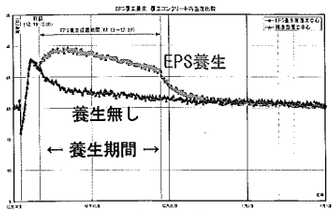
トンネルと地下　平成21年7月1日発行第40巻第7号　昭和45年11月18日第3種郵便物認可
出版元　株式会社土木工学社　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂







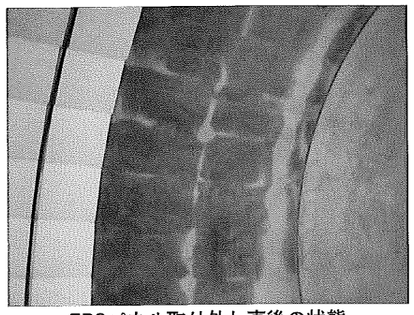
温度測定結果

| | 養生無し | EPS養生 |
|---|---|---|
| 反発度（平均） | 33.8 | 36.3 |
| 推定強度 N/mm² | 24.9 | 28.1 |
| 強度比 | 1.0 | 1.13 |

強度測定結果
（シュミットハンマー）

実績および採用決定（平成21年5月現在）

| 施主 | 実績 | 採用決定 |
|---|---|---|
| 国土交通省 | 4 | 3 |
| NEXCO | 3 | 2 |
| 地方自治体 | 5 | 1 |
| 合　計 | 12 | 6 |


EPSパネル取り外し直後の状態

●温度測定結果より、保温養生効果を確認。

●シュミットハンマーテスト（材令28日）の結果より、
強度の増進を確認。
保温・保湿養生の効果。

●弾性波レーダーによる鋼球接触時間測定結果より、
表層の硬さ（弾性係数）の増大を確認。
表面の乾燥収縮ひび割れに対する抵抗性の増大。

FUDO TETRA
株式会社 不動テトラ
建設本部
〒103-0016　東京都中央区日本橋小網町7番2号
TEL　03-5644-5025　FAX　03-5644-8576

特許登録番号第3977849号

大栄工機株式会社
〒526-0842　滋賀県長浜市春近町90番地
TEL　0749-64-0246　FAX　0749-63-6765
【営業品目】
各種鋼製型枠（セントル）の設計・製造・販売
トンネル用機材一般/土木資材の販売
鋼製支保工の製造販売

実施権許諾第10396号

QJ 01466/ISO 9001:2000


定価 1,575円
本体価格1,500円
雑誌06619-7
4910066190798
01500

昭和45年11月18日第3種郵便物認可　平成21年7月1日発行（毎月1回1日発行）　第40巻第7号　通巻467号　ISSN 0285-631X

# トンネルと地下 7

vol. 40
no. 7
2009

Tunnels and Underground

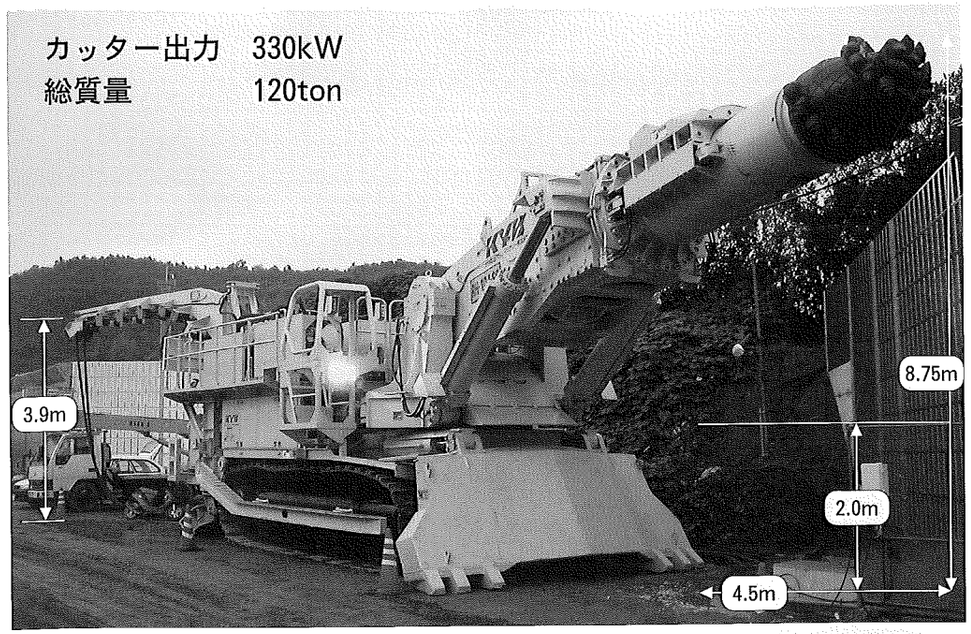
複数の開削予定小土かぶり区間を地盤改良によりNATMで貫く
小土かぶりの住宅直下における無導坑めがねトンネル
鉄塔直下の掘削と供用線への避難連絡坑の接続
泥水式と土圧式に切替え可能なシールドによる長距離施工
未固結粘性土地山における都市NATMの設計・施工管理手法の提案

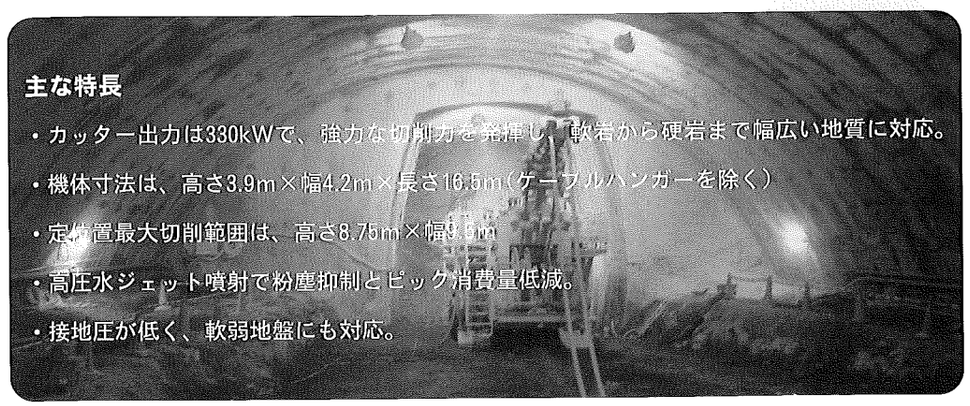
日本トンネル技術協会誌



ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

# RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー





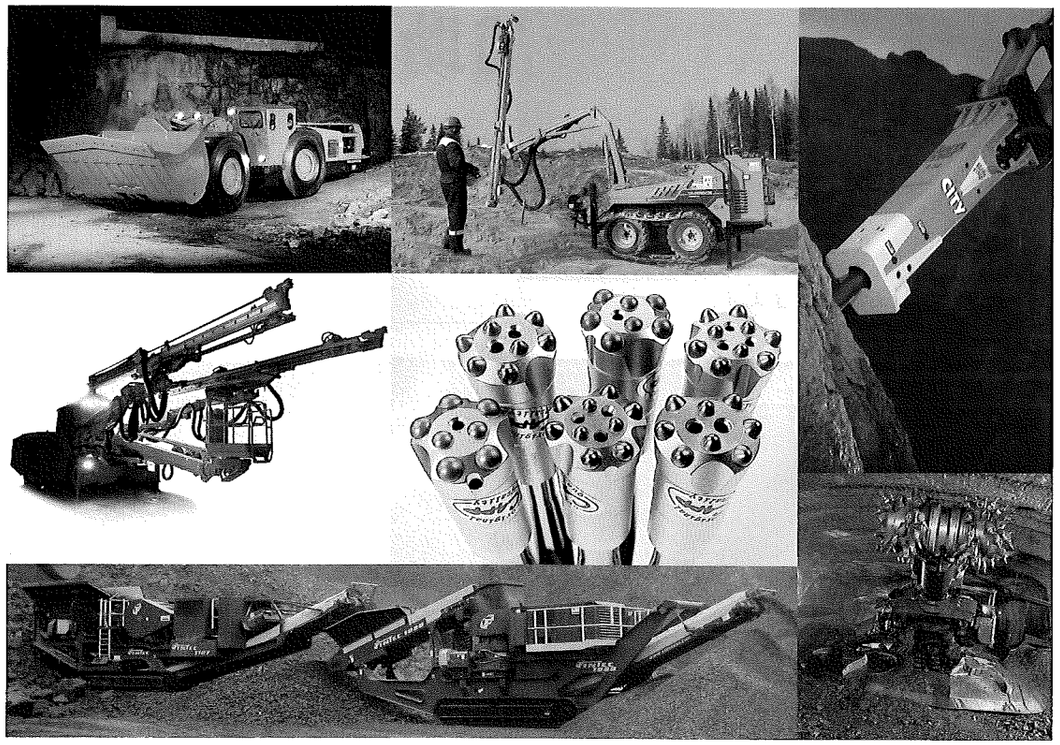
**KYB カヤバ システム マシナリー株式会社**

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 カスタマーサービス　〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル　TEL 03-5733-9444
中部支店　〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2　TEL 059-234-4139
西部支店　〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル　TEL 092-411-4998
三重工場　〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2　TEL 059-234-4111


SANDVIK



**Productivity in Action**

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

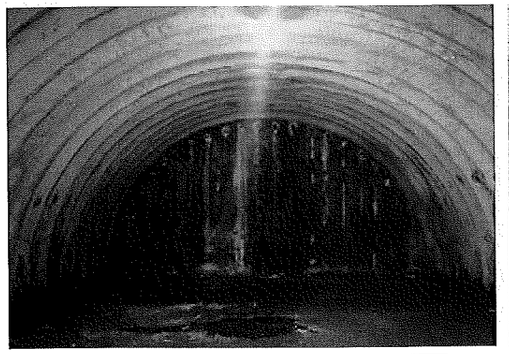

**サンドビック マイニング アンド コンストラクション ジャパン株式会社**

〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6階TEL045-478-0662/FAX045-478-0661

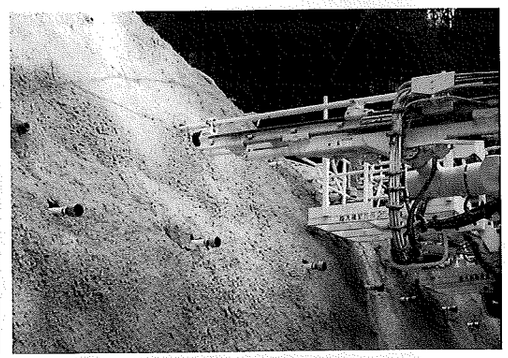
URL http://www.miningandconstruction.sandvik.com/jp/

# 日本で生まれ、世界へ広がる。
# NATMの補助工法

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



（施工例）断面内からの無拡幅AGF工法



（施工例）鏡面への小口径二重管削孔システム

## AGF工法のバリエーション

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

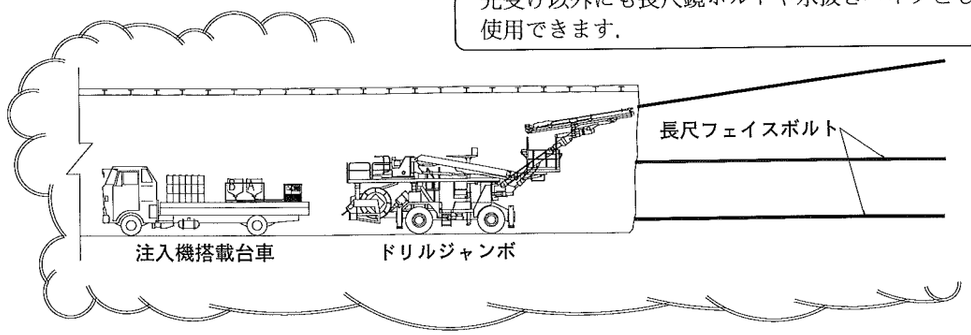
- プロトタイプ
- 無拡幅タイプ
- 最小拡幅タイプ

### 小口径二重管削孔システム

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

↓↓

先受け以外にも長尺鏡ボルトや水抜きパイプとして使用できます．




## 注入材のバリエーション

■シリカレジン注入材
- スーパーSRF(標準タイプ)
- スーパーSRF(Sタイプ)
- スーパーSRF(低粘度タイプ)

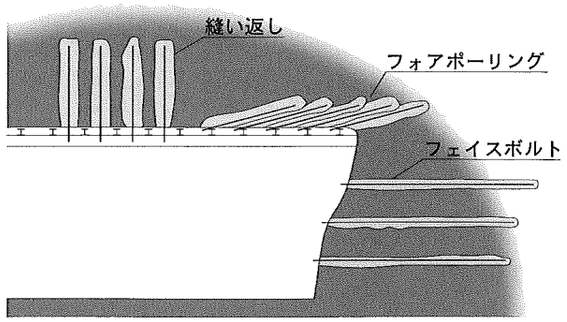
■ウレタン注入材
- ガンバンスーパーS

■無機系注入材
- シリカセーフ



（施工例）固結状況

## 注入ボルトのバリエーション




注入式フォアポーリングや鏡ボルト等に使用する注入ボルトとして，
- PUボルト
- KATアンカー
- GPRマルチタイプロックボルト

等があり，地山条件や使用目的に応じて選択できます．

## 主　要　営　業　品　目

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

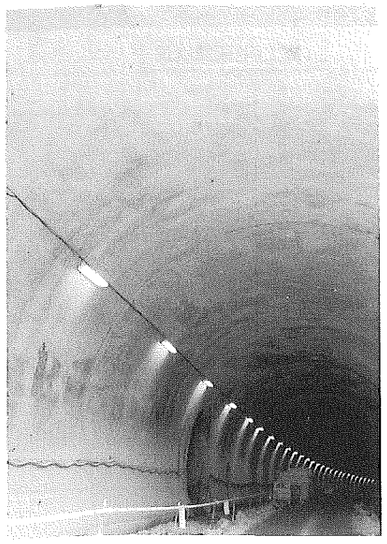

KATECS　株式会社 カテックス
建設資材事業部
ホームページ http://www.katecs.co.jp/

技術営業部
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164
中部営業部
TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164
東京支店
TEL)03-3260-8321 FAX)03-3266-1648
関西営業所
TEL)06-6578-3235 FAX)06-6578-3237
九州営業所
TEL)092-574-0856 FAX)092-574-0846
北海道地区(㈱エイチ･アール･オー)
TEL)011-821-5868 FAX)011-821-6644

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)

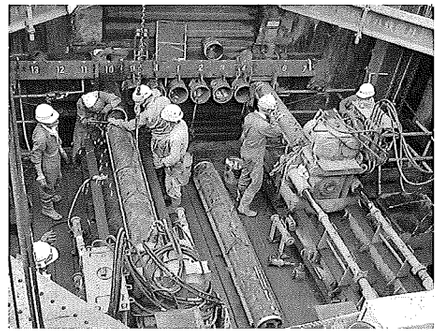

# THパイプルーフ工法

## 空間を確実に確保

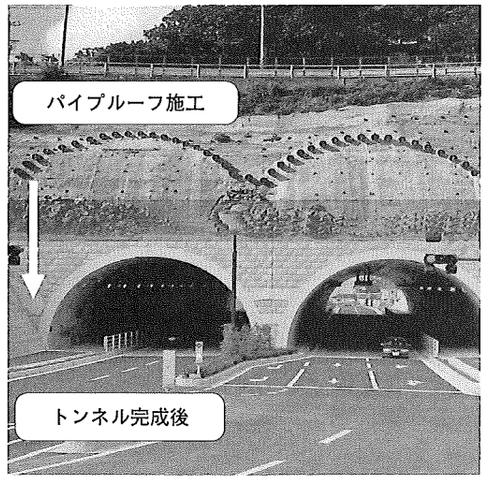
高精度・全地盤型　水平鋼管圧入システム

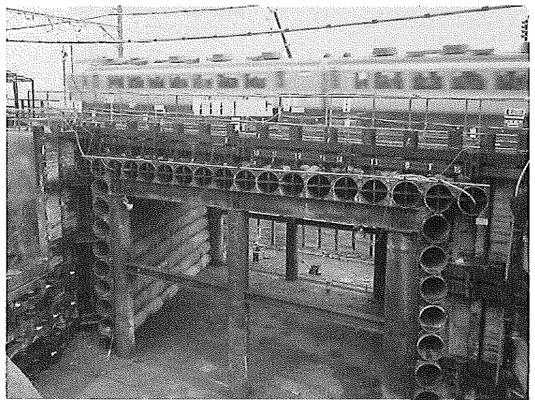
★特　徴★

- ・本体掘削時の沈下抑制補助工法です
- ・常時管芯チェックが可能で、方向修正方式を採用
  (精度が良いため支保作業が容易)
- ・オーガ中堀り掘削、地山との空隙に同時注入も可能
- ・推進途中でのビットの交換が可能で地層変化に対応
- ・適応管径は、φ200A～φ1200A
- ・最大推進長は、約70～100m
- ・推進機は、推力 1000kN(100t) 2000kN(200t) 3000kN(300t)



パイプルーフ打設状況(立坑内)



パイプビーム工法

〔会　員〕 ※会員募集中〔お問い合わせは下記事務局へ〕

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 九州基礎㈱ | 福岡県 | TEL 0946-22-7445 | サン開発工事㈱ | 大阪府 | TEL 072-641-4951 |
| ㈱小宮山土木 | 長野県 | TEL 0267-56-1299 | 東邦地下工機㈱ | 東京都 | TEL 03-3474-3143 |
| ㈱進栄機工 | 北海道 | TEL 011-382-8048 | 日本基礎技術㈱ | 東京都 | TEL 03-3476-5701 |
| 東洋地工㈱ | 福井県 | TEL 0776-53-5335 | ㈱大阪防水建設社 | 大阪府 | TEL 06-6762-5621 |
| 日特建設㈱ | 東京都 | TEL 03-3542-9299 | 多田建設㈱ | 福島県 | TEL 024-535-6161 |
| ケミカルグラウト㈱ | 東京都 | TEL 03-5575-0511 | 九州グラウト㈱ | 福岡県 | TEL 092-583-3232 |
| ㈱最上機工 | 山形県 | TEL 0233-23-1555 | | | (順不同) |

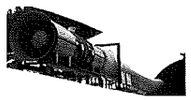

http://www.piperoof.jp　(新ホームページです。ここから資料が取り出せます。)

**THパイプルーフ技術協会**

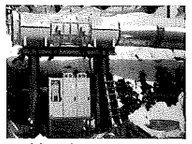
〒140-0002 東京都品川区東品川4丁目4番7号　東邦地下工機㈱内
TEL 03-3474-3143　FAX 03-3474-3163
E-mail : jimukyoku @ piperoof.jp

# ホンモノしか残らない…

…1960～　1970～　1980～　1990～　2000……



大容量ファン



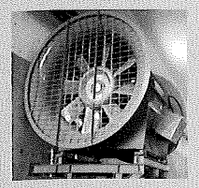
二軸反転
サイレントファン



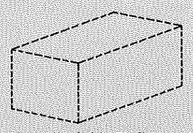
可変翼やインバーター
での風量制御ファン



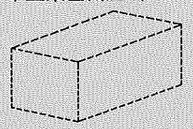
中型集塵機
ノッカー払落し式



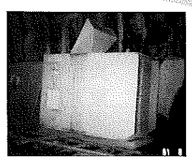
単段ファン



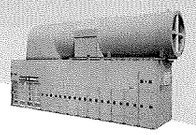
中型集塵機湿式



中型集塵機電気式



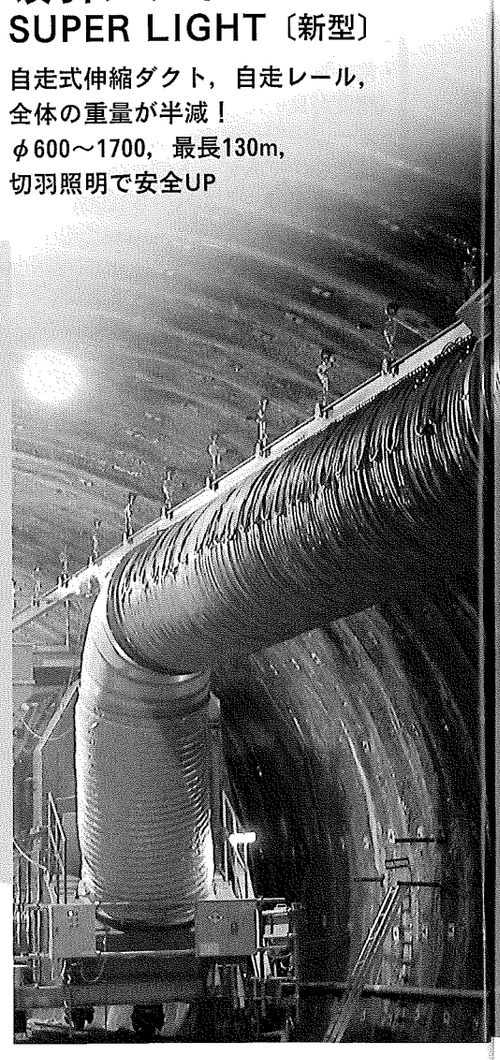
中型集塵機
フィルタ交換型



大型集塵機
1000～4000m³/min
30000hメンテナンスフリー，トンネル用は清浄度0.1mg/m³以下保証

## 吸引ダクト
## SUPER LIGHT〔新型〕

自走式伸縮ダクト，自走レール，
全体の重量が半減！
φ600～1700，最長130m，
切羽照明で安全UP

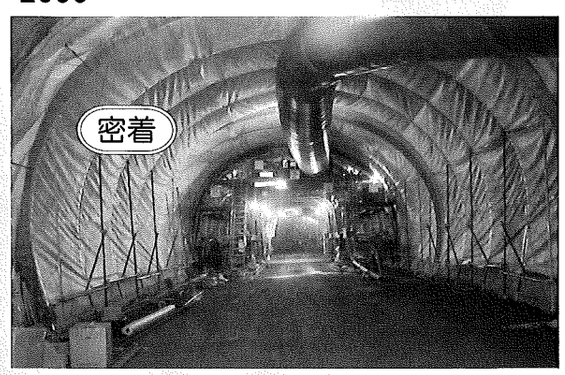



最適環境を創造する
株式会社流機エンジニアリング
URL：http://www.ryuki.com　E-mail：eigyobu@ryuki.com
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル　TEL：03(3452)7400

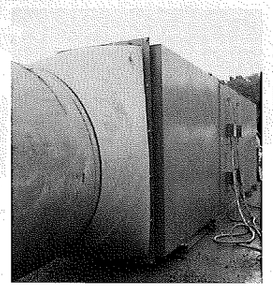

# 換気・環境技術は進化しています




2009……




コンクリート密着養生システム
コンクリート自身が持つ水分と水和熱により自然な状態で硬化



〔新型〕
大風量中圧ファン
EZ-2000Q
(2000m³/min，2.94kpa，150kw)

漏れない風管シリーズ〔新型〕
従来のビニール・鋼管の風管に比べて漏風がほぼゼロのため，
中継なしで長距離送風が可能で大幅な省エネ
負圧＝ピタジョイントダクト(超軽量鋼管)
正圧＝ノンリークダクト(FRPリング式ビニール)

2010……



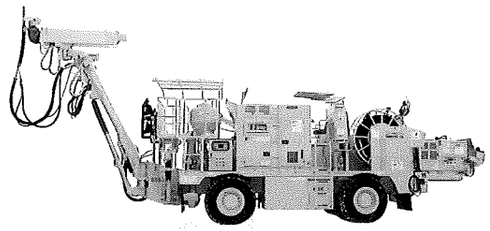
コンパクト大型集塵機
(低動力・ガス吸着・冷房除湿
高効率運転・再資源化…)

T&M
Tunnel & Mining

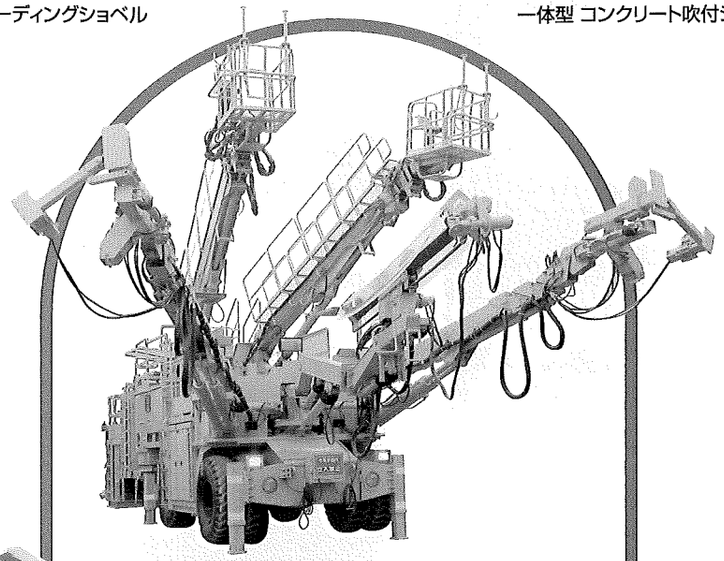
**2009年1月 新会社誕生！**
（旧三興レンタルと旧新ケービーシーが一体化）



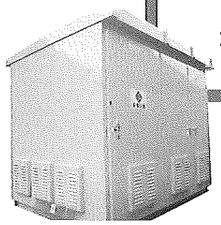
油圧ローディングショベル



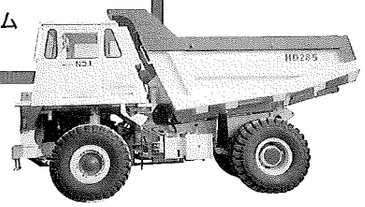
一体型 コンクリート吹付システム



コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム
開発商品



フリッカ対策機（インバータ方式）:SVG
※西尾レントオールの旧本社営業課が電気機器営業部となります



ダンプトラック

**山岳トンネル施工機械、鉱山・採石機械の総合レンタル企業**

# ニシオ ティー アンド エム株式会社

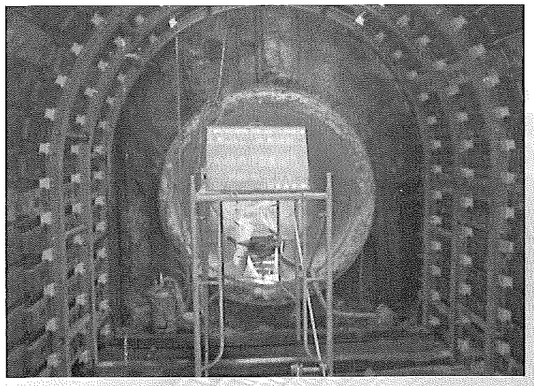
東日本営業本部
電気機器営業部 0133-75-8240
東北支店 0197-77-4101
関東支店 04-2928-3270

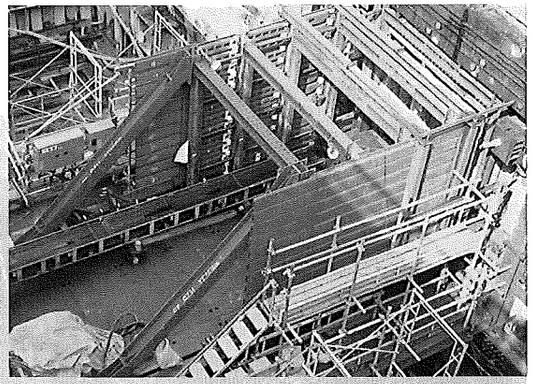
本社 大阪府高槻市唐崎西2-26-1
TEL 072-677-2127 FAX 072-677-2109
石狩工場 高槻工場 宮崎工場
0133-72-3715 072-677-4736 0982-22-8701

西日本営業本部
大阪支店 072-677-2101
九州支店 0982-26-2111

## アーストンネル掘削工法に最適

# SS-メッセル工法
## Stabilizer System Messer





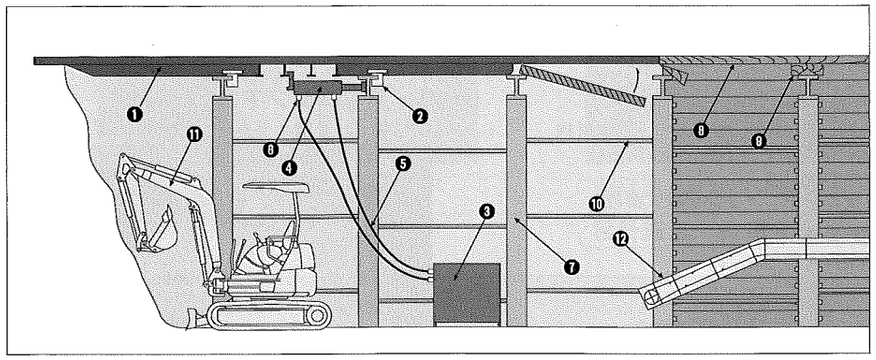
**特徴**

- 地山をゆるめず任意の断面形状のトンネル掘削ができます。
- 余掘りがなく切羽の掘削と一次覆工がSS-メッセルを介して同時に安全に施工できるので地表面が沈下しません。（都市トンネル工事では最適）
- SS-メッセルプレートとスタビライザが一体となり、正確に推進する機構になっているので、安全で確実に掘進することができます。
- SS-メッセル工法に使用される断面は、支保工の形状に従って、円形・角形・アーチ形・馬蹄形、のいずれでも自由に選べます。

**実績**

- 線路下横断構造物工事。鉄道・道路・下水道・共同溝・地下連絡通路などトンネル工事に多数の実績をもっています。

SS-メッセル工法概略図



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

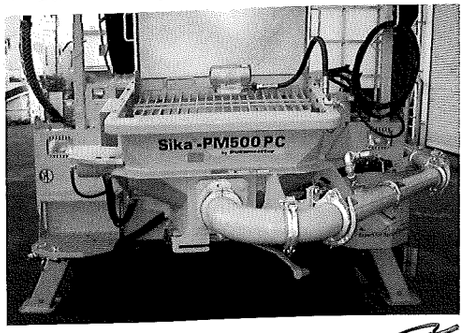
SIETECH 株式会社シーテック
URL http://www.sietech.co.jp
〒102-0074 東京都千代田区九段南3丁目8番10号 TEL.(03)3263-7457(代) FAX.(03)3262-0915

# 吹付けコンクリートシステム

Experts on Sprayed Concrete

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

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

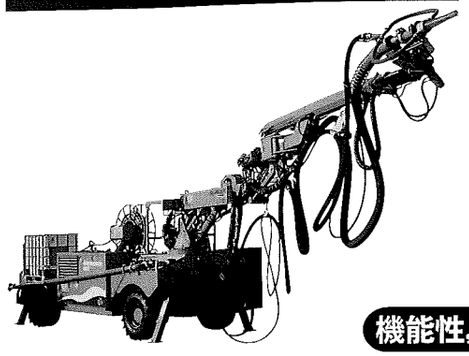



特にコンクリート吹付機の要はコンクリート圧送ポンプです.

**プツマイスター圧送ポンプの特長**

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

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



**コンパクトで群を抜く使いやすさ！**

**機能性，機動性の基に理想的な機械化を実現！**

総販売元　東友エンジニアリング㈱　製造輸入元　プツマイスタージャパン㈱

### トンネル関連製品

吹付けコンクリートシステム
　putzmeister・Sika®-PM500PCコンクリート吹付機
　Putzmeister S.A.
　一体型吹付機・特殊型吹付機
　設計・製作：東友エンジニアリング株式会社

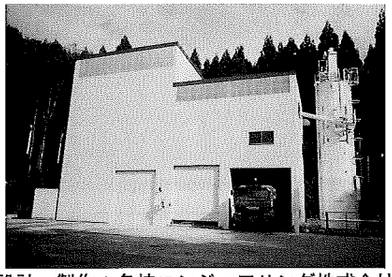
VOLVOダンプトラック
（A25C-TS，A25C-TR，A20/30C-T）



Volvo East Asia(Pte)Ltd

その他，トンネル施工機械全般

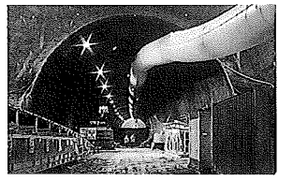
バッチャプラント
（全自動式，3槽クラム式，簡易型，特殊型）



設計・製作：名岐エンジニアリング株式会社

# トンネル換気システム

ABC VENTILATION SYSTEMS





●ファスナー式風管　●ツインダクト風管
●スパイラル風管　●帯電防止型風管

総代理店　東友エンジニアリング株式会社

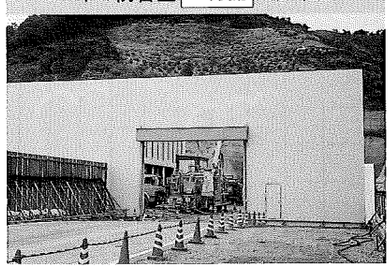
# 騒音防止システム

エコフラット －35db Cタイプ



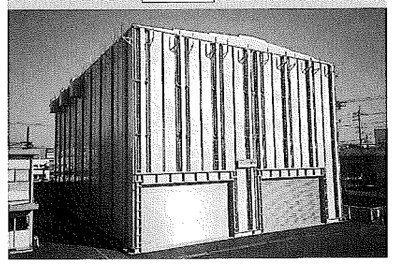
美観を重視した高性能の防音ハウス

エコパネル防音壁 －15db Aタイプ



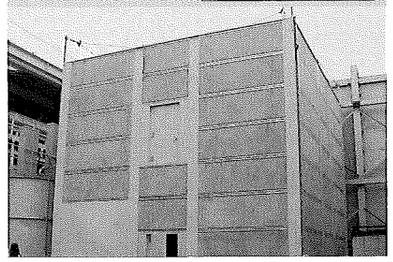
適応性の優れた防音パネル

エコユニット －30db Bタイプ



組立て容易な標準型防音ハウス

スーパーエコハウス 超低周波音－25db



超低周波音対策に適した防音ハウス

設計施工　株式会社トーユーエコサポート

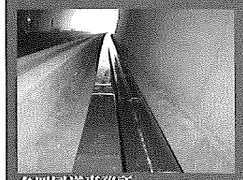

建設業界に貢献するTOYU GROUP
**東友エンジニアリング株式会社**
http://www.toyu.co.jp
〒101-0032　東京都千代田区岩本町 3-2-1　TEL：03-5829-8901　FAX：03-5829-8902
株式会社トーユーエコサポート　TEL：03-5809-2171　FAX：03-5809-2172
トーユーサービス株式会社石岡工場　TEL：0299-27-6211　FAX：0299-27-6233



西日本高速道路㈱
第二名神 栗東トンネル



熊本県 熊本3号トンネル



名四国道事務所
足助バイパス 足助トンネル



高山国道事務所
中部縦貫道 前原1号トンネル



トンネル内専用として

# セラダクトA（エース）ネオ neo

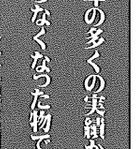
長年の多くの実績から得た豊富なノウハウという「宝物」を新しい技術に。
いらなくなった物で必要な物を作り出す。それが私たちの技術です。
トンネル、電線共同溝、空港、工場敷地内、ありとあらゆるニーズにお答え出来ます。
資源循環型リサイクル製品「セラダクトA（エース）」。

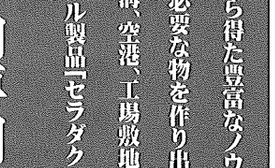
## －特長－

**標準管の長さは65cmの新規格**
※従来のセラダクトAは60cm。

**接続はカップリング方式で簡単スピーディー**
※従来のセラダクトAはパッキン介在ボルト締め








ちきゅうにやさしい
再生材料を使用
採石および粘度粘土、陶器屑等 50%以上
セラダクトAはエコマーク認定商品です
第 04 131 014 号

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


ISO 9001:2000取得
杉江製陶株式会社
sugie

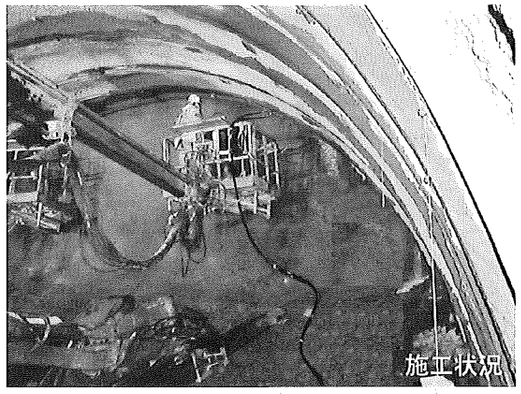
本社・工場　愛知県知多郡武豊町字上山一丁目76番地　〒470-2387
TEL(0569)35-2360(代)　FAX(0569)35-4087
東京支店　東京都渋谷区恵比寿一丁目21番8号セラ51ビル　〒150-0013
TEL(03)3442-6181　FAX(03)3442-1691
大阪支店　大阪市都島区御幸町1丁目3番1号　〒534-0012
TEL(06)6922-6991　FAX(06)6922-2498

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


## 補助工法・注入材のことならティーエムシー

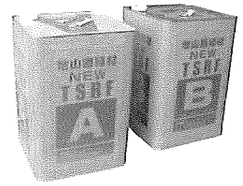
### ■AGF-OFP工法

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


施工状況

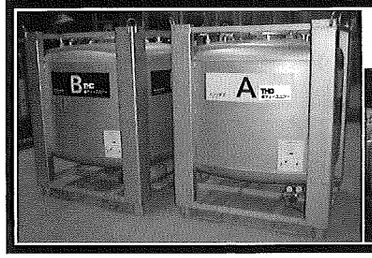
### ■各種注入材

NEW－TSRF
（シリカレジン）
NEW－TBU
（ウレタン）



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

## 環境に配慮したリサイクルコンテナシステム





◎リサイクルコンテナ（左）と現場への搬入風景

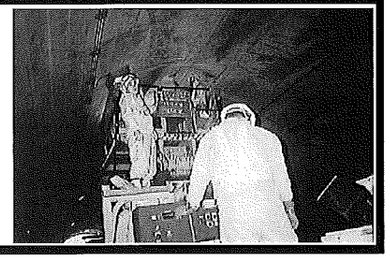
当社のリサイクルコンテナシステムなら、一斗缶の産業廃棄物処理がなくなるため、工事もスムーズに進みます。現場にも環境にもやさしいシステムです。

## トンネル補修もティーエムシーにお任せください

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

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





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

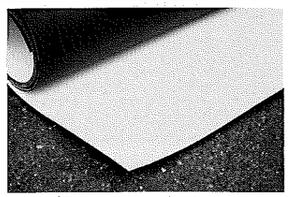

TMC 株式会社ティーエムシー　ホームページ ： http://www.tmc-net.com/
お問合わせ・お見積のご相談はお近くの当社事務所まで

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

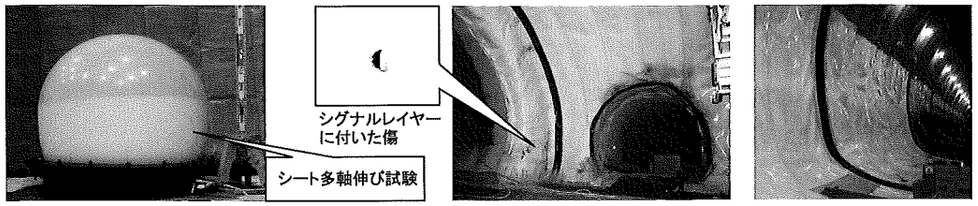
# ウォータータイトトンネル 防水システム




## シート防水材


シグナルレイヤー付防水シート

- **KFCタイトライナー**
  追随性・溶着性・耐破損性の優れた防水シート
- **シグナルレイヤー**
  防水シート損傷部の発見が容易なシグナルレイヤー付防水シート
- **裏面緩衝材**
  長繊維不織布から透水性の優れた立体網状体まで豊富なバリエーション




## 基本システム

- **ウォーターバリア**
  打継目からの漏水防止および漏水範囲の限定
- **コンタクトグラウト**
  被圧された地下水から防水シートの損傷防止

## 漏水対策システム

- **ストリップグラウト**
  打継目からの漏水対策
  漏水発生ブロックの特定
- **リペアシステム**
  クラックや打継目からの恒久止水対策

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー
環境資材事業部(東京) TEL(03)3570-5262 FAX(03)3570-5233
環境資材事業部(大阪) TEL(06)6361-6038 FAX(06)6363-3979

*1本1本が大切！ だから*

次世代 防食 ロックボルト

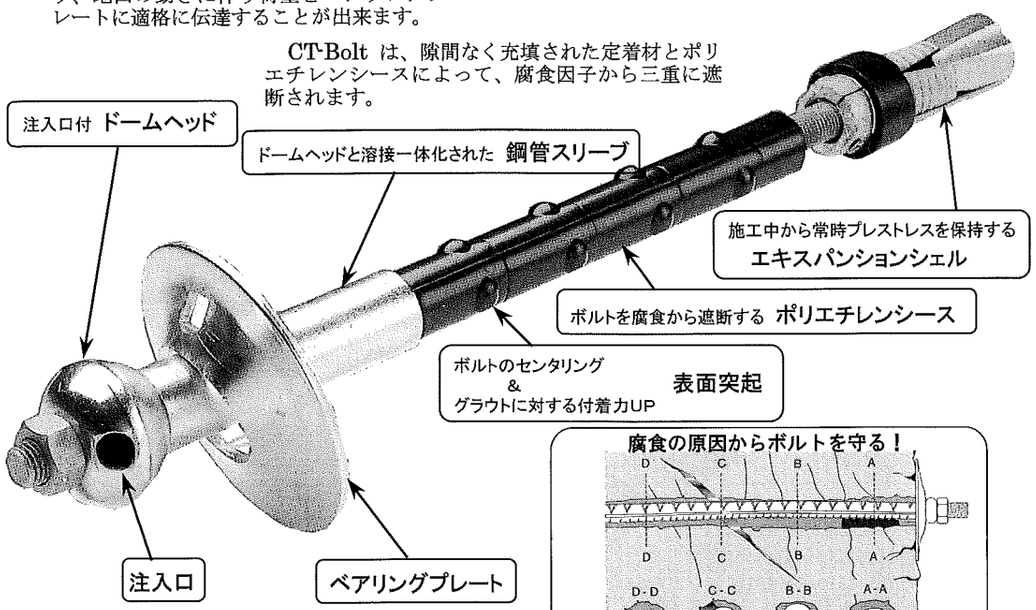
# CT-Bolt

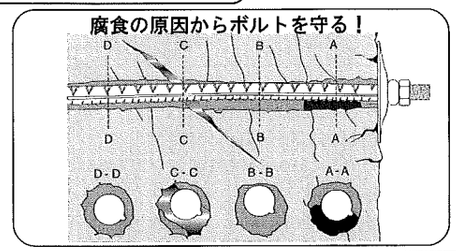
Ørsta Stål

## 通常施工により超長期支保

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

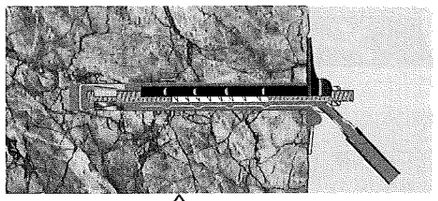
CT-Bolt は、隙間なく充填された定着材とポリエチレンシースによって、腐食因子から三重に遮断されます。




### CT-Bolt の定着は・・

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



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

完全充填

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

総発売元 Your Fastening Partner

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー
〒135-8073 東京都江東区青海2丁目45番タイム24ビル
お問い合わせ先 TEL:03-3570-5182
技術部 FAX:03-3570-5191

湿式吹付けコンクリート用高性能減水剤

## NT-1000シリーズ

急結剤と併用することにより、
高品質で経済的な吹付けコンクリートを実現。

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

アルカリフリー・低アルカリ型液体急結剤

## メイコ®SAシリーズ

成分中にアルカリ分をほとんど含まない液体急結剤。

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




# より良い吹付けコンクリートのために。

現場のニーズに専用の混和剤システムがお応えします。

二酸化ケイ素を主成分とした球状で
超微粒子のシリカフューム。

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

シリカフューム

## メイコ®MS610

吹付けコンクリートの
練置きを1～16時間
まで自由にセットコントロール。

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

湿式吹付けコンクリート用セットコントロール剤

## デルボクリート


BASFポゾリス株式会社

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

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

URL http://www.pozzolith.basf.co.jp


MOODY INTERNATIONAL　UKAS QUALITY MANAGEMENT 014

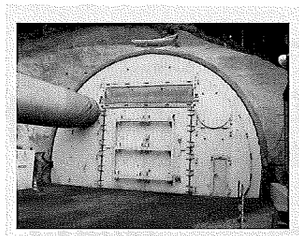
JSA EMS ISO 14001 登録番号 JSAE158

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

BASF The Chemical Company

# 快適な作業環境を提供する騒音対策システム

## ～25年の実績が最大級の安心をご提供いたします～



【防　音　扉】

HFS型　マークⅡ
HFS型　ロック式
HFS型　マークⅡ10c
HFS型　マークⅡ15c



防音扉には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。

『防音扉マークⅡ』の音響性能

| 対　策 | 騒音レベル | 低周波音圧レベル |
|---|---|---|
| 1基設置 | 19 dB(A) | 13 dB |
| 2基設置 | 28 dB(A) | 19 dB |

『防音扉ロック式』の音響性能

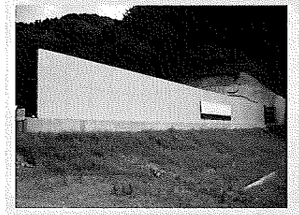
| 対　策 | 騒音レベル | 低周波音圧レベル |
|---|---|---|
| 1基設置 | 19 dB(A) | 17 dB |
| 2基設置 | 28 dB(A) | 26 dB |

『防音扉マークⅡ10c』の音響性能

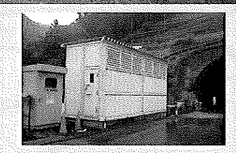
| 対　策 | 騒音レベル | 低周波音圧レベル |
|---|---|---|
| 1基設置 | 19 dB(A) | 20 dB |
| 2基設置 | 29 dB(A) | 33 dB |

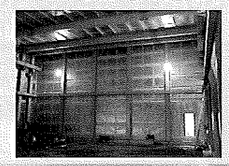
『防音扉マークⅡ15c』の音響性能

| 対　策 | 騒音レベル | 低周波音圧レベル |
|---|---|---|
| 1基設置 | 21 dB(A) | 23 dB |
| 2基設置 | 30 dB(A) | 36 dB |

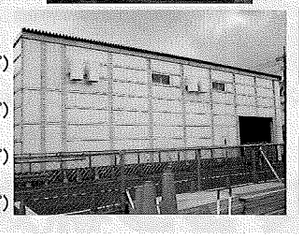


【防　音　壁】
【防音ハウス】
【防音シェルター】
【防音ボックス】





Sタイプ(スタンダードタイプ)
Dタイプ(デラックスタイプ)
Hタイプ(ハイデラックスタイプ)
SUタイプ(ステンレスタイプ)



