

トンネルと地下 **2** vol. 41 no. 2 2010

Tunnels and Underground

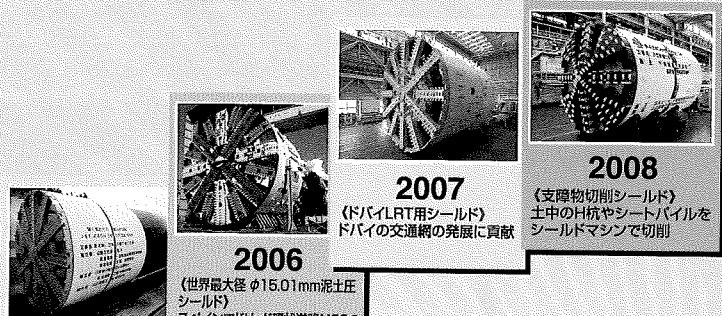
トンネル掘削による近接営業線トンネルへの影響検討
路切替を伴う地下駅大規模改良工事
川用水のトンネル技術今昔
路トンネルへの耐火型SFRCセグメントの適用
イドパイルの沈下抑制効果に関する研究

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
洗滌回線に活躍

2007
《ドライブ用シールド》
ト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号線環状駅飯田橋駅
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！

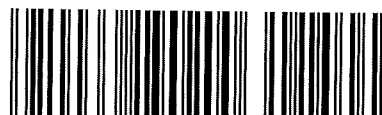
昭和14年(1939年)我が国初の本格的シールド式トンネル掘削機を開発して以来、三菱重工はトンネル開発技術のパイオニアとして70年にわたり国内や海外で数多くの実績を築いてきました。豊かな21世紀を育むために、三菱は最先端のジオテクノロジーでさらに前進しています。

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.078-672-2869
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 雑誌06619-2
本体価格1,500円



4910066190200
01500

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。

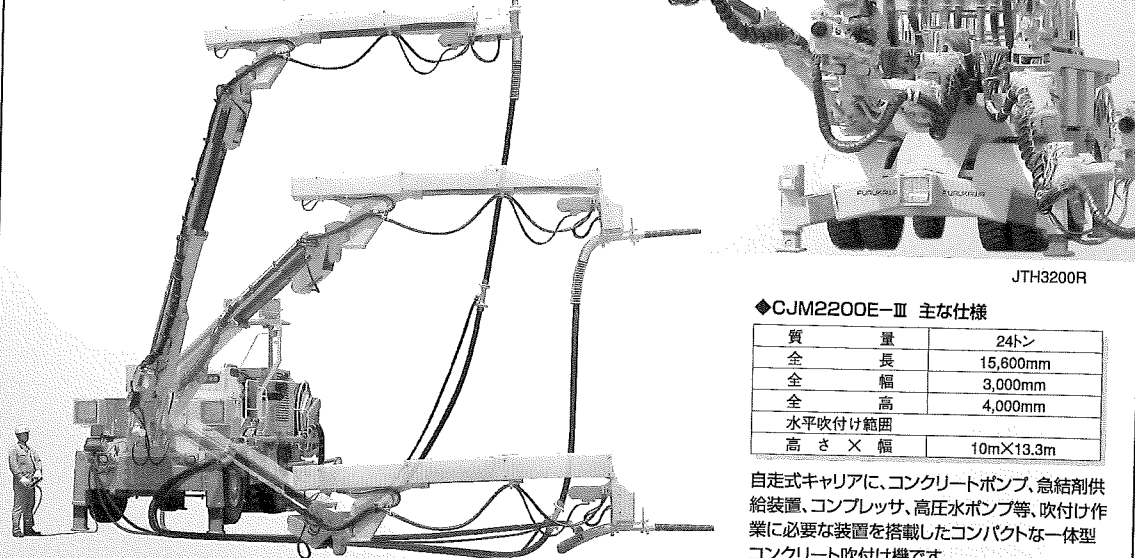


◆主な仕様

	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

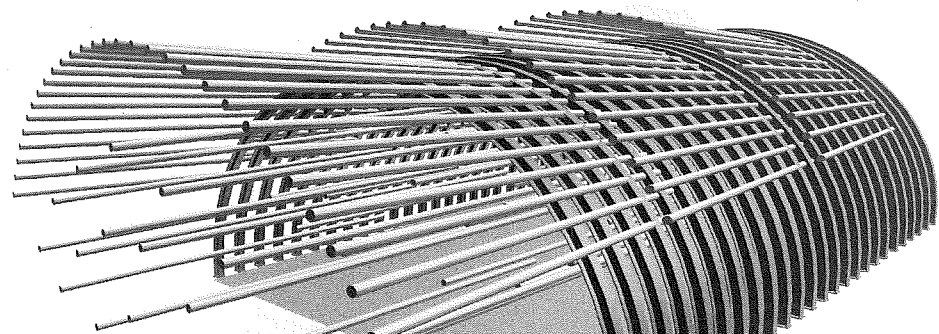
FRD 古河ロックドリル株式会社 <http://www.furukawarockdrill.co.jp/>

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

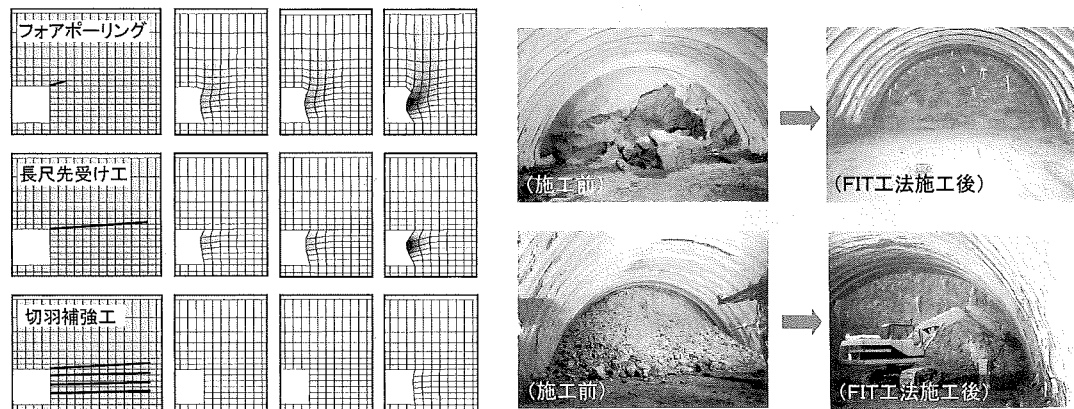
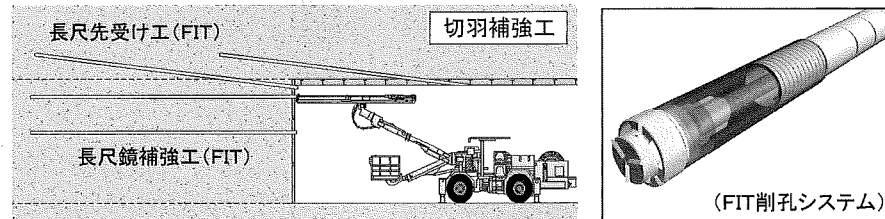
全方位 GFRP 管長尺補強システム

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

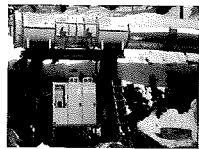
ホームページ <http://www.kfc-net.co.jp/>

ホンモノしか残らない。。。

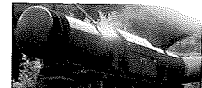
…1960～ 1970～ 1980～ 1990～ 2000……



大容量ファン



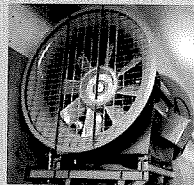
二軸反転
サイレントファン



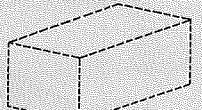
可変翼やインバーター
での風量制御ファン



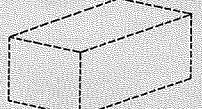
中型集塵機
ノッカー払落し式



単段ファン



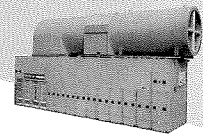
中型集塵機湿式



中型集塵機電気式



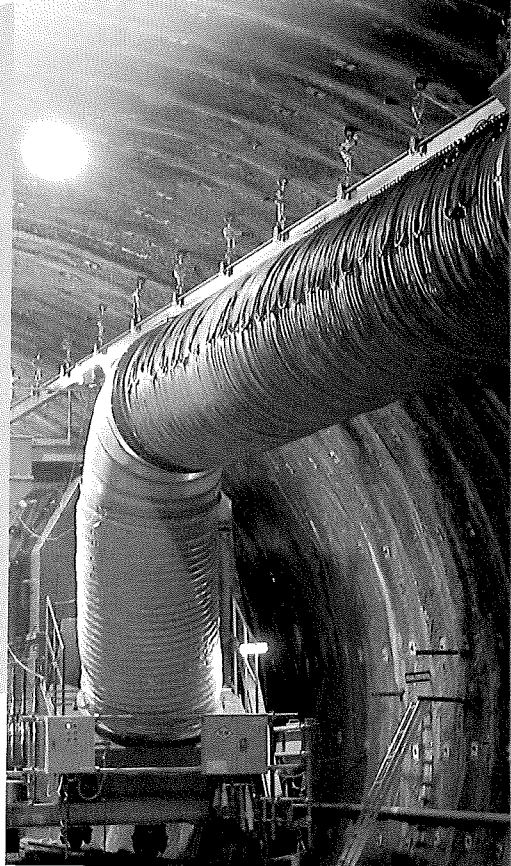
中型集塵機
フィルタ交換型



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



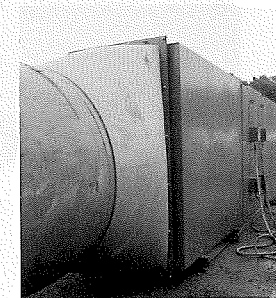
換気・環境技術は進化しています

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)

重量1/2に半減!!

漏れない风管シリーズ〔新型〕

従来のビニール・鋼管の风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

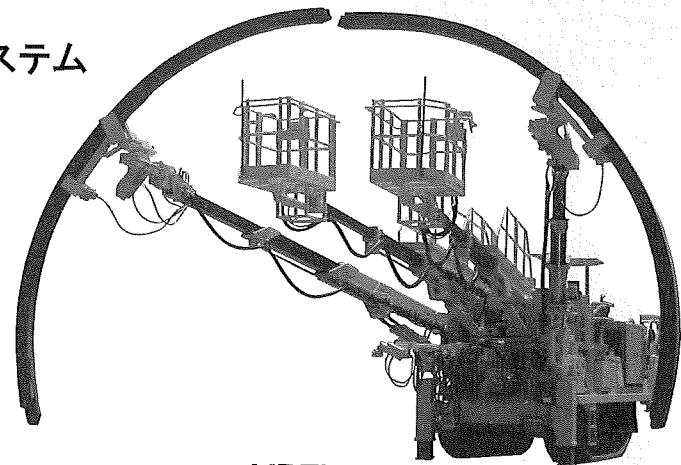
〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2 COI聖坂ビル TEL: 03(3452)7400

トンネルのレンタルは
4月1日(木)より
“ニシオ ティーアンドエム”
に合併し更なる飛躍を目指します

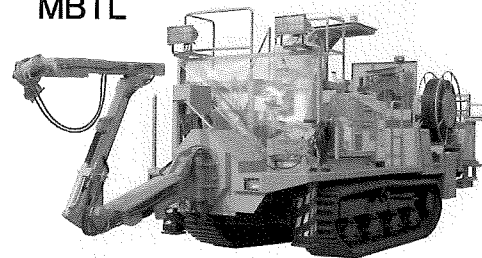
エレクター搭載吹付システム

- ・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

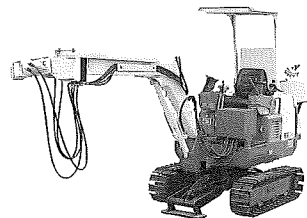


MBTL

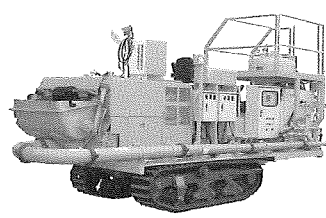


特色あるオリジナル機を
今後ともご用命下さい

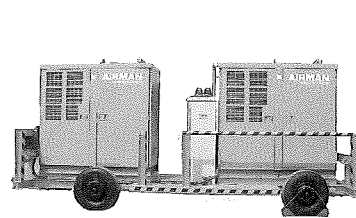
小断面吹付ロボット MR-II



小断面用ポンプ台車



コンプレッサー牽引台車



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 長野県東御市祢津字元会下1080-9
TEL0268(62)1426 FAX0268(62)1999



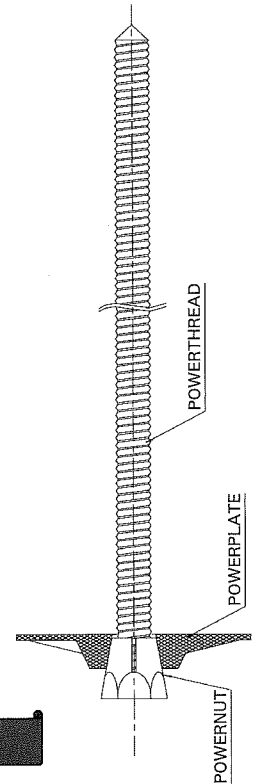
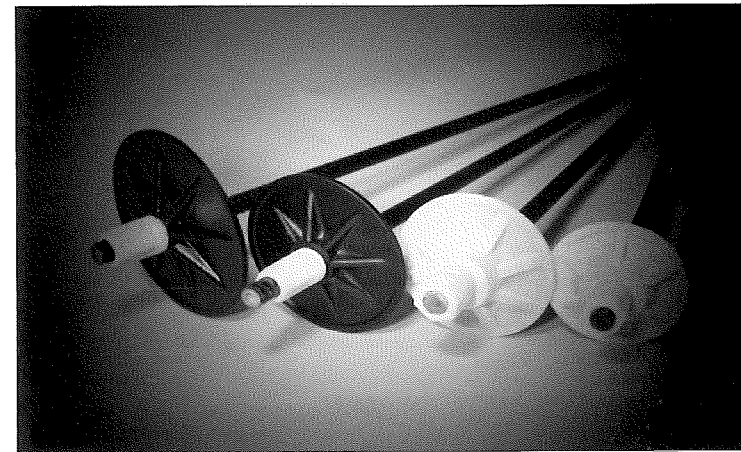
パターンボルトのGRP化

