター、ずり積み機にサイドホイールローダ(2.1m<sup>3</sup>積み)と運搬には 10t ダンプトラックを採用している(写真-1, 2)。

4-2 掘削機種種の選定

トンネル掘削は、中硬岩および硬岩の場合、従来発破を中心に施工されてきたが、市街地などの施工環境条件の厳しいところでは、騒音、振動などの問題から発破による掘削が制限される場合が増えてきている。従来、200 kgf/cm<sup>2</sup>以下の軟岩が対象であった機械掘削が、昨今の大型自由断面掘削機の技術開発により、硬岩地山にも適用され始めている。今回採用した大型自由断面掘削機「WAV300H パワーカッター」は、軟岩から硬岩に至る岩盤を低振動・低騒音で効率的に掘削し、日本特有な地質の変化に適応できるように開発されている(写真-3)。この機械を適用することにより、施工の効率性・安全性に優れた機械掘削での補助ベンチ付き全断面工法が可能となった(図-4)。

大型自由断面掘削機は、現在国内でも数種実績があるが、本機種の特徴は以下のとおりである。

- ① 掘削技術の中心をなすカッターはクロスヘッド型(横軸型)で2つのカッシングドラムを備えており、強力な掘削力と有効な掘削反力機構によって硬岩の

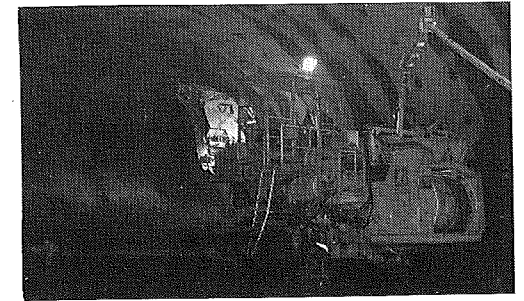


写真-1 補助ベンチ付き全断面掘削状況

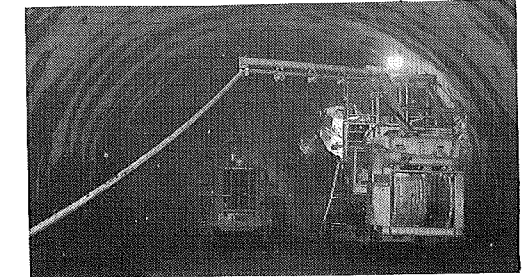


写真-2 掘削・ずり出し状況

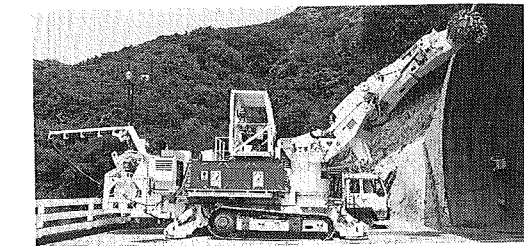
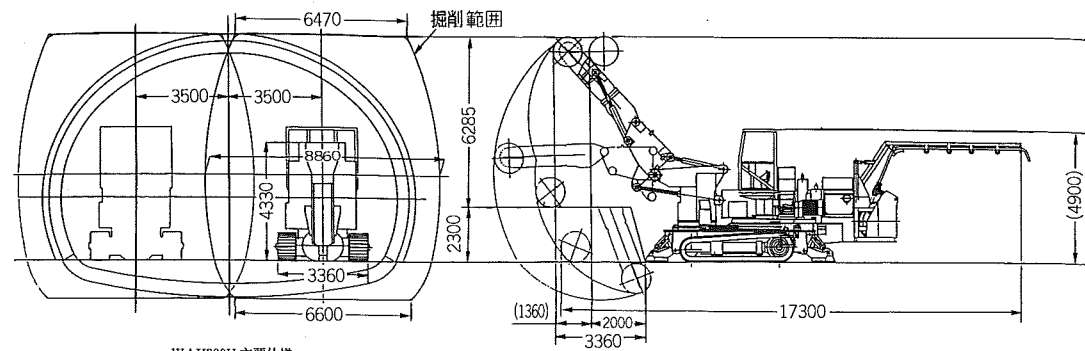


写真-3 WAV300H パワーカッター

掘削を可能にしている。すなわち、従来のインライン型(縦軸型)と異なり、カッターの回転がオーバーショットであり、下向きの掘削力が期待できる。したがって重量が軽くても切削力が十分生かされる。

また、カッター出力を2段にして、岩質、岩種、硬さの変化に対応した幅広い掘削ができる。

- ② ヒンジ式カッターブームは支点位置が高いため、補助ベンチ付き全断面掘削が容易にでき、掘削範囲は機体定位置で約 80m<sup>2</sup>まで可能である。
- ③ ヒンジ式カッターブームとカッシングドラムを活用してベンチ上の掘削ずりを容易にかき寄せることができ、効率的な処理ができる。
- ④ カッター負荷制御方式(パワーコントロール)を採用し、掘削負荷に応じてカッターの移動速度が自動的に制御できる。さらに負荷が増大するとカッシングドラムが自動停止するシステムを装備している。
- ⑤ 電動走行に加え、電源なしでも長距離移動に便利なエンジン駆動による走行システムを装備している。
- ⑥ ケーブルリールとケーブルガイドの標準装備によ



主要寸法	全重量	t	約 74
	全長	mm	12700
	全幅	mm	3510
	全高	mm	4840
掘削範囲	最大切除高さ	mm	8100
	最大切除幅	mm	8860
走行装置	アンダカット	mm	1600
	クローラ全幅	mm	3360
主要駆動部速度	クローラシュー幅	mm	700
	接地圧	kgf/cm	1.6
電気設備	走行速度	m/min	6/7.2
	カッタードラム回転数	rpm	高速 49/60 低速 33/39
	設備総電力	kW	413
	カッターヘッドモータ	kW	300/200(4/6P)
エンジン設備	パワバックモータ	kW	90
	冷却/照明他	kW	23
油圧装置	電源電圧	V	1000/1100
	ディーゼルエンジン	kW	W84(走行 10m/min)
散水装置	油圧作動油		ISOVG46
	作動油タンク容量	ℓ	600
ケーブルリール	散水装置		50ℓ/min × 120kgf/cm <sup>2</sup> (15kW)
	ケーブルリール		90m 巻き取り

図-4 WAV 300H パワーカッター機械配置図

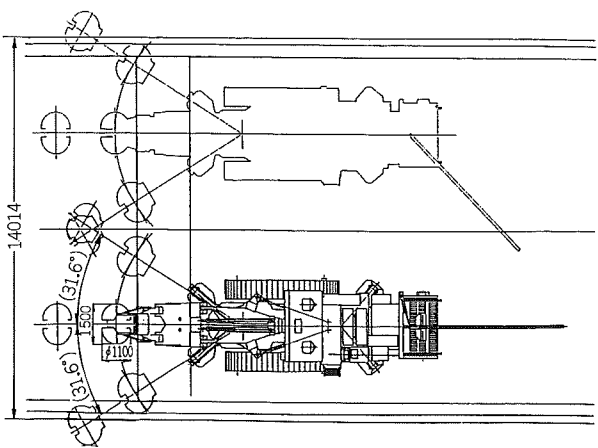
り、ケーブルの取り扱いおよび移動が短時間で可能である。

- ⑦ 粉塵およびビット摩耗抑制対策の改善として、散水装置のパワーアップを図るとともに散水ノズルを追加し、4か所装備している。
- ⑧ 機体はスリムで、吹付け機やボルト打設機械、他の補助工法用機械類などの側方通過が可能になっている。

4-3 掘削工法の検討

当竹岡第1トンネル工事では、前述の大型掘削機を導入することにより、比較的自立性の高い区間において、以下の理由で補助ベンチ付き全断面工法を採用した。

- ① 上下半同時並進による作業の安全性の確保
  - ・切羽作業の集約化による重機幅転作業の回避
  - ・路盤泥濘化早期補修による坑内車両の安全走行の確保
  - ・作業の単純化・手順の統一による安全施工サイクルの確保



- ② 掘削能力向上による急速施工と効率性の追求
  - ・掘削・ずり出し同時作業による効率性の追求
  - ・純掘削能力向上を目的とした大型機械の導入
- ③ 地質の変化に対応可能な施工とトンネル安定性の追求
  - ・中硬岩～亀裂性の多い広範囲な地質への対応
  - ・下半早期閉合によるトンネル安定性の向上

掘削方法は、上下半全断面を上下、左右と4ブロックに分割し、機体をアウトリガーで固定したまま、まず始めに左下半部掘削を行い、次に左上半部へと移る。なお、掘削作業と並行して右半断面にサイドホイールローダにて同時に積み込みを行う。左半断面掘削完了後、掘削機は右半断面に移動し、同様に下半・上半と掘削する。なお、ベンチ上のずりは、カッタードラムにてかき寄せることができるため、バックホーなどを入れる必要はなかった(図-5)。

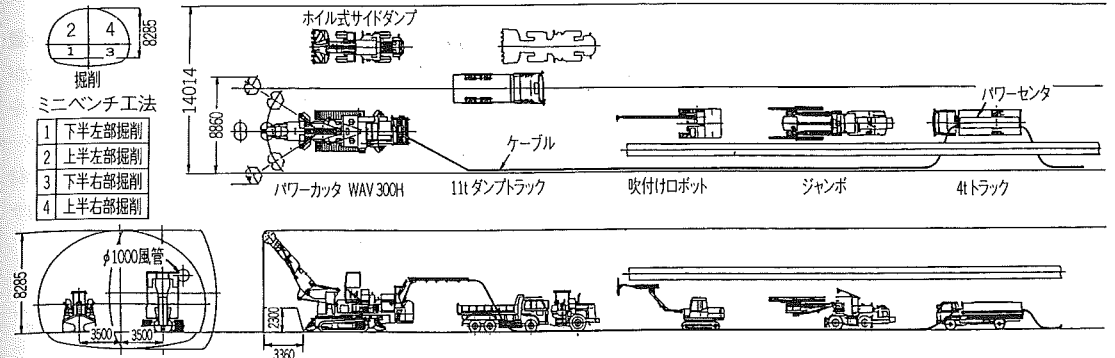


図-5 補助ベンチ付き全断面工法施工図

掘削1進行長は、支保パターンによって異なるが、CIパターンでは、1.5mとし、上下半のベンチ長は、3mを基本とした。

掘削基本動作として、カッターブームは折り曲げ、前後進ロスを極力避けて掘削をスタートし、サンピング(切り込み深さ)300~400mm、上下移動高さは300~400mmにて左右に旋回しながら切り上げていった。

4-4 施工実績

(1) 掘削実績

掘削は、平成8年5月より本格掘削を開始し、平成9年2月にトンネル全線完了した。施工実績は、支保パターンによって異なるが、CIパターン(1進行長1.5m)において最大日進6.0mが得られている。

(2) WAV300H パワーカッター掘削能力

掘削実績としては、実掘削能力(掘削量をカッター運転時間で除した値)は、地山条件によって異なるが、平均94m<sup>3</sup>/hが得られ、本機移動を含めた実掘削能力は、その70%程度、実掘削ずり出し能力は50%程度であった。カッターヘッドの構造は、当初、硬岩対応ドラムによるコンカルビット(164個装着)を使用して掘削を実施したが、軟岩では、ビット間に掘削土砂が付着し、ドラムが団子状になったため、掘削効率を向上させるために軟岩ドラムの開発を行い、ツメ型ルーフビット(94個装着)に変更することにした。この仕様変更により、当初の掘削能力に比べ約1.3倍以上と飛躍的に向上した。また、ビット摩耗については、コンカルビットでは、土砂の付着による偏摩耗が多かったが、ツメ型ルーフビットに変更することにより、約50%程度に低減し、効果的であった。

(3) 大型自由断面掘削機による掘削技術審査結果について

本機種は、騒音・振動の制限される条件下において、中硬岩および硬岩トンネルを効率的に掘削するための自由断面掘削の技術審査として、下記の実験を実施し、平

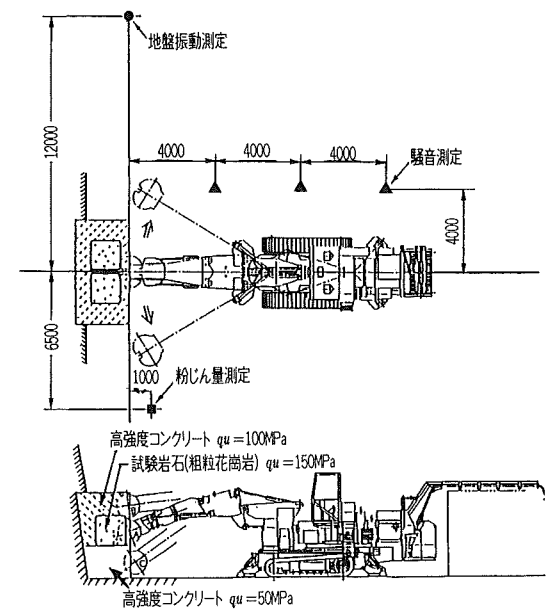


図-6 試験配置図

成9年11月18日に(社)日本建設機械化協会の技術証明を取得している。

試験概要は、500~1,500kgf/cm<sup>2</sup>までの硬岩模擬供試体(花崗岩・コンクリート)を作成して、純掘削能力とビットの消費量および環境測定(騒音・振動・粉塵量)を実施した(図-6)。

試験結果としては、図-7および表-1のとおりである。今回の性能確認試験で使用した試験体は節理の少ない火成岩である花崗岩、また、高強度コンクリートは十分に品質管理された密実なものを使用した。1軸圧縮強度100MPaにおける純掘削能力は、平均18.5m<sup>3</sup>/hと予想以上の実績が得られている。仮に掘削断面積約80m<sup>2</sup>、1掘進長2.0mのトンネルを想定した場合、掘削効率を50%と考慮する日進1.53mという数値が得られる。これは、割岩工法に比べ、経済的であることがいえる。

環境測定値の評価としては、騒音値は、発生源から4, 8, 12m離れたいずれの地点においても100dB以下であり、建設省の低騒音・低振動型建設機械のバックホーの基準値と同程度であることがわかる。また、振動値についても90dB以下と小さな値で収まっている。

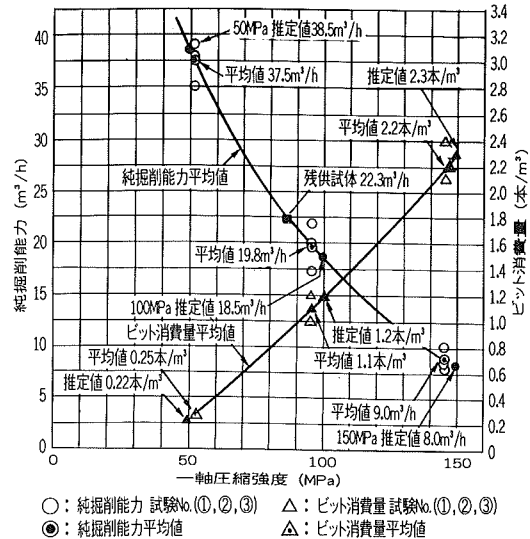


図-7 一軸圧縮強度と純掘削能力およびビット消費量

4-5 鋼管膨張ボルト採用実績

当竹岡第1トンネルは、掘削150m地点から突如多量湧水(毎分500ℓ以上)に遭遇し、支保材の品質劣化が懸念された。そこで、以下の理由で鋼管膨張型ボルトを採用した。

- ① 加圧・膨張により打設直後からモルタルの定着材の硬化を待たずに定着力を発揮できるため、早期サポートが可能となり、緩み領域を抑制できる。

表-1 地盤振動・騒音および粉じん量測定結果

試験体	平均一軸圧縮強度 (MPa)	地盤振動値		騒音値		質量濃度	
		位置 (m)	dB	位置 (m)	dB	位置 (m)	mg/m³
花崗岩	146	12	85	4	100	6.5	3.2
			92	8	99	6.5	1.1
			90	12	97	6.5	2.4
コンクリート (1)	96	12	85	4	99	6.5	0.6
			91	8	86	6.5	2.8
			92	12	92	6.5	1.5
コンクリート (2)	52	12	81	4	98	6.5	3.1
			89	8	96	6.5	0.7
			91	12	93	6.5	0.4

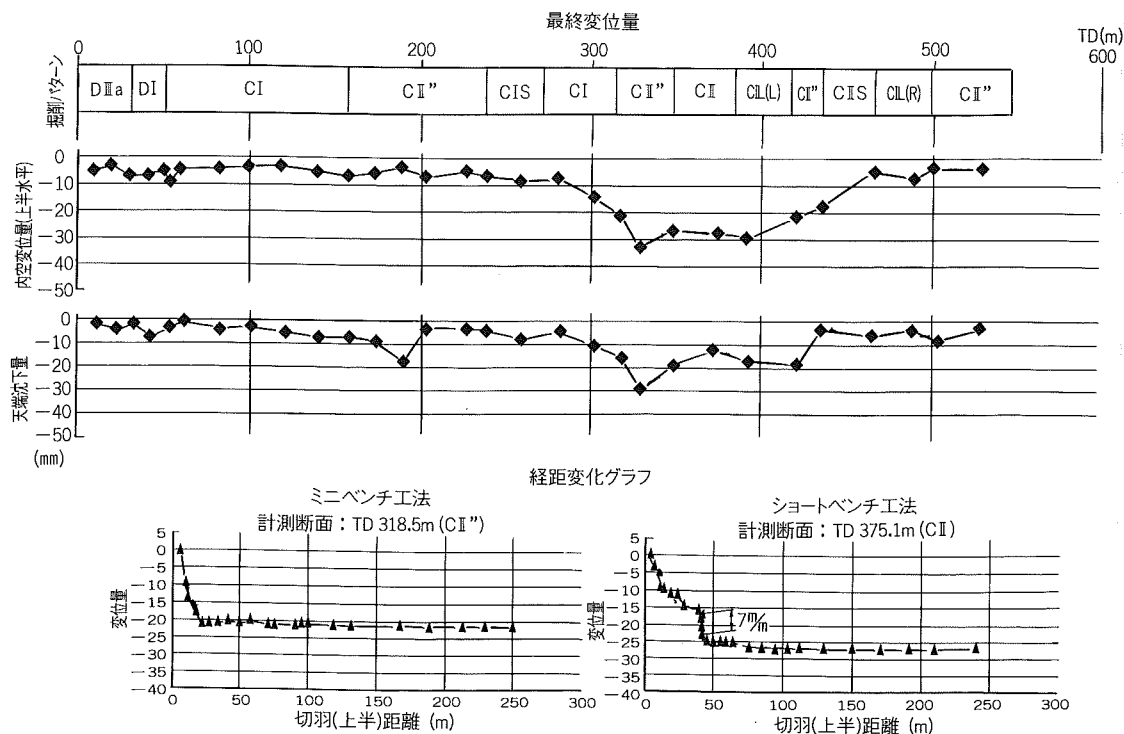
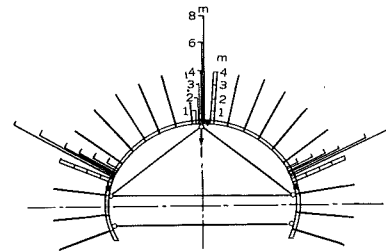


図-8 竹岡第1トンネルにおけるミニベンチ工法の坑内A計測(最終累計変位量)と経距離変化グラフ



計測項目	数量	仕様	凡例
内空変位測定	4測線		○
天端沈下測定	1測点		↓
地中変位測定	3台	8m6点用	○
フリクションボルト軸力測定	3台	4m4区間用	○
吹付けコンクリート圧力測定	3台		■

図-9 B計測計器配置図

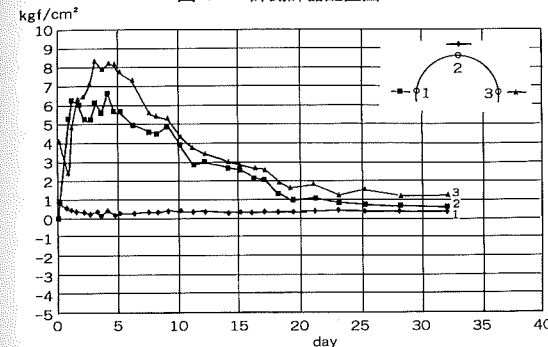


図-10 吹付けコンクリート応力経時変化図

- ② 亀裂の発達した地山に対しては、ロックボルトの加圧・膨張により、亀裂の開口、亀裂部の摩擦力の向上によって岩盤全体の物性値が向上する。
- ③ 湧水部においても定着材の流出などの問題が生じないので品質が確保できる。
- ④ 定着には高圧水のみを使用であるため、施工性がよく、安全である。

4-6 地山への影響と坑内計測結果について

掘削面の仕上がりに関しては、平滑な仕上がり形状が得られ、応力集中を引き起こすこともなく、比較的変位量は小さい値で収まった(内空変位量は最大34mm程度、天端沈下量は最大30mm程度)。

また、坑内A計測の比較グラフ(図-8)をみるとショートベンチ工法に比べ、補助ベンチ付き全断面工法の方が変位速度は早いですが、ショートベンチ工法の場合、下半通過時に約7mm程度変位している。

最終変位量については、両方ともほぼ同様の値で収束しているものの、補助ベンチ付き全断面工法の方が早期に収束していることから、力学的に安定しているといえる。

次に今回採用した補助ベンチ付き全断面工法および鋼管膨張型ボルトの効果を確認するために図-9のとおり、B計測を実施した。

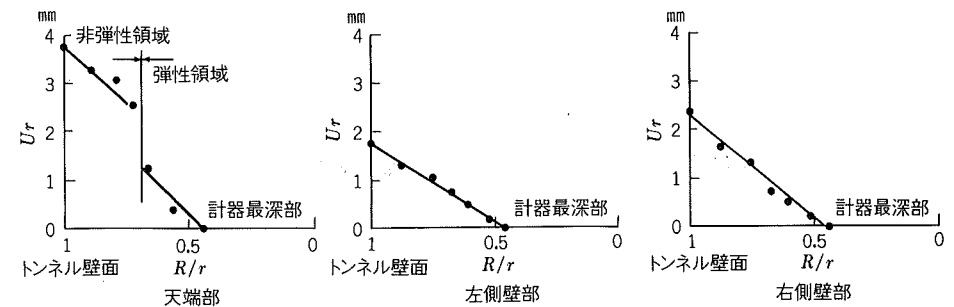


図-11  $U_r - R/r$

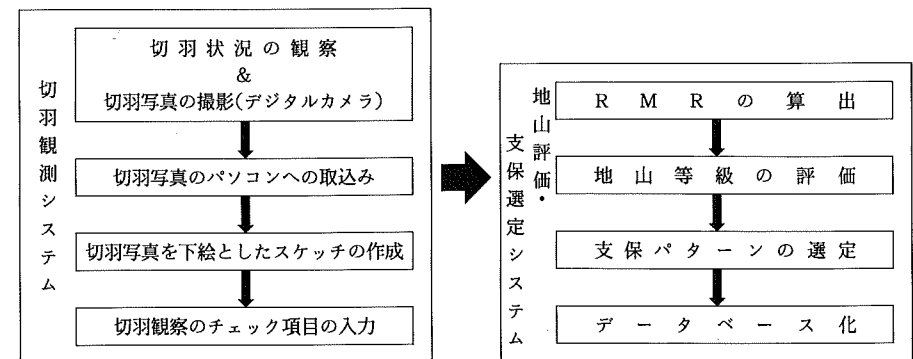


図-12 地山評価・支保選定システム

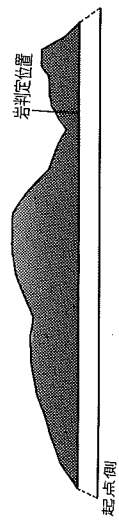
RMR法による岩盤分類パラメータと評点

1	2	3	4	評点結果
切羽観察記録簿の評価				
岩石強度(シュミットハンマー反発値算出)	N>60	25~40	N<25	1
評点	12	5	1	
節理の間隔	d>1m	0.2~1m	d<50mm	10
評点	15	10	5	
節理の状態	密着・新鮮	部分的に開口	粘土状・未固結	25
評点	25	20	0	
トンネル湧水	なし・滲水程度	滴水程度	全面湧水	10
評点	10	7	0	
評点合計				46/80

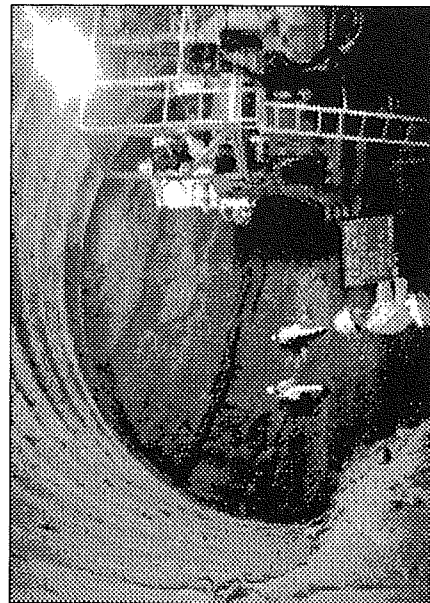
注) RMR法は本来RQDを考慮するが今回の場合、RQDを省略した形で総合点を80点として評価するものである。

日付	H8.12.9	立会者	主任監督官
坑口からの距離	61.9m	測点	NO.580+0.0
土かぶり	36.2m	パターン区分	C
岩種	泥岩	形成地質時代	第三紀中新世

岩判定縦断面

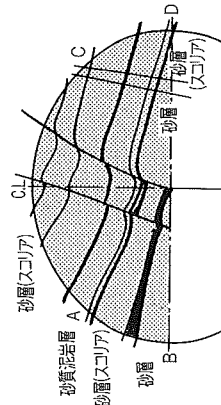


岩判定立会状況



評点判定基準	総合評点	満点	100
地山等級	CI	DI	DIIIa
上限値	70	60	50
下限値	40	30	25
切羽評点	58		

切羽スケッチ



切羽記事

切羽泥岩および、砂質泥岩と数本の砂層で構成されている。黒い砂層は未固結で非常にろいスコリア層である。切羽からの湧水はほとんどなく地山の自立性はよく安定している。

判定結果 CI 切羽評点は58点であり、切羽からの湧水もほとんどなく、自立性も良いため設計通りのCIパターンとする。

図-13 竹岡第1トンネル掘削パターン変更段階検査(岩判定)資料

(1) 吹付け応力測定に関する考察

測定結果は掘削段階を敏感に反映した結果が得られた。つまり、力学的に不利な形状となる上半掘削時は、側壁の応力が大きくなったものの掘削断面が力学的に有利な円形に近くなる下半掘削後の吹付けコンクリートは、均一化され、小さな応力レベルで収まった。このことより当工事で採用した補助ベンチ付き全断面工法は、吹付けコンクリート応力を平均化し低減させ、トンネル安定性の確保に有効であったと判断できる(図-10)。

(2) 地中変位測定結果からの考察

図-11のグラフから左右側壁部ではトンネル壁面まで直線で表され、トンネル周辺地山には、非弾性領域が発生していないことがわかる。これに対して天端部では3~4m区間で弾性領域と非弾性領域の境界がみられるものの、非弾性領域も直線になり、この部分も弾性挙動をしていることがわかる。このことより、本来なら掘削により割れ目が開口して不連続な挙動を示すところが鋼管膨張型ボルトにより、開口した割れ目を瞬時に縫い付けてトンネル天端の地山を補強し、あたかも弾性体のような挙動を示していることから、鋼管膨張型ボルトが効果的であったことがわかる(図-11)。

4-7 切羽観察システム採用実績

当工事で、トンネル掘削で最重要視しなければならない地山観察をより詳細に把握するために、切羽画像処理システムを新規に開発し、地山の定量化に努め、地山条件に適合した支保パターン選定により取り組んだ。

この切羽画像処理システムは、従来手書きであった切羽観察記録の作成をパソコンに切羽写真を取り込んでパソコン上で作成できるようにしたものである。また、システム構成は、切羽スケッチを作成する切羽編集システムと切羽観察記録を管理する日報管理システムで構成されている。切羽編集システムでは、切羽スケッチの作成、地質展開図・地質縦断面図の作成、トンネル縦断面図の作成を行い、切羽日報管理システムでは、観察記録の管理や観察記録簿の出力を行う。

このシステムでは、切羽観察業務の効率化が図れるとともに、切羽から得られた情報を設計時のものと対比させたトンネル縦断面図を作成したり、地山の性状に応じたより適切な支保の選定が可能となっている。また、支保の選定については、岩盤強度や良好度・節理間隔や状態・湧水などの指標に対して点数化して地山評価を行い、より最適な支保パターンの追求を図った(図-12, 13)。

今回のトンネル切羽観察にもとづく地山評価の手法としてRMR法の一部改良型を用いている。通常RMR法は、①岩石強度、②RQD、③節理の間隔、④節理の状態、⑤湧水状態、⑥節理の方向性の6項目の指標で評価する

のであるが、RQDを毎回測定することは、現場において現実的に難しく、しかもRQDの最終変位量への影響度は小さいという事例からRQDを省略した形で評価することにした。

当トンネルは、切羽の多量湧水に遭遇しながらも上記指標により、適切な支保の選定が可能となり、地山性状に応じた支保の増減を図ることにより、合理的なパターンの選択を行うことができた。

5. その他

当トンネルは、多量湧水による路盤泥ねい化対策としてCI・CII区間においても将来的なトンネル安定性確保を目的に一部インバートの施工を行っている。

また、工事費の縮減を目的に、トンネルの吹付けコンクリートに使用する普通ポルトランドセメント(約2,200t)を海外製品(韓国産)を使用するとともに、中央排水管の材質変更などの対処を行い、コスト低減を図っている。

6. おわりに

当工事は、国内最大級の大型自由断面掘削機を導入して約11か月に無事故で掘削を完了することができた。今回の掘削工法は、機械の各種改良というハード面だけでなく、地山の計測監視体制や各種観察システムといったソフト面の向上があって可能になったものと考えている。

しかし、中硬岩機械掘削に対しては、当現場での各種試験の結果、施工可能であることは裏付けできたが、実施工では、2号機が800kg/cm<sup>2</sup>のトンネルを施工した実績が1件あるだけである。今後も、ビットの改良、供給電力の問題、粉じん対策、機体運搬の問題など、取り組んでいくべき問題が多々あると思われるが、本論文が今後の類似工事の参考になれば幸いである。

工事は、平成10年3月に無事完成したが、工事期間中、ご指導を頂いた関係各位の皆様に、ここで改めて感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 石田義昭・永田亮・登坂知平・今井英雄・大山宏: 低騒音・低振動掘削工法(7), 自由断面掘削機の現状と施工事例, トンネルと地下, Vol.24, No.10, 1990.10.
- 2) (財)高速道路技術センター: 山岳トンネルにおける計測・管理に関する検討, 平成4年3月.
- 3) (社)日本トンネル技術協会: トンネル計測工の活用に関する調査検討報告書, 平成4年3月.
- 4) (社)日本トンネル技術協会: トンネル計測工の活用に関する調査検討(その2)報告書, 平成6年2月.
- 5) ミニベンチ工法におけるトンネル挙動に関する一考察, 土木学会論文集, 平成5年3月.
- 6) 大型自由断面掘削機 RH10J型ブームヘッダーによる掘削技術, 建設機械, 平成5年5月.

# 土木情報 No.306 今月の主な入札結果

(9月30日~11月4日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
小樽開建	国道229号岩内町岩内T	清水・大成・石山JV	7,930
旭川開建	国道40号旭川市比布T	荒井・橋本JV	1,543
帯広開建	国道274号清水町石山T	宮坂・草別JV	630
関東地建	東雲共同溝補強その1	白石	400
"	外郭放水路第2工区Tその2	大成・ハザマ・戸田JV(特随)	13,000
"	八日町地下駐車場	ハザマ・大豊JV	2,370
中部地建	1号静波川東地区共同溝	新井組	570
近畿地建	神戸柳原共同溝	日本国土開発	1,110
"	和歌山北BP大谷地区共同溝	徳倉建設	362
中国地建	休山改良休山T東	飛島・青木JV	2,430
"	安来道路揖屋T	清水建設	1,300
"	" 塩津山T	大本組	600
"	佐東共同溝佐東第4工事	大旺建設	430
"	山口バイパス朝田T	大豊建設	565
九州地建	福岡202号外環状共同溝(IV) 6工区	飛島建設	955
"	" 7工区	東急建設	1,170
"	" 8工区	東洋建設	860
"	熊本3号二見Tその1	大成・青木JV	1,980
鉄公・東京	臨海東大井T他	熊谷・ハザマ・フジタJV	8,400
"	" 第1広町T他2	佐藤・鴻池・大豊JV	6,600
"	" 大井町ST他2	大林・東急・戸田JV	11,240
鉄公・北陸幹	北陸幹(糸・魚)・青梅T東他3	佐藤・銭高・植木JV(随契)	2,528
鉄公・九幹	九幹鹿水俣T他1	東急・三菱・味岡JV	1,750
"	" 小田代T他1	西松・新井・真柄JV	2,660
道公・東京	上信越道八風山T西その2	戸田・三井JV(特随)	1,620
道公・北陸	東海北陸道真木T	大林・奥村土JV	2,600
道公・大阪	近畿道黒部T	森組・石黒JV	1,675
"	" 東岩代T	佐藤・若築JV	2,800
道公・四国	第2名神栗東T下り線西	鹿島・国土開・大日本JV	6,850
"	高知道曾我部T	住友建設	1,350
"	四国横断道白鳥T	三井不・香長JV	1,595
岩手県	主要地方道二戸九戸線折爪T	鹿島・豊島JV	2,960
"	" 盛岡横手線湯田T	東急・佐々木JV	1,268
秋田県	国道特改1種板戸T	村岡建設工業	456
山形県	国道344号北青沢道改2号T	丸高	430
茨城県	国補道橋改第10-03-002-Z-002号T	鹿島・熊谷・竹中土・武藤JV	3,060
千葉県	印旛沼流下9801工区	銭高・りんかい・工JV	1,620.15
"	" 9803工区	清水・大木・白井JV	2,310
"	手賀沼流下805工区	大日本・佐伯・堀JV	2,005.5
"	江戸川左岸流下005工区	三井・中川JV	1,172.85
"	" 006工区	日産・小畑JV	1,316.7
都・財務局	道路改修愛宕T	西松建設	156
"	神田川・環7地下調整池(第2期)妙正寺川発進立坑1	戸田・小田急・飛島JV	1,940
都・下水道局	第2三之橋幹線	三井・佐田JV	625
"	港区虎ノ門3, 5丁目付近再構築	西松・小松JV	830
"	飛鳥山幹線その2	前田・東急・東亜JV	1,600
"	多摩川上流雨水幹線その2の3	鹿島・フジタ・大豊JV	2,000

(65頁へつづく)



## 施工 首都高速橋脚を挟んでシールドを掘る

### 営団7号線 麻布台A線・B線工区

中島 誠三\* 石川 早苗\*\*  
山村 学\*\*\*

#### 1. はじめに

営団地下鉄7号線(南北線)は品川区上大崎を起点として、東京都をほぼ南北に縦断し、北区岩淵町に至る延長21.4kmの路線である。

建設工事は、全路線を3区間に分割し、I期工事区間駒込駅~赤羽岩淵駅間6.8kmを平成3年11月に、II期工事区間溜池山王駅~駒込駅間9.4kmを平成9年9月にそれぞれ開通させた。残るIII期工事区間日黒駅~溜池山王駅間5.2kmについては現在、駅間などの開削区間の土木工事がほぼ完成し、駅間を結ぶシールド工事もその半数以上が貫通している(図-1参照)。

麻布駅~東六本木駅間を結ぶ並列単線シールドは、全

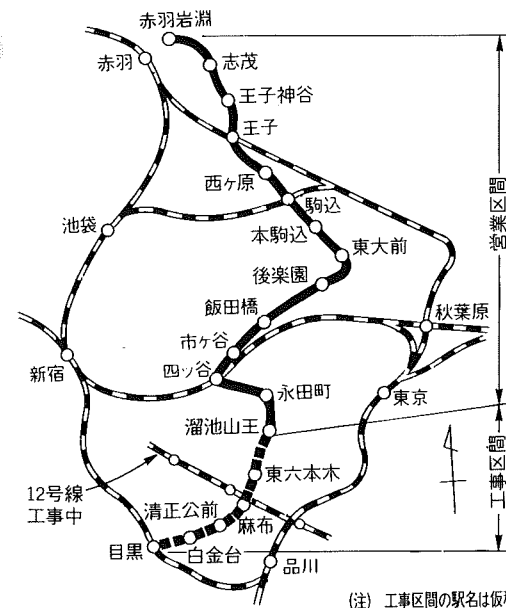


図-1 位置図 (注) 工事区間の駅名は仮称

\*帝都高速度交通営団7号線白金工事事務所副所長  
\*\* " " " " 工事主任  
\*\*\*大成・地崎建設工事共同企業体麻布台シールド作業所主任

線にわたり首都高基礎などの都市施設物と交差・近接したことから、施工前には影響解析を、また、施工にあたっては計測管理を行いながら無事到達した。

本稿は首都高橋脚防護対策を中心に報告するものである。

#### 2. 工事概要

##### 2-1 平面線形および縦断線形

本工事は、麻布駅と東六本木駅(駅名は仮称)を結ぶ延長1,008mのトンネルを泥水シールド工法で築造する並列単線シールド(外径6.75m)工事であり、麻布駅を発進基地、東六本木駅を到達基地とする。工事区間は全線にわたり首都高都心環状線の直下および近接施工となり、沿道ビルにも近接している。工区始端部では共同溝(東電・NTT)、水道管(φ1,350mm)との交差、都営12号線(麻布十番駅)との近接施工、また、工区中央部では地下鉄日比谷線と交差する(図-2参照)。

平面線形は工区全長の約85%が曲線となっており、最小半径R=201m、最大半径R=501mである。

縦断線形は+0.8%、+2.4%の上り勾配である。

##### 2-2 構造

単線シールドトンネルは、外径が6.6mであり、都市施設(首都高都心環状線・都営12号線・日比谷線)と交差・近接する関係(土かぶりおよび上載荷重など)でセグメント形状・材質を表-1のとおり2種類とした。

##### 2-3 地質

工事区間のシールド通過断面の地質は、始端側の約700mはN値50以上の上総層群泥岩(Ka-c)が主体で細砂(Ka-s)の互層(鮮新層)である。また、終端側の約300m

表-1 セグメント形状

番号	形状	延長(m)		幅(mm)	厚さ(mm)	分割
		A線	B線			
1	ダクタイル(250)型	518	275	1200	250	6
2	鉄筋コンクリート中子(350)型	490	733	1200	350	6

注) 1は厚さ150mmの二次覆工を施工する。

はN値30~50以上の東京層砂質土(To-s)がほとんどで、一部東京層粘性土(To-c)が狭在しており(洪積層)、鮮新層と洪積層の層境に東京礫層(最大礫径150mm程度)が薄く出現する(図-3参照)。

3. 工事の特徴

本工事の主な特徴は、下記のとおりである。

- ① 都市施設物との交差および近接度は、1.0~13.5mとなる。
- ② シールド発進部の地下連続壁はNOMST壁で施工されている。
- ③ シールド到達部の地下連続壁は本体兼用壁として施工されている。

シールド通過に伴う交差・近接する都市施設物は、図-2~4のとおりである。

主な構造物に対する離隔、計測方法、管理値については、表-2のとおりである。

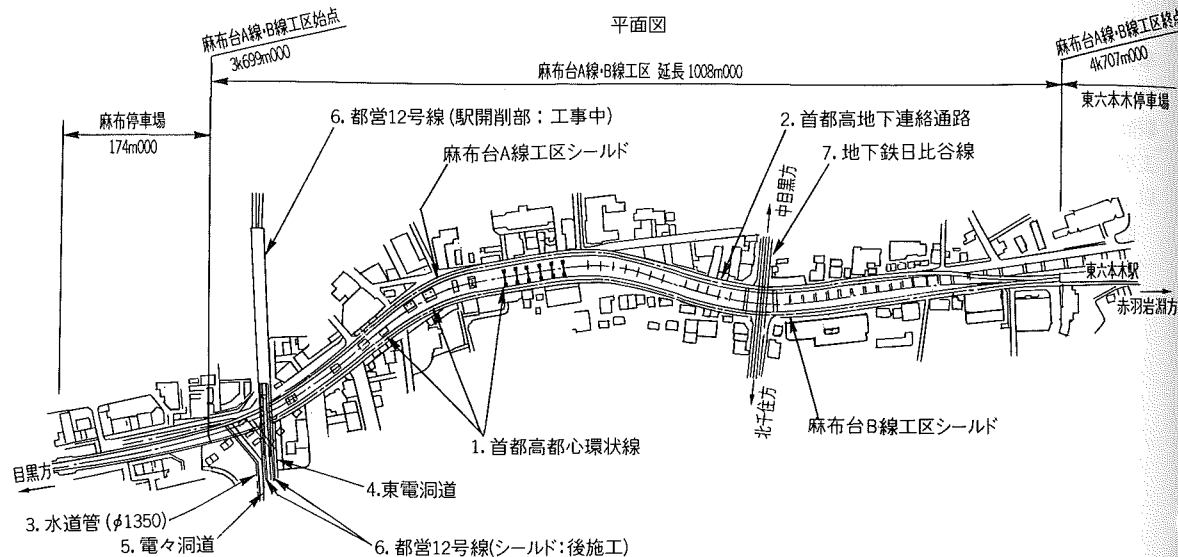


図-2 麻布台単線(A線・B線)シールド工事平面図

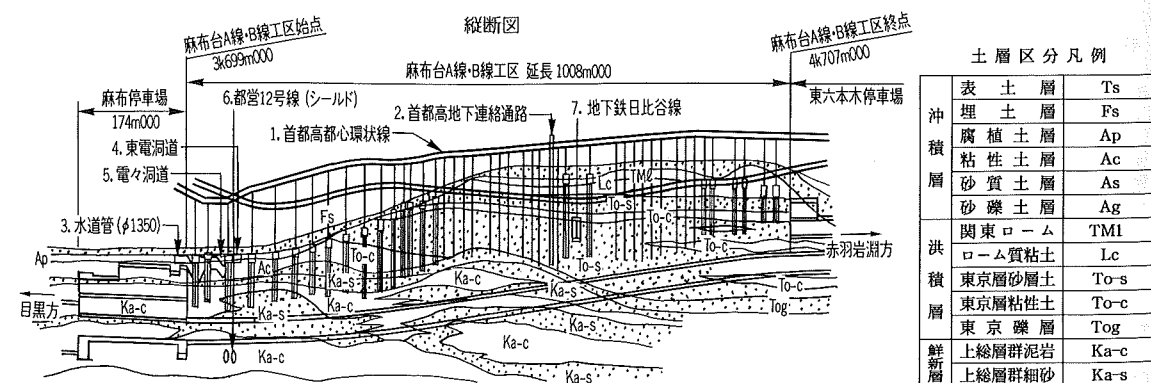


図-3 縦断線形および地質

土層区分凡例

表土層	Ts
埋土層	Fs
腐植土層	Ap
粘性土層	Ac
砂質土層	As
砂礫土層	Ag
関東ローム	TM1
ローム質粘土	Lc
東京層砂質土	To-s
東京層粘性土	To-c
東京層	Tog
鮮新層	
上総層群泥岩	Ka-c
上総層群細砂	Ka-s

4. 首都高橋脚への影響

4-1 影響解析

麻布台単線シールドトンネル施工区間においては、52基の首都高橋脚に交差・近接する。

このため、首都高橋脚52基について、①構造形式、②シールド周辺地盤、③基礎杭とシールドとの位置関係の3つの分類条件により12のグループに分け、さらに各グループの中から基礎の荷重、地下鉄シールドトンネルとの離れ、特殊な条件などを考慮して、もっとも条件の厳しい橋脚を抽出して影響解析を行うこととした(表-3)。

4-1-1 影響解析の方法

首都高橋脚の影響解析の方法を図-5に示す。

4-1-2 シールド施工に伴う地盤変状の検出方法

硬質地盤における泥水シールド工法において、地盤変状はテールボイド部における応力解放により発生する。この応力解放は、泥水がテール部まで回り込むことによ

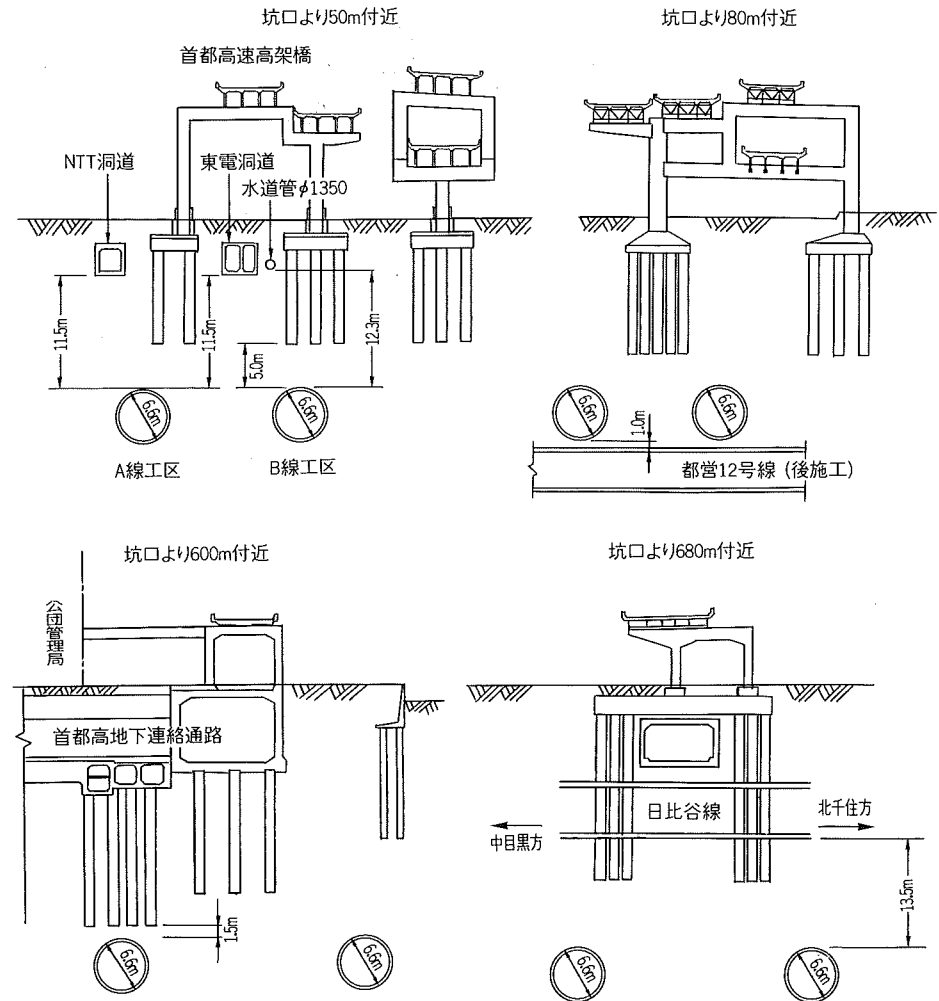


図-4 都市施設物交差・近接図

表-2 交差および近接する重要施設物

対象構造物	要件	交差または近接の別	最小離隔	計測方法	管理値
1 首都高都心環状線		全線にわたり近接(一部交差)	基礎杭 5.0m	自動計測	FEM解析値
2 首都高地下連絡通路		交差	基礎杭 1.5m	手動計測	鉛直 -3.0mm
3 水道管(φ1,350mm)		交差	鉄管 12.3m	手動計測	鉛直 ±3.0mm
4 東電洞道(□3,000×3,850m)		交差	底版 11.5m	手動計測	鉛直 ±3.0mm
5 電々洞道(□2,900×4,000m)		交差	底版 11.5m	自動計測	鉛直 ±3.0mm 傾斜 ±3.0分 目開き ±2.0mm
6 都営12号線		交差	シールド 1.0m	手動計測	鉛直 ±3.0mm
		近接	開削部 3.5m	手動計測(山留め壁)	水平 ±3.0mm
7 地下鉄日比谷線		交差	底版 13.5m	手動計測	鉛直 ±5.0mm

表-3 影響解析を行う橋脚の選定

グループ号	影響解析を行う橋脚( ):管理番号	適用する橋脚( ):管理番号	選定理由
1	P106 (目9)	—	単独橋脚, シールド発進部に位置し, 泥水圧が小さい
2	P107A (環256)	—	単独橋脚
3	P107B (目7・8)	—	単独橋脚
4	P108 (環257~258)	—	単独橋脚
5	P109 (環259~261)	—	単独橋脚
6	P110 (環262~264)	P111~P112 (環265~270)	他の橋脚より総基礎荷重が大きい
7	P114 (環273・274)	P113~P116 (環271~278)	他の橋脚より総基礎荷重が大きい
8	P1 (環279~281)	P2~P6 (環282~292)	他の橋脚より総基礎荷重が大きく, 鉛直離れが小さい
9	P18 (環315・316)	P7~P19 (環293~318) P22~P33 (環323~346)	他の橋脚より総基礎荷重が大きく, 鉛直離れが小さい
10	P21 (環321・322)	P20 (環319・320)	P20(環319・320)より基礎荷重が大きく, 鉛直離れが小さい
11	P38 (環355・356)	P34~P37 (環347~354)	他の橋脚より総基礎荷重が大きく, 鉛直離れが小さい
12	BP36 (環357・358)	BP35 (環359~360)	BP35(環359~360)より基礎荷重が大きく, 鉛直離れが小さい. 2本のシールドが杭の同じ側となる.

