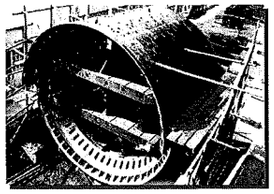
三菱重工

地下開発に夢を広げる三菱重工のトンネル技術

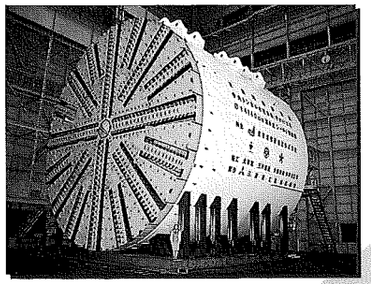


（交通新聞提供）

●日本最初の本格的シールド
関門トンネル工事で活躍（昭和14年）　1939

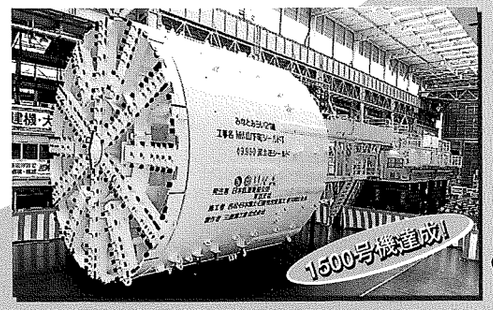
●英仏海峡トンネル T-5工区貫通式
歓声にわく関係者たち（平成元年）　1989





●世界最大級の泥水式シールド
東京湾横断道路工事で活躍　1993

●多軸式泥水矩形シールド
首都高川崎縦貫道路
トンネル工事で活躍　1997



●泥土圧シールド
みなとみらい21線工事で活躍　2000



●オープンTBM
第二東名高速道路
（岡部トンネル）工事で活躍　2001

21世紀を掘る

三菱重工業株式会社　本社 搬送システム部 地中建機グループ　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番地メイジャー神楽坂

定価 1,230円　雑誌06619-8
本体価格 1,171円

平成13年8月1日発行第32巻第8号　（毎月1回1日発行）　昭和45年11月18日第3種郵便物認可

トンネルと地下 8

vol. 32
no. 8
2001

破砕質マサ地山における湧水対策
新しい先受け工法でマサ土地山を克服
第一京浜国道交差点直下の駅下を掘る
国道下の軟弱地盤中障害物を横坑で撤去
開削工事における路上掘削幅縮小技術の開発
コンパクトなシールドシステムの開発と実用化
コンクリート剥落箇所の変状と対策工

日本トンネル技術協会誌



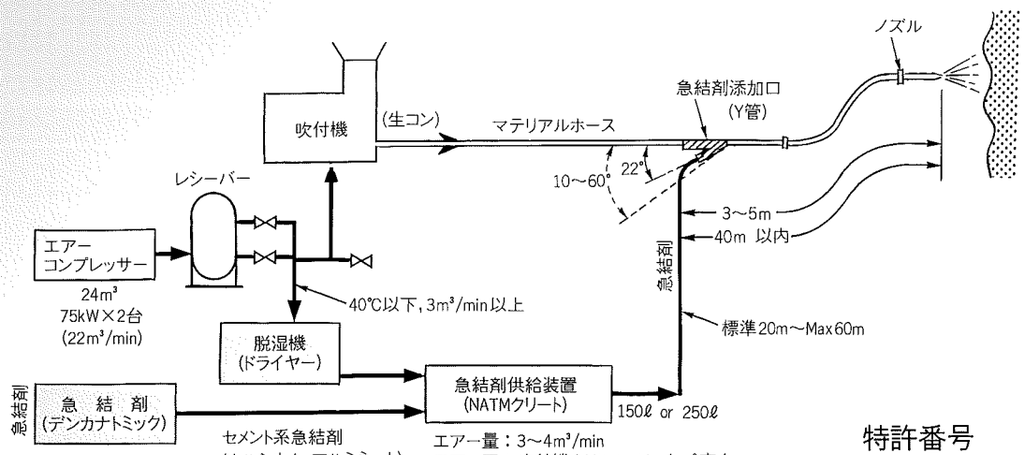
世界に誇る日本のNATMトンネル

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、剝落をシャットアウトする

急結力

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

《デンカナトミック》 ――――― 種類

＊：TYPE-Lは，液状急結剤です．

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

■トンネル関連製品

- デンカ Σ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（TBM）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…地盤注入およびフォアパイリング定着材
- 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

デンカ
電気化学工業株式会社

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

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。

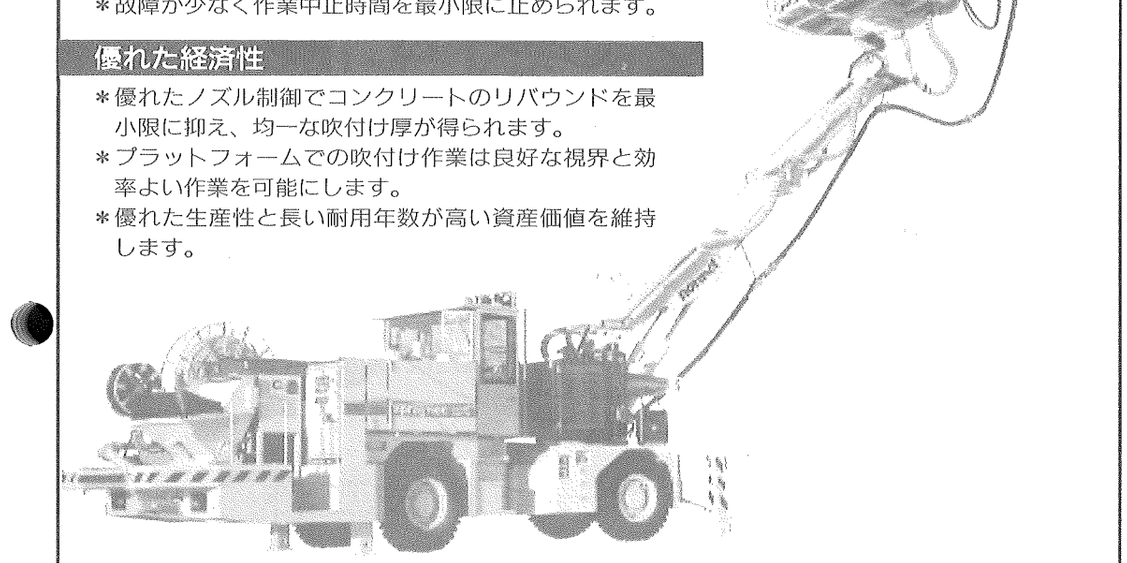
FINLAND フィンランド スラス

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っています。
＊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。

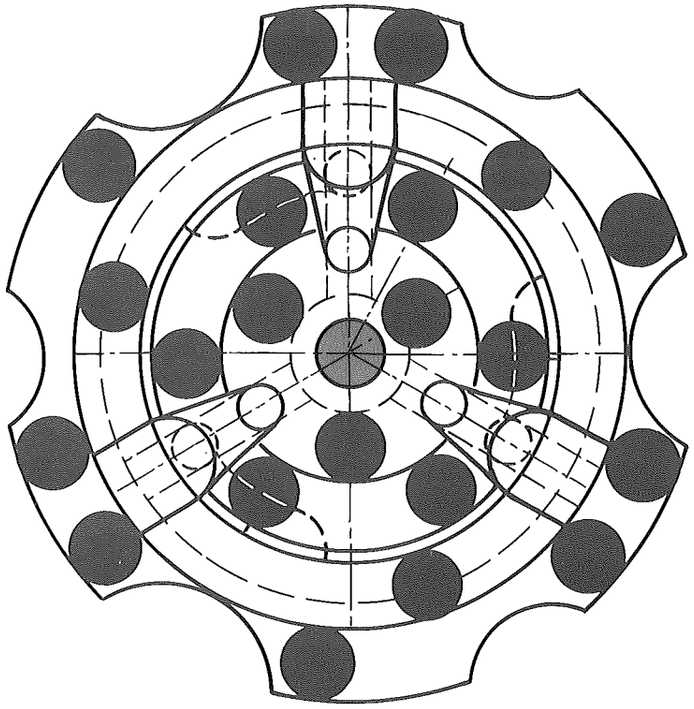


normet
Your partner for tough jobs

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

長尺先受工法 *KAT SYSTEM による安全かつ合理的施工*

KAT-革命



KAT(カット)とは…

Katecs、オーストリアの提携会社*Alwag*社、*Techmo*社のパートナー・イニシャルです。

NATMトンネル防水
カテックス　スーパーシート
KATECS

コンクリート吹付液体急結剤　アルカリフリー
MAPEI　AFK777
KATECS

コンクリート吹付用減水剤
MAPEI　X-504
KATECS

無拡幅長尺先受工法
AGF-P工法
KATECS

切羽対策工法
Small-P工法
KATECS

ロックボルト孔壁自立工法
ホールキーパー
KATECS

カタログ等お問い合わせは

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

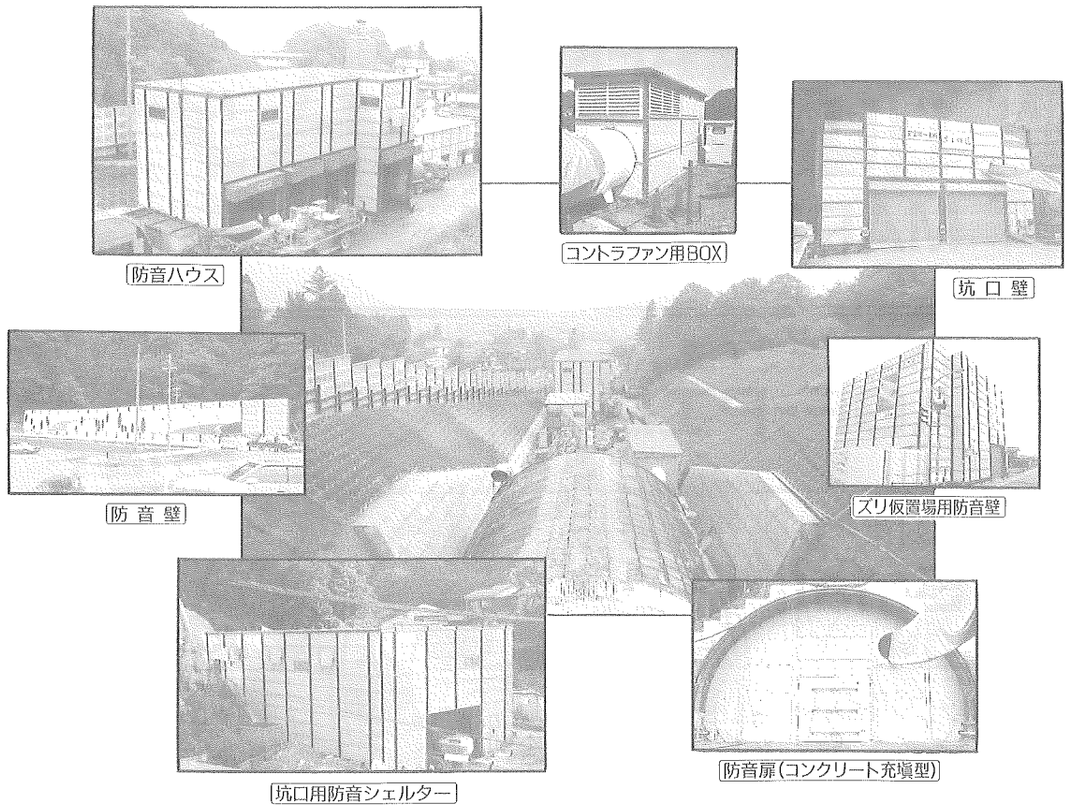
東京支店　〒112-0014 東京都文京区関口1丁目15番3号
TEL 03-3260-8321
FAX 03-3266-1648

関西営業部　〒550-0005 大阪市西区西本町1丁目6番6号
TEL 06-6578-3235
FAX 06-6578-3237

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

北海道地区　〒003-0011 札幌市白石区中央1条5丁目8番2号
㈱H・R・O　TEL 011-821-5868
FAX 011-821-6644

快適な環境と理想的作業空間を創造



防音ハウス
コントラファン用BOX
坑口壁
防音壁
ズリ仮置場用防音壁
坑口用防音シェルター
防音扉(コンクリート充填型)

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

リース・レンタルに関し、ご相談下さい。

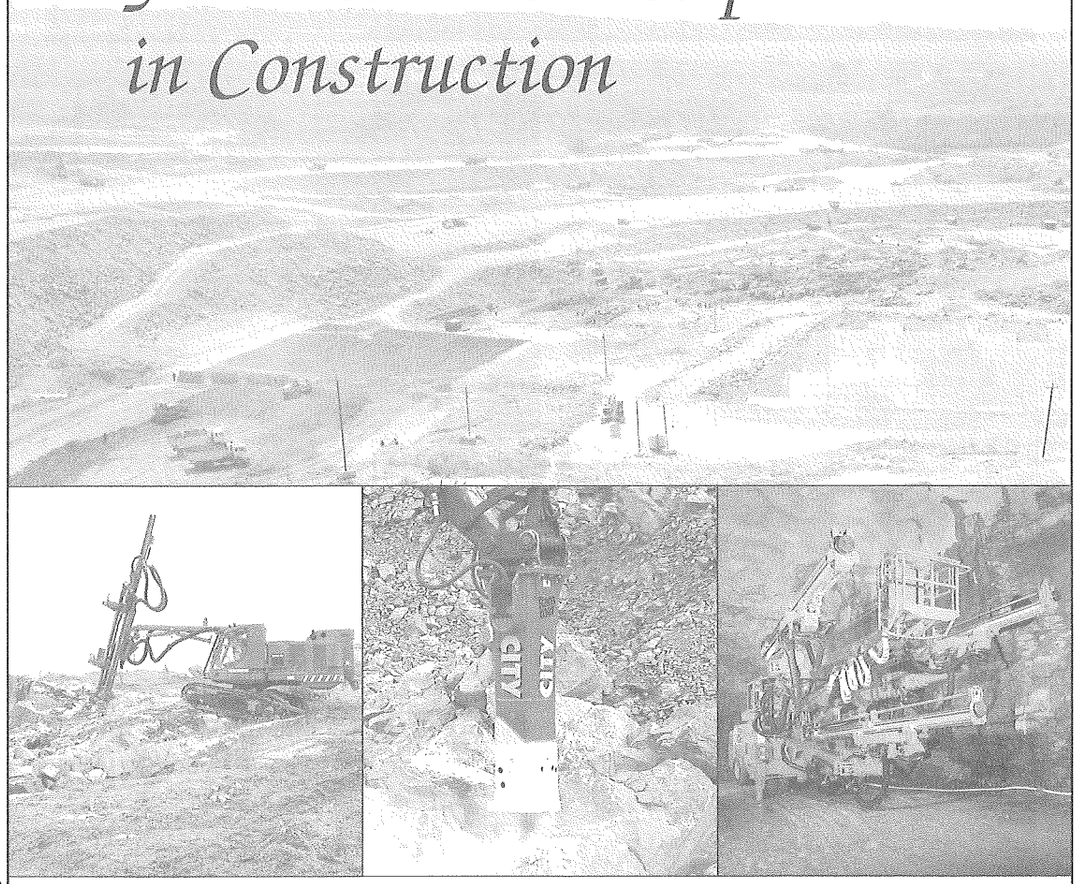
◆計量事証明業登録 騒音レベル 第913号 ◆建設業登録 とび・土木工事業 第75054号

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)8111 FAX 03(3617)7565
大阪営業所　〒531-0072 大阪府大阪市北区豊崎3-4-14 ショーレイビル TEL 06(6359)2611 FAX 06(6359)2288
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

TAMROCK

Your best business partner in Construction



TAMROCK　Rammer®

サンドビック タムロック ジャパン株式会社

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-20
Benex S-1 10F
TEL. 045-476-4111(代)　FAX. 045-476-5531

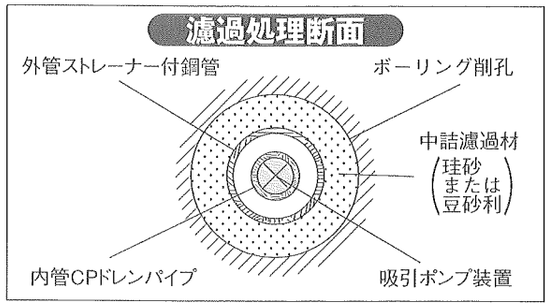
機械リースと環境改善に貢献するトンネル総合商社

トンネル工事機械・一般汎用機械

- ホイールジャンボ　● ホイールローダー　● 油圧ショベル・ダンプ類
- バッチャープラント　● トラックミキサー　● コンクリート吹付機
- 発電機　● コントラファン　● トンネル集塵機
- 濁水処理プラント　● その他工事用機械全般

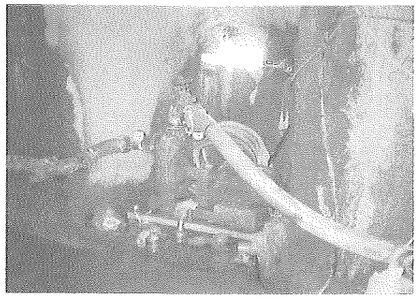
トンネル坑内強制排水システム　特許出願中

＜湧水濾過処理法＞





吸引ポンプからは清水

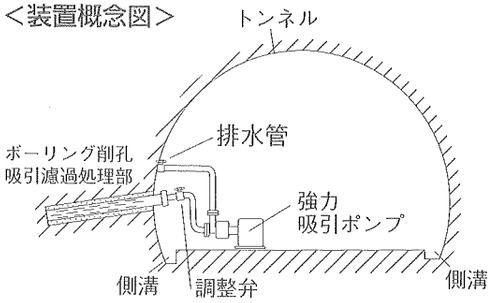


強制吸引ポンプ（ホース）

大きな効果

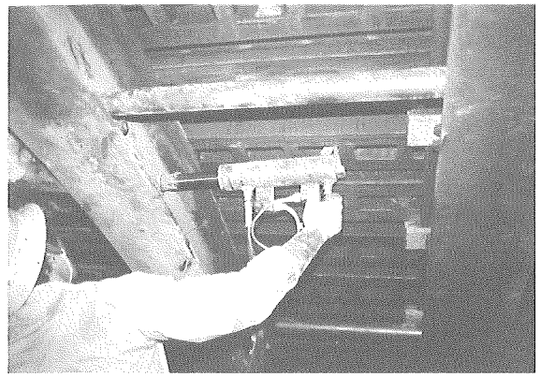
① 濁水でなく清水として吸引できるため
　★ 濁水処理費用が不要
　★ 工事用水として再利用
② 切羽や側壁部の被圧水を低減、坑壁地山の安定を図る

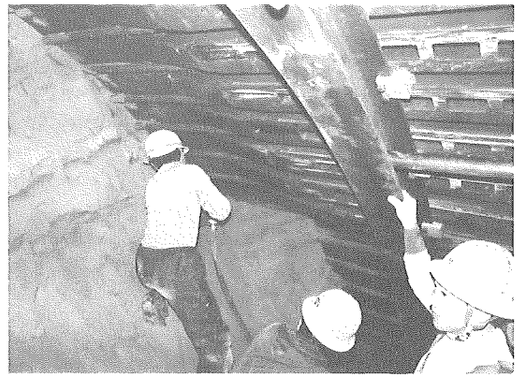
＜装置概念図＞



—トンネル機械の総合レンタル—
株式会社 **阪本商会　本社**
〒556-0023　大阪市浪速区稲荷1-10-4
TEL　06（6562）7657
FAX　06（6562）7650
E-mail:sakamotosyoukai@mc.neweb.ne.jp

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）

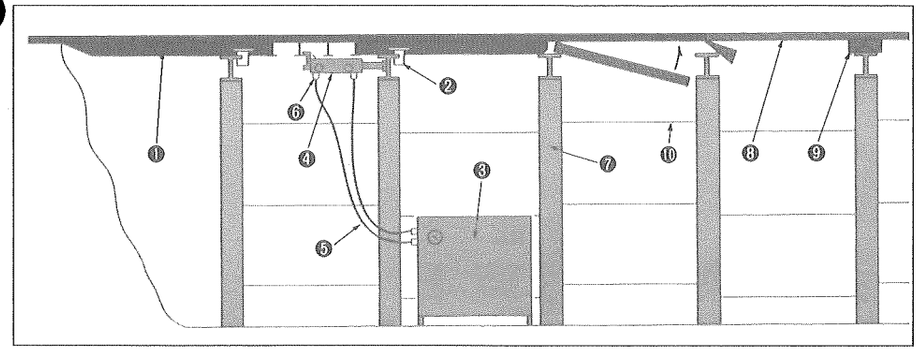
■特　長

- 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



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

急結剤を選ぶなら、アルカリフリーの時代です。

付着性を向上させる高性能減水剤が
コンビで威力を発揮します。

作業環境にやさしい
アルカリフリー液状急結剤
メイコSA160
シリーズ

吹付けコンクリートの
品質を向上する混和剤
NT-1000
シリーズ

コンクリートの品質向上と材料の安全対策が強く求められる吹付け工事。「メイコSA160シリーズ」はアルカリフリーで、しかも先進の吹付けコンクリート用液状急結剤です。アルカリ分を全く含まないため、作業員に対する安全性が高く、作業環境を飛躍的に改善します。また、単位水量を大幅に低減する湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤「NT-1000シリーズ」を併用することにより、さらに付着性と急結性や強度に優れ、はね返りや粉塵量の少ない、品質の安定した吹付けコンクリートの施工を可能にします。

アルカリフリー液状急結剤
メイコ®SA160シリーズ

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤
NT-1000シリーズ

●高強度化・施工性の改善をするシリカフューム
「メイコMS680」（スラリー）「メイコMS610」（粉体）
●湿式吹付けコンクリートの練り置き時間を1~16時間までコントロールする
「デルボクリート」

Master Builders Technologies

株式会社 エヌエムビー
株式会社 ボゾリス物産

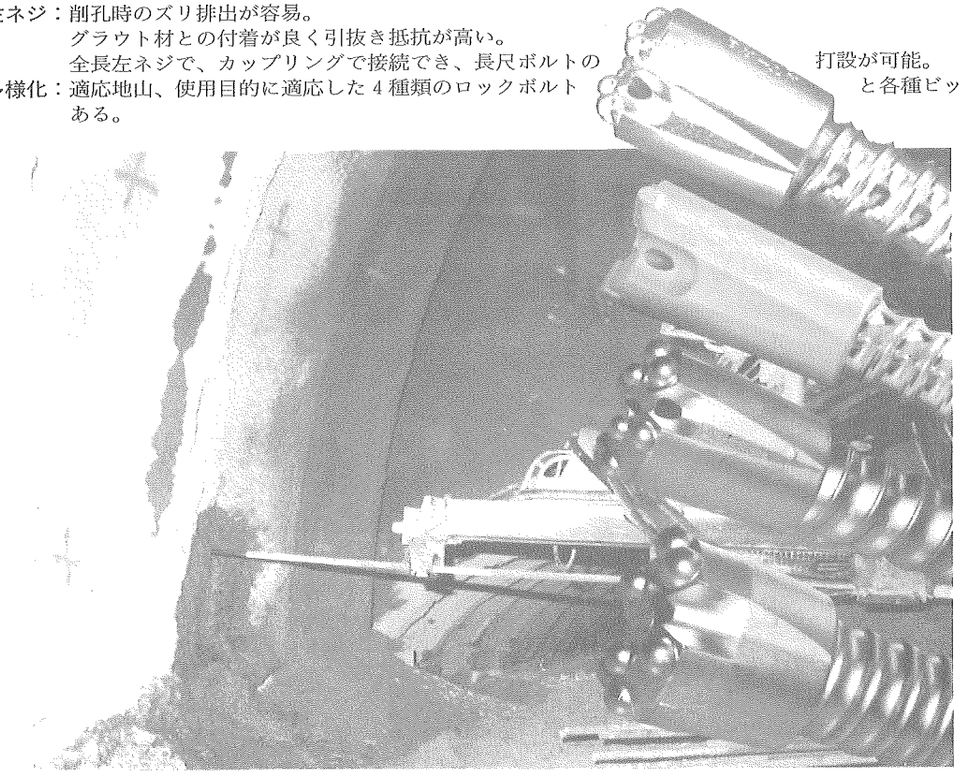
●本社／東京都港区六本木3-16-26　TEL03-3582-8814（直）　FAX.03-3583-3800
●支店／東京、大阪　●営業所／札幌、仙台、宇都宮、千葉、横浜、上越、松本、静岡、名古屋、高松、広島、福岡、鹿児島
資料進呈／詳しくは、本社UGC営業部または、最寄りの営業所にお問い合わせください。

Building Tomorrow Together　skw.mbt

自削孔
NTロックボルト PAT.P

（特　徴）

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



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、ロープネジ	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	≧19ｔf	≧19ｔf	≧35ｔf	≧60ｔf
破断荷重	≧25ｔf	≧25ｔf	≧50ｔf	≧80ｔf

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　03－5702－０　１　６　５
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　086－234－４　８　０　０
　　ＦＡＸ　086－234－４　４　０　０
相模原工場　〒229-1112 神奈川県相模原市宮下１－１－38
　　ＴＥＬ　042－773－４１１１(代表)
　　ＦＡＸ　042－774－０　９　３　９

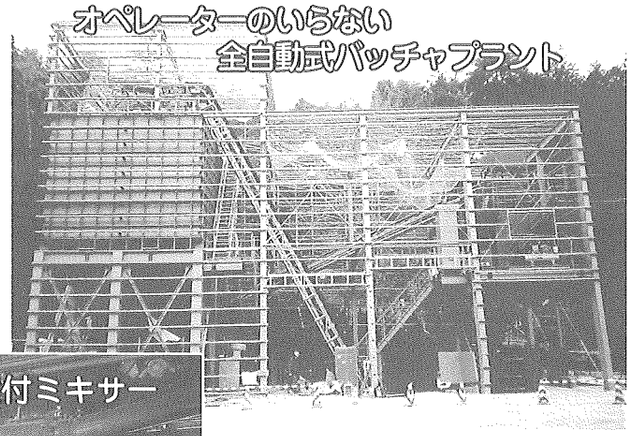
高品質・SEC・高強度対応型　吹付プラント

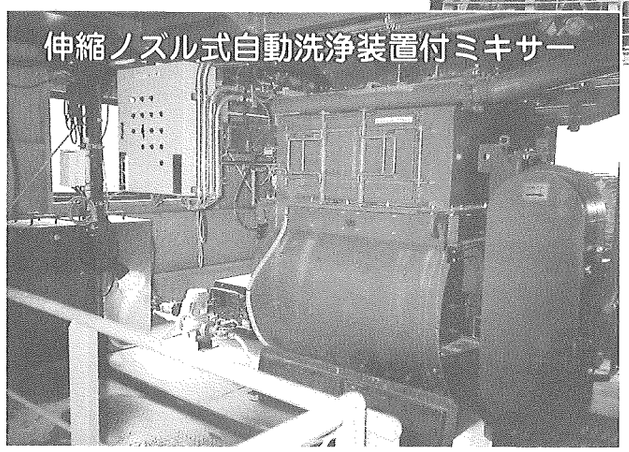
全自動式 バッチャプラント

吹付コンクリート用

自動スランプ調整装置

バッチャプラントの水分補正は
名岐の自動スランプに
おまかせ下さい。





MKS-500KBE-TME型

長工期
トンネルに適し
人件費の
大幅削減！

生コン洗浄水処理装置

ミキサー洗浄水
トラミキ洗浄水
リサイクル

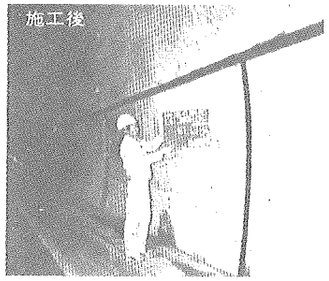
- スチールファイバー供給設備
- 濁水処理プラント（能力 10T/H～100T/H）ユニットタイプ
- 砕石プラント・産廃プラント・ベルトコンベアー　設計・製作
- 油圧バケット、特殊クレーン設計・製作
- ターンテーブル（30ton・重タンプ用・40ton通過）

名岐機器株式会社

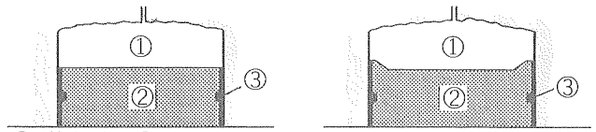
本　　社　岐阜県大垣市内原2丁目133-1
〒503-0936　TEL（0584）89－7885㈹
FAX（0584）89－3693

本巣工場　岐阜県本巣郡本巣町神海
〒501-1235　TEL（0581）32－5066
FAX（0581）32－5565

トンネル漏水、氷結防止工事Y.S.B工法



Y.S.B工法カット挿入型

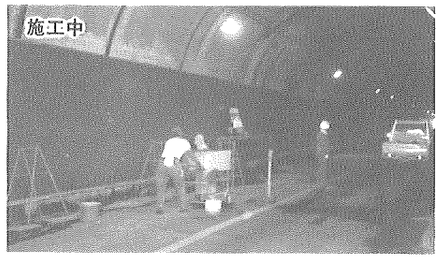


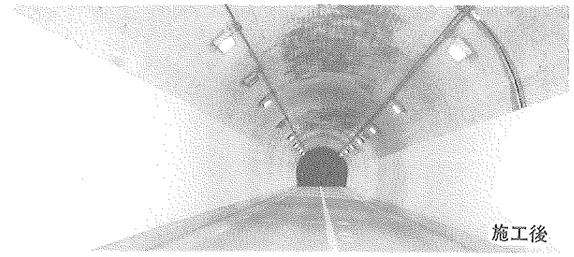
① 導水溝　② Y.S.Bゴム　③ Y.S.Bボンド水中低温硬化型エポキシ接着剤

難燃性のある、クロロプ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

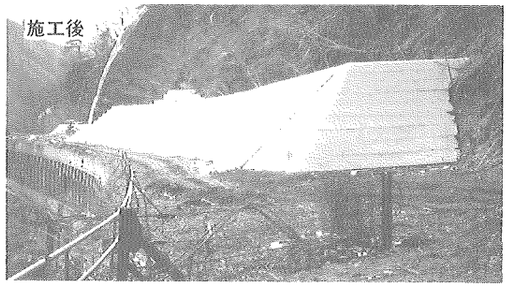


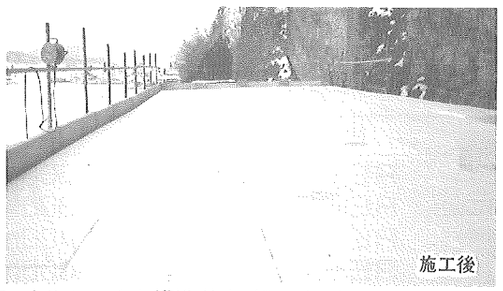


常乾型フッ素塗料を用いて、トンネル内の照度、洗浄拡散反射率を向上させ、トンネル内の安全性を飛躍的に増大させます。Y.T.P-SFは塗装面の表面張力が低くなるように作られており、水を弾く力が非常に強くなっているので、塵が付着しにくく、水洗いだけでもとの光沢になります。

ロックシェッドの荷重軽減構造

PAT第2124291





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。

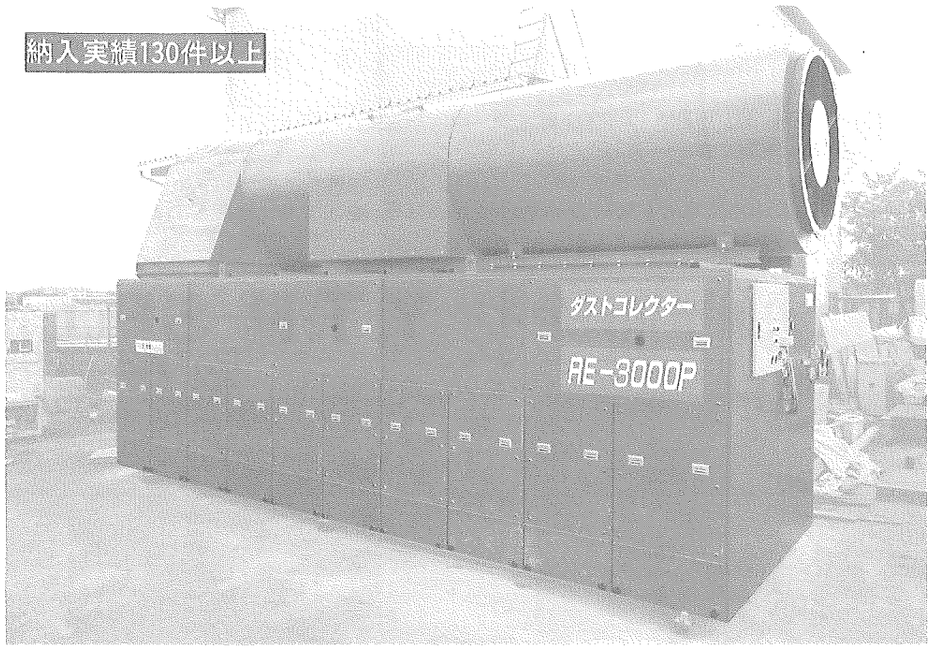
株式会社 吉澤総合防水

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

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)46-6858

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



- 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
- 外気と同じ0.1mg/m³以下に清浄化
- 送風量が少なくすむため大幅な省エネ・コスト低減（電気料金が半分）
- フィルターの自動クリーニングにより24000H（実績）のメンテナンスフリー
- 機側77dB(A)の超低騒音
- 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（最大）	適用断面
RE−1000P	1200m³/min (1300)	65m²
RE−1500P	1800m³/min (2000)	100m²
RE−2000P	2400m³/min (2650)	130m²
RE−3000P	3000m³/min (3300)	200m²

TBM，小断面用TDシリーズもあります。

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
つくばリースセンター　〒308-0114　茨城県真壁郡関城町大字花田字西山84-6
☎(0296)37-7680　FAX(0296)37-7681

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㈱内　TEL(03)5221-7263
FAX(03)5221-7296

三井物産㈱　TEL(03)3285-3060
岡三リビック㈱　TEL(03)3436-0710
石川島建材工業㈱　TEL(03)5221-7263
丸藤シートパイル㈱　TEL(03)3242-7658
興建産業㈱　TEL(03)5281-1220

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

山岳工法でのトルネル掘削において、
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

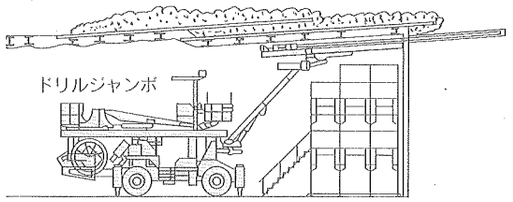
長尺鏡押さえ

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

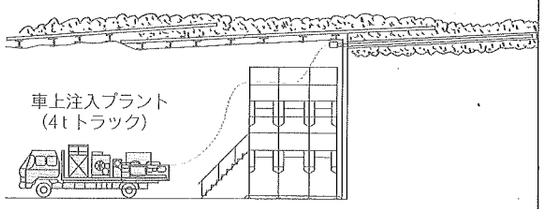


注入式長尺先受工法 ウレタン注入式フォアパイリング(AGF工法)

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。

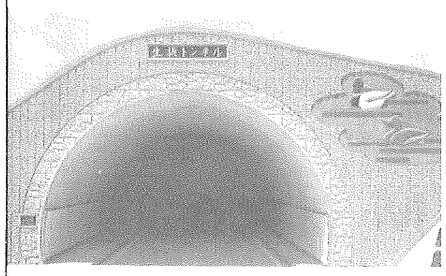


削孔・鋼管打設工



☆注入工(注入機３台同時注入)

TBU ウレタン	FCU 瞬結性	TSRF 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

TRI TOKAI
東海ゴム工業株式会社

本　社 愛知県小牧市東３丁目１番地 ☎(0568)77-8523(直通)
東京支社 東京都港区赤坂2丁目17番22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)6533-2125(代表)
名古屋支店 名古屋市中村区名駅南二丁目14番19号（住友生命名古屋ビル12階）☎(052)582-8411(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)248-1991(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)451-3261(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)261-5586(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

美しさと合理性をもつ多分割式アーチシステム
モジュラーチ®

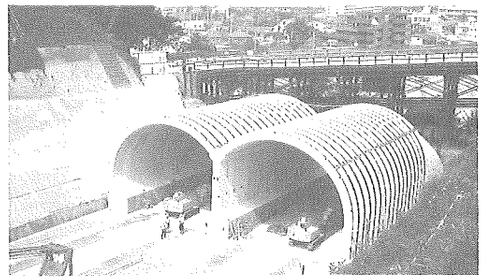
「モジュラーチ」(MODULARCH)は、フランスのマティエール社(Matiere®)が開発した新製品を日本に技術導入した、大型の鉄筋コンクリート二次製品です。アーチ特有の形状-美しさと合理性をもつ多分割式アーチ形構造物です。

モジュラーチの特長の主なものは次の通りです。

(1) 多分割式のため**大断面の構造物**が構築できます。
(2) アーチ型構造物に加わる荷重によるモーメントが、最も小さい箇所で分割する**合理的な分割方式**です。
(3) 頂版部と側壁部の継手はヒンジ構造となっており、**耐震性**に優れた構造です。
(財)土木研究センターによる「モジュラーチ工法の耐震性向上に関する研究委員会」において、地震時に対する安全性について実験を行い、部材、継手とも安全上まったく問題ないことが確認されております。
(4) 側壁部材が自立する構造になっており、**安全性、施工性**に優れています。

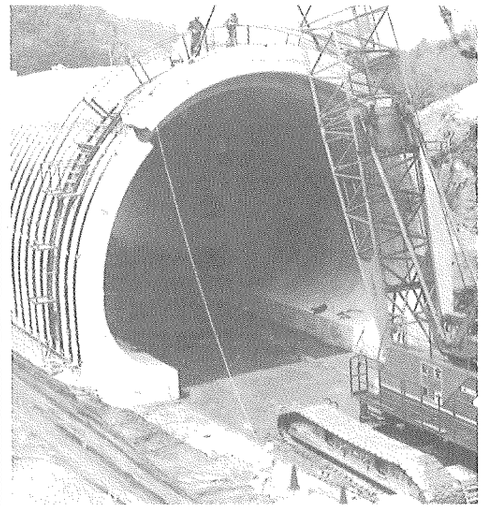
モジュラーチには次のものがあります。

(1) シングルアーチ
4分割1組を単体としたもの
(2) マルチアーチ
4分割で中間側壁をもつ2連以上のもの



マルチアーチ





シングルアーチ

MODULARCH モジュラーチ工法協会
本部・事務局 〒103-0004 東京都中央区東日本橋2-24-14 ダヴィンチ東日本橋
日本ゼニスパイプ㈱内 TEL 03(3865)2618 FAX 03(3865)2625

会員会社 日本ゼニスパイプ㈱ TEL(03)3865-2611 FAX(03)3865-2630
ジオスター㈱ TEL(03)5232-1400 FAX(03)5232-2651
日本ヒューム㈱ TEL(03)3433-4114 FAX(03)3436-3275
オリエンタル建設㈱ TEL(03)3261-1174 FAX(03)3234-1949
日本コンクリート工業㈱ TEL(03)5462-1051 FAX(03)5462-1042

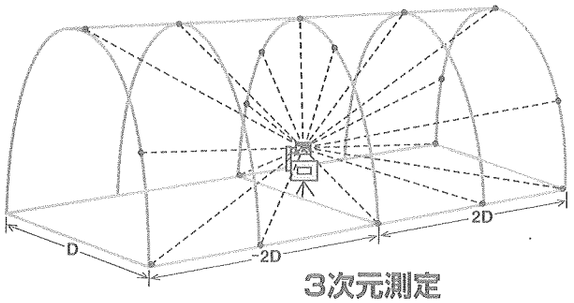
新製品

トンネル3次元形状管理

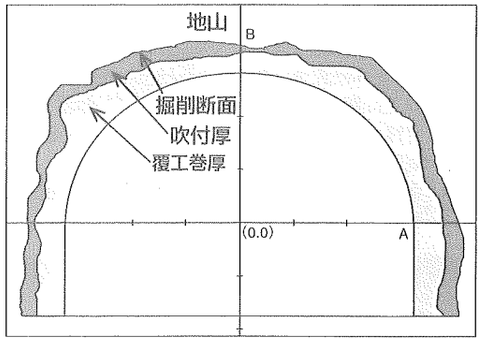
本機は、トンネルコンサルタントとして世界的に有名なアンベルグ社（スイス国）のグループが開発した画期的なトンネル3次元断面測定専用機です。

A. MT. プロファイラー4000トンネル断面測定機

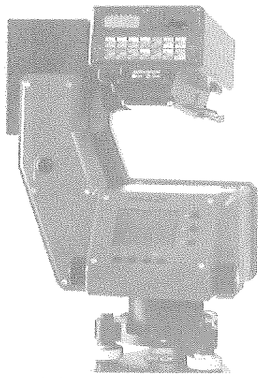
(Patent P.)



3次元測定



測定断面図



（プロファイラー 4000本体）

■トンネル建設における掘削断面・吹付厚・覆工巻厚の管理に最適です。

■1ヶ所の測定位置で、広範囲（上図 −2D〜2D）を高密度、高精度（±3mm）しかも、独特の機構により測定ポイントに死角がなく測定でき、切羽の様な危険な場所での測定作業が回避できます。

■3次元測定は、指定した距離程ごとに自動で断面に沿って測定出来るため、巻厚評価のような同一断面での重ね合わせが正確に出来ます。

■測定から評価まで、日本のトンネル施工管理に合わせて作られた専用ソフトを使用しています。（Windows 対応日本語版）

総代理店

FBK 富士物産株式会社

〒103-0026 東京都中央区日本橋兜町21番7号兜町ユニ・スクエア

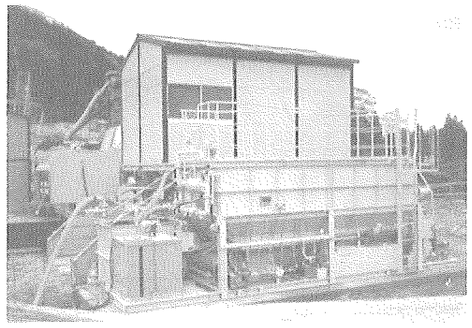
TEL 03（5649）7121（代）

FAX 03（5649）7125

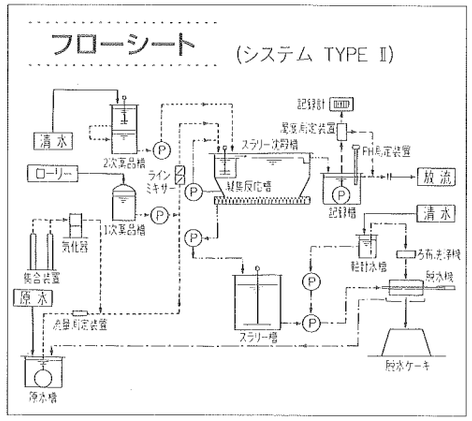
E-mail : sales@fuji-bussan.co.jp

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 II）



特　長

1．基礎、土木工事の期間が短く安価である。
設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。

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

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

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

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

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

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

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

詳細資料請求、お問い合わせは

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

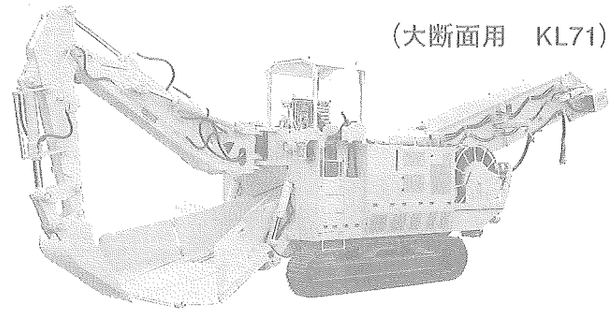
Towa Waste Water Treatment System

トンネル 急速施行の最新鋭機!

KEMCO Schaeff ・ローダ

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㈱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、砕石現場、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。

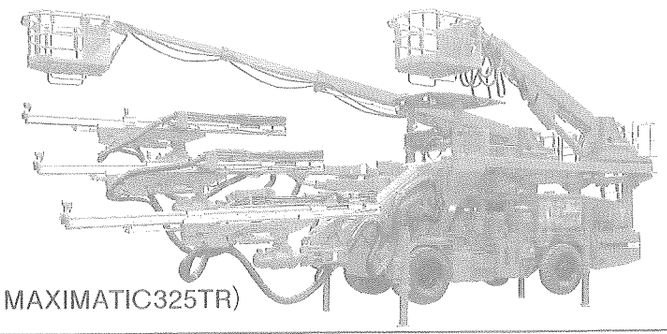
(大断面用　KL71)



型式	KL7	KL20	KL41	KL41CN	KL71
適用ずり取り断面	5～12m²	10～30m²	30～80m²	30～80m²	30～100m²
油圧パワーパック	30kW×1	45kW×1	90kW×1	90kW×1	110kW×1
コンベア能力	70m³/h	150m³/h	300m³/h	250m³/h	450m³/h
重量	8.5TON	13.0TON	27.5TON	27.0TON	35.0TON

KEMCO TAMROCK 油圧モービル・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ー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バスケット油圧モービルジャンボSUPER326GRまで各種販売。



(大断面用　MAXIMATIC325TR)

型式	RMH205	MH215TR	MAXIMATIC325TR	SUPER325GR
適用掘削断面	4～40m²	16～100m²	25～110m²	25～139m²
油圧パワーパック	45kW×2	45kW×2	55kW×2.45kW×1	55kW×2.45kW×1
エンジン出力	—	180PS/2,200rpm	160PS/2,300rpm	160PS/2,300rpm
重量	13.0TON	31.0TON	42.0TON	42.0TON

コトブキ技研工業株式会社
建設機械事業部
■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(74)5141
■支　店／大阪 ■営業所／札幌・東京・名古屋・松山 ■福岡営業所 ☎092(471)8819
＊URL:http://www.kemco.co.jp/ ■広事業所 ☎0823(73)1134

トンネル、法面補強および擁壁補強らに貢献する

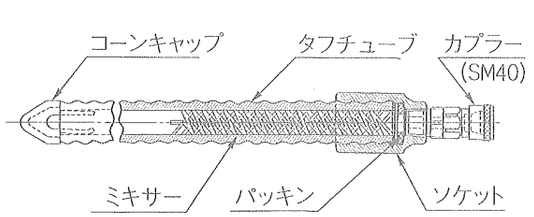
TFTの中空ロックボルト

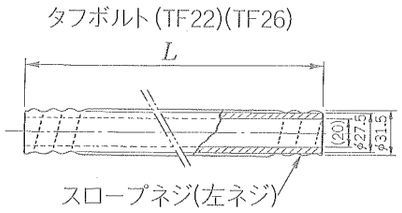
新製品

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。



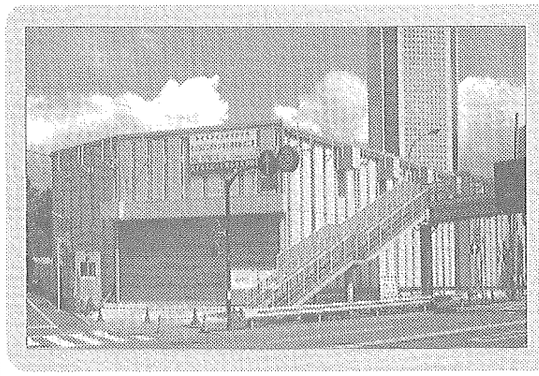


◈タフボルトシリーズ主要諸元

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

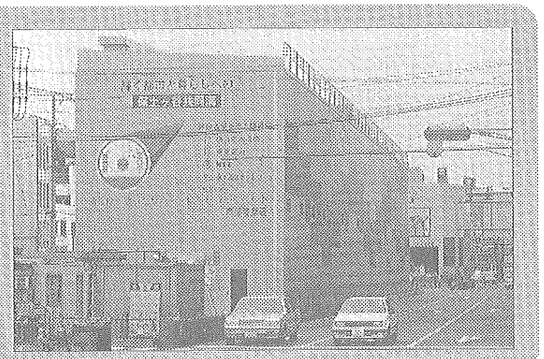
大丸の防音システム



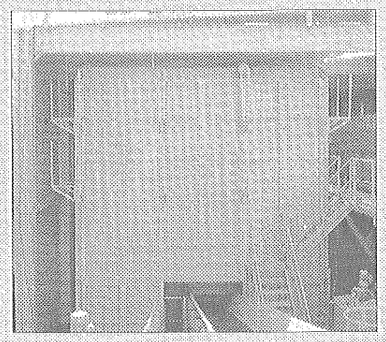
サイレントハウス(Bタイプ)

- 工期の早い標準型
- 音源対策から大型プラントまで

コスモス（Cタイプ）



- 防音効果が最大
- 環境問題の解決に



VLFシステム

- 超低周波音対策に
- 16Hzで-26dB（実績）

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

DMR Daimaru

大丸防音株式会社

本　社　〒104-0042 東京都中央区入船1-3-9 長崎ビル２F
TEL.03-3537-6700（代表）　FAX.03-3537-6701
営業所　〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3-28-16 オーベクスビル
TEL.06-6821-6151　FAX.06-6821-6477

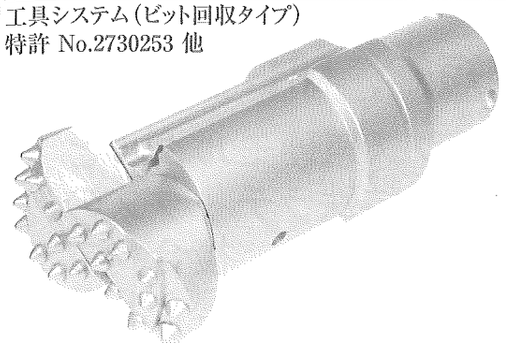
MITSUBISHI　DIABIT

地山の維持・補修用工具システム

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

スーパーメックスビット

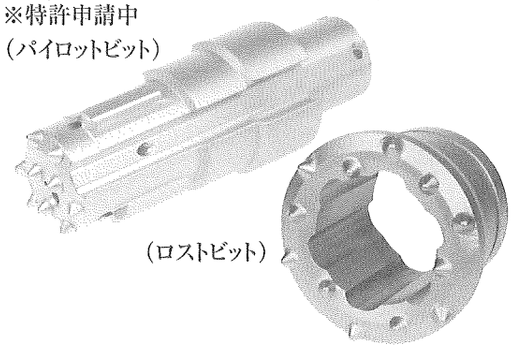
工具システム（ビット回収タイプ）
特許 No.2730253 他



ウルトラメックスビット

工具システム（アウタービットロストタイプ）
※特許申請中

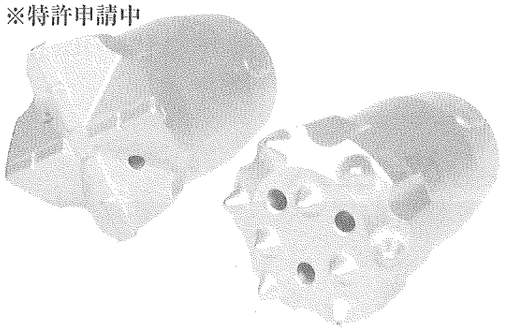
（パイロットビット）



（ロストビット）

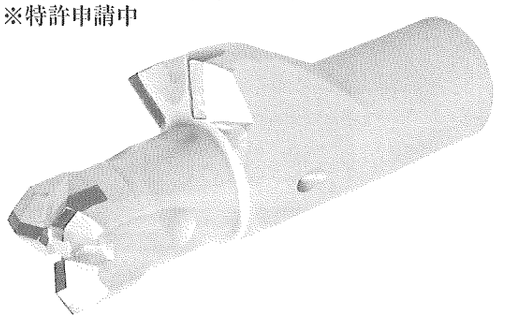
スモールP用ビット

工具システム（ロストビットタイプ）
※特許申請中



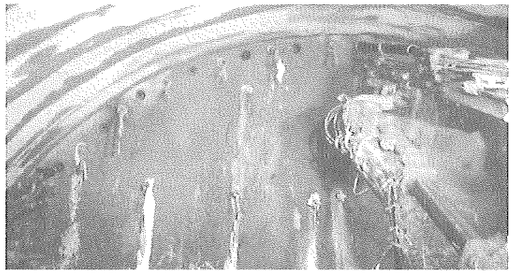
かん太郎ビット

工具システム（ビット回収タイプ）
※特許申請中



主な用途

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



注入式長尺先受工法（AGF工法）

三菱マテリアル

東北支店 ☎022-295-1260　東京支店 ☎03-5819-5263　岐阜駐在 ☎0584-27-5082
大阪支社 ☎06-6538-5146　九州営業所 ☎092-504-0032　海外グループ ☎0584-27-5011

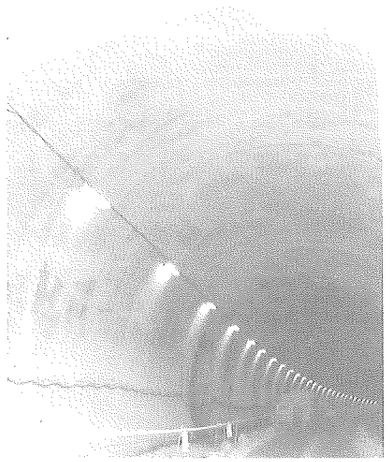
コンクリートの劣化，欠陥箇所の改修，補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法

〈工期短縮，即日仕上り〉

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

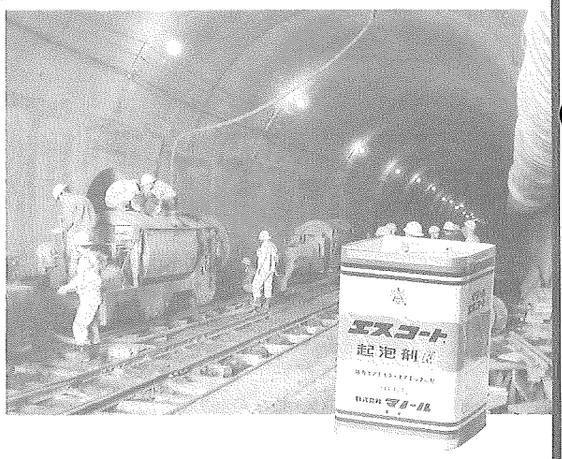


- 短時間で高強度，即日仕上り
- 強力な接着力と収縮，ヒビ割れ防止
- 防水性，防錆力に優れ，中性化防止
- 既調合品で現場管理が簡単

エアモルタル裏込め注入……

エスコート

L&K 起泡剤



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

◆土木資材の綜合プランナー◆

株式会社マノール

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

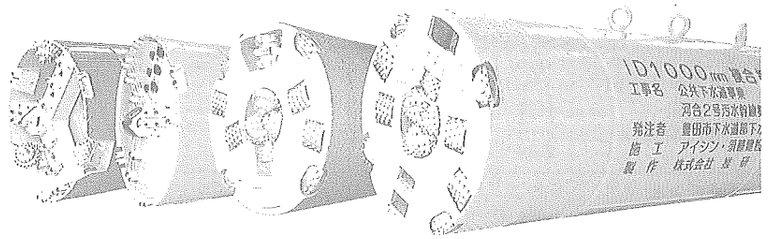
岩盤推進を創めて20年

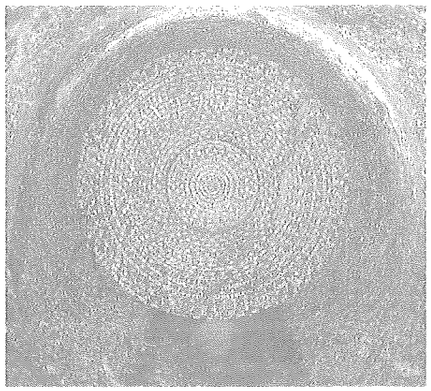
軟弱土から硬岩まで!!

複合推進工法（C.M.T工法）

- 800mm～1650mmまで対応
- 機内よりビット交換が可能です。
- 岩盤と普通土との互層土質も施工可能です。
- 長距離曲線推進も可能です。

■ CMT工法で使用される様々なカッターヘッドの一例





C.M.T工法協会

株式会社 桂研

本　社 〒547-0002 大阪市平野区加美東4-3-48
TEL 06-4303-6026
FAX 06-4303-6029

研究所 〒569-1044 大阪府高槻市上土室3-29-7
TEL 0726-94-6164
FAX 0726-92-0186

新登場!
経済性・施工性を追求!
2000年実績
220件突破

自穿式SPアンカー&注入管



	種　類	形　状		降伏耐力	破断荷重	在庫定尺
		外形状	内　径	(tonf)	(tonf)	
SPアンカー	自穿孔ロックボルト & 自穿孔式注入管	R29	φ13	20	>26	3m、4m
		R32	φ17	20	>26	3m、4m
		R38	φ16	40	>50	4m
鋼管式注入管		φ27.2	φ15	16	>22	3m、4m

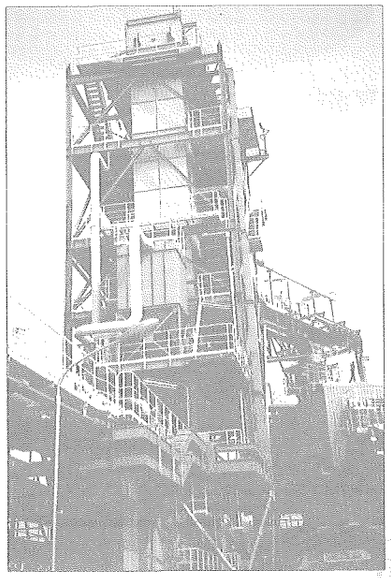
トンネル用磁質タイル

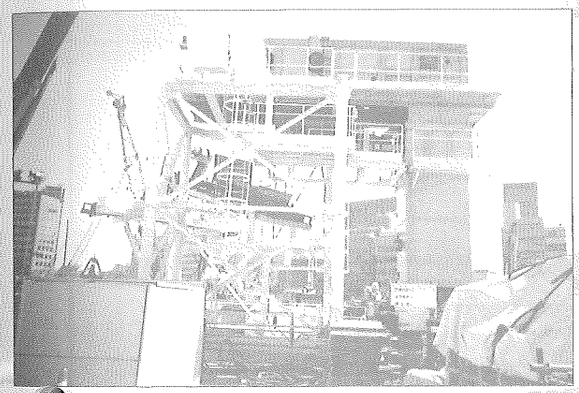
厳選された高級原料をイタリア製最新式設備で製造したトンネル用タイル。弊社は(株)三陽商会と協同で、(財)土木研究センターより「KIMHIN　CERAMICS,上海」社(ISO9002-1994)で製造する日本向けトンネル用磁質タイルの認証を取得。ご採用実績増加中。

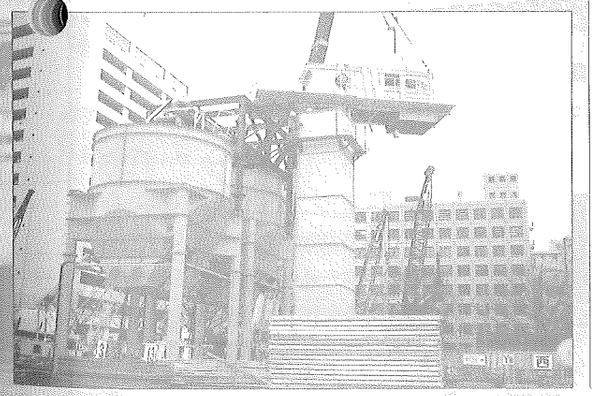
＊認証を取得したサイズ：1) 二丁掛け　(227×60×10t)
2) 100角二丁(200×100×10t)

STE
エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION
〒581-0869　大阪府八尾市桜ヶ丘3丁目101番地
TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251
E-mail : taniyama@pearl.ocn.ne.jp

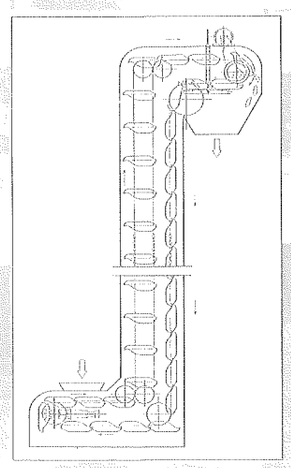
大深度地下、日本未来地図がソコにある。







建ち並ぶ高層ビル、網の目のような道路。日本の首都圏は、すでに飽和状態。新世紀の幕開けとともに注目を集めているのは、可能性に満ちた大深度地下。交通、通信システムはもちろん、ライフラインなど主要な都市機能は地下都市へ、さらに海底都市へと導かれ、新たなる空間を創造する——高性能ロボットが誕生する現代、その構想は決して夢の話ではなく、実現へ向けた技術も革新的な進歩を続けています。ＥＴＮトレイリフターもそのひとつ。水平・垂直・水平連続搬送という画期的なコンセプトで地下深くへ延びる掘削作業を強力にサポート。



シールド工法、トンネル(T.B.M.・ナトム)工法に最適な技術を御約束致します。スピード、能力・低コストに協力できるものと確信致します。(最大能力 1500t/Hまで実績済み)

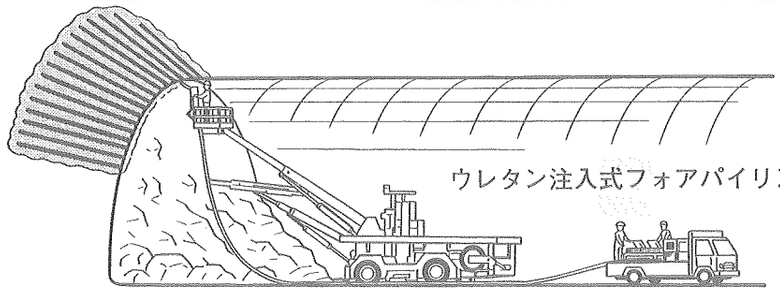
エターナルエンジニアリング株式会社
〒135-0042 東京都江東区木場2-18-14 妻恋木工第3ビル3F
TEL.03-5245-8203 FAX.03-5245-8204
営業所 大阪・福岡

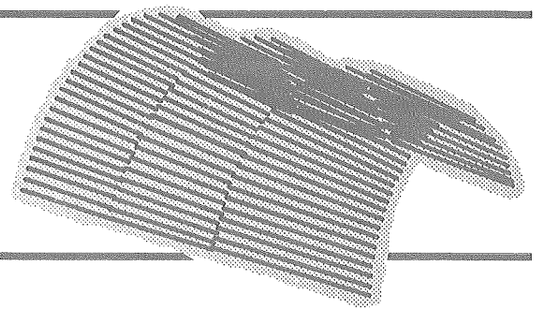
BRIDGESTONE

厳しい条件下の施工に
迅速な対応・信頼の
ブランド

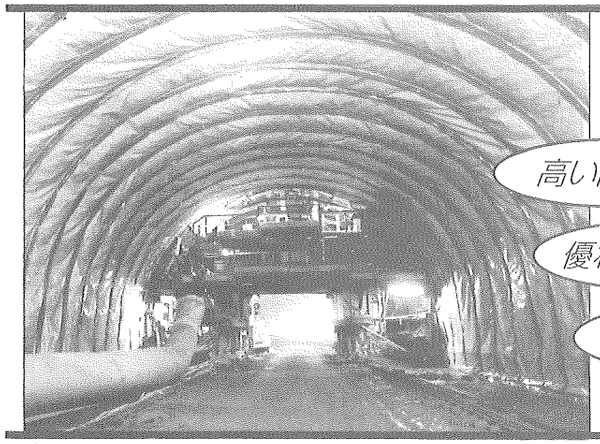
ブリヂストンのトンネル資材

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



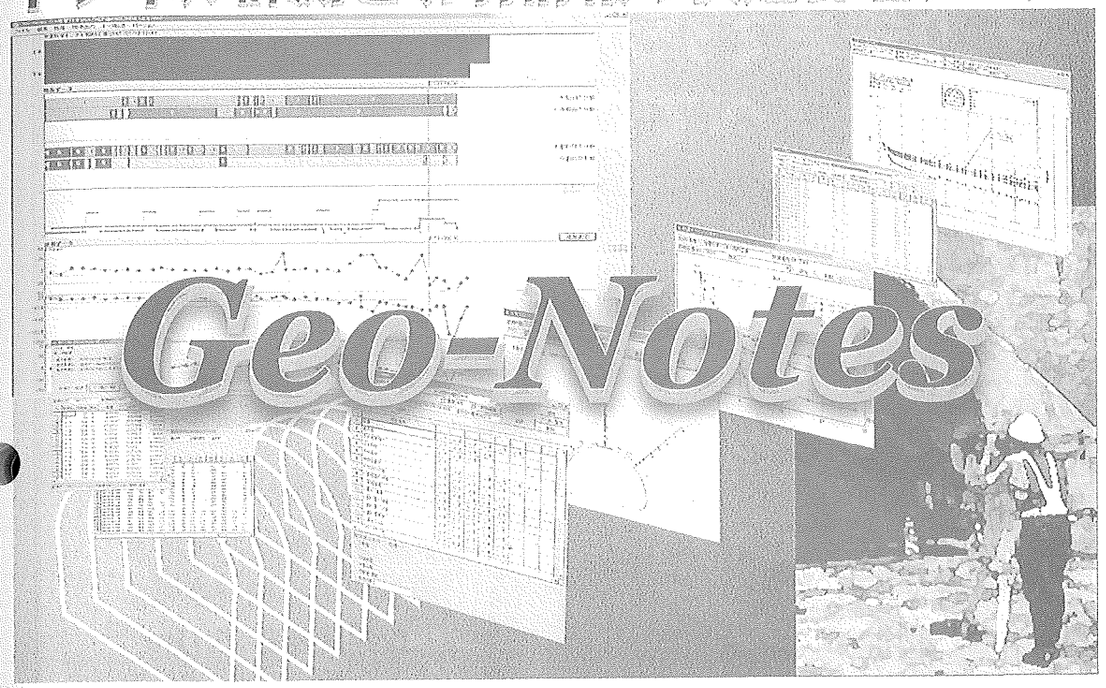


ナトミックシート
トンネル用防水シート



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

トンネル計測と切羽情報の快速管理ツール



トンネルにおける計測と切羽観察を一括表示。
施工管理担当者に変形や地質の変化を素早くお伝えします。

簡略化された操作手順

- MONMOS等のデータを自動取り込みできます。
- 迅速・確実なデータ変換・処理を行います。
- 必要な情報は３クリック以内で表示ができます。
- 切羽観察シートを効率的に作成できます。

迅速な判断を後押し

- 一括表示画面により、計測・施工状況の確認ができます。
- 施工管理基準値、初期変位速度などを一目で確認できます。
- 複数断面における計測データの比較が簡単にできます。
  （例：複数断面の経時変化を測点毎に表示）

システム仕様・概要

〈対応計測機種〉
・(株)ソキア製/MONMOS，東横エルメス製/ELF-100Aなど
　その他、ご希望の機種に対応いたします。

〈画面表示〉
・掘進状況、切羽情報、計測結果の一括表示
・経時変化図、経距変化図、分布図表示
・切羽観察結果、切羽スケッチ、切羽写真

〈プリント出力〉
・経時変化図、経距変化図、分布図
・切羽観察シート

〈機能〉
・初期変位速度表示機能
・最終変位予測機能（H13.10より対応）
・データのカット、ペースト
・盛り替え機能
・ＣＳＶファイル出力
・ＦＴＰによるバックアップ

〈価格〉
・Ａ計測基本セット 50,000円/月(保守・Version up費用含む)
・出力仕様のカスタマイズ等の費用は別途御見積いたします。

〈システム動作環境〉
・対応ＯＳ：Windows95/98/98SE/me，WindowsNT，Windows2000
・メモリ容量：64MB(128MB以上推奨)

*Geo-Notes*に関するお問い合わせは、下記までお願いいたします。

株式会社 地層科学研究所
〒242-0014 神奈川県大和市上和田1794鳥海ビル２Ｆ
Phone 046-268-7327 / Fax 046-268-7328
http://www.geo-unet.ocn.ne.jp
E-mail:grl@beige.ocn.ne.jp

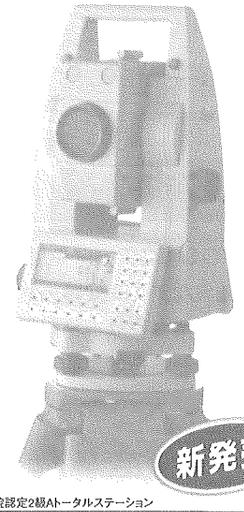
その先まで光が届く。
一台ですべてこなせる高機能。



ノンプリズム測距200m

簡単操作の自動視準機能*1
高速自動追尾機能*1
世界最軽量 6.1kg*2

*1:TCRAタイプ*2:モーター駆動タイプとして。2001年4月現在。



新発売

国土地理院認定2級Aトータルステーション
自動視準・自動追尾ノンプリズムトータルステーション
TCRA1103XR
¥3,100,000
◎価格は、本体および標準装備品のみの金額です。また消費税は含まれておりません。

トンネル内の全測量業務をこなせる高機能に加え、測距200mを達成したノンプリズム機能を搭載。

トンネル施工時や近接施工管理として実施される内空変位計測・内空断面測定を、計測から出力まですべて自動化。トンネル内での測量業務がすべて自動で行えます。さらに、長いトンネル内でも測量作業を素早く進められるよう、ノンプリズムの測定範囲を200mまで拡大しました(XRangeオプション)。作業のスピード化や効率化はもちろん、機材経費および人権費用の節減に大きな効果をもたらします。

簡単操作の自動視準機能
望遠鏡の視野にターゲットを入れ、ボタンを押すだけで精密自動視準。(TCRAタイプ)

高速移動にも対応する自動追尾機能
100m先を25m/秒(時速90km)で移動するターゲットを追尾可能。(TCRAタイプ)

持ち運び軽快な世界最軽量*ボディ
モーター駆動世界最軽量*を誇る6.1kgのボディ。フットワークも抜群。*2001年4月現在

ライカ ジオシステムズ株式会社
本　　社　〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコート　Tel.03-5940-3020　Fax.03-5940-3056
テクニカルセンター　〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコートB1F　Tel.03-5940-3035　Fax.03-5940-3059
大 阪 支 店　Tel.06-6910-3871 / 福岡営業所 Tel.092-432-8201 / 札幌出張所 Tel.011-669-1101

Leica Geosystems

さらにパワーアップ!