『防音パネルSタイプ』の音響性能

| 項　目 | 1/1オクターブバンド中心周波数【Hz】 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k |
| 透過損失【dB】 | 14 | 18 | 29 | 36 | 43 | 49 |
| 吸音率【%】 | 33 | 80 | 89 | 84 | 81 | 76 |

『防音パネルDタイプ』の音響性能

| 項　目 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 透過損失【dB】 | 22 | 32 | 37 | 38 | 37 | 43 |
| 吸音率【%】 | 51 | 77 | 75 | 81 | 71 | 62 |

『防音パネルHタイプ』の音響性能

| 項　目 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 透過損失【dB】 | 32 | 32 | 38 | 46 | 50 | 53 |
| 吸音率【%】 | 57 | 48 | 61 | 76 | 86 | 91 |

『防音パネルSUタイプ』の音響性能

| 項　目 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 透過損失【dB】 | 20 | 28 | 44 | 54 | 59 | 64 |
| 吸音率【%】 | 61 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |


【建設騒音対策協会】

株式会社 牛尾商店　株式会社 カテックス　株式会社 ティーエムシー　日豊 株式会社
株式会社 野佐和商会　株式会社 ビーエスアイ　古河ロックドリル 株式会社　松茂工販 株式会社

E-mail：souon@fuse-ind.co.jp

◆ＩＳＯ９００１取得 ～ 防音設備の設計、製造、施工、リース
◆建設業登録　東京都知事 許可　般－２０　第１３０１５３号
土木工事業、とび・土工工事業、鋼構造物工事業

株式会社　ヒューズ

□本　　社　〒132-0035　東京都江戸川区平井 6-35-5　TEL. 03-3617-8111　FAX. 03-3617-7565
□大阪営業所　〒531-0072　大阪府大阪市北区豊崎 3-4-14 ショーレイビル　TEL. 06-6359-2611　FAX. 06-6359-2288

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

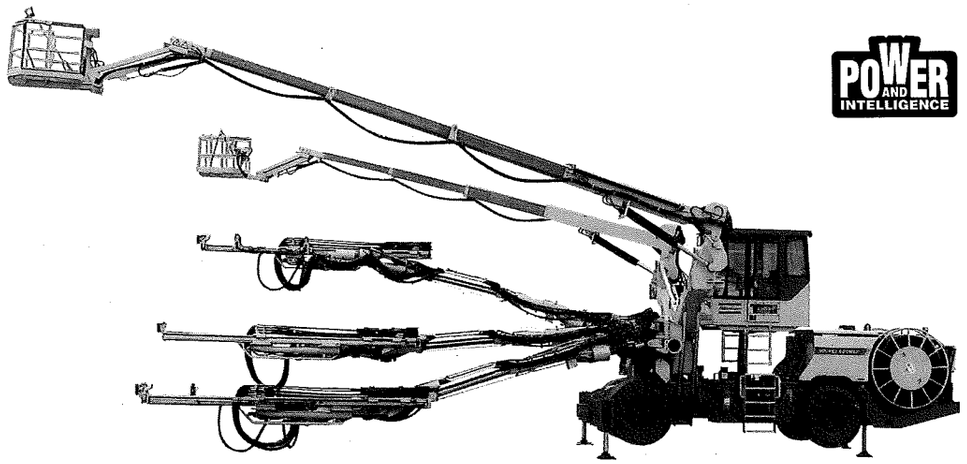
# アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

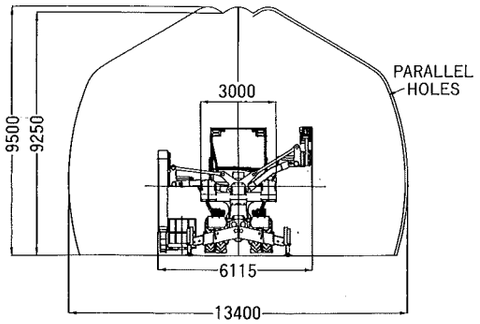
## The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

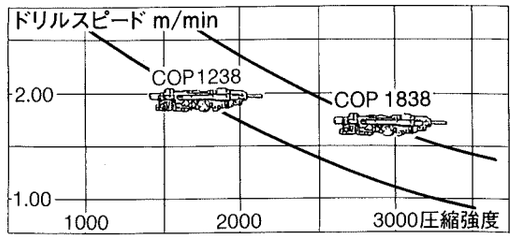
## COP1838油圧ドリフター搭載

## 3ブーム・2バスケット

POWER AND INTELLIGENCE







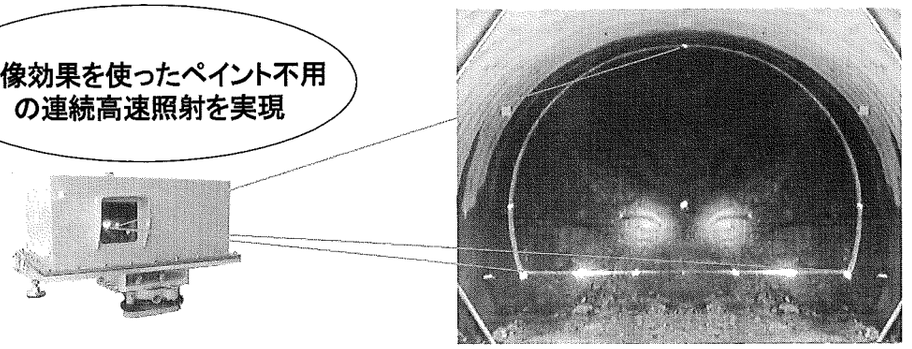
**ドリルマシン株式会社**
**DRILL MACHINE CO.,LTD.**

本　　社　〒116-0014　東京都荒川区東日暮里6-16-8桂ビル5階
TEL(03)3806-3377番　FAX(03)3806-8461番
関西支店　〒657-0864　兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4
TEL(078)802-5551番　FAX(078)802-5528番
九州支店　〒839-0841　福岡県久留米市御井旗崎1-6-14
TEL(0942)43-5315番　FAX(0942)43-5832番
焼津営業所　〒425-0072　静岡県焼津市大住638-1
TEL(054)620-7301番　FAX(054)620-7303番
兵庫工場　〒679-1332　兵庫県多可郡多可町加美区大袋川端454-3
TEL(0795)36-0461番　FAX(0795)36-0467番

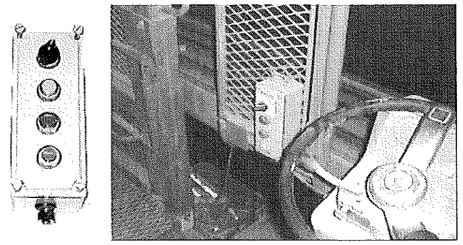

# レーザーマーキングシステム

*国内、海外特許取得済み*

残像効果を使ったペイント不用の連続高速照射を実現

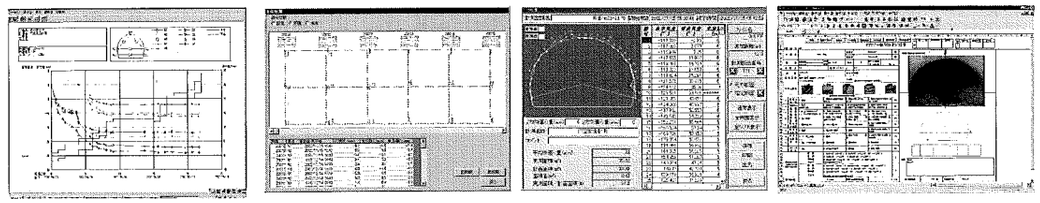


現場環境に耐え得る頑強なコントローラー

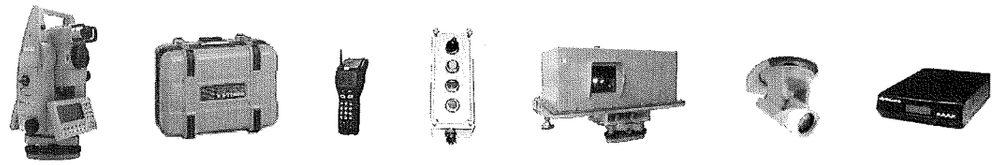


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

**各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。**



*A計測データ処理*　*支保工立込精度、変形量*　*内空、巻厚検査*　*切羽観察、etc*

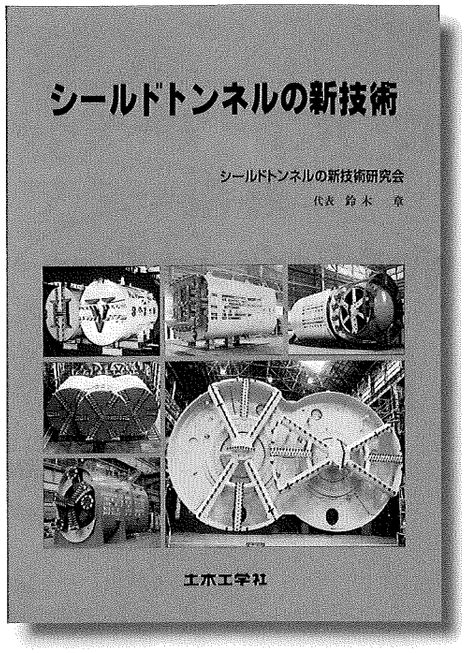


**豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。**


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

〔販売元〕
古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社レント

# 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**
**B5判　280頁　定価：4,660円＋税**

進化を続けるシールド工法．その誕生から技術の変遷，将来の技術開発の動向までをまとめ，最先端の技術について理論と実際にいたるまで記載した．
豊富な設計・施工例を掲載し，応用のしやすい的確な解説を加えた好評の一冊．

主要目次


第1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／わが国におけるシールド工法の歴史／今後の技術開発の方向性

第2章　調査・計画編
1. シールド工法の調査技術
シールド工事における調査の取り組み方／基本計画時の調査(予備調査)／設計時の調査(基本調査，詳細調査)／施工時の調査(確認調査，管理調査)／施工後の調査(追跡調査)
2. 断面および線形計画
断面および線形／鉄道用シールド／下水道用シールド／断面と線形における今後の展開
3. シールド機種の種類と選定
シールド機の構造と装備／現状のシールド機種の種類と選定方法
4. 新しいシールド工法
大断面化，大深度化，長距離化への展望

第3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
3. 仮設備
仮設備の計画
4. シールド工事の自動化
掘進管理システム／方向制御システム／セグメント自動組み立てロボット／自動搬送システム／その他の自動化技術
5. 掘進と施工管理
シールド掘進と施工管理／シールド機の発進と到達／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
6. 近接施工と環境対策
近接工法と対策／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
7. 新工法の現状と将来展望
自由断面シールド掘進(縦楕円断面)／異形断面シールド／分岐・接合シールド／球体シールド(ホルン)工法／複円形，矩形および拡大シールドの開発動向／ECL工法
8. 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／土圧式シールド工法の切羽安定／特殊条件下の切羽安定
9. 地盤変位の理論と実際
地盤変位の実態／地盤変位の予測解析

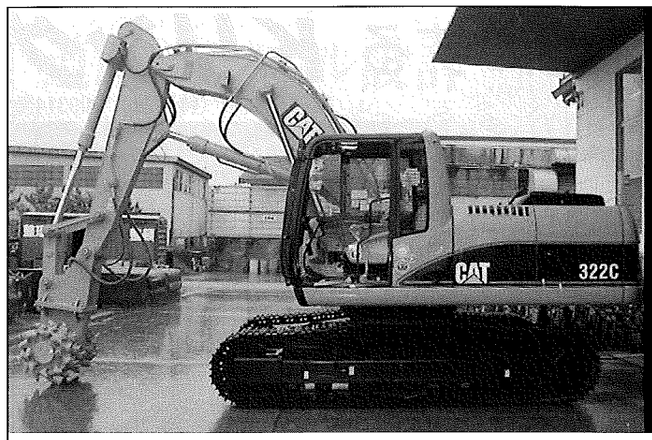
付録
1. セグメントの設計例
セグメントの設計例／外国の設計手法との比較／有限要素法を用いたシールド覆工設計例
2. 地盤変位予測解析手法の例
地盤変位の一般的性状／予測解析手法の例
3. シールド工事の施工計画
施工計画書とは／施工計画立案手順／シールド工事施工計画書の参考例

参考文献／索引



株式会社 土木工学社　〒162-0832　東京都新宿区岩戸町メイジャー神楽坂
TEL: 03 3267 2888　FAX: 03 3267 2807　http://www.tunnel.ne.jp






機械掘削ツインヘッダ

1.0m³クラス　322C 他

| 区分 Type | 型式 Model | ピック型式 Tooth Type | | ピック本数 Number of Teeth |
|---|---|---|---|---|
| 標準型 Standard | MT-300S-F | HABCM-15 | 平ピック Flat | 48 |
| | MT-600S-F | HABCM-15 | | 64 |
| | MT-1000S-F | HABCM-15 | | 72 |
| | MT-2000S-F | HABCM-15 | | 72 |
| | MT-300S-C | RM5C-9 | 丸ピック Conical | 52 |
| | MT-600S-C | RM8B-15 | | 54 |
| | MT-1000S-C | RM8B-15 | | 62 |
| | MT-2000S-C | RM8B-20 | | 68 |
| | MT-4000S-C | RM8B-25 | | 80 |

k-lea 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
尾　道：TEL.0848-56-1124
機材センター：TEL.022-359-4951
URL　http://klea.catrent.com

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ



特許第1610830号

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

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

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

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

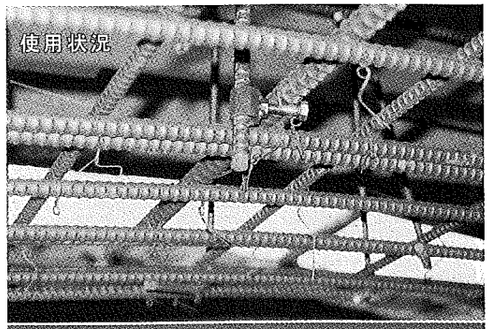
中濃産業株式会社
代表取締役　土田義式
本　社　〒501-1534 岐阜県本巣市根尾神所 362-1
TEL(0581)38-2241㈹　FAX(0581)38-3383
営業所　〒501-1203 岐阜県本巣市文殊 64-387
TEL(0581)34-3990㈹

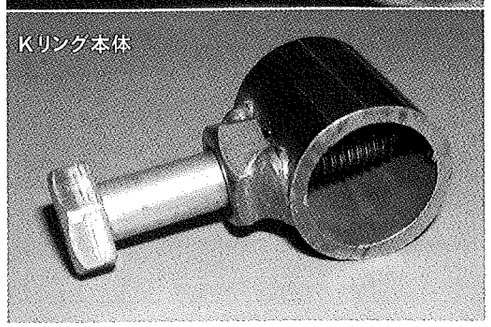
# コストダウンを可能にする Kリング

特許出願中（特願2001-309314号）

### ①アーチ鉄筋組立金物

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




### ②鉄筋加工業務

「トンネル」「セグメント」の請負業務を開始いたしました．**“正確な加工”，“鉄筋の品質管理”，“Kリングとの同時搬入”**で皆様から幅広いご支援をいただき県内はもとより県外からも鉄筋加工のご用命を頂いております．どんな鉄筋加工のご相談にもお応えいたしますのでご一報ください．


製造・販売元 **静岡スチール**

〒436-0342 静岡県掛川市上西郷765-1
Tel：0537-24-3886　Fax：0537-24-3859
E-mailktk@r5.dion.ne.jp
URL：http://www.h7.dion.ne.jp/~ktk


# 道路，トンネル設計（本体工，換気，防災，照明，施工管理他）

# トンネル現場診断



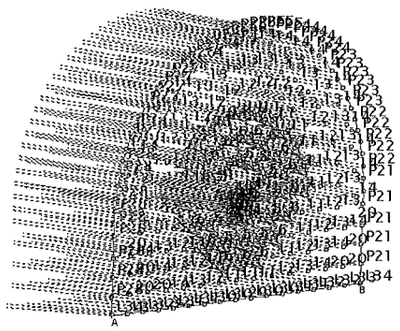
（社）建設コンサルタンツ協会会員　ISO9001取得


**株式会社 ロード・エンジニアリング**

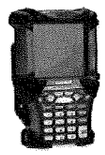
会長 田島 利男　　代表取締役社長 清水 洋（技術士）
（技術士・土木学会フェロー会員）
取締役副社長 山田 憲夫　　常務取締役 堀内 浩三郎（工学博士）
大阪支店長 亀甲谷 義高（技術士）　　福岡支店長 朽網 新

本　社：〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目24番7号 電話(03)3891-0711
大阪支店：〒569-1133 大阪府高槻市川西町2丁目21番38号 電話(072)691-0711
福岡支店：〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前4丁目25番14号 電話(092)436-1588
沖縄営業所：〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4丁目16番9号 電話(098)870-6411


# トンネル専用電子雷管　eDev™









トンネルさく孔パターン設計
各種制御発破に対応　1 ms 毎の秒時設定可能
周辺孔余堀りの減少
発破粉度・ズリ出し位置のコントロール
長孔さく孔→急速施工


ORICA MINING SERVICES

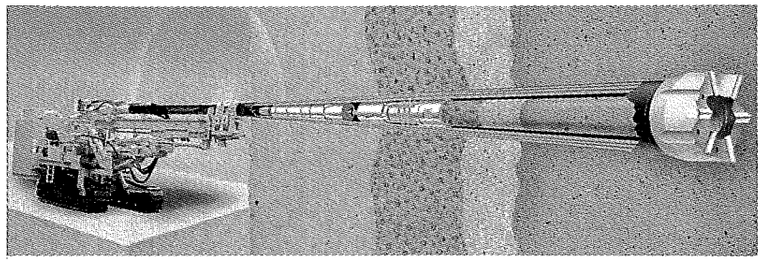
**オリカジャパン株式会社**
代表取締役社長　安藤　宏

〒105-0001　東京都港区虎ノ門3丁目7番11号　虎ノ門三須ビル　7階
TEL：03-5777-4681　　Fax：03-5777-4682
http://www.oricaminingservices.com


取扱品目：技術サービス・電子雷管・導火管付雷管・電気雷管・含水爆薬・産業爆薬用硝安

# トンネル掘さくの安全施工に
# アロードリル前方探査システム

## パーカッションワイヤーライン サンプリング工法



■特長

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

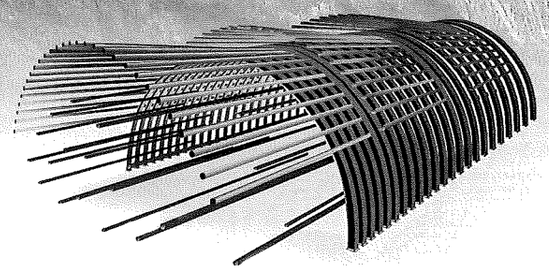
②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわりなく、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。


KOKEN 鉱研工業株式会社

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

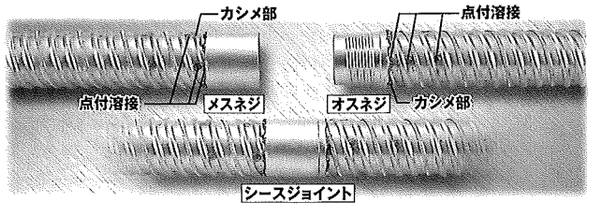
お問い合わせ先：工事営業本部
TEL.（03）6907-7512　　FAX.（03）6907-7522
http://www.koken-boring.co.jp

# ユニークな発想と高品質・自信の価格



## FIXチューブ工法

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

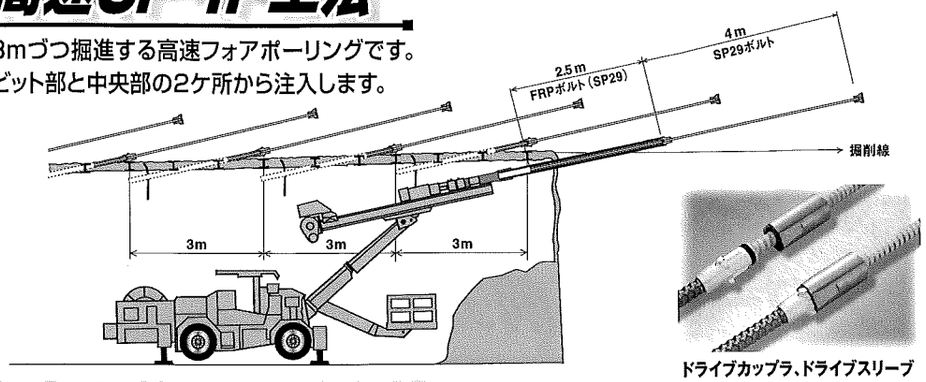






## 高速SP-IF工法

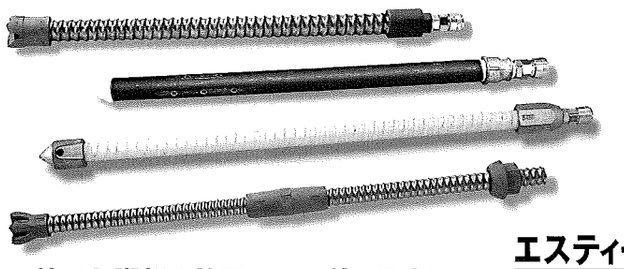
※3mづつ掘進する高速フォアポーリングです。
ビット部と中央部の2ケ所から注入します。

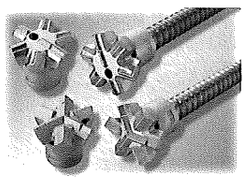





ドライブカップラ、ドライブスリーブ

## 自穿孔ボルト&注入管





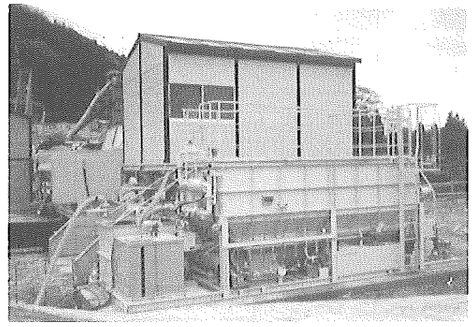
φ65mm ロストビット(SP29)

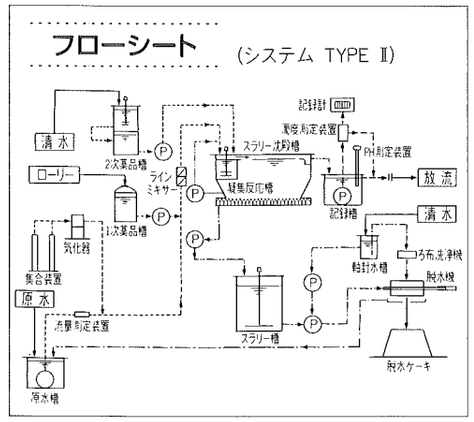
※他にも脚部や坑口周りに利用できる各種の補強土工法、マイクロパイル工法を準備しております。


STE
エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION
〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL.0729-90-0250 FAX.0729-90-0251
http://www.st-eng.co.jp


# TWS型シリーズ 濁水処理装置

## コンパクトながら 大きな処理能力






### 特　長

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

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

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

4．運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異状警報装置を標準装備している。
脱水機は、全自動無人化タイプを採用している。処理水の水質監視装置及び記録を自動化しており、運転状況の確認が容易である。

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

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

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

詳細資料請求、お問い合わせは


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


Waste Water Treatment System

トンネルと地下　7月号目次　Vol.40, No.7, 2009 July

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻　頭　言

トンネルと予防保全技術
中村　守……5

■研　究

未固結粘性土地山における都市NATMの設計・施工管理手法の提案
依田　淳一……45

■施　工

複数の開削予定小土かぶり区間を地盤改良によりNATMで貫く
―九州新幹線　新田原坂トンネル―
丸山　修・吉村　直人・鹿狭　耕治……7

小土かぶりの住宅直下における無導坑めがねトンネル
―真地久茂地線　識名トンネル―
新城　実・玉城　守克・津中　重彦・島田　智浩……17

鉄塔直下の掘削と供用線への避難連絡坑の接続
―阪和自動車道　藤白トンネルⅡ期線北工区―
入江　壮太・柚木崎　守・平田　亮……29




CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

泥水式と土圧式に切替え可能なシールドによる長距離施工
―東京都水道局　多摩丘陵幹線多摩川横断部―
石井　美樹・薦田　敏貴・三俣　和彦・長沢　勇樹……37

■連載講座

沈埋トンネル（3）
―沈埋トンネルの構造設計―
城戸　哲哉……55

■現場だより

天地人ゆかりの地「八十里越」越後の国より
小野　利昭……28

世界遺産「ひだ白川郷合掌集落」飛騨白川村より
増田　光泉……36

■資　料

トンネル千夜一夜（55）
小野田　滋……26

土木情報
編　集　部……44

トンネルジャーナル
編　集　部……64

工法・技術・製品ニュース
編　集　部……65

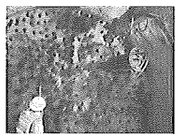
トンネルワールドニュース
JTA国際委員会……66

■会　報

会　報
日本トンネル技術協会……68

【表紙説明】

鉄塔直下の掘削と供用線への避難連絡坑の接続
―阪和自動車道　藤白トンネルⅡ期線北工区―



阪和自動車道藤白トンネルⅡ期線北工区は，送電鉄塔直下を土かぶり13mで掘削するほか，供用中のⅠ期線に避難連絡坑を接続しなければならなかった．そのため，鉄塔直下の施工では，地山内部および地表面の変位計測や鉄塔本体の挙動計測を実施し，計測結果を施工にフィードバックさせながら施工した．避難連絡坑の施工では，供用中のⅠ期線の安全を確保するため，発破振動計測の結果をもとに最近接部では発破掘削から割岩掘削へ変更したほか，Ⅰ期線との接続部においては，事前解析により接続部の安定計算を実施し，接続部の補強対策の検討を行った．写真は，割岩掘削状況である．

〔写真提供：西日本高速道路(株)〕（本文29頁参照）

# Kanaflex の電力・通信ケーブル保護管

## 都市部での電線集中化工事を省力化・効率化

電力・通信ケーブル用多条保護管　特許出願中

# カナレックスML

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

**1.独自構造（波付き管と管台一体型リブの連続構造）**
- リブに平面部があり、管を密着させて敷設できる為、掘削幅、深さを小さく出来る。
- 従来品に比べ、良好な砂の充填ができ、一括埋め戻しが可能。

**2.可とう性に優れる**
- 上下左右に曲がり、既設物や障害物の回避が容易。

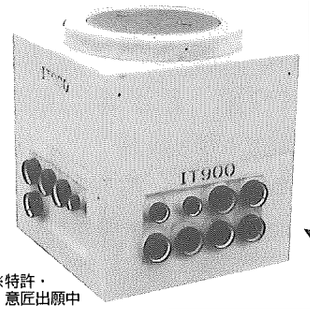
**3.優れた性能**
- 軽量で、全サイズワンタッチ接続の採用により、工事の省力化が図れる。
- ワンタッチ式のロングベルマウス、ベルブロックを採用することによりハンドホール接合部の省力化が図れる。
- JIS C3653（附属書1及び3）の圧縮強度試験、難燃性試験をクリア。

**4.摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ**

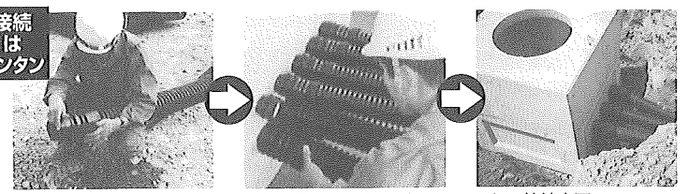


## ハンドホール工事の工期短縮・工費削減に現場の加工作業を大幅に軽減できる

# ワンタッチ継手付ハンドホール




※特許・
意匠出願中




管路に継手差口をねじこみ　継手受口に差しこむだけ　これで接続完了。

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

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

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

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

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


# 総務委員会広報小委員会会誌WGの構成（五十音順・敬称略）

〔主　　査〕

大　島　洋　志　　国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔幹　　事〕

池　田　豊　人
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

大　石　敬　司
東京地下鉄株式会社建設部工事課課長

久多羅木　吉治
東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長

城　間　博　通
株式会社高速道路総合技術研究所
道路研究部トンネル研究担当部長

高　瀬　昭　雄
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部計画部計画課長

千　葉　　隆
清水建設株式会社土木技術本部
地下空間統括部部長

長　島　芳　雄
株式会社竹中土木常務取締役

濱　　建　介
（元）日本鉄道建設公団理事

福　家　佳　則
鹿島建設株式会社土木管理本部土木工務部
トンネルグループ長

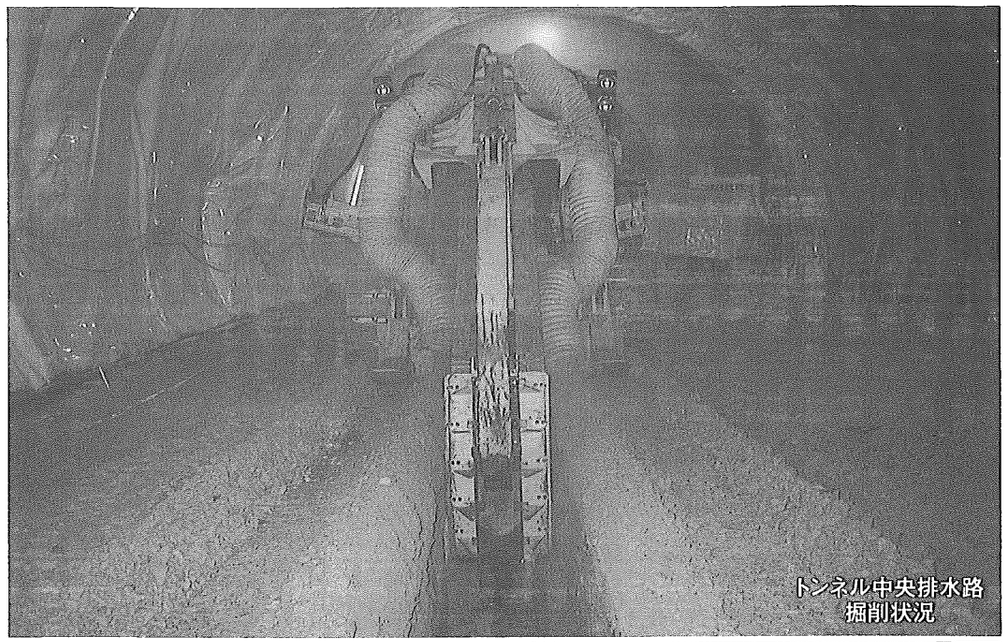
松　原　利　之
飛島建設株式会社土木事業本部技術統括部
トンネル技術グループ部長

山　道　哲　二
株式会社大林組東京本社生産技術本部
統括部長

領　家　邦　泰
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル技術室参与

# トレンチャー

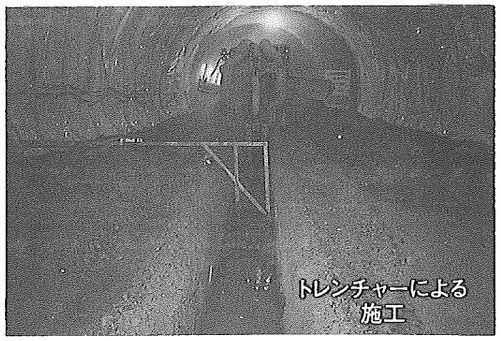
硬質地盤の溝堀はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路
掘削状況



施工例



トレンチャーによる
施工

トレンチャーの性能・諸元

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

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

ワールド開発工業株式会社

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


## 編集委員会の構成（五十音順・敬称略）


〔編集委員長〕

大島洋志　国際航業株式会社上席フェロー技術センター長

〔編集参与〕

今田　徹
東京都立大学名誉教授

定塚正行
日本シビックコンサルタント株式会社
参与・技師長(山岳トンネル担当)

高橋良文
東京都下水道サービス(株)管路部長

橋本定雄
(元)東京都公営企業管理者下水道局長

濱　建介
(元)日本鉄道建設公団理事

〔委員〕

葛城真治
東京電力株式会社電力流通本部工務部
設備渉外・調整グループ課長

亀山　勝
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
計画担当課長

木谷日出男
財団法人鉄道総合技術研究所
防災技術研究部部長

清水　満
東日本旅客鉄道株式会社東京工事事務所
立体交差課長

城間博通
株式会社高速道路総合技術研究所
道路研究部トンネル研究担当部長

田村聡志
東京都水道局建設部工務課長

中本忠道
独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部工務部工務第一課総括課長補佐

野邑敏行
東京都交通局建設工務部計画改良課長

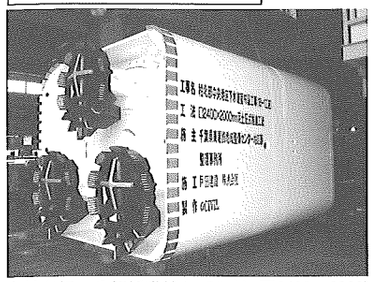
畏岩滋之
東京都下水道局建設部設計調整課長

真下英人
独立行政法人土木研究所
道路技術研究グループ長

# 超流バランスセミシールド工法

**ボックスカルバート推進工法**

施工場所：千葉県柏市若柴地内



多軸自転・公転掘進機（内空寸法□2400×2000）

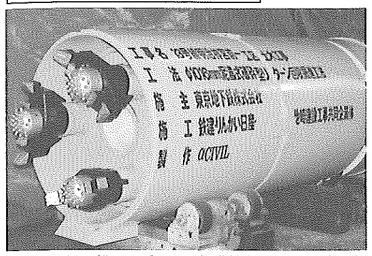
本工法は、有効断面を最大限に確保し、低土被り、長距離、急曲線の安全で迅速かつスムーズな密閉型矩形推進工法を確立しました。

先行工事としての角鋼管水平土留工やボックスカルバートの密閉型推進工法に活用可能です。

◆低土被りが推進可能（H=1.5m程度まで可能）
◆PC・RCボックスカルバート函体および角鋼管にて対応可能
◆密閉型のため切羽の安定性に優れ、地山の緩みを防止可能
◆完全密閉型式多軸方式の高トルク掘進機のため、多用な土質に適用可能で迅速な施工を実現可能

**リターン回収掘進工法**

施工場所：東京都渋谷区神宮前



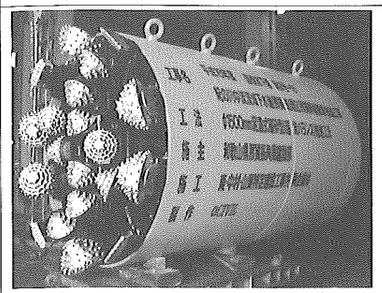
φ1016㎜長距離パイプルーフ掘進機（リターン回収型）

本工法は、掘進機を発進基地に迅速に引き戻せる機構としたことで、到達立坑が不要となり、大幅なコスト縮減が可能となりました。

特に長距離、曲線パイプルーフ施工として有効なため、工期短縮およびコスト縮減が図れる画期的な工法です。

◆長距離・曲線パイプルーフとして適用可能
◆通常のJIS鋼管にて対応可能（鋼管φ812～φ1219㎜）
◆継ぎ手付鋼管においても先行継ぎ手カッターにてスムーズな掘進が可能
◆到達回収立坑が不要（発進側へ掘進機内部装置を回収可能）
◆密閉型掘進機構ゆえに無水層～滞水層まで対応可能

**巨礫・岩盤破砕型掘進工法**

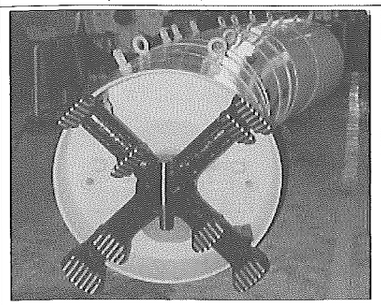


φ1500㎜破砕型掘進機

本工法は泥濃式の取込方式の長所を生かしながら、破砕方式を兼ね備え、取込径以下の不要な破砕を行わないため、ビットの耐磨耗延長を従来の2倍以上とし、巨礫に対応しながら長距離推進を可能としました。

◆破砕型掘進機：呼び径φ600～φ1650に対応が可能
◆岩盤層実績　26件、延べ延長L＝10.0km
◆巨礫層実績　47件、延べ延長L＝15.6km
◆破砕型急曲線実績　R＝15m（φ800、巨礫層）
◆破砕型長距離実績　L＝619m（φ1000、巨礫層）

**長距離・急曲線推進工法**



φ800㎜超急曲線掘進機（R=9.3m対応機）

本工法は泥濃式の中でも特に高トルク、超急曲線機能・超長距離安定機能の開発を進め、玉石砂礫層～軟弱層の広範囲の土質に対応できる画期的な掘進機を開発してきました。

◆呼び径φ600～φ2400に対応が可能
◆排土口径が大きいため、取込型掘進機でも管呼び径の40%程度の玉石等の摘出が可能
◆通常の泥濃式の送泥水注入と固結型滑材注入に加え掘進機外周からテールボイド安定材の注入、さらにテールボイド拡幅装置（TRS）を装着することで切羽の安定と良好なテールボイドの構築が可能
◆超急曲線掘進機は多段中折れ機構により管呼び径の40～15倍程度まで曲線施工が可能

認証取得
ISO 9001
ISO 14001

**株式会社アルファシビルエンジニアリング**（超流セミシールド協会）
〒812-0015福岡市博多区山王1丁目1番18号
TEL(092)482-6311　FAX(092)482-6363
E-mail:arfa@oregano.ocn.ne.jp
URL http://www.alpha-civil.com

建設コンサルタント登録番号：建18第8677号
測量登録番号：登録第(1)-30507号
建設許可番号：国土交通大臣許可(特-18)第19193号

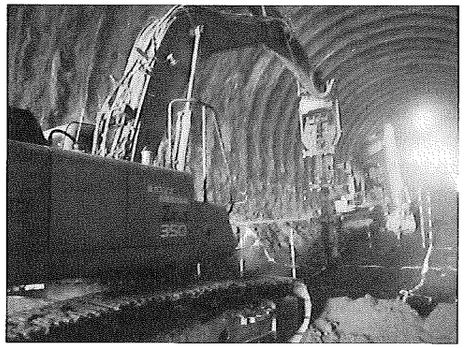

# トンネルと地下　VOL.40　No.7　掲載概要

掲載頁 7

## 複数の開削予定小土かぶり区間を地盤改良によりNATMで貫く
—九州新幹線　新田原坂トンネル—

鉄道・運輸機構　丸山　修


新田原坂トンネルは，$L$＝2,940mの新幹線トンネルである．トンネル土かぶりが全体に小さく（最大29m，最小4.5m），トンネル天端上部には九州地方の特殊土である灰土（火山灰質粘性土）が堆積している．この灰土に対して，地盤改良工法を採用してNATMでの掘削施工を行った．また，地盤改良を実施した場合のトンネル覆工の耐震設計への考慮について，逐次非線形解析を実施して，地震の影響による断面力の低減効果を検討した．

写真は坑内底盤地盤改良施工状況

**Excavation under Improved Shallow Overburden by NATM**
**—Kyushu Shinkansen Shin-Tabaruzaka Tunnel—**

**By Osamu Maruyama, Japan Railway, Construction, Transport, and Technology Agency**


Shin-Tabaruzaka tunnel is a Shinkansen tunnel of 2,940 m long. The overburden of the tunnel is overall shallow (max. 29m, min. 4.5m) which geology is ashy soil (volcanic cohesive soil) specific to Kyushu region. Soil improvement methods were employed for this ashy soil and excavation works were carried out using NATM. In addition, to evaluate the effect of soil improvement for sismic capacity of tunnel lining, successive non-linear analysis was conducted and an investigation into the effectiveness of reduction in section force under the effects of an earthquake was made.


掲載頁 17

## 小土かぶりの住宅直下における無導坑めがねトンネル
—真地久茂地線　識名トンネル—

沖縄県　新城　実


識名トンネルは，2本のトンネルが極端に近接しためがねトンネルである．本トンネルの施工方法は，これまで施工実績の少ない先進導坑を施工せずに直接2本の本坑を施工する無導坑方式である．

トンネル施工に際し，地表面には全線にわたり住宅などが密集し，土かぶりも住宅直下では14～40mと非常に小さいため，地表面沈下管理が最重要課題となった．さらに，トンネル上部には重要な送水管などのライフラインも埋設されており，種々な手法を用いて地表面沈下管理を実施した．

地表面沈下の増加想定時には，早期閉合の効果を期待してインバート閉合距離を短縮（上半切羽から4～6ｍで閉合）し，沈下抑制効果を高めた．

本稿では，無導坑めがねトンネルの施工概要について報告する．


**Construction of Twin Tunnels with No Drift Just beneath the Residences—Maaji-Kumoji Road Shikina Tunnel—**

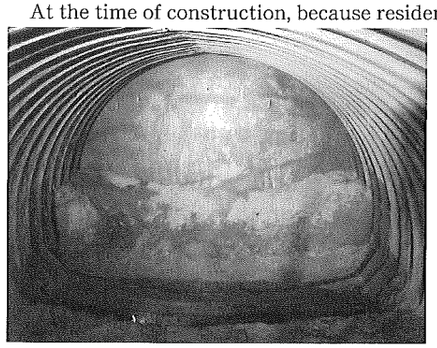
**By Minoru Shinjo, Okinawa Prefecture**


Shikina Tunnel is twin tunnel in which the two tunnels are extremely close to each other. The construction method for this tunnel is the no drift method in which two tunnels are driven parallel to each other, a method that has rarely been employed up until now.

At the time of construction, because residences were densely distributed over the whole ground surface of the tunnel plan and the overburden was shallow at between 14－40 m, the control of ground surface settlement became the most important challenge, Moreover, utilities such as essential water pipes had been buried just above the tunnel; therefore the settlement control was implemented using a variety of methods.

At the time the increase of settlement might be predicted, the distance of casting invert concrete from heading was shortened (closed at 4－6 m from the upper section of face) with the expectation of early casting that is supposed to enhance the suppression effect for the settlement.

This report gives an outline of the construction of the twin tunnels with no drift.

写真はインバート早期閉合完了状況

掲載頁 29

## 鉄塔直下の掘削と供用線への避難連絡坑の接続
### —阪和自動車道　藤白トンネルⅡ期線北工区—

西日本高速道路(株)　入江　壮太

阪和自動車道藤白トンネルⅡ期線北工区は，送電鉄塔直下を土かぶり13mで掘削すること，さらに供用中のⅠ期線に避難連絡坑を接続しなくてはならないといった条件での施工であった．

鉄塔直下の施工では，掘削によって鉄塔に影響を与える範囲を鉄塔影響範囲とし，それ以前にトライアル区間として試験施工区間を設け，地山内部および地表面の変位計測，鉄塔本体の挙動計測を実施しながら，計測結果を施工にフィードバックさせながら施工した．

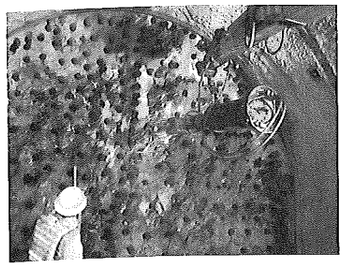
避難連絡坑の施工では，供用中のⅠ期線の安全を確保するため，発破振動計測を実施し，計測結果をもとに，Ⅰ期線最近接部では発破掘削から割岩掘削へ掘削工法の変更を行った．さらに，Ⅰ期線との接続部においては，断面欠損によるⅠ期線覆工の崩落を防止するため，事前解析により接続部の安定計算を実施し，接続部の補強対策の検討を行った．

**Excavation directly under a Pylon and Connection of Evacuation Tunnel to In-service Lines—Hanwa Expressway the Second Fujishiro Tunnel—**

**By Sota Irie, West Nippon Expressway Company Limited**

The second Fujishiro Tunnel was constructed under two conditions: one was to excavate with a cover of 13 m directly under an electricity pylon and further, another was to build an evacuation connection tunnel from the second to the first in-service .

In conducting construction directly under the pylon, the area around the pylon where the excavation was expected to affect the pylon was identified as the "pylon effect range" and a trial construction zone was set before the range. Measuring of deformation of section, ground surface settlement and the behaviour of the pylon itself, construction was conducted using these measurement results as feedback.



写真は割岩掘削状況

In the construction of the evacuation tunnel, in order to ensure the safety of the first tunnel that was in service, measurements of blasting vibration were taken and, based on these results, the excavation method for the area close to the first was changed from the blasting method to the rock fracturing method. Furthermore, in the section connecting to the first, in order to prevent the collapse of the first tunnel lining due to opening cross-section, reinforcing cross-section was carried out using the result of stability analysis for the opening section that was implemented in advance.

掲載頁 37

## 泥水式と土圧式に切替え可能なシールドによる長距離施工
### —東京都水道局　多摩丘陵幹線多摩川横断部—

東京都水道局　石井　美樹

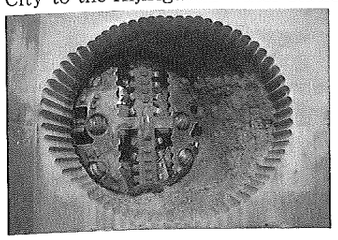
多摩丘陵幹線は，昭島市の拝島増圧ポンプ所から多摩市の聖ヶ丘給水所までの約32kmを結ぶ送水幹線である．本工事は，このうち拝島増圧ポンプ所から八王子市丹木町までの2.4km区間をシールド工法により築造する．

シールドの選定にあたって，丘陵山間区間および多摩川横断区間において土質調査が行えなかったことから，土かぶり80mを超える丘陵山間部においての高水圧下の通過，河川横断部では玉石混じり砂礫層の掘進に加え，既設水管橋の直下を掘進，2kmを超える長距離施工のためカッタビットの摩耗が懸念された．そのため泥水式と土圧式に切替え可能なシールドを採用し施工した．

**Long-Distance Driving using Swichable Shield between Slurry mode and EPB mode—Tama Kyuryo Water Supply Tunnel beneath the Tamagawa, Tokyo—**

**By Miki Ishii, Bureau of Waterworks, Tokyo Metropolitan Government**

The Tama Kyuryo water supply tunnel is a trunk line that connects the Haijima booster pump in Akishima City to the Hijirigaoka water station in Tama City over approximately 32 km. This works was a construction using the shield method over a 2.4 km from the Haijima booster pump to Tangimachi in Hachioji City.



写真は到達状況

Because geotechnical investigation was not carried out in the hillside area and in the Tamagawa river area, there are concerns about high groundwater pressure in the hillside with overburden of 80 m, gravel bed mixed with cobble stones under the Tamagawa, in-service water bridge above the tunnel and abrasion on the cutter bit due to long-distance construction. For these reason, construction was conducted employing a shield that can switch between slurry mode and EPB mode.