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

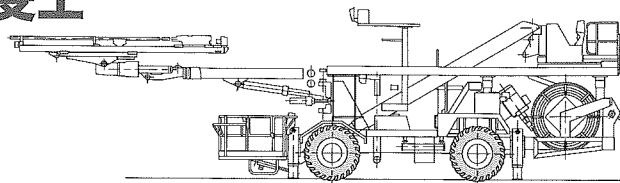
北海道地区(株)エイチ・アール・オー

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

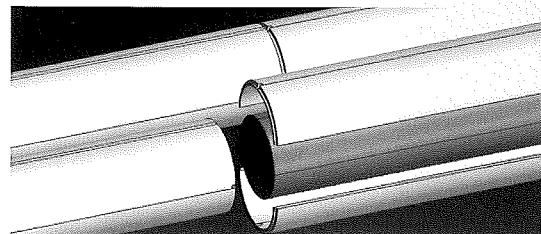
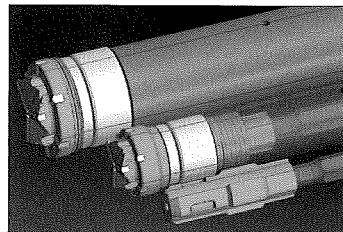
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Piling Method



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。



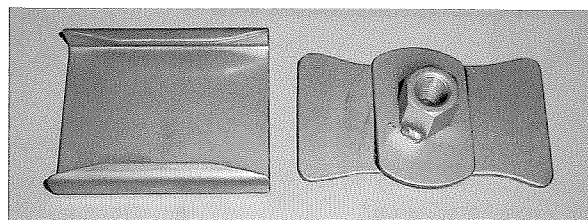
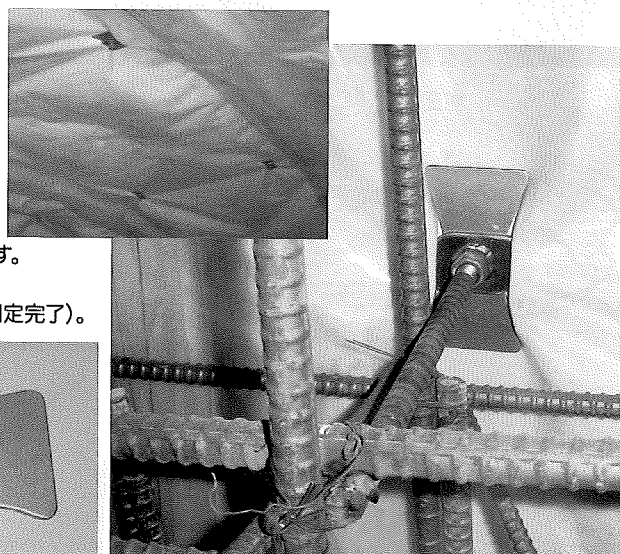
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

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. 回転プレートを押込みます。
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>

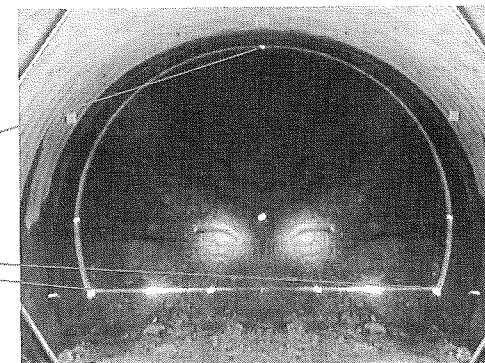
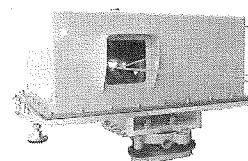
株式会社 トーキョーオール

〒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)

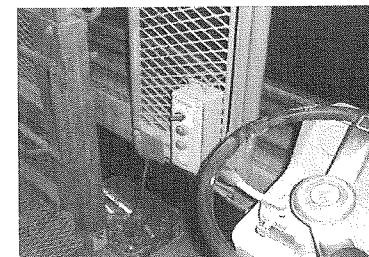
レーザーマーキングシステム

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

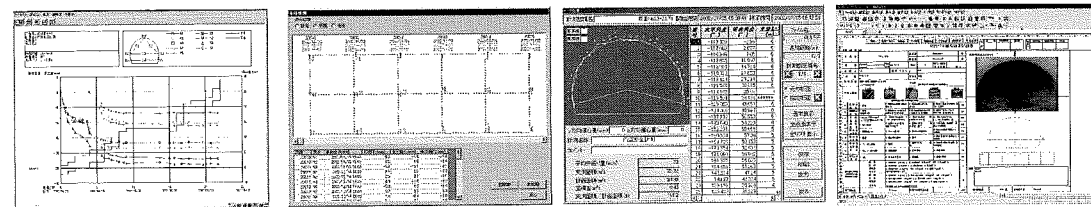


現場環境に耐え得る
頑強なコントローラー

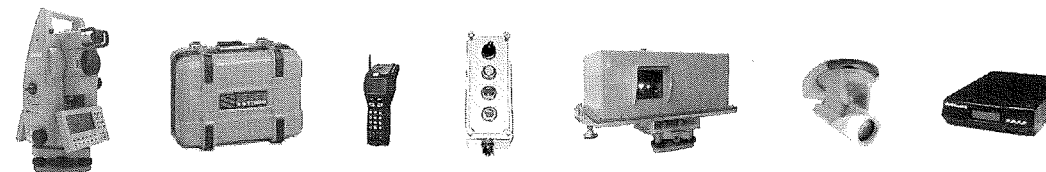


ジャンボに
取付けて使用可
AC200V対応

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

品質向上対策

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

ひび割れ対策

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

養生対策

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

廃棄物削減対策

BASFポゾリス株式会社

●本社 / 東京都港区六本木6-10-1 六本木ビルズ森タワー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.pozzolite.basf.co.jp>

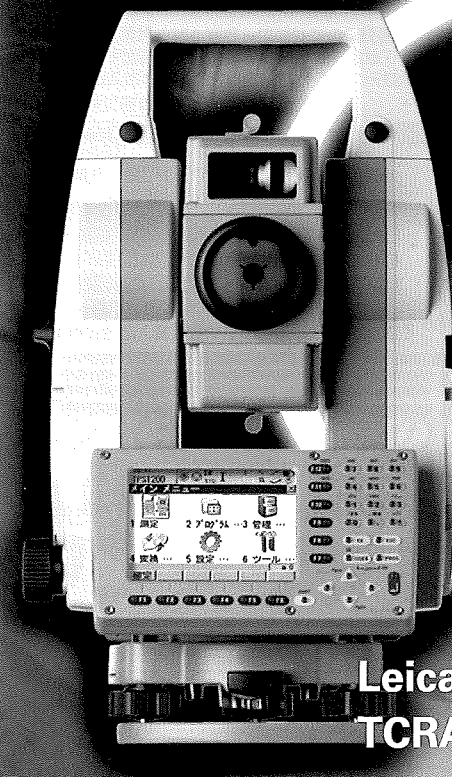


●BASFポゾリスは開発技術センターを茅ヶ崎工場において、ISO9001およびISO14001の認証を取得しています。

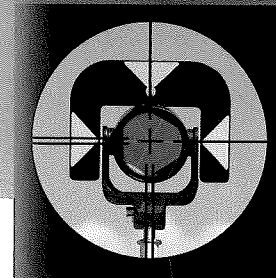


ユニバーサル測量システム

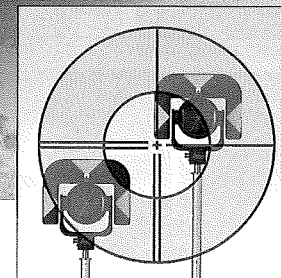
トンネル設計者の要望に応え、さらに進化 ライカTPS1200+シリーズ、ついに登場



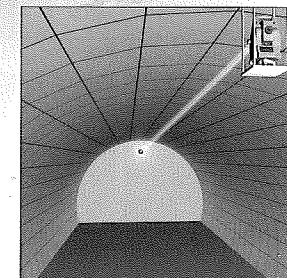
Leica TPS1200+
TCRA+1205



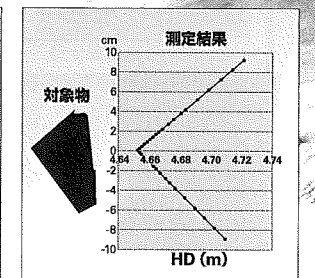
精度が向上した自動視準
プリズムの観測回数を上げると共に、CCDカメラの解像度を細かくすることで、自動視準の内部処理スピードや精度が向上。



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



ノンプリズムの距離延長
新特許技術 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



TFTのトンネル資材

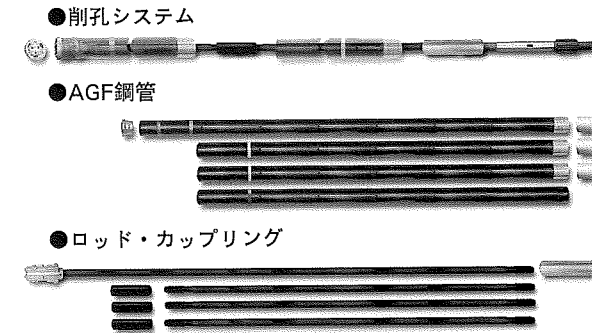
▼ AGF工法

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

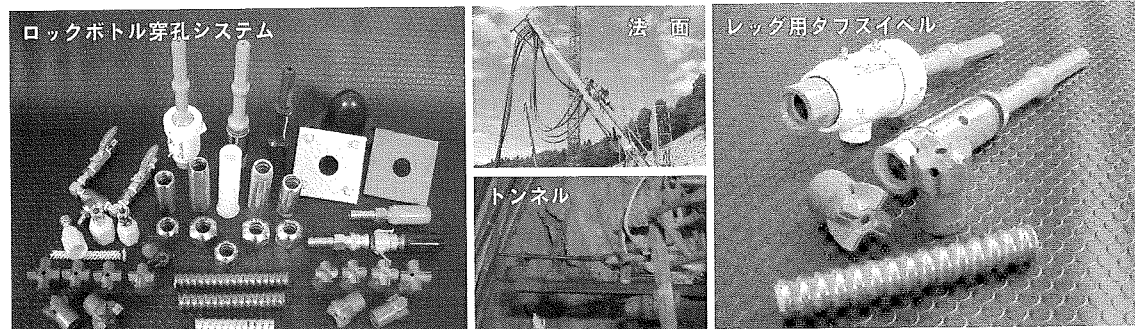


▼ タフボルト (自穿孔ロックボルト)

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

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. 摩擦係数が低く整直性が良い為通線がスムーズ**



ハンドホール工事の工期短縮・工費削減に現場の加工作業を大幅に軽減できる

ワンタッチ継手付ハンドホール



※特許・意匠出願中

●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

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、発行することとなった。

〔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

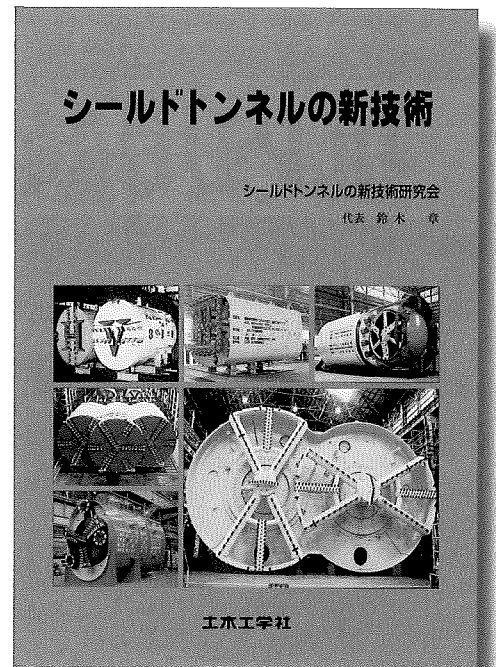
(株)土木工学社 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂

TEL: 03-3267-2888 FAX: 03-3267-2807

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(縦構円断面)/

異形断面シールド/分岐・接合シールド/球体シールド(ホルン)工法/複円形, 矩形および拡大シールドの開発動向/ECL工法
8. 切羽の安定と地盤変状防止
切羽安定の理論と実際/泥水式シールド工法の切羽安定/土圧式シールド工法の切羽安定/特殊条件下の切羽安定
9. 地盤変位の理論と実際
地盤変位の実際/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



株式会社 土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町メイジャー神楽坂

TEL: 03 3267 2888 FAX: 03 3267 2807 http://www.tunnel.ne.jp

トンネル工事からパンクを追放

坑内用特殊複層タイヤ

特許第1610830号



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

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

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

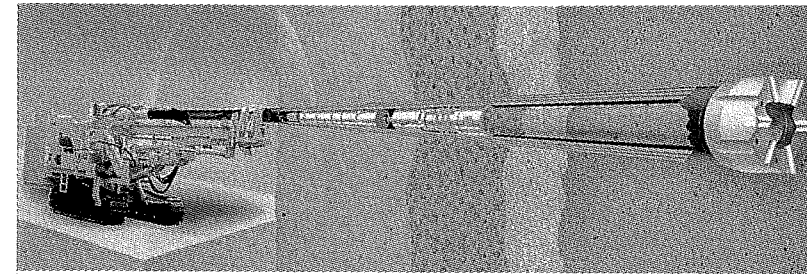
【営業品目】 複層タイヤ/油圧ホース/マテリアルホース/
各種中古車/触媒/線路 (中古)

中濃産業株式会社
代表取締役 土田 義 式

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

トンネル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



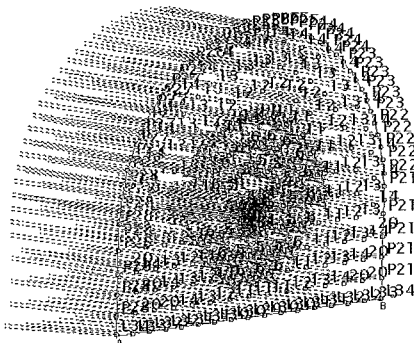
■ 特長

- ①断層破砕帯や湧水をとまらぬ難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行え、施工時間が大幅に短縮できます。
- ②2重管ワイヤーライン サンプリングシステムにより、地質条件にかかわらず、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
周辺孔余掘りの減少
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



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



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
			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>

コンクリートの品質向上する技術開発

天端引抜バイブレーター装置

NETIS登録No.HR-080001-A



従来、人力での締固め作業での品質を懸念されていた天端部コンクリートに油圧式天端バイブレーター装置を採用することにより、高品質なコンクリートを施工出来ます。

- ① 打設中のコンクリートに棒状バイブレーターを妻側から挿入し、押し・引き動作を与えることにより、コンクリートを締固めると共に充填率を高めます。
- ② 天端部断面方向に2～4ヶ所設置させることにより、従来の人力施工と比べ、天端部全体のコンクリートを締固め、ブリージング水を抜きコンクリート表面の流れ縞模様をなくします。