り, 「地中応力+水圧」と「泥水圧」の差が解放されるものとして, 二次元FEM解析を行っている.

なお, これまでの営団におけるシールドトンネルの数多くの実績および実測結果によると, 土のアーチアクションなどにより応力解放が小さくなることを考慮し今回の影響解析では, 補正係数(解放率)を0.35とした.

FEMによる影響解析においては, 初期条件をステージ1とし, 単線並列シールドトンネル施工の先行トンネル施工時をステージ2, 後行トンネル施工時をステージ3として解析を行った.

4-1-3 影響解析結果

首都高橋の基礎杭の支持力, 構造物の応力および変位

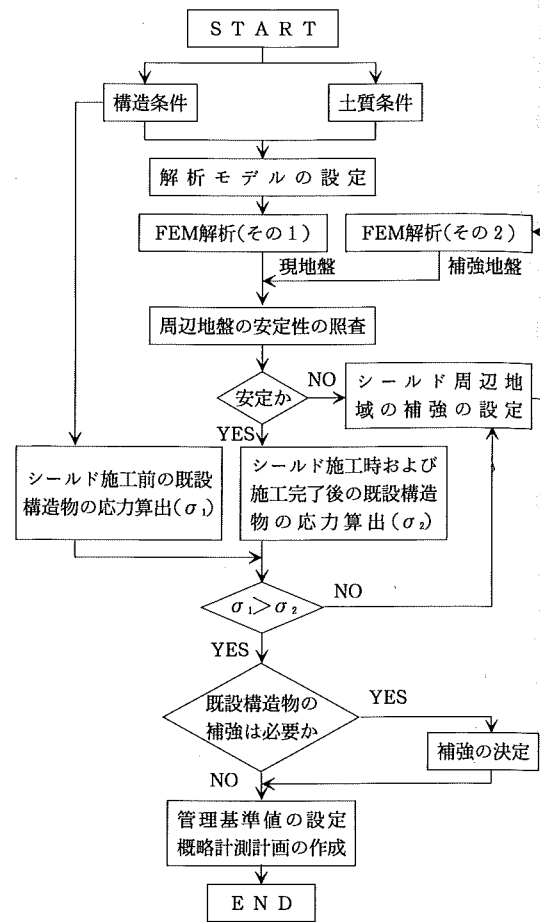


図-5 影響解析のフロー

について, FEM解析により, 麻布台単線シールドトンネル施工時の影響解析を行った結果, 常時, 地震時ともに構造物の設計許容値を満足する結果を得た.

図-6に代表的解析結果を示す.

4-2 防護対策

当初, 防護対策として, セグメントからの坑内注入による地盤改良を計画したが, 首都高橋脚基礎杭の支持する地盤が, N値50以上の上総層細砂層, またはN値30~50の東京層砂層の洪積層であり, 同地層へのトライアル施工(坑内注入)の結果, 注入実績は, 予想以上に少なく(注入率で3%程度), 注入状況から判断して注入した薬液はセグメント背面裏込め注入周辺に戻っており, 地盤に注入されたものは, ほとんどないものと判断された.

注入実績およびFEM解析結果から直接的な構造物の防護工法のかわりに入念な計測管理を行うこととした.

4-3 計測管理

4-3-1 管理値

管理者と協議の結果, 原則として, 二次管理値は影響

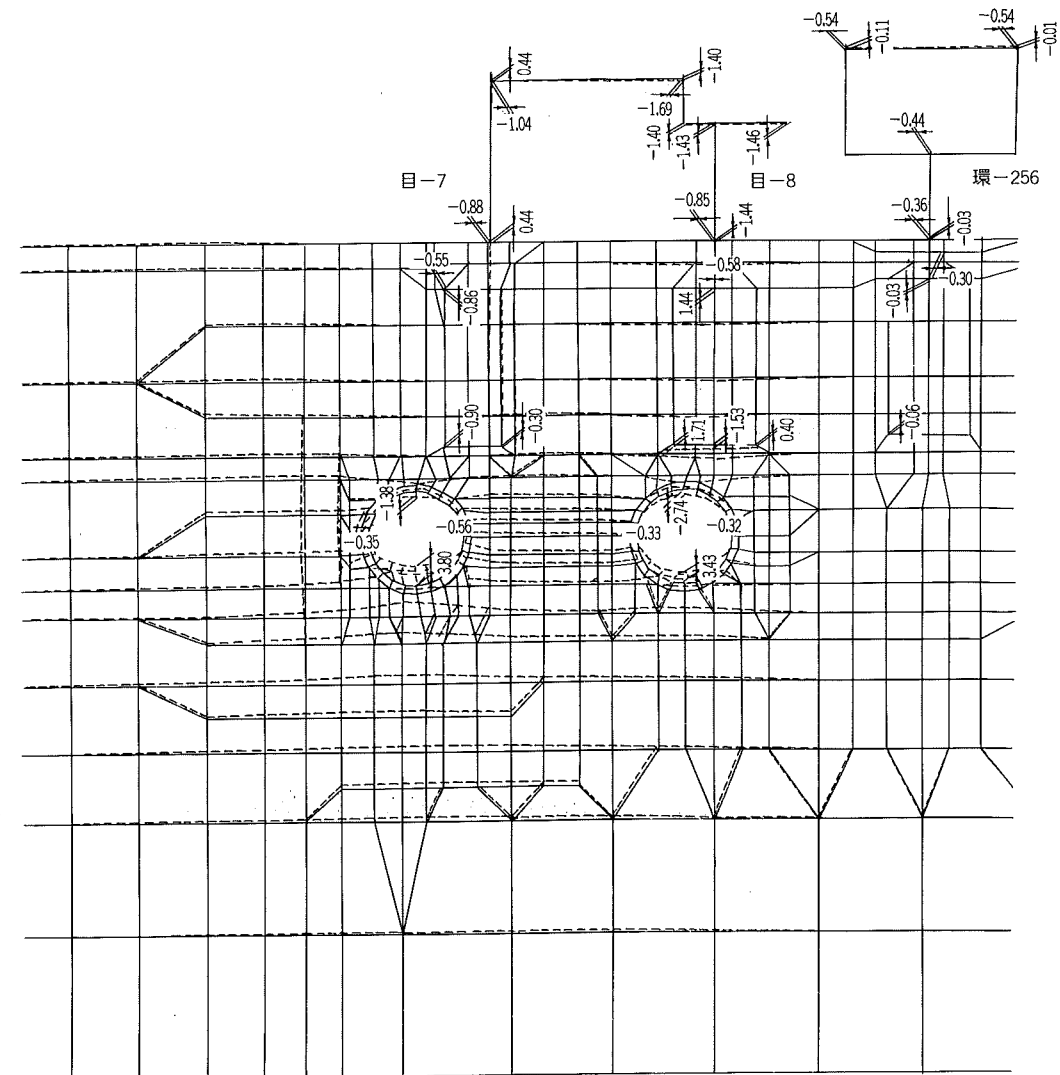


図-6 FEM解析標準断面図

解析結果による変位量, 一次管理値は二次管理値の80%とした.

しかし, 影響解析結果に比べ事前計測における変動幅が大きいため, 実施工にあたっては変動幅を考慮し表-4に示す管理値を設定した.

4-4 施工計画

本シールド掘進の基本管理項目は, 表-5のとおりで, これにもとづき実施した.

この基本管理項目のうち, 首都高橋脚の交差・近接施工において, とくに留意した泥水管理, 掘進管理, 裏込め注入管理について記述する.

4-4-1 泥水管理

(1) 泥水圧管理

本来, 泥水圧の設定における土圧は, 掘削による切羽

地山の变形を防ぐため掘進前の地中応力(静止土圧)相当とすべきであるが, 泥水圧を高くすると, 逸泥・噴発などの支障を生じることがあるため, とくに硬質地盤中や構造物が近接している場合, 切羽が安定し, 地盤沈下を生じない限りは, 静止土圧よりも下げて設定することが多い.

本工事に際しても, 非常に硬質な地盤(N値50以上)中の掘進で, しかも既設構造物の杭基礎などが近接し噴発の恐れがあったので, 計画泥水圧は, (主働土圧+静止土圧+間隙水圧+変動圧)で設定し, 地中変位, 構造物変位などの計測結果をフィードバックし, 実施した.

泥水圧を求める基本式は, 次式による.

$$P = \gamma_w h_0 + K[\{\gamma_s(H-h_0) + \gamma_s h_0\} + \text{変動圧}(0.2\text{kg/cm}^2)]$$

表-4 首都高橋脚管理値一覧表

グループ番号	橋脚番号	管理番号	検討方向	計測管理値 基準検定位置	影響解析による変位量(mm)		一次管理値 (mm)	二次管理値 (mm)	備考
					( )は橋軸直角+橋軸				
1	P106*	目 9	橋軸直角	杭 頭	傾斜	0' 11"	2' 00"	2' 00"	後行時
					鉛直	-0.6	1.5	1.5	
2	P107A*	環 256	橋軸直角	杭 頭	傾斜	0' 06"	1' 50"	1' 50"	後行時
					鉛直	0.0	-	-	
			橋 軸	杭 頭	傾斜	0' 19"	1' 29"	1' 29"	後行時
					鉛直	-1.1(-1.1)	1.4	1.5	
3	P107B*	目 7	橋軸直角 (連絡通路)	杭 頭	傾斜	0' 13"	-	-	先行時
					鉛直	0.2	-	-	
			橋軸直角 (本線)	杭 頭	傾斜	0' 30"	1' 30"	1' 38"	先行時
					鉛直	-1.6(-1.4)	-2.3	2.6	
	目 8	橋軸直角	杭 頭	傾斜	0' 11"	1' 21"	1' 21"	後行時	
				鉛直	-1.4	-	-		
		橋 軸	杭 頭	傾斜	0' 11"	2' 00"	2' 00"	後行時	
				鉛直	-0.3(-1.7)	-2.4	2.7		
4	P108*	環 257	橋軸直角	杭 頭	傾斜	0' 09"	3' 24"	3' 24"	先行時
					鉛直	-0.4	-	-	
			橋 軸	杭 頭	傾斜	0' 05"	3' 24"	3' 24"	先行時
					鉛直	-1.6(-2.0)	-5.6	-6.0	
	環 258	橋軸直角	杭 頭	傾斜	0' 02"	2' 00"	2' 00"	後行時	
				鉛直	0.0	-	-		
		橋 軸	杭 頭	傾斜	0' 09"	1' 50"	1' 50"	後行時	
				鉛直	-0.2(-0.2)	-5.0	-5.7		先行時
5	P109*	環 259	橋軸直角	杭 頭	傾斜	0' 55"	3' 24"	3' 24"	
					鉛直	-0.2	-	-	開 削
			橋 軸	杭 頭	傾斜	-	-	-	
					鉛直	-3.5	-6.0	-6.7	
	環 260	橋軸直角	杭 頭	傾斜	0' 10"	2' 00"	2' 00"	先行時	
				鉛直	-0.8	-	-		後行時
		橋 軸	杭 頭	傾斜	0' 02"	1' 50"	1' 50"	後行時	
				鉛直	-0.1(-0.9)	-5.0	-5.0		
環 261	橋軸直角	杭 頭	傾斜	0' 10"	2' 00"	2' 00"	後行時		
			鉛直	-0.7	-5.0	-5.0			
6	P110* P111 P112	環 262, 265 268	橋軸直角	環262の杭頭	傾斜	0' 21"	1' 45"	1' 45"	後行時
					鉛直	-1.0	-1.3	-1.3	
		環 263, 266 269	橋軸直角	環263の杭頭	傾斜	0' 21"	1' 09"	1' 09"	先行時
					鉛直	-1.4	-2.4	-2.7	
		環 264, 267 270	橋軸直角	環264の杭頭	傾斜	0' 19"	1' 22"	1' 22"	後行時
					鉛直	-1.3	-2.0	-2.3	

(次頁へつづく)

グループ番号	橋脚番号	管理番号	検討方向	計測管理値 基準検定位置	影響解析による変位量(mm)		一次管理値 (mm)	二次管理値 (mm)	備考												
					( )は橋軸直角+橋軸																
7	P113 P114* P115 P116	環 271, 272 273, 274 275, 276 277, 278	橋軸直角	環273の杭頭	傾斜	0' 06"	1' 15"	1' 15"	先行時												
					鉛直	-1.8	-2.1	-2.5		後行時											
8	P1* P2 P3 P4 P5 P6	環 279, 282 285, 287 289, 291	橋軸直角	環279の杭頭	傾斜	0' 06"	1' 10"	1' 10"	先行時												
					鉛直	-2.2	-4.8	-5.2		後行時											
	環 281, 284 286, 288 290, 292	橋軸直角	環281の杭頭	傾斜	0' 06"	1' 10"	1' 10"	先行時													
				鉛直	-1.6	-4.3	-4.6		後行時												
9	P7 P8 P9 P10 P11 P12 P13 P14 P15 P16 P17 P18* P19 P22	環 293, 295 297, 299 301, 303 305, 307 309, 311 313, 315 317, 323 325, 327 329, 331 333, 339 341, 343 345	橋軸直角	環315の杭頭	傾斜	0' 07"	1' 20"	1' 20"		先行時											
					鉛直	-1.7	-2.4	-2.7	後行時												
					環 294, 296 298, 300 302, 304 306, 308 310, 312 314, 316 318, 324 326, 328 330, 332 334, 336 338, 340 342, 344 346	橋軸直角	環316の杭頭	傾斜			0' 07"	1' 20"	1' 20"	先行時							
								鉛直			-1.1	-2.0	-2.1		後行時						
								P20 P21*			環 319, 321  環 320, 322	橋軸直角	環321の杭頭			傾斜	0' 25"	1' 20"	1' 20"	先行時	
																鉛直	-4.0	-4.2	-5.0		先行時
																環 322の杭頭	傾斜	0' 25"	1' 05"		
	鉛直	-3.1	-3.0	-3.6						後行時											
	11	P34 P35 P36 P37 P38*	環 347, 349 351, 353 355	橋軸直角					環355の杭頭								傾斜	0' 10"	1' 30"		
					鉛直	-3.3	-3.1							-3.8							
		環 348, 350 352, 354 356	橋軸直角	環356の杭頭	傾斜	0' 10"	1' 20"		1' 20"					後行時							
					鉛直	-4.9	-4.4	-5.4													
	12	BP36* BP35	環 358, 360	橋軸直角	環358の杭頭	傾斜	0' 17"	1' 20"	1' 20"		先行時										
						鉛直	-1.5	-2.2	-2.5												

注) \* : 影響解析を行った橋脚。鉛直変位量の符号は、負のとき沈下を示す

ここで、P : 泥水圧

$\gamma_s$  : 地山の湿潤単位体積重量

$\gamma_w$  : 水の単位体積重量

$h_0$  : 水頭

H : 土かぶり

K : 土圧係数

$\gamma_s$  : 地山の水単位体積重量

(2) 泥水物性管理

切羽安定のため、泥水の物性(粒度構成、密度、粘性など)は、掘削対象地山(粒度構成など)により異なり、その物性が地山と適合すれば、地山に瞬時に泥膜が形成され、泥水圧が地山に作用し、切羽の安定が保持できる。

本工事では、地質条件を調査し、駅部掘削中にシールド掘進地盤と同一の地盤を採取することにより模擬地盤を作成し、泥水実験を行い最適な泥水管理値を決定した。泥水性状管理値は、次のとおりである。

表-5 シールド掘進の基本管理項目

測量および調査	トンネル中心線測量 (ジャイロコンパス・自動追尾測量システム)
	既設構造物・地表面・埋設物に対する計測監視システム 地質補足調査の実施
掘進管理	掘進管理
	掘削土量の把握 (掘削土砂量・掘削乾砂量計測)
	逸泥水量の把握 (逸水流量計測)
	切羽崩壊等地山状態の把握 (崩壊探査装置による)
	切羽圧力の把握 (自動圧力保持機構)
	泥水管理
	地質に適合する泥水特性の実験・設定 (比重・ファンネル粘度・砂分率・pH)
	掘進中における泥水特性の維持管理
	掘進時・停止時における泥水圧の管理
	土砂排出管理 排水管理 掘進記録の作成
裏込め注入工	注入材配合実験および選定 注入材配合および品質管理 注入圧力管理 (自動注入システム・圧力センサー)

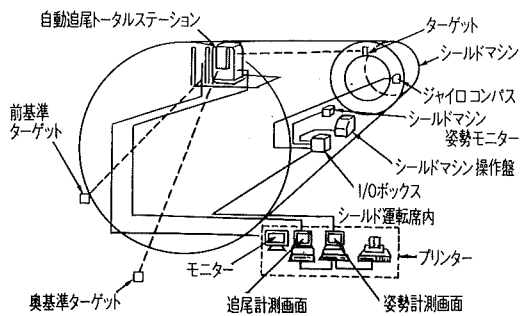


図-7 自動追尾測量システム

(管理項目)	(管理値)
ファンネル粘土	27~35砂
比重	1.15~1.30
砂分率	≤20%
pH	6~8

4-4-2 掘進管理

(1) 集中管理システムによる施工管理

掘削、測量、方向制御、裏込め注入、首都高橋脚の自動計測・監視といった管理機能を中央管理室(シールド運転席)に集約することによって一元的な掘進管理ができるようにした。また、各種のコンピューターを利用す

ることで、リアルタイムにデータ処理を行い掘進の状況測量、方向制御、裏込め注入、首都高橋脚の変位などを中央管理室で把握した。

(2) 自動追尾測量システム

このシステムの特徴は、自動追尾型トータルステーション(ターゲットを追尾しながら測距・測角を完全自動で行う)を用いた測量システムで、掘進中連続的にデータを処理し、シールドの姿勢が運転席のモニターに表示され、精度の高い施工が可能で、今回施工のように首都高橋脚をはじめとする都市施設物に交差・近接する施工においては蛇行を減らし、地盤の緩みを低減するには非常に効果があった(図-7)。

4-4-3 裏込め注入管理

沈下防止対策における裏込め注入の役割は、最重要で、シールド掘進時に発生するテールボイドの発生をなくし、トンネル周辺地盤の緩み(応力解放)を低減することである。

裏込め材にとくに必要な性質として以下の項目が挙げられる。

- ・流動性がよく、充填性に優れ、早期に均一な地山相当の強度が得られること。

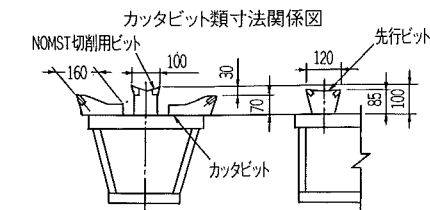
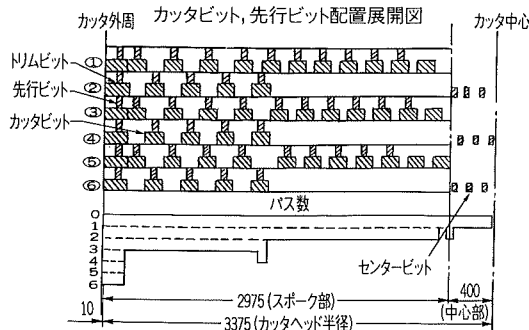


図-8 カッタビット配置図

- ・注入時に地下水による希釈が少ないこと。
- ・硬化時に体積変化が少ないこと。

今回、首都高橋脚をはじめとする都市施設物に交差・近接する施工であることから、より早期に初期強度(1時間で1kgf/cm<sup>2</sup>)が発現する必要がある。そこで、現在、最良といわれている可塑性固結系注入材の中から2種類を選び出し、比較実験を行い、クリーンバック工法を採用し、良好な結果を得た。この裏込め材の注入方法は、シールド機の掘進速度に連動した同時自動裏込めシステムとし、注入圧力の平均値は、泥水圧力を1kgf/cm<sup>2</sup>程度上回る値を維持し、適切な施工ができた。

4-5 施工実績

前述の泥水管理、掘進管理、裏込め注入管理を適切に行った結果、麻布台単線並列シールドトンネルの施工に伴う首都高橋脚の変位は、全断面において、当初解析した管理値内に収まり、また、その他の都市施設物においても、管理値内に収まり、無事到達した。

5. 発進工

シールド発進部の山留め地下連続壁は、シールド機で直接切削し発進する新素材コンクリート(NOMST構造)となっており、下記の点に注意し、計画・施工した。

- ① シールド機のカッタビットの形状と配列(図-8)。
- ② エントランスパッキンを二重構造とする(泥水漏れ防止・切羽水圧保持)。
- ③ 同時裏込め注入管・自動給脂管などの突起物を減らす。

6. 到達工

シールド到達部の連壁が、本体兼用地下連続壁となっており、シールド本体とのラップ長(止水長)が短いため、信頼性の高い地盤改良工法を採用した。

また、到達部の受け口となる連壁を円形に形成し取り壊すのに時間を要するため、連壁取り壊しを分割施工とし、初期強度が大きく充填性のよい埋戻し材を使用し、即時埋戻しを行いスピードアップを図った。

7. おわりに

当麻布台単線シールド工事は、平成9年6月はじめに麻布駅を発進し、いずれの重要都市施設物においても何らの影響もなく平成10年1月末に東六本木駅に到達した。

この報告が、今後ますます増加するであろう都市施設物との交差・近接するシールド工事の計画・施工の参考になれば幸いである。

# 建設工事の地質診断と処方

石井 康夫・矢島 壯吉/共著

A 5判 定価 4,400 円 (送料 380 円)

近年、建設技術の高度化と複雑化に伴い、建設コンサルタント、地質・土質調査業務の果たすべき役割と責任は重要なものになってきている。なかでも、建設工事の基礎になる地質の理学的な理解度と光学的な応用力が設計・施工の良否につながるについても過言ではない。自然界の創り出す地質的諸現象にぶつかるときに、如何に地質学とはむずかしいものかを痛感する。この書が多少なりとも、建設技術者・土木技術者の各位に参考となり、利用されれば幸いである。

—目次—

1. 地質の基礎知識
2. 地盤・岩盤の地質診断法
3. 軟弱地盤と特殊土の地質診断と処方
4. 地盤・岩盤の評価
5. 地すべり・斜面崩壊の地質診断と処方
6. 山岳トンネル工事の地質診断と処方
7. 都市トンネル工事の地質診断と処方
8. ダム工事の地質診断と処方
9. 一般土工と基礎工事の地質診断と処方

**株式会社 土木工学社**

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

トンネル ジャーナル

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

甲子道路が起工

一般国道289号甲子道路・直轄権限代行区間事業の起工式が10月18日、福島県南会津郡下郷町南倉沢の現地で行われた。

甲子道路は総延長23.3kmの幹線道路で、このうち甲子峠を貫く長大トンネルを含む延長5.9km(西郷～下郷間)を建設省直轄権限代行区間として着工する。

寒河江～西川間が開通

日本道路公団東北支社が建設を進めていた山形自動車道寒河江IC～西川IC間14.0kmが10月28日開通した。

山形道は、これまで村田JCT～寒河江間および庄内あさひ～酒田間の約85kmが開通していたが、今回の開通により全体計画158kmのうち、約62%が開通したことになる。

今回の開通区間は、大半が平地部および丘陵部を通過するため、切り盛り土構造が区間延長の約80%を占めており、トンネルは約0.9km、橋梁約1.9kmとなっている。

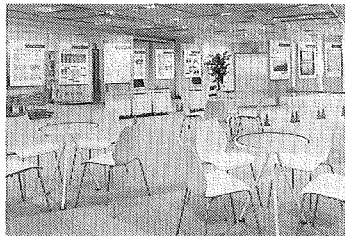
今回の開通により、寒河江市周辺の一般国道112号などの交通混雑緩和とともに沿線環境の改善が期待される。

「ハイウェイプラザ東京」開設

日本道路公団東京建設局は、利用者の高速道路への理解とサービス向上を図る目的で「ハイウェイプラザ東京」を11月10日に東京・港区の同建設局1階にオープンした。

同プラザは、3つのコーナーを設け利用者に情報・サービスを提供している。①フリースペース…高速道路の計画や最新技術を紹介。シンポジウム、講演会や各種イベントを開催。②情報コーナー…パソコンを利

用して料金検索、道路案内、技術情報、JHのホームページが見られる。③サービスカウンター…ハイウェイカードや高速道路地図、関連図書の販売。皆さんの御利用を待っています。(☎03-5418-2001)



229号白糸Tが貫通

北海道開発局小樽開発建設部が建設を進めていた国道299号白糸トンネルが10月22日貫通した。

昨年8月に発生した大規模岩盤崩落事故で通行不能となった「第2白糸トンネル」に代わるルートとして新設される延長1,806mのトンネルで、早期開通に向け3交代24時間体制で文字どおりの「突貫工事」が両側から進められていた。島牧村から隣の瀬棚町へ至る生活道路としての役割が大きいルートだけに、来年4月の供用開始に地元の期待が高まっている。

国道229号は道南から道央へ日本海沿いに走る路線。奇岩などの景勝地が点在することで知られているが、同時に岩盤崩落などの危険箇所も多い。

ルート上では96年2月に豊浜トンネル、97年8月に第2白糸トンネルで大規模岩盤崩落事故が相次いで発生。現在は、いずれも復旧工事として山側にう回する新トンネルの建設が進められている。

白糸トンネルについては島牧村と瀬棚町を結ぶ地域の「動脈」といえるルートであるため、事故発生から

間もない10月に新トンネルの準備工がスタート、11月に本工事が発注された。今年1月にスタートした掘削は1日あたり約10mのペースで進められてきた。

小樽開建では観光振興なども視野に入れ、来年のゴールデンウィーク前に供用を開始したい考え。

推進工法で渋滞解消

建設省は、交通渋滞の大きな発生源である路上工事を縮減するため、自治体や公益事業者に対する指導を強化する。

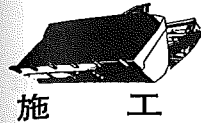
渋滞に伴う経済損失がもっとも大きい東京都区部を実験地域として位置付け、複数の事業者による共同施工の率を50%に高めるとともに、路上に影響が少ない推進工法の採用を義務付けるなど、抜本的な改善策を推進していく。

また、道路管理者が行う路面補修工事を一部凍結する施策の検討に入っており、安全性に支障のない範囲内で施策案を具体化する方針。東京都区部で一定の成果が得られ次第、全国の大都市圏に改善策を拡大していく方針。

仙人峠道路が起工

建設省東北地方建設局と岩手県が事業を進める「国道283号仙人峠道路・いとさかしき坂路」の起工式が10月22日、釜石市甲子町の仙人トンネル内で行われた。

同道路は、平成4年国の直轄権限代行業として採択された。釜石市甲子町第7地割から遠野市上郷町平倉間18.6km区間。このうち釜石から住田町上住秋丸間13.2kmを国が、遠野市側5.4km間を県が行う。4本のトンネルのうち、最長の仙人トンネル(全長4,485m)が本格着工する。



施工 ほぞ付きセグメントを用いた小口径シールド

1. はじめに

首都圏における都市ガスの需要は地球環境問題への配慮、工業用の電力供給の逼迫化、冷暖房などの急激な普及、さらにはコジェネレーションの普及拡大などのため、ますます増加する傾向にある。

将来の安定的なエネルギー供給のためには、都市ガス幹線網の建設が不可欠であり、「横浜幹線・シールド工事」はその一環として行われるものである(図-1)。

本工事のうち、単独工事区間のトンネル標準断面を図-2に、工事概要を下記に示す。

- 工事名称：横浜幹線単独工事区間シールド工事
- 工事：平成9年9月1日～平成11年2月28日
- 工事場所：横浜市港北区小机町481～都筑区池辺町2668
- 工事内容：シールド機種：泥水加圧シールド
- 路線延長：L=2,212.9m
- 掘削延長：L=2,205.4m
- 最小曲線半径：R=50.0m
- 最大縦断勾配：i=3.80%
- 土かぶり：D=11.97～31.20m

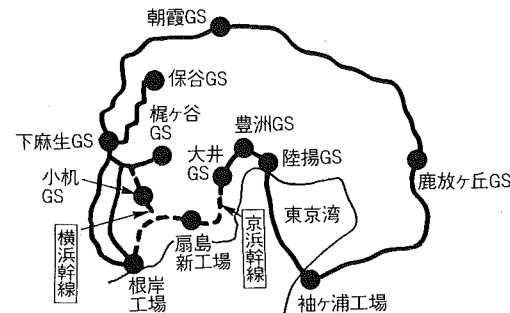


図-1 高圧幹線概要図

- \*東京ガス(株)神奈川幹線建設事務所設計課課長
- \*\* " 導管技術開発センター所長
- \*\*\*東亜・三井・佐藤・相鉄・不動産共同企業体所長
- \*\*\*\*日本シビックコンサルタント(株)首都圏事業部企画調査室長

鈴木昭彦\* 林光俊\*\*  
高橋厚\*\*\* 滝本孝哉\*\*\*\*

- 一次覆工：外径2,650mm、桁高150mm
- RCほぞ付きセグメント 1,572Ring
- コンクリート中詰鋼製セグメント 701Ring

到達立坑工事(セグメントライナー)

φ5,000mm×深さ15.6m×1基

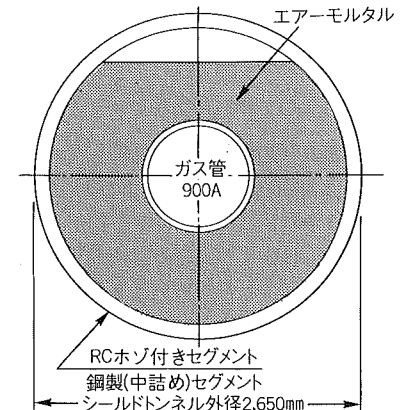


図-2 標準断面図

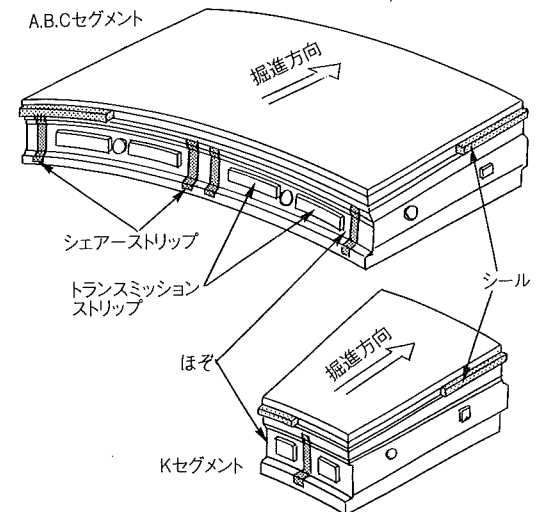


図-3 RCほぞ付きセグメント

RC ほぞ付きセグメント(図-3)は英仏海峡横断トンネルを始めとして欧州では数多くのシールド工事に採用されているが、日本では当工区に先だって施工した「横浜幹線・共同工事区間シールド工事(トンネル外径:  $\phi$  3,950 mm, 桁高: 150mm, 幅: 1,200mm)」において初めて導入された。この共同工事区間では施工中にセグメントの欠けやクラックが発生するなどの問題が生じたため、引き続き施工する本単独工事区間では施工に先立ち設計の見直しを行った。

本報告は、比較的小さい口径のトンネルにRC ほぞ付きセグメントを採用する場合の事前対策ならびに施工上の留意事項などを紹介するものである。

2. 土質概要

本トンネルは図-4の路線縦断面図に併記するようにN値50以上の土丹層中を通過する。この土丹層にはレンズ状の砂層いわゆるサンドシームが介在しており、共同工事区間では掘削時に土丹塊の過度の取り込みからチャンパー内の閉塞を何度も招いた。

3. 覆工構造

一次覆工は直線区間にRC ほぞ付きセグメントを、曲線半径 $R=300m$ 未満の曲線区間および勾配変化点付近にコンクリート中詰鋼製セグメントを採用した。RC ほぞ付きセグメントはヒューム管の製造方法を応用した遠心力締め工法で製造したものである(写真-1参照)。なお、今回採用したこの遠心力締めによる製造方法により、相当のコストダウンが図られた。単独工事区間のほぞ付きセグメントは、共同工事区間で発生した欠けやクラックなどの不都合を改善するために表-1に示す設計変更を行った。これにより明らかに改善されたと考

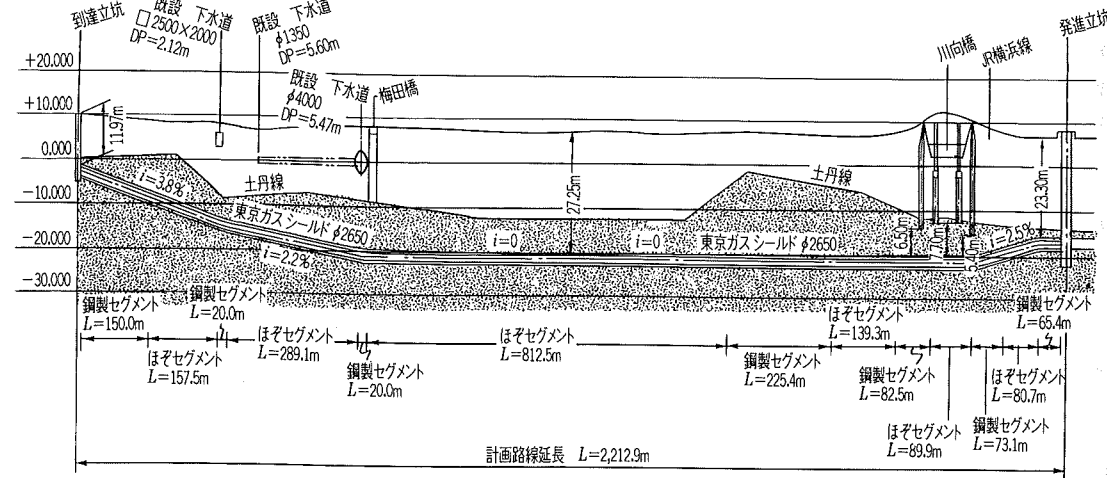


図-4 路線縦断面図

えられる事項を下記に示す。

① 内面額縁処理

遠心力締め工法で製造したセグメントの外表面は型枠面となるため平滑であるが、内面は手仕上げとなるため桁高が150mmより数mm大きくなる。このセグメント厚さの1~2mmの製作上の誤差は組立時の継手の面合わせを感わせ、共同工事区間では、初めは1リングの組立てに1時間程度の時間を要していた。そのため、セグメント内面の周囲を桁高が150mmとなるように5cm幅で額縁状に切削する装置を導入した(以下、内面額縁処理という)。この切削処理により単独工事区間のセグメントの組立時間は30分程度に改善された。

② Kセグメントの推進時の落ち込み防止

Kセグメントの落ち込みを防止する目的で表-1中の1, 3, 4, 9に示す変更を行った。セグメントの組立て直後に写真-2に示すようにKセグメント周辺の継手部に石膏を塗布し、推進時に発生する

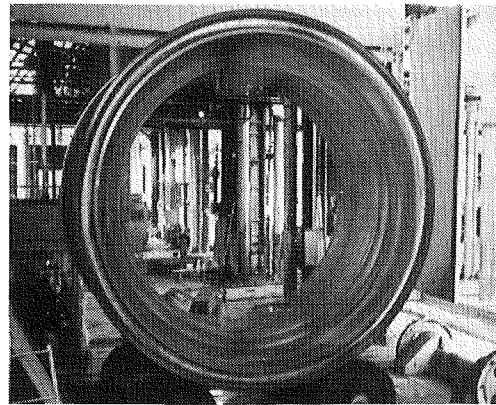
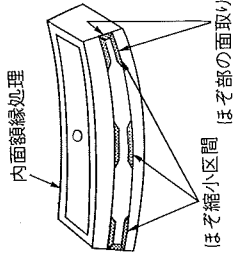


写真-1 遠心力締め製製造状況

表-1 単独工事区間のほぞ付きセグメントの設計変更

変更項目	変更内容		変更理由	備考
	当初設計	変更設計		
1. セグメント厚さ	当初設計: $h=120mm$	変更設計: $h=150mm$	①共同工事区間で発生したセグメントの欠けや割れなどの施工上の不都合に対して、関係者が桁高の薄さが何らかの問題点を生じさせているのではないかとこの経験的な判断を一緒にいただいている。 ②生産ラインにのったセグメントの製作において、継手部の形状が複雑なことから、脱型時に欠けが生じやすくなる。 ③桁高が薄いとすることでその凸部に生じる支圧応力が高くなり、推進時に何らかの不都合が生じる恐れがある。 坑内でのセグメントの回転余裕が確保できない。	共同工事区間で発生した問題点の多くは、桁高の薄さを原因としたものではないと考えられるが、左記に示した3点などについては関係者で協議し、意見を集約して決定した。
2. セグメント幅	当初設計: $B=1,100mm$	変更設計: $B=1,000mm$	坑内でのセグメントの回転余裕が確保できない。	H-75の支保材を配置した場合の回転余裕は、4mmである。
3. Kセグメントの継手角度	当初設計: 鉛直下向き	変更設計: 半径方向から3度	①Kセグメントの切羽側のセグメント継手角度は、幾何学的に坑口側に比較して大きくなるので、鉛直方向のずれが生じやすい。 ②Kセグメントにずれが生じたときにこれを防止する方法としてL型アンゲルを設置することは施工手間を増やす。	坑内でのセグメントの回転余裕が確保できない。 Kセグメントの落ち込みに対する積極的な防止策としてピンを採用した。
4. Kセグメントの継手目違い防止ピン	当初設計: 共同工事区間でセグメント間には、BおよびCセグメント間にL型アンゲルで補強した。	変更設計: セグメント継手中央に目違い防止ピンを挿入した。	共同工事区間で発生した問題点の多くは、桁高の薄さを原因としたものではないと考えられるが、左記に示した3点などについては関係者で協議し、意見を集約して決定した。	坑内でのセグメントの回転余裕が確保できない。 Kセグメントの落ち込みに対する積極的な防止策としてピンを採用した。
5. セン断補強鉄筋の形状およびかぶり	当初設計: かぶり13mm	変更設計: かぶり10mm	ほぞの凹部にせん断力が作用した場合に、割れまたは配筋に付いた剥離が生じやすく、剥離面積も大きくなりやすい。	かぶり量はトンネル用途、環境条件、二次覆工の有無などを考慮して検討する必要がある。
6. シールド溝位置の変更	当初設計: 背面より18mm	変更設計: 背面より20mm	セグメントに偏荷重が作用した場合などに、コンクリートの剥離が生じやすい。	①背面側のシールド溝までのコンクリート厚さを増加することにより、剥離に対する耐力を増加させた。 ②せん断補強鉄筋の配筋スペースを極力確保するようにした。
7. リング継手ほぞ部の面取りおよびほぞ縮小区間	当初設計: 面取りなし	変更設計: 面取りおよびリング面の端部および中央部のほぞ幅の縮小	①脱型時、脱搬時、組立時などにほぞ端部が欠ける。 ②リングの変形時にほぞ端部が欠ける。	設計上期待しないほぞの接触箇所については、変形余裕を持たせる。
8. KセグメントとB、Cセグメント間のクリアランス	当初設計: 2mm	変更設計: 5mm	Kセグメントの姿勢により、KまたはB、Cセグメントの端部が接触して欠ける。	Kセグメントの回転余裕を持たせる。
9. ボルト径	当初設計: $\phi$ 16mm	変更設計: $\phi$ 22mm	ボルトとボルト孔とのクリアランスにより、ボルト孔端部が欠ける。	①クリアランスを小さくし、ボルトの移動余裕を少なくすることで欠けを防止する。 ②ボルトの締結力を高めることで、施工時のセグメントの動きを防止する。
10. 内面額縁処理(組立て指線)	当初設計: 3~5cm角の表示を6か所	変更設計: 額縁状に切削	セグメントの脱型後に1か所ずつ削っているため、手間を要する。 コンクリート打設時および遠心脱型時に鉄筋籠が移動する恐れがある。	額縁状に切削する。
11. スペース	当初設計: ポイント型スペース	変更設計: パー型スペース	セグメントの脱型後に1か所ずつ削っているため、手間を要する。 コンクリート打設時および遠心脱型時に鉄筋籠が移動する恐れがある。	額縁状に切削する。



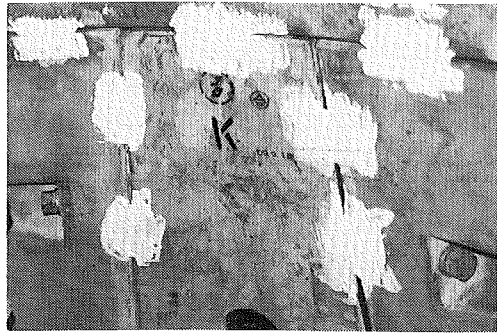


写真-2 Kセグメントの落ち込み量の計測状況

石膏のひび割れやずれ量をクラック計で測定した。その結果、推進時のKセグメントの落ち込み量は0.5mm以内になった。

③ セグメントの欠けの防止、クラックの発生数の低減

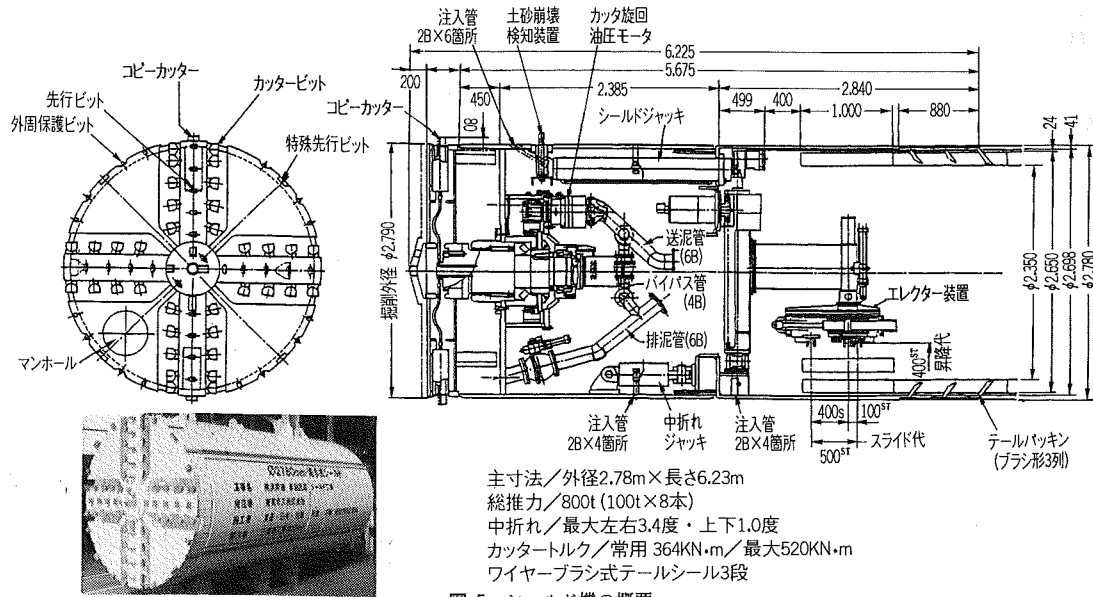
表-1に示した各種の設計変更によって、欠けやクラックの発生が認められたセグメントは、全セグメント数の5%程度に低減できた。

4. シールド機

シールド機の装備概要を図-5に示す。単独工事区間のシールド機の装備の仕様を決めるにあたり表-2に示すような問題点を検討し装備の改善を行った。このうち、施工状況からみて装備の改善が有効であったと思われる項目を下記に示す。

① 自走式台車の導入

継手の締結力が小さいほぞ付きセグメントは大き



主寸法/外径2.78m×長さ6.23m
総推力/800t (100t×8本)
中折れ/最大左右3.4度・上下1.0度
カッタートルク/常用 364KN・m/最大520KN・m
ワイヤーブラシ式テールシール3段

図-5 シールド機の概要

な推力が作用するといろいろな方向に動き、それがクラックなどの発生を増加させる傾向があった。そのため、セグメントに作用する推力を低減する目的で全重量が約25トンになる後続台車の牽引力を軽減させた。

② 力点制御システムの導入

推進時のジャッキの選択はシールド機の運転者の経験に負うところが大きい。ほぞ付きセグメントは初めての経験であるため、少しでも人間によるエラーを回避する目的で力点制御システムを導入した。

③ 事前組み手の訓練の実施

実際のエレクターを使用しての組み手の訓練は、ボルト本数が少なく凹凸のあるセグメントに対する違和感を緩和し、施工管理指導時の理解を深めることに有効であった。

斜めボルトはセグメントを引き寄せて締結する目的で使うのではなく、エレクターやジャッキ推力によってセグメントを既設のセグメントに十分に押し付け、シール材をシール溝内に封入したうえで固定する目的に使用すべきである。

斜めボルトでセグメントを引き寄せて締結しようとするれば、締結力の半径方向の分力によってセグメント間にずれ(目違い)が発生し、セグメントリングがテールシールを通過する際にこれがセグメントの欠けやクラックを発生させる原因となる。このずれはシール材によって継手面が線接触状態となることから、ボルトの締結力の影響をまともに受ける。ほぞ付きセグメントではシール材の厚さや硬度を適切に定めることがとくに重要である。

表-2 シールド機の装備改善

Table with 4 columns: Issue/Improvement (共同工事区間で実施した対策など), Current Situation (共同工事区間で生じた問題点または課題), Proposed Improvement (単独工事区間での改善事項), and Effect/Result (所要の剛性を持つような装備とした。). Rows describe issues like freedom of movement and rigidity, and improvements like roller support and force point control.