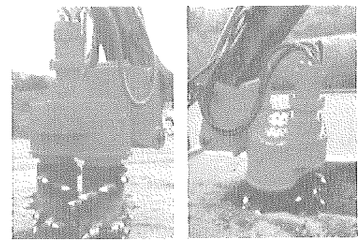
全断面対応中硬岩用トンネル掘進機
ロードヘッダ SLB-300S型



特　長

1. 最大8.8m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. 300kW: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. 運転操作に優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
5. 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。
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。

ツインドラム式掘削により
綺麗な仕上り!
ツインドラム式トレンチャー
(溝掘削機)
TR-600型
TR-1000型



安全・高能率な掘削を実現!

製造元
販売代理　ミイケ機材株式会社　本社/〒132-0021 東京都江戸川区中央1丁目13番19号
TEL. 03-3241-4711　FAX. 03-5678-4105

札幌営業所　TEL. 011-644-9110　FAX. 011-644-9125/仙台営業所　TEL. 022-247-7155　FAX. 022-247-7560
新潟営業所　TEL. 0258-47-1085　FAX. 0258-47-1290/大阪営業所　TEL. 06-6308-1090　FAX. 06-6306-2881
福岡営業所　TEL. 0944-59-6201　FAX. 0944-59-6202

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
http://www.mitsuimiike.co.jp　E-mail koken@mail.mitsuimiike.co.jp

電力・通信ケーブル用多条保護管

カナパイプPV型

Kanaflex
ISO9001
認証取得



トンネル内埋設工事を省力化・効率化

用途

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

トンネル

C.C.BOX

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

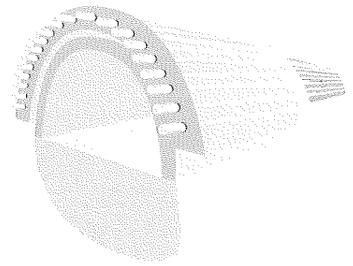
カナフレックス コーポレーション 株式会社

東京本社 〒107-6024 東京都港区赤坂1-12-32アーク森ビル24F TEL(03)3584-5111 FAX(03)3584-5220
大阪本社 〒530-6017 大阪市北区天満橋1-8-30 OAPタワー17F TEL(06)6881-0776 FAX(06)6881-0760

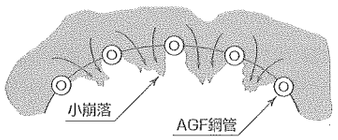
札幌営業所 TEL(011)271-8770 仙台営業所 TEL(022)792-3055 横浜営業所 TEL(045)241-7511 新潟営業所 TEL(025)226-5111
静岡営業所 TEL(054)275-2258 金沢営業所 TEL(076)234-5660 名古屋営業所 TEL(052)955-1511 京滋営業所 TEL(077)526-1022
神戸営業所 TEL(078)360-6173 広島営業所 TEL(082)240-0609 高松営業所 TEL(087)861-4600 福岡営業所 TEL(092)474-2630
鹿児島営業所 TEL(099)224-8404

直営工場 北海道工場 仙台工場 栃木工場 千葉工場 滋賀工場
愛東工場 広島工場 四国工場 九州工場

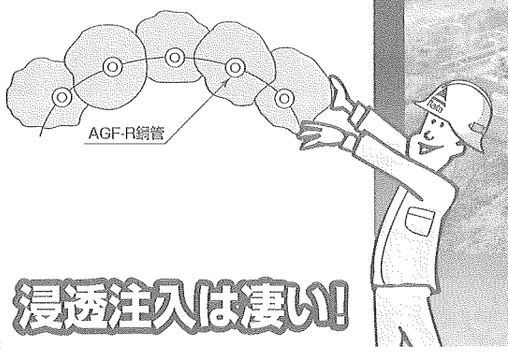
製品に関する技術的なお問い合わせは
0120-40-2177
テクニカルセンター



【改良前】



【改良後】

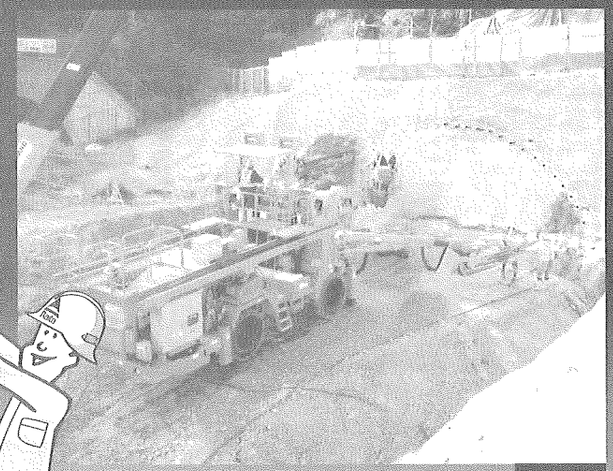


鋼管と改良体が一緒になるとAGFはもっと強くなる!!

All Grand Fasten Raito

AGF-R工法

浸透注入式長尺先受工法

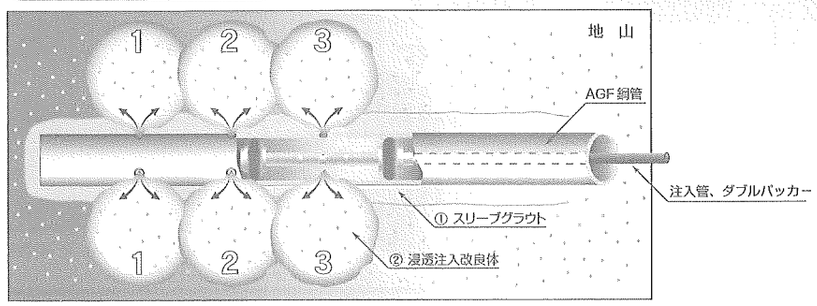


数万件の実績を持つソレタンシュ注入のノウハウを取り入れました。

浸透注入は凄い!

AGF-R工法はAGF鋼管内から二重管注入方式により浸透注入し、その改良体と鋼管により地山を補強する工法です。

ステップ注入模式図



① 注入に先立ちスリーブグラウトにて鋼管回りを充填する
② 先端よりダブルパッカーにて浸透注入材をステップ注入する。必要に応じて再注入が可能です。

ライト工業株式会社

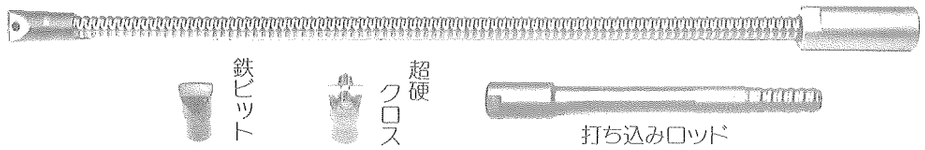
東京都千代田区九段北4-2-35 〒102-8236
TEL:03-3265-2551（大代表） FAX:03-3265-0879
http://www.raito.co.jp

トンネル工事の安全施工で活躍する「ロックボルト」

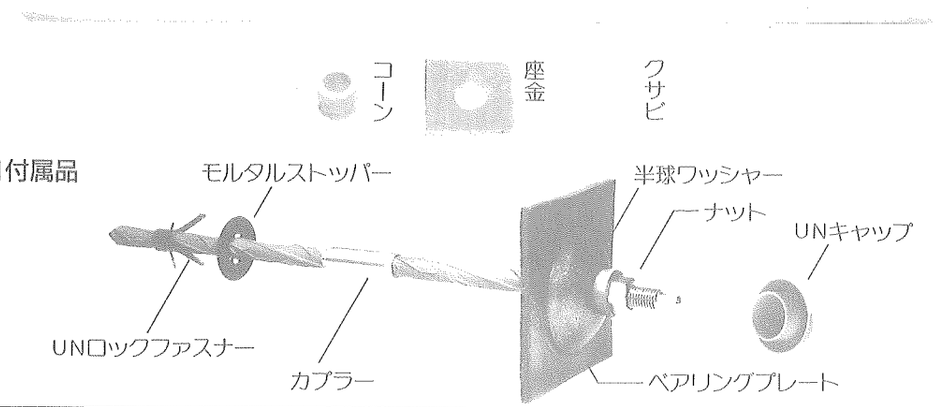


●抜群の挿入性と
高引抜強度を確保！
●一貫生産体制の確立により、
経済的に！安定供給！

自穿孔ボルト（UND29）

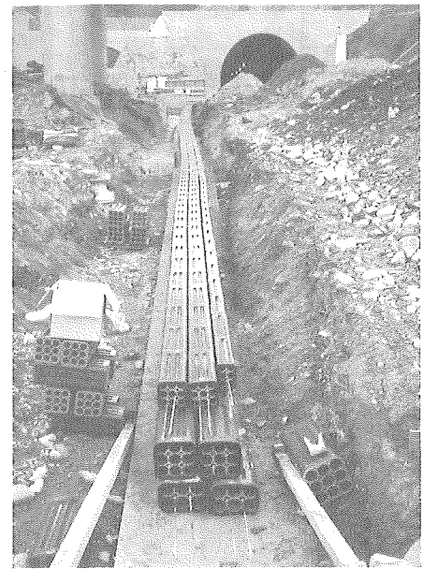


FRPロックボルト

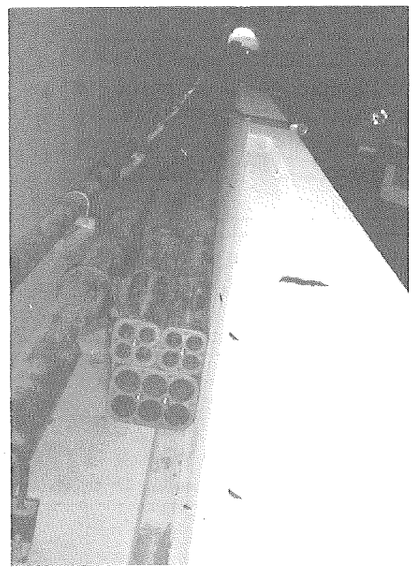


製造・発売元　北越メタル株式会社
（旧社名　株式会社 アールディメタル）
本社　〒940-0028 新潟県長岡市蔵王三丁目三番一号
TEL 0258-24-4540（土木営業部直通）
FAX 0258-24-7743（土木営業部直通）

永久施設に永久管路



▲ 宇治トンネル　〔日本道路公団〕



▲ 関南トンネル〔日本道路公団〕

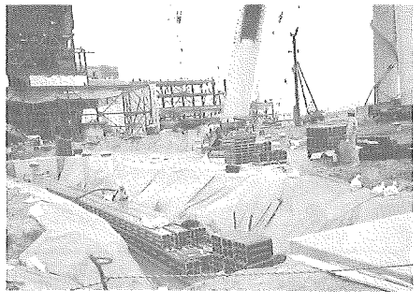
地下ケーブルの保護に
杉江の多孔陶管

セラダクト

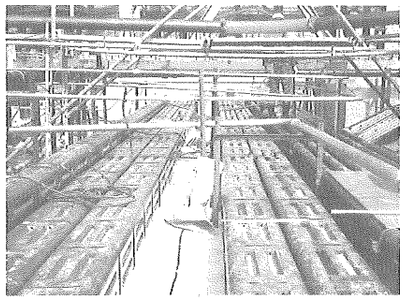
燃えない　錆びない　壊れない

地中配線管路材（JIS C 3653）

トンネル内の狭い空間の
多条数のケーブル布設に
最適な管路です



▲川越火力発電所〔中部電力㈱〕



▲ 広野火力発電所〔東京電力㈱〕

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

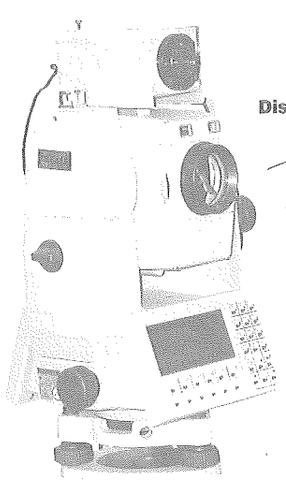
sugie 杉江製陶株式会社
本社・工場　愛知県知多郡武豊町字上山1－76　〒470-2387　☎(0569) 35-2360(代)　FAX (0569) 35-4087
東京支店　東京都渋谷区恵比寿1－21－8　〒150-0013　☎(03) 3442-6181(代)　FAX (03) 3442-1691
大阪支店　大阪市都島区御幸町1－3－1　〒534-0012　☎(06) 6922-6991(代)　FAX (06) 6922-2498
札幌連絡所　札幌市北区新川2条10丁目575-28　〒001-0922　☎(011) 763-8907(代)　FAX (011) 763-8790

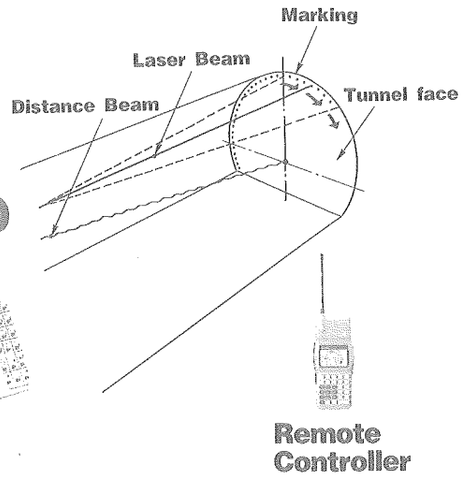
我が国最大の実績を誇る

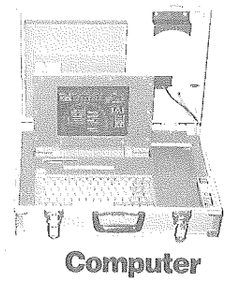
レーザープロットシステム

断面測定機能付

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．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が可能
2．360°全周駆動により、急曲線、大断面掘削にも対応
3．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内臓としたため、コンパクトで設置が容易
4．3″の測角精度により、施工精度を向上
5．2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

◘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・開発中）
- 多機能変位計測（内空変位）
- シールド掘進機位置検出器

お問い合せは

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

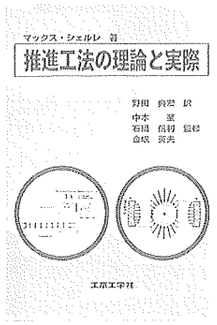
《販売元》
伊藤忠建機株式会社
エヌアイ建機株式会社
古河ドリルテック株式会社

マックス・シェルレ　著

推進工法の理論と実際

野田典宏 訳　　中本　至・石橋信利・金成英夫 監修

B5判　437頁　定価（本体価格8,500円＋税）　送料450円



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

〈主 要 目 次〉

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

推薦のことば

推進工法によって，下水道をはじめ多くの管渠が布設されている．下水道については1960年にはわが国の普及率は15%に過ぎなかったが，今日では60%近くになっている．当初，年間1500kmしか施工実績がなかったが，近年の施工延長は年間15000kmになっている．下水管渠の施工方法の選定にあたって，施工条件や建設環境，地下埋設物や地盤条件などの関係から，開削工法より推進工法などの特殊工法が選定されることが多くなり，その中でもとくに推進工法の適用は多くなった．ところが，わが国では推進工法に関する実務書は多いが理論面を記述したものはあまり見当たらず，推進工法の一層の発展のためにも理論書が求められていた．

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

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

中本　至・石橋信利・金成英夫

お申し込みは，当社へFAX，または，お近くの書店にてお申し込みください．FAX(03-3267-2807)にてお申し込みの方は，下記の申込書に部数・送付先・氏名・電話番号を明記のうえ，お申し込みください．

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

《書 籍 申 込 書》

推進工法の理論と実際　　冊 申し込みます

住所（〒　　－　　）

事業所名

TEL

部課名　　申込者　　㊞

土木工学社の地質学書

〔新刊図書〕

わかりやすい土木地質学



大島洋志 監修　平成12年11月 発行

Ｂ５判　209頁　価格2,500円(税別)　〒340円

主要目次

序　編　トンネルと地質の関わり

1．地質学とは，応用地質学とは　2．トンネルと地質

第Ⅰ編　トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第Ⅱ編　トンネル工事と地質条件

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

第Ⅲ編　地質調査法

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

第Ⅳ編　工事を対象とした地質調査の進め方

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

〔既刊図書〕

建設工事の保安地質学〔改訂版〕　石井康夫 著　Ａ５判　475頁　価格6,000円(税別)　〒380円

建設工事の地質診断と処方　石井康夫・矢嶋壮吉 共著　Ａ５判　324頁　価格4,300円(税別)　〒380円

地下水の科学　P.A.ドミニコ・F.W.シュワルツ 共著　大西有三 監訳

第Ⅰ巻 地下水の物理と化学　Ｂ５判　235頁　価格4,078円(税別) 〒380円
第Ⅱ巻 地下水環境学　Ｂ５判　252頁　価格4,272円(税別) 〒380円
第Ⅲ巻 地下水と地質　Ｂ５判　197頁　価格3,689円(税別) 〒340円

岩盤地下空洞の設計と施工　E.フック・E.T.ブラウン 共著　小野寺透・吉中龍之進・斉藤正忠・北川隆 共訳
Ｂ５判　444頁　価格9,800円(税別) 〒450円

ブロック理論と岩盤工学への応用　R.E.グッドマン・G.H.シー 共著　吉中龍之進・大西有三 共訳
Ａ５判　360頁　価格4,855円(税別) 〒380円

岩盤の計測と解析　鈴木光 著　Ａ５判　244頁　価格4,200円(税別) 〒380円

地質工学概論　菊地宏吉 著　Ｂ５判　276頁　価格4,757円(税別) 〒380円

続 きみの庭にも温泉が出る　石井康夫・俣野恭寛 共著　新書判　217頁　価格1,200円(税別) 〒240円

きみも金鉱を発見できる　石井康夫　新書判　200頁　価格980円(税別) 〒240円

お申し込みは，当社へFAXまたはお近くの書店にてお申し込みください．FAX(03-3267-2807)にて
お申し込みの方は，書名・部数・送付先・氏名・電話番号を明記のうえ，お申し込みください．

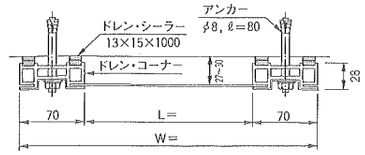
株式会社 土木工学社

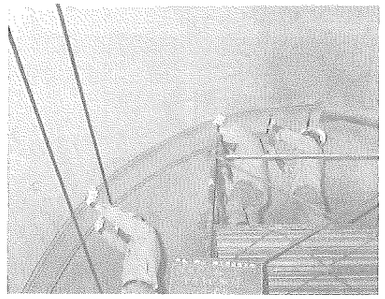
〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話　(03)3267-2888（代）　振替00110-8-190072

トンネル・カルバート・地下構造物の漏水対策に

アーチ・ドレン導水桶

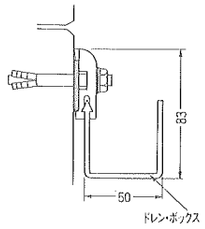
■特　徴
・漏水幅に応じ導水幅の選択が可能
・導水プレートはアクリル変性P.V.C強化樹脂で驚異的な耐衝撃性有り
…アイゾット強度240kgハンマー破断せず…
・寒冷地型、Boxカルバート用勾配型、etc有。
コンクリート剥落対策にも最適です。





水平導水桶に

サイド・ドレン



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

ニホン・ドレン工業株式会社

〒910-2166　福井県福井市小路町4－12－1
TEL　0776－41－3725　FAX　0776－41－3455

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

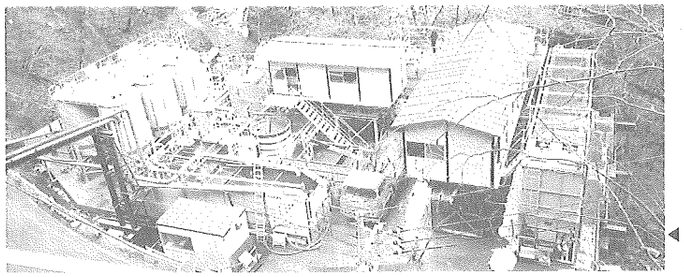
0～20（約２年）　20～30（１年６か月）
30～40（約１年）　40～50（６か月）

【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　土田義弐

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)

数々の技術・豊富な実績が
明日を築く東急の濁水処理設備



◀北陸新幹線碓氷峠トンネル（東）
濁水処理設備

◇営業品目◇

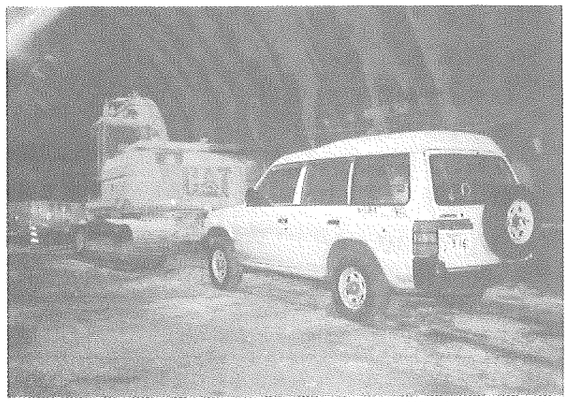
トンネル工事濁水処理設備
都市土木工事
P.Hコントロール設備
炭酸ガス中和設備
水処理各種計器器材
上記　設計、施工、管理

TOKEN SANGYO

東建産業株式会社
（旧 東急設備㈱）

本　　社　東京都渋谷区渋谷1−16−14
〒150-0002　TEL 03(5466)9511
関西事務所　大阪市北区豊崎3−19−3
〒531-0072　TEL 06(6371)6447

《現場が現場ですから・・・》



点検のため、巡回訪問のインスペクター・カー

休車は避けられません。
それでも高い稼動率は、CAT製品に共通する特長です。その上、プロダクト・サポートが下支えしています。
全国、津々浦々CATファミリーのサービスネットワークが待機しています。

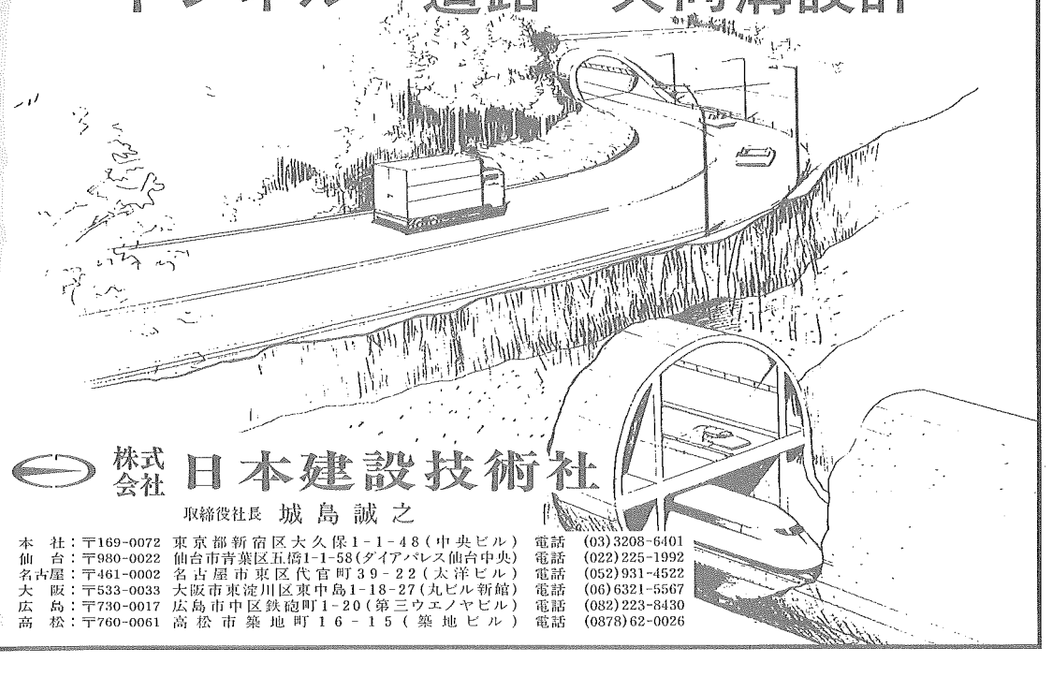
株式会社 ケイ・リー

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

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

昭和34年創立　総合建設コンサルタント　㈳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39-22（太洋ビル）　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)6321-5567
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16-15（築地ビル）　電話　(0878)62-0026

21世紀の地球環境を見つめる土木専門図書

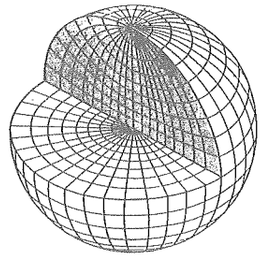
ブロック理論と岩盤工学への応用
R.E.グッドマン，G.H.シー著／吉中龍之進・大西有三　訳
A5判　360頁　本体4,855円　送料 380円

建設工事の保安地質学【改訂版】
石井康夫　著
A5判　474頁　本体6,000円　送料 380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

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

山岳トンネルの新技術
ジェオフロンテ研究会　編纂
B5判　500頁　本体14,573円　送料 450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

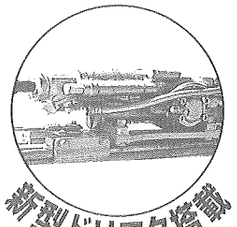
Furukawa ROCK DRILL

信頼の実績

油圧式ホイールジャンボ

古河さく岩機は国産第1号を生みだして80年余
様々なトンネル工事であらゆる岩盤に挑戦してきました

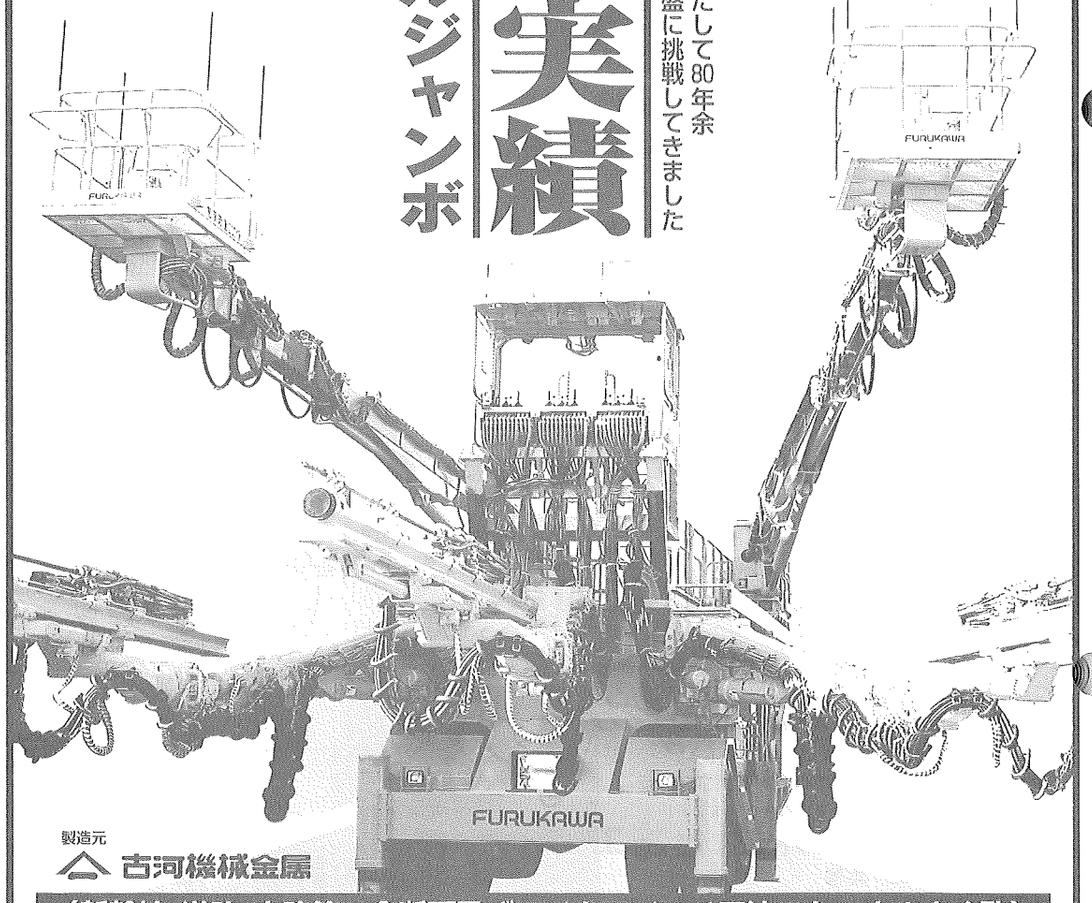
FIDSにより最高の動力効率
柔軟で知能的なドリフタ制御を実現



JTH3RS-190EX

◆主な仕様

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



製造元 古河機械金属

（新幹線・道路・水路等の全断面及びマイクロベンチ工法のトンネルさく孔）

総販売元
古河機械販売株式会社
（旧社名：古河さく岩機販売株式会社）
本社：東京都千代田区内神田2-15-9(古河千代田ビル) 電話 03(3252)2542
札幌営業所 011(864)1251 東北営業所 022(384)1301 高崎営業所 027(326)9611
東京営業所 0424(72)2821 名古屋営業所 0568(76)7755 大阪営業所 06(6475)8251
広島営業所 082(232)7729 高松営業所 087(862)4077 九州営業所 092(948)1808
大館出張所 0186(42)1766

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：東京都千代田区内神田2-15-9(古河千代田ビル) 電話 03(3252)6551
関東営業所 027(322)5953 札幌営業所 011(861)3261 仙台営業所 022(356)5771
名古屋営業所 0568(77)7700 大阪営業所 06(6475)0221 広島営業所 082(231)5621
福岡営業所 092(948)2010 神流川出張所 0274(59)3146 松本出張所 0263(82)8271
静岡出張所 054(620)1641 高松出張所 087(833)4033

トンネルと地下 8月号目次

Vol. 32, No. 8. 2001

■巻頭言 海峡横断……本州四国連絡橋公団 加島 聰…5

■研究 開削工事における路上掘削幅縮小技術の開発……東京電力(株) 山崎 剛…47
(株)関電工 井口 昌之
〃 馬場 康史
東京工業大学 日下部 治

コンパクトなシールドシステムの開発と実用化……東京都 前田 正博…55
東京都下水道局 三筋・鳥越付近再構築工事 〃 串山宏太郎

■報告 コンクリート剥落箇所の変状と対策工……北海道旅客鉄道(株) 吉野 伸…65
JR室蘭線 礼文浜トンネル 〃 松田 洋一
〃 小西 康人

■施工 破砕質マサ地山における湧水対策……広島高速道路公社 福原 一光…7
広島高速4号線 西風トンネル第2工区 〃 岡村 浩孝
フジタ・奥村組・伏光組共同企業体 望月 齋也
(株)フジタ 岩田 広己

新しい先受け工法でマサ土地山を克服……日本道路公団 佐藤 宏和…17
京都丹波道路 拝田トンネル (株)東光コンサルタンツ 古賀 顯隆
東海興業・公成建設共同企業体 矢田 洋士
ライト工業(株) 藤沢 伸行

第一京浜国道交差点直下の駅下を掘る……東京都地下鉄建設(株) 畠中 軍喜…27
都営大江戸線環状部 汐留・浜松町工区 鹿島・竹中土木・日本国土・若築・奈良共同企業体 斎藤 健
〃 北川 豊

国道下の軟弱地盤中障害物を横坑で撤去……日本鉄道建設公団 山崎 一政…37
みなとみらい21線 高島シールド 〃 舘山 洪八
前田建設工業(株) 平田 憲光
〃 手塚 広明

■連載講座 吹付けコンクリート・ロックボルトに関するQ&A(13)……JTA支保幹事会…73
線路下横断工法(最終回)……「線路下横断工法」連載講座小委員会…83
Q&A

■現場だより 『紅花と樹氷の町』山形市より……大豊・白石共同企業体 鈴木 登…16
「Jambo!」ケニア・ソンドゥより……鴻池組・ヴィデック・マーレイ&ロバーツ共同企業体 柳田 亘…26
「歴史の町」佐賀・厳木より……東急建設(株) 加藤 清高…64

■資料 土木情報……編集部…82
トンネルジャーナル……編集部…87
海外文献速報……JTA研究開発委員会…88
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…89
工法・技術・製品ニュース……編集部…91

■会報 会報……日本トンネル技術協会…93

■グラビア 眼で見るトンネル工事……編集部… 1

表紙説明　新しい先受け工法でマサ土地山を克服・京都丹波道路 拝田トンネル

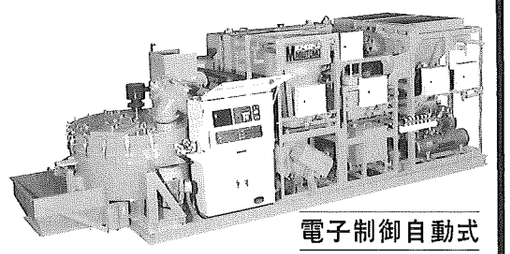
本トンネルでは，4車線化の拡幅工事が行われている．両坑口部は土かぶりが小さく，地質はマサ～風化花崗岩と未固結状態で，ルートが谷部のため地下水も多い．このため，1期線トンネルに影響を与えず安全・迅速施工を目的に，新しく先受け工法(AGF-R)を開発した．写真は，AGF-R施工状況．〔写真提供：日本道路公団〕(本文17頁参照)

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 10～90㎥/H

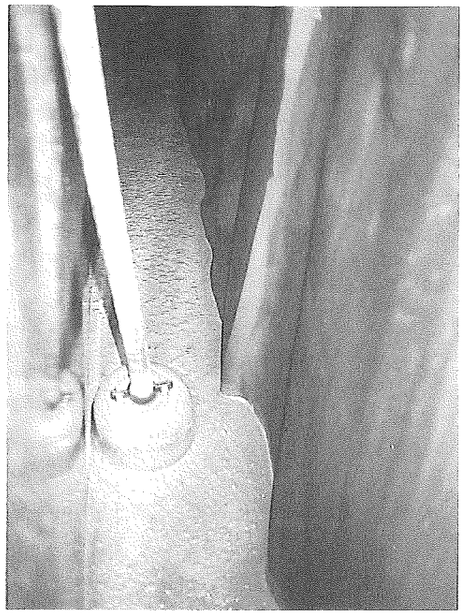


電子制御自動式
(印字自動記録装置付)

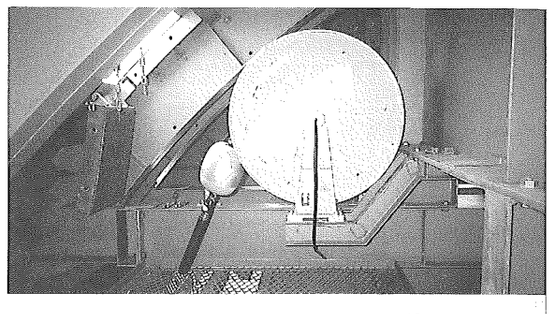
丸友機械株式會社
本社 名古屋市東区泉一丁目19番12号
〒461-0001 電話〈052〉(951) 5 3 8 1 (代)
東京営業所 東京都千代田区神田和泉町1の5
〒101-0024 ミツバビル 電話〈03〉(3861)9461(代)
恵那工場 岐阜県恵那市武並町藤字相戸2284番地
〒509-7121 電話 〈0573〉(28) 2 0 8 0 (代)

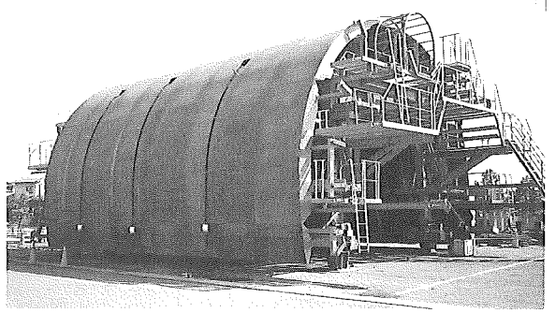
コンクリート打設の新技術

浮きバイブレーターシステム

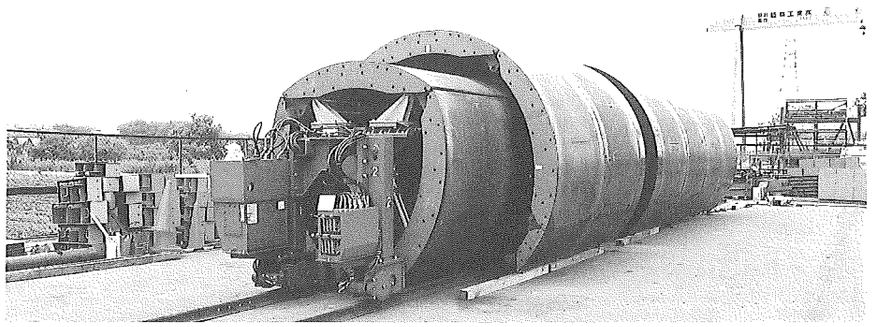


打設中の浮きバイブレーター





上段：浮きバイブレーターバランサー
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. 32, No. 8 August

Drainage against Inflow Water in Fractural Ground of Decomposed Granite—Seifu Tunnel Work Section No.2 on Hiroshima Expressway No.4 Line(pp.7)

By Kazumitsu Fukuhara, Hiroshima Expressway Public Corporation

This work section has a distribution of Class A active faults, named Koi Fault Zone. After prior Investigation on bored hole and hydrological conditions, it is revealed that the existing ground conditions are of excessive brittleness containing a large quantity of water, for which careful study must be made to determine the applicable designing and execution methods of the tunneling work.

In many instances the tunnel driving proceeds only after the ground water level has been lowered by drainage boring against possible inflow of water; often by combined use of chemical injection for foundation reinforcement. In this Section, the work was done by the deep well method so that the ground of brittleness in progress could be driven both safely and economically by lowering the water level prior to arriving at the excavated face of tunnel. This text describes mainly the construction records and hydrological features near and around the fault zone.

Successful Breakthrough in Decomposed Granite Ground by New AGF-R Method—Haida Tunnel on the Kyoto-Tanba Highway(pp.17)

By Hirokazu Sato, Japan Highway Public Corporation

The subject highway is now under construction for width expansion from 2 to 4 lanes. The work includes mainly two(2) tunnels of about 500m length, of which Haida Tunnel is featured by its portal sections on both ends with long-continued but small earth covering and geologically by the unconsolidated soil conditions. It contains a large quantity of ground water because the tunnel is planned for routing in the valley. This text refers to the AGF-R method newly developed for the purpose of executing the work safely and promptly without any impact to the existing Phase-I tunnel already in service under such site conditions as aforestated.

Excavation direct under the Crossing of Daiichi-Keihin National Highway, beneath the Exsting Subway Station—Metropolitan Subway Ōedo Line Shiodome-Hamamatsu-cho Section(pp.27)

By Gunki Hatakenaka, Tokyo Metropolitan Subway Construction Corporation.

This work section is of 3,030m length, including three(3) shield tunnel sections, two(2) stations and one(1) draw-out track. The zone of Daimon Station extends over 235m on the newly opened Subway Line, being constructed by the cut and cover tunnelling method. Its portion covering the crossing section between the Ward Road and the National Highway of 50m length is just running through beneath the old Daimon Station on the Asakusa Line. It is planned for nearly square crossing. The said crossing with Asakusa Line, the total weight of which amounts to about 8,800 tons, including the road surface load, was supported temporarily by the underpinning method. This text makes mention of the works carried out at the crossing with Asakusa Line, including the underpinning section of Daimon Station.

Removal of Obstructions through Adit out of Softsoil Foundation under National Highway—Takashima Shield on Minato-Mirai 21 Line(pp.37)

By Kazumasa Yamazaki, Japan Railway Construction Corporation

This is the new subway line extending over 4.1km with six(6) assigned stations including Yokohama Station, which will become the junction with the other existing main lines after opened to its commercial service. The line is expected for its higher public benefit. It is planned to link up the line between Yokohama and Takashima Stations for a distrance of 450m, through the slurry shield tunnelling method(of 10.0m dia.). This text refers to the special work, as the preliminaries for the proposed shield work, for removal of obstructions through the audit excavated in the very soft-soil foundation under the National Highway No.1.

Development on New Technology for Minimization of Road Width Excavation in Cut and Cover Works(pp.47)

By Takeshi Yamazaki, Tokyo Electric Power Co.

As a general tendency, the excavating width for the cut and cover box culvert work exceeds the real width of the structure, thus causing its working range to broaden out. This would result in considerable increase of possible load on the environment; for instance, excavated soil as by-product to arise from construction works or increased use of support timbering, backfil material and foundation slab for improvement in the realm of construction materials. As an attempt to mitigate all those problems to a possible extent, the so-called 'zero space construction method' has been developed and utilized so as to minimize required width for box culvert construction in situ, mainly on the subject of earth retaining method with steel sheetpiles to be accompanied by pullout of the retaining wall.

This paper mentions the outline of testing processes toward utilization and some noteworthy points for designing and construction, together with report on the potential reducing effect of environmental burdening as calculated on the actual working basis.

Development and Utilization of Compact Shield System—Misuji-Torigoe Sererage reconstruction Project by Tokyo Metropolitan Office Sewageworks Bureau(pp.55)

By Masahiro Maeda, Tokyo Metropolitan Bureau

The existing Metropolitan sewerage network has its long historical background over one(1) century since its initial establishment, spreading 100 percent over its service territory. In fact, however, the older system completed at an earlier stage is in progress toward aging and under capacity at its treatment plants against possible increasing inflow from both storm water and waste water dischage. To cope with this tight situation, concentrated effort is being made to improve and expand the main tributary lines which lead both waste water and storm water from the catchment area subject to submersion.

New construction of such tributary systems more often depends upon the shield method, as a matter of course, other than the cut and cover tunneling method. In addition, in order to mitigate impact to the living environment or overdensity in the space on or under the ground, thus saving construction and operating costs, effort has been made specifically to develop the compact size shield method.

This text covers the background story about development of this method, its general outline, togeter with results of its demonstration works.

Concrete Peel-off Deformation and its Remedial Works—Rebunhama Tunnel on JR Muroran Line(pp.65)

By Shinichi Yoshino, Hokkaido Japan Railway co.

It happened in November 1999 that the freight train was hit by a concrete mass and derailed inside the above-named tunnel. The result of investigation revealed that a concrete mass of conical shape had peeled off from the tunnel ceiling incidentally. The tunnel is reported to have undergone its partial deformation from the time of construction up to this date. This text summarizes all those deforming phenomena as obsrved in the past, making mention of the preceding deformation process, its conutermeasures taken, together with the current accident and the subsequent testing procedures for safety of the tunnel.

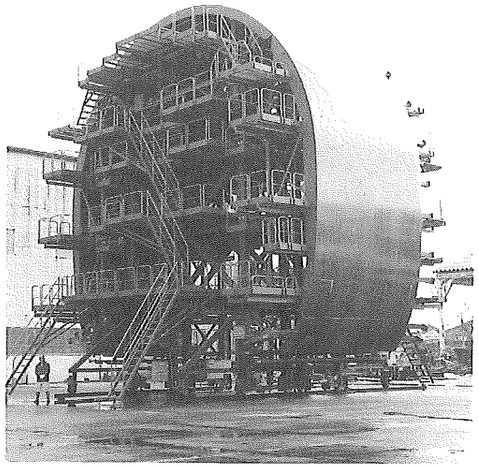
Supervision
Japan Tunnelling Association
Shinko Dai-ichi Bldg., 14-7,
2 chome, shintomi, Chuo-ku,
Tokyo, 104-0042, Japan.

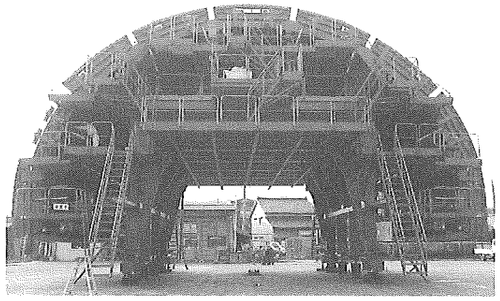
Publisher
Doboku Kogakusha Co., Ltd.
Major Kagurazaka, 16 Banchi,
Iwatocho, Shinjyuku-ku,
Tokyo, 162-0832, Japan.

Tunnels and Underground
One copy : US $ 15 (Seamail)
Subscription Rate
One year : US $ 180 (Seamail)

SAGA'S TUNNELLING FORMWORKS & MACHINERY

◈大断面トンネル用スチールフォーム





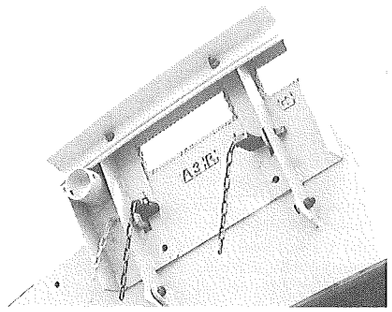
↑ 大断面NATM（第二東名神高速道路）
H＝9.6m　W＝16.9m　L＝10.5m

← 大断面都市NATM（地下調整池）
H＝16.5m　W＝15.4m　L＝6.0m

High Performance 高機能妻板をお薦めします

HP 妻板により二次覆工コンクリート打継ぎ部分の品質が向上します!!【特許出願中】

- ✿妻板のメッシュから余剰水などが排出できます
- ✿妻板から棒状バイブレーターを水平に挿入して、コンクリートの締固めができるようになりました
- ✿妻部の脱水、締固め作業が容易にできます
- ✿余剰水などは樋で流下させ作業床を汚しません
- ✿**妻板付近のコンクリート品質が向上します**
- ✿施工中のセントルに取付けが可能です
- ✿妻板全周への取付けをお薦めします



佐賀工業株式会社

●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1-11-10(コハラビル)　☎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　☎06-6390-2670(代)　FAX 06-6390-2673
●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　不動建設株式会社特別顧問
（元）東京都下水道局長

〔委　　員〕

伊藤範行
鹿島建設株式会社建設総事業本部土木技術本部工務部担当部長

猪俣　正
飛島建設株式会社土木事業本部副本部長

岩崎辰郎
日本道路公団技術部調査役

遠藤浩三
三菱地所株式会社顧問

栗田幸男
帝都高速度交通営団建設本部設計部設計第一課課長

古賀雄三
清水建設株式会社土木本部技術第二部部長

下保　修
国土交通省大臣官房技術調査室技術企画官

高山博文
日本鉄道建設公団計画部計画課長

田川弘義
株式会社竹中土木常務取締役

端　則夫
大成建設株式会社土木本部土木技術部トンネル技術室室長

濱　建介
株式会社アオバ会長

三浦正彦
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
攻玉社工科短期大学学長

島田隆夫
鉄建建設株式会社社友

髙橋彦治
伸光エンジニアリング株式会社技師長

田島利男
株式会社ロードエンジニアリング代表取締役

長友成樹
株式会社構造技術センター取締役

西松裕一
東京大学名誉教授

林　博
西松建設株式会社専務取締役

松本崇義
（元）東京都理事

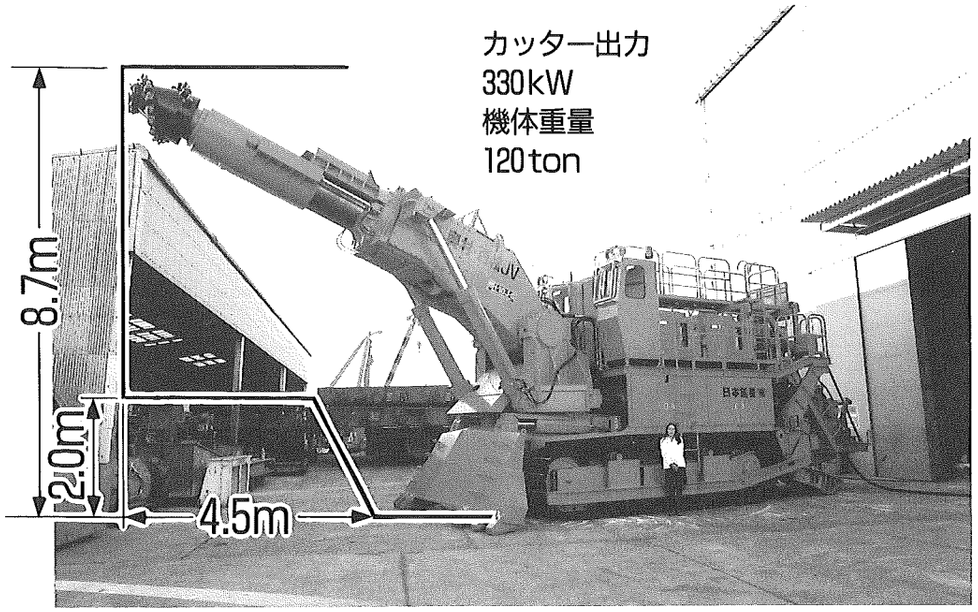
丸安隆和
東京理科大学教授

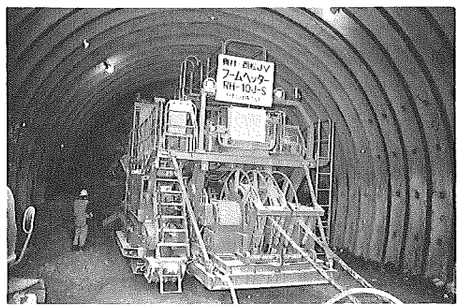
宮川房夫
株式会社熊谷組常務取締役

吉川新吉
東京発電株式会社常任監査役

吉村　恒
佐藤工業株式会社常任顧問

RH-10J-S ミニベンチ機械掘削工法 ブームヘッダー







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

http://www.nihonkoki.co.jp

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㈹
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 三重県津市雲出鋼管町(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　不動建設株式会社特別顧問
（元）東京都下水道局長

〔編集参与〕

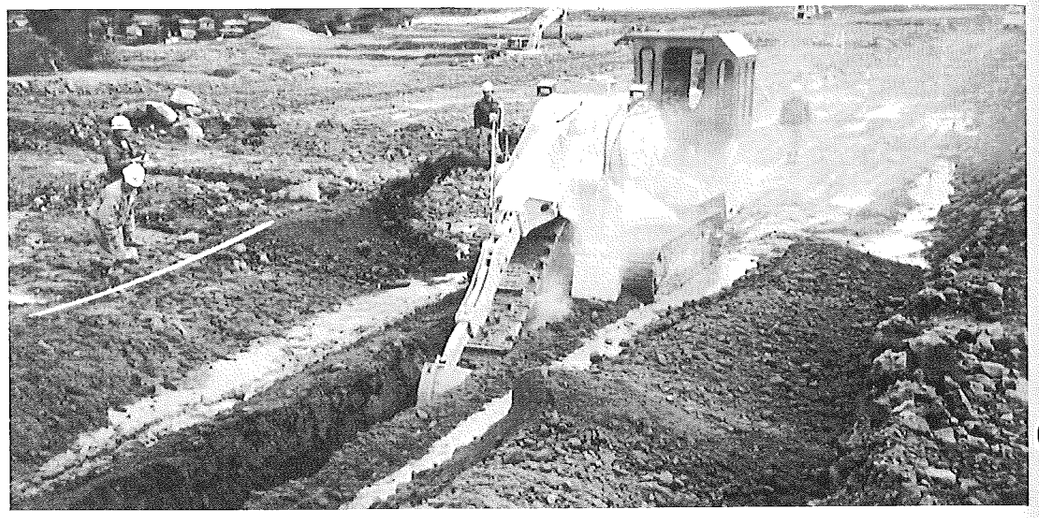
伊藤良行　株式会社復建エンジニヤリング 第一技術部部長
遠藤浩三　三菱地所株式会社顧問
大島洋志　国際航業株式会社 上席フェロー技術センター長
今田徹　東京都立大学名誉教授
定塚正行　株式会社コンテク代表取締役社長
鈴木章　NTT都市開発株式会社常務取締役
濱建介　株式会社アオバ会長
水谷敏則　(財)先端建設技術センター 先端建設技術研究所長

〔委員〕

岩﨑辰郎　日本道路公団技術部調査役
上田日出男　日本鉄道建設公団工務部工務第一課 総括補佐
木谷日出男　財団法人鉄道総合技術研究所 防災技術研究部地質研究室長
篠原修　東京都水道局建設部工務課長
高橋良文　東京都下水道局計画調整部副参事
中島誠三　帝都高速度交通営団建設本部設計部 設計第二課課長
野崎春己　東京都交通局建設工務部計画課長
真下英人　独立行政法人土木研究所 基礎道路技術研究グループ 上席研究員(トンネル担当)
増田達　東日本旅客鉄道株式会社建設工事部 構造技術センター課長
山崎剛　東京電力株式会社工務部地中送電グループ 管路建設技術担当課長

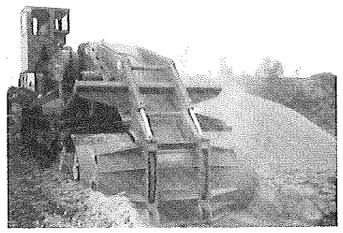
岩盤切削機 トレンチャー

TRENCOR inc. an Astec company





トレンチャー



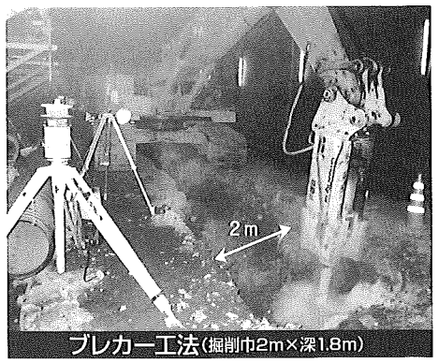
ロードマイナー



ロックソー

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

どちらの工法を選びますか？



ブレカー工法(掘削巾2m×深1.8m)



トレンチャー工法(掘削巾0.8m×深1.8m)

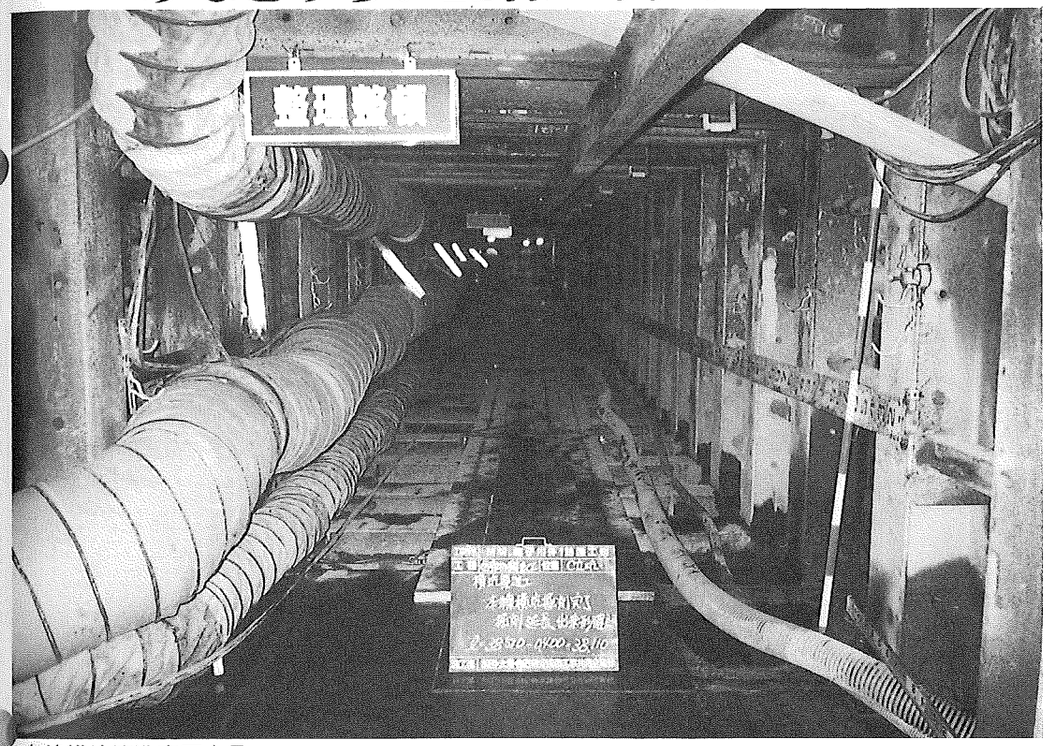
TRENCOR INC.
TEXAS. U.S.A
www.trencor.com

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

眼で見るトンネル工事

軟弱地盤中の障害物を横坑で撤去

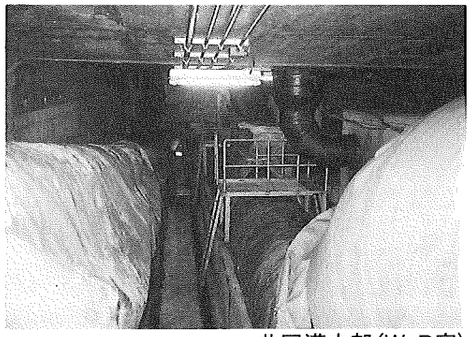
みなとみらい21線　高島シールド



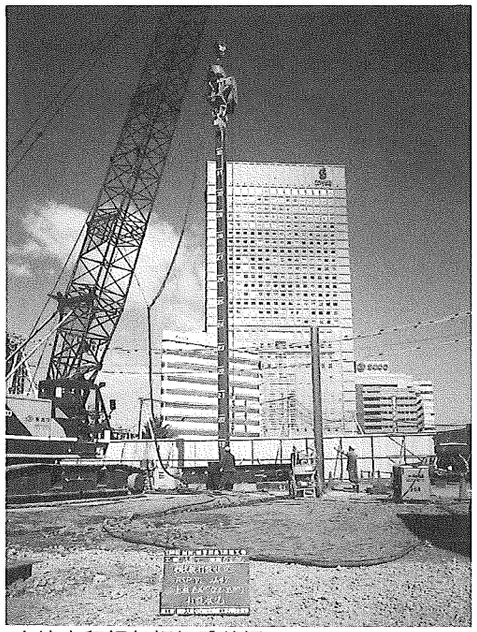
本線横坑築造完了全景



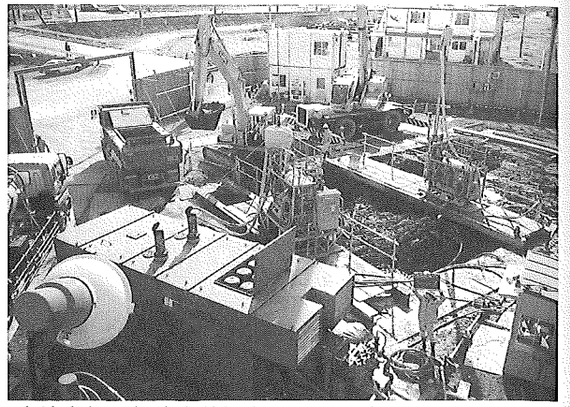
横坑直上全景(国道1号線)



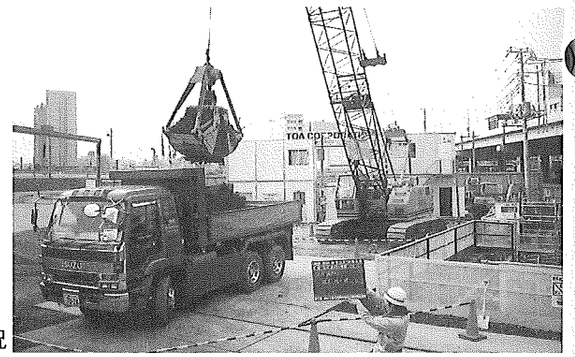
共同溝内部(W・D室)



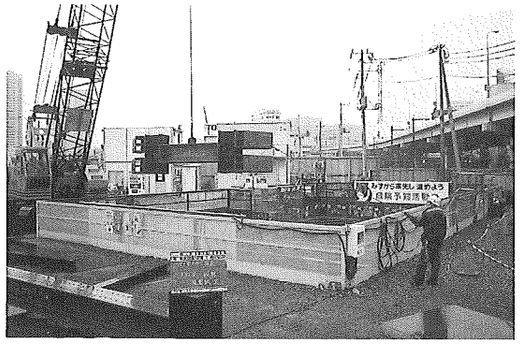
立坑土留鋼矢板打設状況



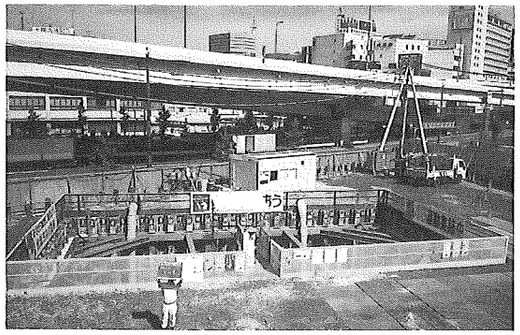
立坑底盤地盤改良状況(SUPERJET)



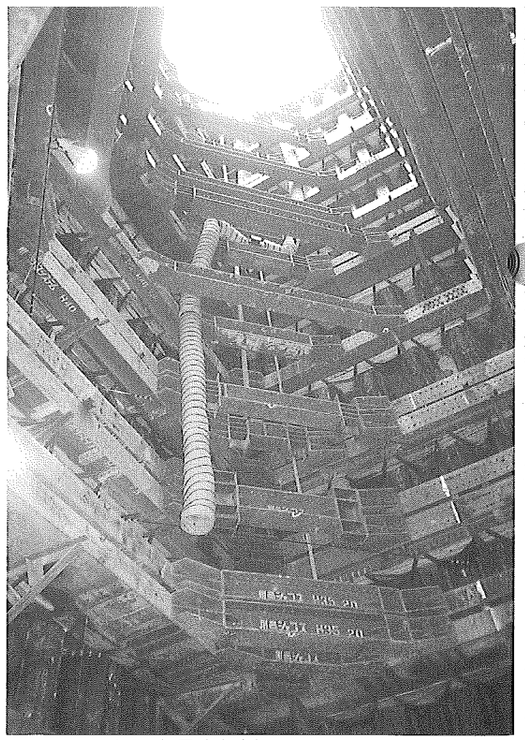
立坑掘削状況



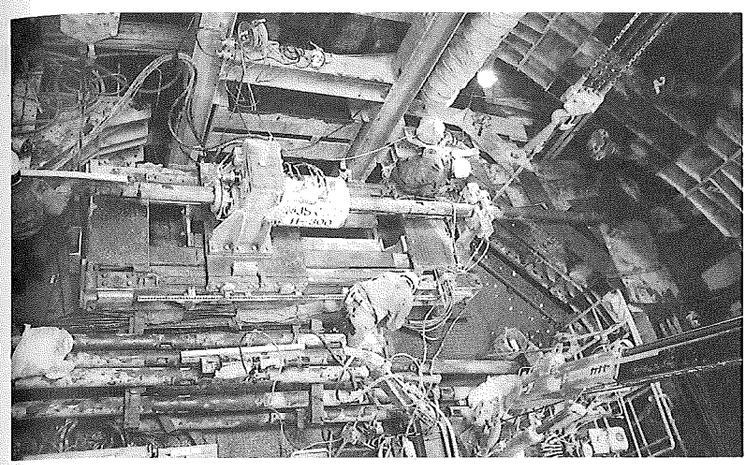
立坑土留支保工設置状況



立坑築造完了全景(坑外)

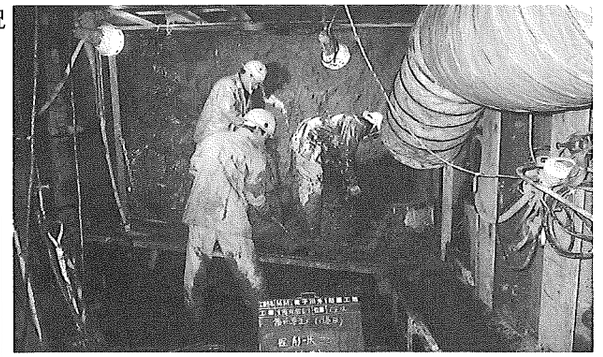


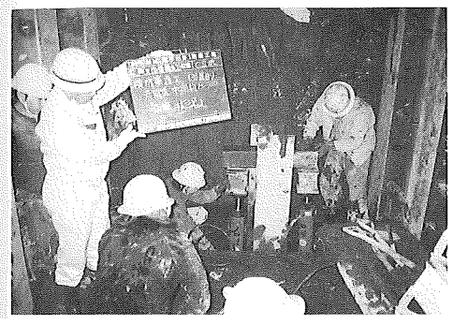
立坑築造完了全景(坑内)