コンクリート養生システム

NETIS登録No.HR-080002-A



本機養生台車は、二次覆工コンクリート打設後のコンクリート保温・保湿養生に使用することにより、高品質な仕上がりコンクリートが出来ます。

型枠脱型後の仕上がりコンクリートに散水し、エアチューブ及び養生シートで仕上がりコンクリートを覆い湿潤状態を保つことでコンクリート養生環境を向上させます。

また、噴霧用ノズルをトンネル縦断部に4～6ヶ所設置し、養生中に追加散水を行うことにより湿潤状態を長期間保つことが出来ます。

☆セントル養生・覆工コンクリート養生の品質向上に有効です。

北陸鋼産株式会社 (旧社名 株式会社 佐賀)

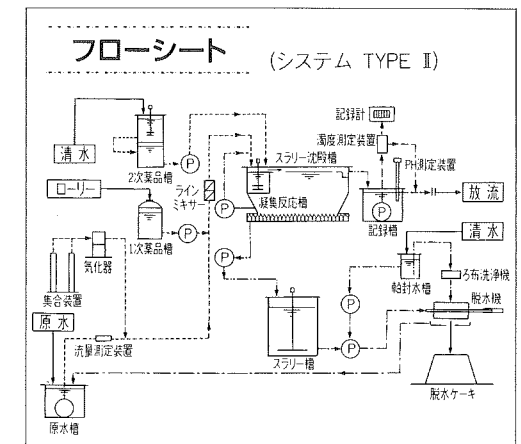
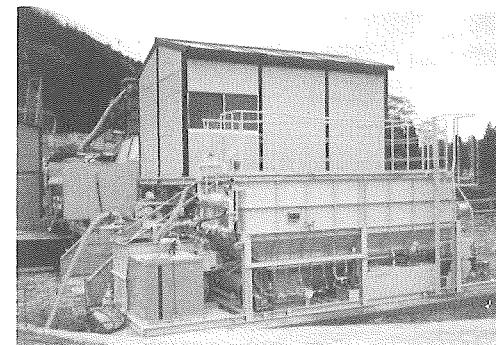
URL <http://www.hokuriku-kenko.co.jp>

射水工場：〒934-0056	富山県射水市寺塚原720番1	TEL.0766(82)1500 FAX.0766(82)1501
滑川工場：〒936-0808	富山県滑川市追分3545番地5	TEL.076(476)0333 FAX.076(475)9121
東北営業所・工場：〒989-2301	宮城県亶理郡亶理町逢隈中泉八幡41	TEL.0223(32)2420 FAX.0223(32)2423
東京事務所：〒101-0024	東京都千代田区神田和泉町1番地6の1	TEL.03(3851)1016 FAX.03(6908)6789

インターナショナルビル5階

TWS型シリーズ 濁水処理装置

コンパクトながら 大きな処理能力



特長

1. 基礎、土木工事の期間が短く安価である。
設置面積が小さくフラット基礎で設置可能である。
2. 運転経費が少ない。
ラインミキサー及び余剰ガス循環システムの組み合わせにより効率の良い中和が出来炭酸ガス使用量の節約になる。角型シックナー沈降面積及び容積をより大きく設計しており又傾斜板を採用していることから一次、二次薬品が少量でも効率の良いSS処理が出来る。複式汙板型の脱水機を採用していることから汙布等の消費が少くない。
又、加圧型脱水方式の無薬注で脱水出来る。
3. シックナー内流速を最少にする設計であることより清澄度の高い処理水が得られ、再利用が可能である。
4. 運転管理が容易である。
原水流入に合せた自動運転方式を採用している。パトライトによる異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。処理水の水質監視装置及び記録を自動化しており、運転状況の確認が容易である。

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

6. 豊富なオプション装置
高分子凝集剤の自動溶解装置
処理水返送装置 (異常警報装置と連動)
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

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

詳細資料請求、お問い合わせは

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

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

■巻頭言

海外事業成功のために

小林 将志5

■研究

道路トンネルへの耐火型 SFRC セグメントの適用

—首都高速横浜環状北線シールドトンネル—

津野 和宏・足立 義彦・松原 健太・近藤 由也35

サイドパイルの沈下抑制効果に関する研究

北川 隆45

■計画

トンネル掘削による近接営業線トンネルへの影響検討

—北陸新幹線 新呉羽山トンネル—

古谷 聡・張 信一郎・川島 康広・木村 亮之7

線路切替を伴う地下駅大規模改良工事

—阪神電鉄本線 三宮駅—

八畠 敦・宮武 一都・増見 雅臣15

■解説

豊川用水のトンネル技術今昔

小西 邦寿29

■連載講座

ずり処理入門(2)

—掘削ずりの処理—

「ずり処理入門」連載講座小委員会53

■現場だより

「ホタルの里」延岡市北川町より

森本 正宏22

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

トンネル掘って三十年

児玉 安彦23

■資料

土木情報

編集部44

トンネルジャーナル

編集部64

文献紹介

編集部65

工法・技術・製品ニュース

編集部66

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会68

■会報

会報

日本トンネル技術協会69

【表紙説明】

線路切替を伴う地下駅大規模改良工事

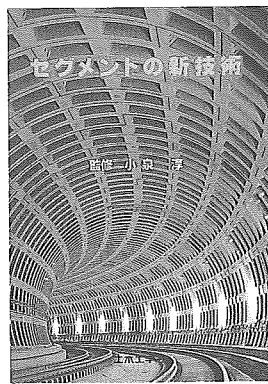
—阪神電鉄本線 三宮駅—



阪神電鉄三宮駅は、昭和8年より道路直下の地下駅として営業していることもあり、火災対策やバリアフリー化の問題を有している。このため、現在、都市鉄道利便増進事業を活用し、東改札口の新設など、駅施設の抜本的な改良工事を実施している。

本工事は、開削工事により下床版を除く既設トンネルのく体を全面撤去するとともに、完成までに4回の線路切替を必要としている。写真は東改札口部分の施工状況である。

〔写真提供：阪神電気鉄道(株)〕(本文15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 円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」編集委員会を作り、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。

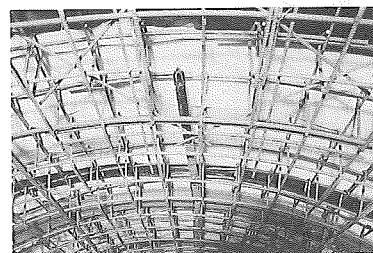
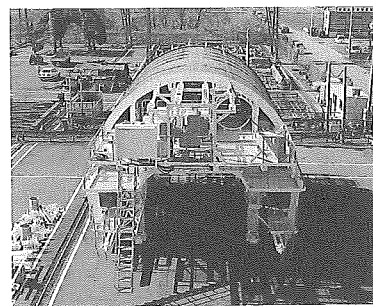
高品質なトンネル覆工に挑む

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

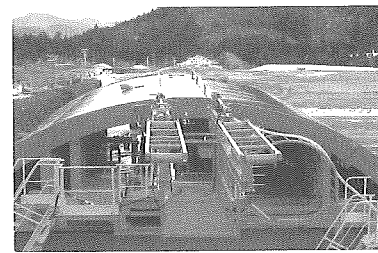
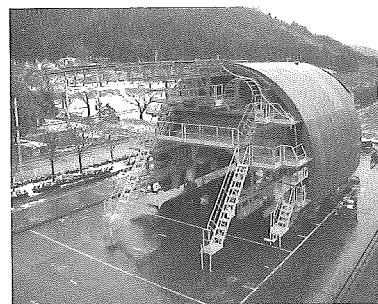
トンネルの二次覆工コンクリートには、トンネルクラウン部の締固め方法に課題があり、結果として漏水や空隙の発生など、覆工コンクリートの品質に問題が生じるケースがありました。また、覆工コンクリートの締固め作業は、狭隘部での苦渋作業という問題もあります。そこで、引抜バイブレータ締固めシステムを用いることにより、上記の課題を克服し、高品質な覆工コンクリートの構築を可能としました。

【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

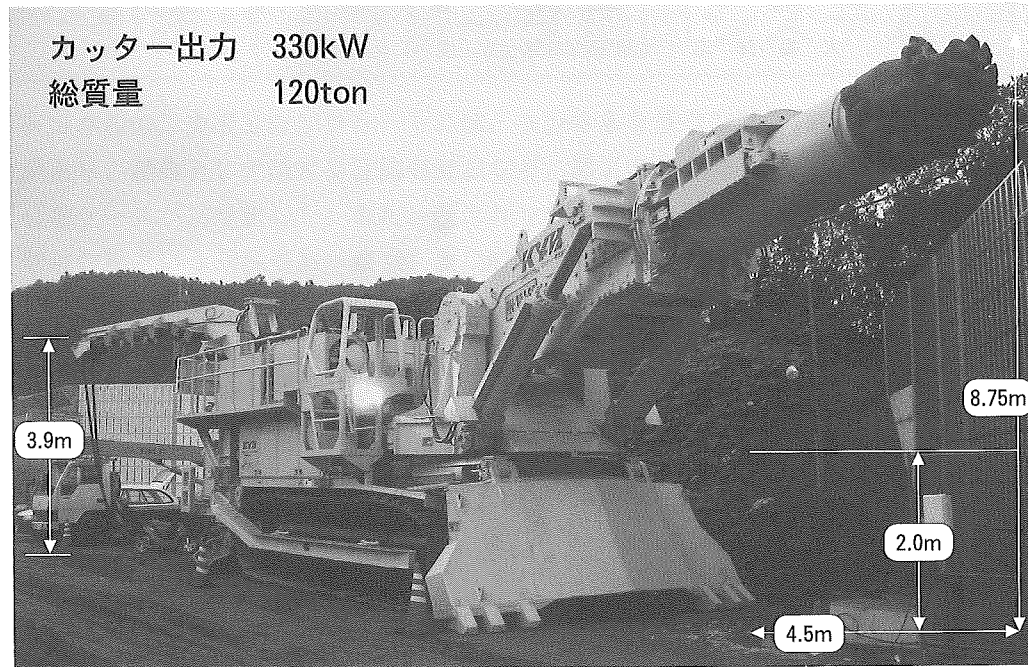
〔幹 事〕

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16.5m(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	濱 建介 (元)日本鉄道建設公団理事
高橋 良文 東京都下水道サービス(株)管路部長	三浦 克 株式会社竹中道路取締役社長
橋本 定雄 (元)東京都公営企業管理者下水道局長	

〔委員〕

池田 匡隆 東京都下水道局建設部設計調整課長	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
今井 滋 東京都水道局建設部工務課長	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
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	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
龜山 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	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
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	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

トンネル掘削による近接営業線トンネルへの影響検討
—北陸新幹線 新呉羽山トンネル—

鉄道・運輸機構 古谷 聡

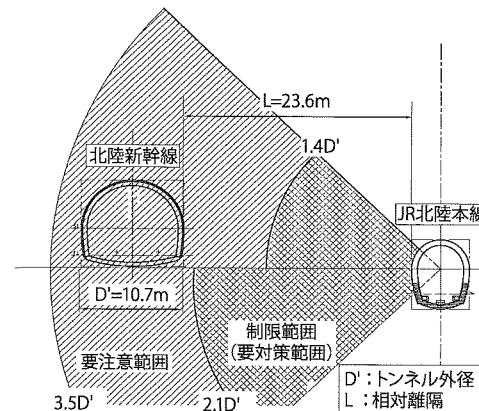
北陸新幹線新呉羽山トンネルは、富山平野と射水平野の両平野地形を区分する呉羽山丘陵を貫く全長440mの複線トンネルである。線形は呉羽山の尾根線をほぼ直角に横切る形で、既設のJR北陸本線「呉羽山トンネル(上り)」(以降、在来線トンネル)と並行している。在来線トンネルは、1960(昭和35)年に改築されたものであり、建設から長期間が経過していた。NATMによる掘削にあたっては、近接する在来線トンネルへの影響が懸念されることから、在来線トンネルの健全度調査およびFEM解析による影響評価を実施した。本稿では、健全度調査結果と数値解析による検討内容を報告する。

Investigation of Effects of Tunnel Excavation on Adjacent Tunnel in Operation—Hokuriku Shinkansen Shin-Kureha-yama Tunnel—

By Satoshi Furuya, Japan Railway, Construction, Transport and Technology Agency

The Hokuriku Shinkansen Shin-Kureha-yama Tunnel is a double track tunnel of 440m that passes through the Kureha-yama hills demarcating the Toyama Plains and the Imizu Plains. The horizontal alignment cross the Kureha-yama ridge line almost perpendicularly and are parallel to the existing JR Hokuriku Line "Kureha-yama Tunnel (UP)" (hereafter, conventional tunnel). The conventional tunnel was reconstructed in 1960 and much time has passed since original construction. With excavation through NATM, due to the fact that there was concern about the effects on adjacent conventional tunnels, an assessment of impacts was conducted through an monitoring of tunnel health and FEM analysis.

This report gives information on investigation details of tunnel health monitoring and numerical analysis.



図は近接度判定図

掲載頁
15

線路切替を伴う地下駅大規模改良工事
—阪神電鉄本線 三宮駅—

阪神電気鉄道(株) 八島 敦

阪神電鉄三宮駅は、神戸の玄関口として大きな役割を担っているが、昭和8年より道路直下の地下駅として営業していることもあり、火災対策やバリアフリー化の問題を有している。このため、現在、都市鉄道利便増進事業を活用し、東改札口の新設など、駅施設の抜本的な改良工事を実施している。

本工事は、開削工事で実施しており、下床版を除く既設トンネルのく体を全面撤去するとともに、完成までに4回の線路切替を必要とするが、特筆すべき事項である。

本稿は、その計画概要などについて述べるものである。

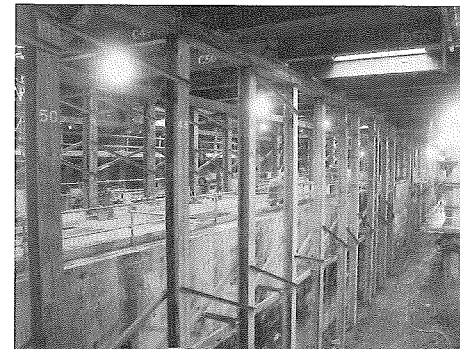
Large-scale Subway Improvement Works involved in Rerouting Tracks—Hanshin Main Line San-no-miya Station—

By Atsushi Yahatake, Hanshin Electric Railway Co., Ltd.

The Hanshin San-no-miya Station plays a large role as the gateway to Kobe but, as it has been in operation as a subway station beneath a road since 1933, it has issues such as disaster countermeasures and barrier-free facilities. For this reason, we have implemented radical improvements in the station facilities such as the new construction of an East Entrance and they are covered in a law of urban railway convenience enhancement project.

These works are being conducted with cut and cover method and, along with full removal of the existing tunnel structure excepting the bottom slabs, it is necessary to reroute the track four times before completion.

This report gives information on the outline of plans, etc.