表-3 施工管理上の改善項目

共同工事区間で生じた問題点または課題	共同工事区間で実施した対策など	単独工事区間への改善案	単独工事区間での改善事項
リング全体にずれが生じた箇所があった。この原因の1つとして、初期のリングの真円度が十分でなかったことが挙げられる。	田形鋼による支保材を用いて真円を補助補正し、セグメントの目違いやクラック、剝離などを防止した。	①ほぞ付きセグメントに移行する前のスチールセグメントの区間で真円に補正する。 ②ほぞ付きセグメントに移行した直後は、掘進が安定するまでH形鋼の支保材を施工する。	①移行前の数リングにわたって、補正を行う。 ②真円度は4方向以上の直径を計測し求める。
セグメントリングとチーラシールとの間のクリアランスが均等とされない場合が多くみられた。このため以下のような不具合が発生した。 1) 掘りにより掘進力が増大する。 2) 泥水や裏込め材がシールド内に回り込む。 3) チーラシールが変形する。 4) チーラシールの腐りにより止水性が低下する。 5) 掘りによりリング方向に偏心荷重が作用する。 6) エンゲーターは同心円の旋回をするため、組みにくくなる。	下記の対策を実施した。 1) 掘進速度の抑制 2) 裏込め材の後方注入 3) スチールセグメント区間でのクリアランスの確認 4) チーラシールの確認および追加注入 5) H-100 支保材によるリングの補強 6) チーラシール間の洗浄	チーラセグメントを使用するなどして、チーラクリアランスを常に均等に保てるような組立てを行う。	①組立後および掘進後に目開き、目違い、真円度などの測定を実施する。 ②自動チーラクリアランス装置を導入する。
ジャッキをセグメントにあててリングボルトを締め付けるため、ジャッキをあてたときにボルト孔にクラックが生じる場合があった。	ジャッキをセグメントにあててからボルトを挿入し、締め付ける手順を提案した。	①エレクターで位置を定め、ジャッキをあててからボルトを締め付ける組立て方法で行う。 ②ボルトに依存しない組立てを徹底する。	改善案ごとの施工を行う。
マシンの方向制御をジャッキの片押しで行う傾向があり、セグメントリングに偏心荷重が作用して、セグメントが後動し、コンクリートの剝離やクラックが発生している可能性がある。	全ジャッキの使用を基本として、マシンの方向制御は中折れジャッキとコーキーターで対応することを基本とする。	①エレクターで位置を定め、ジャッキをあててからボルトを締め付ける組立て方法で行う。 ②ボルトに依存しない組立てを徹底する。	改善案ごとの施工を行う。
施工時に以下の管理基準に対する対策が徹底されておらずクラックなどが発生した場合がある。 1) 総推力、カッタートルク、回転数 2) 掘進速度、チャンパー内の土圧 3) 目違い量 4) チーラクリアランス 5) 裏込め注入位置と注入量および注入圧力 6) 泥水比重、粘性 7) 送排泥流量、送泥量、排土量 8) その他	管理基準を徹底する。	事前検討により管理値、警戒値を設定し、管理値を超えた場合の対応方法を明示する。	①下記の管理基準値で管理する。施工状況に応じて逐次、修正および追加を行う(カッコ内は警戒値)。 1) 総推力: 300t(400t) 2) カッタートルク: 29t・m(42t・m) 3) 掘進速度: 35mm/min(40mm/min) 4) 目違い: ±2mm(±3mm) 5) 目開き: ±2mm(±3mm) 6) 内空変位: 真円±10mm(±15mm) 7) 余掘り量: 20mm以内 8) チーラクリアランス: 24mm±10mm以内 9) ジャッキキス: トローク差: 20mm以内 10) ジャッキ抜き: 連続2本以上は禁止 ②漏水に対しては以下に示す4水準でモニタリングを行い、原因が明確になるまでは許可なしに止水工を施工しない。 I: 指で触れると湿っている程度 II: 指で触れるとぬれる程度 III: 水滴が5分以上の間隔でポタッと落ちる。 IV: 水滴が1分以内に2度以上ポタポタと落ちる。

5. 施工管理

表-3は施工管理上の特記事項を示したものである。このうち、特徴的な事項を下記に示す。

- ① 掘進管理値(警戒値)の提示  
具体的な目標値を定め、品質の高いトンネルの築造を目指した。
- ② 漏水基準の提示  
クラックなどの調査とともに、漏水量の程度をランク別に分類することで、トンネル品質を評価した。また、漏水箇所はすぐに止水工を行わず、工期に支障のない範囲までモニタリングを行うことで漏水の経路を把握した。
- ③ CALS対応のTTN(Tokyo gas Technical Network システム、図-6参照)の試験的導入  
以下に示す目的で、施工管理者が逐次施工状況(掘進管理: 27項目、組立管理: 目開き、目違いなど)を把握できるようにした。
  - a) 工事管理業務の効率化
  - b) トンネルの高品質化
  - c) 安全施工体制の強化(施工の透明性の確保)

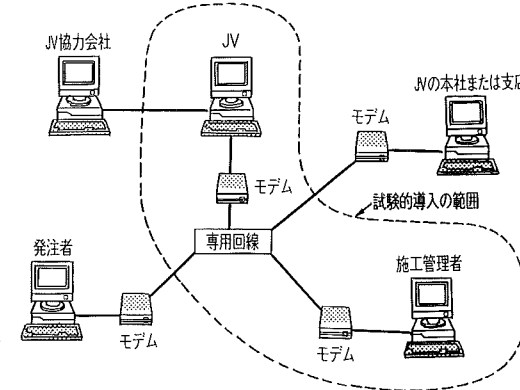


図-6 TTNシステム概要

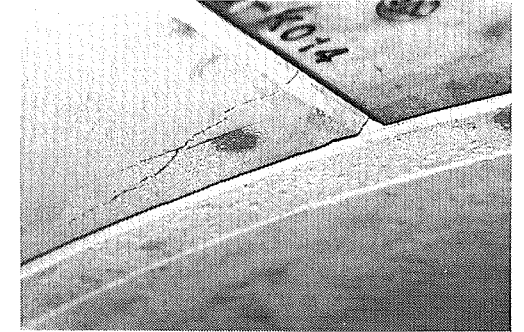


写真-3 クラックの発生状況

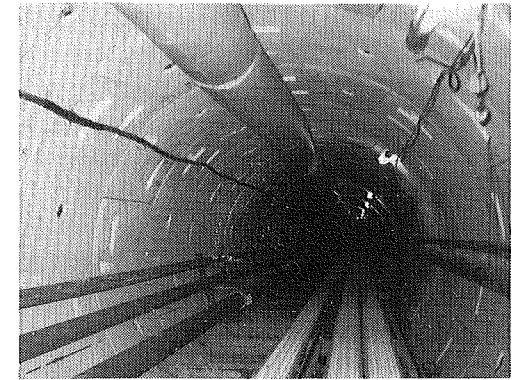


写真-4 トンネルの仕上がり状況

d) 技術の蓄積とコストダウンのための技術改善

6. おわりに

掘進工事は、平成9年11月に開始し、平成10年9月に終了した。発進当初は、写真-3に示すようなクラックがセグメントに生じたもののその後は、平均月進量240リング、トンネル延長あたり漏水量は、1ℓ程度であった(写真-4)。

最後に、ご指導ご協力をいただいた小泉淳・早稲田大学教授ならびに五洋建設(株)共同工事区間所長・石関潤一氏をはじめ多くの方に深謝する次第である。

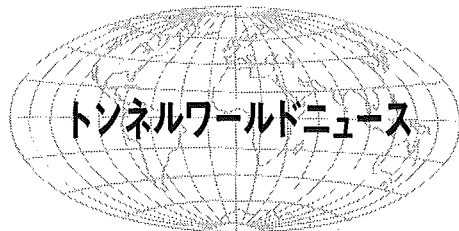
E. フック・E. T. ブラウン共著

## 岩盤地下空洞の設計と施工

理学博士小野寺透・工学博士吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳  
B5判・442頁・上製本 本体価格9,800円(〒450円)

株式会社 土木工学社

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



(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

### Boretec による Robbins の復活

Ohio州のBoretec社は実質的にAtlas Copco Robbins社の全資産を買収し、統合した企業名をThe Robbins Companyとすることになった。

Boretec社の社長であるLok Home氏は、買収は6月15日に完了するとT&T International誌に語った。同氏によるとBoretec社がRobbins社に興味を示す主な理由は、その「評判と名声」であり、Robbins社を以前の地位に再び咲かせる絶好の機会だとのことである。また、「Robbins社は世界でもっとも信頼されている硬岩TBMメーカーだ」とも語った。

いくつかの報道機関が、Washington州Kent市にあるRobbins社の施設と、Ohio州Solon市にあるBoretec社の施設を両方とも稼働し続けることは難しいと報道しているが、Home氏は「私は違う見方をしている」と語った。

新会社の本社はSolon市に置かれ、管理部門はそこに集約される。しかし、旧Boretec社の製作および設計部門もそのままそこに置かれる。

旧Robbins社のKent市にいる全技術者はそのまま残る。Kent市の施設はTBMの設計・製作と、スペアパーツおよびカッタの製作に専念する。また、そこでは既存のRobbins社製品の設計および供給も補助することになる。

Solon市では、技術部門はTBMの改造や小口径TBM、バックアップシステム(後続設備)、コンベヤ運搬システム、従来のずり運搬システムおよびそれらの関連製品に専念する。

Boretec社とRobbins社の技術が統合されることによって製品の幅が広がるのがThe Robbins Company社の見通しを明るいものにしないHome氏は語った。

Boretec社は小口径の硬岩用機械の分野で近年とくに成功を収めてきた。一方で、Robbins社は大口徑TBMに専念してきた。

新会社は、最近Atlas Copco社によって製造を打ち

切られていた新規マシンの製造を再開する。Boretecの名はミニカッタのようないくつかのラインの製品名としてだけ残される。

製品の幅が広いことが将来の発展の基礎となる。その他、Boretec社がこれまで参入に成功してきた分野は、バックアップシステムとずり搬出ベルトコンベヤである。この方式は、北アメリカにおいて従来汎用的なずり搬出方式だったが、最近ではアジア、とくに香港やフィリピンの市場を開拓することにも成功しているとHome氏は語った。

Robbins社は、世界中のBoretec社の販売代理店を通して国際市場を手掛け、場合によってはAtlas Copco社系以外の販売代理店も利用する。

Robbins社のレイズボーラー分野とMobil Miner(モビルマイナー)は、今回の取引の対象外でありAtlas Copco社が保有し続ける。レイズボーラーはスウェーデンで製作される。

Atlas Copco Robbins社の買収金額は公表されていない。これはAtlas Copco社からの依頼によるとHome氏は語った。(T&T'98.7)

### モスクワでの崩落

Moscow Times紙のValerie Korchagina氏、Moscow Tribunes紙のIgor Zaslouov氏やMoscow Komsomlets紙の特別特派員が伝えてきた情報などによると、5月14日モスクワの中心部において建設中のトンネル切羽が崩壊し、道路に500m<sup>2</sup>を超える大きさの陥没が生じた。

陥没の深さは、地表から27m下にあるトンネル内まで達した。

この地域の地盤のほとんどが粘土層といわれていたが、崩落は帯水砂層において起こった。7人の作業員がトンネル内にいたが全員無事に避難した。

この事故は、真夜中にクレムリンからおよそ600m離れた地点で発生した。走行していた1台の車が陥没に落ちたが、幸いドライバーは無事脱出することができた。

八百屋と事務所が入居している2階建てのビルの玄関口がまるごと崩壊し穴に呑み込まれたが、幸いにも建物の中には誰もいなかった。

また、近くのビルではひび割れが発生し、モスクワ市緊急対策室の83名の職員は陥没が安定するまで避難しなければならなかった。

ガスや水道、電気の供給は、ストップしなければならなかったが、その日の午後6時までは陥没は埋め戻され、影響のあった人々は自分の家や仕事に戻る事ができた。(WT'98.8)



## 報告 鉄道トンネルに海外セグメントを採用

西林聖武\* 野焼計史\*\*  
辻雅行\*\*\*

本稿は、営団が鉄道トンネルとして日本ではじめて採用した海外セグメントの現場搬入までの記録であり、国内製品との比較を中心に考察を加えたものである。

なお、本稿において使用する駅名のうち、工事中区間の駅名は仮称である。

### 2. 高輪一工区の概要

#### 2-1 地下鉄7号線(南北線)概要

地下鉄7号線は目黒(品川区上大崎)を起点に、麻布・溜池山王・永田町・四ツ谷・駒込を経由し、終点赤羽岩淵(北区岩淵町)まで、東京の中心部を南北に貫く21.4kmの路線である。このうち、溜池山王～赤羽岩淵間16.2km

### 1. はじめに

9月26日午前2時、東京品川埠頭に韓国・釜山港からセグメントを満載したDONG JING NAGOYA丸が接岸した。韓国内陸の忠州で製作され、陸路300km、海路1,100kmの長旅を経たセグメントは、通関手続きの後、埠頭内に仮置きされ、10月8日、第1便が港区内の高輪一工区の現場に到着した。

海外セグメントの検討を開始してから2年あまり、営団・施工業者・製作メーカーの熱意と苦労が結実したセグメントがいよいよ東京の地下で鉄道トンネルとして組み立てられる。

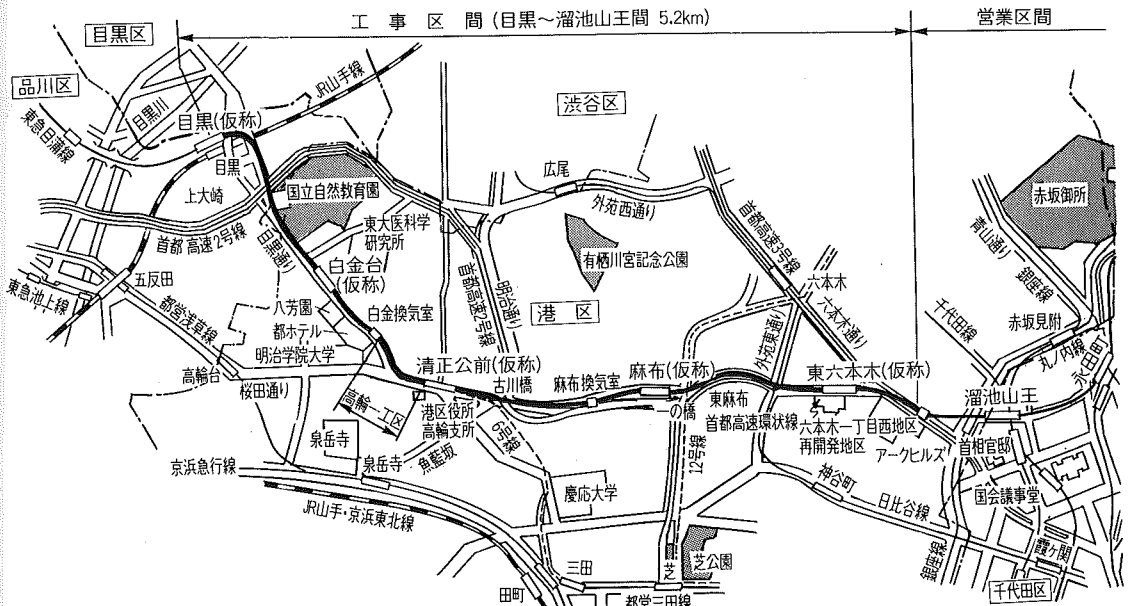


図-1 目黒～溜池山王間平面図

\*帝都高速度交通営団建設本部副部長

\*\* " " 積算課課長補佐

\*\*\* " " 工事部白金工事事務所技術

課長

は既に南北線として開業しており、現在、目黒～溜池山王間5.2kmの工事を行っている(図-1)。

この路線は、目黒で東急目蒲線と、赤羽岩淵で建設中の埼玉高速鉄道線と相互直通運転を行う予定である。さ

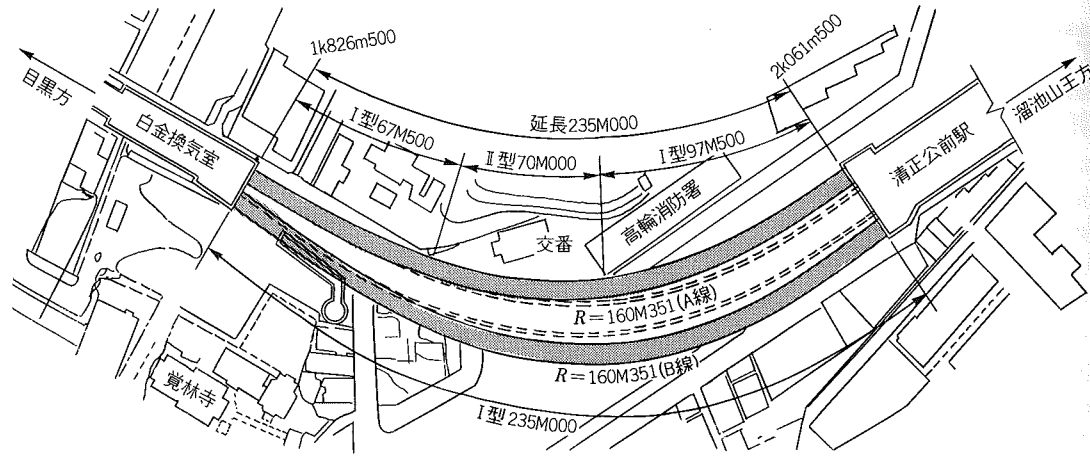


図-2 高輪一工区平面図

らに、東京都交通局が都営三田線三田から清正公前間の延伸工事を進めており、同線も南北線経由で東急目蒲線と相互直通運転を行う予定である。

2-2 高輪一工区の概要

目黒～清正公前間は都営三田線と南北線が線路を共用するため、運転計画で清正公前で営団・都営の都心方向からの列車を段落としする必要があり、清正公前の目黒方に折り返し線2線を設けることとなった。このため、白金台～清正公前間の中間換気室(白金換気室)と清正公前の区間には、本線となる単線シールドトンネル2本と折り返し線となる複線シールドトンネル1本を築造することで計画されている。

高輪一工区はこのうちの単線シールドトンネル2本を築造する工事であり、トンネル外径φ6,600mm、工区延長235mとなっている(図-2,3)。

(1) 線形・地質

ほぼ全区間にわたり平面線形はR=160mの急曲線であり、縦断線形は清正公前から白金換気室に向けて35%の上り勾配となっている。なお、トンネル付近の地質はおおむね挟在砂層(層厚10～30cm)を幾重に有する上総層群である。

(2) 施工法

当工区は白金換気室を発進、清正公前に到達後、シールド機を立坑内に引き出し、Uターンした後、再発進して白金換気室に到達する工事であり、泥水式シールド工法を採用している。なお、工程は平成9年7月に契約、平成10年10月シールド発進、平成11年5月に掘進を完了する予定である。

(3) セグメントの概要

セグメントは平板型であり、道路部に使用するI型は398リング、鉄筋量はリングあたり1,475.7kg(継手金物のアンカー筋を除く)、民地部に使用するII型は70リン

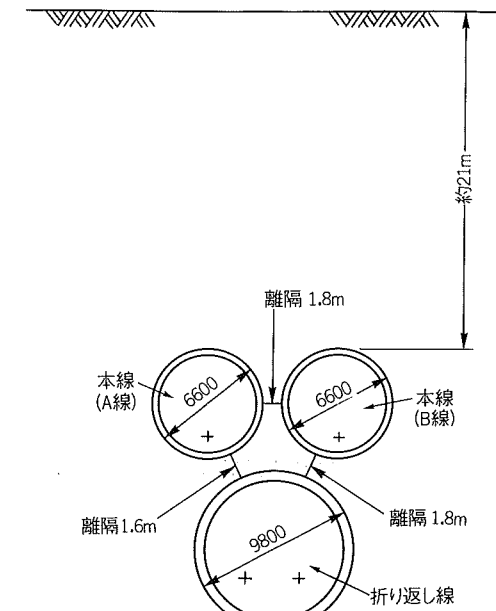


図-3 1k827m付近断面図

表-1 セグメントの概要

	I 型	II 型
使用箇所	道路部	民地部
延長	400.0m	70.0m
外径	6,600mm	
幅	1,000mm	
厚	300mm	
分割	6分割	
重量	14.72t/R	15.16t/R

グ、鉄筋量は1,919.7kgである。なお、全線急曲線であり、I・II型とも異形セグメントの割合が多い。セグメントの概要は表-1のとおりである。

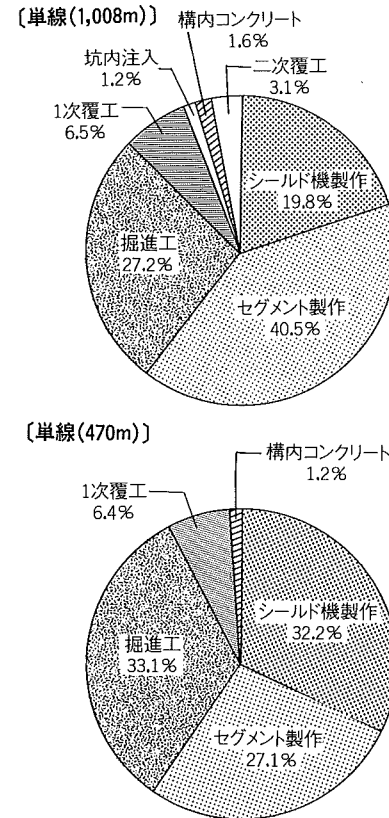


図-4 セグメント製作費の占率

3. セグメント費用削減の必要性

シールド工事におけるセグメント製作費の占める割合を示したものが図-4である。

シールド機械費用がいわば固定費に近いことから、セグメント製作費は延長が長くなればなるほど高い占率になる。ちなみに2kmを超える複線シールド工区では、請負工事費の半分以上を占めている。これより、シールド工事の発注にあたり、セグメント製作費用の削減を図ることは、工事費の削減にとって欠くことができないものであることがわかる。

4. 海外セグメント導入の経緯

営団では国内メーカーの協力により工場の製作実態調査を行うなどセグメントの製作コストの削減に従前より積極的に取り組んできたが、これと並行して海外セグメントの導入に関して、平成7年ごろより情報収集を行ってきた。

日本における海外セグメントの使用については、東京電力(株)が平成6年に上尾野連系管路新設工事の3つの工区において、φ3,500mmクラスを韓国および台湾か

ら導入したのが初めてである。その後も東京電力(株)は精力的に導入を図り、国409共同溝関連管路工事(φ3,950mm)において韓国製を、環7東海松原橋工事の3つの工区(φ4,950mm)において、韓国およびマレーシア製を採用した。

海外セグメント導入の動きは、電力業界に直ちに波及し、平成9年、中部電力(株)が桑名洞道新設工事の2つの工区(φ5,000mm)において、韓国製セグメントを採用した。

営団が海外セグメントに関して検討を始めたのは、まさにこのような時期で、東京電力・中部電力や施工業者への聴き取り調査などを通じて7m級の鉄道単線トンネルへの採用に自信を深めていった。

4-1 調査の概要

平成9年4月より開始した調査のポイントは、①品質、②価格、③納期(製作工程)の3点に関してであり、次のような結果が得られた。

(1) 品質

品質については上述した東京電力(株)、中部電力(株)と施工業者からの聴き取り調査・視察を主体に行った。その結果、当初はいくつかの問題点があったものの、施工業者の技術指導に伴い、韓国・台湾・マレーシアについては、国内とほぼ同等の製品が製作できること、また、検査基準について韓国(KS)・台湾(CNS)の規格は日本のJIS規格に準じて制定、運用されていることから問題がないことが明らかになった。

その中でほとんどの施工業者より、日本からの常駐管理者が必要との意見が出され、品質管理要員が不可欠であるとの結論を得た。

(2) 価格

調査は韓国2社、マレーシア1社に対して行った。高輪一工区の詳細設計が完了していなかったことから、竣工工区の類似の設計図により見積りを聴取した。この結果、韓国メーカーについては、国内価格をかなり下回る結果となったが、マレーシアについては価格メリットが小さいことがわかった。マレーシアでは型枠を国内で製造することが困難であり、日本から台湾で製作して現地に運搬しなければならないことが価格割高の主な要因であった。

(3) 納期(製作工程)

南北線の全体開業工程から高輪一工区の発注時期とシールド掘進時期が決定されており、平成9年8月から平成10年11月までの15か月に製作・輸送を行う必要があった。この点については、プロジェクトの採否を左右するもっとも重要な要因であり、慎重な検討を依頼した結果、いずれの社も十分に余裕があるとの回答を得た。

その後、高輪一工区の詳細設計が完了し、本格的な価

格調査を行うこととなったが、調査を行う前提条件として、営団内部で決断しておかなければならない課題が次の2点であった。

(1) 製作リング数

高輪一工区で使用する468リングのうち、どの程度の数を海外製品とするかである。すなわち、事前調査では品質・価格・工期ともに十分に満足いく感触が得られたものの、営団初の試みであることから、万一の場合を想定し、品質・工期のリスクヘッジをする必要があるのではないかと考えた。代替案の1つとして、当工区は単線Uターンとしているため工期に余裕があるB線トンネルのみに採用する案などがあったが、最終的には価格メリットを最大限に享受するため、全数採用することとした。

(2) 継手金物の製作

継手金物の製作を海外生産とするか、国内生産して海外メーカーに支給するかどうかについて検討を行った。この結果、継手金物は、シールドトンネルの耐久性を左右するきわめて重要な部分であることから、今回は海外での生産を断念し、日本国内で生産して、海上輸送することとした。

これらの予備調査の結果を鑑み、韓国メーカーに対し

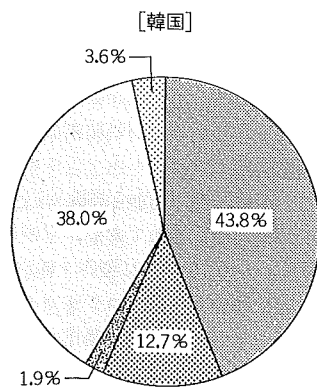
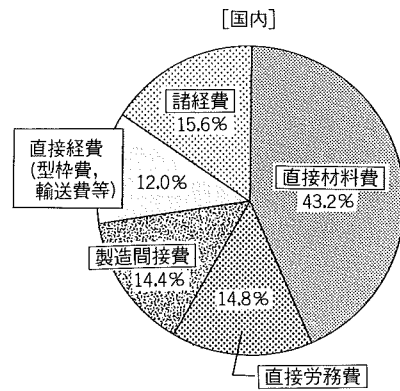


図-5 価格構成

て、価格の本調査を行うこととした。

4-2 価格比較

国内製品と韓国製品の価格構成を比較したものが、図-5である。

これより、韓国製セグメントの価格の特徴については次のとおりである。

- (1) 材料費は国内に比べて7%程度しか安価となっていない。これは、前述のように継手金物を国内製作としたため、韓国での生産による価格メリットを受けていないことが主たる原因である。
- (2) 労務費は国内に比べて約20%安価であり、直接経費に含まれる型枠費も国内の1/3程度の価格である。
- (3) 製造間接費は国内の1/8程度、一般管理費も約1/2程度となっている。製造間接費がとくに安い理由としては、地代や水道・光熱費が国内に比して安価なことに起因しているものと思われる。
- (4) 直接経費に含まれる輸送費は、工場から積み出し港までの陸送、海上輸送、輸入港から現場までの陸送などの費用が含まれており、国内価格の約6倍となっている。

この結果、国内価格に比べて、約8%程度安価となった。

5. 製作メーカーの決定

平成9年7月契約後、施工業者は直ちにセグメント製作メーカーの選定に入った。契約上は特記仕様書において「海外より導入する」と規定したが、メーカーの選定は施工業者の判断に委ねることとした。施工業者においても、比較的早い時期から、対日輸出実績が多く、規格・品質管理面など問題が少ない韓国メーカーに絞り込み、韓国実業、東西産業、泰明実業の3社について、詳細な調査を行った。

その結果、施工業者は各社の工場整備、型枠の自社製作の有無、テーパー(異形)セグメントの製作実績、対日輸出実績などを総合的に判断して製作メーカーを決定した。

(2) 製作メーカーの概要

製作メーカーは1984年創業で、当初は建築用コンクリート2次製品を製造していたが、90年代に入りセグメントにシフトし、93年7月、釜山市発注の下水管路工事用のセグメント(φ3,350mm)を初めて製作した。以後、セグメント専門メーカーとして、国内では韓国電力、韓国通信、日本向け輸出では東京電力、中部電力で実績をあげ97年末までに約23,000リングを生産しており、財閥系の他の2社に大きく水をあけている。

資本金は3,500,000USドル、97年の売上高は約90億

ウォン(約9億円)である。

6. 工場設備監査の概要

6-1 工場の概要

製作メーカーはソウル市の南東約130km(車で約3時間)の忠清北道忠州市に第1・2工場、忠州市東方約



図-6 位置図

42kmの提川市に第3工場を有している。第1工場はセグメント製作の主要工場で、第1工場に隣接する第2工場はストックヤードと注入パイプなど付属品の製作を行っている。第3工場では、鉄筋加工・鉄筋かご組み立て、型枠製作を行っている。

鉄筋かご組み立て工場とコンクリート打設工場が離れており、毎日の打設分を第3工場から第1工場に輸送している(図-6、写真-1)。

6-2 工場設備監査結果

営団内部規程に従い、製作工場が必要とされる設備能

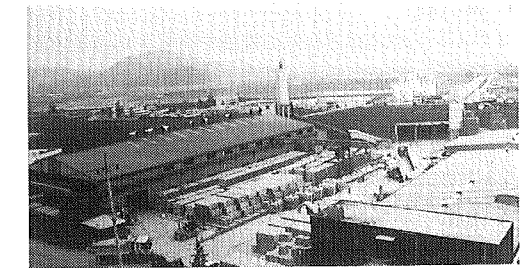


写真-1 第1工場全景

表-2 指摘事項一覧

		工場監査指摘事項	対処方法
第1工場	骨材貯蔵・供給設備	・細骨材の中に粒径の大きいものが含まれている。骨材貯蔵設備の下にふるいを設置しており、ふるいを通して地下移動させてパッチャープラントへ搬送している。骨材がなくなった時点しかふるいのメッシュを検査できない。分級しているメッシュの目の大きさの確認が必要である。	・細骨材については、5mm以上の粒径が含まれているが、配合時毎回ふるい分け試験を行い、過大粒については、細骨材に計上することで対応した。
	蒸気養生設備	・蒸気養生の管理は手動のため、正確に行うための対策が必要(タイマーの設置など)である。 ・蒸気養生時、水滴がセグメント上に落ち、仕上がりが状態が悪くなるため、透明フィルムなどの養生シートを採用させる必要がある。	・自動温度制御装置を設置した。 ・セグメントに養生シートを使用した。
	水中養生設備	・他企業者のセグメント製作と競合する可能性があるため、製作工程を詳細に作成させ、水中養生槽の増設を検討させる必要がある。	・製作計画書を提出させ、水中養生槽を一部改造した。
	諸試験設備(仮組み・継手曲げ、推力)	・継手曲げ試験装置は、6mクラスは可能であるが、大口径用荷重用具が必要である。 ・仮組み用定盤が5mまでしかないため、改善が必要である。	・曲げ試験装置を改造した。 ・8mに改善した。
第3鉄筋加工工場	鉄筋置場	・高輪一工区専用で長さ、径別に選別して置ける場所を確保させる必要がある。	・高輪一工区専用で長さ・径別に整理整頓を行った。
	鉄筋かごストックヤード	・5段程度の重ね置きをしているので、最大2段程度に抑えさせる必要がある。	・縦置き2段に変更した。
	運搬設備	・トラックに5段程度の重ね積みをして第1工場まで運搬するので、トラックに専用の架台を装備する必要がある。	・架台の製作、クッション材などを装備して鉄筋かごが運搬中に傷まないようにした。

力および品質管理能力を有するか否かについて、平成9年10月、営団職員が渡韓して工場設備監査を行い、改善事項を指摘した。指摘事項の確認については、平成10年1月、第1回試作品監査時に行ったが、一部は正されていない項目があり、製作までに改善する確約をとり、製作工場が必要とされる能力を有すると判断した。改善が必要と指摘した項目および確認結果を示したものが表-2である。

### 7. 試作品監査

#### 7-1 概要

セグメントが設計どおりの性能を有していることを確認するため、営団職員立ち会いのうえ、本製作に先立ち試作品を製作し、各種試験を実施した。監査日程と項目は表-3のとおりである。

なお、現地での監査と並行して、継手金物検査(平成9年12月)、鉄筋材検査(平成10年1月)を実施した。このうち、鉄筋材検査の概要は次のとおりである。

I型セグメントの鉄筋材はφ13およびφ16mmの2種類で、II型の場合φ13、φ16、φ19、φ22mmの4種類であり、工区全体では約720トンとなる。これらすべてにJIS規格品またはKS規格品の韓国製鉄筋材を使用した。KS規格については鉄筋の化学成分などに関してJIS規格と若干の相違がみられる程度で、JIS相当品とみなすことができた(表-4)。

これらの鉄筋材については、試験片を日本に送り、(財)日本品質保証機構において引張試験および曲げ試験を実施し、強度を確認した。

#### 7-2 材料試験、試験練り

コンクリートの材料試験および現場配合試験(試験練り)を行った。

##### (1) コンクリートの材料試験

###### ① 細骨材・粗骨材

細骨材は工場から約23km離れた忠清北道南漢江上流付近を産地とする川砂で、粗骨材は江原道内で算出される花崗岩の碎石(班岩碎石)を使用しており、いずれも業者からの購入品である。

工場設備監査時の目視検査で、細骨材に5mm以上の粒径が含まれていたことから、配合時に毎回ふるい分け試験を行い、過大粒は粗骨材に計上するよう指導した。

###### ② 試験概要

コンクリートの材料試験は細骨材、粗骨材について、JISの試験方法にもとづき、表-5の内容の試験を行った。このうち、「骨材中に含まれる粘土塊量の試験」、「骨材中の比重1.95の液体に浮く粒子の

試験」、「硫酸ナトリウムによる骨材の安定性試験」については、KS規格がなく、工場ですべて実施する試験となった。

なお、いずれの試験結果も、基準値を十分に満足するものであった。

表-3 試作品監査の概要

日程	監査項目
第1回 H10.1.14 ~17	コンクリート材料試験 コンクリート現場配合試験
第2回 H10.2.11 ~13	圧縮強度試験 I型打設状況 ・セグメント用材料その他検査 ・鉄筋かご検査 ・型枠検査 ・打設検査
第3回 H10.3.11 ~13	I型破壊試験およびII型打設状況 ・単体曲げ試験 ・継手曲げ試験 ・推力試験 ・継手金物の引き抜き試験 ・仮組検査 ・継手ボルトの締め付けトルク試験 ・外観寸法検査 II型打設状況 (第2回：I型と同様)
第4回 H10.4.8 ~9	II型破壊試験 (第3回：I型と同様)

表-4 棒鋼 JISとKS(SD345対象)の比較

項目	基準値	
	JIS(G3112)	KS(D3504)
化学成分		
P(リン)	0.040%以下	0.050%以下
S(イオウ)	0.04%以下	0.05%以下
機械的性質		
降伏点または0.2%耐力	345~440 (N/mm <sup>2</sup> )	343~441 (N/mm <sup>2</sup> )

表-5 骨材の材料試験一覧表

試験項目	細骨材	粗骨材
ふるい分け試験	○	○
比重および吸水量試験	○	○
骨材中に含まれる粘土塊量の試験	○	○
洗い試験	○	○
骨材中の比重1.95の液体に浮く粒子の試験	○	○
有機不純物試験	○	-
硫酸ナトリウムによる安定性試験	○	○
単位容積重量および実率率試験	-	○
ロサンゼルス試験機によるすり減り試験	-	○
海砂の塩化物イオン含有率試験	○	-
表面水率試験	○	-
アルカリシリカ反応性試験	○	○

ある。脱型強度、28日強度とも示方書で要求している設計基準強度を十分に満足するものであり、国内メーカーとの差異は認められなかった。

##### (2) I型打設状況

I型の打設に際して実施した検査は以下の項目である。

###### ① セグメント用材料その他検査(エレクトラ孔、注入孔用パイプ)

エレクトラ孔、注入孔用のパイプ(機械構造用炭素鋼鋼管)の各寸法をノギスで測定した。また、使用上有害な欠陥が認められないことを目視により確認した。

###### ② 鉄筋かご検査

鉄筋かご検査は、かごの外観・形状、鉄筋の種類・径、鉄筋の配置および鉄筋の緊結について行い、鉄筋の加工および鉄筋かごが設計図どおり組み立てられていることを確認するものである。ちなみに今回の平板型セグメントは、中子型に比べればさほど複雑ではないが、工場の技術者にとってはかなり複雑な配筋に感じられたようで、配筋図から内容を読み取るのに時間を要していたようである。

検査結果の概要は次のとおりである。

###### a) 鉄筋の加工

鉄筋の加工寸法は原寸図の上に鉄筋部材を重ねあわせることで照合した結果、とくに問題は認められなかった。

ただし、この工場では、これまで原寸図を製作した経験がなく、また、加工材の全種類の鉄筋加工図をミリ単位で描く習慣がなかったため、施工業者が原寸図の必要性を説明し、作図の指導を行った。

###### b) 鉄筋の組み立て

鉄筋かごの組み立て状況の検査は、鉄筋配置の確認のほか、目視により鉄筋の種類、径および溶接状況などの確認を行うものである。

工場では、鉄筋治具台を従来より使用していたが、治具台を製作するために計算して位置を割り出した経験がなく、また、鉄筋ピッチを確認するための検査用ゲージも使用していなかった。これらは常駐管理者の指導により、国内同様の方法によった。

この結果、鉄筋ピッチについては、設計寸法に対して最大で3.4mmの誤差に留まり、高い精度の組み立てが実現した。

なお、鉄筋の溶接については、工場監査時に視察した他工区のセグメントに溶け込みによる断面欠損や溶接ワイヤーの付着が確認され、技

表-6 示方配合比較表

	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
	水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
高輪一工区	164	480	651	1146	4.80
国内					
A工区	134	420	765	1116	3.36
B工区	140	410	750	1155	4.10

##### (2) コンクリートの試験練り(コンクリート現場配合試験)

営団示方書における配合基準は、設計基準強度480kgf/cm<sup>2</sup>、粗骨材の最大寸法20mm、最小セメント量390kg/m<sup>3</sup>および減水剤を使用することなどが規程されており、また、脱型時の強度は150kgf/cm<sup>2</sup>を標準としている。