掲載頁 45

## 未固結粘性土地山における都市NATMの設計・施工管理手法の提案

鉄道・運輸機構　依田　淳一

NATMは地山状況とトンネル挙動を観測しながら支保構造などを変更し，地山特性に合わせた施工が可能なため，安全性，合理性，経済性の観点から，地山の適用範囲が拡大することが望まれ，シールド工法と比較して，応力再配分の結果，地山変位を一定量許容することができる場合，より合理的，経済的な施工が可能となる．一方で，地質年代が新しい第四紀更新世中期以降の未固結粘性土地山は地山の自立性確保が難しく，変形性が大きいと考えられ，NATMによる施工事例が少なく，地山の挙動特性を把握できているとは言いがたい．

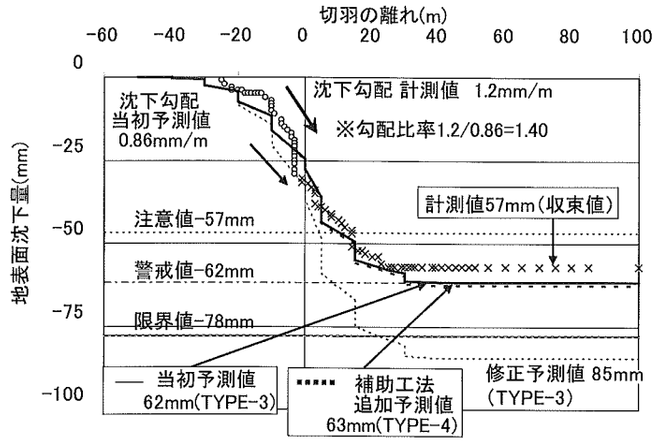
このような背景を受け，本研究では都市部のトンネル掘削工法として，都市NATMとシールド工法を採用するうえでの地山の境界領域とされる更新世中期以降の未固結粘性土地山を研究対象とし，合理性，安全性，経済性を考慮した最適な工法を選択するための評価項目として，地質評価，解析評価，計測評価の3項目により，都市NATMを評価する．さらに，この評価結果にもとづく実際の現場計測の視点に立った設計・施工管理手法の提案を行った．

**Proposal for Design/Construction Management Method of NATM Tunnel in Unconsolidated Cohesive Ground**

**By Junichi Yorita, Japan Railway, Construction, Transport, and Technology Agency**

NATM can change the kind of auxiliary method while observing ground condition and tunnel behaviour, and it is possible to employ a construction method suitable for geological characteristics of ground. Therefore, from the safe, rational and economical point of view, it is desirable for NATM to expand the range of applicable ground. In comparison with the shield method, NATM makes it possible to construct more rationally and economically under the condition where the fixed amount of re-distributed deformation of ground is allowed. On the one hand, as it is difficult to ensure the stability of tunnels in unconsolidated cohesive ground, it was considered that deformation would be easily occur and as there are few examples of construction by NATM, it is difficult to say that the behavioural characteristics in the sort of ground have been fully understood.

With such a background, this study, as a method for tunneling in urban, targets unconsolidated cohesive ground of after the middle Pleistocene that seems an interdisciplinary field on top of employing the shield method and NATM. In order to select the most appropriate tunneling method when considering safety, rationality and economy, NATM under unconsolidated cohesive ground condition is evaluated using the three criteria of geological features, analysis and measurements. Further, a proposal for a design/construction management method from the point of view of real on-site measurements based on evaluation results was made.

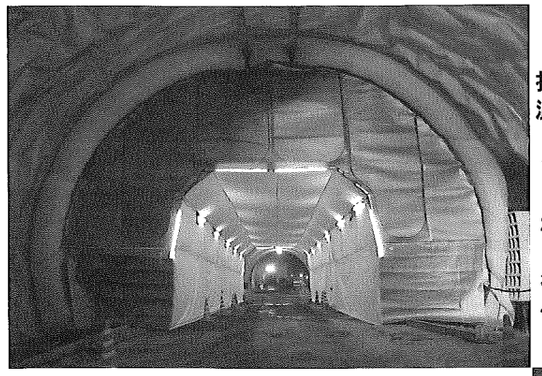



図は新たな設計・施工手法による施工事例

# トンネルバルーン覆工コンクリート
# トータル養生工法

## 長期耐久性に優れた高品質な覆工コンクリート施工を実現します！

NETIS登録
(No.HR－040005)



### セントル温度養生バルーン

**打設後から脱型までセントルをバルーンで覆い温度養生をします。**

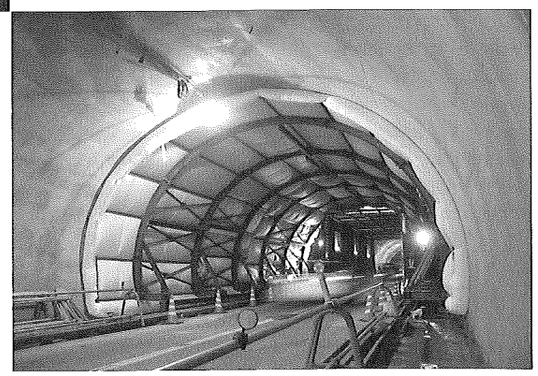
【特徴】
1．若材齢時に温度管理をすることで初期強度が向上します。
2．高品質コンクリートの確保が可能です。
（脱型時コンクリートの付着が減少します）
3．サイクルタイムの短縮が可能です。
4．洗い水が車両通行部に落ちません。

特許出願中

### 覆工養生バルーン

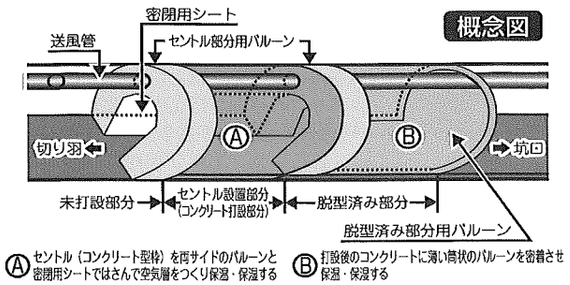
**脱型後の覆工コンクリートを覆います。**

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



特許3811478号

概念図




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

**２００５年『日経ＢＰ技術賞　建設部門』受賞**

岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO., LTD.
本社・工場　岐阜県本巣市十四条１４４番地
TEL 058(323)2000(代)　FAX 058(323)1176
東京支店　TEL 03(5836)0531　FAX 03(5836)0532
仙台営業所　TEL 022(259)2239　FAX 022(259)3664
九州営業所　TEL 092(713)5265　FAX 092(714)3028
URL http://www.gifukogyo.co.jp/

TOUKOU 株式會社 東宏
本　社　北海道札幌市東区北２０条東５丁目１番７号
TEL 011(742)3331　FAX 011(742)3333
東京支店　TEL 03(3683)8011　FAX 03(3683)8028
道東営業所　TEL 0155(34)6311　FAX 0155(34)8494
URL http://www.k-toukou.jp/




巻頭言
（題字　佐藤信彦会長）



# トンネルと予防保全技術

本州四国連絡高速道路(株)常務取締役(本協会理事)
中村守

本州四国連絡高速道路株式会社(以下，本四高速道路会社)が設立されて４年近くなる．前身といえる本州四国連絡橋公団が本四道路の最後の供用開始をして以来，約10年の月日が流れた．

本四道路といえば，世界最大のスパン長を持つ明石海峡大橋など，長大橋梁のイメージが強いが，管理する道路総延長約173kmのうち，延長比で７％弱がトンネル区間で占められており，延長比で見れば，全国の高速道路路線に比べ著しくトンネルが少ないわけではない．なかでも，瀬戸大橋につながる道路鉄道併用区間における近接四つ目トンネル(実際には坑口付近では，吊橋主ケーブルのアンカートンネルと合わせて六つ目構造)である鷲羽山トンネルや神戸市内の民家などの密集地域において土かぶりの小さな区間を有する３車線断面の長大トンネルである舞子トンネルが特筆される．これらのトンネルは，非常に厳しい環境条件の中，当時の先端技術を駆使して完成を見たものである．そこで採用されたさまざまな工法が，後のトンネル施工に活用され，トンネル施工技術の発展にいささかの貢献をしたものと思われる．

本四高速道路会社では，平成11年５月のしまなみ海道開通以来，建設工事からは遠ざかっており，筆者がトンネルの設計・施工技術について深くかかわる機会は皆無であったが，本誌をはじめ，時折目にする技術資料や記事からは，多彩な工法の試行や展開がなされ，この間のトンネル技術の進展には著しいものがあることが実感される．また，年々複雑化する都市内地下構造物の施工など，トンネル施工技術にはフロンティアに事欠かない状況があり，トンネル施工技術のますますの高度化が関係者の皆さんの努力で進められているところである．

一方，トンネルにかかわる保全管理に目を移せば，そこにもまだまだ多くの技術フロンティアが残されている．トンネルの管理では，本体のみならず，照明設備や換気装置，長大トンネルの場合さらに水噴霧設備などの防災設備など，付帯設備のウエイトが高く，その管理が大きな負担となっており，これらの設備の保全管理の省力化・長寿命化は，

今後のトンネル保全の大きな課題となろう．また，これらにかかわる省エネ技術も，ますます重要度を増してゆくと思われる．さらに，LCCの最小化を目指して，補修・補強工法の合理化のみならず，トンネル本体そのものの長寿命化を目指した技術開発や新技術の導入も進められている．

トンネルの保全管理においては，覆工コンクリートの剝落対策が最大の課題のひとつであろう．本四高速道路会社においても，経営理念の筆頭に掲げる，「お客様への安全・安心・快適なサービスの提供」を実践すべく，定期的な目視点検やたたき点検などを実施してきており，幸いなことに，今までのところ覆工剝落に起因する事故は生じていないものの，覆工コンクリートの剝落問題は，トンネル管理上もっとも気を使うことがらのひとつである．

いかに効率よく，かつ確実に劣化・異常箇所を発見し，不良部分の除去や補修を行うか，そのための技術開発にもチャレンジしているが，残念ながら，まだ決定打といえそうな方法は見つかっていない．長大橋梁の保全技術の高度化はもとより，トンネルの保全管理に関してもその技術を磨き，安全性や効率性の向上を通じて，お客様をはじめ多くのステークホルダーの期待にこたえる努力が必要と考えているところである．

本四高速道路会社では，LCCの縮減を図りながら超長期に長大橋の健全度を良好に保つため，定期的な点検とタイムリーな補修により，構造物が性能低下を引き起こす前に保全を実施する『予防保全』の手法による維持管理を行っているが，とくに長大橋の防食については，さらにその前段において，重防食塗装系を用いた工場塗装を採用するなど，建設段階から維持管理コスト縮減策が採られている．

トンネル内での点検・補修は，そのための交通規制が，明かり部に比べ制約が多いうえ，お客様に与える心理的影響も大きい．また，いったん剝落事故が起これば，閉鎖空間ゆえの事故の重大化の危険性も高い．これらの点を踏まえれば，点検の省力化技術や合理的な補修技術など，管理段階での予防保全技術に加えて，トンネル建設段階における維持管理コスト縮減技術の開発・導入も，より積極的に行われても良いように思う．

リーズナブルなコストで絶対に剝落を起こさない，トンネルの設計・材料・工法・施工管理システムなどが開発されれば，お客様の安全・安心の向上，点検補修費用の低減のみならず，交通規制によるお客様への影響の軽減など，そのメリットは計り知れない．そのようなスーパートンネル技術の出現を期待したい．





施工

# 複数の開削予定小土かぶり区間を地盤改良によりNATMで貫く

## —九州新幹線　新田原坂トンネル—

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局工事第四課長　丸山　修
鉄道・運輸機構九州新幹線建設局工事第四課　吉村直人
鹿島・大日本土木・丸昭・橋口特定建設工事共同企業体　鹿狄耕治

## 1　はじめに

九州新幹線鹿児島ルートは，福岡市から鹿児島市を結ぶ延長257kmの路線であり，このうち，新八代・鹿児島中央間(延長128km)は平成16年3月にすでに開業している．既開業区間をつなぐ博多・新八代間(工事延長121km)については，平成22年度末の完成に向けて鋭意施工中である(図-1)．

新田原坂(たばるざか)トンネルは，博多・新八代間の熊本市北部の新玉名駅～熊本駅間に位置する全長2,940mのトンネルであり，博多・新八代間で最後に貫通した山岳トンネルである．トンネル土かぶりが全体に小さく(最大29m，最小4.5m)，周辺では全国的に有名な植木スイカに代表される施設園芸が行われており，トンネル直上には，大規模なビニールハウス群が広がっている．また，トンネル本線において，県道交差(2か所)と砂防指定河川交差(2か所)があるほか，民家も点在しており，厳しい環境下での施工であった．

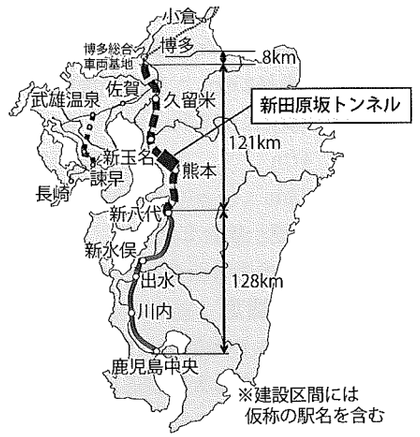



図-1　九州新幹線ルート概要図

トンネルの掘削は，当初の計画では起点方(博多方)から片押しでの施工を予定していたが，開業時期の2年繰り上げの決定を受け，早期にしゅん功を実現するため，トンネル中間部に横坑を設けて本坑起点方坑口と中間部横坑口から二つの切羽で各々終点方(新八代方)に向けて施工を行い，平成20年2月に貫通した．

本稿では，九州地方の特殊土である灰土が堆積する小土かぶり区間において地上から地盤改良して掘削した実績と，周辺を地盤改良したトンネルの耐震性の検討について報告する．

## 2　地形・地質概要

当該箇所は，阿蘇山から噴出した火砕流堆積物に覆われ，標高100m前後の，平坦な台地地形が

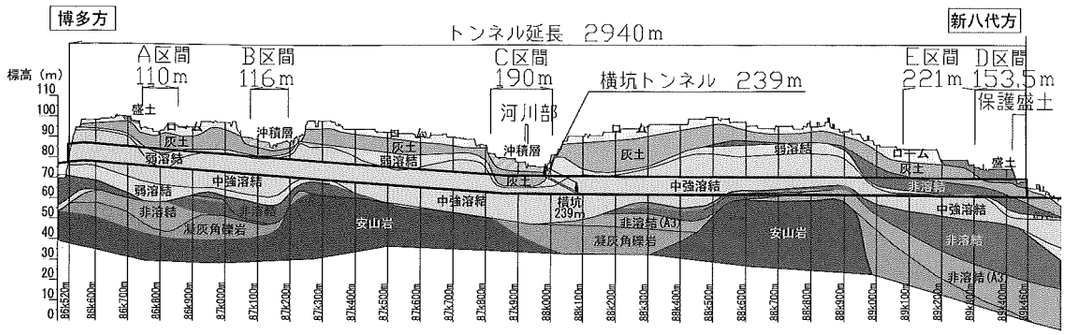



図-2　新田原坂トンネル縦断図

広がっている．

新田原坂トンネルに分布する地質は，今から約９万年前の阿蘇山の４回目の大噴火によるASO-4火砕流堆積物を主とする．火砕流堆積物は溶結度により，レンズ状の溶結構造が見られる軟岩状の「中～強溶結凝灰岩」，砂質土状を示す「弱溶結凝灰岩」，非溶結で礫や砂を含む不均質な粘性土である「灰土」に区分される．

トンネル掘削時にとくに問題となったのは，古くから九州地方の特殊土として知られている「灰土」である．

「灰土」は，$N$値３以下の軟質な地質であり，乱すことにより極端に強度が低下する性質があり，トンネル掘削にあたって灰土層の効果的な改良が不可欠であった．

**表-1**に新田原坂トンネルに分布する地質の一覧を示す．灰土の鋭敏比が22であり，非常に大きな値であることが特徴的である．

表-1　新田原坂トンネル地質一覧表

| 土質・岩質 | 単位体積重量 (kN/m³) | $N$値 | 変形係数 (kN/m²) | 粘着力 (kN/m²) | 内部摩擦角 $\phi$（度） | 自然含水比 (%) | 鋭敏比 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 灰　　土 | 17.5 | 3 | 3,100 | 5.6 | 8.4 | 49 | 22 |
| 溶結凝灰岩弱溶結部 | 16.9 | 20～50 | 14,500 | 70 | 20.0 | 34 | — |
| 溶結凝灰岩中～強溶結部 | 17.3 | ＞50 | 500,000 | 970 | 35.5 | 23 | — |

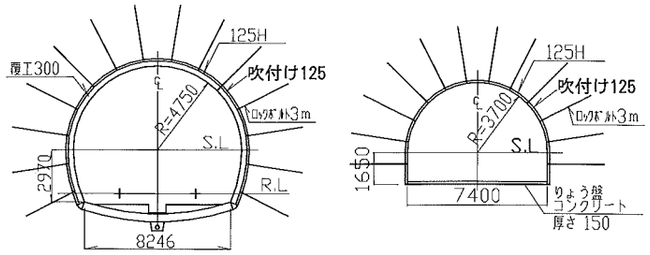



図-3　トンネル標準断面図

## 3　工　事　概　要

### 3-1　工事概要

工 事 名：九幹鹿，新田原坂T他１

工事場所：熊本県鹿本郡植木町地内～
　　熊本市地内

主要工事内容：

工事延長　3,010m

トンネル（NATM，機械掘削）

- 本坑　延長2,940m，掘削断面積　73m²
- 横坑　延長239m，　掘削断面積　33m²
- 地盤改良工　569.5m

RC路盤　47m

橋　　梁　23m

- RC桁１連　橋台２基

**図-3**にトンネル標準断面を示す．

### 3-2　掘削工法の選定

新田原坂トンネルの掘削において，「灰土」がトンネル断面内もしくは天端付近に存在する小土かぶり区間（図-2におけるA～E区間）の施工方法がもっとも重要な課題であった．





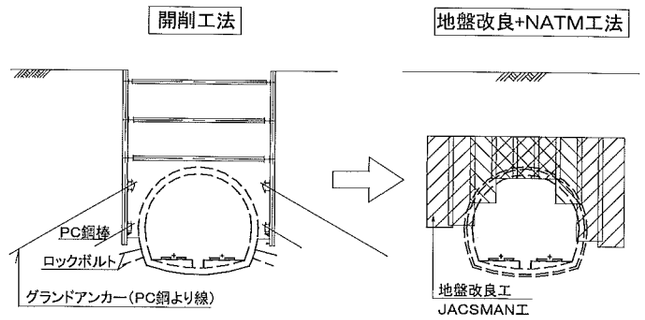



図-4　掘削工法変更概要図

表-2　新田原坂トンネル地盤改良一覧表

| 区　　間 | 延長 (m) | 工　　法 | 最大改良深さ (m) | 改良厚の決定方法 |
|---|---|---|---|---|
| A 区 間 | 110 | 機械攪拌＋高圧噴射併用 | 16 | ゆるみ土圧式 |
| B 区 間 | 116 | トレンチャー式機械攪拌 | 8 | 全層改良 |
| C 区 間 | 178 | 機械攪拌＋高圧噴射併用 | 16 | ゆるみ土圧式 |
| 〃（河川） | 12 | 高圧噴射 | 16 | 全層改良 |
| D 区 間 | 116.5 | 機械攪拌＋高圧噴射併用 | 14 | ゆるみ土圧式 |
| 〃（保護盛土） | 37 | バックホウ混合 | 4 | 全層改良 |
| 〃（坑内底盤） | 43.8 | トレンチャー式機械攪拌 | 6.5 | 軟岩着底 |

当初設計においては，小土かぶり灰土地山区間（A～C区間）については，開削工法で計画されていた．しかし，開削工法では掘削土量が多くなって施工期間が長期となり，ダンプなどの工事用車両の通行も頻繁となることから，地元周辺に与える影響が大きく，また，所定の完成時期に向けた工程の確保も難しかった．

そこで，経済性，施工性および工程の確保を比較検討のうえ，地上から地盤改良を行った後にNATMでトンネル掘削を実施する工法が有利と判断し工法の変更を実施した．同様に終点側小土かぶり区間（D区間）についても地盤改良を補助工法としてトンネル掘削を実施した（**図-4**）．

ただし，E区間については地表面の作業ヤード確保が困難であったため，坑内からの先受け工（小口径フォアパイリング $\phi$76.2，$L$=9 m）を採用した．

**表-2**に，新田原坂トンネルの補助工法として採用した地盤改良の一覧を示す．

## 4　地盤改良区間の施工

### 4-1　地盤改良工法の選定

トンネル補助工法としての地盤改良工法は，浅層混合と深層混合が利用される．

浅層混合による地盤改良は，近年施工事例が増加しているトレンチャー式機械攪拌（パワーブレンダー）工法を用いることとした．

深層混合改良箇所については，工期や経済性追及の観点から，トンネル切羽掘削部分を未改良とするアーチ状地盤改良工法を採用した（**図-5**）．

アーチ状地盤改良工法は，2003年ころから開発着手された工法であり，遠心模型実験などでその有効性が確認されていた[1]．ただし，遠心模型実験などで，トンネル天端に相当するアーチクラウン部に引張応力の発生が確認されたことから，地盤改良を行ううえで，柱状改良体の相互の密着を

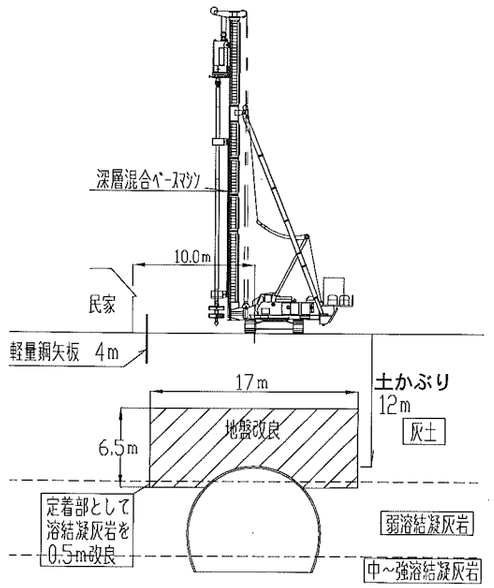



図-5　深層改良施工断面図（A区間）

確保できる工法を採用することが求められていた．

また，地表面の変形抑止には，アーチ脚部を強固な支持層に着底させることが重要であることも，指摘されていた．

以上の留意点のほか，施工性能を考慮し，深層混合処理工法として，機械攪拌＋高圧噴射併用工法(ジャックスマン工法)を採用した．

機械攪拌＋高圧噴射併用工法の特徴を以下に示す．

① 高圧噴射により改良体の一体化が期待できる．

② 通常の二軸型の機械攪拌に比べて改良径が大きい(従来1.5m²→高圧噴射併用7.2m²)ため，工期を大幅に短縮できる．

③ 高圧噴射併用により，礫や硬質粘土に対する適用性が高い(D区間において20cm程度の玉石層が層厚１m程度介在したが良好な改良体を確認できた)．

## 4-2　改良体目標強度設定

トレンチャー式機械攪拌工法の改良体目標強度については，全層改良でのゆるみ土圧の検討を実施して，ゆるみが発生しない改良強度を設定した．

・改良体目標強度：0.21N/㎟

機械攪拌＋高圧噴射併用工法の改良体目標強度については，「灰土」の試験練りによる強度発現結果および類似施工事例の文献を参考に決定した．

・改良体目標強度：0.5N/㎟

## 4-3　地盤改良杭配置

今回の機械攪拌＋高圧噴射併用工法施工では，経済性を考慮して改良体相互の密着を確保する観点から検討した結果，最低ラップ長を20cmとし，**図-6**のとおり平面改良率を90%とした．

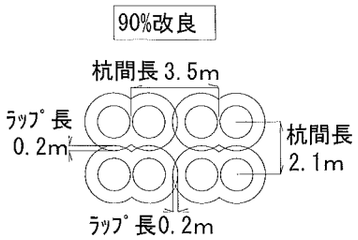



**図-6　地盤改良杭配置図**

その結果，杭本数を３割削減でき，大幅にコスト・工程を削減できた．未改良部に不具合が生じた場合は，坑内からのフォアポーリングで対処する計画にしていたが，トンネル掘削時の不具合は生じなかった．

## 4-4　地盤改良施工状況

### 4-4-1　民家近接部の施工

A区間では，民家近接(トンネル中心より10m)における施工を実施した(**写真-1**)．

地盤改良時の変位抑制対策として，遮断壁(軽量鋼矢板４m)を設置した．またプレジェット工(貫入時の高圧噴射)により，改良対象地盤をほぐし，改良スラリー量に相当する土をエアーによって事前に排出した．

地盤改良の施工およびトンネル掘削において民家部の変形は建築基礎構造設計指針の変形角の許容値($\theta=1.0\times10^{-3}$rad)以下となり，民家への影響は認められなかった．

### 4-4-2　トレンチャー式機械攪拌工法による地盤改良の施工

B区間は，改良深さが浅かったため(最大８m)，トレンチャー式機械攪拌工法による改良を実施した(**図-7, 写真-2**)．

トレンチャー式機械攪拌工法は，近年小土かぶりトンネルにおける施工実績が増えている．灰土に対しても良好な改良体を構築することができた．

### 4-4-3　高圧噴射工法による地盤改良の施工

C区間中央付近の河川については，砂防指定河川であり切り廻しによる地盤改良施工が困難であった．

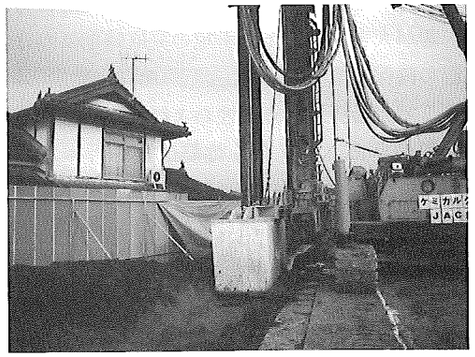


**写真-1　民家近接部施工状況**





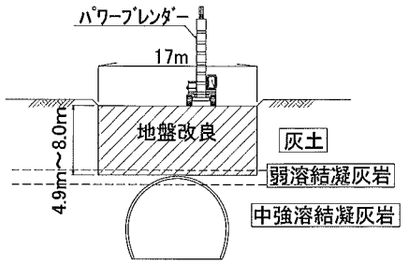



**図-7　浅層地盤改良施工断面図(B区間)**

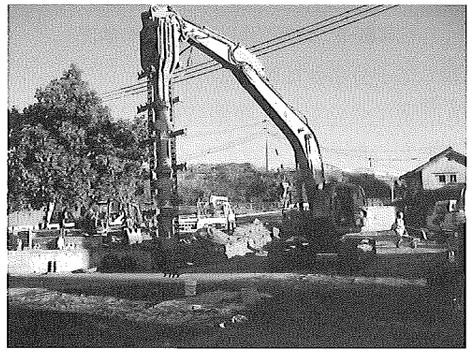


**写真-2　浅層地盤改良施工状況**

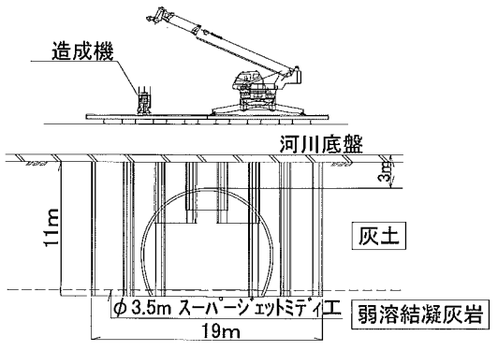



**図-8　高圧噴射地盤改良施工断面図(C区間)**

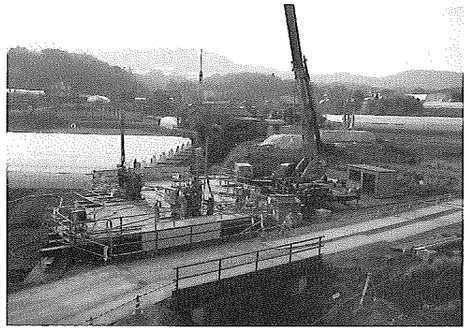


**写真-3　河川部高圧噴射地盤改良施工状況**

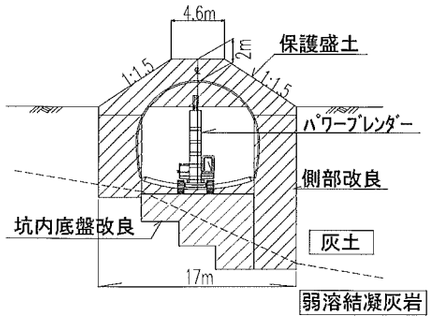



**図-9　保護盛土・坑内底盤地盤改良施工断面図(D区間)**

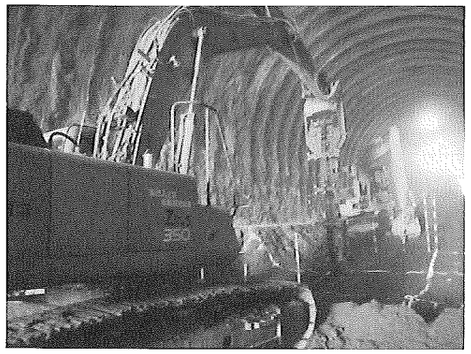


**写真-4　坑内底盤地盤改良施工状況**

た．そこで桟橋を設置し，桟橋上からボーリングによる高圧噴射工法により施工を実施した(**図-8, 写真-3**)．地盤改良形状は切羽面の改良は実施しないアーチ状の改良としたが，トンネル掘削時の変形，切羽の安定性ともに問題はなかった．

### 4-4-4　保護盛土および坑内底盤地盤改良の施工

トンネル新八代方坑口部の天端が地山より突出するD区間の地盤改良については，側部は機械攪拌＋高圧噴射併用工法で実施したが，突出部についてはバックホウ混合＋ローラ転圧による保護盛土を施工した(**図-9**)．保護盛土形状は，新幹線トンネルの他現場施工実績に倣って天端上部２mまで造成した．

また，トンネル底盤部より下位にまで灰土層が分布していたため，坑内からトレンチャー式機械攪拌工法による底盤改良を実施した(**写真-4**)．

## 4-5　地盤改良区間トンネル支保工

地盤改良区間の支保工については，A，B区間は小土かぶりを考慮し，150H@1.0m上下半でロッ

表-3　地盤改良区間トンネル支保工一覧表

| 区　間 | 鋼製支保工 | 吹付け厚（㎜） | ロックボルト（本） | 備　考 |
|---|---|---|---|---|
| A区間 | 150H@1.0m 上下半 | 150 | 6 | RB 側部のみ |
| B区間 | 150H@1.0m 上下半 | 150 | 6 | RB 側部のみ |
| C区間 | 125H@1.2m 上半 | 125 | 0 | |
| D区間 | 125H@1.2m 上半 | 125 | 0 | |

表-4　地盤改良区間計測結果一覧

| 区　間 | 土かぶり（m） | 工　法 | 地表面沈下（㎜） | 天端沈下（㎜） | 内空変位（㎜） |
|---|---|---|---|---|---|
| A区間 | 10.9 | 機械攪拌＋高圧噴射併用 | −9 | −7 | −2 |
| B区間 | 5.5 | トレンチャー式機械攪拌 | −10 | −5 | −4 |
| C区間 | 8.7 | 機械攪拌＋高圧噴射併用 | −3 | −4 | −3 |
| 〃（河川） | 6.0 | 高圧噴射 | −2 | −5 | −2 |
| D区間 | 6.2 | 機械攪拌＋高圧噴射併用 | −10 | −8 | +3 |
| 〃（保護盛土） | 6.2 | バックホウ混合 | −8 | −6 | −2 |

※−がトンネル内側方向への変位

クボルトを未改良の部分に打設するパターンで施工した．C，D区間は，A，B区間の計測変位が小さかった結果を考慮し，支保を軽減した．C，D区間のロックボルトは側部まで地盤改良が存在したため省略した．**表-3**に地盤改良区間のトンネル支保工の一覧を示す．

支保を軽減した区間においては，やや天端沈下が大きくなったものの，施工上問題となる変形は発生しなかった．

### 4-6　地盤改良区間計測結果

**表-4**に地盤改良区間のトンネル掘削における計測結果の一覧を示す．

各区間において，地表面沈下は，10㎜以下となっており，E区間で実施した坑内からの先受け工（小口径フォアパイリング）の箇所での30〜50㎜に

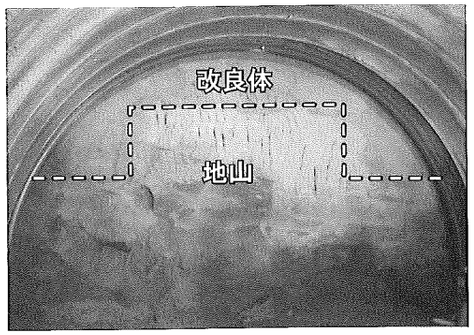



写真-5　地盤改良区間の切羽の状況

比較して十分小さな値となった．

A区間については，事前にFEM解析を実施していたが，解析値（地表面沈下19㎜，天端沈下0㎜，内空変位20㎜）と比較しても地表面沈下と内空変位は小さな値となっている．天端沈下が，解析値より大きくなっているが，脚部の沈下に伴うものであり，改良体上部の変形は小さかったと考えられる．

軟弱な灰土に対する補助工法として，地盤改良工法は変形抑制効果が大きく，非常に有効であったと考えている．

**写真-5**は，C区間の機械攪拌＋高圧噴射併用工法で地盤改良を実施した箇所のトンネル掘削時の切羽の状況である．施工時における天端の安定性は，地盤改良工法の種類にかかわらず非常に良好で，トンネル掘削時のトラブルもなかった．

## 5　地盤改良の耐震性能への効果の検討

### 5-1　検討概要

小土かぶりのトンネル区間においては応答変位法で耐震設計を実施し，RC構造（複鉄筋，D16@125㎜）の覆工を採用している．

この場合，耐震設計における評価方法が難しいことから，地盤改良は考慮せずに地山の物性値をもとに地盤変位と地盤ばねを算定して地震時の影響を検討している．したがって，地盤改良を適切に評価できれば合理的かつ経済的なトンネル覆工の耐震設計が可能となる．

今回，より合理的な覆工の耐震設計を探る第一





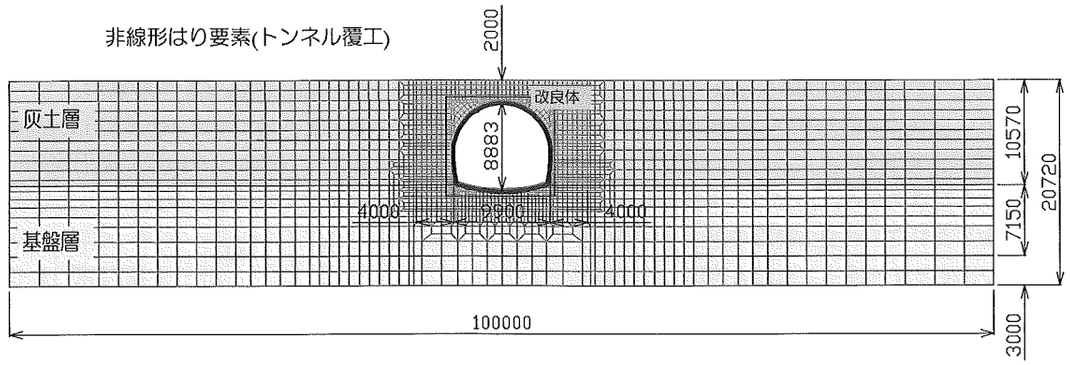



図-10　解析モデル

表-5　解析物性値一覧

| 土　層 | | 深　度（m） | N値 | 単位重量 γ（kN/m³） | せん断波速度 $V_s$（m/sec） | ポアソン比 ν | 初期せん断弾性係数 $G_0$（kN/m²） | 修正 ROモデル・パラメータ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 基準せん断ひずみ $\gamma_{r0.5}$ | せん断耐力 $\tau_f$（kN/m²） | 最大減衰定数 $h_{max}$ | α | β |
| A4（cl） | 灰土 | 1.000〜10.570 | 5程度 | 17.5 | 190 | 0.40 | 64,464 | 8.25E-04〜1.25E-03 | 53.17〜80.45 | 0.25 | 2.78 | 1.47 |
| A4（n-Wt） | 非溶結 | 11.920〜17.720 | 35程度 | 20.0 | 600 | 0.42 | 734,694 | 7.59E-04〜8.41E-04 | 446.25〜494.58 | 0.30 | 3.44 | 1.78 |
| A4（w-Wt） | 弱溶結 | 19.220 | 45程度 | | | | | 8.62E-04 | 538.12 | 0.35 | 4.06 | 2.02 |
| | | 20.720 | | | | | | 8.83E-04 | 551.34 | | | |
| 改　良　体 | | — | 70程度 | 18.1 | 290 | 0.45 | 172,413 | 1.70E-03 | 291.78 | 0.25 | 2.45 | 1.29 |

歩として，地盤，改良体，覆工の非線形性を考慮した逐次非線形解析を実施して，未改良のケースと比較することで地震時の地盤改良の効果を検討した．

### 5-2　土層構成と解析モデル

検討は，D区間をもとに**図-10**に示すようにインバート下に基盤が現れるモデルで行った．トンネル上下の地盤変位差が顕著となるため，覆工に対しては厳しいモデルの設定である．トンネルは2m程度の小土かぶりであり，インバート以浅の土層構成は$V_s$=190m/sの灰土層，それ以深は$V_s$=600m/sの非溶結層および弱溶結層で構成される．地盤改良の範囲は，トンネル覆工から4mの範囲である．

なお，解析モデルは，灰土，基盤層，改良体については平面ひずみ要素，覆工ははり要素によって構築し，解析領域の側方および底面に粘性境界を設けた．地震動は鉄道構造物設計標準のL2地

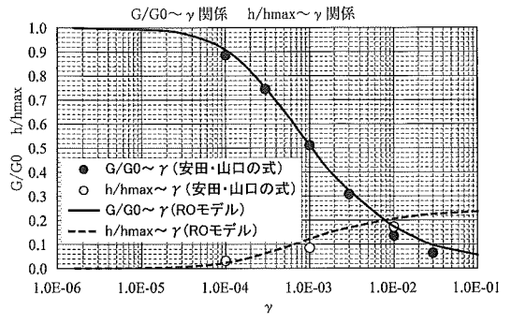



図-11　地盤の非線形特性

震動（基盤面波形最大加速度637gal）を用いた（**表-5**）．

### 5-3　非線形特性および剝離・滑り要素（ジョイント要素）

（1）　地盤（灰土，非溶結層，弱溶結層）

地盤の非線形特性は安田・山口の式により平均粒径$D_{50}$と平均有効拘束圧との関係から推定し，修正ROモデルでフィッティングした（**図-11**）．

（2） 改良体

改良体は機械攪拌併用の高圧噴射工法によるものであり，一軸圧縮強度は0.5N/㎟である．非線形特性は，既往の実験結果[2]を参考に$G/G_0$～$\gamma$曲線を設定し，修正ROモデルまたはHDモデルでフィッティングを試みた．なお，本検討では，事前の検討において，改良体内部の最大せん断ひずみが$10^{-2}$程度にまで達することを確認したため，大ひずみ領域での適合性が高かったHDモデルを採用した(**図-12**)．

（3） トンネル覆工

RC構造である覆工は，常時軸力を固定として算出したトリリニアの骨格曲線($M$-$\phi$曲線)を設定し(**図-13**)，復元力特性は修正武田モデルを適用した．なお，単位体積重量は24.5kN/m³，初期変形係数は$2.5\times10^7$kN/m²である．

（4） 剥離・滑り要素(ジョイント要素)

解析の途中経過で，解析モデル上，覆工と地盤(改良体)間を結合した状態とした場合，変形に伴って地盤(改良体)が覆工を引張る現象となってしまい，解析結果に影響する傾向が見られた．これを解消するため，**図-14**に示す剥離・滑り要素(ジョイント要素)を覆工と地盤(改良体)間に用いた．剥離は，接触面において，垂直応力が引張りになる際にバネ定数が0となることで生じ，滑りは，接触面のせん断応力が地盤と構造物の間のせん断強度(付着，摩擦)を超過する場合に生じる．

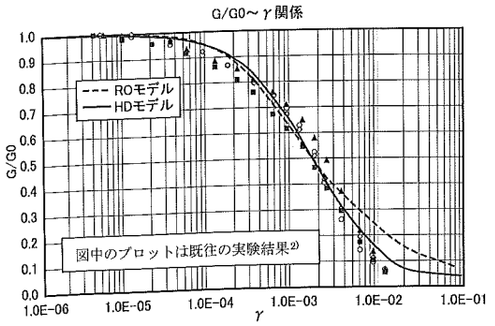



図-12　改良体の非線形特性

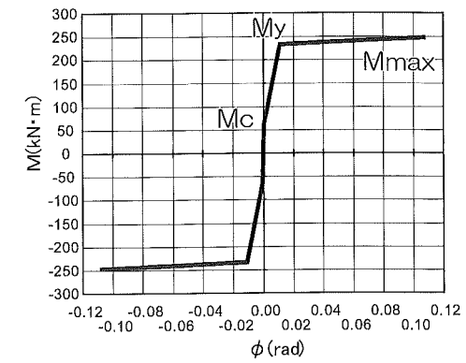



図-13　覆工の非線形特性

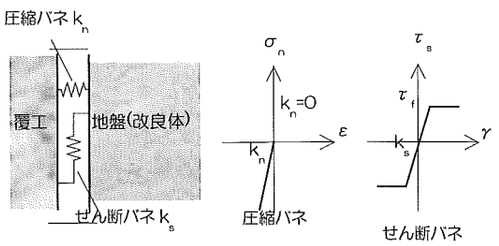
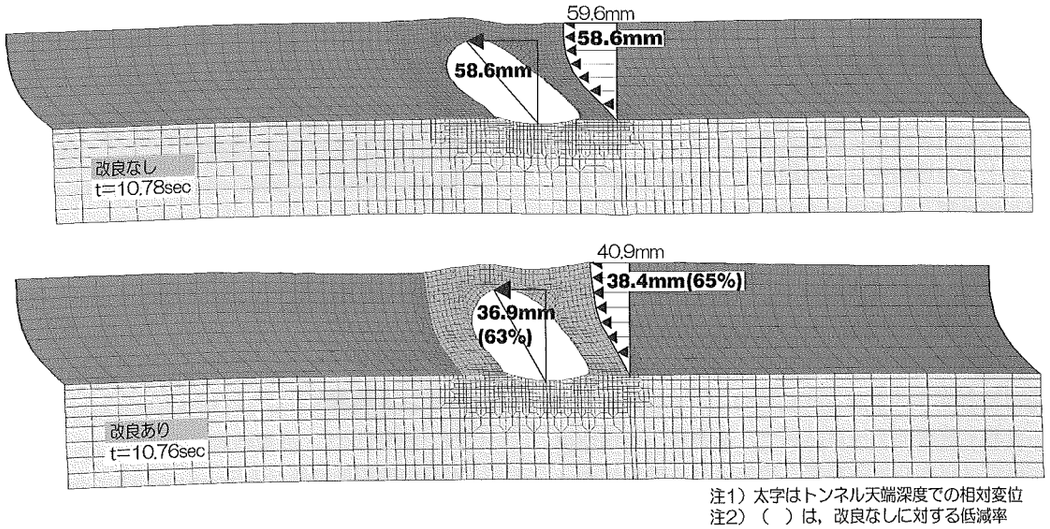



図-14　ジョイント要素の概念




注1）太字はトンネル天端深度での相対変位
注2）（ ）は，改良なしに対する低減率

図-15　最大時の変位応答

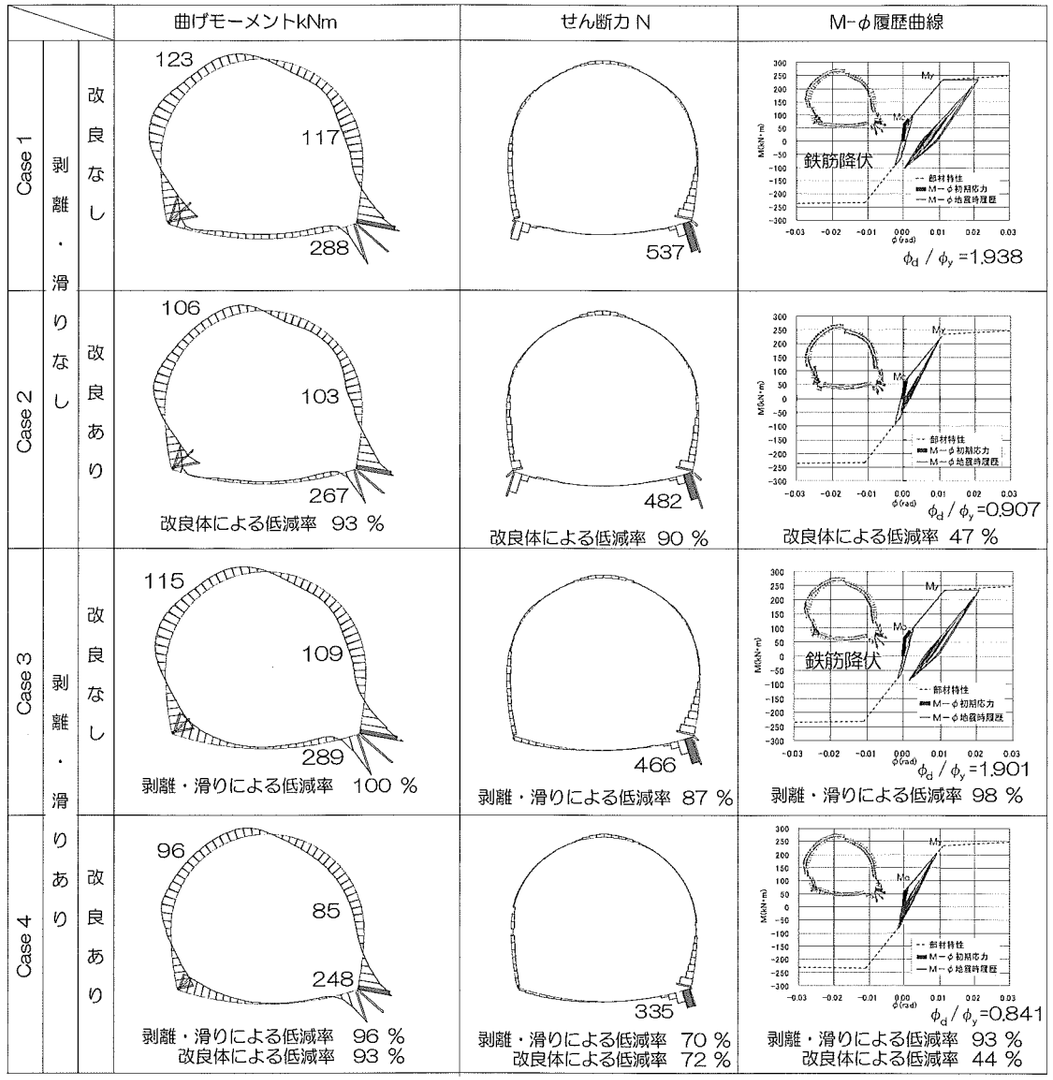




## 5-4　解析結果

解析結果は，**図-15**のように時刻10.78秒(改良なし)，10.76秒(改良あり)で，覆工上下間の相対変位，断面力が最大となった．

改良なしの場合，覆工上下間の相対変位が58.6㎜であるのに対し，改良ありの場合は，覆工上下間の相対変位は36.9㎜，周辺の改良体の位置での相対変位が38.4㎜となり，6～7割程度まで減少している．これは，周囲の地盤改良によりトンネルの見かけ上のせん断剛性が大きくなり，せん断変形を抑制したためであると考えられる．




注）M－φ履歴曲線の曲げモーメント，曲率は，要素中間値である

図-16　覆工の断面力図および$M$-$\phi$履歴曲線

図-16に覆工の断面力図および$M$-$\phi$履歴曲線を示す．剥離・滑り要素のあり・なし，改良体のあり・なしで4ケースの比較となっている．

曲げモーメントについては，剥離・滑り要素のあり・なし，改良体のあり・なしにかかわらず，差は数%である．ただし，$M$-$\phi$履歴曲線の欄を見るとわかるように，改良体のあり・なしの比較では，改良体がない場合には降伏点を超えているが，改良体がある場合には降伏まで至っていない．また，部材の曲率で比較すると5割以下まで低減している．これは，改良体がある場合でも降伏に近い状況に達しているために，覆工の部材の非線形性を考慮した場合には，曲げモーメントとしては差が出てこないためである．一方，剥離・滑り要素のあり・なしの比較に関しては，曲げ変形に対しては，ほとんど影響がないことが確認できる．

また，せん断力に対する改良体の効果については，剥離・滑り要素を考慮しない場合で90%(Case 1と2との比較)の低減しかなかったものが，剥離・滑りを考慮することにより，72%(Case 3と4との比較)まで低減することが確認できた．これは，剥離・滑り要素がなしの場合，地盤変形時の覆工周辺の主応力は，覆工に対して法線方向の主応力が卓越するが，剥離・滑り要素がありの場合，覆工周辺の主応力の向きが接線方向に卓越し，地盤が覆工を引張る現象が解消され，せん断力を低減させたものと考えられる．

以上のように，地盤改良を施した場合の覆工の断面力は，未改良に比較して緩和されることが確認できた．今後，実設計につなげるためには，改良範囲や地盤と改良体の剛性比などをパラメータとして，さらなる検討も必要と考えられる．

## 6 おわりに

地盤改良工法は，灰土のような粘性土系の地質に対して確実な改良が期待でき，変形抑制効果も高いため，地表からの施工制限がない場合は，信頼性がある補助工法と思われる．

今回，深さ10m以上の区間において，機械攪拌＋高圧噴射併用工法による深層混合改良工法を実施したが，地中に連続一体化した良好な改良体を構築でき，トンネル掘削時の天端・切羽の安定性は非常に良好であった．

また，地盤改良を実施した場合のトンネル覆工の耐震設計への考慮について逐次非線形解析を実施して，地震の影響による断面力が低減できることが一例ではあるが定量的に把握できた．今後，パラメータスタディを実施して，実務の耐震設計へつなげていければ良いと考えている．

本報告が，今後の同様な小土かぶりのトンネル工事の参考になれば幸いである．

## 参考文献

1) 上本勝広・北本幸義・吉田輝・藤崎勝利・永谷英基：アーチ状地盤改良工法の開発，鹿島技術研究所年報，Vol.53，pp.1-6，2005.9.
2) 中山晋吾・上條直隆・石田智昭・間瀬辰也・鈴木康嗣・薮内彰夫：深層混合処理工法による改良体の物性評価(その4)，施工後2年経過時の物性，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.411-412，2002.8.