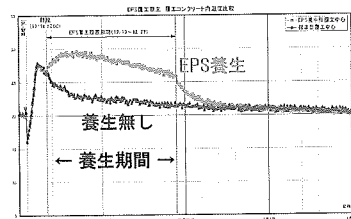


写真は東改札口部分施工状況写真

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

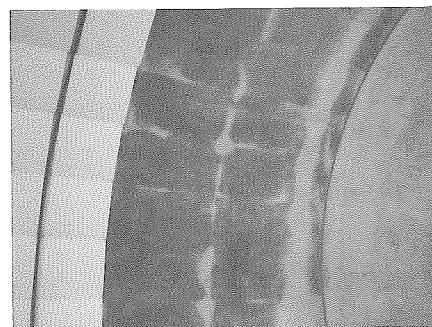
	養生無し	EPS養生
反発度 (平均)	33.8	36.3
推定強度 N/mm ²	24.9	28.1
強度比	1.0	1.13

強度測定結果
(シュミットハンマー)

- 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。

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

株式会社 不動テトラ

建設本部
〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7番2号
TEL 03-5644-5025 FAX 03-5644-8576

特許登録番号第3977849号

大栄工機株式会社

〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地
TEL 0749-64-0246 FAX 0749-63-6765

【営業品目】
各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売
トンネル用機材一般/土木資材の販売
鋼製支保工の製造販売

実施権許諾第10396号



QJ 01466/ISO 9001:2000

昭和24~43年にかけて建設された豊川用水は、愛知県東三河地域および静岡県湖西地域に農業用水・水道用水・工業用水を供給する、開水路を主体とした用水路である。通水開始後、水需要増への対応のための水源増強や、施設の老朽化への対応のための改築を行ってきた。

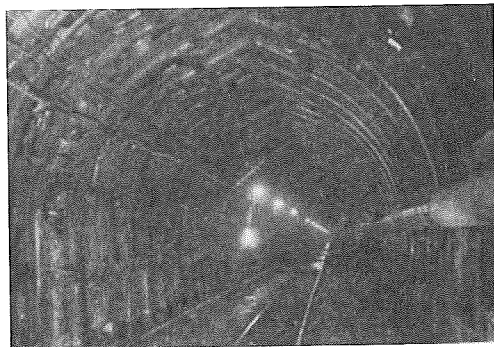
本稿では、豊川用水で行われたトンネル施工技術について、建設当時の技術と現在の技術を、事業の変遷と合わせて紹介するものである。

Tunnelling Technical History of Toyokawa Irrigation Channel

By Kunihiisa Konishi, Japan Water Agency

Toyokawa Irrigation Channel which was constructed from 1949-1968 consists mainly of an open channel that supplies agricultural, domestic and industrial water to the Higashi-Mikawa district in Aichi Prefecture and the Kosai district in Shizuoka Prefecture. Since supply started, enhancement in water resources to respond to an increase in demand for water and structural alteration to respond to the deterioration of facilities have been conducted.

This report gives information on technology at the time of construction and current technology in tunnel construction that has been carried out on Toyokawa Irrigation Channel in addition to information about the transitions of the project.



写真は支保工設置状況

道路トンネルへの耐火型 SFRC セグメントの適用

—首都高速横浜環状北線シールドトンネル—

首都高速道路(株) 津野 和宏

横浜市の道路交通ネットワークの骨格を形成する横浜環状道路の北側区間にあたる横浜環状北線のうち、延長約5.5kmの併設トンネルをシールド工法により構築する工事の準備を進めている。

本工事では、シールドトンネルの耐久性と耐火性を考慮して、耐火型 SFRC セグメントを適用した。本セグメントは、高流動コンクリートに鋼繊維とポリプロピレン繊維を混入して製作するセグメントで、鋼繊維の効果により製作性および耐久性の向上に寄与し、また、ポリプロピレン繊維の効果により火災時の爆裂を抑制する。

本稿では、耐火型 SFRC セグメントの概要と、適用にあたって実施した構造性能試験および耐火試験について紹介する。

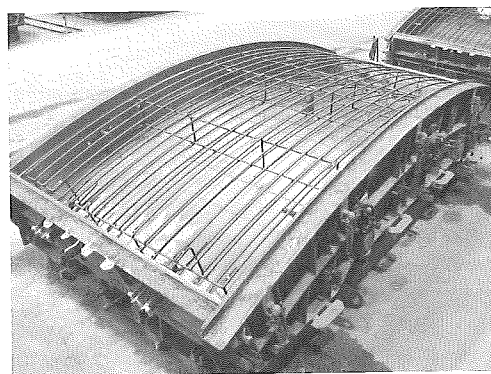
Adoption of a Fire-resistant SFRC Segment to a Road Tunnel—Metropolitan Expressway Yokohama Circular Northern Route Shield Tunnel—

By Kazuhiro Tsuno, Metropolitan Expressway Co., Ltd.

We are preparing works to construct an approx. 5.5km parallel tunnel with the shield method on the northern section of the Yokohama Circular Route that forms the framework of the Yokohama City road transportation network.

These works took the durability and fire resistance of the shield tunnel into account and a fire-resistant SFRC segment is to be used. This segment is fabricated by mixing steel fibres and polypropylene fibres with high-fluidity concrete, the effects of the steel fibres contribute to the improvement of productivity and durability and, further, the effects of the polypropylene fibres control explosive spalling at the time of conflagration.

This report gives an outline of the fire-resistant SFRC segment and construction performance and fire resistance tests that were performed with adoption.



写真は耐火型SFRCセグメントの配筋状況

小土かぶり未固結地山におけるトンネル掘削においては、切羽の安定の確保や地表面沈下対策として、数々の補助工法を併用して施工されている。しかし、これらの補助工法については、その効果のメカニズムについては十分に解明されておらず、また、選定基準や設計手法が確立されているものはほとんどなく、実施工の段階においては試行錯誤的、経験的に施工されていることが多い。

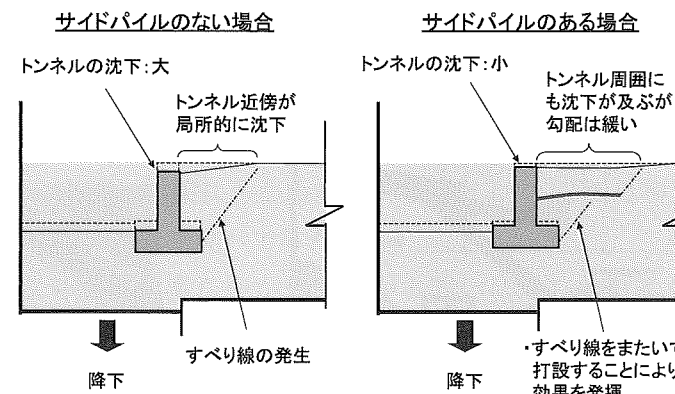
このような背景を受け、本研究では近年施工された東北新幹線のトンネル群を対象に、掘削時の地山変位の調査・分析を行い、脚部補強工を主とする沈下対策工について、その選定等を整理した。また、脚部補強工のひとつであるサイドパイルに着目し、室内模型実験や数値解析を行い、その沈下抑制効果のメカニズムを明らかにし、サイドパイルの設計手法および施工手順の提案を行った。

Studies of Settlement Reduction Effect of Side Piles

By Takashi Kitagawa, Japan Railway, Construction, Transport, and Technology Agency

To ensure face stability and as a counter-measure for ground surface settlement during tunnel excavation in unconsolidated ground with small earth covering, various auxiliary methods were used together for stabilization. However, the mechanisms of the effects of these auxiliary methods are not fully clear and, further, almost no selection criteria or design methods have been established therefore there are many cases of heuristic or empirical solution during the actual construction.

With this kind of background, this research conducted surveys and analysis of ground deformation at the time of excavation in a group of tunnels that was recently constructed for the Tohoku Shinkansen and organized the selection, etc. of settlement reduction works featuring mainly foot reinforcement. Further, focusing on side piles that are one method of foot reinforcement works, indoor model tests and numerical analysis were conducted, settlement reduction effects were clarified and side pile design methods and construction procedures were proposed.



図はサイドパイルの沈下抑制効果

海外事業成功のために



大成建設(株)代表取締役専務役員土木本部長(本協会理事)

小林 将志

昨年の夏、民主党政権の誕生で、これまでの国の政策が大きく変わってきたが、なかでも国土交通省関連の政策の変化は、世間の注目を浴びている。とくにわれわれ建設業者にとって重大なものは、前原新大臣の「大手ゼネコンは海外に活路を見つけよ」の発言である。

言うまでもなく、ゼネコン大手各社は、現在世界各地で多くの建設事業を手がけている。その量は海外建設協会調査によれば、受注ベースで1兆347億円('08年度)にもなり、全土木受注量の30%以上が海外事業であるという会社も中には見られる。しかしながら、この海外事業については、各社とも押しなべて苦戦中というのが実情である。

この海外事業に直接・間接にかかわっている者として、「海外事業で成功するためには？」というテーマで意見を述べてみたい。

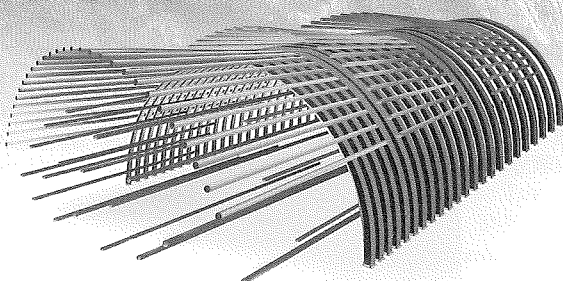
そもそも、「なぜ海外事業なのか？」という問いに対しての答えとして、ひとつに「国内建設市場が長期的には減少するから」は当然のことである。

二つ目、「われわれの持っている高い建設技術力と、質・量ともに優れた技術者によって、外貨(古い言葉ではあるが)を獲得し、日本の繁栄につなげる」である。高度成長期の日本の繁栄は、安く、きわめて品質・性能の高い「モノ」を海外に売って得た外貨で、成り立っていたといえる。自動車・家電製品に代表されているが、最近では漫画やアニメまで輸出をしている。

われわれ建設業も、必ずや「建設輸出」が成功し得るものと考えている。そうすることが、建設業界のバランスのとれた発展と国益増大に結びつくはずであるし、更に言えば、建設業界の社会的評価の向上にも大きく期待できている。

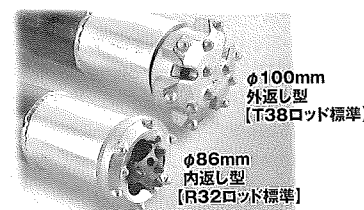
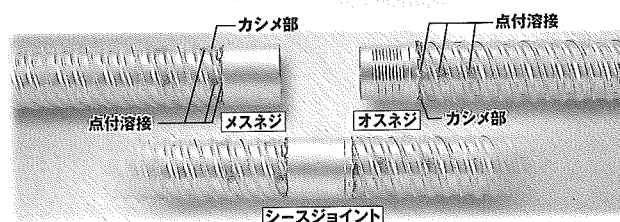
余談だが、例年入社試験の最終面接に立ち会っているが、定番の質問である「なぜわが社を希望するのか？」に対する答えの中に、「御社は海外で大規模な工事を行っているから」と言う者もかなり多くいる。訓練された模範解答とも見ることができが、それ

ユニークな発想と高品質・自信の価格



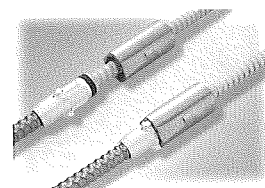
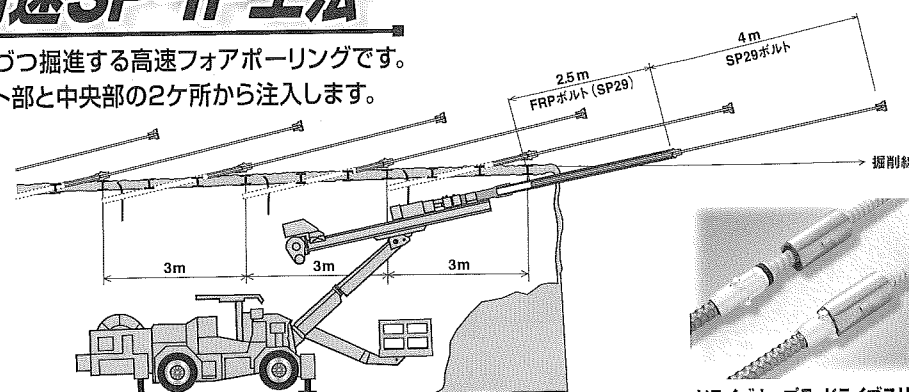
FIXチューブ工法

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



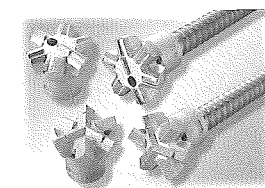
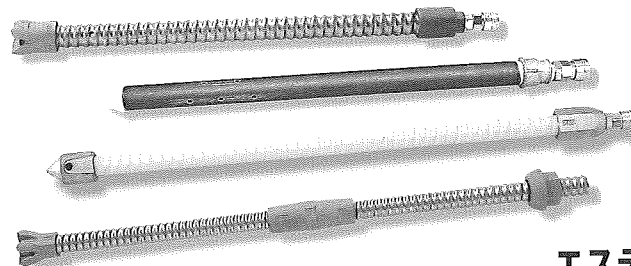
高速SP-IF工法

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



ドライブカップラ、ドライブスリーブ

自穿孔ボルト&注入管



φ65mm ロストビット (SP29)

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

STE
エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL:0729-90-0250 FAX:0729-90-0251
http://www.st-eng.co.jp

を差し引いても海外事業で成功することは、会社の評価を上げる有効な方法であることは間違いない。

さて、理想を胸に海外に出て行くが、上手く収めるのはなかなか容易なことではないのが、多くの会社の方々の実感であろう。事実、海外事業では、実にさまざまな困難に直面する。

為替変動、物価上昇、税制度など各種法制への対応不足、各種承認遅れから発生する工程遅れ、資金不足、設計変更(クレーム)協議の難航、作業員の能力不足、サブコンへのコントロール不足と彼らとの訴訟、スペック読み込み不足による思わぬ出費、エンジニアの非中立性、政治情勢変動など、正に障害は枚挙にいとまなしである。

では、このように困難な状況下で、どうすれば海外事業を成功に導けるのか？

まず第一は人材の育成強化である。これは、相当に根が深く、わが国の大学教育のあり方、国内においての国際化、企業の国際性に対する方針の一貫性などにまでかかわってくる問題である。もっとも肝心なのは、実戦を経た優秀な人材を育成し大事にすることに尽きる。