工場ごとに産地の異なる骨材などの材料特性を踏まえ、示方書を満足する範囲内で独自の配合設計を行い示方配合を決定することとなっている。

###### ① 配合

今回の示方配合は表-6のとおりであり、参考までに国内メーカーのデータを併記した。なお、セメントは韓国産メーカーの普通ポルトランドであり、混和剤は日本製を使用した。

###### ② 立会い結果

試験練りの立会いではセメント、骨材、水および混和剤の計量、ミキサによる練り混ぜ状況、供試体用型枠への打設状況を確認したが、とくに問題となる点は見られなかった。

なお、示方書において、コンクリートに含まれる塩化物量の測定を義務づけており、塩化物イオン濃度の測定を行うこととしたが、工場には計測器がないため、日本から持ち込んだ。

##### 7-3 圧縮強度およびI型打設状況

監査の目的は、前月に打設した供試体の28日強度を確認すること、ならびにI型セグメントを打設することにある。

###### (1) 圧縮強度試験

脱型時の圧縮強度および28日強度は表-7のとおりで

表-7 圧縮強度試験比較表

	圧縮強度試験(kgf/cm <sup>2</sup> )	
	脱型	28日
設計基準強度	150	480
高輪一工区	288	634
国内		
A工区 (注)187		604
B工区	279	655

注) 打設後7時間強度である

術向上の必要性を再三にわたり指摘していたが、  
ていねいな作業でとくに問題がみられなかった。

③ 型枠検査

型枠の構造および製作精度を確認するものである。  
当工区のセグメント外形は標準型と異形型2種類の計3種類である。異形型のリング間の継手は、切羽面側がインサート継手(メスねじ)、ジャッキ面が高剛性継手(ボルト挿入)となっているため、左カーブとUターン後の右カーブの兼用ができず2種類となる。このような条件では、国内製作の場合は、型枠を改造して転用することが多いが、製作メーカーは型枠改造の経験が乏しいことから、それぞれ3種類の型枠を製作して対応した。

型枠の寸法検査の結果は、幅方向で最大0.45mmの誤差であり、ほぼ満足のいく結果が得られた。しかし、数字に現れない型枠の細部の収まりなどは必ずしも日本国内メーカーのようにはいかなかったが、性能上は問題ないと判断し、合格とした。

④ 打設検査(打設前検査、現場配合試験・テストピース採取、打設状況など)

打設前検査では、組み立て型枠の清掃・締め付けはよいか、スパーサーによる鉄筋かごのかぶり寸法の確保および注入パイプなどの部品の取り付けが所定の位置寸法に収まっているかを確認した。

打設時の検査では、まだ固まらないコンクリート成績が示方配合に適合しているかを確認するとともに、打設状況、表面仕上げ状況を確認した。

7-4 I型性能試験およびII型打設

第2回検査時に打設したI型セグメントの載荷試験、仮組み検査および外観検査などを行い性能を確認した。また、II型について打設を行った。

載荷試験は、単体曲げ試験、継手曲試験、推力試験および継手金物の引き抜き試験からなる。

(1) 単体曲げ試験

本試験は、曲げモーメントによるコンクリートの応力度およびセグメントの変位量などを測定し、設計計算におけるセグメントの断面理論と比較することにより、所定の単体性能を有しているかを確認するとともに、セグメント破壊時の断面耐力を測定することで、設計に対する安全率を求めるものである。

① 試験方法

試験にはA型セグメント1ピースを門型フレームの中央に設置し、中央部2点に鉛直方向に載荷した。

なお、載荷試験でひずみなどを同時に測定するのも製作メーカーにとっては初めての経験であった。計測に必要なロードセル、パソコン、デコーダ、ひ

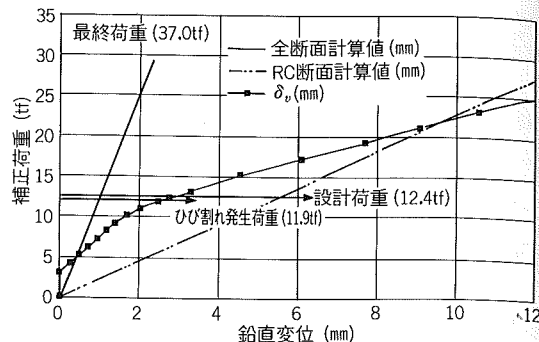


図-7 単体曲げ試験鉛直変位曲線I型

ずみゲージなどは日本国内で調達し韓国へ輸出する形をとった。

施工業者はこれら計測機器の輸出に際し、軍事利用されないことを証明する書類の作成などの業務を行った。また、計測に際しては、専門の技術者を日本から派遣した。

② 試験結果(図-7)

載荷後、11.9tfで内径側リング間継手金物ボルトボックスの角に幅0.04mm以下の初期ひび割れが発生した。

設計荷重12.4tfを過ぎた後は、2tfピッチで載荷し、荷重の増加とともに内径面および側面にひび割れの進展および新たなひび割れの発生がみられ、内径面にほぼスターラップに沿ったひび割れが出揃った後も載荷を続けた結果、37.0tfにて外径面のコンクリート圧壊により破壊に至った。破壊性状は典型的な曲げ破壊である。終局に至るまでひび割れは均等に分布し、局部的にとくに大きいひび割れはみられなかった。

(2) 継手曲げ試験

本試験は、曲げモーメントによる継手断面のコンクリート圧縮応力、ボルトに発生する引張応力度およびセグメントの変位量などを測定し、設計計算時における継手断面理論と比較することにより、所定の継手性能を有していることを確認するとともに、セグメント破壊時の断面耐力を測定することで、設計に対する安全率を求めるものである。

① 試験方法

試験にはA型セグメント2ピースをボルトで締結し、継手面をまたぐ形で2点載荷とした。載荷装置は単体曲げと同じものを用いた。

② 試験結果(図-8)

載荷後、11.7tfで内径面の高剛性継手ボックスに幅0.04mm以下の初期ひび割れが発生した。11.7tfを過ぎた後は、荷重の増加とともに内径面および側面

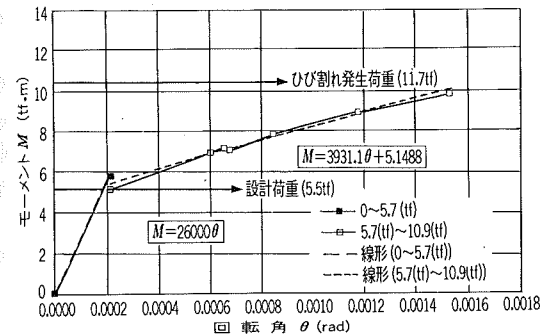


図-8 継手曲げ試験継手部回転角曲線I型

表-8 設計に対する安全率

	安全率	
	継手曲げ	単体曲げ
高輪1工区	4.47	2.98
国内	A工区	4.90
	B工区	4.39
	C工区	4.96
		2.92

にひび割れの進展および新たなひび割れの発生がみられ、24.6tfにて継手外径面のコンクリートの圧壊により破壊に至った。

単体曲げ試験、継手曲げ試験ともに、国内製品同様の安全率であり、強度上の問題が全くないことを確認した(表-8)。

(3) 推力試験

セグメント組み立て直後のシールド推進時を想定したジャッキ推力を作用させて、セグメントの応力発生状況および、ひび割れ発生状況を目視により観察した。

高輪一工区のシールドジャッキ1本が200tf(20本)であることから、最大推力である200tfまで順次載荷し、最終的には推力の1.5倍(300tf)まで載荷した。この結果、300tf載荷においても、ひび割れが発生することはなかった。

表-9 セグメント製作工程表

		平成10年								平成11年			
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
I型	標準			24	1	20	21						
	異形A線	25	22	5			3	23	24	24			
	異形B線	19	18	21	17	19	14	23	4				
II型	標準				21			23	24	24			
	異形A線			19	18	1	11						
月計		44	40	69	57	40	49	69	52	48			
累計		44	84	153	210	250	299	368	420	468			
出荷数量合計							80		90	80		110	108
入荷予定時期							下旬		中旬	初旬		中旬	下旬

(4) 継手金物の引き抜き試験

セグメントに埋め込まれたセグメント間継手金物およびリング間継手金物にセットしたボルトを引張り、金物の定着を確認した。

載荷装置には自己釣り合い方式の治具にジャッキおよびロードセル(ともに200tf)をセットし、300tfまで変形量を計測しながら載荷し、以後、破壊まで連続載荷した。

(5) 仮組み検査

平板の上に千鳥配置で水平2段組に仮組みし、組み上がりの精度を確認した。この結果、真円度は+1mmの誤差に収まり、許容値の±10mmを大きく下回った。

(6) 外観検査

セグメントに有害な欠け、ひび割れ、金物に錆などが発生していないことを目視にて確認した。

この際、セグメント表面の色が国内製品に比べてやや黒くなる傾向がみられた。この原因は、水中養生槽の水交換の周期が長く、水中に溶け出した炭酸カルシウムが表面に付着、膜を形成し、セグメント内部の水が抜けなためであることが判明し、水の水交換周期を短く(2週間)するよう指導した。この結果、本製作時には国内製品とほぼ同様の外観が得られた。

7-5 II型破壊試験

II型について、I型と同様の項目について検査を行い、所定の強度が確認できた。

4回に及ぶ試作品監査の結果により、当該工場において、設計どおりの性能を有する製品の製作が確認され、本製作を開始することとした。

8. 本製作

本製作は平成9年4月より開始し、1日2リングのペースで製作しており、12月までに全数を製作の予定である(表-9)。なお、施工業者はセグメント製作に精通した技術者1名を工場に常駐させ、全数の品質管理にあっている。その他、職員を月1回の頻度で現地に派遣し、

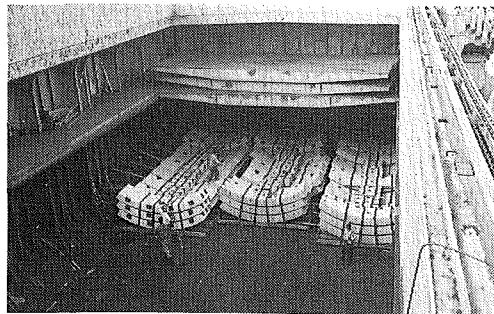


写真-2 船積み状況

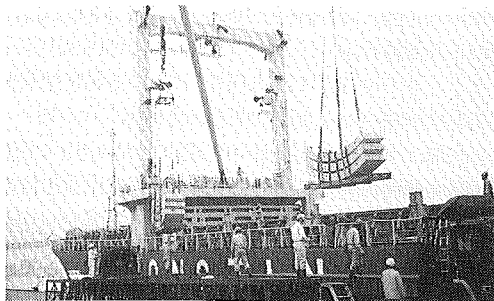


写真-3 品川埠頭の荷降し

製作管理を行っている。

### 9. 輸 送

#### 9-1 輸送方法

輸送は、忠州より釜山港まで約300kmの一般道をトレーラで陸送し、海上輸送の後、品川埠頭から港区白金の現場へ搬入するものである。これらの長距離輸送に加えて、2度の積み替えが生じることから、輸送段階で損傷を与えることがないように3ピース1組みで木製パレットおよびスチールバンドにより厳重に固定した。

なお、輸送時の責任範囲は、釜山港までは製作メーカー、その後は運送会社で、施工業者へは現場の車上わたしとなっている(写真-2, 3)。

#### 9-2 輸送計画

海上輸送は、1回あたり80~110リングとし、5回分割で行う予定である。第1陣は、9月14~21日にかけて工場より釜山港へ送られ、9月23日17時出港、26日2時に品川埠頭へ入港し、その日のうちに荷役を終えた。その後、29日、東京税関より輸入通関許可が下り、荷捌き場に仮置き後、10月8日に現場へ搬入されている。

### 10. ま と め

#### 10-1 総括

営団ならびに施工業者の関係者は、現場に搬入された韓国製セグメントを深い感慨をもって迎えた。今回の経験により、それぞれの立場で、どんなところに苦勞し、

何を残したのか、著者らの感想として総括しておきたい。

#### (1) 営 団

発注者としての営団が得た最大のものは、国内製品に比べて8%程度割安となったセグメント価格である。しかし、当然ながら、品質・納期(工程)が守られなければ価格メリットは意味のないものであり、海外製品導入の計画段階では情報収集に腐心した。

また、監査については営団の内部規程を国内同様に適用したが、製作実績のある国内工場と異なり、細部にわたる指導・助言が必要であった。このことによりこれまでのシールド工事で培われた営団の技術が十分に発揮されるとともに、担当職員の技術力向上につながった。

#### (2) 施工業者

営団が国内メーカー同様の品質、工程を求めていたこともあり、相当の苦勞を伴ったものと考えられる。製作メーカーでは今回のような厳しい検査体制での製作は初めての経験であり、施工業者は検査の必要性やフローを理解してもらうことに始まり、検査・計測機器の手配まで自らが行わねばならなかった。また、検査がスムーズに進行できるよう現地に先乗りして準備を行うなど、表に現れない苦勞もあった。

なお、日本から派遣された常駐管理者は、通訳としてソウルから派遣されているメーカーの主任とアパートで共同生活を送りながら、カウンターパートである品質管理課長に対し製作・管理の指導を行った。工場内ではほとんど日本語が通じないため、作業員とのコミュニケーションに苦心したと言う。

#### (3) 製作メーカー

基本的スタンスは性能主義であり、当初は営団の要求する品質管理が過剰なものではないかと意識していたようである。根本的には技術に対する文化の違いであり、この差異を埋めたのは、施工業者の指導であるとともに、メーカー自身の熱意であった。

鉄筋加工の際の原寸図や組み立ての際の精度の高い治具台の作成、ならびに溶接技術など、メーカーの獲得したノウハウは図り知れないものがある。発注者の要求仕様と割り切るか、メーカーのノウハウとして韓国内製品の製作にも適用するか、現時点では日本人常駐管理者もわからないという。

#### 10-2 今後の海外調達

工事発注後、韓国を襲った金融破綻の影響が懸念されたものの、当初予定の工程も守られ、品質も国内製品と同等のものが得られた。為替レートはその後対ドル円レートでは円安に触れ、海外調達の価格メリットが薄れているのではないかとこの意見を耳にするが、韓国は円経済圏であり、ウォンレートとの関係では、依然として価格メ

リットが生じていると思われる。

また、韓国以外に日本での実績がある台湾やマレーシアに加え、中国やシンガポールの工場で日本の施工業者が海外の地下鉄向けセグメントの製作を行った実績がある。国内メーカーのみならず、海外メーカーの情報収集が不可欠な時代である。

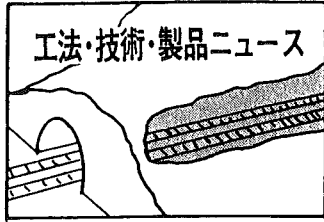
### 11. お わ り に

海外セグメント調達の検討段階においては、日本鉄道

建設公団計画部溝口健二積算課長(現在、同 東京支社次長)、斉藤三男積算課総括補佐(同 積算課長)、東京支社宮崎武雄工事第3課長(住宅・都市整備公団関連施設・交通部調査役)、同 古川裕補佐と率直な情報交換を行った。また、施工業者である五洋・フジタ建設工事共同企業体の原田泰明所長には導入にあたり、大変ご苦勞をいただいた。最後に、本稿の執筆に際して、営団建設本部工事部管理課主任末富裕二氏に多大な労をかけた。ここに深甚の謝意を表す次第である。

(36頁のつづき)

都・下水道局	港区西新橋2丁目付近再構築	地崎・芹澤JV	775
"	神谷幹線その3立坑	奥村・鴻池・小田急JV	560
"	新駒沢幹線その3人孔	清水建設	292
"	第2岩淵幹線立坑	佐藤・小松・勝村JV	498
長野県	主要地方道飯島飯田線上郷T	熊谷・吉川・三六JV	2,170
"	犀川サイホン改修	前田・守谷・川中島JV	2,710
"	県単農道整備下久堅T	戸田・木下JV	967
大阪府	寝屋川中鴻池調節池到達立坑	久本組	313
兵庫県	国道429号道改朝来AT	明生・山田JV	930
岡山県	主要地方道佐伯長船線道改酌田T	銭高・元川JV	1,580
徳島県	国道193号平谷T	赤松土建	318
長崎県	国道324号道改オランダ坂T上り線その1	飛島・上滝・長崎西部JV	2,830
"	" 下り線その1	鹿島・松尾・谷川JV	2,860
"	国道382号道改敵原T	戸田・中原・久保田JV	2,545
大分県	1号道路T改良	小野・中西JV	1,070
大宮市	鴨川第10排水区公共第10号雨水管渠	東洋・栄JV	113
"	荒川第4処理分区公共第11号雨水1号幹線	鴻池・神田JV	183
"	鴨川第13-1排水区公共第12号雨水管渠	東亜・一二JV	220
横浜市	神奈川処理区松見支線雨水放流渠	東鉄工業	348
"	高速1号下飯田駅新築	大成建設	483
川崎市	江川5-1雨水管その1	大日本・川崎・織戸JV	590
"	汲川雨水貯留管その4同付帯	大成・前田・フジタ・東急・白石JV	548.62
名古屋市	汐田排水区雨水貯留管	大林・銭高・名工JV	1,460
門真市	公下三ツ島第2管渠3	熊谷組	113
広島市	三入地区下水道10-1	大末・砂原JV	1,620
"	大林地区下水道10-1	森本・沼田JV	1,240
大阪府道公	箕面有料道路山岳T南工区	熊谷・ハザマ・竹中土・	14,000
"	" 北工区	大豊・森本JV	
		鹿島・大成・東亜・	14,100
		三井・青木JV	



### 資材搬送を自動化

奥村、五洋、トピーJVは奥村機械製作と共同で、シールド工事で使用する資材を立坑内へと自動搬送する装置「オートリフター1060」を開発し、横浜市発注の下水道工事で実用化した。

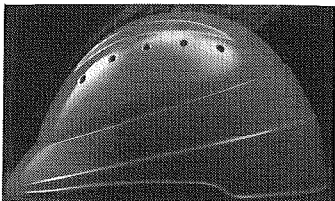
セグメントを2ピースずつ載せた台車を深さ60mのシールドトンネルまで降ろし、4台連結して切羽まで自動搬送する。台車へのセグメント搭載作業以外は自動化し、自動運転による作業の安全性の向上と省力化を実現した。

セグメントの搬送時間も従来方式に比べ短縮できる。

### ヘルメッシュ

プラネットサードは、独自の2重構造により、従来のヘルメットを上回る強度を持ち、39個の通気孔により、頭部のムレを防止したヘルメット「ヘルメッシュ」を新発売した。

特長は、①39個の穴により、内部の湿度上昇率を25～38%抑制、②上層部と下層部の穴の位置をずらしており、針金などが貫通する恐れがない、③雨水は、下層部に設けた溝に沿って外部に排出、作業時でも頭部を濡らさない、④強化リブ形状で変形、衝撃に強い。(☎03-3234-3121)



### さく孔機にナビシステム

飛鳥建設と古河機械金属は、ドリリングナビゲーションシステムとドリリングサイクルレコーダーを搭載した新型ドリルジャンボを共同開発した。

さく孔する位置(トンネルマーキング)をコンピューター画面上に示し、その画面を見ながらさく岩機の位置を合わせ、さく孔する。さく孔の位置や角度、深さなどを画面上で確認でき、余掘りを低減した高精度なさく孔が可能、また、マーキング作業が不要で、作業員の安全性も高まる。

### PPCセグメント

住友建設、東亜建設工業、日本国土開発、住建コンクリート工業の4社で構成する研究会は、1リング組み立て後に「PC鋼より線」を挿入して緊張・定着させる新たなセグメント「PPC(プレストレス・プレキャスト・コンクリート)セグメント」を開発。

実験により通常のボルト留めセグメントに比べ、組み立て時間が大幅に短縮できることを確認した。

また、継手金具を不要とするうえ、セグメント本体部の鉄筋量も減らせ、二次覆工も省略でき、大幅なコストダウンが図れる。

### 岩盤を接着し崩落防止

日特建設は、急峻な斜面の岩盤崩落などを防止する岩盤接着工法「ジョインロック工法」の営業を強化する。

同工法は岩盤の亀裂や空げきに樹脂モルタルを注入し一体化させ、岩盤内部の浸食風化を防ぐ工法。樹脂モルタルの流動性を高め、0.5mm程度の細かい割れ目でも注入できるほか、足場を組んで工事を行うため、安全で確実な施工が可能となる。

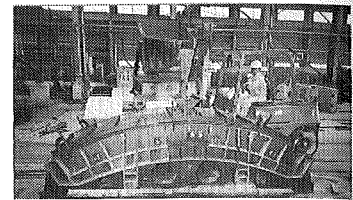
### RCセグメント

#### 製造コストを低減

ハザマは、自己充填性が高く、振動締め固めが不要な高流動コンクリートを用いたRCセグメントの製造方法を開発した。

従来と同等な品質を保持しながら振動締め固め、表面仕上げなどが省略でき、設備、型枠、コンクリート打込み工程が簡略され、5～10%程度のコスト低減が可能となった。

また、振動締め固めが省略されることにより、騒音・振動が大幅に低減でき、製造工場ならびに周辺環境への影響が大幅に改善できる。



### ワンタッチで締結

清水建設は、先端がピン形状をした雄金物と、ピンの引き抜けを防ぐ複数のリング状ブレードを内蔵した雌金物で構成されたワンタッチで締結可能な「マルチブレード式継ぎ手セグメント」を開発した。

セグメント締結時のボルト締め作業を省略することで、セグメントの締結時間を2～3割程度短くできる。

### 動画像で現場監視

熊谷組は、日本下水道事業団と共同で、動画像による現場監視システムを開発した。

TV会議システムを応用し、現場での施工状況を動画像で発注者側の監督員事務所や工事業務所に音声とともに伝送するシステム。遠隔地の施工状況をリアルタイムに把握でき、効率化が図れる。発注者との各種打ち合わせや電子決済などに同システムを採用、移動時間の解消や業務の効率化などにも役立っている。



## 報告

### 図で見るトンネル工事の推移と'97現況

佐藤 久\* 田中勝雄\*\*

#### 1. はじめに

トンネル年報'98が5月に当協会より発行されている。この年報は、協会団体会員の総合建設業各社へアンケート調査を依頼し、12月1日現在施工中のトンネル工事を用途別に掲載したものである。本稿は、この年報の過去10年間のデータをもとにトンネル工事の傾向と1997年の現状を取りまとめたものである。

なお、対象としたデータは、1988～1997年までの各年12月1日現在施工中のトンネル工事の中から地下街と海外のトンネル工事を除く鉄道(新幹線、地下鉄等)、道路(国道、地方道、高速道路)、水路(上水道、下水道、用・排水路等)、洞道管路、その他のトンネルについて取りまとめたものである。また、調査対象としたトンネルは、完成内空断面積2m<sup>2</sup>以上(推進工法にあたって0.5m<sup>2</sup>以上)、契約延長100m以上(駅部等の工事は100m以下も含む)であり、集計にあたっては、トンネルの数を主として整理したものである。

#### 2. 工事の推移と現況

##### 2-1 手持ち請負額と工事量の推移と現況

手持ち請負額(以下、請負額という)は、1995年をピークに、また、トンネル数においては1988年以來それぞれ減少傾向にあり、トンネル工事量全体が減少している状況にある。このような状況は、トンネル工事のほとんどが公共事業であり、社会政策が大きく影響していると考えられる。一方、1トンネルあたりの請負額を年別に比較すると、1988年以降比較的に増加傾向を示している。また、1トンネルあたりの契約延長でも、増加の傾向にあることがわかる。すなわち、1トンネルあたりの工事費が高くなってきている。これは、悪条件下での工事の増加、1トンネルあたりの延長増加、掘削断面の大型化など関係があると考えられる(図-1～3)。

\* (社)日本トンネル技術協会技術部長

\*\* " 技術課長

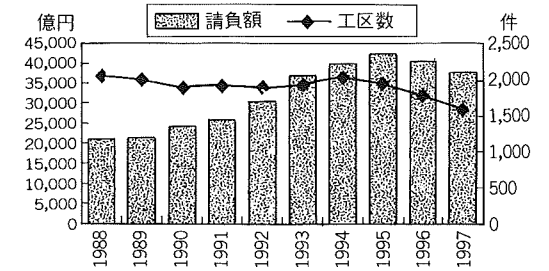


図-1 請負額とトンネル数の推移

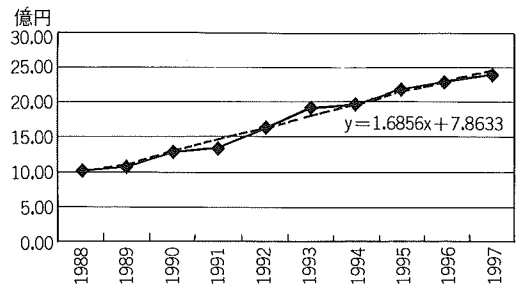


図-2 請負額/トンネル数の推移

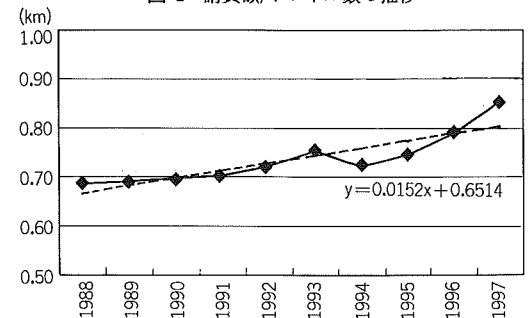


図-3 契約延長/トンネル数の推移

このような状況下、1997年におけるわが国のトンネル工事量は、請負額の比率では道路がもっとも多く33%、次いで鉄道28%、下水道13%となっている(図-4)。

##### 2-2 断面形状・掘削断面積および契約延長の推移と現況

断面形状(以下、形状という)別の推移は、円形トンネ

が若干減少し、馬蹄形と矩形トンネルがわずかに増加の傾向にあるものの1997年現在では、円形がもっとも多く50%、次いで馬蹄形41%、矩形9%となっている。用途と現状の関係では、馬蹄形が多く採用されているのが、鉄道(新幹線)トンネルでは100%、次いで道路(国道、地方道、高速道)85%以上である。また、円形が多いのは、上・下水道で80%以上あり、矩形では、地下鉄等で多いことがわかる(図-5~7)。

掘削断面積(以下、断面積という)別の推移では2m<sup>2</sup>未

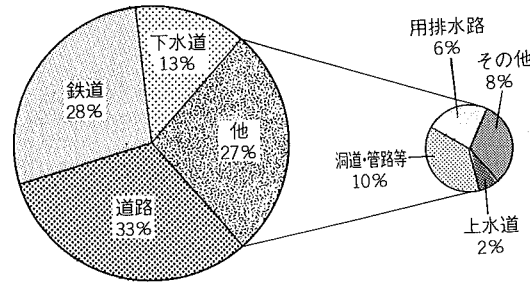


図-4 請負額の比率

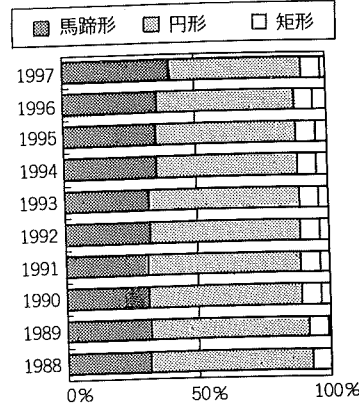


図-5 掘削断面形の推移

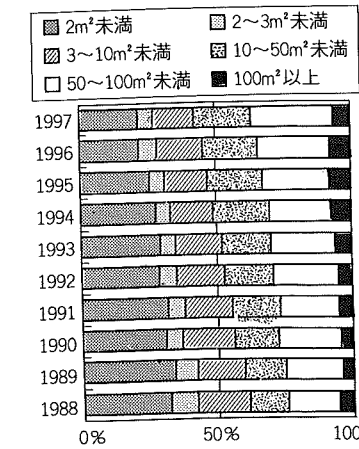


図-8 掘削断面積の推移

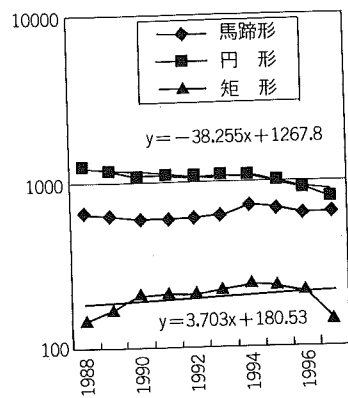


図-6 掘削断面形とトンネル数の推移

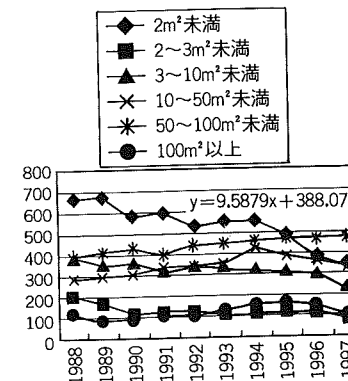


図-9 掘削断面積とトンネル数の推移

満のトンネルの比率が1988年以降減少傾向にあり、10~50m<sup>2</sup>未満および50~100m<sup>2</sup>未満の大断面トンネルが増加傾向にある。すなわち、トンネルの断面積がわずかであるが大きくなってきていることを示している。1997年現在では、50~100m<sup>2</sup>未満(29%)と10~50m<sup>2</sup>未満(21%)合わせて50%を占めている。

用途と断面積の関係では、新幹線や道路トンネルで50~100m<sup>2</sup>未満が80%以上と最も多く、上・下水道や用・排水路トンネルでは大、中、小とバラエティな断面積をとることがわかる(図-8~10)。

契約延長(以下、延長という)別の推移では、1997年現在500m未満と500m~3km未満が合わせて97%を占めているが、それぞれ50%前後で推移している。

また、3~10km未満のトンネルがわずかではあるが増加傾向を示している。すなわち、1トンネルあたりの延長がわずかであるが長くなってきていることを示している。また、用途と延長の関係では、新幹線、高速道路、洞道・管路のトンネルで3km以上の長いトンネルが多いことがわかる。(図-11~13)。

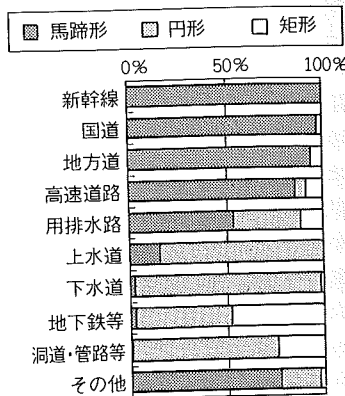


図-7 用途と断面形

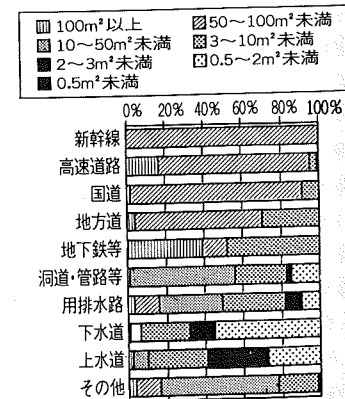


図-10 用途と掘削断面積

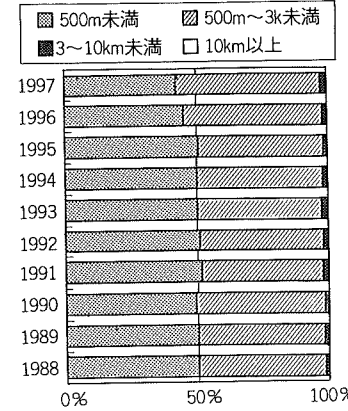


図-11 契約延長の推移

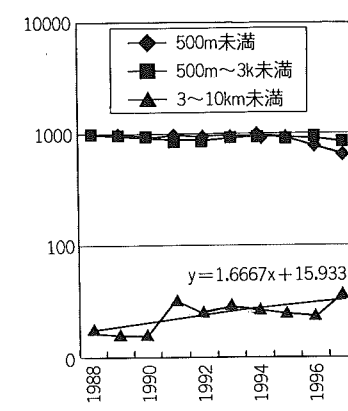


図-12 延長とトンネル数の推移

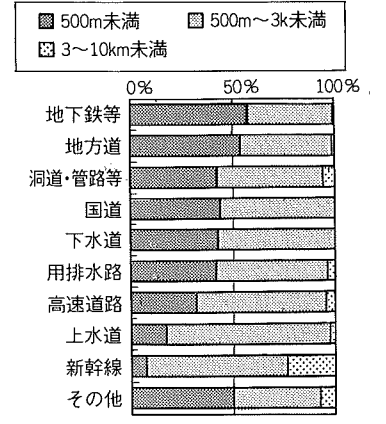


図-13 用途と延長

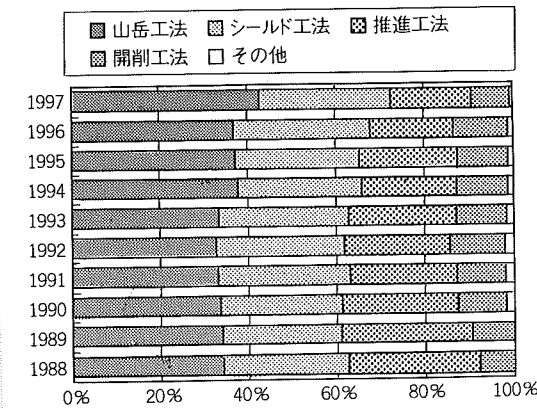


図-14 施工法の推移

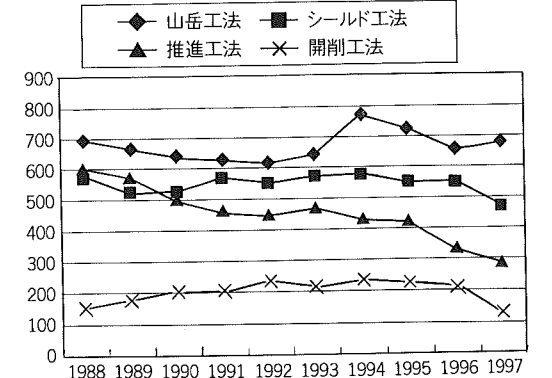


図-15 トンネル数の推移(施工法別)

### 3. 施工法の推移と現況

#### 3-1 施工法の推移

トンネルの施工法は、山岳工法、シールド工法、推進工法、開削工法、沈埋工法に大別されている。10年間に於ける各工法の比率とトンネル数の推移を図-14、15に示す。山岳工法とシールド工法を合わせた比率が、各年とも半数以上を占め推移している。また、そのトンネル数の推移では、山岳工法が横這い状態であるものの他の工法は全体的に減少傾向にある。1997年現在、山岳工法による施工の比率は、トンネル数比較で43%(延長比較で49%)であり、この3工法で全数の90%以上を占めている(図-16)。

#### 3-2 施工法と用途

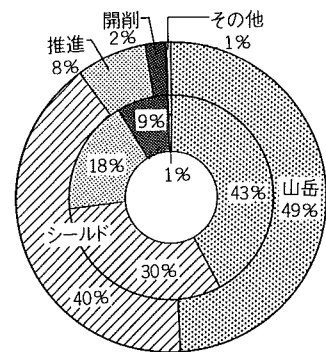
図-17は、1997年現在、各工法がどんな用途に採用されているかを示したものである。山岳工法は、道路(地方道、高速道路、国道)と鉄道(新幹線)トンネルで68%と大半を占めている。シールド工法では、水路トンネル

で71%(下水道59%、洞道・管路等12%)、次いで地下鉄等16%となっている。推進工法では、水路トンネルで90%(うち下水道85%)、また開削工法では、地下鉄等55%採用されている状況である。

さらに視点を変え、特定の用途のトンネルが、どのような工法で施工されているかを図-18に示す。鉄道トンネルでは、地下鉄駅間にみられるシールド工法と駅部の開削工法がそれぞれ36%、次いで新幹線トンネルにみられる山岳工法が27%となっている。道路トンネルでは、高速道路にみられる山岳工法が93%と大半を占めている。また、水路トンネルでは、下水道などのシールド工法49%、推進工法38%、次いで山岳工法11%となっている。

#### 4. 山岳工法の推移と現況

山岳トンネル工法(以下、山岳工法という)は、主に軟岩から硬岩地山を対象とする施工法で、道路、新幹線、用・排水路に多く採用されている。さらに、山岳工法を採用しているトンネルの中でも道路トンネルがもっとも多く67%を占めている(図-19)。



外：延長，内：トンネル数  
図-16 施工法の比率

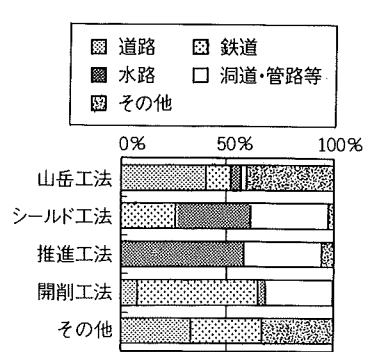


図-17 施工法と用途の比率

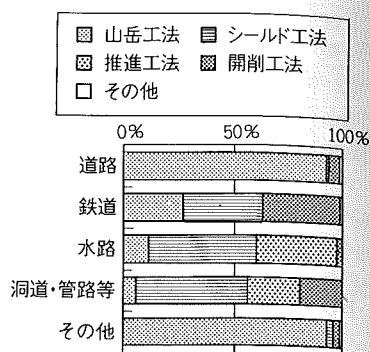


図-18 用途と施工法の比率

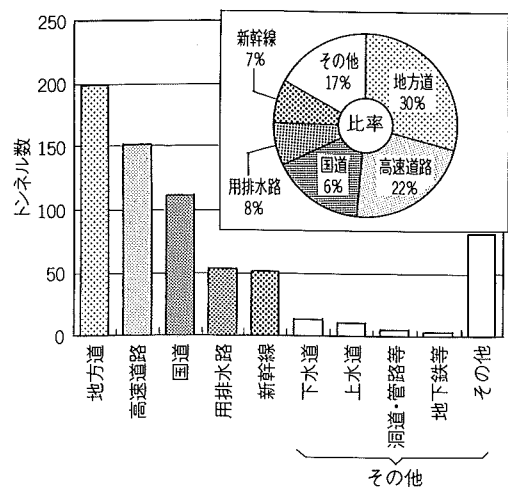


図-19 山岳工法の採用数

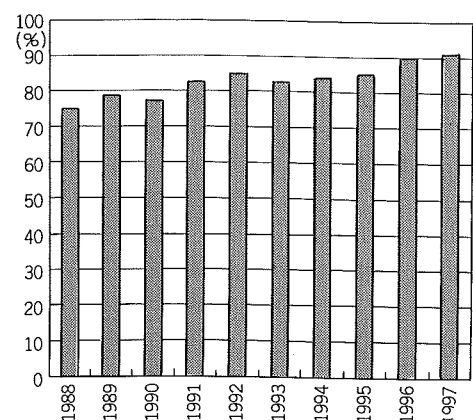


図-20 山岳工法中の NATM 比率

また、山岳工法概念を変えたオーストリア生まれの NATM が 1970 年代に日本に入って定着し、1997 年では道路と新幹線トンネルでほぼ 100%、山岳トンネル全体でも 91% 採用されるようになった (図-20)。

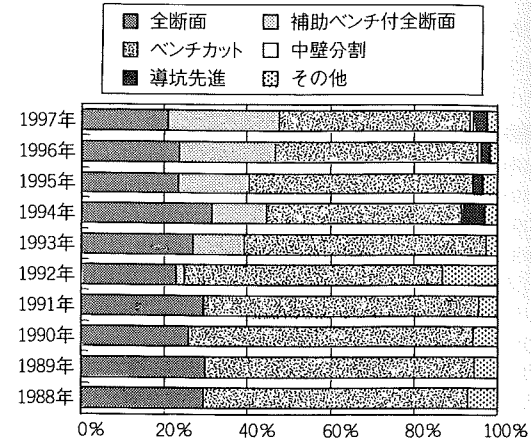


図-21 掘削工法の推移

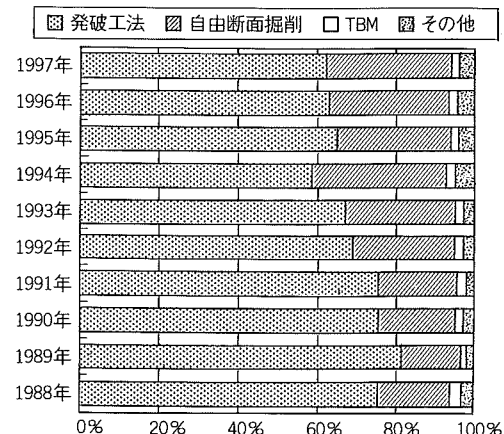


図-22 掘削方式の推移

4-1 掘削工法(加背割り)

掘削工法(加背割り)の推移は、ベンチカット工法が主流を占めているが、全断面、補助ベンチ付き全断面、ミニベンチの比率が年々増加傾向にあり、全断面工法 30% から全断面と補助ベンチ付き全断面で 48% の値を占める

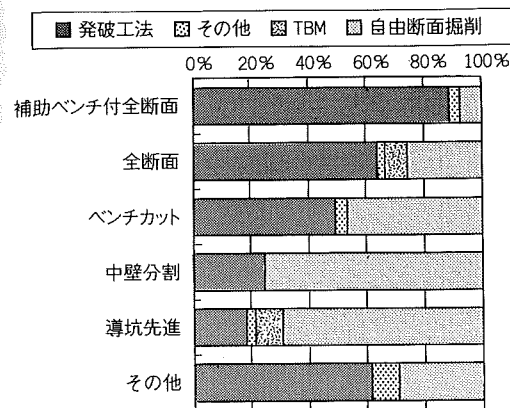


図-23 掘削工法と掘削方式

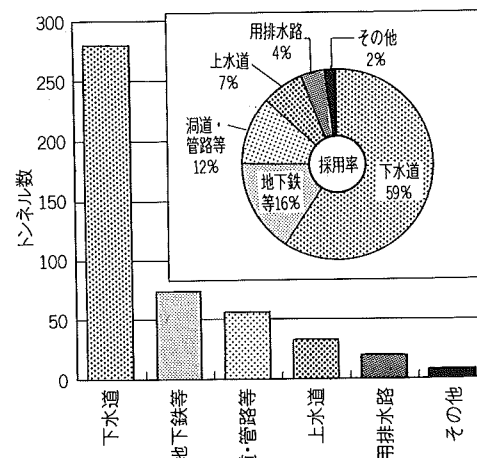


図-24 シールド工法の採用数

に至っている。これは、大きな断面を大型機械で高速に施工しようという傾向と深く係わりがあると考えられる (図-21)。

なお、掘削工法集計にあたっては、上半先進工法とベンチカット工法をベンチカット工法へ、ミニベンチを集計上、補助ベンチ付き全断面工法として集計した。

4-2 掘削方式(発破と機械)

掘削方式の比率の推移は、今日に至るまで発破工法が主流であるがここ 10 年間の推移では、約 80% から 62% へ減少し、その反面、機械掘削(主に自由断面掘削機と TBM)が 10% 程度から 34% と年々増加傾向にある (図-22)。

4-3 掘削工法と掘削方式の関係

掘削工法(加背割り)と掘削方式(発破と機械)を比較してみると発破方式は、補助ベンチ付き全断面工法で 93%、全断面工法で 64%、ベンチカット工法で 50% 程度ともっとも多い。また、機械方式では中壁工法 75%、導坑先進工法 69%、ベンチカット工法 46% 程度ともっとも多い。

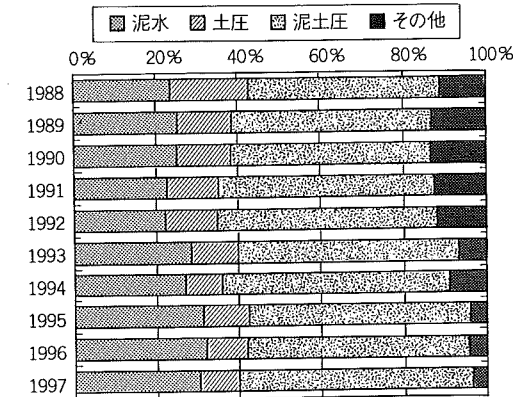


図-25 型式の推移

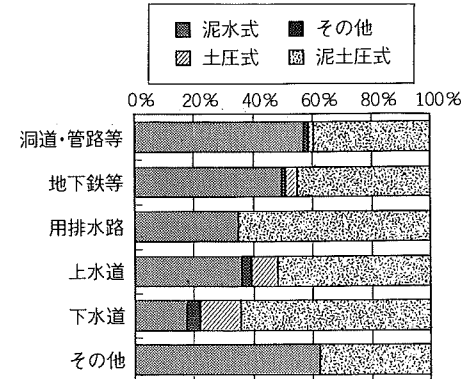


図-26 用途と型式

すなわち、地山が良い山では加背を大きくし発破で掘削されている実状を示している (図-23)。

5. シールド工法の推移と現況

シールド工法は、主に粘性土や砂質地盤を対象としている。その採用数では、下水道トンネルがもっとも多く 59% を占め、次いで地下鉄 16% となっている (図-24)。