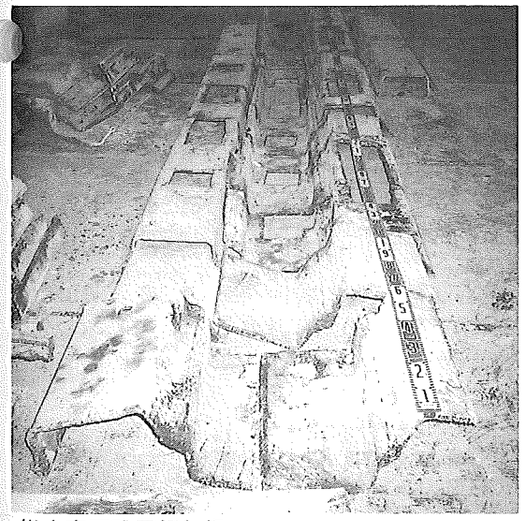
門形地盤改良施工状況(MJS)

本線横坑掘削状況

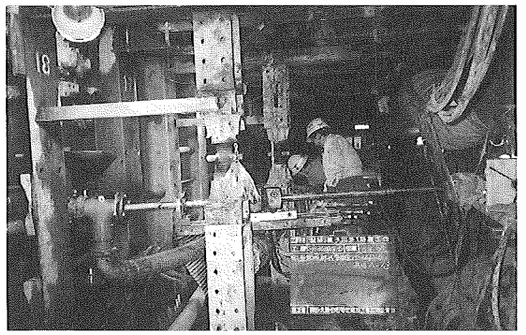




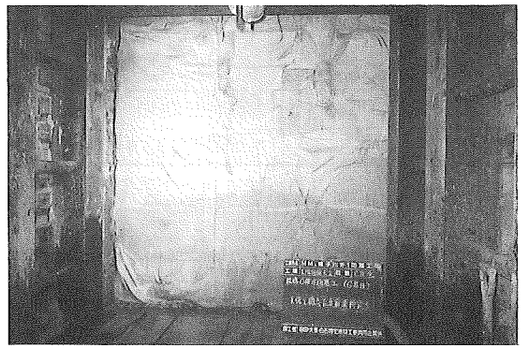
残置中間杭引き抜き状況



撤去完了残置鋼矢板



枝線横坑側壁地盤改良状況(CCP-L)



横坑閉塞充填状況(エアパック工法)

ロックトレンチャー

**岩盤の溝掘りには、日本の環境を考慮して設計製造された
マステンブレック社（英国）のロックトレンチャーをお試し下さい。**



「日経コンストラクション」1998年12月11日号p62～63から転載

ロックトレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類		ロック・トレンチャー			
トレンチャーの種類		小型 20/18	中型 30/25	準大型 40/30	大型 60/35
性能	掘削幅（最小）cm	23	30	リクエスト	リクエスト
	掘削幅（最大）cm	70	110	110	110
	掘削岩の硬さ（最大）	400kg/cm²	800kg/cm²	1000kg/cm²	1300kg/cm²
諸元	重さ t	25	32	50	59
	長さ* m	11.1	12.4	14.0	15.4
	幅 m	2.5	2.95	2.95	2.98
	高さ m	3.0	3.0	3.0	3.20
エンジンの出力 PS		250	330	450	600
保証期間		6ヶ月または1000時間のいずれか早い方			

＊長さはフォワードコンベア、水タンクなしの場合。

我が国におけるマステンブレック社のロックトレンチャーによるトンネルの中央排水溝掘削の実績

売木トンネル中央排水溝工事	長野県
城端トンネル中央排水溝工事	富山県
清内路トンネル中央排水溝工事	長野県
中山トンネル中央排水溝工事	愛媛県
白地トンネル中央排水溝工事	徳島県
栃原トンネル中央排水溝工事	兵庫県
袴腰トンネル中央排水溝工事	富山県
津久井導水路中央排水溝工事	神奈川県

T&O 株式会社テー・アンド・オー　〒102-0073　東京都千代田区九段北4丁目1-16
TEL.03-3262-5961　FAX.03-3261-1940

巻頭言

（題字　萩原　浩会長）



海峡横断

加島　聰

海峡で隔てられた地域を長大橋や海底トンネルによって連絡することで生活，産業，観光，文化の交流が活発になる．早くは18世紀から人類が夢にみた世界の海峡横断は，20世紀末に大方完成した．21世紀はこれらの社会資本を有効利用し，しっかり維持管理するとともに技術を後世に残すことが必要であると考える．

わが国の４つの島は，1942年に完成した本州と九州間のトンネルに始まり，本州と九州間は３本のトンネルと橋によって連絡し，本州と北海道間は1988年に鉄道トンネルによってつながり，本州と四国間は1999年に尾道・今治ルートが完成したことによって３つのルートが長大橋群でつながっている．

海外では，イギリスとフランス間のドーバー海峡が鉄道トンネルによって1994年につながり，デンマークを二分していたグレートベルト海峡は長大橋とトンネルによって1998年に，そして2000年にはデンマークとスウェーデン間のオレソン海峡が長大橋とトンネルによってつながった．また，ジブラルタル海峡では試験導坑の掘削・調査が行われている．

海峡を橋やトンネルで横断することによって，従来の船舶を利用する場合に比べて移動時間が大幅に短縮され，また，風や霧などの気象条件に左右されにくいことや待ち時間がなくなることなど，交通の随時性や確実性が大幅に改善される．それによって日帰りの行動範囲も増え，生活圏や商圏が拡がる．本州と四国間を例にとると，架橋前に比べて人の移動は約1.8倍，自動車の走行台数は2.5倍になっている．四国から本州にわたる昔の苦労を知る者にとっては非常に便利になったと実感している．また，架橋効果について少し触れさせていただくと，マクロ経済モデルによるとGDP押上効果は平成12年に全国で1.2兆円で，本四架橋を直接利用する人が受ける走行経費の節減と走行時間の短縮による直接利益は年間約2,500億円となっており，大きな架橋効果が発現している．ただ，本四架橋は早期に整備するために借入金によって建設され，それを通行料によって償還することになっているが，交通量が景気の低迷などによって伸び悩んでおり，通行料収入など約870億円に対し管理費などが約

250億円で大きな営業利益が上がっているものの，借入金の利子が約1,400億円になっている．このため，経営の大きな負担になっている支払利息をできるだけ軽減すべく国と関係自治体からの出資金に加えて，平成13年度からは国から10年間にわたって毎年800億円の無利子融資を受けて，有利子負債を前倒しで減らすよう進めている．

わが国は海外に比べて自然条件が厳しい中で，海峡を横断する長大橋の架橋技術や海底トンネル施工技術は世界のトップレベルにある．例えば，ドーバー海峡のトンネル工事では日本製の掘削機が採用され，東京湾アクアラインのシールドトンネル工事も大きなトラブルもなく完成させ，その技術は世界の注目を浴び，同じような工事を担当する欧米の技術者は，同時期に工事中であった長大吊橋の明石海峡大橋と海底のシールドトンネル工事の東京湾アクアラインの見学は一つのコースとなっていた．最近はインターネットの発達によって世界の情報が瞬時に伝わることで本州四国連絡橋公団のホームページをみた諸外国の技術者から各国の海峡横断計画のための質問のメールが時々入ってくる．

1980年に第１回ジブラルタル海峡横断シンポジウムがモロッコで開催されたが，ちょうど，青函トンネルの工事中で参加者からその施工技術に注目が集まっていた．当時，青函トンネルをテーマにした映画「海峡」も製作中で，映画関係者は海底トンネル現場に入ると大深度地下で人と自然が対峙するという神秘性がドラマになると語っていた．その後，多用されたシールドトンネル工事の現場は，整然と機械的に作業が進められているのをみても，トンネル施工技術の進歩は著しい．

長大吊橋の建設においては，橋の規模を徐々に大きくしながら，自然条件の厳しいところで世界一の明石海峡大橋を完成させた．一つ一つの技術を積み重ね，進歩させ，機械の大型化によって可能になったが，これらを管理していくうえでも将来の海峡横断に活かすためにも技術の継承が必要である．この技術を継承し，高度化するには小規模なプロジェクトで全体を把握できる技術者も育てながら，大規模プロジェクトで到達した技術を継承していくことが大切と考えている．何年か前に某自動車メーカーが生産の全体を把握できる人材を育成するために，手作りのラインも意識的に作っているという記事をみたが，長大橋や海底トンネルの施工技術を継承発展させるためにも共通することではないかと考える．

本協会理事

本州四国連絡橋公団理事

施　工

破砕質マサ地山における湧水対策
広島高速４号線　西風トンネル第２工区

福原一光*　　岡村浩孝**
望月齋也***　　岩田広己****

1. はじめに

広島高速４号線(広島西風新都線，延長約4,900m)の上下線２本のトンネルのうち第２工区では，八幡川に沿った己斐上地区を最小土かぶり約50m で通過する．当該地には，北北東～南南西方向の活断層とされる己斐断層が，曲流して流下する八幡川にほぼ沿う形で分布している．文献1)によれば，確実度Ⅰ，活動度Ｃ，長さ７km，走向 NNE，断層形態：屈曲，変位基準：谷，尾根，断層変位(横ずれ成分)：右横ずれ70m 以下，と記載される一級の活断層である．

ボーリング調査，物理探査，水文調査などの事前調査を行った結果，己斐断層の発達に伴い地山が極端に脆弱化し，多量の地下水を賦存することが明らかとなった．したがって，このことに十分配慮したトンネル設計・施工法の検討が最重要課題となった．

一般に，湧水により切羽の自立性が損なわれるトンネルでは切羽近傍から水抜きボーリングを実施し，地下水位を低下させて掘進することが多い．しかしながら，水抜きボーリングで十分に地下水位を低下させるためには長期間あるいはボーリング数量を増やす必要があると同時に，地山強度が期待できない場合には，薬液注入のような地山補強工を併用することとなる．このような場合，切羽での作業が錯綜し作業効率が著しく低下するばかりか，安全性確保にも支障をきたす．

本稿では，己斐上地区において地表からディープウェル工法を実施することで，地下水位を強制的に低下させることにより，脆弱化と強風化が進んだ花崗岩地山を安全に施工した事例について報告する．さらに，断層周辺の特異な水理特性について揚水試験および水文・水質調査の結果から検討した結果について述べる．

＊広島高速道路公社建設第二課長
＊＊　〃　建設第二課主任技師
＊＊＊フジタ・奥村組・伏光組特定建設工事共同企業体所長
＊＊＊＊(株)フジタ土木本部生産技術部

2. 工事概要

2-1　トンネル概要

広島都市部では，郊外における山陽自動車道などの高規格幹線道路の整備に対して，市内の道路網整備が遅れており，都市交通の高速性・定時性を向上させるために自動車専用道路網の整備が急務となっている．

広島高速４号線は，広島市の都心部(西区中広町)と郊外の西風新都(安佐南区沼田町)をトンネルと橋梁にて結ぶ総延長約4,900m の４車線自動車専用道路である(図-1, 2)．この道路の供用によって，都市部と市北西地区の山陽自動車道五日市 IC 間の交通網が格段に整備され，広島都市部の道路交通網整備の促進に寄与することがおおいに期待されている．

工事名称：広島高速４号線トンネル第２工区新設工事
道路規格：第２種第２級　設計速度60km/h
工事場所：広島市西区山手町外(図-1参照)
工　　期：平成９年11月12日～平成13年３月25日
工事内容：上り線トンネル　1,286m
　　下り線トンネル　1,189m

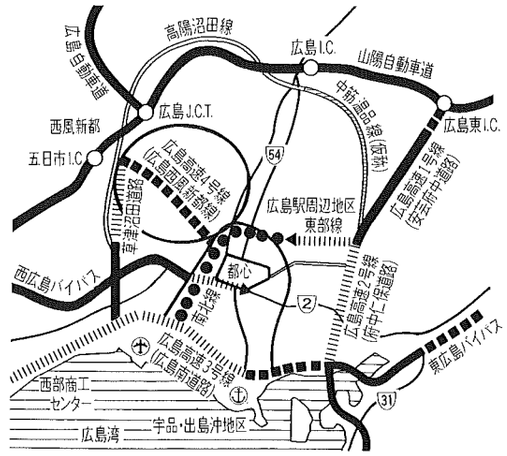


図-1　広島高速４号線トンネル位置図

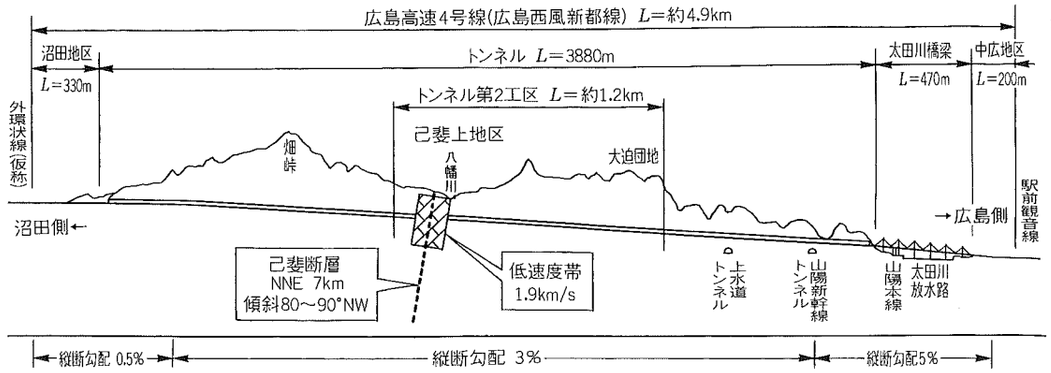


図-2 広島高速4号線トンネル(第2工区)の路線概要

2-2 地形・地質概要

当該地域は，東側では太田川放水路が北東から南西に瀬戸内海に注ぎ込み，西側では武田山から北東-南西方向に権現峠・畑峠・己斐峠を経て鈴ケ峰に至る標高300～400mの山列を形成している．このように北東-南西方向に河川と山系が発達する傾向は，己斐断層の発達方向と非常に調和的である．本トンネルは，この河川・山系方向にほぼ直交する北西-南東方向に，前述の山列を貫く計画である．

地質は，中生代白亜紀後期に貫入した花崗岩類(いわゆる広島型花崗岩類)であり，中粒～粗粒の黒雲母花崗岩が多く，一部細粒黒雲母花崗岩となる．なお，淡いピンク色を呈するカリ長石を含有する場合も多い．

当該地の花崗岩の特徴は，風化深度が非常に深く，いわゆるマサ化作用が地山深部にまで及び，風化基面がきわめて不連続となっている．この風化作用の進行は，付近の断層構造や地下水の流下と関連性が高いと想定され，トンネル施工においては，切羽の自立性や掘削による応力解放によって周辺地山の緩みの進行などが危惧される地山と考えられる．

一方，風化花崗岩やマサの工学的特性として，地山弾性波速度の拘束圧(土かぶり)依存性や応力解放による著しい地山弾性波速度の低下などが報告[2]されている．

3. 地下水対策の概要

3-1 事前調査の概要と施工課題

トンネル第2工区の半分を占める己斐上地区は市道，民家，老人ホーム，病院などの施設と田圃・畑が分布し(図-3)，生活用水および農業用水は井戸水を使用している．よって事前調査として八幡川流域の広域的な水文調査を実施するとともに調査結果を考慮した地下水影響解析(浸透流解析)を実施し，トンネル掘削による地表渇水問題を検討した．その結果，トンネル掘削によって周辺のほとんどの井戸が水涸れすると想定され，その対策としてトンネル掘削以前に上水道を整備すると同時に，トンネル掘削の影響を把握するために主要な地下水利用箇所近傍に地下水観測孔を配置する計画とした．

己斐断層に伴う地山の破砕および脆弱化は，弾性波屈折法探査において多くの低速度帯(最低地山弾性波速度Vp=1.9km/s)として把握され，鉛直ボーリング調査より地山深部まで強風化(マサ化)した花崗岩の分布として確認されていた．しかしながら，己斐断層本体がどの位置に発達しどのような性状を呈するかが不明確であった．そこで，トンネル路線における己斐断層の通過地点と地山の脆弱状況を把握することを重要課題と考え，断層を貫く斜めボーリングを事前に実施した．その結果，幅10～15cmの断層粘土を確認し己斐断層本体の位置を明らかにした．一方，阪神・淡路大震災を契機として全国各地で地震防災を目的とする活断層調査が実施されており，そのうち己斐断層に拘わる調査結果[3),4)]と今回の斜めボーリングで確認した断層粘土を比較検討した結果，両者は非常によく一致することが確認され，斜めボーリングによって得られた断層粘土は己斐断層本体であることが明確となった．

水文調査や浸透流解析より，己斐上地区は全般に地下水位が高く広域な集水面積を有しており，己斐断層の発達に伴う断層粘土が遮水層として機能した場合，トンネル掘進に伴い己斐断層通過時に最大3,800 ℓ/minの多量湧水が発生することが予測された．さらに，ボーリング調査によってトンネル周辺の地山は極端に脆弱化し，地下水位が高いことが重なって，切羽の自立性が疑問視される地山であることが示唆された．このような地山・水理条件のトンネルでは，被圧地下水脈を切羽が通過する際に，水圧により切羽崩壊が発生し土砂と地下水が大量に流出し大出水事故につながるケースが過去に多数発生[5)]している．上記の施工課題をまとめて図-4に模式的に示す．

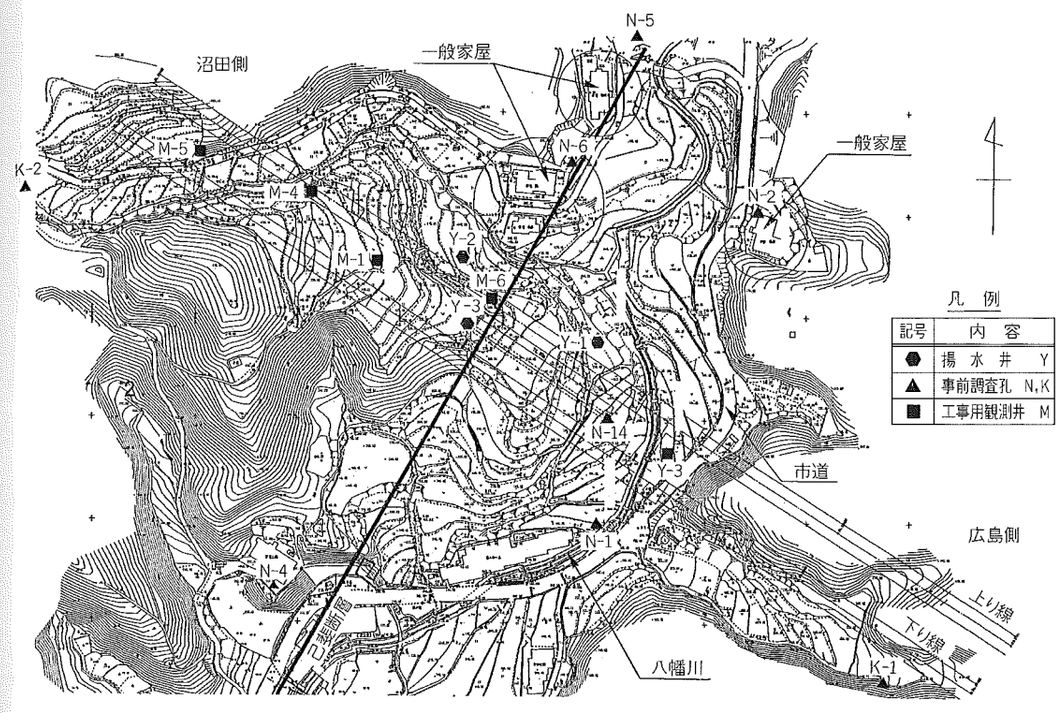


図-3 己斐上地区平面図

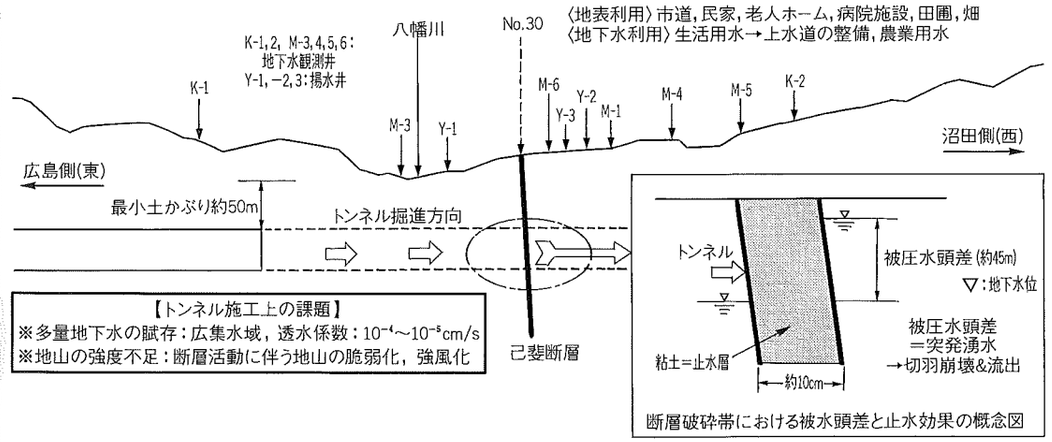


図-4 己斐上地区におけるトンネル施工上の課題に関する概念図

3-2 対策工法の検討

本トンネルでは前述の課題とともに，次に示す施工条件が整っていた．

① 地表渇水の問題は上水道を整備し解決している．

② 地表沈下や陥没は最小土かぶりが50mであり切羽崩壊による土砂流出がない限り心配ない．

③ 坑外からの事前対策が可能な土かぶりである．

④ 地下水観測孔が整備されており地下水挙動を3次元的に把握できる．

これらを考慮して地表からボーリング孔を用いるディープウェル工法を試験的に実施し，この試験揚水による地下水位の変動状況をモニタリングすることにより最終的な対策工法を検討する計画とした．図-5に対策工法の選定フローを示す．ディープウェル工法のメリットは，切羽での掘削作業に左右されずに切羽到達以前に地下水位

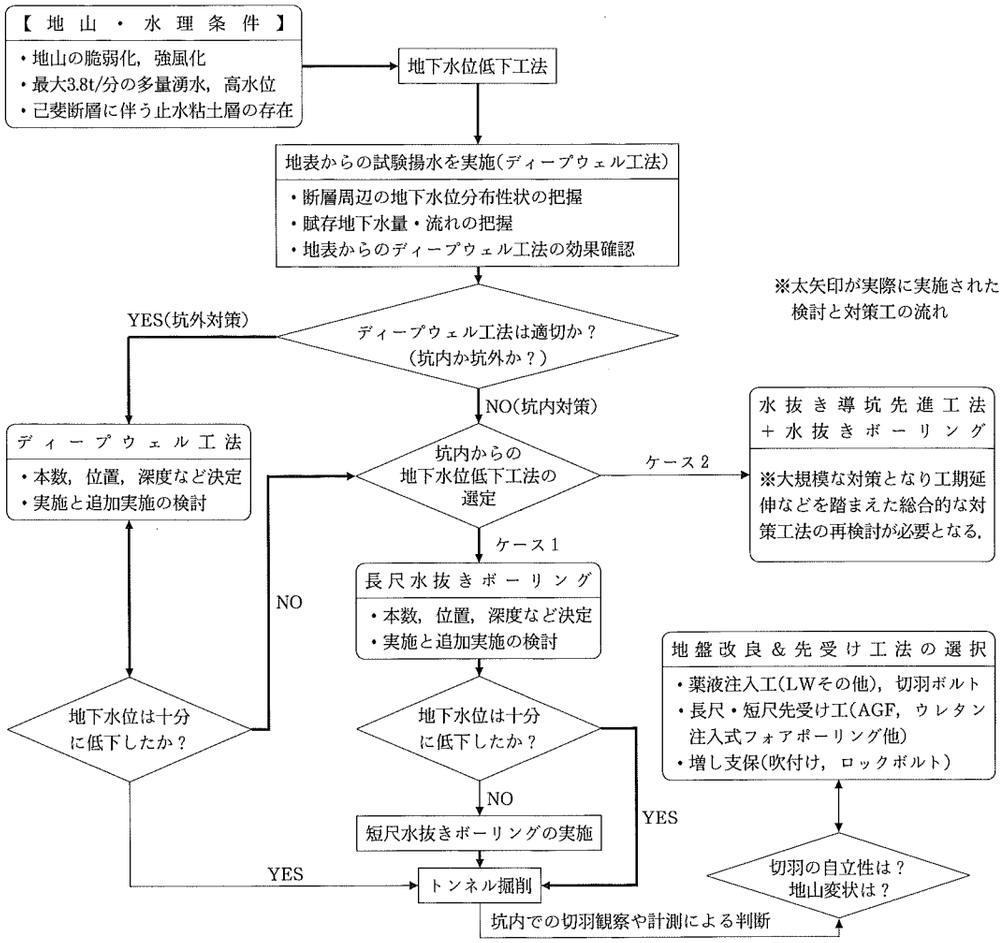


図-5 対策工選定フロー

を低下できることにある．

4. 地下水位低下工法とその効果

4-1 試験揚水と対策工法(ディープウェル工法)の実施

(1) 地下水位低下状況

試験揚水井(Y-1,Y-2井)は図-3に示したように，己斐断層を挟んで両側(断層からの平面離隔約30m)の八幡川上流側に2井配置した(写真-1)．揚水井の深さはそれぞれ100m，掘削径はφ300㎜とし，内径200㎜の保護管で仕上げた(図-6)．ポンプ設置位置は，電気検層などの結果より，Y-1井はG.L－76m(トンネル底盤より－24m)，Y-2井はG.L－57m(トンネル底盤より＋8m)とした．これにより，Y-1井からは約350ℓ/min，Y-2井からは約100ℓ/minの揚水量を確保した．

揚水試験はY-1,Y-2井のみ単独で揚水する場合と，



写真-1 Y-1井揚水状況

同時に揚水する計3ケースを各々約2週間にわたって実施した．図-7，8にY-1，Y-2井を同時に試験揚水した場合の付近の水位低下状況を示す．試験結果から，Y-1井を単独で揚水した場合，己斐断層を挟んで広島側(東

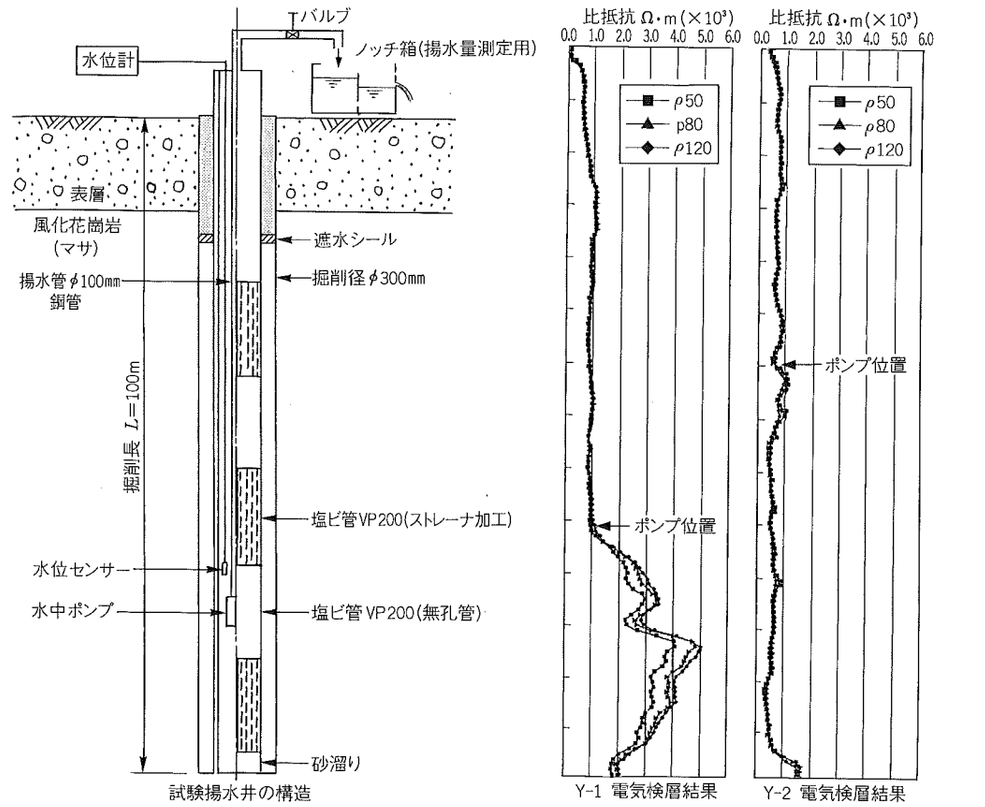


図-6 試験揚水用井戸の構造図とポンプ設置位置

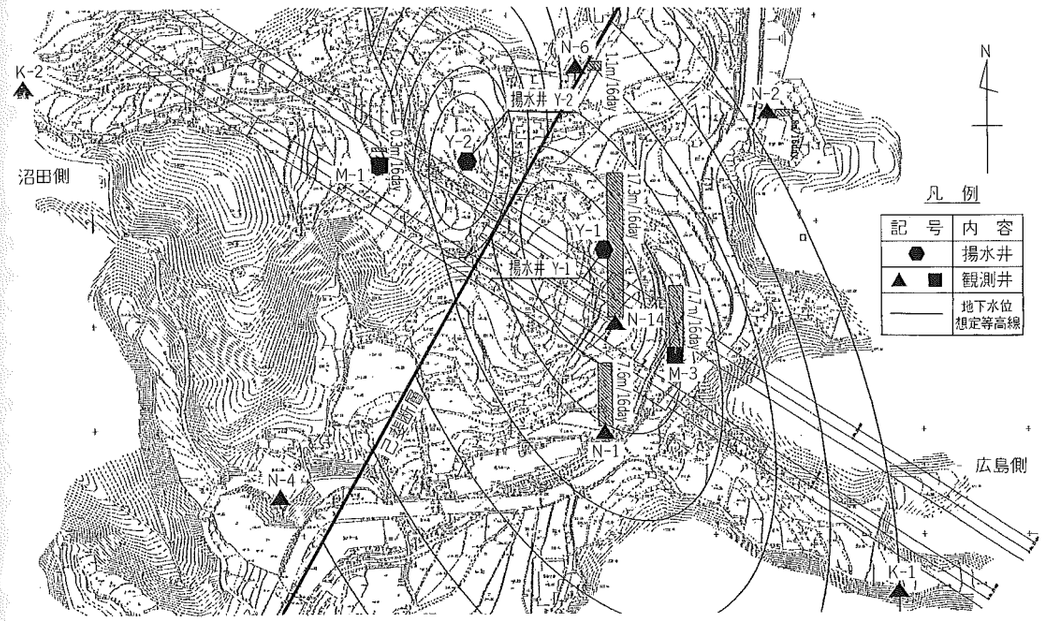


図-7 試験揚水井Y-1，Y-2による水位低下状況(平面図)

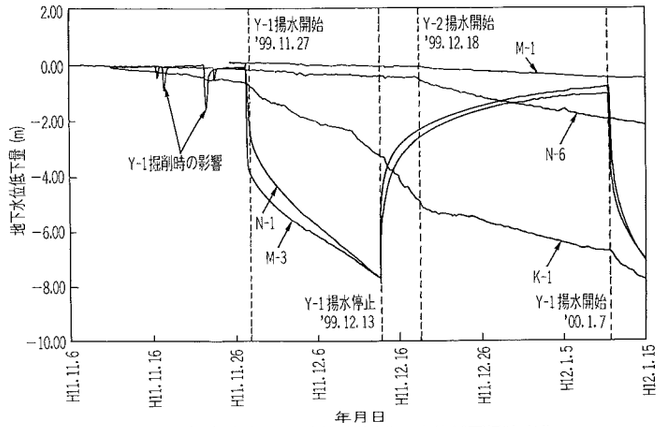


図-8　揚水試験による周辺観測孔の水位低下経時変化

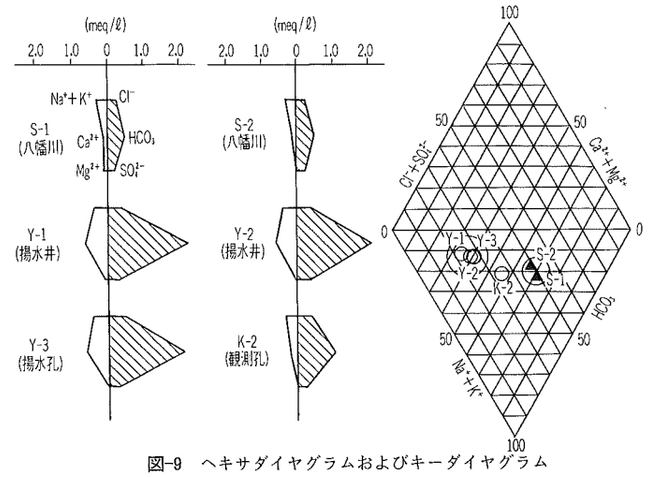


図-9　ヘキサダイヤグラムおよびキーダイヤグラム

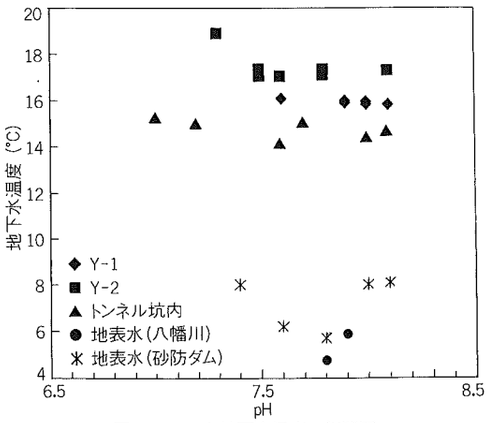


図-10　pHと地下水温度の相関図

されず，断層を挟んで地盤の水理特性が明瞭に異なることが判明した．すなわち，地下の水理特性は断層東側では換算透水係数10^{-3}cm/s程度の均一な砂に近い性状を示したのに対し，断層西側では，図-8に示すようにY-2井の揚水による影響が，30mの離隔しかないM-1孔にてほとんど見られず，断層粘土に起因する止水層の発達により，水理特性の異なるいくつかの狭いブロックに区分されていることが想定された．

（2）　水質調査結果

己斐断層周辺の地下水の性質・起源を調べ，周辺の水理特性を把握する目的で，周辺の河川水，トンネル地表部の沢水，揚水井の水質分析を行った．図-9, 10に分析結果を示す．

図より，S-1，S-2の河川水，（揚水井）Y-1～Y-3の地下水，観測孔K-2の地下水は，ヘキサダイヤグラムの形状，キーダイヤグラムのプロット位置ともに異なり，それぞれのグループを形成していることが判明した．このことからも，トンネル湧水は，地表水や浅層地下水とは異なる深層地下水であると考えられた．また，図-10ではY-1，Y-2井の地下水温度に1℃程度の差が見られることから，同じ貯留水槽でも己斐断層あるいはその派生断層によっていくつかのブロックに分離されている可能性があり，この結果は試験揚水の結果を支持するものである．

（3）　考　察

試験揚水によって，地表からのディープウェル工法は，効果的に地下水位を低下させることが実証されたと同時に，己斐断層は遮水層として機能しており，その周辺地盤には豊富な地下水を貯留していることが判明した．また，断層より広島側（東側）では，地盤の透水性が良好なため，Y-1井より強制排水することで，かなりの地下水の低下が図れること，また，トンネル掘進により切羽側に地下水が自然流下すると考えられた．しかし，断層を挟んだ沼田側（西側）では地下水位が低下せず，約45m程度の水頭差を生じるため，この水頭差が切羽に対して水圧として作用した場合，マサ化したトンネル切羽が自立することは難しく，掘削は困難を極めると考えられた．

よって，抜本的な地下水対策工としては，西側の水位低下が不十分であることを考慮して，断層西側近傍に追加揚水井Y-3（揚水量約200ℓ/min）を設置した（図-3参照）．また，観測孔M-1とK-2の間に想定された止水層を確認する目的で観測孔M-4, M-6を配置し一斉に揚水を開始した．

4-2　対策工の効果検討

図-11にディープウェル工法による地下水位低下状況を示す．図より3本の揚水井を約3か月にわたり，約500ℓ/min（総量にして約6,500t）揚水することで，断層近傍の被圧水頭差約45mがほぼ解消され，トンネル切羽が断層近傍に達した時点で，突発性湧水が発生する可能性を，事前に極力低減させることができたと考えられる．

坑内からの湧水量（上り線・下り線を合わせた坑口部での総湧水量）の増加は，揚水中の3か月間で約100ℓ/minにとどまったが，断層通過後も所々で200～400ℓ/minの湧水量の増加を確認した．これは，揚水結果から断層西側に，水理特性の異なるいくつかのブロックの存在を確認していため，一時的な湧水量の増加につながったと考えられる．これらの対策工としては，観測孔M-1, M-4の水位低下状況を確認しながら，坑内からの水抜きボーリングを随時実施した．

浸透流解析の結果からは，己斐断層掘削時の坑内湧水量を最大3,800ℓ/minと予測していたが，実施工では最大で2,500ℓ/min程度であったため，単純に考えれば残りの1,300ℓ/minをディープウェル工法にて揚水したことになるが，数値解析におけるトンネル湧水量と総揚水量との比較においては，解析条件が異なるので単純に水収支を比較することはできない．なお，掘削後の恒常湧水量は，浸透流解析において1,800ℓ/min程度を予測していたが，実測値も約1,900ℓ/minに収束しているため，解析結果はおおむね妥当であったと考えられる．

4-3　掘削時の己斐断層付近の地山状況

上り線トンネル掘削時における切羽は，断層手前150m程度から滲水もなく，マサ状の強風化花崗岩が締まった状態で露出し，土砂であるが切羽の自立性は保たれた．すなわち，切羽で多量の湧水が発生し．断層背面が被圧していた場合には，切羽の崩落や湧水を伴う流出現象が発生しうる地山状態であったと判断でき，相応の補助工法を坑内から実施すべき地山状況であったと考えられる．

一方，下り線トンネルでは，己斐断層の極近傍で写真-2, 3に示す断層粘土により，手前の土塊が切羽より押し出す現象が発生した．この地山押し出し現象は，断層手前の極数メートルの区間であり，湧水はほとんどない状態であったが，図-12, 13に示す計測B（ロックボルト軸力測定・地中変位測定）において，トンネル掘削外周に4～6m程度の顕著なゆるみ領域を確認した．

このように，己斐断層の断層粘土は，非常に脆弱かつ

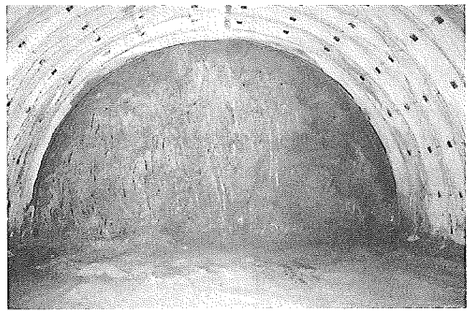


写真-2　己斐断層付近切羽状況

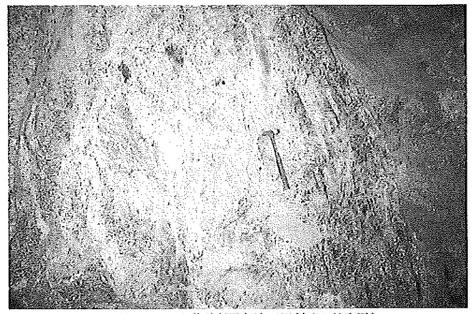


写真-3　己斐断層部切羽状況（近景）

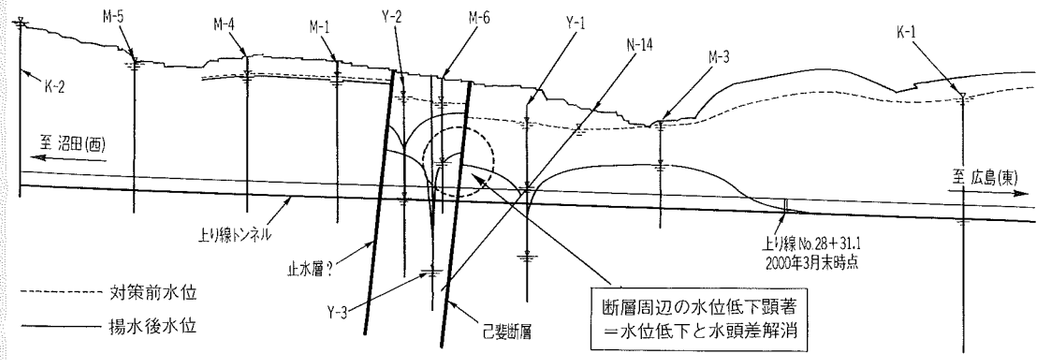


図-11　ディープウェル工法（Y-1, 2, 3井）による水位低下状況（縦断面図）

膨張性を有しており，もし切羽で多量湧水が発生し，断層背後の地下水水頭差が切羽に作用していれば，突発性湧水現象と切羽の崩壊を伴う地山災害に発展した可能性が高いと考えられる．

その後，上り・下り線トンネルが己斐断層を通過し，インバート施工時の段階でディープウェルによる揚水を停止したところ，写真-4に示すように直ちに路盤から地下水の涌きだし現象が発生した．以上より，ディープウェル工法により，確実にトンネル周辺の地下水位を低下させていたことが改めて実証された．

なお，本トンネルの己斐断層近傍における覆工構造は，B計測によるゆるみ領域と，活断層直下であることを考慮して，表-1の配合に示すSFRC覆工構造を採用した．この結果，平成13年3月24日に発生した芸予地震（震源地：安芸灘，震源深さ：約60km，マグニチュード：6.4）に関しては，地震発生後にトンネル坑内の点検を行った結果，己斐断層近辺での覆工構造に，異常は認められなかったことを報告する．



写真-4　揚水停止後の底盤からの湧出現象

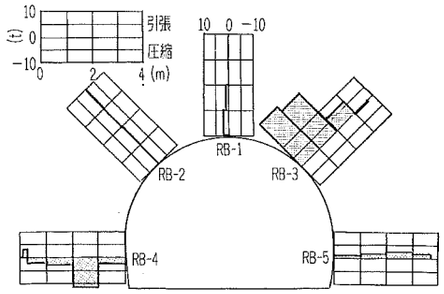


図-12　己斐断層部でのロックボルト軸力分布

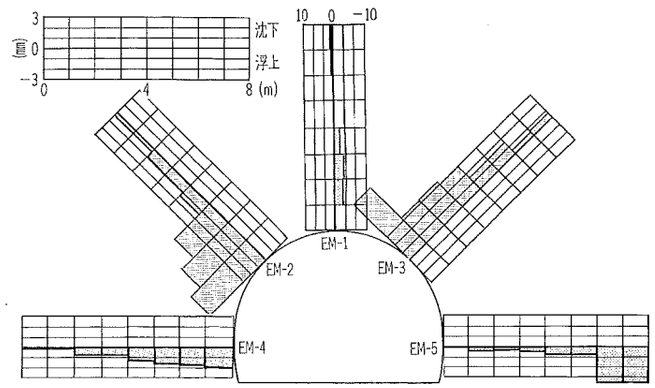


図-13　己斐断層部での地中変位分布

4-4 地下水位低下の周辺への影響

己斐上地区では，ディープウェル工法によりトンネルから100mの範囲内で，そのほとんどの揚水井戸（深度L10～20m程度）は想定どおり枯渇した．また，地下水位低下による影響は，地下水観測孔の配置から判断して，揚水井を中心として200～300mの広範囲に及んでいることが確認された．ちなみに，事前の浸透流解析では，トンネル掘削による影響範囲を500～600mと予測している．一方，ディープウェル工法による揚水停止後も，周辺の観測孔に地下水の顕著な覆水は見られず，地下水は恒常湧水としてトンネル坑内に自然流出していると考えられる．

5. おわりに

本トンネルは，前述の事前対策工を講じることによって，己斐断層の掘削を無事完了した．本トンネルで採用した地表からのディープウェル工法は，その効果を十分発揮し経済性の向上と切羽崩落・出水事故を未然に防止することに，十分寄与したと考えられる．また，付近は活断層の発達によって特異な水理性状を呈することが，種々の調査と揚水試験によって明らかとなった．一方，活断層を通過するトンネル，あるいは流量が豊富な河川を低土かぶりで通過するトンネルは，今後も数多く設計・施工されると考えられるため，湧水が問題となるトンネルにおいてディープウェル工法は，地山条件や周辺の環境・施工条件を十分吟味することによって非常に有効な対策工法であるといえる．

表-1　鋼繊維覆工コンクリートの配合例

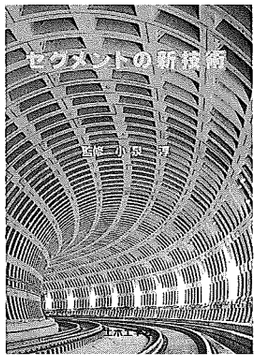
	設計基準強度 (N/mm²)	鋼繊維の形状寸法 (mm)	鋼繊維混入率 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m³)					
						鋼繊維 SF	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤
SFRC覆工	24	60	0.5	52	51.3	40	199	383	415	832	1.025

最後になるが，今回の地下水調査・試験と対策工の実施に際し，多大なる協力を得た復建調査設計(株)の関係各位に，誌面を借りて厚くお礼申し上げる次第である．

参考文献

1) 活断層研究会：新編日本の活断層-分布と資料-，東大出版会，1991.
2) 地盤工学会：風化花崗岩とまさ土の工学的性質とその応用，土質基礎工学ライブラリー16，1979.
3) 広島市：広島地域における五日市・己斐・広島西縁断層の活動履歴及び活動性調査，科学技術庁平成7年度・平成8年度地震調査研究交付金成果発表会予稿集，1997.9.
4) 広島市地域活断層調査委員会：己斐断層外2箇所活断層報告，1996.10.
5) 例えば，土木学会：トンネル地質調査と岩盤計測,pp.170-180,1983.
6) 山本荘毅：新版・地下水調査法,古今書院,pp.210-220,1995.6.
7) 土木学会：山岳トンネルの補助工法，pp.40-73,1994.

【新刊のご案内】



セグメントの新技術

監修　小泉　淳

B5判　120頁　定価(本体価格2,000円＋税)　〒310円

本書は「トンネルと地下」の連載講座として，過去10年間に開発され，実用化されたセグメントを中心に開発中のものも含めてアンケート調査を実施し，また，土木学会の年次学術講演会における発表状況も参考にして34件のセグメントを抽出し，同じフォーマットで紹介したものをもとに，新たに「セグメントの新技術」編纂委員会を作り，個々のセグメントに加筆，修正を加え，より充実した内容にまとめたものである．

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

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

現場だより

平成13(2001)年

『紅花と樹氷の町』山形市より

鈴木　登

最上57万石，山形藩11代藩主・最上義光公の城下町山形は，春夏秋冬四季折々の景観に映える風光明媚な東北を代表する観光地である．

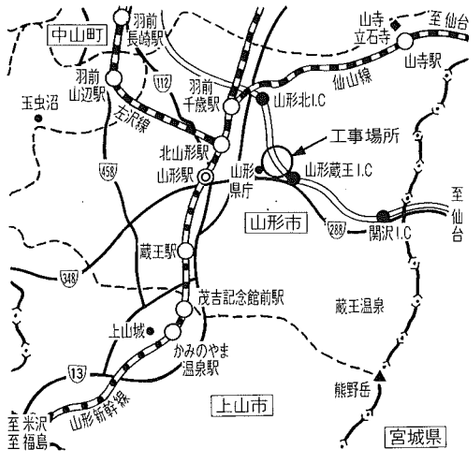
春は霞城公園の桜や市郊外に広がるサクランボの白い花，夏は黄色く可憐な紅花やたわわに実った赤いサクランボ，秋は茜色に輝く山寺や蔵王連峰の雄姿，冬は白布団に身を包んだ東の蔵王や朝日に映える西の月山と，飽きることなく四季を満喫できる．

『最上紅花』として知られる紅花は６～７世紀の推古天皇の頃シルクロードを通って中国より伝えられたと言われている．

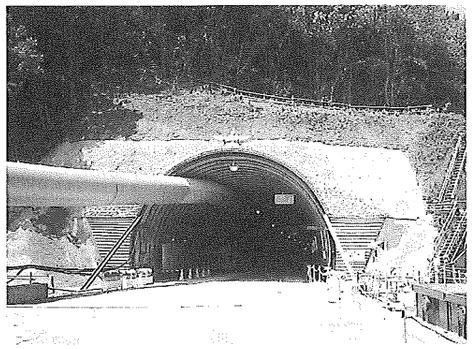
さらに，山形へは最上義光公や酒田の商人により伝えられたとの説があり，山形藩の地場産業として営々として引き継がれ今日に至っている．

江戸，明治，大正と紅花は主に染料として栽培されてきたが，体内で造ることのできない必須脂肪酸であるリノール酸を多く含むことから，近年健康食品としても注目されている．

さて，紅花にあまり馴染みのない方でも蔵王山の樹氷をご存知ない方は少ないでしょう．この現象は，東北地方奥羽山脈の一部の山域(八甲田，八幡平，蔵王，吾妻山)の亜高山地帯にしか確認されておらず，海外での例も報告されていない．



位　置　図



孟山トンネル仙台側坑口付近（STA.416＋49）

樹氷は亜高山地帯特有の常緑針葉樹「アオモリトドマツ」などに着氷，着雪によってできる現象で，「過冷却水滴」と雪片が多量にあり常に一定方向の強風と低温によってできると言われている．蔵王の樹氷は1914(大正３)年，地元関係者の冬山探検により発見され「雪の坊」と呼ばれていた．

後に樹氷と名付けられ冬の観光名所として地元山形はもとより県外からの観光客も多く訪れる．間近で見るその雄大さには感動をおぼえる．ぜひ一度ご覧になって頂きたい．

当孟山トンネル工事は，山形自動車道の４車線化工事で，山形県庁の真裏に位置し，Ｉ期トンネルに隣接した孟山トンネル1,244m，双月トンネル282mの計1,526mを平成11年３月より着手し，NATMによる機械掘削で施工し双月トンネルは，二次覆工まで完了している．

孟山トンネルは主に流紋岩，流紋岩質凝灰岩，玄武岩で構成され，トンネル中間部約300mにわたって東北地方特有の脆弱層が出現する．この脆弱層はスメクタイト(モンモリロナイト質)の含有率が65%を超える膨張性地山で，地山自体の強度はあるものの掘削により空気に触れると脆くなり，さらに水に触れるとベトベトに塑性化してしまう．

現在，工事はこの膨張性地山との戦いに入り，これからの数か月間を安全に配慮しながら早期貫通を目指して鋭意努力する次第である．

(大豊建設・白石共同企業体孟山トンネル作業所所長)



施　工　新しい先受け工法でマサ土地山を克服

京都丹波道路　拝田トンネル

佐藤宏和*　古賀顯隆**
矢田洋士***　藤澤伸行****

1. はじめに

京都丹波道路は，宮津市を起点として京都市に至る全長約100kmの京都縦貫自動車道(一般有料道路)の一部で既に沓掛IC～丹波IC間約31.3kmは開通している(図-1)．このうち，千代川IC～丹波IC間約15.7kmは暫定２車線で開通しているが，千代川IC～園部IC間約9.9kmについては近年の交通量の増加に伴い平成11年３月に４車線への拡幅工事が着手された．

本工事は千代川IC～八木東IC間に位置する延長500m弱のトンネル２本(拝田・本郷)を主とする土工事である．とくに拝田トンネルの両坑口部は小土かぶり($H \leqq 2D$)

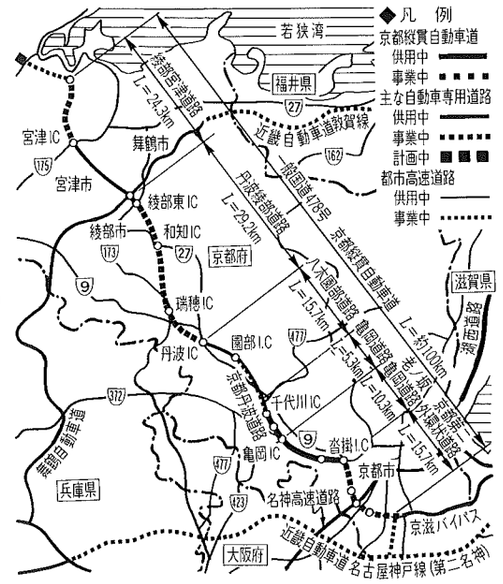


図-1　位　置　図

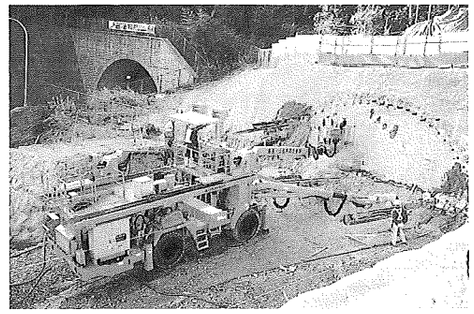


写真-1　AGF-R 施工状況

区間が長く，１期線施工時の地質調査結果より地質はマサ～風化花崗岩と未固結状態で弾性波速度も2.5km/sec以下と低く，ルートが谷部に計画されているため地下水も多い．１期線施工においても終点側のマサ化された箇所にて小規模な崩落が発生し，ウレタン注入を計画施工してもなお約70m³の土砂崩落が発生したという地質条件であった．

本稿では，このような条件下で供用中の１期線トンネルに影響を与えず安全かつ迅速に施工を行うことを目的として新しく開発した先受け工法(AGF-R(All Ground Fasten-Raito)：写真-1)について報告するものである．

2. 工事概要

以下に，工事概要を示す．

トンネル名：拝田トンネル
工事場所：京都府亀岡市千代川町大字北ノ庄
トンネル延長：L＝473m
掘削工法：NATM(補助ベンチ付き全断面工法)
掘削断面積：80m²

3. 地質概要

１期線施工時の地質調査結果から判断すると，現場付近は古生層に接して中世代花崗岩を基盤岩として分布し，花崗岩が古生層に貫入している状況である．トンネル施

＊日本道路公団関西支社京滋工事事務所八木園部工事長
＊＊(株)東光コンサルタンツ技術部技術一課長
＊＊＊東海興業(株)・公成建設(株)共同企業体八木東工事所長
＊＊＊＊ライト工業(株)技術本部グラウト部課長

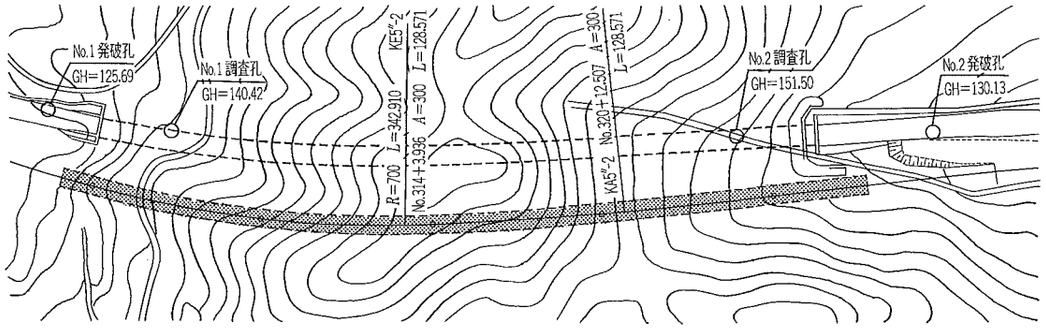


図-2　全体平面図

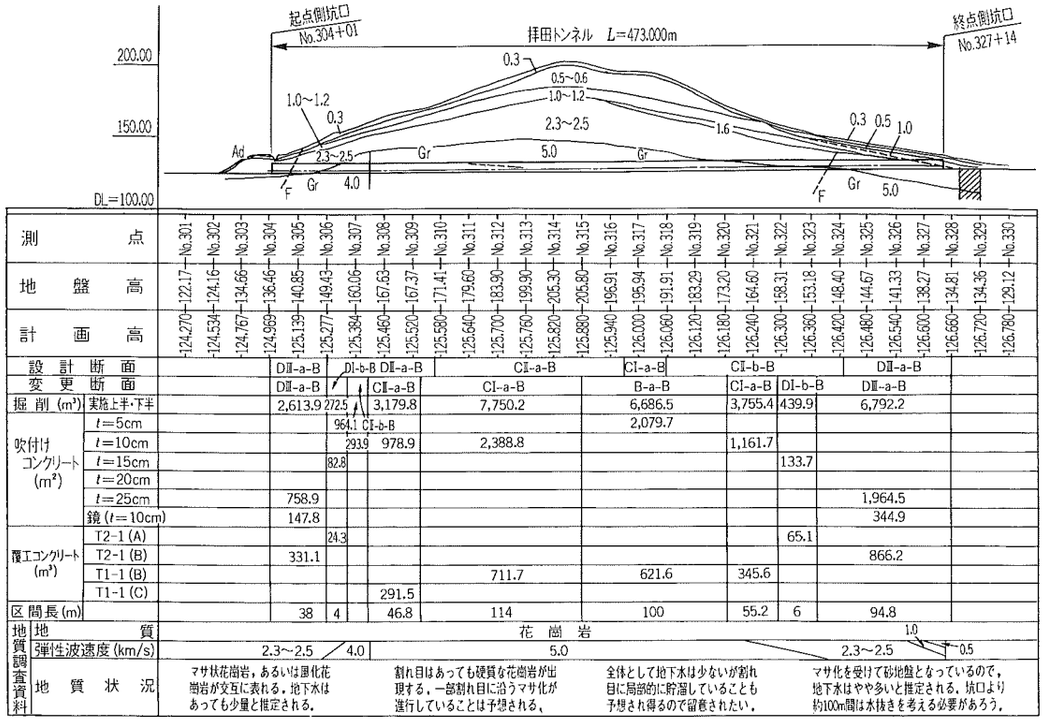


図-3　地質縦断図

工区間は花崗岩であり，千代川町(起点側)と八木町(終点側)の谷部に計画された(図-2)トンネル両坑口箇所の花崗岩は，風化破砕されたマサ化作用を著しく受けており，地表付近ではマサの二次堆積物が分布し崖錐をなしている．崖錐中には地下水が豊富で，千代川町側は竹林，八木町側は湿地状である．とくに八木町側はトンネル縦断方向に対して地山勾配がなだらかで，横断方向には谷部の形状を呈し，周囲の地下水や表面水が集まる形状である．1期線施工では八木町側の坑口部が，数十m区間にわたり崩落を生じるなど難施工箇所であった．

起点側坑口より100～340mの240m間の花崗岩は比較的安定しているが，坑口付近は風化破砕されてマサ化作用を著しく受けている．

拝田トンネルの地質縦断図を図-3に示す．

4.　新しい先受け工法の開発

4-1　従来のトンネル先受け工法

実績が多い代表的なトンネルの先受け工法は，トンネル切羽よりドリルジャンボ(汎用機)で施工する注入式のAGF工法，トンネル外周部に剛性の高い大口径の鋼管を打設するパイプルーフ工法，浸透性の良い注入材にて崩壊性の地盤を固結・止水する薬液注入工法などが挙げられる．これらの工法の比較を表-1に示す．

表-1　従来のトンネル先受け工法

番号	工法名	長所	短所
①	注入式AGF工法	トンネル汎用機にて施工可能．1シフトの施工サイクルが数日であり，トンネル進行に支障が少ない．トンネル作業員が主体である．	従来のAGF工法はウレタン，シリカレジン，セメント系を使用しており，砂質土に対する浸透性に問題あり．止水改良は困難である．
②	パイプルーフ工法	トンネル外周部に剛性の高い鋼管を打設することにより，トンネル周囲の土圧を直接受け持つ．もっとも確実な先受け工法である．	作業空間が必要であり，通常は坑口よりの水平施工に限定される．坑内施工で使用する場合は大規模な拡幅を必要とする．
③	薬液注入工法(二重管ダブルパッカー工法)	簡易な機械で崩壊性地山を確実に固結することが可能である．土質性状により適切な薬液が選定できる．止水効果を期待することが可能である．	トンネル掘削と平行して地上部より施工可能な場合を除いて，切羽の停止期間が長い．専門の作業員が必要である．改良体の強度が低いため，大きな改良範囲が必要．

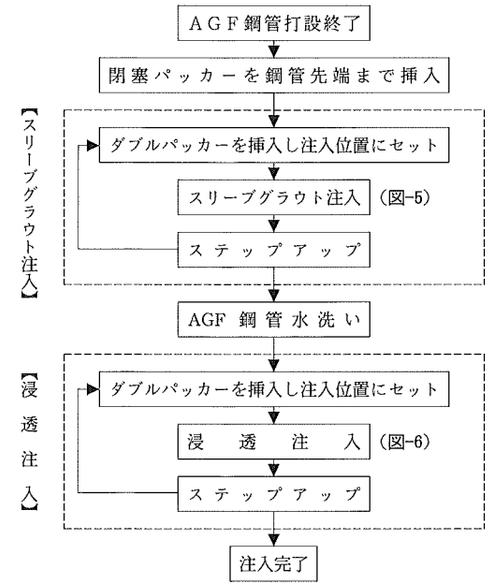


図-4　施工フロー

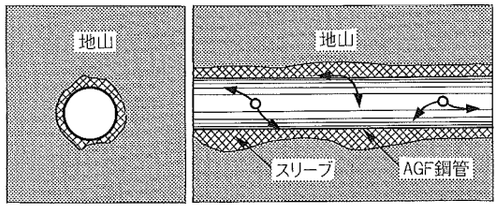


図-5　スリーブグラウト注入

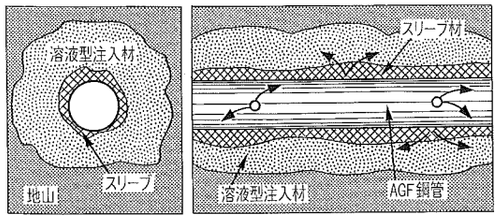


図-6　浸透注入(溶液型注入材)

4-2　新工法の基本的な考え方

トンネルの先受け工法を考慮するうえで重要なポイントは，

① トンネル切羽の停止期間が短いこと．
② トンネル汎用機を有効に利用可能なこと．
③ トンネル作業員が施工可能な工法であること．
④ 剛性の高い材料(鋼管など)で支保することにより，確実な支保効果が期待できること．
⑤ 対象地盤が砂質土でも確実な浸透固化が可能なこと．
⑥ 止水を必要とする場合にも適応可能なこと．
⑦ 経済性に富むこと．

以上の条件を考慮に入れ，表-1①の注入式AGF工法と③の二重管ダブルパッカー工法の利点を合体することにより理想的な先受け工法が可能との判断より新工法の開発に着手した．

4-3　新工法(AGF-R)の開発

二重管ダブルパッカー工法の優位点は，削孔作業で発生した注入外管周囲のクリアランスを安価なシール材で充填処理した後，ダブルパッカー(写真-2)を使用して短い間隔にてステップアップし，各ステップに注入を行い確実に注入管周囲の未固結地盤に薬液を浸透させる点にある．互層などの浸透性が異なる地盤や水みちは明らかに薬液がリークしやすく，前もって荒詰め処理を行うことで確実な一体固結状の改良体を形成することが可能となる．このような注入手法をAGF工法に付加するため

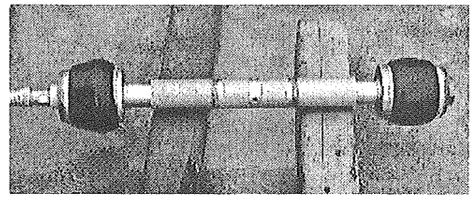


写真-2　ダブルパッカー

には，数度のくり返し注入を可能とするよう注入吐出口に逆止弁を取り付けた鋼管構造(写真-3)を採用する必要があり，これらの改良点も含めてフィールドテストを施工した．

フィールドテストは図-7に示すような盛土地盤をマサ土で造成し，削孔機で水平5°上向きにAGF鋼管を打設

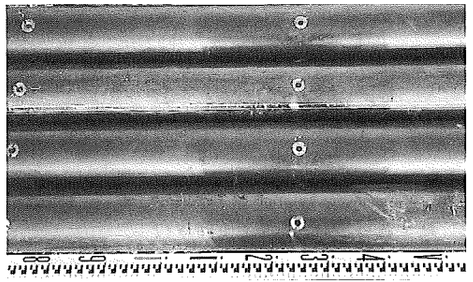


写真-3　AGF-R 鋼管

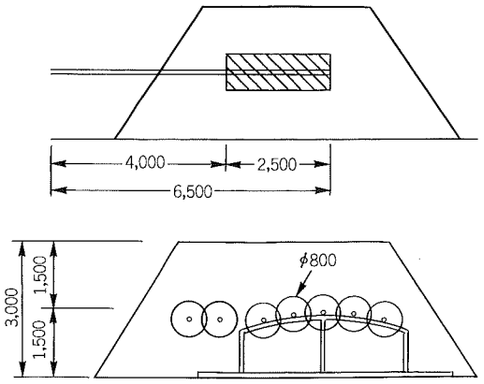


図-7　試験フィールド

表-2　シリカライザーの特徴

項　　目	都市土木	AGF
作液ゲルタイム	30～60時間	
土中ゲルタイム	60分程度	十数分
粘　　性	2cps	



写真-4　AGF-R 改良体

(打設間隔60cm)し，スリーブグラウト→溶液型注入材(シリカライザー)の順序で施工を行った．スリーブグラウトはトンネルサイクルに適合するよう，低強度ながら1時間程度で硬化するデンカSパックを使用し，荒詰め注入も併せて改良体容積の5％に設定した．二次注入はシリカライザーを選定した．この薬液は土中の金属イオンと反応して急激にゲルタイムが短くなる特徴があり，養生期間があまり取れないトンネル施工に有効である(表-2)．注入率は改良体容積の40％に設定し，トンネル施工サイクルに併せて翌日に掘り出し，固結状況の確認を行った(写真-4)．改良強度は，約15時間後で0.3N/㎟程度であり，地山では0.5N/㎟程度は得られると推定できる．なお，事前に実施した試験室の経時変化から，トンネル掘進時に最終強度の7割程度の強度発現が可能であることも確認されている．

5．拝田トンネルの施工

5-1　先受け工法の設計

地山等級D区間において，マサ化作用を著しく受けていると判断される設計断面(DⅢa－B)では村山理論[1]をもとに切羽の安定を計算した(図-8)．

(1)　切羽安定計算

すべり線としてフード頂部で鉛直方向を持つ対数ら旋を仮定し，ら旋中心回りの抵抗モーメントと滑りモーメントの比により安定率F_sを求めた．

$$F_s=\frac{M_r}{M_s}=\frac{\dfrac{CL}{2\tan\phi}(r_d^2-r_0^2)}{wL_w+Q\left(L_a+\dfrac{B}{2}\right)}$$

M_r：抵抗モーメント(kN・m)
M_s：すべりモーメント(kN・m)
w：前面土塊重量(kN)
Q：緩み荷重(kN)
B：すべり線深さ(m)
ϕ：内部摩擦角(°)
C：粘着力(kPa)
L：すべり線長さ(m)
L_a：中心から切羽までの水平距離
L_w：ら旋中心Oから荷重重心位置までの水平距離(m)
r_0，r_d：図-8，ら旋の動径(m)