海外建設事業の進め方は、国内のそれとは基本的に違うのである。やはり、経験を積んだ優秀なプロマネの存在が何より成功の鍵を握っている。

海外で貴重な体験を積んだ優秀な人材に対し、明日への希望を継続的に持続させることがもっとも大事なことだと思っている昨今である。

その他、語学力のレベルアップはもとより、現地に根ざした営業、現地情報の把握など、海外事業で成功するためのハードルは低くない。

最近、国としても建設業の海外進出を支援しようという動きが出てきたようであるが、具体的には人材育成や貿易保険の利用拡大、あるいは国内事業の国際化という意味で、請負約款の改定、契約様式の多様化(ランプサム契約以外の方式の採用)、E.O.T(工期延長)概念の導入など、われわれが着手して欲しい事柄も多くあり、こういった方面での国の支援を大いに期待しているところである。

以上述べたように、海外事業成功のためのこれらの課題を解決しながら、明日の建設業のため、是が非でも海外進出を継続していきたいと考えている。

計画

トンネル掘削による近接営業線トンネルへの影響検討

—北陸新幹線 新呉羽山トンネル—

鉄道・運輸機構北陸新幹線第二建設局射水鉄道建設所所長 古谷 聡
鉄道・運輸機構北陸新幹線第二建設局射水鉄道建設所主任 張 信一郎

北陸新幹線新呉羽山トンネル他工事佐藤・安藤・松本特定建設工事共同企業体現場代理人 川島 康広
北陸新幹線新呉羽山トンネル他工事佐藤・安藤・松本特定建設工事共同企業体主任技術者 木村 亮之

1 はじめに

北陸新幹線新呉羽山トンネルは、富山駅(富山県富山市)の西方約2kmに位置し、富山平野と射水平野の両平野地形を区分する呉羽山丘陵を貫く全長440m(高崎起点289km190m~289km630m)の複線トンネルである(図-1)。線形は呉羽山の尾根線をほぼ直角に横切る形で、既設のJR北陸本線「呉羽山トンネル(上り)」(以降、「在来線トンネル」と並行している(図-2)。新呉羽山トンネルと在来線トンネルとの離れ(構造物中心間距離)は、もっとも近接する起点方坑口付近で30m程度であ

る。山地形の傾斜が緩やかなトンネル終点方は土かぶり小さく、トンネル天端からSLの範囲が地表に露出する終点方の90mは開削

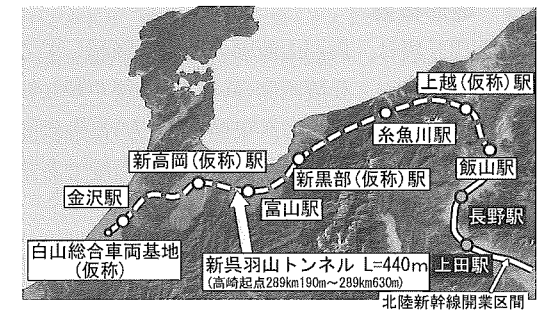


図-1 新呉羽山トンネル位置図

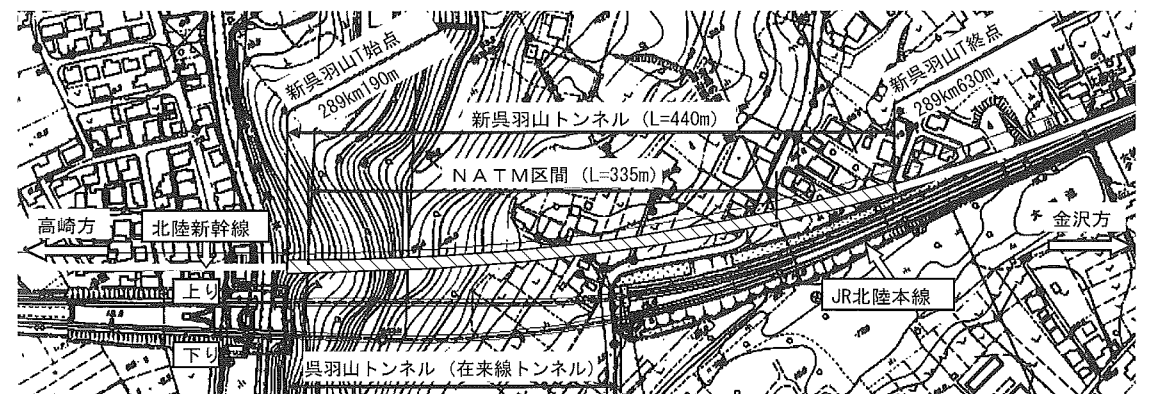


図-2 新呉羽山トンネル平面図

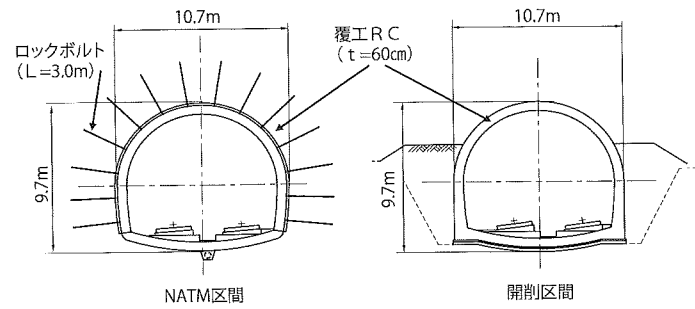


図-3 新呉羽山トンネル標準断面図

工法による明かり巻きトンネルとして設計されており、起点方坑口部と合わせた105mを開削工法で、残りの335mをNATMによる機械掘削で施工する計画である(図-3)。

NATMによる掘削にあたっては、近接する在来線トンネルへの影響が懸念されることから、在来線トンネルの健全度調査およびFEM解析による影響評価を実施した。本稿では、健全度調査結果と数値解析による検討内容を報告する。

2 地形および地質概要

2-1 地形概要

呉羽山丘陵は、呉羽山断層の西側が隆起してきた丘陵であり、丘陵西側(終点方)は緩やかな斜面になっているのに対し、東側(起点方)は急斜面となっている。土かぶりは最大で30m程度である。

2-2 地質概要

呉羽山東斜面の起点方坑口部付近は、基盤として新第三紀層の長慶寺砂層(Cs)が分布し、呉羽山東斜面を約30度の勾配で形成している。斜面部分ではCs層をN値5程度の崖錐層(Dt2)が覆って

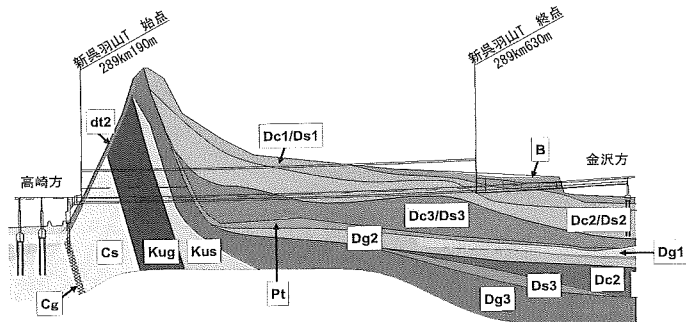


図-4 新呉羽山トンネル地質縦断面図

いるが、その層厚は薄く、2~3m程度である。

呉羽山頂部付近の地質は、上部に第四紀更新世の峠茶屋砂泥・礫互層が分布し、その下にN値50以上の呉羽山礫層(Kus, Kug)が厚く分布している。Kug層は未凝固の礫層で、硬質な亜円礫や玉石を主としている。

呉羽山北西側の緩斜面の地質は、そのほとんどが峠茶屋砂泥・礫互層であり、上部に砂・粘土の互層(Dc1/Ds1~Dc3/Ds3)があって、その下位に砂礫層(Dg1~Dg3)が分布している。Dg1層の上部に有機質土層(Pt)があって、その上位の粘土・砂互層では、GL-5m以上に自由地下水位を形成している。図-4に地質縦断面図を示す。

3 JR北陸本線呉羽山トンネルの健全度調査

3-1 現地調査による健全度判定

3-1-1 JR北陸本線呉羽山トンネルの概要

JR北陸本線呉羽山トンネル(上り)は、延長約259mの単線電化トンネルである。1899(明治32)年に呉羽山トンネルとして開業し、その後、複線化と電化を目的として、1960(昭和35)年に改築を実施し、現在の「呉羽山トンネル(上り)」となった。なお、北側の「呉羽山トンネル(下り)」については、1959(昭和34)年に新設トンネルとして建

時代	地質名	記号	土質名
第四紀 完新統		B	盛土層
		dt2	崖錐堆積物
第四紀 更新世	峠茶屋 礫・ 砂泥互 層	Dc1/Ds1	上部砂・粘性土層
		Dc2/Ds2	中間砂・粘性土層
		Dc3/Ds3	下部砂・粘性土層
		Pt	有機質土層
		Dg2	中間砂礫層2
		Dc2	中間粘性土層2
		Ds2	中間砂質土層2
		Ds3	中間砂質土層3
		Dg3	中間砂礫層
		Ds3	下部砂質土層
新第三紀 鮮新世	呉羽山 礫層	Kus	下部砂質土層
		Kug	下部砂礫層
新第三紀 鮮新世	長慶寺 砂層	Cs	砂岩層
		Cg	砂質土層

設されている。呉羽山トンネル(上り)の諸元を表-1、断面図を図-5に示す。

3-1-2 現地調査の内容

『鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編トンネル)』¹⁾の特別全般検査を参考として、近接目視調査などを実施した。調査区間は呉羽山トンネル(上り)全延長を対象とし、足場を使用した近接目視調査(必要により打音検査)を行った。

調査の結果、トンネル全体を通して、圧さ、せん断ひび割れおよびトンネルの変形や移動などといった顕著な変状は認められなかった。

3-1-3 健全度判定

維持管理標準を参考とし、「トンネル構造の安定性」と「剝落に関する安全性」の性能項目について健全度を判定した。「トンネル構造の安定性」についての健全度判定区分を表-2、「剝落に関する安全性」についての健全度判定区分を表-3に示す。

「トンネル構造の安定性」については、おおむねB判定であり、A判定とした箇所についても、列車の正常運行に支障をきたすような変状ではなく、限りなくB判定に近いものであった。「剝落に関する安全性」については、健全度β判定以下の箇所が鉛直打継ぎ目付近で若干確認されたが、トンネル全体を通しては比較的健全なトンネルであることがわかった。

3-2 近接程度の検討

3-2-1 近接度区分の定義

『既設トンネル近接施工対策マニュアル』²⁾によると、近接度は表-4のように区分されており、その範囲は、近接工事の種類や規模、地盤条件などから決定される。一般的にトンネルが併設される場合、既設トンネルは新設ト

表-1 JR北陸本線呉羽山トンネル(上り)の諸元

トンネル名	呉羽山トンネル	線形	右曲線R600および直線
線名	北陸本線	勾配	-6%
駅間	呉羽~富山	覆工巻き厚	60cm
延長	258.60m	軌道構造	有道床+PCマクラギ
断面形状	単線交流型断面	インバートの有無	あり

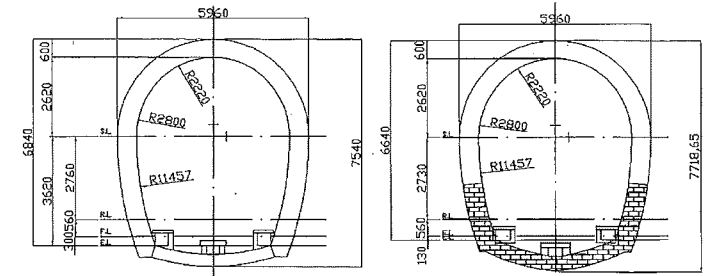


図-5 JR北陸本線呉羽山トンネル(上り)断面図

表-2 トンネル構造の安定性についての健全度判定区分

健全度	構造物の状態
A	運転保安、旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす、またはそのおそれのある変状などがあるもの
AA	運転保安、旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす変状などがあり、緊急に措置を必要とするもの
A1	進行している変状などがあり、構造物の性能が低下しつつあるもの、または、大雨、出水、地震などにより、構造物の性能を失うおそれのあるもの
A2	変状などがあり、将来それが構造物の性能を低下させるおそれのあるもの
B	将来、健全度Aになるおそれのある変状などのあるもの
C	軽微な変状などがあるもの
S	健全なもの

表-3 剝落に関する安全性についての健全度判定区分

健全度	構造物の状態
α	近い将来、安全を脅かす剝落が生じるおそれがあるもの
β	当面、安全を脅かす剝落が生じるおそれはないが、将来、健全度αになるおそれがあるもの
γ	安全を脅かす剝落が生じるおそれがないもの

表-4 近接度区分の定義

近接度の区分	用語の定義
無条件範囲	新設構造物の施工により、既設構造物に変位や変形などの影響が及ばないと考えられる範囲
要注意範囲	新設構造物の施工により、既設構造物に変位や変形などの影響が及ぶ可能性がある範囲
制限範囲 (要対策範囲)	新設構造物の施工により、既設構造物に変位や変形などの影響が及ぶため、必要な対策を行うか、計画変更を要する範囲

ンネルの方に引っ張られるように変位し、近接度合いが著しい場合には、新設トンネルの施工により、既設トンネル周辺の地山が緩み、既設トンネル覆工に作用する地圧が増大する。

併設トンネルによる既設トンネルへの影響は、①離隔、②相対的な高さの位置関係、③新設トンネルの大きさ、④新設トンネルの掘削方式、⑤地形、地質条件、⑥既設トンネル覆工の構造と健全度によって左右される。標準的な条件の場合のトンネル併設時の近接度区分は図-6に示すとおりであるが、地質条件および在来線トンネルの健全度をもとに近接度区分を以下のように補正する。

3-2-2 近接度区分の決定

今回は、在来線トンネルの健全度および地質条

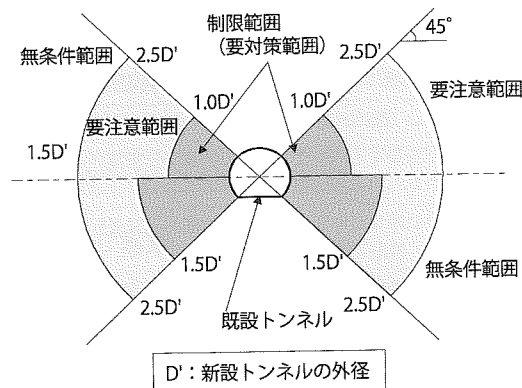


図-6 トンネル併設時の近接度区分

件における補正值の違いから七つのパターンに分けて近接度区分を検討した。地質に関する補正は、トンネルのほぼ全体が第四紀更新世(洪積世)の砂層および粘土層で占められることや、過去の施工記録、地質の不確実性を考慮し、比較的安定した地質のKug層の範囲(282km230m~282km270m)は20%増の補正とし、それ以外は40%増の補正とした。健全度に関する補正は、A判定とされた箇所において20%増の補正を行った。その結果、本近接施工の近接度区分は全延長にわたり、要注意範囲となった。パターンごとの近接度の範囲を表-5、代表断面として、289km205mの横断面による近接度判定図を図-7に示す。