このシールド工法は、昭和 40 年代から本格的に採用され、日本の複雑な軟弱地盤で実績を積み、世界的にも注目されるようになった。

5-1 シールド工法型式別推移と現況

シールド工法は、開放型と密閉型に分類されているが、1997 年においては、密閉型がシールド工事全体の 97% を占めるようになった。さらに密閉型の中で泥土圧式が 57% ともっとも多く、次いで泥水式 31%、土圧式 9% となっている。

また、この 10 年間の密閉型の推移では、泥水式と土圧式は減少傾向にあり、その反面、泥土圧式が増加傾向にある (図-25)。

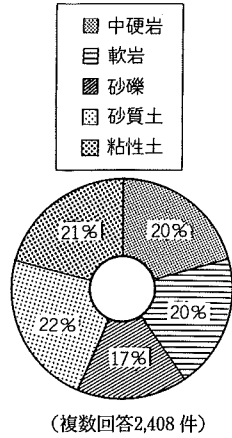


図-27 地質構成の比率 (複数回答2,408件)

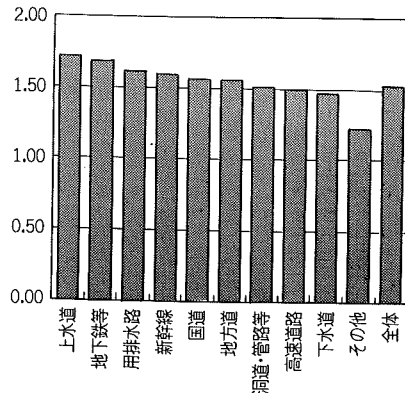


図-28 1現場の地質出現率

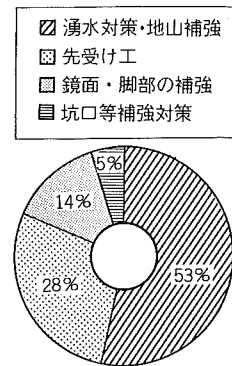


図-30 対策工種別の補助工法採用比率

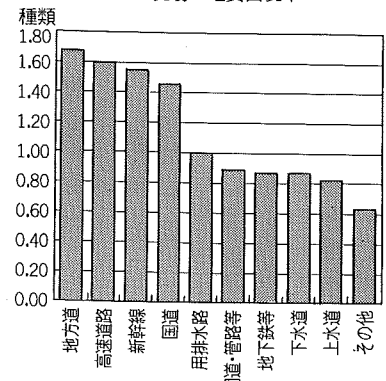


図-31 補助工法の採用率

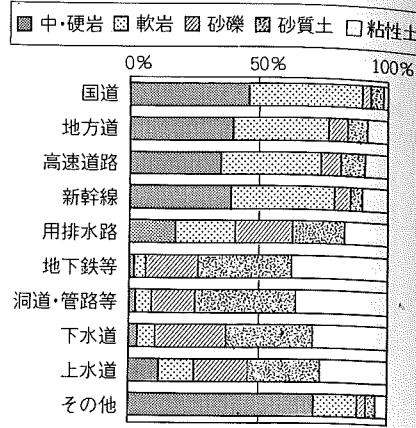


図-29 用途と地質

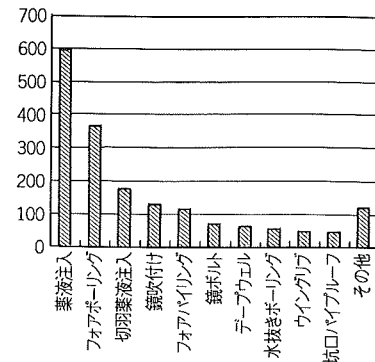


図-32 補助工法の採用数

5-2 用途とシールドの型式

洞道・管路等や地下鉄では、泥水式の比率が50%以上で、次いで泥土圧式となっている。ところが、用・排水路、上・下水道では、泥土圧式の比率が50%以上で、次いで泥水式となっている(図-26)。

6. 対象地質と補助工法

6-1 工事対象地質

トンネルを掘削する対象となる地質の比率は、軟岩から中・硬岩が40%、砂質土・粘性土・砂礫が60%であり、日本においては、比較的軟弱な地盤・地山を対象としているのが特徴的である(図-27)。

6-2 1現場あたりの地質の出現率

1現場あたりの地質の出現する率(遭遇する地質種類/トンネル数)は、山岳、シールド等の施工法に係わらず1.5種類前後と遭遇している(図-28)。

6-3 用途と地質

道路(地方道、高速道路、国道)、鉄道(新幹線)トンネルでは、軟岩から中・硬岩が主流となっている。また、

鉄道(地下鉄)、上・下水道においては、砂質土・粘性土・砂礫を主とした地質構成となっている(図-29)

6-4 補助工法の採用状況

湧水対策・地山補強工が53%、先受け工が28%で全体の約9割を占め、次いで鏡面・脚部の補強工、坑口等の補強対策工となっている(図-30)。

なお、集計にあたっては、各種補助工法を次のように大きく分類し整理した。

先受け工	フォアポーリング, フォアパイリング, 特殊先受け, 特殊鋼矢板
鏡面・脚部の補強工	鏡ボルト, 鏡吹付け, ウィングリブ
湧水対策・地山補強工	ディープウェル, ウェルポイント, 水抜きポーリング, 水抜き坑, 切羽薬液注入, 薬液注入, アンダーピニング, 凍結工法, 遮断壁工法, 圧気工法
坑口等補強対策工	坑口パイプルーフ, 縫い地ボルト, 地すべり防止杭

6-5 用途別補助工法の採用率

道路(地方道、高速道路、国道)や鉄道(新幹線)トンネ

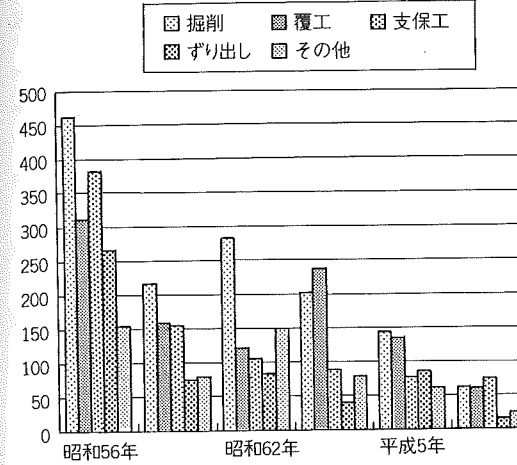


図-33 工種別災害発生数の推移

ルを山岳工法で施工する場合の補助工法の採用が多く、1トンネルあたり1.41種類以上採用されている。その反面、水路トンネルでは、平均0.87種類と比較的少ない値を示している(図-31)。

6-6 補助工法の種類

各種の補助工法を採用している全トンネル工事において、もっとも多いのが薬液注入工で切羽薬液注入工を含めると43%を占め、次いでフォアポーリングとフォアパイリングで27%となっており、切羽安定のための補助工法がもっとも多く採用されていることがわかる(図-32)。

7. おわりに

最後に、お忙しい中、毎年のアンケート調査にご協力いただいている会員各位にお礼を申し上げますとともに、本データが、トンネル工事の実態を把握する一つの資料としてお役に立てれば幸いです。

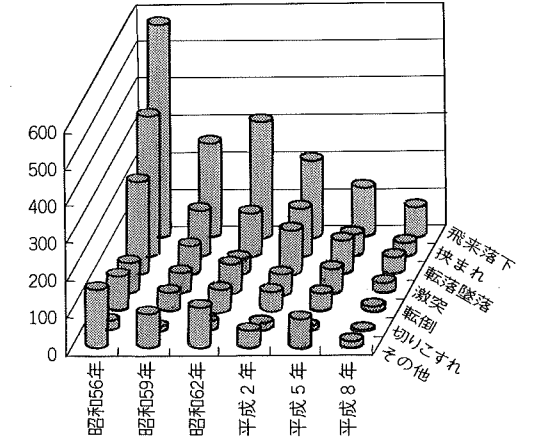


図-34 災害の項目別推移

《災害統計資料》

トンネル工事における災害は、重大事故につながりかねないケースが多いので、中央労働災害防止協会発行の安全衛生年鑑の3年ごとの死傷者数の推移を参考として示す。

工種別では、掘削がもっとも多く、次いで覆工、支保とほぼ同じような比率で推移している。

また、災害別では、飛来がもっとも多く、挟まれ、転落墜落とほぼ同じような比率で推移していることがわかる(図-33, 34)。

工種・災害別を通してみると災害は減少傾向にあり好ましい状態であるが、グラフでは今後発生するかも知れないとも読み取れる。「災害は忘れた頃にやって来る」という言葉を念頭においてゼロ災害を目指して頂きたい。

参考文献

- 1) (社)日本トンネル技術協会：トンネル年報(88~97)。
- 2) 中央労働災害防止協会：安全衛生年鑑。

投稿原稿応募のご案内

1. 原稿用紙は当社所定(25×12行=300字詰、ご請求があり次第お送りします)のもの、またはワープロでご提出の場合は横25字詰で打ち、現代用字・用語を用いて執筆してください。
  2. 原稿は50枚(15,000字)以内(ただし、図・表・写真のスペースも含む)とし、仕上がりページにして8ページ以内とします。
  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. 原稿には、題名・勤務先・役職名・住所・電話番号を明記してください。
  6. 原稿は、原則として返却いたしません。(注：「現場だより」の投稿は受け付けておりません)
- 送付先 株式会社土木工学社 編集部 投稿係  
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂  
電話 (03) 3267-2888(代)



調査・計画

文献紹介

中川浩二・御手洗良夫・寺戸秀和・木村恒雄：山岳トンネルの補助工法の選定における技術者の評価と意思決定に関するアンケート調査，土木学会論文集VI，No.602，'98.9.



今孝彦：トンネル工法における事前調査の必要性，月刊下水道，Vol.21，No.14，'98.11.

設計・理論

藤下幸三・本村均・寺内伸・篠崎秀敏・中川浩二：切削即時充填式プレライニング工法の実施工への適用，土木学会論文集VI，No.602，'98.9.

福留和人・長沢教夫・杉山律・喜多達夫・笹川幸男：各種高強度吹付けコンクリートの強度特性および大断面トンネルにおける試験施工，土木学会論文集VI，No.602，'98.9.

手塚昌信・蓮井昭則・工藤洋三・中川浩二：発破による爆破点近傍岩盤の損傷に関する一考察，土木学会論文集VI，No.602，'98.9.

二宮正・松崎利宜：新しい鋼管補強高圧噴射フォアライニングの出来形管理の研究，土木学会論文集VI，No.602，'98.9.

武田洋・草深守人・吉田保・田中弘・黒川信子：有限要素法による接触問題の数値解法とシールドトンネルへの適用，土木学会論文集III，No.603，'98.9.

田村武・足立紀尚・梅田昌彦・岡部哲也：吹き付けコンクリートの支保機構に関する数値解析的評価，土木学会論文集III，No.603，'98.9.

領家邦泰・青木智幸・田村壽夫・福井勝則・大久保誠介・松本一騎・宮本義広：硬岩用自由断面掘削機の掘削体積比エネルギーと岩盤物性，土木学会論文集III，No.603，'98.9.

高橋忠勝・日野隆幸・松本正人：ハイウェイ技術，No.11，'98.10.

鈴木昭彦：長距離シールド工法の現況と今後の方向性，月刊下水道，Vol.21，No.14，'98.11.

榎原英正：資材のストック，搬送について，月刊下水道，Vol.21，No.14，'98.11.

藤井茂男：カッタービットライフについて，月刊下水道，

Vol.21，No.14，'98.11.

施工

中野正文：東京ガス扇島地下タンク工事におけるコンクリート施工，基礎工，Vol.26，No.10，'98.10.

木村克彦・黒田正信・丸山克夫・石田宏一：高強度地中連続壁の施工事例，基礎工，Vol.26，No.10，'98.10.

渡辺 篤：東京港臨海道路沈埋トンネル立坑におけるコンクリート工事，基礎工，Vol.26，No.10，'98.10.

宮尾博一・鴨下由男・佐合純造：斜めカッティング工法による大深度円筒連壁の施工，基礎工，Vol.26，No.10，'98.10.

今岡彦三・安藤章一・今村仁悟：中硬岩対応のトンネル掘削機の開発，高規格127号富津・館山道路竹岡第1トンネル工事，建設の機械化，No.584，'98.10.

酒井芳文・山本立士・牛島栄：吹付けコンクリートを用いた小断面シールドトンネルの覆工，建設の機械化，No.584，'98.10.

山村和也：大規模山留めを用いた開削トンネル，さいたま新都心での高速道路の建設，土木学会誌，Vol.83，No.10，'98.10.

秋山忠美・細野泰生・宮地謙介：営業線近接の避難坑幅による施工，北陸自動車道・市振トンネル，ハイウェイ技術，No.11，'98.10.

茂庭憲夫・木曾伸一：トンネル避難連絡坑の施工に関する対策，上信越自動車道・碓氷軽井沢～佐久間，ハイウェイ技術，No.11，'98.10.

比田日出夫・藤田雄一・小座間誠：泥水式矩形掘進機を採用した地下鉄出入口通路の施工，営団地下鉄南北線・東六本木駅(仮称)，土木施工，Vol.39，No.11，'98.11.

立野常幸：遺跡直下土被り7mで貫く，一般国道116号和島バイパス八幡林トンネル，土木技術Vol.53，No.11，'98.11.

畑山栄一・荒川賢治：掘進とセグメント組立の同時施工法，月刊下水道，Vol.21，No.14，'98.11.

安全・環境

権藤清郷・秋本勝也：大豊～南国間4車線化，明神トンネル工事中の保安計画，ハイウェイ技術，No.11，'98.10.

西川賢・甬田亮二：トンネル視環境向上のための一方策，ハイウェイ技術，No.11，'98.10.

連載講座

大規模地下空洞(8)

事例 石油地下備蓄

1. はじめに

石油地下備蓄は，国家石油備蓄5,000万kl体制の一環として導入されたもので，現在，岩手県久慈市，愛媛県菊間町，鹿児島県串木野市の3基地において計500万klの石油(原油)が備蓄されている。

この石油地下備蓄は，地下の良好岩盤を選定して大規模な空洞群を構築するものであるが，北欧では既に50年以上の歴史があり，わが国でも地下発電所と並ぶ地下の有効利用の有力な方法の1つとなってきている。すなわち，石油地下備蓄基地建設を契機とし，同様な利用法としてLPG国家備蓄基地の計画が2010年までに操業を行うことを目途に鋭意進められているところである。

また，他のエネルギー地下備蓄についても調査，実験等が進められているなど，その応用範囲は広がりつつある。

本稿では，石油地下備蓄の原理・特徴について述べるとともに，設計・施工管理・維持管理の要点について基地の建設，操業によって得られた岩盤力学，岩盤水理に関する教訓を含め私見を交えて紹介する。

2. 石油地下備蓄の原理・特徴

2-1 石油地下備蓄の原理

わが国で行われている石油地下備蓄は，水封式地下備蓄方式であり，これは地下空洞(岩盤タンク)をスチールあるいは巻き立てコンクリートなどで覆工することなく，図-1に示すように周辺の地下水圧によって貯蔵油およびガスを封じ込めるものである。すなわち，岩盤タンク周辺の地下水圧を貯蔵圧力より高く保持することにより，岩盤タンク内へ向かう地下水流が生じ，これにより漏油・漏気を防止しようとするものである。

水封式地下備蓄では漏油・漏気を防止するための十分な地下水圧の確保が不可欠であり，これをより確実なものとするため，人工水封トンネルおよび水封ボーリングを設置し，安定した地下水圧を確保するよう人工的に給

「大規模地下空洞」連載講座小委員会

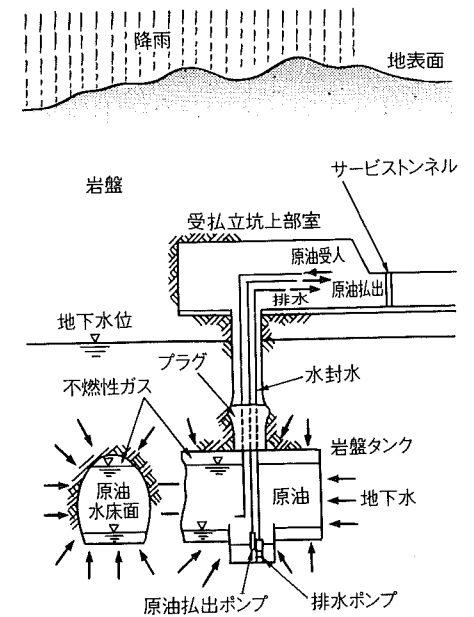


図-1 水封式地下備蓄の原理

水を併せて行っている場合が多い。

地下水流の必要動水勾配については，3基地においては空洞天端付近の鉛直方向の動水勾配が0.8以上となるよう設計されているが，実験などのデータの蓄積により，現在ではこれを0.5以上とする考え方が支配的となっている。

2-2 石油地下備蓄の特徴

石油地下備蓄は，地下発電所などの他の大規模地下空洞と異なり，以下に示す大きな特徴を有している。

- ① 岩盤タンク完成後は，原則として岩盤タンク内部に入って点検あるいは補修を行うことは考えていない。したがって，岩盤タンクは地下構造物として半永久的にメンテナンスフリーとして設計する必要がある。
- ② 調査～設計～施工～維持管理の全期間を通じて岩盤タンクの水封機能性を保証・構築していく必要が

ある。すなわち、施工中においても岩盤タンク周辺には常時安定した地下水圧を確保しておく必要がある。

③ とくに、岩盤内の水みちについては、安定した地下水圧を確保するためには、その分布・規模の把握、評価がきわめて重要なものとなっている。

④ 地質状況が悪いところに対しては、やむを得ない場合には空洞断面形状の縮小あるいは盤下げ中止などの措置をとることも可能であり、それによって石油の貯蔵容量が減少する分については、他の良好岩盤部を掘り増しすることで貯蔵容量を確保することができる。

このように、石油地下備蓄はすべての段階において岩盤構造上および水理条件上厳しい制約のもとに置かれているといえるが、一方では柔軟な対応をとることも可能であるという2面性を合わせて持っている。

すなわち、岩盤状況、水理特性、地下水圧状況、水収支状況の把握・評価がとくに重要であり、各段階においてこれらの計測・観測およびそのフィードバックによるベストの選択・対応をとっていくことが石油地下備蓄を成功させる鍵となっているといえる。

これは、施工においては綿密な情報化施工が不可欠であることを意味しており、計測・観測結果の的確な評価と迅速な対応・対策の実施が重要となってくる。

3. 施設概要  
岩盤タンクは、石油を貯蔵する岩盤タンク本体、その上部に配置される水封水供給のための水封トンネルおよび水封ボーリング、石油の受払配管などが通る立坑および水封トンネル、石油の受払配管などが通る立坑および水封トンネル、石油の受払配管などが通る立坑および水封トンネル

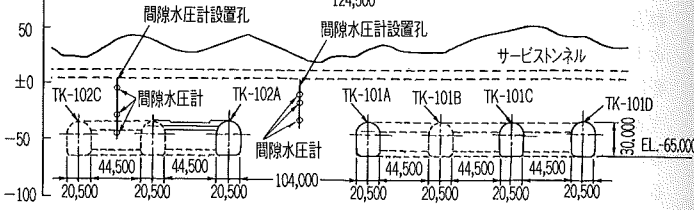
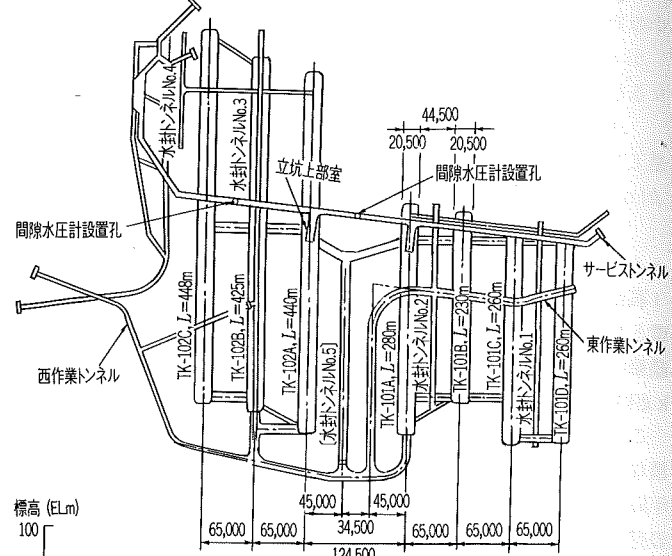


図-2 菊間基地平面および断面図(間隔水圧計設置図)

表-1 地下石油備蓄基地施設概要<sup>1)</sup>

項目		久慈基地	菊間基地	串木野基地
敷地面積	地上部(ha)	約6	約10	約5
	地下部(ha)	約26	約15	約26
貯油施設	全備蓄施設容量(万kl)	175	150	175
	岩盤タンク	横穴式水封貯蔵	横穴式水封貯蔵	横穴式水封貯蔵
	水床方式	固定水床式	固定水床式	固定水床式
	貯蔵圧力(kgf/cm <sup>2</sup> )	-0.1~0.4	-0.1~0.4	-0.1~0.4
	水封方式	人工水封	人工水封	自然水封(一部人工水封)
	設置深さ(天端)			
	海面より(m)	約-20	約-35	約-20
	地表より(m)	-100以深	約-65~-100	-100以深
	寸法:幅×高さ×長さ(m/ユニット)	18×22×1,100~2,200	20.5×30×1,030~1,313	18×22×1,110~2,220
	貯蔵容量(万kl/ユニット)	34.3~69.0	58.6~76.3	34.7~69.2
ユニット数	3	2	3	
備蓄施設容量(万kl)	175	136.4	175	
地上ソフトタンク	—	フローティングタンク	—	
寸法:直径×高さ(m)	—	46.5×21.9	—	
容量×基数(万kl×基)	—	3.4×4	—	
備蓄施設容量(万kl)	—	13.6	—	

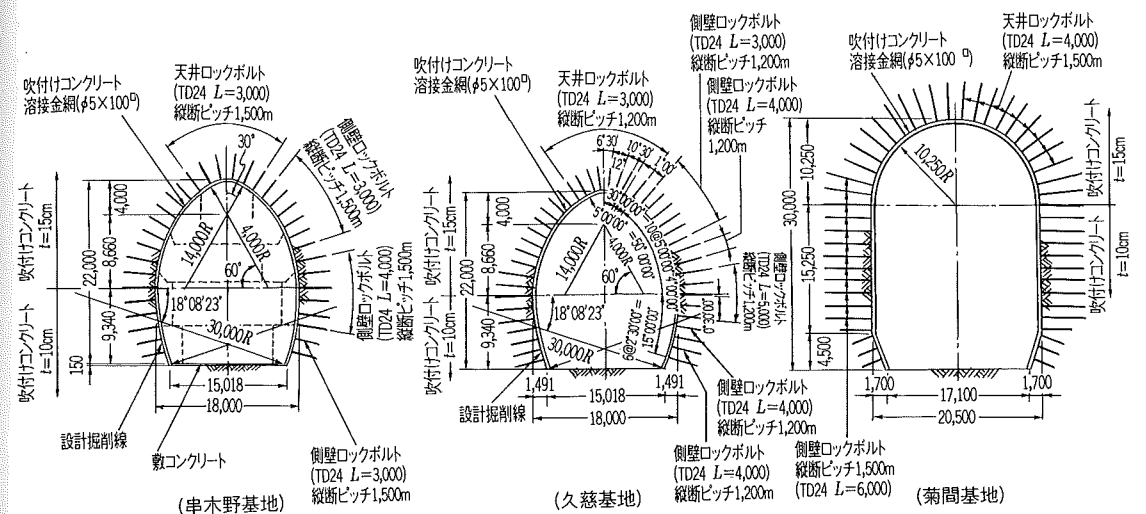


図-3 3基地における岩盤タンク標準断面図<sup>2)</sup>

表-2 3基地の代表岩盤設計物性値<sup>1)</sup>

	久慈	菊間	串木野
代表岩盤等級	M	H	Hv
単位体積重量(tf/m <sup>3</sup> )	2.75	2.7	2.5
初期ポアソン比	0.3	0.25	0.2
初期変形係数(kgf/cm <sup>2</sup> )	3.0×10 <sup>4</sup>	6.5×10 <sup>4</sup>	6.0×10 <sup>4</sup>
せん断強度(kgf/cm <sup>2</sup> )	18	32	21
引張強度(kgf/cm <sup>2</sup> )	3.6	6.4	4.2
初期地圧(側圧比)	0.9	1.2	1
平均透水係数(cm/s)	7.6×10 <sup>-6</sup>	8.1×10 <sup>-7</sup>	1.5×10 <sup>-7</sup>

びその上部室空洞、これらの配管を海岸まで延長するためのサービストンネル、および地上設備施設などから構成される。この他、岩盤タンクを掘削するための作業トンネル、換気トンネルなどが付随して掘削されるが、これらの工事的トンネルについては施設の完成後は水封水で水没される。

3基地の施設概要を表-1に、また菊間基地を例として施設の平面および断面を図-2に示す<sup>2)</sup>。

各基地の岩盤タンクの標準断面を図-3に示す<sup>2)</sup>。岩盤タンクは、岩盤のアーチアクション効果を有効に利用するという設計思想のもとに、久慈および串木野基地は幅18m、高さ22mの卵型断面、菊間基地は幅20.5m、高さ30mの変形食パン型断面としており<sup>1)</sup>、各々延長230~555mの7~10本のトンネル形式の空洞群で構成されている。

岩盤タンクは2~4本の空洞を1ユニットとして連絡トンネルで連結し、2あるいは3ユニットの岩盤タンクとして使用している。各ユニット間には石油の移流防止のための縦水封ボーリングが配置されている。

各基地ともに、岩盤タンクは海岸近傍に配置されている。地質は久慈および菊間基地が花崗岩であり、串木野基地は自破砕状安山岩である。各基地の代表岩盤の設計物性値を表-2に示す<sup>1)</sup>。

#### 4. 設計・施工管理の要点

##### 4-1 岩盤水理特性の調査・評価

石油地下備蓄は、水封方式により漏油・漏気を防止するものであり、とくに地下水に関連した調査・評価が重要となってくる。表-3に3基地における事前調査内容を示す<sup>2)</sup>。

地下水関連の調査としては、①地下水位(地下水圧)、②透水性、③水収支状況の3項目が重要な調査項目となる。表-3に示したようにこれらの調査数量は他の地下構造物を施工する場合に比べて多く、各基地で高密度な調査が実施されていることがわかる。

また、破碎帯や貫入岩、開口亀裂などについては主要な水みちとなる可能性が高く、ボーリング調査ではこれらの分布状況の把握がとくに重要となり、必要に応じてポアホールTV観察あるいは湧水圧試験などの追加調査が実施される。さらに、水質調査では海水の混入の有無・程度を把握するための塩分濃度の調査が重要となる。

調査横坑掘削時には、これらの亀裂などの分布状況、湧水状況、周辺地下水位の変化状況などが詳細に調査され、これらの調査データをもとに浸透流解析を行い、全体的な透水性を求めて設計に反映させている。

施工に入った段階では、作業トンネルと水封トンネル掘削時にこれらの調査が引続き行われる。とくに水封トンネルおよび水封ボーリングは岩盤タンク上部に配置されることから、その地質状況、湧水状況、透水性などは

表-3 3基地の調査工事概要<sup>9)</sup>

調査名	久慈基地	菊間基地	串木野基地	備考
地表地質踏査 弾性波探査 ボーリング	11.4km <sup>2</sup> 7測線 10.7km 50孔 6,786m	5.9km <sup>2</sup> 11測線 6.6km 27孔 3,252m	3.2km <sup>2</sup> 1測線 1.1km 33孔 5,523m	
検層 電気検層 速度検層	1孔 143m 15孔 2,417m	5孔 483m 11孔 1,173m	3孔 415m 12孔 2,008m	その他温度検層, キャリバー検層, 密度検層実施
試験 力学物性 岩盤せん断試験	15孔 110回 12ブロック	9孔 77回 4ブロック	15孔 108回 12ブロック	その他岩盤変形式験, 初期地圧測定実施
試験 室内岩石 物理試験 一軸圧縮試験 三軸圧縮試験	16孔 127供試体 17孔 131供試体 10孔 75供試体	10孔 75供試体 10孔 100供試体 7孔 39供試体	16孔 119供試体 19孔 133供試体 9孔 72供試体	その他超音波伝播 速度測定, 圧裂引張試験実施
調査 地下水 透水試験 地下水位測定 水収支調査	41孔 957回 30孔 雨量,蒸発量,河川流量一式	21孔 438回 18孔 雨量,蒸発量,河川流量一式	33孔 841回 31孔 雨量,蒸発量,河川流量一式	その他水質調査実施
その他	調査横坑掘削(635m) "内ボーリング (5孔 940m) ランドサット映像解析, 空中写真判読,植生調査	調査横坑掘削 (実証プラント) ランドサット映像解析, 空中写真判読,植生調査	調査横坑掘削(483m) "内ボーリング (5孔 630m) ランドサット映像解析, 空中写真判読,植生調査	

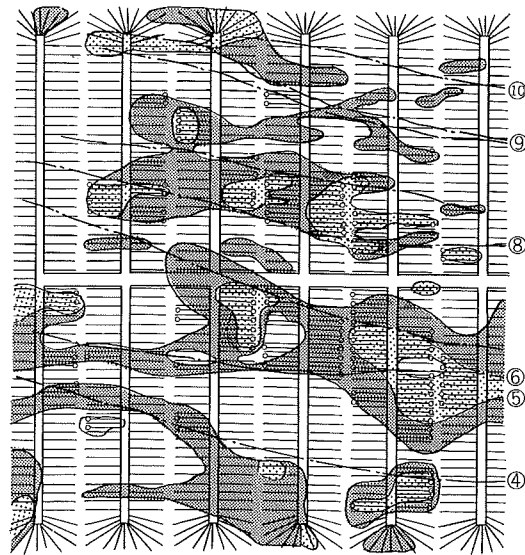


図-4 水封ボーリングの透水試験結果(久慈基地)<sup>9)</sup>

岩盤タンク掘削に先立つ事前情報としてきわめて重要な意味を持っており、これらの観察、計測およびそのデータにもとづく評価・対応がくり返しなされる。図-4, 5に一例として久慈基地において水封ボーリングで得られた透水試験結果を岩盤タンクに外挿して予想した状況

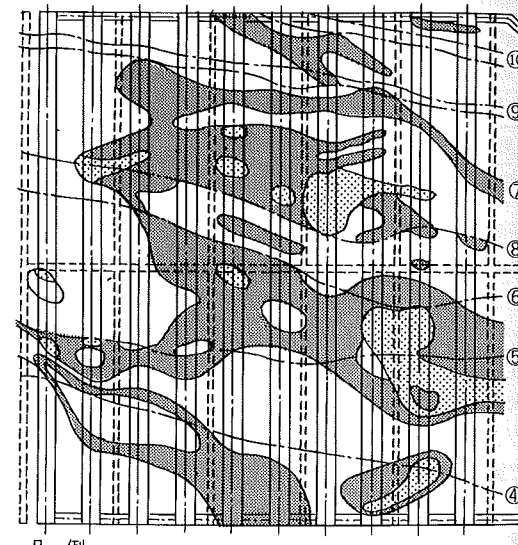


図-5 岩盤タンクにおける透水係数分布予想図(久慈基地)<sup>9)</sup>

を示す<sup>9)</sup>。久慈基地では、この情報にもとづいて岩盤タンクのグラウト施工を効率的に行うことができた。岩盤タンク掘削時においても引続きこのような調査・検討が行われ、2-2項で述べたように、すべての段階で調査は継続され、得られるデータにもとづく綿密な情報化施工によって岩盤タンクは作られていく。

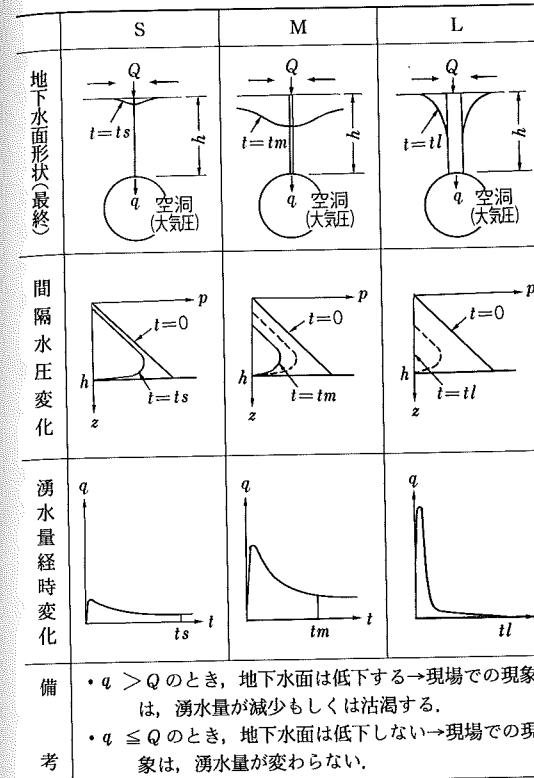


図-6 割れ目の間隙水圧, 湧水量の変化パターン<sup>9)</sup>

岩盤タンク掘削時においては、岩盤タンク周辺に不飽和域が生じることを防止するため、顕著な湧水箇所の湧水状況には十分に留意する必要がある。図-6に示す湧水量の経過パターンではLの場合がとくに注意が必要である<sup>9)</sup>。この場合には周辺岩盤が不飽和となる可能性があり、注水あるいはグラウトなどの対策を検討する必要がある。

串木野基地では、図-7に示すように岩盤タンク設置域北部に集中して分布していた破碎帯(熱水変質帯)周辺において顕著な水みちが確認され、注水を強化することとなった<sup>9)</sup>。しかし、この注水強化により岩盤タンクへの湧水が急増したため、破碎帯に対するグラウト工事を集中して実施することとなった。図-8にこの注水(給水量)の変化状況とグラウト工事による湧水量の低減状況の経時変化図を示す<sup>9)</sup>。

4-2 岩盤評価

岩盤構造物の設計・施工には対象岩盤に対する確かな評価を行うことが要求される。

岩盤分類としては新たに構築した分類法を適用した<sup>9)</sup>。これは表-4に示す岩盤の「硬さ」と「割れ目間隔」を主要な分類要素とし、各々を5段階に区分して、その組み合わせにより、図-9に示すマトリックスにあてはめて岩盤をHv, H, M, L, Lvの5段階に分類するものである。なお、図-9については岩盤の種類により多少

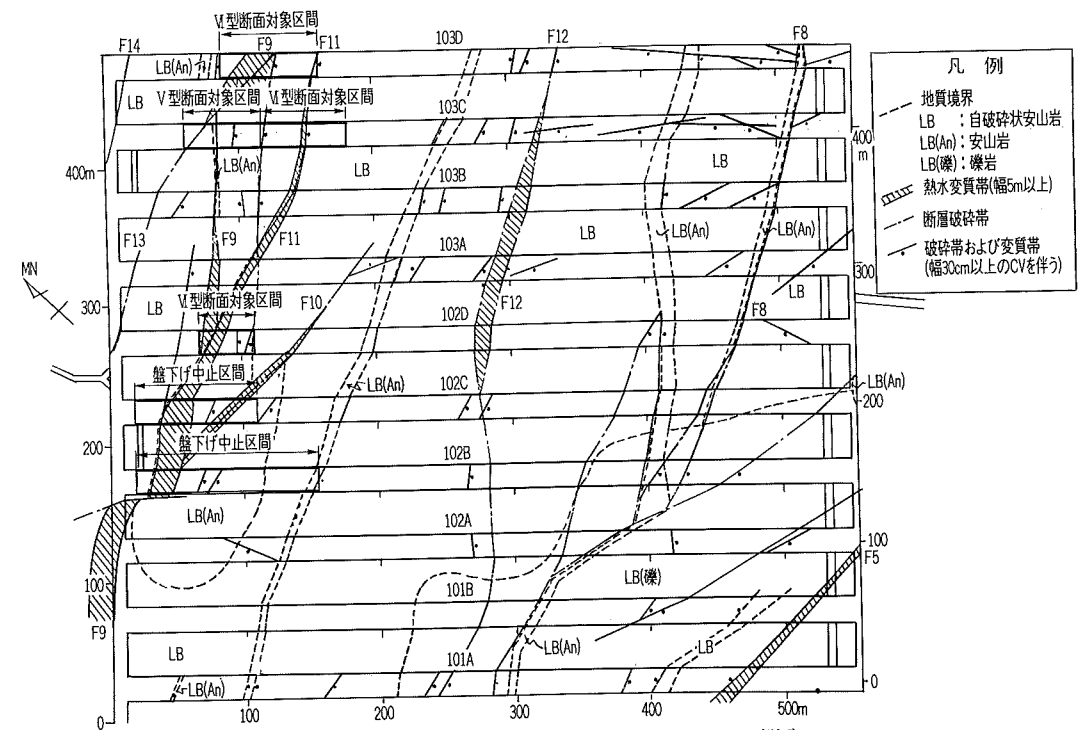


図-7 岩盤タンク地質平面図(串木野基地, EL-27.5m 盤)<sup>9)</sup>

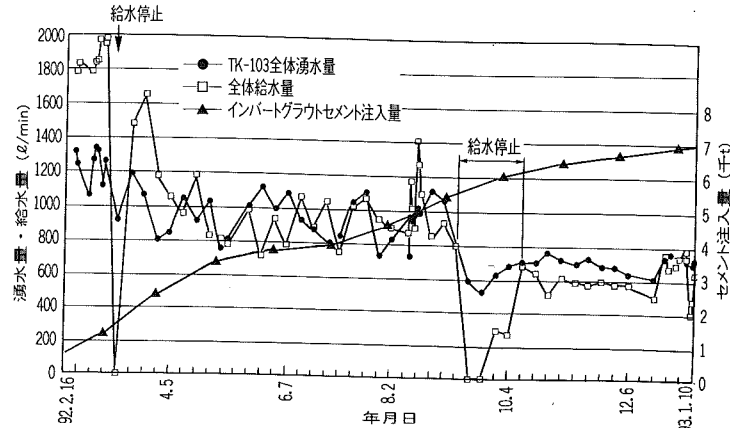


図-8 グラウト注入量・湧水量・水封水供給量の経時変化(串木野基地)<sup>9)</sup>

表-4 岩盤分類の主要要素<sup>9)</sup>

ランク	「硬さ」		「割れ目間隔」	
	標準	基準	標準	基準
硬 ↑ ↓ 軟	A	ハンマー強打でも容易に割れない	I	100cm以上
	B	ハンマー軽打で割れない	II	40~100cm
	C	ハンマー軽打で容易に割れる。ハンマー軽打で小岩片となっても岩片は硬い場合がある。	III	20~40cm
	D	ハンマー軽打でへこむ。岩片は手で砕くことができる。	IV	5~20cm
	E	ハンマーピックが容易に刺さる。岩片は指でつぶすことができる。	V	5cm以下

割れ目間隔	硬さ				
	A	B	C	D	E
I		○ Hv	○ Hv		
II		○ Hv	△ H		
III		△ H	○ H		
IV		△ M	△ M	△ L	
V			△ L	△ Lv	△ Lv

○出現頻度高い, △出現頻度低い  
図-9 岩盤分類のグループング例<sup>9)</sup>

評価を異にして用いている。

この分類法は、既存の分類法が地表付近の風化の影響を考慮した分類となっているのに対し、岩盤タンクは地下深部の新鮮岩盤を対象としていることから、既存の分類法では適切な評価が行えない可能性があること、また、現場では迅速な評価が行えるより平易な分類法が求められたことから導入されたものである。

本分類法を適用した結果、3基地の岩盤タンクは成功裡に掘削を終え、現在も安定した状態にある。

しかし、この分類法にはまだ改良

の余地があると考えられ、さらに合理的で平易な分類法の構築を図るべく今回の適用結果について詳細な分析・研究が試みられている。

串木野基地における研究事例では、「硬さ」と「割れ目間隔」および岩盤等級については基本的にはそれぞれ3区分で十分な評価が可能であり、また、経済的となることが示されてきている。すなわち、岩盤を①良好、②中庸、③劣化の3区分で簡明に評価することで評価のあいまいさ、煩雑性を解消し、また、このことにより焦点を絞った施工管理が効果的に行える可能性が示されている。

要は岩盤の良いところは良い、悪いところは悪いと地質観察データをもとに数量的にまた簡明に評価することが地下構造物を合理的・経済的に構築していくポイントとなっているのではないかと考えられる。

この分類・評価手法の詳細についての紹介は別の機会に譲りたい。

串木野基地では、4-1項で述べた破砕帯周辺では岩盤タンクアーチ部掘削時に顕著な変位、変状がみられた。

この周辺に対しては、孔内載荷試験、弾性波速度測定などの追加試験を行い物性値の把握に努めるとともに、逆解析などの解析を実施し、盤下げ時の岩盤タンクの安定性の検討を行った<sup>7)</sup>。その結果、当初設計による掘削断面および補強では、岩盤タンクの安定性を確保するのは困難であると判断され、これらの部分に対する設計を見直すこととなった。

すなわち、一部区間については盤下げを中止することとし、また、一部区間については岩盤タンク掘削断面を縮小するとともに、補強ボルトを追加することとした。

この設計変更区間を図-7に、また、断面縮小区間の補強図例を図-10に示す<sup>7)</sup>。

串木野基地では、この措置により全掘削が無事完了することができた。また、石油の貯蔵容量の減少分について

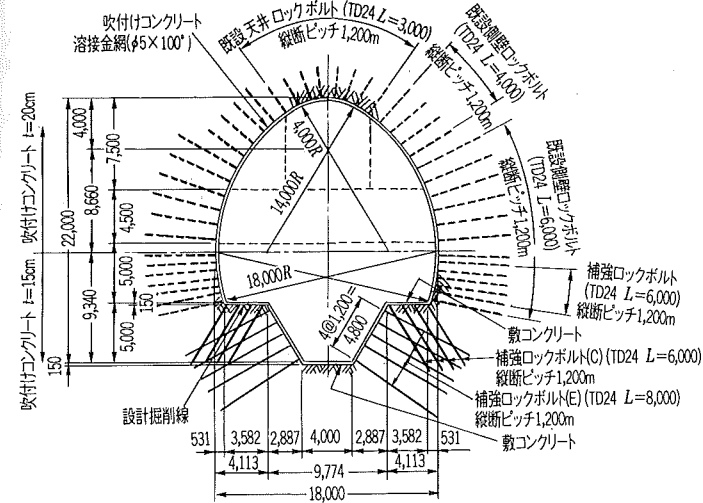


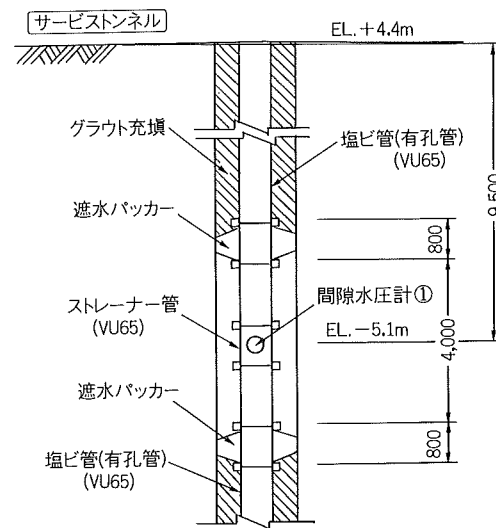
図-10 IV型断面図(串木野基地)<sup>7)</sup>

では、岩盤タンク端部の良好部を掘り増しすることで対応した。

### 5. 維持管理

2章で述べたように、石油地下備蓄では石油貯蔵後は岩盤タンク内部に直接入って点検を行うことは考えていない。

3基地では、岩盤タンク内については、湧水量(底水排水量)、貯蔵圧力、石油液面位置、温度などの計測を行い、異常の有無を監視している。岩盤タンク外部においては、地下水位、間隙水圧、水封水供給量、水収支な



以下、間隙水圧計②(EL.-28.9m)、  
③(EL.-46.6m)を同様に設置

図-11 間隙水圧計設置図例(菊間基地)

どの計測・観測を行い、また、岩盤タンク上部に位置する立坑上部室、サービストンネルなどの変位・変状の有無などを監視している。

これらのデータはその大部分が集中管理室において自動計測・処理されるようになっており、同時に各基地から東京の本社へ電話回線でデータがリアルタイムに転送されるようになっている。

このうち、間隙水圧については、日常的なデータの計測に加え、サービストンネル内に設置した地震計と連動して地震時の動的間隙水圧の変化状況も計測できるようなシステムとしている。これは比較的大きな地震後には岩盤タンクの湧水量が2割程度増加し、その後は徐々に

との値に戻っていくという現象がみられていたため、地震時における水封機能の健全性をさらに的確に把握・確認することを主眼に各基地において追加導入されたものである。図-2には菊間基地における間隙水圧計設置位置を、また、図-11にその設置状況の詳細を示す。

本システムによるデータは順次集積されてきており、地震時の岩盤水理挙動の把握およびそのメカニズムを含め分析・検討を始めているところである。

また、岩盤タンクの安定性に関しては、上記したように現在のところは間接的な計測・観測が主体となっているが、将来的にはさらに的確な点検が行えるようにその手法について研究を始めている。

このように、石油地下備蓄は岩盤タンクとしてはメンテナンスフリーの考えに立っているが、水封機能、岩盤構造の健全性については種々の角度からの検討を加え、また、そのための施策を実施し、想定される事象に対し万全の対応がとれるよう体制を整えつつある。

石油備蓄後、既に4~5年が経過し、その間の操作データもかなり集積されてきている。今後はこれらのデータの分析・検討と並行して長期的な観点に立った維持管理の方向性を確立していく必要があると考えている。

### 6. おわりに

菊間実証プラント(愛媛県菊間町)の建設に端を発したわが国における石油地下備蓄はすでに20年近い歴史を刻もうとしている。現在は3基地において石油国家備蓄事業が順調に遂行されているが、これらの建設過程においては岩盤力学、岩盤水理に関するさまざまな課題が生じ、また、その都度数多くの検討および議論を重ねて解決を図ってきた。石油地下備蓄事業としてはこの過程を

通してこの分野における研究の発展に少なからず貢献できたものと考えている。

今後とも、さらにデータを積み重ね、長期的な観点に立ったこれらの評価に重点を移していくとともに、同様な地下利用の事業に対する基礎資料としてデータを整備していきたいと考えている。

(文責：岡本明夫・日本地下石油備蓄(株)業務部/宮下国一郎・清水建設(株)技術研究所特別プロジェクト部)

参考文献

1) 宮永佳晴・福原明：地下石油備蓄基地の設計について，電力土木，No.219，1989年3月。

2) 土木学会：大規模地下空洞の情報化施工，1996年12月。  
3) 西田米治・佐藤清信・日比谷啓介・牟田潤・手塚康成：久慈地下石油備蓄基地建設工事における水封管理システム，第26回施工体験発表会，日本トンネル技術協会，1990年12月。  
4) 岡本明夫・中沢保延・長谷川誠・小島圭二：岩盤の「割れ目」に対応した水封評価法，資源と素材，Vol.114，No.1，1998年。  
5) 長谷川誠・宮下国一郎：串木野地下石油備蓄基地における水封設計及び施工管理，岩盤構造物の設計に関するシンポジウム講演論文集，日本学術協力財団・地盤工学会，1997年12月。  
6) 蒔田敏昭・福竹養造・星野延夫・井口敬次・新見健：深部地下空洞を対象とした岩盤分類法，応用地質，第32巻，第5号，1991年12月。  
7) 中沢保延・境大学・宮下国一郎：岩盤タンク掘削中に遭遇した弱層部における空洞安定性の検討，第15回西日本岩盤工学シンポジウム論文集，1994年7月。

【図書のご案内】

ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!