**『トンネルと地下』投稿原稿応募のご案内**

1. 原稿は弊社ホームページ(http://www.tunnel.ne.jp)に掲載されている投稿規定により執筆して頂きます．
2. 原稿のボリュームは，原則として刷上がりで8頁以内とします(図・表・写真含む)．
3. 原稿掲載の採否は，本誌編集委員会で審査のうえ決定します．
4. 掲載論文については当社規定の原稿料をお支払いいたします．
5. 原稿は，原則として返却いたしません．

(注：「現場だより」の投稿は受付けしておりません)

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)





施工

# 小土かぶりの住宅直下における無導坑めがねトンネル

## —真地久茂地線　識名トンネル—

沖縄県土木建築部南部土木事務所街路公園班主幹　新城　実
沖縄県土木建築部南部土木事務所街路公園班主任技師　玉城守克
大成・仲本・内間特定建設工事共同企業体所長　津中重彦
大成・仲本・内間特定建設工事共同企業体工事課長　島田智浩

## 1 はじめに

識名(しきな)トンネルは那覇市内中心部と郊外を結ぶ都市計画道路真地久茂地(まあじくもじ)線の一部として那覇市識名地内に計画されているトンネルである．

本トンネルは東行線と西行線の2本のトンネル(各延長559m)からなり，この2本のトンネルの離隔距離は約1mと非常に近接している．このような超近接トンネルを施工する場合，これまでの実績では，導坑を本坑に先行して施工し，導坑内にピラーコンクリートを構築し，その後本坑を施工する施工方法が多く採用されてきた．しかしながら，近年種々な検討と施工実績の積重ねにより，中央導坑を施工せず，直接本坑を施工する無導坑めがねトンネルの施工実績が増加しつつある．識名トンネルもこの無導坑方式を採用し，2本のトンネルを施工した．

識名トンネルはこれまでに施工された無導坑めがねトンネルと比較して，2本のトンネルが近接している区間の延長がもっとも長い(トンネル全線にわたり近接；$L$=559m)トンネルである．

また，トンネル上部(土かぶり14～40m)には住宅などが密集しており，施工時には地山の安定，とくに地表面沈下に対して十分な配慮が求められ，

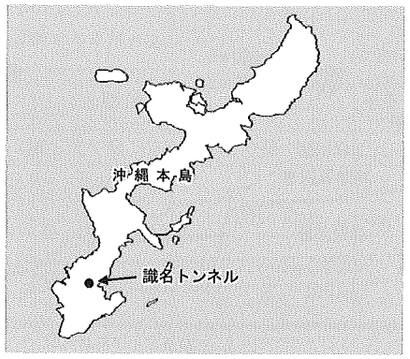


図-1　施工位置図

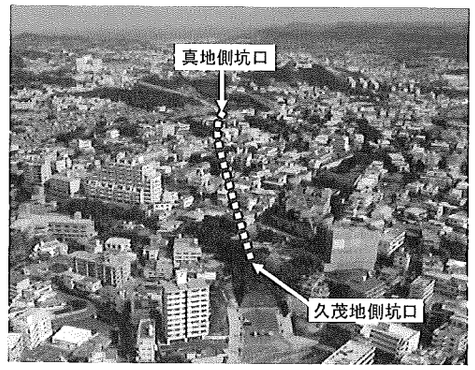


写真-1　航空写真(着工前)

地表面沈下管理と抑制が重要な課題となるトンネルである．

## 2　工　事　概　要

工事概要を表-1に示す．トンネルの施工は真地側(終点側)坑口に仮設備ヤードを設け，真地側坑口より東行線，西行線とも片押しで掘削を行った．掘削は東行線を先進坑とし，先進坑掘削の影響が安定した後に，後進坑切羽が通過できるような切羽の離隔距離を確保し，先進坑と後進坑の切羽を同時併進させた．また，トンネルの安定は一次支保にて確保する設計思想により，覆工コンクリートは，先進坑，後進坑が通過し，計測データが安定し，収束確認後に施工した．

表-1　工事概要

| | |
|---|---|
| 工事名称 | 真地久茂地線識名トンネル(仮称)新設工事 |
| 発注者 | 沖縄県 |
| 施工者 | 大成・仲本・内間特定建設工事共同企業体 |
| 施工場所 | 沖縄県那覇市識名地内 |
| 主要工事数量ほか | 掘削方式　機械掘削<br>トンネル延長　559m(東行線，西行線)<br>掘削断面積　113m²<br>内空断面積　84m² |

## 3　地　形・地　質

トンネルは那覇市東部の識名台地下にあり，この台地の地質構成は，表層に琉球石灰岩層が分布し，その下層に島尻泥岩層が分布している(図-4)．トンネルはこの泥岩層内に計画されている．トンネル周辺に分布する泥岩は一軸圧縮強度が1～2 MPaであり，潜在的亀裂を多く有し，浸水崩壊性が非常に高いという特徴を有する．

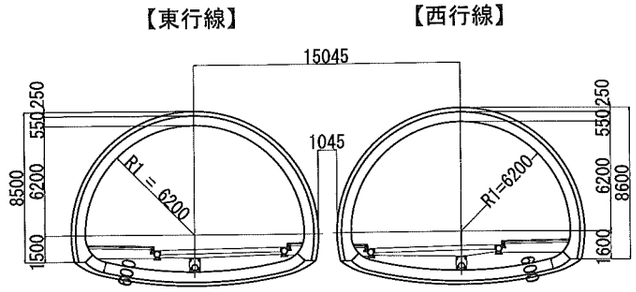



図-2　標準断面図(D3 パターン)




図-3　識名トンネル平面図

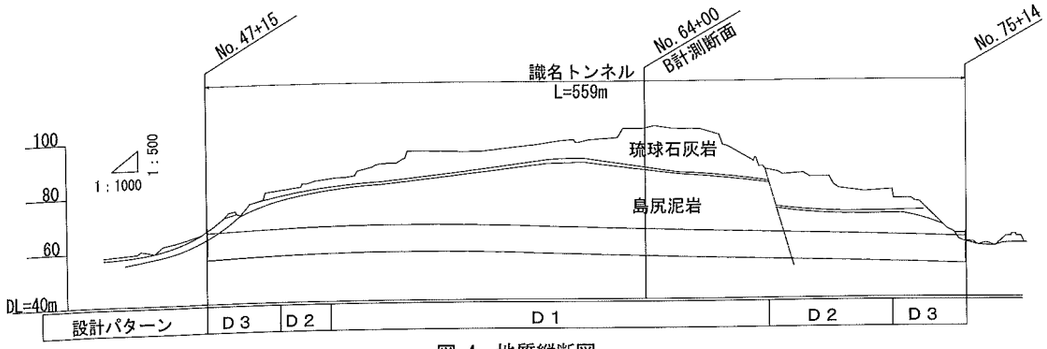



図-4　地質縦断図





## 4　支保パターンと一次支保仕様

本トンネルの設計パターンは，土かぶりの大きさに応じてD1 パターン，D2 パターン，D3 パターンと設定した．一次支保の仕様を表-2に示す．

無導坑めがねトンネルでは，先進坑の一次支保仕様は後進坑通過時にも応力変化を受けるため，後進坑側の一次支保よりも剛な仕様としている．また，早期閉合の効果を確実なものとするため，インバート吹付けコンクリートを東行線，西行線とも全区間に採用した．さらに，土かぶりが小さい区間に設定されたD3 パターンでは，インバートストラット(H-200)を追加採用した．

## 5　施　工　方　法

トンネルの施工は住宅地直下での施工のため，施工時の地山の安定と地表面沈下量の低減を目的にトンネルの早期閉合が可能な補助ベンチ付き全断面掘削工法を採用した．施工手順を図-5に示す．

図に示すように，インバート吹付けによる閉合位置は上半切羽から7～9 mの位置で閉合するように施工を行った．

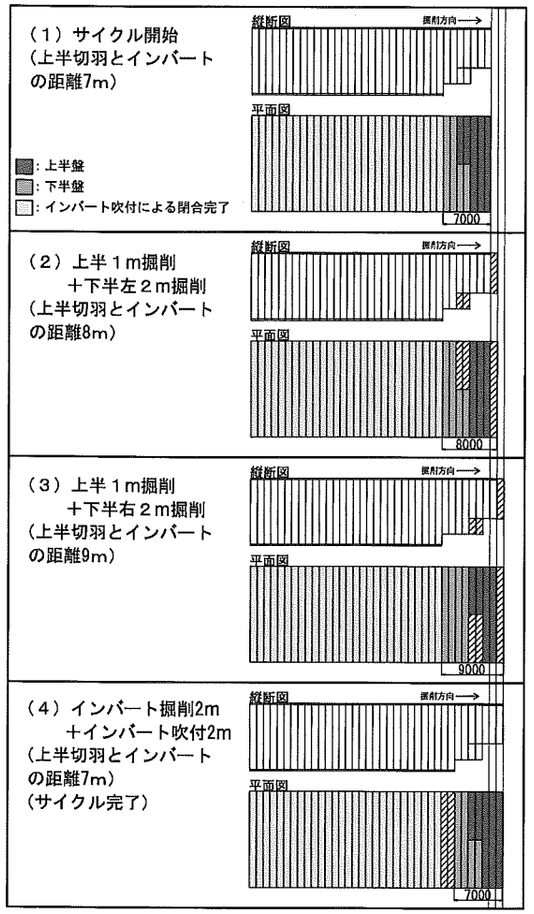



図-5　施工手順図

表-2　一次支保仕様

| | パターン | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | D1 | | D2 | | D3 | |
| | 東行線(先進坑) | 西行線(後進坑) | 東行線(先進坑) | 西行線(後進坑) | 東行線(先進坑) | 西行線(後進坑) |
| 吹付けコンクリート | $t$=200mm<br>$\sigma_{ck}$=36N/mm² | $t$=200mm<br>$\sigma_{ck}$=18N/mm² | $t$=200mm<br>$\sigma_{ck}$=36N/mm² | $t$=200mm<br>$\sigma_{ck}$=18N/mm² | $t$=250mm<br>$\sigma_{ck}$=36N/mm² | $t$=250mm<br>$\sigma_{ck}$=18N/mm² |
| インバート吹付け | | | | | $t$=200mm<br>$\sigma_{ck}$=36N/mm² | $t$=200mm<br>$\sigma_{ck}$=18N/mm² |
| 鋼製支保工 | H-150@1.0m | | H-200@1.0m | | H-200@1.0m | |
| インバートストラット | — | | — | | H-200@1.0m | |
| ロックボルト | D25+FRP，$L$=4m | | D25+FRP，$L$=4m | | D25+FRP，$L$=4 m | |
| 鏡吹付け | $t$=50mm(毎切羽)<br>$\sigma_{ck}$=18N/mm² | | $t$=50mm(毎切羽)<br>$t$=100mm(補助工法断面)<br>$\sigma_{ck}$=18N/mm² | | $t$=50mm(毎切羽)<br>$t$=100mm(補助工法断面)<br>$\sigma_{ck}$=18N/mm² | |
| 先受け工 | — | | GFRP $\phi$76mm，$L$=12.5m | | 鋼管 $\phi$114.3mm，$L$=12.5m | |
| 鏡補強工 | — | | — | | 鋼管 $\phi$76mm，$L$=12.5m | |

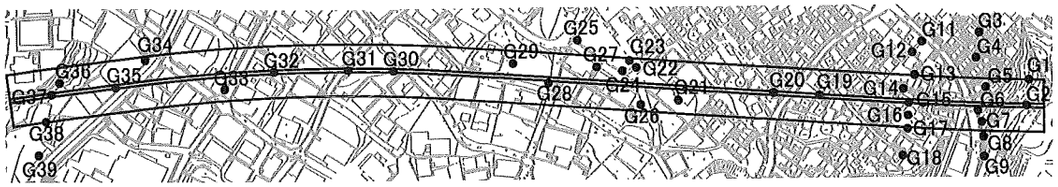



図-6 GPSセンサー配置図

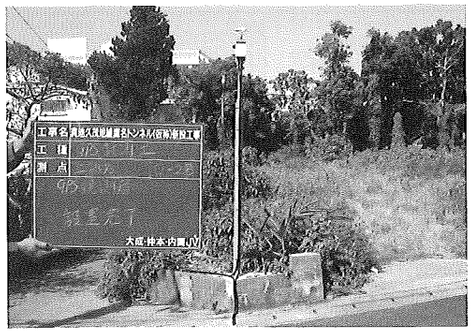
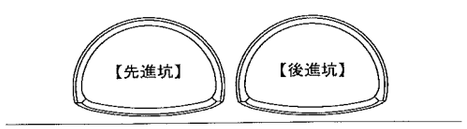



写真-2 GPSセンサー設置状況

表-3 地表面沈下量管理基準値(単位：mm)

| 施工段階 | 管理レベル | 計測位置 後進坑センター | トンネル中央 | 先進坑センター |
|---|---|---|---|---|
| 先進坑通過時 | 管理レベルⅠ | −5 | −8 | −11 |
| | 管理レベルⅡ | −6 | −10 | −13 |
| | 管理レベルⅢ | −7 | −12 | −16 |
| 後進坑通過時 | 管理レベルⅠ | −18 | −20 | −17 |
| | 管理レベルⅡ | −23 | −25 | −22 |
| | 管理レベルⅢ | −27 | −30 | −26 |




## 6 地表面沈下計測計画

トンネル上部地表面には住宅，墓地など重要構造物が密集しているため，トンネル施工時の地表面沈下管理が重要となる．

本トンネルは，全区間において土かぶりが小さいため(最大で土かぶり40m)，トンネル全線にわたる広い範囲で地表面沈下計測を実施し，地表面沈下量の管理を行う必要があった．地表面沈下の計測手法については，レベル測量にて計測するのが標準的である．しかしながら，識名トンネル上部には住宅が密集し，しかも道路は起伏が多く，幅員も狭く，さらに曲線部も多いため，レベル測量では広範囲の地表面沈下量をリアルタイムに把握することは困難と考えた．そこで，24時間常時自動観測が可能なGPSセンサーを用いた地表面沈下計測を実施することとした．GPSセンサーは2本のトンネルの中央部に約40m間隔で設置し，また，重要構造物部，予測解析実施断面では横断方向にも設置した．GPSセンサーの配置図を**図-6**に示す．GPSセンサーは，切羽進行と計測データの収束状況に応じて順次設置移動を行い，最終的に39か所の地表面沈下を監視した．

地表面沈下量の管理目標値としては，過去の実績から30mmと設定し，FEM解析結果をもとに各計測位置および施工ステップごとの管理基準値を設定した．管理基準値を**表-3**に示す．

## 7 先進坑と後進坑の相互作用

無導坑めがねトンネルでは，二つのトンネルが非常に近接しているため，先進坑，後進坑の相互作用の把握が重要となる．ここでは坑内B計測の計測結果を用いて，相互作用について評価を行う．坑内B計測は鋼製支保工応力と吹付けコンクリート応力について実施した．評価断面は，最大土かぶり位置に設置したD1パターンの計測結果を使用する(No.64＋00)．**図-7～9**に先進坑(東行線)側の鋼製支保工軸力，曲げモーメント，吹付けコンクリート応力の経時変化図，**図-10**に先進坑通過時と後進坑通過時の鋼製支保工軸力，曲げモーメント，吹付けコンクリート応力の分布図を示す．

計測結果より，先進坑の横を後進坑が通過する





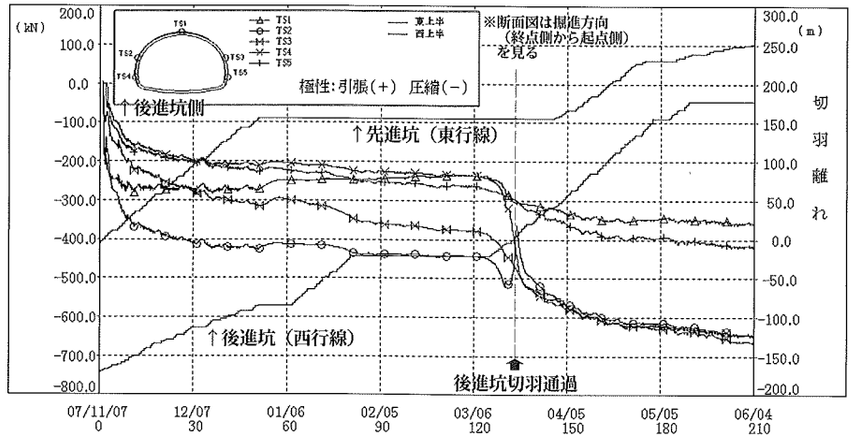



図-7 鋼製支保工軸力経時変化図 東行線(先進坑)D1パターン

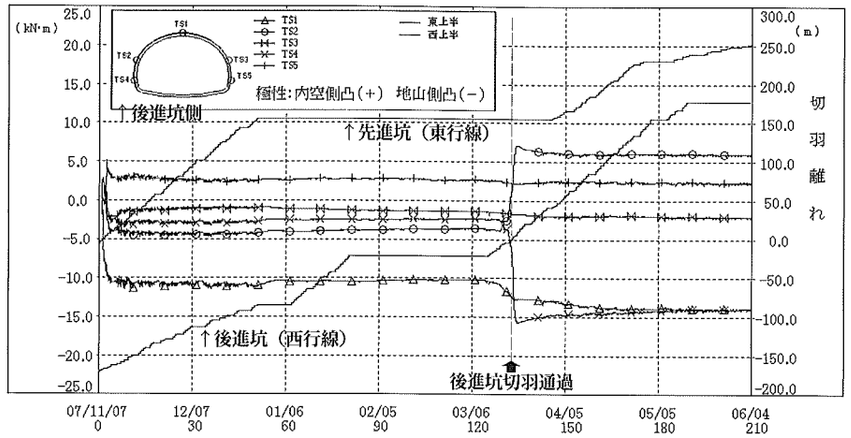



図-8 鋼製支保工曲げモーメント経時変化図 東行線(先進坑)D1パターン

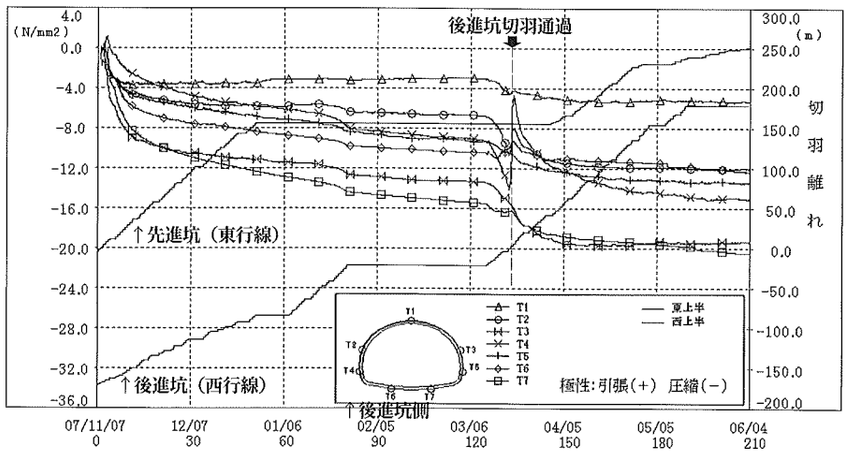
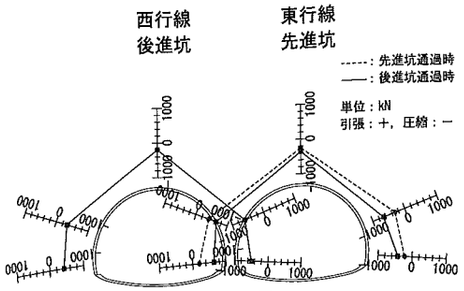


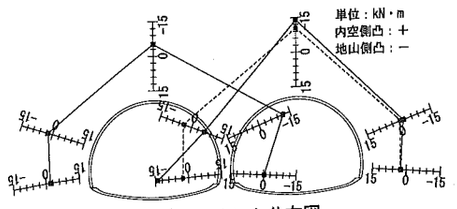

図-9 吹付けコンクリート応力経時変化図 東行線(先進坑)D1パターン

際の先進坑側の挙動として，以下の現象が確認できる．

- 後進坑の通過前後で先進坑の軸力は全計測点で圧縮力が増加する(軸力の増加率は天端がもっとも小さい)．ただし，先進坑の後進坑側肩部，脚部では後進坑切羽到達直前で一度軸力が抜ける現象が発生し，切羽通過直後に再度軸力増加に転じている．
- 曲げモーメントは，後進坑通過直後に先進坑の後進坑側肩部で内空側の曲げモーメントが増加し，同じく脚部で地山側に曲げモーメントが増加している．この現象は後進坑掘削による応力再配分の影響で，後進坑側からの応力が，先進坑側の肩部に流れたためと考えられる．また，曲げモーメントの変化は後進坑切羽到達直前から直後の短期間で完了しており，その後変化はなく，曲げモーメントの変化は後進坑側切羽位置による影響が少ない．
- 吹付けコンクリート応力は，鋼製支保工軸力と同様な挙動を示している．また，インバート吹付け部の応力計測では，20N/㎟程度の圧縮応力が発生しており(設計基準強度：$\sigma_{ck}$=36N/㎟)，インバート吹付けが構造として十分に機能していることを確認できる．



軸力分布図



曲げモーメント分布図

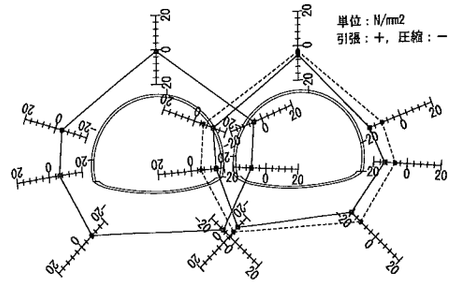


図-10　先進坑，後進坑通過時の断面分布図　D1パターン(No.64＋00)

## 8　送水管部のトンネルの施工

久茂地側坑口上部の市道下には那覇市内に水道



写真-3　送水管埋設位置図

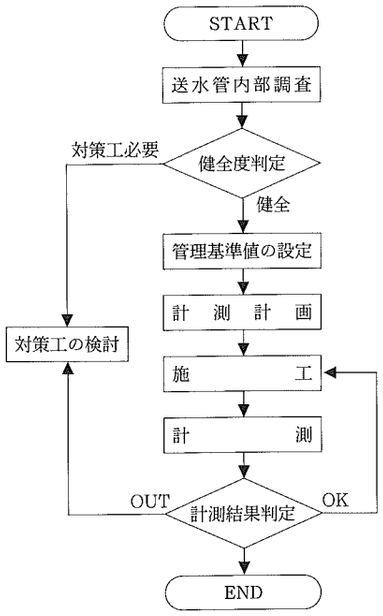


図-11　送水管部施工フロー





水を供給するための送水管が埋設(トンネル天端から11m上部)されている(参照：**写真-3**)．この送水管は那覇市の3分の2の地域に水道水を供給している重要幹線である．事前の資料調査からこの送水管はφ900のダクタイル鋳鉄管であり埋設後30年が経過し，管の劣化も懸念された．さらに，埋設管は内圧が0.6MPa作用しており，わずかな漏水でも発生した場合は，多大な影響を地表部におよぼす可能性があった．このため，この区間の施工では**図-11**に示すフローに従い実施し，確実な施工管理ができる体制を構築した．

### 8-1　調　査

送水管の内部の健全度および継手部の引抜きに対する余裕度を確認するために，送水管を断水し，送水管内部に入り調査を実施した．調査の結果，管の健全度は当初想定された状態より良好であり，継手部の引抜きまでの変形余裕から算定される許容沈下量はトンネル全線にわたり設定している管理目標値30㎜を確保すれば十分な安全率を確保していることが確認できた．このため，送水管の沈下管理は前章で設定した地表面沈下の管理基準値(表-3)を採用して管理を行うこととした．

### 8-2　送水管部の計測計画

送水管部の沈下量は，送水管の埋設されている市道の路面沈下量にて管理することとし，沈下量の計測には，GPSセンサーによる計測，レベル測量による計測に加えて，24時間常時計測可能なトータルステーションを用いた路面のノンプリズム沈下計測を実施した．送水管部の計測計画図を**図-12**に示す．

### 8-3　沈下対策工

先進坑掘削に際し，送水管が埋設されている道路の横にあるGPSセンサー(G-35)の計測値が先進坑通過後の収束値で約13㎜発生となった．この地点に到達するまでの地表面沈下計測結果の分析より(参照：**図-13**)，後進坑通過後の地表面沈下量の収束値は先進坑通過後の収束値の3倍程度発生していることが確認できた．この分析結果よりG-35においては後進坑通過後の最終沈下量が13㎜×3倍＝39㎜程度となることが予測され，管理目標値30㎜を超過することが懸念された．このため，

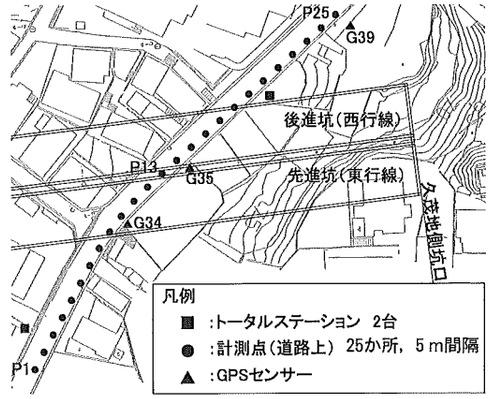


図-12　送水管部計測計画図



写真-4　市道部計測状況

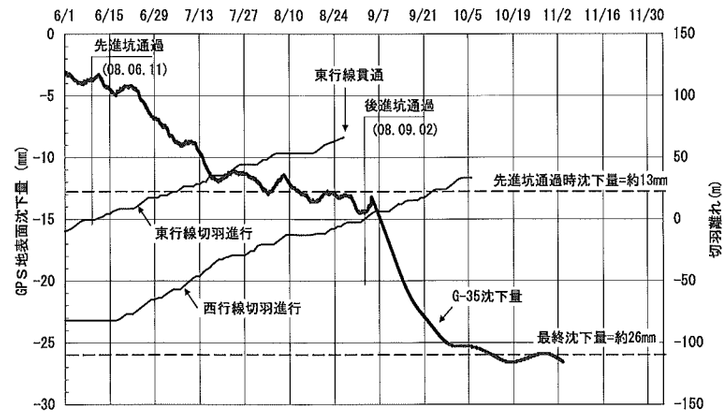


図-13　一次支保仕様

後進坑通過時の地表面沈下抑制のための対策工を実施することとした．

計測点G-35付近の支保パターンはD3パターンであり，設計の段階で長尺先受け工，長尺鏡ボルト工，インバート吹付け工，インバートストラット工などが採用されており，地表面沈下抑制の対策工としては既に種々の工法が採用されていた．このため，現在採用されている補助工法の仕様のランクアップなどでは，大幅な沈下抑制は期待できないと判断した．

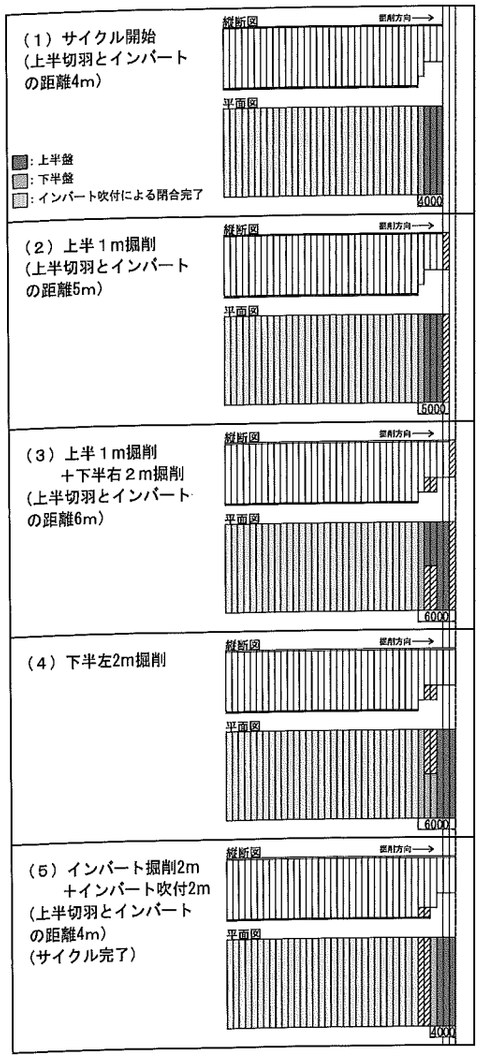



図-14　施工手順図（閉合距離短縮）

また，この区間は住宅地直下であり，土かぶりが14m程度と小さく，補助工法施工時の騒音・振動がトンネル上の民家に影響を及ぼすことに配慮して昼間のみの施工としていた．このため，施工サイクルとしては，図-5に示す早期閉合（上半切羽から7～9 mでインバート閉合）を目的とした施工サイクルを採用していたが，インバート閉合するまでの開放時間が，昼夜施工に比較して長くなり，早期閉合の効果が薄れている可能性が考えられた．このような状況を鑑み，後進坑通過時の沈下抑制対策として，早期閉合の効果をさらに向上させることを目的に，インバート閉合をこれまでよりさらに切羽に近い位置で実施することとした．早期閉合を目的とした施工サイクルを図-14に示す．この施工サイクルでは，１日の作業時間（昼間のみ）の中で，図-14の(1)～(5)のサイクルを完了し，作業終了時には必ず切羽からインバート閉合位置までの距離を4mとした．この施工サイクルを後進坑において計測点G-35の直前より採用し，後進坑貫通直前まで採用した．

図-13に示すように計測点G-35の地表面沈下量は最終的に26㎜に収束し，管理目標値30㎜を超えることはなかった．

この対策工の効果を検証するために，住宅地内に設置したGPSセンサーの先進坑通過時と後進坑通過時の沈下量の比較を図-15に示す（検討対象はトンネル中心に設置したGPS）．図-15より計

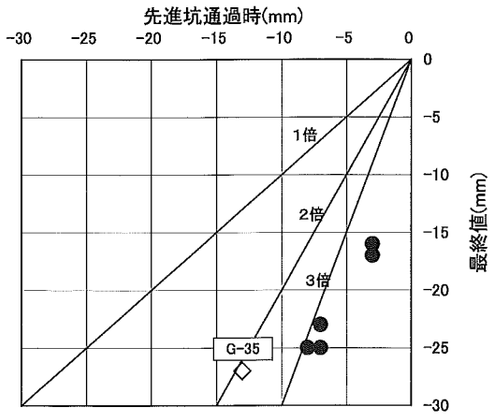



図-15　先進坑通過時沈下量と最終沈下量の比較





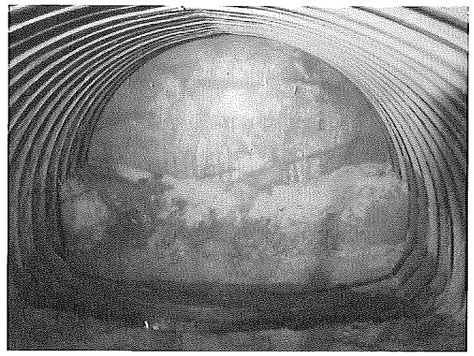


写真-5　インバート早期閉合完了状況

測点G-35では，その他の計測点の計測結果とは異なり，後進坑通過時の地表面沈下量の増加率が小さくなっており，先進坑通過後の計測値の約２倍となっている．計測点G-35が他の計測点と施工条件が異なるのは，インバートの閉合位置のみである．よって，計測点G-35における後進坑通過時の地表面沈下量の抑制には，インバートの閉合位置をさらに切羽に近づけた効果が寄与していると考えられる．

## 9　おわりに

これまで施工実績の少ない無導坑めがねトンネルを，土かぶりが小さい住宅地直下において無事貫通することができた．今後，都市部においては，用地の制約などの関係で同様の形式のトンネルが増加すると考えられる．今回の識名トンネルの施工実績が今後の無導坑めがねトンネルの計画の参考になれば幸いである．

最後に，本工事を施工するにあたり，ご指導を頂いた識名トンネル施工技術検討委員会（今田徹委員長）の委員の方々と（社）建設機械化協会施工技術総合研究所の方々に，この場を借りてお礼申し上げる次第である．

P.A.ドミニコ，F.W.シュワルツ著

地下水の科学　各B5判 全３巻

地下水の科学研究会　　大西　有三　監訳

第Ⅰ巻　地下水の物理と化学　　価格4,281円　〒340円
第Ⅱ巻　地下水環境学　　価格4,485円　〒340円
第Ⅲ巻　地下水と地質　　価格3,873円　〒340円

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

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




## ■ヘルシンキ地下鉄

堅硬なことで知られる北欧の岩盤を以前より実見してみたいと思っていたが，先日ドイツを訪問した帰途に，フィンランドのヘルシンキへ立ち寄る機会があったので，アポなしでも見学できるいくつかの施設を訪ねてみた．

最初に訪れたヘルシンキ市の地下鉄は，世界最北の地下鉄として知られ，ロシアやフィンランドの鉄道で採用されている軌間1,524㎜という広軌(標準軌は1,435㎜)を用いた地下鉄でもある．試験線はすでに1971(昭和46)年に完成し，翌年からは試作車による試運転が開始されていたが，ATO(自動列車運転)による無人運転をめざした車両の開発に手間取り，開業は大幅に遅れた．

そして，1982(昭和57)年に最初の路線が開通し，現在ではルオホラハティ～メッルンマキ間と，イタケスクスから分岐してヴォサーリまでを結ぶ総延長21.1kmのY字形の路線で構成されている．集電方式は第三軌条(DC750V)で，車両限界などは，将来，国鉄の近郊電車線にも乗り入れができるよう考慮されている．

地下区間は，土かぶり20m以上のラパキヴィ花崗岩の岩盤を掘削してトンネルが建設され，地下駅は核シェルターとしても機能する設計となっている．地質はすべて堅硬であったわけではなく，

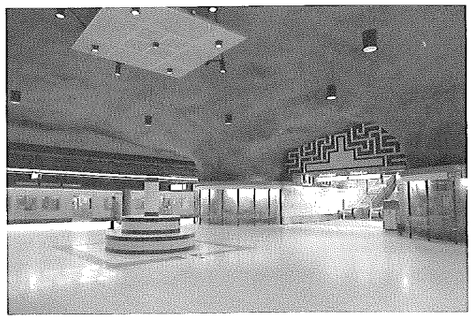


写真-1 地下鉄ルオホラハティ駅の構内

クルビ地区の約40m間は，クルビ節理と呼ばれる地質の不良区間であった．このため，イギリスとソ連のコンサルタントから凍結工法を導入し，鋳鉄製セグメントを用いて完成した．しばしば紹介されるストックホルム地下鉄のような派手なアートは施されていないが，岩盤の凹凸を活かした地下空間は，独特の雰囲気がある(**写真-1**)．

## ■イタケスクス・スイミング・ホール

ヘルシンキの地下鉄で，中央駅から約15分ほどの東の郊外に，イタケスクスという駅があるが，その北口から歩いて約10分の場所に，大規模空洞を利用したイタケスクス・スイミング・ホールがある．この施設は，もともと非常時に3,800人を10日間にわたって収容できる核シェルターとして





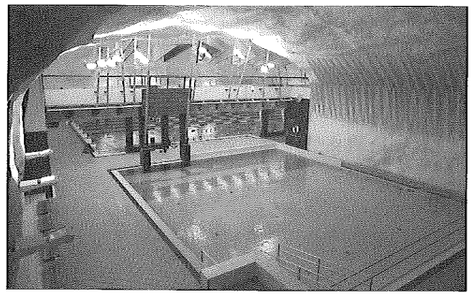


写真-2 イタケスクス・スイミング・ホール

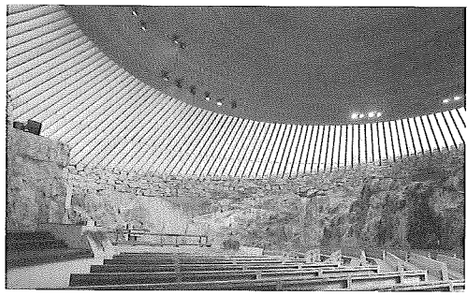


写真-3 テンッペリアウキオ教会の礼拝堂

建設されたが，維持費の負担を軽減するためにヘルシンキ市によってプールとして改装された．

工事は，1991(平成3)～1993(平成5)年にかけて行われ，最大高さ約18m，長辺約62mという大規模地下空洞を利用して，50m×19mの大プール，14m×11mの練習用プール，12.5m×10.5mの子供用プールを備えるスイミングホールとして生まれ変わった(水温は27～30℃)．また，水温17℃の冷水プール，水温33℃のジャグジー付きプールがあるほか，高さ3mと5mの飛込台，フィンランド名物のサウナが6室，さらにサンルーム，カフェ，集会室などが備えられた．

土かぶりは約15mで，自然光が全く届かないため，吹付けコンクリートの表面を白く塗り，天井に間接照明をあてることによって，あたかも空の下にいるような感覚である．また，船のマストをイメージしたエレメントが単調な壁面にアクセントを与え，音響を吸収する効果をもたらすなど，さまざまな配慮が観察できる(**写真-2**)．

設計は，国立オペラハウスやユヴァスキュラ市立図書館などを手がけた3人の建築設計チーム・ヒュヴェメキ＝カルフネン＝パルッキネンにより行われ，1993(平成5)年にオープンして年間約40万人の利用者があるとのことである．

## ■テンッペリアウキオ教会

ヘルシンキ中央駅から北東へ，市内電車に乗って10分ほど(歩いても20分程度)の場所に，テンッペリアウキオ教会がある．教会と言えば，尖塔を想像しがちであるが，テンッペリアウキオ教会にはそれがなく，荒々しく露出した岩盤の中央に，丸屋根を被せているのみである．

テンッペリアウキオの丘に教会を建設する計画は1930年代に具体化されたものの，ソ連との冬戦争によって中止されたままであった．その後，1960年代後半に設計コンペが行われ，ティモ&トゥモ・スオマイライネン兄弟の設計案が採用され，1968(昭和43)年に工事を開始し，翌年9月に完成した．教会は，岩盤を深さ5～9mほど掘削した半地下式の円形の礼拝堂を主体としており，約750人を収容することが可能である(**写真-3**)．壁面は，掘削した岩盤と石積みにより構成され，削岩機の跡も生々しく残されている．

地質は，フィンランド南部の基盤岩として広範囲に分布するラパキヴィ花崗岩で，「ラパキヴィ(rapakivi)」はフィンランド語で「崩れやすい岩」を意味している．ラパキヴィ花崗岩には，変成岩と深成岩が混在するミグマタイトが発達しており，テンッペリアウキオ教会でも典型的なミグマタイトを観察することができる．ちなみに，ミグマタイトの名は，フィンランドの地質学者であるヤコブ・ゼーデルホルムによって1907(明治40)年に記載，命名された．

ヘルシンキは，2011(平成23)年のITA総会の開催地に予定されているので，機会があればこれらの施設を見学するのも意義あることと思う(イタケスクス・スイミング・ホールのみ入場料が必要)．このほか，北極圏に近いロヴァニエミにあるサンタパークも核シェルターとして建設された地下空洞を利用しているとのことであるが，あいにくシーズンオフ(夏期と冬期のみ開館)だったので，またの機会に訪れてみたいと思う．




# 天地人ゆかりの地「八十里越」越後の国より

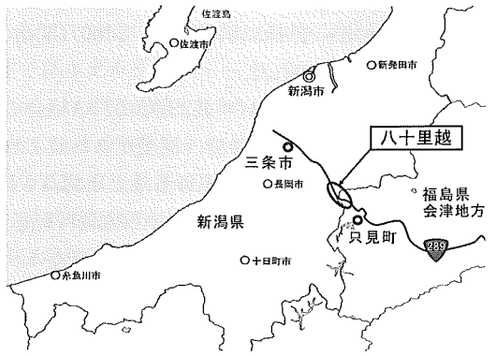
小野利昭

一般国道289号は，昭和45年に国道として認定された新潟県新潟市を起点として福島県いわき市に至る総延長302kmの道路である．このうち，新潟県三条市(旧下田村)から福島県只見町に至る県境部分が「八十里越」と呼ばれている．

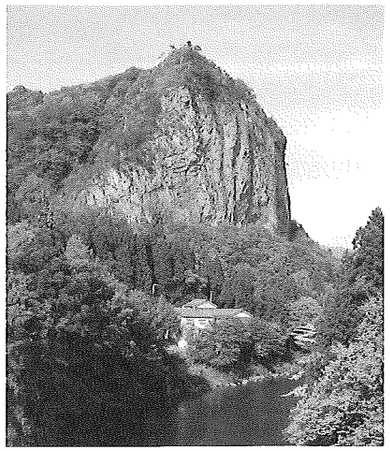
この越後と会津を結ぶ街道の中で，もっとも険しい山岳地帯をぬける八十里越，「八里の峠でありながら八十里もあるかのように急峻・長大な峠である」ところからこの名称があり，古くは平安時代から歴史上に登場する．

源氏が平家にとって代わろうとするころ，高倉宮以仁王主従は都から落ちのび，八十里越で吉ケ平に来たとの伝承から始まり，戦国時代には上杉景勝が援軍として会津へ越えて行った．また，幕末長岡藩の家老・河井継之助の最期の地でも知られ，戊辰戦争により会津へ逃れる際に「八十里こしぬけ武士の越す峠」と自らの姿を自嘲した句が伝わる．

近くを流れる五十嵐川の上流には，大谷ダム，笠堀ダムがあり，春には新緑，ヒメサユリ，秋には紅葉と美しい景色を魅せる．笠堀ダムは，特別天然記念物のニホンカモシカの保護区で知られている．新潟県景勝100選である八木ケ鼻は，五十嵐川の右岸にそそり立つ，高さ200mを超える石英粗面岩の断崖絶壁で，岩肌が朝日に照らされる姿は神々しくもある．清らかな流れにはアユ，ヤマメ，ウグイ，カジカが生息し，伏流水は新潟の酒の仕込み水にも使われている．そして，




位置図



八木ケ鼻

今年開催予定の「トキめき新潟国体」のカヌー競技の開催地にもなっている．

9号トンネルは，14本あるトンネルのうち最長のトンネルで新潟県・福島県の県境を貫く全長$L$＝3,173mのトンネルである．始点側の新潟県三条市は，戦国動乱のころ越後の虎と恐れられた武将・上杉謙信が14歳のときに旗揚げをした地である長岡市(旧栃尾市)のとなりに位置し，冬には4mを越える積雪がある日本有数の豪雪地帯である．

工事は平成12年に坑口部の地すべり対策を開始し，平成14年からはトンネルの掘削にかかり今年で10年目になる．豪雪地帯であるため，毎年12月中旬から翌年4月末まで工事が中止となる．

毎年5月から準備作業を始め，11月中旬には雪囲いを行うため，実質の掘削作業は5か月ほどしかできない．

そんな中，トンネル全長3,173mのうち2,700mほどまで掘削が完了し，残り470mとなっている．出口側の坑口対策があるため今年の貫通は難しいが，念願の貫通に向け元請職員および協力会社が一丸となり，最後まで気を緩めることなく努力していく所存である．

