

トンネルと地下 12

vol. 40
no. 12
2009

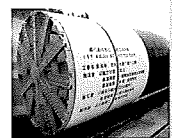
Tunnels and Underground

JES と鋼板挿入工法の組み合わせによるアンダーパスの急速施工
プラスチックフィルムを用いた覆工コンクリートの養生試験
供用中に発生した急激な盤ぶくれ変状を復旧する
地中に残置された鋼材をシールドで直接切削
環境に配慮した火力発電所取水トンネルの計画

日本トンネル技術協会誌

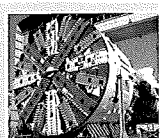
トンネル開発技術に

70年のヒストリー。



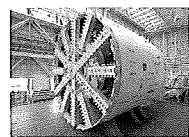
2004

〈大断面SENS工法シールド〉
東北新幹線三本木原トンネル
工事の建設で活躍



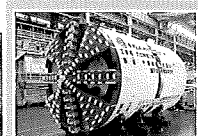
2006

〈世界最大径 φ15.01mm泥土圧
シールド〉
スペインマドリッド環状道路M30の
洗滞回避に活躍



2007

〈ドバイLRT用シールド〉
ドバイの交通網の発展に貢献



2008

〈支障物切削シールド〉
土中のH杭やシートパイルを
シールドマシンで切削



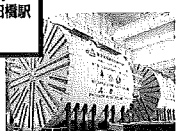
2003

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



1995

〈9心円泥水式駅シールド〉
地下鉄12号線環状部飯田橋駅
工区建設工事で活躍



1993

〈世界最大級の泥水式シールド〉
東京湾横断道路工事で活躍



1989

英仏海峡トンネルT-5工区貫通式
完成にわく関係者たち



1939

〈日本最初の本格的シールド〉
関門トンネル工事で活躍

世界中で
1700台の
実績!

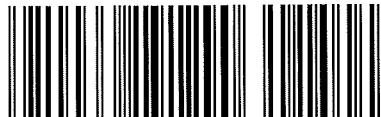
昭和14年(1939年)我が国初の本格的シールド式トンネル掘削機を開発して以来、三菱重工はトンネル開発技術のパイオニアとして70年にわたり国内や海外で数多くの実績を築いてきました。豊かな21世紀を育むために、三菱は最先端のジオテクノロジーでさらに前進しています。

三菱重工メカトロシステムズ(株)のシールド式トンネル掘削技術

三菱重工メカトロシステムズ株式会社 都市開発部
神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 TEL.078-672-2873 FAX.078-672-4640
東京都港区港南二丁目16番5号 TEL.03-6716-4092 FAX.03-6716-5833

定価 1,575円
本体価格1,500円

雑誌06619-12



4910066191290
01500

JTA
14
KR

トンネルと地下
プラスチックフィルムを用いた覆工コンクリートの養生試験 Vol. 40 no. 12 2009



FURUKAWA
ROCK DRILL

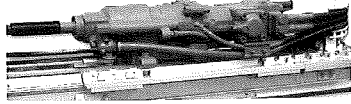
FRD
FURUKAWA

様々なトンネル工事に挑戦し、実績を積み重ねてきた各種製品と
全国に広がる安心のサービス網でお客様をバックアップします。

ホイール式ドリルジャンボ
JTH2200R/3200R

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

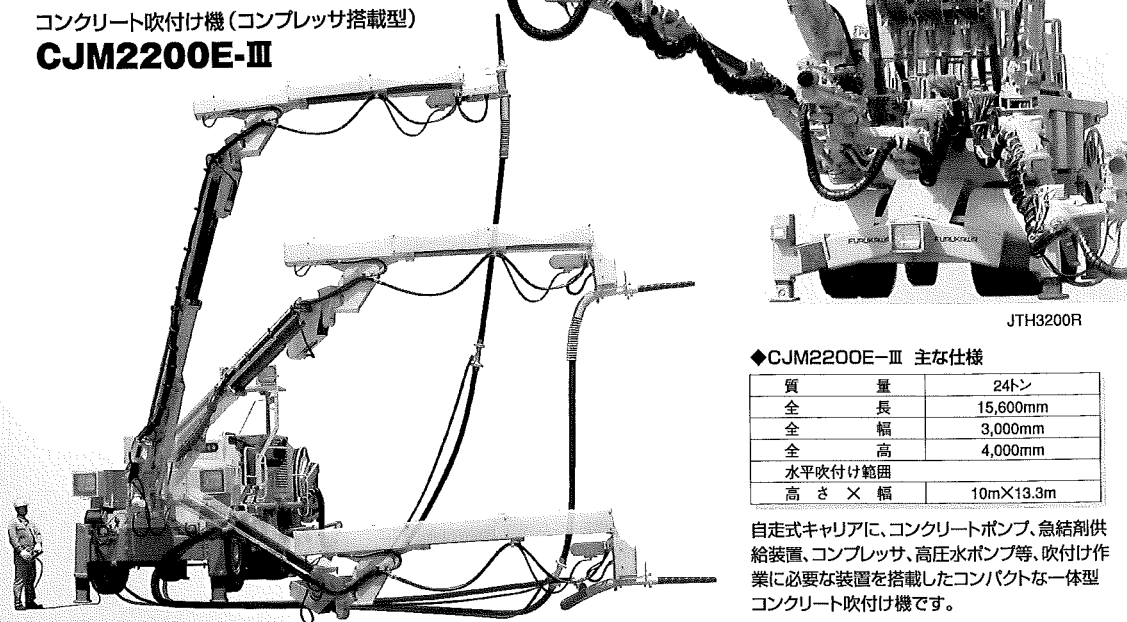
新世代型油圧ドリフタHD210II搭載。



◆主な仕様

	JTH2200R 2ブーム、2ケージ	JTH3200R 3ブーム、2ケージ
質量	35.5トン	43トン
全長	14,270mm	14,760mm
全幅	2,690mm	3,140mm
全高	5,940mm	6,010mm
水平さく孔範囲		
幅	12.77m	13.22m
高さ	8.49m	8.84m

コンクリート吹付け機 (コンプレッサ搭載型)
CJM2200E-III



JTH3200R

◆CJM2200E-III 主な仕様

質量	24トン
全長	15,600mm
全幅	3,000mm
全高	4,000mm
水平吹付け範囲	
高さ × 幅	10m × 13.3m

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

写真は吹付け姿勢の合成写真です。

△ 古河機械金属グループ

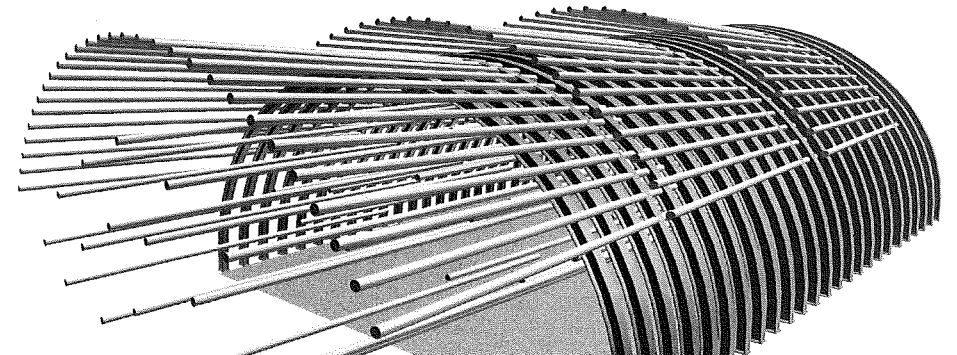
FRD 古河ロックドリル株式会社 <http://www.furukawarockdrill.co.jp/>

本社 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町二丁目3番14号 古河ビル8F 特機部 電話：(03) 3231-6966
札幌支店 011-861-3261 東北支店 022-384-8991 関東支店 027-326-9611 名古屋支店 0568-77-7700
関西支店 06-6475-8221 広島営業所 082-832-3542 四国営業所 087-815-1708 九州支店 092-948-2010

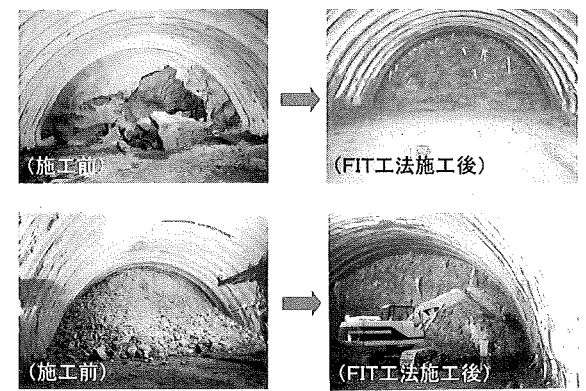
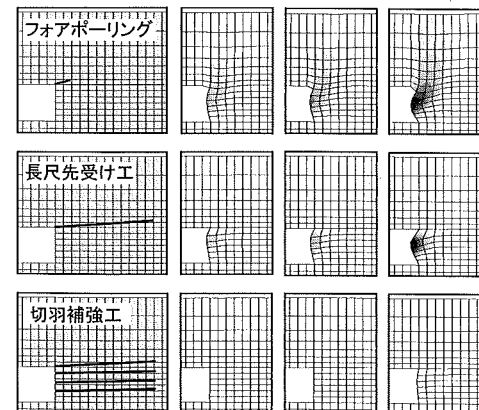
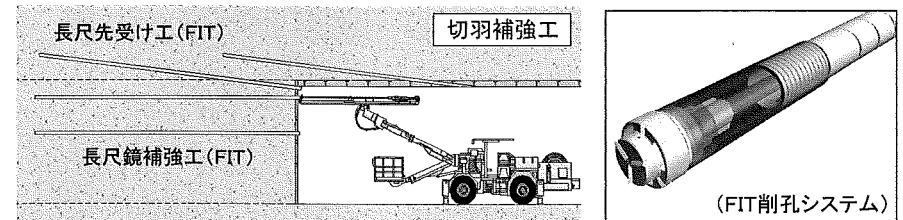
全方位 GFRP 管長尺補強システム

NETIS登録
(No. CB-030065)
施工実績 150 件以上

FIT 工法
FRP INJECTION TUBE



最も効果的な「掘削断面内からの切羽前方地山補強」



(数値解析による切羽補強効果の検証例)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部 TEL(03) 3570-5223 FAX(03) 3570-5233
大阪土木営業部 TEL(06) 6363-1884 FAX(06) 6313-0755
札幌支店 TEL(011) 751-4681 FAX(011) 751-4682

ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

ホンモノしか残らない。。。

換気・環境技術は進化しています

…1960～ 1970～ 1980～ 1990～ 2000……



大容量ファン



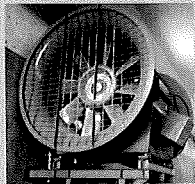
二軸反転
サイレントファン



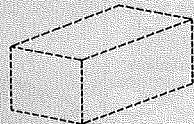
可変翼やインバーター
での風量制御ファン



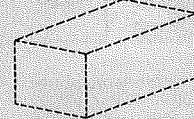
中型集塵機
ノッカー払落し式



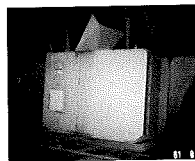
単段ファン



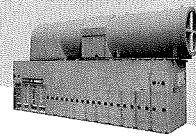
中型集塵機湿式



中型集塵機電気式



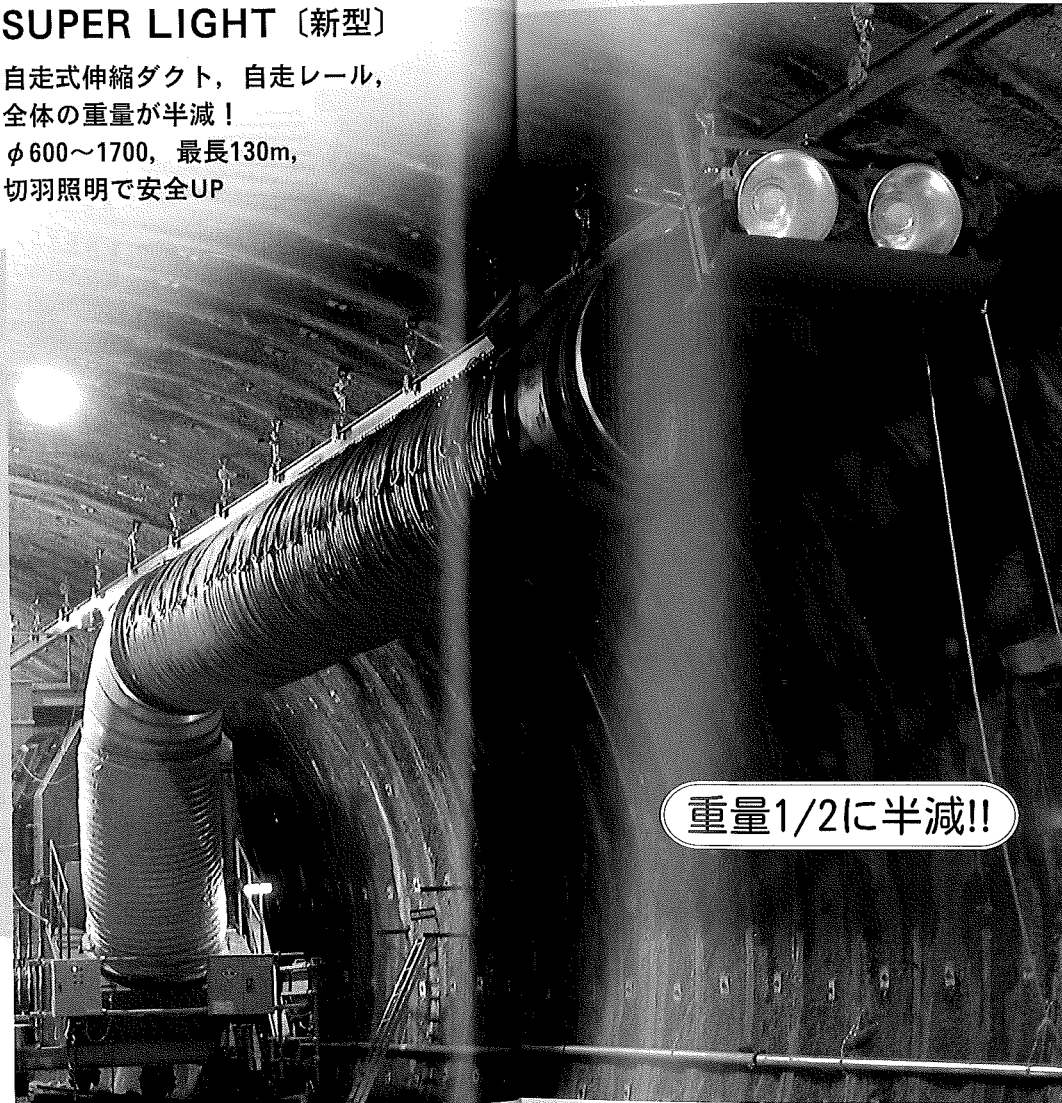
中型集塵機
フィルタ交換型



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

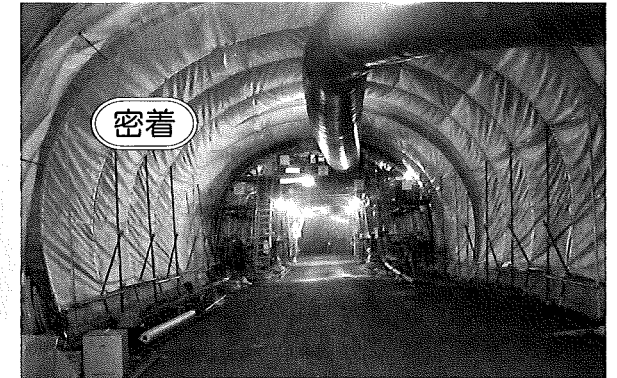
吸引ダクト SUPER LIGHT〔新型〕

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



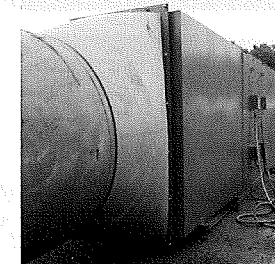
重量1/2に半減!!

2009……



密着

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…)

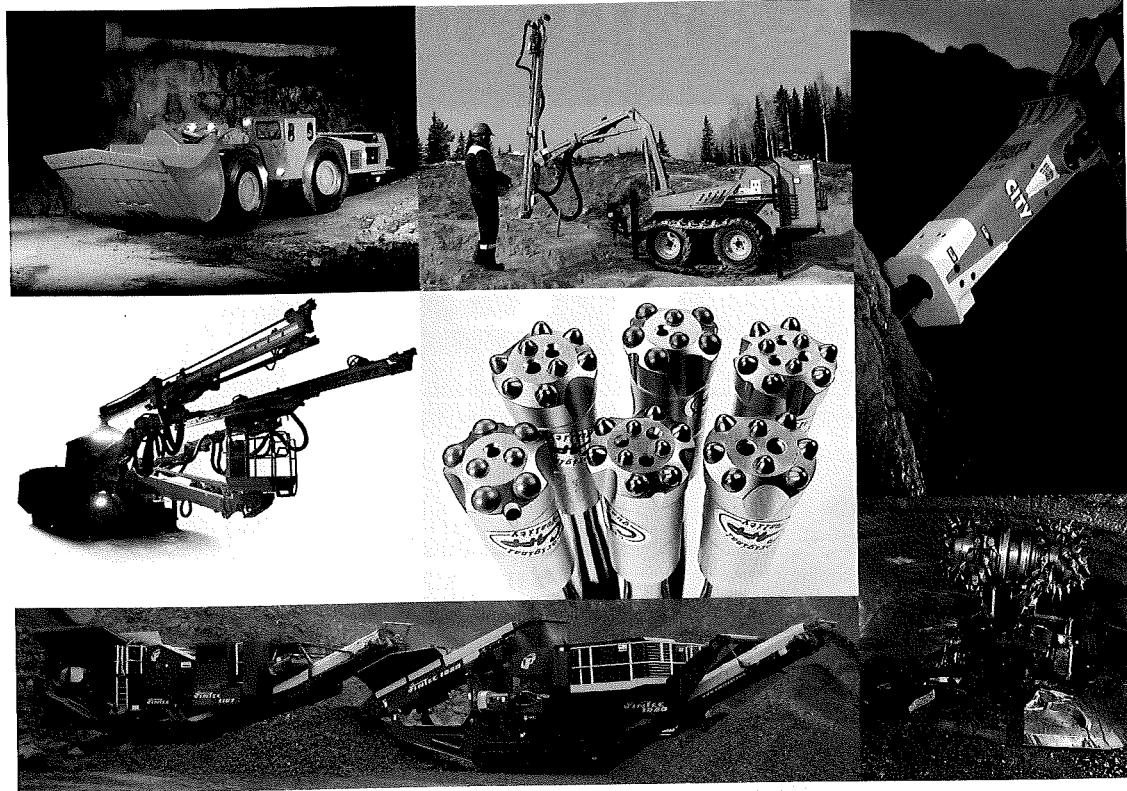
最適環境を創造する

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

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、収益性を改善する新々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

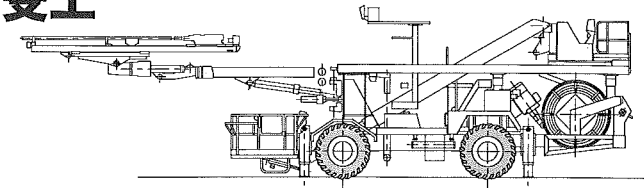
〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜2-15-12 共立新横浜ビル6階 TEL045-478-0882/FAX045-478-0861

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO AGF System

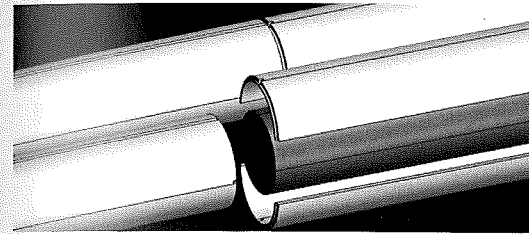
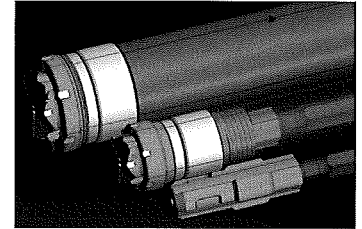
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



AGF-Me工法

- ・トンネル掘削時に露出した末端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。



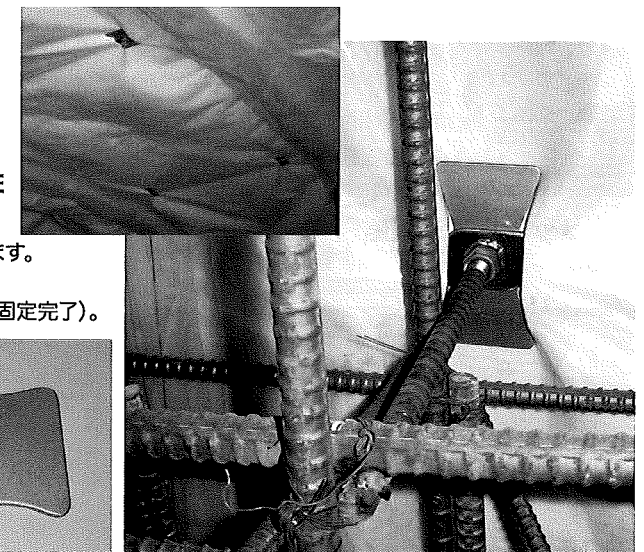
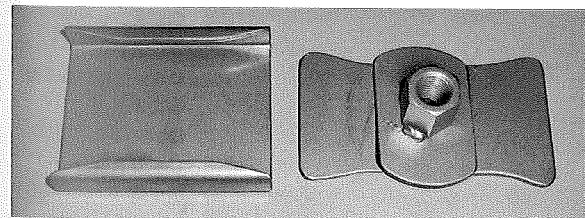
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

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パーに防水シートを当てます。
2. 回転プレート押し込みます。
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

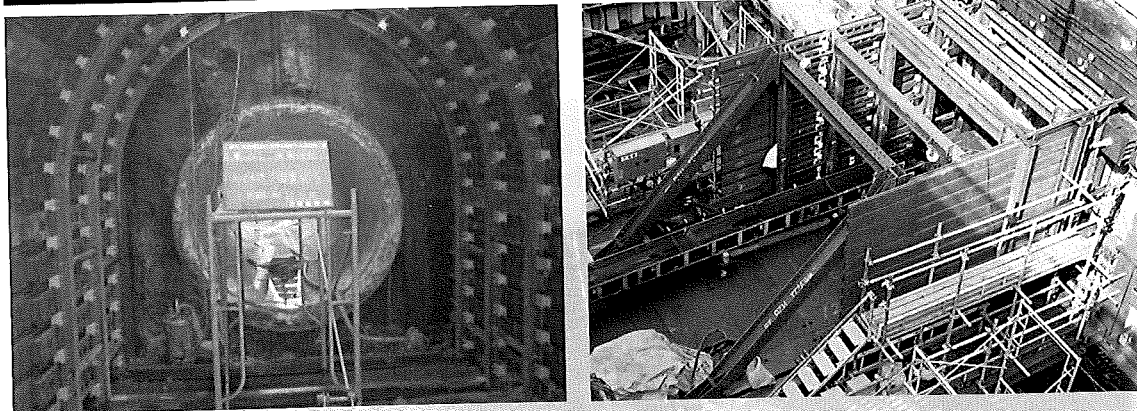
〒107-0052
東京都港区赤坂2-19-8 赤坂2丁目アネックス6F
Tel: 03-5545-7900 Fax: 03-5545-7905
URL: <http://www.tohokinzoku.co.jp>

株式会社 トーキョーオール

〒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)

アーストンネル掘削工法に最適

SS-メッセル工法 Stabilizer System Messer



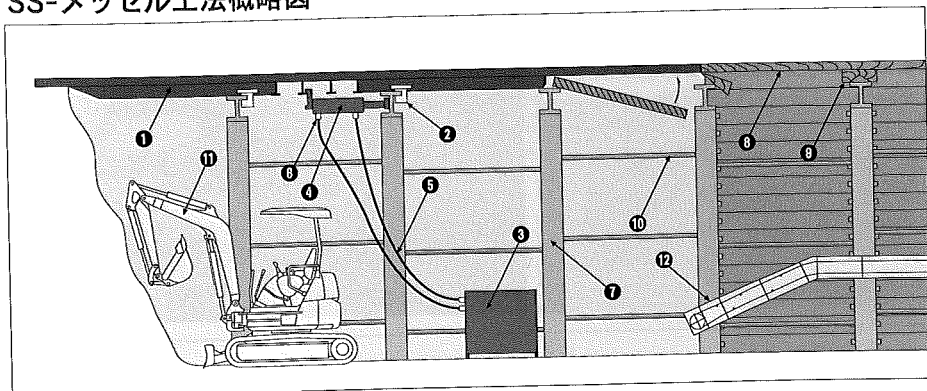
特徴

- 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よべます。

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



- 1 SS-メッセルプレート
- 2 スタビライザ
- 3 油圧ユニット
- 4 油圧ジャッキ
- 5 油圧ホース
- 6 油圧手許切換装置
- 7 支保工
- 8 木矢板
- 9 木製キャンバー
- 10 径間パイプ
- 11 タイロットボルト
- 12 バックホウ
- 13 ベルトコンベア



株式会社 シーテック

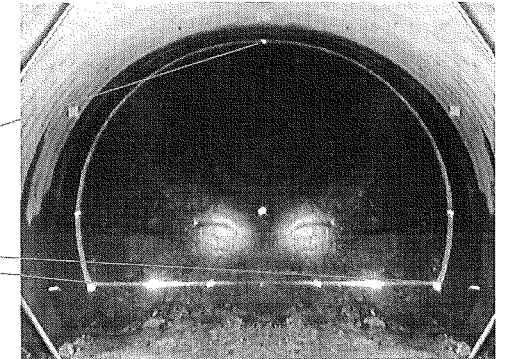
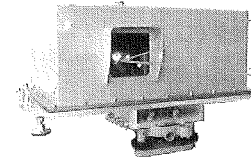
URL <http://www.sietech.co.jp>

〒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

レーザーマーキングシステム

国内、海外特許取得済み

残像効果を使ったペイント不用
の連続高速照射を実現

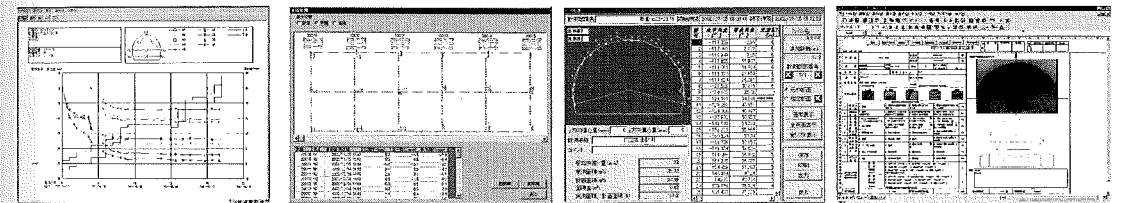


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー



ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

各種トンネル計測関連ソフトも標準装備。もちろんネットワークにも対応。

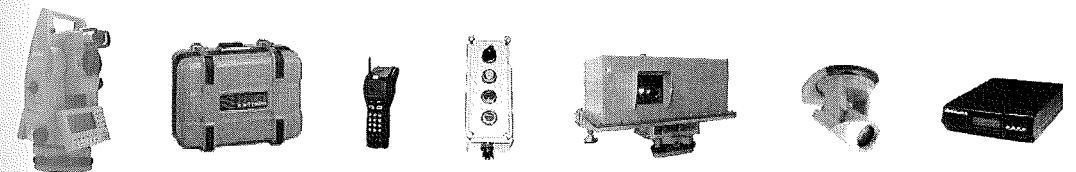


A計測データ処理

支保工立込精度、変形量

内空、巻厚検査

切羽観察、etc



豊富なキャリアと数多くの実績をもつ当社へ、是非お問い合わせ下さい。

MAC マック株式会社

〒272-0832 千葉県市川市曾谷8-16-3
TEL (047) 371-3191 FAX (047) 371-3190

〔販売元〕

古河ロックドリル株式会社
伊藤忠建機株式会社
株式会社 レント

トンネル工事を支えるコンクリート・ソリューション

長期耐久性に優れた高品質な覆工コンクリートの施工にお応えします。



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



高性能AE減水剤 収縮低減タイプ

レオプラス800S/800SR

AE減水剤 高性能・収縮低減タイプ
ポリヒード® 15DS/15DSR

一般強度から高強度コンクリートまでの乾燥収縮ひび割れ対策を可能にする収縮低減タイプの混和剤。
 ●収縮ひずみを5~15%低減できる
 ●リーズナブルに使用できる



覆工コンクリート用膜養生剤(水性タイプ)

マスターキュアー® 106

セメントの水和反応を最適環境下で進行させることができる養生剤。
 ●保湿・保水性が高く養生効果に優れる
 ●初期ひび割れ発生を低減する



コンクリートプラント廃棄物の再利用技術

デルボシステム

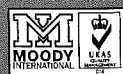
プラントミキサトラックアジテータから発生するスラッジ廃棄物を削減。
 ●コンクリート廃棄物量を抑制できる
 ●廃棄物処理費を低減する
 ●環境に対する負荷を軽減できる



岩盤

BASFポゾリス株式会社

●本社 / 東京都港区六本木6-10-1 六本木ヒルズ森タワー21F
 混和剤営業部: TEL(03)3796-9870(直) FAX(03)3796-9980
 ●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
 資料送呈 / 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>



●BASFポゾリスは開発技術センターと工場において、ISO9001およびISO14001の両方認証を受けています。



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集中化工事を省力化・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. 摩擦係数が低く直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



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)を工場に取り付けてご納品。管路接続がスピーディー、確実に行えます。

※特許・意匠出願中

●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

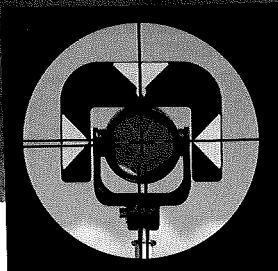
東京本社 〒106-6117 東京都港区六本木6-10-1 (六本木ヒルズ森タワー17F)
 TEL(03)5770-5111 FAX(03)5770-5130
 大阪本社 〒530-6017 大阪市北区天満橋1-8-30 (OAPタワー17F)
 TEL(06)6881-0767 FAX(06)6881-0769
 営業所 札幌・仙台・横浜・金沢・名古屋・神戸・広島・高松・福岡・鹿児島
 直営工場 北海道・仙台・栃木・千葉・滋賀・愛東・広島・四国・九州

ユニバーサル測量システム

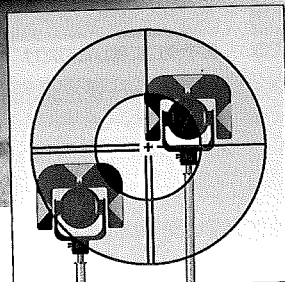
トンネル設計者の要望に応え、さらに進化 ライカTPS1200+シリーズ、ついに登場



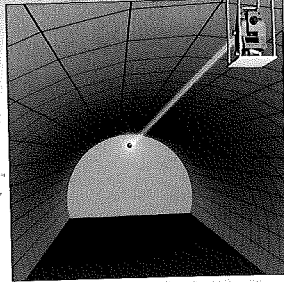
Leica TPS1200+
TCRA+1205



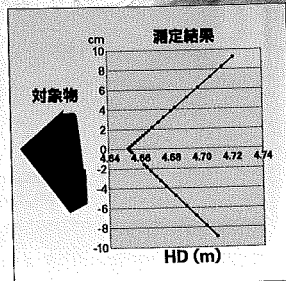
精度が向上した自動水準
プリズムの観測回数を上げると共に、CCDカメラの解像度を細かくすることで、自動水準の内部処理スピードや精度が向上。



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



ノンプリズムの距離延長
新特許技術 PinPoint R1000によりノンプリズム測距1000mまで可能。これにより、器械のターニング回数が減少。※対象物反射率90%のとき



ノンプリズム精度の向上
PinPoint R1000ノンプリズム測定なら、測定対象物の正確なデータ取得が可能。

ライカ ジオシステムズ株式会社

本社 〒113-6591 東京都文京区本駒込2-28-8 文京グリーンコート
Tel. 03-5940-3020 Fax. 03-5940-3056
<http://www.leica-geosystems.co.jp>

- when it has to be right



シールド トンネルの 新技術

シールドトンネルの新技术研究会 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位防止
切羽安定の理論と実際/泥水式シールド工法の切羽安定/土圧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
地盤変位の実際/地盤変位の予測解析

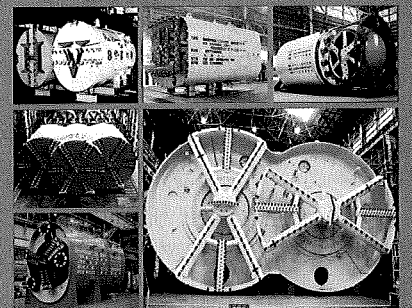
付録

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

シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会
代表 鈴木 邦



工本工学社

株式会社 工本工学社 〒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>

好評発売中

多様化する シールド掘進技術

監修 シールド工法技術協会

B5判 141頁 本体価格2,500円



日本のシールド掘進技術は、国際プロジェクトに多くの日本企業が参画していることが示すように、国内はもとより海外でも高い評価を受けている。とりわけ、世界のスタンダード工法の感がある各種の泥土圧式や異形断面の掘進技術は、まさに日本が世界に発信している技術と言える。これらの掘進技術のほかにも、最近の技術開発の成果により実用化に至った掘進技術は数多く、毎年、新しい技術が更新を繰り返している。

このような背景を踏まえて、掘進技術を広くシールド技術者の参考となることを意図し、最近に開発、実用化された技術を中心に日本トンネル技術協会誌「トンネルと地下」に平成16年春より約1年にわたり『多様化するシールド掘進技術』という連載講座を設け紹介した。その結果、読者の方々より、掲載対象とした以外の技術との関係、従来工法との関わりなどの情報が欲しいとの意見が寄せられた。

このため、読者の声に応えるべく、連載講座には掲載しなかった工法、技術などを整理、体系化するとともに、各種工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点が、よりわかりやすいように手を加え再度、同名の図書「多様化するシールド掘進技術」をシールド工法技術協会が監修を行い、発刊することとなった。

このため、読者の声に応えるべく、連載講座には掲載しなかった工法、技術などを整理、体系化するとともに、各種工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点が、よりわかりやすいように手を加え再度、同名の図書「多様化するシールド掘進技術」をシールド工法技術協会が監修を行い、発刊することとなった。

〔掲載工法〕

- ①ラチス式同時施工シールド工法、②F-NAVIシールド工法、③ハニカムセグメントを用いた同時施工法、④ロングジャッキ式同時施工シールド工法、⑤ダブルジャッキ式同時掘進シールド工法、⑥充填式シールド急曲線工法、⑦地下茎シールド工法、⑧T-BOSS工法、⑨球体シールド工法、⑩上向きシールド工法、⑪MMST工法、⑫拡大シールド工法、⑬偏心多軸(DPLEX)シールド工法、⑭ワギング・カッタ・シールド工法、⑮自由断面シールド工法、⑯OHM工法、⑰H&Vシールド工法、⑱単円～三連型駅シールド工法、⑲MFシールド工法、⑳DOT工法、㉑MSD工法、㉒親子シールド工法、㉓拡径シールド工法、㉔DSR工法、㉕泥土加圧シールド工法、㉖ケミカル・プラグ・シールド工法、㉗気泡シールド工法、㉘コンパクトシールド工法、㉙既設シールド撤去工法

本書は東京都立大学名誉教授の山本稔先生よりご推薦いただいております

申し込み先

(株)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

推進工法の理論と実際

推薦の言葉

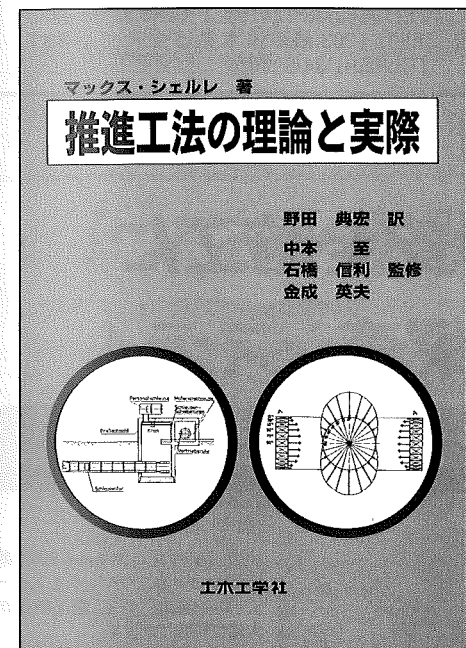
中本 至・石橋信利・金成英夫

推進工法によって、下水道をはじめ多くの管渠が布設されている。下水道については一九六〇年にはわが国の普及率は十五%にすぎなかったが、今日では六〇%近くになっている。当初、一五〇〇キロしか施工実績がなかったが、近年の施工延長は年間一五、〇〇〇キロになっている。下水道の施工方法の選定にあたって、施工条件や建設環境、地下埋設物や地盤条件などの関係から、開削工法

より推進工法などの特殊工法が選定されることが多くなり、その中でもとくに推進工法の適用は多くなった。ところが、わが国では推進工法に関する実務書は多いが理論面を記述したものはあまり見当たらず、推進工法の一層の発展のためにも理論書が求められていた。

本書では、ドイツで推進工法の研究開発で著名なマックス・シェルレ博士が推進工法におけるいろいろな疑問について理論的に解明した古典的な名著である。博士は理論面のみではなく、実際の施工にも従事し、実務にも精通していたので、実務面の良さも持っている。私たちは、野田氏(訳者)の翻訳を監修したわけだが、推進工法の理論面と実務面を実に詳細に解説している点に驚いた。したがって推進工法に従事し、一層活躍しようとする人たちに本書を推薦したいと思う。

マニュアルを超えて
推進工法の理解を
さらに深める一冊



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
B5判 定価: 8,500円+税

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
tel: 03-3567-2888 fax: 03-3267-2807 http://www.tunnel.ne.jp

株式会社 土木工学社

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

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

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

中濃産業株式会社
代表取締役 土田 義 式

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



機械掘削ツインヘッド

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	48
	MT-600S-F	HABCM-15	64
	MT-1000S-F	HABCM-15	72
	MT-2000S-F	HABCM-15	72
	MT-300S-C	RM5C-9	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
			平ピック Flat
		丸ピック Conical	

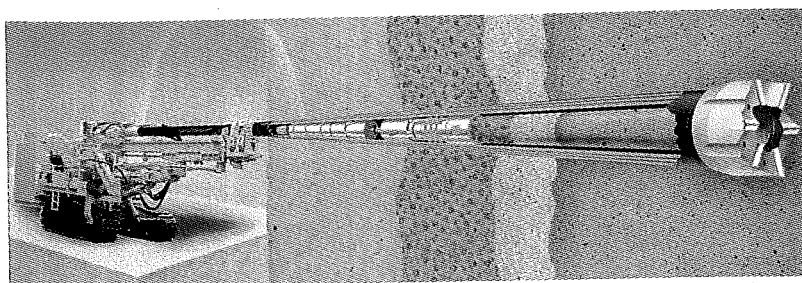
klea 株式会社 ケイ・リー

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

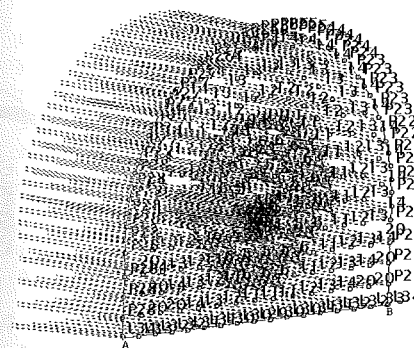
- ① 断層破砕帯や湧水をとまなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行え、施工時間が大幅に短縮できます。
- ② 2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、コアサンプルの採取率が従来とくらべて大幅に向上しました。

KOKEN 鉋研工業株式会社

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>

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 1ms 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

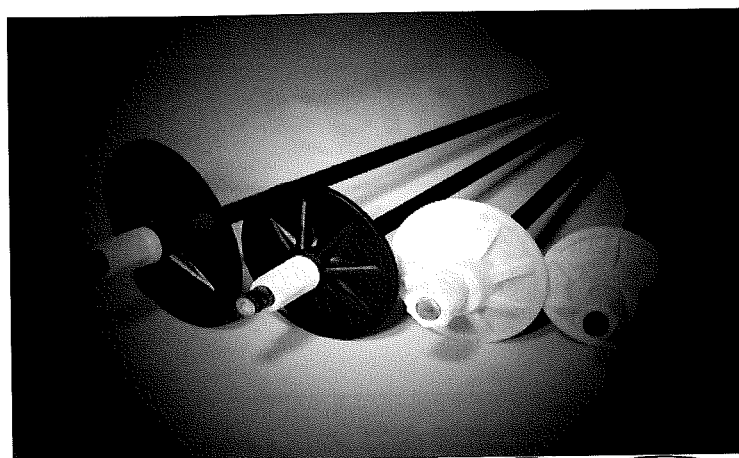
パターンボルトのGRP化

POWERTHREAD

耐食機能に優れたロックボルト

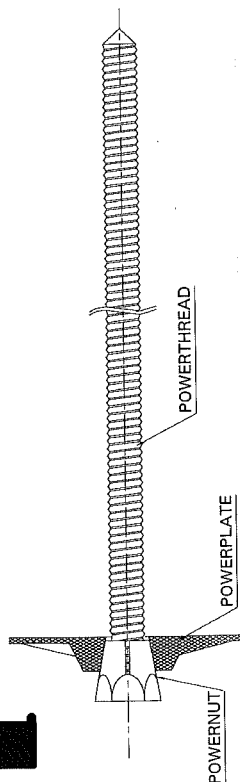
POWERTHREADは、POWERNUT/POWERPLATEを組み合わせることにより、
全てGRP製に！！