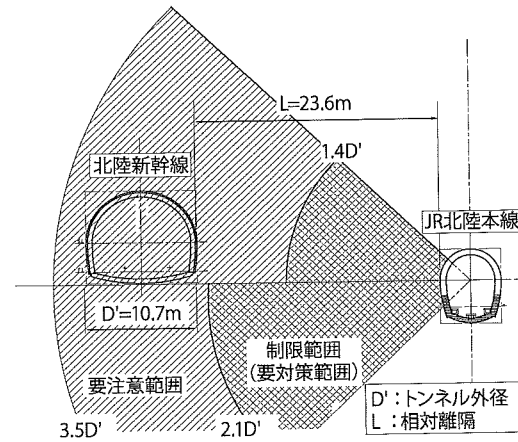


図-7 289km205mの近接度判定図

表-5 パターンごとの近接度の範囲

パターン	位置	新設トンネル直径 D' (m)	相対離隔 L (mm)	L/D'	補正		補正後の判定の指標		本近接程度の範囲
					地山	健全度	制限範囲	要注意範囲	
1)	289km205m~289km225m	10.7	23.6	2.2	+40%	0%	1.4D' 未満	1.4~3.5D'	要注意範囲
2)	289km225m~289km275m	10.7	24.3	2.2	+20%	0%	1.2D' 未満	1.2~3.0D'	要注意範囲
3)	289km275m~289km288m	10.7	26.7	2.4	+40%	0%	1.4D' 未満	1.4~3.5D'	要注意範囲
4)	289km288m~289km364m	10.7	28.0	2.6	+40%	0%	1.4D' 未満	1.4~3.5D'	要注意範囲
5)	289km364m~289km376m	10.7	33.9	3.1	+40%	+20%	1.6D' 未満	1.6~4.0D'	要注意範囲
6)	289km376m~289km414m	10.7	34.8	3.2	+40%	0%	1.4D' 未満	1.4~3.5D'	要注意範囲
7)	289km414m~289km417m	10.7	36.6	3.4	+40%	+20%	1.6D' 未満	1.6~4.0D'	要注意範囲

3-3 計測工の検討

表-5より新呉羽山トンネルの近接度区分は対策工が必要となる制限範囲に入っておらず、在来線トンネルも比較的健全な状態であることから、在来線トンネル側の事前対策は実施せず、在来線トンネルへの影響を監視することとした。万一、在来線トンネルに何らかの変状が発生した場合は、迅速に対策工を実施する必要があることから、以下のような計測工を計画している。

(1) 覆工目視調査

健全度調査時の変状展開図をもとに、目視調査を実施し、変状の進行や新たな変状がないかなどを確認する。

(2) 内空変位測定

健全度がA判定とされた箇所の断面で実施し、1断面ごとの内空変位側線は、水平2方向、斜め方向2方向の4測線以上とする(図-8)。

(3) ひび割れ測定

健全度がA判定とされた箇所において、ひび割れ数の増加やひび割れ幅の拡大などがなければ確認する。

(4) 覆工ひずみ測定

覆工に新たに発生したひずみ量をひずみ計を用いて測定し、覆工材料の破壊ひずみに対する安全性を判断する。計測位置は、健全度A判定とされた箇所およびもっとも離隔が近く地山の表層に崖錐堆積物が確認されている起点方坑口付近の3断面で考えている。

それぞれの計測時期は、計測位置が切羽前方の

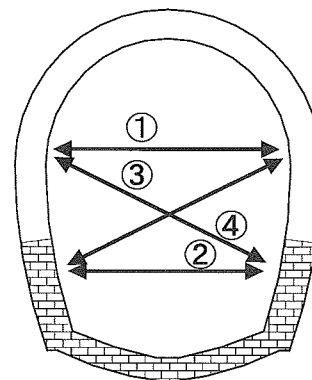


図-8 内空変位測定箇所

2D範囲内となったときに開始し、インバート部掘削箇所後方の2D範囲外となり、変状が収束するまでの期間とする。計測頻度は、1回以上/週を基本とするが、管理基準値を設定し、管理レベルに応じて変更する。

新設トンネルの監視計測計画としては、日常の施工管理のために必ず実施すべき計測項目(計測A)に加え、掘削による周辺地山の緩み範囲の把握や、在来線トンネルへの影響を確認するために、地中変位測定を計画している。計測位置は、もっとも離隔が近く地山の表層に崖錐堆積物が確認されている起点方坑口付近で検討中である。

4 在来線トンネルへの影響評価解析

4-1 数値解析の概要

近接度区分の判定結果では、検討したパターン

表-6 FEM解析概要

項目	条件	
解析コード	2D-σ	
解析手法	弾性有限要素法解析	
地盤物性	表-7地盤物性一覧参照	
解析範囲	新設トンネル(幅D=10.4m)を中心に	
	モデル幅	9D
	モデル高さ	4D
在来線トンネル	覆工部を梁部材でモデル化	
新設トンネル	無支保、掘削時応力解放率100%	
ステップ数	1	初期応力解析
	2	掘削解析

表-7 地盤物性一覧

検討断面	記号	土層名	単位体積重量 (kN/m³)	ポアソン比	変形係数 (kN/m²)
断面①	dt2	崖錐堆積物	18	0.35	49,700
	Cs	砂岩層	19	0.30	111,500
断面②	Dc1/Ds1	上部砂・粘性土層	16	0.40	23,000
	Dc2/Ds2				
	Dc3/Ds3	下部砂・粘性土層	18	0.40	59,750
	Pt				
	Dg2	中間砂礫土層2	20	0.30	158,500
	Dg3				
Ds3	中間砂質土層3	19	0.35	130,500	

すべてにおいて要注意範囲となっていることから、在来線トンネルへの影響を確認するため、FEMによる解析を実施する。検討断面は、小土かぶりかつ在来線トンネルにもっとも近接する起点方坑口付近の断面①(289km215m)と、小土かぶり地盤条件が異なる終点方の断面②(289km364m)とする。在来線トンネルの覆工は、断面①が無筋コンクリートと一部レンガ構造(図-5右)、断面②

が無筋コンクリート構造(図-5左)となっている。なお、本検討では、レンガの物性値は無筋コンクリートと同様とする。

解析では、新設トンネル掘削時に発生する在来線トンネルの変位や増加応力を概略的に予測し、許容値と比較することにより安全性を評価する。

FEM解析の概要を表-6に、FEM解析モデル図を図-9に示す。

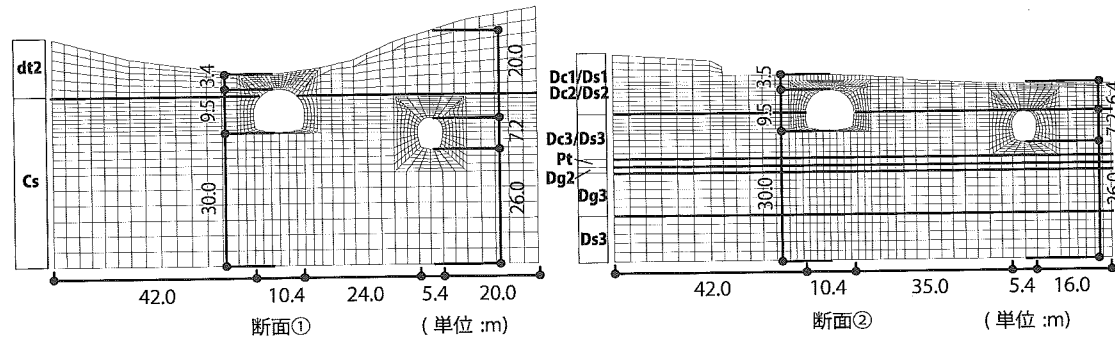


図-9 FEM解析モデル図

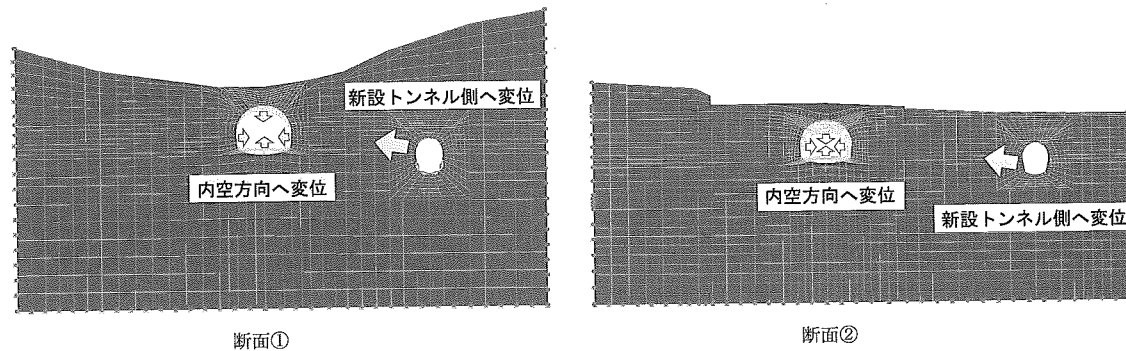


図-10 FEM解析モデル全体変位図

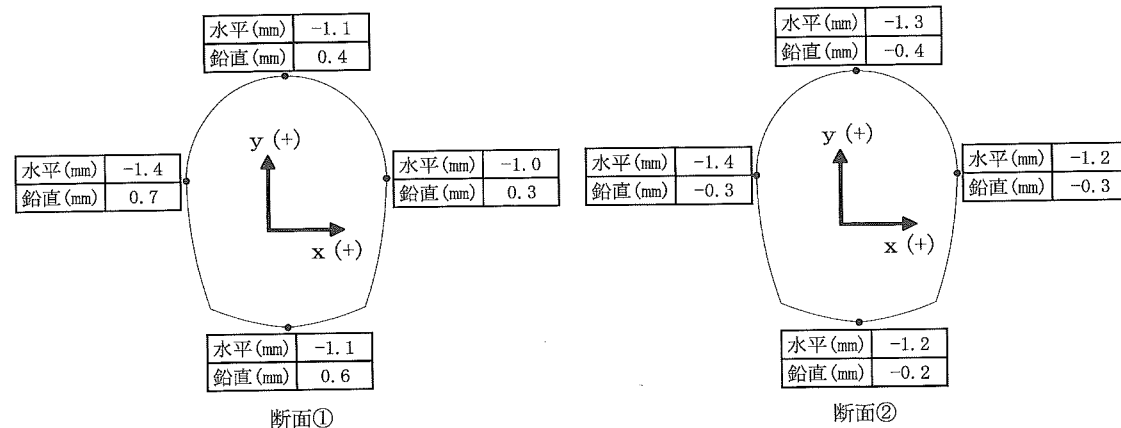


図-11 在来線トンネル変位量解析結果

4-2 解析結果

FEM解析結果のうち、モデル全体の変位図を図-10に、新設トンネル掘削時に発生する在来線トンネルの変位量を図-11に示す。本検討は、在来線トンネルへの影響評価を主目的とする概略検討であることから、新設トンネル掘削時における応力解放率を100%かつ無支保としている。よって、新設トンネル掘削による地盤の変位量は実施工時より大きく予測されることになり、在来線トンネルへの影響評価としては安全側の検討になるものと想定される。また、新設トンネルの変位については、天端部は沈下方向、インバート部は隆起方向、側部は内側方向となっており、在来線トンネルは新設トンネル側へ変位していることから、通常の解析事例と同様の傾向にあることがわかる。

在来線トンネルの変位量に対する評価は、『既設トンネル近接施工対策マニュアル』における在来線の軌道整備基準値(表-8)と比較することにより行う。当該2級線の軌道整備基準値は、高低・通りともに数十mmのオーダーであるのに対し、在来線トンネルの変位量は、水平方向(X方向)で新設トンネル側に最大1.4mm、鉛直方向(Y方向)で隆起側に最大0.7mmと、基準値を大きく下回る結果となった。

在来線トンネル覆工の増加応力に対する評価は、既設トンネル近接施工対策マニュアルにおける許容値との比較により行う。覆工増加応力は、新設トンネル掘削の前後における在来線トンネルの覆工応力の差分として算定する。また、覆工の応力状態把握は難しいため、増加応力の許容値は計画段階における目安を示すものである。覆工増加応力の許容値の目安を表-9に、FEM予測解析値に対する照査結果を表-10に示す。在来線トンネルの覆工増加応力は圧縮側で最大0.5N/mm²、引張側で最大0.4N/mm²となり、既設トンネル覆工の健全度判定区分は「B」であることから、許容値以内に収まる結果となった。

4-3 今後の課題

FEM解析による概略検討の結果、新設トンネルの施工による在来線トンネルへの影響は少ない

表-8 在来線・新幹線の軌道整備基準

線区の種類	単位(mm)			
	1級線	2級線	3級線	4級線
軌間	○直線及び半径600mをこえる区間			
	○半径200m以上600mまで			
	○半径200m未満			
高低 (mm/10m)	23 (15)	25 (17)	27 (19)	30 (22)
通り (mm/10m)	23 (15)	25 (17)	27 (19)	30 (22)
平面性 (mm/5m)	23 (18) (カントのてい減量を含む)			

表-9 覆工増加応力の許容値の目安

在来線トンネル覆工の健全度判定区分	増加引張応力 (N/mm ²)	増加圧縮応力 (N/mm ²)
AA	0.3	1.0
A1, A2	0.5	2.0
B, C, S	1.0	5.0

表-10 覆工増加応力に対する照査結果

(1) 断面①

	最大増加応力 σ (N/mm ²)	許容増加引張応力 (N/mm ²)	許容増加圧縮応力 (N/mm ²)	判定
圧縮側	0.5	—	5.0	OK
引張側	0.4	1.0	—	OK

(2) 断面②

	最大増加応力 σ (N/mm ²)	許容増加引張応力 (N/mm ²)	許容増加圧縮応力 (N/mm ²)	判定
圧縮側	0.3	—	5.0	OK
引張側	0.4	1.0	—	OK

ものと想定された。

今後の課題としては、実際の施工条件や地盤条件を考慮した詳細検討による再確認が挙げられる。具体的には、新たな地盤調査による物性値の再評価や掘削・支保計画を考慮したモデル化などによりFEM解析の精度を向上し、計測管理と連動した新設トンネル施工時の影響評価を行う予定である。

5 おわりに

健全度調査の結果、在来線トンネルは比較的健

全な状態であることがわかった。また、数値解析の結果からは、トンネル掘削による在来線トンネルへの影響は少ないものと想定されたが、在来線トンネルの変状が生じた場合の社会的影響は非常に大きいことから、前述した計測による安全監視を徹底していきたい。

本工事は、現在、終点方小土かぶり区間の改良土盛土を施工しており、トンネルの掘削開始は平成22年5月を予定している。今後も関係機関との

協議を綿密に行うとともに、工事中の安全確保に努め、無事掘削を完了したいと考えている。

参考文献

- 1) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編トンネル)，2007.1.
- 2) (財)鉄道総合技術研究所：既設トンネル近接施工対策マニュアル，1995.1.