(289号9号トンネル工事西松・熊谷JV八十里出張所所長)





施工

# 鉄塔直下の掘削と供用線への避難連絡坑の接続

## —阪和自動車道　藤白トンネルⅡ期線北工区—

西日本高速道路(株)関西支社和歌山工事事務所工事長　入江壮太
鉄建建設(株)九州支店土木部担当部長　柚木崎守
鉄建建設(株)土木本部土木部　平田亮

## 1　はじめに

阪和自動車道は松原JCT(大阪府)を起点に南紀田辺IC(和歌山県)に至る延長129km(湯浅御坊道路19kmを含む)の高速道路である(図-1)．海南IC以北は6車線および4車線で，海南IC以南は2車線で供用中であり，そのうち，海南IC～有田IC(延長9.8km)は海南湯浅道路として昭和59年に完成2車線道路の対面通行として開通した区間である．

当該区間の交通量は年々増加し，現在では約2万6千台/日となり，休日を中心に年間300回以上も渋滞が発生している状況であり，4車線への拡幅が事業化された区間である．

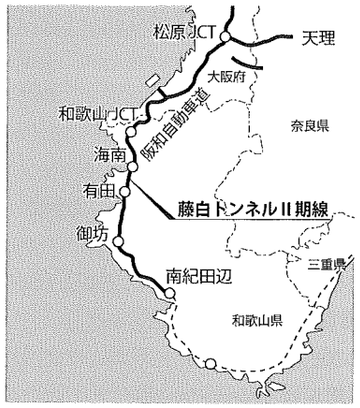



図-1　路線図

## 2　藤白トンネル(Ⅱ期線)の概要

海南IC～有田ICの全延長約76%が3本のトンネルという山岳道路でありそのうち1本が藤白トンネルである．

藤白トンネルは，和歌山県海南市の南方1～2kmに位置し，路線上には紀伊半島を東西に横断する三波川帯の分布域があり，主な地質は，黒色片岩，緑色片岩，蛇紋岩，輝緑岩で構成される．

藤白トンネルの4車線化工事はⅠ期線に平行し東側(山側)に下り線の2車線トンネルを新設するものである．全延長2,136mを北工区1,151m，南工区985mの2工区とし，機械および発破で掘削を行った(図-2)．平成17年3月に南坑口から，また平成17年10月に北坑口から着手し平成19年8月に貫通した．

今回の報告は，北工区で行った，

①　送電鉄塔下の小土かぶり部(約13m)の施工

②　供用線に接続する避難連絡坑の施工

以上2点について報告するものである．

## 3　送電鉄塔下の小土かぶり部の施工

### 3-1　施工の問題点

藤白トンネルⅡ期線北側工区には，坑口から約55m，土かぶり約13mの小尾根部に高さ約20mの

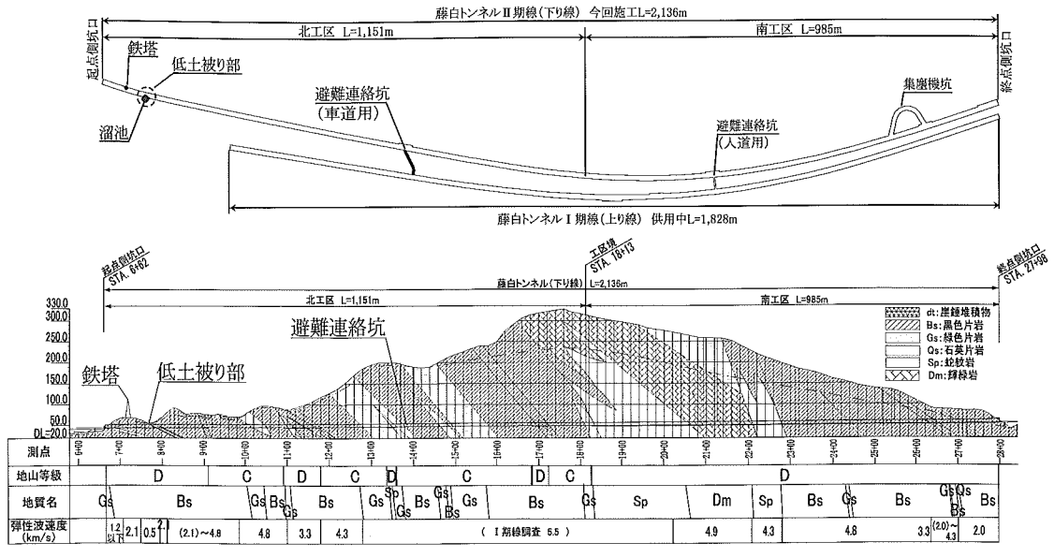



図-2 平面図・地質縦断図

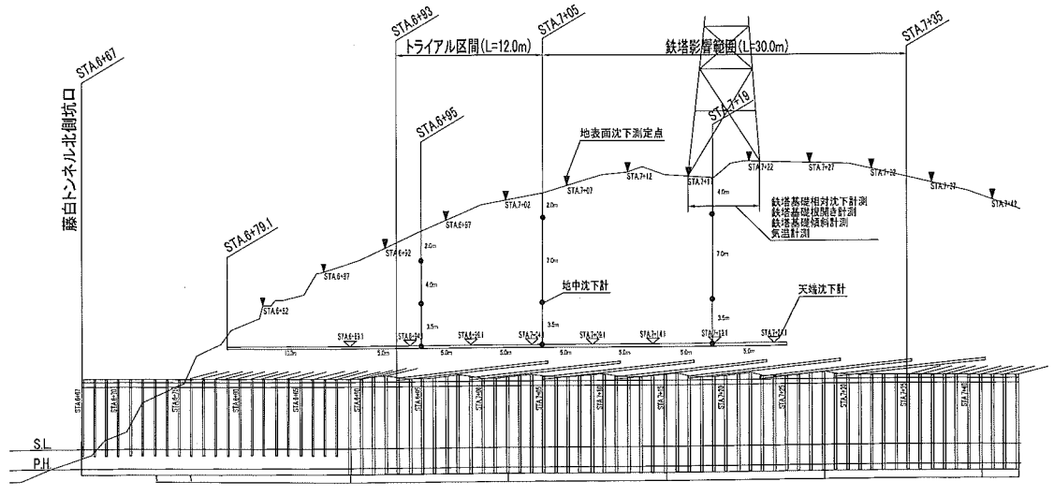



図-3 鉄塔部一般図

関西電力送電鉄塔があり，トンネル掘削による緩みにより，鉄塔基礎部に不等沈下などの変状が発生する懸念があった．

そこで，掘削に先立ち**図-3**に示すように，掘削が鉄塔へ影響を及ぼす範囲を鉄塔の前後計30m間（鉄塔影響範囲）とし，また，その手前12m間をトライアル区間と位置付け，このトライアル区間に，各種計測器を設置し，変位の事前解析値と実測値を比較し，鉄塔影響範囲の支保パターンと補助工法の妥当性の検証を行った．

### 3-2 管理基準値

鉄塔基礎沈下の管理基準値は，実測最小脚間距離のそれぞれ1/1,200（鉛直方向），1/800（水平方向）に対して各管理レベルを決定した（**表-1**）[1]．

### 3-3 事前解析

施工に先立ち，ボーリングコアの室内試験結果（三軸圧縮試験その他）から得た地山物性値（**表-2**）を用いて三次元FEM解析を行い，管理基準値を





**表-1 鉄塔本体変状管理基準値**

| 管理レベル | 鉄塔基礎相対沈下（鉛直方向） | 鉄塔基礎根開き（水平方向） | 備考 |
|---|---|---|---|
| 通常（40%） | 1.98㎜以下 | 2.96㎜以下 | |
| 注意（60%） | 2.97㎜以上 | 4.45㎜以上 | 応急対策 |
| 警戒（80%） | 3.96㎜以上 | 5.93㎜以上 | 施工中断 |
| 厳戒（90%） | 4.45㎜以上 | 6.67㎜以上 | 施工中止 |

**表-2 地山物性値**

| 岩種 | 単位体積重量γ（kN/m³） | 弾性係数E（MN/m²） | ポアソン比ν | 粘着力C（kN/m²） | 内部摩擦角φ（度） |
|---|---|---|---|---|---|
| 土砂＋軟岩C | 21 | 30 | 0.325 | 20 | 20 |
| 軟岩A | 25 | 200 | 0.300 | 250 | 30 |
| 硬岩A | 25 | 450 | 0.300 | 550 | 30 |
| 断層 | 20 | 50 | 0.350 | 10 | 10 |

満足するかどうか，その妥当性を検討した．

対策なしでは鉄塔基礎の最大不等沈下量が管理基準値を超える値となったため，補助工法として，トンネル上部の変位抑制効果の高い[2] AGF（$L$＝12.5m，$n$＝24.5本，シフト長＝6.0m）を用い，解析を実施した結果，最大不等沈下量は管理基準値の注意レベル以内の変位である2.81㎜となり，AGFの変位抑制効果を確認できたため，補助工法として採用することとした．

### 3-4 計測工

鉄塔本体の計測としては，鉄塔基礎の鉛直方向変位，水平方向変位，傾斜および計測機器の温度補正用の温度測定の計4項目の計測を行った．

周辺地盤計測においては，層別沈下計および地表面沈下測点を設置した．また，先行沈下を把握するためトンネル天端から2.5m直上に坑口から鉄塔直下まで圧力式沈下計を設置した．**表-3**に各計測項目を示す．これらの計測結果をリアルタイムで監視し，異常な変位が発生した場合の早期の対応が可能な体制で掘削を開始した．

### 3-5 トライアル区間の施工結果

**図-4**にトライアル区間施工時における地表面沈下量（STA.7＋02），層別沈下計による地中変位量（STA.7＋05），圧力式沈下計による天端直上2.5

**表-3 計測項目一覧**

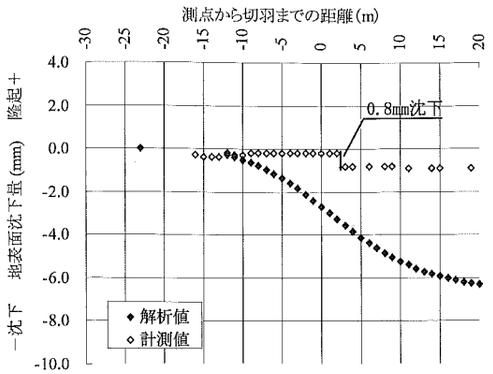
| 計測対象 | 計測項目 | 数量 | 使用機器 |
|---|---|---|---|
| 鉄塔本体 | 鉄塔基礎相対沈下 | 4か所 | 連通管式沈下計 |
| | 鉄塔基礎根開き | 6測線 | FBGファイバセンサ付きインバー線 |
| | 鉄塔基礎傾斜 | 1か所×2方向 | FBG傾斜計 |
| | 温度計 | 2か所 | FBG温度計 |
| 周辺地盤 | 地中沈下計測 | 5か所（16測点） | 層別沈下計 |
| | トンネル天端沈下計測 | 1か所（8測点） | 圧力式沈下計 |
| | 地表面沈下計測 | 39測点 | トータルステーション |

mの沈下量（STA.7＋04）の事前解析値と実測値を比較した結果を示す．この結果より，トライアル区間施工完了時の地表面の絶対沈下量は0.8㎜程度，また地中変位量も相対変位で0.3㎜程度であり，解析値と比較して安全側の値で収まっており，AGFによるトンネル上部の地山補強効果が確認できた．しかし，天端直上2.5mに設置した沈下計測は，解析値に比べ大きく沈下しており，切羽通過後約1か月の掘削中断期間中（インバート施工のため）も変位の増加傾向が見られ，掘削再開時までに最大15.4㎜の沈下を示した．これは，天端沈下計付近の地山が，トンネル掘削の応力解放により片理面に沿って分離し，局所的に緩んだものと判断した．

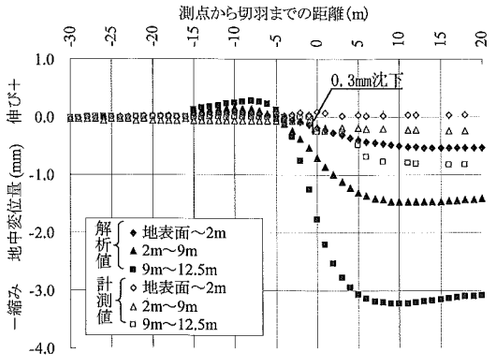
### 3-6 鉄塔影響範囲の施工結果

鉄塔影響区間の施工にあたっては，トライアル区間における天端直上の地山の緩みによる沈下，およびAGF施工時にトンネル右側半分では注入材が定量注入で圧力上昇が見られなかったこと，切羽の風化状態や亀裂の状況，トンネル左右の土かぶり厚の状態などを考慮して，**表-4**に示すようにAGFの注入率をトライアル区間より大きく設定し，トンネル直上の緩み領域の補強を行った．

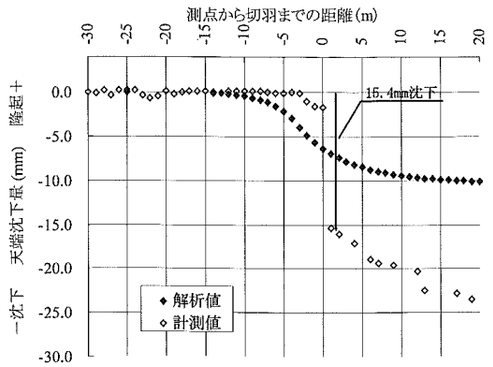
**図-5**に切羽の進行に伴う鉄塔影響範囲の地表面沈下，地中変位，天端沈下の変位挙動を示す．この図から，トライアル区間に比べ鉄塔影響範囲では，各沈下量ともに変位が減少していることがわ




(1) 地表面沈下計測結果




(2) 層別沈下計による地中変位計測結果




(3) 天端直上2.5mの沈下計測結果

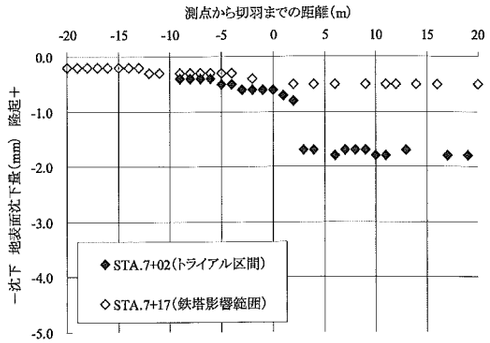
**図-4 トライアル区間における周辺地盤計測結果**

**表-4 注入量比較**

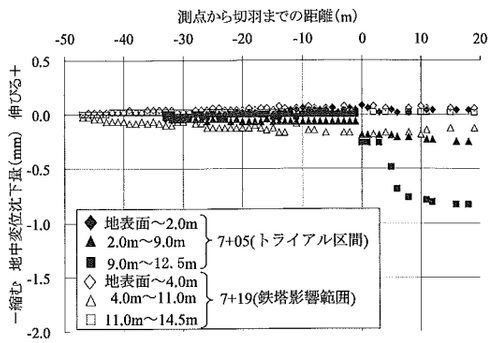
| 注入材 | 注入量(kg/本) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | トライアル区間 | | 鉄塔影響範囲 | |
| | 左 | 右 | 左 | 右 |
| シリカレジン | 128 | 128 | 192.3 | 256.4 |

かる．これは，注入量を増加したため，掘削により発生する緩み領域の拡大が抑制されたものと考えられる．

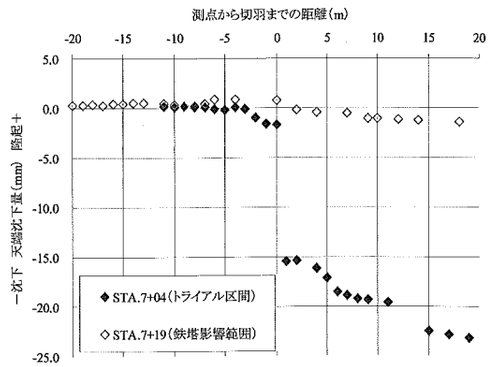
また，図-6に鉄塔本体の計測結果を示す．鉄塔基礎相対沈下および鉄塔基礎根開きともに，鉄塔直下を切羽が通過後，微小な動きはあったものの，その変位量は鉄塔基礎相対沈下量で0.8㎜の沈下，




(1) 地表面沈下量の比較




(2) 層別沈下計による地中変位量の比較



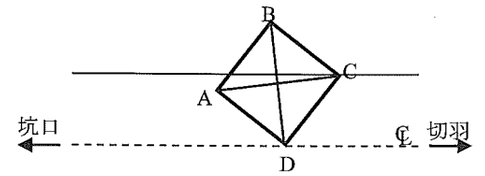

(3) 天端直上2.5mの沈下量の比較

**図-5 鉄塔影響範囲における周辺地盤計測結果**

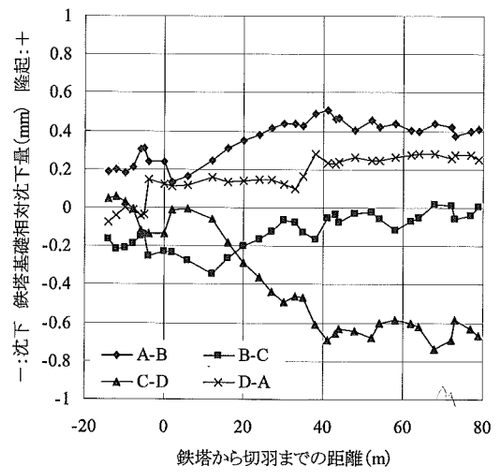




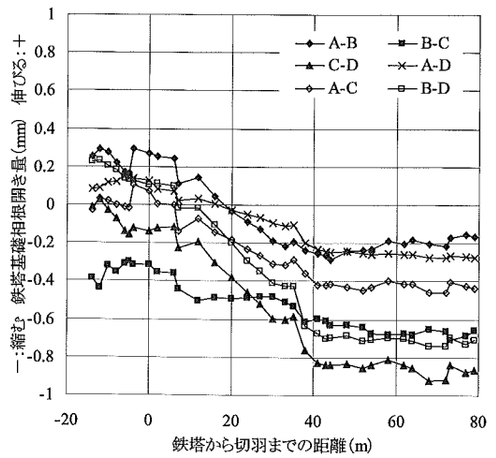
鉄塔基礎根開き量で0.9㎜の収縮方向の変位といずれも管理基準値の通常レベル範囲内の変位であり，トンネル掘削による鉄塔本体の大きな変状は認められなかった．




(1) 計測位置図




(2) 基礎相対沈下量




(3) 基礎根開き量

**図-6 鉄塔本体計測結果**

## 4 供用線に避難連絡坑を接続

### 4-1 施工の問題点

Ⅰ期線に接続する避難連絡坑(延長約62m，断面15.7m²，車両通行用)は，Ⅱ期線北側坑口より約720m地点(地山等級C区分)に計画されている(図-7)．暫定2車線施工(将来4車線化計画あり)の場合では，将来計画を見越し連絡坑をⅠ期線より10m程度施工しておき，Ⅱ期線よりⅠ期線に向かって施工するのが一般的である．しかし，本トンネル(Ⅰ期線)は完成2車線施工であったためⅠ期線からの施工はされていなかった．

このため供用線覆工に対して避難連絡坑を新たに貫通する必要があり，発破振動によるⅠ期線への影響や，貫通による安定性を考慮し施工する必要があった．

### 4-2 掘削方法の検討

発破掘削による振動が，Ⅰ期線覆工のひび割れの発生およびコンクリート片の落下の要因になる．そこで，接続部のⅠ期線覆工壁面に加速度計を設置し，発破振動速度の測定を実施することとした．また，発破振動によるⅠ期線覆工への動的影響を考慮するため，避難連絡坑掘削以前に式(1)[3]を用いて振動速度を予測し，発破パターンや掘削距離を検討した．$K$値の算出にあたっては，Ⅱ期線の本坑掘削時の発破振動速度から逆算した．

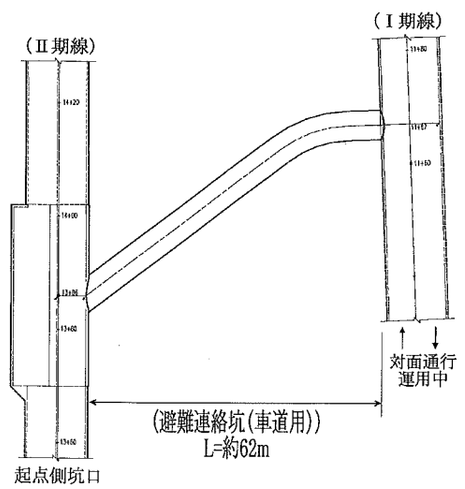



**図-7 避難連絡坑位置図**

$$V=K\frac{W^{0.75}}{D^2} \qquad (1)$$

ここで，

$V$ ：振動速度(cm/sec)

$K$ ：係数

$W$：段あたりの薬量(kg)

$D$ ：爆源からの距離(m)

進捗に従い，あらかじめ設定した変位速度の管理基準値(2.0cm/sec：**表-5**)を超えることが予想される場合は，段あたり薬量の減少(制御発破)および振動の影響のない油圧くさびによる掘削工法(割岩掘削)[4](**写真-1**)への変更を行うこととした(図-7)．

**表-5　発破振動管理基準値**

| 管理レベル | Ⅲ | Ⅱ | Ⅰ |
|---|---|---|---|
| | 1次管理値(限界値の50%) | 2次管理値(限界値の75%) | 3次管理値(管理限界値) |
| 振動速度 | 1.0cm/sec | 1.5cm/sec | 2.0cm/sec |

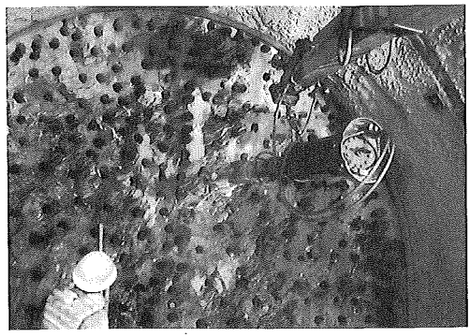


写真-1　割岩掘削状況

### 4-3　接続部の補強方法の検討

接続部では，避難連絡坑を貫通させるためⅠ期線の覆工が避難連絡坑断面形状で欠損する構造となり，周辺地山の応力性状の変化に伴って，現状で安定している覆工コンクリートの応力状態に変化が生じることとなるため，接続部の構造について検討した．

接続部付近のⅠ期線の施工実績から，2次元弾性FEM解析によって，地山の変形係数および，Ⅰ期線施工時のトンネル周辺の緩み領域を予測し，さらに，避難連絡坑の掘削による緩み領域を算定した．また断面欠損部については，欠損断面が最大となる避難連絡坑のトンネルセンターの断面において，許容応力度法により覆工構造の検討を行った．解析の結果，Ⅰ期線および避難連絡坑ともに，過大な応力性状の変化はみられなかった．

### 4-4　施工結果

**図-8**に払い部の段あたり薬量と発破振動計測結果の関係を示す．標準発破区間では，Ⅱ期線近接施工となるため，Ⅱ期線側の10m区間は飛石などを考慮し薬量を控えて掘削した．接続部より47m付近で振動速度が1.0cm/secを超えたため，掘進

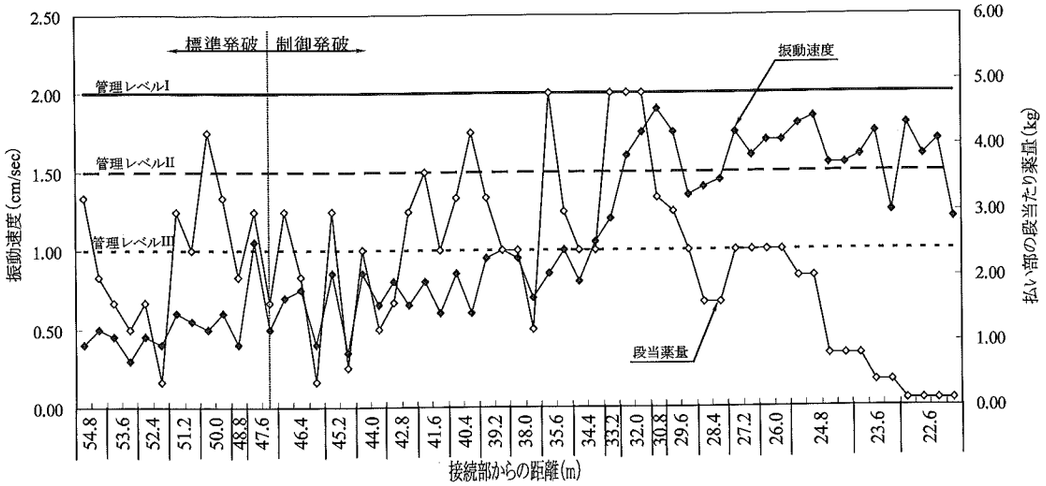



図-8　払い発破の振動計測結果





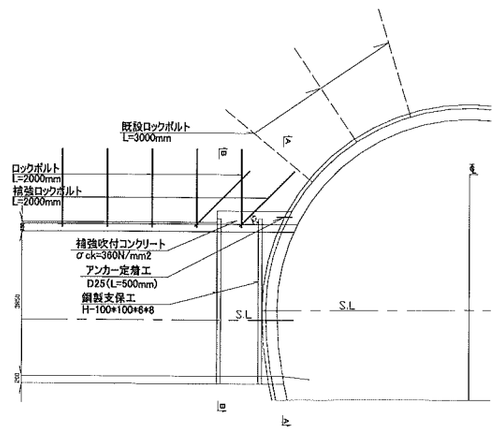



図-9　Ⅰ期線接続部補強対策工

長を半分の0.6mに変更して制御発破にシフトした．その後，振動速度は管理レベルⅠ以下で推移したが，30m付近で1.9cm/secを示したため，薬量を半減した．その後も段階的に薬量を低減したにもかかわらず，振動速度は変動しないため，22m地点で振動の影響のない大型油圧くさびによる割岩掘削へシフトした．割岩掘削に変更後の振動速度は管理基準値以下で推移し，Ⅰ期線の覆工に影響を与えることなく掘削を完了した．

接続部は，解析結果よりⅠ期線覆工および避難連絡坑の一次支保は構造上安定することが確認できた．しかし安全性を考慮し，作用荷重によって発生する覆工のひびわれの進展性は脆性的であることから，断面欠損により発生するⅠ期線覆工の応力増加分を，鋼製支保工と高強度吹付けコンクリートによる補強構造体の構築と，アンカーボルトによりⅠ期線と避難連絡坑を接続することで分散させた．また，避難連絡坑掘削による周辺地山の緩み範囲を最小限に抑制するため，接続部の影響範囲は増しロックボルトの打設を行い剛性の高い支保とした(**図-9**)．

接続部の避難連絡坑の覆工は，覆工構造の応力性状が複雑になることや，Ⅰ期線の覆工構造がある程度経年劣化していることから，長期的な安定を目的にⅠ期線覆工の欠損に伴う想定荷重を避難連絡坑の覆工コンクリートで負担する構造とした．構造検討の結果，引張応力が無筋コンクリートの許容値以上になることが確認されたため，RC構造へ変更し安定性を確保した．

なお，施工はⅠ期線覆工に防護板を配置し，一般通行を規制することなく完了した．

## 5　おわりに

本工事は近接施工および小土かぶりであったことから，さまざまな制約を受ける条件での施工となった．

送電鉄塔脚部の不等沈下対策においては，その管理基準値が2.97㎜以下と非常に厳しいものであった．そのため，施工にあたっては，類似事例調査，三次元FEM解析，鉄塔本体および周辺地盤の挙動計測を行い，また，トライアル区間を設定して事前解析値と実測値を比較検討することにより鉄塔影響区間における施工法の妥当性と追加対策などの必要性を確認することができた．

避難連絡坑の施工においては，通行規制を実施せずに供用線に避難連絡坑を接続しなくてはならなかった．そのため，事前の安定解析から断面欠損による応力再配分に伴う周辺地山および覆工の安定度低下の予測と対策の選定を行った．またⅠ期線の覆工の発破振動計測を継続的に行い，発破ごとの計測値から発破パターンや薬量および掘削工法の見直しを行った結果，Ⅰ期線覆工および通行車両へ支障を与えることなく施工を完了することができた．

本報告が今後の同様な条件下における供用線および重要構造物近接工事を施工するうえで参考になれば幸いである．

## 参考文献

1) 電気学会：送電用支持物設計標準(JEC-127-1979)，1979.
2) 土木学会：トンネル標準仕方書，山岳工法・同解説，2006.
3) 東/中/西日本高速道路(株)：設計要領第三集，トンネル本体工保全編(近接対策)，2006.
4) 野間達也・土屋敏郎：硬岩の小断面避難連絡坑における割岩掘削，トンネル工学報告集，Vol.15，pp.181-187，2005.

現場だより トンネルと地下 2009 平成21年

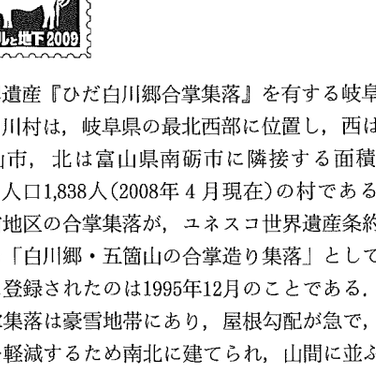
# 世界遺産「ひだ白川郷合掌集落」飛騨白川村より

増 田 光 泉

世界遺産『ひだ白川郷合掌集落』を有する岐阜県大野郡白川村は，岐阜県の最北西部に位置し，西は石川県白山市，北は富山県南砺市に隣接する面積356.6 km²，人口1,838人(2008年４月現在)の村である．同村荻町地区の合掌集落が，ユネスコ世界遺産条約にもとづき「白川郷・五箇山の合掌造り集落」として世界遺産に登録されたのは1995年12月のことである．白川郷合掌集落は豪雪地帯にあり，屋根勾配が急で，風の影響を軽減するため南北に建てられ，山間に並ぶ大型合掌造り家屋群は農山村特有の景観をかもし出しながらも，見るものを圧倒する．合掌家屋の屋根の葺替は「結」(地区の住民による労力提供による共同作業)によって行われてきており，秋になると，収穫の喜びと家内安全・平和を祈願して村人総出の「どぶろく祭」が行われ，人々の心温まるふれあいを感じる．

白川村の人々はこうした祖先の遺産を継承しながらここに生活している．

岐阜県と富山県を南北に縦断する国道156号は，飛騨地方と北陸地方を結ぶ重要な幹線道路であり，当地域にとっても唯一の生活道路となっているほか，県下でも有数の観光地を有していることから交通量が多い．当地域で交通の難所となっている現在の福島１，２，３号トンネルは御母衣ダム湖畔の急峻な山腹に位置する．ダムに先駆けて築造された昭和30年代の施工であり，狭くトンネル内での大型車のすれ違いに常に困難をきわめている状態にある．最近の高速道路の開通に伴い一時期ほどではないが，とくに観光シーズンは観光バスや大型車同士の鉢合わせで渋滞を引起こしている．



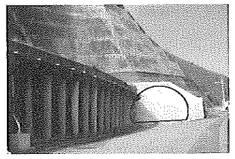
位 置 図

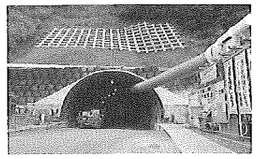


(資料提供　岐阜県白川村役場)



福島３号トンネル全体(御母衣ダム右岸より)


白川側坑口


高山側坑口

当工事，福島第３号トンネルは，もっとも渋滞の要因となっている福島３号トンネルに近接して新たに延長296mのトンネルを築造するもので，完成すれば渋滞の緩和に大きく寄与するものと思われる．

福島第３号トンネルの主な特徴として，

① 供用中の既設トンネルに超近接しての施工である(高山坑口部では離隔なし)

② 御母衣ダムの左岸側上部法面を取り巻くコンクリート擁壁，および石積み擁壁を貫く

があげられる．また地質は新世代～中正代に形成された流紋岩質凝灰岩が主体で断層破砕帯，亀裂帯も想定されている．掘削補助工法としてAGF，注入式FP，長尺鏡ボルト，支保工脚部沈下防止用ボルトが設計されている．今春より自由断面掘削機での掘削を開始したところであり，今後，発注者，関係各位のご指導のもと「安全に」「良い物を」「早く」を目標に所員一丸となって早期完成に努力する所存である．

(大日本・金子特定JV福島トンネル作業所長)





施工

# 泥水式と土圧式に切替え可能なシールドによる長距離施工

## —東京都水道局　多摩丘陵幹線多摩川横断部—

東京都水道局多摩水道改革推進本部施設部工事課課長　石 井 美 樹
東京都水道局多摩水道改革推進本部施設部工事課工事第四係主任　薦 田 敏 貴
西松・鴻池建設共同企業体八王子シールド出張所工事係長　三 俣 和 彦
西松・鴻池建設共同企業体八王子シールド出張所工事係　長 沢 勇 樹

## 1 はじめに

多摩丘陵幹線は，昭島市の拝島増圧ポンプ所から多摩市の聖ヶ丘給水所までの約32.0kmを結ぶ送水幹線で，多摩西南部地域への送水能力の強化，給水の広域的なバックアップ機能の確保，更新を迎える既存送水幹線の補修および更新時の代替機能の確保を目的としている．

東京都水道局は八王子市の鑓水小山給水所から聖ヶ丘給水所までの12.6kmを第一次整備区間，拝島増圧ポンプ所から鑓水小山給水所までの19.6kmを第二次整備区間として整備を進めている(図-1)．主な整備内容は，セグメント内径φ2,150㎜のトンネルを築造し，そのトンネル内にφ1,500㎜の送水管を布設することである．本工区は第二次整備区間にあたり，拝島増圧ポンプ所から八王子市丹木町までの2.4km区間をシールド工法によりトンネルを築造する工事である．

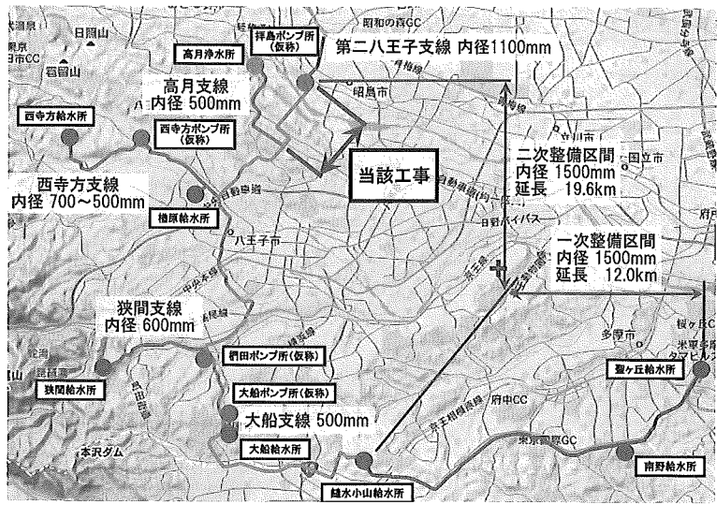


図-1　事業計画図

## 2 工事概要

工 事 名：
拝島ポンプ所(仮称)から八王子市丹木町一丁目地先間送水管(1,500㎜)用立坑及びトンネル築造工事

工事場所：
昭島市拝島五丁目七番地から八王子市丹木町一丁目地先間

工　　期：

自　平成18年８月１日
至　平成21年３月30日(650日間)
工事内容：トンネル築造工事
セグメント外径　$\phi_o$＝2,356㎜
セグメント内径　$\phi_i$＝2,150㎜
路線延長　$L$＝2,367.1m
ビット交換　２回

## 3　路線および地形・地質の概要

### 3-1　路線概要

施工路線は八王子市丹木町の立坑を発進し，発進後20mほどで急曲線($R$＝20m)に入り，通過後は直線部にて谷地川を横断，東京純心女子学園前から滝山街道(国道411号)下を通り，途中右に曲がり，加住丘陵と呼ばれる丘陵山間部下を通過する．丘陵山間部通過中は400mほどの直線で，土かぶりが80mを超える区間もある．その後，既設水管橋直下を掘進しながら多摩川を横断する．続いて，曲線長の短い細かい曲線を掘進しながら住宅地や田園地帯を通過して，拝島ポンプ所内の到達立坑へ急曲線($R$＝20m)を曲がりながら到達する(図-2)．

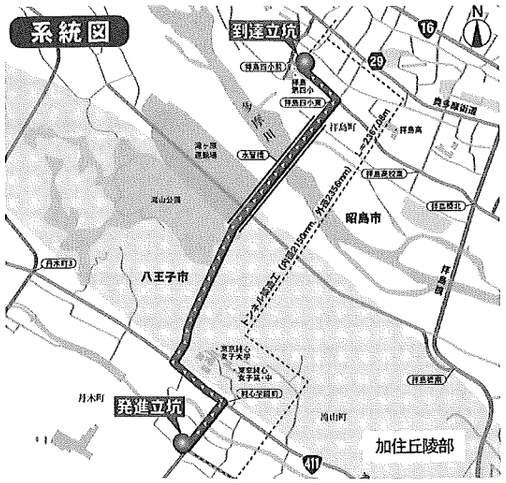


図-2　路線系統図

### 3-2　地形・地質の概要

多摩川の両岸である八王子市と昭島市は沖積低地に属し，加住丘陵などの丘陵に取り囲まれている．これらの丘陵は河岸段丘が浸食を受け，丘陵地や台地を形成している．

シールド通過部の地層は，加住礫層上部層となっており，全域に広く分布している．礫種はチャート・砂岩・頁岩であり，マトリックスは黄褐色～灰褐色の泥質あるいは火山灰質の中～粗砂を主体とする．層厚は100m以上と推定される．この加住礫層上層部は，事前の土質調査で次のように報告されている(図-3)．

(１)　礫層(Tg1)

黄褐～黄灰褐～茶褐を呈する粘土質～粘土混じりの砂礫層で，礫径は$\phi$10～30㎜の亜角礫～亜円礫～円礫を主体とし，最大礫径は$\phi$70㎜である．礫種は砂岩，泥岩，チャートからなり，非常に硬い．$N$値は$N$＝9～50以上と広範囲ではあるが，平均$N$値は50以上である．層厚は25m以上と推定される．

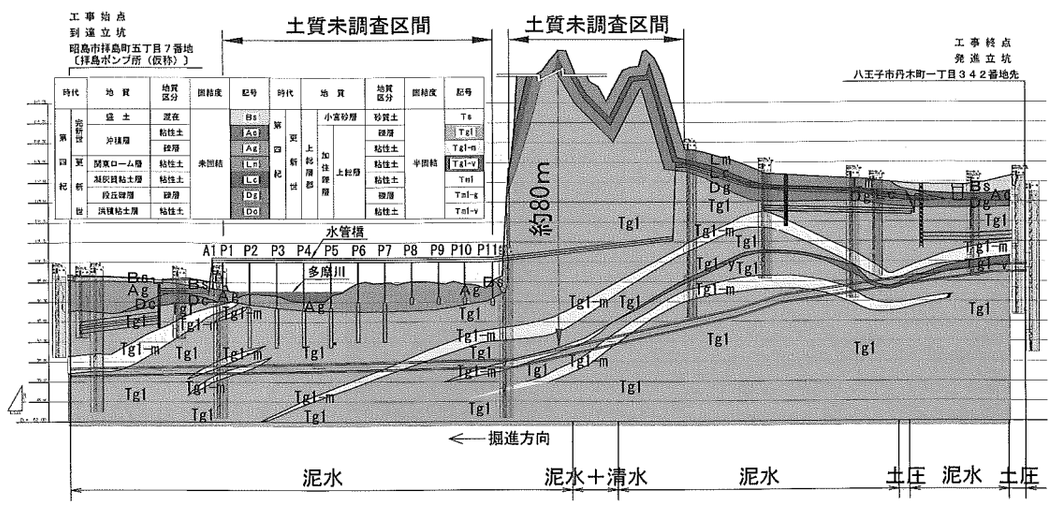


図-3　地質縦断図

(２)　粘性土層(Tg1-m)

Tg1層中に挟まれる粘性土層であり，黄灰～青灰～灰褐を呈する固結状のシルトで，全体に粘土分が混じり，無層理・塊状である．$N$値は$N$＝20～50以上と広範囲ではあるが，平均$N$値は50以上を示した．層厚は1.0～3.5m程度であると推定される．

(３)　粘性土層(Tg1-v)

同じくTg1層中に挟まれる粘性土層で，細粒の軽石，火山灰を主体とする層であり，火山灰質シルト，軽石質シルトからなる．黄橙～黄褐帯桃灰を呈し，細粒で$\phi$2㎜以下の軽石を多く含む．$N$値はすべて50以上であり，平均$N$値も50以上であった．層厚は0.1～1.9m程度であると推定される．

## 4　シールドの選定

### 4-1　シールドの選定にかかわる課題

当工事のシールド型式は，原設計では泥水式であったが，前述の土質条件のほかに，丘陵山間区間および多摩川横断区間において土質調査が行えず，土質条件が不確定な区間が多かったため，シールドの選定にあたって以下の課題が挙げられた．

① 丘陵山間部においては土かぶりが80mを超えるため，高水圧下の通過が想定される．
② 河川横断部においては，玉石混じり砂礫層の掘進が想定されたが，透水係数が不明であることから，逸泥により掘進に支障をきたす懸念があることに加え，既設水管橋の直下を掘進することから地盤変状による影響を与える恐れがある．
③ ２kmを超える長距離施工のうえに，全路線の掘削対象土質のほとんどが玉石を含む砂礫層ということからカッタビットの寿命を含めた対策が必要である．
④ 曲線施工が多く，とくに$R$＝20mの急曲線部が右３か所，左４か所，計７か所ある．

### 4-2　シールドの選定および工夫

#### 4-2-1　複合式シールド工法の採用

図-4に複合式シールドを示す．本工法は，高水圧下では泥水式で掘進を行い，透水性が高く逸泥するような砂礫層では土圧式により掘進を行うことができる．

いずれの場合も切羽からスクリューコンベヤまでの切替えであり，スクリューコンベヤから後方の排泥設備においては閉回路となるため，土圧式では噴発などが懸念される高水圧に対応しても適用可能である．

本シールドの基本構造は泥土圧式であるが，ゲート後方には流体を合流させる配管を装備しており，掘削した土砂を泥水式同様に流体輸送し，地上にて処理を行う．

また，シールド内において流体送泥配管のチャンバへの切替え接続も可能で，泥水を直接切羽に送り込むことによって泥水式とすることもできる．面板，シールド胴体前後およびスクリューにも，各々加泥材注入孔を装備し，後続台車から地上の

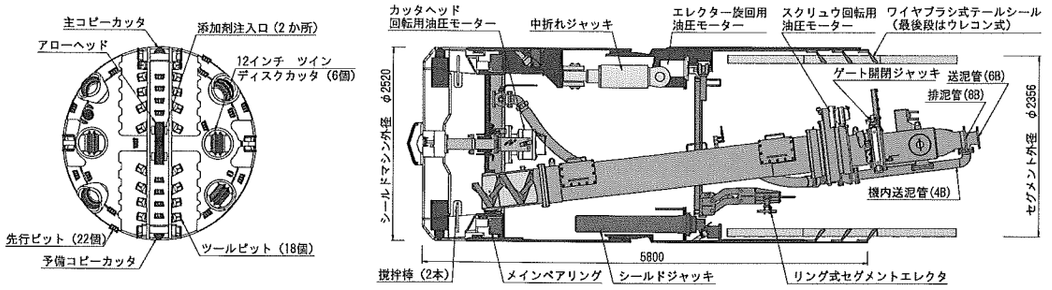


図-4　シールド概略構造図

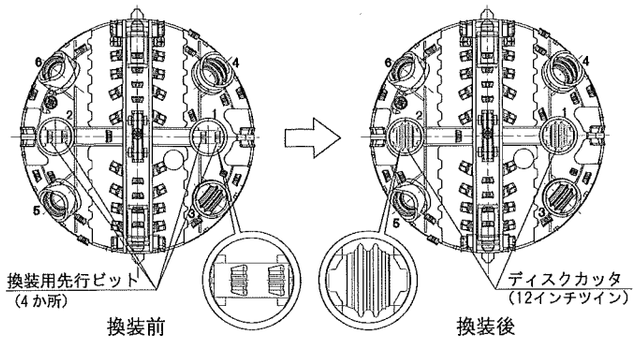



図-5　カッタ換装概要図




写真-1　複合式シールド

設備においても，加泥材作泥・注入および圧送設備を設けた．

#### 4-2-2　玉石および礫への対応

玉石および礫への対応については，スクリューコンベヤで排出できる大きさ以下にスリット幅を調整し，ディスクカッタで破砕する．スクリューコンベヤは礫対応のリボン式とし，スクリューコンベヤ後部にはクラッシャを配備し，流体輸送可能なサイズまで破砕する．スクリューコンベヤで排泥することにより，取り込む破砕サイズを泥水式より大きくできるためカッタビットの寿命を延ばすことができる．当工事においてはスクリューコンベヤをφ300㎜までの礫を排出可能なサイズとした．また，カッタビットの寿命検討から，小径礫区間(前半)と大径礫区間(後半)に区分し，途中でカッタビットを取り替える(換装)ことによりカッタ交換回数の低減を図った(図-5)．カッタ交換の第1回目までの区間を「呑み込み型」とし，その後到達までの区間を「破砕型」とするため，カッタヘッドはディスクカッタを装備可能な構造とし，カッタの換装作業がカッタヘッドチャンバ内から可能なものとした(写真-1)．

#### 4-2-3　急曲線(R=20m)への対応

線形はR=20mの急曲線が右3か所，左4か所，計7か所と多いことから，曲線施工によるテールブラシの疲労を低減させるために，テールグリス自動給脂装置を装備した．また，最後段のブラシには裏込め材の侵入固結や漏水を防止する目的で，ウレコンシールを充填した．

また，シールドの基本性能として，装備中折れ角は急曲線(R=20m)通過時の理論中折れ角7.8°に施工余裕を加えた9.0°とし，余掘り機構としてコピーカッタを2基(主と予備)装備し，装備ストロークを理論余掘り長62㎜に施工余裕を加えた100㎜とした．

## 5　実施工結果

### 5-1　掘進管理データ

#### 5-1-1　掘進状況

実施工の結果，丘陵山間部や河川横断部の土質不確定区間だけでなく，全線において粘性土層に砂礫層が細かく入り込んでいるような土質であり，想定していたよりも粘性土層の占める割合が多かったことだけでなく，逸泥や泥水性状の極端な変化が見られなかったこと，掘進速度が泥水式の方が速く進捗が向上したこと，加泥・充塡材の添加が不要であるなどの経済的観点からも日々判断し，結果的には全路線のほとんどが泥水式での掘進となった．