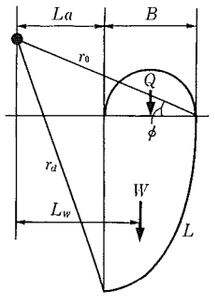


図-8　切羽の安定

【検討条件】

トンネル高さ：5.6m
土かぶり厚さ：15.0m
荷　　重：Terzaghiのゆるみ荷重
地山条件：密度1.9g/cm³
内部摩擦角40°
粘着力10kPa

結果として図-9に示すように，切羽前方3.5m以深で安全率F_s≧1.0をクリアすることが確認され，長尺の先受け工法が必要であると判断した．

(2)　起点側坑口部の計算

マサ化作用を著しく受けていると判断される29m区間に対して計画した．工法は1期線の施工状況と湧水対策を考慮して，マサ土に対して確実に浸透可能な溶液型注入材(シリカライザー)が使用可能な工法の中から経済性を考慮してAGF-R工法を選定した．

起点側施工仕様を表-3に示す．また，AGF-Rの継断面を図-10に，起点側地盤改良継断面を図-11に示す．

(3)　終点側坑口部の計算

終点側坑口部に関しても，約95m間でマサ化作用が著しく補助工法の検討が必要であった．

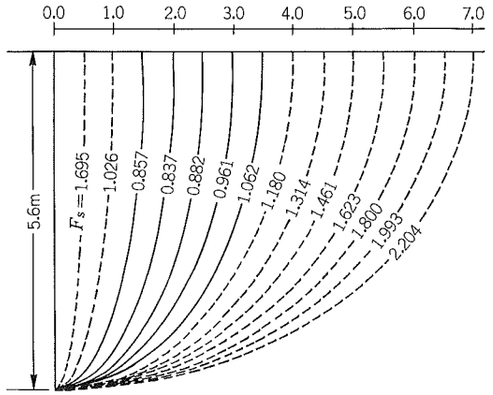


図-9　安定計算結果

表-3　起点側施工仕様

項　　目	施工仕様
施工延長	29m(計画38m)
シフト数	3シフト (計画4シフト)
1本あたり打設長	12.5m
シフト長	9.0m
AGF鋼管径	φ114.3m
1断面あたり施工本数	29本
打設間隔	450㎜
改良径	φ700㎜
スリーブ注入量	125ℓ/本
シリカライザー注入量	1,386ℓ/本
注入速度	10ℓ/min

終点側坑口部地形の傾斜は比較的緩いが，施工法によっては樹木の伐採・表面の整形・足場仮設などが不要となる．環境保持の面より現状を維持するとともに，浸透性に優れたシリカライザーが使用可能な工法を検討した結果，図-12に示すように坑口部は二重管ダブルパッカー

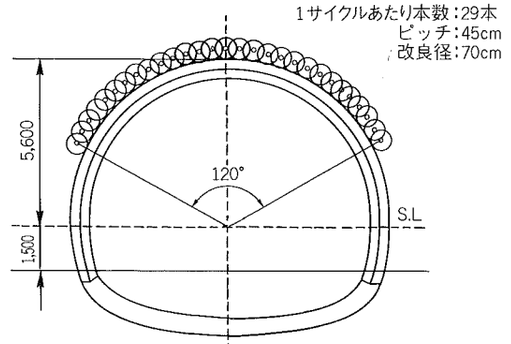


図-10　AGF-R縦断面図

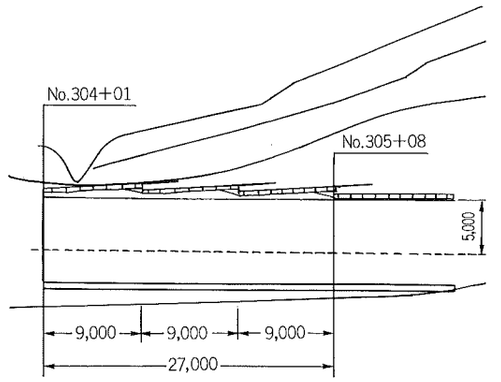


図-11　起点側地盤改良縦断面図

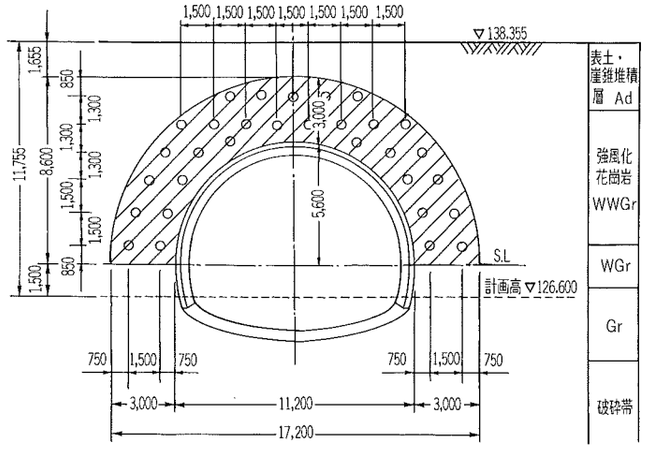


図-12　ソレタンシュ工法施工断面図

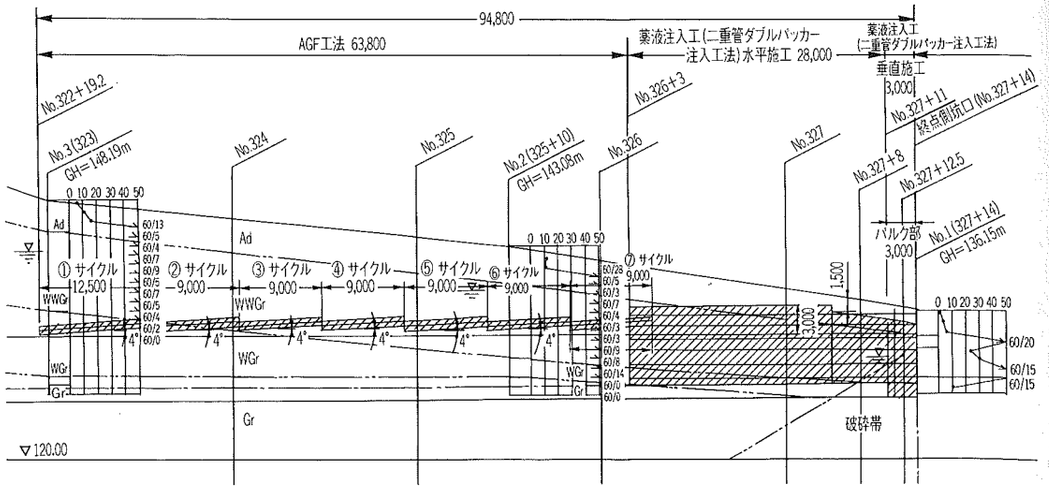


図-13　終点側地盤改良縦断面図

表-4　終点測施工仕様

工種	AGF-R	ソレタンシュ
施工延長	63.8m	31.0m
シフト数	7シフト	1シフト
1本あたり打設長	12.5m	31.0m
シフト長	9.0m	31.0m
管径	φ 114.3m	φ 57mm
1断面あたり施工本数	29本	31本
打設間隔	450mm	1,500mm
改良範囲	φ 700mm	3,000mm
スリーブ注入量	125ℓ/本	310ℓ/本
CB注入量	—	110,989ℓ/全孔
シリカライザー注入量	1,386ℓ/本	776,924ℓ/全孔
注入速度	10ℓ/min	10ℓ/min

工法(ソレタンシュ工法)，それより始点側はトンネル内よりAGF-R工法を施工することとした．

ソレタンシュ工法はトンネルでの施工実績も多く，その実績の中より長尺水平施工を検討した結果，平均30m区間を施工実績の豊富なソレタンシュ工法，それより切羽側に関してはAGF-R工法(図-13) 7シフトを設定した．

終点側施工仕様を表-4に示す．

5-2　AGF-R工法の施工

(1)　鋼管打設

AGF鋼管(表-5，図-14)の打設はドリルジャンボを使用して，2ブーム同時(図-15)に連続して打設する．全孔打設完了後注入作業へ移行した．

削孔はドリフターの回転，打撃を内管ロッドで直接ビットに伝達する引き込み方式を採用し，削孔終了後鋼管先端部に地下水，土砂などの流入を防止するため先端閉塞パッカー(図-16)を設置し削孔完了とする．

表-5　AGF鋼管仕様

名称	数量	規格	材質
先端管	1本	L=3.55m	STK400
中間管	2本	L=3.05m	STK400
末端管	1本	L=3.20m	STK400

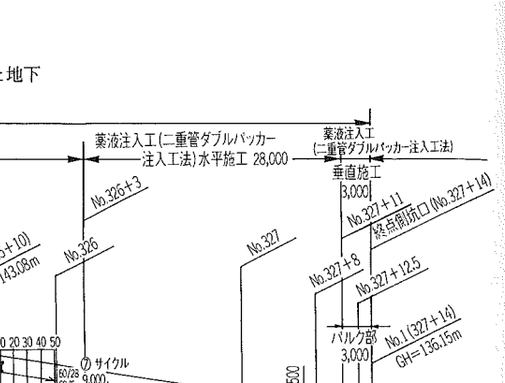


図-14　AGF-R鋼管

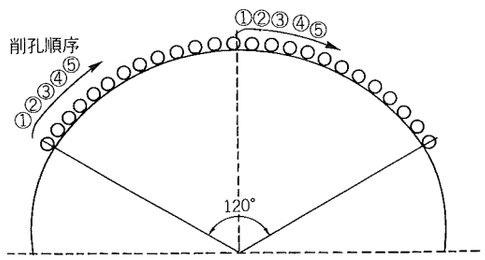


図-15　打設順序

(2)　注入材の選定

先に述べたように，土質条件，地下水などにより溶液型注入材(シリカライザー)とした．諸条件による注入材の選定を表-6に示す．

(3)　スリーブ注入工

AGF鋼管全域にわたって均一に改良体を造成するためにスリーブグラウトは重要な要因である．スリーブグラウトで使用する懸濁型速硬性注入材(デンカSパック)は1時間程度で固化し，固結強度は0.2N/mm²程度である．

グラウトミキサーで混練りしたデンカSパックは注入ポンプ，電磁流量計，注入ホースを経て削孔時に生じた鋼管と地山のクリアランスの充塡，および地盤の層境・大きな空隙の荒詰めを行う．

注入方式は砂質土などあまり荒詰めを必要としない場合は先端注入方式，互層地盤や礫質土地盤などの荒詰め注入が必要な地盤に対してはステップ方式を採用する．当現場においてはマサ土であり，先端注入方式を採用した．注入量に関しては，鋼管と地山のクリアランスの充塡を目的に，AGF管削孔長1mあたり10ℓとし，注入速度は毎分10ℓとした．強風化花崗岩は均質性に富んでおり，過去の実績を踏まえ原則として定量注入とした．

スリーブ注入使用機械を表-7に，機械配置図を図-17に示す．

(4)　溶液型注入工

全孔のスリーブ注入が終了後，溶液型注入を行った．注入はAGF鋼管の奥より50cmごとにステップ方式で施工した．通常のAGF工法の改良範囲は削孔長すべてを対象とするが，AGF-R工法は限定注入方式を取るため，削孔長12.5mに対して改良長は9.0mとし限定注入を行うこととした．改良縦断面図を図-18に示す．

注入は4台のポンプを使用して同時注入で行った．溶液型注入材は粘性が低く砂質土に浸透性がよいシリカライザーを選定した．

シリカライザー使用機械を表-8に，機械配置図を図-19に示す．

作液は連続的に計量→作液する全自動ミキシングプラントを使用し，その後のラインはスリーブ注入同様の機械構成で施工し，シリカライザーの土中ゲルタイムは，通常1時間程度を設定するが，AGF工法では注入終了から改良範囲の掘削まで1日程度しかなく，初期強度の

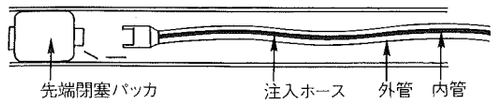


図-16　先端閉塞パッカ

表-6　諸条件による注入材の選定

注入材	砂質土	亀裂岩盤
溶液型注入材(シリカライザー)	粘性が低く，間隙へ良好な浸透により止水性高い	岩塊間の結合力は弱い
ウレタン系	粘性および固結時間から，間隙への浸透は不十分	岩間の結合力が強く，湧水にも対処可能である
超微粒子系	懸濁粒子がフィルター現象を起こし，浸透不可能	岩塊間の結合力は強いが，湧水に弱い

表-7　スリーブ注入使用機械

名称	規格	数量
注入ポンプ	RSP-100×2N	1台
スリーブミキサー	MVM-5	1台
電磁流量計	印字式	2台
パッカー加圧ポンプ	RSP-100×2N	1台
水洗いポンプ	MG-10	1台

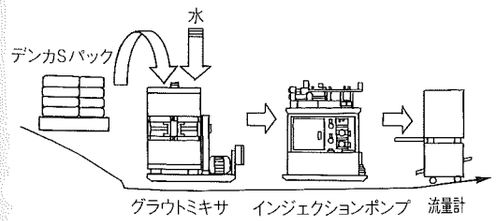


図-17　機械配置図

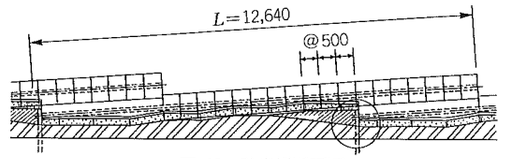


図-18　改良縦断面図

表-8　シリカライザー注入使用機械

名称	規格	数量
注入ポンプ	RSP-100×2N	2台
ミキシングプラント	SLE-3000	1台
電磁流量計	印字式	4台
パッカー加圧ポンプ	RSP-100×2N	1台
水洗いポンプ	MG-10	1台

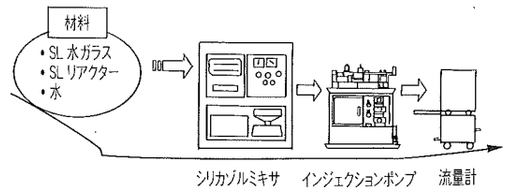


図-19　機械配置図

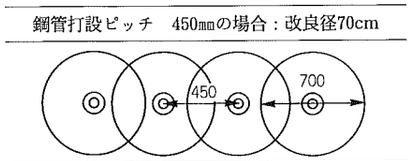


図-20　対象土量の考え方

向上を目的に20分程度に調整することとした.

注入時の管理圧力は初期圧＋2.5MPaとしたが，施工時の圧力は1.0MPa程度で，高圧の箇所は見られなかった.

改良範囲は鋼管周囲に直径70cmを計画し，注入率は対象土量に対して40%と決定し，注入速度は$q=10\ell/\min$とした(図-20).

5-3　ソレタンシュ工法施工計画

終点側坑口部31m区間に関しては，ソレタンシュ工法によりトンネル掘進に先立ち地盤改良を施工した．坑口部３m区間は垂直施工，以深の28m区間に関しては水平施工とした.

（1）　削　孔

削孔はクローラ式ロータリーパーカッションを使用し，二重管内返し削孔方式で施工した．所定深度まで削孔終了後，注入外管であるマンシェットチューブを建て込みケーシングを引き抜く．全孔の削孔が終了後注入作業へ移行した.

（2）　注入工

注入はスリーブグラウト注入，一次注入，二次注入の３段階とし，スリーブグラウトは削孔時に生じた注入外管と地山のクリアランスを充填するためのもので，垂直施工は注入外管を建て込む段階で充填施工し，水平施工に関しては注入外管建て込み終了後，注入ホースを注入管に建て込み，パッカー方式にて充填，材料は安価なセメント・ベントナイト(表-9)を使用した.

一次注入は地盤の層境，大きな間隙の充填を目的に荒詰め注入として施工する．施工時期はスリーブグラウト終了後，２日程度の固化時間を待って施工した．使用材料はスリーブグラウト同様セメント・ベントナイトを使用した.

二次注入はAGF工法同様浸透性に富むシリカライザー(表-10)を選定し，ゲルタイムは本来の１時間程度に設定し施工を行った.

ソレタンシュ工法の施工フローを図-21に示す.

（3）　注入仕様

表-11に示す注入仕様で施工した．ソレタンシュ施工

表-9　セメント・ベントナイト配合

品　名	スリーブグラウト	一次注入
セメント	2000kg	250kg
ベントナイト	60kg	60kg
水	残	残
計	1,000 ℓ	1,000 ℓ

表-10　シリカライザーの配合

SL水ガラス	250
SLリアクター	70
水	680
計	1,000

（単位：ℓ）

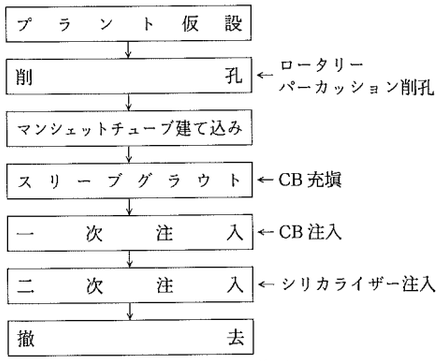


図-21　ソレタンシュ施工フロー

表-11　ソレタンシュ注入仕様

改良範囲	トンネル外周部 3.0m
注入率(一次注入)	5%
注入率(二次注入)	35%
注入速度	10 ℓ/min
注入方式	原則として定量注入



写真-5　ソレタンシュ施工状況

状況を写真-５に示す.

6.　先受け工法の効果状況

6-1　トンネル掘削状況

１期線工事において，若干の湧水に起因してマサ土の崩壊が発生しており，困難が予想された現場であったのにもかかわらず，大きなトラブルもなく安全にトンネル掘進が完了した(写真-6)．このことは，先受け工法の選

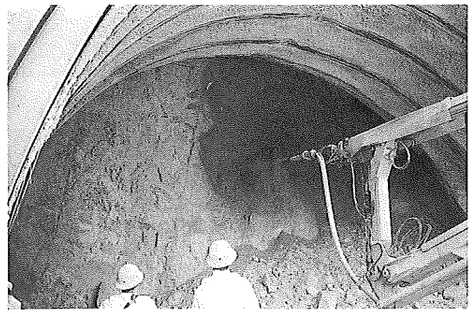


写真-6　トンネル切羽状況

定が妥当であったことを意味するものと考えられ，事実，当トンネルは全線にわたり湧水も見られ，マサ土の部分は湧水に伴う若干の肌落ちも発生していたが，起点側掘進当初，トンネル右下に湧水がみられ，この湧水現象によりAGF最右段下１m程度の箇所がNATM吹付けまでの短時間に多少肌落ちが発生している.

また，起点側坑口より十数m入った箇所で十数㎜の変位が発生しており，先受け工法なしでは崩壊の危険性も考えられた状況である.

6-2　トンネル変位状況

トンネル天端変位が起点側坑口部(マサ土地盤でAGF-R施工区間)において上半・下半掘削後それぞれ8～11㎜，15～18㎜，終点側坑口部(マサ土地盤でAGF-RおよびソレタンシュAGF注入施工区間)では，それぞれ1～5㎜，2～5㎜発生している.

7.　お　わ　り　に

１期線工事においては度重なる小崩落および70m³にも及ぶ崩落が発生したが，今回の２期線工事においては坑口部の一部で10㎜を越える変位が生じたものの，地山崩壊もなく迅速に掘削を完了させた．このことは強風化花崗岩(マサ土)未固結地山における新しいトンネル先受け工法の確立に大きく寄与したと考えられる.

最後に，当トンネルの設計・施工に際し，多大なるご指導とご支援を頂いた関係各位に，心から感謝する次第である.

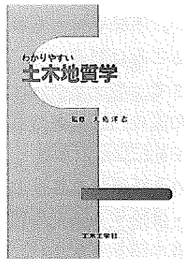
参　考　文　献

1) 福島啓一：わかりやすいトンネルの力学(１)，トンネルと地下，Vol.22，No.8，1991.8.

【新刊図書】

わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修　Ｂ５判　209頁　本体価格2,500円(税別)　〒340円



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

〔主要目次〕

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

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

現場だより
平成13(2001)年

「Jambo!」ケニア・ソンドゥより

柳田　亘

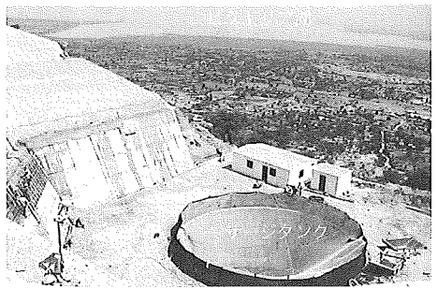
ここケニアでは，Jambo！(ジャンボ・こんにちは)の一言で挨拶が始まり，握手が交わされる．

ケニアは，赤道直下にあり，総面積が582,646km²で日本の1.57倍の面積を有し，国の南北をアフリカ大地溝帯(グレート・リフト・バレー)が貫いている．この大地溝帯が形成されたのは，新生代第三紀の鮮新世(2600万年～1200万年前)から中新世(1200万年～200万年前)といわれ，現在もその活動は続いている．大地が裂けるスピードは1年におよそ5㎜程度だが，少しずつ少しずつ，地球の割れ目は広がっているという．また，東部地溝帯と西部地溝帯のほぼ中央には，ケニア，タンザニア，ウガンダの3国に接しナイル川の源流であるアフリカでもっとも大きなビクトリア湖がある．その湖面積は，九州の約1.5倍に相当する67,850km²であるが，最大深度は82mしかない．

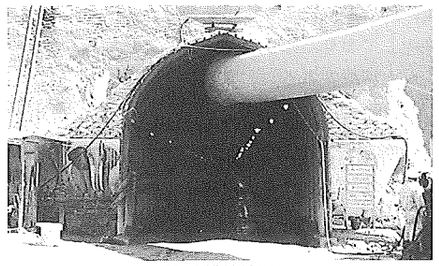
われわれJVスタッフのエンジニア達は，休日ともなればこのビクトリア湖で数少ない娯楽の一つであるトローリングを楽しむ．先日は，40～50kg級のナイルパーチ(最大2mにも育つ巨大な淡水魚)を釣り上げてしまい，JVスタッフの食卓へ登場となった．美味しい，不味いはともかく，その魚の大きさにびっくりすることは間違いない．

さて，当ソンドゥ・ミリュ水力発電工事は，ケニア共和国の西部にあるビクトリア湖に注ぐソンドゥ川の水を約6.3kmの水路トンネルにて導水し高度差約200mの正断層崖の落差を利用して，6万kWの電力を発電・供給する施設の建設を目的としている．

導水路トンネルは，ソンドゥ川右岸に位置する標高約1,500mの山麓を貫き，掘削断面積20m²，総延長(横坑3か所を含む)約6,900mの水圧トンネルである．この地域の基盤岩は，30億年以前に形成された先カンブリア時代の安定地塊に分布する火山岩とその火山岩に25億年前に大量に貫入した花崗岩類からなっている．当トンネル区間には，この花崗岩類(圧縮強度150MPa以上)が分布している．この岩石は，非常に硬い岩であるが，潜在亀裂が発達している．このため，掘削は全断面発破掘削によるNATMで行っており，工期短縮を目的として長孔発破(3～4m)による急速施工法を採用している．しかし，大地溝帯の変動時に形成された数本の断層破砕帯が想定されており，施工時に注意が必要となる．



サージタンク部からビクトリア湖を望む


No.2横坑坑口

現在の施工状況は，3切羽(最盛期5切羽)で掘削し，覆工は1班(最盛期2班)にて昼夜施工中である．従事しているトンネルスタッフは，日本・ノルウェー・南アフリカ・マレーシア・フィリピン・スリランカ・ネパールそしてケニアの8か国にわたる多国籍チームとなっており，全スタッフが9月に貫通を迎えるべく奮闘中である．

この工事は，電力が大幅に不足しているケニアにおいて，将来，電力供給の救世主的役割を果たしてくれるものと，ケニア国民から大いに期待されている．それに応えるべく，2003年の完成を目指し，安全かつ迅速に工事を完了させる決意で日々業務に励んでいる．

では，Asante(アサンテ・ありがとう)・Kwa heri(クワヘリ・さようなら)．

(鴻池組・ヴィデック・マーレイ＆ロバーツ共同企業体ソンドゥ・ミリウ水力発電所工事事務所所長)

施　工

第一京浜国道交差点直下の駅下を掘る

都営大江戸線環状部　汐留・浜松町工区

畠中軍喜*　斎藤　健**
北川　豊***

1. はじめに

都営大江戸線は新宿新都心を起点として，若松町，飯田橋，上野広小路，両国，門前仲町，築地，赤羽橋，青山1丁目を経て新宿に戻る環状部約29km(27駅)と新宿から光が丘に至る放射線約14km(11駅)からなる延長43kmの路線である．放射部については東京都交通局が建設して1997年12月に全通，環状部は東京都地下鉄建設(株)が建設して2000年12月に全線開業した．なお，運営は放射部，環状部とも東京都交通局が行っている．

汐留・浜松町工区は，築地駅～赤羽橋駅間の駅間シールドトンネル3区間，駅2か所，引上線部1か所を築造する総延長3,030mの工区である．

大江戸線大門(浜松町)駅部は港特別区道1021号線と国道15号下に開削工法で建設した，延長235m，地下3～5層，島式ホーム一面の駅である．このうち，区道と国道との交差する約50m間が，都営地下鉄浅草線大門駅の直下をほぼ直交して交差するよう計画された(図-1～3)．

浅草線大門駅は地下1層の相対式ホームで2ラッチの駅である．ラッチは中央にあり，両コンコースを地下連絡道で結んでいる．

大江戸線大門駅の起点方は3層であるが，浅草線との交差部から駅終端までは5層構造になっている．各層の用途は，地下5層が軌道階，地下4層が機械室，地下3層が大江戸線のラッチ階で浅草線とのラッチ内乗り換え通路とコンコースになっている．また，浅草線との交差部分も同様で地下2層は機械室，地下1層は浅草線のラッチ階とコンコース階になっている．

大江戸線の地下3層の連絡通路から，浅草線のホーム

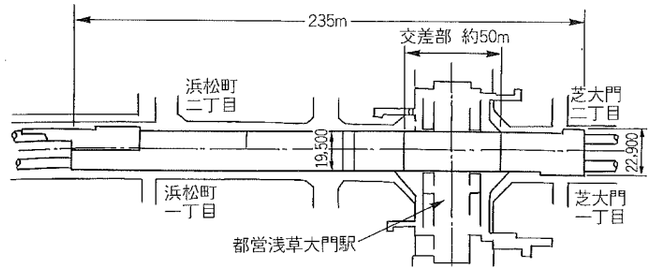


図-1　全体平面図

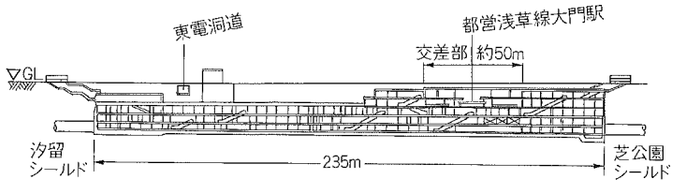


図-2　全体縦断図

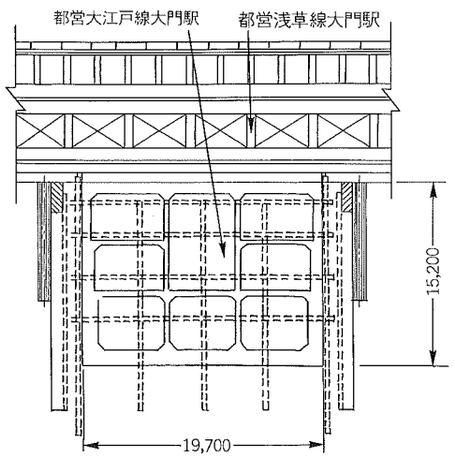


図-3　横断面図(交差部)

＊東京都地下鉄建設(株)工事第1部工事第1課長
＊＊鹿島・竹中土木・日本国土・若築・奈良建設共同企業体現場代理人
＊＊＊　〃　監理技術者

へは，三田方で階段，新橋方でエスカレーターで接続している．

浅草線との交差部は，範囲が約22×50mと広く，浅草線構築下端とのクリアランスが約940㎜と小さいので，路面荷重も含めた重量約8,800tの大門駅を杭受け構造で仮受けした．

本稿では，この大門駅仮受けを含め浅草線との交差部の施工概要について報告する．

なお，大江戸線と浅草線を連絡するため，浅草線を大幅に改良したが，そのことについては別途報告したい．

2. 工 事 概 要

2-1 全体工事概要

工 事 名：都営大江戸線環状部汐留・浜松町工区建設工事(交差部)
発 注 者：東京都地下鉄建設株式会社
工　　期：平成２年６月６日～平成12年12月31日
工事内容：交差部
構築(地下３～５層)
幅20m×深さ25m×延長50m
コ ン ク リ ー ト　5,192m³
掘　　削　155,830m²
建て込み中間杭　425m(2.5～ 3.0m)
建て込み土留め杭　1,052m(2.5～ 4.0m)
鋼 矢 板 圧 入　1,787m(7.0～19.0m)
仮 受 け 鋼 杭 打　2,243m
(TBHφ600，H-350×350×12×19)
杭 長 23.0m　2本
〃　22.5m　9本
〃　22.0m　1本
〃　21.0m　32本
〃　20.5m　15本
〃　20.0m　3本
〃　19.5m　6本
〃　19.0m　38本
〃　18.5m　38本
土 留 め 鋼 杭 打　2,544m
(路下TBH，H-390×300×10×16)
鋼杭長　18.0m　118本
〃　17.5m　24本
路 面 覆 工　3,093m²
大門駅仮受け防護　１式
導坑掘削工　6,123m³
導坑支保工
(H-150×150)　190t
仮 受 け 工
杭頭金物　24t
縦桁(H-400×400)　40t
横桁(H-414×405)軌道部　40t
横桁(H-400×400)一般部　42t
仮受け面積(22.1m×48.3m)　1,070m³
仮受け重量　8,800t
(構築：約6,800t，電車，自動車：約2,000t)
大 門 駅 本 受 け　１式
大 門 駅 改 良　１式

3. 地 質 概 要

この付近の地形分布は，図-4 に示すように東京低地と呼ばれ，起伏に富んだ埋没段丘がみられる沖積層の薄い低地に属する．

地層は地表から，埋土層，有楽町層，東京層，東京礫層，上総層群となっていて，低地としては比較的良い地盤である．洪積層の深さは，浅草線大門駅からJR浜松町駅方に下がっていて，上総層の深さは12～22m(AP－8.0～－20.0m)程度になっている．

浅草線大門駅の基礎部分は東京礫層にある．大門駅仮受けのための導坑掘削は，東京礫層を約２m，上総層群を約２m，合わせて4.0m掘削し，この導坑内で仮受け杭や土留め壁を施工した．

仮受け杭の施工面は上総層群になるが，施工面より３m程度下に厚さ２～３mの礫層が介在している．

4. 交差部の施工概要

大門駅交差部の施工順序を図-5 に示す．

まず，浅草線大門駅軌道部中央縦桁を図-6 のように鋼材で補強した．次に浅草線下床下の空隙填充と止水のためのセメントベントナイト注入と，導坑掘削時の地盤の安定を確保するための薬液注入を構内から実施した．土留め壁施工用の導坑掘削時，土留め壁外側の浅草線躯体の沈下防止のための超高圧噴射注入も構内から行った．

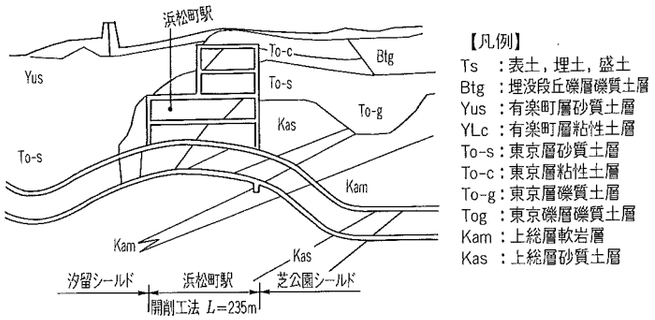


図-4　地質概要図

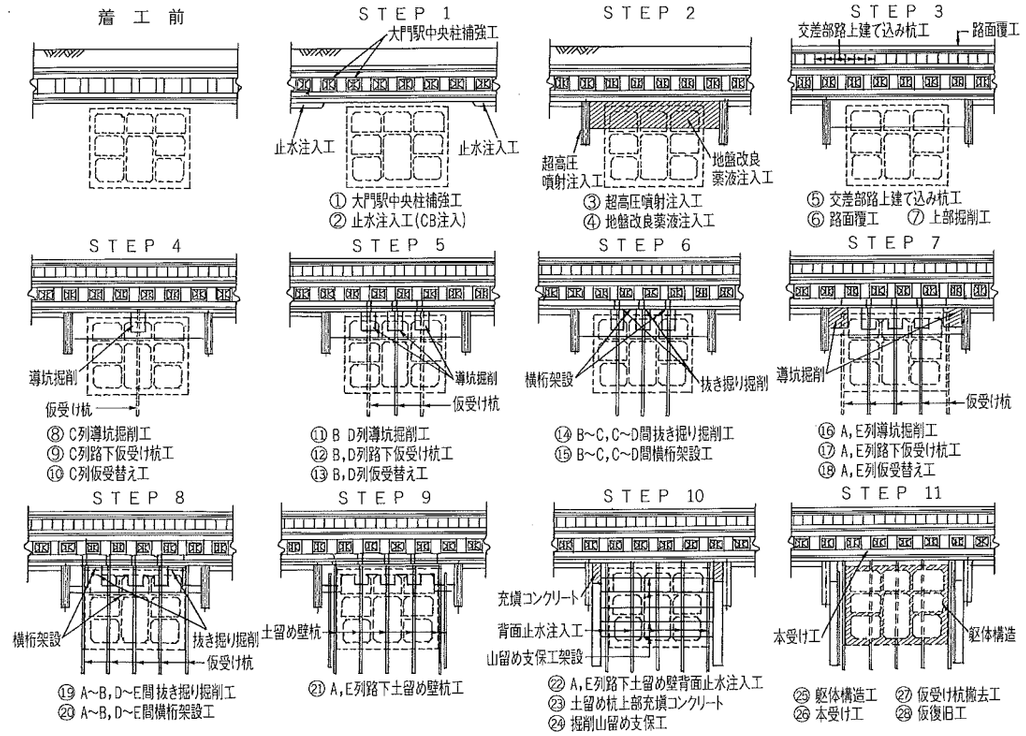


図-5　浅草線大門駅交差部施工順序図

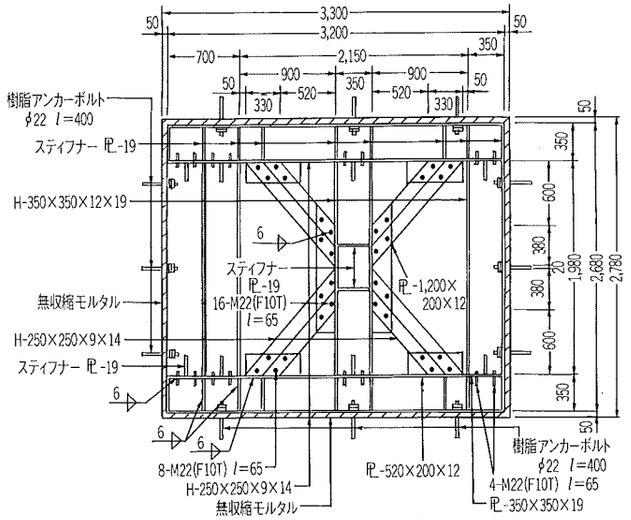


図-6　浅草線大門駅中柱補強図

その後，路面覆工して上床上の土砂を撤去し，仮受け荷重を低減した．

仮受け工は，まず導坑を掘削し，導坑内で仮受け杭(H-350)を2.0～2.5mピッチで打設し，この杭に縦桁(H-400)を架設して駅構築を支持した．導坑掘削はC，Bと D，AとEの順序で施工し，隣り合わせの導坑の掘削が完了した時点で導坑間を抜き掘りして，仮受け全体の安定性向上のための横桁(H-400)を架設し，縦桁同士を連結した．

躯体を仮受けした後，A，E導坑から土留め杭をTBHで打設し，土留め背面へ止水のための薬液注入をした．

掘削は切梁・腹起し工法を用いて全断面で行い，構築は順巻き工法で施工した．掘削時に仮受け杭を補強するため，筋交いを縦断面，横断面に設置した．

大江戸線構築完了後，浅草線構築と大江戸線構築間をコンクリートで充填して，浅草線を大江戸線構築で受け替えた(以下，本受けという)．

浅草線軌道部を本受けして，初めて浅草線と大江戸線とを連絡一体化する改良工事のための大門駅の既設躯体の取り壊しを始めた．

連絡一体化工事の進捗にあわせてコンコース部分の本受けをした．

以下，各工種についての概要を述べる．なお，導坑掘削から軌道部本受けまでの実績工程を表-1に示す．

表-1　浅草線大門駅交差部実施工程表

工種＼年月	1996	1997	1998	1999	2000
導坑掘削	C, D, B, A, E				
仮受け鋼杭					
杭仮受け工(縦桁架設)					
抜き掘り掘削，横桁架設					
土留め鋼杭					
薬液注入(土留め背面)					
掘削(駅下)					
構築					
本受け			軌道部		コンコース部
計測工					
大門駅改良工事				構造物取り壊しおよび構築工	

5. 各工種の施工

5-1 導坑掘削

導坑は最初にCを掘削し，次いでBとD，そしてAとEの順で掘削した(図-7参照)．

浅草線の両側から1.5m離して1：1.5の法をつけて4m掘り下げ，この面を作業基盤として導坑を掘削した．仮受け杭で支持するまで路面荷重を含む大門駅の荷重はすべて地山(改良体を含む)で負担させた．導坑の構造を図-8に示す．A～E導坑の形状は以下のとおりで，縦断方向，横断方向ともに一部で変断面となっている．代表的な縦断面図と横断面図を図-9, 10に示す．

	掘削幅(m)		高さ(m)
A 導坑	4.0	×	4.0～5.65
B, D 導坑	3.0	×	4.0～5.65
C 導坑	3.0(4.0)	×	4.0～5.65
E 導坑	4.0(6.6)	×	4.0～5.55

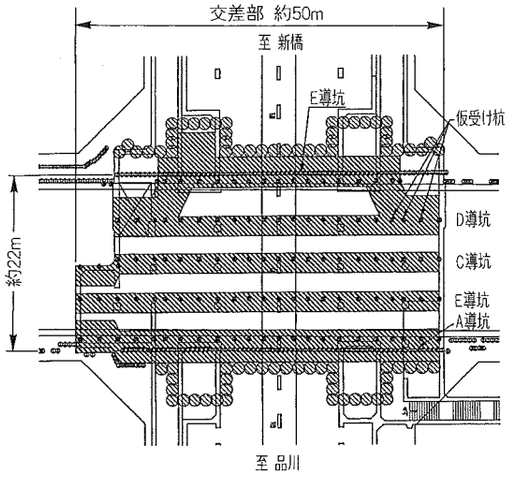


図-7　交差部平面図

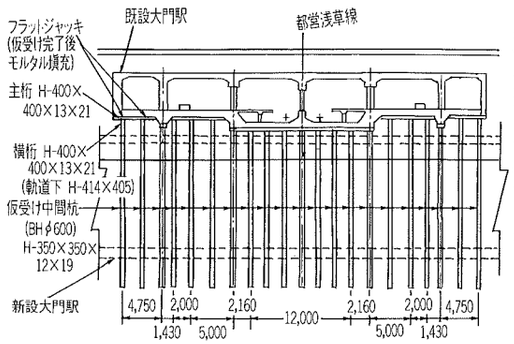


図-8　導坑縦断図

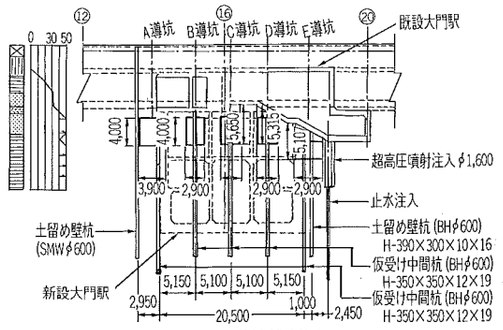


図-9　導坑横断図

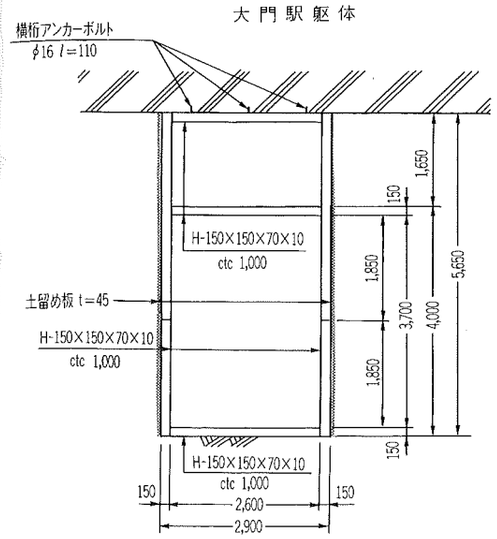


図-10　導坑支保工詳細図

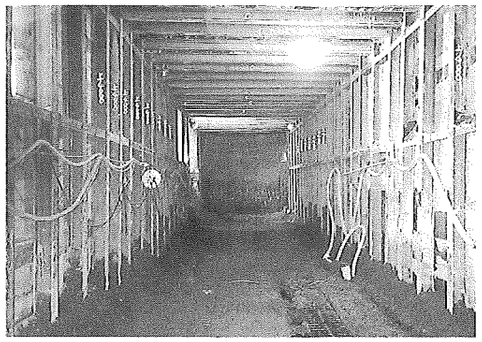


写真-1　導坑支保工

導坑高さ4.0m部の施工順序は，0.2m³油圧ショベルで上半掘削後，バケットをブレーカに交換して，基礎敷砂利，コンクリートを壊し，人力にて防水アスファルトと保護モルタルを取り壊した．

その後，油圧ショベルで下半掘削を行い，人力にて1.0mピッチで鋼製支保工(H-150×150)を建て込み(写真-1)，厚さ45mmの掛け矢板を行い，矢板裏に砂を充填して，1サイクルが完了する．

導坑高さ5.55m，5.65m部は，下半2.0mを残し上半を先行施工した後，下半施工を行うベンチカット方式を採用した．

掘削土は，導坑内より4.0m³ドーザーショベルにて坑口まで搬出し，0.2m³油圧ショベルにて集土し，夜間路上から0.8m³テレスコにて土揚げし，10tダンプに積み込み，所定の捨て場へ搬送した．

導坑掘削施工実績は，特殊部は除き片番で1～2枠の進捗であり，必要に応じて早出，残業を実施した．

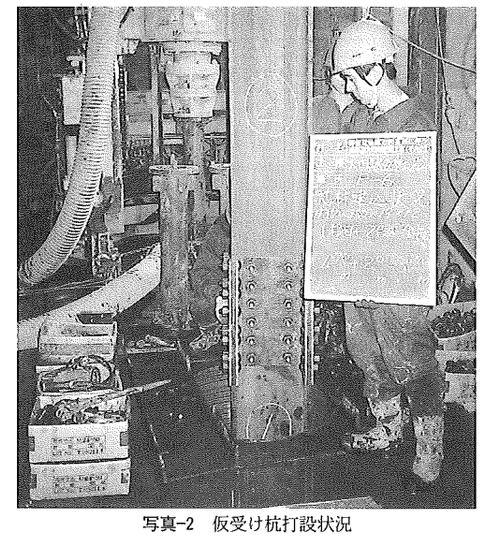


写真-2　仮受け杭打設状況

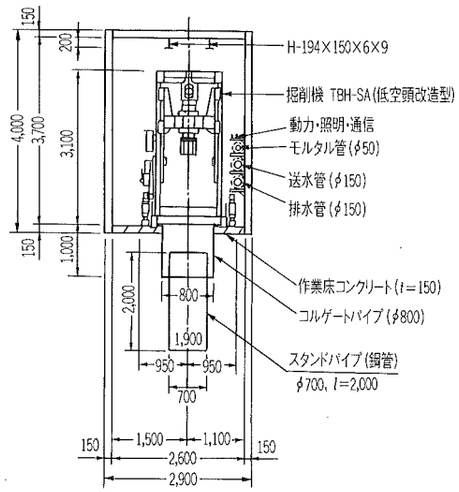


図-11　杭打ち機配置図

5-2 仮受け杭打ち

導坑完了後，低空頭型(H=3.2m)TBH掘削機でφ600の削孔をし，H-350×350×12×19，長さ2.0～2.5mを9本継ないで建て込んだ(写真-2)．なお，TBH掘削機のロッドは1mのものを使用した．

導坑内の機械配置を図-11に，杭打設のフローを図-12に示す．

杭の沈下防止対策として，杭材を建て込み後，ミニバイブロ(3.7kW)にて地山に圧入した．杭の根入れ部は，受け替えまでの期間が短いため，1：2.5の早強モルタルで根固めし，上部は泥水を固化させた．

仮受け杭の設計支持力の確認，および設計荷重作用時の仮受け杭の沈下量の把握を目的として，鉛直載荷試験

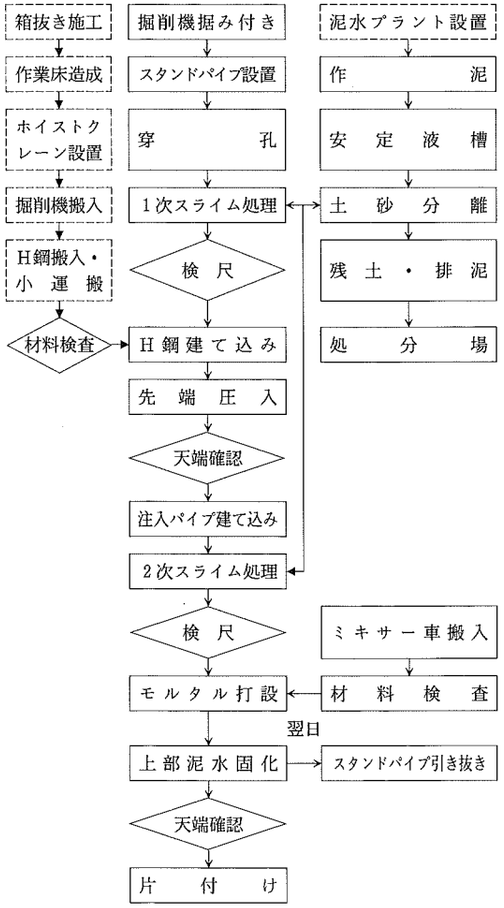


図-12　杭打設フロー

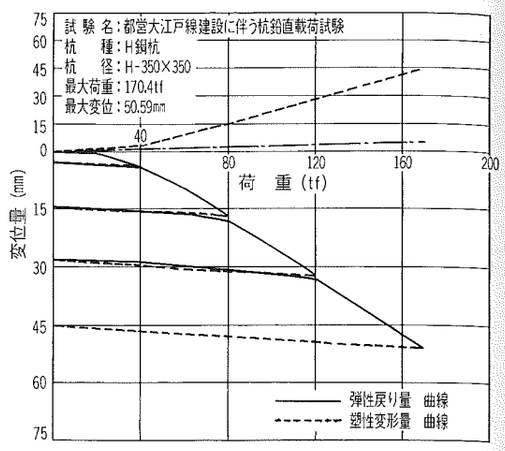


図-13　仮受け杭鉛直載荷試験結果

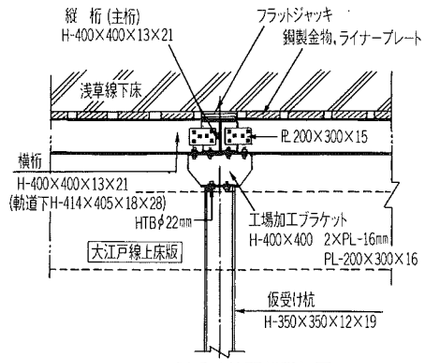


図-14　仮受け杭頭部詳細図

を実施した．

試験最大荷重は設計最大荷重(142t)の1.2倍の170.4tとした．試験は，試験杭の杭頭部沈下量，水平変位量などを計測した．その結果，最大荷重載荷時に発生した杭頭最大沈下量も許容値に収まった(図-13)．

しかし，各杭が負担する荷重が同一でないため，それぞれの荷重が載荷されたとき，各杭の沈下量が異なり，受けている浅草線の躯体に異常な応力を生じさせる恐れがあった．また，仮受け杭は導坑内で8～9か所の継ぎ杭であるので，施工誤差による杭の傾斜，仮受け主桁の位置ずれ(偏心)は，杭に曲げ応力を生じさせ，杭頭の変位を増加させ，受けている躯体の異常応力も増加する恐れがあった．

この影響を避けるため，各杭の横断面の水平方向を溝形鋼([－300)で連結するとともに，縦断面・横断面を山形鋼(L-150)で筋交いを取り付けた．導坑内で測定した結果，杭の傾斜による最大杭頭変位量は強軸方向に26mm，弱軸方向に22mmであった．また，縦桁と杭頭のずれは最大125mmであったが，最大変位により杭に発生する応力はすべて許容応力度以内であった．

5-3　縦桁架設，仮受け工

図-14に仮受け杭頭部の構造を示す．仮受け杭打設後，杭を継ぎ足し杭頭部処理を実施した．その後，導坑支保工を中段に盛替え，杭頭に順次縦桁を架設した．杭頭金物，縦桁，横桁は工場加工とした．その際，ボルト孔は杭の施工制度を考慮しスローテッドホールを設けたが，それを超えるものもあった．

桁架設は盛替えた中段支保工上に足場板を敷き，足場上ローラーを設置し，坑口にて4.9t吊りミニクレーンおよびウィンチを用いてローラー上に桁を載せて，所定の位置まで人力にて引き込み，チェーンブロック，レバーブロックにて杭頭に設置した．

縦桁架設完了後，支持杭上部の縦桁上に170tフラットジャッキ(t=30mm，揚程25mm)を配置し，大門駅躯体を反力材として死荷重の120%まで全杭に対してプレロードを加えた．

仮受け作業は，プレロード完了後の夜間終電後に行ったが，死荷重の120%まで全ジャッキを加圧後，80%まで減圧し，桁と構築の隙間に鋼製金物，ライナープレートを挿入した後，フラットジャッキを完全に減圧し仮受けを完了した(写真-3参照)．

プレロードおよび仮受けの作業は，構築の浮き上がりと杭の沈下を計測管理しながら実施した．

5-4　横桁架設

隣接する縦桁架設，仮受け工が完了後，導坑間に残った地山の上半断面を抜き掘りした．抜き掘りを5m程度先行させ，後方で横桁を順次架設した(写真-4)．

抜き掘りは，0.03m³油圧ショベルおよび人力にて行い，基礎敷砂利，コンクリートの壊し，防水アスファルトの撤去，保護モルタルの壊しはすべて人力で行った．掘削土砂はベルトコンベヤにて坑口まで搬出し0.2m³油圧ショベルにて路上開口下に集土，夜間路上から0.8m³テレスコにて10tダンプに積み込み，所定の捨て場に搬送した．

横桁架設は，抜き掘り掘削の地山上をウィンチにて所定の位置まで引き込み，チェーンブロック，レーバーブロックを用いて杭頭に設置後，桁と構築の隙間に鋼製金物，ライナープレートを挿入した．

5-5　土留め杭

土留め杭は，仮受け完了後，仮受け杭と同様に低空頭型のTBH掘削機を使用してA，E導坑内(標準部内空高さ3.7m)で打設した．

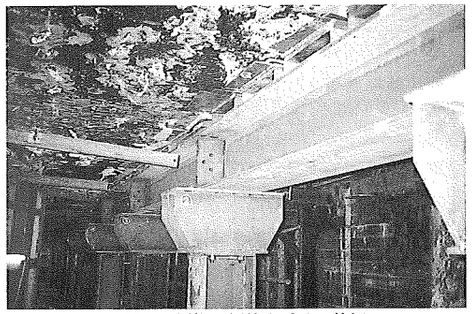


写真-3　縦桁で躯体を受けた状況

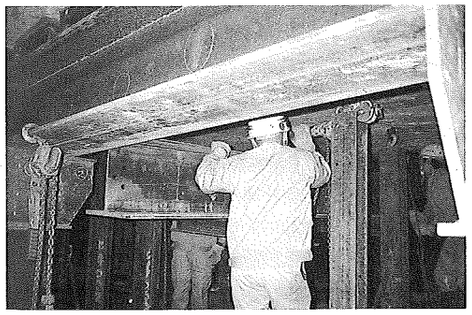


写真-4　横桁架設状況

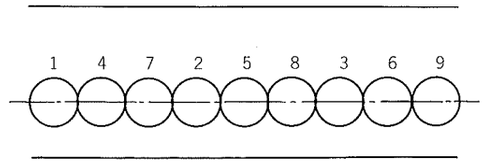


図-15　A・E導坑土留め杭穿孔順序図

穿孔はφ600mmで杭底まで行い，鋼材(H-390×300×10×16)を630mmピッチで建て込んだ．

杭打ち機は，仮受け杭の間からの搬出入が困難なため，駅本体と出入口通路との空間を導坑掘削盤まで掘削し，そこから搬入した．

杭打ち精度の確保と作業効率アップのため無筋コンクリートのガイドウォールを導坑底面に設置し，機械移動用のレールをガイドウォール上に敷設した．穿孔順序は，図-15のように2本おきに施工し4本目，7本目に既設工部の間に戻り，柱列形状を形成した．

杭材は2mの短材を高力ボルトで継いで(6～7か所)建て込み，1：3のモルタルを注入した．

施工範囲が水平延長約40mであることを考慮し，二重管ストレーナー(複相式)後方で止水のための注入を土留め壁背面に行った．注入幅は今までの実績から止水効果の得られる最小幅の複列式の1.5mとした．

注入プラントは駅部掘削盤上に設置した．

5-6　掘　削

薬液注入後，土留め壁背面と導坑壁の間を既設構築下面までコンクリートで間詰した．既設躯体下は切梁支保工方式でショートリーチにて全断面掘削し，ブルドーザーあるいはドーザーショベルで土揚げ場所へ押し土・運搬し，クラムシェルあるいはタイヤ式テレスコで揚土した．当初，切梁は5段を考えていたが，当該工区隣接ブロックの土留め計測の結果をもとに，1段減らし4段梁とした．また，仮受け杭を補強するための筋交いも全断面考えていたが，施工性を考慮し，図-16のようにした．

切梁，腹起しは，路上よりクレーンで坑内に吊り降ろした後，ウィンチで既設構築下に移動し最後は人力で架設した．掘削は，杭間ピッチが狭いために使用可能な重機が限られ，駅部の他ブロックに比べて大幅な進捗ダウンとなった．

5-7　構築工

構築は軌道下部とコンコース下部の3ブロックに分けて施工した．

施工順序は，①下床，②4段梁と3～4段梁間の筋交いを撤去，③地下5層の側中壁と中床，④3段梁を撤去，⑤2段梁を撤去，⑥地下4層の側壁中柱と中床，⑦上段の筋交いを撤去，⑧地下3層の側壁を1.5m立ち上げ，⑨1段梁と横桁を撤去，⑩地下3層の側壁，中柱中壁と

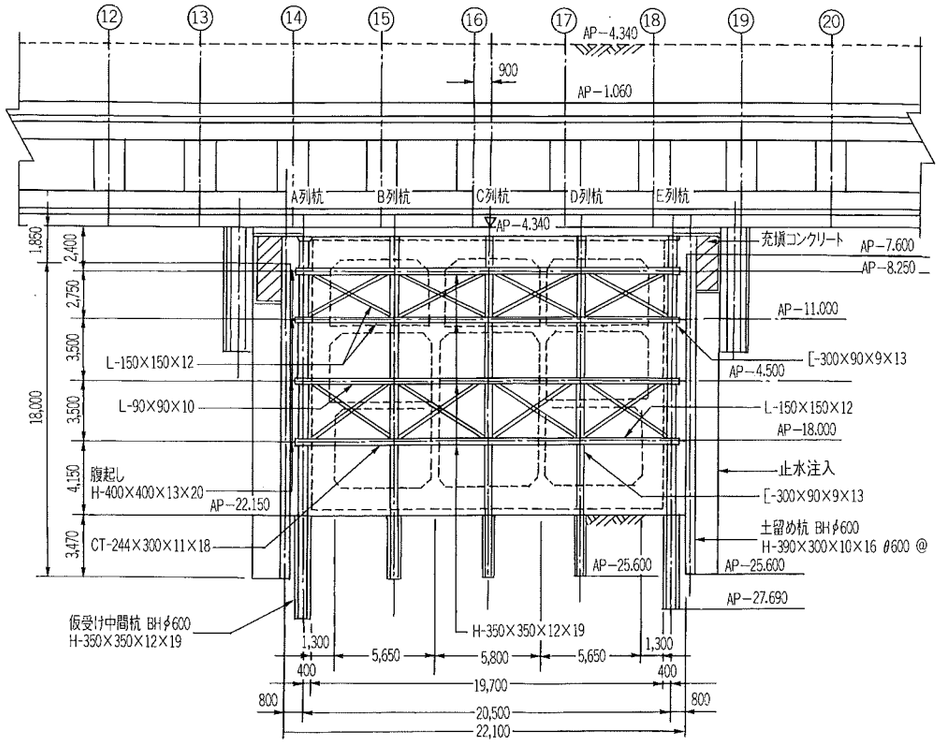


図-16　土留め支保工断面図



写真-5　上床鉄筋組み立て状況

上床の順で実施した．

軌道下部と大江戸線上床との離隔が940㎜と狭いうえ，横桁があって上床の配筋ができなかった．このため，上床型枠設置前に横桁を撤去した．桁撤去にあたり，各仮受け杭の安全性について検討し，安全であることを確認した．上床鉄筋組み立て状況を写真-5に示す．

軌道下部の上部コンクリートは，作業条件が悪く，打設や締め固め作業が困難であるので，高流動コンクリートを使用した．コンクリートの仕様・材料・配合を表-2～4に示す．

また，軌道部本受け工完了後，大江戸線と浅草線との連絡施設工事に着手した．交差部連絡施設工事は既存の浅草線大門駅の一部を撤去し，既存構築と大江戸線構築を接続した．浅草線の出入口4か所を2か所ずつ交互に閉塞しながら，3段階で施工した．取り壊しは既存構築の安定性に配慮しながら北行線の軌道部側壁を取り壊し，構築完了後，南行線側壁を施工した．軌道部の取り壊しには，作業スペースが小規模で済み，無振動，無粉塵のワイヤーソーイング工法を採用した．既設鉄筋のはつり出しは人力にて行った．

表-2　高流動コンクリートの仕様

セメント	普通ポルトランドセメント
粗骨材最大寸法	20㎜
設計基準強度	21N/㎟(保証材齢28日)
配合強度	25.2N/㎟(保証材齢28日) 変動係数10%，割増係数1.2を想定
スランプフロー	65±5 cm
空気量	4.5±1.5%

5-8　本受け工

本受け工は仮受け杭と仮受け桁で支持された浅草線の構築を大江戸線の構築で受け替えるもので，浅草線構築下端と大江戸線構築上端とのクリアランスの大小により，

表-3　高流動コンクリートの使用材料

使用材料	略号	銘柄	摘要
セメント	C	普通ポルトランドセメント	比重：3.16
細骨材	S	万田野産山砂	比重：2.58，FM：2.62
粗骨材	G	住田産砕石(2005)	比重：2.70，FM：6.60 最大寸法：20㎜
石灰石微粉末	SD	舗装用フィラー	比重：2.70 比表面積：3,980cm²/t
高性能AE減水剤	SP	マイティ3000S	ポリエーテル系
特殊増粘剤	VIS	ビスコン2000	ウエランガム

表-4　実施配合表

W/C (%)	Gvol (ℓ/m³)	s/m (%)	W/pd (%)	Air (%)	単位量(kg/m³) W	C	SD	S	G	SP (pd×%)	VIS (W×%)
59.2	320	40.0	78.9	4.5	168	284	332	655	864	1.4%	0.1%

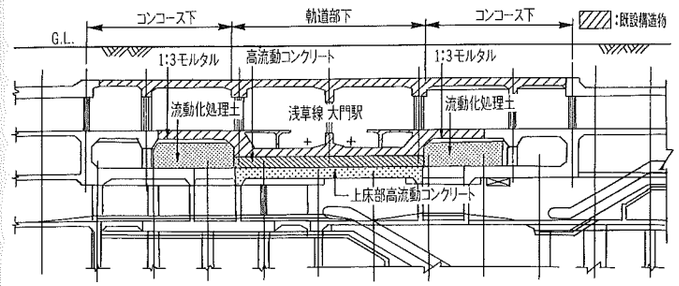


図-17　充填方法区分

図-17に示す2とおりで実施した．

(1)　軌道部本受け工

当初の計画では，浅草線構築下端10cm下がりまでコンクリートを充填し，残り10cmを無収縮モルタルで間詰めして本受けする予定であったが，近年の高流動コンクリートの実績向上を背景に工事費低減の面から高流動コンクリートを使用した．

本受け工施工に先立ち，浅草線軌道部下の大江戸線構築上床躯体で高流動コンクリートを使用した．これは，仮受け桁下と上床天端とのクリアランスが約400㎜でコンクリートの締め固め，打設用ホースの切り廻し，天端仕上げなどの作業が困難なため，より良い品質確保を目的として高流動コンクリートを使用した．

本受け工での高流動コンクリートは圧入となるため，配管位置，流動距離の確認，型枠からの漏れ具合などを上床打設時にデーターを集め参考とした．

また，圧入時には目視での充填状況の確認が困難なので，上床打設時に，監視員，監理員とともに高流動コンクリートの特性を視認した．

軌道下部の充填範囲は，幅約22m，奥行き約17mとなるので，流動距離を6mとして，打設は4ブロックに分けて施工した．各ブロックは鉄板で間仕切りし，鉄板は，上床打設時に予め設置固定した形鋼(∟-90)を骨組みとして，鋼板(t=3.2㎜)を使用した．

打設は2ブロック/日とし，2回に分けて打設した．配管延長は垂直13m，水平45mとなり，路上から大型ポンプ車(8t，ピストン式)で圧送した．各ブロックには，長さ1.5～5.5mの長短の圧送管を充填部に配管した．各配管への分岐はY字管とシャッター式バルブを設け，連続して打ち込んだ．

充填完了の確認は，各ブロックに2本ずつ配置したφ100㎜の塩ビ管からコンクリートが流出したことにより行った．また，エア抜き用にφ50㎜の塩ビ管も10本/ブロック設けた．

打設は大きなトラブルもなく，塩ビ管からのコンクリートの流出を確認して完了した(写真-6)．

(2)　コンコース下本受け工

コンコース部は，大江戸線と連絡するために側壁および床版の一部を取り壊して大江戸線構築と接続するので，接続完了後に本受けを行った．なお，下床を広範囲にわたり取り壊す部分については，新設下床打設時に同時にコンクリートを充填した．下床を新設する箇所には，予め充填およびエア抜き用の塩ビ管を埋め込んでおき，既設構築の下床については，コア抜きして充填およびエア抜き孔を設置した．

流動化処理土は，路上にポンプ車を設置して，ポンプ圧送により浅草線下床下端から約30cm下まで打設した．流動化処理土硬化後に，1：3モルタルに流動化剤を使

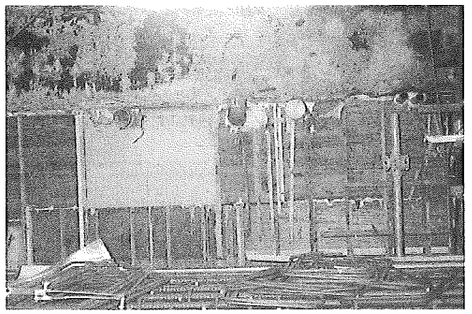


写真-6　浅草線大門駅を本受けした状態

用し，片押ししながら打設して，充塡およびエア抜き孔を閉塞して本受けを完了した．

5-9　計測管理

浅草線構築の変位計測は，駅躯体の応力状態の把握および軌道の安全性を目的に，表-5に示す項目について行った．

計器による自動計測結果は，事務所のパソコンにデータが随時(計測頻度：常時1時間ごと)送られ，警戒管理値を超えた場合は，警報ブザーにより直ちに異常を察知できるシステムとした．

浅草線大門駅全長160mにわたり，北行，南行の側壁と中柱の3か所に，ラッチ部30m間には5か所に，10～20m間隔で沈下計，傾斜計を取り付け，自動計測しながら施工した．図-18に計器位置図を示す．

止水および地盤改良の薬液注入に伴い躯体は隆起し，中央導坑掘削時にはほとんど変動はなかったが，躯体を桁で受け替え始めたのに伴い沈下し，仮受け完了まで続き，仮受け完了後は安定していた．

掘削開始に伴い再び隆起に転じたが，掘削の進捗に伴い沈下し始め，一部安定した箇所もあったが，全体としては沈下し，この傾向は，軌道部の本受け完了まで続いた．計測は軌道部本受け工完了まで行ったが，軌道部本受け後，大江戸線と浅草線の連絡施設工事のため，計器類を撤去したのでその後の変動についてはつかめなかった．沈下量計測結果の一例を図-19に示す．

表-5　計測項目

計測項目	測定機器	設置場所	数量	測定頻度	備考
沈下	水盛式沈下計	構内	39	1回/時	自動計測
柱傾斜	固定式傾斜計	構内	12	1回/時	自動計測
中柱補強材応力	表面ひずみ計	構内	40	1回/時	自動計測
軌道レールレベル	レベル	レール		1回/月	
プレロード時躯体変位	変位計	仮受け杭頭部		プレロード導入時	自動計測
仮受け杭変位	変位計	仮受け杭頭部		プレロード導入時	自動計測
	レベル			1回/月	

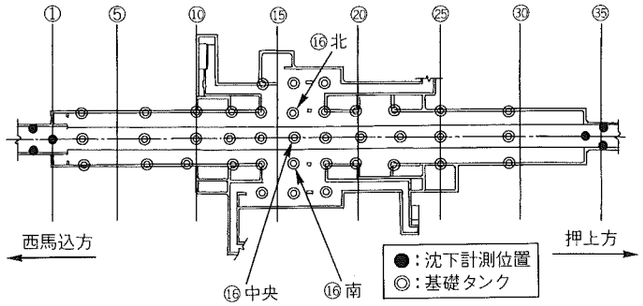


図-18　計器位置図

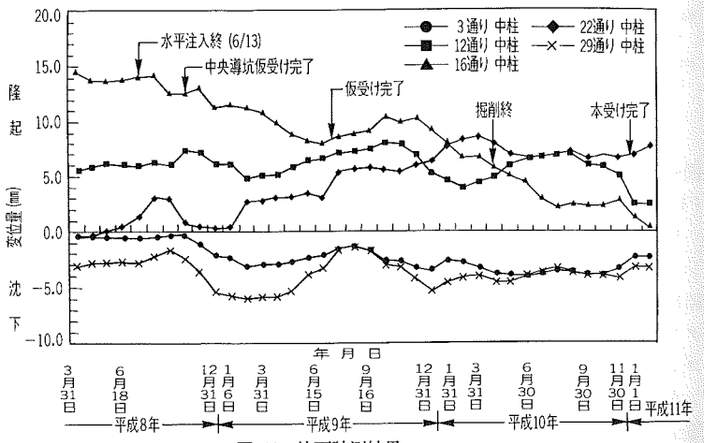


図-19　沈下計測結果

6.　おわりに

浅草線大門駅の受け杭による仮受け工は，形状が複雑で広範囲にわたっていたが，既存構築に大きな影響を及ぼすことなく，本受けを完了した．

また，それに引き続く大規模改良工事の連絡施設工事も無事工程どおりに構築を完了することができ，大江戸線は全線開業した．

仮受け工の計画・実施にあたって指導・協力・援助をいただいた東京都交通局および関係各位に感謝の意を表すとともに，本報告が今後の同種工事の参考となれば幸いである．

施　工

国道下の軟弱地盤中障害物を横坑で撤去

みなとみらい21線　高島シールド

山崎一政*　　舘山洪八**
平田憲光***　　手塚広明****

1.　はじめに

みなとみらい21線は，横浜駅からみなとみらい21地区を通り，元町駅(仮称)に至る延長4.1kmの地下鉄新線である(図-1)．

この地下鉄は，21世紀の新しい都市・みなとみらい21地区への鉄道による円滑な旅客輸送と，横浜の行政・商業の中心地である関内・山下町地区の交通利便性の向上を目的に，平成15年度完成を目指し建設を進めている．事業主体は，第3セクターの横浜高速鉄道(株)，建設主体は，日本鉄道建設公団東京支社である．