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、○弾塑性論による解析/弾塑性学の基礎、軸対称円形トンネル、線対称円形トンネルの弾塑性解、円形トンネルで地山の自重を考えた弾塑性解析、○弾塑性解以外の検討/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メジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888 (代) 振替 00110-8-190072

計画

線路切替を伴う地下駅大規模改良工事

—阪神電鉄本線 三宮駅—

阪神電気鉄道(株)都市交通事業本部工務部三宮工事事務所長 八 島 敦

阪神電気鉄道(株)都市交通事業本部工務部技術課三宮工事事務所 宮 武 一 都

阪神電気鉄道(株)都市交通事業本部工務部技術課三宮工事事務所 増 見 雅 臣

1 はじめに

当社の鉄道事業は、本線・阪神なんば線(西九条駅～大阪難波駅間は第2種鉄道事業)・武庫川線・神戸高速線(第2種鉄道事業)の4路線48.9

kmで営業している。平成21年3月20日に阪神なんば線(西九条～大阪難波間)が開業し、阪神間(神戸市、芦屋市、西宮市、尼崎市、大阪市)から大阪都心部へのアクセス機能が強化されるとともに、近鉄との相互直通運転(最長、阪神三宮駅～

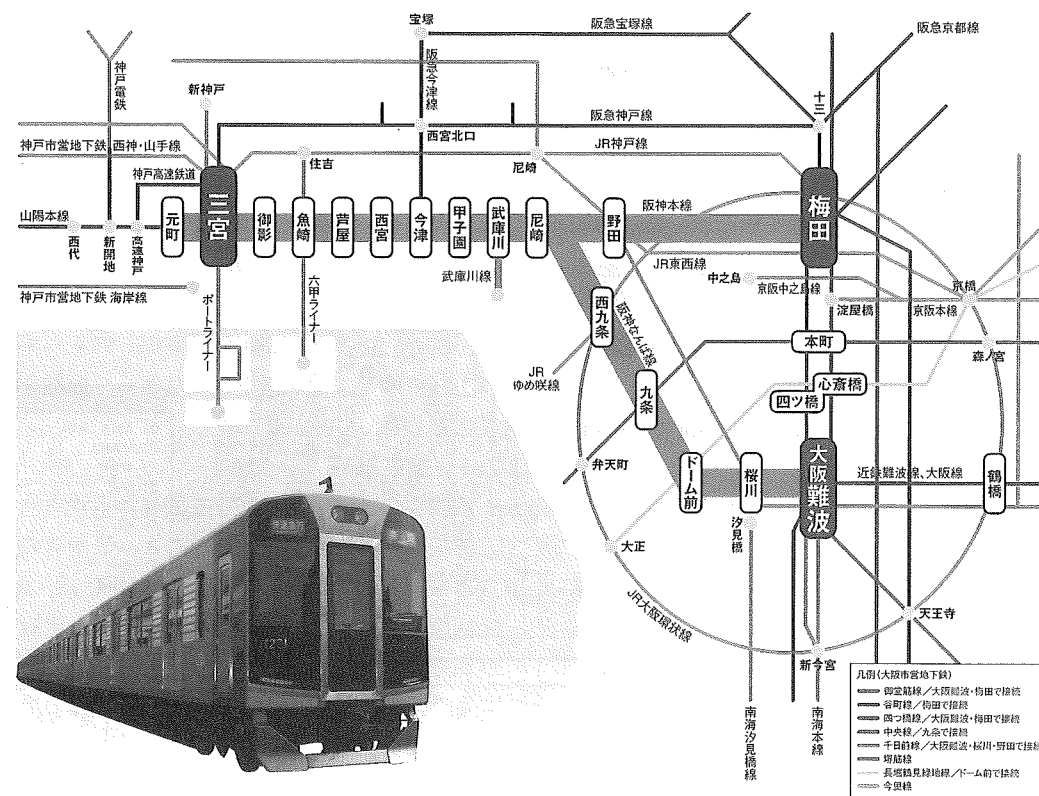


図-1 阪神電車路線略図

近鉄奈良駅間)の開始により、神戸・大阪・奈良を結ぶ広域的な新しい鉄道ネットワーク(図-1)が形成されている。

その相互直通運転の神戸方の起点となる三宮駅では、国土交通省の都市鉄道利便増進事業を活用して、平成17年度より駅施設の抜本的な改良工事を実施している。

本稿は、その計画概要と工事の進捗について述べるものである。

2 駅改良計画の概要

2-1 当社三宮駅と駅周辺の状況

三宮地区は商業、業務、文化施設などが集積する神戸の都心であり、三宮駅は、阪神、阪急、JR、地下鉄、ポートライナーなど複数の交通機関が集まる神戸を代表するターミナルとなっている。

当社三宮駅も神戸の玄関口のひとつとして大きな役割を担っているが、当駅は神戸市内の東西を結ぶ主要幹線道路である中央幹線(国道2号、県道神戸明石線)直下に位置し、昭和8年より地下駅として営業していることもあり、現在の駅施設は、以下に示す問題点を有している。

- ・地下鉄道の火災対策基準を満足していない
- ・移動円滑化基準を満足していない
- ・近鉄との相互直通運転のためのホーム長が不足している(現在、暫定的に既設ホームを延伸して対応)
- ・折り返し列車が本線下り列車の運行を支障する配線となっている
- ・本線上り列車と折り返し列車の乗継ぎが円滑でない

一方、駅周辺については、平成14年10月に神戸三宮南地域が都市再生緊急整備地域に指定されるとともに、平成16年3月には、神戸市が駅東方で中央幹線を横断する地下通路を都市計画決定している。

当駅の改良、とくに東改札口の新設については、この地下通路の整備に合わせて実施することがもっとも効率的であるとともに、この期を逃せば実質的に実現が不可能となるため、今般、駅の改良工

事を実施することにしたものである。

2-2 工事計画の概要

図-2に計画平面図、図-3に駅施設整備イメージ図を示す。

主な改良点は以下のとおりである。

- ① 東改札口の新設
神戸市の計画地下通路に接続するよう東改札口およびコンコースを新設する。
- ② 西改札口のセットバック
既存の西改札口をセットバックし、改札前の地下通路を拡幅することにより、乗継ぎ・回遊動線を強化する。
- ③ 駅構内配線の変更
現在の2番線(本線下り線)を折り返し線に、3番線(折り返し線)を本線下り線に変更し、乗継ぎを円滑化する。
さらに、配線変更にあわせて降車ホームを廃止し、上下線ホームを拡幅する。
- ④ エレベーターの新設
各ホームに東西コンコース階へのエレベーターを新設する。
- ⑤ 駅排煙設備の新設

2-3 地質の概要

図-4に駅付近の地質概要を示す。地質は礫質土、粘土混じりの砂層で、N値はおおむね30以上を示しており、地下水位は約GL-8mである。

工事は開削工法で実施するが、地質条件を勘案し、SMW工法で土留壁を構築し、ディープウェル工法で地下水位を低下させながら、掘削を行うこととした。

2-4 施工順序

東改札口部分の施工順序を図-5に示す。

幹線道路直下の施工であること、豪雨時の対策などを勘案し、新設トンネルく体(下床版、側壁、上床版)を構築後、既設トンネルく体(上床版および側壁)の撤去を行う。

また、新設く体の中床版は、既設く体の撤去後に構築する。既設上床版の撤去および中床版の構築は営業線直上の作業となるため、線路閉鎖時間(終電後から始発前まで)内の限られた時間で、安

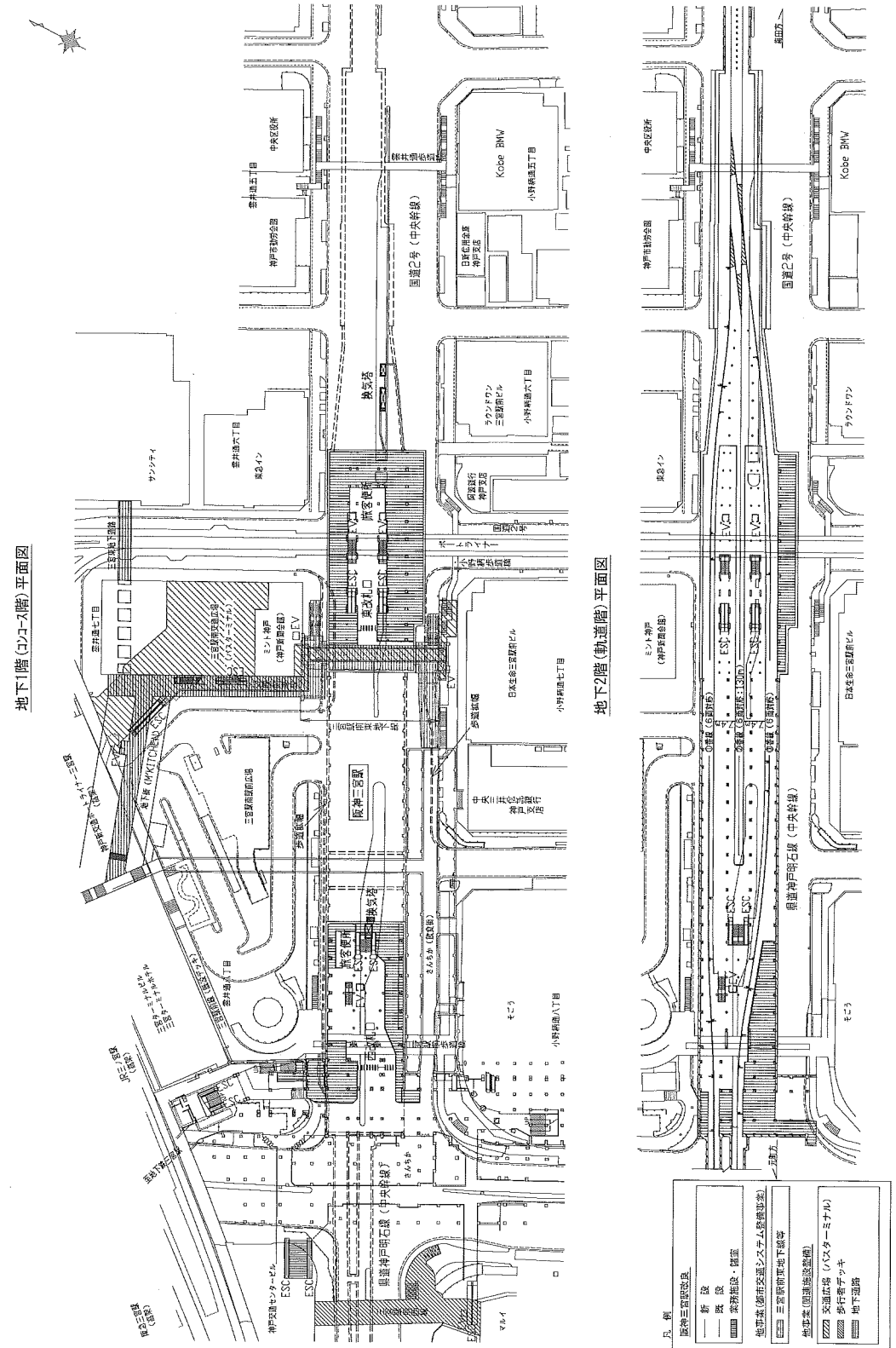


図-2 三宮駅改良計画概要平面図

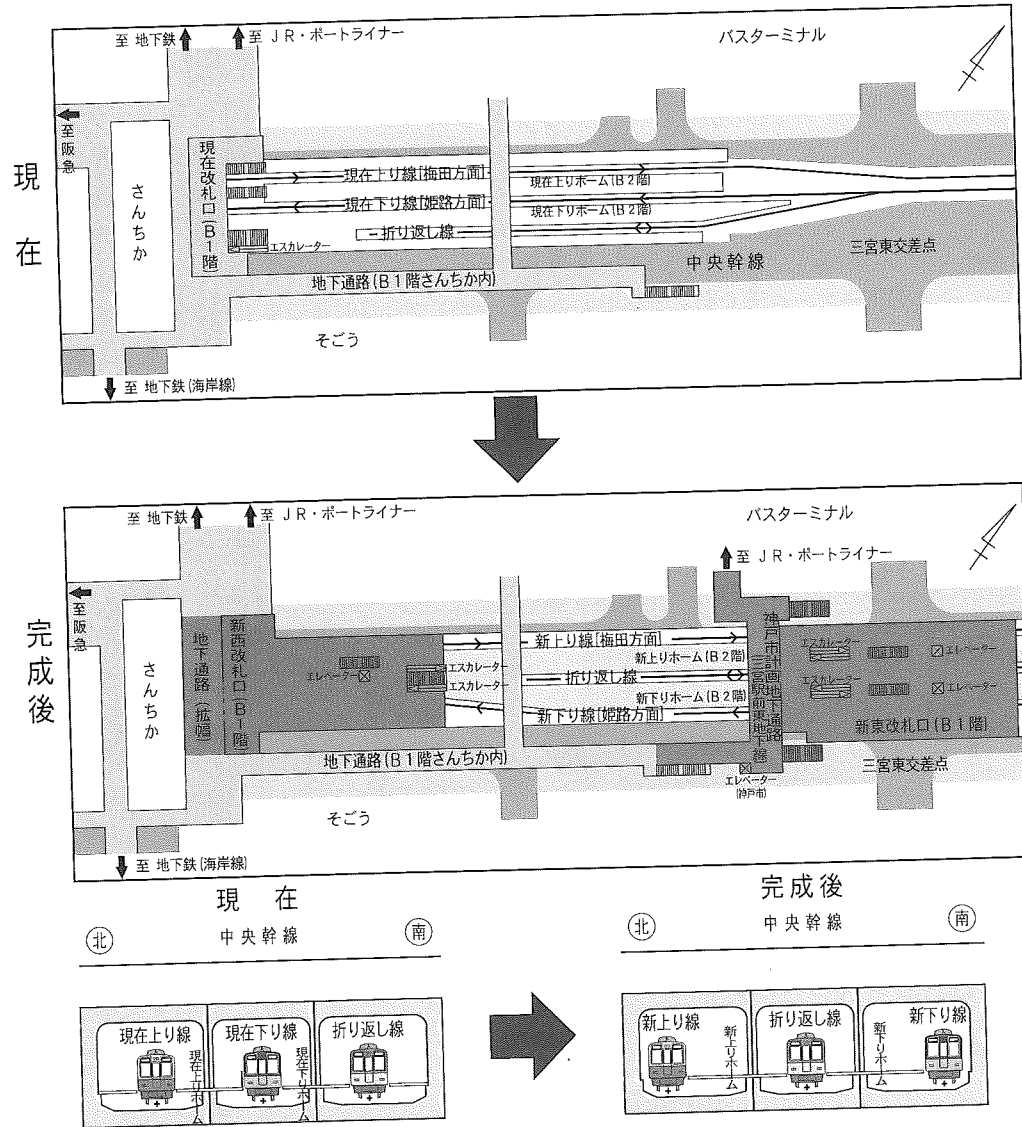


図-3 駅施設整備イメージ図

全かつ迅速に作業を行うことが必要となる。このため、既設く体の撤去時の作業性などを勘案し、可能な限りグラウンドアンカー方式の土留支保工を採用している。

現場の施工状況(掘削中)を写真-1に示す(最終掘削の段階で、左側に既設トンネルく体の上床版と側壁が姿を現している)。

2-5 線路切替順序

前述の施工順序で工事を行うため、工事完成までに4回の線路切替を行う。その切替順序は、以下のとおり(図-6)。

- ① 折り返し線延伸(暫定：近鉄乗入対応)
阪神なんば線の開通による阪神・近鉄の相互直通運転に対応するもの(施工済)。
- ② 第1次切替(折り返し線降車ホーム廃止)
折り返し線を計画下り線の位置に移設(切替)し、折り返し線降車ホームを廃止する。
- ③ 第2次切替・東改札口供用開始
東改札口部分の上り線を計画位置に移設し、東改札口を供用開始する。
- ④ 第3次切替(上り線降車ホーム廃止)
西改札口部分の上り線を計画位置に移設し、