土圧式と泥水式を切替えたのは2回であり，土圧式と泥水式の掘進方法の違いによる掘進データを，1回目の切り替えを行った初期掘進時で比較する．

初期掘進時においては，土圧式で掘進すると，乾砂量は安定した値を示していたが，カッタトルクが若干高めでジャッキスピードが出なかった．泥水式に切替えると，カッタトルクも下がり，ジャッキスピードも速くすることができるようになった(図-6)．





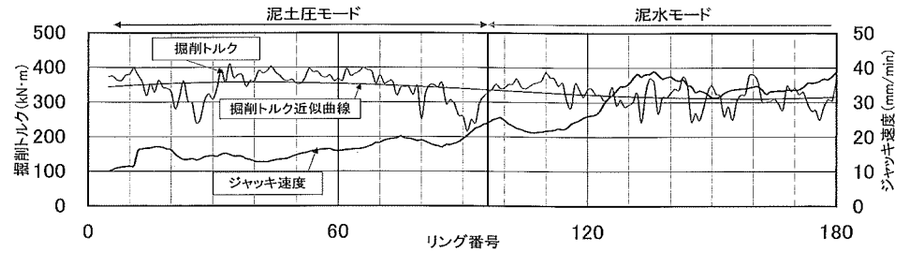



図-6　初期掘進時計測データ

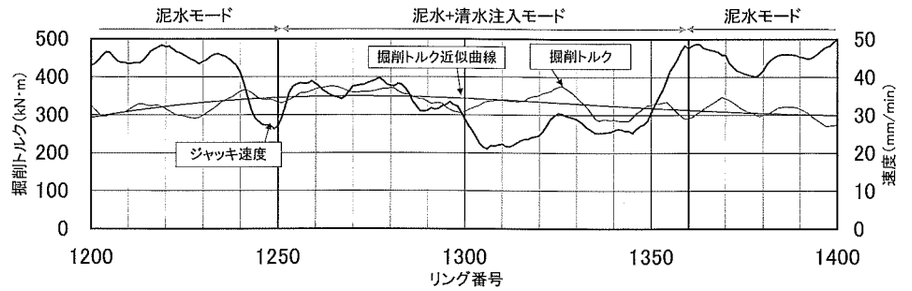



図-7　計測データ

次に，泥水式で掘削中に加泥ラインを使用したことについて述べる．泥水式で粘性土質を掘進中に，粘性が非常に高いためにカッタトルクが上昇し，掘進速度が極端に落ちた．泥水性状の極端な変更は，泥水輸送を長距離行わなければならないことや泥水処理設備の処理能力から不可能と判断し，試験的に加泥注入ラインを使ってシールド前方より清水の注入を行った．その結果，カッタトルクの上昇を抑えることができ，進捗に影響を与えずに掘進を行うことができた(図-7)．土量管理および泥水管理においても土粒子が清水に溶け込むことでバランスが取れ，試行前後と大きな変化はなかった．

以上の対応をとることにより，砂礫はもとより，高い粘性を示す土質においても，泥水性状ほかの計測値を確認しながらではあるが，掘進停止や進捗が極端に低下するような状況を回避できるのではないかと考えられる．

### 5-2　カッタ摩耗

#### 5-2-1　カッタ摩耗検討および交換計画

摩耗検討の結果，ディスクカッタおよびスクレーパーカッタは1,336m地点で1回の交換が必要となり，また，ツールビットは到達手前(約1,800m)で摩耗限界値を超えるが，到達まで先行ビットが健在であれば掘進に支障をきたさないと考えられるため交換しない計画とした．ディスクカッタとスクレーパーカッタのビット交換はチャンバ内で行うため，地盤改良を行う必要がある．路線上で地上部から地盤改良が行える箇所が多摩川の右岸および左岸のみであり，その位置は，追加距離で1,475m付近(右岸側)および2,018m付近(左岸側)であった．1,475m付近でも，前述の交換必要距離(1,336m)を超えてしまうが，その他のビットが健在であれば掘進は可能と判断し，1,475m付近(右岸側)で交換作業を行うことにした．多摩川横断部においては，前述のとおり土質が不確定であり，玉石出現も懸念されるため，多摩川横断後の2,018m付近(左岸側)において，ビットの確認作業を行うこととした．

#### 5-2-2　実　績

交換地点(1,475m)におけるカッタヘッドの累積回転数は表-1のように想定位置(1,336m)における計画累積回転数と大差はなかった．ビットの摩耗検討では，スクレーパーカッタは9.9㎜の摩

表-1　カッタヘッド累積回転数

| | 計　画<br>1,336m地点 | 実施工<br>1,475m地点 |
|---|---|---|
| カッタヘッド回転数(回) | 99,693 | 105,969 |
| ディスクカッタ回転数(回) | 840,038 | 892,895 |
| ディスクカッタ転送距離(km) | 805 | 856 |

表-2　カッタビット摩耗量

| | 許　容<br>摩耗量<br>(mm) | 実測最大摩耗量(mm) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 交換時<br>1,475m | 河川横断<br>後確認時<br>2,018m | 到達後<br>2,367m |
| 先行ビット | 35 | — | — | 20.0 |
| ツールビット | 15 | — | — | 7.2 |
| スクレーパービット | 10 | 角に丸み | 同左 | 同左 |
| ディスクカッタ | 11 | 3.5 | — | 3.0 |

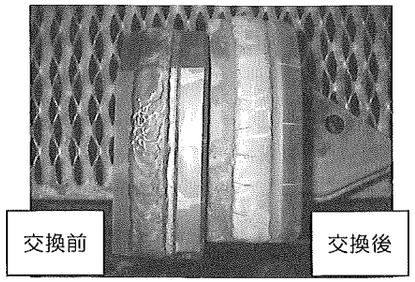



写真-2　スクレーパービット(交換時)

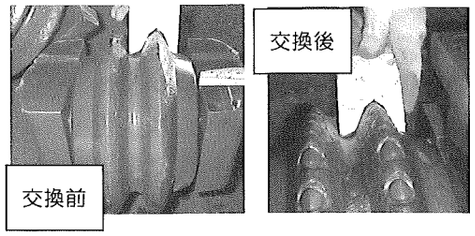



写真-3　ディスクカッタ(交換時)

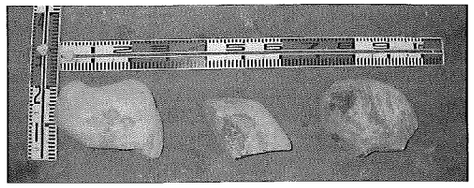


写真-4　スクリュー後方で採取された礫

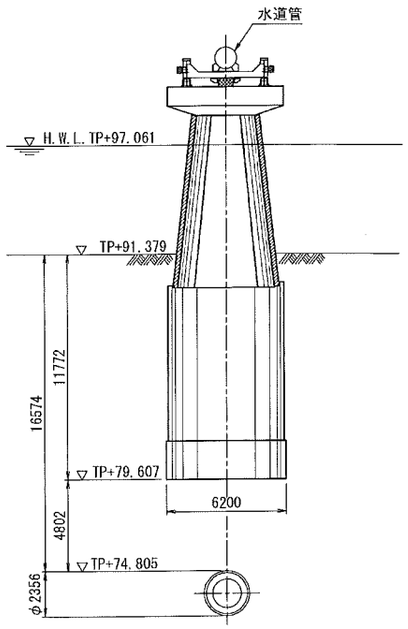



図-8　近接構造物概要図(P5 橋脚)

耗，ディスクカッタは母材で10.5mm，超硬チップで6.4mmの摩耗が予想されたが，交換時の確認ではチップ高さの摩耗はほとんど見られなかった(**表-2，写真-2～3**)．

多摩川横断後(2,018m)のビット確認においても，横断中の掘削土質が想定よりも粘性の多い状況だったこともあり，ほとんど摩耗は見られなかった．

到達後の確認結果は，先行ビットに10mm以上の摩耗が見られたが，許容摩耗量の半分以下であり，掘進に大きく影響する状況ではなかった．スクレーパーカッタについては，交換時と同様に角が丸くなる程度の摩耗であった．ディスクカッタについては，超硬チップおよび母材に摩耗は見られず，超硬チップの周囲(ロウ付け箇所)に摩耗が見られた．この箇所の摩耗が進むと歯が抜けるようにチップが欠落することが想定される．

玉石については粘性土層および砂礫層にかかわらず出現し，スクリュー後方の合流管部において閉塞することが多かった．しかし，回収された礫(**写真-4**)を確認すると長径が300mmを超えるものの，大半は断面が欠けており，ディスクカッタにより破砕し，バランスよくスクリューコンベヤで取り込むことができていたと考えられる．





表-3　水管橋計測結果最大値のまとめ

| | 最大変位量<br>(mm) | 管　理　値(mm) | |
|---|---|---|---|
| | | 一次管理値 | 二次管理値 |
| A1 | +0.75 | ±3 | ±6 |
| P1 | −0.50 | | |
| P2 | −1.35 | | |
| P3 | −0.75 | | |
| P4 | −0.40 | | |
| P5 | −0.50 | | |
| P6 | −1.80 | | |
| P7 | −1.85 | | |
| P8 | −0.95 | | |
| P9 | −1.40 | | |
| P10 | −0.40 | | |
| P11 | −0.65 | | |

注　計測は，シールド通過後30日間の計測結果である．
なお，計測値の原点は通過日の午前0時とした．

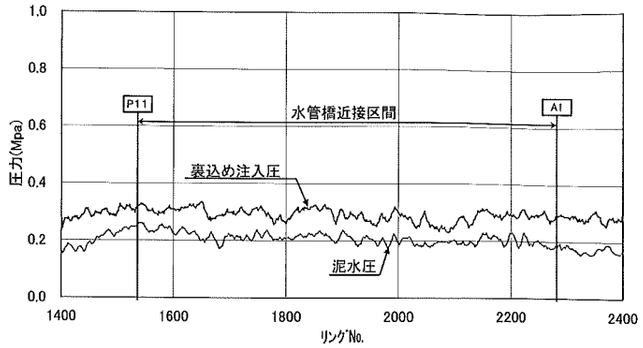



図-9　水管橋通過時の土圧・裏込め注入圧の実績

本工事では大半を泥水式シールドとして掘進したが，一般的な泥水式シールドと異なり，複合式シールドはスクリューを用いて排土するため，玉石をうまく取り込むことができ，結果としてカッタビットの摩耗を減らすことができたと考えられる．

### 5-3　水管橋への影響

**図-8**に最近接箇所である水管橋基礎(P5 橋脚)と当該シールドトンネルの位置関係を示す．電子レベルで計測した各橋台，橋脚の計測結果を**表-3**に示す．礫地盤であったが泥水圧変動が小さく(**図-9**)，

また，乾砂量の計測結果も安定していた．その結果，地盤変位量は一次管理値以下となり良好な結果を得た．

## 6　おわりに

実施工の結果，丘陵山間部や河川横断部の土質不確定区間だけでなく全線において，想定していたよりも粘性土層の占める割合が多かったため，

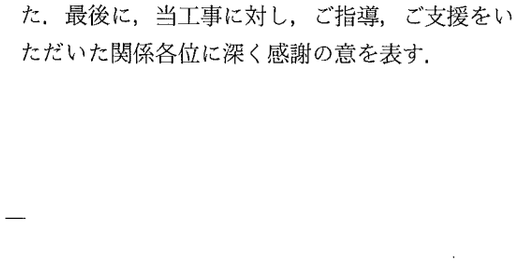


写真-5　到達状況

泥水式で掘進する区間が多くなったものの，詳細土質調査ができない中で泥水式，土圧式を切羽土質の状況に応じて選択できたこと，泥水式としてもスクリューを用いた排土を行うことで礫層の取り込みを円滑にし，ビットの摩耗を小さくできたことから，複合式シールド工法によって長距離掘進のリスクを小さくできたと考える．

当現場では粘土・シルト層，細砂・砂礫・礫層(φ300mm超の玉石)とあらゆる土質を対象に，しかも長距離を掘進したが，①複合式シールド工法の特徴を十分に発揮することで，②どの土質においても進捗をおとすことなく，③平均8.2リング/方の進行を確保できた．

当シールドは平成20年8月21日に無事到達をした．最後に，当工事に対し，ご指導，ご支援をいただいた関係各位に深く感謝の意を表す．

# 土木情報 No.433 今月の主な入札結果

（5月10日～6月9日）

| 事業主体 | 工事名 | 請負会社 | 請負額 単位百万円 |
|---|---|---|---|
| 北海道開発局 | 北海道横断自動車道釧路市カラ里T | 前田・大本・若築JV | 1,870 |
| 〃 | 〃 〃 軽満T | 清水・青木あすなろ・あおみJV | 1,080 |
| 関東農政局 | 大井川用水(二期)農業水利事業小笠幹線水路金谷T | 青木あすなろ建設 | 619 |
| 関東地整 | 国道1号原宿交差点立体その2 | 大成建設 | 1,640.7 |
| 鉄道・運輸機構 | 北陸新幹線，新呉羽山T他 | 佐藤・安藤・松本JV | 2,425 |
| 中日本高速道路 | 北陸自動車道越坂T他1T避難坑 | 森組 | 1,284.9 |
| 日本郵政 | 丸の内2丁目計画(仮称)地下広場整備 | 大林組 | 5,080 |
| 都・下水道局 | 第二谷田川幹線その2 | 清水建設 | 310 |
| 〃 | 芝浦水再生センター～森ケ崎水再生センター間送泥管敷設その4－4 | 東洋建設 | 304.2 |
| 〃 | 千代田区神田東松下町，神田須田町二丁目付近再構築 | 石橋建設工業 | 240 |
| 大阪府 | 寝屋川北部地下河川讃良立抗築造 | 大本・中林・久本・家島JV | 3,858 |
| 福岡県 | 池町川放水路 | 間・近藤JV | 1,013 |
| 〃 | 北部福岡緊急連絡管φ1000（福岡21-14)布設 | 佐藤・古賀JV | 304.7 |
| 水戸市 | 都第1号，都市下水路新設 | 横田・要JV | 134 |
| 日立市 | 工第下雨1号，那珂久慈流域関連市公下事業雨水管渠築造 | 岡部・日立・古川JV | 145.3 |
| 三芳町 | 町道幹線16号線雨水管布設 | 塩野建設工業 | 157.3 |
| 栗橋町 | H21国道4号下ずい道築造 | 竹中土木 | 178.8 |
| 昭島市 | 昭島都計公下東部1号幹線築造(第2工区) | 飯田土建 | 129.9 |
| 〃 | 〃 残堀川第3排水区枝線(第1工区) | 成友興業 | 135 |
| 小平市 | 花小金井二号雨水幹線管渠築造 | 武蔵建設 | 144 |
| 相模原市 | 公下麻溝台地区雨水幹線整備(1工区) | 入江土木 | 233.3 |
| 〃 | 〃 〃 (3工区) | 都市建設 | 105.3 |
| 〃 | 〃 大野台地区雨水幹線整備(2工区) | アコック | 100.9 |
| 〃 | 〃 溝上大野台雨水幹線整備(1工区) | 入江・日栄・萩原JV | 616.8 |
| 〃 | 〃 境川第28バイパス雨水幹線整備(1工区) | 入江・日栄・萩原JV | 865 |
| 上越市 | 電工補21－4号夷浜第一排水区雨水管路98整備 | 福田・高舘JV | 155 |
| 〃 | 公雨補21－48－39号御殿山雨水幹線347 | 加賀田・田中JV | 205.5 |
| 小牧市 | 間々原汚水幹線埋設管(09-2)工区 | 土屋組 | 121.6 |
| 奈良市 | 浸水対策下水道築造(公一)(単一) | 広成・光進JV | 200.7 |
| 姫路市 | 野田川清水幹線下水道 | ノバック | 511.4 |
| 東広島市 | 八本松4号汚水幹線建設 | 錦建設 | 362.7 |
| 高知市 | 南部1号汚水幹線管渠築造(その2) | 新進・啓大JV | 259.8 |
| 〃 | 長浜雨水ポンプ場流入出渠築造 | 寿・キンキJV | 205.9 |
| 福岡市 | 奈多・アイランドシティ汚水幹線(3)築造 | 栗本鐵工所 | 269 |
| 〃 | 比恵(博多駅東1丁目外)地区下水道築造 | 西松・海山・吉永JV | 1,115.5 |
| 〃 | 比恵9号幹線(2)築造 | 日本国土・石山・石室JV | 1,036.9 |





研　究

# 未固結粘性土地山における都市NATMの設計・施工管理手法の提案

鉄道・運輸機構鉄道建設本部新幹線部新幹線第三課総括課長補佐　依　田　淳　一

## 1 はじめに

NATMは地山状況とトンネル挙動を観測しながら支保構造などを変更し，地山特性に合わせた施工が可能なため，安全性，合理性，経済性の観点から，地山の適用範囲が拡大することが望まれる．図-1に示すようにNATMはシールド工法と比較して，応力再配分の結果，地山変位を一定量許容することができる場合，より合理的，経済的な施工が可能となる．とくに都市部においては，近接構造物への影響を考慮すれば，地表面沈下量などの地山変位への制限が厳しくなり，都市NATMの適用は慎重にならざるを得ない．

一方で，近年，掘削工法の多様化や補助工法の技術開発によりNATMの適用地山範囲が拡大し，その結果，地質年代として第四紀に分類される新しい地層においてもNATMが適用されるようになりつつある．第四紀更新世前期や更新世中期以降でも変形性の小さい砂層や礫層を主体とした地質においては止水や水抜きにより切羽の自立性を確保したうえでNATMが採用されてきた．しかし，粘性土を主体とした地山においては，一軸圧縮強度が低く，変形性が高いため変位の制御が難しくNATMの適用には補助工法の検討や掘削工法，支保パターンなどの検討課題が多数あった．

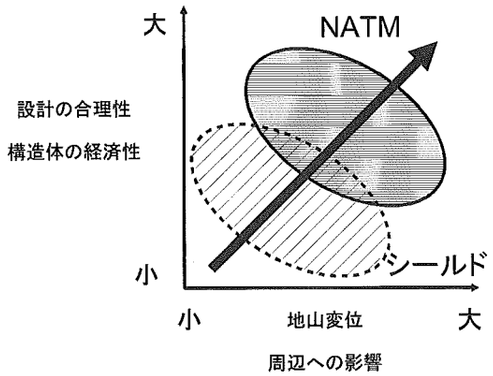



図-1　NATMとシールド工法の合理性の関係(概念図)

NATMは施工中地質状況や変位を観測しながら支保構造や補助工法を見直し，地山特性に合わせた設計と施工が可能であり，主として第四紀層からなる市街地における地下空間の高度利用の観点から適用件数が増加する傾向にある．

このような背景を受け，本研究では都市部のトンネル掘削工法として，都市NATMとシールド工法を採用するうえでの地山の境界領域とされる更新世中期以降の未固結粘性土地山を研究対象とし，合理性，安全性，経済性を考慮した最適な工法を選択するための評価項目として，地質評価，解析評価，計測評価の3項目により，都市NATMを評価する．さらに，この評価結果にもとづく実際の現場計測の視点に立った設計・施工管理手法の提案を行う．

なお，本研究ではNATMでの実績が少ない未固結粘性土地山での施工事例として，北陸新幹線高丘トンネル南工区(以下「対象工区」と称す)の施工実績を整理したうえで分析評価を行った．

## 2 NATMとシールドの適用範囲の実績

図-2は一軸圧縮強度と間隙比について，地質年代別に整理した図に，対象工区の値をプロットしたものである．第四紀の地層は地質時代の中では新しい地層であり，圧縮・圧密により岩石となる途中の産物である．続性作用が時間とともに進行することから，第四紀の地層の中でも，完新世から更新世前期にかけて強度が増加(間隙比が低下)するなか，対象工区の更新世中期の地層は中間的な強度特性領域に位置づけられる．

図-3[2]は都市部におけるNATMおよびシールド工法が適用された地山の一軸圧縮強度と変形係数

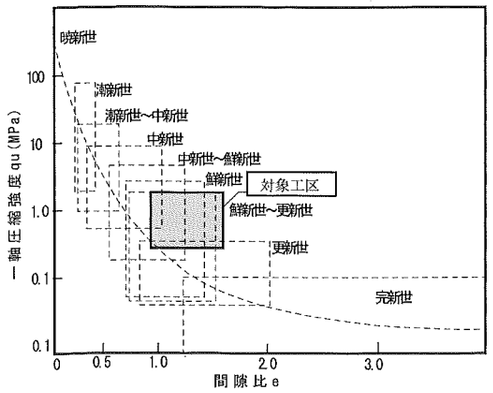



図-2　地質時代と泥質堆積物の物性[1]

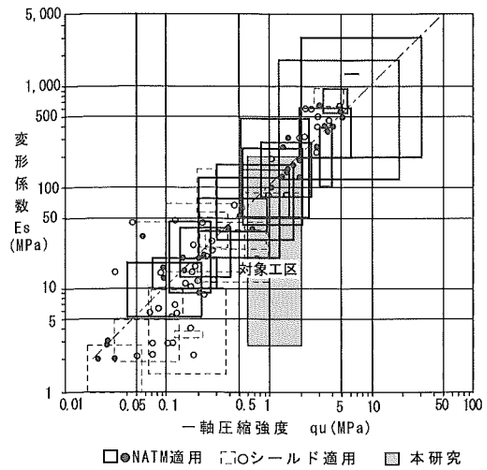



図-3　NATMとシールドの適用範囲[2]

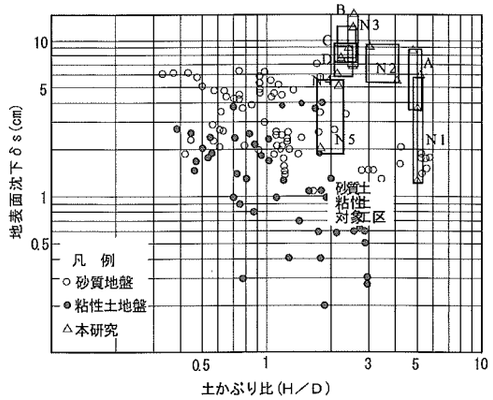
について示したものであり，NATMとシールド工法の適用領域がラップしていることがわかる．このような条件のもとで対象工区(網掛け部)である第四紀未固結粘性土を研究の対象とし，NATMについて設計の合理性，構造体の経済性の観点から，トンネルの挙動分析と考察を行う．

## 3 地質評価(変形特性)

地質評価(変形特性)を行うために，地表面沈下量および変位比率(トンネル水平内空変位を天端沈下量で除した値)および数値解析に用いる解析定数を他の都市NATMの施工実績と比較し，変形性を評価した．

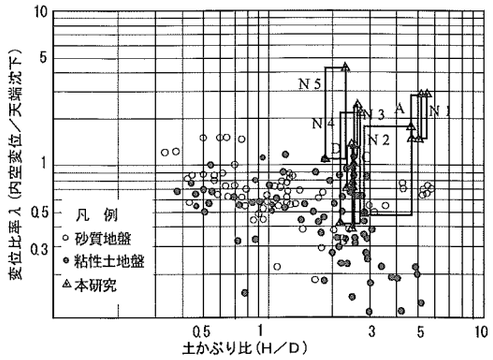
### 3-1　変位比率

従来の都市NATMの適用実績として整理され




(注)□で囲ったA～D及びN1～N5が対象工区

図-4　土かぶり比$H/D$と地表面沈下量$\delta_s$[3]




(注)□で囲ったA～D及びN1～N5が対象工区

図-5　土かぶり比$H/D$と変位比率$\lambda$[3]





た図[3]に対象工区(図中の実線で囲った範囲が対象工区の実績値の範囲を表す．またA～DおよびN1～N5は対象工区における土かぶりなどの諸条件ごとに分類したものである)の値をプロットした．

図-4は地表面沈下量について比較したものである．対象地山は土かぶり比($H/D$)が2.0以上であるにもかかわらず，既施工実績よりも大きな地表面沈下$\delta_s$を生じている．これは従来考えられていた条件に対し，既施工区間では土かぶりが大きくても大きな地表面沈下が発生する可能性があり，このことは変形性が高いことを示唆している．

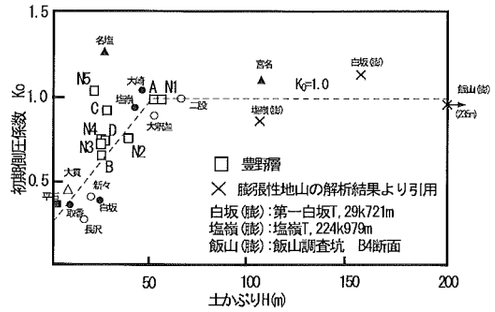
また，図-5は変位比率(水平内空変位/天端沈下量)$\lambda$について比較したものである．この結果，同等の土かぶり比に対し，変位比率が大きく，かつ水平内空変位が大きくなる傾向にあることが明らかとなった．

### 3-2　初期側圧係数$K_o$と変形係数$D_o$

数値解析における解析定数について，既施工実績と比較した．

解析定数である初期側圧係数$K_o$[4]について比較した(図-6)．対象工区は0.65～1.05の範囲にあり，他の鉄道トンネルに対し，小土かぶり地山の一般的な傾向とおおむね一致している．初期側圧係数$K_o$は小土かぶり地山での標準的な値であることが特徴的である．

図-7は土質試験などから得られる変形係数を数値解析上補正(低減)するために用いる低減係数$\alpha$[4]を比較したものである．対象工区の平均値は




(注)□のA～D及びN1～N5が対象工区

図-6　土かぶり$H$と初期側圧係数$K_o$の関係[4]

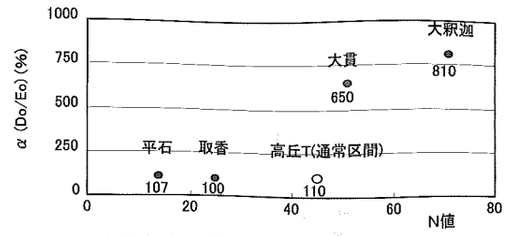



図-7　低減係数$\alpha$と$N$値の関係[4]

110%となっており，砂地山であるが図中の平石や取香の$N$値50未満の未固結地山での実績と同様に土質試験などで得られる変形係数と地山の変形係数がおおむね一致することがわかる．

### 3-3　変形特性(まとめ)

対象工区の地山は，同等の土かぶり比に対し，地表面沈下量，変位比率が大きくなることが明らかとなった．一方で解析定数については，他の施工実績とおおむね同等の値をとる傾向にある．これらの関係は，得られた定数による数値解析では，対象区間に見られる変形特性の再現は難しいことを示唆しており，この点がNATMで施工された従来の地山に対し，対象とする地山条件のもつ特異性と考えられることが明らかとなった．

## 4 解析評価

### 4-1　未固結粘性土地山の変形予測手法

更新世中期以降の未固結粘性土地山に都市NATMを採用する場合，その地山の変形特性を把握したうえで，市街地特有の周辺構造物への影響を予測することができる簡易な数値解析モデルの構築が必要である．そこでトンネル掘削解析において実績の多い2次元FEMによる数値解析モデルにより，実務における取り扱いの簡便さに主眼をおいて，①弾性解析，②非線形弾性解析，③弾塑性解析の3手法について，地表面沈下の再現性に着目した検討を行った．

その結果，横断方向の地表面沈下については，その沈下分布と傾斜角とも計測結果に対し，非線形弾性解析結果の再現性がもっとも高いことがわかった(図-8, 9)．

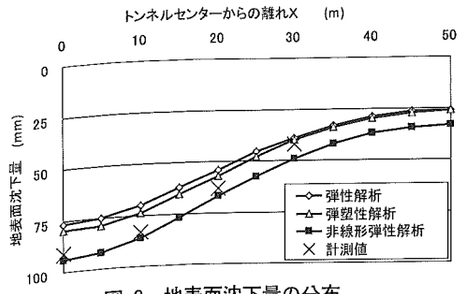



図-8 地表面沈下量の分布

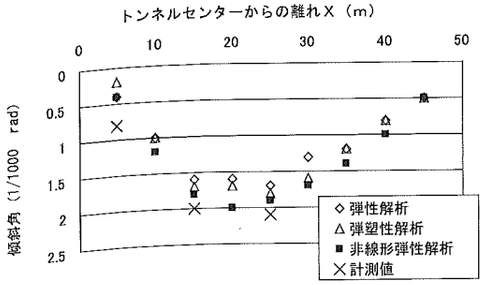



図-9 地表面沈下傾斜角の分布

一方，弾性解析は簡便な手法であるが，未固結粘性土地山に対しては沈下量とともに傾斜角を過小評価する結果となった．また，弾塑性解析も沈下量，傾斜角に関しては弾性解析と大差のない結果となっており当該地山への適合性がよいとは言えない．

## 4-2 逆解析による非線形弾性解析の適合性の検証

逆解析(直接ひずみ評価法)[7]により計測データにもとづく地山の破壊近接度$R$の分布を分析し，各解析手法の適合性を検証した(図-10)．実績などから設定されている弾性限界値$R_{EL}=0.3$を仮定すると，トンネル周辺の広範囲にわたって地山は弾性限界に達している[7]．見かけ上の変形係数が低下し，弾性限界を超える応力領域が存在することから，地山が完全な弾性状態を保つと見なす弾性解析では，当該地山の挙動を正確には把握できないと考えられる．一方，弾塑性解析では，応力集中を生じる掘削断面周辺地山の塑性化は再現できるものの，非線形弾性解析のように広範囲にわたる弾性係数の低下といった非線形性を評価し得ない解析上の特徴があるため，未固結粘性土地山の挙動を十分には評価できないと考えられる．

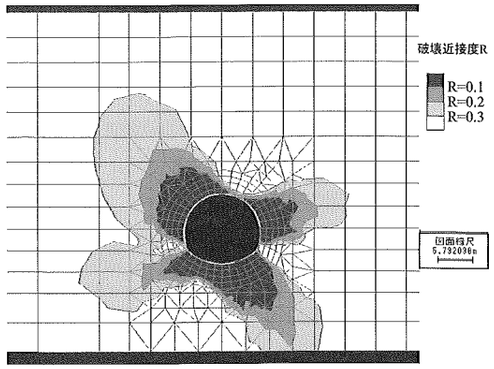



図-10 破壊近接度$R$の分布(逆解析)

## 4-3 補助工法の選定手法

都市NATMの設計・施工管理手法の確立にあたって，地山変位の抑制，とくに地表面沈下量の抑制は重要な課題である．近年，都市NATMの適用地山拡大の背景には，補助工法の技術開発が大きい．しかし，地表面沈下抑制効果を評価し，合理的に補助工法を選定しているとは言いがたい．これはNATMでは地山や吹付けコンクリート，鋼製支保工，そして先受け工などの補助工法などが，互いに補完しながら総合的に効果を発揮し，地表面沈下量などの抑制に寄与しているためと考えられる．

都市NATMでは地表面沈下抑制のための適切な補助工法や支保構造の選定が重要な課題である．とくに低強度で変形性の大きな更新世以降の未固結粘性土では地山の変形や沈下が大きくなるため，補助工法を適切に評価し，選定することが非常に重要である．そこで対象工区におけるさまざまな補助工法の組み合わせ実績から，有効な工法あるいはその組み合わせを抽出することを目的として，**表-1**に示す変数を説明変数，地表面沈下量を目的変数として，重回帰分析(多変量解析)を行った．

統計解析のひとつの手法である重回帰分析は地山挙動そのものを力学的に評価するものではないが，複数断面のサンプルデータを統計的に同時に取り扱うことで，未固結粘性土地山の平均的な地質条件における各工法の沈下抑制効果を相対的に評価することができる．これによって一般化された手法として有効な補助工法を抽出することが可





能となることが期待される．

### 4-3-1 相関分析

各補助工法の相関関係を示す(**表-2**)．相関係数が1.0に近づくほど，互いに依存関係が高いことを示す(相関係数0.5以上に目安として網掛けした)．これらの補助工法は実際にはさまざまな組み合わせで選定・施工される場合が多く，補助工法が単独ではなく相互に依存しながら効果を発揮していることがわかる．

一方で，力学的に各工法の組み合わせ効果を考慮した数値解析モデルの構築は難しく，単純に各補助工法をすべてモデル化した場合，単独の効果を評価することができず，モデル上は過大な効果が予測されてしまう可能性がある．その結果，数値解析モデルにもとづいて補助工法を選定する方法では，実施工でその組み合わせ効果を考慮することが困難なために，結果的に過少な補助工法の組み合わせを選択してしまう可能性ある．このためより合理的に補助工法を選択するには，各々の補助工法が持つ沈下抑制能力と他の補助工法との効果の補完などの関係を明確にしておくことが重要と考えられる．

**表-1 説明変数**

| 項目 | | 入力データ | 適用 |
|---|---|---|---|
| 支保規模 | 鋼製支保工(H鋼) | 連続量 | 支保工桁高：15cm(H150) or 20cm(H200) |
| 先受け工 | コンクリート製プレライニング(PASS) | 連続量 | プレライニング長：0 m(なし) or 3m |
| | AGF | 連続量 | プレライニング長：0 m(なし) or 12.5m or 15.5m |
| 仮閉合 | 上半仮閉合 | 連続量 | 吹付け閉合厚：15cm or 30cm |
| | ストラッド閉合(中央集水管抱込み) | 連続量 | ストラッド閉合の有無：0 cm(なし) or 20cm |
| 脚部補強 | フットパイル | 連続量 | 本数：0本(なし) or 2本 or 4本 |
| 側壁補強 | 先行改良 | 連続量 | 注入式ボルト本数：0本(なし) or 16本 or 18本 |
| 鏡補強 | 鏡補強ボルト | 連続量 | 6 m or 12.5m |

**表-2 補助工法などの相関係数**

| | | $X(1)$ | $X(2)$ | $X(3)$ | $X(4)$ | $X(5)$ | $X(6)$ | $X(7)$ | $X(8)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X(1)$ | 鋼製支保工 | 1.00 | — | — | — | — | — | — | — |
| $X(2)$ | PASS | −0.36 | 1.00 | — | — | — | — | — | — |
| $X(3)$ | AGF | 0.35 | −0.98 | 1.00 | — | — | — | — | — |
| $X(4)$ | 上半仮閉合 | 0.45 | −0.80 | 0.79 | 1.00 | — | — | — | — |
| $X(5)$ | インバート吹付け閉合 | 0.54 | −0.67 | 0.66 | 0.83 | 1.00 | — | — | — |
| $X(6)$ | フットパイル | −0.46 | 0.47 | −0.44 | −0.67 | −0.86 | 1.00 | — | — |
| $X(7)$ | 側壁先行改良 | 0.71 | −0.47 | 0.48 | 0.48 | 0.50 | −0.37 | 1.00 | — |
| $X(8)$ | 鏡補強ボルト | 0.22 | −0.61 | 0.69 | 0.49 | 0.40 | −0.16 | 0.39 | 1.00 |
| $Y$ | 地表面沈下 | −0.47 | 0.67 | −0.71 | −0.61 | −0.55 | 0.23 | −0.58 | −0.66 |

### 4-3-2 重回帰分析による補助工法の効果の定量化

**表-3**に重回帰分析の結果を，また，**表-4**に重回帰式により想定される各補助工法などの単独の地表面沈下抑制量を示す．

これらの中から，とくに沈下抑制効果が高い工法を中心に補助工法ないしそれらの組み合わせを選定することで，効率的に数値解析のモデル化を図ることができる．

### 4-3-3 数値解析モデルによる補助工法の評価

重回帰分析により選定された補助工法を数値解析にてモデル化し，地表面沈下抑制効果に対する評価を行った．基本工法による解析をTYPE-1とし，これに他の補助工法を組み合わせたTYPE-2(基本工法＋AGF)，TYPE-3(基本工法＋AGF＋側壁先行改良)，TYPE-4(基本工法＋AGF＋側壁先行改良＋インバート吹付け閉合)の解析を実施し，その結果として得られた地山の破壊近接度分布により補助工法の組み合わせごとの地山変位抑制効果を評価した(**図-11**)．補助工法の増設とともに対象工区の変形係数などの低下が生じる破壊近接度

表-3　重回帰分析結果

| No | 変数名 | 回帰係数 | 偏相関係数 | $F$値 | $t$値 |
|---|---|---|---|---|---|
| $X(1)$ | 鋼製支保工 | −3.0 | −0.15 | 0.54 | 0.73 |
| $X(2)$ | プレライニング | −8.3 | −0.11 | 0.32 | 0.56 |
| $X(3)$ | AGF | −3.0 | −0.18 | 0.78 | 0.88 |
| $X(4)$ | 上半仮閉合 | −0.33 | −0.06 | 0.089 | 0.30 |
| $X(5)$ | インバート吹付け閉合 | −2.3 | −0.37 | 3.8 | 1.9 |
| $X(6)$ | フットパイル | −11 | −0.46 | 6.5 | 2.5 |
| $X(7)$ | 側壁先行改良 | −1.8 | −0.23 | 1.3 | 1.2 |
| $X(8)$ | 鏡補強ボルト | −1.4 | −0.17 | 0.72 | 0.85 |
| 定数 | — | 260 | — | — | — |

重相関係数：0.85　　寄与率：0.72　　サンプル数：33

表-4　地表面沈下の抑制量(重回帰分析値)

| No. | 変数名 | 摘要 | 沈下抑制量(mm) | 順位 |
|---|---|---|---|---|
| $X(1)$ | 鋼製支保工 | H150をH200へランクアップ | 15 | ⑦ |
| $X(2)$ | プレライニング | 3 mPASSの採用 | 25 | ④ |
| $X(3)$ | AGF | 12.5m打設長の採用 | 38 | ② |
| $X(4)$ | 上半仮閉合 | 30cmの採用 | 10 | ⑧ |
| $X(5)$ | インバート吹付け閉合 | 20cmストラット | 46 | ① |
| $X(6)$ | フットパイル | フットパイルの採用 | 23 | ⑤ |
| $X(7)$ | 側壁先行改良 | 改良・鋼管補強の採用 | 33 | ③ |
| $X(8)$ | 鏡補強ボルト | 長尺鏡ボルトの採用 12.5m | 18 | ⑥ |

の弾性限界値0.3の範囲が減少している．これにより補助工法による地山の応力状態や粘着力などの改善効果の状況を確認することができる．

また，桜井らが示した近似的に限界せん断ひずみを求める式(1)，(2)[8]よりポアソン比$\nu$を用いて限界せん断ひずみ$\gamma_o$を求め，限界せん断ひずみによる地山の安定を評価した(図-12)．

$$\log \varepsilon_o = -0.25 \log D_o - 1.59 \quad (1)$$

$$\gamma_o = (1+\nu)\varepsilon_o \quad (2)$$

$\varepsilon_o$：限界ひずみ(%)

$D_o$：変形係数(kgf/cm²)

$\gamma_o$：限界せん断ひずみ(%)

$\nu$：ポアソン比

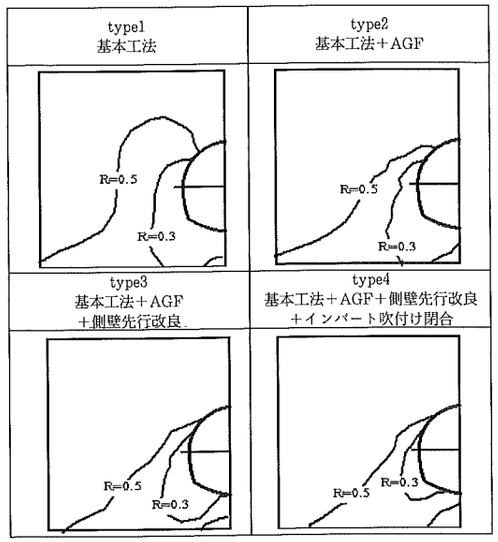
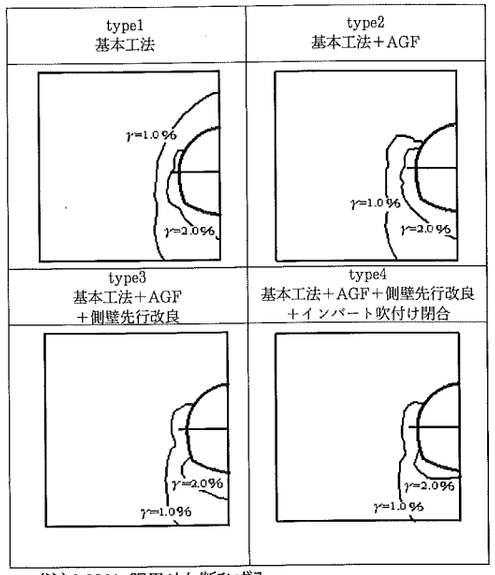



図-11　地山破壊近接度$R$の分布($R$<0.3：弾性限界以下の変形係数低下領域)




(注)0.83%：限界せん断ひずみ

図-12　せん断ひずみ分布

対象地山の限界ひずみ$\varepsilon_o$は0.62%であり，限界せん断ひずみ$\gamma_o$は0.83%と算出され，おおむね$\gamma_o$が1.0%以上の領域が不安定な領域と推定される．図の比較から補助工法の追加により，限界せん断ひずみの領域が減少していく状況が認められる．





## 5 計測評価

図-13に計測されたトンネル横断方向の地表面沈下量の分布状況を示す．土かぶりの条件などによって，沈下の絶対量が変化するため，トンネルセンターの地表面沈下量で除し，無次元量化を図り，分析することとした．地表面沈下量の横断方向の分布はトンネル直上の沈下量によってのみ規制され，土かぶり条件によらず横断方向の沈下の割合がほぼ一定であることがわかった．

横断方向の地表面沈下分布は一般的に正規分布に従うとされている．しかし，回帰式を構築するうえで取り扱いが容易な指数分布[9),10)]により近似し予測式(式(3))を構築した．同式は$X$で微分することにより地表面傾斜角(式(4)，図-14)を推定することが可能である．

また，この式より，任意の地点の地表面沈下量や地表面傾斜角を得ることで他の地表面沈下量も推定可能となる．

$$\delta_X = \exp(-\alpha X^2) \quad (3)$$

$\delta_X$：$\delta_X = \delta_{X1}/\delta_{o1}$

$\delta_{o1}$：トンネルセンターの地表面沈下量(mm)

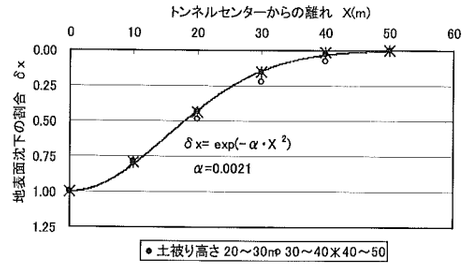



図-13 トンネル横断方向の地表面沈下の割合

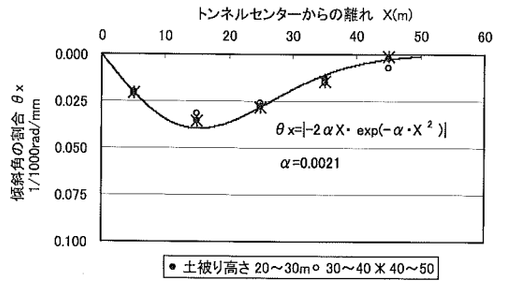



図-14 トンネル横断方向の地表面傾斜角の割合

$\delta_{X1}$：トンネルセンターからの距離$X$(m)における地表面沈下量(mm)

$X$：トンネルセンターからの離れ(m)

$\alpha$：地質などにかかわる回帰係数

$$\theta_X = |-2\alpha X \cdot \exp(-\alpha X^2)| \quad (4)$$

$\theta_X$：トンネルセンターの地表面沈下量に対する離隔Xにおける地表面傾斜角(1/1,000rad/mm)($\theta_X = \theta_{X2}/\delta_{o2}$)

$\delta_{o2}$：トンネルセンターの地表面沈下量(mm)

$\theta_{X2}$：トンネルセンターからの距離$X$(m)における地表面傾斜角

## 6 新たな施工管理手法の提案

シールド工法の施工領域と位置付けられることが多い都市部における更新世中期以降の未固結粘性土地山に対し，都市NATMの最重要課題である近接構造物への影響という観点からトンネル掘削の影響をできるだけ早期に把握し，地山特性を考慮した地山の挙動を早期に予測し，掘削管理へフィードバックする必要がある．そのためには，近接構造物への適正な計測管理値の設定を行ったうえで，その計測管理値に対して適正な支保を選択(構造体の構築)していくことが重要となる．

しかし，都市NATMにおける既往の設計・施工管理は，基本設計から実際の施工，計測管理，修正設計，追加対策工，トンネルの挙動，地表面最終沈下の予測，近接構造物への影響など，それぞれが個別に検討されることが多く，一連のシステムとして機能しているとは言いがたい．加えて，地山や近接構造物への影響を考慮した支保構造や補助工法，あるいは施工管理などの適切な選択が困難な場合，設計，施工の確実度を考慮すれば，結果的にNATMよりシールド工法が有利な工法と判断されることとなる．

これらの問題点を踏まえ，地山の変形特性などの地質評価，解析評価および計測評価による客観的判断を基本とし，さらに前章までの分析，検証結果を取り入れた合理的な設計，施工の管理手法の構築を行った．この管理手法の確立にあたって

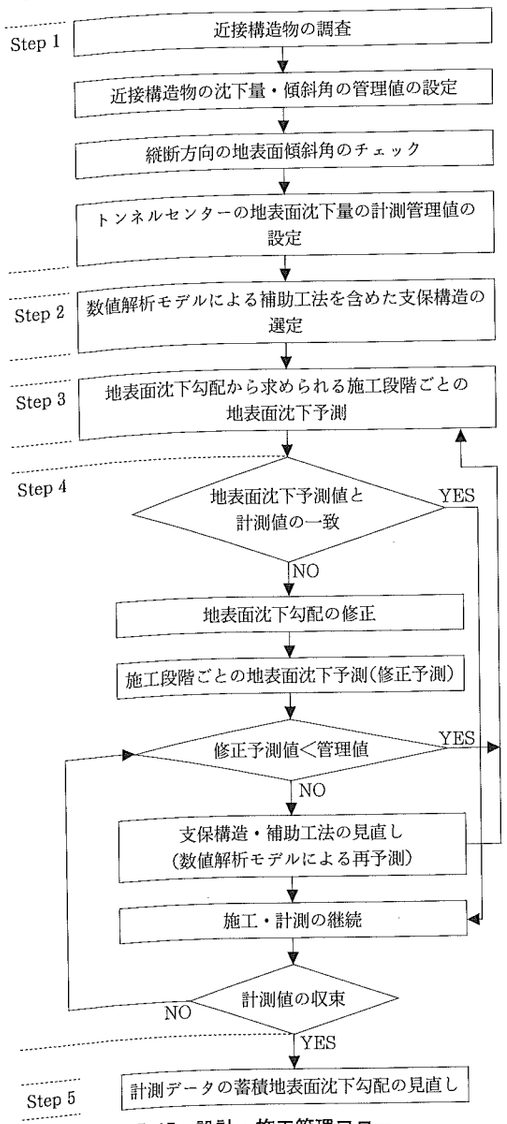



**図-15　設計・施工管理フロー**

は，都市部でのNATMとシールド工法の選択をする際の重要な要件となる近接構造物への影響低減に着目し，必要な技術，知見などを有機的に組み合わせ，計測，検討，判断，フィードバックという一連の施工過程における管理作業の手順を確立することとした．さらに，対象とする地山の変形性が高い特性にもとづき，経済性，合理性を考慮して一定量の変位を許容することを前提とした合理的な管理手法とした．**図-15**に新たな設計・施工管理手法のフローを示す．