この路線には，横浜駅，元町駅のほかに，高島駅，みなとみらい中央駅，北仲駅，県庁前駅の計6駅(駅名は横浜駅を除いていずれも仮称)が配置されている．

開業後は東急東横線と横浜駅で相互直通運転を行い，東京都心(渋谷)から横浜の中心地まで乗り換えなしの約40分で結ばれることや，横浜駅で他社の主要路線と連絡することなどから，利便性の高い路線として期待されている．

この新線建設工事のうち，横浜駅と高島駅間約450mについては，泥水式シールドトンネル(シールド機外径φ10.0m，以下高島シールドTと称す)で結ぶことが計画されている．

本稿では，このシールド工事の前段工事として，国道1号線直下のきわめて軟弱な地盤中に横坑を掘り，障害物撤去を行った一連の特殊工事について報告する．

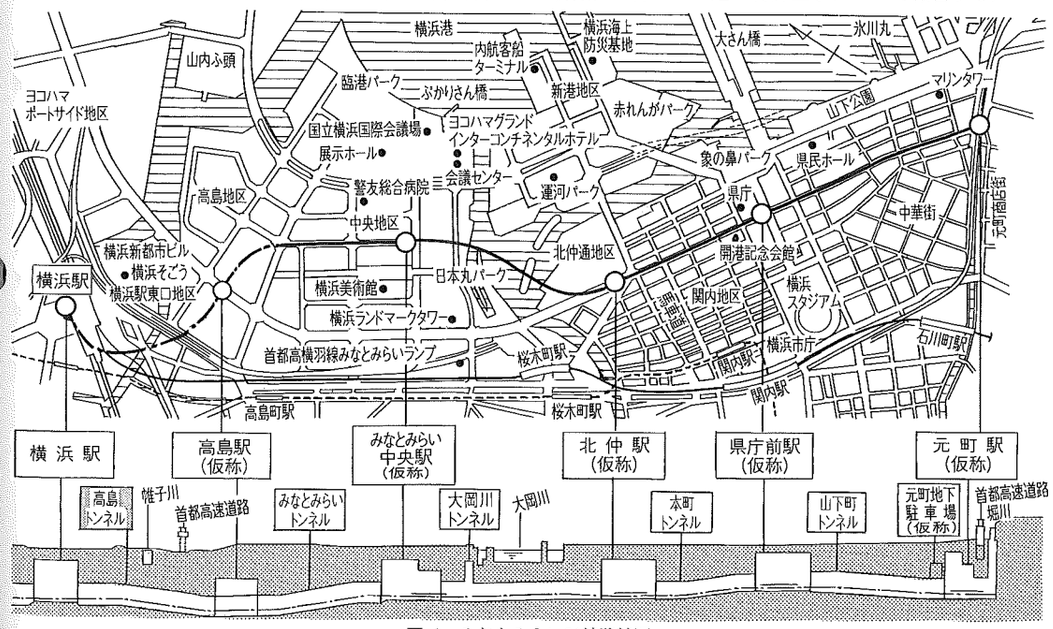


図-1　みなとみらい21線路線図

＊日本鉄道建設公団東京支社工事第一部工事第二課長　　＊＊＊前田建設工業(株)高島シールド作業所主任
＊＊　〃　〃　横浜鉄道建設所担当副所長　　＊＊＊＊　〃　土木本部土木設計部主任

2. 工 事 概 要

2-1 工事目的

高島シールドTは，共同溝および幹線下水道といった重要構造物が埋設された国道1号線下を横断する計画であり，通過箇所には共同溝築造時の土留め鋼矢板および中間杭が残置されている．よって，シールド通過前に，これらの障害物撤去工事と，シールド通過時の地盤変状から共同溝および幹線下水道を防護する門型形状の地盤改良工事を施工する必要があった．

2-2 施工概要

工事箇所は国道1号横浜駅東口近傍部に位置しており，交通量が昼夜を問わず非常に多い箇所であるため，道路占用を伴う路上からの施工は不可能であった．よって，国道脇に立坑を築造し，この立坑を拠点に全作業を路下(地中)で施工した．門型地盤改良工事は，全方位高圧噴射攪拌工法(MJS工法)を採用し，立坑内より水平施工した．支障物撤去工事については，立坑内から横坑(本線＋枝線)を掘り，その坑内にて油圧ジャッキを使用して障害物を引き抜き撤去した(図-2～4)．

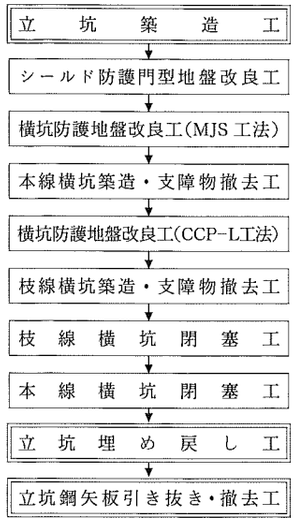


図-4　全体施工フロー

2-3 地質概要

工事箇所付近は，明治時代の後期に工業地帯造成のために埋め立てられた沖積低地である．地層区分は，GL－6m付近までは，砂質土を主体とする埋土層であり，その下部GL－36m付近までは，N値＝2～3程度，qu＝50～150kPaのシルトを主体とするきわめて軟弱な上部沖積粘性土層である．以深の地質は，厚さ3m程度の下部沖積粘性土層，GL－39mより泥岩と細砂の互層からなる基盤層の上総層で形成されている．門型地盤改良工および障害物撤去工は，上述の上部沖積粘性土が対象となる．

3. MJS工法によるシールド防護門型地盤改良工

3-1 工法および施工概要

MJS工法の主な特徴は以下の2点である(図-5)．

① 多孔管を使用した強制排泥回収機構により，大深度・水平・斜め施工が可能である．

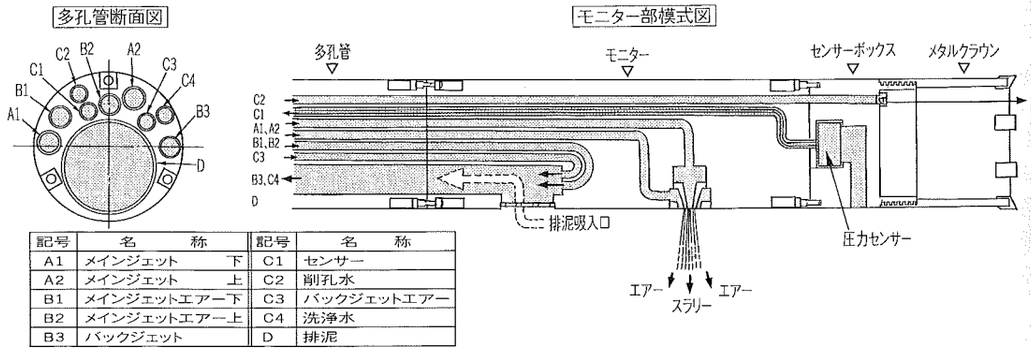
② モニターに装備された圧力センサーにより地盤内圧力管理が可能であり，周辺地盤および近接構造物の変状を抑制できる．

本工事において，立坑からの長尺水平施工が可能なうえ，地盤改良施工中に共同溝や幹線下水道に過大な変状を与えない工法として，MJS工法を採用した．ただし，残置鋼矢板および中間杭をMJS多孔管で直接削孔することは不可能であったため，AH削進工法による先導鋼管削孔(φ216㎜)を併用した(図-6，写真-1,2)．

設計改良径はφ2,400㎜，180°半円(一部120°)であり，改良径確保のために先行水切削を行った(図-7)．

3-2 地内圧管理

造成作業では，地盤内圧力が高すぎると周辺地盤および共同溝など重要構造物の隆起が，逆に地内圧が低すぎると沈下が懸念された．よって，地内圧の管理値設定が



記号	名　称	記号	名　称
A1	メインジェット　下	C1	センサー
A2	メインジェット　上	C2	削孔水
B1	メインジェットエアー下	C3	バックジェットエアー
B2	メインジェットエアー上	C4	洗浄水
B3	バックジェット	D	排泥

図-5　MJS報告概要図

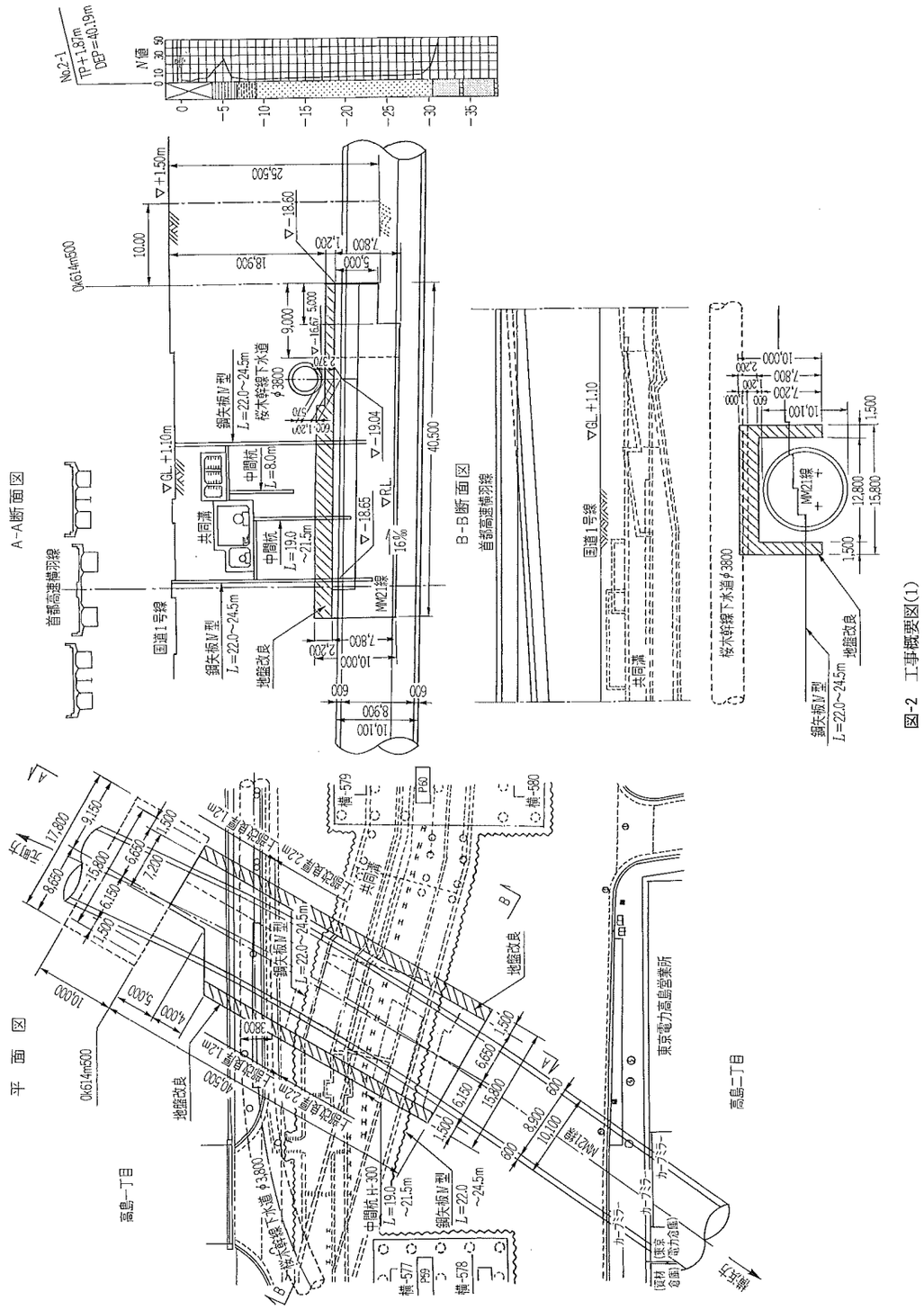


図-2　工事概要図(1)

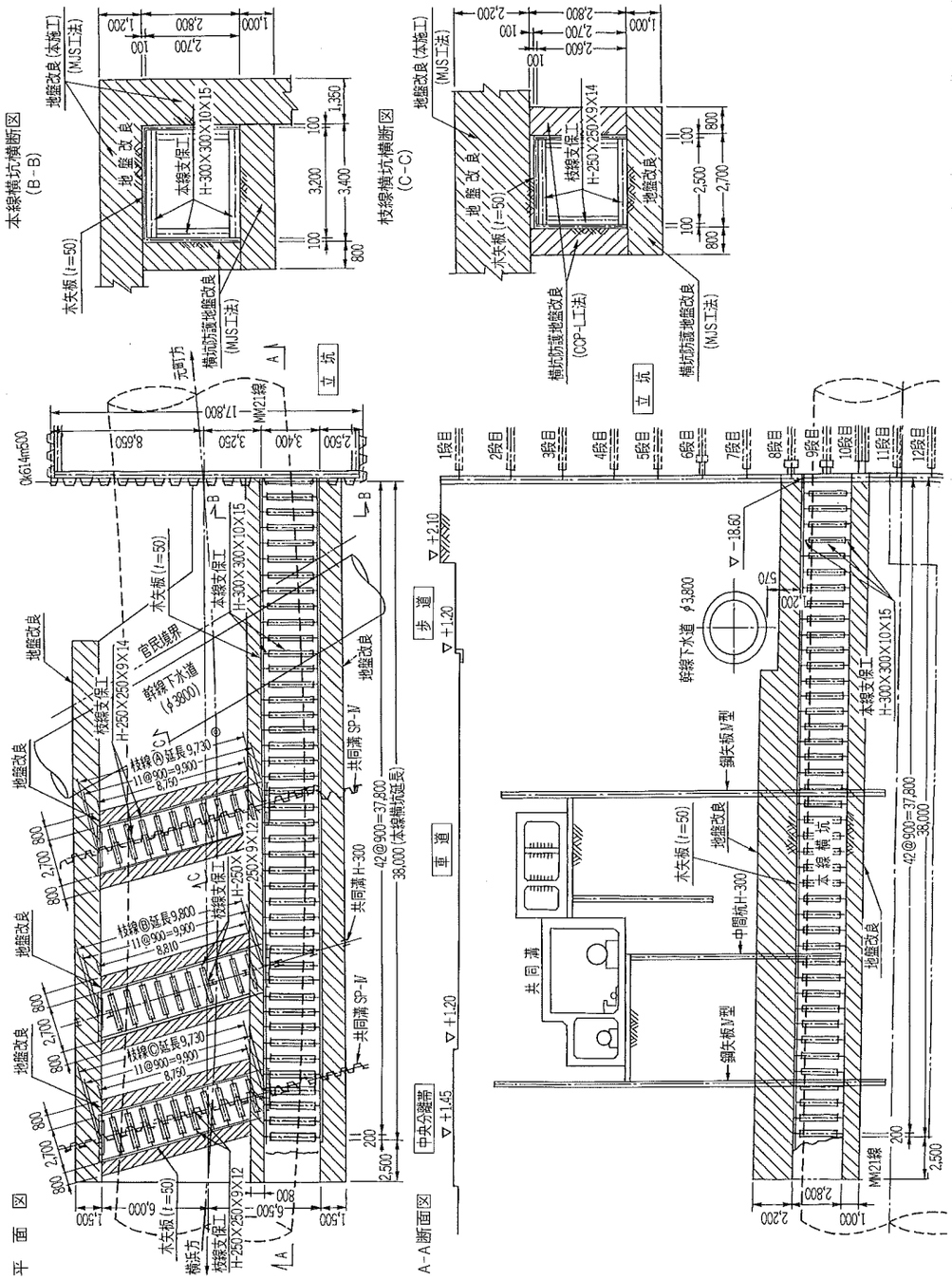


図-3　工事概要図(2)

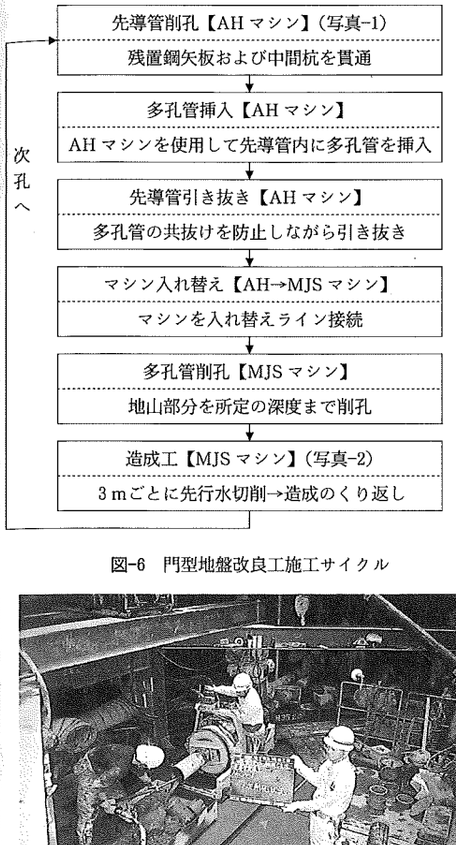


図-6　門型地盤改良工施工サイクル

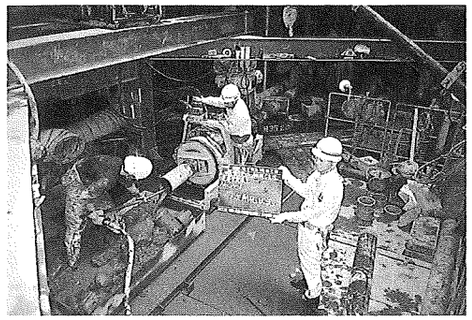


写真-1　先導管削孔状況(AHマシン)

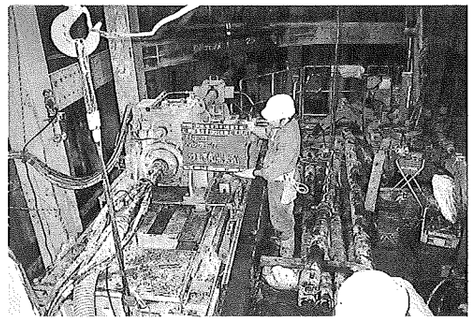


写真-2　造成状況(MJSマシン)

非常に重要であった．一般的にMJS造成中の地内圧力管理値は，

P_{max}＝上載荷重(土かぶり厚×土の湿潤密度)

P_{min}＝間隙水圧

で設定されるため，作業開始当初の管理値は上記範囲の中央値程度とし，さらに造成中の地内圧変動を考慮して250～300kPaと設定した．その結果，重要構造物などの沈下は抑制できたものの，残置鋼矢板を伝達した国道路面へのエアブロー，続いて硬化材のリーク現象が発生した．そこで，管理値を50kPa下方修正して施工したところ，この場合，エアブロー現象は発生しないものの共同溝などに沈下傾向が現れてしまった．管理値設定をさらに見直し試行したが，エアブローおよび構造物沈下現象の両方を防げる管理値は見つからなかった．そのため，当工事では，路面へのエアブロー防止を第一と考え，地内圧管理値を200～250kPaとし，構造物などの沈下対策としては，別途ダブルパッカー工法などによる沈下防止注入を併用することとした．その結果，重要構造物の沈下量が管理限界値を上回ることなく，全造成を完了することができた．

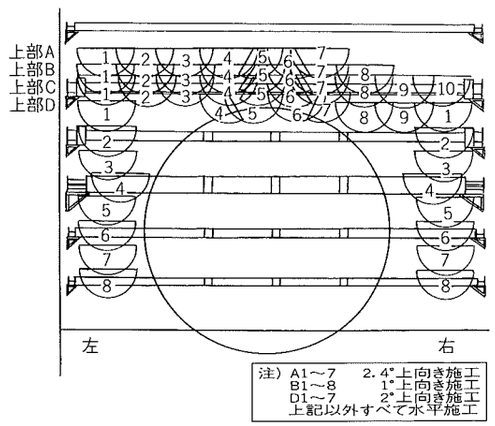


図-7　MJS工(φ2,400)割り付け図

4. 横坑防護地盤改良工

4-1　工法概要

掘削対象地盤がN値＝2～3の軟弱沖積粘性土であるため，掘削にあたっては何らかの補助工法が必要であった．一般的な掘削補助工法としてパイプメッセルなどが考えられたが，それらを用いたとしても未改良では，横坑自体の安定性(切羽の安定，支保工間の地山抜け出し，支保工自体の沈下など)に問題があった．そこで，横坑の周面すべてを矩形に高圧噴射撹拌工法により地盤改良し，掘削地盤の安定を図った(図-3)．上床版についてはシールド防護門型改良体を兼用することとし，下床版および本線側壁については，追加のMJS改良を立坑より水平施工した．ただし，枝線横坑の側壁部は，立坑から造成すると造成長が短く，施工本数が著しく多くて不経済であるため，本線横坑内部から施工可能なCCP-L工法を採用した．

4-2　切羽の安定検討

鏡面の掘削勾配を緩くすれば，切羽の安定上有利となるが，上床版改良体の縦断方向のスパンが大きくなり，改良体の発生応力が大きくなる．よって，その両検討を実施したうえで勾配を決定する必要があった．

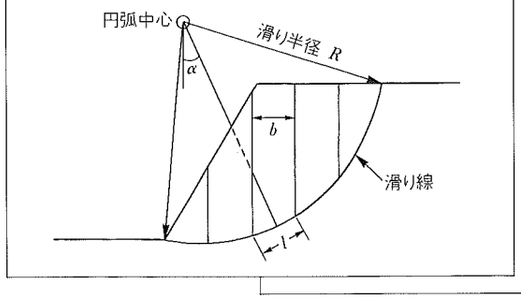
本横坑は，掘削幅が本線3.4m，枝線2.7mと小さく，地盤改良体で拘束された断面である．一般的な2次元の円弧すべり計算では，側面の改良体を考慮できないので，安全率を過小評価してしまう．よって，側面の改良体との摩擦抵抗を考慮した3次元の円筒すべりで計算した(図-8)．検討結果によると，すべりの安全率 $Fs \geqq 1.0$ を満足する安定勾配は1：0.09であった．この場合，上床版の曲げスパンは，1.2mとなり改良体の曲げ引張応力度は許容値以内であったことから，この勾配で掘削を行う方針とした．

【道路土工　法面工・斜面安定工指針より】

■円弧抵抗モーメント　$M1=R\times c\times \ell \times B$(粘性土)(tf・m)

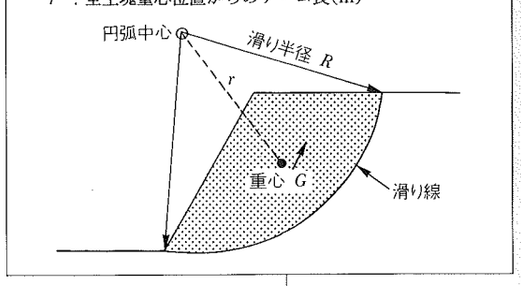
■円弧転倒モーメント　$M3=\Sigma W\times \sin\alpha \times B$ (tf・m)

c ：粘着力(tf/m²)
ℓ ：分割片で区切られた滑り面の弧長(m)
w ：分割片の土塊重量
b ：分割片幅(m)
B ：円弧幅(m)
α ：分割片弧長中点と滑り円中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角(°)



■側面抵抗モーメント　$M2=2\times c\times A\times r$(粘性土)(tf・m)

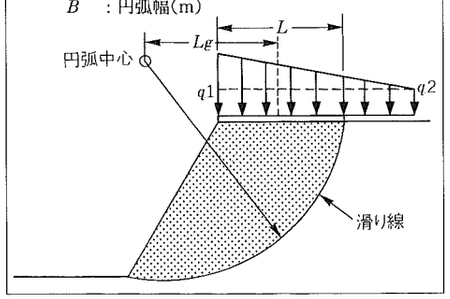
c ：粘着力(tf/m²)
A ：側面滑り面積(m²)
r ：全土塊重心位置からのアーム長(m)



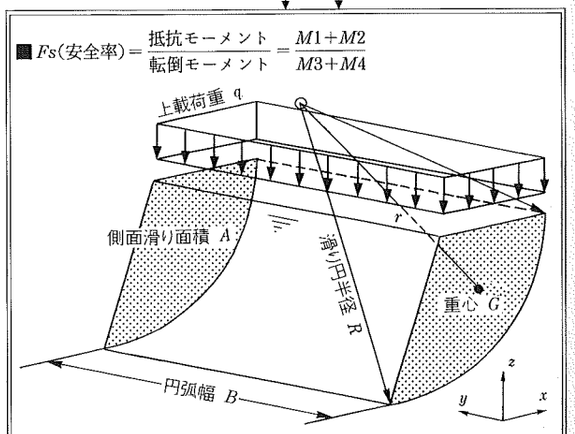
■上載荷重モーメント

$M4=(q1+q2)\times L\times(1/2)\times Lg\times B$(tf・m)

$q1, q2$ ：上載分布荷重(tf/m²)
L ：円弧起動点～法肩までの長さ(m)
LG ：上載分布荷重重心位置～円弧(中心)までの長さ(m)
B ：円弧幅(m)



■ Fs(安全率)$=\dfrac{\text{抵抗モーメント}}{\text{転倒モーメント}}=\dfrac{M1+M2}{M3+M4}$

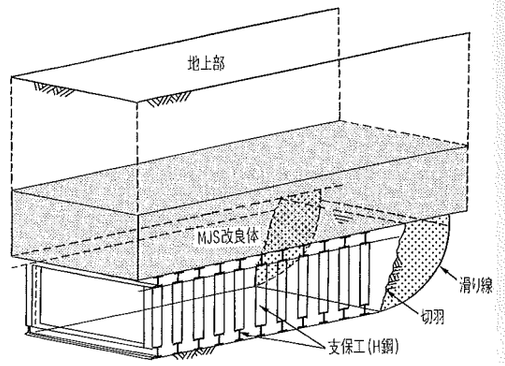


3次元円筒滑りモデル図

図-8　切羽の安定検討概要図

4-3　CCP-L 工法による枝線側壁改良

CCP-L 工法は，特殊小型マシンの使用により，狭隘な本線横坑内での施工が可能であった．ただし，MJS



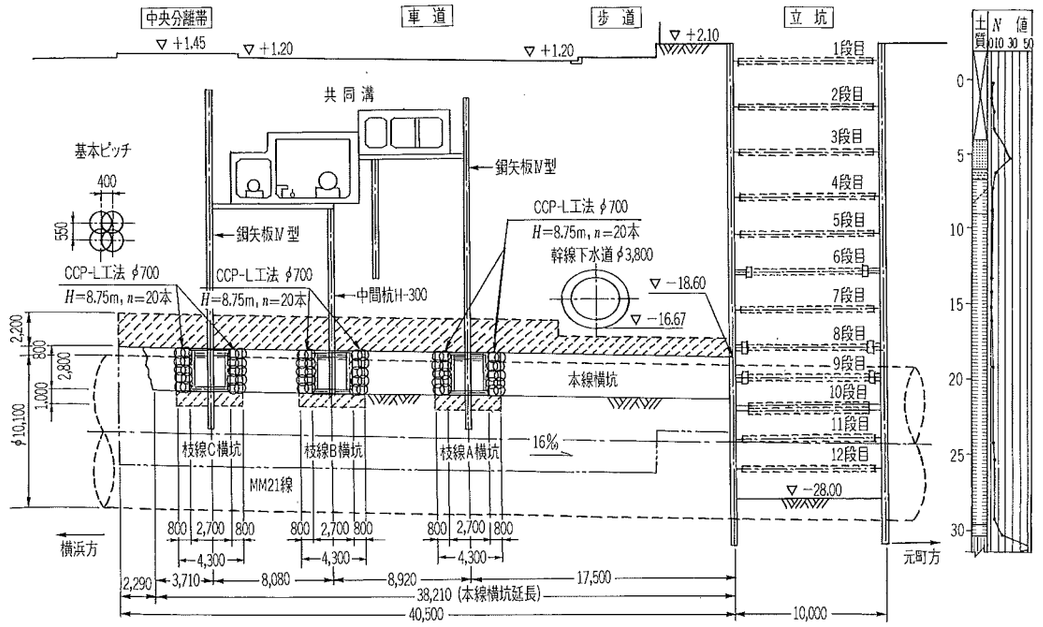


図-9　CCP-L 工割付け図(φ700)

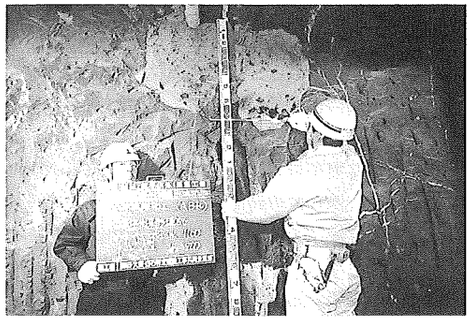


写真-3　CCP-L 試験施工改良径確認

工法と異なり，エアを使用しないので切削能力が小さく，排泥量のコントロールによる地内圧管理は不可能なので，以下の点が懸念された．

① 設計改良径(φ700)の確保が困難(図-9)．
② 造成済みの門型改良体および共同溝，幹線下水道の隆起．
③ 本線横坑内への排泥のリーク，噴発．

上記の問題点を解決するために主に次の手段を用いた．

① 特殊流動化材を添加した低粘性の硬化材(JG－5号)を使用．
② 造成に先行して全長水切削を行い排泥路を確保．
③ 削孔口近傍を鉄板養生，背面に薬液を充填して排泥の逸走を防止．口元には仕切りゲートを装備したプリベンダーを設置．

さらに，鏡切り前に立坑より本線横坑断面内に試験造成を実施し，施工中の地盤変位測定と改良径および改良強度の確認などを行った(写真-3)．その結果，問題がないことを確認して本施工を行い，周辺地盤などへの影響もほとんどなく造成を完了できた．

5.　横坑築造・障害物撤去工

5-1　掘削方法

事前に防護地盤改良を施工したことからとくに補助工法は用いず，素掘り・鋼製支保工建て込み(H鋼)・掛矢板(木製)の作業サイクルを1スパン(支保工1基)ごとに行った．掘削土はベルコンにて立坑内の土砂ピットに集積し適宜搬出した．

5-2　障害物撤去工

残置鋼矢板(SP-Ⅳ)および中間杭(H-300)は，枝線横坑掘削時(一部は本線掘削時)にシールドに支障する横坑以深の部分を引き抜き撤去した．基本的な手順を以下に記す(図-10)．

① 横坑頂部と底版から1m程度上部2か所で障害物を水平切断，撤去．
② 下方に残した部分を切り欠き，桁材を通す．
③ 両サイドに油圧ジャッキ(押しジャッキ0.5～1.0 MN×2台)をセット．
④ ジャッキにて桁材を押し上げ1ストローク分引き抜く．

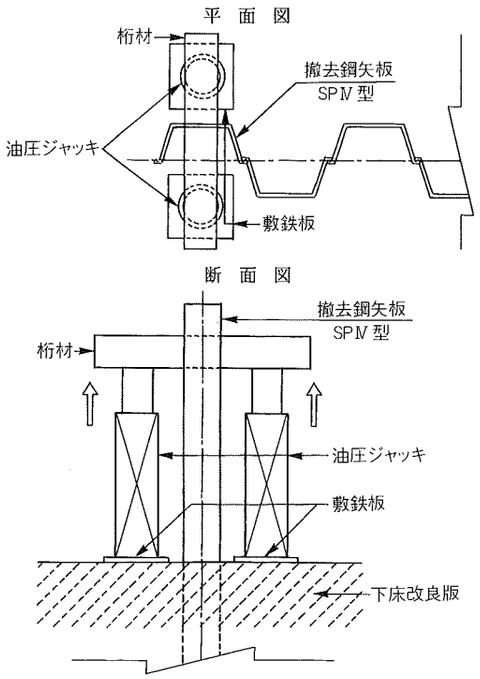


図-10　残置鋼矢板引き抜き状況図

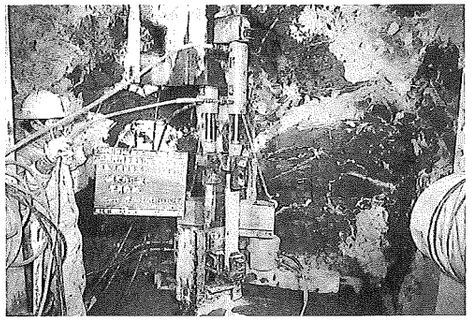


写真-4　残置鋼矢板引き抜き状況

⑤　ジャッキを戻し，コマ材をセットして再度引き抜く．

⑥　3～4回程度反復し，抜き出た支障物を水平切断し撤去する．

⑦　以上②～⑥の作業をくり返す．

押しジャッキを設置する下床改良体の一部には，MJS造成の際に，鋼矢板の凹凸が支障し改良が不完全な箇所があった．よって，ジャッキ反力による地耐力不足が懸念されたため，横坑より上部の残置鋼矢板を反力にして引きジャッキ(0.3MN×2台)を併用した．

計画では，残置鋼矢板の引き抜き長は最大で3m，引き抜き荷重は最大1.0MN程度と想定していたが，中には8m程度のものもあり，曲がりがひどくセクション抵抗も大きかったので，引き抜き荷重の最大値は約2.4MNにも達した．そのため，鋼矢板の切り欠き部分には破断防止補強が必要となり，地耐力面でもほぼ限界の施工であった(写真-4)．

なお，地盤および重要構造物の沈下を防止するため，支障物を引き抜いた後の空隙には，速やかに薬液を充填した．

6. 横坑閉塞工

6-1　工法概要

本横坑は，支障物を撤去するための仮設坑であるので，シールド通過前に全線閉塞(支保工撤去・埋め戻し)した．工法選定にあたっては，国道および共同溝などの安全管理上，速やかに確実な閉塞を行う必要があったことから，以下の検討を行った．

①　1回の打設高さ2.8mが可能な充填材であること

通常のエアモルタルの場合，打設高さは1m程度が限界であり，当工事では3分割施工になってしまう．

②　7時間後強度が0.3MPa以上，最終強度が1.5MPa以下の充填材であること

工期短縮のため，打設翌朝には次スパンの支保工撤去を行う必要があり，その時点で上載荷重程度の強度発現があること．また，最終強度はシールド機による掘削の作業性を考慮する必要がある．

③　妻型枠設置・撤去作業の省力化

一般的な妻型枠＋支保工では，作業箇所が狭隘であるため，かなりの時間を要してしまう．

④　将来的な沈下発生防止のため，空隙のない確実な充填方法とすること

そこで，以下の対策を実施した．

(1)　エアパック工法の採用(①,②対策)

エアパック工法とは，通常のエアモルタルと異なり，特殊な気泡剤を用いたエアモルタルに可塑剤を加え，エアモルタルを瞬時に固結させてエアをグラウト内に封じ込めることにより，体積収縮が小さい，水に強いなどの特徴を持つ工法である(図-11)．

当工事での採用にあたっては，試験施工を実施し，3.0m1回打設での体積収縮率，所定時間経過後の強度確認を行い，すべての条件を満足することを確認した．

(2)　モルタルバックの使用(③,④対策)

モルタルバックを用いることで妻型枠を簡易化するとともに，妻部からの漏れを気にせず所定の圧力で充填できるようにした(図-12,13)．バックの材質は，シールド機で切削可能であり，かつ充填圧力に耐えられることが要求されたため，洗掘・吸出防止材などとして使用されているテトロン＋ナイロン繊維を縫製して製作した．

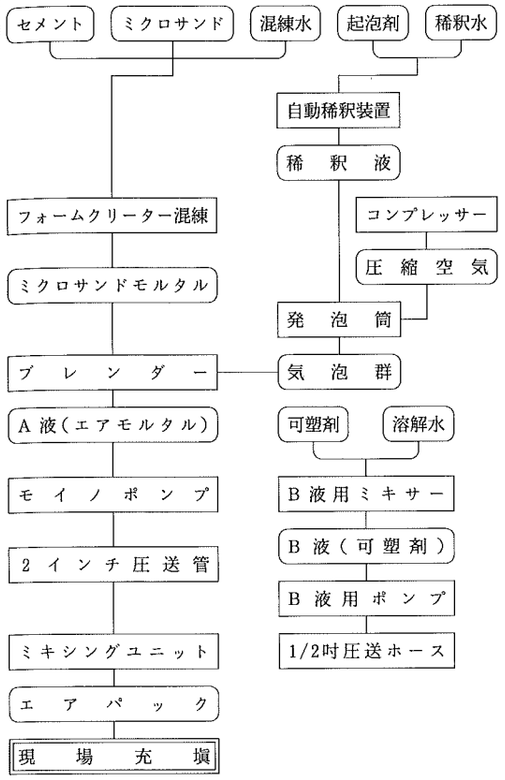


図-11　エアパック工法製造工程

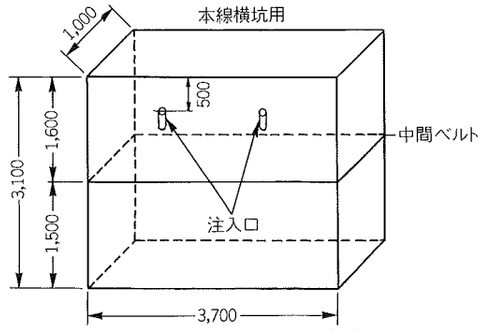


図-12　モルタルバック略図

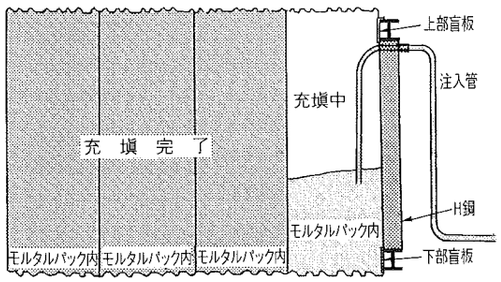


図-13　エアパックモルタル充填状況図

6-2　充填確認

閉塞後の地盤沈下を防止するためには，モルタルバックが周辺地盤に密着するまで充填されることが重要となる．そのため，バックの大きさは十分に余裕をもたせたものとし，簡易電極を横坑頂版部に設置して，バックが頂版の地山に密着したかどうかを確認できるようにした．

7. 計測管理

7-1　計測項目

本工事中は，施工による共同溝などの重要構造物および国道路面への影響発生の未然防止，対策案検討の参考とするため，各種の計測管理を行った(表-1)．

7-2　幹線下水道管理値の設定

MJS施工時における沈下棒および幹線下水道直上部の歩道(≒幹線下水道の沈下量と考えた)の沈下曲線を三角関数による級数(フーリエ級数)[1]で評価し，この沈下曲線から幹線下水道の曲げモーメントを算定した(図-14)．MJS以降の施工でも，沈下曲線は相似形で変化すると考え，幹線下水道が許容曲げモーメントとなる沈下量を算定した．計算結果は35㎜となったが，安全側に1次管理値20㎜，2次管理値30㎜と設定した．

7-3　地盤改良時の計測管理

MJSおよびCCP-L工法による地盤改良時には，重要構造物などの急激な変状を招く恐れがあるので，とくに注意が必要であった．計画段階では，共同溝に取り付けた自動計測器でその前兆を捕捉できるものと考えていた．ところが，MJS施工の際に，残置鋼矢板を伝って局部的に国道路面へのエア漏れや硬化材がリークする現象が

表-1　計測管理項目

計測対象	計測機器	計測期間	備考
幹線下水道	沈下棒レベル測定	全工期	
共同溝	水盛式沈下計，傾斜計，継目計	全工期	自動計測
首都高速橋脚	傾斜計	全工期	自動計測
国道路面	レベル測定	全工期	
	レーザー変位計	地盤改良施工時	自動計測
周辺地盤	層別地中変位計	全工期	自動計測
	間隙水圧計	地盤改良施工時	自動計測
本線横坑上床版改良体	水平挿入式傾斜計	横坑施工時	
本線横坑側壁改良体	パイプひずみ計		
横坑支保工	ひずみゲージ		

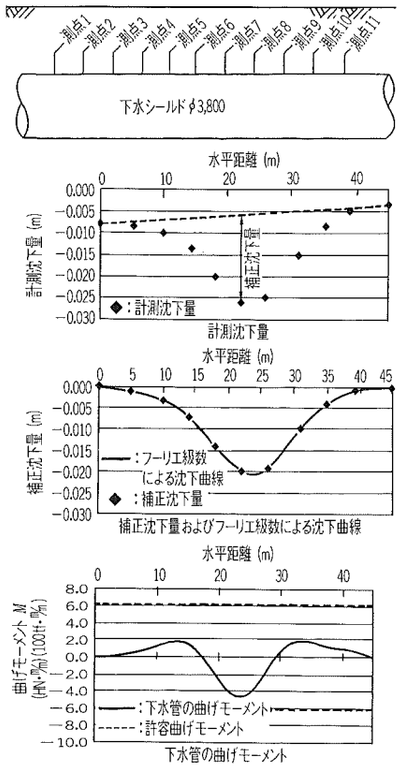


図-14　幹線下水道の沈下管理

現れたため，残置鋼矢板近傍に以下の計器を設置した．

①　微少な路面変位を常時監視できるレーザー変位計

②　エアブローに伴う水圧の上昇を捉える間隙水圧計

そして，これらの計測値をMJS制御システムに取り込むことにより，異常値が現れた場合はメインジェットが自動的に緊急停止されるシステムとし，造成時の安全性を高めた．

7-4　計測結果

幹線下水道については，一時的に1次管理値(20㎜)を上回ったが，対策工の実施により2次管理値(30㎜)を超えることはなかった．共同溝については全工程1次管理値(5㎜)以内であった．

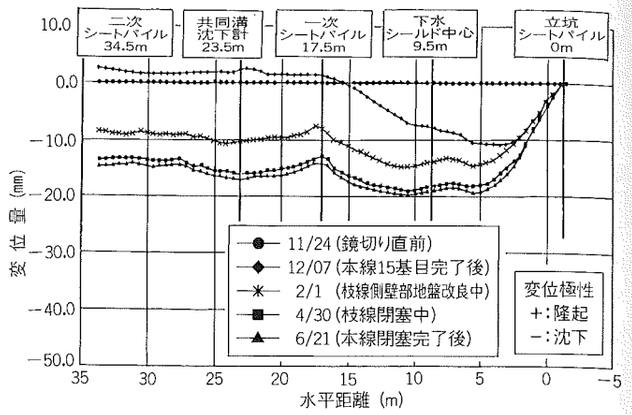


図-15　本線横坑上床版変状測定結果

横坑自体の沈下に関しては，本線横坑上床版内に設置した挿入式傾斜計のデータによると，鏡切り～閉塞完了までの約7か月間の沈下量は，もっとも大きいところでも20㎜程度であった(図-15)．支保工応力度は7基設置したうちで最大のもので200N/㎜²程度であり，許容応力度(210N/㎜²)以内であった．

8.　おわりに

現在，横坑閉塞完了後の立坑埋め戻しおよび立坑鋼矢板の撤去などの作業を終え，全工事を無事完了した．今回報告したような，悪条件下での大規模長尺水平地盤改良工や地中障害物撤去工の施工は当工事が初めてであり，MM21線全体でも最難関と思われた工事であった．

後日，機会があれば，影響遮断壁を構築するなどの特殊な補助工法を実施した横坑閉塞工以降の施工方法と，高島シールドTの国道通過時の状況を報告したいと考えている．末筆ながら，当工事の設計・施工に際し多大なご指導とご支援を頂いた関係各位に厚くお礼申し上げる次第である．

参考文献

1)　地盤工学会：地盤工学・実務シリーズ8，山留めの挙動予測と実際，pp.223-226，1999.

〔土木工学社図書案内〕

岩盤の計測と解析　　工博　鈴木　光著

A5判　箱入　260ページ　本体4,200円　(〒380円)

最近では，有限要素法を利用し，地盤や構築物の変形や応力分布に関する予想解析が行われるようになりつつある．そのために入力などに信頼度の高い各種計測値が要求されるようになってきた．

このような理由から，建設工事では，従来にも増して計測や解析が重要となりつつある．

本書は，応用範囲も広く重要と思われる岩盤の計測と解析法の紹介と解説を試みた実務書である．

研　究

開削工事における路上掘削幅縮小技術の開発

山崎　剛*　　井口昌之**
馬場康史***　　日下部治****

1.　はじめに

建設産業が環境負荷に与える影響には，施工時に発生する建設副産物(建設発生土・建設廃棄物)，使用する建設材料および騒音・振動などが代表的なものとして挙げられる．中でも建設副産物の処分は，最終処分場の逼迫(ひっぱく)から首都圏においては緊急の課題となっている．したがって，建設産業が，自然環境および社会環境との共生を目指すためには，施工法やリサイクルなどを創意工夫して，環境負荷に影響を与える項目を最小化にすることがきわめて重要である．現在，独立行政法人土木研究所((旧)国土交通省土木研究所)を中心に「外部コストを取り入れた建設事業コストの低減技術の開発」[1]が重点研究プロジェクトとして取り組まれているが，その一つのテーマとして環境負荷低減技術の開発についても推進されている．

現状の開削ボックスカルバート工事では，掘削幅≒構造物幅を環境にとって望ましい姿と考えた場合，ほとんどの場合掘削幅が構造物の幅よりも大きく，作業範囲が広くなっている．このため必要以上に環境に与える負荷として，建設副産物については掘削発生土，建設材料については支保工，埋め戻し土，底盤改良などが増大することが挙げられる(図-1(a))．加えて，道路上での工事となる場合，多くは埋設物が輻輳したり，制約された作業時間帯での夜間工事となるため，工事も複雑化し工事期間も長期化することから，近接する住居に対する騒音・振動の長期化，作業帯による交通渋滞および渋滞時に発生する二酸化炭素(CO_2)，窒素酸化物(NO_x)などの排出量の増加が否めない状況にある．とくに国土交通省で示されている「新道路整備5か年計画」[2]のうち，平成13年度道路政策のポイントにおいても路上工事の影響を最小化することが重要視されている．

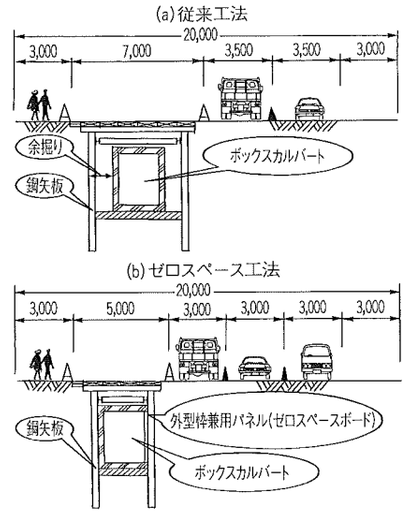


図-1　工法概念

これらの問題を少しでも抑制させるため，土留め壁の引き抜きを伴う鋼矢板土留め工法を対象として，現場打ちボックスカルバートの構築に必要な掘削幅を最小化する施工方法(以下，ゼロスペース工法と呼ぶ)を開発し実用化した(図-1(b))．

本稿では，実用化に至る各種試験の概要および設計・施工上の留意点について報告する．

2.　ゼロスペース工法

2-1　工法の特徴

現場打ちによる開削ボックスカルバートの施工方法は，現状では，土留め壁内側の土を掘削した後，躯体コンクリートを打設するための外型枠を設置し，打設後撤去する作業スペース(以下，余掘りとする)として80～95cm取って施工を行っている．その場合，構築する構造物に沿って両側に余掘りを設けるため，掘削幅は，構造物の

*東京電力(株)工務部地中送電グループ管路建設技術担当課長
**(株)関電工技術開発研究部主任
***　〃　地中線土木部土木技術チーム課長
****東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻教授

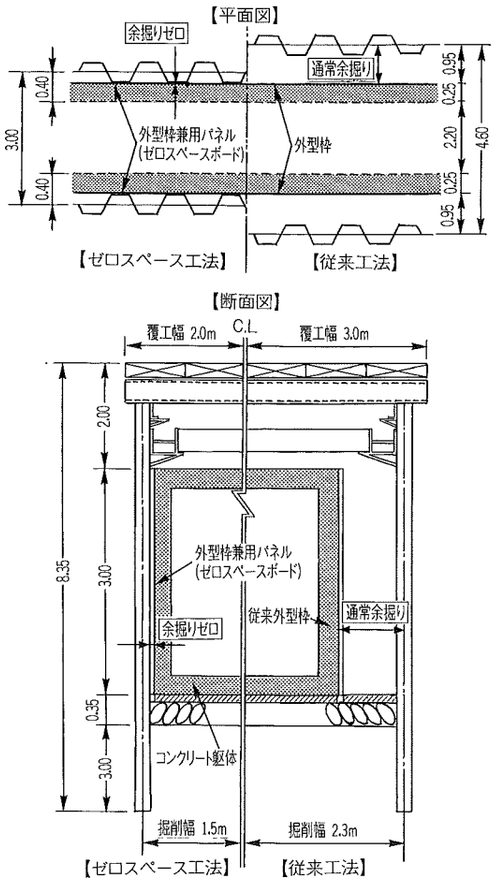


図-2 工法概要比較

幅より160～190cm大きく開削する必要があった.

ゼロスペース工法は，土留め壁内側の土を掘削した後，外型枠機能も有する水密性かつ非腐食性パネルを土留め壁に近接して建て込む．引き続き内側に内型枠を設けてコンクリートを打設し，コンクリートと外型枠兼用パネルとを地中に一体化させておき，埋め戻し後，土留め壁を引き抜く工法であり，余掘りをゼロに近くし，土留めなどの仮設材料を地中に残さず，開削幅，更には作業帯範囲を縮小して施工を行えるものである(図-2).

この外型枠兼用パネルは，コンクリートと一体化することで側壁部のひび割れ発生強度および水密性を向上させる機能を有するとともに，非腐食性であり，土留め壁とパネルの摩擦抵抗が少なく，土留め壁引き抜きによるボックスカルバート本体への悪影響を低減できる．また，コンクリート打設時に変形しない型枠として必要な強度も有することを特徴としている.

2-2 適用条件

ゼロスペース工法は，掘削幅が推進施工用設備設置ス

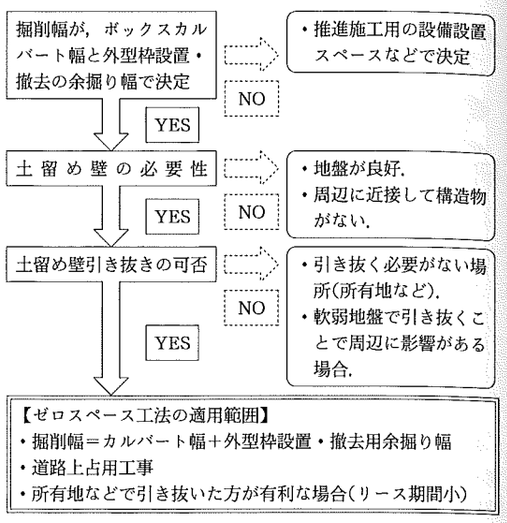


図-3 適用条件

ペースなどで決まる場合を除いた，ボックスカルバート幅と外型枠設置・撤去のための作業用スペースとなる余掘り幅で決定される工事で，かつ図-3のフローに示す土留め設計の考え方に合致した工事においての適用が効果的となる.

3. ゼロスペースボードの開発

余掘りを縮小する手段としては，鋼矢板を引き抜かずに残置する方法もあるが，「建設工事公衆災害防止対策要綱」[3]によれば，土留め杭として用いられる鋼矢板については撤去することが原則であり，加えて行政指導として木材などの腐食物についても撤去が基本となっているため，道路上占用工事の適正な工法として認知されがたい状況であると考えた.

そこで，鋼矢板および木材などの補助材をすべて撤去する条件で余掘りをなくす工法開発に取り組むこととした．もっとも着目したものは，ボックスカルバート本体の一部を構成する外型枠兼用パネルに求める性能の再評価ならびに要求性能を満たす材料の開発であった.

3-1 外型枠兼用パネルに求められる性能

外型枠兼用パネルに対する要求性能を以下に示す.

① 道路占用物件として構造物と一体化して地中に残すため，道路管理上問題とならない非腐食材料であること.

② コンクリート打設時にまだ固まらないコンクリートの打ち込み圧力に耐えられる材料であること.

③ コンクリート硬化後，構造物と一体となり，ひび割れ抑制効果，防水機能を向上させること.

④ 鋼矢板引き抜きにおいて，引き抜き力が従来と同

程度であるとともに，引き抜き力がボックスカルバートに悪影響を与えないように，鋼矢板との摩擦を確実に低減できる材料であること.

⑤ 施工速度向上を意図した型枠設置時の加工・施工性が容易であること.

3-2 ゼロスペースボード

要求性能にもとづき，①の要求性能については，現状，既に道路構造の一部として使用されている材料に関して調査を行った．まず，軽量盛土工事で使用実績を持つ「発泡ポリスチレンボード」に着目した．しかしながら，現状のままでは②のコンクリートの打ち込み圧力に耐えうる強度が得られないため，次に「発泡ポリスチレンボード」の両面に，道路の舗装オーバーレイ補修で使用実績を持つ「ガラス繊維シート」を貼り付けたラミネート構造にすることとした．この材料を用いて，万能試験機による4点曲げ試験を行い，耐荷性能を検証し②の要求性能を満たす材料強度であることを確認するとともに，③の要求性能であるコンクリートとの付着性，ひび割れ抑制効果，防水機能についても，曲げおよび透水試験により確認した.

この外型枠兼用パネル(以下，ゼロスペースボードと呼ぶ)は，形状寸法をB 1,820×L 910×t 10㎜とした．次に，工法を成立させるために重要ポイントとなった④，⑤の要求性能に関する検討を以下に示す.

4．ゼロスペース工法で実証した検討内容

4-1 課 題

鋼矢板を撤去する条件で余掘りをなくす工法開発における課題は，鋼矢板引き抜き力を把握することと，引き抜き時のボックスカルバートの健全性を評価することであった(図-4)．具体的には，ゼロスペースボードの効果により，従来工法の引き抜き力以下となること，かつボックスカルバートに悪影響を与えないための条件として，鋼矢板引き抜き時においても躯体が安定していること，躯体の部材にひび割れが発生しないことを評価することであった.

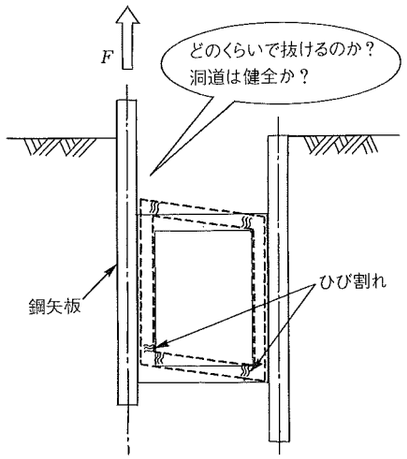


図-4 鋼矢板引き抜きのときの課題

4-2 検討方針

上記課題を克服するための目標を設定するために，事前に3次元FEM解析を行った．その結果，工法開発の目標として，鋼矢板とゼロスペースボード間のせん断強度に着目するとともに，目標値としてτ＝0.05N/㎟(0.5 kgf/cm²)以下を設定した．検討手順は，一面せん断試験による目標せん断強度に対する評価，遠心模型実験による従来工法とゼロスペース工法の比較および実規模実験による施工性の確認を段階的に行った.

4-3 目標せん断強度に対する評価

実現場では，鋼矢板とゼロスペースボード間に土圧またはコンクリート打設圧による水平方向応力が作用した状態での鋼矢板引き抜きとなる．そのため，水平方向応力と土留め壁引き抜き時に発生するせん断応力の関係を把握する必要がある．そこで，一面せん断試験を実施した．試験に用いた垂直応力は，現場で作用する水平方向応力に対応するようにσ_H=0.065，0.1，0.2N/㎟とした.

その結果，ゼロスペース工法の適用深度と考える床付けGL－15m程度までは，目標せん断強度τ＝0.05N/㎟を下回っていることが確認できた．一面せん断試験結果を図-5に示す.

4-4 遠心模型実験

実験に用いる模型は，後に行う実規模実験の従来工法とゼロスペース工法の施工を模擬して，実物寸法はB2,700×H3,000×L6,000㎜とした.

境界条件としては，遠心載荷により地盤の圧縮圧密が想定されるために，ボックスカルバート模型は一方の端部では鉛直方向のみにスライドし，鉛直変位を許し，他

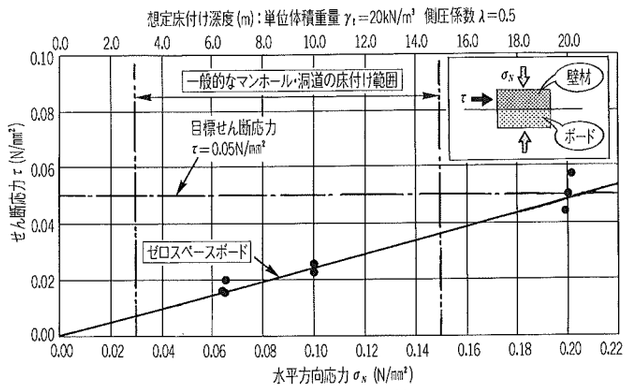


図-5 一面せん断試験結果

の変位，回転は許さない条件とした．また，もう一方の土留め壁が接触する端部ではフリーの条件とした．

土留め壁は，ゼロスペース工法による施工が実施され，土留め壁の引き抜きが行われた最後の土留め壁を引き抜く条件を想定した．

実験では引き抜き変位～荷重関係を詳しくみるため，ひずみ速度一定の方式で引き抜きを実施した．

（1）　遠心載荷装置

遠心載荷装置は，プラットフォームまでの回転半径がR＝2.6mで，最大250Gまで載荷可能な装置である．遠心容量は約100G•tonである．計測は30chで実施し，実験中はプラットフォームに搭載されたマイクロCCDカメラにより観察した．地盤およびボックスカルバートの変形挙動は重力場に設置された静止カメラにより追跡した．

（2）　計測項目

模型縮尺は1/30で30Gの遠心加速度を載荷した．模型はボックスカルバートおよび土留め壁模型，周囲の模型地盤，土留め壁引き抜き装置，各種センサーから構成される．土留め壁，ボックスカルバートおよび地盤の変形の様子はガラス面を通して観測される．土留め壁の引き抜き力はACモーター，スクリュージャッキからなる引き抜き装置に吊り下げられた引張りロードセルにより計測した．

（3）　模型条件

ボックスカルバート模型はアルミ製で，部材軸方向の曲げ剛性EIを実物相当となるように調節した．また，土留め壁引き抜き時のボックスカルバートの安定性評価に際し自重の影響が顕著であるため，重量についても実物相当となるように調節した．

土留め壁は鋼製で，土留め壁の幅が施工で実施される土留め壁1枚あたりの接触幅相当となるように，土留め壁の幅を設定した．基準となる土留め壁の幅は模型では13.3㎜である．また，土留め壁の厚さは軸方向の曲げ剛性EIが等しくなるように調節して設定した．

地盤材料は，現場より採取されたローム地盤とし，不攪乱の状態で採取することが困難であったため，攪乱状態で採取し，不攪乱状態での一軸圧縮強度に近い結果を与える締め固め実験に使用した．実験模型全景を写真-1に示す．

（4）　遠心模型実験での検証結果

遠心模型実験での従来工法とゼロスペース工法の鋼矢板引き抜き力を表-1に示す．

ゼロスペース工法における土留め壁の引き抜き抵抗は，従来工法と比較して1割程度低減している．これは，開発したゼロスペースボードと鋼矢板のせん断強度が，埋め戻し土と鋼矢板のせん断強度より小さいためであると

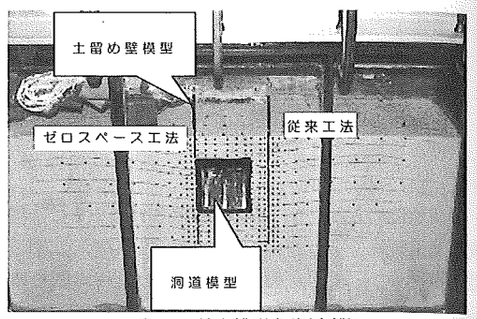


写真-1　遠心模型実験(土槽)

表-1　遠心模型実験土留め壁引き抜き結果

	従来工法（余掘りあり）	ゼロスペース工法（余掘りなし）
平均引き抜き力（kN）（荷重比率）	147（1.08≒1.1）	136（1.0）

想定できる．したがって，ゼロスペース工法における土留め壁引き抜きが従来の引き抜き機械でも十分施工可能と予測された．

4-5　実規模実験

実規模実験では，図-2に示した断面で，延長35mのボックスカルバートを構築した(写真-2)．

（1）　実験概要

土留め壁引き抜き力がボックスカルバートの安定性に与える影響が大きいと考えられるものが，最小長さ6mの電力用マンホールであることから，従来工法とゼロスペース工法ともに長さ6mごとに止水板を設けることで縁切りし，長さ6m相当のマンホールに模擬した実験を行った．また，埋め戻し後の鋼矢板引き抜き力については，ロードセルを使用し計測した(写真-3)．さらに，ボックスカルバートの健全性照査のためにボックスカルバート内空変位およびスラブ，側壁，底盤に発生するひずみについても併せて計測を行った(写真-4)．

（2）　実規模実験での検証結果

実規模実験での従来工法とゼロスペース工法の鋼矢板



写真-2　実規模実験(掘削幅比較)

引き抜き力およびせん断強度，鋼矢板引き抜きによって発生したボックスカルバート内部における変位とひずみを表-2に示す．実験結果から，ゼロスペース工法は従来工法と同様な引き抜き力で，鋼矢板が引き抜き可能であることが判明した．さらに，型枠部におけるせん断強度も0.024N/㎟と目標値0.05N/㎟を下回っているとともに，鋼矢板引き抜きによって構造物に作用する最大引張ひずみは，コンクリートのひび割れ発生ひずみ150μに対し，20μときわめて小さく，ボックスカルバートに影響を与えないことが判明した．

また，3-1⑤に示したゼロスペース工法の型枠作業効率については，ゼロスペースボードが従来の型枠材と比較して軽量であり加工も容易なことから施工性の向上が図れた．さらに掘削土量，残土処理量および埋め戻し土量が大幅に減ることから，作業工程を短縮させることも可能であった．

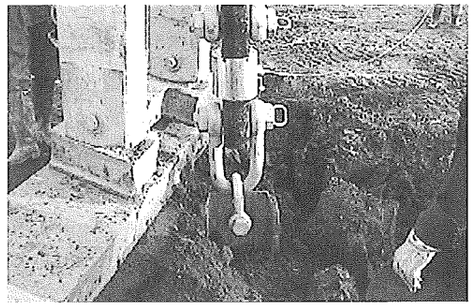


写真-3　土留め壁引き抜き力計測

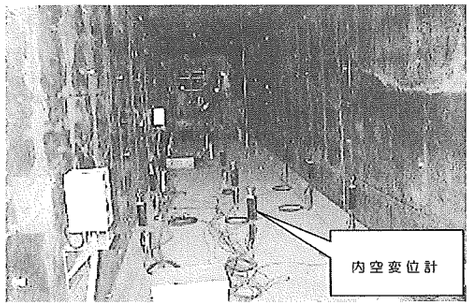


写真-4　ボックスカルバート内部計測

表-2　実規模実験計測結果

	従来工法（余掘りあり15データ）	ゼロスペース工法（余掘りなし17データ）
平均引き抜き力（kN）（荷重比率）	261（1.12≒1.1）	233（1.0）
平均せん断応力（N/㎟）	0.043	0.024
最大内空変位（㎜）	0.08（伸）	0.09（伸）
最大ひずみ（μ）	10（引張）	20（引張）

5.　実現場での実証

以上の検討結果を踏まえ，神奈川県厚木市内の管路工事において，実現場に始めて適用した．ゼロスペース工法は，一般的な従来工法のボックスカルバートとおおむね同様な施工手順となるが，ここでは，施工上とくに留意すべき工種について，同現場での施工を例に示す．

5-1　工事概要

本工事は，変電所の更新に伴い管路を建設するものである．地質は，上位よりGL－2mまでが埋土，GL－4.2mまでが腐食土，GL－5.9mまでがシルト，それ以深は砂混じりシルトとなっている．地下水位はGL－0.9mである．

ここに，土かぶり0.8～2.2m，幅1.8～3.8m，高さ2.5m，延長28.5mのボックスカルバートを構築するものである．図-6に開削ボックスカルバートの平面図を，図-7に施工フローを示す．

5-2　施工上の留意点

5-2-1　土留め壁の打設

土留め壁の打設は，圧入方式で行った．ゼロスペース

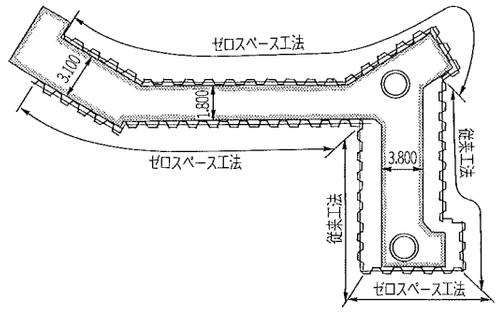


図-6　土留め壁施工平面

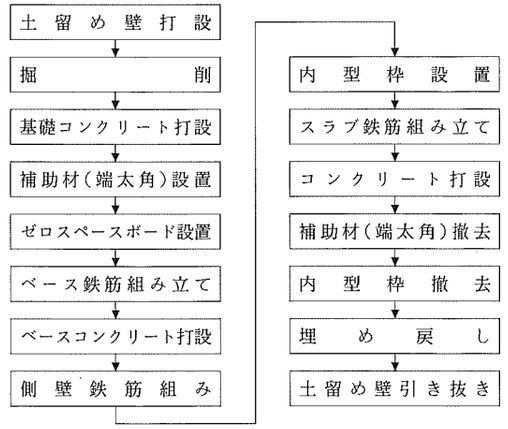


図-7　施工フロー

工法では，土留め壁の打設精度がきわめて重要な管理項目となる．そのため，事前に実現場での土留め壁の打設精度の調査を行っているが，その結果，全体(n＝1,090枚)の90％の鋼矢板が設計打設線に対し，床付け部で±50㎜以内の精度で打設されていることが判明した．そこで，設計上は打設誤差として＋50㎜を考慮している．施工については，定規・水糸・トランシット・マグネット式水平器を用いて，土留め壁の鉛直性に留意しながら施工した．