※ GRPとは、Glassfiber Reinforced Plastic
(ガラス繊維強化プラスチック)の略。



- ・棒鋼型ロックボルトと同等の耐力を有する。
- ・軽量である。
- ・腐食しない。錆びない。
- ・導電しない。耐電しない。
- ・製造過程でのCO₂排出量が少ない。

環境にやさしいロックボルトシステム



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

東京支店

TEL)03-3260-8321 FAX)03-3266-1648

九州営業所

TEL)092-574-0856 FAX)092-574-0846

中部営業部

TEL)052-331-8821 FAX)052-332-0164

関西営業所

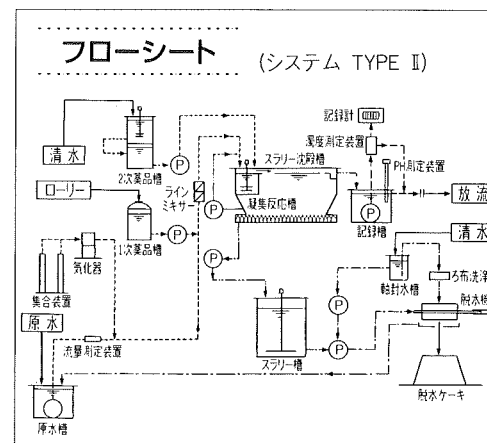
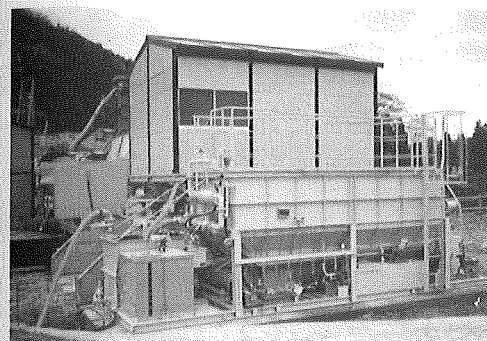
TEL)06-6578-3235 FAX)06-6578-3237

北海道地区(株)エイチ・アール・オー

TEL)011-821-5868 FAX)011-821-6644

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、土工工事の期間が短く安価である。
設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シクナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汙板型の脱水機を採用していることから汙布等の消費費が少ない。
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常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。処理水の水质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 (異常警報装置と連動)
炭酸ガス後中和処理装置
鉄分除去処理装置 (エアレーション装置等)
スラリー再濃縮装置
脱水助材添加装置
自動汙布洗浄装置

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

詳細資料請求、お問い合わせは

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

Waste Water Treatment System

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻頭言

ペールギュントの“朝”

岡田 勝也5

■計 画

環境に配慮した火力発電所取水トンネルの計画

—JR川崎発電所4号機取替増強工事—

齋藤 貴・小島 淳史・村上 実45

■施 工

JESと鋼板挿入工法の組み合わせによるアンダーパスの急速施工

—東北本線 太平寺こ道橋—

澤村 里志・福島 啓之・玄順 貴史・徳本 毅7

プラスチックフィルムを用いた覆工コンクリートの養生試験

—徳島県主要地方道神山鮎喰線 養瀬トンネル—

壹岐 直之・須貝 亮・山田 祐二・吉武 勇17

供用中に発生した急激な盤ぶくれ変状を復旧する

—山形自動車道 盃山トンネル(上り線)—

佐久間 智・菅原 徳夫・多田 誠・遠藤 祐司27

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

地中に残置された鋼材をシールドで直接切削

—東京都下水道 八広幹線—

神田 好美・市川 二郎・相内 弘人39

■連載講座

沈埋トンネル(最終回)

—施工事例：ボスポラス海峡横断鉄道プロジェクト—

高久 雅喜53

■現場だより

「自然と観光豊かな上栗山トンネル」より

新井 和男16

「平家落人の隠れ里」椎葉村より

中島 耕平26

■資 料

トンネル千夜一夜(59)

小野田 滋24

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会61

土木情報

編集部38

海外文献速報

JTA国際委員会62

トンネルジャーナル

編集部44

「トンネルと地下」平成21年・年間総目次

編集部65

工法・技術・製品ニュース

編集部52

■会 報

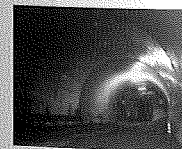
会 報

日本トンネル技術協会69

【表紙説明】

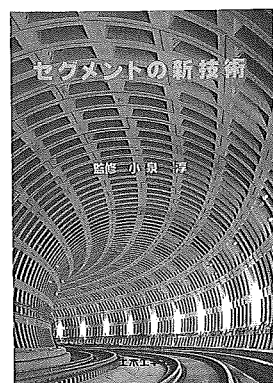
プラスチックフィルムを用いた覆工コンクリートの養生試験

—徳島県主要地方道神山鮎喰線 養瀬トンネル—



山岳トンネルの二次覆工コンクリートにおいて、プラスチックフィルムを用いた封かん養生の適用性を確認するため試験施工を行った結果、打設後から28日間にわたってプラスチックフィルムの剥落や破損はなく、急激な温度変化から保護され、湿度99%以上の環境を維持できた。さらに、コンクリートの圧縮強度は、現場気中養生を行った場合の120%程度になった。写真は、プラスチックフィルム封かん養生の実施状況である。

(写真提供：若築建設(株)) (本文17頁参照)



セグメントの新技术

監修 小泉 淳

B5判 132頁 本体価格 2,000円 千290円

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

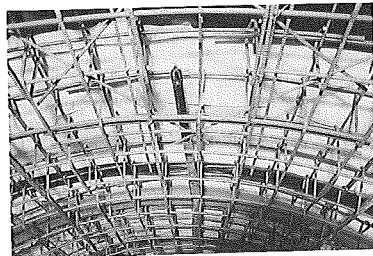
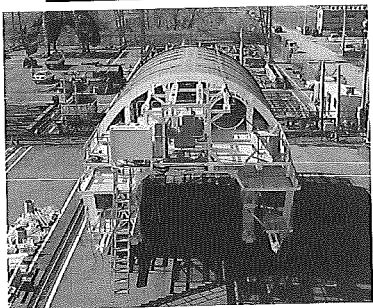
高品質なトンネル覆工に挑む

高品質なトンネル覆工を実現する 引抜バイブレータ締固システム

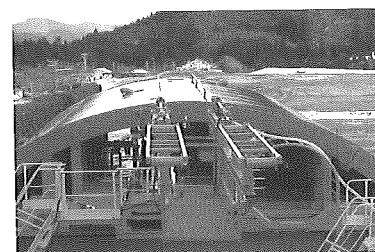
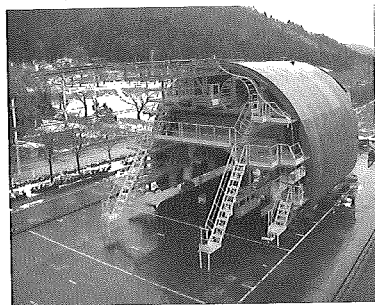
トンネルの二次覆工コンクリートには、トンネルクラウン部の締固め方法に課題があり、結果として漏水や空隙の発生など、覆工コンクリートの品質に問題が生じるケースがありました。また、覆工コンクリートの締固め作業は、狭隘部での苦渋作業という問題もあります。そこで、引抜バイブレータ締固めシステムを用いることにより、上記の課題を克服し、高品質な覆工コンクリートの構築を可能としました。

【特許出願中】

ホースパイプ巻取り式



パイプパイプ伸縮式



特願 2000-073694・2002-329301・2004-021814・2004-021817

効果・特徴

1. 覆工コンクリートの品質が向上する。
2. トンネルクラウン部の締固めが省力化できる。
3. 作業環境が改善でき、狭隘なヶ所での作業が無くなります。
4. 鉄筋、無筋区間での共用が可能で、経済性に富んでいます。



岐阜工業株式会社
GIFU KOGYO CO.,LTD

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

本社営業部 (058)323-2001
東京支店 (03)5836-0531
仙台営業所 (022)259-2239
九州営業所 (092)713-5265

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

総務委員会広報小委員会誌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

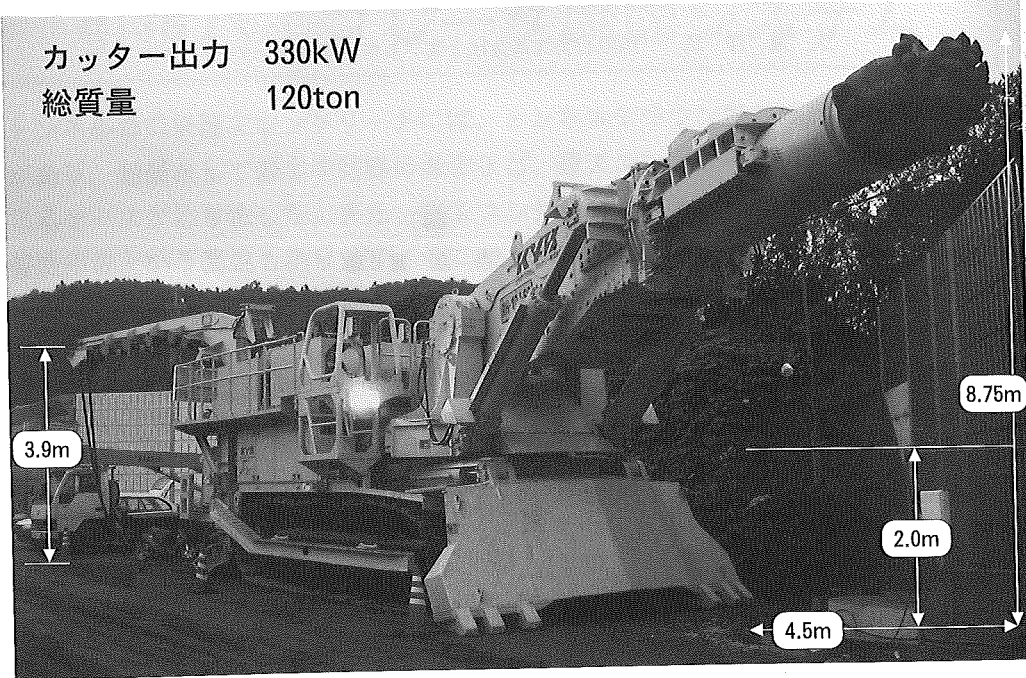
(幹 事)

池田 豊人 国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官	長島 芳雄 株式会社竹中土木常務取締役
大石 敬司 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 改良建設企画課課長	濱 建介 (元)日本鉄道建設公団理事
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	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
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	松原 利之 飛鳥建設株式会社土木事業本部土木技術部 トンネル技術グループ部長
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	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
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	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

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

カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- ・カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- ・機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ10.5m(ケーブルハンガーを除く)
- ・定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- ・高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- ・接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

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 〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多 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

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

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

三浦 克
株式会社竹中道路取締役社長

〔委員〕

池田 匡隆
東京都下水道局建設部設計調整課長

今井 滋
東京都水道局建設部工務課長

葛城 真治
東京電力株式会社電力流通本部工務部
地中送電グループ課長

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

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

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

両角 幸範
東京都交通局建設工務部計画改良課長

掲載頁
7

JESと鋼板挿入工法の組み合わせによるアンダーパスの急速施工

—東北本線 太平寺こ道橋—

東日本旅客鉄道(株) 澤村 里志

本工事は、鉄道線路直下を横断する道路を非開削工法により構築するものである。断面構成は、片側2車線の車道部とその両側に歩道部を有する1層4径間である。函体の構築は、車道部と歩道部で異なる非開削工法を併用した施工方法とし、安全かつ効率的な施工を行った。

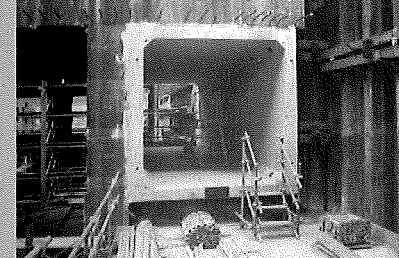
車道部の施工には、HEP&JES工法を用いた高速施工を実施し、高速施工では、機械設備(掘削設備、掘削土の搬出設備)の検討、軌道変状対策を行うことにより、上床エレメントのけん引速度の向上を図った。

歩道部の施工には、COMPASS工法を用いた効率的な施工を行った。また、歩道部の施工においては、施工方法を工夫し、従来とは異なる方法により函体構築を行った。

Rapid Construction of Underpass using a Combination of JES and Steel Plate Insertion Method—Tohoku Main Line Taiheiji Underpass—

By Satoshi Sawamura, East Japan Railway Company

These works are to construct a road that crosses beneath a railway line using the trenchless method. The cross-section is composed on one story and four spans with two street sections and two sidewalk sections. The construction method for the box structure jointly used differing trenchless methods for the street and sidewalk sections and construction was conducted safely and efficiently.



写真はけん引完了写真

Rapid construction using HEP & JES methods was implemented in the construction of the street section and, in this construction, due to a review of machine equipment (excavation equipment, muck discharge equipment) and conducting prevention measures for track deformation, there was improvement in the traction speed of upper elements.

The construction of the sidewalk section was conducted efficiently using the COMPASS method. Further, in the construction, we were creative with methods and the construction of the box was carried out with methods that differed from what was conventional.

掲載頁
17

プラスチックフィルムを用いた覆工コンクリートの養生試験

—徳島県主要地方道神山鮎喰線 養瀬トンネル—

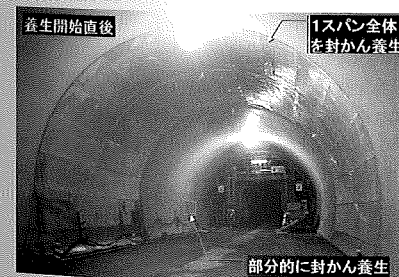
若築建設(株) 壹岐 直之

山岳トンネルの二次覆工コンクリートにおいて、プラスチックフィルムを用いた封緘養生の適用性を確認するため試験施工を行い、養生環境内の温度および湿度の計測と、供試体による強度試験と透気性試験などを行った。その結果、打設後から28日間にわたってプラスチックフィルムの剥落や破損はなかった。封緘養生の内部は急激な温度変化から保護され、湿度99%以上の環境を維持できた。封緘養生を行ったコンクリートの圧縮強度は、現場気中養生を行った場合の120%程度になった。また、プラスチックフィルムを用いた養生は、これまでの養生方法と比較して施工性や経済性に優れ、長期間の封緘養生を効率よく行うことができる。

Experimental Construction of Inner Lining Concrete by Sealed Curing with Plastic Film—Major Local Road, Tokushima Prefecture, Kamiyama Akui Line Yose Tunnel—

By Naoyuki Ikki, Wakachiku Construction Co., Ltd.

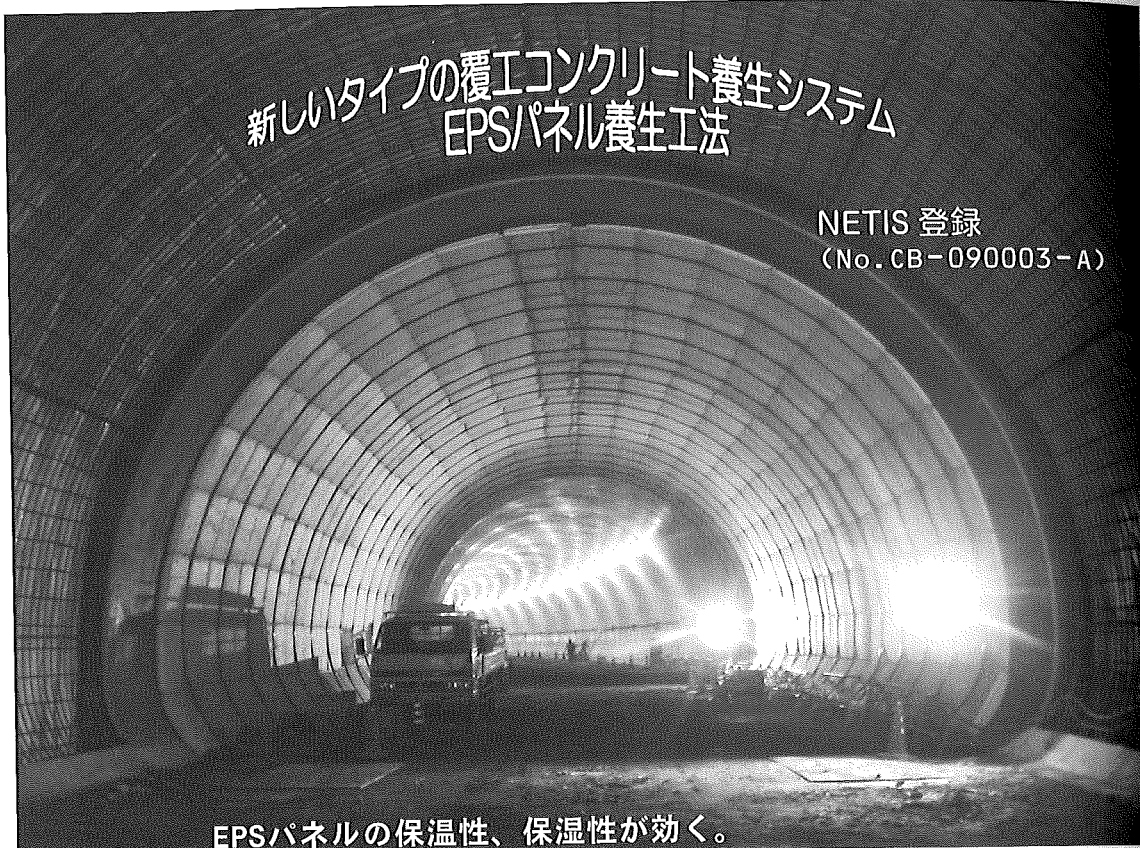
In inner lining concrete for a NATM tunnels, experimental construction was conducted in order to check the applicability of sealed curing using plastic film. Measurements of temperature and humidity levels in the curing condition, strength tests and air permeability tests and so on using specimens were conducted. As a result of this, there was no damage or peeling of the plastic film over a period of 28 days after placement. The interior of the plastic film was protected from sudden temperature changes and it was possible to preserve the environment with humidity levels of 99% and over. The compressive strength of the concrete by sealed curing around 120% in the case of atmospheric curing. Further, sealed curing using plastic film, in comparison to conventional curing, is excellent for constraints of construction and economy and it is possible to conduct long-term sealed curing efficiently.



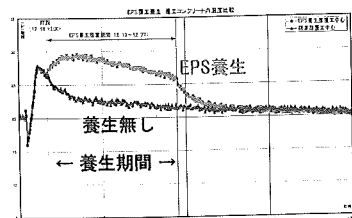
写真はプラスチックフィルム封かん養生の実施状況

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム
EPSパネル養生工法

NETIS 登録
(No. CB-090003-A)



EPSパネルの保温性、保湿性が効く。



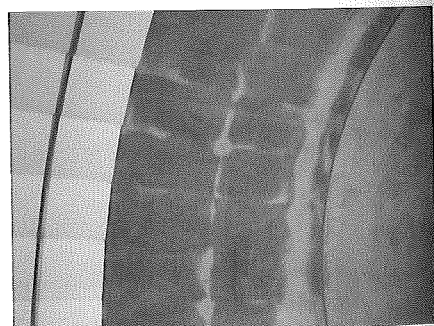
温度測定結果

	養生無し	EPS養生
反発度(平均)	33.8	36.3
推定強度 N/mm ²	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9月1日現在)

施主	実績	採用決定
国土交通省	4	4
NEXCO	3	2
地方自治体	5	2
合計	12	8



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。

株式会社 不動テトラ

FUDOTETRA
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



供用中に発生した急激な盤ぶくれ変状を復旧する —山形自動車道 盃山トンネル(上り線)—

東日本高速道路(株) 佐久間 智

平成20年8月13日の午後、山形自動車道盃山トンネル(上り線)内で突然、変状(路面隆起、クラック)が発生した。このトンネルは、膨張性地山を通過しており、供用後にインバート下の地山内へ地下水が流下し、地山に大量に含まれる粘土鉱物の膨潤による岩自体の吸水膨張とそれによる岩自体の強度低下で塑性圧が増加したことで既設インバートが破壊され、路面変状に至ったと推察された。変状の特徴は、変状の速度がきわめて速く(路面隆起：変状発生から11日間で380mm)、インバート隆起量が最大950mmを観測したことである。

対策として、損傷したインバートを撤去し、より耐荷力のあるインバートに復旧した。また、供用中のトンネルであることから、変状発生から完成まで3.5か月という短期間で実施した。本稿は、変状発生から恒久復旧対策完成までを報告する。

Tunnel Invert Restoration of Sudden Heaving Deformation in service — Yamagata Expressway Sakazukiyama Tunnel (In-bound Line) —

By Satoshi Sakuma, East Nippon Expressway Company Limited

In the afternoon of 13th August, 2008, a sudden deformation (swelling, cracks) occurred in the Yamagata Expressway Sakazukiyama Tunnel (in-bound line). This tunnel passes through swelling ground and it was surmised that, after in-service, inflow water ran down into the bedrock under the invert, the existing invert was broken due to the swelling of bedrock rich in expansive clay minerals and the increase of ground pressure because of deterioration of the strength of the bed rock itself, finally the road surface deformation occurred. Characteristics of the deformation were that the speed was extremely fast (road surface protuberances: 380 mm over 11 days from the occurrence of the deformation) and a maximum of 950 mm in invert uplift was observed.



写真は緊急復旧工事状況

Countermeasures were the removal of the damaged invert and the restoration of the invert with even more durability. Further, due to the fact this tunnel is in service, the works were implemented from deformation occurrence to completion over a short period of 3.5 months. This report gives details from the occurrence of the deformation to the completion of permanent restoration countermeasures.

地中に残置された鋼材をシールドで直接切削 —東京都下水道 八広幹線—

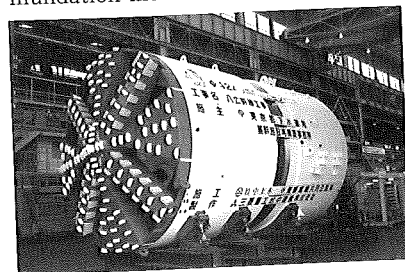
東京都下水道局 神田 好美

八広幹線工事は、墨田区における浸水対策の一環として新たに雨水を收容する下水道管を布設するもので、シールド工法により施工されるものである。施工に際して、既設人孔周囲に残置された山留め材が支障物として存在しており、それらをシールドにより機械的に切削・撤去する工法で施工した。本稿はその施工方法、施工時の状況ならびに計測データについて報告するものである。施工に際しては、支障物切削に対応したシールドを用いるとともに、高圧噴射攪拌工による地盤改良を行って支障物の固定を行った。この結果、近接構造物への影響を許容範囲内に収め、振動騒音についても周囲に大きな影響を及ぼすことなく、支障物箇所の掘進が完了した。

Direct Cutting of Steel Wall left behind in the Ground with a Shield —Tokyo Metropolitan Sewerage Yahiro Sewer Main—

By Yoshimi Kanda Bureau of Sewerage, Tokyo Metropolitan Government

The Yahiro Sewer main works are to install sewer pipes newly to drain storm water as a part of anti-inundation measures in Sumida Ward and to be carried out with the shield method. At the construction, the obstacle existed that is temporary retaining walls left behind around an existing manhole and was cut and removed mechanically with a shield. This report gives information on these construction methods, the circumstances of construction and measurement data. At the time of construction, along with using a shield that responded the cutting of the steel obstacle, the obstacle was cemented by conducting soil improvement through the jet grouting method. As a result of this, the effect on adjacent structures was kept within allowable value, the surrounding area was not greatly affected by vibration or noises either, and the excavation of the obstacle was completed.



写真はシールド外観

環境に配慮した火力発電所取水トンネルの計画 —JR川崎発電所4号機取替増強工事—

東日本旅客鉄道(株) 齋藤 貴

川崎火力発電所は、川崎市川崎区扇町の田辺運河の東側に位置する東日本旅客鉄道(株)が所有する自営電力設備である。当該発電所は、昭和5年の運転開始以降、更新および増設をくり返し、現在では4基の発電プラント(1~4号機)が稼働し、主に首都圏各線区の電車運転用、駅設備などへの電力供給を行っている。このうち4号機については、昭和48年に運転を開始し、経年34年を経て全体的に老朽化が進み取替時期を迎えている。

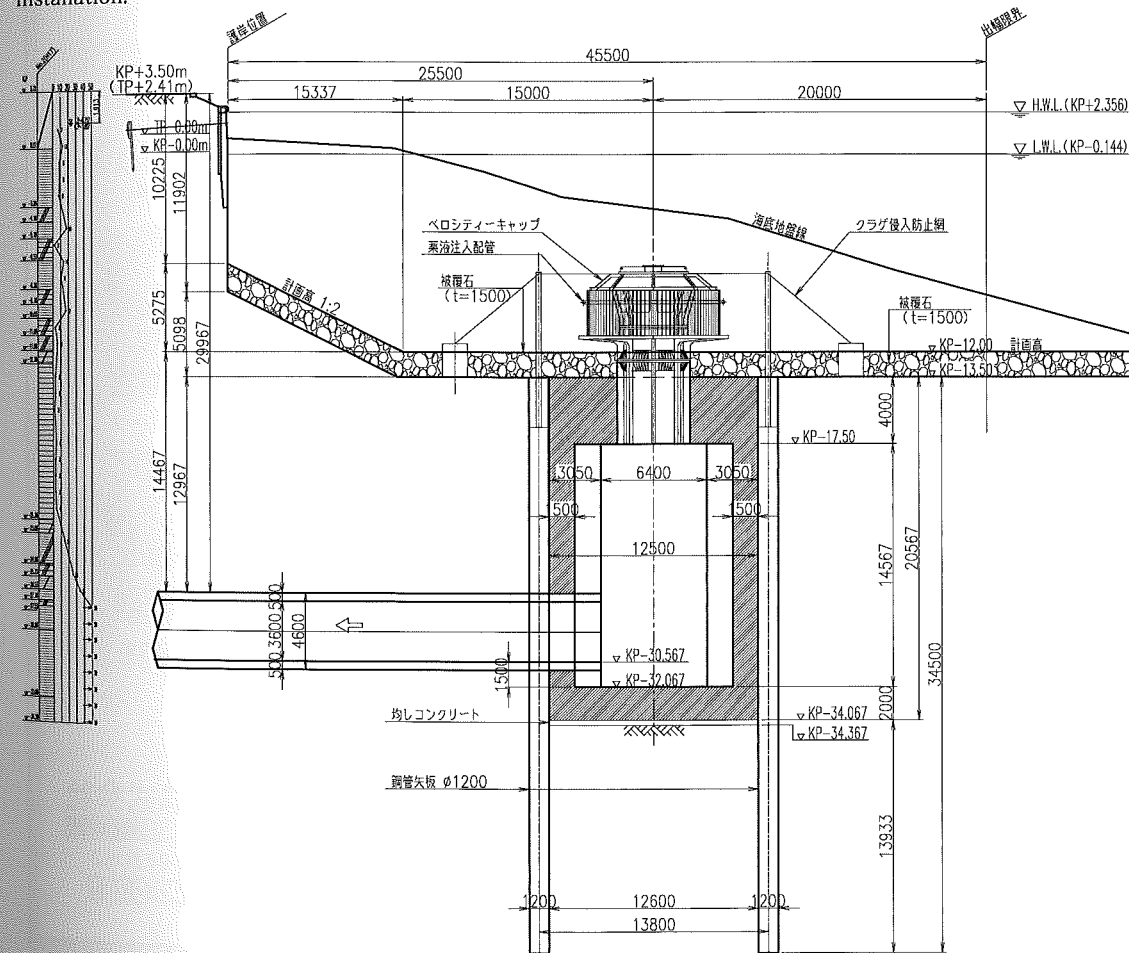
このような老朽化した発電設備の更新および増設を行う川崎発電所リプレース計画にもとづき、取水設備(取水槽・取水路・取水口)の新設を行う。本稿では、取水設備新設に伴い新たに構築する2本の取水路トンネルについて報告する。

Plan for an Environmentally-friendly Thermal Power Station Intake Channel Tunnel—JR Kawasaki Power Station Generation Plant No. 4 Replacement and Enhancement Works —

By Takashi Saito, East Japan Railway Company

The Kawasaki Thermal Power Station is an owned/operated electrical power system located on the east bank of Tanabe Canal in Ogimachi, Kawasaki Ward, Kawasaki City and possessed by East Japan Railway Company. The said power station has been repeatedly updated and expanded since starting operation in 1930. It currently operates 4 generation plants (No. 1-4) and mainly supplies power for train operation and station facilities for all lines in Tokyo metropolitan area. Machine 4 began operation in 1973 and after 34 years of service, deterioration has progressed overall and it is time for it to be replaced.

Based on the Kawasaki Power Station Replacement Project that updates and expands the deteriorated electric power facilities, new construction of intakes (intake basins/intake channels/intake opening) will be conducted. This report gives information on the new construction of 2 intake channel tunnels works of the new intakes installation.



図は取水口断面図

巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)

パールギョントの“朝”



国士館大学理工学部教授
岡田 勝也

トンネル工事に初めて携わったのは、国鉄入社2年目の真夏、裏込め注入調査のためのボーリング検測と、明けても暮れても続くプランメーターによる注入量計算でした。当時の矢板工法の覆工背面に注入したセメントがどのように入り、どのように分布していくかを知る初めての経験でした。トンネル工事とそんな接点で始まった私ではありませんが、読者諸氏の言う“トンネル屋”という技術者には程遠く、いつもトンネル周辺の技術畑を“うろうろ”と“回り道”して歩いてきました。そんな回り道の一つである35年前のお話を巻頭言に代えさせていただきたいと思います。

夜も明けきらぬ函館の明かりを遠くに見たとき、それは吹雪の中でした。午前4時20分、青函連絡船はやっと函館に到着しました。大きな荷物を背負って足早にプラットホームを走る人々の中に私はいました。午前4時40分発の“おおぞら1号”の暖かい車内にほっと一息吐いたのを、昨日のように思い出します。札幌で打ち合わせをして、12時35分発の急行“名寄”から急行“留萌”へと乗り継いで、17時26分、やっと到着しました。上野の雑踏をくぐり抜けてから26時間、そこは日本海をのぞむ夜の羽幌の町でした。

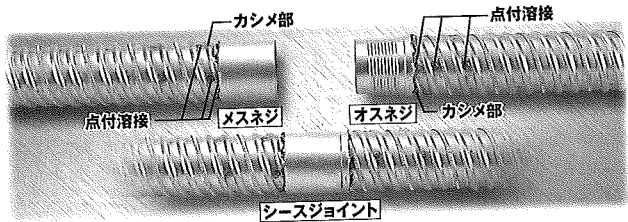
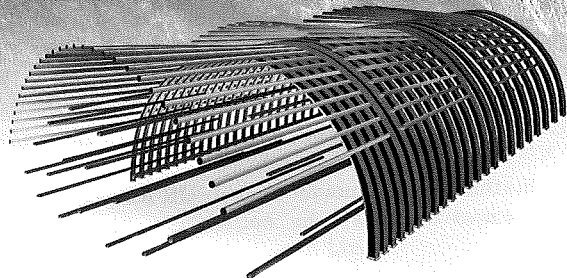
1975年冬の凍てつく羽幌の町から、私の“トンネルの回り道”が始まりました。当時の国鉄が3K対策の一環として進めてきたトンネルの凍上・凍害防止工の開発に私も加わらせていただくことになったからです。

北海道などの寒冷地のトンネル内はつららや側氷が冬の始まる前にできます。これが成長すると、列車にぶつかって事故になります。そのため、一番列車の走る前の、冬の一番寒い未明に、人力でつらら落とし作業をしなければならないという過酷な労働環境のなかでこの作業は行われました。これによって、列車の安全運行が確保されてきたのです。この厳しい労働環境の3K対策として、国鉄では、断熱処理によるつらら防止工法の開発が急務になったのです。

ユニークな発想と高品質・自信の価格

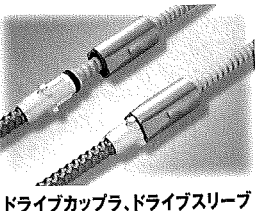
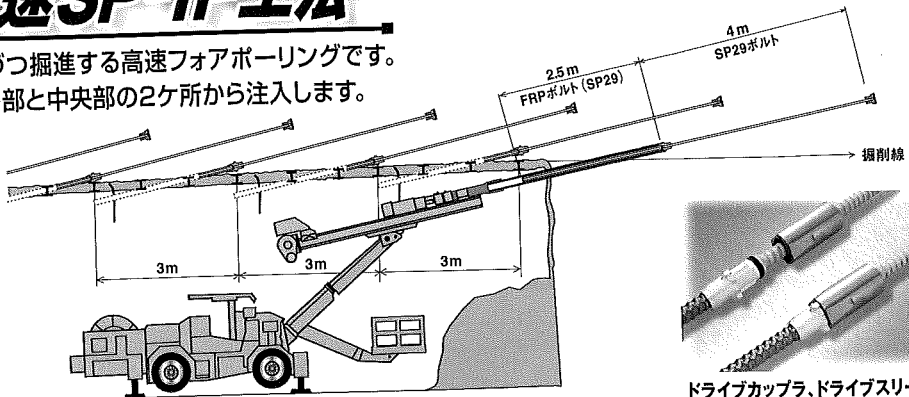
FIXチューブ工法

※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。

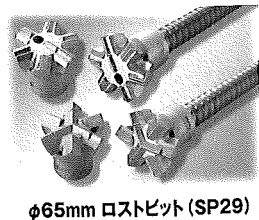
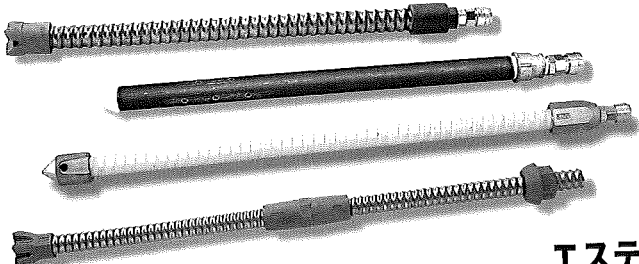


高速SP-IF工法

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



自穿孔ボルト&注入管



※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



私を防災研究室に呼んでいただいた福地合一さん((元)日本トンネル技術協会専務理事)が、このような3K問題の解決策としていち早く目をつけて技術開発を始められたのがトンネルの断熱処理工法であり、1970年前後に行われた第二小繋トンネルと大間越トンネルの実験がその先駆けとなりました。これを引き継ぐことになったのが、後藤巖さん(元長岡科学技術大学教授)をトップとする私たちのグループでした。本格的な現場施工実験は、鉄道公団が建設中の名羽線上羽幌トンネル、そして既設線の羽幌線初山別トンネルへと進みました。これら一連の施工実験によって、トンネルの凍上・つらら防止工法としての断熱処理工法の有効性が明らかになり、覆工の内側に添付する最適な断熱材厚さとその延長幅が、トンネル内気温の年振幅と日振幅、トンネル坑口からの距離にしたがって決定できることになりました。さらに、この既設トンネル用の断熱処理工法はNATMに組み込まれ、一次覆工と二次覆工の間に断熱材を挿入するという断熱二重巻き工法として直別トンネル、蘭法華トンネルから滝里トンネルへと発展し、メンテナンス・フリーの凍害防止工法として定着しました。

トンネルの凍上・つらら防止工法の歴史を紐解くと、その改良と改善は明治以来多くの鉄道技術者にバトンタッチされてきたのがわかります。1970年代に始まった、3K問題克服の一つの工法であるトンネルの断熱工法の開発は、施工業者のアイデアと熱意に、また同時に極寒冷地のトンネル内で寒さに凍えながら熱電対の埋設などの直轄作業をわれわれと一緒に行ってくれた国鉄・鉄道公団の現場機関の仲間の熱意に支えられたと言っても過言ではありません。それがなければ、このような技術開発はできなかったと思います。鉄道技術研究所、施工を担当した鉄道管理局・工事局、それに、実際に工事した施工業者の三位一体によって、トンネルの凍害問題に対するメンテナンス・フリー化という新しい技術が生まれたのだと思います。

もう35年も昔になりました。そんな寒冷地のトンネルを思い出すたびに、夜が明けきらぬ午前4時20分、函館港に到着しようとしている吹雪舞う青函連絡船が昨日のように蘇ります。霧笛を鳴らすあの連絡船のスピーカーから流れる「ペールギュント」組曲“朝”(グリーグ作曲)は、正に、私の“トンネルの回り道”への始まりでもありました。

施工

JESと鋼板挿入工法の組み合わせによるアンダーパスの急速施工

—東北本線 太平寺こ道橋—

東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所総務課(前)郡山工事区 澤 村 里 志
 東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所工事管理室 福 島 啓 之
 東日本旅客鉄道(株)東北工事事務所郡山工事区助役 玄 順 貴 史
 鉄建・佐藤・仙建共同企業体太平寺作業所監理技術者 徳 本 毅

1 はじめに

本工事は、東北本線南福島・福島間において、東北本線・東北新幹線・市道の直下を横断する延長58.6m、片側2車線・両側歩道のこ道橋を新設するものである。東北本線との交差部は、道路部のJES工法と歩道部のCOMPASS工法と2種類の非開削工法を組み合わせ構築し、東北新幹線、市道との交差部は、開削工法で函体を構築する(図-1,2参照)。

線路下横断工事においてJR東日本では、安全を担保するため、軌道変状リスクが大きいと考えられる作業は、線路閉鎖作業としている。

JES工法の施工では、線路閉鎖時間の制約が厳しい現場において、上床版エレメントの施工が線路閉鎖間合いに制限され、工期が長期化しており、上床エレメントの急速施工が課題となっている。

本工事では、上床エレメントの施工

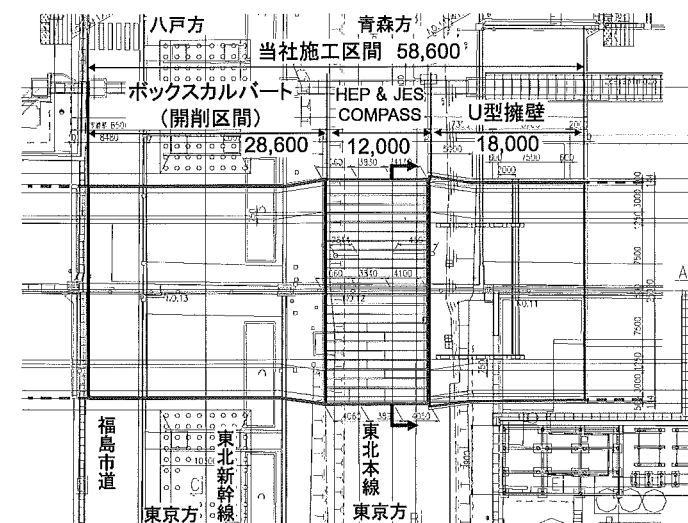


図-1 平面図

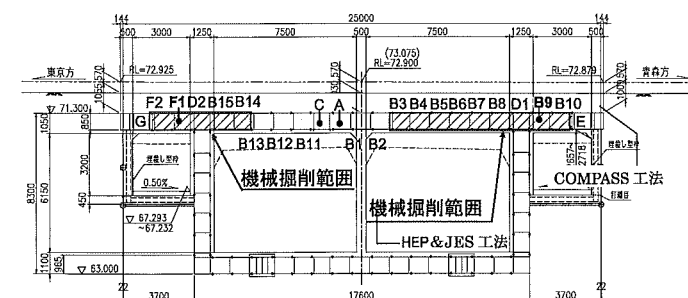


図-2 断面図

における機械設備の改良，軌道変状対策を行うことにより，1日1本(=12m)の上床エレメントの施工を行った。

一方，歩道部の施工では，小断面を対象とした非開削工法であるCOMPASS工法を採用した。なお，効率的な施工を目指すため，側面の防護鋼板の施工と歩道函体の構築方法については従来工法を改良して行った。

本稿では，JES工法の施工における，上床エレメントけん引速度の向上についての検討と実績および，COMPASS工法の施工における，工夫した施工方法とその施工結果について報告する。

2 JES工法

2-1 工事概要

JES工法とは，小断面の鋼製の矩形部材(以下「エレメント」という)を順次地中に挿入し，これを連結してトンネル構造を構築してから内部を掘削するという工法である。なお，JES工法のうちエレメントの地中挿入をPC鋼線などによるけん引により施工する場合を「HEP & JES工法」と称しており，本工事は，このHEP & JES工法で施工を行った。