フローおよび施工途中段階における沈下予測式(5)を用いて，実際に行った施工設計・施工管理の事例を示す．

$$\delta_i = \delta_0 (u_i X_{1i} + l_i X_{2i}) \qquad (5)$$

$\delta_i$ ：$i$区間掘削時の地表面沈下量(㎜)

$\delta_0$ ：計測地点の最終地表面沈下量(㎜)

$u_i$ ：$i$区間上半掘削時の沈下勾配の割合(施工実績より定数化)

$X_{1i}$ ：$i$区間上半掘削距離(m)

$l_i$ ：$i$区間下半掘削時の沈下勾配の割合(施工実績より定数化)

$X_{2i}$ ：$i$区間下半掘削距離(m)

(1)　Step 1：管理値の設定

トンネルセンターからの離隔が18mの近接構造物の健全性を確保できる総沈下量50㎜，傾斜角3/1,000radを管理値とした場合，式(3)および(4)より算出されるトンネルセンター直上の地表面沈下量の管理値は78㎜(**図-16**の「限界値」)となる．この管理値に対し，安全率を考慮して，78㎜の80%である62㎜を計測管理値(図-16の「警戒値」)と設定する．

(2)　Step 2：数値解析モデルによる補助工法を含めた支保構造の選定

合理性を考慮し，当該区間では警戒値62㎜以下の沈下量となるTYPE-3(基本工法＋AGF＋側壁先行改良)を採用した．

(3)　Step 3：地表面沈下勾配から求められる施工段階ごとの地表面沈下予測

式(5)より施工段階ごとの地表面沈下量を予測し，地表面沈下予測管理図を作成し，その上に実際の計測値をプロットし(図-16の「○」)，計測管理を行う．切羽が計測地点よりおよそ10～20m手前までは予測より小さい地表面沈下量で推移しているが，計測地点直近で急激に沈下が増大した．

(4)　Step 4：施工段階ごとの地表面沈下計測状況の分析と予測値との対比・修正・補助工法の見直し

①　当初地表面沈下予測値の見直し(修正予測値)





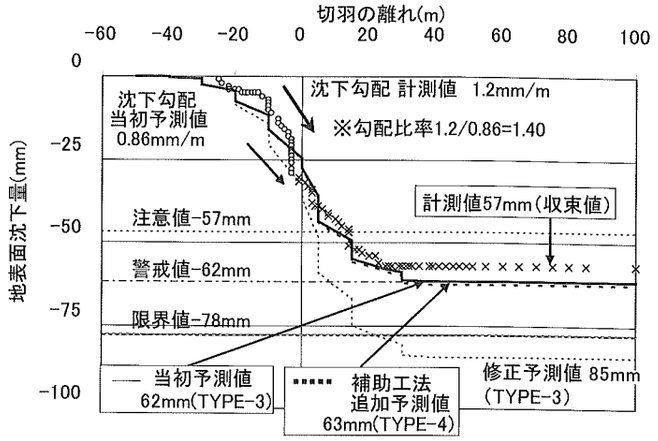



**図-16　新たな設計・施工手法による施工事例**

図-16の地表面沈下予測管理図より，地表面沈下勾配が急激に増加していることが判明した．そこでTYPE-3の掘削パターンのまま切羽を進めていった場合の修正予測値を地表面沈下勾配について，勾配比率(1.40＝1.2/0.86)から式(5)を用いて，修正予測し，地表面沈下予測管理図にプロットする(図-16の「修正予測値85㎜」)．

②　修正予測値と管理値の比較

修正予測値は85㎜であり，限界値78㎜を超えると予測されるため，切羽は計測地点に到達する前に早急に追加の補助工法の検討を要する．

③　支保構造・補助工法の見直し

数値解析を再度行い，限界値を超えない補助工法として追加対策工を検討する．修正予測値85㎜に対し，限界値は78㎜であり，7㎜以上の抑制効果がある対策工を追加する必要がある．TYPE-4(基本工法＋AGF＋側壁先行改良＋インバート吹付け閉合)はTYPE-3に対し，16㎜(＝62㎜－46㎜)の沈下抑制効果があり，追加対策工として，インバート吹付け閉合を実施することとした．

④　計測値の収束

追加補助工法を実施した時の予測値63㎜に対し，計測値(図-16の「×」)が57㎜で収束しており，適切な追加対策が行われたことが確認された．

(5)　Step 5：施工データの蓄積(フィードバック)

本施工事例のように，掘削途中段階で沈下勾配が変化する場合がある．このような計測結果が得られた場合，それ以前の蓄積されたデータを分析し，地質状況や支保構造などを考慮し，式(5)や数値解析モデルを見直し，以降の施工にフィードバックしていく．

この事例では，掘削前の数値解析による地表面沈下予測値62㎜に対し，施工段階途中においては85㎜の最終沈下量となる予測がなされ，これに対し，補助工法の追加対策を行い，修正した数値解析による予測値が63㎜となり，最終的な施工結果を57㎜に制御することができた．以上に示したように，管理値の設定から設計，施工，途中段階の見直しをシステム化することで早期に地山変位に対応することが可能となる．

## 7　ま　と　め

本研究は都市部におけるトンネル掘削において，NATMとシールド工法の適用地山の境界領域と考えられる第四紀更新世中期以降の変形性が高い未固結粘性土地山の施工事例として北陸新幹線高丘トンネルを研究対象とした．この対象工区の地質の分析をもとに，変形性が高く，変位を制御することが非常に難しい地山をNATMで施工するにあたり，都市NATMの最重要課題である近接構造物に対する影響低減を目的とした新たな設計・施工管理手法を提案した．この手法は，適切な計測管理値の設定を行い，設計，施工，さらに切羽進行に合わせた計測管理などを一連のシステムとして機能させることにより，近接構造物の安全性を担保することができる構成としたことを特徴とする．

## 8　今後の課題

第四紀更新世中期以降の未固結粘性土地山にお

けるNATMの施工実績が少ないため，今後は施工実績を重ね，データの収集による検証と補助工法の沈下抑制効果の予測精度の向上を図る必要がある．

また，本研究では均一な粘性土を主な対象としているが，実際の施工では地形を含めた特殊条件への対応が求められることが多く，特殊条件に対する定性的な考察ができるようデータ収集と分析を行いたい．

## 参 考 文 献


1) OKAMOTO, R., *et al*：Proc. Int. Sympo. on Wee krock，pp.89–101，1981.
2) 桜井春輔編著：都市トンネルの実際，pp.7–15，鹿島出版会，1995.
3) 土木学会関西支部都市トンネルへのNATM適用に関する委員会：都市トンネルへのNATMの適用，土木学会関西支部講習会テキスト，1987.6.
4) 土木学会編：都市NATMとシールド工法の境界領域，pp.1–29，土木学会，2003.
5) 日本鉄道建設公団：NATM設計施工指針，pp.323–327，333，1996.
6) 桜井春輔・武内邦文：トンネル掘削時における変位計測結果の逆解析法，土木学会論文報告集，Vol.337，1983．日本鉄道建設公団：NATM設計施工指針，pp.319–337，1998.
7) 桜井春輔・川嶋幾夫ほか：トンネルの安定性評価のための限界せん断ひずみ，土木学会論文報告集，No.493/Ⅲ-27，pp.185–188，1994.6.
8) PECK, R. B.：Deep excavations and tunneling in soft ground，proc.7th ICSMFE，Mexico City，Mexico,，pp.225–290，1969.
9) 横山章・高瀬昭雄：土被りの薄い未固結地山におけるトンネル掘削時の地山挙動，土木学会論文集，第352号/Ⅲ-2，1984.12.



わかりやすい **トンネルの力学**

B5判　286頁　本体価格 5,825円　〒340円

**福島啓一 著**

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

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

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

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






連載講座

# 沈埋トンネル(3)

## —沈埋トンネルの構造設計—


「沈埋トンネル」連載講座小委員会

(株)オリエンタルコンサルタンツ国土基盤事業部　城戸哲哉


沈埋区間の延長，平面・縦断線形，沈埋函の断面形状，1函の長さ，施工方式などの計画概要は，「第2回　計画・調査」で述べたところである．

沈埋トンネルの工事費にもっとも大きな割合を占めるのは，沈埋函の製作費である．したがって，断面の決定を中心とする沈埋函自体の設計に重点が置かれる．

第3回では，沈埋函の設計における留意点について述べる．

## ① 沈埋函の構造

沈埋函の製作は図-1に示すように，日本では鋼殻方式，コンクリート方式(RCまたはPC)および合成方式の3方式に大別される．海外ではセグメント方式沈埋函の製作がある．

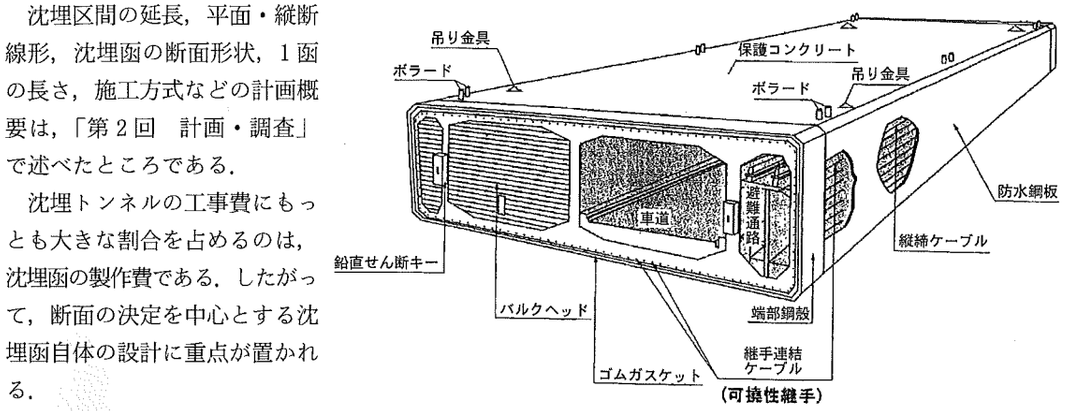



図-2　沈埋函の構造

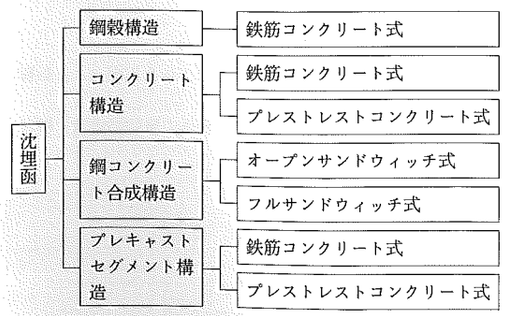



図-1　製作方法による沈埋函の分類

図-2に代表的な構造を示すが，上床版，下床版，側壁，隔壁，端部鋼殻，バルクヘッドなどの部材で構成され，部材厚は1m程度である．これは水圧，土圧などの外力に耐えるとともに浮き上がらないように自重を確保する面もある．

## ② 沈埋函の設計

### 2-1　設計の基本

沈埋トンネルの構造は，沈埋部およびアプローチ部を含めた函体および換気塔，ならびにそれらの接合部より構成される．沈埋トンネルの設計では，沈埋トンネルを構成するすべての部材および接合部の構造性能がその要求性能を満足し，かつ

経済性および周辺環境に与える影響を配慮した構造を設定しなければならない．

沈埋トンネルの要求性能には，函体製作時および施工時における安全性，トンネル供用後における供用性(車両の走行性と利用者の利便性など)と安全性および長期耐久性，地震や火災などの災害時における安全性などがある．一方，沈埋トンネルの構造性能には，安全性に関しては函体の上・下床版や側壁などの各部材や継手部の耐荷性能，変形性能，止水性能などが，耐久性に関しては鋼材の腐食，コンクリートのひび割れ，継手部や防食・耐火工の劣化などに対する抵抗性が挙げられる．沈埋トンネルの基本構造の選定フローを図-3に示す．

沈埋トンネルの例では，沈埋トンネルを通過する道路の計画交通量，海上の航路条件などを考慮して沈埋トンネルの規模と配置が決定され，次に構造形式が選定される．沈埋函はRC構造，PC構造あるいは鋼・コンクリート合成構造などによって製作される．内空断面の大きさと函割の決定後に上・下床版，側壁などの部材厚や函体の継手工法が選定され，最後に施工法が選定される．

## 2-2　構造性能と照査法

構造物が保有すべき性能の照査法(一般に構造設計法と呼ばれる)は，時代とともに変遷している．古くからある照査法は「許容応力度法または弾性設計法」であり，近年，「終局強度設計法または荷重係数設計法」，「限界状態設計法」に変化しつつあり，最近では設計法の国際化の要求と相まって，より合理性の高い「性能照査型設計法」が注目されている．

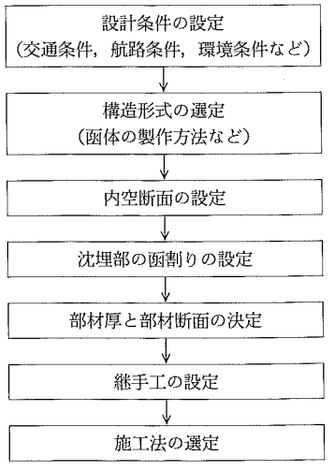



図-3　基本構造の選定フロー

## 2-3　沈埋トンネルに対する設計法

### 2-3-1　概　説

わが国における沈埋トンネル建設の歴史は，1944(昭和19)年の安治川河底トンネルに始まり，本格的な沈埋トンネルは1970年代に入って建設されるようになった．建設中のものも含めて，現在約30件の沈埋トンネルが存在しているが，その大半の設計は基本的には「許容応力度設計法」によっている．最近の沈埋トンネルの設計には「限界状態設計法」にもとづく照査法が部分的に採用されている．

### 2-3-2　荷重作用

沈埋トンネルの設計に用いる荷重は，照査する構造性能に応じて定めなければならない．施工時および供用後に作用する荷重には，表-1に示すものがある．

### 2-3-3　構造性能と照査項目

沈埋函の必要な構造性能とそれらに対応する設計時の照査項目の例を表-2に示す．

表-1　沈埋トンネルの荷重作用

| |
|---|
| 供用時荷重としては |
| (1)　自重 |
| (2)　上載土重量 |
| (3)　交通荷重による活荷重・衝撃荷重 |
| (4)　土圧 |
| (5)　水圧 |
| (6)　浮力，揚圧力 |
| (7)　地盤反力 |
| (8)　地盤沈下の影響 |
| (9)　温度変化の影響 |
| (10)　コンクリートのクリープおよび乾燥収縮による影響 |
| (11)　プレストレス力 |
| (12)　製作・施工時荷重(波力，函体の艤装品重量・機械設備重量など) |
| (13)　火災による影響 |
| (14)　腐食の影響 |
| (15)　その他(投走錨，沈船などの影響) |
| また，偶発荷重としては |
| (16)　地震荷重 |
| (17)　爆発または爆破による影響 |





表-2　構造性能と照査項目

| 項　目 | 必要構造性能 | 照査項目 |
|---|---|---|
| 製作および施工時の安全性 | ・沈埋函の製作時，曳航時の耐荷性能と変形性能<br>・沈埋函の浮遊時，曳航時の安定性<br>・沈埋函の施工時の安定性 | ・部材の発生応力度，変形量，座屈など<br>・乾舷量，浮き上がり量，回転量など<br>・沈設，接合時の発生応力度，変形量など |
| 供用時の性能 | ・外荷重に対する耐荷性能と変形性能<br>・地盤の支持力に対する安定性<br>・止水性<br>・火災時の安全性<br>・耐久性 | ・トンネル横断面および縦断面での部材断面の強度と変形量，継手の強度と変形量<br>・地盤支持力，圧密沈下など<br>・継手部の漏水と復旧<br>・防火材の性能，部材強度や継手強度の低下など<br>・鋼材の腐食，コンクリートのひび割れ，コンクリートのクリープ・乾燥収縮，止水材および防火材の劣化など |
| 地震時の性能 | ・地震荷重に対する耐荷性能，変形性能<br>・地盤の性状と安全性 | ・部材断面の破壊，崩壊メカニズム，継手の変形と破壊<br>・地盤の液状化と側方流動など |

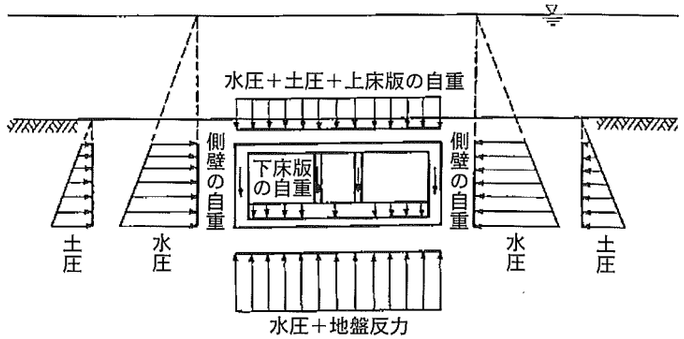



図-4　トンネル横断面と荷重作用

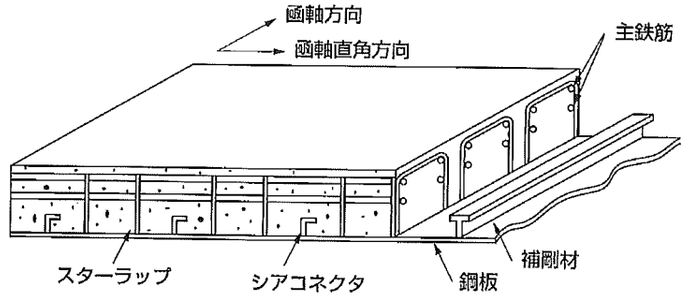



図-5　オープンサンドウィッチ部材の概要

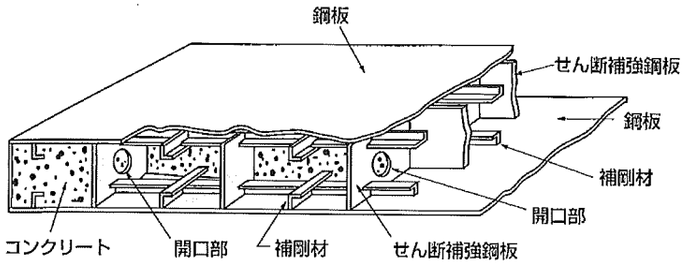



図-6　フルサンドウィッチ部材の概要

## 2-4　沈埋トンネル横断面の設計

### 2-4-1　解析モデル

沈埋トンネルの横断面の解析は，図-4に示すような箱形ラーメン構造として行うのが一般的である．すなわち，上床版，下床版および側壁は隅角部で剛接され，中間壁は上・下床版と剛接または滑接されているものとする．解析は骨組み線形理論にもとづくが，終局限界状態に対しては，隅角部に発生する塑性ヒンジによるモーメントの再配分を考慮する場合がある．

### 2-4-2　合成構造部材の設計

(1)　鋼殻構造の設計(製作時)

鋼殻とコンクリートが一体化する前(合成前)の鋼殻構造の設計には，鉄筋コンクリート構造のようにトンネル横断面をラーメン構造とした骨組み解析では不十分であり，リブやダイヤフラムで補剛された板構造としての解析が必要となる．

(2)　合成構造の設計(完成形)

沈埋函の上・下床版や側壁に適用される鋼とコンクリートの合成構造部材には，外面のみが鋼板に

覆われているオープンサンドウィッチ部材と，内外両面が鋼板で囲まれているフルサンドウィッチ部材がある．オープンサンドウィッチ部材(図-5)では，鋼板を鉄筋と同様の引張補強材と見なし，RC構造の設計基準が適用できるが，鋼板とコンクリートとの間のずれせん断力の伝達を確保するため，ずれ止め(スタッドジベルなど)を設けなければならない．

一方，フルサンドウィッチ部材(図-6)では，補剛リブやダイヤフラムがずれ止めの機能を果たすため，スタッドジベルのような特別なずれ止めを必要としない場合もある．

オープンサンドウィッチ部材やフルサンドウィッチ部材では，施工段階のコンクリート打設時には鋼殻がコンクリートの型枠および支保工としても機能するため，鋼殻は施工時応力を受け，この応力はコンクリート硬化後も残留する．そのため，このような残留応力が合成構造としての安全性にどのような影響を与えるかを検討しなければならない．

オープンサンドウィッチ部材のせん断機構はRC部材に類似しているので，引張側の鋼板を鉄筋と見なしてせん断耐力を算定することができる．一方，フルサンドウィッチ部材のせん断機構は複雑で，まだ十分に解明されているとは言いがたい．本構造では，内外面の外殻鋼板はダイヤフラムまたは適当な間隔保持材によって連結されている．ダイヤフラムが部材軸方向と平行に配置されている場合は，ダイヤフラムはある有効幅をもつ梁のウェブとしてせん断補強材としても機能する．また，ダイヤフラムが部材軸の直角方向に配置されている場合は，ダイヤフラム間のコンクリートに

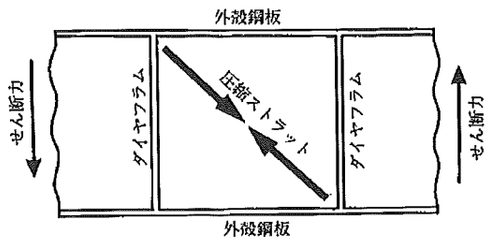



図-7 圧縮ストラットとトラス機構

は，図-7に示すような圧縮ストラットができ，トラス機構によりせん断耐力を発揮することができる．

## 2-5 トンネル縦断方向の設計

### 2-5-1 解析モデル

トンネル縦断方向(函軸方向)の断面内応力を発生させる主たる荷重は，自重，上載土荷重，水圧，温度変化およびコンクリートの乾燥収縮の影響，地盤の不同沈下，地震の影響などである(耐震設計に関しては次号にて掲載)．これらの荷重による函軸方向応力を算定するには，図-8に示すようなトンネル断面の重心を結ぶ骨組み構造解析によって行われる．沈埋部は通常100m前後の函体長のブロックを継手により連結して構築されるので，構造解析には継手の挙動を考慮しなければならない．

継手構造には，剛継手または可とう性継手が用いられる．剛継手はトンネル断面の曲げモーメント，せん断力および軸力を完全に伝達するもので，この継手で連結された沈埋函は一体として挙動する．可とう性継手はゴムガスケットなどの函軸方向の抵抗がほとんどない材料で構成されるので，曲げモーメントと軸力の伝達はないが，鉛直および函軸直角方向の水平移動に対しては，せん断キーの設置によって拘束している．これらの挙動が表現できる継手モデルを挿入することにより，可とう性継手はモデル化される．

### 2-5-2 弾性バネ地盤上の梁としての解析

沈埋トンネルや換気塔(立坑)の自重，上載土重量，水圧，温度変化およびコンクリートの乾燥収縮の影響などは，図-8の骨組みが弾性バネ地盤上にあるものとして解析される．

### 2-5-3 地盤の沈下解析

沈埋部およびアプローチ部を含めた数箇所から十数箇所での地盤の沈下量と土質定数を測定し，

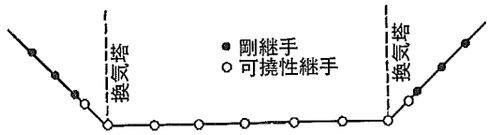



図-8 トンネル縦断方向の解析モデルの例





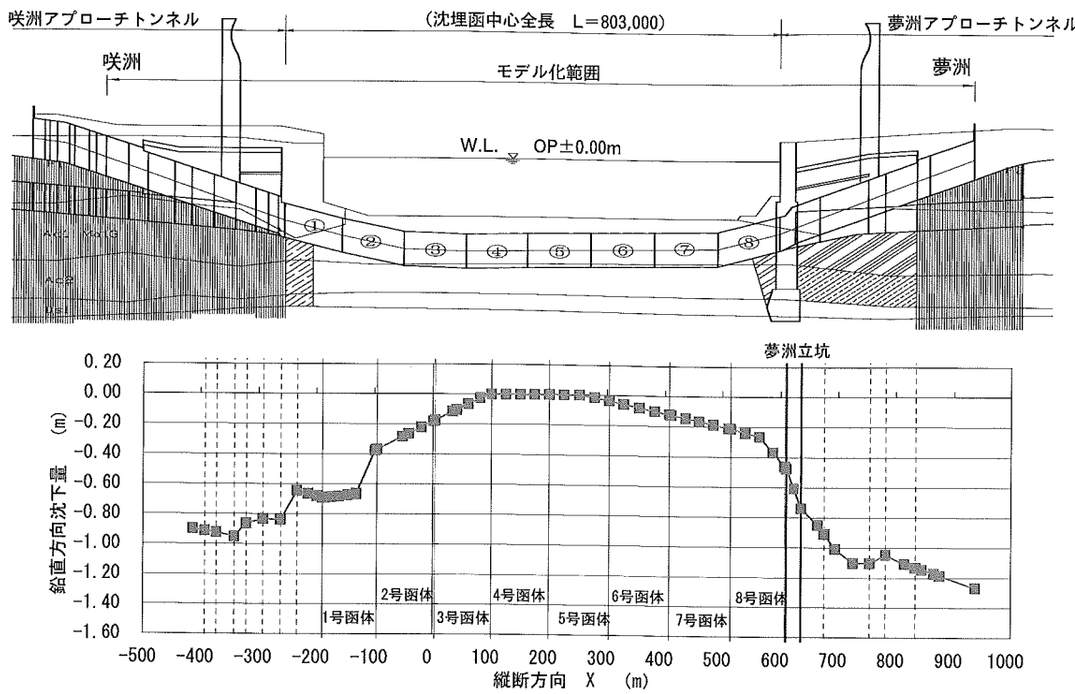



図-9 沈下予測曲線(夢咲トンネルでの例)

沈下計算のパラメータになる圧密係数$m_v$を決定し，沈埋トンネル完成後の設計耐用年数内の沈下曲線を予測する．

### 2-5-4 トンネルの沈下応答解析

図-9の沈下曲線に示すような地盤沈下が起こると，沈埋トンネルには不同沈下が起こり，それに付随してトンネル断面および継手に軸方向の応力ならびに変形が発生する．このような応力および変形の解析には，沈埋函を多くの要素に分割し，継手部を含めた全節点の弾性変位を算定する．

これにより求めた応力および変形が各許容値を超えないように照査することによって，安全性が確保できる．

## 2-6 沈埋函継手の設計

### 2-6-1 概 説

沈埋トンネルでの継手は，沈埋函同士の間，沈埋函と立坑，陸上トンネルと換気塔，沈埋函と陸上トンネル間に存在する．継手の種類は，剛結合継手(剛継手)と可とう性継手(柔継手)に大別される．継手の性能としては，函体の断面力を滑らかに伝達する，あるいは変形を吸収すること，止水性を確保すること，車両の走行を円滑にすること(段差がないこと)，施工性がよいことにある．

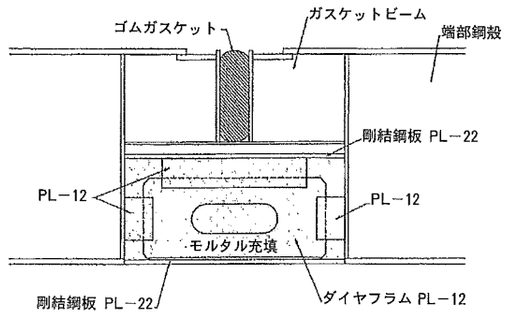



図-10 剛結合継手の事例(那覇港沈埋トンネル)

### 2-6-2 剛結合継手

剛結合継手は，継手構造として構造体同士の相対変位や回転を許さず，函体の断面と同程度以上の剛度と強度を持たせた連続構造となる継手である(図-10)．

### 2-6-3 可とう性継手

地震動による函体断面力を低減，地盤の不同沈

下などを継手部で吸収し，函体への発生断面力を低減する目的で柔継手が設けられる．代表的な可とう性継手を図-11に示す．この継手は，圧縮力にはゴムガスケットで，引張力はPCケーブルで抵抗する．

また最近は，図-12に示すベローズ継手やクラウンシール継手のようにゴムガスケットよりも大きな変形を吸収できる継手構造が採用されている．

### 2-6-4　最終継手

沈埋函の沈設をくり返し行うと最後に沈埋函との間に隙間が生じる．この隙間を結合する箇所が最終継手となる．最終継手は，ドライ工事や水中コンクリートで結合する方式が採用されてきたが，大水深での工事や現場工事の省力化などの要因で新しい工法が採用されてきている．ターミナルブロック方式，Vブロック方式，キーエレメント方式などがある．これら方式の概略を図-13に示す．

ターミナルブロック方式は，立坑あるいは沈埋函のスリーブを内蔵したブロックを最終函にスライドさせて押しつけ，水圧接合により最終継手部を施工する方式である．水中作業がほとんど不要となり，最終の隙間はスライドさせる量で調整できる．

Vブロック方式は，V形のブロックを水圧により二つの隣接した沈埋函との間に吊り降ろし，水圧接合させる方式である．原理は，静水圧により上端と下端の水圧差と自重を利用した接合である．

また，Vブロックの長さを沈埋函の長さまで延長して，最終沈埋函を最終継手とするキーエレメント方式も採用されている．最終沈埋函両端部に傾斜をつけることで，Vブロック方式と同様の水圧接合方式であり，従来の最終継手を省略することができる．

## 2-7　付帯工の設計

沈埋函本体の耐久性，抵抗性を確保するため，腐食対策や耐火工に関する設計が必要である．耐火工に関する設計は，別号で掲載することとし，ここでは防食設備の設計について述べる．

### 2-7-1　防食設備の設計

（1）　電気防食

1）　陽極の選定

陽極選定に際しては，電流分布(電位分布)が均一になるように配置を検討する必要がある．市販されている陽極の汎用品は，2.0A・2.5A・3.0Aおよび3.5Aの4種類となる．

沈埋函のように海土中に埋設される

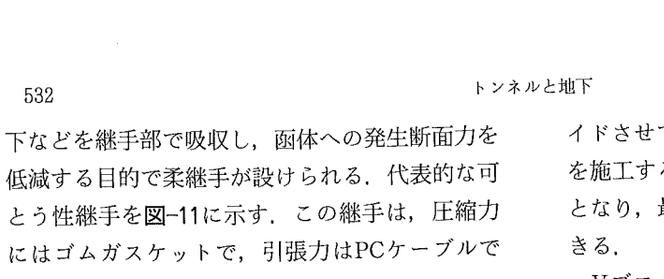
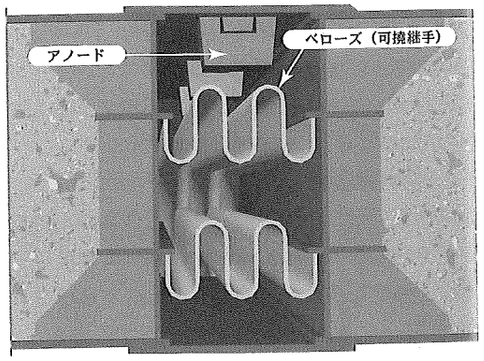
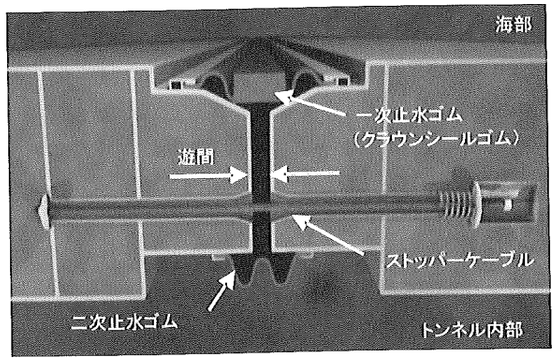



図-11　可とう性継手の事例(新潟みなとトンネルの例)




ベローズ継手




クラウンシール継手

図-12　新型継手構造





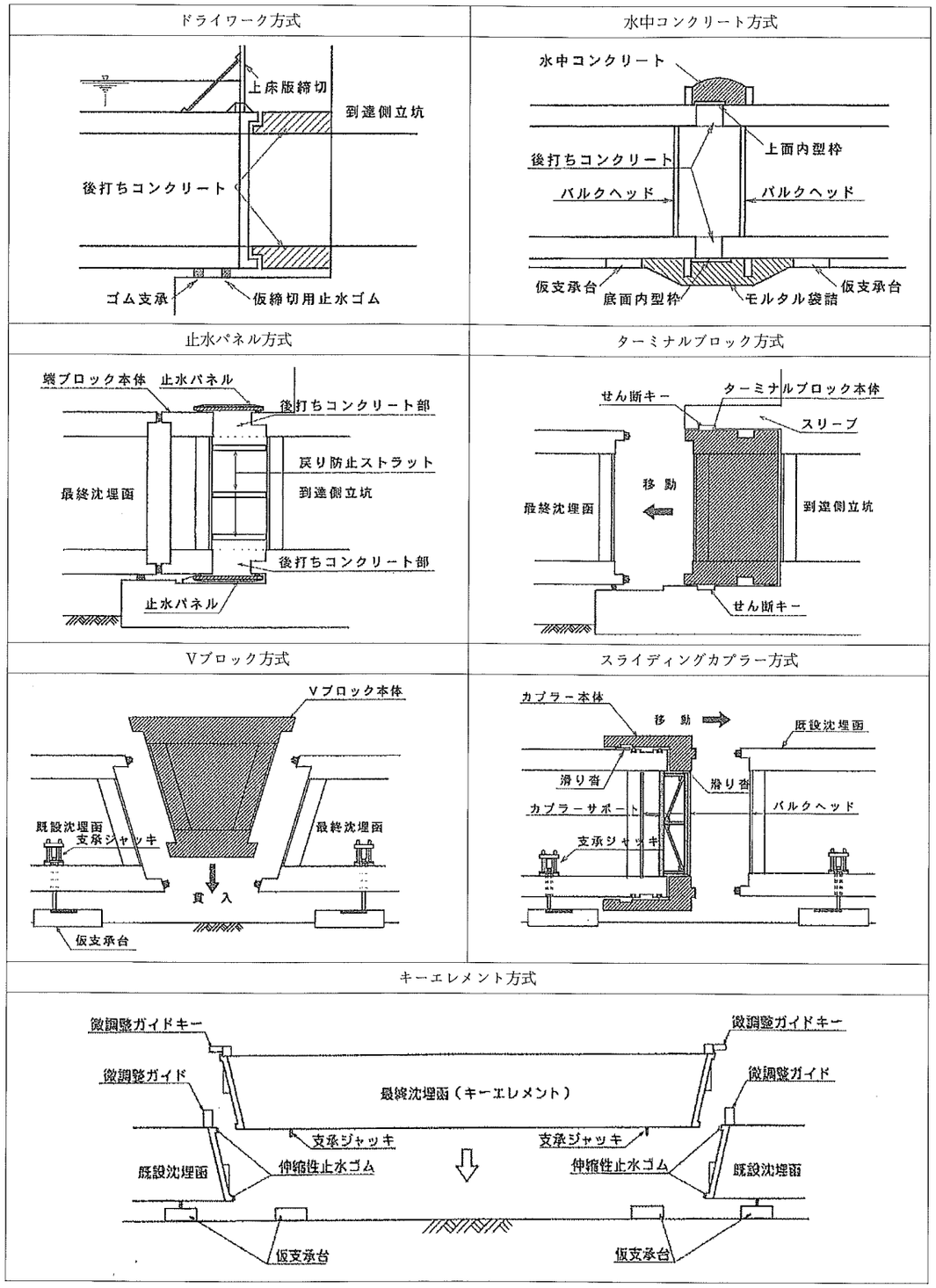



図-13　最終継手の種類

**表-3　塗装仕様（夢咲トンネルでの例）**

| 項目 | 部位・施工範囲* | | 素地調整 | 塗装1層目 | 塗装2層目 | 塗装3層目 | 塗装4層目 | 塗装5層目 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 函体 | A部 | 端部鋼殻上面，側面上部 | パワーツール（端部鋼殻） | 無タールエポキシ系塗料（60μm） | | | | |
| | B部 | 端部鋼殻 | サンドブラスト（鉄部）パワーツール（ステンレス） | 厚膜形エポキシ樹脂下塗り塗料（100μm） | 厚膜形エポキシ樹脂塗料（100μm） | バイオックス用バインダー（50μm） | 無毒形防汚塗料（75μm） | 無毒形防汚塗料（75μm） |
| | | ゴムガス押さえ金具 | | | | | | |
| | | 仮受けブラケット，ブラケットキー | | | | | | |
| | | ゴムガスケット | ハンドツール処理シンナー洗浄 | 無毒形防汚塗料（75μm） | 無毒形防汚塗料（75μm） | | | |
| | C部 | 端部鋼殻前面 | パワーツール | 塩化ゴム樹脂下塗り塗料（70μm） | 塩化ゴム樹脂下塗り塗料（70μm） | 防汚塗料（50μm） | 防汚塗料（50μm） | |
| | | バルクヘッド | | | | | | |
| | | 仮受けブラケット，ブラケットキー | | | | | | |
| | D部 | 鋼殻側面上部 | パワーツール（端部鋼殻） | 無タールエポキシ系樹脂塗料（60μm） | | | | |
| 函内 | E部 | 車道部 F-10仕様 | サンドブラスト | 厚膜形無機質ジンクリッチペイント（75μm） | 厚膜形エポキシ樹脂系塗料（ミストコート）（—） | 厚膜形エポキシ樹脂系塗料（60μm） | 厚膜形エポキシ樹脂系塗料（60μm） | 厚膜形エポキシ樹脂系塗料（60μm） |
| | F部 | 避難通路 F-10仕様 | サンドブラスト | 厚膜形無機質ジンクリッチペイント（75μm） | 変性エポキシ樹脂塗料内面用（耐海水性塗料）（ミストコート）（—） | 変性エポキシ樹脂塗料内面用（耐海水性塗料）（60μm） | 変性エポキシ樹脂塗料内面用（耐海水性塗料）（60μm） | 変性エポキシ樹脂塗料内面用（60μm） |
| | F' 部 | バラストタンク | — | 変成エポキシ樹脂塗料内面用（60μm） | 変性エポキシ樹脂塗料内面用（60μm） | 変性エポキシ樹脂塗料内面用（60μm） | 変性エポキシ樹脂塗料内面用（60μm） | |
| | G部 | バラストタンク | パワーツール | 塩化ゴム系厚膜形下塗り塗料（70μm） | 塩化ゴム系厚膜形下塗り塗料（70μm） | ビニルエステル樹脂塗料＋表面補強層 | ビニルエステル樹脂塗料 | LPコートF用プライマー |
| | H部 | バラストタンク | パワーツール | 無タールエポキシ系樹脂塗料（60μm） | 無タールエポキシ系樹脂塗料（60μm） | 無タールエポキシ系樹脂塗料（60μm） | 無タールエポキシ系樹脂塗料（60μm） | 無タールエポキシ系樹脂塗料（60μm） |
| クラウンシールブロック | | 取り付けビーム上面（斜面部） | パワーツール | 無タールエポキシ系塗料（60μm） | 無タールエポキシ系塗料（60μm） | ビニルエステル樹脂塗料＋ガラスマット補強層 | ビニルエステル樹脂塗料 | LPコートV用プライマー |
| | | 取り付けビーム上面（水平部） | パワーツール | 無タールエポキシ系塗料（60μm） | 無タールエポキシ系塗料（60μm） | 無タールエポキシ系樹脂塗料（60μm） | 無タールエポキシ系樹脂塗料（60μm） | 無タールエポキシ系樹脂塗料（60μm） |
| | | 防護板内面ゴム押さえ金具 | | | | | | |

＊図-14参照





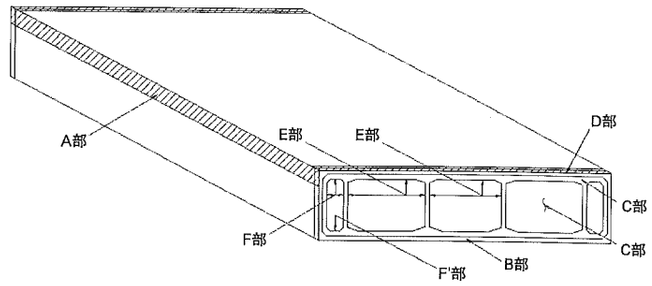



図-14　表-3　凡例

場合は，桟橋や護岸など海水中に設置するときと異なり電気的抵抗が高くなり，発生電流が減少する．減少の程度は，抵抗率に比例し海水が30（Ω・cm）（汚染海域では35（Ω・cm））であるのに対して海土中は，150（Ω・cm）と5倍の値のため発生電流は1/5（20%）に減少する．また，陽極発生電流は，陽極形状にも左右され耐用年数で決定される質量（体積）と金型（アルミニウム合金陽極を鋳込む金型）の関係で最適の形状を選択することとなる．一方，陽極長さにも鋳造する限界があり，目安2mを超えて鋳造することは困難となる．

以上のとおり，環境差（海土中）の高抵抗率・耐用年数100年＋仮置期間と金型で決定される陽極形状および鋳造限界（2m前後）の3点を設計に反映させた結果，最大の発生電流が0.5Aの陽極が一般的に使用されている．

2）　仮置期間を考慮した耐用年数

陽極は，耐用年数100年に仮置期間を加味して設定する必要がある．仮置期間は，供用時の沈埋函と同じ状態の海土中に換算して設定する．

（2）　塗　装

沈埋函の函外，函内の環境に応じて，防食塗装・防汚塗装を施す．塗装仕様を**表-3**，**図-14**に示す．

## 参　考　文　献

1）沿岸開発技術研究センター：沈埋トンネル技術マニュアル（改訂版），2002.8.
2）清宮理・園田惠一郎・高橋正忠：沈埋トンネルの設計と施工，技報堂出版，2002.4.