建設工事の  
保安地質学  
〔改訂版〕

理学博士 石井康夫 著

A5判 上製本 475頁 本体価格6,000円 円380円

本書は、以前より発行されていた「建設工事の保安地質学」を改訂・補充し、改訂版としてまとめたもので、筆者の多年にわたる土木・鉱山技術の体験をもとに、地質にもっとも関係の深い災害をとりあげ、実践に即した独特の手法で災害の発生原因・対策・処置法について解説している。

構成は、一般地質編と保安地質編の2編からなる。一般地質編では、建設技術者に必要な地質・岩石・岩盤の基礎知識を、保安地質編では、自然発生的災害とある種の発破災害について述べ、安全に関して筆者の発明・考案による各種の装置や工法を紹介している。

筆者の意とするところは、多くの人が『地質の知識を通して、安全を守る』という点の理解を深めることにあり、本書が仕事の余暇の伴侶となり、安全教育の資料、あるいは災害時に直接役立つように各種のエピソードや適用法規まで加えている。内容的には読者に親しみやすく、飽きさせまいとする筆者の意欲が各所ににじみでており、他の技術専門書とは異なったタイプのユニークな地質専門書である。

★主要目次★

- |               |               |                |
|---------------|---------------|----------------|
| 第1章 一般地質編     | 7. 地震         | 12. 有害ガス       |
| 1. 宇宙とわれわれの地球 | 8. 地下水と温泉     | 13. ガス爆発       |
| 2. 地球の構造      | 9. 重要な地形と地質構造 | 14. 落盤と肌落ち     |
| 3. 地殻の変遷      | 10. 地質調査法     | 15. トンネルと湧水    |
| 4. 日本列島の地質    |               | 16. 地盤沈下と地盤陥没  |
| 5. 岩石         | 第2章 保安地質編     | 17. 斜面とりのり面の崩壊 |
| 6. 鉱床         | 11. 酸素欠乏症など   | 18. 発破         |

株式会社 土木工学社

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

連載講座

セグメントの新技术(4)

DNAシールド, ガイドロックセグメント,  
ウイングセグメント, ハニカムセグメント

「セグメントの新技术」連載講座小委員会

DNAシールド

1. 開発目的

DNAシールドは、シールドの急速施工を目的に六角形状のセグメントを利用して、掘進とセグメントの組み立てを並行して行うシステムである。

2. セグメント・継手の概要

- ① トンネル横断面の形状：円形が基本だが矩形等にも応用できる。
- ② セグメントの平面形状：矩形の対角から直角三角形を切り取った六角形状。(図-1, 実案第2561363号)
- ③ セグメントの材質：鉄筋コンクリートが基本であるがとくに指定しない。
- ④ 継手の構造：リング間はCONEX継手やANEX継手などワンタッチ式が基本であるが、リング間・ピース間ともあらゆる継手が選択できる。地盤によってはピース間の継手は不要である。

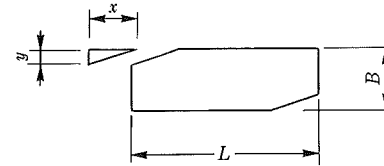


図-1 DNAセグメント形状

3. セグメントの特徴

掘進とセグメントの組み立て作業を連続的に行えるようにセグメント全体の構造を螺旋形とした(写真-1)。実際にはシールドジャッキがセグメントに垂直にあたるように、セグメントは階段状に組み立てられる。このため、セグメント1ピースの形状は矩形から一対の直角三角形を切り欠いた六角形である。

図-1に示すようにセグメントの弧長をL、幅をB、切

り取る長さをそれぞれx、yとすると、xはシールドジャッキの配置を考慮し、yは掘進速度とセグメントの組み立て時間から連続掘進が可能な長さを選択して決める。例えば、セグメントの幅を1.2mとした場合、掘進速度が毎分5cm、yを30cmとすると6分間の掘進時間の中でセグメントを組み立てることになる。これはセグメントを組み立てるのに十分な時間である。yを20cmとするとセグメントの組み立て時間は4分間であり、時間に追われることは必至である。掘進作業の連続性を確保できない場合には、掘進速度を遅くする必要がある。

$x=1/4L$ ,  $y=1/4B$ のセグメントを組み立てると図-2の展開図に示すような構造になる。A1から順にA列のセグメントを螺旋に組み立てるとすでに組み立てられたセグメントとの間に隙間が生じる。この隙間をB列のセグメントで埋めると二重の螺旋構造となる。もとの状態に戻るまで30ピースのセグメントが必要となり、この数は $(L/x \times B/y - 1) \times n$ で表せる。ここにnは螺旋がn重であることを意味する。セグメントは二重の螺旋状に組

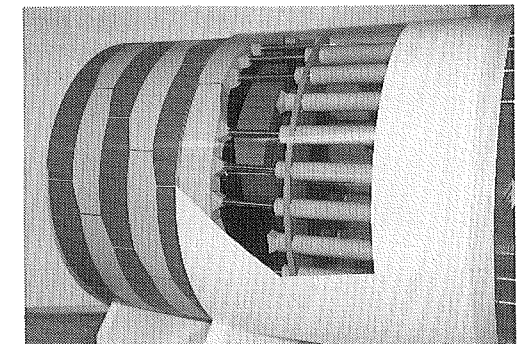


写真-1 セグメント組み立て状況

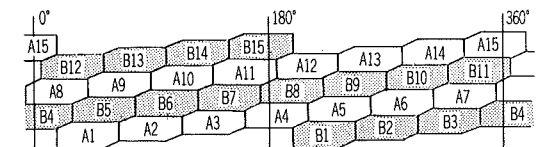


図-2 二重螺旋のセグメント展開図

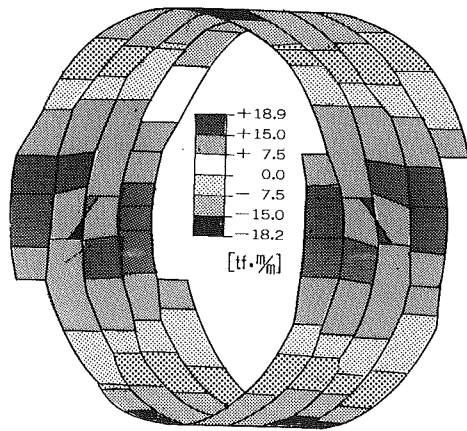


図-3 3次元FEM解析結果(曲げモーメント)

み立てるのが基本であるが、トンネル直径に応じて一重や三重の螺旋にも応用できる。

螺旋状に組み立てられたDNAセグメントを3次元シェルにより構造解析した結果(図-3)と通常の千鳥組みセグメントをはり-バネモデルで算定した結果を比較したところ、同様のリング剛性を有していた。このことから、DNAセグメントの断面力は、はり-バネモデルで算定できることを確認した<sup>1)</sup>。

4. 実験概要<sup>2,3)</sup>

セグメントは斜辺を介して階段状に組み立てられる。ピース間だけでなくリング間も千鳥組みとなる構造の特性を把握するために、添接曲げ実験を行った。リング間の継手にANEX継手<sup>4)</sup>、ピース間の継手にコーンコネクタ<sup>5)</sup>を使用した。

ANEX継手はあらかじめセグメントに設置されてい

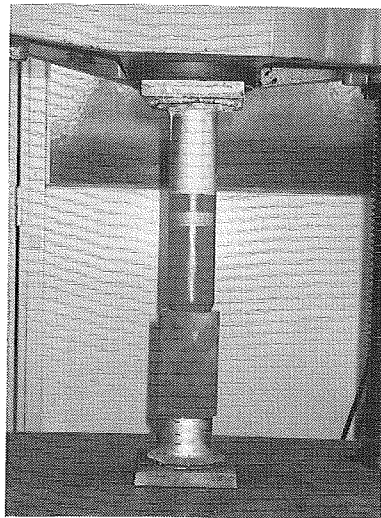


写真-2 ANEX継手

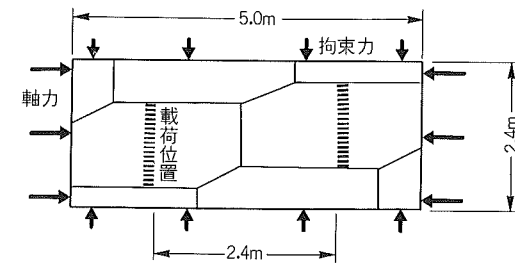


図-4 セグメント配置図

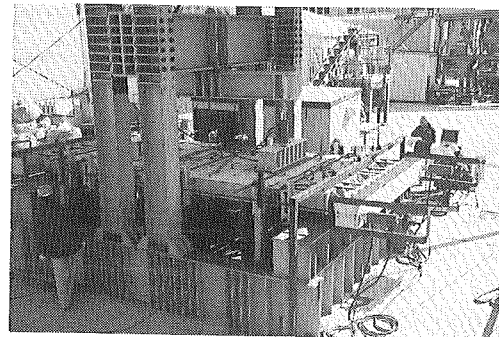


写真-3 添接曲げ実験状況

る雄金物と雌金物(写真-2)を、シールドジャッキの推力を利用して接合する。今回の実験に用いたANEX継手は雌金物の内径62mmに対し、雄金物の外径が63.5mmと1.5mm大きく、引き抜き力に対して摩擦力で抵抗するものである。雌金物の周囲には厚さ5mmのポリエチレンフォームが巻かれていて、雄金物の挿入による膨らみを吸収する。

試験体の組み立て時に、DNAセグメントの施工性を確認した。セグメントの組み立てには油圧ジャッキを用い、ANEX1本あたり平均20tfの力を要した。シールドがめくれることもなく、コーンコネクタのガイドとしての調芯効果も確認できた。

実験に使用したセグメントの厚さは250mm、 $L=2.5m$ 、 $B=1.2m$ 、切り欠き寸法は $x/L=y/B=1/4$ である。試験体は図-4に示すような配置とした。荷重は主セグメントに対してだけ行っている(写真-3)。

主セグメントおよび添接セグメントの中央部における荷重と鉛直変位の関係は図-5に示すようになる。ケース1とは軸力42tfを導入し、トンネル軸方向に対して完全に拘束した場合であり、ゴム板をはさんで変位を許す拘束(バネ拘束)とした場合がケース2である。載荷荷重が6tf程度までは線形関係があるが、その後は荷重の増加とともに変位が大きくなっている。この変曲点はコーンコネクタの回転バネ定数の遷移点と一致する。

主セグメントと添接セグメントの変位を比較すると、いずれのケースも添接セグメントの変位は主セグメントの変位より小さい。また、ケース1,2の主セグメントの

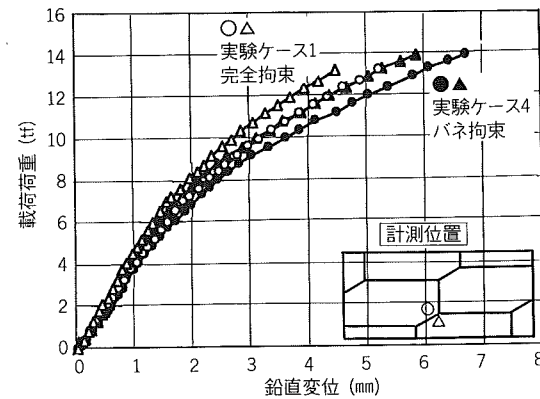


図-5 載荷荷重と変位の関係(軸力42tf)

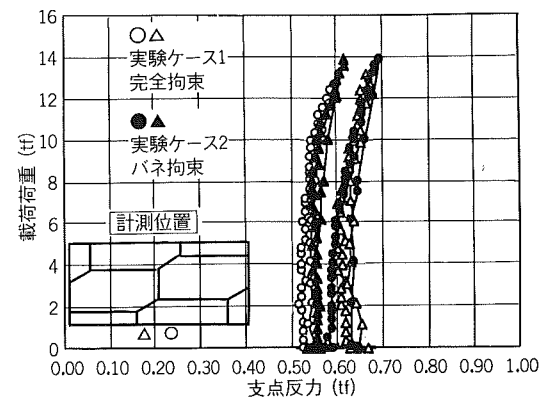


図-6 載荷荷重と支点反力の関係(軸力42tf)

鉛直変位を比較すると変位が1mm程度まで両者は一致しているが、その後、ケース2(バネ拘束条件)の方が変形がわずかに大きくなっている。

図-6は図中の○△印の位置における支点反力の推移を示している。実験はトンネル軸方向の拘束治具を0.5tfで締めつけた後、42tfの軸力を導入してから添接曲げ実験を開始している。軸力導入時に0.1tf程度の支点反力の増加がみられるが、載荷荷重6tf程度までは添接曲げ実験中の支点反力の増加はほとんどみられない。

これらから、完全拘束の場合、斜辺部を介して応力の伝達が行われ、高い剛性となることがわかる。同時に、バネ拘束の場合でもトンネル軸方向の変位が大きく発生しないことを示している。

5. 施工

二重の螺旋にセグメントを組み立てるため、トンネル内の左右の空間を利用してセグメントを2ピース同時に供給する装置を開発した。現在、2ピースのセグメントを同時に組み立て可能なエレクタを試設計中である。

曲線区間のセグメントについては $2nB/y$ 個のセグメ

ントを1ユニットとして、その中央に曲率に合った切断面(楕円断面)を入れて分割したものと直線区間のユニットを交互に使用することで対応しようと計画している。

DNAシールド(二重螺旋)の特徴をまとめると以下のとおりである。

- ① 掘進とセグメントの組み立てが同時に行えるため、急速施工となる。
- ② 直線部ではセグメントが同一(B, Kがない)のため、連続的な供給が行える。
- ③ シールド機長の増加がセグメント幅の1/3~1/4程度で済む。
- ④ シールドジャッキがセグメントに直角にあたるためローリングが発生しづらい。
- ⑤ セグメントの組み立て箇所が対称なことから姿勢制御が容易である。
- ⑥ 180度反対位置の2ピースを同時に把持するため、エレクタのバランスがよい。
- ⑦ 掘進速度を急速化する必要がないため、掘削土の搬送設備を大型化しなくても済む。

(文責：金子研一・大成建設(株)技術開発第二部長)

参考文献

- 1) 金子・栄・高島・小尾・北山：二重螺旋型セグメント(DNA)の構造特性について、土木学会第53回年次講演会、Ⅲ-B134、1998、10。
- 2) 若林・芳賀・土橋・梅津・今井：二重螺旋型セグメント(DNA)の添接曲げ試験、土木学会第53回年次講演会、Ⅲ-B135、1998、10。
- 3) 畑野・橋本・石井・峯崎：二重螺旋型セグメント(DNA)の添接曲げ実験と解析結果の比較、土木学会第53回年次講演会、Ⅲ-B136、1998、10。
- 4) 石田・金子・今井・鷹尾：ANEX継手の性能実験、土木学会第53回年次講演会、Ⅵ-23、1998、10。
- 5) 森・本田・林・菊池・大長・堀木：コーンコネクタ(セグメント継手)の開発、土木学会第52回年次講演会、Ⅲ-B138、1997、9。

ガイドロックセグメント

1. 開発目的

ガイドロックセグメントは、ボルト締結作業の省略およびシールドの掘進とセグメントの組み立てを同時施工することにより急速施工を実現し、シールド工事のトータルコストを低減する目的で開発を行ったものである。

2. セグメントと継手の概要

- ① トンネル横断面の形状：任意形状
- ② セグメントの平面形状：六角形

- ③ セグメントの材質：鉄筋コンクリート，鋼，合成
- ④ 継手の構造：  
セグメント継手 くさび締結式  
リング継手 ピンほか
- ⑤ 継手の材質：  
セグメント継手 鋼ほか(T金具)，  
                  铸铁(C金具)  
リング継手 鋼ほか

3. セグメントの特徴

ガイドロックセグメントは、通常のセグメントとは形状が異なり、セグメント継手面が1/50の勾配をもつ六角形状になっている。セグメント継手は、T字形のT金具をC金具に差し込みトンネル軸方向に押し込むだけで締結を行うことができる。

図-7はガイドロックセグメントを用いた急速施工法の概要図である。隣接するセグメントピースはセグメント幅の1/2の長さだけトンネル軸方向に前後しており、セグメントリング半リング分のシールド掘進後、1リングを構成するセグメントピースの半数を1ピースおきに同時に組み立てる。

このように、ガイドロックセグメントの組み立てはシールドの掘進と同時に進め、かつ、ボルト締結作業を必要としないため、次の特長を有している。

- ① セグメント組み立て時間の短縮およびセグメント組み立てとシールド掘進の同時施工により生産性が向上し、工期短縮ができる。
- ② セグメントの組み立てが容易であり短時間で行えることから、同時掘進における狭隘箇所での輻輳作業がなく安全性が高い。
- ③ ボルトボックスがないためセグメント内面が平滑で耐腐食性が向上し、トンネルの用途によっては二次覆工を省略することができる。
- ④ ボルト締結機構が不要なため通常の自動組み立てエレクタよりも設備軽減が図れる。

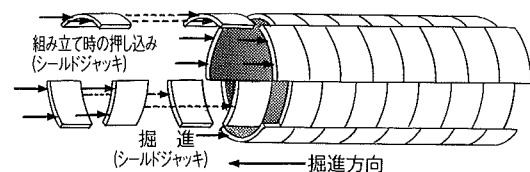


図-7 ガイドロックセグメントを用いた急速施工法の概要

3-1 セグメント継手

セグメント継手は、図-8に示すようにT字形のT金具(写真-4)とT金具を受け入れるC金具(写真-5)とからなっており、C金具をガイドとしてT金具をトンネル軸方向に押し込むだけで締結を行うことができる。また、

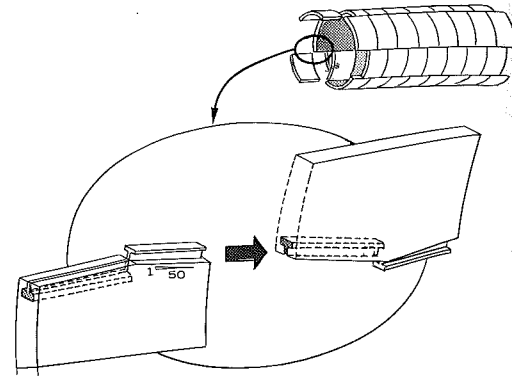


図-8 セグメント継手の概要

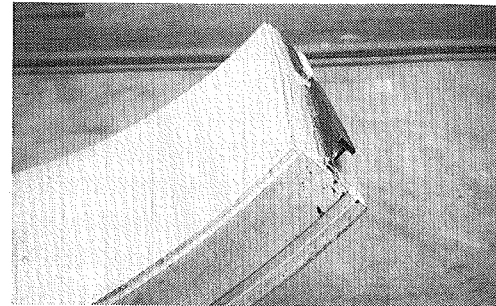


写真-4 セグメント継手T金具



写真-5 セグメント継手C金具

継手金具はくさび形状で、継手押し込み時のくさび効果に伴い発生するT金具ウェブの軸ひずみによりボルト継手における初期締め付け効果と同様な締め付け力がセグメント組み立てと同時にセグメント継手面に生じて継手を結合する。セグメント継手はセグメント幅方向に連続した鋼製のウェブを有しているため、セグメント本体とほぼ同等な剛性を有する高剛性継手である(4-3頁参照)。

3-2 リング継手

本セグメントのセグメント継手はトンネル軸方向に連続する継ぎであり千鳥組みによる添接効果はない。また、トンネル軸方向の引張力に対してはセグメント継手のくさび効果により抵抗する。

以上のことから、リング継手は力学的な機能を必要としない。写真-6は、ガイドロックセグメントのリング継

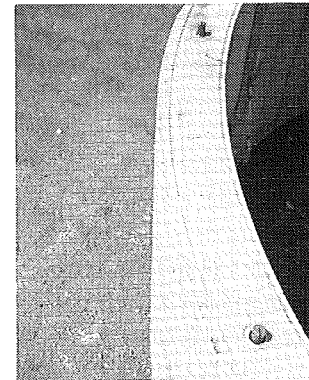


写真-6 リング継手の一例

手の一例で、ピン構造になっている。

4. 実験概要

開発にあたりセグメント継手のくさび効果およびセグメント本体とセグメント継手の挙動を把握する目的で各種実験を行っている。

4-1 継手嵌合実験

セグメント継手のT金具とC金具を試し金具だけの嵌合実験を行った。

図-9はそれぞれの金具の概要図である。実験は、C金具を垂直に立ててT金具をC金具に挿入後、T金具を載荷装置により押し込んで嵌合させるものである。供試体はT金具ウェブの長さを変えて、くさびがきつめになる場合とゆるめになる場合とを考慮して計8体製作した。

図-10は嵌合力とT金具変位との関係を示したものである。すべての結果において、初期の比較的勾配のゆるやかな領域(I)、直線関係とみなしうる領域(II)、および再び勾配がゆるやかになる領域(III)とからなる。領域(II)は、横軸を平行移動することにより、ほぼ重ね合わせることができる。領域(I)の嵌合初期には、T・C金

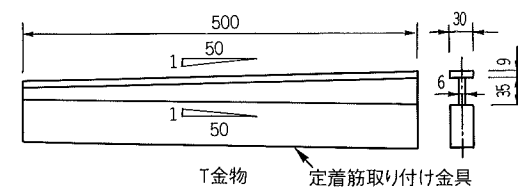
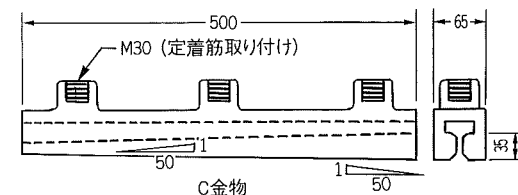


図-9 T金具とC金具の概要

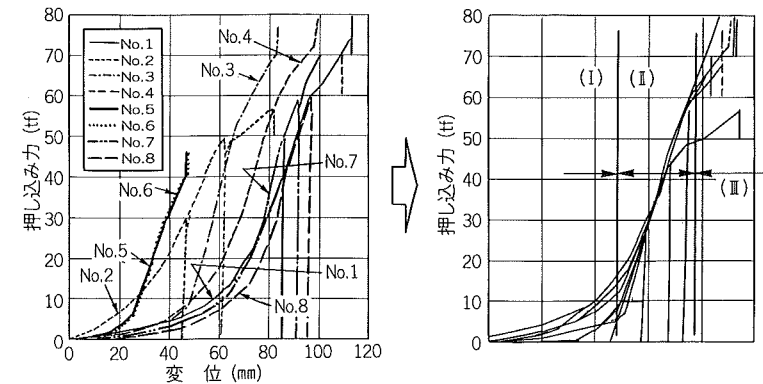


図-10 嵌合力と変位の関係

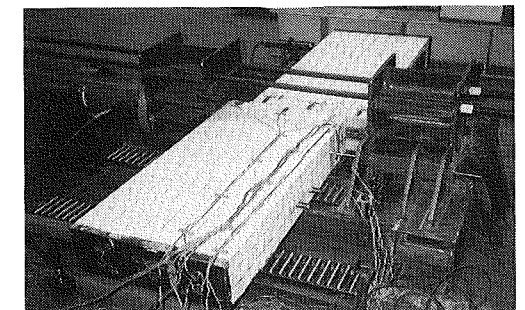


写真-7 継手模型嵌合実験

具の製作誤差などのために両金具の接触状態が様でなかったものが、領域(II)においてほぼ一樣なくさび状態になったものと推察できる。また、T・C金具の寸法関係が「ゆるめ」の場合の押し込み力と変位の関係は、「きつめ」の場合の関係の一部をなすことを示している。したがって、図-10より、嵌合に必要な押し込み力に対する両金具の寸法関係を予測できる。4-2項および4-3項で使用される継手金具は、この実験結果をもとに継手形状を選定している。

4-2 継手部模型嵌合実験

写真-7は継手部模型嵌合実験の状況を示したものである。幅50cm、厚さ15cmのコンクリート供試体にセグメント継手金具を埋め込み、セグメント継手の嵌合実験を行った。この実験により継手がコンクリートに埋め込まれた場合に、①必要嵌合力の確認、②嵌合力と初期締め付け力との関係調査、③最適継手金具形状の確認などを行っている。

4-3 セグメント単体およびセグメント継手曲げ試験

セグメント外径3,350mm、厚さ150mm、幅1,000mmのセグメントを製作し、セグメント本体の単体曲げ試験とセグメント継手曲げ試験を行った。写真-8はセグメント継手曲げ試験の状況を表したものである。

図-11はセグメント単体およびセグメント継手曲げ試

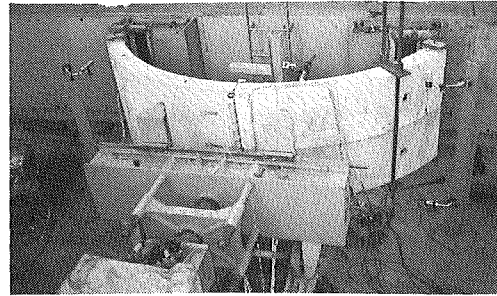


写真-8 セグメント継手曲げ試験

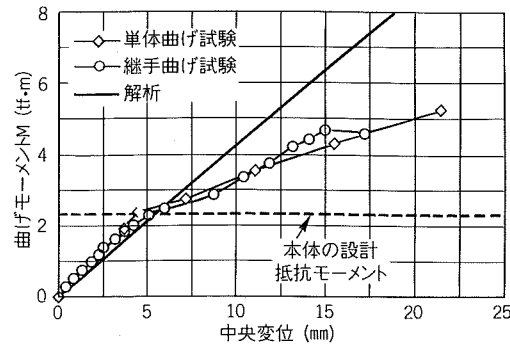


図-11 セグメント単体および継手曲げ試験結果

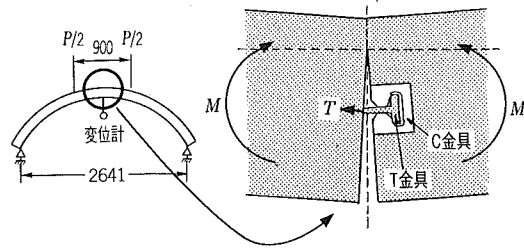


図-12 セグメント継手の曲げ挙動

験の試験結果を示したものである。図中、縦軸は作用させた曲げモーメントを、横軸はセグメント中央の鉛直変位を表している。この図をみると、セグメント継手の挙動はセグメント本体の挙動とほとんど同じであり、セグメント継手が本体とほぼ同じ剛性を持っていることがわかる。

また、同図の実線はセグメント継手の挙動を示す解析結果である。ガイドロックセグメントのセグメント継手は、単鉄筋の鉄筋コンクリート構造と同様な挙動を示すと考えられる。その鉄筋量は図-12に示すようにT金具フランジの曲げ変形とウェブの引張変形を考慮したC金具ウェブの等価断面積を用いる。

5. 試験施工

福岡市下水道局発注の雨水幹線築造工事(工事延長L=838.9m)において直線区間の一部分(延長L=50m)でガイドロックセグメントを用いた試験施工を行った。

セグメントは外径3,350mm、厚さ150mm、幅1,000mmで、分割数は4等分割である。

セグメントの組み立ては、通常のボルトタイプセグメントよりも高速であり、良好な施工結果を収めることができた。

シールドなどの施工設備は通常部分に対応した仕様となっているため、シールドの掘進とセグメントの組み立ての同時施工は行っていない。

今後、エレクタへのセグメント供給の自動化やセグメント嵌合時の位置合わせ機構およびセグメント組み立て時のシールドジャッキ伸縮速度の改善などを行うことにより急速施工を実現できるものと考えている。

このセグメントは、東急建設(株)、三井建設(株)、日本鋼管ライトスチール(株)、NKKおよび住友重機械工業(株)が共同研究を行って開発したものである。

(文責：高松伸行・東急建設(株)土木本部土木技術設計部)

参考文献

- 6) 伊藤・浅上・高松・戸井田：急速施工用セグメントの開発(その1)，土木学会第52回年次学術講演会講演概要集，Ⅲ-B126，pp.252-253，1997年9月。
- 7) 高松・伊藤・外裏・戸井田：急速施工用セグメントの開発(その2)，土木学会第52回年次学術講演会講演概要集，Ⅲ-B127，pp.254-255，1997年9月。

ウイングセグメント

1. 開発目的

ウイングセグメントは、セグメント継手部の曲げモーメント伝達機構に工夫を加え、継手を軽構造化してコスト低減を図ることを目的として開発したセグメントである。

2. セグメント・継手の概要

- ① トンネル横断面の形状：円形
- ② セグメントの平面形状：凸字形など
- ③ セグメントの材質：鉄筋コンクリート
- ④ 継手の構造：  
セグメント継手 プレセットボルトなど  
リング継手 プレセットボルト、曲りボルトなど
- ⑤ 継手の材質：鋼製ボルトなど

3. セグメントの特徴

ウイングセグメントは、写真-9に示すようにセグメント継手が円周方向に段違いに配置されている。そして、

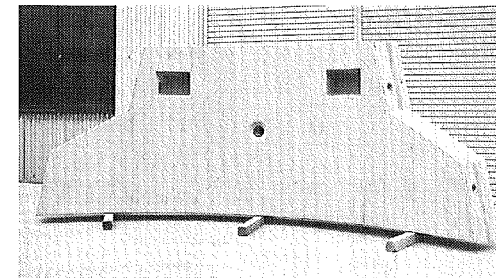


写真-9 ウイングセグメント概観

この継手面には、せん断キーと称するホゾを設けて、せん断抵抗力を曲げモーメントに変化して有効に伝達できる構造としていることに特徴がある<sup>9)</sup>。

主な特徴を以下に述べる。

3-1 種類と組み立て方法

リング構成は、図-13に示すように、掘進と組み立てが別工程となる標準型と同一工程となる連続掘進対応型の2つに分類される。また、標準型は対称型ピースのみで組み立てるものと、対称型と非対称型ピースで組み立てるものの2種類がある。

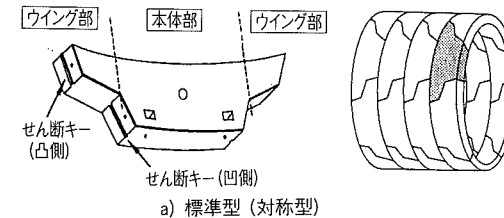
なお、このセグメントはリング剛性に優れているため、リング間はイモ継ぎの状態としている。

(1) 標準型(対称型ピース)

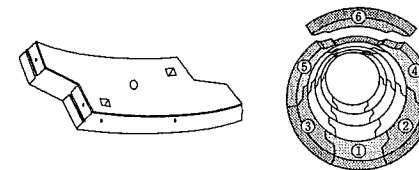
1リングが偶数個のピースで構成される。組み立ては1ピースおきに軸方向に挿入する方法をとる。

(2) 標準型(非対称型+対称型ピース)

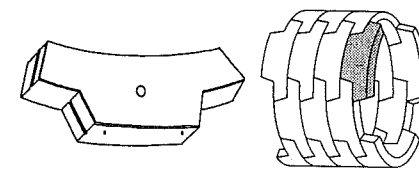
1リングの構成は、非対称型ピース複数と対称型ピー



a) 標準型(対称型)



b) 標準型(非対称型+対称型)



c) 連続掘進対応型(対称型)

図-13 ウイングセグメントのリング構成

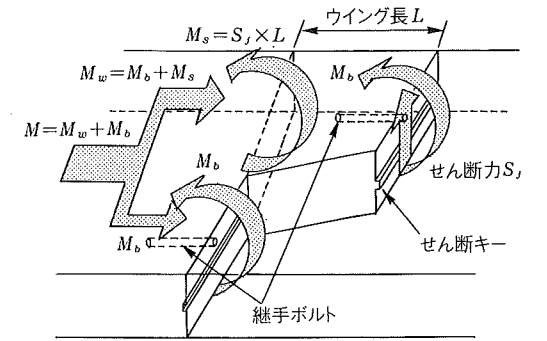


図-14 曲げモーメント伝達機構

ス2ピースからなる。1リングのピース数は、偶数個または奇数個のいずれでも可能である。組み立て順序は従来形セグメントと同様、下部から順次組み立てる。

(3) 連続掘進対応型(対称型)

標準型のセグメントと異なり、本体部とウイング部の継手面のテーパの向きを逆にしており、リング端面が半リングずつ段違いになる。セグメント形状は対称型で、1リングは偶数個のピースで構成される<sup>9)</sup>。

3-2 セグメント継手の曲げモーメント伝達機構<sup>10)</sup>

セグメント継手の曲げモーメント伝達機構を図-14に示す。継手に作用する曲げモーメントMは、ボルトが負担する曲げモーメントM<sub>b</sub>とウイング部付け根が負担する曲げモーメントM<sub>w</sub>に分配され、M<sub>w</sub>は、せん断キーが負担する曲げモーメントM<sub>s</sub>(=S<sub>J</sub>×L)と、M<sub>b</sub>との和となる。

したがって、継手に作用する曲げモーメントMに対し、せん断キーによる曲げモーメントM<sub>s</sub>とボルトによる曲げモーメントM<sub>b</sub>とで抵抗するので、せん断キーによる曲げモーメントの分担を大きく取ることにより、ボルトの軽構造化が図れる。すなわち、セグメント継手ボルトの小径化や本数の低減などができる。

3-3 ボルト本数

地下鉄単線断面を対象としたセグメント(外径φ5,300mm)の試設計結果を従来形とともに表-1に示す。ウイングセグメントは、せん断キーのせん断抵抗力による曲げモーメントの伝達効果により、従来形に比べセグメント幅を広くしているにもかかわらず、ボルト本数が半分になり、材質も低減できる。

4. 理論解析<sup>10)</sup>

セグメント継手の曲げモーメント伝達機構の解析は、図-15に示すようにウイング部を片持ち梁として、それが互いに向き合った状態で回転パネとせん断パネで接合されている「添え梁モデル」にモデル化して行った。

表-1 断面およびボルト本数比較表

	従来形セグメント	ウイングセグメント
断面	<p>As' = 8D16 = 15.89cm<sup>2</sup> As = 8D19 = 22.92cm<sup>2</sup></p>	<p>As' = 10D16 = 19.86cm<sup>2</sup> As = 10D19 = 28.65cm<sup>2</sup></p>
形状	<p>4M24(12.9)</p>	<p>M24(10.9)</p>
ボルト本数	セグメント間: 24本 リング間: 21本 合計: 45本/Ring	セグメント間: 12本 リング間: 12本 合計: 24本/Ring

\*ウイングセグメントはプレセット鍛造ボルトを使用

このため、性能確認試験では、ウイング長60cmで供試体を作成することにした。

5. 性能確認試験

継手およびリング剛性などの性能確認のため、実物大セグメント(外径φ5,300mm, 幅1,200mm, 桁高250mm)を用いて、各種性能試験を行った。

5-1 セン断キーせん断試験<sup>11)</sup>

継手面せん断キーのせん断バネ定数およびせん断耐力を確認することを目的に、せん断試験を行った。試験で得られたバネ定数は、設計荷重レベルでせん断補強筋の剛性を考慮して算出したせん断バネ定数設計値の約2倍となり、設計値が安全側の設定となっていることが示された。

5-2 継手曲げ試験<sup>12)</sup>

実応力レベルでの曲げモーメント伝達機構と継手の曲げ耐力および曲げ剛性を確認することを目的に、軸力を導入した継手曲げ試験を行った。試験結果を表-2に示す。

表-2 継手曲げ試験結果

曲げモーメント (kNm/m)	設計値	実験値
	許容値	90.7(103)
終局値	178(180)	180
安全率	1.96(1.75)	1.99(1.75)

注) 設計値の実数字は、従来形セグメントの本体部と継手部の抵抗曲げモーメントの平均値を、( )内はウイングセグメントの継手面とウイング部付け根の抵抗曲げモーメントの合計を示す。

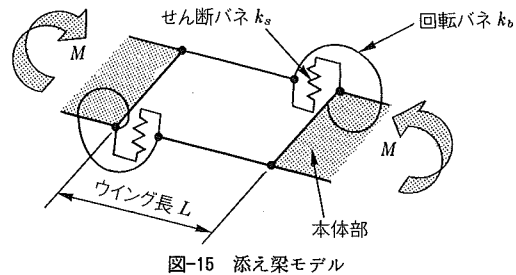


図-15 添え梁モデル

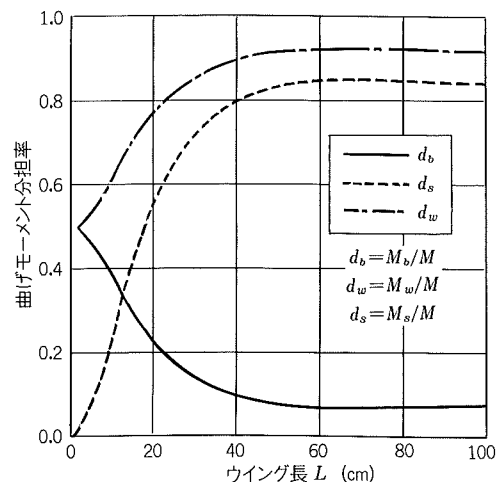


図-16 添え梁モデルによる解析結果

地下鉄単線断面(外径φ5,300mm)を対象とした解析結果を図-16に示す。ウイング長Lが長くなるにつれて、ボルトの曲げモーメント分担率は低下するが、ウイング長が60cmを超えると、変化が少なくなることがわかる。

これにより、ウイングセグメントは設計値と同等の継手耐力が得られていること、すなわち、実応力レベルで千鳥組みされた従来形セグメントと同等の継手耐力を有していることが示された。

5-3 リング載荷試験<sup>13)</sup>

イモ継ぎ状態のリングが、実応力レベルで有する強度および変形特性を確認することを目的に、リング載荷試験を行った。試験状況を写真-10に、載荷荷重と内空変位の関係を図-17に示す。この結果、ウイングセグメントは、イモ継ぎの状態でも千鳥組みされた従来形セグメントと同等以上のリング剛性とリング耐力を有していることが確認された。

以上の性能確認試験から、ウイングセグメントの構造的な優位性が確認され、その技術が確立された。当セグメントの実工事への最初の適用は、セグメント外径φ5,150mm, 幅1,200mm, 桁高275mmで、平成11年1月施工予定である。

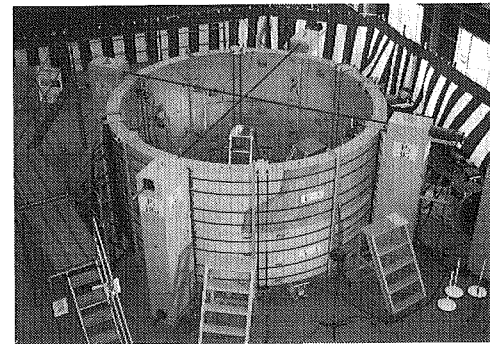
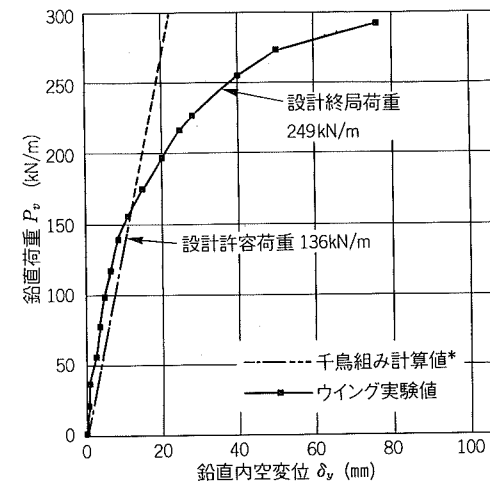


写真-10 リング載荷試験状況



\*: 千鳥組みされた従来形セグメントリングのはり-バネモデル計算値を示す。

図-17 リング載荷試験結果

(鉛直荷重と鉛直内空変位の関係)

(文責: 山崎宏・西松建設(株)大和総合技術研究所土木技術課研究員)

参考文献

- 山崎・野本・三戸: 継ぎ手の軽構造化が可能な特殊形状セグメントの開発, トンネルと地下, 第28巻5号, pp.387-395, 1997.5.
- 坪井・内田・山口: 凸形セグメントを用いたシールド高速施工法について, 土木学会第51回年次学術講演会概要集VI-190, 1996.9.
- 三戸・今田・山崎・野本・山崎: 合理的な曲げモーメント伝達機構を有する特殊形状セグメントの基礎的研究, 土木学会論文集No.595/VI-39, pp.77-89, 1998.6.
- 山崎・今田・山崎・三戸: ウイング(凸形)セグメント実物大載荷試験(その3), セン断キーせん断試験, 土木学会第52回年次学術講演会概要集III-121, 1997.9.
- 三戸・今田・山崎・山崎: ウイング(凸形)セグメント実物大載荷試験(その4), 軸力導入継手曲げ試験, 土木学会第52回年次学術講演会概要集III-122, 1997.9.
- 三戸・今田・山崎・山崎: 凸形セグメント実物大載荷試験(その2), リング載荷試験, 土木学会第51回年次学術講演会概要集III-B128, 1996.9.