5-2-2　ゼロスペースボード設置

ゼロスペースボードの設置に先立ち，ボードの鉛直性を保持するために補助材(端太角)を設置する．この補助材は，型枠材にコンクリート打設圧が作用しても変形しない間隔とし，中心間距離30cm 以内とする．また，補助材は，埋め戻し前に撤去できるように，設置方法を工夫した．ボードは，カッターナイフなどで容易に切断可能であるとともに，軽量であることから従来の木製型枠に比べ早く施工できることを確認した(写真-5，6)．

5-2-3　本体構築

型枠および配筋状況を写真-7に示す．このように，余掘りを省略した施工が可能となる．

5-2-4　補助材の撤去

ゼロスペース工法の大きな特徴である地中内に腐食物を残さないために，ゼロスペースボード設置時の補助材を埋め戻し前に撤去する．補助材撤去後のボックスカルバートの状態を写真-8に示す．

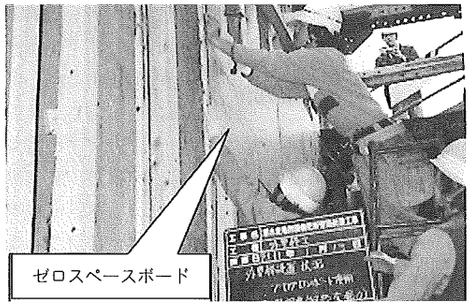


写真-5　ゼロスペースボード

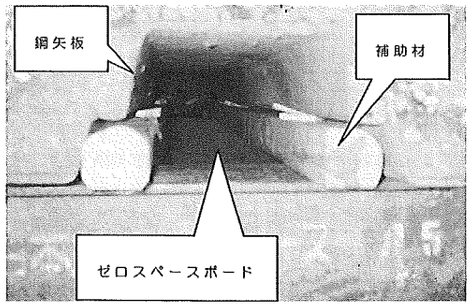


写真-6　補助材設置状況

5-2-5　埋め戻し

鋼矢板とゼロスペースボードの間に発生する狭隘な埋め戻し部には，一般的な山砂を水締めにより埋め戻しているが，今後，更なる環境保全を図るため，リサイクル

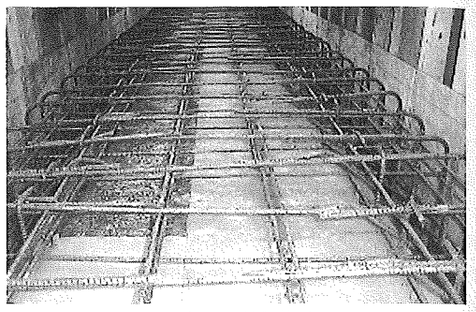


写真-7　構築状況

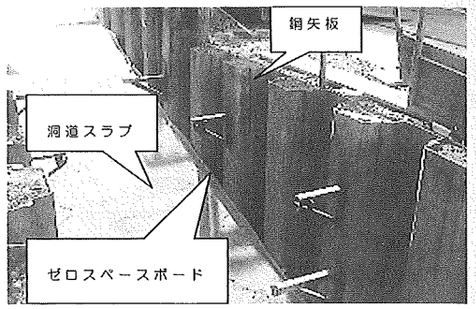


写真-8　構築完了

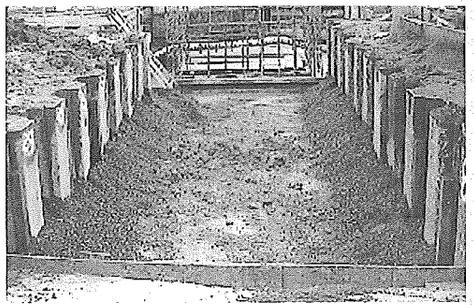


写真-9　埋め戻し状況(再生砂)

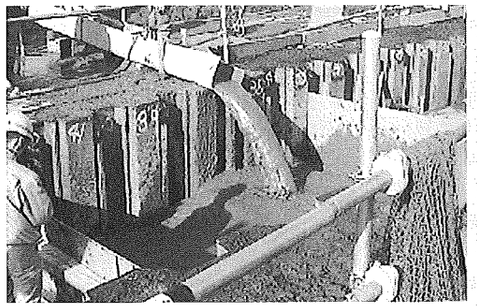


写真-10　埋め戻し状況(流動化処理土)

材である再生砂(写真-9)や発生土を利用した流動化処理土(写真-10)の適用は有効であると考える．

6.　ゼロスペース工法適用実績にもとづく環境負荷低減効果

6-1　施工実績

鋼矢板土留め工法を対象に開発したゼロスペース工法は，平成12年度までに東京電力(株)のボックスカルバート・マンホール工事で45件(総延長452m)の現場適用が行われ，工法として標準化・定着化している．さらに，中部電力(株)のボックスカルバート工事[4]でも採用されている．

表-3　工種別効果

施工手順	従来工法の特徴	ゼロスペース工法の特徴	効果○
作業帯設置	工事占用幅 大	工事占用幅 小	○
土留め壁打設	現状工法と同様な施工となる．		
路面覆工設置	路面覆工面積 大	路面覆工面積 小 覆工面積30％減	○
掘削支保工設置	掘削幅 大 支保工長(切梁) 大	掘削幅 小 支保工長(切梁) 小 掘削量30％減 支保工重量40％減	○
発生土処理	発生土処理量 大	発生土処理量 小 舗装廃材，一般残土30％減	○
基礎	従来工法と同様な施工となる．		
外型枠設置	通常余掘り80～95cm 型枠(合板) 構造物本体 ・型枠材(木材・メタル)の設置が必要となる． ・余掘り部分を作業空間として型枠を設置する．	ゼロスペースボード (本体の一部) 構造物本体 ・ゼロスペースボードは，本体構造の一部となる． ・ボード重量が木製型枠の1/4のため施工速度が向上する．	○
内型枠設置	外型枠と内型枠をフォームタイで固定．	内型枠補強のため，縦・横端太角で固定．	
鉄筋工	従来工法と同様な施工となる．		
コンクリート打設	従来工法と同様な施工となる．		
外型枠撤去	余掘り部分を作業空間として型枠を撤去する．	型枠撤去の必要がない．	○
内型枠撤去	現状工法と同様な施工となる．		
埋め戻し	埋め戻し量 大	埋め戻し量 小 埋め戻し量60％減	○
路面覆工撤去	路面覆工面積 大	路面覆工面積 小 覆工面積60％減	○
土留め壁引き抜き	従来工法と同様な施工となる．		
道路復旧	道路復旧面積 大	道路復旧面積 小 仮復旧面積30％減	○

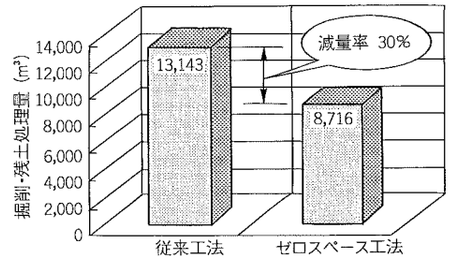


図-8　掘削・残土処理減量

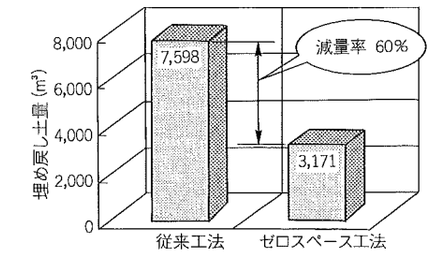


図-9　埋め戻し土量減量

6-2　環境負荷低減効果

ゼロスペース工法で施工した場合の，従来工法に対する各施工段階における効果は表-3に示すとおりである．また，環境負荷低減効果として，具体的な掘削・残土処理量と埋め戻し土量の減量化について東京電力(株)での施工実績をもとに算定した結果を図-8，9に示す．

以上のことからゼロスペース工法がもたらす環境負荷低減効果は次のようになる．

① 掘削幅の縮減により，道路上作業幅が現状の約30％縮小することでアスファルトガラ，掘削発生土，支保工，埋め戻し土，底盤改良材および道路復旧材料などの建設副産物で約30％，建設材料で約60％が縮小できる．さらに，交通流の阻害範囲が縮小され，交通渋滞台数の削減により自動車からの排出ガスの排出量の低減が図れる．

② 掘削幅の縮減により，掘削規模が縮小し，道路上占用工事期間が約15％短縮され，騒音・振動発生期間の短縮，交通流の阻害期間の短縮による渋滞車両からの排出ガスの排出期間が縮小される．また総じて，近隣住民，歩行者および運転手に対して工事による利便性阻害期間が短縮される．

③ 余掘りの削減により工事費が15～20％縮減できる．

7.　現状の取り組み

先に述べたように，鋼矢板土留め形式については，実

用化・定着化が進んでおり着実に環境改善に貢献している．現在，ゼロスペース工法の環境改善効果を拡大させることを目的に，親杭横矢板土留め形式へのゼロスペース工法の拡大適用を検討している．

親杭横矢板土留め壁は，堅固な地盤であるローム地盤での採用が一般的である．施工手順としては，親杭(H形鋼)打設後，掘削を行いながら，木製の横矢板を隣り合う親杭の間の地山崩壊を抑える目的で，上段より設置し所定の床付け深さまで設置後，構造物を構築する．その後，外型枠の撤去を行い，埋め戻しとなる．このとき，掘削時に設置した横矢板を下方より人力により撤去しながら埋め戻しを行い，最後に親杭を引き抜いている(図-10)．

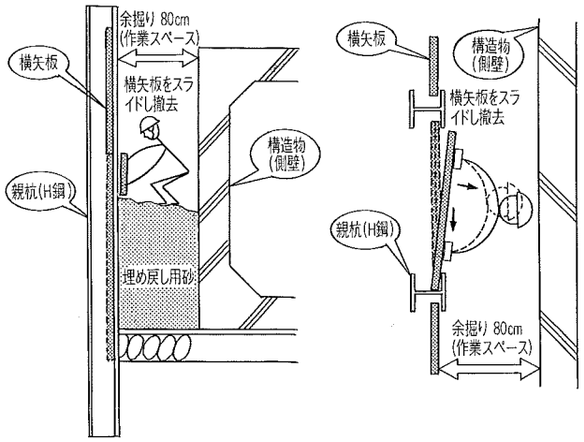


図-10　従来工法の横矢板撤去状況

ゼロスペース工法を親杭横矢板土留め壁形式に適用した場合，横矢板の撤去作業を行うための余掘り(80cm)がなくなることから，人力により横矢板を撤去することが不可能となるため，埋め戻し後の横矢板撤去方法を開発することが課題となる．

そこで，横矢板を撤去する方法として，横矢板の両側または片側に，たるみを持たせた状態で吊り用ベルトを固定した後，ベルトを引き抜くことで横矢板を段階的に１枚ずつ撤去する方法(図-11)を考案し，実験フィールドでの実証試験を実施している(写真-11)．

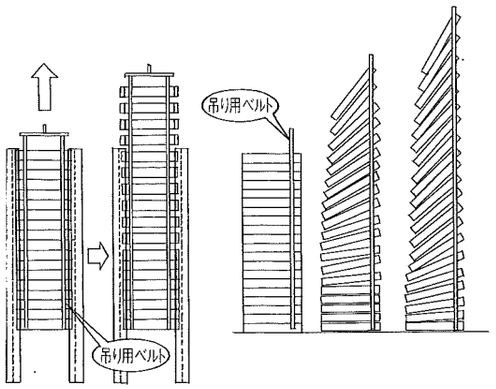


図-11　分割撤去方法

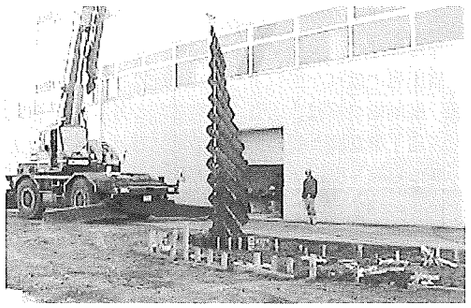


写真-11　横矢板撤去状況

8. おわりに

ゼロスペース工法は，従来の施工方法を環境改善の視点から抜本的に見直しを図った工法であり，「開削ボックスカルバート工事における環境負荷低減工法」として，広く適用できる可能性を秘めている．

一般に環境負荷を低減させるためにはコストが掛かると認識されている中で，開削ボックスカルバート工事の環境負荷低減を目指し，建設副産物である掘削発生土，また，建設材料である支保工・埋め戻し土・底盤改良などを減量化させた結果，建設コストの縮減をも可能としている．

最後に，現在，本工法の適用拡大にご協力を頂いている関係者の方々に誌面を借りてお礼申し上げます．

参考文献

1）国土交通省国土技術政策総合研究所ホームページ：http://210.146.71.67/japanese/project/jrd4.htm
2）国土交通省道路局ホームページ：http://www.mlit.go.jp/road/road/new5/index.html
3）(財)国土開発技術センター：建設工事公衆災害防止対策要綱の解説―土木工事編―，p.122，1993.2.
4）山崎　剛・佐脇武吉・井口昌之：鋼矢板土留め壁の引抜きを伴う開削洞道等における掘削幅縮小工法，土木施工，2000.11.

研　究

コンパクトなシールドシステムの開発と実用化

東京都下水道局　三筋・鳥越付近再構築工事

前田正博*　　串山宏太郎**

1. はじめに

東京都区部の下水道整備は，明治17年に初めて神田下水が建設されて以来100年以上が経過し，平成６年度末に普及率100％を概成した．この間，早期に整備された下水道施設の老朽化が進行している．さらに，既設管渠の中には，当時の生活レベルに沿った基準で建設されたことから，都市化の進展や生活様式の向上などによる汚水量・雨水流出量の増大に伴い管渠の能力不足をきたしているものもでてきている．このため，都心部では度重なる浸水被害が発生している地域もある．

下水道再構築事業は，単に老朽管渠を修繕・改築するだけでなく，面的・計画的に再生させることを目標とし，

①　能力不足の解消
②　維持管理しやすい下水道システム
③　機能の高水準化
④　下水道管路施設の多目的利用

に配慮して行うものである．とくに浸水被害対策として，①能力不足の解消が急務となっている．

これまで，主にポンプ所や下水処理施設へつなぐ大深度幹線の整備を進めてきたが，次の段階として，対象流域から集めた汚水・雨水を幹線へ導く主要枝線の整備を重点的に進めている．この主要枝線は，流入管との関係から比較的浅い深度に新設し，管径は幹線に比べ小口径となる．

主要枝線の新設方法は，地下埋設物の輻輳や路上交通への影響を考慮すると，非開削工法が前提となる．また，都市部において立坑を確保することが困難な点や施工条件で，シールド工法による場合が多い．

一方，主要枝線整備をシールド工法で進めるにあたっては，生活環境への影響，地上や地下空間の過密化などの都市部固有の問題に取り組むことと，厳しい財政状況下における一層のコスト縮減を図る必要がある．

＊東京都下水道局施設管理部長
＊＊　〃　建設部長

このような状況の下，今回，「コンパクトシールド工法」を提案するに至った．

現在，本工法は，各種性能試験を終えて実工事に着手したところである．

本稿では，本工法の開発にあたっての検討経緯，工法の概要および実証工事の概要を述べる．

2. 主要枝線整備の課題と新工法の開発方針

今回，主要枝線整備に適した新工法を開発するにあたり，「コスト縮減」，「工期短縮」，「施工環境の多様化への対応」，「環境負荷の低減」，「維持管理の効率化」という課題を設け，各々について解決すべく技術検討を進めてきた．以下に，各課題とそれを解決するためにとった新工法の開発方針について述べる．

（１）　コスト縮減

シールドトンネルの二次覆工省略は，工期の短縮とともに掘削断面縮小によるコスト縮減，環境負荷の低減が図れることから，本工法においても二次覆工工程を見直すこととした．また，シールド工事費に占めるセグメント製作費とシールド機製作費の割合が高いため，そのコスト縮減にも取り組む．

（２）　工期短縮

浸水被害の対策として早期に布設管渠の運用開始が必要である．また，当事業は周辺家屋の密集した市街地で行われることから，工事期間を短縮し，周辺住民への影響を極力低減する．

（３）　施工環境の多様化への対応

近年の都市部における立坑用地取得は困難な状況であるため，作業基地，立坑の省面積化を図る．さらに，狭隘な公道下での管渠布設と地下埋設物の輻輳により増加が想定される急曲線施工，近接施工へ対応する．

（４）　環境負荷の低減

市街地の事業推進において，前述の工期短縮による時間的な面と作業スペース縮減による空間的な面から，工事周辺環境への影響を低減する．また，地球環境問題に

配慮し，掘削断面の縮小による建設残土量の低減のほか，シールド機の転用などにより資機材の製造・運搬工程の縮減によるCO_2発生量の抑制を行う．さらには，今後セグメント材料に下水道焼却灰を再利用するなどの対応をしていく．

（5） 維持管理の効率化

新設する管路は，今後，継続される維持管理の作業の効率性向上に配慮したものにする．

3. 新しいシールドシステムの提案

前述のような背景から，従来のシールド工法の概念を打ち破る新しいシールドシステムを開発し提案した．新しいシールドシステムは，構築する覆工体から施工時の立坑規模や設備などをできる限り小型化，コンパクト化することを基本理念に開発したことから，「コンパクトシールド」と呼んでいる．その要素技術を以下に示す．

① インバート溝付き二次覆工一体型セグメント（4分割3ヒンジ静定構造，二次覆工工程の省略）
② 後方設備内包型3分割シールド（転用可）
③ 発進・到達立坑の縮小（シールドの分割発進・分割回収）
④ ガイドローラー付きタイヤ式搬送設備（レール・枕木の廃止）

3-1 インバート溝付き二次覆工一体型セグメント

コンパクトシールドで採用した「インバート溝付き二次覆工一体型セグメント」を写真-1に示す．

覆工体としてのセグメントの検討にあたって考慮した事項は以下のとおりである．

① 二次覆工の工程を省略して工期を短縮できること．
② 二次覆工厚を薄くして掘削断面を縮小できること．
③ 分割数を少なくし，経済性を向上させるとともに，組み立て施工性を向上させること．
④ 3ヒンジの静定構造とし，安定した覆工体とすること．

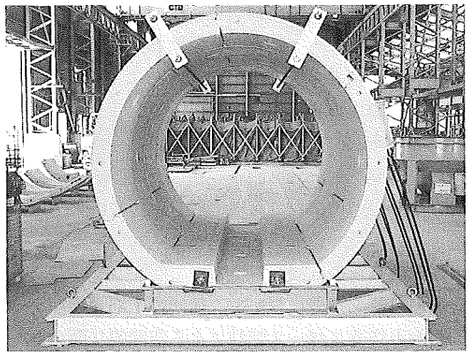


写真-1 インバート溝付き二次覆工一体型セグメント

下水道シールドにおける二次覆工（現場コンクリート巻き立て）の主な機能は表-1に示すとおりである．下水道シールドのうち，雨水管を対象とした一般の環境に対しては，表-1に示すような二次覆工の機能を代表する対応により，二次覆工を省略することが可能との判断がなされている．

これに対して，本稿が対象としているのは，下水道再構築事業における主要枝線であり，汚水も収容する腐食性環境（合流管）となる．

そこで，一般環境における二次覆工省略技術に対して，二次覆工を省略せずに一体型とすると同時に，勾配調整機能を有する溝付きインバート構造を採用することにより，二次覆工工程の省略を図ることとした．

二次覆工一体型セグメントを採用することにより，従来，施工上から必要とされていた二次覆工厚の削減も可能となり，一次・二次を合わせたトンネル覆工厚の削減が可能となる（図-1）．

さらに，合理的なセグメント構造とするため，分割数および継手構造についても検討を行った．

一般に，セグメントの継手は，経済性および施工性から極力少ないことが望ましいとされている．このことを受け，コンパクトシールド用セグメントは，分割数を同

表-1 二次覆工の機能と二次覆工省略技術（一般環境）

二次覆工の機能	二次覆工省略技術（一般環境）
蛇行・勾配修正	一次覆工施工誤差（±50㎜）を許容
内面の平滑化	ボルトボックス充塡 内面平滑セグメントの採用
防水・止水（漏水の遅延）	シール材などの止水技術 （セグメントで止水することは，従来と同様）
セグメントの防食	鉄筋かぶりの確保

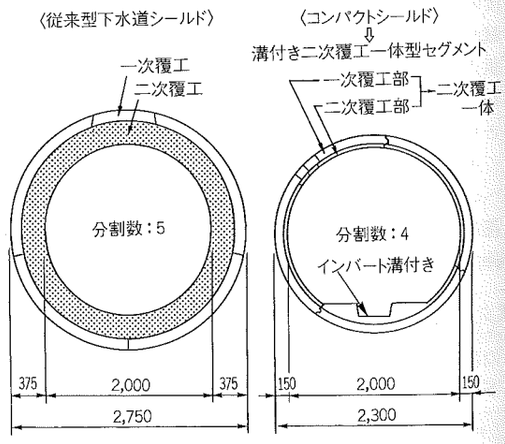


図-1 従来型下水道シールドとコンパクトシールドの断面

クラスの下水道用標準セグメントの5に対して4とするとともに，複雑な継手構造を不要とする「ナックル構造」を採用とすることとした．「ナックル構造」は，力学的には「ヒンジ」継手となり，このナックル継手を1リングあたり3か所とすることで，3ヒンジアーチの構造的に安定した静定構造を実現している．

以上より，コンパクトシールドのセグメントは二次覆工工程を省略するとともに，経済性・施工性さらには構造的安定性に優れた覆工構造を提供することを可能としている．

3-2 後方設備内包型3分割シールド

現状のシールドは，駆動設備をはじめとする諸施工設備を後方に設置し，シールドの推進とともに牽引される形でシールド機と一体の設備として扱われていた．このため，シールド工事においてもっとも作業が輻輳する箇所に後方施設を設備することとなり，作業性をはじめとして多くの制約を受けることとなっていた．

コンパクトシールドにおいては，分割数が少なく，かつ二次覆工を一体とした厚さの大きなセグメントを扱う必要があることから，後方設備が大きな支障となる．種々の検討を行った結果，シールドに1ブロック増設し，後方設備をシールド機内に収容することで解決することとした．

1ブロック増設することでシールドの機長が長くなることとなるが，3分割構造とするとともに分割発進・分割回収が容易に行える構造とすることで，発進・到達の両立坑サイズの縮小化も実現することができた．さらに，各ブロック間は中折れ構造で接合することにより，R15mの急曲線施工にも対応できる構造としている（写真-2）．

3-3 ガイドローラー付きタイヤ式搬送設備

インバート溝付き二次覆工一体型セグメントを採用す

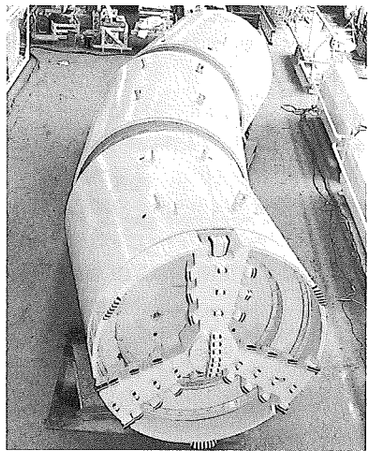


写真-2 後方設備内包型3分割シールド

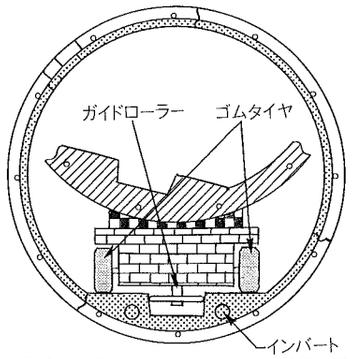


図-2 ガイドローラー付きタイヤ式搬送設備

ることから，図-2に示すようにインバート部には溝を挟んで平坦な部分が形成される．このような形状を施工時に有効に活用する方策について検討を行った．

現状のシールド工事では，施工時の資機材搬送のため，セグメント内にレール・枕木を設置し，バッテリーロコを運行しているのが通常である．この方式では，シールドの掘進に併行して枕木設置・レール布設を行わなければならず，さらには，二次覆工時にはレール・枕木の撤去作業を行う必要がある．そこで，インバート溝をガイドとして活用する，無操舵のタイヤ方式搬送システムを開発して適用することとした．

3-4 期待される効果

以上のような新しいシールドシステムである「コンパクトシールド」を適用することにより得られる効果としては，以下のようなものを期待することができる．具体的には，実証施工の結果を待つ必要があるが，現時点で試算可能なものはなるべく定量的に示すよう努めた．

試算にあたっては，後述する仕上がり内径2,000㎜の実証工事をモデルとしている．

（1） 断　面

同一仕上がり内径（2,000㎜）に対して，セグメント外径が2,750㎜から2,300㎜となる．これにより掘削断面および掘削土量は25%減少する．

（2） 立坑空間

発進立坑長が8.3mから5.6mに縮小できる．これにより発進立坑面積は32%減少する．

到達立坑についても発進立坑よりさらに小さなサイズでシールド機を回収することが可能となる．

（3） 工　程

二次覆工などの工程が削減でき，実証工事のモデル例の試算では，シールドトンネル部の所要施工日数が292日から155日となり，約47%短縮できる．

（4） 経済性

断面が縮小すること，立坑空間が小さくなること，さ

らには工程が短縮されることから，経済的にも大きなメリットを期待することができる．具体的数値については，実証工事の結果を待って整理する方針である．

（5） 環境負荷

経済性と同様に環境負荷についても，次のような効果が期待できるものと判断している．すなわち，立坑空間の縮小および工程の短縮により，施工中の周辺環境への影響を抑止することができる．

また，掘削断面が縮小することにより残土排出量が削減され，残土処理に伴う環境負荷を低減することができる．さらには，覆工厚さが薄くなることによりコンクリート使用量が減少すること，シールドを転用可能とすることから，鋼材などの使用材料を削減できると同時に，シールド解体に伴う廃棄資材も削減でき，これらの資機材使用量の減少に伴う CO_2 発生量の抑制にも寄与することとなる．

4. 溝付き二次覆工一体型セグメントの開発

4-1 二次覆工工程の省略

4-1-1 下水道シールドトンネルにおける二次覆工工程の省略

前述のように東京都下水道局では，二次覆工省略の技術検討を行っており，一般の環境（雨水管）においてはセグメントの対応により二次覆工省略が可能であるとの結果を得ている．

今回，本工法の適用対象とする主要枝線は，一般の環境に対して腐食性環境（合流管・汚水管）に位置づけられる．このため，本工法では，硫化水素の影響を受ける可能性がある腐食性環境において，二次覆工工程をいかにして省略するかについて検討した．

表-1 に示したとおり，一般の環境で二次覆工省略が採用されている理由は，以下のように整理できる．

① 従来型二次覆工のもつ蛇行・勾配修正機能は，近年の一次覆工施工誤差がおおむね±50㎜で収まることから，本機能を目的とした二次覆工は必要ないものと判断した．

② 内面の平滑化機能はボルトボックスを充填する，または，近年開発が進められている内面平滑セグメントを適用することで対応できる．

③ 防水・止水機能は従来型も二次覆工を省略した場合も，基本的にはセグメントで止水することに変わりはなく，シール材などの止水技術により対応する．

④ 従来型二次覆工のセグメント防食機能はトンネル内面側の鉄筋かぶりを増すことで対応する．

これに対して，腐食性環境における二次覆工機能については，②，③は一般の環境と同様に扱うことができる．しかし，①に関しては，硫化水素の生成が下水の滞留するような条件下で起こることを考慮すると，硫化水素の生成防止という面から流下機能を確保するための勾配調整方法の検討を必要とする．④については，下水道トンネルのコンクリートの劣化メカニズムが解明されていないことから，劣化が発生した場合への対応についての検討を必要とする．

以上より，腐食性環境においても二次覆工工程省略可能な覆工構造として，インバート溝付き二次覆工一体型セグメントを開発し適用することとした．

4-1-2 流下機能の確保

（1） 内面平滑性

継手はトンネル内面に継手金物が露出しない継手構造とし，継手目地にコーキングを施すことで，内面の平滑性を確保した．継手構造の詳細については後述する．

（2） 勾配調整機能

二次覆工工程を省略した場合に勾配調整を行う方法として，図-3 に示すように，一次覆工完了後，管底部に勾配調整材料を打設することが考えられる．しかし，この場合，以下のような課題への対応が必要となる．

- 勾配調整部の厚さが薄い部分が発生し，この薄い部分には特殊な勾配調整材料の選定が必要となり，その材料費は一般に高価である．
- 管底高をあわせながらの勾配調整の施工は熟練作業を要する．

この問題に対して，本セグメントでは，以下の手段で勾配調整機能を確保することとした（図-4, 5 参照）．

- 管底部のセグメントは溝を有するインバート形状とする．

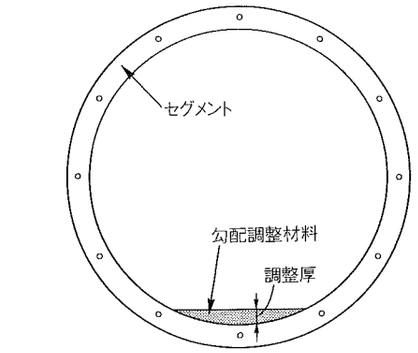


図-3 円形管の勾配調整方法

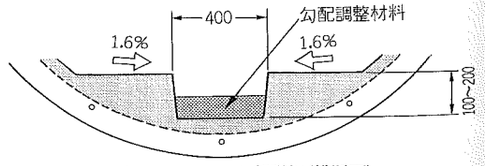


図-4 インバート部詳細（横断面）

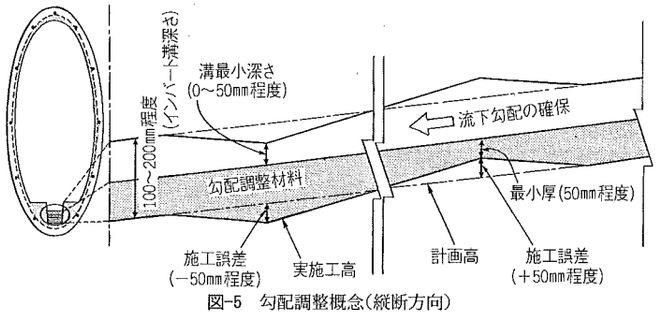


図-5 勾配調整概念（縦断方向）

する．

- 管渠の下水がインバート溝に流れるようにインバート平坦部を1.6%の横断勾配をつけた形状とする．
- 管渠縦断方向の流下勾配を確保するために，インバート溝へ勾配調整材料を打設することにより勾配調整を行う．
- 勾配調整材料の最小厚を50㎜程度確保することにより，モルタルなどの安価な材料が使用可能となる．
- インバート溝の深さは，一次覆工施工誤差（±50㎜程度），勾配調整材料最小厚（50㎜程度），溝最小深さ（0～50㎜程度）より100～200㎜程度とする．

（3） セグメントの耐久性

下水管渠の実環境下における劣化現象については，解明されていない部分も多く，精度良く予測することは難しいのが現状である．そこで，供用期間中の維持管理により管渠の劣化状況を把握し，必要に応じて補修を行うことにより将来にわたって耐久性を確保することとした．

このような考え方にもとづき，図-1 に示したようにセグメント内側に覆工構造体として評価しない部分（二次覆工部）を設けることにより将来の補修に対応することとした．二次覆工部の厚さは各種中性化推定式による中性化深さ（最大値47㎜）と，将来の補修時のコンクリート打ち替えの施工性（最大骨材径の 2 倍程度）を考慮して50㎜を確保した．

本セグメントのインバート平坦部は，維持管理時の点検作業足場として活用できるとともに，将来の維持管理の機械化・自動化に適した形状を提供している．このように維持管理を効率化させる機能を新設管渠に付加させることは，管渠のライフサイクル全般にわたった耐久性向上に貢献するものである．

4-2 合理的構造の検討

4-2-1 分割数削減の検討

3 ヒンジ構造と分割数削減による経済性の向上のためには，セグメントを 3 分割とすることが望ましい．しかし，二次覆工一体型としたことからセグメントが厚くなり，セグメントピースの搬送や組み立て時の作業空間確保がきわめて困難となる．このために，図-6 に示すように 3 ヒンジ 1 剛結合のリングとすることにより，分割数の可能な限りの削減と 3 ヒンジ静定構造の確保を両立させた．

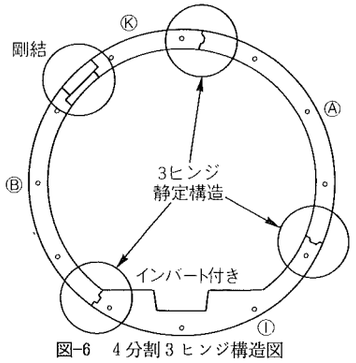


図-6 4 分割 3 ヒンジ構造図

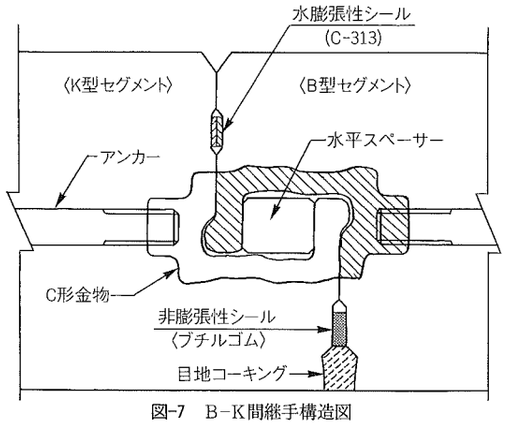


図-7 B-K間継手構造図

セグメントはインバート付きのⅠ型と，A型，B型およびK型で構成される．

4-2-2 継手構造の検討

（1） セグメント継手

B-K 間の剛結合部のセグメント継手として，図-7 に示すC形嵌合継手を考案した．組み立てはC形金物を嵌合した後，水平スペーサーを挿入する方法で，上下方向の位置合わせが容易で，Kセグメントの軸方向挿入に対して自動的に嵌合する構造とした．

ヒンジ部には，プレキャスト部材として実績のあるナックル継手を適用した（図-8参照）．ナックル接触部近傍を通過する水膨張性シール材のほか，内縁側二次覆工部の非膨張シールと目地コーキングにより，回転を起こしても止水性を発揮できる構造とした．また，ナックル部外縁側には隙間形状に成型した硬質のスポンジシール材（EPDM）を設けることで外縁隙間の裏込め材や土砂の目詰まりに対処することとした．

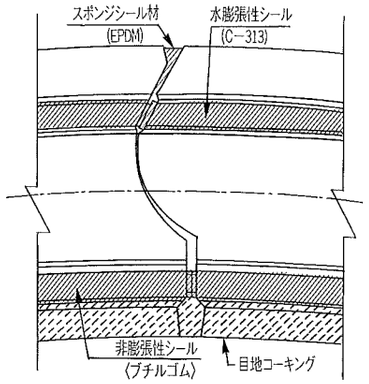


図-8　ナックル継手構造図

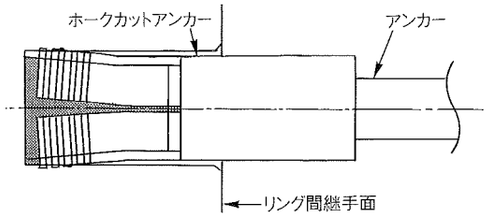


図-9　リング継手構造図

（2）　リング継手

在来技術で単純な構造であるホークカットアンカーを利用することとした(図-9 参照)．本継手は，シールドジャッキにより打ち込んで押し広げられた筒状金物とコンクリートとの付着により引き抜き力に抵抗する構造である．

4-3　セグメントの載荷試験

本セグメントの性能を確認するために，各種の載荷試験を実施した．

4-3-1　B−K間継手曲げ試験

（1）　試験概要

C形嵌合継手の継手剛性および強度については継手曲げ試験によって確認した．試験は，継手部に軸力を導入後，2点載荷による方法(図-10参照)で実施した．

（2）　試験結果

図-11に曲げモーメントと継手回転角の関係を示すが，設計荷重作用時までほぼリニアな挙動であり，軸力が作用した場合には十分な曲げ剛性を有することが確認された．

また，破壊性状は，C形金物の降伏に伴う圧縮側コンクリートの圧壊となり，設計荷重の約4.5倍の破壊耐力を有していることが確認された．

4-3-2　リング載荷試験

（1）　試験概要

本セグメント構造の設計手法の確立を目的として，剛

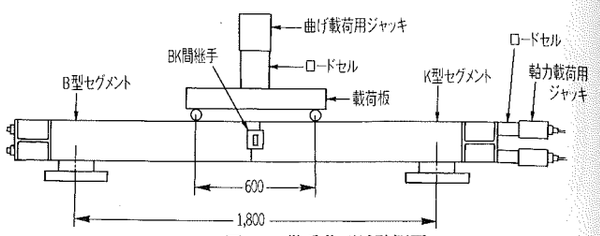


図-10　継手曲げ試験概要

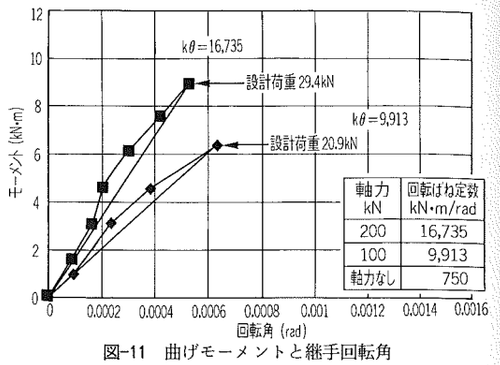


図-11　曲げモーメントと継手回転角

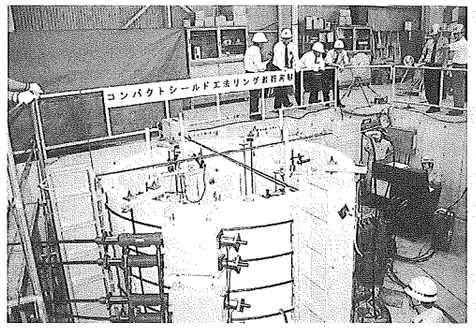


写真-3　試験装置概要

結合部およびリング継手がリングの挙動に与える影響についてはり-ばねモデルによるシミュレーション解析を行うとともに，千鳥組みの2リング載荷試験により検証した．写真-3 に試験装置の概要を示す．なお，はり-ばねモデルによる解析は，B−K 間継手およびリング継手の剛性をパラメータとした．

（2）　試験結果

図-12に鉛直荷重と鉛直変位の関係を示す．なお，図中の理論値は，事前のはり-ばねモデルによる解析で，B−K 間の剛性を完全剛性(∞の値)と，継手曲げ試験で得られた回転ばね定数値(k_θ=750kN·m/rad)の2ケース，また，リング継手の剛性を∞の値と，イモ継ぎの状態(せん断ばね値ks=0)の2ケースを組み合わせて算出したものである．実測値はB−K間継手を完全剛性とした場合の理論値に近い値を有している．図-13に荷重と

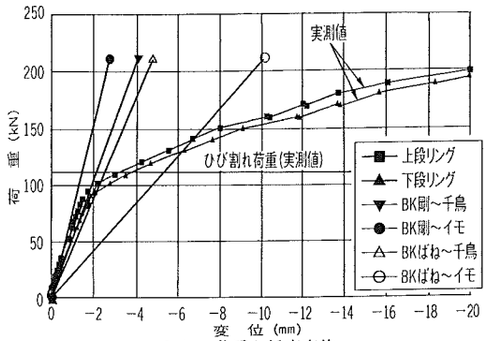


図-12　荷重と鉛直変位

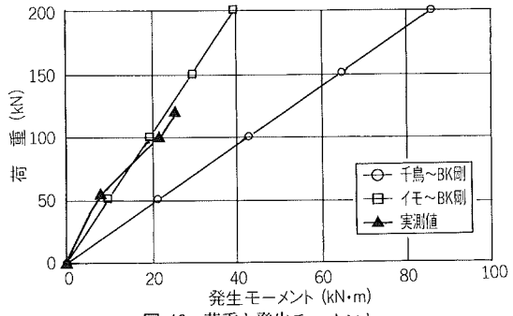


図-13　荷重と発生モーメント

セグメントに発生するモーメントの関係を示す．この表から，発生モーメントの実測値は，B−K 間継手を完全剛性でリング間継手をイモ継ぎとした場合の理論値とほぼ一致している．これらの結果より，はり-ばねモデルによる解析方法を検証すると，B−K 間継手を完全剛性一様としたイモ継ぎでの算定法がもっとも合理的な断面となり，実測結果に近いといえる．

また，リング破壊時においてもナックル継手に破損などの異常は認められなかった．

今後は実現場での施工およびリング挙動の計測を踏まえ，設計法の安全性を照査する必要がある．

5.　シールドの開発

5-1　シールド構造の検討

5-1-1　後方設備内包型3分割構造の開発

カッターユニット，運転ユニット，テールユニットの3ユニットに分割可能な泥土圧シールドを開発した(図-14, 表-2 参照)．カッターユニット，運転ユニットは中折れジャッキを装備し，急曲線(R15m)に対応した構造である．

（1）　カッターユニット

短尺スクリューコンベヤーを採用することによりユニットの長さを短くした．また，ロータリーポンプを連結しシールド機外までの土砂圧送を行う排土システムで，スクリューコンベヤーとロータリーポンプの回転数の制御により高精度の切羽土圧管理ができる．

（2）　運転ユニット

運転ユニットには，パワーユニット，制御盤・操作盤など従来のシールド後方設備を内蔵させた．

（3）　テールユニット

テールユニットは，シールドジャッキ，エレクターなどを装備する．

5-1-2　セグメント組み立て機構の検討

セグメント組み立て機構は，大型セグメントピースを組み立て可能にするためのエレクターやセグメント供給装置を開発した(写真-4 参照)．

エレクターは旋回中心をシールド中心から上方へ偏心させるとともに，リンク機構とスライド機構を併用した2段式昇降機構とし約600㎜の昇降ストロークを確保した．これにより，狭小空間で大型セグメントピースの把持・旋回などの取り回しを可能とした．

また，大型セグメントピースをセグメント台車からエレクター把持位置まで供給するために，セグメント搬送ローラーとセグメント供給テーブルを開発した(図-15参照)．

5-2　セグメント組み立て試験

（1）　試験概要

セグメントの組み立て性能および供給性能を確認するために，工場内で組み立て試験を実施した．写真-4は組

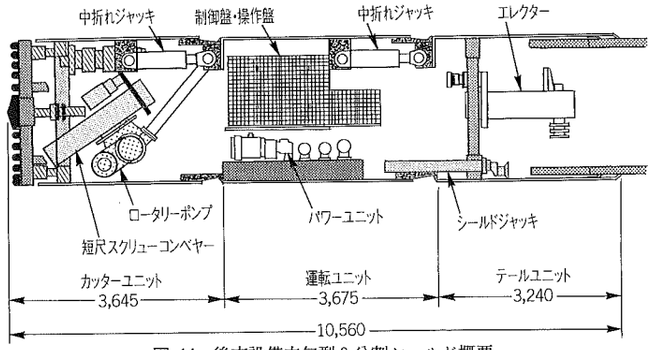


図-14　後方設備内包型3分割シールド概要

表-2　後方設備内包型シールドの主要仕様

仕上がり内径	シールド外径	シールド機長	シールドジャッキ	アーティキュレートジャッキ	総質量	本体分割数	最大ブロック質量
2,000㎜	2,430㎜	10,560㎜	80 t × 8 本	150 t × 8 本	61 t	3	26 t

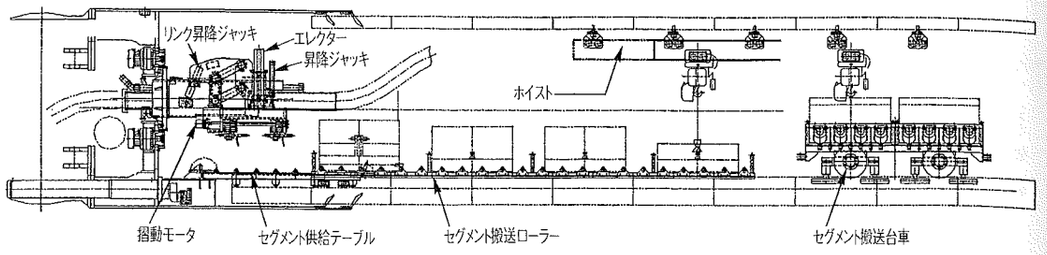


図-15　セグメント供給装置

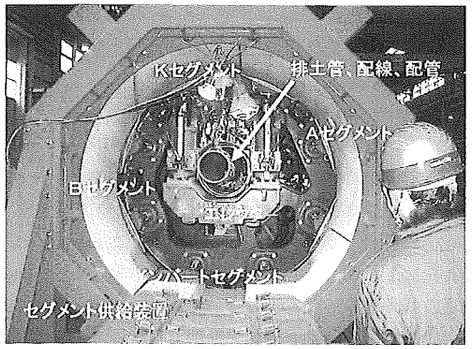


写真-4　セグメント組み立て装置

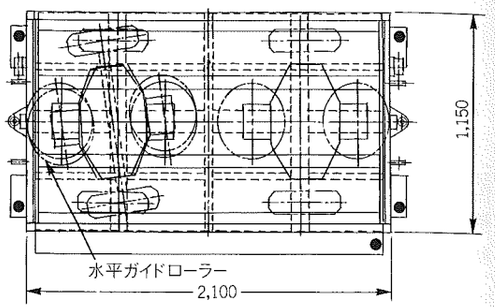


図-16　土砂運搬台車平面図

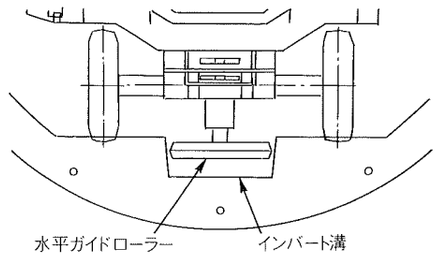


図-17　インバート部詳細断面

み立て試験の状況である．工場内に実機のテールユニット，シールドジャッキ反力架台，セグメント搬送ローラーを設置し，実セグメントの組み立てを実施した．

（2）　試験結果

大型セグメントピースの組み立てが１リング約30分で行えることが確認できた．また，搬送ローラー，供給テーブルのセグメント供給装置も十分に機能することが確認できた．

6.　搬送装置の開発

坑内資機材搬送装置の開発にあたっては，インバート付きセグメントの特徴を活用した合理的な方法を考案した．

6-1　全体編成

全体編成は，土砂運搬台車による土砂搬出方法を前提として，セグメント搬送台車２両，動力台車１両および土砂搬送台車５両の編成として１リング分の掘削土を１サイクルで搬出可能とした．

6-2　ガイドローラー付きタイヤ式無操舵搬送システム

セグメント下部のインバート溝を利用して無操舵で走行するタイヤ式の搬送台車を開発した．搬送台車には，タイヤ製の水平ガイドローラーを設置して台車をインバート溝に沿って自動操舵する方式とした．図-16に土砂搬送台車の平面図を，図-17にインバート溝と水平ガイドローラーの関係を示す．

7.　実証工事

7-1　工事概要

本工法の実証を予定している主要枝線工事の計画図を図-18に示す．本工事は，仕上がり内径2,000㎜で，路線延長は1,280mである．工事対象流域面積38.79haから集水した汚水・雨水を台東幹線へ自然流下させる役目を担う管路である．土かぶりは約５～６m，縦断勾配1.5‰で，平面線形は急曲線（R30m）を２か所含む．また，シールド通過位置の地層は，上部有楽町層の砂質系シルト層が主体となる．N値は小さく（N<10），自立性が低い地層である．

工事対象地域の背景としては，当該地域の下水道施設の老朽化が進み，最近の２回の台風による浸水被害が発生したことが挙げられる．また，地上は一般家屋が密集し，地下は各種地下埋設物が輻輳している．さらに，工事箇所周辺は立坑用地に適した用地がほとんどなく，工

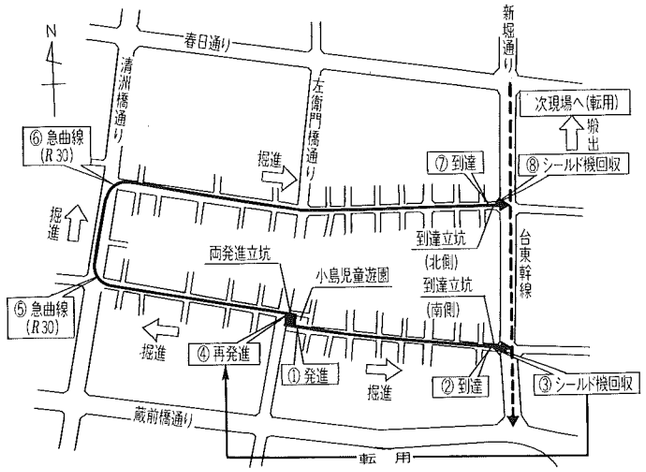


図-18　工事計画（施工の手順）



写真-5　発進立坑基地（420m²）

事路線の道路も狭隘であることから，立坑の設置工事が非常に困難な状況である．本対象地域は，冒頭で述べた都市部固有のシールド工事の課題を多く有する地域である．

このような環境条件の下，本工事では，両発進立坑基地を420m²の小島児童遊園（写真-5参照）に築造し，到達立坑は台東幹線手前に北側と南側で２か所設ける計画とした．

工事の順序は，まず両発進立坑から南側の到達立坑までの区間を施工する．到達立坑でシールド機を回収し，再び両発進立坑から北側の到達立坑までの区間を施工する．その間にはR30mの急曲線を２か所通過している．その後，北側の到達立坑でシールドを回収し，次期工事への転用を図ることとしている．

以上のように本工事の特徴としては，周辺環境条件から次のような制約を受けることとなる．

①　発進立坑は路線中間に位置し，両発進とすること．

②　立坑用地として確保できるのは，420m²であること．

③　両発進施工に伴い，シールドの回収が必要となるが，到達立坑として大きなスペースを確保できないこと．

④　中間立坑の設置が困難であり，R30mの急曲線を２か所通過すること．

上記制約条件はコンパクトシールドのもつ特徴に合致するものであり，今回の実証工事としてふさわしい現場と判断した．

なお，シールドの発進は，平成13年12月頃を予定している．

8.　おわりに

本工法は筆者が施工分科会（土木学会トンネル標準示方書・シールド工法編（平成８年版）改訂時）の主査を務めた際，下水道再構築の課題と理想のシールド工法について問題提起した中で，実務経験豊富なメンバーの助言で発案したものである．

その後，東京都下水道サービス（株）を中心に民間企業による共同研究で具体化が進められ，また，東京都下水道局建設部の特定課題検討会において設計手法の確立が図られた．

都市の主要なインフラである下水道施設の品質の確保・向上と，効率性を求めた合理的シールドトンネルシステムであると確信する．

本稿では，コンパクトシールド工法について，工法概要，開発経緯および実証工事を紹介した．今後さらに実際の現場施工をとおしてセグメント，シールドの計測，その他施工に関する実績データの蓄積を行い，本工法を評価していく予定である．また，その結果をフィードバックし，本工法の完成度を高めたいと考えている．実工事の進捗にあわせ，工法の成果を別の機会に報告したいと考えている．

現場だより
平成13(2001)年

「歴史の町」佐賀・厳木より

加　藤　清　高

現場のある厳木町は，佐賀県西北部の佐賀市と唐津市の中間に位置しており，昭和初期～30年代には炭坑で賑わった町である．

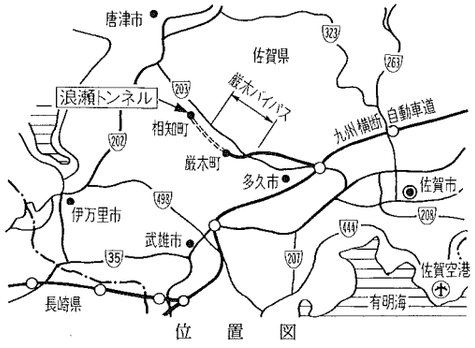
町は，北東部の天山県立自然公園，南西部の八幡岳県立公園，北の作札山に囲まれ，南から北に厳木川が貫いており，森林面積が70％の緑豊かな町である．気候は寒暖の差が大きく，夏は暑く，温州みかんが有名である．

冬季には九州では珍しい積雪も見られ，とくに標高1,046mの天山には，日本最西端の天然スキー場があり，数少ないスキー場として九州各地からスキーヤーやスノーボーダーが集まって来る．

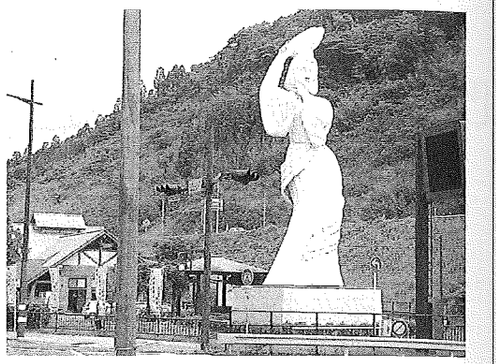
付近には，多くの古代史ファンを魅了している吉野ケ里遺跡があるが，厳木町にも瀬戸木場遺跡などの縄文遺跡があり，古くから人々の生活の舞台となっていたようである．とくに，佐用姫伝説は，羽衣の伝説，浦島太郎の伝説と並び，日本三伝説，三悲恋物語として有名であり，その生誕地として厳木町は知られている．

「宣化２(537)年，朝廷の命を受けた大伴狭手彦が朝鮮半島の任那・百済救済の途中，松浦の地に立ち寄り当地の長者の娘(佐用姫)と恋仲になった．過日，狭手彦は朝鮮に出立するが，佐用姫は別れが悲しく後を追った．鏡山(唐津市)から夫の軍船に領布を振り，最後は加部島(唐津湾)へ渡り，夫を恋い慕うあまりに死に伏し，ついには石と化してしまった．

海原の　沖行く船を帰れとか
領巾振らしけむ　松浦佐用姫　(万葉集)



位　置　図


道の駅にある佐用姫像

と古くから多くの詩歌や世阿弥の「松浦鏡」，滝沢馬琴の「松浦佐用姫石魂録」として登場している．

現在，佐用姫も利用した国道203号線には，この佐用姫の像が建立され，「道の駅」として賑わっている．

また，現場近くの浪瀬地区には，松浦党の一族である源　披が築城した獅子城の跡があり，城跡の四方を囲む岩壁の上には遺構や石垣があり，天険の山城の様子をうかがわせている．

このように国道203号線は古くから佐用姫や物流・文化の交流路として，重要な幹線道路であった．近年は，厳木ダム，天山発電所を牽引とした地域産業の発展に伴い，地域高規格道路が整備されつつある．

当工事は，国道203号厳木バイパスの一環として，浪瀬１号トンネル(L＝120m)，浪瀬２号トンネル(L＝335m)を施工するもので，昨年末に２号トンネルの掘削を開始し，５月末現在で約300m掘進している．近隣には住宅があるため，騒音・振動などの環境保全には細心の注意を払って作業している．

今後とも作業所一丸となり，飲みにケーションを礎に，心を一つにして無事故・無災害で10月の本貫通を目指して鋭意頑張っているところである．

周辺には，興味深い史跡が多く，また有田・唐津・伊万里など陶芸の里でもある．地元には佐用姫の温泉をはじめ温泉も多く，興味のある方にはぜひ来て頂きたいところである．

(東急建設(株)厳木作業所主任)

報　告

コンクリート剝落箇所の変状と対策工
ＪＲ室蘭線　礼文浜トンネル

吉　野　伸　一*　　松　田　洋　一**
小　西　康　人***

1. はじめに

平成11年11月28日未明，室蘭線礼文・大岸間礼文浜トンネル(L＝1,232m；竣工 昭和50年10月)において下り貨物列車がコンクリート塊に衝撃，脱線するという事故が発生した．調査の結果40×40×30cm～70×70×30cm程度のコンクリート塊が列車の周辺５か所程度に散乱しており，機関車の第１軸左側車輪がこれに乗り上げ進行右側に約22cm 脱線していた．コンクリート塊は覆工コンクリートが剝落したもので，剝落箇所は，先頭機関車から約200m 後方の下り線上のアーチ部である．写真-１に示す剝落跡から2.5×3.0×0.45m程度の円錐状のコンクリート塊(推定重量2tf)が何らかの要因で突然剝落したものと想定された．

その後，(財)鉄道総合技術研究所(鉄道総研)をはじめ学識経験者らによる原因究明を進めるとともに，24時間体制で運転再開に向けた復旧工事を行い，７日後に無事開通することができた．

今回の事故は，鉄道事業者の使命である安全を担うわれわれに，改めて施設保守管理の重要性と技術研鑽の必要性を認識させるいましめとなった．


写真-１　覆工コンクリート崩落跡

本トンネルにおいては，建設時から現在に至るまで数回の変状が報告されている．いずれの変状箇所も発生位置が異なるため，原因などは今回の事故と直接的な関連はないと考えられる．

本稿では，今回の事故の反省を踏まえ，これら過去の変状事象を総括し，本トンネル建設時からの変状経緯，過去における変状対策および今回の事故とその後のトンネル検査体系について報告するものである．

2. 地形・地質

本トンネルは，急峻な山容をなして内浦湾へ落ち込む標高100m 以上に達する岩体に施工されたトンネルである(図-１)．室蘭線礼文・大岸間は，昭和40年代当時，長万部・洞爺間で唯一の単線区間であり，輸送上の隘路となっていた．また当区間は，元々絶壁が海に迫った海岸線沿いに線路が敷設され，落石・波浪などの災害多発線区でもあり，入り交じった道路との踏切障害も多い箇所であった．礼文浜トンネルは，昭和47年６月に，これら輸送上および防災上の課題を解消する目的で，別線線増工事により建設が始まった延長1,217m の複線交流電化断面トンネルである．

トンネル近傍は，柱状節理が著しく発達した海蝕崖地形をなしている．トンネル中央部の地質は，新第３紀中新世の豊浦層に属するプロピライト溶岩，安山岩溶岩および同質の火砕岩などが熱水変質を受けてできた変朽安山岩が主体をなし，石英安山岩，安山岩質凝灰岩が所々に分布している．その両側に中新世中期に属する凝灰岩を主とする訓縫層と，砂質泥岩を主とする黒松内層が分布している．これらの岩体には，複雑な構造運動の影響を示す縦横な割れ目が発達し，部分的には破砕帯となっている地点も存在している．また，全域にわたってかなり変質作用を受けており，これに地下水による二次的な風化が加わって，一部軟弱化している．

＊北海道旅客鉄道(株)工務技術センター所長((元)工務部工事課長)
＊＊　　〃　　工務部工事課グループリーダー
＊＊＊　　〃　　〃　　主席

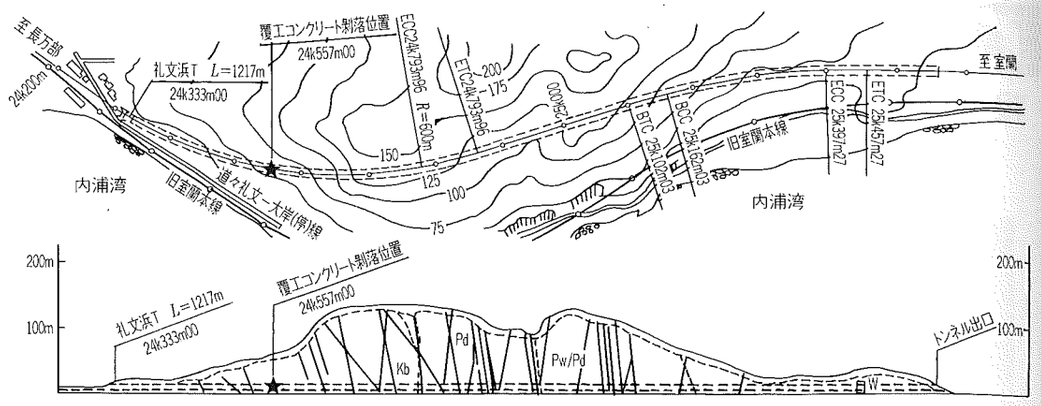


図-1　礼文浜トンネル概略図

3.　建設時の変状対策(始点方坑口付近)

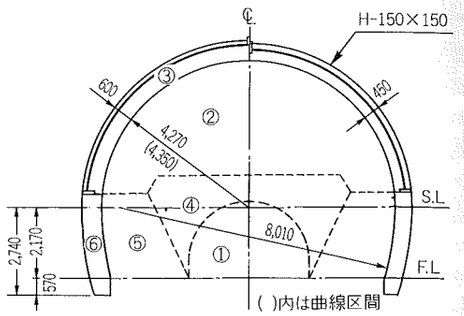
トンネルの掘削工法は，底設導坑先進上部半断面工法〔普通工法〕で計画され，坑外設備および用地の関係からトンネル終点方(室蘭方)より掘削を開始している．なお，始点方(礼文方)坑口は急崖なため，落石覆い(延長15m)および抱きコンクリートを持つ構造として設計されており，これは本坑掘削に先行して施工されている．

導坑掘削は，トンネル出口である25k550m より約1,100 m までは比較的順調に進められた．しかし，残る始点方の110m の区間については比高30～50m，水平角40～50度の急峻な片勾配のため，偏圧が懸念されることから，側壁導坑掘削工法(サイロット工法)〔特殊工法〕に変更されている(図-2 参照)．

この区間は，トンネル側部の急斜面と内浦湾に挟まれたわずかな平地に護岸壁が設けられ，旧室蘭線と道々が並行している．

側壁導坑の掘削は，昭和48年 4 月21日に山側導坑より着手され，5 月28日に導坑が貫通している．この山側導坑施工中の 5 月23日に抱きコンクリートにクラックが発生している．その後，山側導坑の下アーチ部コンクリート打設を待って，7 月12日から始点方より海側の側壁導坑掘削に着手したところ，約20m を掘削した 7 月25日時点で，突然海側の支保工に変状が生じ，作業を中止した．支保工の変状は，150H 鋼製支保工が，5，6 基にわたり急激にたわみ始め，脚部が押し出され，フランジはねじれあるいは座屈を生じていた旨の記録が残っている．翌日の26日には，山側支保工の変状も確認されたが，状況は海側と同様であった．さらには，山腹(トンネル上)の地表面にクラックが発生，路頭岩にも変状が認められている．直ちに，斜面下の道々の通行止めを行い，抑え盛土を緊急施工してクラックの塡充，斜面の防護を

普通工法区間断面



特殊工法区間断面

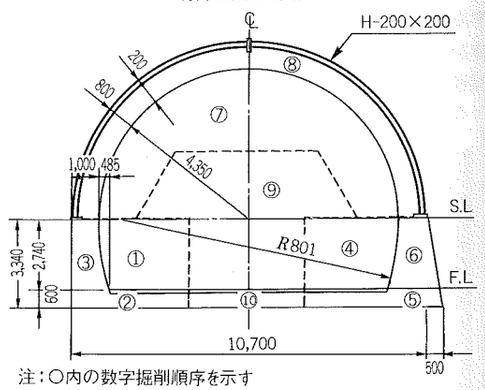


図-2　トンネル断面図

行い，急場をしのいでいる．山側導坑掘削中に発生した抱きコンクリートのクラックは，7 月20日頃から増大傾向にあり，これが大変状の兆候であったのかもしれない．

その間，旧国鉄本社および技術研究所の現地指導にもとづき，図-3，4 に示す位置において，地質調査をはじめ，パイプひずみ計・伸縮計・亀裂変位計・落石止め・警報機の設置などと抑え盛土の追加施工による室蘭線，

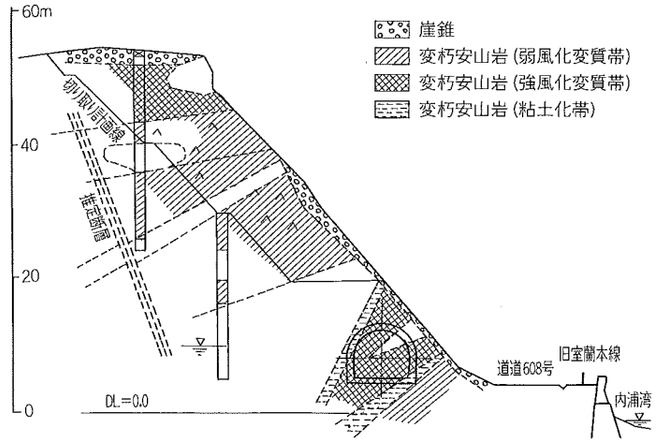


図-3　地質断面図(24k380m付近)

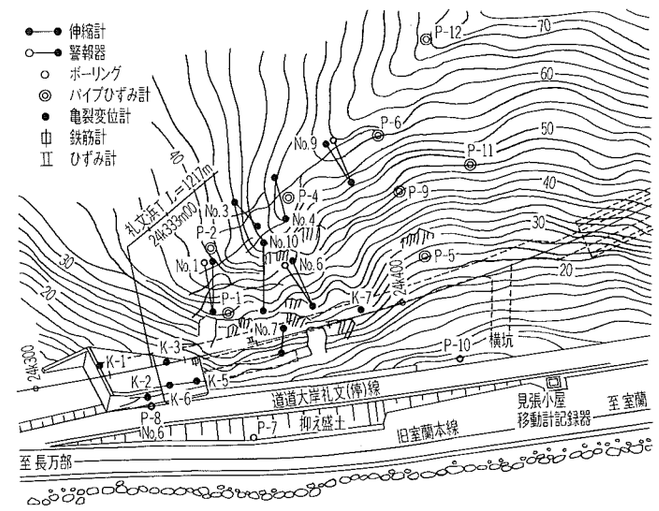


図-4　坑口付近計器配置図

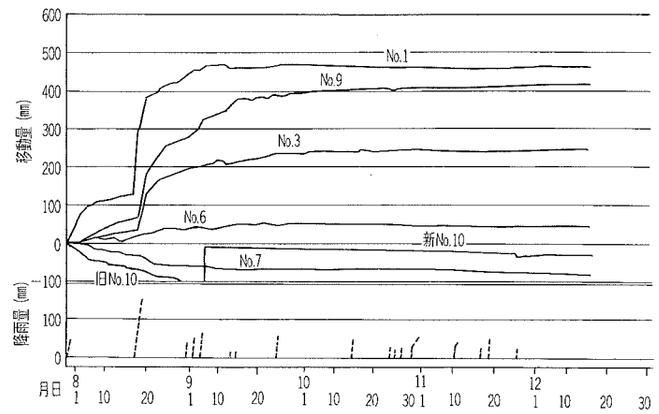


図-5　伸縮計の測定結果(S.48.8～S.48.12)

道々の防護処置を行っている．このときの伸縮計の測定記録を図-5 に示す．

その後，導坑内の計測監視を行いながら側壁コンクリート打設を早急に完了させ，両導坑を砂およびエアーモルタルで塡充し閉塞している．

応急措置を完了した後，本格的なトンネル掘削に向けて各種対策工が検討された．変状の原因としては地すべり，およびトンネル掘削に伴う地山の緩みが考えられたが，対策工としては，図-6 に示すように，地すべりおよび偏圧双方に対して有効と考えられ，対策効果の信頼性が高い斜面の切り取りと抑え盛土の併用工法が決定された．対策工は，昭和49年 3～11月に施工されている．このときの切り取り数量は約36,000m³，盛土は約6,000m³ に及んでいる．