---

**お詫び**

第40巻，第6号，p.64，図-1に誤りがありましたので訂正いたします．

〈誤〉
側面図
埋設トンネル180m×18＝3,240m

〈正〉
側面図
沈埋トンネル180m×18＝3,240m

## 角田山元トンネル貫通式

宮城県が整備する一般県道半田山下線角田山元トンネルが4月24日貫通し，5月14日，角田市長，山元町長など関係者列席のもと貫通式が催された．

同トンネルは延長961.0m，全幅9.0mで，宮城県亘理郡山元町と同角田市をむすぶ．来年9月の常磐自動車道山元ICの供用に合わせて開通する予定で，完成すれば，角田市からは約10分で高速道路が利用可能となり，交通利便性が大幅に向上することになる．

## 新唐桑トンネルが貫通

東北地整が整備する(仮称)新唐桑トンネルが貫通し，5月31日，施工者の主催のもと貫通式典が執り行われた．

同トンネルは，宮城県気仙沼市唐桑町只腰と同舘をむすぶ延長2,039mのNATMトンネルで施工は発破工法により補助ベンチ付き全断面掘削工法を用いて行われた．

三陸縦貫自動車道(延長約220km)の一部となる唐桑道路(延長3.0km)については，2002年度に事業化され2004年度から工事が進められてきており，2008年度末に同トンネルが貫通を迎えた．今後は，トンネルのコンクリート巻立てや舗装工，トンネル設備工事を進めるとともに，トンネル前後のアプローチ道路の工事を進め，平成22年度の開通を予定している．

## 鵜住居第1トンネル貫通

東北地整が整備する三陸縦貫自動車道釜石山田道路に位置する鵜住居(うのすまい)第1トンネルで，6月5日貫通式が実施された．

同トンネルは，幅員9.5m，延長937mで，釜石山田道路は，釜石市と山田町を結ぶ23kmの自動車専用道路．

事業区間に並行する国道45号の主要幹線道路としての機能が低下しつつあることから，釜石市両石地区～片岸地区間を「先行整備区間」と位置付け，安全で円滑な交通の確保を図るため，平成22年度の部分供用を目指して整備を進めている．釜石市鵜住居地区の渋滞緩和や，急カーブ箇所，急勾配箇所の減少による安全性の向上が期待されている．

## 金山下呂トンネル貫通

岐阜県が整備する濃飛横断自動車道(国道256号)金山下呂トンネルの貫通式が6月5日，現地で行われた．

同トンネルは延長4,877m，幅員8.0mで，下呂市金山町岩瀬～保井戸を結び，ぎふ清流国体の開催される2012年の開通を予定している．

## 平成20年度土木学会賞発表

平成20年度の土木学会賞が5月8日発表された．全12部門で76件が選定され，29日表彰が行われた．

地下構造物に関連した受賞は，下記のとおり．

【技術賞】

地下構造物の超短期間施工の実現及びICタグによる駐輪システムの開発(江戸川区役所)

建物直下を通過するわが国初の超近接双設大断面トンネルの設計・施工技術―新東名高速道路今里第一トンネル―(中日本高速道路，清水・アイサワ・ピーエス三菱特定JV)

住宅密集地における大断面浅層4連めがねトンネルの施工―第二京阪道路小路トンネル工事―(西日本高速道路，大成・間・福田特定JV)

超膨張性と高圧帯水層を有する特殊地山に適合したトンネル施工技術の確立―北陸新幹線 飯山トンネル―(鉄道・運輸機構，鉄建・りんかい日産・守谷JV，熊谷・日本国土・大本JV，間・鴻池・加賀田・丸山JV，西松・東亜・植木・中元JV，大成・錢高・第一・松本JV，大林・大豊・松村・田中JV)

中之島新線整備事業―大阪の都市再生緊急整備地域における周辺と連動した地下鉄道建設―(中之島高速鉄道，京阪電気鉄道)

大断面TBMを活用した飛騨トンネルの完成と東海北陸道の全線供用(中日本高速道路)

都市部交通ネットワークの結実～東京メトロ「副都心線」～(東京地下鉄，東京都)

【論文賞】

乗用車専用小型道路トンネル内における火災時の熱気流挙動特性(数値シミュレーションによる検討)(菊本智樹，川端信義，丸山大輔，山田眞久)

【技術開発賞】

キャビテーション噴流技術を用いた高速清掃装置の開発(吉村雅宏，時枝寛之)

## シールド工法技術協会 平成21年度定時総会開催

シールド工法技術協会は去る5月25日セルリアンタワー東急ホテル(東京)で定時総会を開催した．

冒頭，2年間の任期を終えた小林将志会長から退任の挨拶があり，その後の総会では平成20年度事業報告・収支決算，平成21年度事業活動計画・収支予算を審議し，満場一致で承認された．

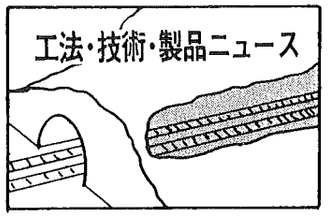
議事の後，新会長・田代民治氏(鹿島建設専務執行役員土木管理本部長)，新副会長・金井誠氏(大林組常務取締役土木本部長)の紹介があり閉会した．












## コンクリート内部状態を監視する埋設型計測器

飛島建設と東横エルメスは共同で，コンクリート埋設型FBG計測器(ひずみ計，温度計)を開発・実用化した．

FBG埋設型ひずみ計は，構造物のコンクリート打設時に埋設し，建設時から供用中にわたって発生するひずみを測定する．またFBG埋設型温度計は，FBG埋設型ひずみ計の温度補正用計測器として併設し，コンクリート構造物内部の温度測定が可能．施工中の品質管理にも使用できる．

コンクリート構造物内部の挙動を詳細に，かつ長期的に監視できるためトンネルの不良地山区間や橋梁など供用後に作用荷重が変化するものや，くり返し荷重が作用する構造物の維持管理対策に適している．また，その他の用途として，コンクリート構造物内部の挙動を初期段階から評価しデータを蓄積することにより，新たに施工される近接工事などから受ける影響の評価も正確に行うことなども可能としている．

## 小断面トンネル リニューアルシステム工法

三井住友建設は「小断面トンネルリニューアルシステム工法」を実用化した．

同工法は，三つの工法を補修対象とするトンネルの損傷・劣化状況に応じて組み合わせることで，小断面トンネルを補修・補強するシステム工法．

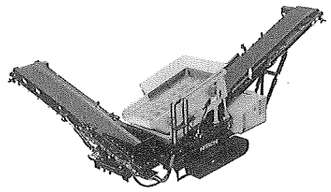
工法のシステムを構成するのは，覆工を断面幅以上の長尺ロックボルトにより短時間で地山に縫い付けるモールボルティング工法，超長距離圧送により覆工背面空洞を短時間で充填するモールグラウト工法，アラミドシートを用いて短時間で覆工断面を修復するモールアラミドシート修復工法の三つ．これまで断面積2m²未満の極小断面トンネルや，延長3kmの小断面トンネルなどの補修に適用し，良好な施工性を実証した．

## 小型自走式スクリーン発売

日立建機は，破砕物や土砂，廃棄物などの選別作業に使用される，VR408₋₂小型自走式スクリーンを発売した．

同機は，VR408のモデルチェンジ機で，排出ガス3次規制対応型エンジンの搭載による環境への適合，コンベヤ速度の見直しによる排出量の向上を実現した．

機体を10t未満とし，2本の排出コンベヤを装備する．スクリーンは幅1,200㎜×長さ2,400㎜で材料の移動方向である長さ側を2,400㎜とすることで高精度な選別性を実現した．排出コンベヤは，レバー操作により輸送姿勢から作業姿勢への容易な切り替えが可能とするなど，作業性を向上させている．また，折りたたみ式コンベヤを採用することで，10tセルフトラック(荷台を傾斜できる重機運搬車両)による輸送が可能となった．



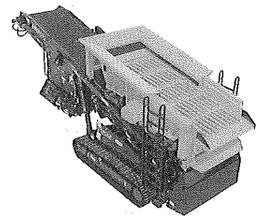
## 自走式スクリーンを発売

日立建機は，破砕物や土砂，廃棄物などの選別作業に使用される，VR512自走式スクリーンの発売をはじめた．

同機は，小型機であるVR408₋₂(上記)，大型のVR516FS(機械重量27,500kg，ふるい寸法1,520×4,880㎜)の中間機種となる．

機動性のあるコンパクトな車体と排出ガス3次規制対応型エンジンの搭載により環境への適合を実現した．

スクリーンは幅1,520㎜×長さ3,660㎜．材料の移動方向である長さは3,660㎜とすることで高精度な選別性を実現．また，トップデッキには，さまざまな材料に対応する強固なグリズリデッキを装着した．

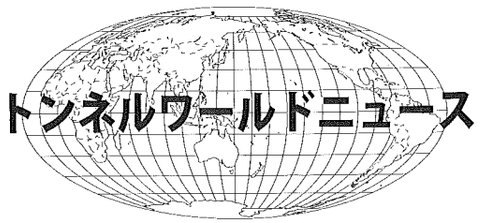


## 高耐力のコンクリート中詰め合成セグメント

新日本製鐵は，鋼殻と中詰めコンクリートを一体化したシールドトンネル工事用高耐力セグメント「コンクリート中詰め合成セグメント」を開発し，実施工現場で初めて採用されたと発表した．

同製品は，鋼殻と中詰めコンクリートとを「く」の字形状に曲げ加工した縦リブで一体化した合成構造セグメント．このためトンネルに作用する土圧・水圧などの外力に対しては，鋼殻とコンクリートが一体として抵抗する．

鋼製セグメント工業会で共同開発した高耐力の「コンクリート中詰め鋼製セグメント(SSPC)」と比較して，鋼材使用量を20～40%削減できセグメントの低コスト化が図れ，また，SSPCと比較してセグメント厚さを10～30%薄くすることが可能なため，シールド径の縮小や掘削土量の削減が可能となるとしている．



# 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

## Lovat社がモスクワの斜坑掘削を完了

モスクワ地下鉄工事で，Lovat社製外径11m EPBM(泥土加圧シールド)により勾配30°のエスカレータ用斜坑掘削が完了し，内部機器が解体されている．そして施工者のMosmetrostoy社はさらに同じような工事を計画している．

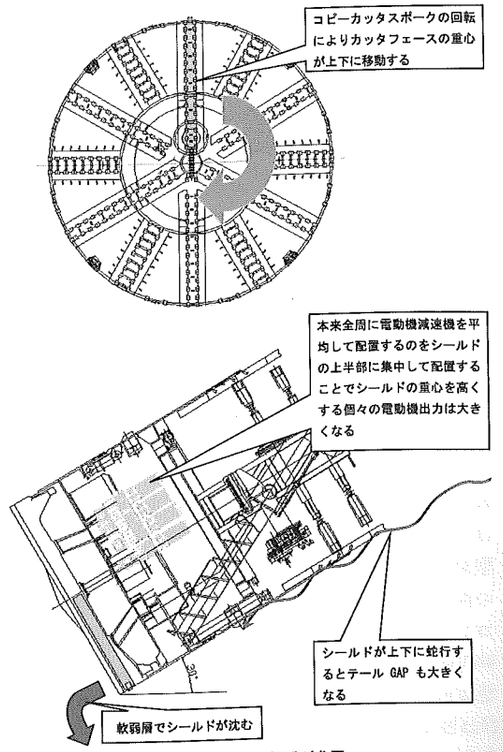
また，シールドのスキンプレートはトンネルの二次覆工が完了するまでの支保として残置され，シールド機器関係は斜坑内から地上へ引き上げられる．

工事計画においての重要課題は，大口径シールド工法でこのような斜坑掘削を成功させることにあった．さらに付け加えると仕上がり内径9.4mの掘削をEPB(泥土加圧工法)で施工する地質条件は，白雲石・石灰岩，粘土，泥灰岩，ロームとローム質砂でそれらが全線にわたって複合地質(軟弱な地質)であり地下水圧は4.5barにも達した．

このシールドの設計の鍵は(軟弱地質の)掘進時，余掘り装置(オーバーカッタ)付きのカッタヘッド回転によるシールドの重心の安定化だとLovat社は語った．その対策はメイン駆動装置の取り付けを掘削中心高さより高く配置させることにあった．この改善策が掘進中のスキンプレートと掘削外径の隙間(ギャップ)を減少させ，シールドインバートでの姿勢沈下を防止した．

掘進のための資機材の下方への搬入は鉱山用のホイストが採用され，7.25tのセグメントが後続設備へ供給された．そこから専用のセグメント台車で切羽まで搬送された．そのセグメント分割は(6+1)で外径10.6mである．

このシールドには掘削土排出設備に2段スクリューコンベヤと泥土圧送ポンプが装備されており，この斜坑用シールドでは重要な技術提案となった．




下線部分の解釈補足

この延長150mのエスカレータ用斜坑掘進を容易にしたのはシールドの2段中折れ装置とコピーカッタ装置にある(T&TI, January 2008, p.7)．

Lovat社は，掘進ガイダンスシステムや地盤改良グラウトシステムの提供ばかりではなく二次覆工設計やセグメント型枠設計まで提供した．

(T＆TI　'09.2　担当：篠原慶二・前田建設工業(株))

## Robbins社のTBMがトルコの水力発電プロジェクトで径の変更を考慮しながらトンネルを掘削中

Robbins社製のMain-Beam-TBMが，トルコのAkkoyⅡ水力発電計画に用いられている．このTBMは，異なるトンネル掘削径に対応することができる掘削機である．2008～2009年にかけての冬に掘進が開始され，現在は直径4.8mの掘削径でTBM本体と後方設備により一連の導水路トンネルの掘削を行っている．この工事の請負業者はKolin Construction社である．

カッタヘッドに取りつけられた一組の19インチカッタで三本のトンネルが掘削される．掘削する地山は亜火山岩，花崗岩，流紋岩である．最初に延長6.7km，直径4.8mのトンネルが先行して掘削され，その後に直径4.0mに径を縮小して，延長4.8kmと4.0kmの2本のトンネルが続いて掘削されることになる．

TBMの直径を変更するには，カッタヘッドの外側部分，底部と側部のサポート，ルーフシールド，ダストシールド，グリッパーシューを取りはずす必要がある．TBMが直径の小さな掘削の範囲に移動される前にこれらの部品は直径4.8m用から4.0m用に取り替えられる．

異なる直径のトンネルを作ることは，大規模なAkkoyⅡ水力発電計画全体の中での導水系統として以下のように設計されたものである．最初の直径4.0mのトンネルで複数の水源から1億m³以上の水を貯めておけるGökçebel主貯水池に送水する．そして次に直径4.8mのトンネルでこの貯水池から高さ100mのコンクリート重力式ダムであるYasmakliダムサイトまで送水する．そこから2番目の直径4.0mのトンネルでHarsit川にあるAkkoyⅡ発電所の水室型サージタンクに送水される，というものである．

Kolin社は事業認可を持つAkkoy Energy社から請負ってこの建設工事を行っている．この事業が完成すれば，AkkoyⅡは年間898百万kWhの電力を電圧154kVのトルコ国営の送電網に供給することになる．この新規の計画による電力は，現在のAkkoy事業が供給している315百万kWhの電力に追加されて供給されることになる．Akkoy Ⅰ事業はすでに完了し，稼働中である．

(WT　'09.3　担当：平山義貴・東京都交通局)


## 研究論文募集のお知らせ

弊誌「トンネルと地下」では，研究論文（実験，技術開発など）を募集いたします．大学や技術研究所などからの貴重な研究成果を多数お待ちしておりますので奮ってご応募下さい．とくに若手トンネル技術者の技術向上を主眼としておりますので，平易・簡潔にまとめていただくようご配慮のほどお願い致します．なお，応募方法の詳細につきましては16頁に掲載の『投稿原稿応募のご案内』を参照のうえ，ご応募下さい．

問い合わせ先　株式会社 土木工学社 編集部
〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂　電話（03）3267-2888（代）

# 社団法人 日本トンネル技術協会 会報

## 1. 会員の現状

| | 5月25日現在 |
|---|---|
| 正会員 | 1,795名 |
| 団体会員 | 317名 |
| 個人会員 | 1,478名 |

## 2. 第195回理事会

日　時：平成21年5月20日(水)　15：30～16：00
場　所：東京商工会議所8階「東商スカイルーム」
出席者：理事27名，監事3名
議　題：第35回通常総会進行次第を承認

## 3. 第196回理事会

日　時：平成21年5月20日(水)　16：30～16：40
場　所：東京商工会議所7階「国際会議場」
出席者：理事27名，監事3名
議　題：会長，副会長，専務理事の選任を承認

## 4. 第35回通常総会

日　時：平成21年5月20日(水)　16：00～17：00
場　所：東京商工会議所7階「国際会議場」
出席者：招集総数1,820名のうち
　　出席者166名，委任状904名　　計1,070名
議　案：
　第1号議案　平成20年度事業報告(内容省略)
　第2号議案　平成20年度事業収支決算(別表参照)
　第3号議案　平成21年度事業計画
　　新法人への移行を目指すなか，設立35周年を迎えるにあたり，これまで培ってきた技術の蓄積をふまえ，技術の発展と社会の変革に対応すべく諸事業の推進に努めるとともに，国際トンネル協会の加盟国代表機関としての責務を果たす．常設委員会委員長は次表のとおり．

| 委員会名 | 委員長名 | 所属役職 |
|---|---|---|
| 総務委員会 | 日月　俊昭 | 首都高速道路(株)常務取締役 |
| 技術委員会 | 今田　徹 | 東京都立大学名誉教授 |
| 国際委員会 | 猪熊　康夫 | 中日本高速道路(株)技術開発部部長 |
| 事業委員会 | 桑原　彌介 | 日本交通技術(株)相談役 |

　第4号議案　平成21年度事業収支予算(別表参照)
　第5号議案　役員の選任(任期満了(5月26日)に伴う改選)
　　新役員，顧問，評議員名簿は別表参照

## 5. 委員会の開催状況(5月1日～31日)

**①運営広報関係委員会**

**◎総務委員会**(5/20)
　日月俊昭委員長ほか8名，第35回通常総会対策

**JTAビジョン検討会**(5/12)
　日月俊昭委員長ほか5名，協会の今後のあり方を検討

**広報小委員会会誌WG**(5/11)
　大島洋志主査ほか15名，6月号の会誌と3か月計画を検討

**◎国際委員会**

**国際委員会・企画調整幹事会合同**(5/13)
　猪熊康夫委員長ほか12名，ITAブタペスト総会会議ほか

**海外文献小委員会海外ニュースWG**(5/21)
　早坂治敏主査ほか7名，海外ニュースを翻訳

**合計　　5回開催　　52名出席**





## 6. 国際会議の開催予定

| 会議名 | 開催日 | 場所 | 主催者等 |
|---|---|---|---|
| 第36回ITA総会およびコングレス「Tunnel vision towards 2020」 | 2010. 5. 14～20 | バンクーバー(カナダ) | The Tunnelling Association of Canada(カナダトンネル協会)<br>International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会)<br>http://www.wtc2010.org |
| 第37回ITA総会およびコングレス「Underground spaces in the Service of a Sustainable Society」 | 2011. 5. 21～25 | ヘルシンキ(フィンランド) | Finnish Association of Civil Engineers RIL(フィンランド土木学会)<br>International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会)<br>http://www.ril.fi/web/index.php?id=641 |

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

## 7. 平成21年度催物開催現況

| 催物名 | 開催日 | 人数 | 場所 |
|---|---|---|---|
| (見学会) | | | |
| HEP&JES工法現場研修会 | 2009. 4.20 | 8 | 東京都 |
| 国道9号京都西立体交差現場研修会 | 2009. 4.27 | 17 | 京都府 |
| 首都高速中央環状新宿線現場研修会 | 2009. 6.25 | 20 | 東京都 |
| 新東名島田第一トンネル現場研修会 | 2009. 7.13 | 20 | 静岡県 |
| 調布駅付近連続立体交差現場研修会 | 2009. 7.17 | 30 | 東京都 |
| (施工体験発表会) | | | |
| 第64回(山岳)「新たな発想により課題を克服した施工事例」 | 2009.10. 7 | 200 | 東京都 |
| 第65回(都市)「都市トンネル工事における創意工夫・新技術」 | 2009.10. 8 | 200 | 東京都 |
| (講演，講習会) | | | |
| 第11回トンネル技術ステップアップ研修会(シールド部門) | | | |
| 第12回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門) | | | |

# 平成20年度事業収支決算ならびに平成21年度事業収支予算総括表

（単位：円）

| 科目 | 平成21年度予算額① | 平成20年度決算 予算額② | 平成20年度決算 決算額 | 増減①－② |
|---|---|---|---|---|
| （収入の部） | | | | |
| 1. 特定資産運用収入 | 150,000 | 0 | 0 | 150,000 |
| 2. 会費収入 | 105,010,000 | 119,940,000 | 113,470,000 | △ 14,930,000 |
| 3. 事業収入 | 99,000,000 | 120,090,000 | 119,152,900 | △ 21,090,000 |
| ①講演会等事業収入 | 7,000,000 | 27,010,000 | 7,060,000 | △ 20,010,000 |
| (1)講演会収入 | 2,000,000 | 4,710,000 | 2,002,000 | △ 2,710,000 |
| (2)討論会等収入 | 2,500,000 | 2,400,000 | 2,541,000 | 100,000 |
| (3)見学会収入 | 2,500,000 | 19,900,000 | 2,517,000 | △ 17,400,000 |
| ②受託業務収入 | 90,000,000 | 90,000,000 | 109,987,500 | 0 |
| ③図書事業収入 | 2,000,000 | 3,080,000 | 2,105,400 | △ 1,080,000 |
| 4. 雑収入 | 110,000 | 110,000 | 593,593 | 0 |
| **当期収入計(A)** | **204,270,000** | **240,140,000** | **233,216,493** | **△ 35,870,000** |
| （支出の部） | | | | |
| 1. 事業費 | 145,630,000 | 134,700,000 | 160,411,691 | 10,930,000 |
| ①一般事業費 | 29,200,000 | 31,880,000 | 29,331,129 | △ 2,680,000 |
| (1)調査研究費 | 4,900,000 | 6,730,000 | 4,678,461 | △ 1,830,000 |
| (2)会誌配布事業費 | 20,000,000 | 20,810,000 | 20,229,010 | △ 810,000 |
| (3)国際関係事業費 | 4,300,000 | 4,340,000 | 4,423,658 | △ 40,000 |
| ②講演会等事業費 | 6,750,000 | 23,920,000 | 7,277,469 | △ 17,170,000 |
| (1)事業企画調整費 | 700,000 | 850,000 | 709,680 | △ 150,000 |
| (2)講演会費 | 1,800,000 | 3,480,000 | 2,918,891 | △ 1,680,000 |
| (3)討論会等費 | 2,000,000 | 1,680,000 | 1,416,394 | 320,000 |
| (4)見学会費 | 2,250,000 | 17,910,000 | 2,232,504 | △ 15,660,000 |
| ③受託調査研究費 | 76,100,000 | 76,100,000 | 91,958,487 | 0 |
| ④図書関係事業費 | 1,820,000 | 2,800,000 | △ 489,813 | △ 980,000 |
| ⑤事業諸関連費 | 31,760,000 | 0 | 32,334,419 | 31,760,000 |
| (1)人件費 | 26,230,000 | 0 | 26,799,617 | 26,230,000 |
| (2)借室料 | 5,530,000 | 0 | 5,534,802 | 5,530,000 |
| 2. 管理費 | 71,990,000 | 105,440,000 | 71,713,488 | △ 33,450,000 |
| ①人件費 | 51,760,000 | 79,490,000 | 51,960,302 | △ 27,730,000 |
| ②会議費 | 5,400,000 | 5,400,000 | 4,550,902 | 0 |
| ③借室料 | 5,030,000 | 10,560,000 | 5,725,188 | △ 5,530,000 |
| ④事務費 | 9,800,000 | 9,990,000 | 9,477,096 | △ 190,000 |
| 3. 会計基準変更時差異償却損 | 0 | 0 | 17,329,000 | 0 |
| **当期支出計(B)** | **217,620,000** | **240,140,000** | **249,454,179** | **△ 22,520,000** |
| **当期正味財産収支差額(A)－(B)＝(C)** | **△ 13,350,000** | **0** | **△ 16,237,686** | **△ 13,350,000** |
| **前期繰越正味財産額(D)** | **109,520,129** | **125,757,815** | **125,757,815** | **△ 16,237,686** |
| **次期繰越正味財産額(C)＋(D)** | **96,170,129** | **125,757,815** | **109,520,129** | **△ 29,587,686** |

(1)財産増減支出　什器備品購入費400万円とする．（事務所改装等による資材機器）

(2)借入限度額　無担保借入金の限度額は，2,000万円とする．





# 平成21年度　役員・顧問・評議員名簿

| 区分 | 氏名 | 所属役職 |
|---|---|---|
| 会長 | 佐藤　信彦 | (財)道路保全技術センター理事長 |
| 副会長 | 土谷　幸彦 | (独)鉄道・運輸機構副理事長 |
| 副会長 | 中村　満義 | 鹿島建設(株)代表取締役社長 |
| 専務理事 | 水谷　敏則 | (社)日本トンネル技術協会専務理事(兼常務理事) |
| 理事 | 大西　敏夫 | 東日本高速道路(株)常務取締役 |
| 〃 | 横田　耕治 | 中日本高速道路(株)常務執行役員 |
| 〃 | 小川　篤生 | 西日本高速道路(株)常務執行役員保全サービス事業本部長 |
| 〃 | 日月　俊昭 | 首都高速道路(株)常務取締役 |
| 〃 | 金澤　博 | (独)鉄道・運輸機構理事 |
| 〃 | 南部　隆秋 | 阪神高速道路(株)常務取締役 |
| 〃 | 中村　守 | 本州四国連絡高速道路(株)常務取締役 |
| 〃 | 入江　健二 | 東京地下鉄(株)取締役 |
| 〃 | 吉原　一彦 | 東京都交通局建設工務部長 |
| 〃 | 中村　益美 | 東京都下水道局技監 |
| 〃 | 大塚　正博 | 東京電力(株)電力流通本部工務部スペシャリスト |
| 〃 | 橋本　徳昭 | 関西電力(株)常務執行役員土木建築室長 |
| 〃 | 林　康雄 | 東日本旅客鉄道(株)常務取締役建設工事部長 |
| 〃 | 松隈　宣明 | (社)日本建設機械化協会専務理事 |
| 〃 | 金井　誠 | (株)大林組常務取締役 |
| 〃 | 神原　裕一 | (株)奥村組代表取締役副社長 |
| 〃 | 船本　隆則 | (株)熊谷組専務執行役員 |
| 〃 | 山田　俊郎 | 五洋建設(株)執行役員副社長 |
| 〃 | 杉　晟 | 佐藤工業(株)代表取締役社長 |
| 〃 | 小野　武彦 | 清水建設(株)代表取締役副社長 |
| 〃 | 小林　将志 | 大成建設(株)代表取締役専務 |
| 〃 | 加納　光正 | (株)竹中土木専務取締役 |
| 〃 | 阿比留卓雄 | 鉄建建設(株)土木本部本部長 |
| 〃 | 香西　慧 | 戸田建設(株)代表取締役 |
| 〃 | 岡田　満 | 飛島建設(株)上席執行役員専務 |
| 〃 | 吉川　邦彦 | 西松建設(株)代表取締役副社長 |
| 〃 | 山口　徹 | (株)間組土木事業本部副本部長 |
| 〃 | 剣持　三平 | (株)フジタ常務役員待遇理事 |
| 〃 | 山田　和男 | 前田建設工業(株)常任技術顧問 |
| 〃 | 熊谷紳一郎 | 三井住友建設(株)専務執行役員土木本部長 |
| 監事 | 西村　高明 | 東京地下鉄(株)鉄道本部改良建設部長 |
| 〃 | 福田　直利 | 電源開発(株)水力エンジニアリング部長 |
| 〃 | 吉田　幸司 | (株)鴻池組東京本店副本店長 |

| 区分 | 氏名 | 所属役職 |
|---|---|---|
| 顧問 | 内田　隆滋 | |
| 〃 | 浅井新一郎 | |
| 〃 | 岡田　宏 | |
| 〃 | 萩原　浩 | |
| 〃 | 三谷　浩 | |
| 〃 | 小森　博 | |
| 評議員 | 伊吹山四郎 | 攻玉社工科短期大学名誉学長 |
| 〃 | 大久保誠介 | 東京大学工学系研究科システム創成学専攻教授 |
| 〃 | 山本　稔 | 東京都立大学名誉教授 |
| 〃 | 今田　徹 | 東京都立大学名誉教授 |
| 〃 | 小野　紘一 | 京都大学名誉教授 |
| 〃 | 山口　温朗 | (独)水資源機構ダム技術監 |
| 〃 | 安藤　憲一 | 首都高速道路(株)建設事業部長 |
| 〃 | 山内　幸裕 | 阪神高速道路(株)技術部長 |
| 〃 | 豊島　英明 | (独)鉄道・運輸機構鉄道建設本部東京支社長 |
| 〃 | 河口　浩二 | 本州四国連絡高速道路(株)東京事務所次長 |
| 〃 | 武藤　義彦 | 東京地下鉄(株)鉄道本部工務部長 |
| 〃 | 中里　隆 | 日本下水道事業団品質管理センター長 |
| 〃 | 有賀　茂 | 電源開発(株)水力エンジニアリング部土木技術室長 |
| 〃 | 橿尾　恒次 | 東京都交通局技術管理担当部長 |
| 〃 | 小川　健一 | 東京都下水道局計画調整部長 |
| 〃 | 竹内　友章 | 東京電力(株)電力流通本部設備渉外・調整グループマネージャー |
| 〃 | 森本　浩 | 関西電力(株)土木建築室土木部長 |
| 〃 | 熊本　義寛 | 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所所長 |
| 〃 | 桑原　彌介 | 日本交通技術(株)相談役 |
| 〃 | 有賀　長郎 | (社)日本土木工業協会専務理事 |
| 〃 | 小鷲　茂 | (社)日本建設業団体連合会副会長 |
| 〃 | 鷲尾　淳俊 | 青木あすなろ建設(株)常務執行役員 |
| 〃 | 大本　栄一 | (株)大本組代表取締役会長 |
| 〃 | 株木　雅浩 | 株木建設(株)代表取締役社長 |
| 〃 | 大迫　哲 | (株)錢高組執行役員 |
| 〃 | 日野　峻栄 | 大日本土木(株)代表取締役副社長 |
| 〃 | 水島　久尾 | 大豊建設(株)代表取締役社長 |
| 〃 | 鈴木　行雄 | 東亜建設工業(株)代表取締役社長 |
| 〃 | 赤井　憲彦 | 東洋建設(株)代表取締役社長 |
| 〃 | 市川　正美 | 東急建設(株)代表取締役社長 |
| 〃 | 丸山眞佐雄 | 日本国土開発(株)執行役員 |
| 〃 | 高橋　昭夫 | (株)不動テトラ代表取締役社長 |
| 〃 | 菅野　幸裕 | 若築建設(株)代表取締役専務 |
| 〃 | 木下　雅敬 | 新日本製鐵(株)建材開発技術部部長 |
| 〃 | 井上　年史 | 三菱重工地中建機(株)副社長 |

平成21年5月27日現在

# 8月号予告[8月1日発売予定]

●地下水流動のシステムによる情報化施工
●北海道横断自動車道　ユーパロトンネル
●国道49号　三和トンネル
●四国横断自動車道　歯長山トンネル
●新潟空港下水道管渠敷設工事
【連載講座】
●沈埋トンネル(4)

＊内容等は変更になる場合がございます

## 編集後記

◆先日，東京港臨海大橋を見に行きました．アプローチ部はすでに架設されていましたが，本橋はまだ側径間の桁がひとつ架設されただけの状態でしたので，橋脚が海から突き出ただけの状態でした．個人的に桁が載っていない橋脚を「純粋橋脚」と呼んでいます(®赤瀬川原平)．海に生える純粋橋脚をみたのは初めてでしたので，濃紺の海から白いコンクリートの躯体が青空を背景に伸びる姿は，そのはかない人生を強く生きる意志を感じさせ，感動を禁じえませんでした．純粋橋脚としてはインターチェンジのランプ橋の円形に並ぶさまが巨大遺跡を思わせる姿でインパクトがありますが，海上橋もなかなかのものです．

◆主径間の組み立てを有明埠頭ちかくで行っています．連続トラス形式の長大橋ですが，架橋地が航路上かつ空港近辺とあって，上下の空間に制約があるためか見慣れない形態をしています．近くのレインボーブリッジも同様の空間的な制約のため厳しいプロポーションをもっていますが，そこには逆に都会的な洗練が見える気がします．

◆東京港臨海道路はⅠ期施工とⅡ期施工にわかれており，この橋梁は東京港の第3航路をスパンするⅡ期施工で，すでに供用されているⅠ期施工では第2航路の下を沈埋トンネルが潜っています．先月号の連載講座，沈埋トンネル(2)―計画と調査―で，水域横断形式の比較として，沈埋と橋梁の比較方法の概略が述べられていましたので，その内容を思い浮かべながら歩いてみれば，Ⅰ期とⅡ期で構造形式が異なる理由などが理解できるかもと思いましたが，無理でした．ご存じの方がいらっしゃればご一報ください．

(K.K.)

★購読の申し込み，または，送付先変更などの問い合わせは(株)土木工学社までご連絡ください．
★(社)日本トンネル技術協会会員の方の住所(送付先)変更は直接(社)日本トンネル技術協会へご連絡ください．

**トンネルと地下**
第40巻 第7号〔通巻467号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成21年6月20日　印刷
平成21年7月1日　発行

社団法人日本トンネル技術協会
会長　佐藤　信彦
〒104-0041　東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)
TEL：03-3553-6174
FAX：03-3553-6145
http://www.japan-tunnel.org
発行所　株式会社土木工学社
〒162-0832　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂
TEL：03-3267-2888
FAX：03-3267-2807
http://www.tunnel.ne.jp
発行人　山本 育徳
編集人　山本 勝誉
印　刷　新協印刷株式会社

### 本誌の購読について

■購読をご希望の方は，書店または土木工学社へ直接お申し込みください．
■お申し込みの際は，誌名，購読期間，住所，所属，氏名などを明記のうえ，FAX(03-3267-2807)にてお申し込みください．後日，小社より振込用紙をお送りいたします．

購読料
1冊　1,575円(送料108円)
　　(本体価格　1,500円)
1年　15,000円(前納)
振替　00110-8-190072

### 本誌広告のお申し込み方法

本誌への広告掲載は小社「トンネルと地下」営業部までご連絡ください．
TEL：03-3267-2888

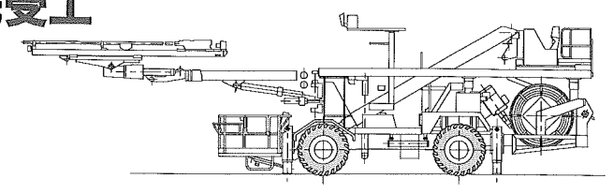
本誌掲載記事を無断で複写(コピー)および転載することは，著作権上での例外を除き，禁じられております．本誌から複写または転載を希望される方は，小社(03-3267-2888)までご連絡ください．




# 環境対応型長尺鋼管先受工

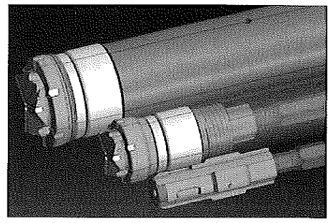
TOHO **AGF** System

All Graund Fastening;
Long-Distance,.Fore-Pilling Method

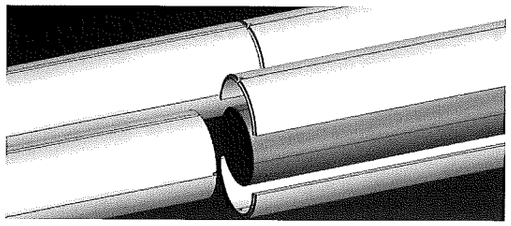


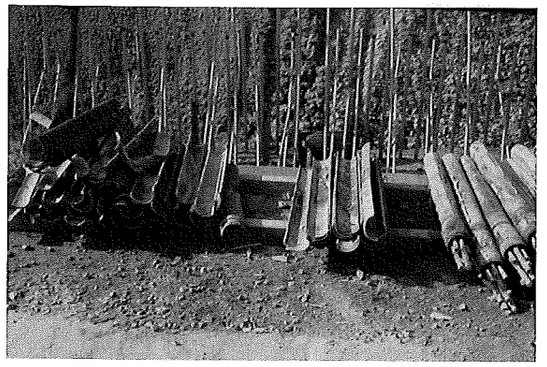
## AGF-Me工法

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



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



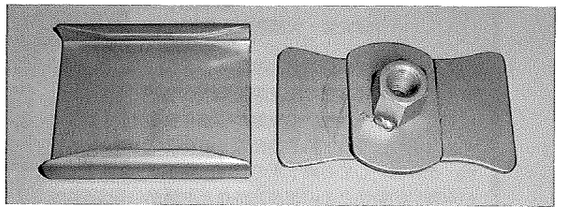


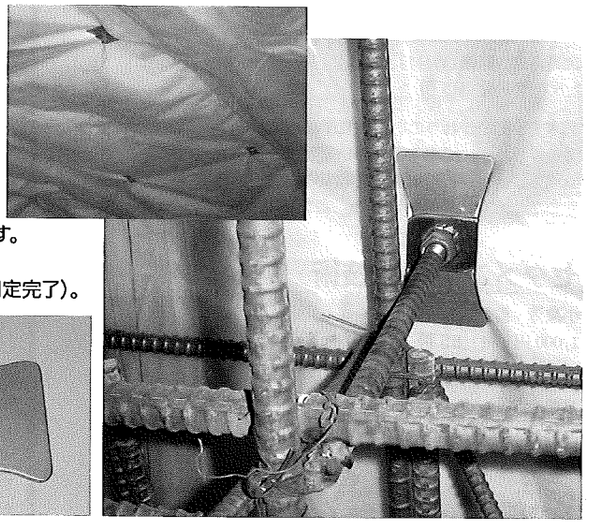
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

## TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ
1. 支保工へ溶接したグリップに防水シートを当てます。
2. 回転プレートを押し込みます。
3. ナットを回し、止め位置まで90度右回転します(固定完了)。





㈱東邦金属株式会社　東京営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD
〒105-0003
東京都港区西新橋3丁目2番1号　共同ビル(西新橋)10F
Tel:03-5401-6211　Fax:03-5401-6218
URL:http://www.tohokinzoku.co.jp

株式会社 トーキンオール
〒210-0854
神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11
Tel:**044-333-0012**　Fax:**044-333-0321**
(お問い合わせ先)

# 図書案内

株式会社 土木工学社

## わかりやすいトンネルの発破技術



山田隆昭　監修
1,500円＋税　B5判

火薬類や発破技術の基礎的な知識から最新の技術まで幅広く取り上げ，また，火薬類を使用するうえで避けては通れない振動や騒音などの環境対策についても詳しく解説．

## 建設工事の保安地質学〔改訂版〕



石井康夫　著
6,000円＋税　A5判

建設技術者に必要な地質・岩石・岩盤などの基礎知識と酸欠・有害ガス・ガス爆発・湧水などの建設災害について，著者の経験を交えながらまとめた．

## 多様化するシールド掘進技術



シールド工法技術協会　監修
2,500円＋税　B5判

近年に開発，実用化された29工法を整理，体系化するとともに，各工法の境界，システム・考え方の違い，適用での留意点などをわかりやすく説明した．

## 地質工学概論



菊地宏吉　著
4,757円＋税　B5判

土木構造物や岩盤構造物の計画・調査から設計・施工において必要と地質や岩盤に関する情報を得るために必要な理論および技術を平易に解説した．

## 推進工法の理論と実際



マックス・シェルレ　著，野田典宏　訳，
中本至・石橋信利・金成英夫　監修
8,500円＋税　B5判

推進工法の理論を，多くの挿図を用い解説した．日本の現在の推進工法の基本となった原著を斯界の権威が翻訳・監修．

## 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
4,660円＋税　B5判

シールド工法について変遷から将来の開発の動向にいたるまで広範にわたり掲載した．シールドトンネルの計画・設計・施工に用いるときに参照しやすくまとめた．

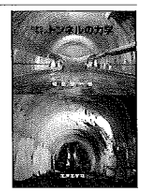
## わかりやすい土木地質学



大島洋志　監修
2,500円＋税　B5判

土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み，土木工事において問題となる地質事象や，各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた．

## わかりやすいトンネルの力学



福島啓一　著
5,825円＋税　B5判

トンネルを掘るときに，どのような力学的な問題が生じるかについて，わかりやすく解説した．トンネル工学の理論と実際が統一されることを願って記された一冊．

## セグメントの新技術



小泉淳　監修
2,000円＋税　B5判

1990年代から急速に機能が拡大したシールド用セグメント34種を掲載．セグメントの設計・施工の際に利用しやすいよう各々の特徴を整理して掲載した．

## 地下水の科学Ⅰ～Ⅲ（全3巻）



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

地球という複雑なシステムを循環する水，とくに地下水循環を考え，汚染地下水など環境問題を地下水理学の立場から取り扱うため，水の物理的・科学的性質，地球の状況，水資源としての地下水の状況，地下水の水理学的特性とその調査方法などをわかりやすく解説した．

**第Ⅰ巻　地下水の物理と化学**
4,078円＋税　B5判
**第Ⅱ巻　地下水環境学**
4,272円＋税　B5判
**第Ⅲ巻　地下水と地質**
3,689円＋税　B5判

## 続 きみの庭にも温泉が出る



石井康夫・保野恭寛　共著
1,200円＋税　新書判

温泉開発における一般論から探査技術についてまとめ，今後の温泉開発の考え方を，外国の事例も交えながらわかりやすくまとめた．

## 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
4,855円＋税　A5判

岩盤内に分布する不連続面と掘削面などの自由面の間の三次元的幾何学的関係から安定に影響する岩塊を見出す新手法を解説．

## 岩盤の計測と解析



鈴木光　著
4,200円＋税　A5判

地質や地盤の事前調査と測定，工事中の施工管理計測，さらには，地盤や構造物の変形や応力分布に関する予測解析などの計測法と解析法を解説した．

## 山岳トンネルの新技術



ジェオフロンテ研究会　編
14,573円＋税　B5判

NATMによるトンネルを施工する際の基本事項を概説するとともに，1990年頃までに実用化された各種工法・補助工法について理論から施工のポイントを掲載した．

## わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉



橋本定雄・松本崇義・松本正敏　共著
2,800円＋税　A5判

都市の代表的な地下施設である地下鉄，上水道，下水道の各トンネルついて，それぞれの主だった工法ごとに計画から施工まで実例をまじえてわかりやすく解説した．

## ジオテキスタイル設計マニュアル



T. A. Haliburton・J. D. Lawmaker・
V. C. McGuffer　共著，
田中茂・山岡一三・廣田泰久　共訳
8,000円＋税　A5判

ジオテキスタイルの交通施設への利用について詳述された1981年の報告書を完訳．

## 海洋資源開発



稲田善紀　著
3,400円＋税　A5判

海洋の石油・天然ガス・石炭などのエネルギー資源と，マンガンノジュールの鉱物資源，また，海洋エネルギーなどの開発と利用についてまとめた．

## 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
9,800円＋税　B5判

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した．

## トンネルと地下



1,500円＋税　B5判　月刊(毎月1日発売)

日本で唯一のトンネルと地下構造物の専門月刊誌．研究，調査・設計から施工にいたるまで，その時点での技術的問題点を中心に，業界の動向などをあわせて網羅しながら，新鮮な情報を提供する．

## 建設工事の地質診断と処方



石井康夫・矢嶋壯吉　共著
4,300円＋税　A5判

地質の基礎知識を説明して，調査・試験方法とその判断と評価について解説を加え，地すべり・斜面崩壊・山岳・都市トンネル・ダムなどの地質診断の要点を解説．

## トンネル工事の衛生と環境保全



臼谷三郎・橋本康孝・友田孝　共著
3,200円＋税　A5判

トンネル工事の際の労働衛生と環境保全の検討に有用な項目について，医学分野の知見から職業性疾病や有害環境条件，健康障害，衛生管理，保護具などを解説した．

## 書籍のお申し込み

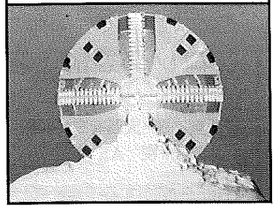
ご注文は当社へFAXまたは，書店にてお申し込みください．FAXでご注文の際は，書名，部数，送り先，氏名，電話番号を明記のうえ下記までお送りください．


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
TEL: 03 3267 2888　Fax: 03 3267 2807

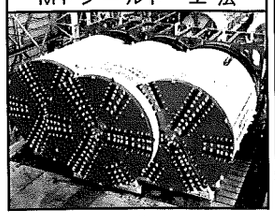
# 地下の空間を創る

近年、都市部の基礎整備には地下の利用が不可欠です。
シールド工法は、地下空間を創造する方法として一段と重要さを増しています。
ここに集まった13のシールド工法は、実績があり信頼できる最先端技術です。

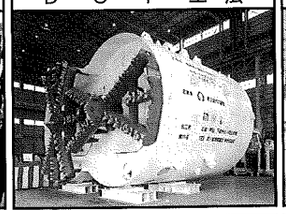
気泡シールド工法



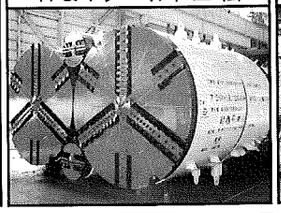
MFシールド工法



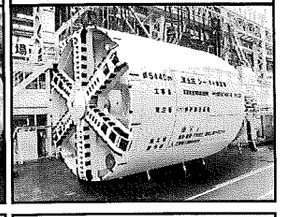
DOT工法



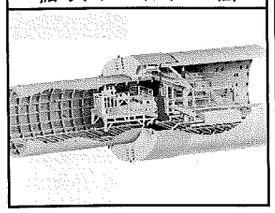
H&Vシールド工法



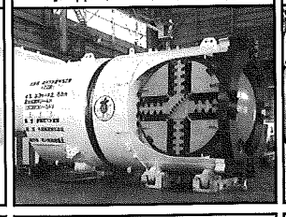
ケミカル・プラグ・シールド工法



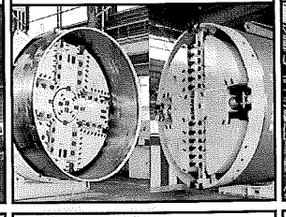
拡大シールド工法



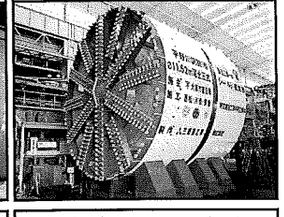
球体シールド工法



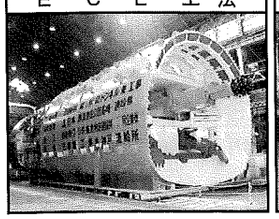
MSD工法



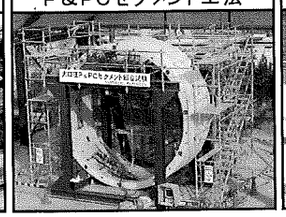
泥土加圧シールド工法



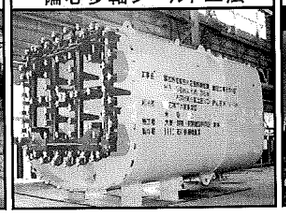
ECL工法



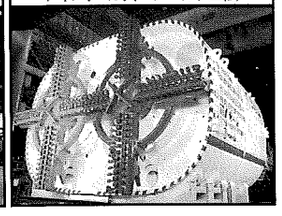
P&PCセグメント工法



偏心多軸シールド工法



ワギング・カッタ・シールド工法



## シールド工法技術協会

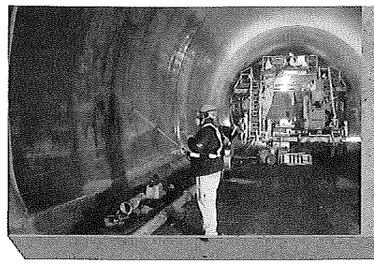

事務局　〒107-8348　東京都港区赤坂6-5-11
鹿島建設(株)　土木管理本部　土木工務部内
TEL 03-3348-6322　FAX 03-3348-7125
URL:http://www.shield-method.gr.jp　e-mail:sta@shield-method.gr.jp


**正会員**

アイサワ工業㈱
青木あすなろ建設㈱
㈱浅沼組
安藤建設㈱
岩田地崎建設㈱
㈱大林組
㈱大本組
㈱奥村組
オリエンタル白石㈱
鹿島建設㈱
㈱熊谷組
㈱鴻池組
五洋建設㈱
佐藤工業㈱
清水建設㈱
西武建設㈱
㈱銭高組
大成建設㈱
大日本土木㈱
大豊建設㈱
大和小田急建設㈱
㈱竹中土木
鉄建建設㈱
東亜建設工業㈱
東急建設㈱
東洋建設㈱
戸田建設㈱
飛島建設㈱
西松建設㈱
日本国土開発㈱
㈱間組
㈱ピーエス三菱
㈱フジタ
㈱不動テトラ
㈱本間組
前田建設工業㈱
三井住友建設㈱
村本建設㈱
名工建設㈱
㈱森本組
りんかい日産建設㈱
若築建設㈱
㈱IHI
川崎重工業㈱
㈱小松製作所
JFEエンジニアリング㈱
日立造船㈱
三菱重工地中建機㈱
石川島建材工業㈱
SMCコンクリート㈱
新日本製鐵㈱
新和コンクリート工業㈱
JFE建材㈱
ジオスター㈱
都築コンクリート工業㈱
日本コンクリート工業㈱
フジミ工研㈱

**賛助会員**

伊藤組土建㈱
㈱植木組
奥村組土木興業㈱
坂田建設㈱
徳倉建設㈱
奈良建設㈱
㈱福田組
㈱アクティオ
カジマメカトロエンジニアリング㈱
成和リニューアルワークス㈱
第一化成産業㈱
太平洋ソイル㈱
㈱立花マテリアル
㈱タック
中央工業㈱
㈱テルナイト
東洋工業㈱
㈱日本ネットワークサポート
マルマテクニカ㈱

コンクリートの
「有害なひび割れ」対策に
“新たなご提案”（ひび割れ低減 3点セット）

コンクリート混入・コンクリート用膨張材
ハイパーエクスパン
NETIS登録番号　QS-020033

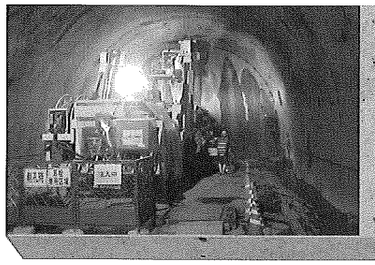
コンクリート打設前設・耐アルカリ性ガラス繊維ネット
ハイパーネット60
NETIS登録番号　SK-080003-A

補強効果によるひび割れ幅低減

コンクリート収縮抑制

養生効果

硬化後塗布・塗布型高性能収縮低減剤
クラックセイバー
NETIS登録番号　SK-080001-A



様々な現場で力を発揮する
注入材、裏込材
“最適な選択をご提供”

注入材
- 超微粒子注入材　太平洋アロフィクスMC
- 瞬結工法用無機懸濁型 土質安定材・下水道止水材　太平洋アロフィクスMC2号
- 注入式長尺先受工法用注入材　太平洋スーパーハード
- 注入式長尺先受工法用注入材　太平洋スーパーファスナー

裏込材
- プレミックス裏込用充填材　太平洋フォルトカバー

太平洋マテリアル株式会社
営業本部　高機能建材営業部
〒135-0064 東京都江東区青海二丁目43番地 青海フロンティアビル15F
http://www.taiheiyo-m.co.jp
TEL.03-5500-7510　FAX.03-5500-7542