ハニカムセグメント

1. 開発目的

ハニカムセグメントは、シールド掘進とセグメント組み立ての同時施工によるシールドの急速施工を目的に開発した全ピース同一形状の六角形RCセグメントであり、セグメント内面を平滑とする継手の連結構造とすることにより、二次覆工省略などによるコスト低減をも副次的な狙いに実用化している<sup>14)16)</sup>。

2. セグメント・継手の概要

- トンネル横断面形状: 円形
- セグメント平面形状: 六角形(隅角部はすべて120°)
- セグメントの材質: 鉄筋コンクリート
- 継手の構造:  
斜辺間継手 長ボルト  
リング間継手 通し連続ボルト(省略可)
- 継手ボルトの材質: 通常の鋼製高張力ボルト

3. ハニカムセグメントの特徴

ハニカムセグメントは、(株)奥村組が基本的な構造と設計法を検討のうえ平成3年より石川島建機工業(株)と共同で開発したセグメントである。また、このセグメントを用いた自動組み立て装置や同時施工に対応したシールド機の開発については平成6年より石川島播磨重工業(株)と共同で行っている。すでに平成8年に完了した

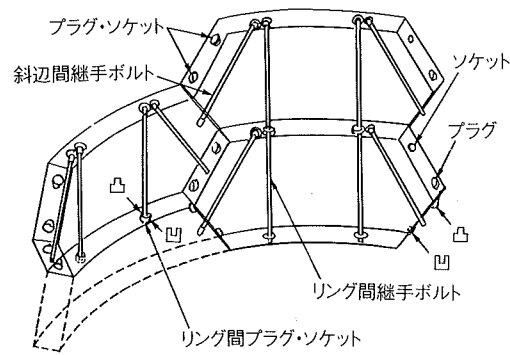


図-18 ハニカムセグメント継手構造概念

2件の施工実績などから平成9年3月に(財)先端建設技術センターより、覆工機能として十分な強度と品質を備えたセグメントとして技術審査証明を受理している。

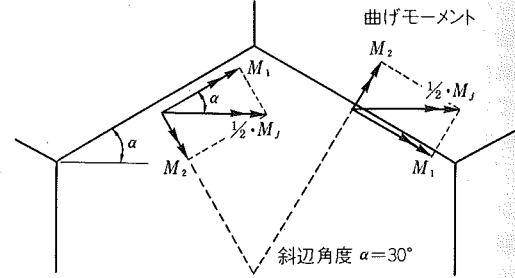
3-1 基本形状と継手構造

ハニカムセグメントは、解析や実大載荷試験<sup>17)~19)</sup>から強度と施工性の両面の機能を確保するため隅角部を120°とした全ピース同一の六角形状を基本としている。分割数は4以上の偶数分割となり適用最小内径はφ2,200mmとしている。

くさび状に連結する斜継手部は、図-18に示すようにセグメント切羽側端面から継手ボルトを斜継手とリング間に連結する構造であり、斜継手ボルトは従来のセグメント間継手ボルトに相当する応力部材である。リング間継手ボルトは組み立て精度を向上するための仮設部材であるが、施工実績からリング間継手ボルトを省略しても十分な組み立て精度が得られており<sup>20), 21)</sup>、本年度内に実施するハニカムセグメントを用いたシールド工事ではいずれもコスト低減を目的にリング間継手ボルトを省略している。このような継手構造とすることにより、セグメント内面に継手連結部が露出せず平滑で二次覆工省略時のボルト孔の防錆・防食措置が不要となる。継手面にはセグメント挿入組み立て時のガイド効果と組み立て精度向上を目的に凸凹状のプラグ・ソケットを配置している。

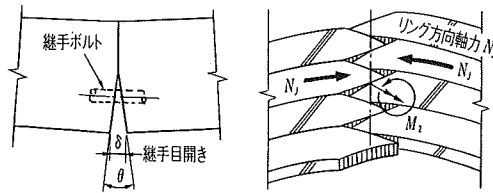
3-2 斜継手部の応力変形特性と設計手法

斜継手部では、斜辺形状に応じ曲げモーメントが分散し、継手面には継手軸力による摩擦力が作用するなどのくさび効果により、継手面がせり合い互いにねじれ合うような状態で応力が伝達される。ハニカムセグメントの継手設計ではこれらの特性を考慮した計算のモデル化を行っている。図-19は、継手曲げモーメント $M_j$ が目開き変形を発生させる曲げモーメント $M_1$ と、斜辺を回転変形(ねじり変形)させる曲げモーメント $M_2$ に分散する概念を示す(図-20)。 $M_1$ に対し、斜継手ボルトが目開き変形を抑制する応力部材として機能し、設計では、構造計算で得られた継手



ここに、 $M_1 = 1/2 \cdot M_j \cdot \cos \alpha$ ,  $M_2 = 1/2 \cdot M_j \cdot \sin \alpha$   
 $M_1$ : 斜辺法線方向の曲げモーメント (tf・m/Ring)  
 $M_2$ : 斜辺接線方向の曲げモーメント (tf・m/Ring)  
 $M_j$ : 斜継手部に作用する曲げモーメント (tf・m/Ring)  
 $M_{R1} = 2 \cdot M_1 \cdot \cos \alpha = M_j \cdot (\cos \alpha)^2$   
 $M_{T1} = M_1 \cdot \sin \alpha = 1/4 \cdot M_j \cdot \sin 2\alpha$   
 $M_{R1}$ :  $M_1$ をリング方向に分化した曲げモーメント (tf・m/Ring)  
 $M_{T1}$ :  $M_1$ をトンネル軸方向に分化した曲げモーメント (tf・m/Ring)

図-19 斜継手部での曲げモーメント分散概念



(a)  $M_1$ による継目開き変形 (b)  $M_2$ による継手回転変形

図-20  $M_1$ および $M_2$ による継手変形概念

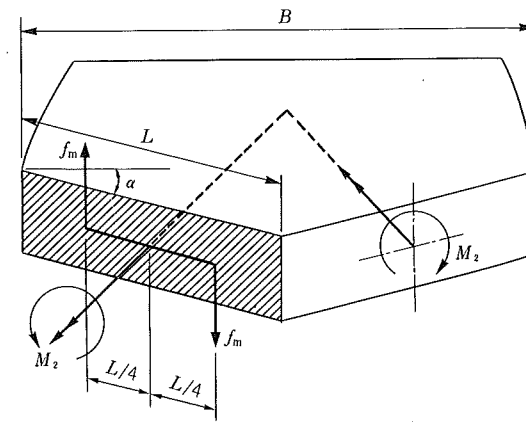
表-3 ハニカムセグメント設計断面力一覧

検討断面		曲げモーメント	軸力
R C 本体部	リング方向	$M_{max}$	$N_o$
	斜継手近傍 トンネル軸方向	$1/4 \cdot M_{jmax} \cdot \sin \alpha$	$1/4 \cdot N_{jmax} \cdot \sin 2\alpha$
斜継手部	リング方向	$M_{jmax} \cdot (\cos \alpha)^2$	$N_j$
	トンネル軸方向	$1/4 \cdot M_{jmax} \cdot \sin \alpha$	$1/4 \cdot N_{jmax} \cdot \sin 2\alpha$

$M_{max}$ : セグメント本体の正負最大曲げモーメント  
 $N_o$ :  $M_{max}$ が作用する位置での軸力

部の最大断面力( $M_{jmax}$ ,  $N_j$ )から表-3に示す設計断面力を用いてリング方向およびトンネル軸方向の二方向に対して、ボルトの応力度の照査を行うこととしている。図-21は、 $M_2$ により斜辺中央を回転中心とした変形に対して、継手軸力による摩擦力が回転変形を抑制する概念 $fm$ を示しており、実設計では $fm$ と $M_2$ が等しくなる状態での斜継手曲げモーメント( $M_{jro}$ : 回転平衡モーメント)を求め、 $M_{jro} \geq M_j$ であることを確認する。

以上の継手設計の考え方を検証するため行った継手曲げ試験結果の一例として、図-22に斜継手ボルト引張応力度の実測値と各断面力レベルで求められる設計上のボルト応力度の比較例を示す。



ここに、 $M_2 = 1/2 \cdot M_j \cdot \sin \alpha = 0.250 \cdot M_j = 1/4 \cdot L \cdot fm \cdot 2$   
 $fm = 1/4 \cdot N_j \cdot \mu = 0.125 \cdot N_j$ ,  $L = 1/2 \cdot B / \cos \alpha$   
 $M_2$ : 斜継手接線方向の曲げモーメント (tf・m/Ring)  
 $fm$ : 斜継手面での摩擦による回転抑制力 (tf/Ring)  
 $\mu$ : コンクリートの摩擦係数  
 $B$ : セグメント幅 (m)  
 $M_{jro}$ : 回転平衡モーメント (tf・m/Ring)  
 $M_{jro} = N_j \cdot B / 6.928$

図-21 回転平衡モーメント ( $M_{jro}$ )

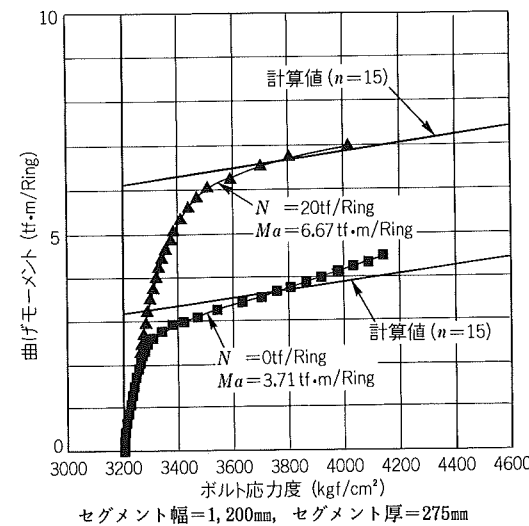


図-22 継手曲げモーメントと斜継手ボルト応力度相関  
 セグメント幅=1,200mm, セグメント厚=275mm  
 (図中の計算値は、斜継手での曲げモーメントの分散を考慮して求めた斜継手ボルトの応力度を示す。)

図-22 継手曲げモーメントと斜継手ボルト応力度相関

3-3 構造計算法

ハニカムセグメントは、通常の矩形セグメントと異なり千鳥組み立てを行わず、隣接セグメントへの応力の配分を期待しないセグメントであり、リングごとの応力はどの断面でも同一となる。また、継手は常に同位置となるため継手断面力は継手位置での断面力をそのまま用いることができる。このように、ハニカムセグメントの構造設計は1リングモデルによる比較的簡単な取り扱いができ、設計仕様に応

じて慣用計算法(曲げ剛性有効率 $\eta = 1.0$ , 曲げモーメント割増し率 $\zeta = 0$ )と1リングはりばね計算の両者の適用が可能である。

4. 実施例の概要と今後の展開

4-1 実施例

平成8年度に東京電力(株)の上尾与野連系管路新設工事(第1工区: 外径4,100mm, 桁高200mm, セグメント幅1.2m, 施工延長730.1m)の送電線管路用洞道(二次覆工省略: 写真-11), および東京都地下鉄建設(株)の地下鉄12号線環状部門仲・月島建設工事のうち相生シールド工事区間(外径5,300mm, 桁高250mm, セグメント幅1,000mm, 外・内回り各129m)の単線並列地下鉄トンネルにハニカムセグメントを適用した<sup>20), 21)</sup>。

いずれの工事でも内空変位量が平均して $\pm 3 \sim 4$ mm ( $\leq D/1000$ :  $D$ =セグメント軸心径)程度であり、目開き量も0.1~0.5mmと小さく高精度の組み立てと止水性が確保された。引き続き、地下鉄12号線仲・月島建設工事では軟弱粘性土地盤( $N = 0 \sim 2$ )を掘進対象とした月島シールド工事区間(外・内回り各415m)で平成10年5月より施工を行っている。

4-2 今後の展開

ハニカムセグメントは全ピース同一形状で組み立て時にボルト供給が不要であるなどの特性から、自動組み立てに適した構造である<sup>22)</sup>(写真-12)。本年度内には、セグメン

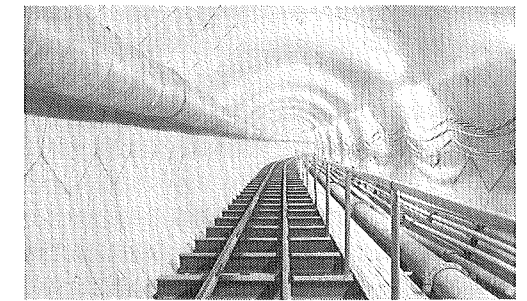


写真-11 上尾与野連系管路新設工事(第1工区)坑内出来形状状況

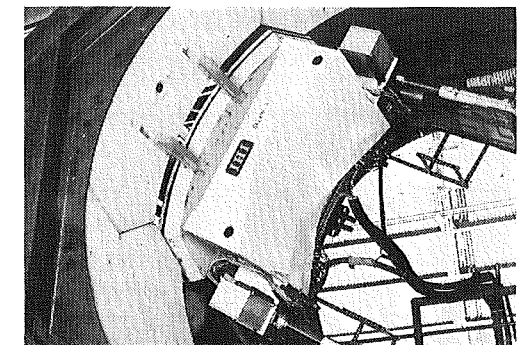


写真-12 ハニカムセグメント専用自動組み立て装置

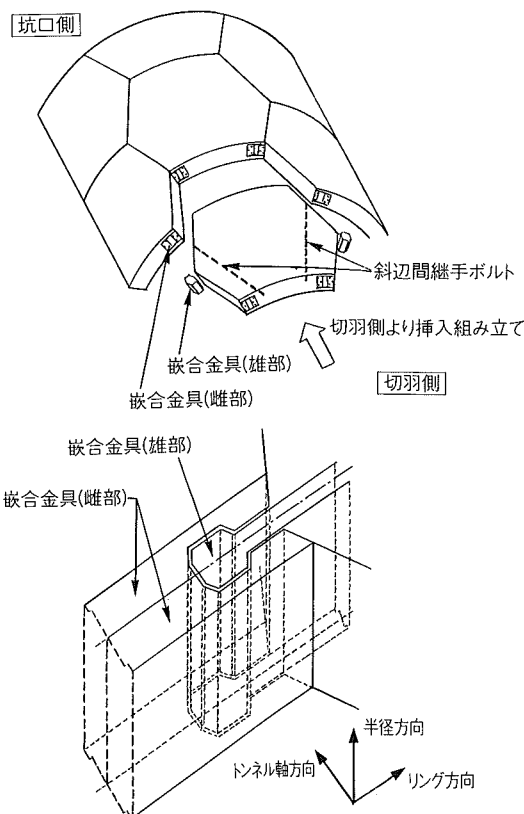


図-23 ハニカムロックジョイント概念

ト供給から組み立てまでを全自動とした同時施工対応型シールド機を中部電力(株)発注の桑名地区洞道新設工事(第3工区)に導入する。また、下水道では実施例の少ない二次覆工を省略したシールド工事を大阪府北部流域下水道事務所発注の安威川流域下水道摂津・高槻雨水汚水幹線(第5工区)で実施する。

さらに、ハニカムセグメントの適用範囲を拡大することを目的に、内水圧が作用するトンネルへも適用可能な内水圧対抗型ハニカムセグメント<sup>23)</sup>を開発中である。このセグメントの継手は図-23に示すようにセグメントの中央と端部の継手を雄・雌金具による嵌合構造とし、内水圧作用時のリング方向引張力に対抗する構造(ハニカムロックジョイ

ント)としている。このセグメントの継手強度試験は既に完了しており、継手に引張力が作用した状態でも、覆工機能としての強度や止水性が確保できること、および図-19~21に示した計算モデルが基本的に応用できることなどを確認しており、平成10年度末には内空から水圧载荷したリング載荷試験を実施し、リングとしての強度および止水性などを検証する計画としている。

以上、ハニカムセグメントの開発から実用化に至るまでは多くの有識者の方々から貴重な助言を賜っている。今後、シールドの急速化を狙いとした同時施工の実績を重ね、また内水圧対抗型ハニカムセグメントの実用化を図ることなどにより、シールド工事の効率化やコスト低減に寄与したいと考えている。

(文責：荒川賢治・(株)奥村組技術開発部課長/白石浩司・同 同係長)。

参考文献

14) 山本稔・森麟・ほか：六角形セグメント現場を視察して、トンネルと地下、Vol.24, No.3, 1993, 3.  
 15) 都甲博二・荒川賢治・ほか：我が国初のハニカムセグメントの開発、土木学会誌、技術最前線、Vol.78, 1993, 4.  
 16) Hiroji Tokoh・Kenji Arakawa: Development of a faster and longer drive shield tunnelling method, Proceedings of the international congress on tunnelling and ground conditions, '94 CAIRO, April, 1994.  
 17) 荒川賢治・ほか：ハニカムセグメントの継手曲げ試験、土木学会第47回年次学術講演会、III-7, 1992, 9.  
 18) 高橋忠・荒川賢治・ほか：ハニカムセグメントの実大載荷試験 I・II、土木学会第49回年次学術講演会、III-672, 673, 1994, 9.  
 19) 平出亨・福島昭男・ほか：ハニカムセグメントの実大載荷試験、トンネルと地下、Vol.26, No.4, 1995, 4.  
 20) 池谷洋・竹内友章・ほか：曲線部を含むシールド工事にハニカムセグメントを採用、東京電力上尾与野連系管路、トンネルと地下、Vol.27, No.9, 1996, 9.  
 21) Hiroshi Kuwahara. Keisuke Fukushima: The first application of the hexagonal segment in Japan, Proceedings of world tunnel congress '97, VIENNA, April, 1997.  
 22) 畑山栄一：ハニカムセグメント自動組立装置、建設機械390, Vol.34, No.8, '97, 8.  
 23) 白石浩司・奥野三郎・ほか：内水圧対抗型ハニカムセグメント継手曲げ試験、土木学会第47回年次学術講演会、III-B154, 1998, 9.

# シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会

B 5 判・285 頁 本体価格 4,660 円 (〒 380 円)



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



## (社)日本トンネル技術協会 研究開発委員会

フランストンネル協会指針：第14作業 March 部会編/可視地下構造物の補修のための注入工法に関する指針

Tunnels et Ouvrages Souterrains, 2号, 1998

### 目次

1. 適用範囲

1.1 補修の考え方

1.2 各対処法の定義

2. 計画の決定のための予備調査

2.1 補修対象箇所の調査  
補修箇所の調査方法は、非破壊試験と破壊試験に大別される。  
インパルスレーダ反射波測定法、赤外線温度グラフ法、超音波測定法が前者に属し、コアリング、穿孔法等が後者に属する。

2.2 注入工のための特別調査

2.3 試験工

2.4 計画の決定

3. 注入モルタルの選択

3.1 モルタルの選択を決定する要素  
補修の程度により注入モルタルは下記のごとく分類される。  
・従来の注入工法-ベントナイトセメント系の注入  
・クラック処理-超微粒子セメント注入、エポキシ系レジン注入  
・にじみの処理-好物を水に含ませる方法

3.2 モルタルの特性  
モルタルの特性は、モルタルをビンガム流体と仮定し、その粘性係数にて定義する。

3.3 レジン(樹脂)及び毒性物質の使用を制限する条件

3.4 モルタルの分類  
モルタルは、セメント水比、セメントの粒径、含有化学物質により特徴づけられる。

4. 注入工の施工
- 4.1 注入の基本原則
- 4.2 施工手順
- 4.3 組織及び施工管理
- 4.4 施工機械
5. 注入の施工管理
- 5.1 管理体制
- 5.2 管理方法及び試験
- 5.3 品質管理
6. 注入費用
- 6.1 一般的考察
- 6.2 見積り項目一覧表

### 参考文献

用語解説 (文責：高野佳博・鉄建建設(株))

ボストンの地下鉄 RED LINE における計測管理システム/UNITED STATES-MONITORING REPORT: Instrumentation for Boston's Red Line metro tunnel TUNNELS & TUNNELING, VOL.30, NO.6, JUNE 1998.

ボストンでは、主要な交通機関である地下鉄 Red Line Tunnel(以下、RLT と称す)の直上 1.8m に高速道路用の沈埋トンネルを設置する工事が計画され、工事に伴い RLT に及ぼす影響を監視するため詳細な計測管理システムが採用された。

当区間の工事は、延長 330m の沈埋トンネルと延長 120m の開削トンネルからなり、6 基の沈埋トンネル管は Fort Point 水路の直下にある供用中の RLT 上を斜交して沈設される(図-1参照)。沈埋トンネルの製作・設置が主な工事である。

RLT は、1916 年に圧気シールド工法で建設された。掘削径は 7.2m で 23cm 厚の木製ライニングと 60cm 厚

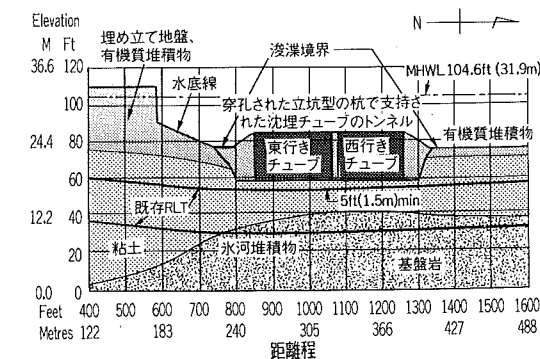


図-1 RLTの縦断面

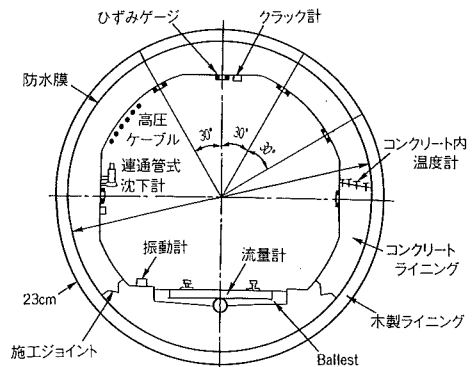


図-2 RLTの標準的な計測断面

のコンクリートセグメントでライニングされ、その間にアスファルトの止水膜が設けられている。工事に先立ち、超音波、レーダ、弾性波、ポーリングコアの強度試験などのトンネル健全度調査が行われた。

その結果、コンクリートは健全で、一軸圧縮強度は48~62MPaであった。

また、地質調査、室内試験、数値解析が行われた。水路の浚渫、地下水位低下、沈埋トンネルの設置工事の影響で、RLTは浮き上がり、沈下など複雑な挙動を示し、トンネルのジョイント部の開口や新たなクラックが生じ、トンネル内への漏水が増加することが想定された。

このため、RLTの挙動を計測、管理、制御するための詳細なプログラムが策定された。

標準的な計測断面を図-2に示す。RLTの鉛直変位の計測方法として種々の方法が比較検討され、計測精度、分解能を考慮して連通管式沈下計(Liquid level system)が採用された。この計測器は、連通管(管内に液体と空気とが満たされる)とこれに沿って複数箇所にした圧力変換器とから構成され、RLTの鉛直変位は変換器部分の水位の変化として計測される。

連通管はRLTの側壁に水平に設置され、2本のトンネルでクローズドシステムとなっており、連通管の延長は1,300mに達する。

また、ライニングのジョイントの挙動計測のため、1断面に2か所、トンネル延長方向に4.5m間隔でクラック計が設けられている。ライニングの応力、ひずみ計測のため1断面に3~6か所にひずみゲージが設置される。ゲージ長は粗骨材の最大寸法から20cm長の特別仕様のゲージが採用された。

漏水流量の計測システムは、インバートに設けられた排水溝内の流量計8台、圧力計1台、ポンプスイッチリレー1台で構成され、排水ポンプの運転を制御するようになっている。

すべての計測は自動化され、計測機器と制御システム

はLANで連結されている。モニタリング基地はトンネル内のポンプ室に設けられ、データは電話回線により転送され、データ処理、保存、図表の作成が行われる。

本計測システムは工事中の2年間稼働されることになっており、潮汐の影響も記録できるほど正確である。このシステムにより、建設後80年を経過した活線下のRLTと1.5~1.8mの土かぶりで交差する高速道路トンネルの工事が可能となる。(文責：萩森健治・(株)奥村組)

膨張性粘土地山での Miglionico トンネルの建設と計測 / "Miglionico" tunnel in blue clays : construction methods and structural and geotechnical monitoring

Gallerie, No.1, March 1997

Miglionicoトンネル(イタリア)は、MateraとFerrandinaを結ぶ鉄道トンネルで、土かぶり約300m、メタンガスや被圧水を有する緩い砂層(層厚数cm~10cm)を挟むblue-gray clays(可塑性の強い洪積粘土層)での施工である。トンネル延長は6,503m、両坑口から1,000~1,500mまでは馬蹄形、中央部(3,726m)は高い膨張圧のため外径約10mの円形断面で建設されている(図-3参照)。

円形断面部では、高膨張圧への対策として、長さ13mの鋼管(41本)による先受け(トンネル進行方向9m間隔)と長さ24mのグラスファイバーボルト(27本)による切羽補強を採用している。また、トンネルの4地点で各施工段階における支保工や覆工応力、土圧などの計測を行っている。

トンネルの施工は、掘削による地山の塑性領域の拡大を極力抑えるために、早期にトンネル断面を閉合させて

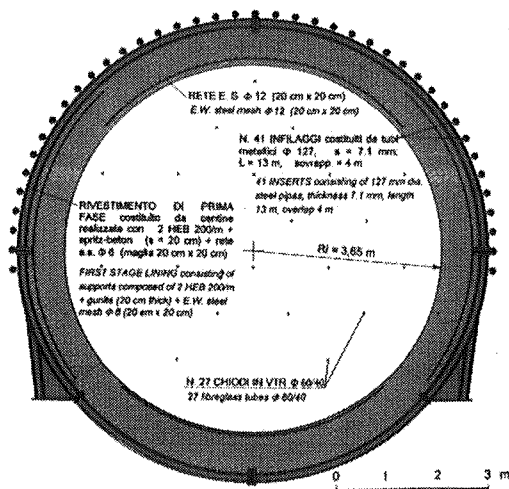
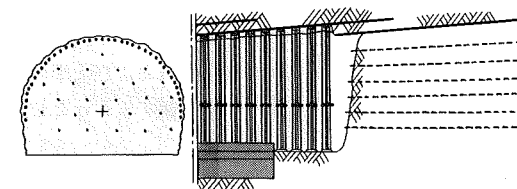


図-3 トンネル断面図(円形断面部)

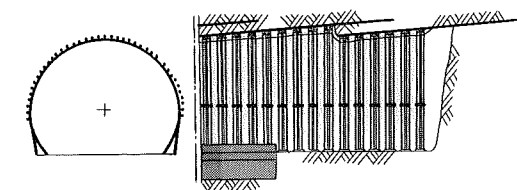
ステップ1

- 鋼管による先受け(φ127/8.1, L=13m, n=41本, トンネル縦断方向9m間隔)
- グラスファイバーボルトによる切羽補強(φ60/10, L=24m, n=27本, トンネル縦断方向18m間隔)



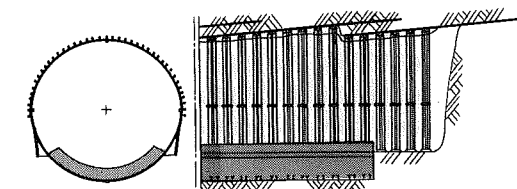
ステップ2

- 全断面掘削(約6m区間, インバート部除く)
- 鋼製支保工の設置
- 吹付けコンクリートの打設(厚さ200mm)



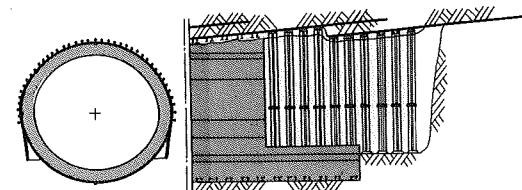
ステップ3

- インバート掘削(約6m区間)
- インバート部鋼製支保工の設置
- インバートコンクリートの打設



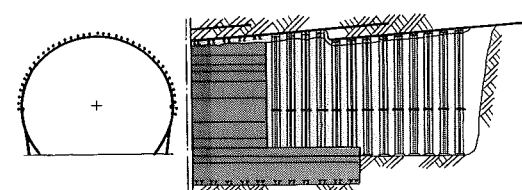
ステップ4(ステップ1と同時期に施工)

- 二次覆工の施工(打設長9m以上, 切羽からの離れは最大30~40m)



ステップ5

- 全断面掘削(約3m区間, インバート部除く)
- 鋼製支保工の設置
- 吹付けコンクリートの打設(厚さ200mm)



ステップ6

- インバート掘削(約3m区間)
- インバート部鋼製支保工の設置
- インバートコンクリートの打設
- ステップ1に戻る

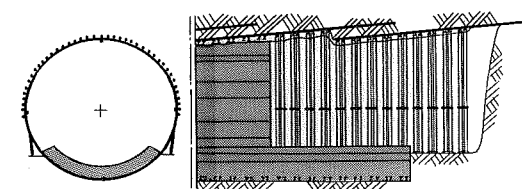


図-4 トンネルの施工手順

いる(図-4参照)。

その手順は以下のくり返しである。

- ① 先受け(13m)と切羽補強。
- ② 約6mの切羽掘削と支保工(鋼製支保工および厚さ20cmの吹付けコンクリート)。
- ③ インバートの掘削およびコンクリート打設(約6m)。
- ④ 覆工コンクリートの打設(切羽から最大30~40mの後方, 約9mの区間)。
- ⑤ 約3mの切羽掘削と支保工(鋼製支保工および厚さ20cmの吹付けコンクリート)。
- ⑥ インバートの掘削およびコンクリート打設(約3m)。

Miglionicoトンネルは平均5m/日を越える進行を記録しており、完成間近にあるが、厳しい地質条件での大断面トンネルとしては満足な結果であると考えられる。

今回の施工および計測結果から得られる結論は以下のとおりである。

- 本地点のように可塑性の大きい粘土地盤では、トンネル掘削後の変位を早急に抑えることが重要であり、その対策としてはトンネル断面の早期閉合が有効である。
- トンネル断面の閉合では、切羽から1/2~1D(D: トンネル掘削外径)以内で一次支保工、切羽から3~4Dの位置で2週間以内に二次覆工による閉合が目安となる。
- この場合、支保工および覆工への初期荷重は大きいですが、地盤の物性劣化による長期荷重の増大を制限することが可能となる(図-5参照)。
- また、漏水も地盤物性を複雑なものとし、トンネルの安定性に重大な影響を及ぼすため、早期の覆工が必要となる。

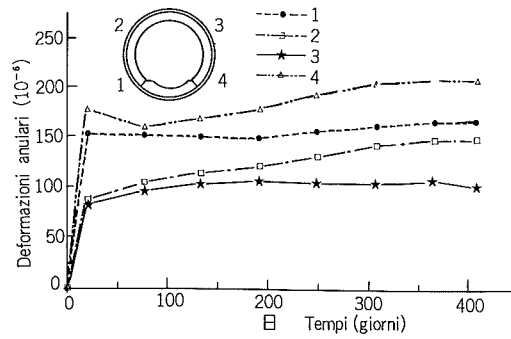


図-5 鋼製支保工のひずみ経時変化

• なお、blue clays はイタリアでは広く分布しているが、常に本報告のような困難を伴っているものではない。(文責：吉村和彦・(株)間組)

ローマ地下鉄における駅部の設計と施工 / Design and construction of a station on the Rome Metro

Prof. Dr Eng. Pietro Lunardi, Dr Eng. Alessandro Focaracci : T&T International, March, 1998

ローマの中心部で、大型の地下鉄 Baldo degli Ubaldi 駅(スパン 21.5m, 高さ 16m)は、高層ビルに囲まれた交通量の多い道路の下で現在建設中である。

地質は 2 種類からなり、1 つは基盤をなす青い鮮新世の粘土であり、他は上部の比較的新しい地質のシルト質砂で、地下水位は地表から 10~12m である。

設計は“診断”と“治療”の 2 段階に分けられた。“診断”は、設計技術者は調査資料をもとに掘削に伴う変形に対

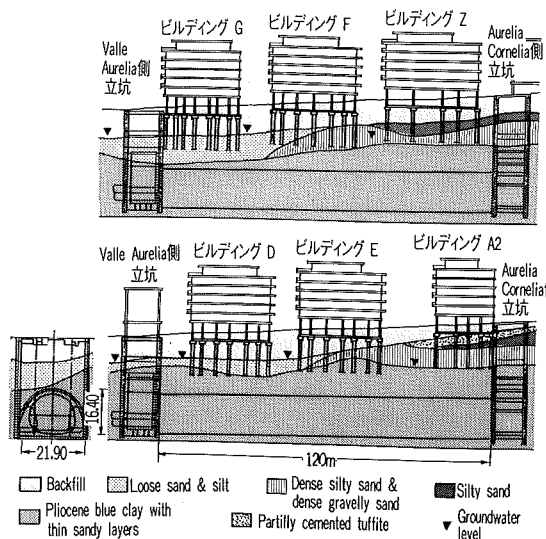


図-6 トンネルと周辺の構造物

して信頼できる予測をすることである。地山は地盤の変形性から切羽が自立するか否かで 3 つに区分された。また“治療”ではそれぞれの自立性区分別に対処方法を検討しているが、大部分の切羽は短期間であれば自立するものと判断された。地表面の沈下を防止するために、掘進速度と地山の安定および水の影響などについて検討し、グラスファイバーボルトにより側壁導坑および上半の切羽を補強し、鏡からの押し出し力を低減することとした(図-6)。

新しい建設システムは、アーチ部の掘削のために考案されたもので、グラスファイバーボルトによる切羽前方の地山の強化と機械式のプレカッティング工法および“アクティブアーチ”原理にもとづいたものである。この施工方法は、従来の鋼製支保工と吹付けコンクリートによる工法では得られないトンネルの変形をもっと確実に制御する方法として、地表に建つ居住用ビルの沈下を最小限に抑制するために、絶対に必要な方法と判断されたものである。

グラスファイバーボルトで切羽前方の地山を強化することは切羽での押し出し力を減少させ、その結果として、地表面沈下の根本的な原因となる内空変位による空隙の形成を防ぐ効果がある(図-7)。

機械式のプレカッティング工法は通常、トンネル内と地表の安全を危うくする可能性のある切羽が到達する前に始まる変形を短期間なりとも阻止するために、絶対に必要な初期拘束効果を得る方法である。

“アクティブアーチ”は、切羽に接近したところで組み立てられる事前に作られたコンクリートセグメントによる最終の覆工からなり、キーセグメントに取り付けられた特殊ジャッキを使用して載荷状態にするもので、直にアーチを作り長期にわたる空隙周辺の変形を抑制するものである。

そして、これらの新しい技術を組み合わせて掘削ができるように、特別な機械が設計された。それはアーチ部の掘削断面と同じ形の大きな鋼製のポータルで、側壁導坑部に設けられた縦方向の部材に乗せられ、前後に移動

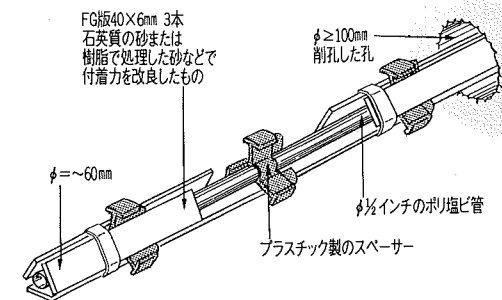


図-7 グラスファイバーボルト

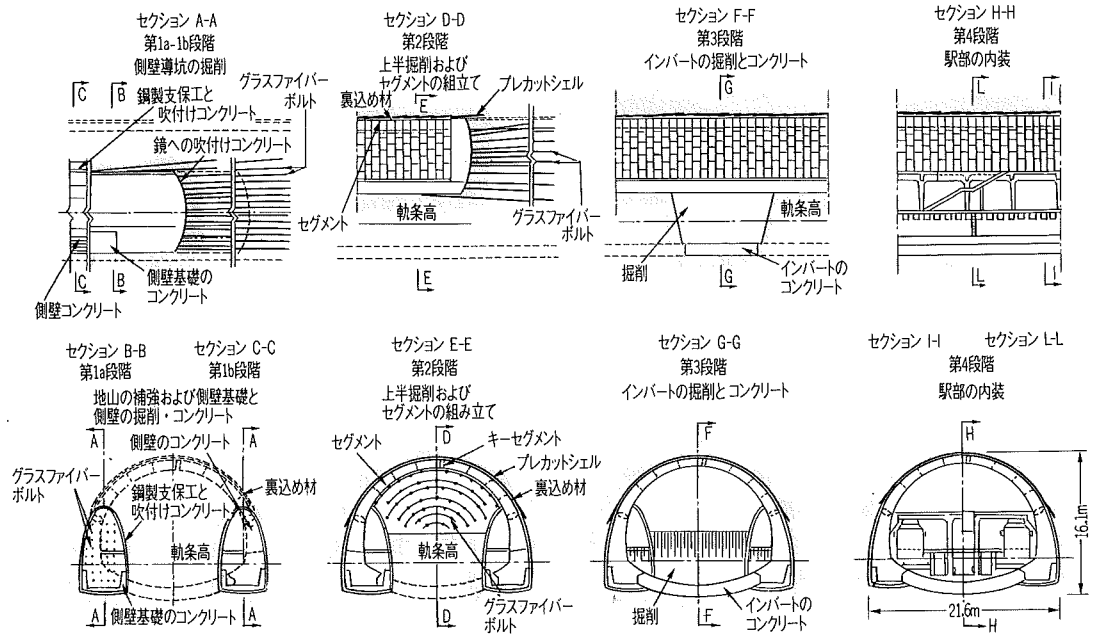


図-8 施工順序

できるようになっている。このポータルは機械式プレカッティング機のみでなく、2次覆工用コンクリートセグメントをハンドリングする機械も備えている。

施工順序を図-8に示す。2本の発進立坑(断面 200m<sup>2</sup>, 深さ 30mと 40m)の掘削の後、道路中央の 2 車線を閉鎖し、シートパイルで周辺の地盤と縁を切り、駅舎の両端の立坑から 2 本の側壁導坑(幅 5m, 高さ 9m)の掘削を開始した。また、側壁はファイバー入りの吹付けコンクリート(厚さ 200mm)および鋼製支保工による一次覆工の後、側壁コンクリートを打設。

上半(スパン 21.5m, 高さ 8.5m, 面積 125m<sup>2</sup>)を掘削し、プレキャストコンクリートセグメントを組み立て、下半とインバート部(90m<sup>2</sup>)の掘削の後、コンクリート打設となる。防水はネオプレンシールと防水材をセグメントの中のチューブに注入して行う。

地表面沈下を許容値内に収めるために、特製のグラスファイバーボルトによって切羽前方の地盤を強化した。上半の掘削では、掘削に先行して長さ 25m のグラスファイバー(最小オーバーラップ長 6.1m)47 本が地盤強化のため切羽に挿入された。また、長さ 3.5m, 厚さ 200mm の機械式プレカットシェルも切羽の前方に純スパン 21.5m のトンネルが形成できるように、切羽が 2.7m 進行するごとに施工された。このプレカットシェルが、とくに強度が高く、かつ均質なものとするために、吹付けコンクリートではなく、コンクリートをポンプで打設できるように機械を改良した。

プレキャストコンクリートセグメントは 12 ピースからなり、重量はそれぞれ 6.5 t で、2 つのセグメントがトンネルの側壁部に支えられる構造である。組み立て完了後、直ぐプレカットシェルとセグメントとの隙間は吹付けコンクリートで充填され、キーセグメントに取り付けられたジャッキによりアーチにプレストレスが施されることにより、アーチ作用が機能し自立する。このように切羽の間近で 2 次覆工をし、アーチを直ちに載荷状態にすることにより、地表面が沈下するリスクを大幅に減少させることができ、かつ 0.7~0.9m/日の進行を確保できた(図-8)。

施工中の観測は、設計(“診断”と“処置”)が適切であったか否かを総合的に判定する重要な場面であり、設計に細やかな変更を加え、うまく機能するようにするときである。

したがって次の事項について常に観測された。すなわち、工事の影響を受ける近隣のビルの挙動、ビルの基礎の沈下、地下水位の観測、切羽での地盤の押し出しと内空変位、コンクリートセグメント覆工の応力とひずみの進行度合いなどである。

工事は 1992 年に開始され、完成をみたところである。このシステムは大変うまく機能し、この種のプロジェクトで、この種の地質では比較的良好な進行をみることができた。また、地表面の沈下量も立坑近くの圧密沈下を生じた一部を除けば、設計時点での予測値以下となっている。

(文責：関順一・前田建設工業(株))

「トンネルと地下」1998年1～12月号総目次

〈平成10年・年間総目次〉

巻月号頁	JTA支保幹事会	29	1	71
〈巻頭言〉	TBMは日本の地質を克服できるか(1)	29	3	49
年頭所感—冬の時代に思う—岡田 宏	西松裕一・須賀武・宇賀克夫	29	3	49
東京湾アクアラインの建設を振り返って	「97トンネル新技術調査」報告	29	3	59
大城 金夫	JTA研究開発委員会	29	3	59
29	2	5		
技術開発に思う	TBMは日本の地質を克服できるか(2)	29	3	5
高階 實雄	小山俊博・三浦克	29	4	39
おめでとう、そして、ありがとう	アルプストンネルに日本の技術	29	4	39
松浦 先信	北川修三・熊耳哲雄・登坂敏雄	29	4	49
29	4	5		
土木と経営	TBMは日本の地質を克服できるか(3)	29	5	55
矢野洋一郎	領家邦泰・西松裕一	29	5	55
29	5	5		
新しいトンネル技術に期待する首都高速道路	都市トンネル工事の実態調査〈開削工事における仮設備の実態について〉	29	6	47
椎名 彪	JTA契約積算委員会	29	6	47
29	6	5		
トンネル工事雑感	「第24回ITA総会」報告	29	9	57
甕 哲司	日本トンネル技術協会	29	9	57
29	7	5		
『循環型社会づくり』と下水道技術者	南米トンネル現場見学記	29	10	59
鈴木 章	JTA南米トンネル技術調査団	29	10	59
29	8	5		
「今問われる、技術教育の重要性」	鉄道トンネルに海外セグメントを採用	29	12	55
中禮 俊則	西林聖武・野焼計史・辻雅行	29	12	55
29	9	5		
シールドトンネルのコストダウンのための一考	図で見るトンネル工事の推移と'97現況	29	12	67
田村 滋美	佐藤久・田中勝雄	29	12	67
29	10	5		
トンネル工事費の縮減	西岡 隆	29	12	5
土岐 康夫		29	12	5
29	11	5		
雑感		29	12	5
西岡 隆		29	12	5
29	12	5		
〈研 究〉	〈計 画〉			
岩石ごとの地山挙動に関する研究	青森に延びる新幹線計画〈東北新幹線 八戸・新青森間〉	29	10	51
中田雅博・西村和夫・中野清人	先山友康・佐々木裕	29	10	51
29	1	53		
トンネル切羽安定性の評価手法に関する一考察	〈解 説〉			
岩井勝彦・中田雅博・矢野寛	新しいセグメントをさぐる	山本 稔	29	7
29	3	41		
常磐新線の工事費縮減に向けて〈セグメント幅の拡大化の検討〉	変状トンネル対策工の設計法	朝倉俊弘・小島芳之・城間博道・三谷浩二	29	8
鈴木真男・山崎政俊・町田茂一	河川横過シールドトンネルの耐震性照査〈中川横過配水本管(φ1,500mm)布設工事〉	29	8	63
29	6	41		
セグメントシールド材による止水設計法の提案	小泉美彦・長井正憲・久保田真・福本明夫	29	11	47
花見和則・岡留孝一・大塚正博	沈埋トンネルITA報告書概要	29	11	55
29	7	53		
高強度鋼繊維補強吹付けコンクリートの開発〈工学的諸性質に関する一考察〉	JTA研究開発委員会	29	11	55
大窪克己・明道俊治・伊東淳・川上正史		29	11	55
29	10	45		
FFC(袋詰めコンクリート)覆工工法の開発	〈鉄道トンネル〉			
井田隆久・高松伸行・西川和良	高被圧地盤掘削における盤膨れ防止対策〈MM21線 元町駅西工区〉	鹿島隆・大竹孝司・舛田高一・鶴田稔	29	1
29	11	37		
〈報 告〉	100年経った煉瓦積みトンネルの補修〈JR篠ノ井線 冠着トンネル〉	29	7	7
広州地下鉄1号線セグメント工場および現場視察		29	7	7
松葉 忠		29	1	65
29	1	65		
ノルウェーにおける吹付けコンクリートに関するQ&A				