通常，エレメントは上床→側壁→下床の順番に挿入する。とくに土かぶりの小さい箇所での上床エレメントの施工など，軌道変状のリスクが大きいと考えられる作業は，線路閉鎖作業としている。このため，線路閉鎖時間の制約が厳しい現場では，上床エレメントの施工が線路閉鎖間合いに制限されることから，工期が長期化しており，上床エレメントの急速施工が課題となっている。

2-2 施工条件

施工区間は複線区間であり，上床エレメントの施工期間中は45km/hの徐行手配を行った。標準の線路閉鎖間合いを図-3に示す。上り線で最大180分，下り線で最大114分の間合いがあるが，上下線の間合いが重なるのは，40分程度である。エレ

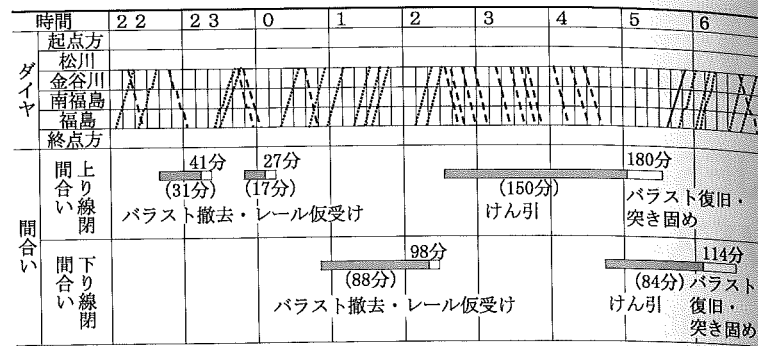


図-3 ダイヤと線路閉鎖間合い

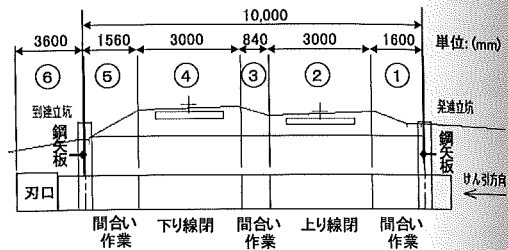


図-4 施工条件図

メントけん引方向における間合い作業，線路閉鎖作業の区分を図-4に示す。線路横断延長は10.0mであり，刃口の位置が各線の軌道中心より片側1.5m以内となる施工区間を線路閉鎖作業とした。

エレメント長は11.6mで，接続部が介在しない1本のエレメントを基本としている。このため，立坑の延長は20.0mとしている。上床版エレメント掘削方法の内訳は，23本のうち，機械掘削が14本，人力掘削が9本(基準管(A)1本，両端部(G・E)2本，水路支障部6本)である。なお，土かぶりは約1.0m，土質はN値10程度の粘性土である。

2-3 JESエレメントのけん引速度

2-3-1 既往のけん引速度

JES工法は，エレメントを本体利用することから仮設材が不要であり，線路下におけるけん引が1回で済むといった長所がある。

機械掘削における既往のけん引速度実績は，平均で40~65mm/min，最高で80~90mm/minであり，一晩の施工実績として4~6m程度が一般的である。これらのエレメントけん引速度は，エレメントけん引に伴う軌道隆起・沈下を生じない範囲で，刃口，ベルトコンベヤなどにおける土砂の閉塞に

よるタイムロスが発生しない程度に抑え，経験的に設定されている。

2-3-2 目標けん引速度の設定

今回の施工では，一晩でエレメント1本を発進立坑の鏡切りからけん引を開始し，到達側での刃口回収までを行うことを目標とした。図-4にエレメントけん引時の施工条件を示す。発進，到達側の④，⑥区間は，間合い作業にて鏡切り，刃口の貫入，空引きを行う。必要とされるけん引速度は，線路閉鎖時間の短い下り線側で④~⑤区間(4,560mm)を下り線閉鎖終了の30分前までの84分間でけん引完了させるとすると55mm/min以上となる。本施工では，急速施工の実現に向けて，時間的余裕を考慮し，必要とされるけん引速度の倍程度となる100mm/minを目標けん引速度に設定した。

2-4 急速施工への課題と対策—機械設備能力

2-4-1 地山の取り込み量

けん引速度を向上させると一般に地山の取り込み量が不足し，地表面は隆起傾向を示す。従来，JES工法の施工においては，カット回転数を固定し，地表面の影響やけん引力をみながら，けん引速度を決定するという方法が一般的である。

このため，けん引速度を向上する場合，刃口の形状をできるだけ地山を取り込みやすい形状とする必要がある。既往の試験結果から，刃口側面を開口し，リボンスクリューを

1.5ピッチ前方に延伸させた改良型の刃口を用いることで，取り込み状況が改善され，カットトルクは上昇するもののけん引力および地表面の影響は低減できたという知見が得られている。

今回の施工では，従来型刃口(写真-1)に加え，刃口側面を開口し，リボンスクリューを1ピッチ前方に延伸させた改良型刃口(写真-2)の2種類を採用した。14本の機械掘削のうち，起点方の5本を改良型刃口により，終

点方の9本を従来型刃口により施工した。

2-4-2 リボンスクリューの搬送能力

カットヘッドにより掘削された土砂は，掘削機内部のリボンスクリューにより，エレメント内に設置されたベルトコンベヤまで搬送される。リボンスクリューはカットヘッドと同一駆動軸であり，同一の回転数となる。けん引速度を100mm/minとしたとき搬送量は7.52m³/hrである。このとき，リボンスクリューの断面充填率は0.31であり，現状の設備でもけん引速度を100mm/minまで向上しても十分な余裕があることを確認した。

2-4-3 ベルトコンベヤの搬送能力と故障リスク対策

排土装置にはユニット式のベルトコンベヤを採用した。ベルトコンベヤの搬送量は15m³/hrであり，けん引速度100mm/min，搬送量7.52m³/hrに対して十分な余裕があることを確認した。

しかし，ベルトコンベヤ故障の主な原因は，土砂がリボンスクリューからベルトコンベヤへ落ちる際の偏りや排土量の増減により土砂がこぼれ，その土砂がベルトコンベヤに詰まることによるものである。検討の結果，もっとも土砂がこぼれやすいリボンスクリューからベルトコンベヤへの移動部において，ベルトコンベヤの幅に土砂が収まるように防護板を設置した(図-5)。

また，掘削土がリボンスクリューから剥離しや

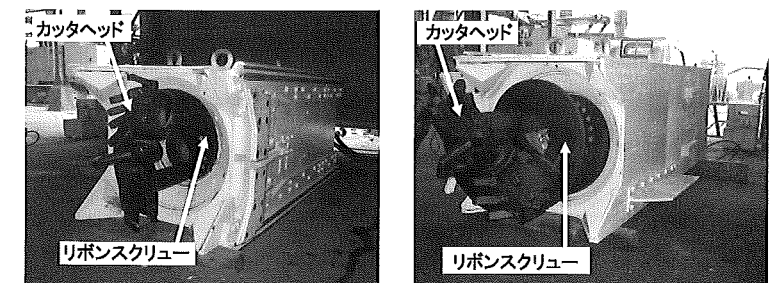


写真-1 従来型刃口

写真-2 改良型刃口

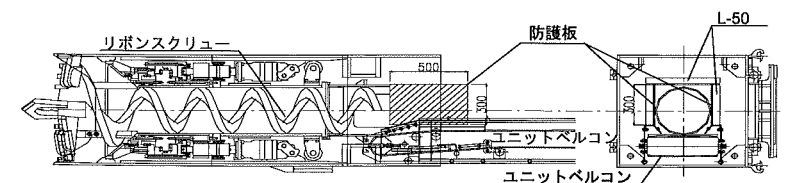


図-5 土砂防護板設置図

すくさせるため、刃口内部へ注水できる構造とした。このほか、エレメント内部に設置したベルトコンベヤから、エレメントの下部に設置したベルトコンベヤへ移る際に土砂がこぼれる可能性が高いため、作業員を配置し状態を監視することとした。

2-5 急速施工への課題と対策—軌道変状対策

2-5-1 エレメントけん引に伴う軌道隆起対策

軌道隆起対策として、エレメントけん引時は、エレメント直上のマクラギ2~3間分のバラストを撤去し、マクラギ下を50~100mm程度すかすこととした。なお、列車通過時には短マクラギにより仮受けし、けん引終了後は軌道整備を行う。施工期間がレール温度上昇期(4/1~7/19)に該当することから、バラストに手を入れた箇所についてはマクラギ3本に1本の割合で座屈防止板を設置することとした。また、短マクラギの撤去およびバラストの復旧は当夜中に行った。

2-5-2 エレメントけん引に伴う軌道変状対策

エレメントけん引時の軌道変状(通り)を防止するために行ったエレメントと地山の摩擦低減対策を表-1に示す。上り線への対策は、厚さ6mmの鋼板(FCプレート)をエレメント上面に設置し、刃口が上り線を通じたあと、発進側鋼矢板と鋼板とを溶接固定し、鋼板を上り線路下に残置することで、刃口が下り線を通する際の上り線への変状対策とした。このほか、けん引中における地盤との摩擦低減を目的とし、エレメントおよび鋼板の上面に滑材を塗布した。

2-5-3 レール補剛桁の設置

線路下横断工事の場合、東北工事事務所では局所的な路盤陥没対策としてレール補剛桁の設置を標準としており、上下線にレール補剛桁(L=30m)を設置した(図-6、写真-3)。

2-6 急速施工における施工結果

2-6-1 けん引日数

機械掘削14本のうち、電化柱基礎が支障する2本を除き、1本/1夜という当初の目標を実現した。これにより、当初計画ではエレメント1本の施工日数が3日(けん引2日、段取り替え1日)であったのに対し、実績では2日(けん引1日、段取り替え1日)に短縮できた。この結果、実績では起点方(5本)では5日、終点方(9本)では7日の工期短縮を実現した。

2-6-2 けん引速度

従来型刃口(B9)、改良型刃口(F1)のけん引速度とけん引距離の関係を図-7に示す。従来型刃口(B9)は、上り線線路下までは70mm/min程度、下り線線路下では85mm/min程度のけん引速度で推移している。一方、改良型刃口(F1)は、上り線線路下までは70mm/min程度、下り線線路下では100mm/min程度のけん引速度で推移している。上

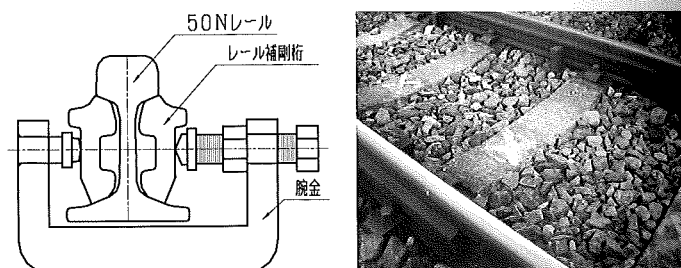


図-6 補剛桁断面図



写真-3 補剛桁設置状況

表-1 摩擦低減対策

	断面図	記事
けん引前		鋼板(6×914×1824)3枚を溶接でつなぎ、エレメントにボルトで固定する(上り線対策)。鉄板、エレメント上面に滑材を塗布する(上下線対策)。
けん引中		上り線通過後、ボルトを外し、発進側鋼矢板と鋼板(FCプレート)を溶接固定。鋼板を上り線路下に残置(上り線対策)。
けん引後		鋼板を上り線路下に残置した状態とすることで、下り線路下エレメントけん引時における上り線への影響対策とする。

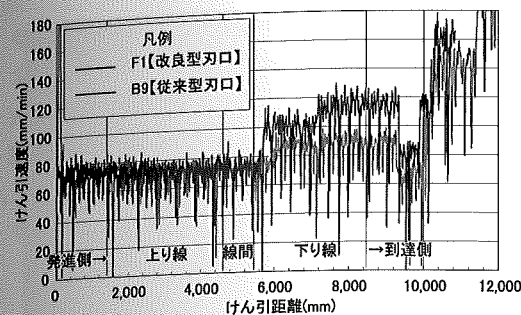


図-7 けん引速度(B9・F1)

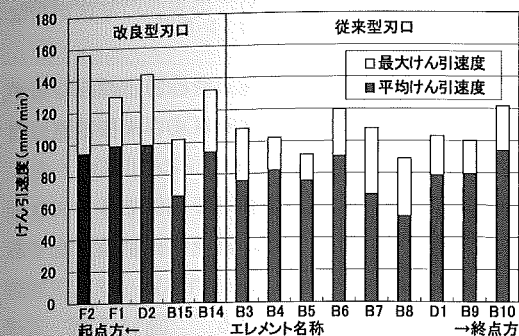


図-8 下り線におけるけん引速度

り線線路下でのけん引速度が低い理由は、上り線の線路閉鎖間合いに余裕があり、上り線のけん引速度を下り線と同程度まで向上しても手待ちが生じるためである。下り線の線路下におけるエレメントごとの平均・最大けん引速度を図-8に示す。この結果、従来型刃口では平均77mm/min、改良型刃口では平均90mm/minであり、改良型刃口の方が下り線線路下におけるけん引速度が高いという結果となった。刃口形状の違いのほか、起点方と終点方とは同じ粘性土でも性質が異なることの影響も考えられる。

2-6-3 最大けん引力

従来型刃口(B9)、改良型刃口(F1)のエレメント施工時のけん引力を図-9に示す。設計けん引力835kNに対し、最大けん引力は従来型刃口(B9)599kN、改良型刃口(F1)で455kNである。

地山を取り込みやすい構造とした改良型刃口は、従来型刃口と比較し約1割程度けん引力が小さくなった。

2-6-4 軌道変位

B9エレメント施工時の上り線の軌道変位(高低、

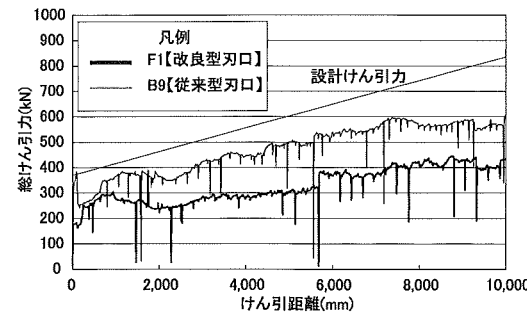


図-9 エレメントけん引力(B9・F1)

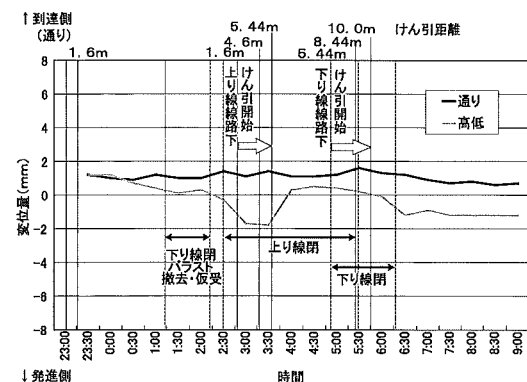


図-10 B9エレメント施工時の上り線軌道変位(通り、高低)

通り)を図-10に示す。計測は、レール側面に設置したミラーをトータルステーションにより30分ごとに測定している。今回の施工では、エレメント直上のバラストを撤去後にけん引するため、上り線線路下のけん引による軌道変位は生じていない。また、下り線線路下を刃口が通過する際は上り線のバラスト復旧後となるが、上り線への影響(4:52~5:45)は高低、通りとも1mm未満であり、レール補剛桁とフリクションカットの効果により、軌道への影響は見られなかった。

2-7 急速施工に関するまとめ

線路下横断工事の工期が長くなる要因の一つである線路閉鎖作業に制限される上床版エレメントの施工を機械設備、軌道変状の対策を行うことにより、一晩に1本12mのエレメントの施工が可能となった。今回の取り組みのように、安全を確保しながらエレメントの急速施工を行うことは、今後の線路下横断工事の工期短縮・コストダウンに貢献できると考えている。

急速施工の実現にあたっては、設計段階において接続部のない1本のエレメントを採用することや立坑の延長を長くするなど、施工性を考慮した計画とすることが望ましく、施工計画段階においては、掘削土の排出計画やベルトコンベヤの故障リスク低減対策など、作業の段取り替えをできる限り必要としない、連続施工を可能とする計画とすることが重要である。

3 COMPASS工法

3-1 工事概要

図-2に示した断面図のうち、両側の歩道を非開削工法であるCOMPASS工法を用いて施工するものである。COMPASS工法とは、仕上がり内空で3.5m×3.0m程度の小断面の横断構造物を構築する非開削工法である。図-11にCOMPASS工法の施工順序を示す。まず切削機械をけん引する

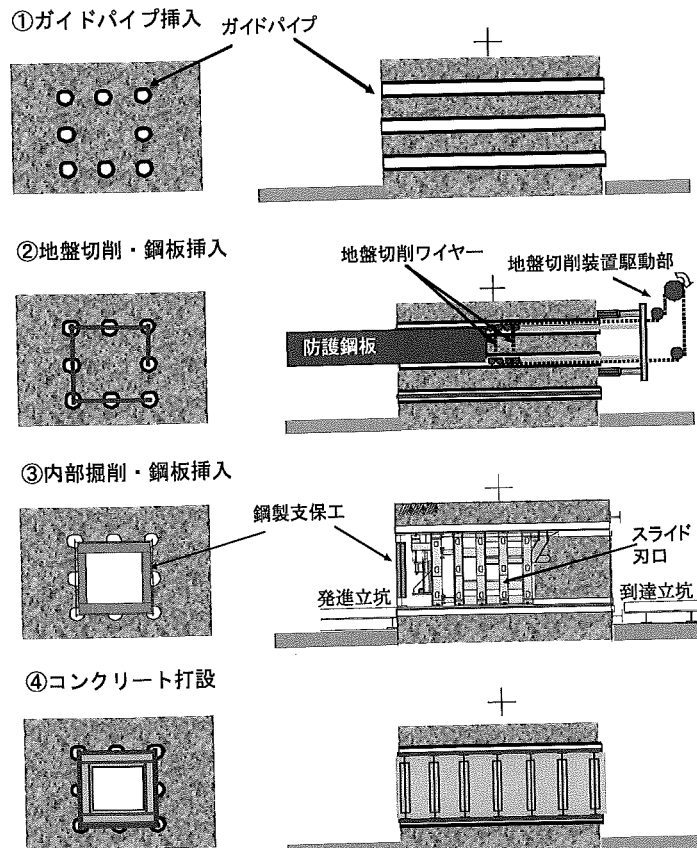


図-11 施工順序図

ためのガイドパイプを施工する。地盤切削にはφ11mmの地盤切削ワイヤーを使用し、ワイヤーにより先行切削したあとに、切削した隙間に防護鋼板(t=22mm)(以下「鋼板」とする)を挿入する。鋼板を構造物外周形状に合わせ4辺に挿入したあと、鋼板で囲まれた内部を掘削し、場所打ちでボックスカルバートを構築するものである。

この工法の特徴は、

- ① ワイヤーの切削によりできた隙間に鋼板を挿入し周囲を囲むため、地表面の変状が少ない
- ② 適用対象土質は粘性土や砂質土のみならず、玉石や礫混じり地盤などさまざまな地盤に対応できる
- ③ 先行貫入し地山の安定を確保できるスライド刃口を用いるため、安全な掘削が可能である

ことが挙げられる。

3-2 施工条件

図-12に歩道の構造断面図を示す。

図-11に示したとおり、COMPASS工法は、歩道や水路などの小断面の構造物を単独に施工する工法である。しかし本現場の歩道部は、上床と側壁の

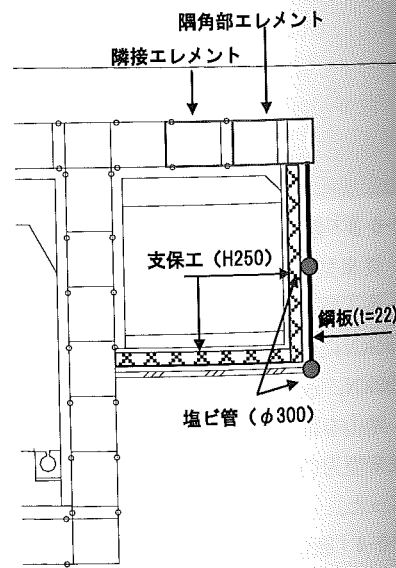


図-12 構造断面図



写真-4 切羽面の状況

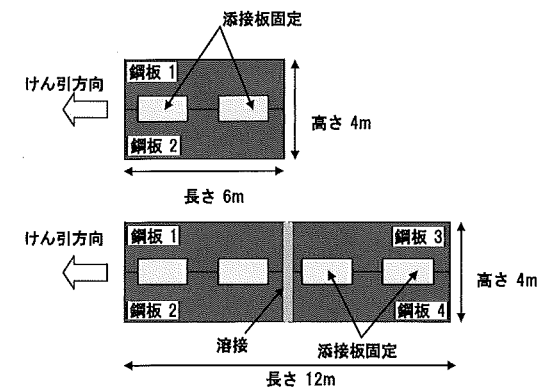


図-13 側壁鋼板の連結図

片側(車道側)は、JESエレメントが既に施工されており、従来のCOMPASS工法とは異なり、JES工法とCOMPASS工法を組み合わせることで歩道の構築を行うものである。写真-4に歩道部の切羽面を示す。地質は、沖積層の粘性土が主体でN値は10程度であり、自立性がよい地盤である。

3-3 施工計画

3-3-1 側壁鋼板の施工

図-13に側壁鋼板の連結図を示す。従来の鋼板は、切削時のワイヤーのたわみ量とワイヤーから鋼板までの離隔の関係より、鋼板高さを2mとして挿入していた。本現場では、上床部がエレメントにより防護されている点や、水平鋼板のけん引に比べ鉛直性を保ち施工しやすい側壁鋼板であることから、効率的な側壁鋼板の挿入を目指し、鋼板高さ2mの側壁鋼板をボルトで連結し、高さ4mの側壁鋼板(4m×6m×22mm)としてけん引することにした。長さ方向の途中の連結は、完全溶込み溶接により行い、延長12mとした。施工では、切削ワイヤーのたわみ量を抑えるため、ガイドパイプを2本(中部、下部)施工し、隅角部エレメントとこの2本のガイドパイプの3か所で側壁鋼板をけん引する方法とした。けん引はPC鋼より線(φ28.5×3本)とけん引ジャッキ(200tf×3本)を用いる計画とした。

図-14に隅角部エレメントと側壁鋼板の接合図を示す。上床の隅角部エレメントには、鋼板用のスリットを設けた。エレメントけん引時は、アンクル材を挟み込み間隔を保持し、鋼板挿入時には

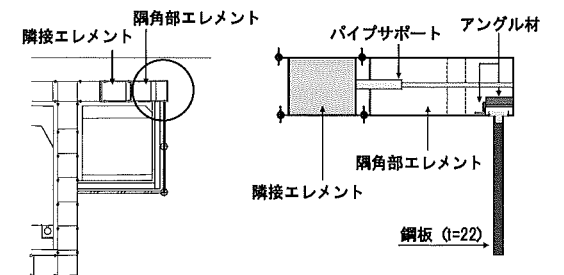


図-14 隅角部エレメントと側壁鋼板の接合図

アンクル材の切断撤去と同時にパイプサポートを1m間隔に設置し、間隔を保持することとした。

3-3-2 歩道函体の構築方法

図-15に函体構築方法の従来と今回の比較を示す。歩道の構築はこれまでは内部掘削を行い、その後から支保工(H形鋼)を建て込み、鉄筋の加工・組立て後にコンクリートを打設して函体を構築する方法としていた。この方法では2例ほど実績があるが、狭隘な箇所での作業数が多く、支保工建て込みやコンクリート打設の作業などの施工性向上が課題となっていた。さらに、従来の方法では工法の特徴上、各作業ステップを踏まわずには次の工程へ進めず、工種が並行作業とならないため、工期が長期化する傾向があり改善する要素があった。そこで本現場では、施工性の向上と工期短縮を目的に、プレキャストボックスカルバート(以下「PCaボックス」とする)をけん引する方法に変更した。この変更により、函体施工時の施工性が向上すると同時に漏水などの懸念もなくなり、品質面においても有利となった。またPCaボックスの製作期間を前工種である鋼板挿入工やけん引

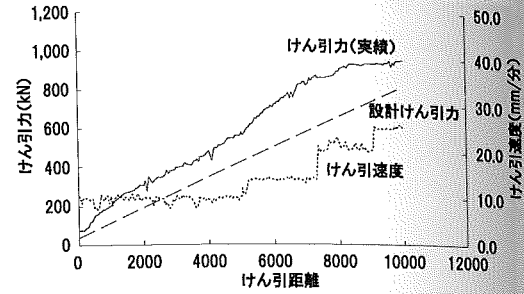
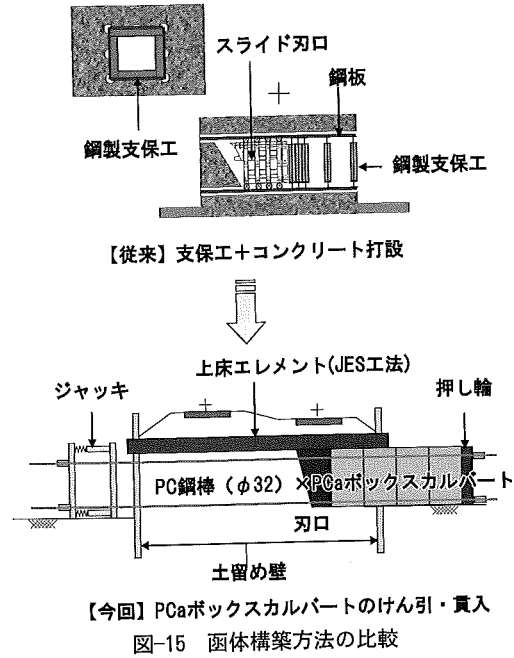


図-16 けん引力とけん引速度の関係

こととし、 $24\text{mm}(=L/500)$ の許容値に対して、 $3\sim 12\text{mm}$ 程度であり、許容値内に収まる結果となった。なお、鋼板とエレメントの内寸寸法は、設計値以上となっている。

3-4-2 PCaボックスカルバートのけん引工

図-17に線路下函体の構築に要した施工日数を示す。当初の方法と比較すると、内部掘削+支保工建て込みから函体構築まで49日と試算された施工日数を38日に短縮し、11日間(22%)の工期短縮を図れた。ここで、工期短縮を図れた理由としては、PCaボックスにしたことによる効果と、PCaボックス上床部がエレメントにより防護されていたため、通常線路閉鎖作業となるPCaボックスけん引作業を間合い作業として施工できたためである。

図-18に函体けん引時のけん引力(東京方・青森方)を示す。最大けん引力は730kN(東京方)程度となり、設計けん引力に対して6割程度であった。けん引作業は順調に進み、全体的にけん引力が設計値に対して低く推移した。

3-4-3 軌道変状

鋼板挿入時およびPCaボックスけん引時には、軌道への影響を考慮し、トータルステーションによる全体監視により、レールの高低、通りを計測した。PCaボックスけん引では、内部掘削およびけん引作業が軌道に影響を与えるか否か確認する目的で、1体目のPCaボックスだけ線路閉鎖間合いによる施工とした。結果としては、PCaボックスけん引作業による軌道への影響は、工事中止値11mmに対して2mm程度に収まっており、ほとんど影響がなかったといえる。理由としては、PCaボックスの上部に張出し構造として施工されていた

用ガイドパイプの施工時期と同時期にすることで工期短縮を図ることも可能となった。

なお、COMPASS工法において、PCaボックスをけん引する方法は、本現場が初めてである。

3-4 施工結果

3-4-1 側壁鋼板挿入工

施工結果の一部として、図-16に青森方の側壁鋼板挿入時のけん引力とけん引速度を示す。けん引力(実績)は、設計けん引力に対して、1.2~2倍程度大きく、最大けん引力は954kNであった。土質が粘性土(N値10程度)であり、鋼板に作用する粘着力や土圧が影響した結果と推測できる。

けん引速度は、これまでの実績より10mm/min程度からけん引を始め、その後段階的に上昇させていった。速度向上によるけん引力の影響はほとんどなく、けん引速度は平均して14.0mm/minであった。平均値はこれまでの実績(2m幅もので20~30mm/min程度)と比較すると、低い値であるが、高さ4mの鋼板を挿入した点を考慮すると、従来と同程度かそれ以上の施工速度であったといえる。施工日数は、1か所あたり7日間で終了し、段取り替えも含めると2か所で20日間要した。

鋼板の施工精度は、到達側の鉛直性を測定する



図-17 施工日数の比較

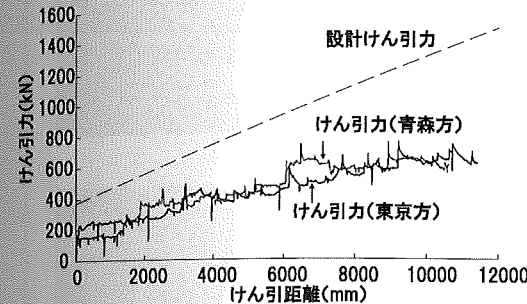


図-18 函体けん引時のけん引力

JESエレメントが軌道防護の役目を果たしたためと考えられる。

3-5 歩道構築に関するまとめ

写真-5に函体けん引後の状況を示す。本現場では、JES工法とCOMPASS工法を組み合わせる方法により歩道構築を行った。防護鋼板の施工では、高さ4mの防護鋼板のけん引を精度よく施工できた。また函体構築方法をPCaボックスカルバートに変更したことにより、施工性の向上ならびに工期短縮を実現した。

COMPASS工法においては、施工実績や施工結果におけるデータ数がまだ少ないため、施工実績を蓄積し、現場の特状に合わせた改良を行っていくことが課題である。

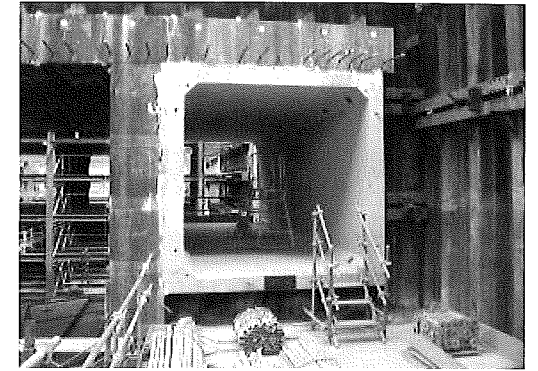


写真-5 けん引完了状況

4 おわりに

本現場では、二つの非開削工法を組み合わせた線路下横断工事において取り組んだ内容とその結果を中心に述べてきた。各種のリスク対策や施工方法の見直しにより、工期短縮や効率的な施工が実現できた。本報告が今後の非開削工法を用いた線路下横断工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 福島・森山・若林・佐藤：簡易な線路防護工を用いた非開削工法の施工事例，第18回トンネル工学研究発表会，Vol.18，p.343，2008.11.
- 2) 高橋・玄順：太平寺こ道橋新設におけるJES工法の急速施工の実施について，土木学会第64回年次学術講演会論文概要集，VI-93，2009.9.
- 3) 福島・森山・坂上・川崎：地盤切削を用いた非開削工法の施工，土木学会第64回年次学術講演会論文概要集，VI-48，2009.9.
- 4) 高橋・三上・澤村・徳本：COMPASS工法による小断面路線下横断工の非開削施工，土木施工，Vol.50，No.9，2009.9.
- 5) 福島：新しい構造形式を採用した歩道函体の設計・施工，第24回総合技術講演会概要集(土木工事施工)，p.37，2009.10.

続きみの庭にも温泉が出る

その後の温泉開発と建設の考え方

石井康夫・俣野恭寛 共著 新書判 217頁 本体定価 1,200円 (〒210円)

株式会社 **土木工学社**

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



「自然と観光豊かな上栗山トンネル」より

新井和男

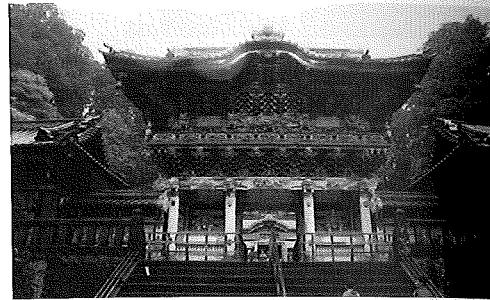
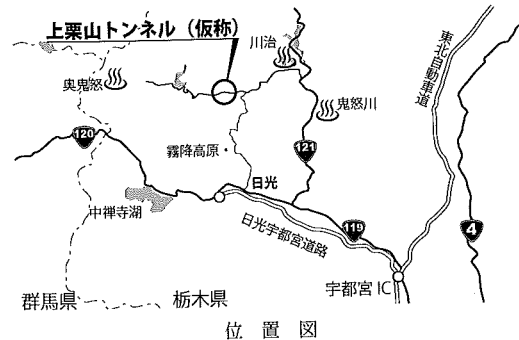
日光市は関東地方の北部、栃木県の北西部に位置し、日光東照宮や輪王寺の門前町として発達し、中禅寺湖を抱える観光都市として有名である。また、明治時代に外国人向けの日本最初の避暑地として奥日光が開発され、今日のリゾート産業につながっている。

日光と言えば「日光を見ずして結構と言うなかれ」という格言のとおり、自然の景勝と歴史的建造物など、古来より変わらぬ歴史的観光資産が散在する。中でも、二社一寺(日光東照宮、日光二荒山神社、日光山輪王寺)が日光の社寺として、ユネスコの世界遺産(文化遺産)に登録されている。

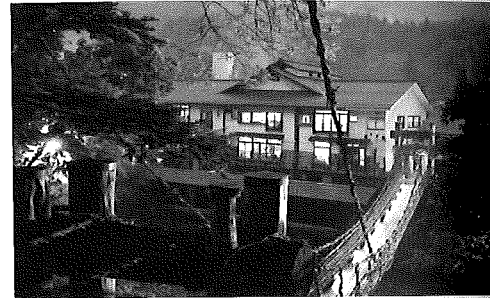
平成18年3月に、今市市・日光市(旧制)・足尾町・藤原町・栗山村の新設合併により現在の日光市が発足し、全国の市として静岡市を抜き、高山市と浜松市に次いで全国第三位、栃木県全体の約22%を占める広大な面積を有する市が誕生した。

そんな日光東照宮から、更に車で約40分北西に向かった所に当現場上栗山地区がある。日光市からのルートとしては2ルートあり、ひとつのルートは高原風景豊かな標高1,433mの霧降高原を放牧中の乳牛とたまに出現する野生の猿と鹿に歓迎されながらのルート(冬季は通行不可)ともうひとつは旧今市市→鬼怒川温泉→川治温泉と温泉街を通るルートとがある。

当工事は、栃木県の北西部を占める下野山地内に位置し、地域の地形は標高1,200~1,500mの山頂高度を有する急峻な山嶺が連続し、鬼怒川およびその支流による浸食で深いV字谷を形成し、全体として満壮年期の山地地形である。



日光東照宮(陽明門)



渓谷に囲まれる静かな川治温泉郷

現県道の川俣温泉川治線は、鬼怒川左岸側の低位の河岸段丘を通っており、未だ狹隘区間や危険箇所が残っている。また、平成14年1月には斜面崩壊により現道が遮断された部分もある。これらの問題を解決するために当JVが施工する「上栗山トンネル(仮称)」が計画された。

当工事の概要は、トンネル延長704mをNATMで施工するものである。起点側(到達側)の地質は、転石が斜面を覆う崖錘性堆積物となり、トンネル中間部は硬質火山礫凝灰岩を主体とし、終点側(掘削側)は段丘堆積物φ300cmを超える円礫、玉石を含む砂礫で形成されている。補助工法としては設計で注入式フォアポーリングが考慮されている。

掘削開始は2009年8月末を予定している。今後、発注者、関係各位のご指導のもと、作業所職員、協力業者一丸となって、1日も早い完成を目指し、安全に、より良いものを造っていきたくと思っています。(飛島・斉藤・大岩JV上栗山トンネル担当統括所長)

施工

プラスチックフィルムを用いた覆工コンクリートの養生試験

—徳島県主要地方道神山鮎喰線 養瀬トンネル—

若築建設(株)建設事業部門土木部総合評価対策室室長 壹岐直之
若築建設(株)建設事業部門土木部工事課課長 須貝亮
若築建設・扇建設養瀬トンネル建設工事共同企業体現場代理人 山田祐二
山口大学大学院理工学研究科准教授 吉武勇

1 はじめに

コンクリートの強度や耐久性など所要の品質を確保するためには、打ち込み後一定の期間は適当な温度のもとで、十分な湿潤状態を保って養生しなければならない。とくに、湿潤状態を保つことは水和反応を十分に行うために重要である。土木学会『コンクリート標準示方書〔施工編〕』¹⁾では、湿潤養生の期間をセメント種類や環境温度に応じて3~12日程度を標準としているが、湿潤養生は施工上可能な限り長く実施することが望ましいと記されている。水セメント比が大きい場合には湿潤養生期間を長くすることによる組織の緻密化が重要であることを示唆した文献²⁾や、養生の期間が長いほど劣化に対する抵抗性が向上するとして文献³⁾もある。

一方、山岳トンネルの二次覆工コンクリートは、一般的に施工サイクルの制約から材齢1日以内で脱型され、その後は特別な養生が行われなため若材齢時に乾燥の作用を受けることになる。近年では、コンクリートの耐久性を向上させるため材齢初期の養生が通常のコンクリートと同様に重要とされ⁴⁾、覆工コンクリートの養生方法としてい

くつかの方法が提案されている。その方法として、空気の圧力によってシートをコンクリート表面に押し付けて乾燥から保護する方法⁵⁾や、ミストを散布して湿潤状態に保つ方法⁶⁾などがある。しかしながら、これらの方法は設備が大掛かりであり、長期的に養生を継続する場合は経済的な負担が大きくなる懸念される。

そこで、施工性や経済性に優れる材料として軽量のプラスチックフィルムに着目し、これを簡便な方法で定着させて行う封かん養生について検討を行った。

本稿は、この封かん養生の適用性を確認するために行った試験施工の結果について述べるものである。

2 工事概要

封かん養生の試験施工を行ったトンネルは、徳島県の主要地方道神山鮎喰線の養瀬バイパス工区における「(仮称)養瀬トンネル」である。このトンネルは、神山町鬼籠野から阿野までの区間の幅員狭小や線形不良を解消し、利便性の向上や安全で確実な通行の確保を目的に、平成8年度から1.56kmのバイパスとして整備が進められている

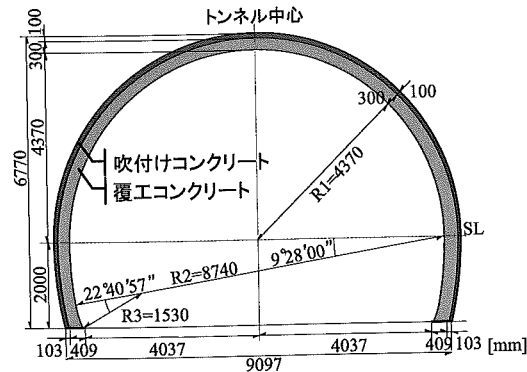


図-1 トンネルの標準的な断面

表-1 使用材料の特性

材 料	成 分・性 質
水 (W)	上澄水・地下水
セメント(C)	高炉セメントB種(密度: 3.04g/cm ³)
細 骨 材(S)	砕砂(阿波市小月産, 密度: 2.56g/cm ³)
粗 骨 材(G)	砂利(吉野川産, 最大寸法40mm, 密度: 2.59g/cm ³)
混 和 剤(Ad)	AE減水剤(標準形I種), リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体

表-2 コンクリートの配合(21-15-40BB)

W/C (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	s/a (%)	単位置量(kg/m ³)				
				W	C	S	G	Ad
59.1	14.0	4.7	41.5	172	291	730	1,041	4.34

事業の一部である。

工事概要を以下に記す。

工事名称：緊急地方道路整備事業

工事箇所：名西郡神山町鬼籠野～阿野

養瀬トンネル

施工場所：徳島県名西郡神山町鬼籠野字坂瀬川

工事期間：平成18年12月16日～

平成21年9月30日

発注者：徳島県東部県土整備局<徳島>

施工者：若築建設・扇建設緊急地方道路整備
工事養瀬トンネル建設工事共同企業
体

養瀬トンネルはNATMで構築される全長531m, 幅員8.5m(2車線)の山岳トンネルである。同トンネルの標準的な断面を図-1に示す。覆工コンクリートの厚さは300mmである。覆工コンクリート

の使用材料および配合を表-1, 2に示す。この配合は、覆工コンクリートとして一般的なものである。

3 封かん養生でのプラスチックフィルムの適用性

3-1 封かん養生の実施方法および施工性

施工中の1スパン全体に対してプラスチックフィルム(以下、「フィルム」と略す)による封かん養生を行い、この養生の施工性や持続性を確認した。封かん養生に用いた材料は、厚さ0.02mm程度の高密度ポリエチレン製のフィルムであり、材料費は10~20円/m²である。このフィルムを、覆工コンクリート表面に噴霧した水の表面張力を利用して貼り付け、フィルムの端部をテープでコンクリートに密着させることによって空気の侵入を防止し、大気圧によって長期的な密着性を確保した。フィルムを貼り付けた状況を写真-1に示す。貼り付けに接着剤や化学薬品などを使用せず、フィルム端部のテープは強い接着性を必要としないため、コンクリートへの悪影響はない。