未完成部分のトンネル施工は，サイロットの 2 段施工，仮巻きコンクリートの施工，リングカット施工を行い，昭和50年 3 月下旬に完成している．応急措置および対策工の施工工程を図-7 に示す．

4.　盤ぶくれ対策

礼文浜トンネルは，昭和50年 3 月にトンネル工事を完了し，その後の軌道工事などを終え，10月に使用開始され，現在に至っている．盤ぶくれはトンネル開業 2 年後の昭和52年 2 月頃から，インバートのない区間に生じ始め，昭和54年頃には本線軌道への影響が顕著(最高上下変位80㎜)となり，対策を講じたものである．対策区間は，図-8 に示す 3 区間355 m である．対策工に先立ち盤ぶくれの原因などを探るため，地質調査を実施した．

盤ぶくれが生じた区間の地質は，変朽安山岩，石英安山岩，安山岩質凝灰岩の複雑な混合岩体からなっている．これらの岩体は変質作用を受けており，これに他の二次的な風化が加わって岩体の一部は軟弱化している．変質が著しくコアの状態が悪いほど盤ぶくれも多くなる．軟弱化した層ではモンモリロナイトを含有しており，メチレンブルー試験から等価

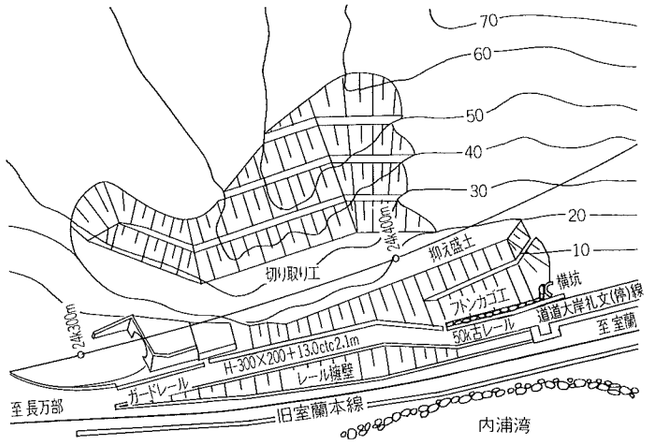


図-6　対策工(斜面切り取り工および抑え盛土工)平面図

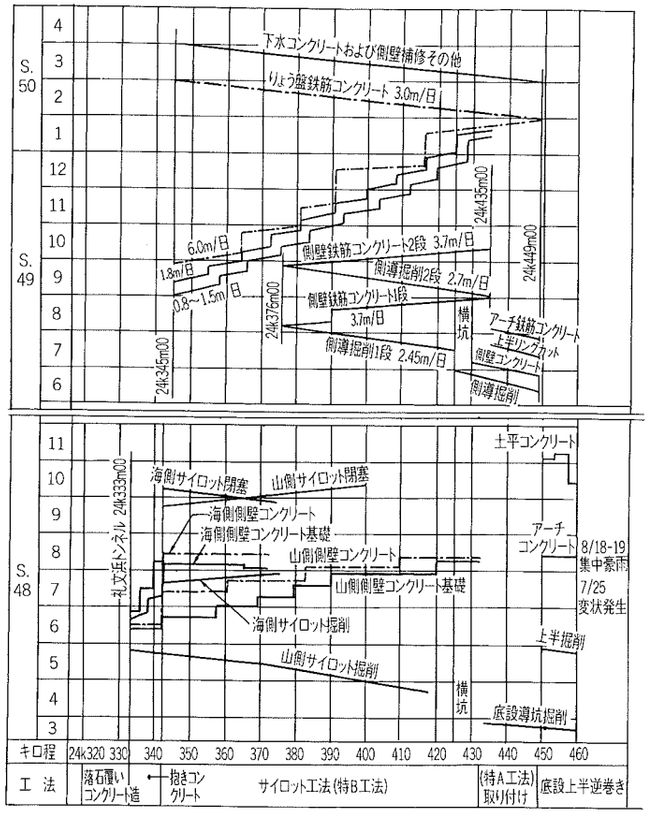


図-7　特殊区間対策工事工程図

路盤下4mまでは風化が著しく，軟弱化が進んでいる．この軟弱な層はトンネルに平行して発達している．また底盤付近の地山強度がかなり低く，地山の初生的な値とは違うものと考えられた．

対策工は，盤ぶくれの量と地山の状況に応じ，図-9に示す3パターンで計画された．基本的にはロックボルトの打設によって盤ぶくれの進行を抑制する考え方をとっている．これは，ロックボルトの機構上，周辺地山が変位して始めてそれに抵抗するようにボルト軸力が発生するため，盤ぶくれそのものをなくすことは難しいが，進行を抑えるのに効果的であるという特性を利用した考え方による．なお，盤ぶくれ区間には既設のものより厚さを増した路盤コンクリート(新路盤鉄筋コンクリート)を新たに打設することで，また著しい盤ぶくれ区間には，新たなインバート鉄筋コンクリートを打設して対処している．これらの区間では掘削時における側壁の押し出しに抵抗できるように側壁にもロックボルトを打設している．

対策工の施工は，図-10に示す順序で，昭和56年8月に下り線，昭和57年4月に上り線にそれぞれ切り替え，単線運転により輸送を確保しながら改築を行っている．改築の概略について記述する．

(1)　仮土留め工，線路防護網の設置

改築工事の際の活線側防護のため，上り線と下り線の間に土留め杭と線路防護網を兼ねて50kg/mのレール杭(L=3.0～3.5m，ctc1.0m)を設置した．施工は機械穿孔(ϕ200㎜)を行い，レール杭を建て込んでモルタル充填を行っている．一部箇所には孔壁維持のためϕ300㎜のケーシング掘削を行っている．

(2)　側壁部ロックボルト工

底部掘削時の側壁の押し出しを抑制する目的で，側壁にロックボルト(L=3.0m，D25：SD345)を設置した．ロックボルトには，5tfのプレストレスを導入している．

(3)　路盤鉄筋コンクリート工

旧路盤鉄筋コンクリートの取り壊し，掘削，鉄筋組み立て，型枠設置，新路盤コンクリート打設を1サイクルとして施工した．

(4)　インバートコンクリート工

インバート施工区間は，地質がとくに悪いことが予想されたため掘削延長を1サイクル3.0mとし，側壁部のロックボルトも路盤コンクリート区間より増している．

(5)　底部ロックボルト工

底部のロックボルトは，下向き穿孔となるため，一部ボーリングマシンを使用して施工した．

含有率を求めると，20%前後の値であった．また現地における浸水崩壊度試験の結果，ランクはDであり，水に対して非常に敏感に反応し，土砂化する地質であった．

盤ぶくれが著しい位置で実施した地質調査ボーリングの結果では，地質は変朽安山岩が主体となっているが，

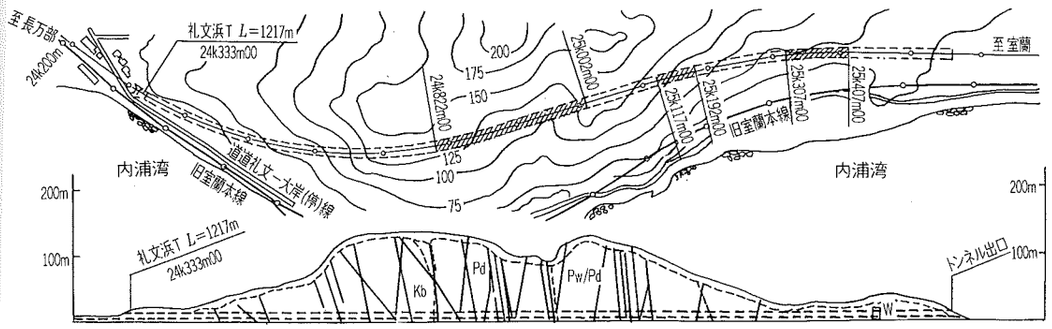


図-8　盤ぶくれ対策工位置図

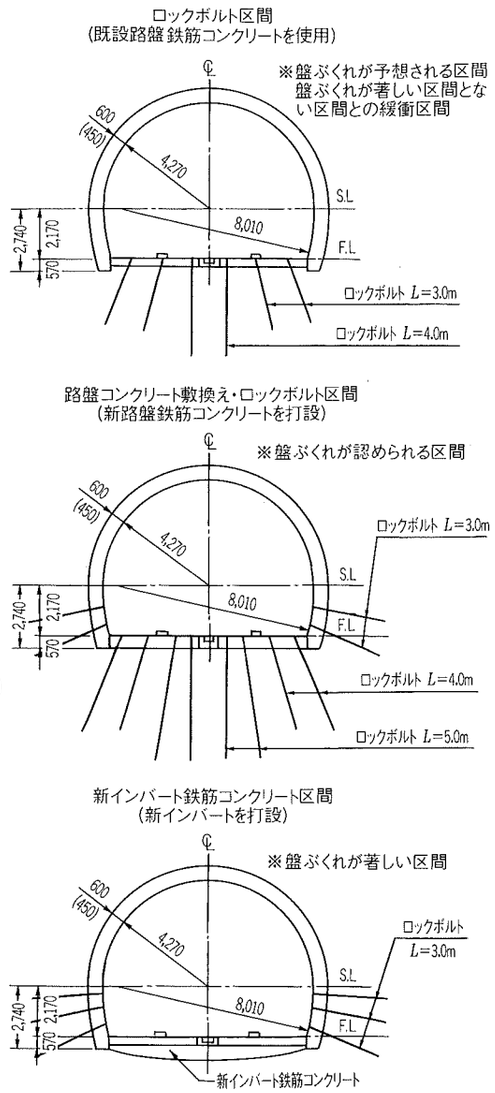


図-9　標準改築パターン図

5.　覆工コンクリート剝落事故

5-1　調査と原因推定

図-1に示すように剝落事故の発生箇所である24k557mは，先に示した大規模な切り取り対策箇所(24k320m～24k430m付近)や盤ぶくれ対策箇所と異なり極端な偏圧地形になく，今回まで際立った変状が認められない箇所であった．

剝落箇所は図-11に示すように，下り線(山側)上部のアーチ部であり，剝落跡の中央部に一部岩塊が確認された．この岩塊を中心に放射状のひび割れが生じており，覆工コンクリートの施工目地を境に，ほぼ円錐状の塊が剝落したものである．

剝落後の復旧対策時に実施したアーチ上部の地質ボーリング結果によれば，覆工直上部には約2～3m程度の厚さと考えられる安山岩溶岩が見られ，その上には相対的に軟質な地山の分布が確認されている．この安山岩には膨張性粘土鉱物が最大13%程度確認されたが，顕著な塑性圧が生じる地山条件にはなく，覆工コンクリートの剝落は，掘削によって生じた地山の緩みの可能性が示唆された．

当該位置の覆工は設計巻き厚45cmであるが，実際には51～52cmであり設計巻き厚を十分上回っており，圧縮強度も290～360kgf/cm²と設計基準強度160kgf/cm²を十分確保していた．また，塩化物イオン量も問題のないものであった．なお，覆工背面には施工時に使用される矢板の存在が確認できなかったことから，少なくとも建

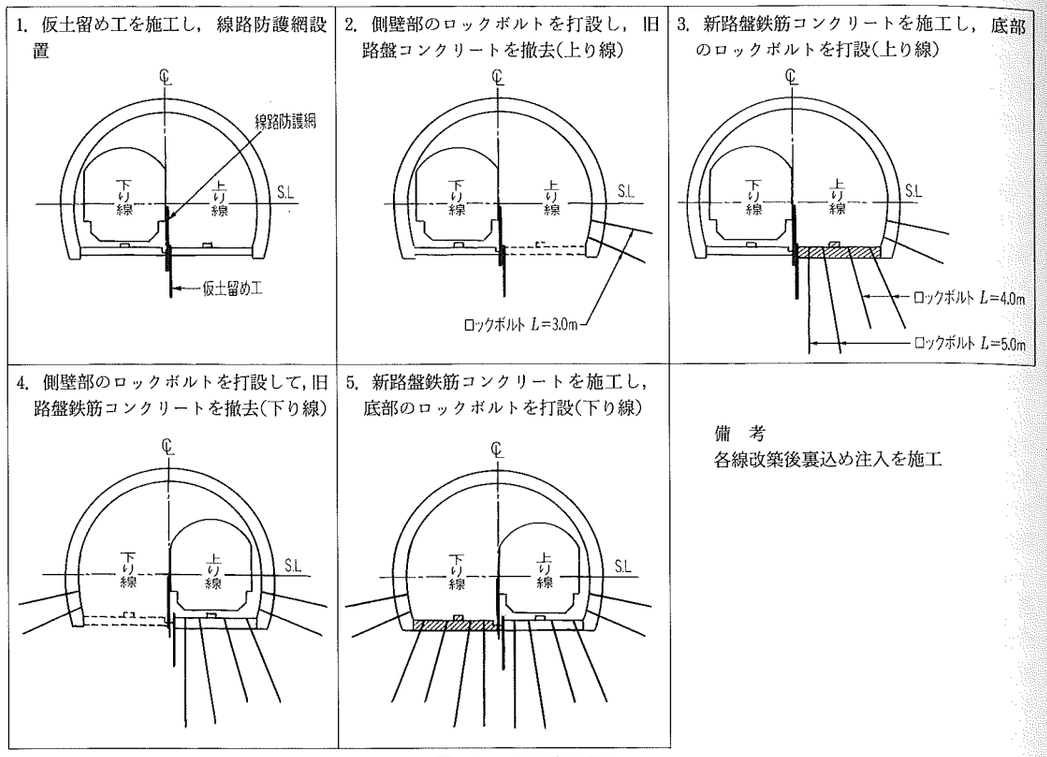


図-10　施工順序断面図

備　考
各線改築後裏込め注入を施工

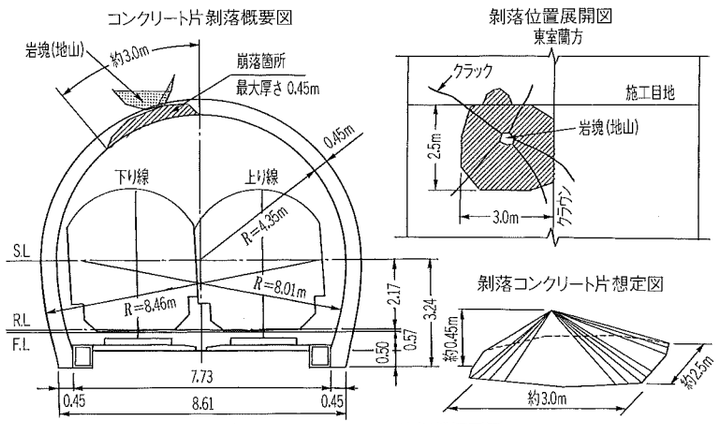


図-11　コンクリート片剥離概要図

設時には，当該箇所の地山が良好であったと推測された．

このように，覆工コンクリートは設計上の条件を満たしていたが，せん断破壊面の大部分は，フェノールフタレインの発色状況や茶色を帯びた付着物($CaCO_3$)から判断して，比較的早い時期に破壊面が生じていたことが予想された．

上記の調査結果や破壊メカニズム確認のための解析結果などから考察して，剥落事故原因は以下のように推定された．

(1)　覆工コンクリートの打設後，比較的早い時期に上部の地山が緩み，アーチ天端付近の突出した岩塊より局部的な地圧が覆工に作用した．

(2)　この地圧の作用により，突出岩塊を中心とした放射状のひび割れが生じた後，押し抜きせん断破壊が生じて破壊面が形成された．

(3)　列車振動や凍結融解のくり返しなどにより，破壊面の先端部に徐々にひび割れが進展した．

(4)　最終的には，剥落塊を支えていた部分に自重により新たな破断面が生じて落下した．

5-2　復旧工事概要

コンクリート塊落下箇所を含めトンネル全長にわたり，目視検査を行い「ひび割れ展開図」を作成するとともに，打音検査により浮きコンクリートなどの確認を行い，各箇所ごとの対策工を決定した．

剥落箇所の対策は，図-12に示すように鋼製セントル(H-150)を50cm 間隔で建て込み，鋼板で覆工を押さえた後，背面の空洞部にモルタルグラウトによる注入を行った．グラウトの硬化後，覆工厚，覆工背面の状態および地山の状態を調査するために，剥落箇所の4か所で $L=4.0$m のコアボーリングを行い，削孔跡を利用して $\phi 29$，$L=4.0$m のロックボルトにて突出岩塊を地山に縫い付けた．

今回の剥落は，破断面の形状やひび割れ性状，建設時の鋼製支保工の錆び具合などから，従来から存在していた放射状のひび割れが指摘された．したがって，剥落箇所以外の他の箇所についても放射状のひび割れや閉合しているひび割れを要注意ブロックと位置付け，次の考え方によって対策工を分類した．

(1)　鋼製セントル補強工

1×1m 程度以上に閉合されるひび割れおよび1×1m 程度以上の要注意ブロックがある放射状のひび割れ箇所(17か所，$L=85.0$m ; c.t.c0.5m～1.0m，$n=99$基)

(2)　L 型鋼補強工

閉合面積が小さいひび割れ，要注意ブロックの小さい放射状のひび割れおよび閉合しないひび割れ箇所(39か所，$n=198$本)

(3)　鋼板補強工

打ち継ぎ目などに生じたジャンカ部(9か所，97枚)

6.　トンネル保守管理マニュアルの整備

平成11年は，6月27日の山陽新幹線福岡トンネルの覆工コンクリート剥落事故を皮切りに，10月9日には山陽新幹線北九州トンネル，そして11月には当社における礼文浜トンネルとトンネル覆工に起因する重大な事故が多発した1年であった．平成12年2月には運輸省「トンネル安全問題検討会(座長：足立紀尚・京都大学教授)」による提言を受けて「トンネル保守管理マニュアル」が作成されたが，当社では，これをベースに北海道特有の事情を加えるなど「トンネル保守管理マニュアル：JR 北海道」を作成した．

当社マニュアルは，近年のトンネル覆工コンクリートの剥落事故を踏まえ，同種事故の再発を防止するための検査および対策工に至るまでの一連のトンネル保守業務の基本的な事項について，指針(マニュアル)の形に取りまとめた．

本マニュアルの検査体系は，全般検査(トンネル状態を把握することを目的として実施される検査)と個別検査(変状などの進行を監視する必要があると判断される場合に行われる検査)からなり，さらに全般検査は定期検査と不定期検査に区分するという従来どおりの検査体系を踏襲したものであるが，定期検査体系の見直しを図ることとし，定期検査は初回全般検査，通常全般検査と特別全般検査に区分した．

(1)「初回全般検査」は，覆工の状態の詳細を把握するとともに，剥落の恐れのある箇所に対する所要の措置を行うことを目的に，至近距離による目視検査および打音検査を行うものである．

(2)「通常全般検査」は，以下により2年を越えない期間ごとに実施する．

①　目視検査を十分な照明を用いて徒歩などにより行う．

②　過去の検査結果および目視検査結果にもとづいて，判定指標により必要と判断した箇所に対し打音検査を実施する．

(3)「特別全般検査」は目視検査の精度を上げるため，通常全般検査に代えて実施するものであり，通常全般検

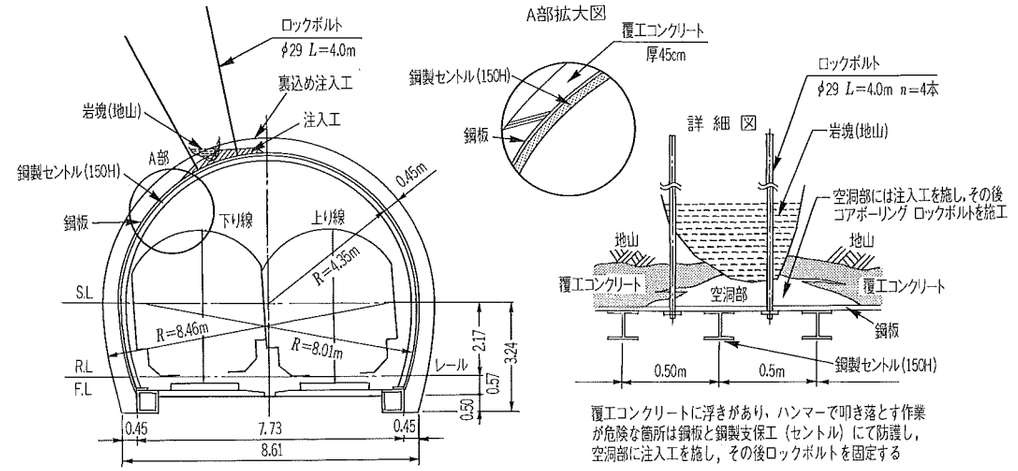


図-12　剥落箇所の補強概要図

査5回に1回(10年以内に1回)の至近距離による目視検査および判定指標により必要と判断した箇所に対する打音検査を実施する.

以上が主な検査体系であるが，冬期間，当社の多くのトンネルに寒冷地特有の結氷現象が生じており，覆工コンクリートの凍害が進展する恐れがある．このため，①従来の不定期検査(地震，大雨，融凍期で変状の発生が懸念される場合の検査)に覆工コンクリートの凍害の進展把握，材料劣化検査を義務付けることとした.

トンネル覆工の剝落，落下防止に対する対策工は，全般検査の段階で判定区分α(要対策)と判定された箇所について行うこととした．なお，②判定区分β(要注意)と判定されたものについても状況に応じて，対策工と同様な予防工を計画的に実施することとした.

7. おわりに

覆工コンクリート剝落事故の調査・復旧工事により，室蘭線洞爺・長万部間は延べ7日間の運休を余儀なくされ，旅客列車340本，貨物列車262本が不通となった．対策工施工後においても，鋼製支保工のひずみ計測，内空変位の計測やトンネル断面測定などを継続的に行っているが，現在までとくに顕著な動向は見られない.

近年のトンネル保守技術や検査機器の進歩は目覚しいものがあるが，本マニュアルは，できる限り現場の保守担当者が理解しやすいことに主眼を置き，参考資料なども数多く添付した．本マニュアルが同種環境下のトンネル保守の参考となれば幸いである.

参考文献

1）国鉄札幌工事局：礼文浜トンネル改良の設計について，1982
2）国鉄札幌工事局：礼文浜トンネル改築後の長期計測，1985.
3）元木暉里・菅原紀男・浅香昌司：礼文浜トンネルの坑口付近の変状について，とびしま技報 No.7，1974.12.
4）矢沢昇・工藤良治・山沢利彦・小林清三・近久博志：盤ぶくれ対策と長期計測，とびしま技報 No.34，1985.1.
5）運輸省：「トンネル安全問題検討会」報告書−事故の原因推定と今後の保守のあり方.
6）(財)鉄道総合技術研究所：礼文浜トンネル事故に関する調査報告書.

「トンネルと地下」バックナンバー在庫状況　　(2001年8月1日現在)

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

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

なお，本誌の創刊号から300号までの総目次が下記の2冊に掲載されております.

- 1987年（第18巻）4月号：創刊号（1970年9月）～200号（1987年4月）
- 1995年（第26巻）8月号：201号（1987年5月）～300号（1995年8月）
- なお，毎年1年間の総目次は，その年の12月号に掲載されております.

連載講座
吹付けコンクリート・ロックボルトに関するQ&A(13)

JTA支保幹事会

吹付けQ.36　吹付けコンクリートの支保工としてのメカニズム・役割について教えて下さい.

A. 吹付けコンクリートの支保工としてのメカニズム・役割については，土木学会トンネル標準示方書(山岳工法編)・同解説に，表-1に示す分類が示されています．重要であるため，解説に多くのページを要しますが，これをもとに吹付けコンクリートの作用機構について解説しましょう.

(1)　吹付けコンクリートの作用効果

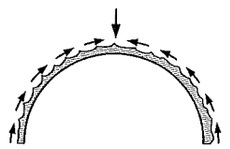
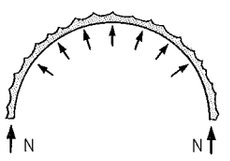
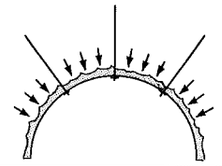
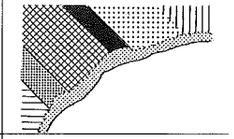
NATMにおける主要支保部材である吹付けコンクリートには，ロックボルトと同様に，本来地山が有する支保能力を有効に活用すること，およびその地山の支保能力が十分でない場合には，吹付けコンクリートの耐力や剛性によりトンネルの安定性を確保することが求められます．吹付けコンクリートが支保工として力学的に機能する場合，一般に，吹付けコンクリートは地山の変位や地山からの荷重に対して受働的に挙動し，地山と吹付けコンクリートの間で相互作用が生じ，地山に対して反力を及ぼします．その結果，吹付けコンクリートによる支保反力を受けた地山内で応力再分配などが行われ，トンネルが安定化する支保効果が得られます．表-1では，このような吹付けコンクリートの作用効果として次の5つを挙げています.

1)　岩盤との付着力，せん断抵抗による支保効果

吹付けコンクリートと周辺地山の境界面には，剝離に抵抗する付着力と境界面に沿ったせん断抵抗力が発生します.

図-1に示すように，吹付けコンクリートに発生する軸力は，アーチ足下の地耐力や吹付けコンクリートと地山との境界せん断抵抗(s)で支持される必要があります．この境界におけるせん断力は地山内部に円周方向応力として伝達され，いわゆる地山内にアーチ状の圧縮応力ゾーンが形成されるのを助けます.

表-1　吹付けコンクリートの作用効果(土木学会トンネル標準示方書(山岳工法編))

吹付けコンクリートの作用効果	概念図
①岩盤との付着力，せん断抵抗による支保効果 吹付けコンクリートと岩盤との付着力により，吹付けコンクリートに作用する外力を地山に分散させ，またトンネル周辺の割れ目や亀裂にせん断抵抗力を与え，キーブロックを保持して抜け落ちを防止し，グランドアーチをトンネル壁面近くに形成させる．割れ目の多い硬岩などに作用効果が大きい.	
②内圧効果，リング閉合効果 比較的厚い吹付けコンクリートが連続した1個の部材として地山を支持することにより，地山の変形を拘束して地山に支保力(内圧)を与え，地山を3軸応力状態に近い状態に保持して，地山の応力解放を抑制する．また，早期にインバートを敷設して断面を仮閉合することにより，支保効果がさらに発揮される．これらの効果は，軟岩や土砂地山などで大きい.	
③外力の配分効果 鋼製支保工，あるいはロックボルトに土圧を伝達する部材として挙動する.	
④弱層の補強効果 地山の凹みを埋め，弱層をまたいで接着することにより，応力集中を防ぎ弱層を補強する効果.	
⑤被覆効果 掘削後，早期に壁面を被覆するため，周辺地山の風化防止，止水，微粒子の流出防止などの効果がある.	

また，図-2に示すように，浮き石やキーブロック，あるいは偏圧など局所的な外力に対して，吹付けコンクリートの一部が梁あるいは版として，その曲げ抵抗力やせん断抵抗力で外力を支持する場合には，想定する梁や版の端部が地山と付着し支持点として機能することが重要となります．すなわち，地山との付着が小さいと吹付けコンクリートが剝離し支点間隔が長くなり，大きな曲げモーメントが発生しやすくなります．

2）　内圧効果，リング閉合効果

トンネルは，アーチ構造を活かして，吹付けコンクリートの軸圧縮抵抗力で外力を支持します．元来コンクリートは曲げ強度やせん断強度に比較して圧縮強度が大きいため，この効果はコンクリートの特性を有効に活かしているといえます．この効果は，図-3①に示すように，土砂地山や亀裂密度の高い軟岩地山など比較的均等な荷重が作用する場合に認められます．また，図-3②のように局所的な荷重が作用した場合であっても，アーチ状の吹付けコンクリートの変形に起因して背面地山に反力が発生し結果的に吹付けコンクリートに作用する力が均等化されていき，この効果が期待できます．この効果の結果，地山は吹付けコンクリートから反力を受けます．これらの反力のうち，トンネル半径方向の成分σ_iは，図-4に示すように，吹付けコンクリート背面近傍の地山応力状態を1軸状態から3軸状態へと改善し，トンネルの安定性が増します．

また，図-5のように断面を閉合しリング化すると，有効にコンクリートの軸圧縮耐力を活用でき大きな荷重に耐えられると同時に，支持面積の増加により地耐力不足も軽減できます．

3）　外力の配分効果

吹付けコンクリートには，外力や，地山と吹付けコンクリートの応力を，トンネル円周方向と半径方向に分散し円滑化させる効果があります．

トンネル円周方向の応力分布を円滑化する例として，

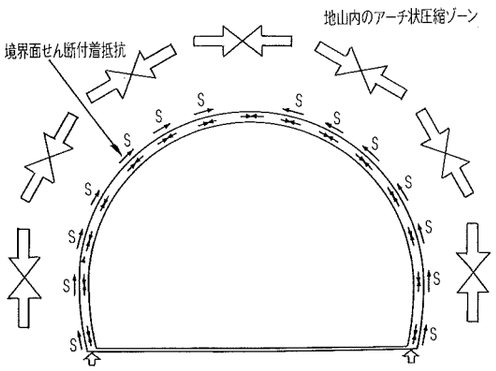


図-1　地山境界面のせん断抵抗による支保効果

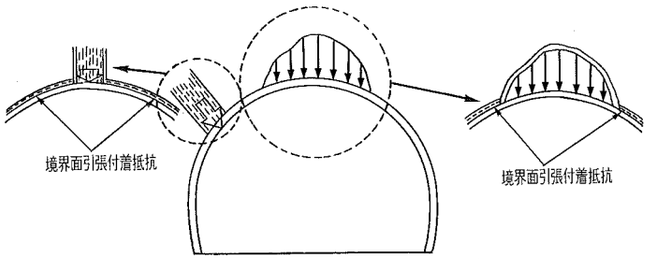


図-2　地山との境界面における付着による支保効果

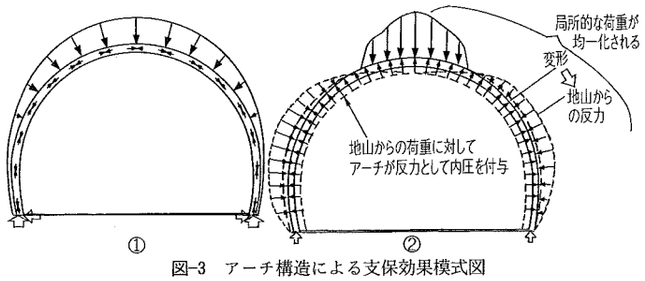


図-3　アーチ構造による支保効果模式図

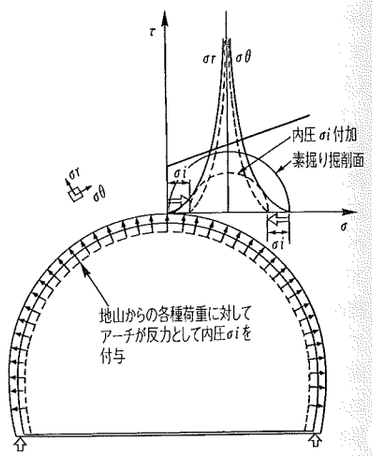
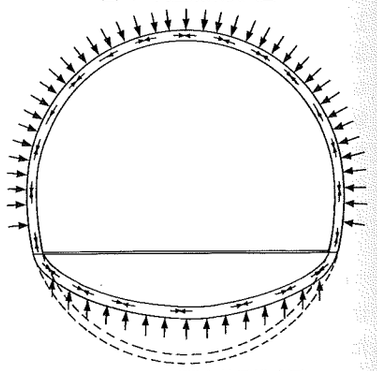


図-4　内圧効果模式図


図-5　リング閉合効果模式図

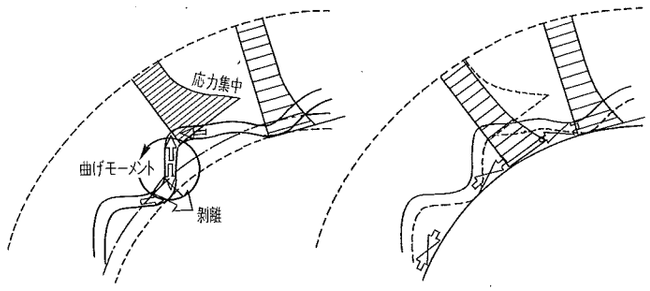
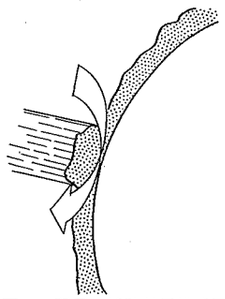
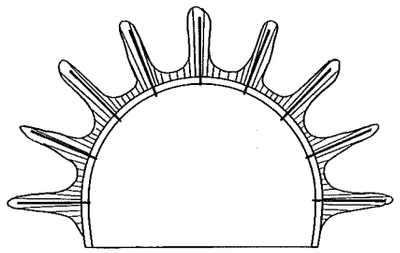


図-6　円周方向応力分布の円滑化模式図(凹部の充塡)


図-8　弱層の補強効果模式図


ロックボルトによる拘束力の分散

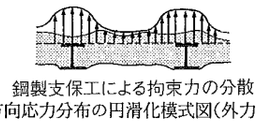

鋼製支保工による拘束力の分散

図-7　半径方向応力分布の円滑化模式図(外力・支保力分散)

変位や作用荷重が大きい地山において吹付けコンクリートの表面に凹凸がある場合(図-6)を示します．この場合，

・吹付けコンクリートや地山に応力集中が生じる
・吹付けコンクリートが剝落しやすくなる
・吹付けコンクリートに曲げモーメントが発生する

などが懸念されますが，凹部を充塡し吹付け表面を円弧状に滑らかに仕上げることで，吹付けコンクリートや地山内の円周方向応力分布が円滑化されます．

また，トンネル半径方向の応力分布を円滑化する例としては，図-7に示すような局所的に配置されたロックボルトや鋼製支保工などの支持効果を面的に拡大して伝達したり，あるいはトンネルに作用する偏荷重あるいは局所荷重を面的に分散して支持することがあげられます．

4）　弱層の補強効果

図-8に示すように，開口亀裂や規模の小さい弱層など地山の弱点となる箇所を，吹付けコンクリートで充塡補強したり，あるいはまたいで比較的しっかりとした地山部分同士を連結・一体化して，地山内の不連続面や弱層の影響を低減します．

5）　被覆効果

掘削地山表面を被覆し，空気との接触による乾燥や酸化による地山の劣化，あるいは湧水と接触による地山の軟化や土粒子の流出などを防止する非力学的な効果です．被覆が十分でない場合，地山の劣化により塑性領域が増大したり，あるいは吹付けコンクリートと地山との付着力が低減・消滅し，吹付けコンクリートの支保効果が期待できなくなり，トンネルの安定性が損なわれる懸念があります．このように直接力学的な効果ではありませんが，地山本来の強度を維持し，吹付けコンクリートの有する支保力を有効に発揮・維持するためには重要な効果です．

(2)　JTA支保幹事会における吹付けコンクリート作用メカニズム・役割分類の試み

一般のコンクリート構造物は力学的に設計されますが，吹付けコンクリートが力学的に設計されることは稀です．これは，吹付けコンクリートの作用メカニズムが，まだうまく整理されていないことが原因であると考えられます．そこで，以下のことを念頭に置いて，吹付けコンクリートの作用メカニズムの再整理を試みました．

①　地山からトンネルへの作用を荷重，吹付けコンクリートをその荷重に抵抗する構造部材と考えると，吹付けコンクリートが支保工として果たす効果を必ずしもうまく説明できないことが多い．これは，吹付けコンクリートと地山が一体化した構造として機能し，掘削による地山の応力変化や変形を，その内部において再配分しているからである．

②　吹付けコンクリートが効率的に機能するためには，地山と吹付けコンクリートとの一体化，いわゆる“付着”が重要である．これにより，地山と吹付けコンクリートが複合構造として機能する．

③　吹付けコンクリートの作用効果やその程度は，地山の硬軟によりその役割が変わり，さらに施工後経過時間(切羽からの離れ，施工段階)に応じて，主に期待すべき作用効果がある．すなわち，吹付けコンクリートの使い分けを考えるべきである．

④　わが国においてトンネル設計時に主に用いられる数値解析手法・FEMでは，多くの場合，吹付けコンクリートのアーチ構造としての効果しか見いださ

れない．しかし，例えば地山の不連続面を考慮した個別要素法などの手法を使った事例では，吹付けコンクリートのせん断補強効果が表現されている．

⑤　タイムリーに施工された吹付けコンクリートは，吹付け直後のまだ十分に硬化していない時点において，たとえそれが薄くとも地山の局部崩壊の連鎖防止に劇的な効果を見せ，地山の安定化に寄与することがある．

⑥　吹付けコンクリートには力学的な効果以外に非力学的な被覆効果が存在し，土砂山の乾燥，風化，湧水による浸食などを防ぎ，それらが重要であることがある．

図-9に，吹付けコンクリートの作用メカニズム・役割を整理したものを示します．まず，吹付けコンクリートが期待どおりに支保効果を発揮するためには，支保部材としての吹付けコンクリートが所要の仕様を満たす必要があります．そこで，支保工として適切な吹付けコンクリートを得るための施工過程の基本3要件として，

①　付着……付着面に“付く”，“付かない”と言った意味での付着のこと．地山(下層)との一体化により，力や変形が互いに伝達され相互作用が生じる

②　充塡……付着層の厚みを確保する．あるいは表面を平滑にする

③　締め固め……付着層を密実化，均質化する

を掲げました．また，強度発現後の吹付けコンクリートの作用メカニズムを，

①　支保機能(力学的単独効果)

トンネルが外部から受ける働きかけを荷重や強制変位と考え，吹付けコンクリートが構造部材として，その軸圧縮耐力や曲げ耐力など力学的特性を活かして荷重や変位に抵抗する，微視的に見た力学的な機能のこと．亀裂性の硬岩地山など特殊な地山条件下では，これだけで十分なこともある．

②　支保効果(力学的複合効果)

吹付けコンクリートは地山全体から見ると非常に薄い部材であり，これの力学的単独効果に着目した

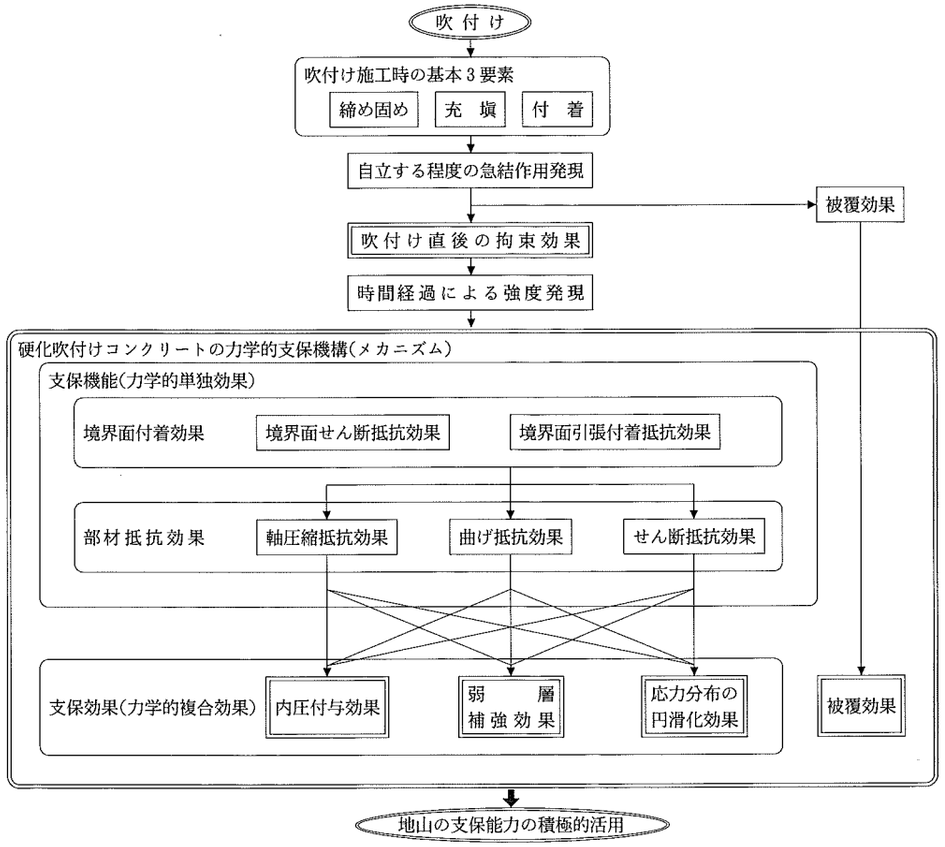


図-9　吹付けコンクリートの作用機構

表-2　支保機能(力学的単独効果)と非力学的効果

効果の分類		解説	根拠となる現象	着目対象	対象となる地山状況	効果が期待できる主たる時期	関連する吹付けコンクリートの物性値など：部材強度特性：圧縮強度	曲げ強度	せん断強度	曲げじん性	弾性係数	境界強度特性：引張強度	せん断強度	断面諸元：部材厚	境界面積	透水性・透気性	補強方法：コンクリート：高強度化	繊維補強	密実化	補強部材：鋼製支保工	鉄筋等補強材
支保機能(力学的単独効果)	部材抵抗効果：軸圧縮抵抗効果	アーチ構造として主に軸圧縮抵抗力で比較的均等に作用する外力を支持する．	内空変位の増加とともに吹付けコンクリートの軸圧縮応力が増大する．極限状態で圧壊する．煉瓦積み覆工が自立する．	アーチ構造としての吹付けコンクリート	全地山	二次吹き以降	○	○			○			○			○			○	
	部材抵抗効果：曲げ抵抗効果	梁あるいは版として曲げ抵抗力で偏圧や局所的な外力を支持する．	局所的に曲げひび割れが発生する．	梁あるいは版としておよそ荷重作用範囲の吹付けコンクリート(梁，版)	亀裂性地山 軟岩地山 砂地山	二次吹き以降	○	○		○	○			○			○			○	
	部材抵抗効果：せん断抵抗効果	梁あるいは版としてせん断抵抗力でキーブロックや浮き石境界や不連続面におけるせん断荷重を支持する，あるいは地山の不連続面に沿った変位を拘束する．	不連続面に沿ったせん断ひび割れが発生する．	荷重作用位置の吹付けコンクリート(梁，版)	亀裂性地山	一次吹き以降			○												
	境界面せん断抵抗効果	地山との境界面に発生するせん断抵抗力で外力を分散・支持する，あるいは境界面に沿った地山の変位を拘束する．	吹付けコンクリートの軸力が下部にいくほど減少する．	トンネル全周にわたる吹付けコンクリートと地山の境界面	全地山	一次吹き以降						○	○					○			
	引張付着効果	地山との境界面に発生する付着力(引張抵抗力)で，局所的な外力に起因するは版としての吹付けコンクリートの剝がれに抵抗し，曲げ部材長の拡大あるいは部分的な落下を防止する．	浮き石を背負った吹付けコンクリートが剝落しない．	およそ荷重作用範囲の吹付けコンクリートと地山の境界面	全地山	一次吹き以降						○	○					○			
非力学的効果	被覆効果	地山を被覆し，空気との接触に起因する乾燥や酸化による劣化，あるいは湧水との接触に起因する地山の土粒子流出や軟化による劣化を防止する．		トンネル全周にわたる吹付けコンクリートと地山の境界面	全地山	一次吹き以降						○	○					○			

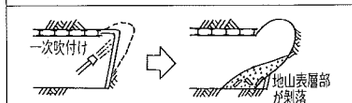
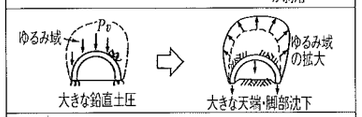
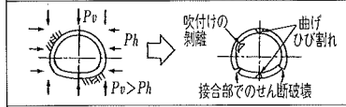
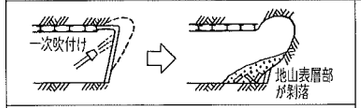
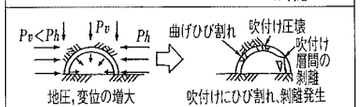
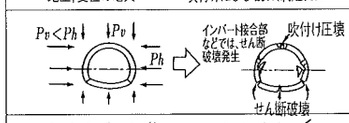
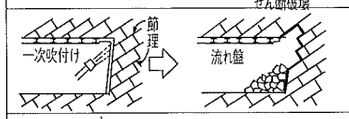
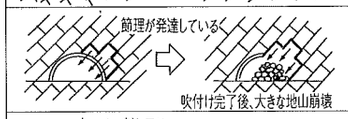
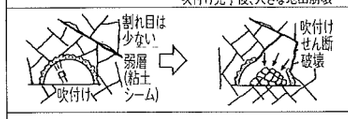
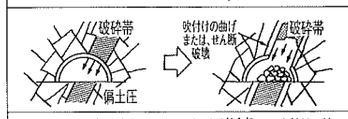
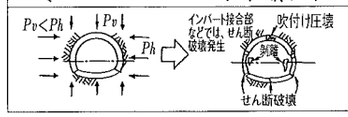
表-3　想定地山において機能している吹

地山種別	想定した地山性状	支保構造の概要	着目した施工段階	各施工段階で期待される支保機能
1)砂質系・粘土質系土砂地山	都市NATMで多い地山である．土かぶりは数m～数十m程度と小さい．砂質系では，未固結で細粒分が少ないため，少量の湧水により切羽の自立性が著しく悪化する．粘土系では，地山強度比が小さく，掘削断面が大きいと切羽は自立しない．鉛直荷重が大きくなると，地耐力が不足する地山である．	ロックボルトと鋼製支保工を併用．リング閉合する．吹付け厚は20～30 cm程度と厚い．ロックボルトが効かないことがある．	一次吹付け時	吹付けすると，天端部から鏡部にかけた地山表層部からの肌落ちが防止できる．
			二次吹付け後	吹付けコンクリートの強度発現とともに，支保応力は増加し，緩みの拡大を抑止する．
			最終時	リング閉合後，地山変位は収束に向かう．変位が大きい場合，接合部などにひび割れが発生する．
2)軟岩地山	一軸圧縮強度は20MPa以下で，変質や破砕作用を受けて切羽の自立性に欠ける地山である．応力解放や乾湿のくり返しによる地山劣化のため，長期にわたり緩み土圧(塑性土圧)が増加する地山である．土かぶりは，数十～100mと中程度である．	ロックボルトと鋼製支保工を併用．リング閉合する．吹付け厚さ20～30 cm程度と厚い．	一次吹付け時	地山強度が小さいが，吹付けすると天端や鏡面からの肌落ちを防止することができる．
			二次吹付け後	十分な吹付け厚であれば，強度発現とともに地山変位の増加を抑止し，緩みの発生を防止する．
			最終時	リング閉合後，地山変位は収束する．変位が大きい場合，接合部などで曲げひび割れが発生する．
3)中硬岩地山	岩片自体は硬質(一軸圧縮強度で20～100 MPa)であるが，節理などが発達し，著しい異方性を示す地山である．割れ目のせん断強度が小さいため，掘削による応力解放などで緩みを生じ，肌落ちや偏土圧を生じやすい．	ロックボルトを併用．鋼製支保工を併用する場合もある．吹付け厚さは中程度である．	吹付け時	一次吹付けにより，節理などに沿った地山の剝離，抜け落ちを防止することができる．
			吹付け後～最終時	吹付け厚の増加と強度発現により，節理や弱層に沿った大きな抜け落ちを防止することができる．
4)硬岩地山	岩片は硬質で割れ目は少ないが，粘土シームなどに沿った大きな岩塊の抜け落ちが懸念される地山である．	ロックボルトを併用．吹付け厚は薄い．	吹付け後～最終時	切羽近傍から後方にかけた断面外の弱層に沿って，大きな岩塊が抜け落ちるのを防止する．
5)断層破砕帯	軟岩や中硬岩地山で，部分的に地山強度の小さい断層破砕帯を伴う地山である．湧水を伴った地山崩壊が発生することがある．	鋼製支保工が必要．吹付け厚は中～厚い．	最終時	吹付けにより，断層破砕帯に沿った地山崩壊や偏圧による支保変状を防止できる．
6)膨張性地山	膨張性を呈する粘土鉱物や組成鉱物の吸水膨張により，長期間にわたって地山変位の増加が見られる地山である．	鋼製支保工が必要．吹付け厚は厚い．	最終時	吹付け厚を厚くし，リング閉合することによって地山変位が収束する．

※各施工段階において機能している支保機能の重み付けは，その時点での相対的な評価を表しており，他の施工段階を含めた絶対的な評価ではない．

【凡例】◎：もっともよく機能している，○：よく機能している，△：少しは機能している，――：対象外の支保機能および支保効果

付けコンクリートの支保機能と支保効果

吹付けコンクリートの支保機能の概念図	急結作用発現時	吹付けコンクリート硬化後								
			支保機能(力学的単独効果)						支保効果(力学的複合効果)		
			境界面付着効果		部材抵抗効果						
	被覆効果	吹付け直後の拘束効果	せん断抵抗効果	引張付着抵抗効果	軸圧縮抵抗効果	曲げ抵抗効果	せん断抵抗効果	内圧付与効果	弱層補強効果	応力分布の円滑化効果
	◎	◎	△ ＊地山強度自体が小さいため，△とした．		△	△	○	△	△	△
	◎	――	△ ＊地山強度自体が小さいため，△とした		◎	○	○	◎	○	◎
		――	△ ＊地山強度自体が小さいため，△とした		◎	○	○	◎	○	◎
	◎	◎	○	○	△	△	○	△	△	△
	◎	――	○	○	◎	○	○	◎	○	◎
		――	○	○	◎	○	○	◎	○	◎
	◎	◎	◎	◎	◎	△	○	◎	△	○	◎
		――	◎	◎	○	○	◎	○	○	○
	○	○	◎	◎	△	○	◎	△	○	○
	◎	◎	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	◎	◎	○	○	◎	○	○	◎	○	◎

果

だけでは，トンネルが安定することを説明しきれないことが多い．実際には，トンネルがさらされる様々な荷重や変位などに対して，各部の吹付けコンクリートは様々な支保機能(力学的単独効果)を複合的に発揮しており，その反力などにより地山との間で力のやりとりを行っている．これはむしろ，地山と吹付けコンクリートを複合構造として考え，内部の応力やひずみの再配分として捉えることで，トンネルの安定化の説明ができる．

に大別しています．これらの機能や効果の解説を表-2に示します．また，表-2より詳細に地山を区分した場合の，地山性状および施工段階に応じて発揮される吹付けコンクリートの効果を表-3にまとめて示します．これらの解説は，別の機会に行いたいと思います．

(文責：富澤直樹・(株)鴻池組/熊谷幸樹・飛島建設(株))

吹付けQ.37　有限要素解析における吹付けコンクリートのモデル化について教えて下さい．また，モデル化にあたってどのような点を考慮する必要があるのでしょうか？

A.　2次元の有限要素法(FEM)を対象として説明します．

(1)　要素モデル

吹付けコンクリートは，通常の厚さが5～20cm程度の薄肉部材です．そのため，FEMでは一般的には以下のような要素モデルでモデル化されます．

①　平面要素
②　棒要素
③　梁要素
④　格子枠要素

上記の4つの要素モデルについて簡単に説明します(図-1参照)．

1)　平面要素

これは，地山のモデルと同様の3角形あるいは4角形の要素でモデル化するものです．モデルの作成にあたっては，地山モデルと同様の取り扱いができるというメリットがあります．しかしながら，吹付け厚さが薄い場合には細長い扁平な要素となるため，数値解析の精度上あまり好ましくない面があります．また，発生軸力・曲げモーメントを算出するために要素応力から換算するという手間がかかります．

2)　棒要素

棒要素は軸力だけを伝達するモデルです．曲げモーメントは考慮しません．吹付けコンクリートは薄肉部材で

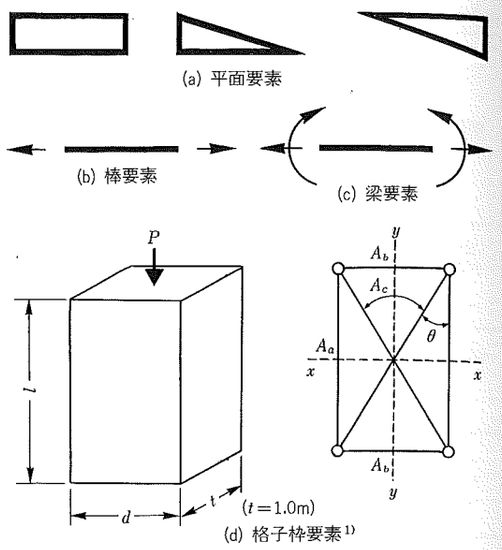


図-1　吹付けコンクリートの要素モデル

あるため，軸力だけを期待して曲げモーメントを考慮しないという考え方です．吹付けコンクリートは構造上アーチ形状になっているため軸力部材として地山荷重に抵抗します．

3)　梁要素

梁要素は軸力に加えて曲げモーメントを考慮できます．吹付け厚が比較的厚く，吹付けコンクリートが曲げにも抵抗すると考えられる場合に用いられます．

4)　格子枠要素[1)]

格子枠要素はラティス要素とも呼ばれ，図-1に示したように6本の棒要素から構成されます．これは，棒要素を格子に組んだモデルにして曲げを考慮できるようにしたものです．格子枠要素では，解析で得られた6本の棒要素の軸力から要素としての断面力を換算します．格子枠要素は二次覆工など厚肉部材のモデル化のために考案された要素ですが，現在はあまり用いられていないようです．

これらの要素モデルのうち，棒要素と梁要素が現在よく用いられています．今後，吹付けコンクリートの作用効果や支保メカニズムに関する研究がさらに進むことにより，上記とは異なる要素モデルが提案されるかもしれません．

(2)　入力物性値

コンクリートの弾性係数は，強度と相関があり，コンクリート標準示方書では設計基準強度18N/mm²の場合，普通コンクリートで22kN/mm²となっています[2)]．一方，吹付けコンクリートでは，設計基準強度18N/mm²の場合でも，入力物性値として弾性係数22kN/mm²を用いるこ

とはありません．吹付けコンクリートは，通常のコンクリートのように養生脱型後荷重を受けるという形態ではなく，施工直後から地山荷重を直接受け支保部材として抵抗します．若材齢時から支保部材として抵抗しながら強度発現していくため，弾性変形以外にクリープ変形や乾燥収縮の影響も受けます．このため，クリープ変形や乾燥収縮の影響を考慮した等価な弾性係数として3～4kN/mm²程度を用いることが多いようです[1)]．また，解析ステップごとに弾性係数を変化させていく場合もあります[3)]．

(3)　付着に関する考え方

吹付けコンクリートの作用効果を考える場合，吹付けコンクリートと地山の付着ということが問題となります．吹付けコンクリートと地山の付着力の大小により，吹付けコンクリートの破壊モードがせん断破壊(付着力大)と曲げ破壊(付着力小)に変わることがあります[4)]．したがって，数値解析を行う場合も本来は付着ということを十分考慮に入れなければなりません．しかしながら，上記の4つの要素モデルはすべて吹付けコンクリートと地山が完全に付着しているモデルになっています．すなわち，吹付けコンクリートとしての支保効果が最大限に発揮されているということになります．

吹付けコンクリートと地山の付着を考慮するために，地山と吹付けコンクリートの要素の間にジョイント要素あるいはバネ要素を付けることもあります．吹付けコンクリートと地山の付着を数値解析の中に取り入れていくには，付着をどのように評価・モデル化していけばよいのか，物性はどのように求めればよいのかなど，まだまだ不確定な部分が多く，今後の研究・解明が待たれます．

(4)　適用にあたっての留意点

解析を行うにあたって注意すべき点として，吹付けコンクリートの弾性係数と地山の変形係数との関係があります．硬岩地山などでは，吹付けコンクリートの弾性係数より地山の変形係数が大きい場合があります．すなわち硬い物質の中に軟らかい物質を混在させることになります．そのため，吹付けコンクリートが地山を支える支保としての効果をあまり期待できなくなります．一般に，硬岩地山ではその挙動は不連続面が支配的であるといわれておりFEMなどの連続体の解析が適さないことが多いようです．一方，軟岩地山における吹付けコンクリートの支保効果を検討する場合にはFEMによる解析が適しています．

今後，繊維補強吹付けコンクリートや高強度吹付けコンクリートが多く使われていくと考えられます．繊維補強吹付けコンクリートについては，曲げ耐力が改善されることになるので，モデル化として曲げを考慮できるモデルを採用し，部材応力の照査で評価していくことになります．その際限界状態設計法の考え方を取り入れていくことになります．また，高強度吹付けコンクリートの場合は，当然支保耐力が大きくなるわけであり，支保剛性も大きく評価していくことになります．

(文責：篠川俊夫・佐藤工業(株))

参　考　文　献

1)　日本鉄道建設公団：NATM設計施工指針，1996.
2)　土木学会：コンクリート標準示方書[平成8年制定]設計編，1996.
3)　土木学会：トンネルにおける調査・計測の評価と利用，1987.
4)　トンネル・地下空洞小委員会：吹付けコンクリートおよびロックボルトの作用効果と設計，土木学会第30回岩盤力学に関するシンポジウム，2000.

お　知　ら　せ

土木工学社ではホームページを開設いたしました．おもな掲載内容は「トンネルと地下」バックナンバー検索，「トンネルと地下」最新号案内，弊社書籍一覧などです．多数の方にご利用いただけるようお待ちしております．

＊準備中となっておりました“「トンネルと地下」バックナンバー検索”は使用可能となりました・

ドメイン名　http://www.tunnel.ne.jp

土木情報 No.338 今月の主な入札結果

（6月11日～7月10日）

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位百万円
中部地整	東海環状道白山T	戸田・東洋JV	2,750
九州地整	新若戸道路陸上T部土留杭打設試験	ハザマ	222
鉄公・関東	常新，小張路盤他	大林・東洋・植木JV	2,850
鉄公・東京	臨海，大井町St本屋他	大林・戸田・東急JV	2,020
〃	常新，元浅草St第二出入り口建物２	清水・東武谷・池田JV	165
道公・中部	東海環状道潮見T南	三井・国土開JV	4,450
千葉県	上・下水道布設および道路その１	フジタ	170
都・水道局	和田堀給水所内配水管，配水池１号	大成・新井JV	621
〃	町田市薬師台２～金井町85配水本管	大明・佐々木JV	367.58
都・下水道局	千代田区岩本町三丁目付近再構築	日本鋼管工事	150
〃	江東ポンプ所放流渠吐口	大成・飛島・日東JV	795
〃	台東幹線	大成・戸田・青木JV	2,710
〃	多摩川上流雨水幹線その５	五洋・西松・竹中土JV	2,310
〃	谷川雨水幹線その14	西松・日産・小田急JV	975
〃	荒川区東尾久２，６丁目付近再構築	大豊・佐田JV	895
〃	港区北青山３，南青山６付近再構築	アイサワ・南海辰JV	393
〃	東品川幹線流入渠その２	前田建設	220
〃	大田区西馬込２付近枝線	飛島建設	435
香川県	高松西部幹線管渠	アイサワ工業	262.5
函館市	銭亀沢３号汚水幹線１工区	西武・加藤JV	158
〃	〃 ２工区	東急・森川JV	191
千葉市	小仲台雨水13号幹線	三井建設	241.5
木更津市	烏田１号幹線H12の２	錢高組	226
横須賀市	39工区大楠地区第１幹線	地崎工業	208.8
神戸市	谷上区画整理地区汚水管布設その18	中西組	247
〃	〃 その17	王子建設	260
加古川市	神野１号汚水幹線第５工区	本間組	260
篠山市	公下味間新１工区	淺沼組	225.75
高砂市	神爪汚水幹線第１工区	前田建設	274
筑後市	公下６工区	三菱・西田JV	86
〃	〃 ７工区	福田・サンワJV	114
〃	〃 ８工区	松村・堤JV	105
山口市	補助第１工区汚水管	佐藤・三菱・技工JV	900
北九州市	東西連絡管布設13-1工区	鴻池・九鉄JV	730
日高町(兵庫)	日高中央処理区管渠１工区	巴・岡崎JV	273
〃	〃 〃 ３工区	北田・谷口JV	256.5
〃	〃 〃 ４工区	谷垣・祝木JV	221
〃	〃 中央汚水幹線	新井組	283
小郡町(山口)	公下川東雨水幹線１工区	フジタ	303
〃	〃 ２工区	山陽建設工業	222
吉井町(福岡)	吉井地区３号汚水幹線その１	日特・安達JV	56.5
〃	〃 〃 その２	熊谷・西野JV	77
〃	〃 〃 その３	鴻池・平井JV	93
〃	〃 ５号汚水幹線その２	五洋・西見JV	220
〃	〃 新治地内第１工区下水道	淺沼・稲富JV	96

連載講座

線路下横断工法（最終回）

Q & A

「線路下横断工法」連載講座小委員会

線路下横断工法について，線路のはなしから各種工法紹介，施工法の選定と10回にわたり講座を進めてきた．この分野はまだまだ発展開発途上にあり，実際に計画施工する個々のケースも千差万別で，全体的に歯切れの悪い表現が多く，読者の皆様にとっては不満な内容となっていると推察される．

そこで最後に，皆様の実務の一助にしていただくよう，Q&Aを企画した．質問大募集で集まったものと小委員会で出し合ったいくつかの質問をとりあげ，計画，設計，施工，維持管理について実務の参考になるよう，思い切った？回答を用意した．

Q.1：構造形式選定にあたり，とくに留意する点は？

A.1：構造物維持と線路維持の二つの事業者が存在しており，この両者に共通する項目が，施工中の安全と供用開始後のメンテナンスフリーである．

もちろん構造形式は使用目的を満足する形状であることが大前提で，安全面から施工法にも限定されるが，将来の維持管理を考慮したメンテナンスフリーをまず考慮すべきである．具体的には，通常のスパンの場合，支承（シュー）を有する桁形式は特別な場合を除き初期の検討対象から除外し，まず，箱形・多径間ラーメン構造やアーチ・リング構造について検討をはじめることが望ましい．

ただし，既存の道路や水路を切り回しながらの分割施工や，レールからの所要空頭が確保できないことから，桁形式を採用せざるを得なかった事例も過去に多くみられる．

Q.2：施工法選定にあたり，類似した工法も含め検討対象となる工法がたくさんあるが，もう少し絞り込み（淘汰）や分類分けはできないか？

A.2：先にも述べたとおり，線路下横断工法は現在発展開発段階にあり，とくに非開削工法のうちの，エレメントけん引推進・函体けん引推進のジャンルに類似を含め多数の施工法が存在している．

これら非開削工法が登場する前は，工事桁を利用する開削工法がほとんどであった．ところが，フロンテジャッキング工法が開発採用され一気に非開削工法が主流になると同時に，個々の現場に合わせ多くの施工法が開発（改良）され現在に至っている．

現時点では百花繚乱の状態だが，それぞれに一長一短があることも事実であり，近い将来，主体的な工法への絞り込みが進むことは確実で，施工実績が一つのものさしとなるであろう．ただし，個々の現場ではそれぞれに特有の条件があり，実績は少ないが特殊な条件にマッチングした重宝な工法としていつまでも存続する工法もあると思われる．

これは韓国の関係者から聞いた話だが，韓国では線路下横断工法として１工法のみが採用されており，最近の国の監査で新工法の導入が勧告され，実績重視の役所に対し，各種新工法の売り込み説明が激化しているとのこと，一昔前の日本の状態を思い出させる話題である．

非開削工法の分類分けは，当面，エレメントか函体か，けん引か推進かということで進んでおり，それぞれの代表的施工法が，先の施工実績から世の中に認知されてくると推測される．

Q.3：計画設計にあたり，徐行速度はできるだけ大きくとか無徐行でと要望されるが，鉄道にとって徐行の影響はどのように大きいのか？

A.3：鉄道の運行はダイヤと呼ばれる運行表で行われている．列車本数の多い線区では，精密な５秒10秒単位で計画されている場合もあり，その中で一番重要な項目が列車速度である．列車速度は，列車の能力はもちろん線路の勾配，曲線半径，分岐器など線路の条件も加味されて算出されている．

徐行は，決められた定常状態の速度に対し，災害時の応急復旧や線路近接工事の影響といった現場条件の変更に起因して，列車運行の安全を確保するため行うものである．

徐行は，減速から徐行速度，加速といったランカーブを伴い，このための影響が次のポイント(例えば駅)までに回復できるかどうかが徐行速度決定の一つの要素となる．もし回復できないならば，時刻(ダイヤ)変更をしなければならず，その影響は非常に広範囲に及ぶ．したがって，鉄道事業者にとっては無徐行が一番望ましいことだが，徐行する場合でも，その速度はできるだけ大きく設定したい．

もちろん安全が第一であり，線路下横断工事のように常に列車の運行に配慮する必要のある工事関係者にとっても，安全の次に徐行に対して最大限の努力が求められる．鉄道事業者によっては，徐行期間が長くその影響が大きい場合は，徐行のための費用(ブレーキ使用に伴うエネルギー電気代他)を，線路下横断構造物の事業者に請求するケースもある．

Q.4：計画段階では，土かぶりを2m以上とることが望ましいといわれているが，その根拠は？

A.4：ひとことで言えば，これまでの多くの実績から比較的線路へ与える影響が少ない，ということである．

具体的には，列車走行の路盤への影響を深度別に計測したところ，2mを超えると列車走行振動の影響が急速に減衰すること，過去の事例からもトラブルが少ないこと，が代表例である．

その他，エレメントやパイプルーフ施工時に，コンクリートガラやまくらぎ破片といった障害物で苦戦する事例が多く報告されているが，これらは，土留めなどの構造物の残骸を除き，多くが2m以内にあったと記録されている．

しかしながら，最近の事例では，前後の道路への取り付けや下水の縦断勾配から，土かぶり2m以下の工事も多数計画施工されており，土かぶり2m以上は，原則から標準に様変わりしているといっても過言ではないようだ．

Q.5：構造寸法を決めるにあたって，内空余裕はどの程度確保すればよいか？

A.5：必要とする内空断面(機能上必要な断面，内装スペース，保守余裕，将来の補修余裕)は事業者の指示了解が必要である．その他の余裕としては，施工余裕，完成後の地盤に付随した変形余裕などが考えられる．

施工余裕はその名前のとおり，施工法によって異なる．函体けん引推進工法では，施工精度を考慮すべきで，その精度も地盤条件，立坑など施工条件，線形により異なる．

施工余裕絶対量については，まさに多くの実績を積んだ専門業者のノウハウで，マニュアルなどに示されたもの以外についても個々の現場で議論すべきである．回答とはならないが，施工余裕に関する検討を忘れないことと注意喚起することが現時点の回答である．

JES工法では，エレメントけん引精度として1/500を考慮することとしており，特殊な構造として1継手あたり5㎜の内空断面縮小を現時点では考えるよう計画設計している．

地盤に付随した変形としては，完成後の圧密沈下などの他，施工中の地盤のゆるみや乱れによる即時的な沈下現象が発生するケースもあるので注意が必要である．

Q.6：線路横断延長での制約はあるか？

A.6：横断延長が長くなれば，施工法が限定されるが，電車基地など，通常現存する規模での横断延長に関する制約はないと考えてよい．

工事桁を利用する開削工法は，時間と工事費がかかるが対応可能である．

シールドなどの一般トンネル工法は，短い場合は不経済となるが，長くなることでの制約はない．

非開削工法の場合，フロンテジャッキング工法やESA・R＆C工法は100mを越える実施例もあり，理論的にも十分対応できる．エレメントけん引推進工法は，パイプビーム工法のようにスパンに制約を受ける構造形式の場合は限定されるが，アーチやリング構造として用いる場合は100m程度の実績もあり対応可能である．ただし，現時点では，曲線施工が不可能である．