荻原都男・藤岡聡・竹中一浩	29	3	17
SFRC覆工で収束しない変位に対抗〈東北新幹線 岩手トンネル女鹿工区〉	29	8	29
丹野弘・小原誠二・鬼頭芳弘・野村貢	29	8	29
高強度吹付けコンクリートの施工試験〈磐越自動車道 鞍手山トンネル〉	29	8	35
佐藤達雄・三谷浩二・遠藤祐司・細谷多慶	29	8	35
国内初の2層道路トンネル〈首都圏中央連絡自動車道 青梅トンネル〉	29	9	15
藤村三喜男・山野賢治・原田浩史・須藤敏明	29	9	15
トンネル支保工の高規格化への取り組み〈大断面トンネルへの適用に向けて〉	29	9	49
小林隆幸・寺本哲・小門武・篠原雅樹	29	9	49
軟岩トンネルのTWSによる急速施工(1)〈北陸自動車道 山王トンネル〉	29	10	15
田名瀬寛之・芹川博・山本宏司・菅正	29	10	15
88mのバイブルーフで線路下を横断〈さいたま新都心東西中央幹線道路〉	29	11	7
根 征喜	29	11	7
軟岩トンネルのTWSによる急速施工(2)〈北陸自動車道 山王トンネル〉	29	11	15
田名瀬寛之・芹川博・山本宏司・菅正	29	11	15
箱根新道直下を小土かぶりて掘る	29	12	19
木村岸夫・高橋広幸・進藤敏則・小林孝行	29	12	19
国内初の大型自由断面掘削機による効率的掘削〈高規格127号富津・館山道路 竹岡第1トンネル〉	29	12	27
中川誠・千野啓次・今岡彦三・今村仁悟	29	12	27
29	12	27	
〈道路トンネル〉			
高強度吹付けコンクリートにより大土かぶりを克服〈一般国道194号 寒風山トンネル〉	29	1	17
後藤守・岡崎和彦・尾上誠一	29	1	17
供用線近接の避難坑拡幅によるⅡ期線施工〈北陸自動車道 市振トンネル〉	29	3	15
田名瀬寛之・斎藤宏・上原希四郎	29	3	15
偏平率0.56で流れ目地山の破砕帯を掘る〈奄美大島 毛陣トンネル〉	29	4	7
木下薩男・若松昭彦・吉海賢輔・横崎照将	29	4	7
能登半島の地すべり地帯をNATMで貫く〈国道249号 大谷トンネル〉	29	4	15
鶴井英樹・今井洋・金田登志昭・甘利哲夫	29	4	15
中央構造線に近接したⅡ期線の施工〈松山自動車道 大頭トンネル〉	29	5	19
石井憲一・椎野貴行・後藤良平	29	5	19
強風化地山を貫く偏平大断面トンネル〈一般国道196号 粟井坂トンネル〉	29	6	17
大喜多孝雄・山内知治・浅川敏以・福與智	29	6	17
飛鳥山公園下の断面めがねトンネルの施工〈首都高速中央環状王子線 飛鳥山トンネル〉	29	7	15
佐藤栄作・森清・三浦正幸	29	7	15
泥岩地すべり地帯を小土かぶりて貫く〈静岡県広域営農団地農道整備事業 薬師トンネル〉	29	7	25
村松重廣・森了・河南幸治・宮崎裕光	29	7	25
29	7	25	
標高1,790mから450mの立坑を掘削〈一般国道158号 安房トンネル換気立坑〉			
〈地下鉄道トンネル〉			
首都高橋脚に近接した地下鉄駅の掘削〈営団7号線 東六本木駅〉	29	1	25
中島誠三・浅井俊夫・本田靖典	29	1	25
逆巻き工法で首都高トンネルと一体施工〈都営地下鉄12号線 中野坂上工区〉	29	3	25
岡田泰一・臼杵進・大和田裕	29	3	25
世界最大径泥水シールドで都心を掘る〈営団7号線 南麻布工区〉	29	4	23
矢萩秀一・森義也・軽込茂	29	4	23
都市施設が輻輳する被圧帯水砂層の3面シールド駅〈地下鉄12号線環状部 飯田橋駅〉	29	5	33
金安進・岩本利美・開米章	29	5	33
着脱式泥水三連型駅シールドの施工〈営団7号線 白金台駅〉	29	6	25
氏家進・沼澤憲二郎・森章	29	6	25
名古屋地下鉄の環状線化〈市営地下鉄4号線の建設概要〉	29	7	33
塚本晃・高瀬正弘・小本曾孝行	29	7	33
地下鉄2線を受けて新駅をつくる〈地下鉄12号線環状部 青山一丁目駅〉	29	8	43
才口六男・西村良・西尾誠高	29	8	43
AGFと長尺鏡ボルトで交差点直下を掘る〈横浜高速鉄			

道1号線 矢沢工区) ..... 戸屋勉・渡辺洋・小川誠二・河上英二 29 9 27  
 地下鉄にハニカムセグメントを採用(都営12号線 相生シールド) ..... 金安進・新治均 29 10 23  
 大地下車庫の建設と潜土工法によるシールド障害物撤去(神戸市地下鉄海岸線) ..... 笠井弘之・吉本幸宏・長光弘司 29 11 27  
 首都高速橋脚を挟んでシールドを掘る(営団7号線 麻布台A線・B線工区) ..... 中島誠三・石川早苗・山村学 29 12 37

〈サービストンネル〉

ボルトレス合成セグメントによる地下河川の施工(寝屋川北部地下河川古川調節池) ..... 大山剛毅・石村勝宏・中村稔 29 1 33  
 環状7号線直下での地中接合および二段式シールド分離(環7東海松原橋管路新設工事) ..... 大塚正博・綿引秀夫 29 1 43  
 大深度円形立坑からNOMSTでシールド発進(関西電力谷町筋管路新設工事) ..... 藤田守正・近藤悦吉・山根淳・伊藤忠彦 29 3 33  
 親子シールドによる雨水幹線の施工(大阪府 高槻島本雨水幹線) ..... 中田宏・三方光男 29 4 31  
 φ2,200mm泥水推進で16%上り急勾配に挑む(向台線管路新設工事その1) ..... 松ヶ谷博・小倉信夫・塩沢正美 29 5 45  
 分岐シールド工法によるT字形管路の築造(関西電力谷町筋管路・上二本町線管路) ..... 名出麦生・松田豪司・高須賀洋一・磯陽夫 29 6 33  
 太鼓形シールドトンネルが貫通(302号小田井山田共同溝異形断面シールド) ..... 山口豊・水野良浩・押谷則夫・西村彰夫 29 7 41  
 凍結地盤内温度・冷却速度管理による凍結膨張力制御法(神田川・環7地下調節池接続工事を踏まえ) ..... 廣木良司・宮森敏・了戒公利・野木明 29 8 7  
 洪積地盤における縦横連続シールドの縦施工(都下水道第二・十二社幹線工事) ..... 横山博一・伊東三夫・佐藤和郎 29 8 55  
 6m<sup>2</sup>のトンネルを薬液注入で克服(迫川幹線用水路トンネル工事) ..... 大坪義昭・米田富雄・高桑学・小原克己 29 9 35  
 円形DPLEXシールドで軟弱地盤を掘る(江東区南砂, 北砂下水道再構築工事) ..... 古川行茂・鈴木喜三雄・平林勉 29 9 43  
 水道シールドの省面積立坑(都水道局 目黒幹線3工区) ..... 篠原修・花崎正幸・小山正幸・田畑覚士 29 10 33

ほぞ付きセグメントを用いた小口径シールド ..... 鈴木昭彦・林光俊・高橋厚・滝本孝哉 29 12 47

〈東京湾アクアライン開通記念特集〉

東京湾アクアラインの開通にあたって ..... 市川 義博 29 2 7  
 東京湾アクアラインの開通までの歩み ..... 駄竹 清志 29 2 9  
 東京湾アクアラインの技術  
 大水深、φ14.14mのシールド掘進 ..... 山田憲夫・松岡廣志 29 2 17  
 地震に強いシールド技術 ..... 山田憲夫・松岡廣志・橋義規 29 2 22  
 巨大ロボット最大2,853mの掘進 ..... 岩本哲・野口隆 29 2 28  
 漏水のないトンネルに挑戦 ..... 中村隆良・今石尚・大坂衛 29 2 32  
 ミリの世界のドッキング ..... 米沢実・奥本現・阿部功 29 2 40  
 白い凍土はシールドの守り神 ..... 石倉克司・榊田幸弘 29 2 45  
 初めて床版下空間を利用した安全設備 ..... 楠本信司 29 2 50  
 海上部をささえる陸上工事 ..... 海野洋一 29 2 55  
 東京湾アクアラインのトンネル施工を終えて ..... 遠嶽信幸・岡崎雅好・松本龍二・杉江清・石倉克司・中村隆良・岩本哲・三木慶造 29 2 59

〈連載講座〉

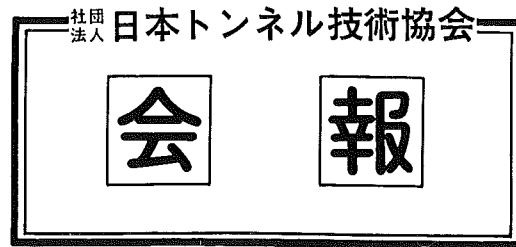
地盤改良(12)〈事例 シールドトンネルⅡ(下水・水道分野)〉 ..... 「地盤改良」連載講座小委員会 29 1 77  
 シールドトンネルの掘進管理(8)〈掘削土管理〉 ..... 「シールドトンネルの掘進管理」連載講座小委員会 29 1 89  
 地盤改良(13)〈事例 山岳トンネルⅠ(鉄道分野)〉 ..... 「地盤改良」連載講座小委員会 29 2 73  
 シールドトンネルの掘進管理(9)〈環境管理・資材搬送管理〉 ..... 「シールドトンネルの掘進管理」連載講座小委員会 29 2 83  
 地盤改良(14)〈事例 山岳トンネルⅡ(道路分野)〉 ..... 「地盤改良」連載講座小委員会 29 3 73  
 シールドトンネルの掘進管理(10)〈実施例〉 ..... 「シールドトンネルの掘進管理」連載講座小委員会 29 3 81  
 地盤改良(最終回)〈座談会〉 ..... 「地盤改良」連載講座小委員会 29 4 57

シールドトンネルの掘進管理(最終回)〈実施例〉 ..... 「シールドトンネルの掘進管理」連載講座小委員会 29 4 69  
 大規模地下空洞(1)〈序論「大規模地下空洞の概要, 歴史」〉 ..... 「大規模地下空洞」連載講座小委員会 29 5 63  
 建設・保守管理へのフィードバック(1)〈変状事例からみた提案〉 ..... JTA保守管理委員会 29 5 69  
 大規模地下空洞(2)〈大規模地下空洞の調査〉 ..... 「大規模地下空洞」連載講座小委員会 29 6 61  
 建設・保守管理へのフィードバック(2) ..... JTA保守管理委員会 29 6 75  
 大規模地下空洞(3)〈大規模地下空洞の設計〉 ..... 「大規模地下空洞」連載講座小委員会 29 7 67  
 建設・保守管理へのフィードバック(3) ..... JTA保守管理委員会 29 7 75  
 大規模地下空洞(4)〈大規模地下空洞の施工〉 ..... 「大規模地下空洞」連載講座小委員会 29 8 73  
 建設・保守管理へのフィードバック(最終回) ..... JTA保守管理委員会 29 8 81  
 大規模地下空洞(5)〈大規模地下空洞の計測管理, 情報化施工〉 ..... 「大規模地下空洞」連載講座小委員会 29 9 69  
 セグメントの新技術(1) ..... 「セグメントの新技術」連載講座小委員会 29 9 77  
 大規模地下空洞(6)〈事例 関西電力(株)奥多々良木発電所増設〉 ..... 「大規模地下空洞」連載講座小委員会 29 10 71  
 セグメントの新技術(2)〈薄型化・高強度セグメント, サンドイッチ型合成セグメント, 矩形トンネル用合成セグメント〉 ..... 「セグメントの新技術」連載講座小委員会 29 10 85  
 大規模地下空洞(7)〈事例 東京電力(株)葛野川地下発電所〉 ..... 「大規模地下空洞」連載講座小委員会 29 11 69  
 セグメントの新技術(3)〈ボルトレスNMセグメント, 二次覆工省略型ダクタイルセグメント, リングシールド工法用セグメント, コンクリート中詰め鋼製セグメント〉 ..... 「セグメントの新技術」連載講座小委員会 29 11 83  
 大規模地下空洞(8)〈事例 石油地下備蓄〉 ..... 「大規模地下空洞」連載講座小委員会 29 12 75

セグメントの新技術(4)〈DNAシールド, ガイドロックセグメント, ウイングセグメント, ハニカムセグメント〉 ..... 「セグメントの新技術」連載講座小委員会 29 12 83

〈現場だより〉

「北緯40度を掘る」 ..... 小野 邦夫 29 1 32  
 新生「奥三面」から ..... 松田 健 29 1 42  
 「前略, 塩の道」より ..... 松田 幹彦 29 3 14  
 「復興の進む神戸」から ..... 森本 剛 29 3 24  
 「焼きものの里」信楽より ..... 藤木 省三 29 3 32  
 「四国三郎」の中流域 三好町より ..... 山田 年宏 29 4 14  
 「酒処を掘る」 ..... 東久保正秀 29 4 22  
 「姫神山」の裾より ..... 重盛 剛彦 29 4 30  
 「阿波の松島・橋湾」から ..... 古池 茂男 29 4 38  
 「坂の町」文京区千駄木から ..... 日野 靖男 29 5 32  
 「真っ青な海と紬の島」から ..... 井上 司 29 5 44  
 「架橋の町」今治より ..... 佐伯 宗武 29 5 53  
 「おみこしの町」東陽町から ..... 相田 禎二 29 6 16  
 「ねぎとこんにゃくのまち」下仁田町より ..... 青嶋 寿夫 29 6 31  
 「わが大蔵は雪の村」より ..... 小原 克己 29 6 46  
 「北国街道・牟礼宿」から ..... 松原外喜雄 29 6 74  
 『歴史と伝説の霊山』紫尾山より ..... 細谷 康彦 29 7 24  
 『但馬の四季を楽しみながらトンネル工事』 ..... 大山 茂 29 8 18  
 『舞鶴の旅を一緒に』 ..... 藤原 春雄 29 8 28  
 『出羽三山の裾野』より ..... 川又 養市 29 8 42  
 『錦鯉の里』山古志村より ..... 星 勉 29 8 54  
 「山霧に抱かれる古刹一棧真寺」大郷町・大和町から ..... 馬場 裕 29 9 14  
 『南国沖繩・山原』から ..... 宮脇 義憲 29 9 26  
 『史跡伝承の里』天鷲村より ..... 村井 博之 29 10 32  
 『東洋一の軍港』呉市より ..... 土屋 敏郎 29 10 44  
 “せせらぎと郡上踊りのまち”郡上八幡より ..... 山岡 義尚 29 11 14  
 「御巢鷹の尾根」上野村より ..... 丸山 功 29 11 26  
 「千余年の足跡を残す追憶と浪漫の里」生野町より ..... 樋口 武 29 12 18  
 「交流ふれあいトンネル」桜江町から ..... 國口 晴夫 29 12 26



1. 会員の現状

	9月25日現在	10月25日現在
正会員	1,760名	1,760名
団体会員	280名	280名
個人会員	1,480名	1,480名
名誉会員	1名	1名
計	1,761名	1,761名

2. 委員会の開催状況(10月1日～10月31日)

① 調査研究関係委員会

◎契約積算委員会

都市トンネル小委員会：10/8(渡部敏委員長ほか13名)安全費調査表を検討

◎施工技術委員会

支保幹事会：10/22, 23(田口博一幹事長ほか16名)現地調査

同 ロックボルト分科会：10/8(天野悟主査ほか10名)解析の進め方を検討

同 吹付け分科会：10/14(富澤直樹主査ほか12名)支保効果資料を検討

TBM工法小委員会幹事会：10/28(高津荘太幹事長ほか14名)報告書原稿を検討

爆破技術特別小委員会幹事会：10/12(亀岡友美幹事長ほか20名)調査項目を検討

覆工特別小委員会幹事会：10/9(西村和夫幹事長ほか11名)業務内容を検討

◎研究開発委員会

大深度地下利用技術小委員会シールドWG：10/7(後藤徹主査ほか8名)作業方針を検討

同 山岳WG：10/9(岩田充功主査ほか5名)作業方針を検討

同 立坑WG：10/13(中村俊明主査ほか5名)作業方針を検討

◎地下利用委員会：10/15(古木守靖委員長ほか21名)ITA作業部会報告

◎シラストーンネル特別委員会：10/15(橋木武委員長ほか26名)トンネル断面を検討

◎平戸トンネル特別委員会：10/21(山本稔委員長ほか18名)現地調査

計 13回開催 191名出席

② 運営広報関係委員会

◎国際委員会

企画調整幹事会：10/15(吉野清文幹事長ほか9名)今後の作業方針を検討

国内広報幹事会：10/8(菊池一成幹事長ほか7名)ワールドニュースを検討

ITA対応幹事会：10/27(満田紀元幹事長ほか9名)ITA WG参加対策

◎事業委員会打合せ会：10/20(桑原彌介委員長ほか9名)海外調査方針を検討

◎会誌委員会：10/7(橋本定雄委員長ほか11名)11月号の会誌と3か月計画

計 5回開催 50名出席

合計 18回開催 241名出席

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催等
トンネル設計・施工におけるリスク軽減	98.12. 7, 8	バーゼル(スイス)	Independent Technical Conferences Ltd.
インタートンネル(ヨーロッパ)'98	98.12. 8~10	バーゼル(スイス)	Interfama Brooks Exhibitions社他
第1回国際会議「都市内トンネル, 地下空間へのアクセス, 美観の問題」	98.12. 9, 10	バーゼル(スイス)	Independent Technical Conferences Ltd.
第2回国際会議「トンネル事故処理」	98.12. 10, 11	バーゼル(スイス)	Independent Technical Conferences Ltd.
第10回オーストラリアトンネル会議-空間の競争(地上か地下か?)	99. 3. 21~24	メルボルン(オーストラリア)	オーストラリア地下建設・トンネル協会
第8回吹付けコンクリート会議	99. 4. 12~15	サンパウロ(ブラジル)	Engineering Foundation
第25回ITA総会およびコンgres "21世紀への挑戦"	99. 5. 29~6.3	オスロ(ノルウェー)	ノルウェートンネル協会 国際トンネル協会
軟弱地盤における地下建設の地盤工学的諸問題に関する国際シンポジウム: IS-Tokyo'99	99. 7. 19~21	東京	地盤工学会 国際土質工学会
地下工事-構想と現実	99.10. 25~28	パリ(フランス)	フランストンネル地下協会(AFTES)
第26回ITA総会およびコンgres "各種圧力下のトンネル"	2000. 5. 13~18	ダーバン(南アフリカ)	南アフリカトンネル協議会 国際トンネル協会

4. 平成10年度催物

催物名	開催日	人数	場所
(見学会)			
ブラジル国際トンネル会議技術調査	98. 4. 20~5.1	28	アメリカ, ブラジル, アルゼンチン
新潟地区トンネル現場研修会(鉄道公団・新俱利伽羅トンネル, 道路公団・城端トンネル)	98. 5. 18, 19	23	新潟
みなとみらい21線現場研修会	98. 6. 26	34	神奈川
きらめき通り地下通路工事現場研修会	98. 6. 30	27	福岡
新羽末広幹線下水道現場研修会	98. 7. 8	28	神奈川
三浦縦貫道路第1工区現場研修会	98. 10. 7	40	神奈川
埼玉高速鉄道戸塚, 赤山工区現場研修会	98. 10. 22	38	埼玉
地下鉄12号線環状部広小路, 六本木現場研修会	98. 11. 13	40	東京
恩廻調節池現場研修会	98. 11. 24	30	東京
圏央道菅生, 青梅トンネル現場研修会	98. 12. 9	40	東京
九州地区トンネル現場研修会(福岡地下鉄, 九州新幹線麦生田トンネル)	99. 2.	40	福岡, 鹿児島
(発表会)			
第42回施工体験発表会	98. 11. 10	300	東京
第43回施工体験発表会	98. 11. 17	300	東京

## オランダ地下建設センターとの協力協定に基づく 第1回技術交流会議の報告

### はじめに

本誌平成10年3月号会報欄で当協会とオランダ地下建設センター(COB)との間で平成9年10月17日に標記の協定を締結した旨報告したが、この度、本協定に基づく第1回の交流会議が当協会において開催された。

第1回の交流会議開催にあたっては国際委員会の企画調整幹事会を中心に準備を進め、交流会議などの運営には総務委員会、同運営幹事会、国際委員会・広報幹事会、同ITA対応幹事会、研究開発委員会のメンバーおよび(財)大阪土質試験所の協力を得て、オランダからCOBのH. J. C. Oud 会長を始めとする24名の代表団を迎え成功裡に開催することができた。

以下にその概要を報告する。

### 技術交流会議等の日程

- 9月20日(日) オランダ代表団来日  
 9月21日(月) 技術交流会議、歓迎宴  
 9月22日(火) 現場視察(地下鉄12号線環状部六本木駅、第二・十二社下水道幹線)  
 9月23日(水) 休日(オランダ代表団は日光へ)  
 9月24日(木) トンネル技術開発に関する会議  
 現場視察(MM21線 横浜駅、中央駅)  
 大阪へ移動  
 9月25日(金) 現場視察(平野川調整池、関西電力上二支線管路)  
 9月26日(土) 関西国際空港より離日

### 技術交流会議の概要

技術交流会議は当協会、COBの双方からそれぞれの組織の活動状況、日蘭両国のトンネル(とくにシールド工法)工事の現状、技術の紹介、工事中の安全対策、鉄道トンネルの空気力学問題などについて発表が行われ、活発な意見交換が行われた。

オランダ代表団は来日直後にも係わらず、疲れた様子もなく終日熱心に議論に参加していた。

交流会議のプログラムは下記(1)~(4)のとおりである。とくに、オランダ側の興味を引いたのが安全対策、泥土圧シールド工法、鉄道トンネルの空気力学問題であった。

- (1) 日 時: 9月21日(月) 9:00~17:20  
 (2) 場 所: (社)日本トンネル技術協会4階会議室  
 (3) 出席者: オランダ側 代表団24名、大使館1名、計25名



### 日本側 萩原会長以下36名

- (4) プログラム:  
 司 会 黒田孝次 日本道路公団企画部調査役  
 9:00 歓迎あいさつ 萩原 浩 会長  
 9:10 答礼あいさつ H. M. Schrotten COB 監理委員会議長  
 9:20 日本のトンネル建設とJTAの現状 宮口尹秀 専務理事  
 9:50 オランダのトンネル工事の現状 H. J. C. Oud COB会長  
 10:20 休 憩  
 10:40 日本における高速道路の現状 島田巖乃 (株)片平エンジニア顧問  
 11:10 オランダにおける最初のシールドトンネル事業の経緯 S. B. de Vries バラストネダム(株)取締役  
 11:40 昼 食  
 13:00 東京首都圏の地下鉄建設の状況 田代美樹男 日本鉄道建設公団工務第二課長  
 13:30 アムステルダム地下鉄南北線 J. W. Bosch タウマベグ土木建設(株)取締役  
 14:00 日本でのコンストラクターの役割と首都圏外郭放水路プロジェクト 福本勝司 (株)大林組現場工事事務所副所長  
 14:30 スキポール空港地下ロジスティクスシステム F. H. Rolf フランス・ロルフ社取締役  
 15:00 休 憩  
 15:20 シールド工法の安全性の評価 田口博一 日本鉄道建設公団工務第一課長

- 15:50 地下工事の安全性 B. W. Slijkhuis ヴィテン・ボス社取締役  
 16:20 鉄道トンネルの空気力学問題 前田達夫 (財)鉄道総合技術研究所 風洞技術センター長  
 17:00 工業化トンネル工法(ITA) A. Goedee ヘルマインターナショナル取締役  
 17:20 閉 会

### トンネル技術開発に関する会議

当会議は、世界の最先端をゆく日本のトンネル技術を深く認識したいというオランダ側からの強い要請で開催されたものである。

日本側は、堀井東京大学教授を中心に日本の優れたトンネル技術をもっと理解してもらうべく当会議の準備にあたった。

9月21日の技術交流会議と同様活発な意見交換が行われた。オランダ側は日本の委員会方式による技術開発に興味を持ったようである。

- 9月21日の技術交流会議と同様活発な意見交換が行われた。オランダ側は日本の委員会方式による技術開発に興味を持ったようである。
- (1) 日 時: 9月24日(木) 9:30~11:30  
 (2) 場 所: (社)日本トンネル技術協会4階会議室  
 (3) 出席者: オランダ側 13名 日本側 19名(国際委員会、研究開発委員会)

- (4) プログラム:  
 司 会 堀井秀之 東京大学大学院工学研究科教授  
 9:30 主旨説明 堀井秀之教授  
 9:40 日本のトンネル技術における研究開発の仕組みとその現状 真下英人 建設省土木研究所トンネル研究室長  
 10:10 国際的なプロジェクトにおける日本企業の技術力・特性 桑原章次 (株)大林組常務取締役九州支店長  
 10:40 オランダにおける研究開発 J. C. Kuiper COB 専務理事  
 11:00 自由討議  
 11:30 閉 会

### 現地視察

前述の日程で示したように、オランダ代表団の要請を踏まえ、東京で1日、横浜で半日、大阪で1日の計2日

半、5つの現場見学を関係機関などの協力を得て実施した。

オランダ代表団来日の前週の後半に台風7・8号が日本へ接近しており、来日された週の前半に日本に上陸したため天候が懸念されたが、幸いに大きな天候の崩れもなく、予定通り無事に現場見学を終了することができた。

オランダ代表団は現場見学において「現場が非常にきれいであるので、安全管理もしっかりしているだろう」との印象を持ったようである。

### ラップアップ会合

9月24日の「トンネル技術開発会議」終了後(11:30)、横浜のMM21線への現場見学出発(12:30)までの間を利用して昼食を取りながら約1時間にわたり、オランダ側 Oud COB 会長ほか4名、日本側内田国際委員長ほか4名、計10名で、協力協定に基づく今後の方針について打ち合わせをした。

その結果は、以下のとおりである。

- (1) 第2回交流会議はオランダにおいて開催する。  
 (2) 来年2月のユトレヒトでのインフラ・トンネル会議へ日本からの出席要請については受ける方向で検討する。  
 (3) 今後、ITA 会議開催に併せてCOBと討議する機会を設けることとする。  
 (4) 当面の技術交流課題を選定し、小グループでの交流を推進する。当面の課題は以下の通りである。  
 ・安全環境(工事中、供用後)  
 ・エアロダイナミック  
 ・泥土圧シールド  
 ・地下空間利用計画

### おわりに

今回オランダ側からはトンネル技術に関する官民併せて24名の大代表団を派遣してきた。

オランダ側が用意した資料を誌面で紹介することができないのが残念であるが、代表団全員を顔写真入りで紹介したパンフレットおよび各プレゼンテーションをまとめたパンフレット、さらにはプレゼンテーションの内容をすべてフロッピーディスクで用意するという手際の良さであった。オランダ側のこの交流会議に対する期待と意気込みを感じた。(文責: 吉野清文)

### 編集後記

■日中、コートを着ていると肌がじっとり汗ばんでくるが、朝方は冬の到来を告げているようである。北の地からは雪の便りも届き気を引き締める今日この頃である。

■でもこの寒さ、ひと昔と比べてその度合いが違うようだ。かなり昔であるが小学生のころ、手に息を吹き吹き、霜をふみふみ氷を割りながら登校したものである。足の小指のしもやけがむずがゆかったこと、感覚のなくなった耳たぶなどにかく寒かった。最近の冬がそれほど寒くないのは、どうも感覚の問題だけではないようだ。住宅設備が向上したり、衣類の保温効果にも隔世の感がある。

■しかし、確かに冬は暖かくなっているのである。最低気温が0度を超えない日を「冬日」というが、その冬日が、90年代に入って東京では年平均で2.8日、30年代から40年代には56日もあったという。まさに雲泥

#### 次号(1月号)予告

巻頭言.....	萩原 浩
シールド発達防護凍結工における凍結膨脹圧軽減対策溝の効果について.....	増田 隆 森本 裕朗 三戸 憲二 伊豆田久雄
鋼製地中連続壁工法を用いた大深度土留め壁の施工.....	小林 勉 鹿島 隆 武藤 和久
大断面トンネルの標準支保構造および大断面同士の交差部における支保構造の検証.....	仁井田 洋 田中 義晴
第二名神高速道路 栗東トンネル 急曲線大断面トンネルを一体型シールド機で掘る.....	名古屋菊夫 辻 雅行 伊澤 章
既設洞道改修工事における新工法の開発と施工.....	落合 孝雄 円谷 喜只 阪井田 修 田中 榮一
自由断面SPR工法の開発と現場施工.....	大迫 健一 伊藤 三夫 高橋 良文 杉本 克美
ノルウェーにおける建設システムおよび施工技術.....	阿部 玲子
[連載講座]	
大規模地下空洞(9).....	「大規模地下空洞」連載講座小委員会
セグメントの新技術(5).....	「セグメントの新技術」連載講座小委員会

の差だ。冬日の減少傾向は、東京だけでなく全国的で、とくに都市部で顕著だそうだ。「寒くなくていいや」と、喜んでばかりはいられない。

■都市部では、人口集中と産業集中によって、温暖化と砂漠化が進行し、ヒートアイランドはますます激しくなっている。去年の今頃、地球温暖化京都会議が開催されたが、各国の思惑が絡み、実りのある結論はでなかったようだ。地球の温暖化は自然現象で産業活動による影響は少ないという意見もある。歴史的にみると地球は、氷河期と温暖化を繰り返してきたというのである。

■自然現象か人為的なものかはともかく、地球や人類が危機にさらされているのは事実だ。人類も産業発展も地球の上で成り立っていることを忘れてはいけない。

■北極の氷がかなりとけ出しているという。このままだと、北極熊、アザラシ、トナカイなどが絶滅の危機へ向かうという。いまの時こそ、人間の知恵と行動力を必要としている。

トンネルと地下 [通巻340号]

(無断転載を禁ず)  
ISSN 0285-631X  
Tonneru to Chika

平成10年11月20日 印刷  
平成10年12月1日 発行  
(毎月1日発行)

社団法人日本トンネル技術協会  
会長 萩原 浩  
〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)  
電話 (03) 3553-6174番  
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  
電話 (03) 3267-2888(代)  
FAX (03) 3267-2807

編集・発行人 山本 育徳  
印刷所 新協印刷株式会社  
〒112-0006 東京都文京区小日向4丁目2番5号(安田ビル2F)

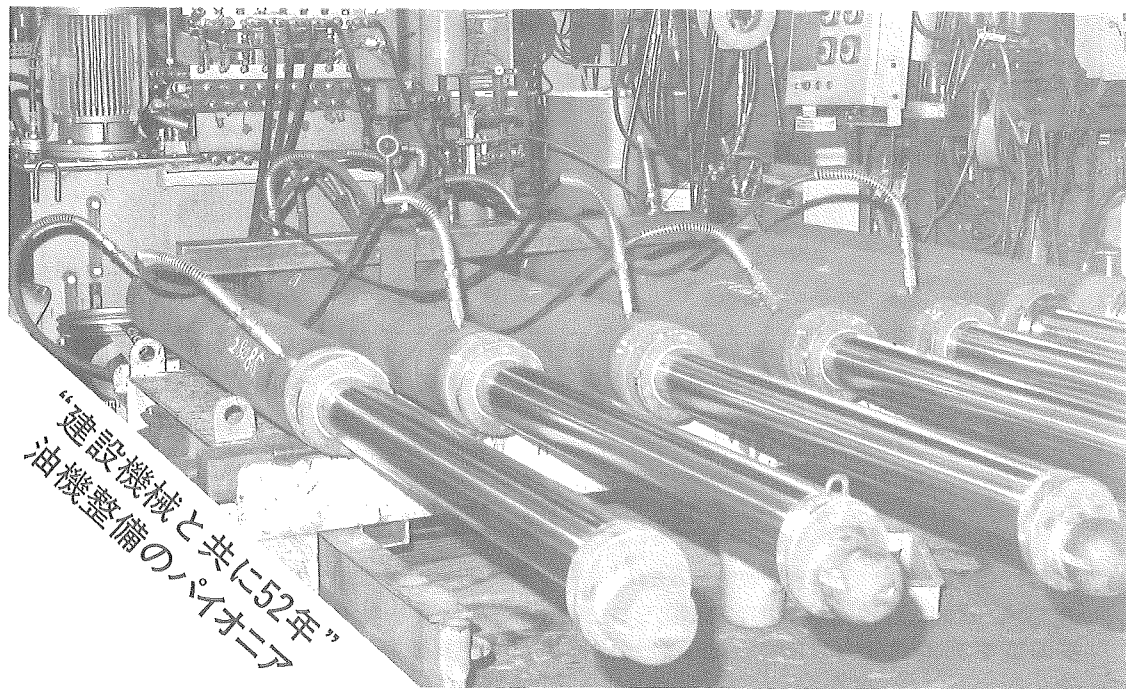
本誌の購読について  
※購読ご希望の方は、書店または小社へ直接お申込みください。※小社への申込みは振替用紙をご利用ください。その他適宜ご送金ください。  
※お申込みの節は、誌名、購読期間、住所、氏名、所属などを明記のうえ、送金を添えてお申込みください。

購読料  
1冊 1,230円(送料108円)  
(本体価格 1,171円)  
6か月 7,380円 送料共  
1か年 14,760円 送料共  
※振替番号 00110-8-190072  
※取引銀行  
富士銀行九段支店  
(普通)152-511019  
東京三菱銀行丸ノ内支店  
(普通)002-4361131

本誌広告のお申込み方法  
本誌への広告掲載は「トンネルと地下」営業部までご連絡ください。電話 (03) 3267-2888(代)

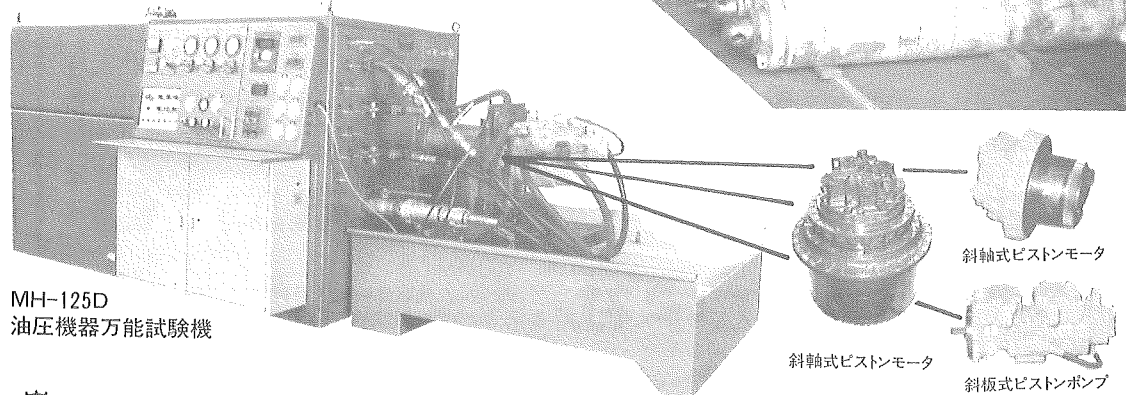
確かな技術で世界を結ぶ  
**MARUMA**

## シールドマシーン・建設機械 油圧機器の再生・リース



◎全て保証付ユニットで応えます

- 建設機械用油圧ユニット
- シールドマシーン用油圧ユニット
- シールドジャッキ各種シリンドラ
- MH-125D、MH-250試験機で万全テスト



### マルマテクニカ株式会社

■相模原事業所 (油機地下建機部)  
神奈川県相模原市大野台6丁目2番1号 〒229-0011  
電話 0427(51)3809(ダイヤルイン) FAX.0427(56)9767(直通)

■本社・東京事業部 東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054  
電話 03(3429)2141(大代表) FAX.03(3420)3336  
■名古屋事業所 愛知県小牧市小針町中市場25番地 〒465-0037  
電話 0568(77)3311(代表) FAX.0568(72)5209  
■厚木事業所 神奈川県厚木市小野651 〒243-0125  
電話 0462(50)2211(代表) FAX.0462(50)5055

好評発売中

# 諸情勢の変化に即した最新情報を網羅

ジオフロンテ研究会編纂

## 山岳トンネルの新技术

B5判 上製本 500頁 本体価格14,573円 円450円

本書は、「トンネルと地下」誌に掲載された講座を基に、ジオフロンテ研究会が収集した「新技术情報」を加えて編纂したものです。

日進月歩の技術を把握し、将来を透視するうえでの必読書としてご一読をおすすめいたします。

### 〈主要目次〉

□刊行にあたって □序論/在来工法からロックボルト・吹付けコンクリート工法(NATM)への進展/軟弱地山に挑むNATM/ECL工法と山岳トンネル/トンネルの情報化施工 □近未来の地下利用技術/はじめに/地下利用計画例 □調査技術/役に立つ技術情報/リモートセンシングによる概査/ジオトモグラフィによる地盤調査/AEの応用/切羽前方地質の予測技術 □設計/はじめに/設計手法の分類と新しい設計手法/設計手法の適用/地山分類に基づく設計法と適用性/特性曲線法/特性曲線法による先行変位計測の解析/NATMにおける数値解析/覆工の設計/各地山分類法の設計手順 □計測/計測によるモニタリング/掘削管理と計測 □最近の施工技術/注入式フォアパイリング/削孔技術/爆破および破碎技術/機械掘削/ずり出し/吹付けおよび塗付けコンクリート/プレーライニングサポート/ロックボルト/覆工/坑内環境の改善/支保工の選択と覆工の役割 □特殊な施工事例と新工法の提案/安房トンネルにおける水平ボーリング/ミニベンチ工法と5ブームジャンボの開発/マイクロベンチ工法/NATMの合理的な掘削システム/湧水地帯における吹付け工法の施工/スロット削孔機を利用する硬岩トンネル掘削法/大型プレーカによる大断面トンネルの掘削/ロディンジェットフォアパイリング工法の施工例/軟岩トンネル用メッセルシールドの提案/ECL工法の概要と施工実績からの特徴/ロードヘッダS-300の開発/RH-8Jブームヘッダで中硬岩を掘削 □新技术情報/掘削およびずり処理/支保工および覆工/補助工法/その他

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

### 〈ご注文票〉

山岳トンネルの新技术 \_\_\_\_\_ 冊 申込みます  
所在地 〒 ( ) \_\_\_\_\_  
事業所名 \_\_\_\_\_ ☎ \_\_\_\_\_  
部 課 名 \_\_\_\_\_ 申込者名 \_\_\_\_\_ ㊞

(好評発売中)

## シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会編 代表 鈴木 章  
B5判 約280頁 定価4,800円(本体価格4,660円) 円380円

〔推薦の言葉〕

東京都技監兼下水道局長・工学博士 村田 恒雄

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

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

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

### 主要目次

第一章 概説 1. シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性 ○ シールド工法の歴史 ○ シールド工法誕生以前のトンネル工法 ○ シールド工法の登場 2. わが国におけるシールド工法の歴史 ○ シールド工法の導入と発展の経緯 ○ シールド工法の現況 3. 今後の技術開発の方向性 第二章 調査・計画編 1. シールド工法の調査技術 2. 断面および線形計画 3. シールド機種の種類と選定 4. 新しいシールド工法 第三章 設計・施工編 1. 覆工 ○ 一次覆工の設計 ○ 二次覆工の設計と施工 ○ シールドトンネルの防水技術 2. 立坑の設計と施工設備 ○ 立坑の設計と施工 ○ シールド機の構造と装備 ○ 仮設備の計画 ○ シールド工事による自動化 3. 掘進と施工管理 ○ シールド掘進と施工管理 ○ シールド発進と到達 ○ 裏込め注入工法と注入効果 ○ 曲線施工と地中接合 ○ 補助工法の種類と選定 4. 近接施工と環境対策 ○ 近接施工と対策 ○ アンダーピニングおよび支障物対策 ○ シールド工事と環境対策 ○ 新工法の現状と将来展望 ○ ECL工法 5. 切羽の安定と地盤変状防止 ○ 切羽安定の理論と実際 ○ 泥水式シールド工法の切羽安定 ○ 土圧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マイジャ-神楽坂  
電話 (03)3267-2888(代) 振替 00110-8-190072

きーりーとーりー線

### 〈ご注文票〉

シールドトンネルの新技术 \_\_\_\_\_ 冊 申込みます  
所在地 〒 ( ) \_\_\_\_\_  
事業所名 \_\_\_\_\_ ☎ \_\_\_\_\_  
部 課 名 \_\_\_\_\_ 申込者名 \_\_\_\_\_ ㊞

**TAIKU**



# CL301E型 カッターローダ

**強力な掘削**  
最大掘削高さ6.6m

**特長**

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

## トンネル掘進機の本命・カッターローダ

山岳土木の豊富な実績を基に、なお開発に挑戦します。

## RL型タフローダ



RL10

## 油圧式ズリ積機

アタッチメントとして  
カッターヘッド  
油圧ブレーカ搭載可能

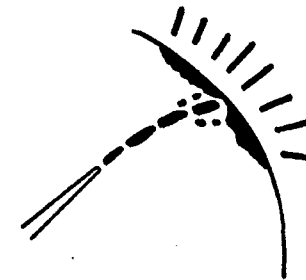
型式	RL10	RL5
適用ズリ取断面	7~30m <sup>2</sup>	4~14m <sup>2</sup>
油圧パワーパック	45kW	31kW
ベルトコンベヤ能力	150m <sup>3</sup> /H	70m <sup>3</sup> /H
重量	12.6トン	9.2トン

製造・販売・レンタル 株式会社 **タイクウ**

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

## 4つの特長を備えた吹付けコンクリート用急結剤

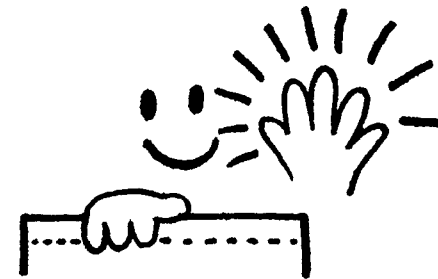
**1** モルタル、コンクリートを急速に硬化させるので、岩盤に良く付着する。



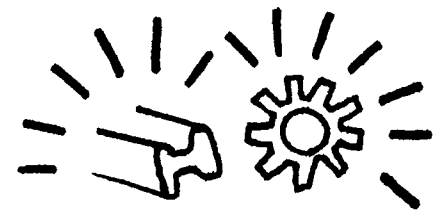
**2** 吹付け後、短時間で硬化しますので、地山の崩壊の防止等に寄与できます。



**3** 鉱物系急結剤ですので、従来の薬品系の急結剤に比較し、肌荒れ等の公害はありません。



**4** 塩化物を含有していないので、工事に付随した鋼材を腐食させません。



# T-ROCK



株式会社 **小野田**

本社・営業本部 〒135-0016 東京都江東区東陽4-1-13 東陽セントラルビル ☎03(5683)2016  
 関東支社 〒135-0016 東京都江東区東陽4-1-13 東陽セントラルビル5F ☎03(5683)2032  
 関西支社 〒532-0011 大阪市淀川区西中島6-1-1 新大阪プライムタワー6F ☎06(886)0180  
 北海道支店 〒060-0004 札幌市中央区北四条西5-1-4 三井生命札幌共同ビル5F ☎011(221)5855  
 東北支店 〒980-0811 仙台市青葉区一番町2-8-10 同和火災仙台ビル4F ☎022(221)4511  
 横浜支店 〒231-0012 横浜市中区相生町6-113 桜木町ANビル 8F ☎045(651)6248  
 中部支店 〒453-0801 名古屋市中村区太閤3-1-18 名古屋KSビル 9F ☎052(452)7141  
 四国支店 〒760-0028 高松市鍛冶屋町3番地 香川三友ビル4F ☎0878(51)6505  
 中国支店 〒732-0828 広島市南区京橋町1-23 三井生命広島駅前ビル5F ☎082(261)7191  
 九州支店 〒810-0001 福岡市中央区天神4-2-31 第2サンビル6F ☎092(781)5331  
 ■営業所/東北北部・福島・関越・静岡・北陸・神戸・松山・岡山・山陰・山口・大分・長崎・熊本・鹿児島・沖縄