また、フィルムの破損やテープの剥離などによってフィルムが剥落することを防止するため、トンネルの内面に沿ったアーチ状でアルミパイプ製の支柱をスパン端部の目地に取り付け、両端の支柱を太さ0.8mm程度のナイロン製の糸でつないだ。ナイロン製の糸の円周方向の間隔は2m程度とした。支柱と糸の設置イメージを図-2に示す。

封かん養生の期間は打設から28日間とした。なお、今回の実験では養生期間を28日間としたが、例えば供用開始まで、養生期間を延長できると考



写真-1 プラスチックフィルム封かん養生の実施状況

えている。

なお、今回の試験施工では、覆工コンクリート打設の施工性に配慮して、セメントから1スパン分離したスパンを封かん養生の対象とし、封かん養生の開始はセメント脱型から4日経過した後とした。このため、脱型直後から封かん養生を開始した場合の効果を把握することを目的として、脱型直後のスパンの一部分に対してフィルムによる封かん養生を実施した。部分的に封かん養生を行った位置は、写真-1に示したとおりである。この部分において、養生中の温度および湿度を計測した。計測器の取り付け状況を写真-2に示す。計測は温度・湿度データロガーを地面から高さ2mの位置に取り付け、1時間ごとに自動計測した。

フィルム貼り付けの施工性について、1スパン分の養生を3人×1日で行うことができ、覆工コンクリートの打設工程に対して悪影響を及ぼさな

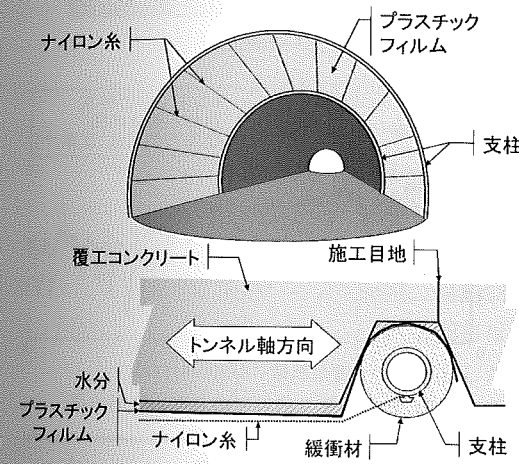


図-2 支柱と糸による剥落防止のイメージ

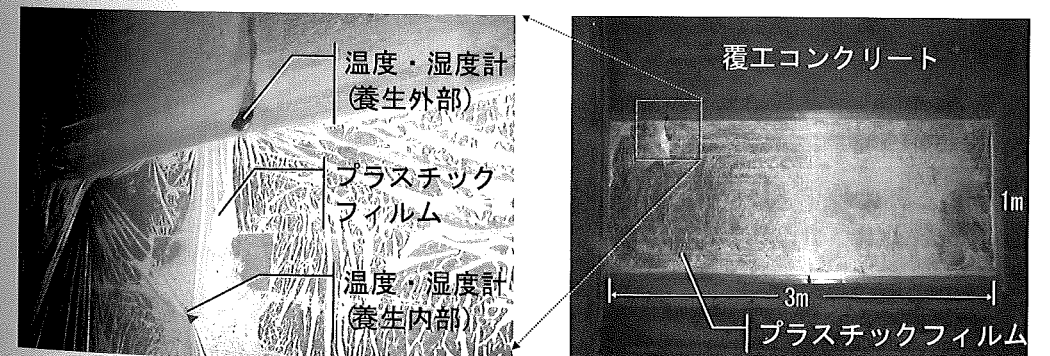


写真-2 部分的な封かん養生の実施状況

いことが確認できた。

なお、貼り付け作業の3人×1日は、高所作業車を使用した場合の作業量であり、効率的な方法を用いれば作業時間をさらに短縮できるものと予想される。この養生方法によって、従来の養生ではH形鋼などで製作された架台や台車などを使用し設備が大掛かりになりがちであった欠点を克服することができ、施工性や経済性を向上できると考えている。また、この養生を実施工として行う場合は、覆工コンクリートの打設と養生シート貼り付けの作業をあらかじめ計画することにより、セメント脱型直後から封かん養生を実施できると考えている。

3-2 封かん養生の経過観察

フィルムによる封かん養生の状況変化を、貼り付け直後から4週間後まで観察した。1週間ごとの撮影を写真-3に示す。

貼り付け直後(写真-1)、シートはコンクリートに密着し、気泡は確認されなかった。1週間後には天端付近を中心に気泡が生じ、2週間後には気泡の面積が増えた。これ以降、気泡の面積の増加は確認されず、4週間後、気泡の面積はシート全体の1/3程度であった。4週間を通して、フィルムの破損や剥落は生じず、フィルムの内部には4週間後にも水滴が残っていた。また、写真-4に示すように、脱型直後から部分的に封かん養生を行った部分では、フィルムを剥がした後、コンクリート表面は黒っぽく湿った状態であり、養生期間中はコンクリートの乾燥を抑制できていたと推測される。

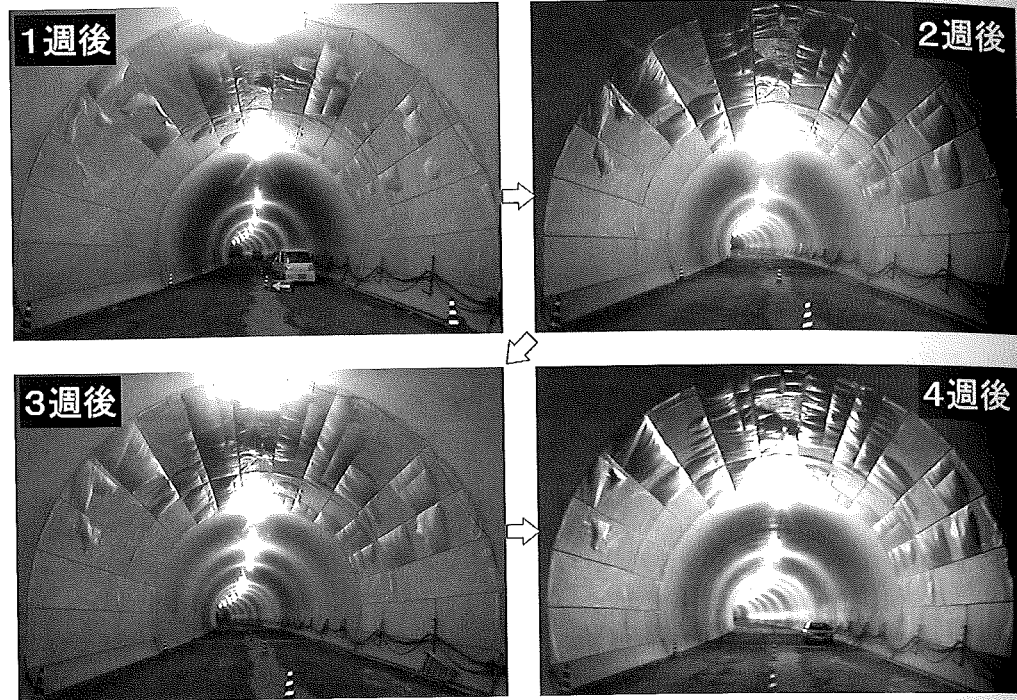


写真-3 プラスチックフィルムの状況変化(貼り付けの1週間後～4週間後)

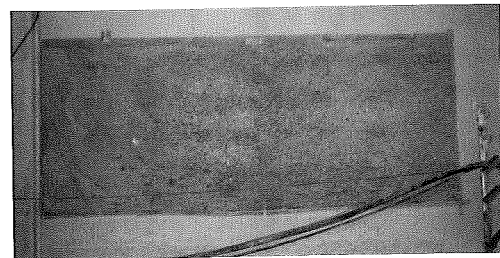


写真-4 プラスチックフィルムを剥がした直後の状況

3-3 封かん養生内部の温度および湿度

封かん養生のフィルム内部および外部で計測した温度を図-3に、相対湿度を図-4に示す。計測はセトル脱型後(材齢1日後)から開始したものである。また、トンネル施工現場から15km程度離れた場所にある気象庁気象台が公表した徳島市内の温度および湿度も同図に示した。

養生開始時(図-3中では0日)において、フィルム内部の温度はトンネル内の外気よりも7.5℃高かった、これは、コンクリート表面とフィルムの間に空気あるいは水の層が形成され、この層によってコンクリートの水和熱が保温されていたためと考えられる。トンネル内の外気温の変化に対して、

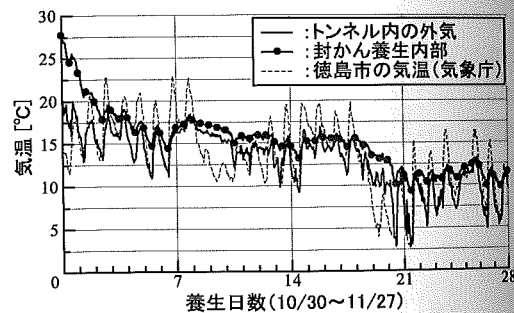


図-3 封かん養生内外での温度の計測結果

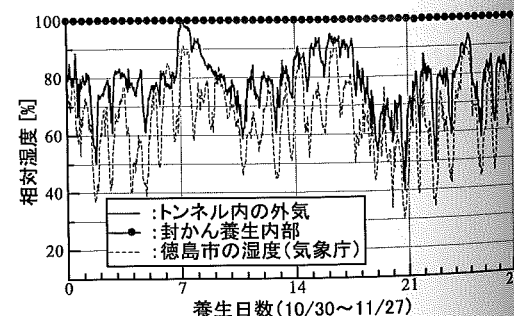


図-4 封かん養生内外での相対湿度の計測結果

フィルム内部の温度変化は振幅が若干小さく、とくにトンネル内の外気温が低下した際にフィルム内部の温度低下が少なかった。

トンネル内の外気の相対湿度は40~99%で推移し、計測した28日間の平均値は78.2%であった。一方、フィルム内部の相対湿度は、99.0~99.9%で推移し、28日間の平均値は99.9%であった。この計測はトンネルが貫通した後に行ったものであり、貫通前と比較して乾燥しやすい環境である⁹⁾。そのような環境においても、フィルムによる封かん養生を行うことによってコンクリート表面を高湿度に保つことができた。また、封かん養生によって急激な気温低下から覆工コンクリートの温度変化を抑制することができた。これらのことから、覆工表面に作用する内的拘束応力を緩和できると考えられる。

4 封かん養生によるコンクリートの品質向上

4-1 試験方法

施工する覆工コンクリートと同じコンクリートで実験用供試体を作製し、養生終了後に圧縮強度試験、引張強度試験、および透気性試験を行った。計測項目と試験方法を表-3に示す。本研究では表-4に示した養生を施した供試体φ125×250mmを用い、圧縮強度試験を材齢7、28、56日に、割裂引張強度試験を材齢7、28日に行った。なお、材齢56日の圧縮強度試験に用いた供試体は、材齢28日までは表-4に示した養生を行い、その後28日はすべてトンネル施工現場における気中に静置した。

透気速度の試験は、封かん養生および現場気中養生についてφ150×50mmの供試体3体ずつとして行った。養生方法は表-4に示したとおりである。φ150×150mmの供試体を製作し、施工中のトンネル内で28日間養生した。養生終了後、供試体の打設時の底面側を厚さ50mmに整形し、試験前養生として50℃環境で10日間の乾燥処理を行った。その後、RILEM TC116-PCD⁹⁾に準拠して透気性試験を実施した。

また、実構造物の覆工コンクリートにおいて、脱型直後から28日間フィルムによって封かん養生を行った区画と、気中養生を行った区画を対象にして、硬化コンクリートのテストハンマー強度試

表-3 計測項目

計測項目	計測方法および試験の対象
圧縮強度	JIS A 1108 : 2006に準拠 供試体φ125×250mm
割裂引張強度	JIS A 1113 : 2006に準拠 供試体φ125×250mm
透気速度	RILEM規格TC116-PCDに準拠 供試体φ150×50mm
テストハンマー強度試験	JSCE-G 504-2007に準拠 実構造物の覆工コンクリート (試験位置は図-5)

表-4 供試体を用いた養生方法の比較ケース

養生の名称	養生材料や養生期間など
封かん養生	材齢1日で脱型。この直後に厚さ0.02mmのプラスチックフィルムで封かん。材齢28日まで養生実施。
標準養生	材齢1日で脱型し、その直後から20℃の水中に静置。材齢28日まで養生実施。
現場気中養生	材齢1日で脱型し、その直後から現場環境に静置。

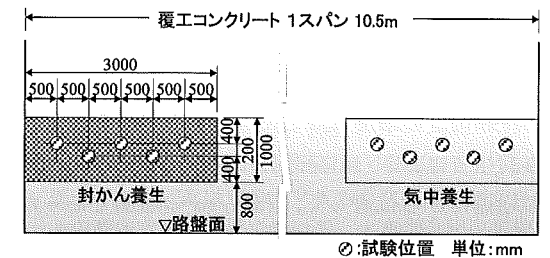


図-5 テストハンマー強度試験の実施位置

験を行った。テストハンマー強度試験(JSCE-G 504-2007)を行った位置を図-5に示す。封かん養生を行った区画と、気中養生を行った区画での試験位置は同じである。一区画の大きさは封かん養生を行った3m×1mであり、一区画あたり5か所で試験を行い、試験位置の中心間隔は横方向に500mm、縦方向に200mmとした。試験はコンクリート打設から91日経過した後に行った。

4-2 強度の試験結果

圧縮強度の試験結果を図-6に示す。材齢28日の圧縮強度で比較すると、標準養生では23.3N/mm²、現場気中養生では21.8N/mm²、封かん養生では25.9N/mm²であった。標準養生での圧縮強度に対して、現場気中養生での圧縮強度は6.4%低下し、封か

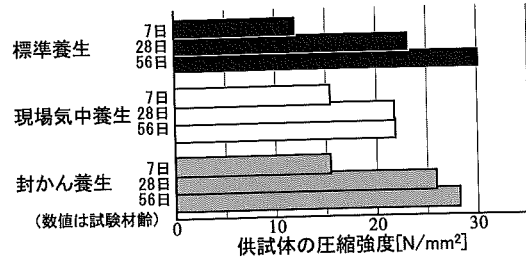


図-6 供試体による圧縮強度の試験結果

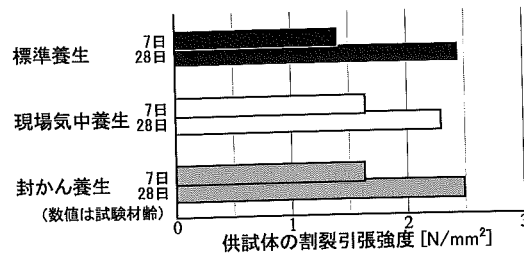


図-7 供試体による割裂引張強度の試験結果

ん養生では11.2%向上した。

材齢56日(=28日間養生の後、28日間は気中)の圧縮強度で比較すると、標準養生では30.3N/mm²、現場気中養生では21.9N/mm²、封かん養生では28.2N/mm²であった。現場気中養生では材齢28日からの圧縮強度の増進はほとんどみられないが、封かん養生では2.3N/mm²増進した。標準養生での強度の増進はさらに著しく、7.0N/mm²の増進であった。

割裂引張強度の試験結果を図-7に示す。材齢28日の割裂引張強度で比較すると、標準養生では2.45N/mm²、現場気中養生では2.29N/mm²、封かん養生では2.49N/mm²であった。封かん養生での割裂引張強度は、気中養生に対して109%、水中養生に対して102%であった。

以上のことから、フィルムを用いた長期的な封かん養生を行うことによって、コンクリート強度の向上が期待できると考える。

4-3 透気性の試験結果

透気速度の計測結果を図-8に示す。透気速度は試験から得た透気量を用い、式(1)により計算した。

$$K_s = \frac{2 \cdot \gamma \cdot g \cdot P_a \cdot L}{P_1^2 - P_a^2} \cdot \frac{Q_1}{A} \times 10 \quad (1)$$

ここに、

K_s : 透気速度(mm/sec)

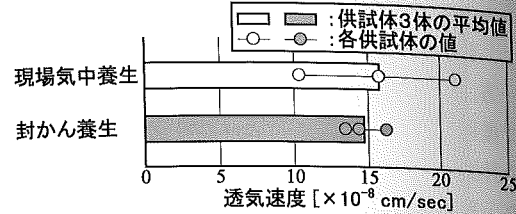


図-8 供試体による透気速度の試験結果

- Q_1 : 透気量(mm³/sec)
- A : 試験体の断面積(mm²)
- L : 試験体の厚さ(mm)
- P_a : 印加圧力(N/mm²)
- P_1 : 大気圧(N/mm²)
- γ : 気体の単位容積重量(空素: 1.25×10⁻³ (g/mm³))
- g : 重力加速度(mm/sec²)

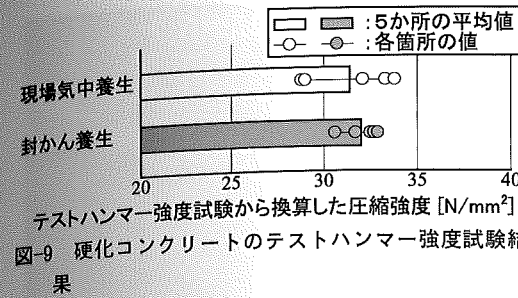
である。

封かん養生を施した供試体の透気速度は、気中養生の供試体と比較して供試体ごとの値の差が少なく、透気速度の平均値は若干小さい値であった。封かん養生を行うことによって透気速度が低下し、中性化などに対する抵抗性が若干向上したと考えられるが、これが有意な差であるかについては、継続調査中である。

なお、水セメント比が50~60%のコンクリートにおける一般的な透気速度は10~100×10⁻⁸cm/sec程度であり⁹⁾、透気速度は骨材の使用量によって変動するとされている⁹⁾。本実験において、透気速度は上述と同程度の値であったが、各供試体の試験値に差があったのは、粗骨材の最大寸法が40mmであり、供試体作製時において粗骨材の混入比率に差があったことが影響したと考えている。

4-4 テストハンマー強度試験の結果

実構造物の覆工コンクリートを対象にして行った硬化コンクリートのテストハンマー試験結果を図-9に示す。現場気中養生を行った区画で推定された圧縮強度は、28.9~33.8N/mm²で分布し、平均値は31.4N/mm²であった。一方、封かん養生を施した区画で推定された圧縮強度は、30.6~32.9N/mm²で分布し、平均値は32.0N/mm²であった。封かん養生を行った区画の強度は、現場気中養生の区



画と比較して各試験箇所での差が少なかった。

実構造物においても、フィルムを用いた長期的な封かん養生を行うことによって圧縮強度の向上することが確認できた。

5 ま と め

プラスチックフィルムを用いた封かん養生の覆工コンクリートへの適用性を確認するため、試験施工を行った。結果を以下にまとめる。

- ① プラスチックフィルムによる封かん養生のフィルム貼り付け作業は、覆工コンクリート打設工程に悪影響を及ぼさないことがわかった。また、貼り付けたフィルムは28日間にわたって剥落や破損を生じず、長期的に封かん養生の環境を維持できることが確認できた。
- ② 封かん養生の期間中、相対湿度78%(平均値)の環境下において、養生内の相対湿度は99%以上を保つことができた。また、外気温の変動に対して養生環境の温度変化を緩和する効果が確認された。これらによって、覆工コンクリート表面の内的応力を緩和し、ひび割れの抑制に効果があったと考えられる。
- ③ 封かん養生を行うことによって、コンクリートの強度が増加した。封かん養生を行った供試体での圧縮強度の比率は、気中養生に比べて129%、標準養生に比べて111%であった。強度の増加は、テストハンマー強度試験によって実構造物においても確認された。
- ④ 封かん養生を行うことによって、コンクリートの透気性が若干低下した。
- ⑤ 以上のことから、プラスチックフィルムを用いた封かん養生は、実施工において実施可

能であり、覆工コンクリートの品質向上に寄与することが確認できた。

なお、現在施工中の別の道路トンネルにおいて、プラスチックフィルムを用いた封かん養生を行うことを計画している。この工事では温度やひずみ計測などを行い、長期的な封かん養生の効果を詳細に評価する予定である。なお、プラスチックフィルムを用いた封かん養生は、貼り付け方法について特許出願中である。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：2007年制定 コンクリート標準示方書[施工編]，2007。
- 2) 郭度連・國分勝郎・宇治公隆・上野敦：コンクリートの乾燥収縮に及ぼす水セメント比および養生条件の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.743-749，2003。
- 3) 遠藤裕丈・谷口史雄・島田久俊：養生と乾燥日数が異なるコンクリートの凍害と塩害の複合劣化特性，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，pp.741-746，2002。
- 4) 馬場弘二・伊藤哲男・城間博通・宮野一也・中島浩・谷口裕史：施工中のトンネル坑内環境と覆工コンクリートの湿度変化に関する研究，土木学会論文集，No.742/VI-60，pp.27-35，2003.9。
- 5) 佐藤幸三・椎名貴快・新藤敏郎・安部俊夫・小林雅彦：バルーンを用いたトンネル二次覆工コンクリートの養生方法と効果について，土木学会年次学術講演会講演概要集第6部，Vol.59，pp.364-365，2004.9。
- 6) 濱田洋志・大山茂・須田政成・羽瀨貴士：噴霧養生装置による覆工コンクリートの乾燥収縮低減対策の効果，土木学会年次学術講演会講演概要集第6部，Vol.60，pp.8-9，2005.9。
- 7) RILEM TC 116-PCD：Permeability of concrete as a criterion of its durability Final report: Concrete durability - An approach towards performance testing, *Materials and Structures*, Vol.32, pp.163-173, 1999.4。
- 8) 金武漢・權寧璣・朴宣圭・姜錫杓：モルタルおよびコンクリートの中性化に影響を及ぼす透気係数に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No.1，pp.193-198，2000。
- 9) 塚原絵万・加藤佳孝・魚本健人：欠陥を有するモルタル試験体の透気性に関する実験的考察，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.2，pp.823-828，2001。



■ベルリンの地下

2009(平成21)年に開催された世界陸上大会の舞台となったドイツの首都・ベルリンは、かつてヨーロッパにおける学問や文化・芸術の中心地として繁栄したが、ドイツ敗戦、東西分割など苦難の時代を経て今日に至っている。このベルリンの地下には、こうした歴史を物語る遺産が積層し、一般向けにも公開されている。今回、この地下探訪ツアーに参加する機会があったので、ここに紹介してみたいと思う。

■ベルリンの地下探訪ツアー

ベルリンの地下探訪ツアーを主催しているのは、1997(平成9)年に設立された「Berliner Unterwelten e.V.」(ベルリン地下世界協会)と称する団体で、すでにベルリンの地下施設に関する文献をいくつか出版しているほか、その探索や調査を続けている。パリでもそうであるが、ヨーロッパには、こうした大都市の地下施設を探索するマニアが結構いるようで、地下施設の廃墟を紹介した写真集などもいくつか出版されている。

筆者が訪れた際に開催されていたツアーは、1～3コース、Mコースの4コースで、それぞれ、20名程度のグループに分けられ、ドイツ人のガイドとアシスタントが1人ずつ付く。ドイツ語ツアー

が基本であるが、週に何回かは英語とスペイン語のツアーがあるとのことである(日本語ツアーはない)。1コースは、「暗黒の世界」、2コースは「フラクの塔と地下壕」、3コースは「冷戦時代の地下鉄と防空壕」、そしてMコースは「ベルリンの壁を突破する」と名付けられ、それぞれ別の地下施設を巡る。

ベルリンの地下施設は、第二次世界大戦の際に建設された地下壕、防空施設、東西冷戦時代の核シェルター、ベルリンの壁をくぐり抜けるために掘られた脱出用のトンネルなど、ベルリンの苦難の歴史を物語るものばかりで、これにUバーン(地下鉄も冷戦時代は東西に分断され、監視所などが設けられた)などのインフラ施設が加わる。

各ツアーの所要時間は1～2時間程度で、参加費は9～12ユーロ、参加者は大部分が欧米人の観光客であった。いったいどこでこんな観光ガイドにも出ていないような地味なツアーを聞きつけてくるのか不思議だったが、主要なホテルなどには結構パンフレットが配られているようだった。

参加の受付は、ベルリンの北部にあるUバーンのゲズントブルネン駅(Sバーンでも同名の駅からアクセス可)の地上出入口付近に協会の事務所があり(写真-1)、ここで当日分のチケットが販売されている。また、各コースも、ここに集合して駅の周辺の地下施設を徒歩または地下鉄で巡るこ



写真-1 ベルリン地下世界協会の窓口があるUバーンのゲズントブルネン駅

ととなる(開催時間や参加費などの詳細は同協会のホームページに詳しい)。

なお、ベルリンではこのほかに、ベルリン地下鉄のBVG(Uバーンを経営する組織)が主催する地下鉄探検ツアー(夜間にトンネル内を歩いたり保守用車のような車両で巡るらしい)も開催されているようなので、興味のある方はぜひ参加していただきたい。

■時代を克服するベルリンの地下

筆者が訪れた際に、ポツダム広場とブランデンブルク門の間のあたりで、ベルリン地下世界協会による「ミュツス・ゲルマニア」と題した企画展が開催されていたので立ち寄った。テーマはいわゆる「ゲルマニア計画」で、アドルフ・ヒトラーと、その腹心であった建築家アルベルト・シュペアーによって立案された第三帝国の幻の都市計画を紹介したものであった。その企画展の会場は、意図的な選択かどうかかわからないが、ヒトラーが自決したヒューラー・ブンカーの跡地とホロコースト記念碑にはさまれていた。

ヒトラーは、ベルリン陥落の1945(昭和20)年4月30日に愛人のエヴァ・ブラウンとともにここで自決したとされているが、現在その跡地は何の変哲もない団地の駐車場になっており(総統地下壕そのものは終戦直後に爆破・撤去されたと伝えられる)、ベルリン地下世界協会が立てた看板がなければ見過ごしてしまうほど何もなされていない(写真-2)。これは、この地がネオ・ナチなどの聖



写真-2 ヒューラー・ブンカーの跡地と看板

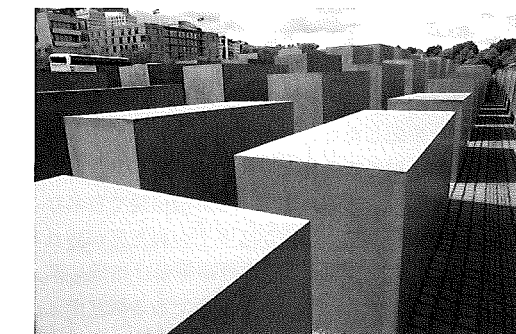


写真-3 ホロコースト記念碑

地となることを恐れて敢えて無視しているとされ、協会が案内板を立てる際にもひと悶着あったらしい。

そこからブランデンブルク門の方向へ約200mほど行った場所に2005(平成17)年に5月にアメリカ人建築家ピーター・アイゼンマンの設計によって完成したホロコースト記念碑があり、ベルリンの新名所としてにぎわっている。約2万m²の敷地に2,711個の棺をモチーフとした直方体が、少しずつ高さを変えながらひたすら並び(写真-3)、その地下空間は情報センター兼展示室として利用されている。

ベルリンの地下にちなむ施設が数百mで隣接していることは、単なる偶然とは思えないが、かつての圧政者とその犠牲者の扱いの違いに、苦難の時代を克服しようとするドイツ国民の強い意志を感じることができる。なお、ベルリンの地下施設については、河合純枝『地下のベルリン』(文藝春秋・1998)という優れたルポが出版されているので、併せて紹介しておきたい。



「平家落人の隠れ里」椎葉村より

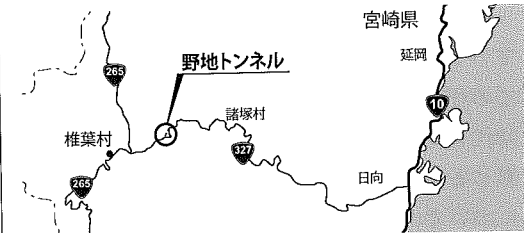
中島耕平

宮崎県の北西部に位置する椎葉村は総人口3,150人(平成21年6月現在)、村の96%が山林で山々に囲まれた奥深い山中にある。村域の多くが九州中央山地国定公園に指定されており、原生林が多く残り野生動物も多く生息している。また、南九州でありながら冬期は雪が積ることもあり、九州のチベットと呼ばれることもある。日本民俗学の先駆けである柳田国男が椎葉村でフィールドワークを行い、その経験をもとに「後狩詞記」を記したことで有名である。

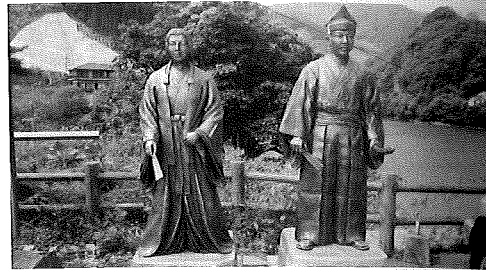
この椎葉村を語るうえで欠かすことができないのが平家落人伝説である。とくに鶴富姫伝説で有名な「鶴富屋敷」は名高く、遠方から多くの観光客が訪れる。「鶴富姫伝説」とは鎌倉幕府の命を受け当地に落人狩りに来た那須大八郎が平家の末裔である鶴富姫と出会い、恋に落ち、一度は結ばれるがその後、離れ離れになってしまう儚くも悲しい物語である。そんな二人を偲んで毎年11月に盛大に執り行われる「椎葉平家祭り」は椎葉村の一大イベントであり、祭りの3日間は大八郎と鶴富姫が800年の時を越え再会する。二人の遺志を受け継いだ子孫は今もなお椎葉村を護っている。

当現場は椎葉村の中心地より約10km東方の松尾地区に位置し、国道327号岩屋戸バイパス(L=3.0km)における日向側1,019mの野地トンネルを施工する工事である。幅員狭小、線形不良の隘路区間を解消し、安全で円滑な交通の確保を目的として計画された。

国道327号は宮崎県日向市から諸塚村、椎葉村を経由して熊本県山都町を結ぶ一般国道であり、諸塚村-椎葉村の区間を除けばおおむね2車線道路に整備されている。国道327号に沿って流れる耳川流域は九州地方でもきわめて交通の便が悪い地域でもあり、整備の



位置図



鶴富姫と那須大八郎



坑口と崩土箇所

遅れを痛感させられる。とくに昨今の台風や土砂崩れによる被害は甚大であり、日常的に道路が寸断され生活物資や医療物資の流通が滞ると聞く。

先日現場から椎葉村側に約200m離れた箇所幅80m、高さ150mの土砂崩れが発生した。その影響で国道327号は土砂で埋まり、電線、電話線は切断されたため外界との連絡が途絶えた。幸いにも朝の通勤前ということもあり、ケガ人は1名だけであった。トンネル仮設備工中の矢先に起こった災害であり、現在も岩屋戸付近の国道327号は通行止めとなっている。復旧の目処は立っておらず、工事で必要な重機、資材はすべて日向市方面からの搬入を余儀なくされた。「トンネル工事を優先してほしい」「早期貫通に向けて協力する」といった地元の声の日々高まるなか、工事の重要性を再認識している。

現場では地域を盛り上げるために鶴富姫をイメージキャラクターとし、地元地区のミニバレー参加や現場見学会も随時実施しており地域密着型の現場を目指し、来年4月の貫通に向け鋭意進行中である。(フジタ・矢野・内山特定建設工事共同企業体現場代理人)

施工

供用中に発生した急激な盤ぶくれ変状を復旧する

—山形自動車道 盃山トンネル(上り線)—

東日本高速道路(株)東北支社山形管理事務所副所長 佐久間 智
 東日本高速道路(株)東北支社仙台管理事務所工務担当課長((前)山形管理事務所工務担当課長) 菅原 徳夫
 東日本高速道路(株)東北支社山形管理事務所改良担当課長 多田 誠
 アイサワ工業(株)技術開発部技術課課長((元)盃山作業所現場代理人) 遠藤 祐司

1 はじめに

山形自動車道は、東北自動車道の村田JCTより分岐し、奥羽山脈を越えて山形県に入り、月山道路(自動車専用道路)を経由して酒田市に至る総延長137kmの高速道路である。

盃山トンネル(上り線)は、山形蔵王IC~山形北IC間にある1,234mのトンネル(図-1)である。トンネル内に膨張性地山区間(図-2)が存在し、建設時に非常に工事が難航したが、平成2年10月に貫通し、平成3年7月20日に暫定2車線で供用した。その後、平成14年10月30日には、下り線が

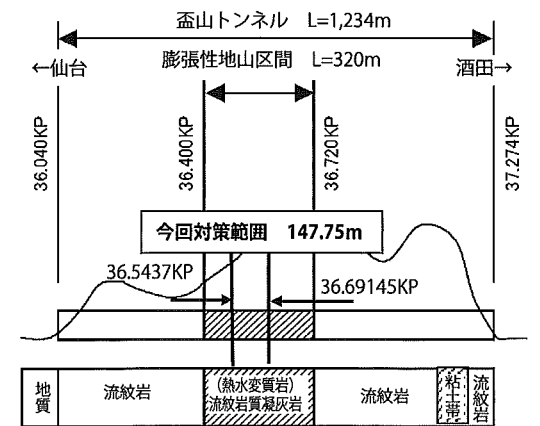


図-2 地質概要図

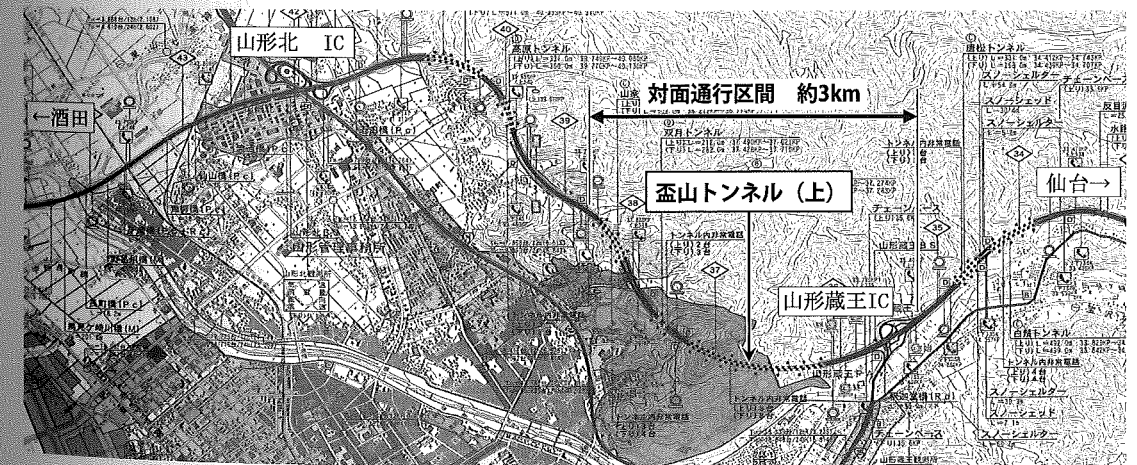


図-1 盃山トンネル位置図

供用して4車線化が完成し、現在に至っている。

供用後おおむね17年経過した平成20年8月13日の午後、盃山トンネル(上り線)の走行車線に路面変状(隆起・クラック)が突然発生し、急激な変状の進行と範囲の拡大に至った。

変状原因は、調査結果からトンネル周辺の膨張性地山に対して地下水の供給により、地山に大量に含まれる粘土鉱物の膨潤による岩自体の吸水膨



写真-1 緊急復旧工事状況

張と、それによる岩自体の強度低下で塑性圧が増加したことで、既設インバートが約100mにわたり破壊されたために路面変状に至ったと推察された。

復旧工事は、下り線を用いた約3kmの対面通行を8月21日より開始し、交通を確保したうえで、変状した盃山トンネル(上り線)を全面閉鎖して、緊急復旧工事(写真-1に示す)を実施した。11月28日には対面通行を約3.5か月という短期間で完了し、残工事は車線規制を行って12月1日には無事4車線供用に戻すことができた。

本稿は、膨張性地山に建設された供用中のトンネルにおいて急激に発生したトンネルの変状状況調査、対策工事について報告する。

2 地形・地質の概要

盃山トンネルは、奥羽山脈西端を流れる馬見ヶ崎川沿いの山形市東部に位置し、標高390m程度を頂点とする山岳地形を通過している。谷は浸食

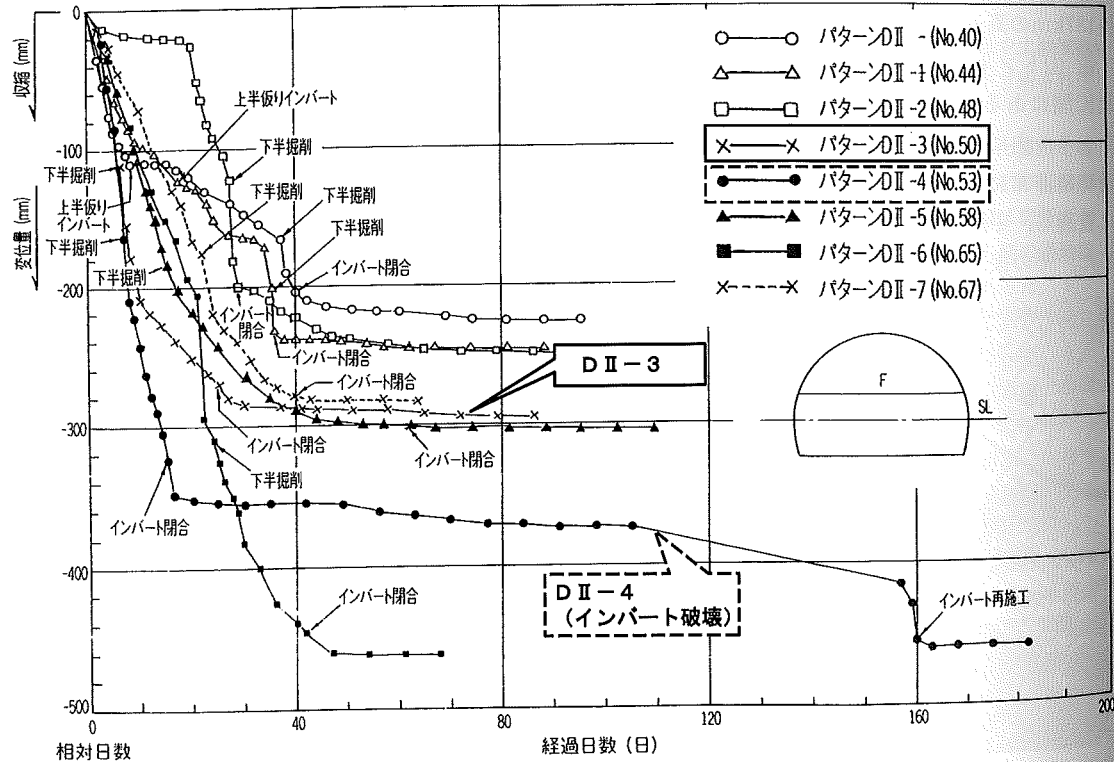


図-3 建設時の内空変位結果¹⁾

が進み、山腹斜面は比較的急傾斜である。地質は、新生代第三紀中新生の流紋岩と同質凝灰岩が主体となっており、仙台側坑口から360m進んだ地点から熱水変質した凝灰岩が320mほど存在し、膨張性粘土鉱物を多量に含んでいる。