Q.7：線路下横断場所の線路(軌道)がロングレールの場合，必ず定尺レールに置き換えなければならないのか？

A.7：ロングレールを定尺レールにする目的は，レールの張出し防止である．

とくに，基準や規程で決まっているわけではなく，鉄道事業者(保線区など)の判断で対応している．軌道の張出し対策は，定尺レールに置き換える他，まくらぎ側部のバラスト増強や抑え杭の設置といった，軌状の横異動抵抗力の増強策もある．どちらにしろ，線区の特状を熟知している保線担当者と，あらかじめ相談しておくことが望ましい．

Q.8：ＪＲ東日本では，できる限り調査計画段階から鉄道事業者が関与(受託)するようにしていると聞いているが，鉄道に精通しているコンサルを利用すれば問題はないのでは？

A.8：線路下横断工事にとって，一番重要なポイントは，線区の条件を念頭においた基本計画にある．土かぶり，施工法選定，徐行の必要性，などの項目がそれにあたる．

これまでの事例で，基本・概略設計までを自治体などの事業者が行い，詳細設計を鉄道事業者が行うというパターンが多くとられていたが，中には，詳細設計段階で，それまでの基本条件を変更しなければならないケースも見受けられる．その結果，供用開始の大幅な遅れやトータル工事費の増加といった問題が発生し，事業主体である自治体などが大きな被害を被むることとなり，社会的損失も大きい．

したがって，実際の作業を鉄道に精通したコンサルが実施することはもちろん，早い段階で，施工時期，縦断線形，施工法選定などに関して，協議という手法などをとりながらでも，鉄道事業者が関与すべきとしている．

Q.9：エレメント推進またはけん引中に支障物に遭遇するケースがよくあるが，そのときの対処方法は？

A.9：現時点では人力による撤去以外これといった有効な方法はない．

事前調査方法も各種開発が進んでいるが，全体を確実に把握するレベルに達していない．したがって，支障物に遭遇したら，カッタやスクリューコンベヤの正逆回転などを試み玉石などを取り込む努力を行い，それでも処理できない場合は，カッタやスクリューコンベヤを引き出し，人力で除去しているのが現状である．ただし，無理な推進けん引は，線路の上昇や陥没といった危険をはらんでいるので注意が必要である．

エレメントの土かぶりが小さい場合，線区の条件が許されれば，列車間合いを利用して地表から支障物撤去を行った施工事例も多数報告されている．

鋼製エレメントで，土かぶりが大きくかつ延長も長い場合，すでに設置済みの隣接エレメントウェブをガス切断し，横方向から支障物を取り出すこともしばしば行われている．

事前調査で支障物の存在が予想されている場合，上床エレメント部分の土砂を，支障物撤去をしながら安定性に優れる路盤材にすべて置き換える工法(例えば、バンナビー工法)を採用し，その後のエレメント推進けん引工事を安全に施工しやすいよう配慮された事例もある．

いずれにしても，これといった確実な決め手となる対策工法がない現在，施工中支障物に遭遇して無理な推進けん引を行ったため，線路に大きな変状をもたらしたトラブルが多数発生していることを考えれば，まず，人力による撤去を最優先に考えるべきであろう．

なお，多数の支障物の存在が予想される場合，あらかじめ機械掘削不能と判断し，人力掘削で計画することが，工事工程の大幅な変更を防ぐ意味から，現時点では一番の選択肢といえる．

Q.10：線路への有害な変状を起こしてはならないのはもちろんだが，沈下と隆起を比較した場合，緊急に軌道整備することになるが，あえて言うとどちらが対処しずらいか？

A.10：あえて比較するならば，隆起の方が対処に時間と労力を必要とし，復旧にあたり，列車運行に影響を与える可能性が大きい．

沈下の場合，バラストを投入して突き固め，軌道を整正する作業となるが，隆起の場合，これら作業の他に，一旦バラストを撤去したのち路盤のすき取りを行わなければならない．したがって，取り扱う数量が多くなり，復旧に多大な時間を要することとなる．

一般に，工事期間中はレールや路盤の計測が連続して行われており，警戒値を設定して計画的に軌道整備を行うシステムが準備されている．急激な変状を除き，早い段階での対応が，列車への影響防止に有効であることは言うまでもない．

Q.11：路盤陥没事故は，雨上がり時に発生することが多いと聞きますが本当でしょうか？

A.11：最近発生した事例をみると，確かに降雨直後の事例が多いようである．

とくに，エレメント推進けん引を行い，上床部の水平エレメントが設置完了し，側部の縦方向エレメント施工時に発生しているケースが多い．これは，雨水がエレメント施工に伴う地盤のゆるんだ箇所の土砂流出を引き起こし，空洞となり，陥没へとつながったと想定される．

もちろん，上床エレメント施工時での陥没の発生もあるが，同様に，地盤のゆるみに起因し，雨水により空洞化，陥没へとつながったと想定される．

したがって，現場ではあらかじめ，降雨量により点検周期を○時間ごとに実施するなど，線路管理者と相談のうえ決めておくことが望ましい．また，エレメント周辺への裏込め注入をできる限り早期に実施しておくことも，陥没対策の有効な手段である．

Q.12：道路の計画にあたり，前後の取り付けから，線路下で土かぶりゼロとせざるを得ない場合，施工は可能か？

A.12：土かぶりゼロでの事例もないことはないが，決して好ましい計画ではなく，列車運行の安全確保の面から，できるだけ避けたい．

それでもあえて計画せざるを得ない場合，まず，線路の縦断勾配を変更(線路高さを上げる)する案が考えられるが，当然，電化柱・架線・信号などのケーブルなども移動させなければならず，その影響が大きいことから，

実現することはまれである．

土かぶりゼロが非常に危険である要因としては，例えばエレメント施工時，刃口の上部がバラストとなり，掘削に伴い切羽にくずれ落ちて軌道の沈下に直結すること，くずれ落ちないまでも影響が即レールに現れることが考えられる．

したがって，先述したように事前に路盤を安定した材料に置き換え，エレメントをけん引推進する場合の刃口切羽が十分に自立するよう対策を施すことなど，相当大掛かりな事前対策が必要となる．

いずれにしても，十分な施工計画と，監視・緊急線路整備体制の確保，けん引推進といった施工時間の制約，地盤改良を含めた補助工法の実施など，万全の準備のもと，線路管理者の承認が必要である．

Q.13：排水計画や漏水防止で特段の配慮が必要か？

A.13：一般的にいえることは，完成後の構造物からの漏水は，時として地山(路盤)の土砂を流出させ，長い時間経過の後，線路陥没の原因となることも予測されることから注意が必要である．もちろん構造物の劣化や機能障害の原因ともなるので万全を期したい．

また，万が一漏水が生じた場合，直上が線路で列車が頻繁に走っており，その漏水箇所への対策が不可能に近いことから，入念な漏水防止が必要である．

とくに道路の場合，線路下が一番深い位置となることが多く，前後のアプローチ部分からの漏水や雨水も集中し，水没の危険性もでてくる．したがって，構造物からの漏水防止の他，全体の排水計画についても，特段の配慮をしておくことが大切となる．また，排水のためのピットが線路近傍に計画され，その施工に対する線路近接の影響についても十分な検討が必要である．

Q.14：線路下横断工事は，一般に高額な工事費が必要となるがその要因は？　また，コストダウンのための技術開発は成果として現れているのか？

A.14：ご質問のとおり，一般に工事費が割高となっている．その要因は，本講座で紹介したとおり，列車運行の安全を確保するため，多くの制約を受けていることにすべてが起因している．

列車は，自動車や一般通行者に比べ，重く，変状制限も非常に厳しい．そのため施工時間に制約を受け，1日の実作業時間が極端に短かかったり，列車ダイヤが乱れるたびに作業が中止となるなど，全体的に長い工期を必要としている．

また，エレメントを用いる工法に代表されるように，特殊で複雑な施工法を採用せざるを得ない状況にもある．

このような状況のもと，非開削工法の一番手であるフロンテジャッキング工法の開発から，URTやR＆Cといった新しい工法の開発，最近のJES工法の開発に見られるよう絶えず技術開発が行われてきた．また，それぞれの工法についても，作業ステップの簡略化，使用機器の改良，設備能力の見直しといった改善も行われている．

これらはいずれも，安全を基本としたコストダウンが目的であり，それぞれが線路下横断工事というジャンルでの生き残りをかけた競争状態にある．その意味でも，今すぐ，飛躍的，画期的な開発改善はともかくとして，着実なコストダウンは進んでいくと確信している．

Q.15：最近，一般の道路や高速道路での道路下横断計画が多くなってきたが，本講座はそのまま適用可能か？

A.15：各施工法の技術的な考え方はそのまま適用可能と思われる．しかし，対象となるものが線路と道路，列車と自動車と異なること，一般的な対象構造物の設計施工思想に若干の差異があることなどから，とくに，基本計画(構造形式や土かぶり，施工上の制約)，施工法選定，などで参考とならないケースもある．

現在，これまでの実績をとりまとめた標準(手引き)がたまたま線路下ということで整備されている．近々，道路下横断としての標準や手引きが制定されるとのニュースもあり，それまでは，事業者である道路管理者と，早い段階で協議しながら安全でロスの少ない計画設計，施工について，本講座を活用していただければ幸いである．

(文責；土井博己・ジェイアール東日本コンサルタンツ(株)技術第3部長)

シールドトンネルの新技術

シールドトンネルの新技術研究会

B5判・285頁　本体価格4,660円（〒380円）

株式会社 土木工学社　〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16　メイジャー神楽坂

電話 (03) 3267－2888 (代)　振替 00110-8-190072

トンネル ジャーナル

ロンドントンネル受注

西松建設は，英国で世界最長クラスのシールドトンネル工事をセメンテーションスカンスカ社とのJVで受注した．

この工事は，チャンネルトンネル(ユーロトンネル)とロンドン市街を接続する高速鉄道線を建設するチャンネルトンネル・レーリングプロジェクトの最大工区であるロンドントンネル220工区．世界最長クラスの延長7.5kmのトンネル2本(上下線)をシールドトンネルで構築する．来夏には2基のシールド機で2本のトンネルを同時に掘り進める予定．受注金額は日本円で約250億円．

埋め戻しに建設廃土100％利用

帝都高速度交通営団は，シールドトンネルのインバート部や駅舎構築で掘削した道路下の埋め戻し材料として建設排土を100％再利用する方針を固めた．

シールド掘削で発生した余剰泥水や発生土にセメントと固化剤を加えて作った「流動化処理土」を埋め戻しに使う．環境マネジメント活動の一環で，今後は地権者から山砂で埋め戻すよう要請があった場合を除き，原則的に埋め戻しには流動化処理土を使用する．

大深度テーマ14項目を選定

国土交通省の大深度地下利用に関する技術開発ビジョン検討委員会(委員長・黒川洸・東京工業大学名誉教授)は，6月15日会合を開き，本年度末に予定している「大深度地下技術開発ビジョン」策定に向け，本年度に検討すべき技術開発テーマとして「大深度地下構造物の設計技術」など14項目を選定した．

具体的な研究・検討作業は，エンジニアリング振興協会，日本トンネル技術協会，先端建設技術センター，地盤工学会，次世代都市整備技術研究組合，土木学会の6機関が担当．どの機関がどのテーマを担当するかは，同検討委員会が9月に開く次回会合までに決定する．

北神戸線畑山T東行き貫通

阪神高速道路公団が建設を進めている阪神高速道路北神戸線(東伸部)の畑山トンネルが6月5日貫通した．

同トンネルは，北神戸線の最北部に位置する延長575m，98年12月着工．15mほどの深い谷に土を盛り立てないと坑口にたどり着けない状況で，坑口までのアプローチ道路の検討や当地の複雑な有馬層群でのトンネル掘削にあたって，安全対策に万全を期すため，学識経験者を交じえて種々の検討が行われた．

合流式下水道改善策検討へ

汚水と雨水を同じ管渠で処理する合流式下水道の改善を緊急的かつ総合的に進めるために，国土交通省などが設置した「合流式下水道改善対策検討委員会」(委員長・松尾友矩・東洋大学教授)は6月18日に初会合を開き，検討事項や今後のスケジュールなどについて意見交換した．

同検討委員会は，①合流式下水道の実態把握，②改善対策の手法と効果，③改善目標，④対策のあり方，の4項目を審議し，年内をめどに今後の基本方針をまとめる．

藤枝第二トンネル貫通

日本道路公団静岡建設局が藤枝市寺島地内で進めている第二東名高速道路「藤枝第二トンネル」の下り線が6月21日貫通した．

同トンネルは，藤枝市内の北西部に位置し，瀬戸川と谷稲葉川の間の丘陵地を通過する．長さは上り線が309m，下り線が322m．施工は，地盤の地耐力不足や切羽の崩落が予測されたことから，中央導坑併進拡幅掘削工法が採用された．

峯寺弥山トンネルが貫通

日本道路公団中国支社が建設を進めている中国横断自動車道尾道松江線のうち，島根県三刀屋町内で建設中の峯寺弥山トンネルが6月21日貫通した．

同トンネルは，島根県飯石郡三刀屋町大字給下地内に建設しているもので，延長1,343m，幅員9.5m，第1種3級B規格．99年3月から補助ベンチ付き全断面掘削により施工された．

東海環状道(岐阜県側)が着工

日本道路公団中部支社は，6月23日東海環状自動車道の岐阜県側の着工式を行った．これにより同支社が施工を担当する愛知・岐阜県境の工事も本格化，すでにほぼ全面着工している中部地方整備局担当区間とあわせ，2005年愛知万博開催前の開通へ向け大きく前進した．今回の着工区間の瀬戸北IC～土岐南IC間は，愛知・岐阜県境を貫く潮見トンネル(3,303m)，笠原トンネル(1,239m)や7本の橋梁があり，構造物が多いのが特徴となっている．

岡豊トンネル貫通

日本道路公団四国支社が建設を進めている高知自動車道川之江JCT～高知IC間の4車線化工事のうち，南国IC～高知IC間の岡豊トンネルが貫通した．

同トンネルは延長518m，爆破掘削による補助ベンチ付き全断面掘削工法NATM．掘削開始が2000年9月25日で，貫通まで276日を要した．

海外文献速報

(社) 日本トンネル技術協会
研究開発委員会

ベルギートンネル協会研究集会/JOURNEE D'ETUDE DE L'ABTUS LA TRAVERSEE D'ANVERS PAR LE TRAIN A GRANDE VITESSE: LE TRAVAUX EN SOUTERRAUN アントワープを通過する高速鉄道建設へのトンネル技術の貢献/DES LIGNES FERRAIRES A GRANDE VITESSE SOUS LES RUES D'ANVERS Etienne HEMERICKX

TUNNELS ET OUVRAGEES SOUTERRAINS JUILLET/AOUT 2000

アントワープ市内の中央駅(地上在来線駅は営業中)とダム駅(新設)を結ぶTGV路線の建設工事は，単なる一都市内の鉄道建設工事ではなく，TGV南北線建設の一環として実施されるヨーロッパの鉄道路線網に関わる重大なプロジェクトである．

本プロジェクトは，ダム駅にて地上部より地下に入る鉄道トンネルおよび地下駅建設からなり，北部のダム駅を連続地中壁を土留め壁とする開削工法にて施工し(延長314m)，その南端を発進立坑(延長30m)として双設単線トンネル(延長2×1,190m)を土圧式シールド工法またはベントナイト泥水式シールド工法で施工し，レーヌ・アストリド広場に到達立坑が設置される．到達立坑は中央駅の北端に位置し，現在，営業中のアストリド地下鉄駅の直下に建設されるため，沈下対策が必要となる．また，両シールド工法のいずれを採用するかは，現在検討中である．

トンネルの断面寸法は，シールド外径8.4m，セグメント外径8.0m，覆工厚35cmで，インバートを除く二次覆工は施工されない．トンネル線形に関しては，両トンネルの最小純離間は5m，最大土かぶり15m，平面線形の最小曲率半径1,000m(トンネル部の列車速度は90km/h)で，発進部にて最小土かぶり6m，下り勾配2.91%でシールド掘進を開始する予定である(ダム駅のプラットフォームにおける線路勾配も同様である)．トンネル部の中間には避難用立坑が建設される．

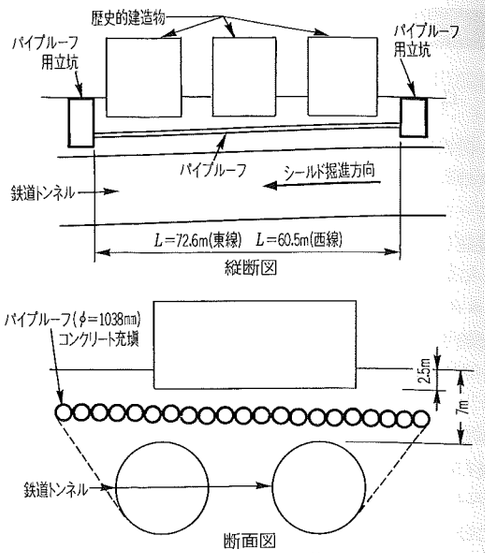


図-1 パイプルーフ工施工図

掘削対象土質は第3紀ベルシェム層で比較的安定しているが，トンネル直上の地表部には歴史的な建造物が多く，それらに影響を与えないことが本プロジェクトの重要な課題である．とくに，発進部においては，基礎の深度が2.5mの歴史的な建造物が位置し，これらの防護工としてパイプルーフ工法が採用された(図-1参照)．

中央駅の南側の工区(延長1,600m)は，高架の在来線の直下の地下に建設されるため，その基礎の盛り替え，地盤改良，桁の補強などの工事が必要となるが，施工法の詳細はまだ決定していない．

アントワープ市内のTGV建設工事は1998年に始まったが，シールドトンネル工事は2000年に開始し，2001年に施工完了予定である．TGV南北線はオランダまで延伸され，2005年に開業予定である．このプロジェクトの総事業費として200億ベルギーフラン(約532億円(1BFR=2.66JPY)が予定されている．

(文責：高野佳博・(株)千代田コンサルタント)

トンネルワールドニュース

(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

香港 Kwai Tsing トンネル貫通へ

香港の West Rail の Kwai Tsing トンネル計画のうち2つのトンネルが貫通する．

初めに，発破工法で掘削された延長1.7km複線断面のHa Kwai トンネルが2000年10月中旬に，続いて11月半ばには香港で最初の土圧シールド機による並列トンネルとなる Tsing Tsuen トンネルの延長1.8km の上り線が貫通する予定である．この掘進が完了した時点で，直径8.6mの NFM 社製シールド機は方向転換し，7か月の工程で2001年早々に掘進が開始される下り線トンネル工事に向けての準備が行われる．

契約金額$246.7万(約296億万円：2001.3)の Kwai Tsing トンネル工事のDB-320工区は2つの主トンネルからなり，いずれのトンネルの施工も Dragages/Zen Pacific JV である．延長1.8km，内径8.4mの Tsing Tsuen トンネルはシールド工法で掘進される単線並列トンネルであり，一方，延長1.7kmで幅13m，高さ9mのHa Kwai Chungトンネルは発破工法により掘削された．この2つのトンネルと延長0.12kmの開削区間によって，Mei Foo から Tsuen Wan West までの3.6kmすべてが完成する．

人口密集地帯における Ha Kwai Chung トンネル工事の発破掘削では，大規模な防音施設の使用が要求された．これは香港特別行政区の環境保護署(Environmental Protection Department)によって義務づけられた厳重な要求を確実に満たすためのものである．さらに，このトンネルの南坑口は，Ching Cheung Trank Road (Ching Cheung 幹線道路)に近接しているため，鉱業署(Mines Department)も，騒音と振動の管理を含めて発破作業に様々な規制を課してきた．

Tsing Tsuen トンネルのシールド掘進においては，本工事でもっとも難工事区間であるとされてきた複雑な地質構造の最終ゾーンへとちょうどさしかかったところだった．

West Rail 担当のスポークスマンは，「シールド機を操作している施工業者のこれまでの経験から，本工事で遭遇する技術的な問題を解決して工程どおりの進行を維持する能力がある．」と語っている．

(T&T'00.11 担当：笠 博義)

ケーブルカー火災事故での教訓

最近発生したオーストリアのスキー用ケーブルカー火災事故の原因について，徹底した技術的調査が行われる予定であるが，これには時間を要するであろう．しかしながら，事故が示唆するものは明確であり，トンネル関連業界が秩序回復の行動を起こすにあたっては，具体的な調査結果を待つまでもない．近年は，トンネル火災の安全性に関して飛躍的な進歩が見られているが，対処すべきいくつかの盲点が存在する．

第一に挙げられるのは可燃性物質である．地下工事での難燃性圧力フルードの使用が認められてから20年が経過したが，わが国最大級の掘削機械の油圧システムには，依然として鉱油の使用が禁止されていない．また，鉱山においては，ゴム製ベルコン用ベルトの使用が禁止されてから30年が経過しているが，トンネル工事においては，現在でも見受けられる．ゴム被覆のケーブル類についても，同様なことが言える．

第二は危険物である．炭坑においてはアルミおよびポリウレタンの使用が禁止されて40年になるが，その理由を記憶している人間は誰もいない．アルミは打撃を受けると発熱する傾向にあり，発火して火災を誘発する可能性がある．ポリウレタンは，加熱されるとシアンガスを発生する．

第三は火災抑止システムである．ディーゼル機器を使用せざるを得ない場合は，自動消火設備の設置が必要であり，タイヤの炎上を想定した対応も考慮されるべきである．

また，機械的起動装置の取り付けで，スパークの発生を回避できるし，相応の機能を有した排ガス清浄器の使用により，ある種の有毒ガスは除去される．とにかく，油圧機器には鉱油が使用されるべきではない．近年においては，難燃性を有した優良な品質の代替え物が流通しているので，鉱油の使用は好ましくないし必要性もない．

Kitzsteinhorn事故での初期調査結果を見ると，前述したいくつかの物質が惨事に関与した可能性もある．Kitzsteinhorn と日常的に建設が行われている無数のトンネルと，どのような差があると言えるだろうか．Kitzsteinhorn では少なくとも，2か所の出口があったのである．

(T&T'01.2 担当 小島健一)

輸送力増強のためのローマの鉄道トンネル工事

'01年7月に，ローマで延長2.2km の Quattro Venti

鉄道トンネル工事が工費2,900万ドル(約36億円)で着工される.

Astaldi/Impregilo からなる Quattro Venti JV は Herrenknecht 社の EPB シールド工法によって，Rome Transtevere 駅から Rome San Pietro 駅までシールド径 7.9m の複線断面のトンネルを掘削する.

地質は，はじめの 300m 区間は凝灰岩・シルト土，および砂礫・粘土層からなり，残り 1.9km 区間は Pliocene 鮮新世海洋性堆積層で，粘土質のシルトおよびシルト質の粘土層からなる.

地下水圧は発進 300m で 1.0～1.5bar であるが，その後，天端上では 3.0～3.5bar に達する．機械は，セグメントを組み立て，内径 7.7m となる.

線路は人口密度が高いMonteverdeおよびTranstevere街区を通る．街区地下には既設の地下鉄や公共埋設物がある．発注者である Ferronie dello Stato SpA は，様々なエクステンソメーターを使用して精密な沈下測定をすることとしている．詳細設計はイタリアの Rocksoil 社が請け負った.

トンネル区間はローマ・Viterbo 線の San Pietro—Rome Transtevere 両駅を結ぶ路線を 2 倍の線路容量にするように設計されたもので，ローマ都心部の鉄道網の拡大にとって重要と考えられる.

(T&T '01. 3　担当　佐藤久靖)

ゴールディスタール揚水発電所

従来の石炭火力や原子力発電所は，電気エネルギーの基本的な部分を供給しているが，揚水式発電所(PSW)は日中のある時間帯のピーク需要をカバーする(負荷平準の)ために必要とされている．Goldisthalにおける新しい揚水式発電所は，ドイツでもっとも大きく，最も現代的な発電所の一つである．取水口付きの上池，導水路，アクセストンネル付きの発電機室，変圧機，放水路および坑口で構成されている.

発電機室は，Goldisthal発電所の中でもっとも大きい地下空洞であり，その空洞諸元は，L=138m，W=26m，H=50mで非常に大規模なものである．隣接する変電機室はL=122m，W=15m，H=17mと発電機室に比べて小規模である．両方の空洞には，1.3kmのアクセストンネルで到達できる.

非常に効果的なコンクリート打設作業が，高圧圧送に適した駆動出力200kWと167kWのPutzmeisterポンプ(BSA2110HO)を使って行われてきた．これらの機械は，タービン基礎，クレーン架台側壁，天井に対するコンクリートの搬送に用いられている．発電機室だけで60,000 m³を上回る量のコンクリートが，打設される必要がある．配管は，一方の空洞側壁に固定された長さ170mに達するZXパイプラインを通して行われた．3つの鉛直配管系が，メインの配管から個々の区画に設置された．コンクリートの流れは，二つの油圧ゲートバルブであるGVH 2/2型を各々出力7.5kWの油圧ユニットと遠隔制御を用いて操作できる.

2機のPutzmeister打設用ブームが発電機室で用いられている．これらのブームは，コンクリート打設には理想的な作業範囲である22mの水平長を有している．平均打設能力は，40m³/h程度である．ポンプタービンと放水口を結ぶ二つの275mの放水路トンネルは，内径8.2mの円形型枠を用いて打設するもので70cmの覆工厚を有するものである．1打設長は10mで，その容量は280～300 m³の間である.

(WT '01. 3　担当　伊藤文雄)

投稿原稿応募のご案内

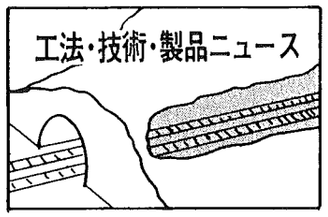
1. 原稿用紙は当社所定（25×12行＝300字詰，ご請求があり次第お送りします）のもの，またはワープロでご提出の場合は横25字詰で打ち，現代用字・用語を用いて執筆してください.
2. 原稿は50枚（15,000字）以内（ただし，図・表・写真のスペースも含む）とし，仕上がりページにして8ページ以内とします.
3. 原稿掲載の採否は，本誌編集委員会で審査のうえ決定します.
4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお送りします.
5. 原稿には，題名・勤務先・役職名・住所・電話番号を明記してください.
6. 原稿は，原則として返却いたしません.

（注：「現場だより」の投稿は受付けしておりません）

送付先　株式会社土木工学社　編集部　投稿係

〒162-0832東京都新宿区岩戸町16　メイジャー神楽坂

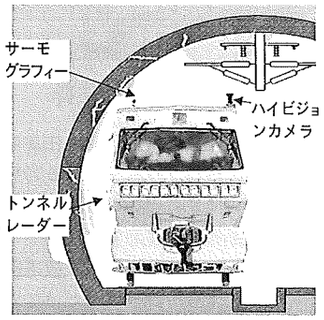
電話（03）3267-2888(代)



走行式コンクリート診断システム

竹中工務店，竹中土木，京都大学，東京大学，東京工業大学は共同で，検査機器を搭載した鉄道車両を走行させながらトンネル内のコンクリートのひび割れ，剝離，空洞の状態を非破壊，非接触で調査・診断する「走行式トンネルコンクリート調査・診断システム」を開発した.

時速5kmで走行する車両にハイビジョンカメラ，サーモグラフィー，トンネルレーダーを搭載し，コンクリートの表層部，内部の状態を点検．収集したデータを評価・診断プログラムに入力，約1m四方の細かなメッシュごとにトンネル内のコンクリートの危険度(補修の緊急度)を総合的に判定する.



コンピューター・ジャンボ

西松建設は，発破による掘削作業を全自動化できるコンピューター・ジャンボを，国内で初めて実工事に導入する.

同機は，削孔，火薬装てんなどの一連の掘削作業をコンピューター制御によって行うもので，同社は香港の道路トンネル工事で同型機2台を使用し所要の性能を確認済み．国内初導入となる八ツ場ダム建設事業関連の吾妻トンネル新設工事では，省力化，工期短縮などにトータルコスト削減効果を発揮できるとみている.

1,500m圧送可能に

住友大阪セメントは，無機材料のみの可塑材を使った裏込め注入材「JETMS(ジェトムス)」の長距離圧送タイプを開発した．これまでの製品では最大でも500～600m程度の圧送しかできなかったが，新タイプは1,000～1,500mの圧送が可能.

同製品は，可塑化薬剤を使わず，無機材料だけで可塑化させることができる．A液とB液の2液を別々にポンプで圧送，打設箇所付近でミキサーで混合し，注入する裏込め注入材．A液とB液を混合すると，プリンのように自立する個体となり，自由な形を形成することができる．注入すると注入箇所の形状に合わせて硬化する.

コンパクトシールド工法研究会

大成建設や熊谷組などの大手・準大手ゼネコン12社に建設機械メーカーのコマツとセグメントメーカーのジオスターを加えた14社が集まり，「コンパクトシールド工法研究会」を6月27日発足させた.

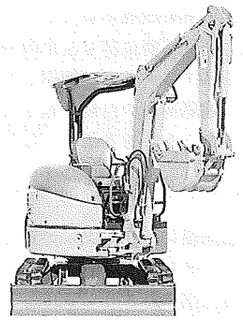
同工法の特徴は管路下部のインバート溝付き二次覆工一体型セグメント．一次覆工と二次覆工を一体化したセグメントを使い，従来の小口径セグメントよりも二次覆工を薄くして掘削断面を縮小し，二次覆工の作業工程も省略する．シールド機は3ユニット構造により分割発進・回収を可能にし，シールド機の転用性を高めた．従来より小さな立坑で，より品質の高いトンネルを短工期で施工できる利点がある.

同研究会では，同工法の普及を目指し，全国で営業活動を展開するほか，汎用性を高めるためにセグメント径の拡大に伴う施工方法の研究開発も行う予定.

ミニショベル2機種

日立建機は，モデルチェンジ2機種，EX20URu-3後方超小旋回ミニショベル(標準バケット容量0.066m³，機械質量1,990kg)，EX20UR-3超小旋回ミニショベル(同0.066m³，同1,990kg)を新発売した.

両機種は，ともに標準バケット容量を0.055～0.066m³にアップするとともにレンタル比率が高まるマーケットにおいて安心して貸し出せるように点検・整備性を大幅に向上．特長としては，①優れた安定性と引き抜き力，②後方を気にせず作業できるスリムなボディ，③パワフルなエンジン出力と広い作業範囲，④バケットホースをアームに内装，などが挙げられる.



連続可変拡幅シールド工法

奥村組は，日立造船，新日本製鉄と共同で，トンネルの断面を部分的に広げることができる「連続可変拡幅シールド工法」(CV拡幅工事)を開発した.

地中で横方向に伸縮するシールド機を使うことで，標準断面のトンネル部分と，断面が広くなる駅などの部分を連続的に掘り進められるのが特色．シールド機は，本体が前胴と後胴に分かれ，中折れする構造．標準部から拡幅部に移る際，中折れ機構によってまず前胴が斜めを向き，断面を横長の小判型に広げて掘進，後胴がこれに追従する．拡幅部から

標準部に戻る際は，再び前胴から向きを変え，シールド機を元の幅に戻しながら掘り進む．シールド機の断面の変化に合わせてカッタが駆動する機構も組み込んである．

施工データ一元管理

佐藤工業は，施工データを一元的に管理する情報化施工システム「SITシステム」を開発した．坑内環境や機械の運転情報などのデータを，現場事務所との間で単一の通信ラインを通じて一括伝送できるようにし，施工の合理化を図る．

同システムは，用途が指定された特定小電力無線局を利用した多重伝送方式をデータ伝送に採用．一つの伝送ラインで多様な情報をリアルタイムで同時伝送できるようにした．坑内に随時増設できる無線通信エリア拡大装置を設置することで長距離多重伝送が可能になり，車両や人の位置をリアルタイムに把握したり，車両の遠隔操作や自動運転を行ったりすることもできるようになった．

スライドロックジョイト

西松建設は，ワンタッチで締結可能なセグメントのリング継手(トンネル軸方向の継手)「スライドロックジョイト」を開発した．

新継手は，ロックリングを内蔵した雌金物に，溝を刻んだ雄金物を挿入するだけでセグメントをジョイントできる．円周方向のセグメント間を一手間で結合できる継手はすでに開発しており，スライドロックジョイントを加えたことでセグメントの完全ボルトレス化を実現した．

完全ボルトレス化の施工は，従来のボルト締結方式の施工に比べ，セグメント外径5mクラスのトンネルを1km構築するケースで工期を10～20%，コストを3%程度圧縮できる．

硬質地盤も削らず推進

NTTは，道路を掘り返さず，土砂もださずに地下管路を埋設できる新たな推進工法を開発した．地盤が振動すると土が流動化する性質を利用．

推進機前面の土に振動を与える「動的圧入推進」の採用で，N値15～30程度の硬質地盤でも圧入できるため，岩盤や礫地盤を除くほとんどの地盤で無排土推進が可能になった．

立坑の小型化や管の接続作業のロボット化も図り，推進機の位置を高精度に制御する技術も導入した．通信ケーブルや下水道管の敷設工事に利用できる．

深礎掘削を完全無人化

大本組は，深礎杭を構築する際の掘削作業を完全無人化するセンターポール式深礎掘削工法を開発した．

深礎杭中心部に設置したセンターポール(厚肉鋼管)を支持・固定軸に上下移動・旋回する掘削・削岩装置を無線による遠隔操作で掘削するもの．これまで人手で行っていた掘削を完全無人化することで作業の安全性を大幅に向上できるほか，作業効率を2～3割高められるとみている．

地盤情報をDB化

ダイヤコンサルタントとGIS・測量設計のシステムメーカーであるジェックは，地盤情報総合ソフトウェアの開発・販売で業務提携をした．

ダイヤコンサルタントの地盤調査に関するIT(情報技術)とジェックの広範なシステム開発力を活用して地理・地盤情報をデータベース化し，建設CALS/ECによる電子納品や地域の防災対策などに有効な総合管理ソフトを「ジオマティック・メーカー」のシリーズで順次製品化する．

高精度にはつり処理

鹿島と，同社子会社の大興物産は，コンクリート構造物の補修・補強工事のはつり処理を高品質に施工できる「コリジョンジェット工法」を開発した．

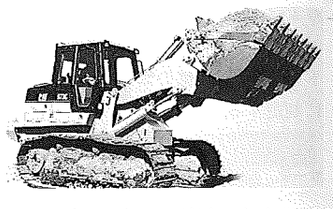
ウォータージェットを二つのノズルから噴射して，適切な角度で衝突させることではつり深さを高精度に制御する．衝突後の噴流エネルギー消散効果により，単一ノズルのウォータージェットに比べ安全性が高い．

3.2m³の履帯式ローダ

新キャタピラー三菱は，モデルチェンジ機CAT973C履帯式ローダ(バケット容量3.2m³)を新発売した．

今回のモデルチェンジでは，CAT履帯式ローダ伝統の駆動方式であるHSTの制御にEHCシステムを採用．車体各部のセンサーと，その情報をもとに車体の動きを集中管理するコントロールモジュールなどの組み合わせにより，従来の機械式制御よりも大幅にパーツを減らし信頼性を向上．

また，新型CMSの搭載により精度の高い故障診断機能を備えている．



プラズマで岩盤破砕

奥村組土木興業と熊谷組，住友電気工業の3社は，プラズマによる岩盤破砕技術(PAB)を共同で開発した．

化学薬品を一切使わず，高効率のコンデンサーと優れた電極，放電回路の開発により，プラズマだけで岩盤を破砕できるのが特徴．騒音や振動，有毒ガスの発生がなく近隣構造物に影響が少ないほか，破砕時に飛散がないため退避などの安全対策が容易．原理・構造が単純なため，現場作業で扱いやすい．さらに，化学反応を伴わないことから，周辺環境を汚さない．破砕力の細かい調整も可能なため，トンネル掘削をはじめ転石処理，ビル解体などに幅広く適用できる．

社団法人 日本トンネル技術協会 会報

1. 会員の現状

	5月25日現在	6月25日現在
正会員	2,474名	2,474名
団体会員	286名	286名
個人会員	2,188名	2,188名
名誉会員	1名	1名
計	2,475名	2,475名

2．委員会の開催状況(6月1日～6月30日)

①調査研究関係委員会

◎契約積算委員会

山岳トンネル小委員会幹事会：6/14(峰田勲幹事長ほか12名)濁水処理マニュアルを検討

同　分科会：6/6(根本敏男幹事ほか5名)会誌原稿を検討

同　同：6/26(根本敏男幹事ほか5名)会誌原稿を検討

◎施工技術委員会

覆工WG：6/13(生馬道紹主査ほか17名)報告書原稿を検討

支保幹事会吹付け分科会：6/29(富澤直樹主査ほか8名)会誌原稿を検討

TBM工法小委員会幹事会：6/25(高津荘太幹事長ほか12名)作業方針を検討

都市トンネル小委員会幹事会：6/27(蒲沢正夫幹事長ほか9名)チェックリストを検討

◎研究開発委員会

トンネル技術白書幹事会：6/27(岩田充功主査ほか7名)作業方針を検討

◎保守管理委員会：6/5(池田尚委員長ほか11名)補修・補強材料調査結果を検討

◎特殊トンネル特別委員会幹事会：6/29(大野清幹事長ほか16名)作業方針を検討

◎換気設備調査特別検討会作業部会：6/19(横田高良委員長ほか10名)調査結果を検討

◎臨海副都心線技術検討会：6/15(山本稔委員長ほか25名)現地視察

◎飯山トンネル他特別委員会：6/21,22(足立紀尚委員長ほか54名)現地視察

◎性能照査型設計特別委員会：6/6(小泉淳委員長ほか16名)指針を検討

◎環状2号線国道2号交差部技術検討委員会：6/26(今田徹委員長ほか24名)設計法を検討

同　幹事会：6/20(真下英人幹事長ほか26名)設計計画を検討

計　16回開催　273名出席

②運営広報関係委員会

◎国際委員会

広報幹事会対外広報WG：6/6(小島健一幹事長ほか12名)取りまとめ方針を検討

広報幹事会国内広報WG：6/6(小島健一幹事長ほか10名)ワールドニュースを検討

◎会誌委員会：6/6(橋本定雄委員長ほか14名)7月号の会誌と3か月計画を検討

計　3回開催　39名出席

合計　19回開催　312名出席

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催等	備考
第4回海峡横断シンポジウム	2001. 9. 2～ 5	ベルゲン（ノルウェー）	ノルウェー公共道路管理局 ノルウェー公認技術士学会	http://www.straitcrossings.com/index.htm
第3回国際会議「トンネル火災」	2001.10.22～25	ワシントン（アメリカ）	ITC(Independent Technical Conferences Ltd.)ほか	http://www.itc-conferences.com/conferences.htm
IS-Kyoto 2001トンネル工学における最先端学理・技術に関する国際会議	2001.10.30～11. 1	京都	地盤工学会 日本トンネル技術協会 国際トンネル協会	http://www.toshi.kuciv.kyoto-u.ac.jp/~iskyoto/
トンネル管理システム国際会議	2001.12. 4～ 6	バーゼル（スイス）	ITC(Independent Technical Conferences Ltd.)ほか	http://www.itc-conferences.com/conferences.htm
INTEY TUNNEL 2001 第5回国際トンネル展示会2001	2001.12. 5～ 7	バーゼル（スイス）	Mack-Brook Exhibitions	http://www.intertunnel2001.com
第28回ITA総会およびコングレス 「現代のトンネル―挑戦と解決―」	2002. 3. 2～ 8	シドニー（オーストラリア）	オーストラリア地下建設・トンネル協会 国際トンネル協会	http://www.tourhosts.com.au/ita2002/
「北米トンネル技術会議 2002」	2002. 5.18～22	シアトル（アメリカ）	アメリカ地下建設協会	http://www.auca.org/conferences/callforpapers.html#tunneling
国際会議 「21世紀における土木工学の革新と発展」	2002. 8	北京（中国）	中国・土木工程学会	Call for papers
「21世紀にチャレンジする先進的な岩盤力学」	2002. 9.24～27	ニューデリー（インド）	国際岩盤力学協会（IRSM）	http://www.cbip.org/ISRM2002.htm
第9回吹付けコンクリート国際会議	2002.11.17～20	湘南国際村（神奈川県）	United Engineering Foundation 日本トンネル技術協会	
第29回ITA総会およびコングレス 「地下空間の再生」	2003. 4.12～17	アムステルダム（オランダ）	VOR・KIvI・COB 国際トンネル協会	http/www.betonvereniging.nl/wtc2003/ Call For Papers 論文概要締切 2002.1.1

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

4. 平成13年度催物現況

催物名	開催日	人数	場所
（見学会）			
ミラノ国際トンネル会議技術調査	2001. 6.10～21	39	イタリア，フランス スイス，オランダ
営団地下鉄11号線現場研修会	2001. 4. 3	26	東京
北九州地区道路トンネル現場研修会	2001. 5.18	28	福岡
港南幹線と八潮共同溝現場研修会	2001. 6. 6	31	東京
名古屋市地下鉄現場研修会	2001. 6. 8	22	愛知
十八条～西島幹線と万代～阪南幹線現場研修会	2001. 7.18	20	大阪
薩摩田上トンネル	2001. 9	40	鹿児島
新親不知トンネルと朝日トンネル	2001. 9.27	30	新潟
（発表会）			
第48回(山岳)「環境にやさしいトンネル施工」 騒音・振動，地下水，坑内環境，生態系の保護，リサイクル	2001.11.26	200	東京
第49回(都市)「大規模な都市トンネルの施工」 大断面(100m²)，大深度(30m)，長距離(2km)	2001.11.27	200	東京
（講習会）			
第3回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2001. 9.27, 28	40	鹿児島
〃 （シールド部門）	2001.11.15, 16	40	東京
大深度地下利用技術報告会	2001. 9	150	大阪

トンネル工事のための土木地質講習会開催のご案内

このたび，日本応用地質学会との共催により下記のとおり開催いたしますので，多数ご参加下さいますようご案内申し上げます．

―記―

目的等：トンネル工事の計画段階から施工までを継続的，段階的に進められる地山条件調査を，調査担当者と設計・施工担当者の立場から解説し，参加者がトンネル工事に必要となる基本的な地形・地質に関する知識を修得するものであり，テキストは「わかりやすい土木地質学(大島洋志監修，土木工学社発行 本体2,500円)」を使用し，講習前半ではトンネル工事に必要な地形・地質に関する基礎知識，調査の考え方などを解説，後半部ではトンネル工事を進めるうえでの特殊な地山条件や地質調査の適用と課題，さらに工事における調査成果の活用に関するパネルディスカッションを予定します．

日　　時：平成13年10月9日(火) 9：30～16：40

場　　所：中央大学駿河台記念館2階
千代田区神田駿河台3-11-5　TEL：03-3292-3111

参 加 費：7,000円(テキスト代含む)．テキスト持参の場合は5,000円

申し込み先：東京都千代田区神田駿河台2-3-14　お茶の水桜井ビル4F
日本応用地質学会行事委員会「講習会係」
TEL：03-3259-8232　FAX：03-3259-8233

「トンネル工学における最先端学理・技術」に関する国際会議
IS-KYOTO 2001 Modern Tunneling Science and Technology

期　　日：平成13年10月30日(火)～11月１日(木)
会　　場：国立京都国際会館　〒606-0001 京都市左京区宝ケ池
主　　催：地盤工学会(JGS)，日本トンネル技術協会(JTA)，国際トンネル技術協会(ITA)
登 録 費：

	8月30日まで	9月１日から
地盤工学会国際会員・JTA個人会員	35,000円	40,000円
非　会　員	40,000円	45,000円
学　　生	15,000円	15,000円

（本会議・展示参加，レセプション，昼食，コーヒーブレイク，現場見学，印刷物代を含む）

会議使用言語：英語(日本語への同時通訳あり)
発 表 論 文：18か国から175編．すべての論文の口頭発表あり．
参加申込方法：添付されている登録用紙に，必要事項をご記入のうえお申し込みください．
会 議 内 容：

〈10月30日(火)～11月１日(木)本会議〉

・トピックス・予定セッション
　1）トンネルメカニズム
　2）トンネルの設計・施工における現場計測，モニタリング，地質調査，物理探査
　3）トンネルの維持管理
　4）山岳トンネルの設計・施工
　5）都市トンネルの設計・施工
　6）地下空洞・地下空間の有効利用と設計・施工
・特別講演
　1）Integral Safety Philosophy of Tunnels in Switzerland and International Comparision　Francois Vuilleumier(スイス)
　2）The Fundamental Mechanisms of Tunneling　田村　武(京都大学)
　3）Flexible Response to Ground Reactions and Advanced Tunneling Technology　Harald Wagner(オーストリア)
　4）Current State and Technical Issues of Japanese Shield Tunnel Technology　小山幸則(鉄道総研)
　5）The Rehabilitation of Tunnel Structures　Henry Russell(アメリカ)
　6）Underground Space Networks in the 21st Century—Infrastructure with New Model Shift and Geotechnology-　花村哲也(岡山大学)
・国内28社による企業展示

・プロシーディングに State-of-art “Tunneling in Japan” を掲載
・ウェルカムレセプション(10/30，京都国際会館にて)
・バンケット(11/1，京都ホテルにて，参加費6,000円)

〈10月29日(月)ショートコース，12：30～17：00，登録料 5,000円〉

1：Application of geophysics to geotechnical engineering
2：Tunnel maintenance in Japan
3：Efforts to integrate tunnel designs for rock and soil environments
4：Face deformation pre-control method in urban tunnels
5：Behaviors of segmental linings constructed by closed-type shield
※上記の５コースより２コースを選択可能

〈11月２日(金)現場見学，９：00～13：00〉

大津放水路(国土交通省)，稲荷山トンネル(阪神高速道路公団)，栗東トンネル(日本道路公団)，京都市営地下鉄東西線六地蔵(京都市)
※上記の４コースより１コースを選択

問い合わせ先：

〒606-8501　京都市左京区吉田本町
京都大学大学院工学研究科土木工学専攻
木村　亮，または，中村里乃
TEL：075-753-5106　FAX：075-753-5104
E-mail　iskyoto@toshi.kuciv.kyoto-u.ac.jp
website　http://toshi.kuciv.kyoto-u.ac.jp/~iskyoto/

第９回「岩盤支保のための吹付けコンクリート」に関する国際会議
SHOTCRETE FOR UNDERGROUND SUPPORT Ⅸ　SUS9

と　　き：2002年11月17日(日)～20日(水)
と こ ろ：神奈川県三浦郡「湘南国際村センター」
主　　催：United Engineering Foundation(UEF)，日本トンネル技術協会(JTA)，International Tunneling Association(ITA)
ご 案 内：

United Engineering Foundation(UEF)，日本トンネル技術協会(JTA)，International Tunneling Association (ITA)が，2002年11月17～20日に掛けて湘南国際村センターにおいて，「岩盤支保のための吹付けコンクリート」に関する国際会議SUS9を共催します．本会議は第９回大会であり，吹付けコンクリート技術に関する現在および将来展望において有益な会議です．本会議のテーマは，吹付けコンクリートの良い施工方法，シングルシェルライニング，吹付けコンクリートの耐久性，吹付けコンクリートの支保メカニズム，悪条件下における吹付けコンクリート，吹付けコンクリートの機械化，

および吹付けコンクリート材料です．

プログラム案：17(日)　登録およびレセプション
18(月)　セッション1～3
19(火)　セッション4，5およびテクニカルツアー
20(水)　セッション6

ポスト・コンファレンス・ツアー(オプション)：
11月20～22日(2泊3日)奈良・京都への旅行

会　議　場：
本会議は，神奈川県湘南国際村センターで開催されます．本センターは，古都鎌倉市に近接した湘南丘陵にあり，富士山や相模湾が展望できます．

論文の募集：
上記テーマに関する論文概要を募集します．概要は英文で最大200語までです．筆者には，概要での採用の可否を連絡します．最終的な論文の採用の可否は，最大10ページの論文に対する査読結果にもとづきます．採用された論文は論文集に印刷します．

書　　式：
UEFによるフォーマットに従ってください(http://www.engfnd.org/authman.html)．
論文の投稿は，オフセット用原稿をJTAのSUS9係宛への郵送と，下記メール・アドレスへのファイル添付で行ってください．

連　絡　先：104-0041　中央区新富2-14-7
(社)日本トンネル技術協会　SUS9係
FAX：03-3553-6145　E-mail：jta@sepia.ocn.ne.jp

言　　語：本会議での使用言語は英語です．

今後の予定：概要申し込みの締め切り：2002.1.31
概要による論文受付承認：2002.2.28
論文原稿締め切り：2002.7.31
会　　議：2002.11.17～20

本協会出版図書実費頒布一覧

種別 図書No	図書名	頒布価格(税込) 団体	個人	一般
[契約積算] 98004	山岳トンネル工事の仮設電力設備の現状	1,000	1,000	1,200
[施工技術山岳]				
5710	硬石NATMにおける二次覆工の設計施工に関する調査研究報告書	3,000	2,700	3,600
5812	NATMの計測指針に関する研究報告書(計測指針案編)	2,200	2,000	2,500
92004	構造物等に近接した山岳トンネルの設計施工に関する研究報告書	4,000	3,600	4,800
96002	トンネルの吹付けコンクリート	5,000	4,500	6,000
96003	山岳トンネル工法における防水工指針	2,000	2,000	2,500
200002	TBMハンドブック・講習会テキスト	25,000	25,000	30,000
[施工技術都市]				
6305	シールド工法の都市トンネルへの適用性に関する調査研究報告書	2,500	2,500	2,500
92001	密閉型シールドの施工管理	3,000	2,700	3,600
97003	セグメントシール材による止水設計の手引き	2,500	2,300	3,000
99002	地中構造物の建設に伴う近接施工指針	2,500	2,000	3,000
[機械資材] 98002	トンネル工事用機械便覧(都市編)	8,000	7,000	9,600
[安全対策] 94001	現場関係者必携　トンネル工事の安全－建設機械編－	2,700	2,400	3,300
6008	現場関係者必携　トンネル工事の安全－NATM編－	2,800	2,500	3,200
90009	現場関係者必携　トンネル工事の安全－運搬編－	2,500	2,300	3,000
92006	現場関係者必携　トンネル工事の安全－山岳トンネル斜坑・立坑編－	2,000	1,800	2,400
96001	現場関係者必携　トンネル工事の安全－山岳トンネル・大断面編－	2,700	2,400	3,300
98003	現場関係者必携　トンネル工事の安全－山岳トンネル・機械掘削編－	2,500	2,300	3,000
99001	現場関係者必携　トンネル工事の安全－山岳・発破作業編－	2,500	2,300	3,000
95003	シールド工事に係るセーフティ・アセスメントに関する指針・同解説	3,000	2,700	3,600
97001	山岳トンネル建設工事に係るセーフティ・アセスメントに関する指針・同解説	3,000	2,700	3,600
[環境保全] 6012	トンネル内吹付けコンクリート施工時の坑内作業環境に関する調査研究報告書	2,200	2,000	2,700
[文献目録] 6020	トンネルに関する文献目録(I)	6,600	6,000	7,200
[講習会・研究発表会・特別講演会]				
6209	ECL工法研究発表会	1,000	1,000	1,000
6308	地下空間利用に関する建設技術研究発表会	1,700	1,500	2,000
95001	ECL工法講習会(設計編・積算資料)	2,000	2,000	2,300
94002	山岳トンネルの地質に関する講習会	1,000	1,000	1,200
91002	吹付けコンクリートに関するフォーラム－日本と欧州の現状－	1,000	1,000	1,200
94006	ワグナー博士特別講演会－TBM－	1,000	1,000	1,200
90001	大深度地下利用技術の現状と将来展望(日本語)	2,500	2,300	2,800
90002	大深度地下利用技術の現状と将来展望(英語)	2,700	2,400	3,000
96007	第二東名TBM発進記念シンポジウム－大断面トンネルの合理的設計施工－	1,000	1,000	1,200
97004	ECL工法講習会	1,000	1,000	1,200
97005	最近の大深度地下利用の動向と協会活動報告	1,000	1,000	1,200
200010	大深度地下利用技術調査小委員会報告書－報告会テキスト－	1,000	1,000	1,200
200011	大深度地下利用技術調査小委員会報告書－モデル検討－	9,000	9,000	11,000
200012	設立25周年記念事業トンネル技術特別講演会	1,500	1,500	1,800
200001	トンネル技術ステップアップ研修会－シールドトンネル－	3,000	3,000	3,500
200004	トンネル技術ステップアップ研修会－山岳トンネル－	2,500	2,500	3,000
6306	第22回施工体験発表会－都市土木におけるNATMの施工－	1,000	1,000	1,000
6307	第23回施工体験発表会－新しいシールド技術－	1,000	1,000	1,000
89007	第25回施工体験発表会－都市トンネルにおける自動化・ロボット化－	1,000	1,000	1,200
90007	第27回施工体験発表会－泥水式シールドにおける泥水の安定管理－	1,000	1,000	1,200
94008	第35回施工体験発表会－シールドの新工法と新技術－	1,000	1,000	1,200
96009	第38回施工体験発表会－TBMによる施工(掘削工法とマシーン)－	1,000	1,000	1,200
96010	第39回施工体験発表会－厳しい条件下における都市トンネルの施工－	1,000	1,000	1,200
97007	第41回施工体験発表会－新工法新技術－異形断面，地中接合，自動化・ロボット化－	1,000	1,000	1,200
98005	第42回施工体験発表会－環境に配慮したNATMの施工技術－	1,200	1,200	1,400
98006	第43回施工体験発表会－最近注目される都市トンネル技術－	1,200	1,200	1,400
99005	第44回施工体験発表会－高速のための関連技術－	1,200	1,200	1,400
99006	第45回施工体験発表会－最近の開削工事における問題点とその新技術－	1,200	1,200	1,400
89002	トンネル年報'89(63年版トンネル工事記録及び会員名簿)	1,800	1,800	2,000
91001	トンネル年報'91(平成2年版トンネル工事記録及び会員名簿)	1,800	1,800	2,000
92008	トンネル年報'92(平成3年版トンネル工事記録及び会員名簿)	1,800	1,800	2,000
93003	トンネル年報'93(平成4年版トンネル工事記録及び会員名簿)	1,800	1,800	2,000
94004	トンネル年報'94(平成5年版トンネル工事記録及び会員名簿)	1,800	1,800	2,000
95002	トンネル年報'95(平成6年版トンネル工事記録及び会員名簿)	1,800	1,800	2,000
96005	トンネル年報'96(平成7年版トンネル工事記録及び会員名簿)	1,800	1,800	2,000
97002	トンネル年報'97(平成8年版トンネル工事記録及び会員名簿)	1,800	1,800	2,000
98001	トンネル年報'98(平成9年版トンネル工事記録及び会員名簿)	1,900	1,900	2,100
99003	トンネル年報'99(平成10年版トンネル工事記録及び会員名簿)	1,900	1,900	2,100
200007	トンネル年報2000(平成11年版トンネル工事記録及び会員名簿)	1,900	1,900	2,100

申し込み・問い合わせ先：〒104-0041　東京都中央区新富2-14-7　新光第一ビル
社団法人日本トンネル技術協会　TEL：03-3553-6174　FAX：03-3553-6145

編集後記

■安定的な税収が確保される道路特定財源を本来の目的以外の一般財源にしようという動きが話題になっています．「14年度は環境づくり，15年度以降(一般財源化に)本格的に取り組む」と塩川財務相は国会審議でこう明言しています．

■そもそも揮発油税(ガソリン税)や石油ガス税などの主な道路財源は，故田中角栄氏の議員立法がルーツで，道路整備緊急措置法によって用途が限定され，道路の「緊急かつ計画的に整備」が目的であり，同法に基づく道路整備５か年計画が策定された昭和29年以降，更新を繰り返し，現在の12次計画に至っているわけです．そこで現行の５か年計画が終了する14年度末を一般財源化のタイミングにしようということらしいのです．

■日本の道路網はある程度整備されたし，もう新たな道路は要らないという意見もあります．でもこの道路特定財源はもともと道路を造るための目的税として導入されたわけで，本来の必要性がなくなればこの目的税は税率を下げるとか廃止するのが筋ではないでしょうか．安易にほかの用途に振り分けようとするのはいかがなものでしょうか．もしどうしてもほかの用途で必要ならば，○○税など新たな財源を設けるのが筋でないでしょうか．応益負担の原則です．

■道路利用者として，また，道路特定財源の納税者のひとりとして言わせてもらえるならば，道路は本当に整備されたのだろうかということです．確かにクマしか通らないところに道路は不必要でしょう．でも自動車事故による死者は年間１万人近くにもなり，負傷者は100万人を超すといわれています．道幅より狭くなっているトンネルや橋，歩道の整備がない国道，交通障害となる電柱など事故に直結するような道路条件があまりにも多すぎます．また，渋滞の緩和，雨天時の運転を軽減する排水性舗装や透水性舗装の整備など現状の道路整備では，利用者にとって安全性・利便性からはまだまだ不十分ではないでしょうか．事故のない道路造りを目指し，顧客(利用者)の満足度をもっと考える必要があると思いますが．

■夏バテぎみのみなさん，暑さもまだ続く８月．しっかり食べて，十分なる睡眠が欠かせませんよ．「石麻呂にわれ物申す夏やせに　よしという物ぞ鰻とりめせ」．

次　号（９月号）予　告

巻頭言……三宅　文男
掘削領域を考慮したシールド機作用力モデルの提案……杉本　光隆
Aphichat Sramoon
大土かぶりトンネルでのTDEM法による地質調査……佐伯　則幸
東北新幹線　金田一トンネル南工区　佐々木照夫
小林　由委
原　敏昭
東京港第二航路海底トンネルの耐火設計と施工……大野皓一郎
吉田　俊昭
伊藤　弘文
安藤　武志
シールド併走部におけるNTT洞道への影響について……犬塚　敏昭
福岡市営地下鉄３号線　渡辺通北工区　西　広行
TBMによる大断面急勾配斜坑掘削……前島　俊雄
東京電力(株)　神流川発電所水圧管路　久保田克寿
澁谷　武弘

[連載講座]
吹付けコンクリート・ロックボルトに関するＱ＆Ａ(14)…JTA 支保幹事会
大深度地下利用(1)……山本　健一

トンネルと地下〔通巻372号〕

(無断転載を禁ず)
ISSN 0285-631X
Tonneru to Chika

平成13年７月20日　印刷
平成13年８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

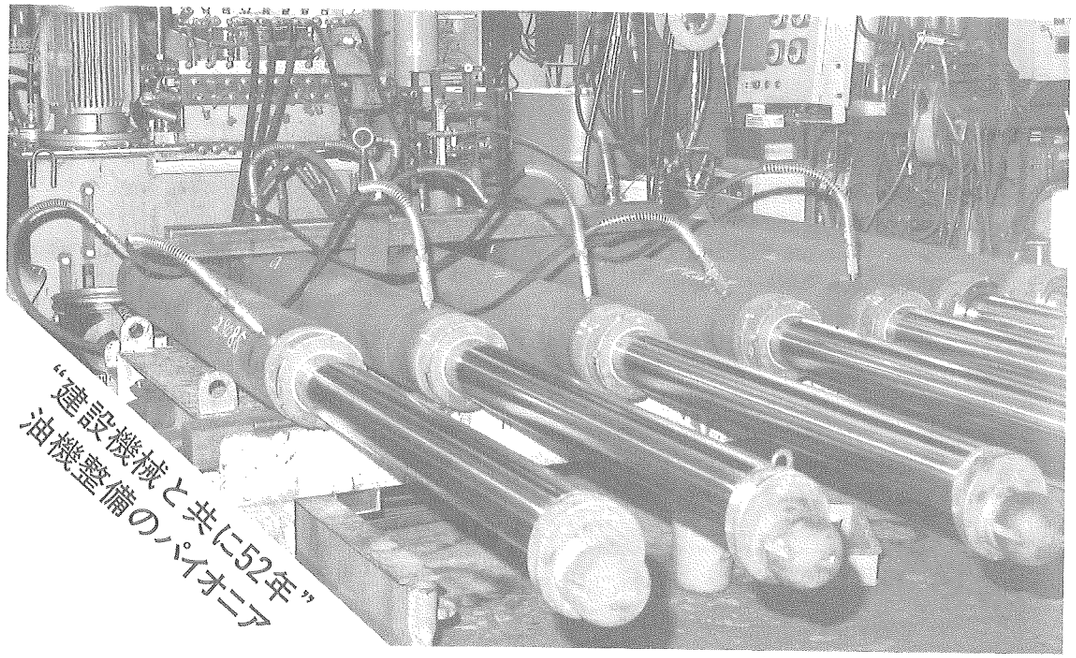
１　冊　1,230円(送料108円)
(本体価格 1,171円)
６か月　7,380円 送料共
１か年　14,760円 送料共

※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

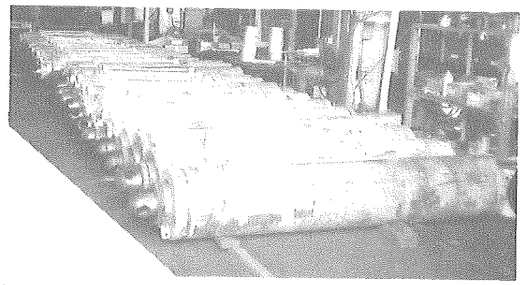
本誌広告のお申込み方法

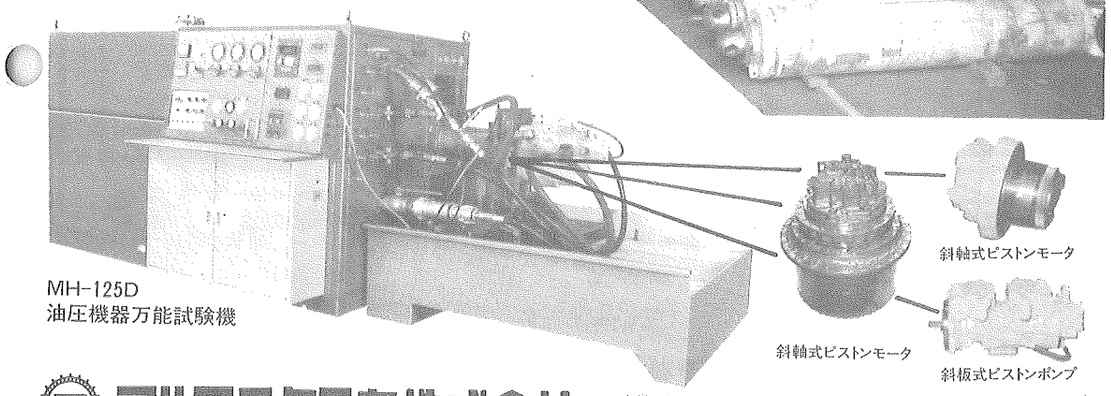
本誌への広告掲載は「トンネルと地下」営業部までご連絡ください．電話 (03) 3267-2888(代)

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ダー
- MH-125D、MH-250試験機で万全テスト





MH-125D
油圧機器万能試験機

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 042(751)3809(ダイヤルイン)　FAX 042(756)4389(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　〒485-0037
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】

セグメントの新技術

監修　小泉　淳

B５判　132頁　定価(本体価格2,000円＋税)　〒310円

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

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

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

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

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

〈セグメントの新技術〉

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

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

き―り―と―り―線

《ご 注 文 票》

セグメントの新技術 _____ 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術

シールドトンネルの新技術研究会編　代表　鈴木　　章

B５判 約280頁　本体価格4,660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術を実務経験者を中心にまとめたものである．本書の特色は，シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性の現況をまとめたうえで，新技術について調査・計画編，設計・施工編とに分けて，その理論と実際についてソフト，ハードにわたり記載されている．また，これらのことを実務にすぐさま活用できるように，付録としてセグメントの設計，地盤変位予測解析，施工計画についての計画・設計例も紹介されており，実務者をはじめトンネル技術者のニーズに応えた内容となっている．

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

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メイジャー神楽坂
電話 (03)3267-2888(代)　振替 00110-8-190072

き―り―と―り―線

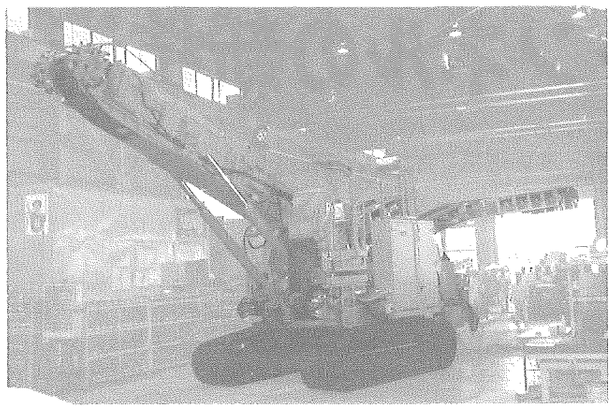
《ご 注 文 票》

シールドトンネルの新技術 _____ 冊　申込みます．

所 在 地　〒(　　)
事業所名　　☎
部 課 名　　申込者名　　㊞

TAIKU

CL301E型
カッタローダ



強力な掘削

最大掘削高さ6.6m

特長

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

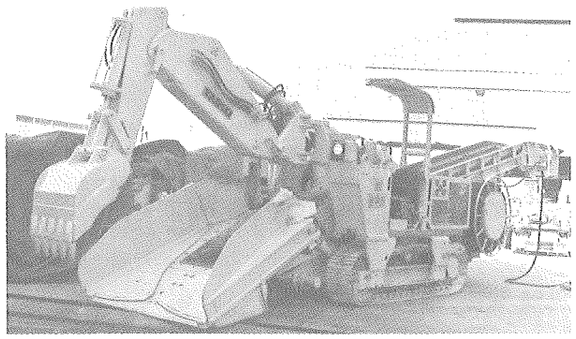
トンネル掘進機の本命・カッタローダ

山岳土木の豊富な実績を基に，なお開発に挑戦します。

RL型タフローダ

油圧式ズリ積機

アタッチメントとして
カッタヘッド
油圧ブレーカ搭載可能



RL10

型式	RL10	RL5
適用ズリ取断面	7～30m²	4～14m²
油圧パワーパック	45kW	31kW
ベルトコンベヤ能力	150m³/H	70m³/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

吹付けコンクリート用急結剤

「太平洋ショットマスター」



1 急結性に優れています

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

2 短時間強度長期耐久性が良好です

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

3 塩化物を含んでいません

塩化物を含んでいませんので
ロックボルト・鋼製支保工等の鋼材を腐食させません

優れた付着性!!

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

太平洋マテリアル株式会社

●営業本部 土木資材営業部　〒103-0023 東京都中央区日本橋本町4-8-15 ネオカワイビル7F　TEL.03-3278-5319
○北海道支店／TEL.011-221-5855　○東北支店／TEL.022-221-4511　○東京支店／TEL.03-3278-5331
○北陸支店／TEL.076-234-1670　○中部支店／TEL.052-452-7141　○関西支店／TEL.06-6228-6660
○中国支店／TEL.082-261-7191　○四国支店／TEL.087-833-5758　○九州支店／TEL.092-781-5331