建設時には、この区間の掘削中に地山の膨張現象が生じて、急激な内空変位、天端沈下・切羽の押し出し(図-3)などが発生し、工事が非常に難航した区間である。

一般に膨張現象は、

- ① 土かぶり圧による地山の破壊と塑性変形
- ② 地山の吸水膨張
- ③ 潜在応力の開放

が考えられるが、本トンネルの場合、膨張性粘土鉱物を多量に含んでいることから、①を主とし、②を従とした複合現象と推察される。

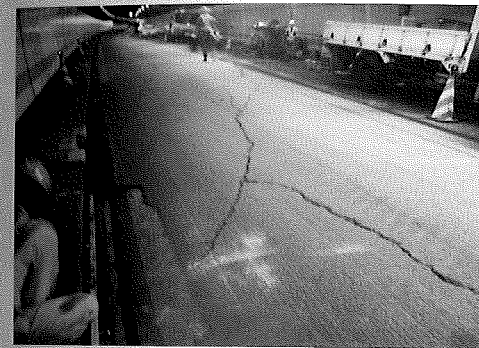


写真-2 コンクリート舗装版のクラック状況

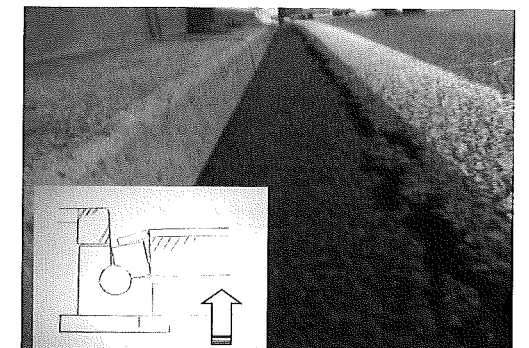


写真-3 舗装端部のクラック状況

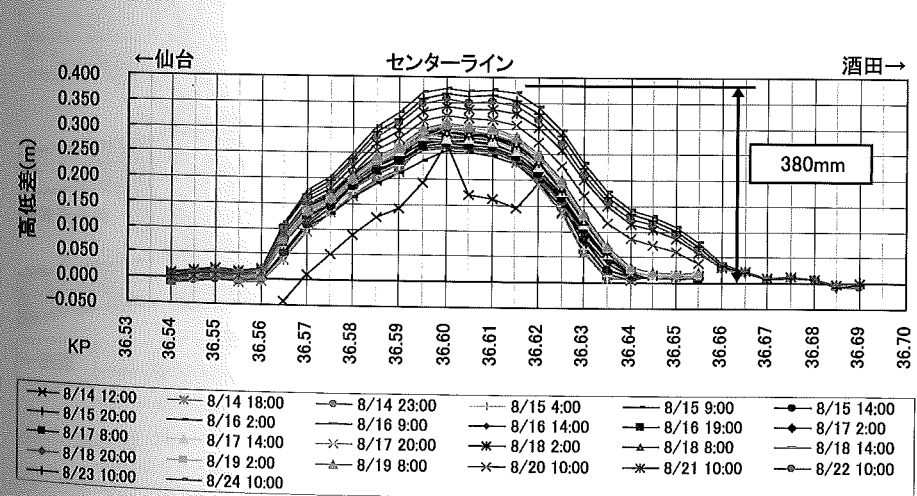


図-4 舗装の隆起状況

36.600KP 変位	
8/24 10:00	0.378
8/23 10:00	0.368
8/22 10:00	0.356
8/21 10:00	0.342
8/20 10:00	0.324
8/19 8:00	0.309
8/19 2:00	0.308
8/18 20:00	0.306
8/18 14:00	0.298
8/18 8:00	0.292
8/18 2:00	0.291
8/17 20:00	0.285
8/17 14:00	0.280
8/17 8:00	0.278
8/17 2:00	0.275
8/16 19:00	0.271
8/16 14:00	0.264
8/16 9:00	0.260
8/16 2:00	0.257
8/15 20:00	0.294
8/15 14:00	0.286
8/15 9:00	0.282
8/15 4:00	0.279
8/14 23:00	0.271
8/14 18:00	0.285
8/14 12:00	0.272

上の舗装にクラックが発生し、円形水路の呑み口が閉塞した状況である。

図-4は、路面隆起状況を縦断方向に示したものである。変状発見(8月13日)からわずか1日で250mmという急激な隆起量を示し、それ以降11日間で380mmという値となった。8月20日以降、酒田側(縦断が低い)に隆起が拡大した。理由として、インバート隆起により、センタードレーンの流下水が損傷したインバートのクラック面を介して地山に浸透したためと考える。

図-5は、建設時に切羽観察された資料をもとに作成したSL面の地質平面図である。今回の変状区間は、膨張性粘土鉱物(スメクタイト)を多量に含む熱水変質作用を受けた流紋岩質凝灰岩の地質である。路面の隆起やひび割れが発生した箇所は、建設時にインバートが塑性圧により隆起・損傷し、インバート内にH-200の鋼製支保工を4m間隔で設置し、再施工した箇所の終点(36.565KP)より酒田方面に103mの区間である。

8月21日20時より、変状しているトンネルの本格的な調査と緊急復旧対策工事のため、下り線を使用する約3

kmの対面通行(図-1)を行い、盃山トンネル(上り線)を全面閉鎖とした。

3-2 調査

供用後、約17年を経過して突然、トンネル内の路面変状が発生したことから、原因を究明するため、ボーリング調査(10か所(1.60~10.33m)、計74.58m)を行った。写真-4は、路面変状が大きかった36.601KPのボーリングコア(鉛直)である。熱水変質作用を受けた流紋岩質凝灰岩が、スレーキングを生じ、粘土化しているのが確認された。スレーキングが生じた原因は地下水と思われる。図-6は、この地点の地中変位測定結果をもとに塑性域の分布を示したものである。走行車線側は深度



写真-4 36.601KP付近の鉛直ボーリングコア

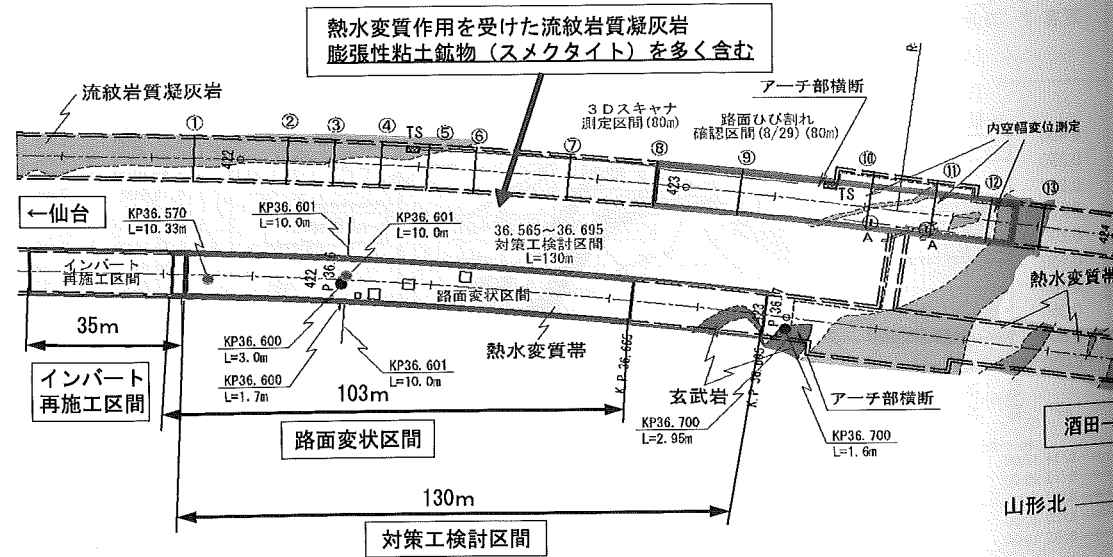


図-5 地質平面図

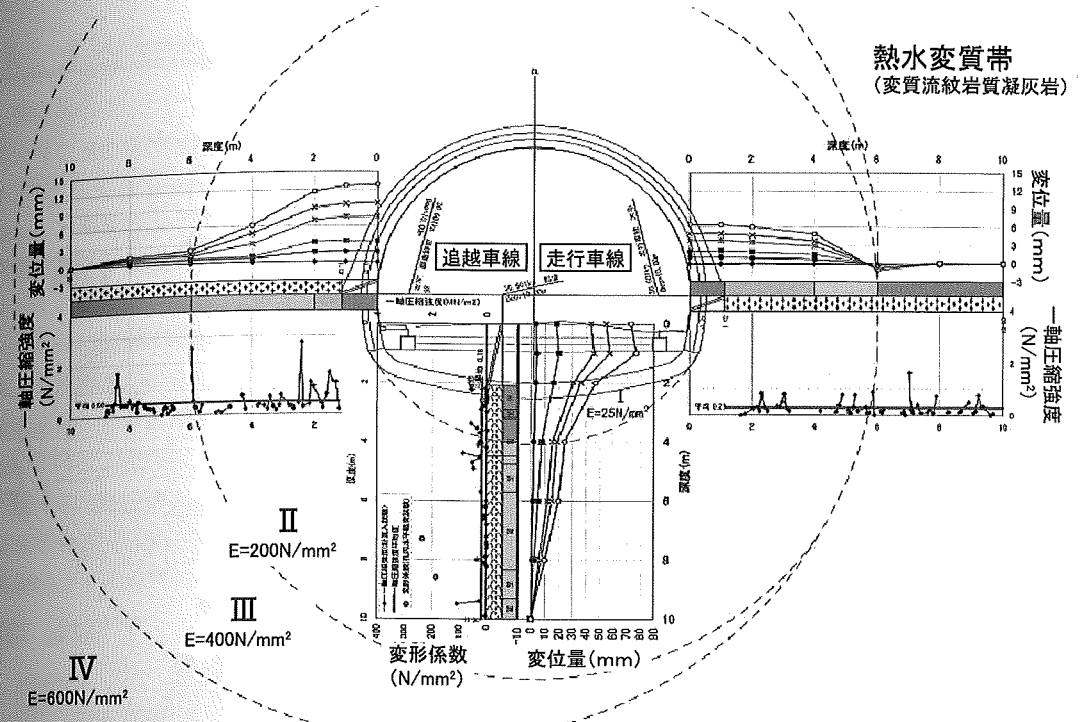


図-6 36.601KP付近の塑性域の分布と地中変位測定結果

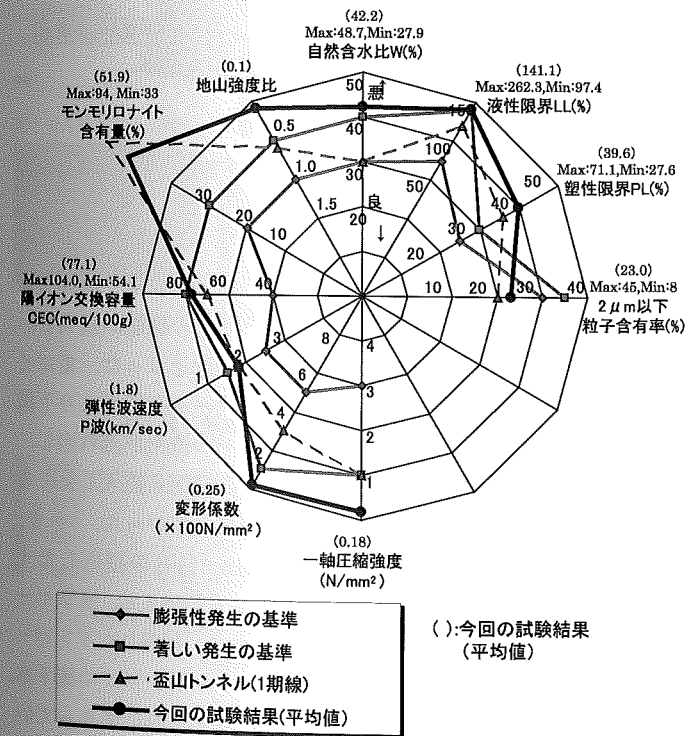


図-7 膨張性地山指標

6m付近が塑性域の境である。追越車線側と鉛直方向は深度10mより更に深い地点が塑性域の境と思われる。理由として、追越車線側はII期線トンネルの掘削の影響で塑性域が深くなり、鉛直方向はインバート下への地下水の浸透によると考えられる。図-7は、採取した試料の各種試験結果を表した膨張性地山指標である。粘土鉱物で膨張性のあるスメクタイト含有量が平均値51.9%(最大94%, 最小33%)であり、著しい膨張性の基準30%を大きく上回っている。地山強度比は平均値0.1であり、著しい膨張性の基準0.5をかなり下回っている。他の項目も著しい膨張性地山の特徴を示している。

以上のことから、今回変状が発生したトンネル周辺地山(熱水変質作用を受けた流紋岩質凝灰岩)は著しい膨張性を有していることが確認された。

4 インバート変状の原因

盃山トンネルは、建設時点で急激な内空変位(最大461mm)、脚部沈下(最大480mm)、天端沈下(最大279mm)、切羽の押し出しなどが発生し、縫い返し、増ボルト、変形余裕量の増、補助工法など対策を講じたが、工事はきわめて難航¹⁾した。

供用後、約17年経過したトンネルに、突然変状(インバート隆起)が発生した原因として、下記に示すように推察した(図-8参照)。

(1) 施工直後

建設時に急激な内空変位が生じる状況でインバートコンクリートが硬化し、断面が閉合状態となり、変位が収束した。インバートコンクリート内部に、初期応力による微細なクラックが生じたと推察される。

理由として、破壊した隣接箇所では建設時にインバートがトンネル下面からの塑性圧で破壊し、再施工を余儀なくされた。破壊した当該箇所も施工直後から地山周辺の劣化が進行し、塑性圧が発生していたと思われる。

(2) 供用中

供用中に上流側からインバート下面を浸透してきた地下水やセンタードレーンから漏れた流水がインバートのクラック面を介してインバート下面へ浸水することで、地山の強度が更に劣化するとともにその領域が拡大していったと思われる。このことは、インバート復旧時に既設インバート掘削後、地山を観察した際に上流側の損傷したインバート下面から常に湧水の発生が確認され、高含水比の状態であった。

(3) 平成20年8月13日異常発見

インバート下面の地山が広範囲にわたり強度低下を起し、大きな塑性圧が発生した。インバート内のひび割れが開口し、センタードレーンからの流水が流れ込み、更なる地山の強度低下が拡大した。

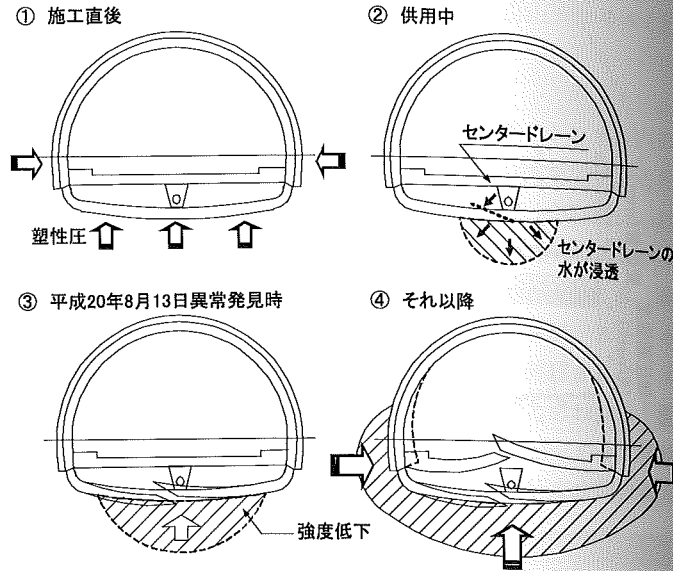


図-8 トンネル変状の推移

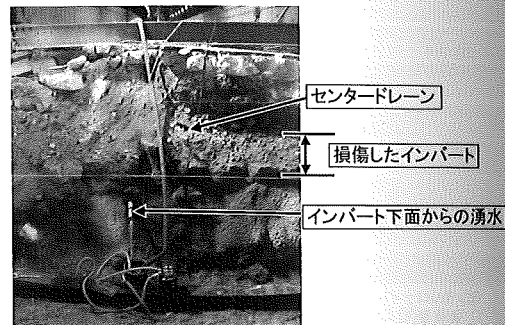


写真-5 損傷したインバート下面からの湧水発生状況(36.601KP)

(4) それ以降

インバートが地山からの塑性圧により隆起したことにより、インバートとしての機能が喪失し、内空変位(縮小)が卓越する状況となった。更にインバート隆起により、インバート損傷面より下流側の地山にセンタードレーンの流水が流れ出し、地山の塑性化が進行し、その範囲も拡大したことから、インバートが順次損傷していった。

なお、写真-5は、36.601KP付近の損傷したインバートを側面から撮影したものである。インバート下面から湧水が発生しており、損傷したインバートのクラックを介してセンタードレーンの流下水、および地下水などがインバート下面に集まっているのが確認できた。

5 インバートの損傷状況

損傷したインバートは、施工サイクル(損傷したインバートを撤去し、復旧インバートを構築する)にあわせて目視観察と横断測量をそのつど実施した。写真-6は、36.601~36.610KPのインバート損傷状況である。インバートを貫通しているクラックのせん断角度15°、段差330mm、施工ジョイントの開口50mmなどが観察された。横断測量の結果、②の箇所(36.605KP)で950mmという隆起量を測定した。この値は今回の変状区間で最大値である。

図-9は、既設インバート高さの設計値に対する実測値との差(隆起量)を示したものである。36.605KPを頂点に仙台側は36.567KPまで300mmを

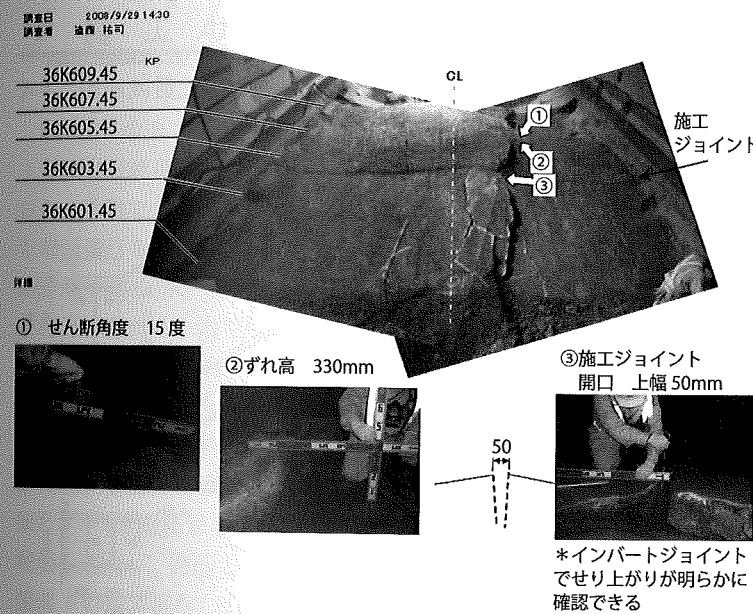


写真-6 既設インバートの損傷状況(36.601~36.609KP)

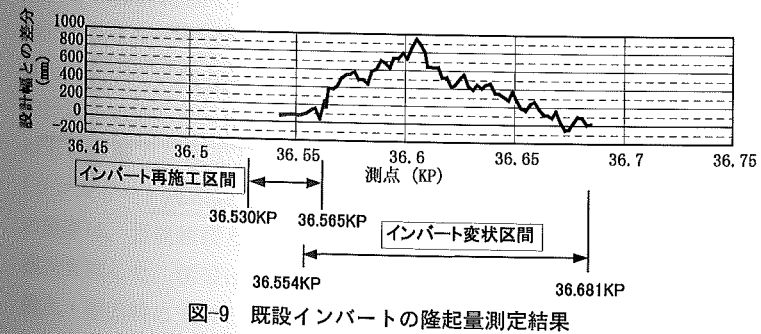


図-9 既設インバートの隆起量測定結果

超える隆起量で、その先12mで100mm以下に急激に減少していった。酒田側は36.649KPまで300mm程度の隆起量で、更に終点側22mは100mm程度の隆起量であった。

6 変状対策

膨張性地山への地下水の供給により膨張圧が増加し、既設のインバートが破壊したこと踏まえ恒久対策工として、損傷した既設インバートを撤去したうえで、より耐荷力のあるインバートを施工することとした。

過去、変状トンネルでインバートを再施工した事例、および同じ地山にあり損傷した上り線トンネルに隣接して設置された下り線トンネル(図-10)が健全であることなどを踏まえ、図-11に示す基本構造とした。

基本構造は、インバートコンクリート(厚さ500mm)、その下面には吹付けコンクリート(厚さ250mm)と1m間隔の鋼製支保工(H200)を配置して、厚さ750mmのインバート構造とした。さらに、インバート半径をR3=13.1m→10.0mとして、トンネル断面をより円形に近づけた。それらの諸元を表-1に示す。

今回は緊急復旧工事であること、およびトンネル内の変状(内空変位、インバート隆起など)の変位速度が速いことから、インバートコンクリートと吹付けコンクリートは早強コンクリートを用いた。

鋼製支保工は、側壁にある既設の鋼製支保工と接続する必要があるが、既設の鋼製支保工脚部のプレートが建設時の急激な沈下により、現在どの位置にあるかは、側壁コンクリートをハツリ出して見なければわからな

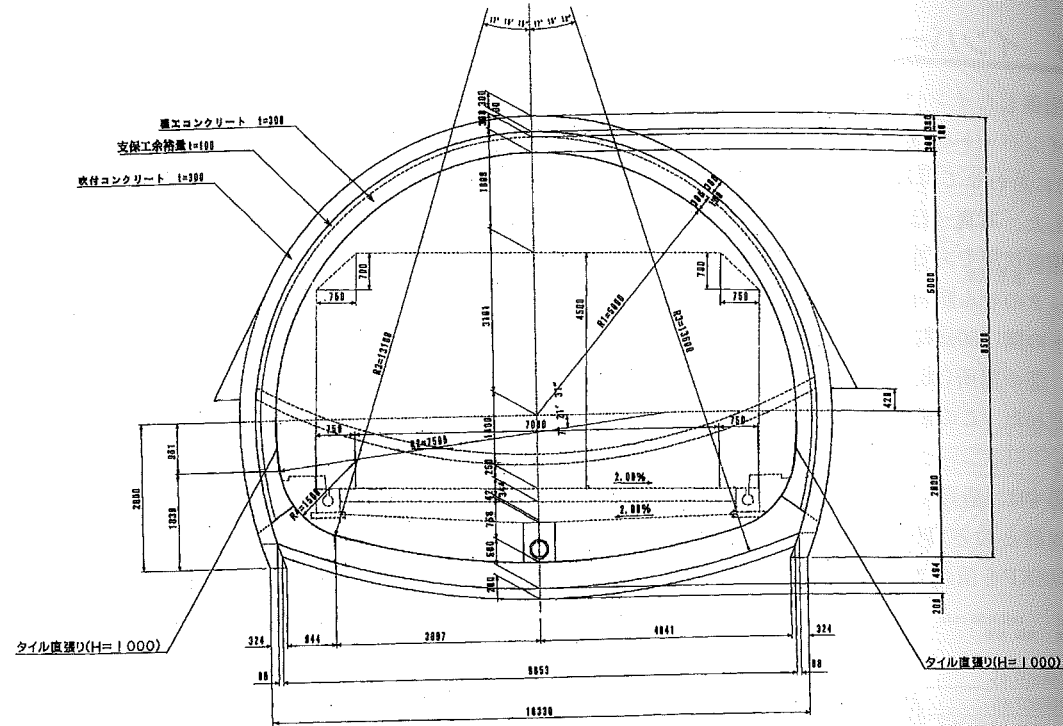


図-10 既設インバート構造(下り線)

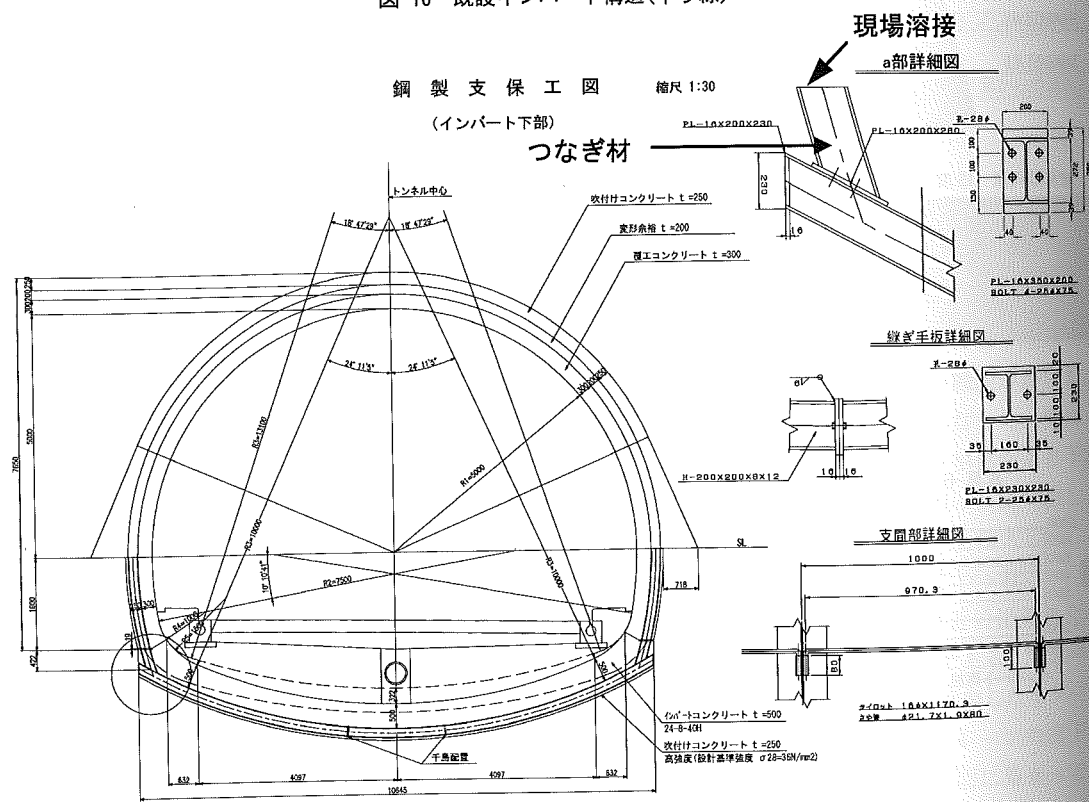


図-11 復旧インバートの基本構造(上り線)

表-1 インバートの諸元

諸元	復旧対策工	(参考)下り線施工実績
インバート半径 R3	10.0m	13.1m
吹付け コンクリート	f'_{ck}	36N/mm ²
	l	25cm
鋼製支保工	200H @1.0m	200H @1.0m
本インバート コンクリート	f'_{ck}	24N/mm ²
	l	50cm

い、そこで既設の鋼製支保工のプレート位置確認後、新設の鋼製支保工(図-11a)のつなぎ材をそのつど切断して現場溶接による接続とした。また、下方から突き上げる塑性圧に対して、鋼製支保工と吹付けコンクリート施工(一次支保工)時点で脚部への力の伝達を確実にするため、図-11a部の詳細図に示すような構造を採用した。

7 施工状況

7-1 応急対策工事

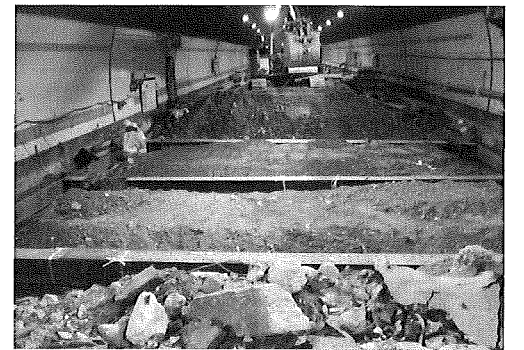
8月13日のトンネル変状発生より、お客様には上り線の追越車線を利用いただきながら、8月16日より手で内空変位を測定し、下り線を利用した対面通行を8月21日20時に開始した。8月22日の計測で36.610KP地点で変位速度が、5mm/24hrを超過したため、内空変位を抑止するため36.570~36.616KPに切梁(H-300)を8月23日に設置(写真-7(1))した。しかし、それ以降も変状(隆起・クラック)は更に進行拡大した。路面と切梁下面が接触すると切梁に曲げ応力が作用し、切梁接合部のボルトが破断することが懸念されたので、日々現場を巡回し、路面と切梁下面が接触する前に切梁直下の舗装掘削(写真-7(2))をそのつど実施した。これは、路面下に切梁を盛替え(写真-7(3)、(4))するまで行った。また、切梁にひずみ計を設置し、切梁の弱軸方向の座屈への監視のため軸力の計測を実施した。内空変位が日々進行する状況のもとで軸力が増加していった。腹起しの補強(コンクリート充填)と切梁の増設(2本)と火打ちの設置は、目視観察と切梁応力の観察結果から、逐次実施した。切梁はインバート復旧工事の資材搬入・撤去時に支障となるため、路面下に盛替え、



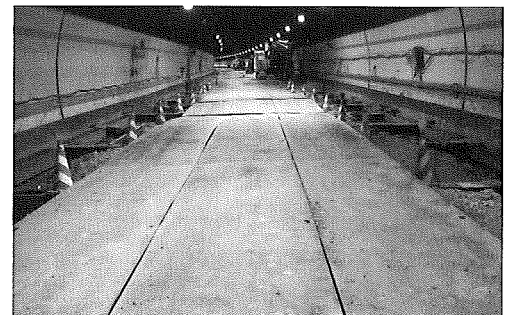
(1) 8月23日 設置直後



(2) 9月10日 路面隆起状況



(3) 9月15日 盛替え作業中



(4) 9月28日 盛替え完了
写真-7 応急対策工事状況(切梁設置~盛替え完了)

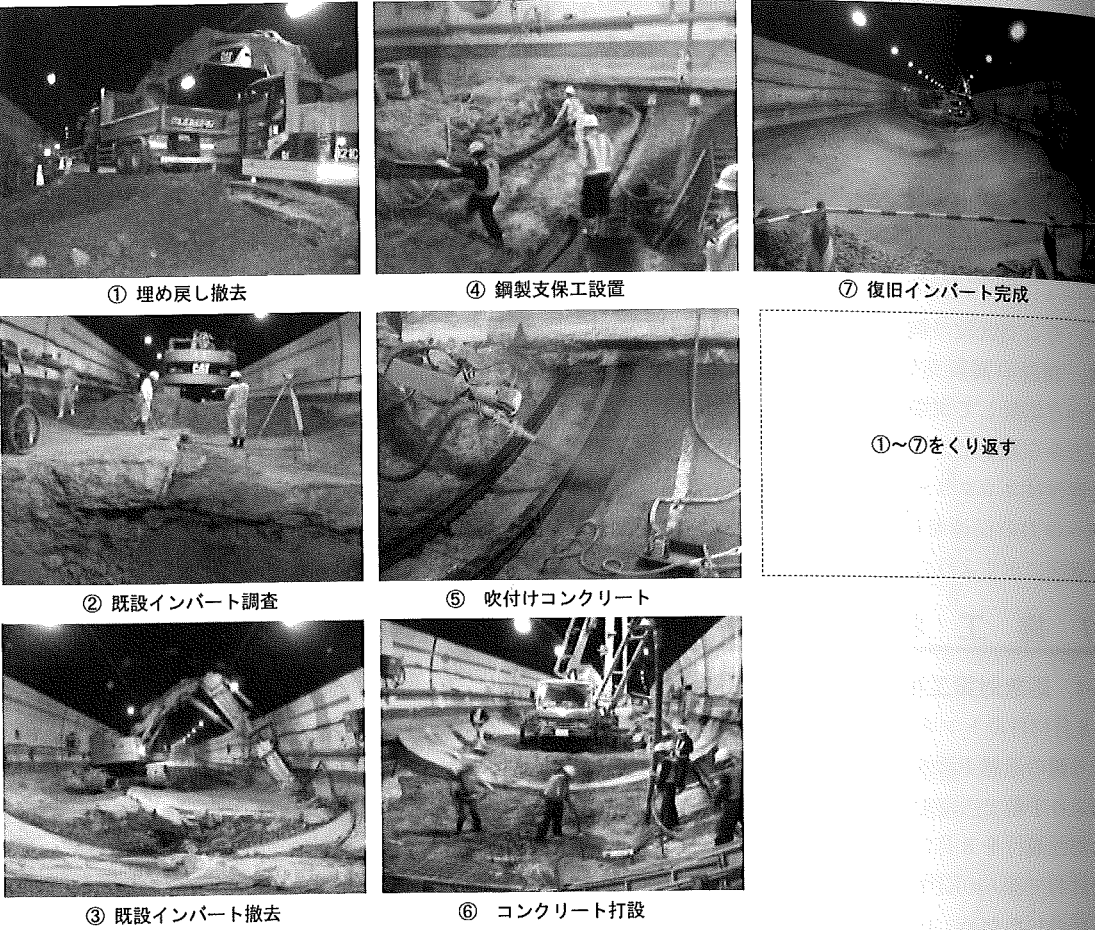


写真-8 復旧インバートの施工状況

当該箇所のインバート施工直前に撤去した。

7-2 恒久対策工事

写真-8は復旧インバートの施工状況を示す。舗装の撤去後、①～⑦をくり返して施工した。

復旧工事の施工範囲は、既設インバートのクラックがなくなるまでの区間(36.5537~36.68145 KP, L=127.75m)とした。さらにその前後10mは、インバートコンクリートの剛性の急変を避けるため、既設のインバート上にコンクリートによる内巻き補強(図-12)を実施した。既設

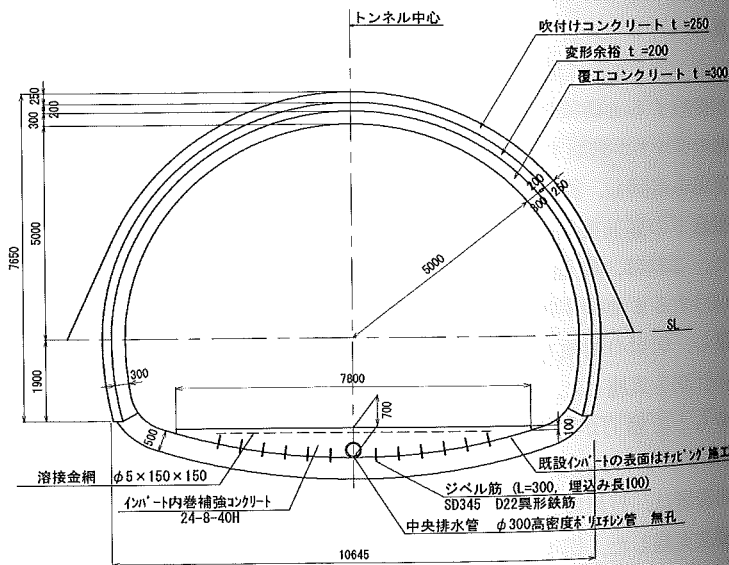
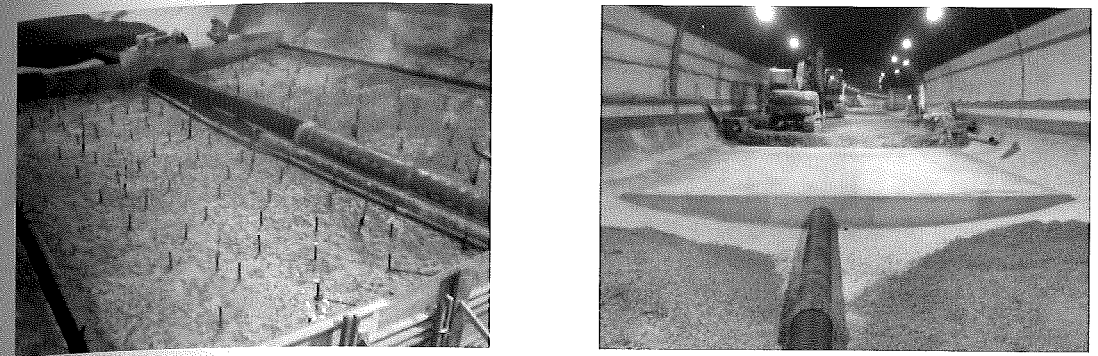


図-12 内巻き補強断面図



(1) 内巻き補強工のジベル鉄筋設置状況

(2) 内巻き補強工完成

写真-9 内巻き補強施工状況

インバート上面は、写真-9(1)に示すようにチップング処理と、ジベル鉄筋を設置し、内巻きコンクリート(写真-9(2))と一体化させた。結果として全体の対策工は、延長L=147.75mとなった。

上記のインバート施工後、センタードレーン、埋戻し、路床、連続鉄筋コンクリート版、高機能舗装、防災用施設の各工事を行い、対策工事が完了した。

8 おわりに

盂山トンネル(上り線)の変状は、膨張性粘土鉱物を多量に含む地山の吸水膨張による膨張圧の増加が原因と推察された。対策は、損傷したインバート本体を撤去し、より耐荷力があるインバートを復旧することとした。平成20年12月1日以降、平成21年5月末までの計測結果によると変位などはなく、施工した恒久対策工は効果があったと考え

られる。今後も計測は継続していく予定である。

今回の変状対策を検討するにあたり、「山形自動車道盂山トンネル(上り線)変状対策技術検討会」を発足させて、平成20年9月に2回開催し、緊急的な対策検討にもかかわらず今田徹・東京都立大学名誉教授をはじめとする学識経験者の皆様には、現地検討会においてご指導・ご鞭撻をいただきましたことに対して、深甚の謝意を申し上げます。また、変状発生から現在まで、ご指導いただきました(株)高速道路総合研究所トンネル研究室の皆様にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 二唐時雄・佐藤秀行・芹沢尚一・高須賀俊行：流紋岩質凝灰岩熱水変質部の膨張地山を掘る，山形自動車道盂山トンネル，トンネルと地下，Vol.22, No.2, pp.25-31, 1991.2.

『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」の投稿は受け付けておりません)
- 送付先 株式会社土木工学社 編集部 投稿係
〒162-0832東京都新宿区岩戸町16 メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888(代)

土木情報 No.438

今月の主な入札結果
(10月10日~11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	一般国道229号積丹町余別T	田中・堀口JV	936
"	一般国道39号北見市第1北見ヶ岡T	宮坂・松谷JV	1,760
"	" 第2 "	宮坂・松谷JV	977
"	一般国道36号札幌市札幌駅前地下通路建築	岩田地崎建設	638
東北地整	成瀬ダム転流工(上段T)	飛島建設	1,165
関東地整	H21双葉函渠設置(その2)	昭和建設	203
中部地整	H21杭瀬川割田樋管改築	岐建	241
"	H21長良川桑原輪中排水樋管	市川工務店	270
"	H21伊豆縦貫長泉JCT西地区道路建設	山本建設	208
近畿地整	第二阪和国道南山中T	鉄建建設	759.3
"	永平寺大野道路浅見T	アイサワ工業	1,878
中国地整	浜田・三隅道路吉地第1T	戸田建設	599.2
鉄道・運輸機構	仙台東西線, 川内駅他	飛島・佐藤・遠藤JV	1,956
成田国際空港	東峰T耐震補強	森本組	424.2
中日本高速道路	第二東名高速道路島田第1T上り線(その2)	大林・熊谷・フジタJV	2,700
茨城県	20国補街改第661-2号, 20国補緊道第355-2号合併T	鹿島・常総開発・大藤JV	1,170
"	県単支援助改第557-1号, (仮)朝日T本体(土浦工区)	鹿島・仙波・山本JV	966.5
"	" 第558-1号, " (石岡工区)	日本国土・キムラ・アレスコJV	1,154
栃木県	一般国道293号新会沢T(仮称)本体建設	青木あすなる・岩沢・三陽JV	789
群馬県	新利南発電所土木	オーケン	140
千葉県	手賀沼流域下水道管渠築造(南部第一幹線962工区)	日本国土・大豊・萩原JV	1,395.9
"	若松地先1期送水管布設替	日鉄パイプライン	267.9
都・財務局	古川地下調節池(その1)	飛島・東鉄・ノバックJV	11,100
都・下水道局	千石町幹線再構築その2	村本建設	211.6
"	江東区東砂六丁目, 南砂五丁目付近再構築その3	東急建設	284.76
"	砂町水再生センター砂系ポンプ棟雨水放流渠吐出口	鹿島建設	2,093.6
山梨県	富士北麓流域下水道富士北麓3号幹線推進7工区建設	秋山土建	270
長野県	21年度国補千曲川流域下水道事業管路施設・千曲川流域須坂幹線	北信土建	126.7
大阪府	送水管布設(BP・堺市丹上~堺市太井)	西松・徳倉JV	1,959.9
"	立坑築造(堺市太井)	森組	516
"	" (BP・堺市日置荘原寺町)	佐田建設	387.7
和歌山県	国道480号(志賀T)道路改築	東組	478
"	国道168号(仮称田長T)道路改良	小森組	817
"	紀ノ川左岸地区平沼田T	三友・山東JV	453.1
徳島県	緊急地方道路整備竹ヶ谷鷲敷線(相名T)	姫野・大竹JV	606
ひたちなか市	高場雨水1号幹線管きょ布設(21国補公下雨第5号)	上肥・中島JV	112.9
"	" (" 第8号)	茨城開発事業協組・沢畑JV	124.2
さいたま市	芝川第10-3処理分区下水道	ユーディケー・武蔵野JV	316.44
"	日進櫛引排水区下水道(北建-21-3)	佐藤・若築・和光JV	1,320
三郷市	公下茂田井雨水管渠築造(21-2)	常盤工業	106
八千代市	H21公下事業村上地区雨水排水整備	日特建設	103.9
横浜市	神奈川処理区斎藤分町地区下水道整備(その3)	松尾工務店	242.2
川崎市	観音地区他下水枝線第108号	小沼工務店	123.3
横須賀市	1工区追浜排水区雨水第1幹線他築造(第1期)及び(第2期)	西松・竹中土木・宇内JV	1,979
新潟市	東下43号山の下排水区枝線5000下水道	中元組	229.63
京都市	栗尾BPT新設(1号T)	鹿島・鉄建・岡野・公成JV	3,088
高松市	木太鬼無線T	青木あすなる・三栄JV	1,683

施工

地中に残置された鋼材をシールドで直接切削

—東京都下水道 八広幹線—

東京都下水道局施設管理部排水設備課長(前)基幹施設再構築事務所工事第一課長 神田好美
 竹中土木・坂田建設共同企業体現場代理人 市川二郎
 竹中土木・坂田建設共同企業体監理技術者 相内弘人

1 はじめに

八広幹線は、東京低地とも呼ばれる墨田区の一部地域における浸水対策の一環として新たに雨水を収容する下水道管を布設するものである。

施工に際しては、地上に影響の少ない泥土圧シールド工法(二次覆工一体型)を採用しているが、路線上には、直上部に下水道(墨田幹線φ4,050mm外径)、電力洞道(φ4,000mm外径)および下水道と電力の併設洞道(φ5,400mm外径)などの重要幹線が約1Dの直上部に近接している状況である。

電力・下水道の共同人孔の周囲には、山留め材(中間杭H-350、鋼矢板VL型)が支障物として存在している。これらは共同人孔ならびに管路の施工時に、鋼材頭部のみ切断撤去した後、残置されたもので、現状では道路幅員が狭く、直上に管路があるために地上からの撤去が困難となっている。

一般的に支障物を地中から撤去する方法として、シールドを開放し、切羽に作業員が出て撤去する工法が用いられる。しかし、支障物周辺には地下埋設管があり、切羽を安定させるための地盤改良が十分に行えないことが予見された。

また、メタンガスが溶存している地層であるため、圧気工法を併用した場合は周辺地域へ大きな影響を及ぼす可能性もあり、費用と工期を要することとなる。



図-1 施工位置図

そこで本工事においては、支障物をシールドで機械的に切削・撤去する工法を採用した。本稿では、シールドによる鋼材切削について、施工方法、施工時の状況ならびに計測データについて報告する。

2 工事概要

2-1 工事内容

(1) 築造物

円形管(シールド工法) 内径φ3,500mm

総路線延長 926.85m

・一次覆工(二次覆工一体型): 850.2m

・一次覆工: 76.65m

(2) 工期

平成19年11月~平成21年3月

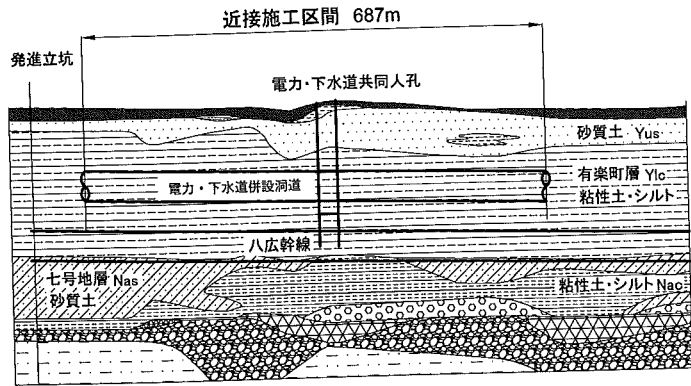


図-2 地質縦断面図

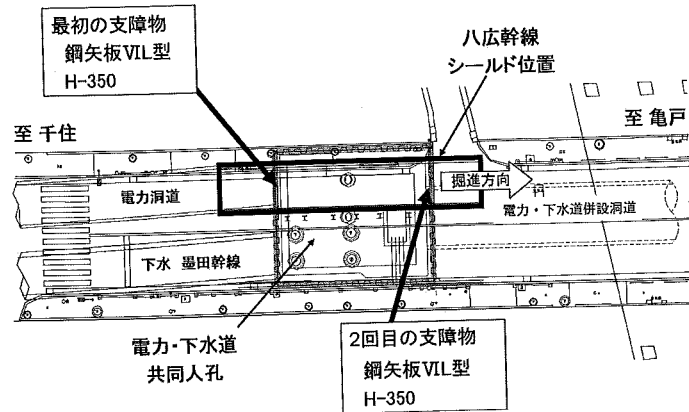


図-3 支障物位置平面図

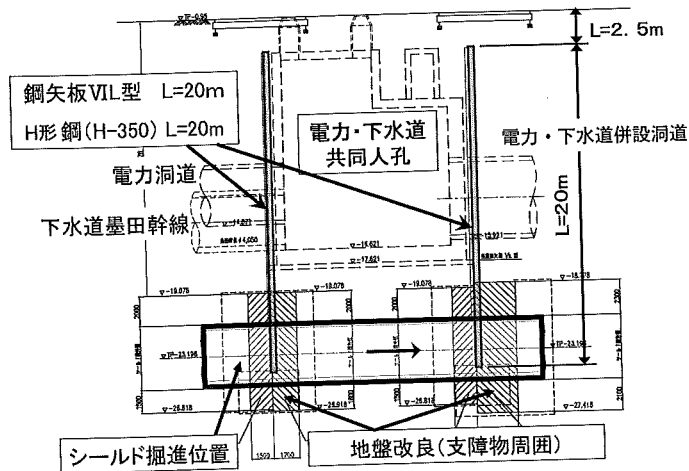


図-4 支障物断面図

2-2 地形および地質

施工箇所は、墨田区八広一丁目～六丁目付近の荒川右岸に位置している。当地は、「東京低地」と呼ばれる沖積低地で、主に荒川や旧利根川の形

成した三角州である。地盤高は0～1m前後で、海面以下のいわゆる「ゼロメートル地帯」である。

シールド掘進部の地質は、上部が有楽町層(Ylc)粘性土・シルト、下部は七号地層(Nas)のシルト質細砂でメタンガスが溶存している。

3 施工概要

八広幹線は、電力洞道と下水道墨田幹線および電力・下水道併設洞道の直下(1D)を約600m掘進する。発進立坑から430m地点の電力・下水道共同人孔下に支障物が存在する。支障物は図-3, 4に示すように、鋼矢板VII型3枚とH形鋼(H-350)3本の山留め材が2断面にわたって存在しており、根入れ先端を含む範囲が本工事の掘進に支障となるため、これらをシールドで機械的に切削する方法により施工を行った。

4 支障物切削方法

山留め材を切削するために、①シールドの検討、②支障物鋼材を地盤改良により固定することを考慮し、以下の対策を実施した。

4-1 シールドの検討

支障物を切削するシールドとして、以下の点に重点をおいて設計製作を行った。

- (1) 支障物対応のコンセプト
 - ・ビットは土砂用と支障物用を装備する。
 - ・支障物の切削は支障物用ビットによる切削機構(“むしり取る・引きちぎる”)とする。
- (2) 支障物用ビットの特徴
 - ・カッタヘッドの左右両回転に対応可能とする。
 - ・耐久性を重視する。

- ・チップ先端角度は鈍角とする。
- ・支障物ビットはE5種ベースの鋼用チップを採用する。

- (3) 支障物用ビットの配置
 - ・ビットは隣合うビットとラップさせて配置し、ビット間に隙間が生じないようにすることで支障物切削に対応する。

- (4) カッタヘッド構造
 - ・円錐状の傾斜型カッタヘッドを採用し、支障物を順次部分的に切削することで面板のトルク低減を図る。

- ・カッタヘッドは外周ビーム支持方式とし、チャンパ内作業空間を確保する。

- (5) バルクヘッド部の特徴
 - ・ビット交換作業とカッタヘッド点検作業時のチャンパ内作業の効率化のため、マンホールを可能な限り大きくする。

- ・本体前胴にあらかじめ注入管を設置し、機内からの切羽前方への薬液注入に対応する。

- (6) スクリューコンベヤ部の特徴
 - ・スクリュー羽根はリボンタイプとし、支障物が大きな塊の場合でも排出可能とする。
 - ・スクリュートラフの点検窓を複数設置し、切削された支障物による閉塞を防止する。

- (7) 切削メカニズム

支障物の切削は、カッタ全体が同時に接触するのではなく、シールド中心部から数個のビットで切削しながら掘進して最後に外周部が縁切りされる方法とする。

このため、カッタ面板は写真-1に示すような円錐状とし、支障物用ビットも支障物に対して円錐状に傾斜して配置する。これにより、板状の支障物に1スポークあたり2～3個のビットがドーナツ状に接することとなる。

このドーナツ状の輪は最初に面板の中心部で接し、切削が進むにつれて輪の幅を大きく変え

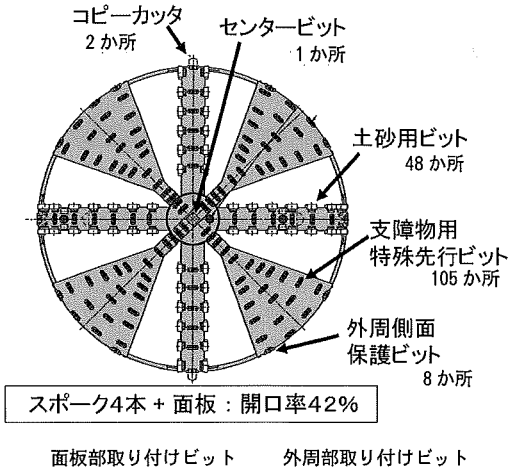


図-5 カッタヘッドおよびビット

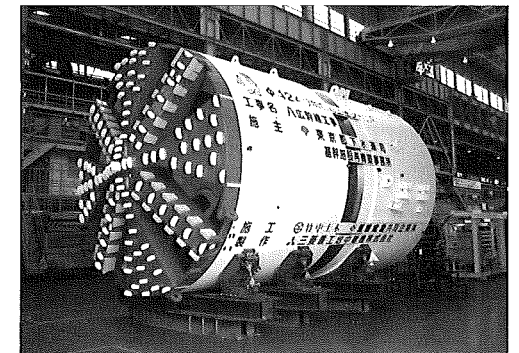


写真-1 シールド外観

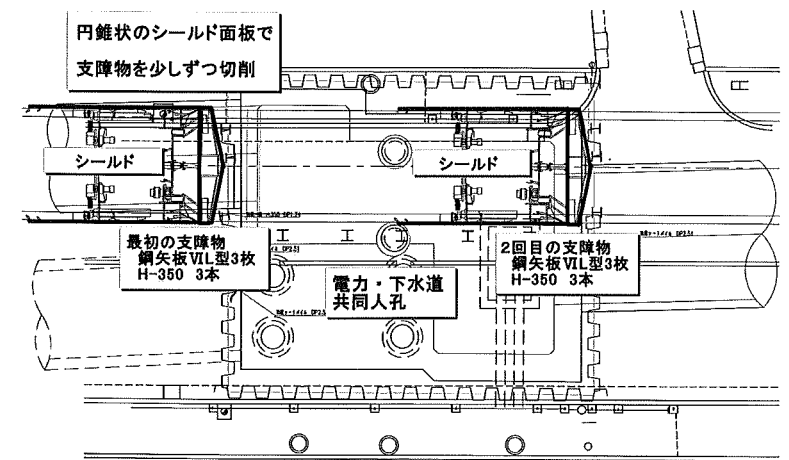


図-6 支障物切削平面図

ずに面板の外側へ移動し、最後に外周部を切削して支障物が撤去される。

(8) シールド性能

・通常パワーユニットとは別に、支障物切削用にシールド微速用パワーユニットを設置し、小さい切り込み量での安定した掘削を可能とする(微速時シールドジャッキ伸長最大速度=0.686cm/分)。

・高トルク、高速回転カッタ旋回用パワーユニットを装備する。

カッタトルク係数： $\alpha=28.5$

カッタ外周速度： $V=30.6\text{m/分}$

4-2 地盤改良による支障物固定

支障物切削時には、既設構造物に対する安全性確保および山留め支障物の固定による安定した切削施工が必要である。そこで本工事では、高圧噴射攪拌工(特殊三重管工法)による地盤改良を施工した。

5 施工状況

5-1 切削状況

通常区間では速度10~20mm/分、カッタ回転数1.2r.p.m、推力5,000~7,000kNにて掘進しているのに対し、支障物箇所では速度0.7~2mm/分、カッタ回転数2.5~3.0r.p.m、推力7,000~10,000kNにて掘進した。

切削により撤去した鋼材を写真-2,3に示す。鋼材の大半は長さ2~3cm程度の細かいチップ状になって排出された。時折、写真-3のような大片辺の鉄板状の切削物が、スクリユを経て排出された。これは、1枚の鋼材の切削が進んで鋼材厚が薄くなり、最終的に引きちぎられてスクリユを通過できる大きさになって排出されたものと考えられる。

図-7,8に切削時のカッタトルクを示す。最初の支障物ではカッタトルクは500~1,500kN・m、2回目の支障物では300~1,000kN・m程度となった。一時的にカッタトルクが2,000kN・m程度まで上昇しているのは、ビットが支障物に噛み合わさった状態にあると考えられる。

5-2 近接構造物への影響

電力洞道、電力・下水道共同人孔、電力・下水道併設洞道への施工影響を観測するため、鉛直変位計による計測を行った。図-9に人孔と洞道における変位計位置図を、図-10に鉛直変位の経時変化を示す。掘進直上部から離れた位置にあるNo.



写真-2 切削・撤去したチップ状の鋼材



写真-3 切削・撤去した板状の鋼材

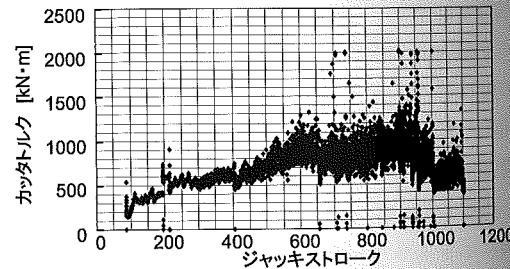


図-7 最初の支障物切削時のカッタトルク

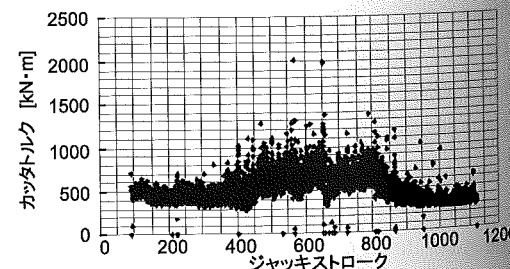


図-8 2回目の支障物切削時のカッタトルク

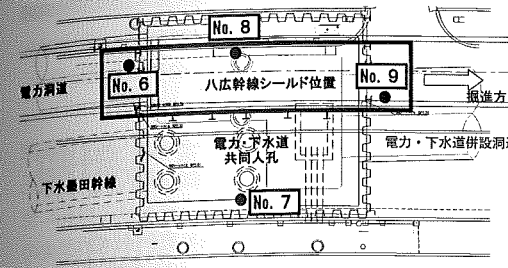


図-9 変位計位置図

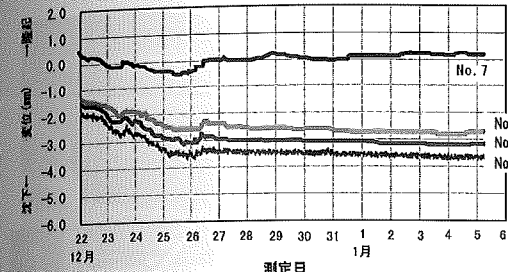


図-10 人孔周辺の鉛直変位計測結果

7の変位は小さいが、掘進直上部にあるNo.6およびNo.8,9ではシールド通過後1.0~2.0mm程度沈下が観測された。沈下は数日でほぼ収束し、変位量から換算した洞道のコンクリート、鉄筋およびボルトにかかる応力も許容応力度以内に収まることを確認した。

5-3 振動騒音

図-11,12に、支障物切削時において電力・下水道共同人孔内における振動騒音計測結果を示す。切削時の振動は15~20dB、騒音は45~65dBであった。地上においては切削に伴う騒音は確認されず、電柱などにわずかに振動が共鳴したが、大きな影響はなかった。

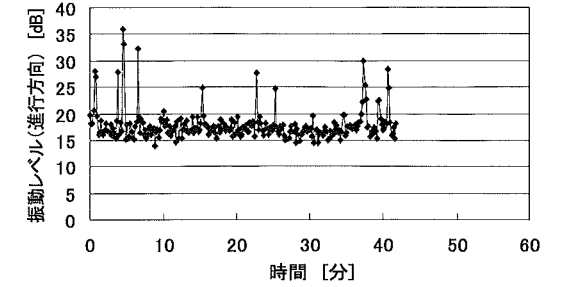


図-11 支障物切削時の振動計測結果

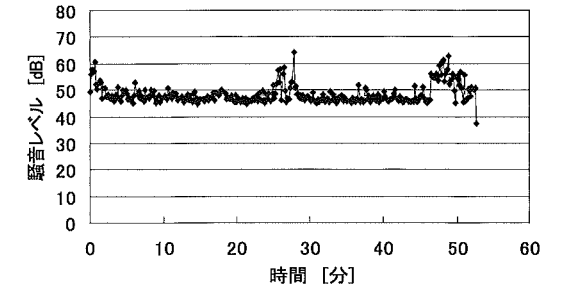


図-12 支障物切削時の騒音計測結果

6 おわりに

本工事では、地中の支障物をシールドで切削しながら掘進する方法で施工を行った。支障物は電力・下水道共同人孔に近接しているため、変位計測を行いながら施工を行い、地盤改良およびシールド掘進によって構造物への影響がないことを確認した。

本工法の採用により、人力によるシールド前面での切削撤去作業を行うことなく施工することが可能となり、シールド施工における安全性がより高まると考えられる。

本稿が、同種工事の一助になれば幸いである。

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37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)

トンネル ジャーナル

TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL · TUNNEL JOURNAL

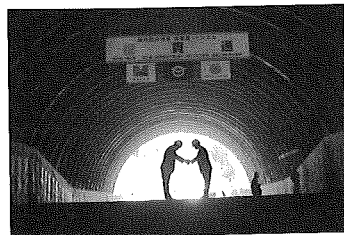
湯郷第1トンネル貫通

岡山県が整備する国道374号美作岡山道路の湯郷第1トンネルが貫通し、10月16日式典が開かれた。

同トンネルは、延長852m、掘削断面積76.3~94.2m²のNATMトンネル。地質は主に中生代白亜紀の流紋岩質凝灰岩で構成され、補助ベンチ付き全断面工法および上半先進ショートベンチカット工法を用いた発破掘削により施工された。

掘削は全般に良好な岩質だったが、終点坑口部に風化・破碎の進行した岩が確認され、崩落の予兆が認められたため、補助工法を採用し、崩落を未然に防止した。

貫通により、美作岡山道路湯郷～勝中央間の早期供用に向け、大きく弾みがつくものと期待されている。



(写真提供：岡山県)

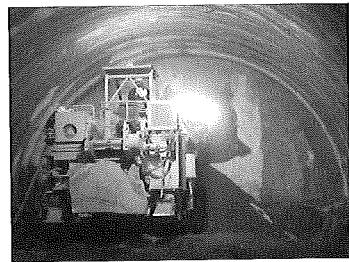
鳥海トンネル貫通

岩手県一戸町が整備する鳥海トンネルが貫通し、10月20日式典が執り行われた。

同トンネルは、同町鳥海地区と町中心部をバイパスする1.3kmの町道鳥海線の計画のうち、901mを占める山岳トンネル。今年4月に着工し、機械掘削式のNATMを採用、主な地質である門ノ沢層のシルト岩/凝灰岩を大きな変状や湧水もなく順調に掘進し、このたび貫通した。2011年度の供用を予定している。

現道の県道一戸浄法寺線は急カーブが連続する1車線の道路で、町道

の開通により、アクセス時間の短縮や冬期間の安全確保など交通環境の改善が期待されている。



(写真提供：一戸町)

当麻トンネル開通

新潟県が整備する国道459号バイパスが完成し、当麻トンネルを含む同バイパスが10月29日開通した。

同トンネルは、開通した延長1.8kmのうち、1.33kmを占め、ベンチカットを用いたNATMで掘削した。同道がむすぶ旧鹿瀬町の当麻集落から実川島橋間の約1.8kmは、JR磐越西線と切り立った斜面に挟まれた最小幅員3.5mの1車線道路で、車のすれ違いも困難だった。開通により交通の安全が確保され冬期間の除雪がスムーズになるとともに、落石などの危険も解消され、安心安全な道路交通が確保される。

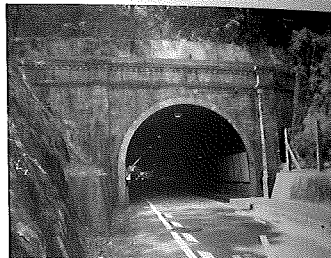
平成21年度土木学会選奨 土木遺産が選定

(社)土木学会は10月13日、今年度の土木学会選奨土木遺産を発表した。同活動は、土木学会が選奨土木遺産選考委員会(小西純一委員長)を設け、社会へのアピール、土木技術者のアピール、まちづくりへの活用などを促すことを目的に近代土木遺産(幕末~昭和20年)を対象として、認定を行っているもの。

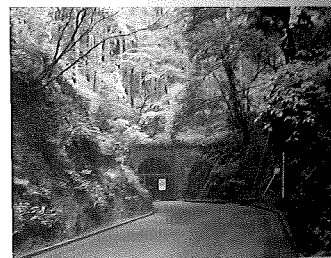
今回認定されたのは全部で25施設で青銅製の銘板が授与される。トンネルでは次の3施設が認定された

(())内は同委員会による選定理由、所在地、竣工年。

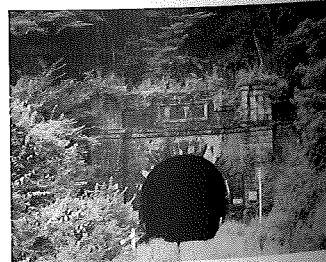
小坪隧道・名越隧道(明治16年地元の有志により掘られて以来、大正年間の拡幅・煉瓦巻を経て現在に至る。優美な意匠の坑門がその歴史の重さを伝える。神奈川県逗子市・鎌倉市、大正年間)



旧須花隧道(素掘り・煉瓦造・RC造と構造の異なる3本の隧道が並存し希少性に富み、かつ地域開発への先人の熱い思いを今に伝える。栃木県佐野市・足利市、素掘り：明治22年、煉瓦造：大正6年)



矢岳第一トンネル(含水量の多い凝灰岩からの激しい湧水に見舞われながらも、当時最大の難所を克服した先人の偉業を物語る貴重な構造物である。宮崎県えびの市、明治42年)



(写真はすべて(社)土木学会提供)

計画

環境に配慮した火力発電所取水トンネルの計画

—JR川崎発電所4号機取替増強工事—

東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所東海道・総武課副課長 齋藤 貴
東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所東海道・総武課 小島 淳史
東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所東海道・総武課課長 村上 実

1 はじめに

川崎火力発電所(出力65.5万kW)は、川崎市川崎区扇町の田辺運河の東側に位置する東日本旅客鉄道(株)が所有する自営電力設備である(図-1)。

当該発電所は、昭和5年の運転開始以降、更新および増設をくり返し、現在では4基の発電プラント(1~4号機)が稼働し、主に首都圏各線区の電車運転用、駅設備などへの電力供給を行っている。

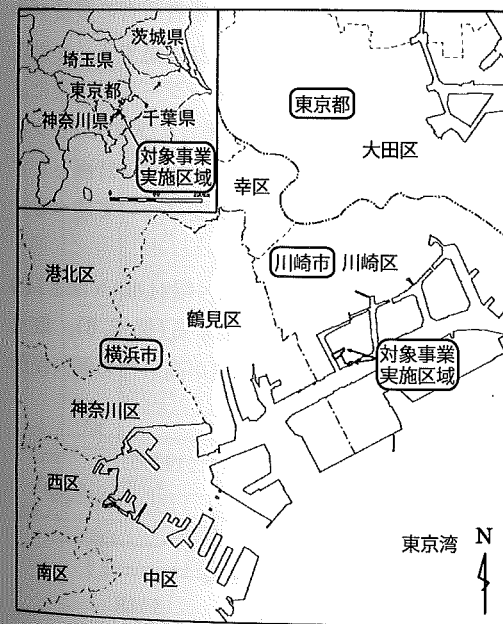


図-1 川崎火力発電所位置図

る。このうち4号機については、昭和48年に運転を開始し、経年36年を経て全体的に老朽化が進み取り替え時期を迎えている。

このような老朽化した発電設備の更新および増設を行う川崎発電所リプレース計画にもとづき、取水設備(取水槽・取水路・取水口)の新設を行う。本稿では、取水設備新設に伴い新たに構築する2本の取水路トンネルについて報告するものである。

工事概要は以下のとおりである。
工事件名：川崎火力発電所4号機取替増強に伴う取水設備新設
工事場所：川崎市川崎区扇町8番3号
工事期間：平成21年3月~平成26年3月31日
施工会社：清水・みらい建設共同企業体
工事内容：取水槽、取水路、取水口ほか

2 地形・地質概要

当該箇所周辺の多摩川流域は、丘陵地、台地および沖積低地からなる。丘陵地と台地は標高40~150mに分布しており、新第三期鮮新世~第四期更新世前期に堆積した上総層群を基盤とし、その上位に関東ローム層が被覆する。

沖積低地は一般に川崎低地とも呼ばれ、多摩川下流の下丸子付近より河口部にかけての低地には、三角州が形成されている。三角州先端の臨海部の

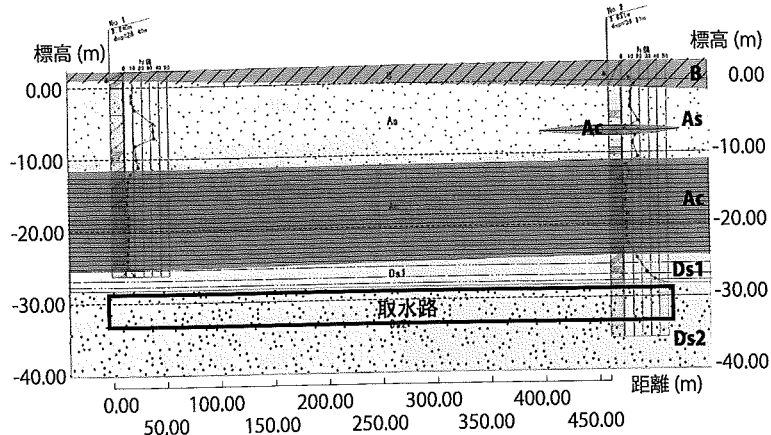


図-2 想定地質縦断面図

表-1 想定地盤物性値

記号	発進側			到達側		
	層厚 (m)	平均 N値	γ_v (kN/m ³)	層厚 (m)	平均 N値	γ_v (kN/m ³)
B	1.10	7	17	3.45	7	17
As1	12.70	11	19	5.45	11	19
Ac1	13.90	2	16	1.35	2	16
As2	—	—	—	3.50	14	19
Ac2	—	—	—	13.05	3	16
Ds1	2.81	25	18	4.10	25	18
Ds2	20.00 >	50	20	20.00 >	50	20

幅1~2kmの地域は、江戸時代の新田開発および明治以降の諸産業開発の進展に伴う干拓や埋立地帯にあたる。本工事箇所は、この埋立地の一角にあり、田辺運河の東側に位置する川崎発電所から、南側の京浜運河に至る取水路を構築するものである。

本工事箇所である多摩川河口部の三角州を構成する地質は、埋立土(B層)下に浅海性の砂(As層)が厚さ約10mで分布し、下位に粘性土層(Ac層)が10~25mで分布する。これら沖積層の下位には、

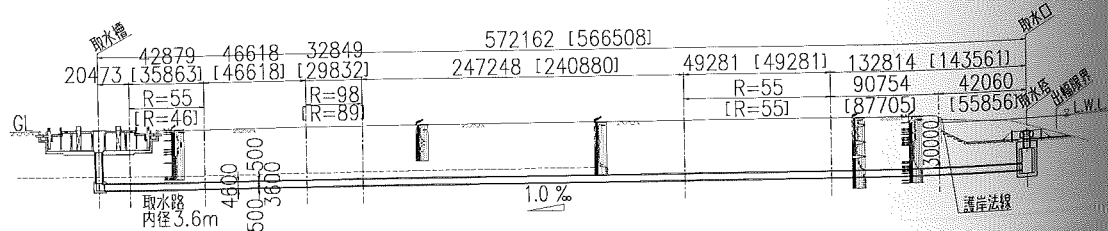


図-3 全体縦断面図

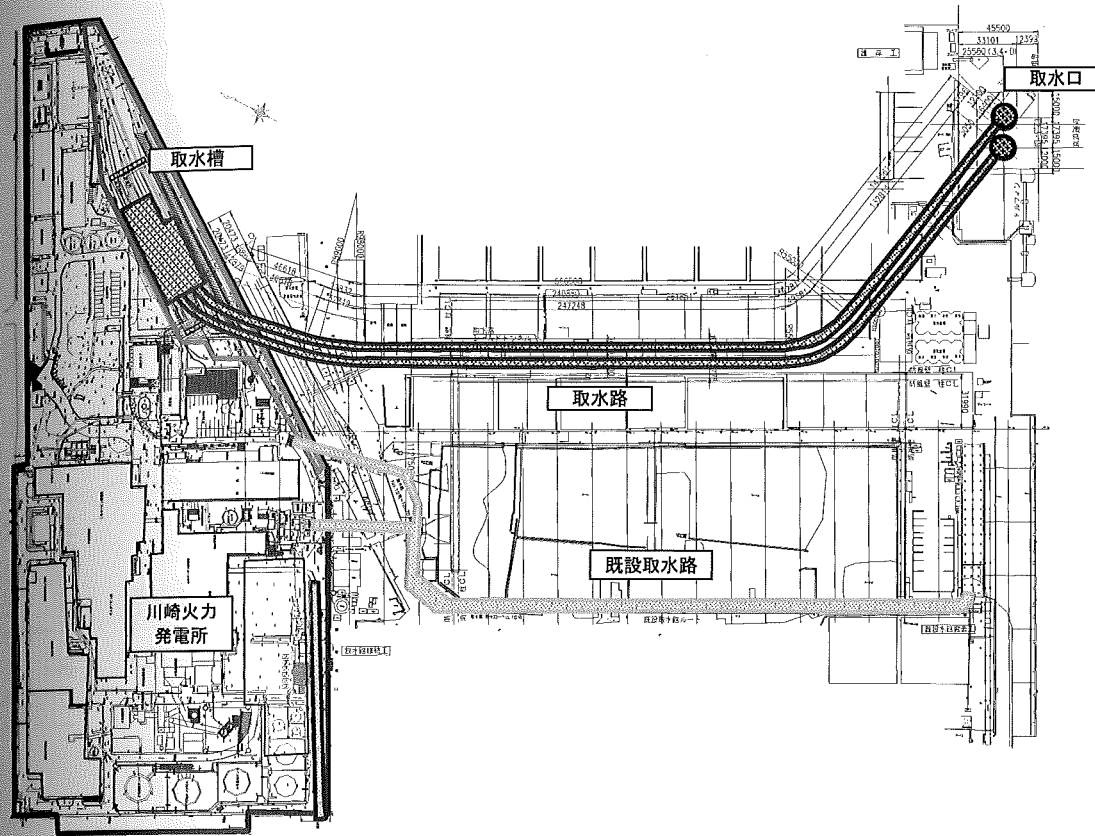


図-4 全体平面図

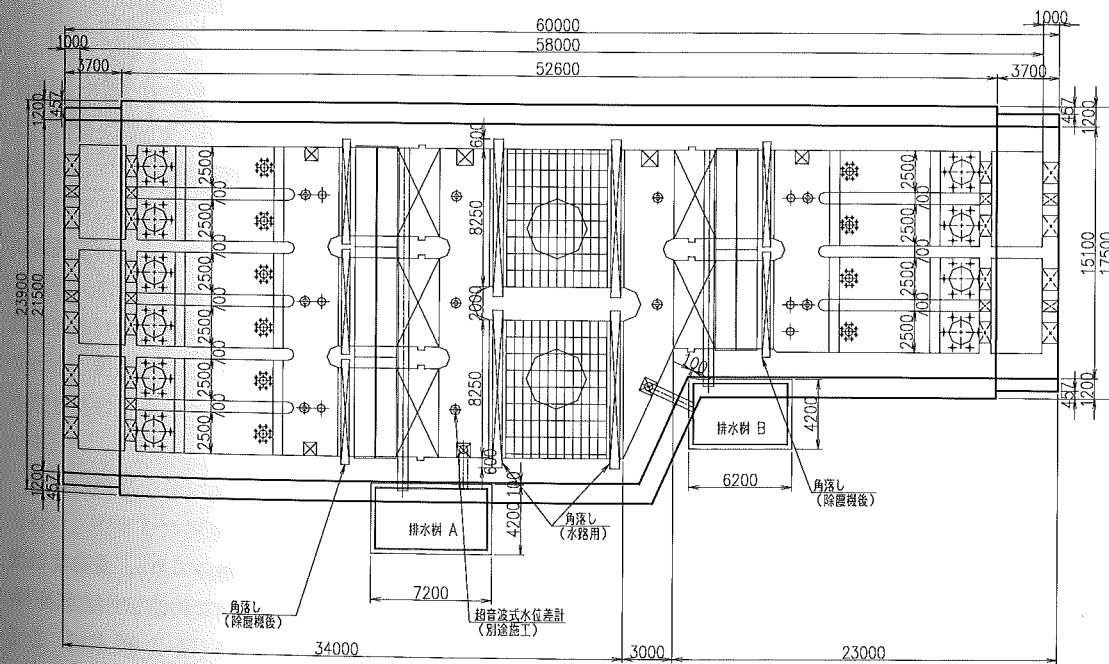


図-5 取水槽平面図

相模層群に属する砂層(Ds層)が分布する。

トンネルが通過する土質(発進側天端高: K.P.-27.039~到達側天端高: K.P.-25.994)は、N値50以上の良く締まった砂質土(Ds2層)となっている。図-2に想定地質縦断面図を、表-1に想定地盤物性値を示す。

3 施工計画概要

取水設備は、取水槽、取水口およびそれらを結ぶ取水路で構成される(図-3, 4)。取水槽は、現在の発電所側用地内に陸上施工により構築し、取水口は京浜運河に面し、近隣事業者所有の既設ドルフィンの内側に海上施工により構築する。また取水槽および取水口間の取水路をシールド工法による施工としたことから、取水槽および取水口をシールドの発進・到達立坑として兼用する計画としている。以下、各取水設備の概要について述べる。

3-1 取水槽

取水槽(RC造、長さ60.0m×幅24.0m×深さ14.0m)は、開削工法により構築する(図-5, 6)。取水槽周囲の土留めは、地下水位が高いため鋼矢板形

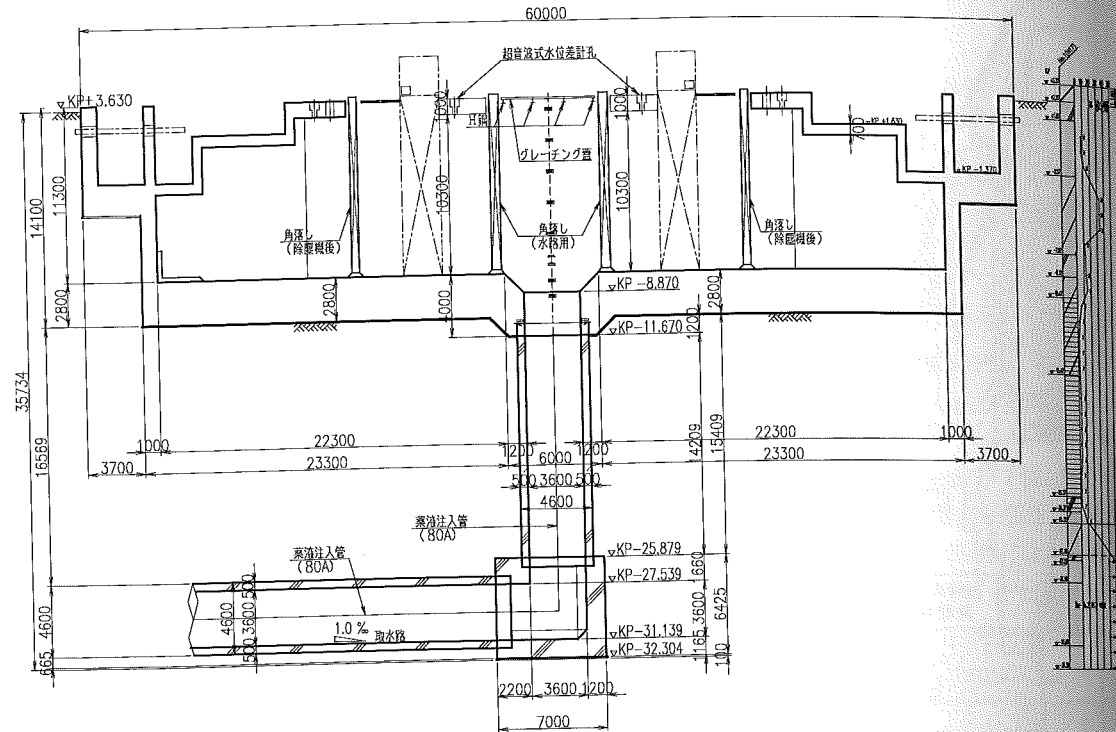


図-6 取水槽断面図

式とし、底版部に盤ぶくれ対策として、地盤改良工(改良強度： $C=300\text{kN/m}^2$ ，改良厚さ：3.0m)を計画している。また、軟弱地盤中での構築となり、近隣事業者に対する用地の制限もあるため、側方土圧に対してグラウンドアンカーではアンカー長が長くなる。このため、長手方向の土留めについてはタイロッドによる切梁方式とした。

取水槽部については、取水路シールドの発進立坑として兼用するため、取水槽中央部に立坑を構築する。発進立坑の仮土留めは、SMW工法により、取水槽底盤部と同様に盤ぶくれ対策として地盤改良工(改良強度： $C=500\text{kN/m}^2$ ，改良厚さ：3.0m)を計画している。なお取水槽、立坑部とも躯体の構築は順巻き施工にて計画している。

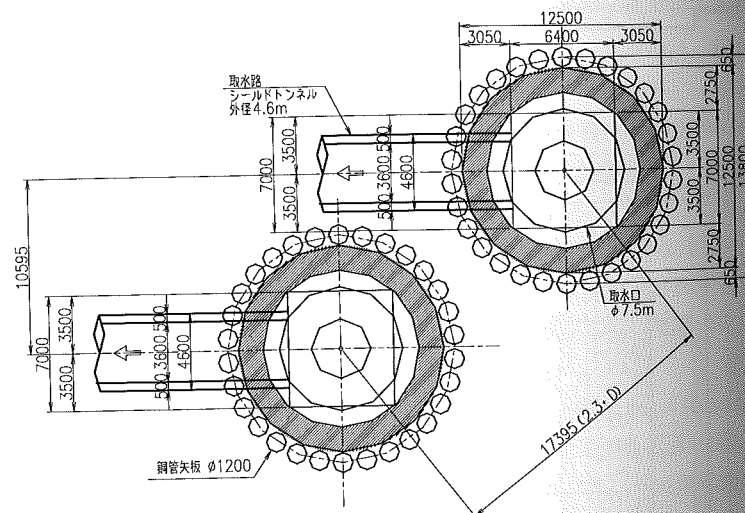


図-7 取水口平面図

3-2 取水口

取水口(RC造，断面：7.0m×6.4m，深さ：15.0m)は、深層冷水を取水可能な鉛直取水方式を採用し、京浜運河内に設置する(図-7,8)。

取水口構築のため締切りを伴う土留め形式とし

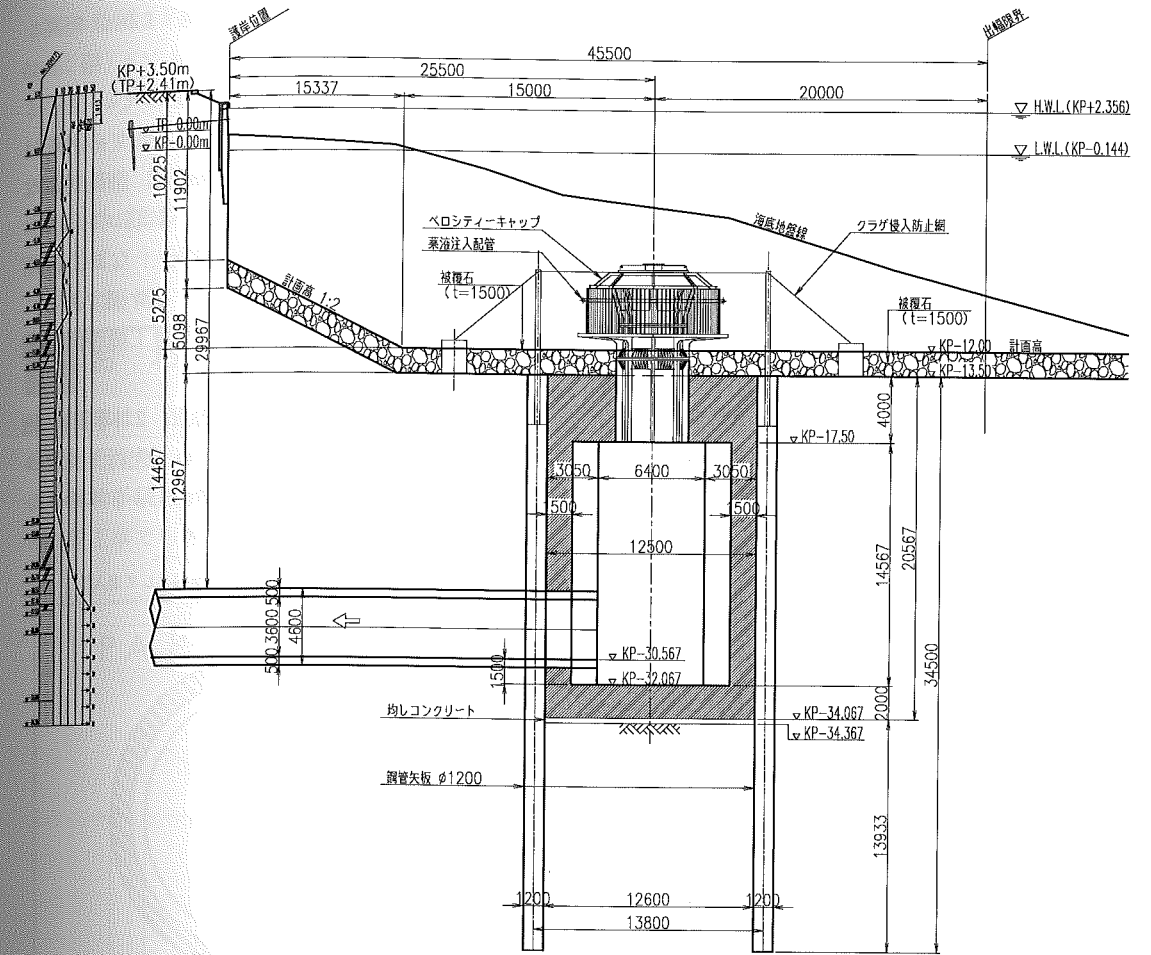


図-8 取水口断面図

て、鋼管矢板($\phi 1,200$ ， $L=34.5\text{m}$)を2本の取水路に対して、それぞれ独立して円形状に配置する。なお、取水口は、取水路構築に伴うシールドの到達立坑としても兼用される。

鋼管矢板は、計画地盤高以深(K.P.-12.0m)は残置する計画であり、それ以浅のものは切断撤去を行う。最終的には、取水口躯体上部に深層冷水を取り込むためのベロシティーキャップを据え付ける。

取水口構築に伴い浚渫(浚渫土量：約32,000 m^3)を行い、安定した流速での取水を目的とした海底面の整備として、被覆石(K.P.-12.0m，約6,200 m^3)を敷設する計画である。

3-3 取水路

取水路は、延長約570m，外径 $\phi 4,600\text{mm}$ (内径

表-2 立坑諸元

	発進立坑	到達立坑
平面形状	矩形	円形
内空寸法	13.20×16.80m	$\phi 12.50\text{m}$
く体寸法	側壁厚	1.20m
	底版厚	1.165m
土留め工法	柱列式中連続壁 芯材(H458×417, $L=42.0\text{m}$)	鋼管矢板 $\phi 1,200\text{mm}$
土留め長	52.0m	52.0m
床付け深度	KP-32.404	KP-34.067
トンネル天端高	KP-27.039	KP-25.994

$\phi 3,600\text{mm}$)のトンネルをシールド工法により2本構築する計画である。

取水路は、取水槽を発進立坑、取水口を到達立坑として、近隣事業者用地直下に構築される。こ

のため、地表への影響を考慮し、土かぶり約30.0mのN値50以上の良く締まった砂質土(Ds2層)に構築する計画としている。表-2に立坑諸元を示す。

3-3-1 発進および到達防護

発進防護として、止水のための薬液注入工、鏡部の地盤改良として高圧噴射攪拌工法による地盤改良工を計画している。

到達防護については、シールドが海中部での到達となるため、海水汚染など周辺環境への影響を考慮し凍結工法を採用する計画としている。

3-3-2 線形

近隣事業者との協議を踏まえ、取水槽および取水口を最短距離で結ぶため、R=48(55)mの急曲線区間を有した平面線形となっている。縦断線形は、陸上部の取水槽(発進立坑)から京浜運河の取水口(到達立坑)に向かい1.0%の上り勾配となっている。

3-3-3 セグメントおよび二次覆工

セグメントは、土・水圧および内水圧などの内・外荷重を受けもつトンネルの主体構造として設計を行っている。今回使用するセグメントは、トン

ネル直線部ではRCセグメント(幅:1.2m, 桁高:300mm), 曲線部はスチールセグメント(幅:0.45m, 0.90m, 桁高:250mm)にて計画している。

二次覆工については、構造部材としての評価は行わずに、防食、内面平滑性の確保、磨耗対策など将来的なメンテナンスを考慮し、無筋コンクリート(厚さ:200mm)による覆工を行う。なお、剝落防止を目的に合成短繊維を混入する計画である。

表-3にトンネル諸元, 図-9に二次覆工標準断面図を示す。

取水路の施工は、工期の制約上、2本同時に施工する計画としている。このため、先行トンネルと後行トンネルの相互影響を考慮し、2本のトン

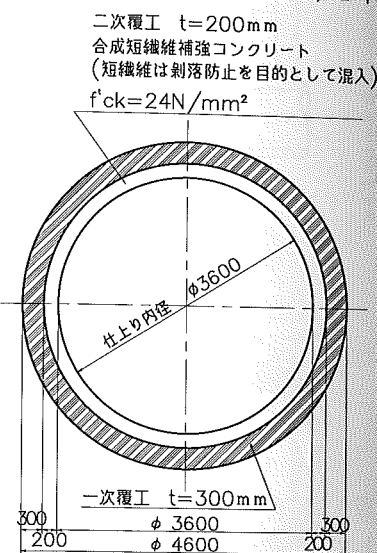


図-9 二次覆工標準断面図

表-4 シールドの仕様概要

シールド外径	φ 4,740mm	
シールド機長	7,645mm	
シールドジャッキ	推力	1,200kN/本
	本数	18本
中折れジャッキ	推力	1,500kN/本
	本数	12本
ジャッキ伸張速度	掘進用	50mm/min
	引用	1,750mm/min
カッタトルク	1,153~1,729kN・m (α=10.8~16.2)	
カッタ回転速度	1.20min ⁻¹	
駆動方式	油圧式	

表-3 トンネル諸元

シールド延長	内側:552.86m, 外側:558.51m		
セグメント外径	φ 4,600mm		
セグメント内径	φ 4,000mm		
仕上がり内径	φ 3,600mm		
セグメント	線形	直線	曲線 (R=46, 55)
	種類	RCセグメント	鋼製セグメント
	厚さ	300mm	250mm
	幅	1,200mm	450mm
	分割数	6分割(5+k)	
継手	セグメント継手	短ボルト方式	
	リング継手	短ボルト方式	
シールド段数	1段		
二次覆工	種類	無筋コンクリート	
	厚さ	200mm	250mm
	設計基準強度	24N/mm ²	
繊維混入率	0.03%(合成短繊維)		

ネルの離隔を約6.0m(中心間隔:約10.0m)としている。

3-3-4 シールドの掘進能力

ジャッキ推力およびカッタトルクは、掘進速度20mm/min, 施工速度約8R/日が得られるよう、地山条件および施工条件から算出される必要能力に対して、十分な余裕をもった設備として計画している(表-4)。

4 おわりに

本工事は、WTO協定(政府調達に関する協定)が適用となり、一般競争入札により平成20年9月より契約手続きが進められた。また総合評価方式の対象工事でもあり、施工方法などについての技

術提案を受け付け、平成21年3月に契約となっている。

本稿執筆時点では、工事着手に向け関係機関および関係各箇所との協議を実施している状況である。このため、今回執筆した内容は、あくまで当初計画の内容として報告している。

本工事自体は、老朽化した発電設備の更新および増設により、排ガス中の有害物質の減少および二酸化炭素排出原単位の削減が見込まれ地球温暖化防止対策への貢献につながるものである。関係者のご理解、ご協力を得ながら、入念な品質、安全管理のもと、一日も早い完成を目指し万全を期する所存である。

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 円340円
- 第II巻 地下水環境学 価格4,485円 円340円
- 第III巻 地下水と地質 価格3,873円 円340円

本書は様々な環境問題を地下水理学の立場から本格的に取り扱うため、水の物理学・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。

<第I巻 主要目次>

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

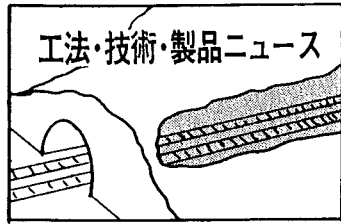
<第II巻 主要目次>

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

<第III巻 主要目次>

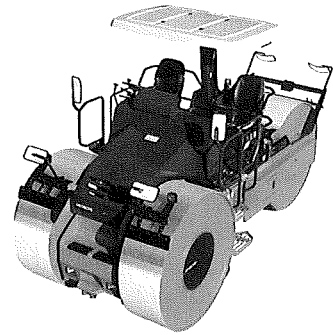
■水資源 ■堆積盆水環境における地下水 ■地殻における地下水 ■地下水流動における熱輸送

株式会社 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



マカダムローラを新発売

日立建機は、CS125₃マカダムローラ(運転質量10,155kg)を発売した。同機は、赤外線を利用した後方ガードセンサやシートベルト、リヤアンダミラーを標準装備、また運転時にはレバーを下げないと走行ができなくなるゲートロックレバーシステムも標準装備し、安全性を高めた。環境面については、特定特殊自動車排出ガス基準の第3次規制値をクリアするとともに、国土交通省指定の超低騒音型建設機械の基準値をクリアし、環境にも配慮した。道路工事などさまざまな現場での舗装仕上げ作業に活躍が期待される。



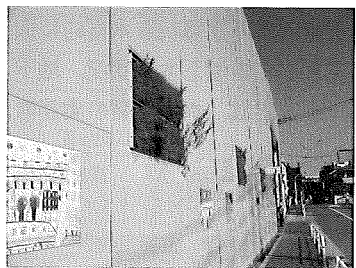
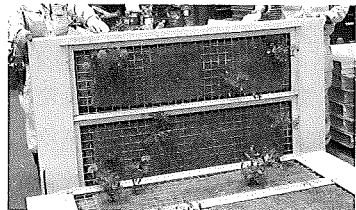
修景に配慮した
仮設防音緑化パネル

ハザマは、旭機工、クレアテラネットワークと共同で仮設防音緑化パネル「ASPみどり」を開発、商品化した。同製品は、仮設防音パネルと同等の防音性能をもち、ヒートアイランド現象の緩和効果や修景効果が高い仮設パネル。従来の防音材(グラスウール)に代わり、同等の防音性能

をもつ「ヤシ殻マット」を設置し、植栽基盤でもあるヤシ殻に芝などを植栽できるようにした。防音効果については、JISにもとづいた測定から従来品と同等であり、表面温度については通常の仮設防音パネルと比較して、最大で10℃以上低いことを確認している。

植栽の維持については、パネルの裏側に給・排水管を設置し上部に敷設された灌水チューブからタイマーにより灌水、排水が表に出ることはない。植栽は、標準ではコウライシバとしているが、修景効果をさらに上げるためにオプションで季節のさまざまな草花を植栽することも可能としている。

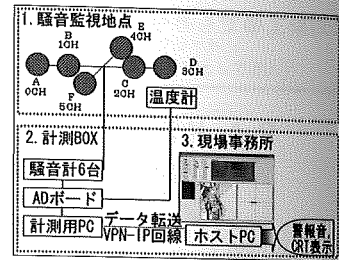
提供方法はリースまたは販売により、リース価格は特殊な防音パネルである採光パネルと同程度の年間㎡あたり約10万円(施工・運搬費等を含む)を予定している。



移動騒音源対応型工事騒音
評価システムを実用化

飛鳥建設は、自社技術の「工事騒音リアルタイム評価・対応システム」について、新たに、工事現場で稼働するダンプトラックやブルドーザなどの移動騒音源にも精度の良い監視ができるよう改良を加え、実用化したと発表した。

同技術は、移動騒音源追尾型のマルチチャンネルマイクロホン監視地点である民家の近隣や現場内に設置、1セットのみのシステムでコンプレッサーなどの定置の騒音源から移動する騒音源まで、常時連続監視が可能となるもの。従来は現場内に最大7点、近隣住宅などの監視地点に1点の設置したマイクロホンとパソコンを有線で接続していたが、監視地点に設置するマルチチャンネルマイクロホンのみで監視が可能となり、光通信回線などを利用してシステムの小型化とコスト軽減を実現した。



高精度非破壊診断技術

飛鳥建設は、塩谷智基・京都大学大学院准教授、小林義和・日本大学専任講師との共同研究により、同社のコンクリート構造物非破壊診断技術に、弾性波の減衰特性を利用した新たな機能「減衰トモグラフィ」を加え、より高精度にコンクリート構造物の健全性を診断可能なシステムを開発した。

同社の従来技術は弾性波の伝播速度の分布を可視化した非破壊技術だったが、今回、同波の減衰比の分布を可視化する減衰トモグラフィを追加することにより、伝播速度ではとらえられなかった軽微な損傷や、コンクリート内部のひび割れや空隙などの位置や程度をより鮮明に把握することができるようになった。

今後は同システムをコンクリート構造物の維持管理者を中心に展開する予定としている。

建設現場

沈埋トンネル(最終回)

— 施工事例：ボスポラス海峡横断鉄道プロジェクト —

「沈埋トンネル」連載講座小委員会

大成建設(株)土木本部プロジェクト部次長 高久雅喜

① ボスポラス海峡横断鉄道プロジェクト

トルコ共和国のイスタンブールは、トルコの経済の中心であり、約1,200万人の人々が暮らしている。イスタンブールは、黒海からマルマラ海に至る延長30kmのボスポラス海峡によってアジア側とヨーロッパ側に隔てられている。アジア側とヨーロッパ側を結ぶ手段としてすでに2本の長大道路橋が架けられているが、経済の発展に伴う交通需要の増加に対応しきれず、慢性的な交通渋滞を引き起こしているのが現状である。当プロジェクトは、この交通渋滞の緩和を目的として、アジア側とヨーロッパ側を結ぶ13.6kmの鉄道トンネル工事である(図-1)。工事範囲には1.4kmの沈埋トンネルと10.1kmのシールドトンネル、地下駅舎4駅を含んでいる(図-2)。

沈埋トンネル部1.4kmはボスポラス海峡を横断する部分である。その最大施工深度は約60mで、BARTトンネル(米国、施工深度40m)を抜いて世界最深度である(図-3,6)。



図-1 ボスポラス海峡横断鉄道プロジェクト

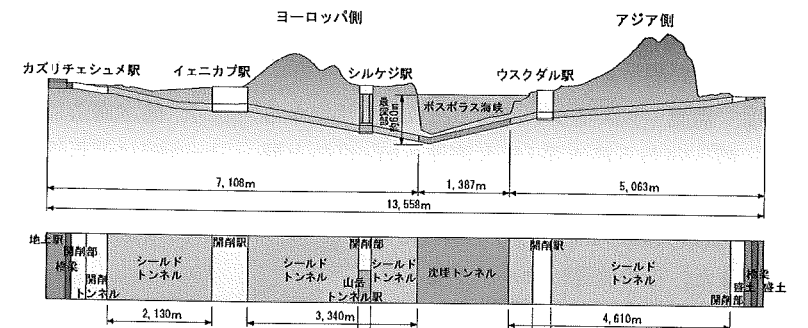


図-2 プロジェクトの構成

② ボスポラス海峡の特徴

沈埋トンネルの建設場所となるボスポラス海峡は黒海とマルマラ海を結ぶ海峡である。建設場所における海峡の特徴は次のとおりである。

① 水深と地盤：ボスポラス海峡はヨーロッパ

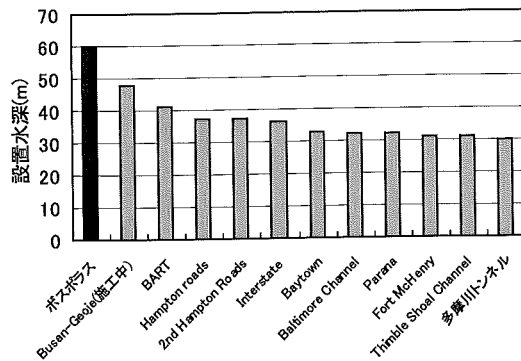


図-3 沈埋トンネルの設置水深

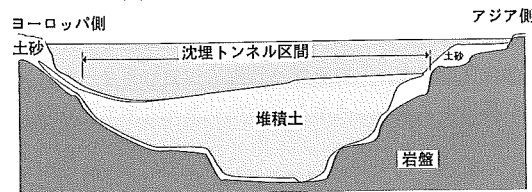


図-4 ボスポラス海峡の地盤

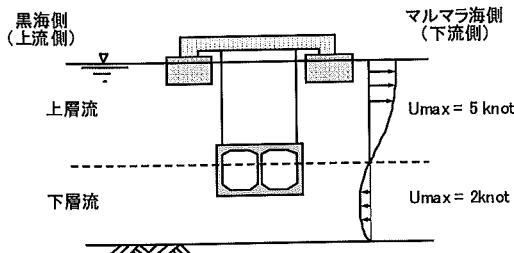


図-5 建設場所の潮流

側が深く(約50m)、アジア側が若干浅い。海底部は堆積土砂で構成されているが、両岸部分には岩盤である。

② 潮流：ボスポラス海峡の流れは、黒海から南へ向かう淡水系(最大流速 5 knot)の上層流とマルマラ海から北へ向かう塩水系の下層流(最大流速 2 knot)の二層流となっている。

また、その流速はマルマラ海・黒海まで含めた気象からの影響を受けて変わりやすく、潮流と言いつながら規則的な潮止まりはない。

③ 海峡の航行船舶：ボスポラス海峡は国際航路であり、航行船舶(1,000~100,000GT)は約130隻/日である。さらに、施工場所の Uskudar (アジア側)と Sirkeci (ヨ-

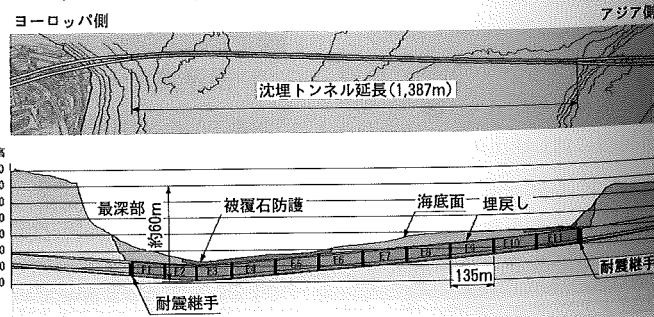


図-6 沈埋トンネル全体図

ロッパ側)はフェリー(300~1,000GT)の往来が頻繁で、約1,100隻/日が通航する。

③ 沈埋トンネルの構造

本トンネルは複線の鉄道トンネルである。縦断勾配が18%以下に制約され海峡部の両岸でのトンネル深さが50m程度となる。本トンネルの構造上の特徴を以下に示す。

3-1 沈埋トンネルの構造

沈埋トンネルは沈埋函11函(長さ135m×8函+95m×3函)で構成した海峡の中央部の1.38kmである。トンネルの基礎地盤は主として堆積土層となる範囲である。ボスポラス海峡の両岸は岩盤で構成され海底勾配が急であるため、海岸線まで沈埋トンネルを適用すれば岩掘削量が多くなり不経済となる(図-6)。

沈埋函は基礎砕石上に設置され、側部と頂部を埋め戻す。頂部の埋め戻し厚さが薄い部位には被覆防護工を施す。本トンネルではトンネルの両側に走錨防止工を設置した(図-7)。

3-2 函体構造

沈埋函の断面は、幅15.3m×高8.6mの2連ボックスの鉄筋コンクリート構造である(図-8)。沈埋函の端部は函体間の接合面の精度確保とバルクヘッド(止水蓋)の設置のために鋼殻構造である。ただし、断面設計では内部のコンクリートを考慮した合成構造とし鋼材の低減を図っている。

防水構造については、ヨーロッパの沈埋トンネルでは近年外防水を施さない事例が多いが、本トンネルは設置深度が深く水圧が大きいことを考慮して国内の沈埋トンネルと同様に側面および底面

は防水鋼板で、頂部は防水シートで外防水が実施された(図-9)。

3-3 函体間の継手構造

本トンネルの函体間の継手構造は剛継手であり、本設の止水鋼板と仮設のゴムガスケットで止水構造が構成される(図-10)。本トンネルは、複線の鉄道トンネルで、函体幅が15.3mと細く地震時の地盤挙動への追従性が高い。耐震解析の結果、両端部のシールドトンネルとの接合部に可撓継手を設置することで沈埋トンネル部には可撓継手が不

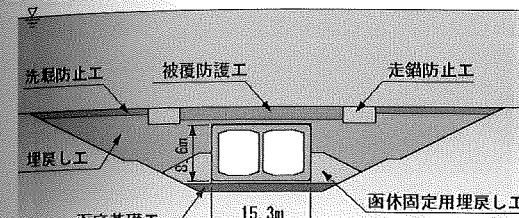


図-7 標準断面図

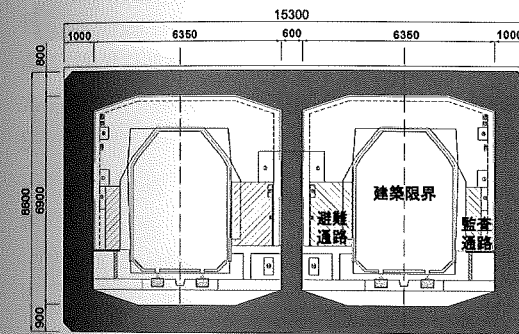


図-8 標準断面図

要となった。

ゴムガスケットには、ゴム硬度70°のジーナ型ゴムガスケット(190-148-70)を使用した(図-11)。従来の国内の沈埋トンネルでは、ゴムの硬度50°が主流である。この硬度50°のゴムガスケットを採用した場合には、設置水深の水圧作用時(0.6MPa)に過剰な圧縮変形が生じ、横倒れなどの発生が懸念された。このためゴム硬度70°を採用した。

3-4 沈埋トンネルとシールドトンネルの接合部

国内の沈埋トンネルでは、沈埋トンネルの両端部には立坑もしくは陸上トンネルを先行して構築し、これを基準にして沈埋函を沈設する。しかし、本トンネルの場合には、立坑の深さが深くなり、鉄道トンネルなので海峡部での換気所が不要となるため、先行して立坑を建設することは不経済であった。このため、沈埋トンネルの両端に立坑を設けず、沈埋トンネル部の完了後にシールドトンネルが沈埋トンネルの端部に地中接合する構造とした(写真-1)。

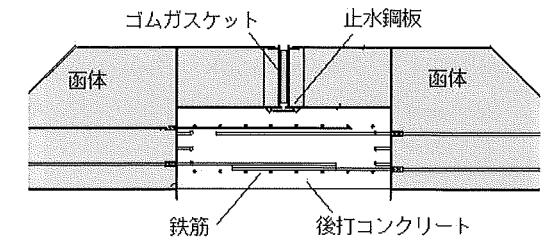


図-10 函体間の継手

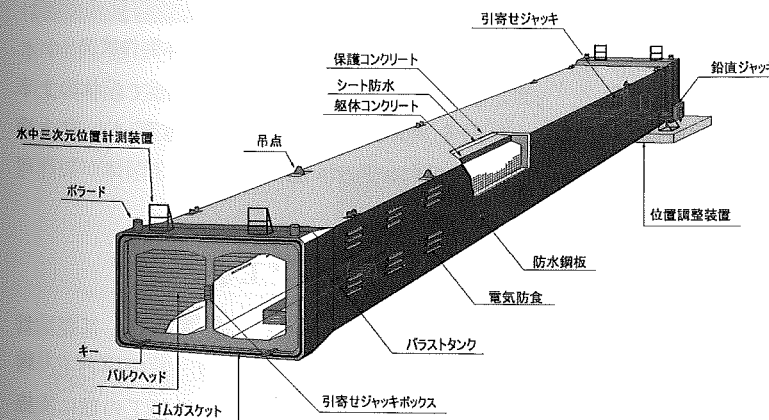
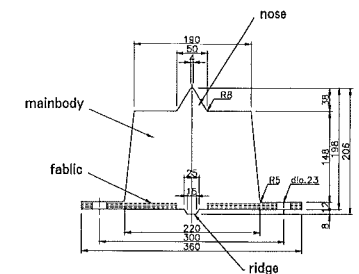


図-9 函体の構造



規格値	常態	老化後(変化率)
引張強さ	18(MPa)以上	20(%)以下
伸び	300(%)以上	20(%)以下
硬さ	70±5(度)	8(度)以下
圧縮永久歪		15(%)以下

図-11 ジーナ型190-148-70

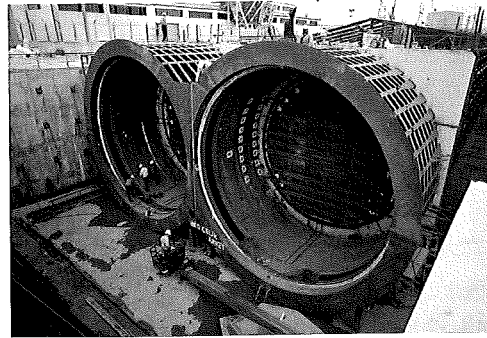


写真-1 函体の端部に設置されたシールドとの接合部

④ 函体製作

前述のように函体の断面形状は2連の矩形RC構造で、幅15.3m、高さ8.6mであり、重量は約18,000tである。躯体の底版・側面は防水と型枠を兼用して防水鋼板で囲い、頂版は防水シートを施工した。また、図-9に示すように、函体の艀装品としては、ゴムガasket、バルクヘッド、バラストタンク、引き寄せジャッキ、電気防食、吊り治具、方向修正架台などが装備された。

函体製作において、以下に示す三つの制約条件があった。

- ① 製作ヤードは沈設地点から約40km離れた地点に新たにドライドックを築造するが、最大4函体分のドライドック用地しかない。
- ② ドライドック予定地の前面は水深が浅く、函体曳き出しのために岩盤浚渫が必要である。
- ③ 全体工期が約3年と短く、沈設は約40日に1回の間隔で行う。

上記の函体製作上の条件を満足するために、ドライドックと洋上構築水域での施工を組み合わせ、同時期に最大7函体の製作を進行した(写真-2)。

- ① ドライドックで函体端部の鋼殻と躯体の下半分のコンクリートを打設する(写真-3)。函体の吃水を浅くしてドライドックの掘削数量とその前面浚渫数量を最小限とした。ドライドックは二つ構築し、各ドライドックで2函体、合計4函体が製作可能とした。
- ② ドライドックでの函体構築完了後、ドック内に注水し、浮上した函体を曳き出して、洋

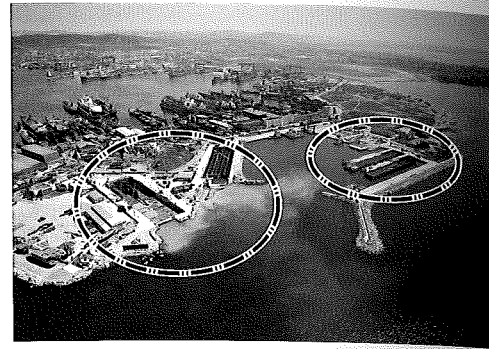


写真-2 Tuzla函体製作ヤード鳥瞰写真
(左側：ドライドック、右側：洋上構築水域)

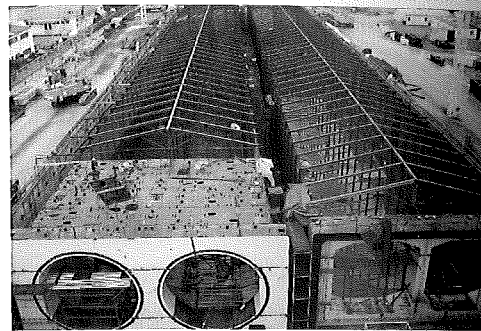


写真-3 ドライドックでの箱体製作状況

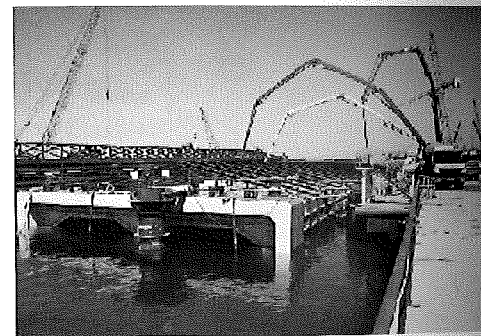


写真-4 洋上構築水域での函体製作状況

上構築水域に係留し、浮遊状態で函体の上半分をコンクリート打設する(写真-4)。洋上構築水域はTuzla港内に設け、3函体が製作可能とした。

⑤ 海峡での海上工事

本工事の沈設工事を除く海上工事は、基礎地盤の液状化対策工、トレンチ浚渫、基礎砕石工、埋戻し工、被覆防護工および走錨防護工の順に実施された。以下にそれぞれの特徴を記述する。

5-1 液状化対策工

本工事では、沈埋トンネルの基礎地盤の液状化による沈下量をスペックで制約されていた。このため、アジア側の400m区間でトンネル下8mに液状化対策工を実施した。施工方法については、従来は専用作業船を用いたSCP工法(サンドコンパクションパイル)が一般的だが、現地に適切な作業船がなく国内の作業船も潮流下での作業を想定していない。本工事では、施工機械がコンパクトなCPG工法(コンパクション・パイル・グラウチング工法)を採用し、当該潮流に対する係留設備を持ったDPS(ダイナミックポジションシステム)台船に施工機械を艀装して施工した。

5-2 トレンチ浚渫工

ヨーロッパの沈埋トンネルのトレンチ浚渫にはカットサクション船が使われることが多い。しかし、ボスポラス海峡は潮流が速く、施工水深が60mであるため、この施工条件に適応した浚渫船が現地になかった。このため、本工事のトレンチ浚渫には関門海峡での浚渫などに実績がある国内の大型グラブ浚渫船を現地に持ち込んで施工した。

5-3 基礎砕石工

基礎砕石の投入にはDPS台船にトレミー管を装備したトレミー台船を用いた。

投入した基礎砕石を水中均し機(写真-6)を用いて仮支承部±20cm、一般部±30cmの精度で均した。この水中均し機はブレードをX、Y方向に作動させて敷き均す構造であり、ブレードの移動幅はトンネルの軸直角方向18m、軸方向7mである。水中均し機は台船に設置したトランスポンダを用いて高さ±12cm、位置±40cmの精度で設置した。この機械を順次設置しながら砕石の均しを実施し

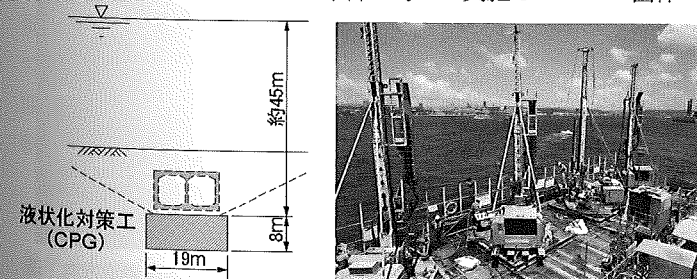


図-12 海上での液状化対策工(CPG)



写真-5 大型浚渫船

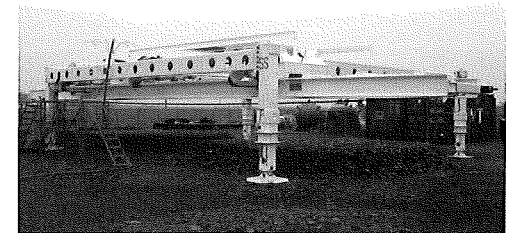


写真-6 基礎砕石均し機

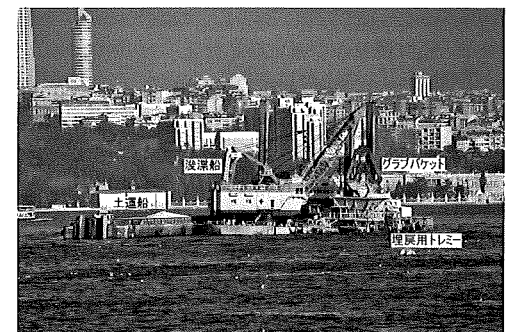


写真-7 埋戻し作業状況

た。この水中均し機の作動機構と位置制御機構は同等水深で施工された明石海峡大橋の基礎工事で用いた水中機械の作動機構を参考にした。

5-4 埋戻し工

函体の沈設完了後に埋戻しを行う。函体側部の埋戻しは函体に偏圧を与えないように実施する必要がある。水面からの直接投入では潮流の影響で埋戻し材が流されるので、これを防止し埋戻し材の投入箇所を管理するために、浚渫船にトレミー管を艀装し、使用した(写真-7)。なお、被覆防護工と走錨防護工も浚渫船を用いて設置した。

⑥ 沈設工

沈設工は、約28km離れた函体の最終艀装ヤードから沈設場所まで3隻のタグボートで函体を曳航し、プレッシングバージを用いて実施した(図-13, 14)。沈設のサイクルは約40日であり、アジア側(E11)からヨーロッパ側(E1)へ順次行った。なお、国際航路については、沈設工事期間中は時間制限による一方航航行とし、沈設日の係留作業(約6時間)のみ航路を閉鎖した。

この沈設工事においては大水深かつ急潮流下での施工を考慮して、以下の工夫を行った。

6-1 沈設船(プレッシングバージ)

函体の沈設には、新造した双胴船のプレッシングバージ(長さ90m, 幅39m, 設計荷重吃水2.0m)

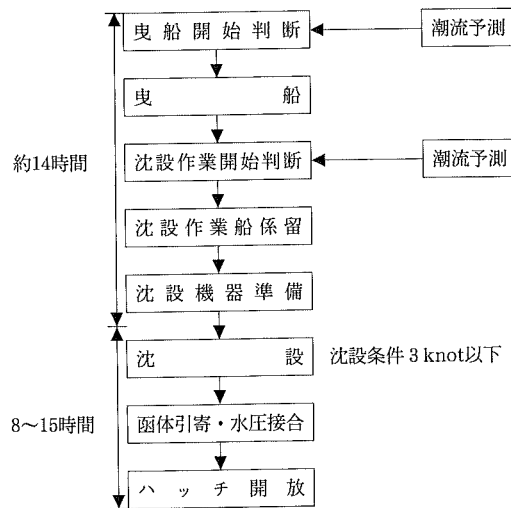


図-13 沈設手順

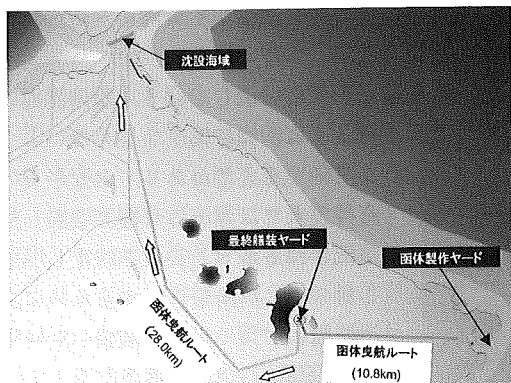


図-14 函体曳航ルート³⁾

を用いた(写真-8)。巻き能力70~25tのウインチ13基を搭載し、3 knotの潮流に係留可能なシステムである。このとき、潮流が一方であることを考慮して2基の70tウインチを片側のみに配置する変則的なウインチ配置とした。沈設ウインチは二つのガーダに2基ずつ配置し、1基あたり250tの吊り能力とした。

6-2 沈設手順の工夫

従来の方法では、沈設前に函体を設置方向に合わせた後沈設を行ってきた。ボスポラス海峡の潮流は前述のように2層流の特徴があるので、本工事では建設場所に函体を潮流方向に合わせたまま沈設を行い(写真-9)、潮流が弱くなった中間水深で設置方向に回頭させた。これにより、表層の速い潮流の影響を抑制し、安全に沈設を実施した。この施工方法の妥当性は事前に大型水槽を用いた実験にて確認した。

6-3 沈設時の函体の位置誘導システム

本工事では水深が深いため、従来用いられた測量ポールなどの使用が難しい。このため、二つを組み合わせた位置誘導システムとした(図-15)。



写真-8 プレッシングバージ

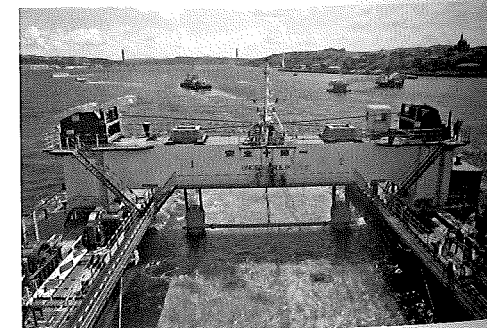


写真-9 沈設開始状況(E10)(函体方向は潮流方向、遠方の橋はボスポラス大橋)

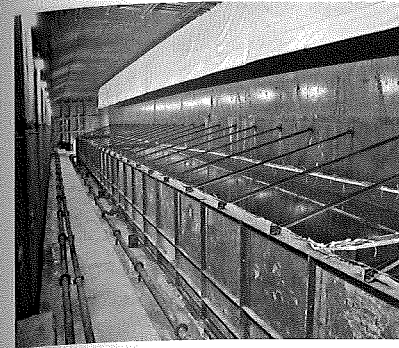


写真-10 沈設後の函内

一つはマルチビームソナーとGPSを組み合わせたシステムで、水平精度±1.5m, 鉛直精度±0.2m(水深60m)であり、函体からの距離が10mまでの誘導を行うものである。もう一つは、国内で実績のある水中3次元計測装置で、2系列で構成された超音波測定システムを用いて、精度±26mm(端面距離1m)で、函体接合時に使用した。また、これらのシステム以外に、水中カメラによる視認とダイバーによる接合状況の最終確認を実施した。なお、先行函がない最初に沈設した函体については測量ポールを使用した。

6-4 潮流予測システム

沈設は沈設設備と潜水作業を考慮して潮流速3 knot以下のタイミングで実施する必要がある。一方、沈設工は、海峡部から約40km南方の最終艀装ヤードから曳航を開始し、沈設が終了するまでに約36時間を要する。このため、曳航開始時点に36時間後の沈設位置の潮流速を精度良く予測し、沈設の実施の可否を判断する必要があった。本工事では、気象予測にもとづく潮流予測システムを新たに開発した。本システムは、流速、水位、気圧、風の常時観測値と気象サービスから得られる風、気圧の予報値から将来の流況をリアルタイムで予測するものであり、予測値は現地の流況を精度よく再現できた。

6-5 最終艀装ヤードにおける沈設試験

沈設時に用いる計測システムや鉛直ジャッキなどの艀装には、Tzula 港内の函体構築水域では水深が不足する。このため、Tzula港から約11km離れたブッカダ島の近くの水域を最終艀装ヤ-

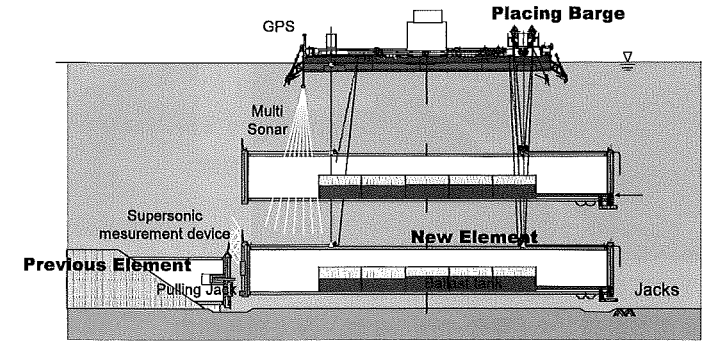


図-15 函体の位置誘導システム概念

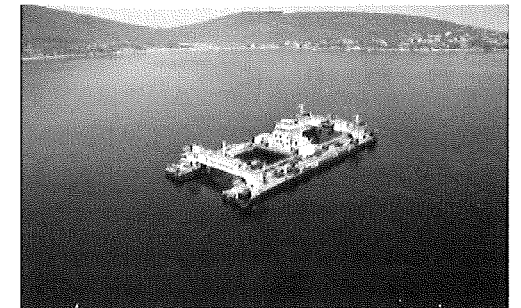


写真-11 最終艀装水域での係留状況

ドとした。この水域は一年を通じて静穏であり、水深が60m以上ある。本工事では、沈設水深が深いので、沈設艀装完了後にすべての函体で沈設試験を実施した。沈設試験では、最終艀装ヤードに係留した状態で函体の設置深さまで降下させ、沈設システムの動作確認と作業の周知、函体の漏水チェックを行った(写真-11)。

⑦ 函体内へのアクセス

函内作業として、函底充填工、バラストタンク撤去、路床コンクリート工、バルクヘッド撤去工および継手工が施工された。従来の沈埋トンネルでは函内の換気と函内への資機材の搬出入を立坑もしくは陸上トンネルから行った。しかし、本沈埋トンネルには立坑がないため、函内換気と資機材搬出入用のアクセスシャフトをアジア側の端部となる函体(E11)に設置した。さらに、このアクセスシャフトの位置が海上となるので、アクセス栈橋と連絡橋を用いた(写真-12)。

このアクセスシャフトの形状は鋼構造の小判型の筒状である。これを1函目の沈設完了後にクレー-

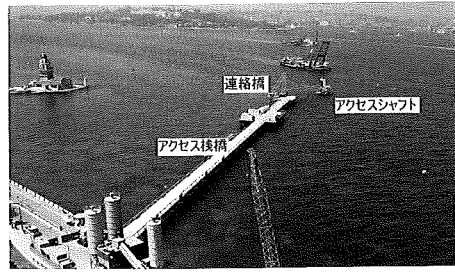


写真-12 函内へのアプローチ

ン船で設置した(写真-13)。なお、万一の船舶の衝突事故時に函内の水没を防止するため、函体との接続部にハッチを設けた。

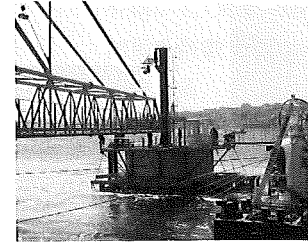
㊦ おわりに

現在、沈埋トンネル部の施工は完了し、シールドトンネルの接合を待っている状況である。

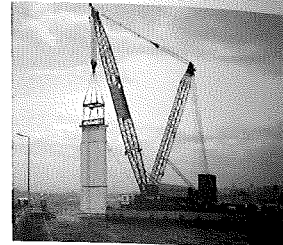
本工事は、大水深かつ急潮流という国内の沈埋トンネル工事では経験のない施工環境であった。しかし、国内沈埋トンネルで培った沈設技術と本州四国連絡橋プロジェクトなどで培った大水深かつ急潮流下での施工技術を組み合わせることで技術的課題を解決した。あらためて沈埋トンネル工事は海洋土木技術の総合技術であることがわかる。

参考文献

1) 織田幸伸・伊藤一教・上野成三・勝井秀博・東江隆



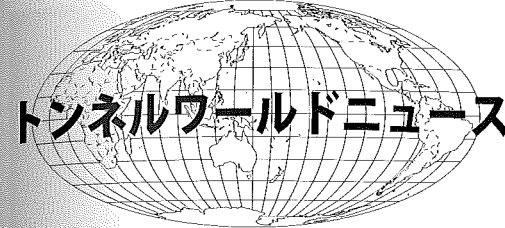
使用状況



設置状況

写真-13 アクセスシャフト

- 夫・小山文男・栄枝秀樹：ポスボラス海峡横断鉄道トンネル建設工事における流況観測と流況解析，海岸工学論文集，Vol.52，土木学会，2005.
- 2) 山口高弘・小山文男・土屋正彦：ポスボラス海峡沈埋トンネル工事における函体沈設，第64回年次学術講演会講演概要集，土木学会，2009.
- 3) 小山文男・橋本敦史・村上道隆：トルコポスボラス海峡横断鉄道トンネルの施工，沈埋トンネル部基礎地盤水中均しロボット，建設の施工企画，日本建設機械化協会，2008.6.
- 4) 高久雅喜・小山文男・土屋正彦：ポスボラス海峡沈埋トンネル工事における函体沈設，第64回年次学術講演会講演概要集，土木学会，2009.
- 5) 織田幸伸・伊藤一教・本田隆英・上野成三・小山文男・栄枝秀樹：ポスボラス海峡横断鉄道トンネル建設工事での流況予報システムによる函体沈設の可否判断，海岸工学論文集，Vol.54巻，pp.941-945，土木学会，2007.
- 6) 外山雅昭・小山文男・土屋正彦：ポスボラス海峡沈埋トンネル工事における仮設立坑の計画，第63回年次学術講演会講演概要集，土木学会，2008.



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

クロイドンケーブルトンネル 工事完了

Morgan Est 社が行っていた、延長9.8kmのクロイドンケーブルトンネルの掘削が完了した。この工事の最終段階で、水分を含んだ困難な地質に遭遇したため、同社は Lovat 社の mixed face EPBM(泥土圧式シールド)を使用した。

直径3.6mのTBMは2007年4月に掘進を開始し、2,305リングを施工した後、その年の年末に Rowdown 地区の掘削を終え、最初の区間の工事を完了した(T&TI, p.11, 2007.12.)。

Kent Gate Way の立坑で再調整した後に、シールドは2008年1月に掘進を再開した。その時点までの地質調査にもとづき、2008年の第4四半期前までには掘削が完了しトンネルが貫通するとみられていた。

National Grid 社向けに建設される400kVケーブルトンネルの推進経路の地質は、石英を含んだ、適度に破碎されたチョーク層で構成されていると

予想された。

覆工は、内径3m・厚さ180mm・幅1.2mのリング(1段の防水シールドが貼られた6分割の台形セグメント)で施工され、それらには施工業者によって鋼繊維補強が施されていた。注入材は石灰石膏材使用により、硬化材を使用しないものが施工された。

乾燥状態での初期の掘削は、^{ひとかた}一方で10時間で平均二十数リング前後の優れた進捗を可能にし、更には30リングをやや上回るまでに向上した。しかしその後の掘削で帯水層に遭遇し、その水量が増えるにつれて進捗は低下していった。そこにはほぼ垂直の亀裂があって、Beddington 地区のケーソン立坑の落とし込み時の水の流入量は約500ℓ/秒であった。

第二次掘削は2,718リングを施工して、2008年6月に Lloyd Park で完了した。TBMは7月に掘削を再開したが、2.5~3.0気圧の水圧に対処できるEPB(泥土圧式)モードを引き続き使用していたために進捗は低下していった。

最終区間では3,168リングを覆工したのだが、終わりが近づくにつれて、一方10リング程度の進捗だった。部品の損傷や磨耗は水の浸入を増加させ、切羽での部品取替えは困難をきわめた。テールシールドブランチの劣化も、時折、覆工区間への水の進入を許した。

(T&TI '09.6 担当：竹村茂・東京都交通局)

推進工法の理論と実際

B5判 437頁 価格8,925円 送料450円

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



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

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

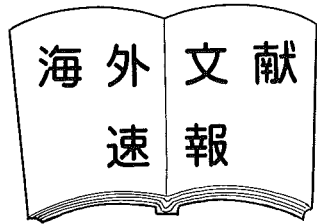
わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修 B5判 209頁 本体価格 2,500円 円340円

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

株式会社 土木工学社

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



(社)日本トンネル技術協会 国際委員会

中国：高速鉄道トンネル 武漢～広州ルートについて / China: 165km of Rail Tunnels under Construction

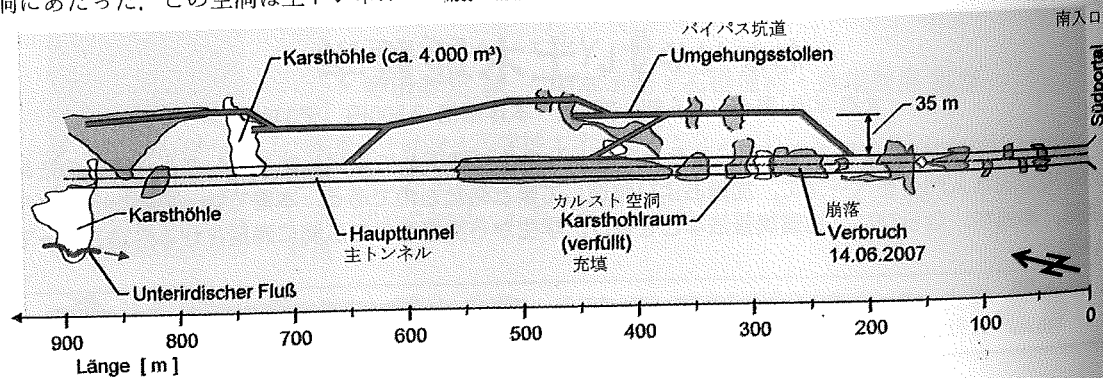
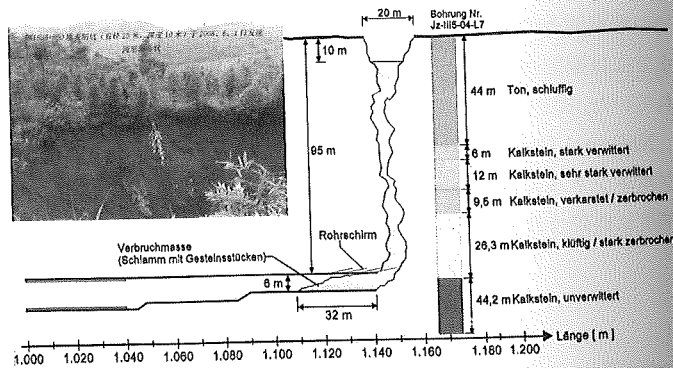
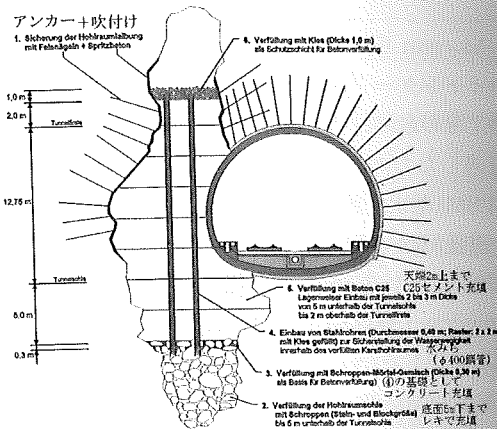
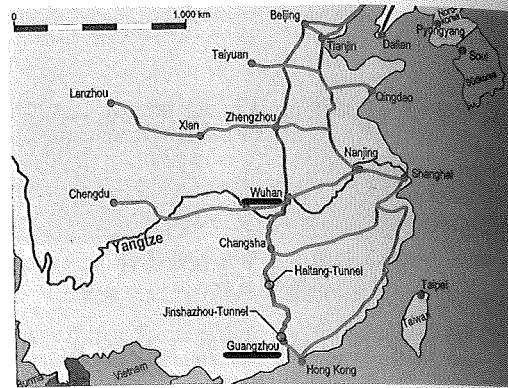
By M. kreutzer, Dr. J. Holzhäuser: Tunnel, November, 2008

中国では2004年に鉄道網の整備計画が策定され、その一部は時速350kmの高速鉄道を予定している。武漢～広州ルートは全長960kmのうちトンネルが165km(231本)を占める。主に硬岩での工事であったが、一部、広範囲にわたるカルストの空洞や都心部での施工に苦労した。

【カルストでのトンネル工事】

Haitang トンネル(全長2,898m)は全般にわたってカルスト空洞が存在し、施工は困難をきわめた。

南トンネルでは、発進から250mの地点でカルスト空洞にあたり、切羽が崩落して掘削機械が土砂に埋まった。対策として主トンネルと平行にバイパストンネルを掘削した。バイパストンネル掘削中も4,000m³ものカルスト空洞にあたった。この空洞は主トンネル



の断面にまで及んでいたため、主トンネル断面とその周辺10mの範囲までコンクリートを充填して施工した。

北トンネルでは1,140mほど掘進したところで煙突状のカルスト空洞があり、2,000m³の土砂がトンネル内に流れてきた。ここでは、空洞をコンクリートで埋めてからトンネル掘進を行った。

【都心部での施工】

武漢～広州ルートでもっとも困難なトンネルの一つが、Jinshazhouトンネル(全長4,435m)であった。軟らかい地質でカルスト風化した岩があり、土かぶり7～20m、地下水位はGL-2mの条件下で、危険な施工であった。上部の池や道路の下を掘進するため、長尺先受け工法やクラウンの分割掘削、地上からのセメント注入を行った。また地下水位を下げられないため、トンネル左右に止水壁を設けて施工した。

(文責：西村蘭果・(株)竹中土木)

スイス：トゥーンの洪水放出路トンネル、泥水式シールドについて / Thun Flood Relief Tunnel, Part1-Challenges faced by the Hydro-Shield Method

By D. Kohler, B. Rupp: Tunnel, November, 2008

トゥーン市(スイス)は、運河発電所の放水路トンネルの建設により、治水効率を上げる計画を立てている。全長約1,200mのトンネルは難しい地質ではあったが、わずか5mmの沈下で施工した。最大日進は2交代制で19.8m(16リング)であった。逆サイホン式で計画されたトンネルで、セグメン

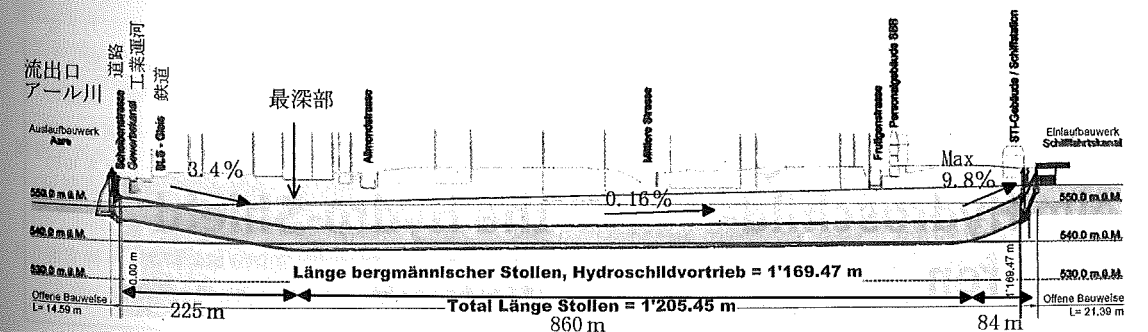
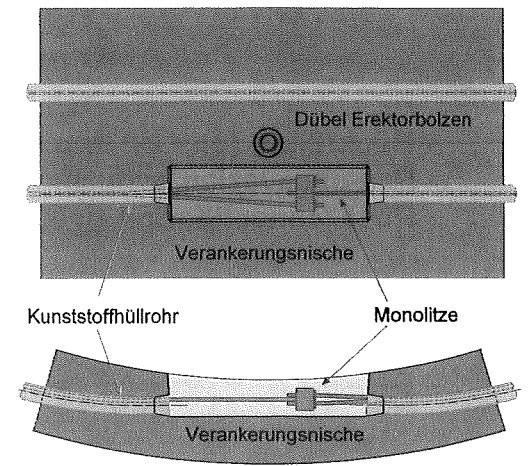
トにプレテンションを導入して一体化を図った。

【プロジェクト概要】

トゥーン湖からアール川への放水路は、全長1,205m、内径5.4mの逆サイホン式トンネルで、100m³/sの流量を確保できる(現状350m³/s)。供用開始予定は2009年春。放水設備側の発進立坑から225mの区間は3.4%の下り勾配、その後860mを0.16%の勾配で昇り、流出設備の到達立坑までの84mは最大9.8%の昇り勾配で、その間、道路、工業運河、鉄道などの下を通過する。トンネルはほとんどが地下水位以下に位置し、地盤は粘土と砂、シルトおよび多少の礫の互層で軟らかいため、泥水式シールドを採用した。

【リングプレテンション】

覆工は内径5.4m、厚さ30cmのシングルシェルで設計されている。トンネルは逆サイホンの内水圧が作用する構造物で、セグメントは水圧の変動や外圧および内水圧の分布を考慮して設計した。ひずみによって引張応力がセグメントリングに生



じるため、リングプレテンションを導入し、セグメントの一体性を高めた。セグメント単体のプレテンションに加え、リング全周のプレテンションも導入した。

【発進立坑】

シールドはアール川堤防の放水構造物の発進立坑の中で組み立てた。土かぶり4mで、施工区

間のうちもっとも透水係数が高く、道路、運河、鉄道と数々の支障物が続いた。二列の場所打ち杭壁を施工し、発進エリアを軸方向75m、幅6mにわたってトンネル上部2mの範囲をセメントで改良した。

(文責：西村蘭果・(株)竹中土木)

わかりやすい トンネルの力学

B5判 286頁 本体価格 5,825円 円340円

福島啓一著

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

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

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



株式会社 土木工学社

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

「トンネルと地下」2009年1~12月号総目次

〈平成21年・年間総目次〉

巻月号頁

巻頭言

Table with 4 columns: Title, Author, Volume, Issue, Page. Includes '新年を迎えて' by 小森博, '技術開発' by 市川正美, etc.

報告

Table with 2 columns: Title, Page. Includes 'ITA総会および世界トンネル会議(アグラ) 報告' by 日本トンネル技術協会, etc.

研究

Table with 2 columns: Title, Page. Includes 'トンネル建設における地盤沈下解析法に関する考察' by 久武勝保, etc.

計画

Table with 2 columns: Title, Page. Includes '未固結地山の小トンネル群をSENSで一本化' by 長谷川正明, etc.

Table with 2 columns: Title, Page. Includes '伊藤美治・石井健二・岡部威' and '齋藤貴・小島淳史・村上実'.

解説

Table with 2 columns: Title, Page. Includes '栗子隧道・建設工事史' by 阿部公一.

施工

【鉄道トンネル】

Table with 2 columns: Title, Page. Includes '駅地下スペースを活用した新幹線工事' by 田畑健太郎, '北陸新幹線 高丘トンネル南工区' by 松本浩司, etc.

【道路トンネル】

Table with 2 columns: Title, Page. Includes '市街地における浅層大断面4連めがねトンネルの施工' by 田口敬介, etc.

近こ道橋新設) 三丸英寿・鈴木雄大・武村謙 40 2 7
 老朽化したトンネル坑口部の補強工事〈北九州高速道路北41工区トンネル改築工事その1〉 伊川幹夫・中山佳久・川端康夫・新井勝明 40 2 23
 多点注入工法による軌道下地盤改良の試験施工 齊木美由紀・萩原辰裕・加藤義文・對馬章道 40 3 7
 四国カルスト直下の高圧大量湧水帯を貫く〈一般国道440号 地芳トンネル〉 片岡正彦・濱田向啓・松川久俊・藤井広志 40 3 15
 高充填覆工コンクリートの適用と坑口軽量押さえ盛土工の施工〈四国横断自動車道 焼坂第二トンネル〉 石井義信・大石和弘・斎藤泰信・後藤裕一 40 3 29
 地すべり直下を大規模押さえ盛土と早期閉合で施工〈三遠南信自動車道 三遠トンネル(引佐工区)〉 松本章・真弓英大・岡山徹 40 3 37
 切土施工中の地すべりにより道路構造をトンネルに変更〈新東名高速道路 大和田トンネル〉 岸本光弘・藤井剛 40 4 7
 国道直下の崖錐を最小土かぶり2.4mで掘る〈四国横断自動車道 新角谷トンネル〉 石井義信・大石和弘・野口英二・檜垣和明 40 5 27
 国道と地下鉄の隙間7.5mに6.5mの道路を構築〈浅草線新橋・大門間環状第2号線他交差部〉 山口外志・森清一郎・池田謙太郎・村田隆志 40 5 39
 I期線への影響を考慮したII期線トンネルの設計施工〈上信越自動車道 永江第一トンネル〉 阿久津孝夫・中嶋英裕・大谷達彦・吉永浩二 40 6 7
 付加体の破碎質粘板岩層を早期閉合で施工〈日奈久芦北道路 新佐敷トンネル〉 竹下卓宏・森山安夫・伊藤典彦・益子篤史 40 6 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〉 新城実・玉城守克・津中重彦・島田智浩 40 7 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 40 7 29
 脆弱な強風化泥岩と炭鉱ずり山のトンネル掘削〈北海道横断自動車道 ユーパロトンネル〉 計良清隆・森俊介・信田俊文・野崎克博 40 8 7
 名水百選など周辺水環境に配慮し中央導坑方式を採用〈四国横断自動車道 齒長山トンネル〉 前田良文・和田信良・近森博・土田淳也 40 8 17
 坑口部のまさ地山を早期閉合により克服〈一般国道49号 三和トンネル〉

石井重好・河原正儀・田村佳丈・高野浩司 40 8 29
 地表に達する天端崩落箇所の対策と地すべり坑口部の施工〈北海道横断自動車道 下トママトンネル〉 井貝武史・鶴間敏雄・小澤隆二・安藤武義 40 9 19
 世界最長150mのパイプルーフで道路立体交差化〈国道9号 京都西立体千代原トンネル〉 島田哲博・玉木秀幸・山田淳一・田中啓之 40 9 31
 支保選定フローによるTBMの施工とその坑内解体〈東北中央自動車道 栗子トンネル東避難坑〉 宮沢一雄・濱田宏 40 10 19
 都市部山岳トンネルにウォータータイト構造を採用〈さがみ縦貫道路 愛川トンネル〉 森勝利・岡村貴彦・諏訪至 40 10 29
 鉄道盛土法面形状に合わせたアンダーパスの施工〈常磐線熊川こ道橋新設〉 高橋紗希子・阿部哲・浅野健次 40 11 7
 坑口部超大断面トンネルを頂設導坑先進工法と明かり巻きにより施工〈圏央道 八王子城跡トンネル〉 赤田昌義・田代浩信・安藤拓 40 11 13
 垂直縫い地ボルトと地盤改良で地すべり坑口を掘削〈日本海沿岸東北自動車道 小波渡トンネル〉 磯畑茂・浅川敏以・西村喜弘・星太一 40 11 23
 JESと鋼板挿入工法の組み合わせによるアンダーパスの急速施工〈東北本線 太平寺こ道橋〉 澤村里志・福島啓之・玄順貴史・徳本毅 40 12 7
 プラスチックフィルムを用いた覆工コンクリートの養生試験〈徳島県主要地方道神山鮎喰線 養瀬トンネル〉 壹岐直之・須貝亮・山田祐二・吉武勇 40 12 17
 供用中に発生した急激な盤ぶくれ変状を復旧する〈山形自動車道 盃山トンネル(上り線)〉 佐久間智・菅原徳夫・多田誠・遠藤祐司 40 12 27

【地下鉄トンネル】

東京メトロ営業線内の石綿を専用台車で安全に除去 稲垣和衛・奈須秀人・新川洋行 40 1 35
 銀座・丸ノ内線合築駅部をアンダーピニング〈東京メトロ 赤坂見附駅出入口新設〉 若林正則・岩瀬千市・福迫政隆・吉田健太郎 40 2 37
 大規模な分岐部を含む既設地上駅部を地下化〈京王線調布駅付近連続立体交差工事〉 岩村忠之・沼澤憲二郎 40 3 51
 函体推進工法で共同溝直下に連絡通路を建設〈都営浅草線 高輪台駅〉 山口外志・山下賢司・井上邦夫・山田真大 40 6 29
 短距離併設トンネルにおけるシールド転用の一形態〈名

古屋市営地下鉄桜通線延伸 大塚工区) 吉田和徳・稲垣秀規・上林佳樹 40 9 43
 駅部大断面トンネルを中壁分割工法で施工〈仙台市高速鉄道東西線 青葉山トンネル〉 本堂亮・東優・浅川敏郎・鶴原敬久 40 10 43
 地下駅直下にアンダーピニングにより通路増設〈東京メトロ丸ノ内線 中野坂上駅〉 末富裕二・上村三幸・野村忠次・川崎友之 40 11 35

【サービストンネル】

銀座線に近接した地下歩道を複合円形シールドで築造〈上野中央通り地下歩道土木工事〉 若林正則・佐野弘幸・奥村一正 40 4 17
 市街地狭隘道路下におけるシールド切替型推進工法の施工〈東京都下水道 谷川雨水幹線〉 岡野敏彦・佐川幸治 40 4 27
 挿入式拡径子親シールドの施工〈国道1号 静岡共同溝静岡東地区〉 清水秀哲・仲野明彦・谷口智洋・森理人 40 5 47
 新素材セグメントを切削し枝線シールドを発進〈東大阪市下水道 新岸田堂・新寿幹線〉 米崎育和・木村勉 40 6 39
 泥水式と土圧式に切替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 40 7 37
 空港施設下のシールド掘進と掘削土砂改質技術の採用〈新潟空港下水道管渠敷設工事〉 竹村淳一・広尾俊幸・林成卓・日野義嗣 40 8 39
 都市部に適応した上向きシールド工法と発進部セグメント〈名古屋市 名駅南雨水幹線〉 中村隆良・杉藤哲也・原信行 40 9 51
 地中に残置された鋼材をシールドで直接切削〈東京都下水道 八広幹線〉 神田好美・市川二郎・相内弘人 40 12 39

連載講座

山岳トンネル先進ボーリング入門(5)〈施工計画の基本および得られる情報と効果(2)〉 山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会 40 1 59
 山岳トンネル先進ボーリング入門(6)〈施工事例(1): 施工前に坑外から実施する地質調査ボーリング〉 山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会 40 2 55
 山岳トンネル先進ボーリング入門(7)〈施工事例(2): 施工中に切羽から実施する水抜き・地質調査ボーリング〉 山下正治 40 10 42

山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会 40 3 59
 山岳トンネル先進ボーリング入門(最終回)〈施工事例(3): 施工中に切羽から実施する地質調査ボーリング〉 山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会 40 4 51
 沈埋トンネル(1)〈概要と歴史〉 清宮理 40 5 55
 沈埋トンネル(2)〈計画・調査〉 高橋正忠 40 6 61
 沈埋トンネル(3)〈沈埋トンネルの構造設計〉 城戸哲哉 40 7 55
 沈埋トンネル(4)〈耐震設計〉 岡田一郎 40 8 59
 沈埋トンネル(5)〈防災設計〉 久保田真・滝本孝哉 40 9 59
 沈埋トンネル(6)〈施工方法〉 羽田宏 40 10 69
 沈埋トンネル(7)〈施工事例: 東京港臨海道路〉 山村和弘 40 11 55
 沈埋トンネル(最終回)〈施工事例: ポスボラス海峡横断プロジェクト〉 高久雅喜 40 12 53

現場だより

「史跡のまち」奥州市より 高橋 努 40 1 14
 宮崎県最古のトンネル「山仮屋隧道」のある北郷町より 岡 幸平 40 2 36
 「みかんと泣き相撲神社」海安市下津町より 松井秀一 40 3 27
 福が栄える「天体の植民地」鳥取県日南町より 安藤和久 40 3 28
 「サッカーのまち」藤枝から 岩本俊一 40 4 16
 「十勝平野の風を釧路湿原へ」浦幌町より 三木 忍 40 4 36
 「素朴な温泉の町」あつみより 花輪 守 40 5 16
 「日本一の海岸美」田野畑村より 高橋哲哉 40 5 26
 「港町気仙沼をもっと身近に」気仙沼市唐桑町より 田村信幸 40 5 38
 「名水の郷」京極町より 高山正志 40 6 25
 天地人ゆかりの地「八十里越」越後の国より 小野利昭 40 7 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 40 7 36
 『愛』のくにから 平山保彦 40 8 16
 「八鹿」より 西川秋弘 40 8 28
 「美食と歴史の町、若狭おばま」福井県小浜市より 白石雅嗣 40 9 18
 『唐津焼発祥の地』唐津市北波多より 山下正治 40 10 42

「天空の城」の麓にて黒見正彦 40 11 12
 「世界遺産・熊野古道が通る港町」紀伊長島より
松本政治 40 11 34
 「自然と観光豊かな上栗山トンネル」より
新井和男 40 12 16
 「平家落人の隠れ里」椎葉村より
中島耕平 40 12 26

トンネル千夜一夜

ワインの郷のトンネルめぐり〈中央本線・旧深沢トンネル、旧大日影トンネル〉小野田 滋 40 1 44
 有馬宏と『トンネルを掘る話』
小野田 滋 40 2 34
 磨き砂の地下空間〈磨洞温泉を訪ねる〉
小野田 滋 40 3 48

宇津ノ谷峠とトンネル(1)〈わが国最初の有料トンネル〉小野田 滋 40 4 34
 宇津ノ谷峠とトンネル(2)〈昭和のトンネル〉
小野田 滋 40 5 36
 宇津ノ谷峠とトンネル(3)〈昭和戦後と平成のトンネル〉小野田 滋 40 6 26
 ヘルシンキのアンダーグラウンド
小野田 滋 40 7 26
 石橋絢彦と『隧道編』小野田 滋 40 8 26
 トンネルの駅〈焼酎の貯蔵施設になった鉄道トンネル〉小野田 滋 40 9 28
 高森湧水トンネル公園を訪ねて
小野田 滋 40 10 40
 ベルリンのアンダーグラウンド
小野田 滋 40 12 24

日本トンネル技術協会

会 報

1. 会員の現状

	10月25日現在
正 会 員	1,772名
団体会員	302名
個人会員	1,470名

2. 委員会の開催状況(10月1日~31日)

①運営広報関係委員会

- ◎総務委員会(10/30)
 日月俊昭委員長ほか8名、理事会議題を検討
 企画運営幹事会(10/23)
 金澤博幹事長ほか8名、協会運営方針を検討
 広報小委員会誌WG(10/6)
 大島洋志主査ほか12名、11月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

- 対外広報WG(10/5)
 早坂治敏主査ほか10名、Tunnelling Activities 10の作成方針を検討
 対外広報WG(10/21)
 早坂治敏主査ほか11名、調査票集計結果を検討
 ITA統括WG(10/16)
 石田積主査ほか8名、ITA報告会ほか検討

◎海外文献小委員会海外文献WG(10/27)

- 大久保誠介主査ほか11名、海外文献を査読
 海外文献小委員会海外ニュースWG(10/28)
 早坂治敏主査ほか8名、海外ニュースを翻訳

◎事業委員会(10/20)

- 桑原彌介委員長ほか16名、催物事業計画を検討
 計 9回開催 101名出席

②調査研究関係委員会

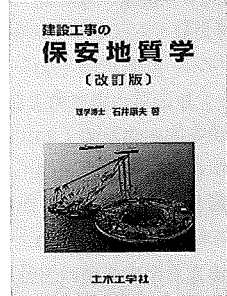
◎技術委員会

- 都市トンネル小委員会格言編集WG(10/2)
 栗原謙一郎主査ほか8名、格言内容を検討
 山岳トンネル小委員会支保WG(10/22)
 深沢成年主査ほか15名、報告書取りまとめ方針を検討
 保守管理小委員会(10/28)
 伊藤泰司委員長ほか16名、原稿作成方針を検討

◎受託研究特別委員会

- 耐震設計検討特別委員会(10/6)
 今田徹委員長ほか18名、作業内容を確認
 耐震設計検討特別委員会打合せ会(10/2)
 今田徹委員長ほか6名、業務内容を確認
 効率的掘削工法特別委員会(10/9)
 西村和夫委員長ほか25名、作業方針を検討
 効率的掘削工法特別委員会技術資料WG(10/2)
 楠本太主査ほか4名、作業方針を検討
 効率的掘削工法特別委員会打合せ会(10/6)
 鈴木雅行委員ほか9名、作業方針を検討
 効率的掘削工法特別委員会補助ベンチWG(10/21)
 鈴木雅行主査ほか6名、作業方針を検討
 効率的掘削工法特別委員会施工支保材料WG(10/21)
 領家邦泰主査ほか5名、作業方針を検討
 都道JR線立体交差特別委員会幹事会(10/14)
 小島芳之幹事長ほか24名、影響解析を検討
 九州新幹線西九州ルートトンネル委員会幹事会(10/14, 15)
 大島洋志幹事長ほか16名、現地視察ほか
 地下鉄トンネル塩化物対策検討委員会(10/20)
 大即信明委員長ほか24名、作業内容を検討
 計 13回開催 189名出席
 合計 22回開催 290名出席

ユニークな手法を駆使!! 建設災害を考慮してまとめた地質学書の決定版!!



建設工事の
保安地質学
 [改訂版]

理学博士 石井康夫 著

A 5判 上製本 475頁 価格 6,300円 円 340円

本書は、多くの人々が『地質の知識を通して、安全を守る』という点の理解を深めることを目的とし、安全教育の資料、あるいは災害時に直接役立つように各種のエピソードや適用法規まで加えた他の技術専門書とは異なったタイプのユニークな地質専門書である。



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

3. 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gres 「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) International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会) http://www.wtc2010.org
第37回ITA総会およびコンgres 「Underground spaces in the Ser- vice 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) International Tunnelling and Underground Space Association(国際トンネル協会) 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

4. 平成21年度催物開催現況

催 物 名	開 催 日	人数	場 所	CPD取得単位
(見学会)				
HEP&JES工法現場研修会	2009. 4.20	8	東京都	2.0
国道9号京都西立体交差現場研修会	2009. 4.27	17	京都府	2.0
首都高速中央環状新宿線現場研修会	2009. 6.25	18	東京都	2.0
新東名島田第一トンネル現場研修会	2009. 7.13	20	静岡県	4.5
調布駅付近連続立体交差現場研修会	2009. 7.17	25	東京都	2.5
北陸地区トンネル現場研修会	2009. 8. 7	20	福井県	7.0
仙台地区トンネル現場研修会	2009.10.16	19	宮城県	4.5
名古屋市地下鉄現場研修会	2009.11.20	20	愛知県	2.0
(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	109	東京都	6.6
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	88	東京都	6.8
(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)	2009.10.29, 30	27	東京都	20.5
第12回トンネル技術ステップアップ研修会(山岳部門)	2009.11. 5, 6	24	愛知県	13.0

施工体験発表会優秀者の発表

第64回(山岳)施工体験発表会 開催日:平成21年10月7日(水)
—新たな発想により課題を克服した施工事例—

最優秀賞

発破振動に起因する地表建物内の騒音を制御した合理的なトンネル施工

前田建設工業(株) 松原 健

優 秀 賞

既設トンネルから分岐する地下鉄トンネル(ドラガン接続トンネル)の施工

大成建設(株) 加藤 隆

地すべりに配慮した大断面トンネル施工

(株)大林組 狭間 稔司

第65回(都市)施工体験発表会 開催日:平成21年10月8日(木)
—都市トンネル工事における創意工夫・新技術—

最優秀賞

シールド新工法による地下鉄工事の実績

鹿島建設(株) 真鍋 智

優 秀 賞

輻輳する埋設物下での大断面分割シールド工法の施工

大成建設(株) 小倉 崇敬

ハイブリッド式親子シールドによる長距離掘進と親子分離方法

(株)大林組 河田 利樹

なお、最優秀賞を受賞した2編の論文は1月号に掲載され、来年度に開催されます総会時に表彰されます。

1月号予告[1月1日発売予定]

- 維持管理を目的とした開削トンネル設計・施工データベース
 - 一般国道54号可部バイパス 大林トンネル
 - 北海道横断自動車道 穂別トンネル東工事
 - 仙台市地下鉄東西線
 - 東京都下水道 立会川幹線
- 【連載講座】
- ずり処理入門(1)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆2009(平成21)年も残すところあと1か月です。今年は、新型インフルエンザが流行し、学校、幼稚園等では学級閉鎖が相次ぎました。当初は、家族が感染しただけで休み、一人でも感染者がでたら学級閉鎖など慎重な対応をしていたようですが、その後本人が感染しない限り登校してもよい、クラスの1割が感染したら学級閉鎖を行うなど徐々に緩和されてきました。しかし、それでも学級閉鎖が相次ぐことからカリキュラムが消化できなくなり学校によっては学級閉鎖を行わないところも出ています。新型インフルエンザの感染者のほとんどが子供あるいは若年層に集中しているため、40歳以上の大人にはあまり感染しないといわれていますがその根拠は定かではありません。昨年、「タミフル」による異常行動が社会的な問題となったため、小学生以上の学生にはタミフルではなく「リレンザ(吸入式のくすり)」が処方されるようです。これらのインフルエンザの特効薬を飲めば2日程度で熱が下がりその後2日間自宅療養したのち外出できるようになります。今回のインフルエンザは、感染力も強く、とくに低年齢層に肺炎や脳症による死亡者が多くでているため、常に警戒する必要があります。これからは、季節性のインフルエンザも流行りだし、多い人で1シーズンに4回インフルエンザに感染する人がでてきてもおかしくないそうです。

◆今後、さらに新たなウイルスが出現し、より深刻な状況に陥らないよう世界規模で対応していかなければなりません。とくに途上国の衛生面での支援が重要と考えます。上・下水道がしっかり整備されるだけでもかなり違ってくると思います。わが国のトンネル技術が世界の病原菌を撲滅させる大いなる力となって貢献できることを切望します。

(K.Y)

- ★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(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12号 (通巻472号)

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成21年11月20日 印刷

平成21年12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製(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。本誌から複製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。

TFTのトンネル資材

▼ AGF工法

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

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



削孔用主要部材

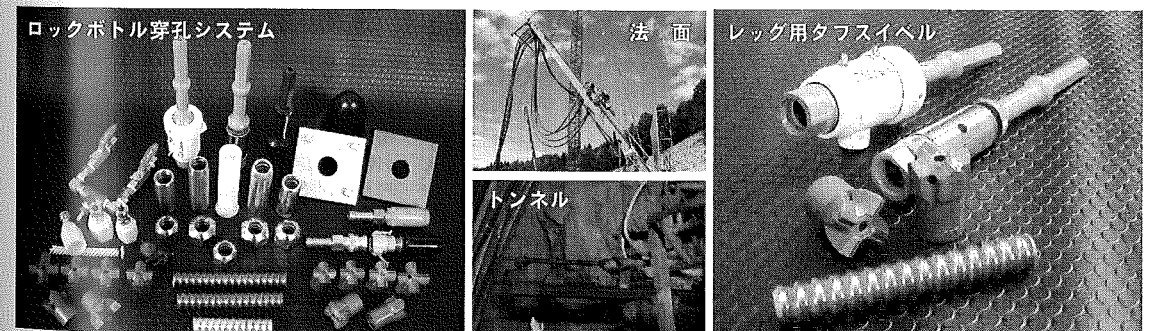


▼ タフボルト (自穿孔ロックボルト)

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

また削孔ビットもφ45～φ65mmと広く準備されています。

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



TFT 株式会社 ティーエフティー

Tube Forming & Technological

〒220-0051 神奈川県横浜市西区中央1丁目29番16-201号

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

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。



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

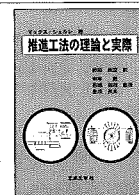
近年に開発、実用化された29工法を整理、体系化するとともに、各工法の境界、システム・考え方の違い、適用での留意点などをわかりやすく説明した。



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。



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500円＋税 B5判

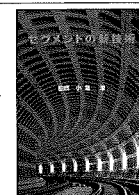
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすく解説を与えた。



セグメントの新技术

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。



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・俣野恭寛 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。



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、著者の経験と交えながらまとめた。



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。



シールドトンネルの新技术

シールドトンネルの新技术研究会 編
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のかについて、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。



地下水の科学 I～III (全3巻)

R.A.ドミニコ・E.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



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。



山岳トンネルの新技术

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。



ジオテクスタイル設計マニュアル

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

ジオテク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。



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事項について詳述した。



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

白谷三郎・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。



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。



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について、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。



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。



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。



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 工本工学社

〒162-0832 東京都新宿区戸町16 メイジャー神楽坂
TEL: 03 3267 2888 Fax: 03 3267 2807

覆工コンクリート湿潤養生システム パラソル30ミスト工法

1. 一週間湿潤状態を保ち乾燥収縮によるひび割れを抑制
2. パラソル内でミストを噴出するため坑内の視界が良い
3. 天井部から吊っているためレール敷設が無く移動が簡単
4. ミストのため効率的な養生が出来て路盤の泥濘化を防止

新製品



NATMトンネル二次覆工コンクリートを最適に仕上げます

特許出願中



菅機械工業株式会社

URL <http://www.suga-kikai.co.jp>

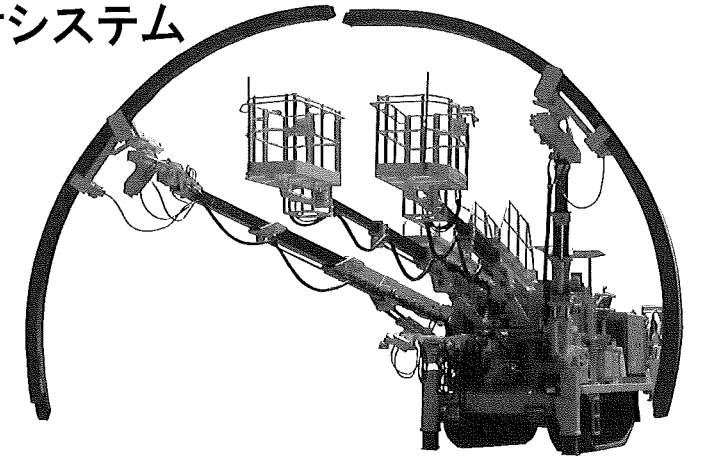
本社・大阪支店	〒550-0015	大阪府大阪市西区南堀江3-9-27	TEL 06(6541)7931
東京支店	〒101-0021	東京都千代田区神田司町2-8-4	TEL 03(5296)0551
福岡支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東1-13-9	TEL 092(431)7181
名古屋営業所	〒455-0008	愛知県名古屋市港区九番町3-37	TEL 052(653)2491
京都営業所	〒615-0022	京都府京都市右京区西院平町25	TEL 075(314)4460

本製品は特許出願中の技術であり、弊社はその特許出願について製品の実施権許諾を受けております

エレクター搭載吹付システム

- ・スコーピオンⅠ型
フル規格適合
- ・スコーピオンⅡ型
一般断面適合

- ★オフロード法認可
- ★排ガス三次規制認可



考え続けます お客様とともに

ゴムクロミキサー車

特許出願中

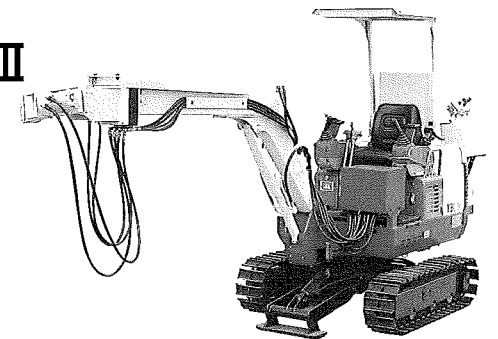


- ・悪路 斜路に強い
- ・勾配での安定性
- ・旋回半径 少

★二次排ガス適合機

小断面吹付ロボット MR-Ⅱ

- ・避難坑 連絡坑に最適
- ・ゴム履帯標準装備 悪路にも対応
- ・コンパクト設計 深礎吹付にも対応



東御市事業所(機械常設展示)



ホームページにアクセス下さい

URL <http://www.tonneru-rental.co.jp/>

株式会社トンネルのレンタル

〒389-0506 長野県東御市柵津字元会下1080-9

TEL 0268(62)1426 FAX 0268(62)1999