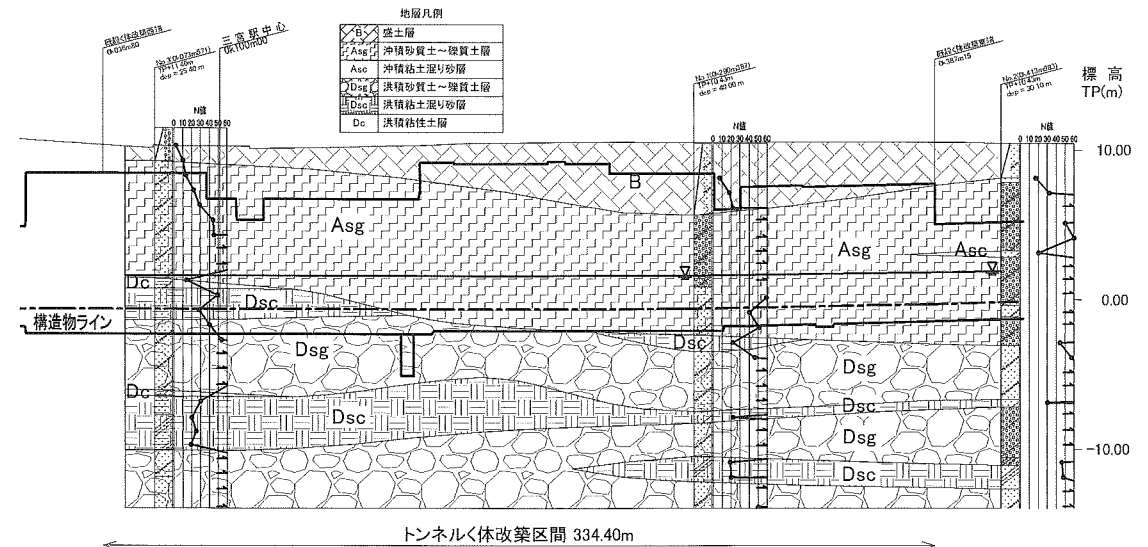


図-4 地質縦断面図

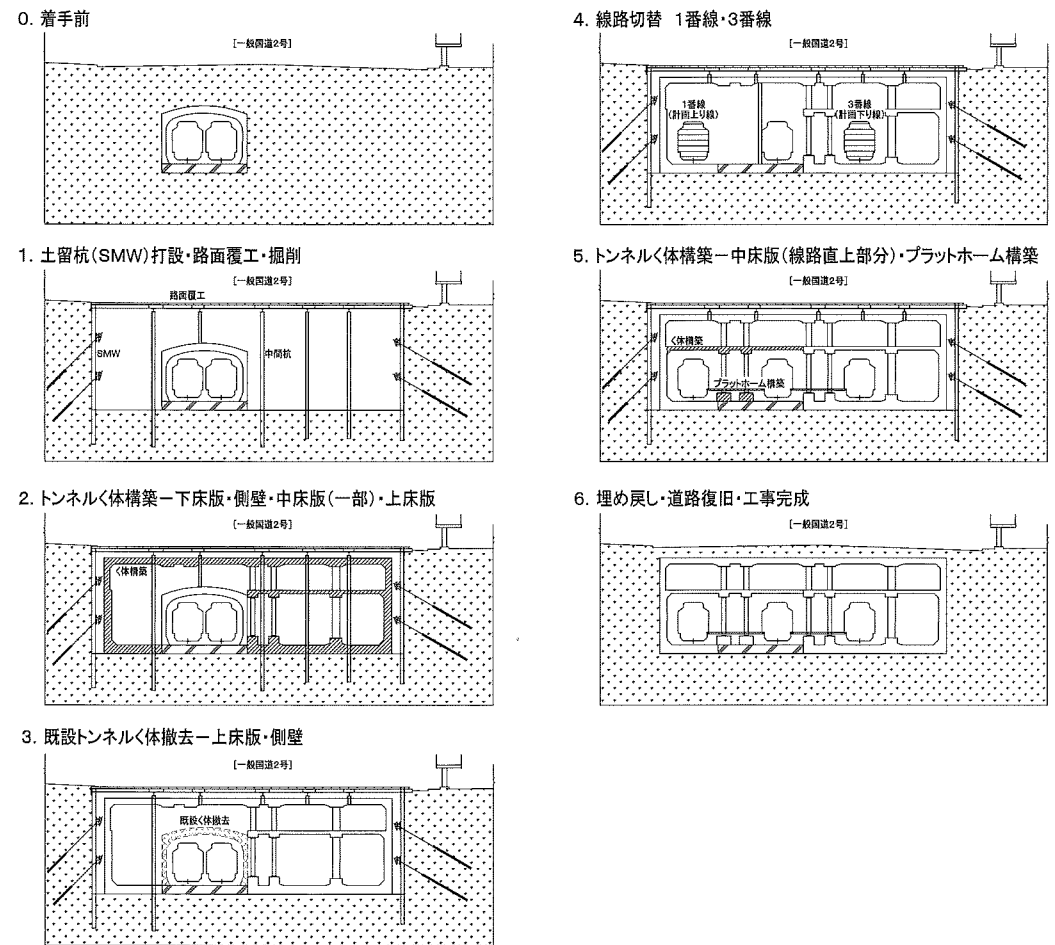
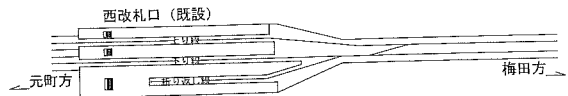
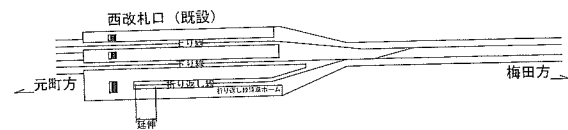


図-5 東改札口部分施工順序図

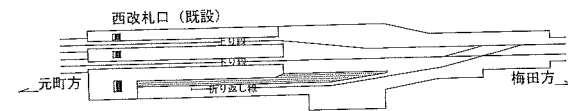
0 工事着手前



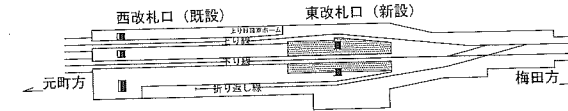
① 折り返し線延伸 (暫定: 近鉄乗入対応)



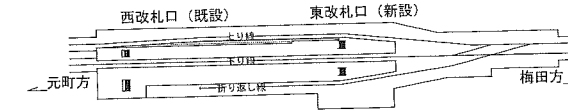
② 第1次切替 (折り返し線降車ホーム廃止)



③ 第2次切替・東改札口供用開始



④ 第3次切替 (上り線降車ホーム廃止)



⑤ 第4次切替 (下り線と折り返し線の配線変更)・工事完成

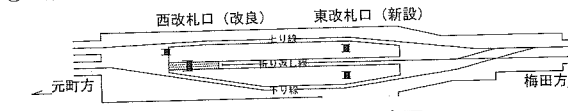


図-6 線路切替順序図

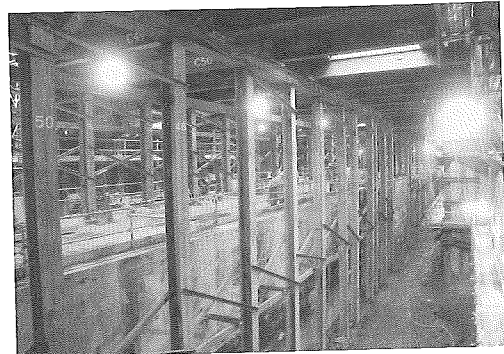


写真-1 東改札口部分施工状況写真



写真-2 駅構内施工状況写真

上り線降車ホームを廃止する。
⑤ 第4次切替(下り線と折り返し線の配線変更)・工事完了

2番線(現下り線)と3番線(現折り返し線)の配線変更を行って、2番線を折り返し線、3番線を下り線とする。

現在、駅構内では、第1次切替の準備工事として、折り返し線降車ホームの仮設化を施工している(写真-2)。今後、仮設ホームの下で計画下り線軌道を敷設し、その後、第1次切替を行う予定である。

3 都市鉄道利便増進事業について

三宮駅の改良工事は、都市鉄道利便増進事業の駅施設利用円滑化事業として、神戸高速鉄道(株)が鉄道整備主体、当社が鉄

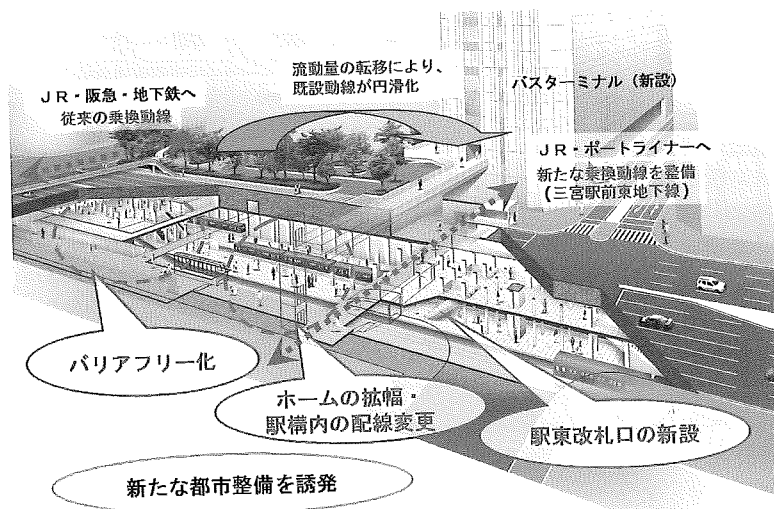


図-7 駅および駅周辺完成予想図

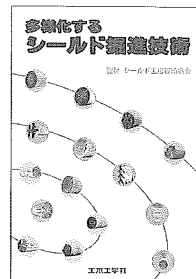
道営業主体となり、駅施設の整備を実施している。また、これと一体となった駅周辺施設の整備として、中央幹線を横断し、既存の地下街などに連絡するとともに、新設する東改札口に接続する神戸市の地下通路(三宮駅前東地下線)の整備も実施されている。これらの施設整備により、既存の三宮駅西改札口の混雑解消に加え、二方向避難の確保など、鉄道利用者の利便性、快適性、安全性が向上するのみならず、三宮駅周辺において、①地上レベルの歩行者ネットワークの形成、②交通結節機能の強化(乗換え利便性の向上)、③三宮の新たな東玄関口の形成など、都市構造再編による地域活性化の効果が見込まれているところである。三

宮駅および駅周辺の完成予想図を図-7に示す。

4 おわりに

本工事は、多くのお客様がご利用になるターミナル駅での工事であること、また、都心の幹線道路直下での工事であることから、駅のお客様はもちろん、駅周辺の歩行者や通行車両へ与える影響を最小限にするため、さまざまな工夫を行うことが求められる。

工事はこれから本格化し、営業線近接工事である既設く体撤去や線路切替などの難しい局面を迎えるが、平成24年度の工事完成を目指し、細心の注意を払って工事を進めていきたい。



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

本書は、「トンネルと地下」に約1年間にわたり連載した『多様化するシールド掘進技術』をベースとして、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としてシールド工法技術協会が監修を行ったものである。

【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・カット・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



〒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



「ホタルの里」延岡市北川町より

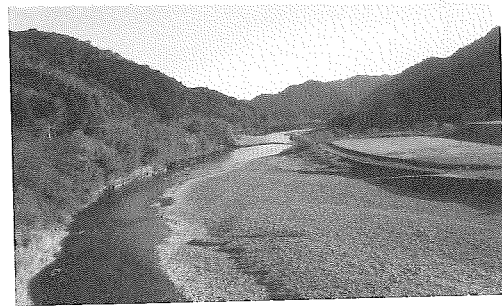
森本正宏

宮崎県は九州の南東部に位置し、南国の情緒豊かな県として1960年代は新婚旅行のメッカであった。現在はプロ野球のキャンプ地として有名である。この温暖な気候を利用し、マンゴー、日向夏の果実に加え、宮崎牛、地鶏の畜産物も美味しい。

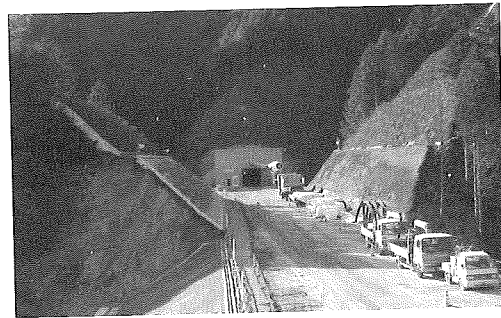
家田第一トンネルのある北川町は、宮崎県の北に位置する延岡市にある。夏目漱石の小説『坊ちゃん』で、「うらなり君」の左遷される赴任地であり、「猿と人とが半々に住んで」「山の中も山の中も大変な山の中」と面白く紹介されている。五ヶ瀬川・祝子川・北川など大きな河川が市内を流れ、水害も多かったが、豊かな水郷としての性格を持っているため、昭和初期からは工業都市として発展し、現在では旭化成の町として知られている。

北川町は平成19年に延岡市に編入された。自然の豊かな風光明媚な町であり、日本の重要湿地500選に選ばれている家田・川坂湿原がある。ミズキカシグサ、ヒメコウホネなどの絶滅危惧種の水生植物が多く、現在でも新種が発見されている。また北川上流にはゲンジボタルの日本有数の生息地がある。毎年5月末～6月にかけて、ホタルの大舞踏会を見ることができ、美しい自然環境の象徴であるホタルを町おこしのシンボルとして「ホタルネッサンス整備事業」を展開している。

町名にもなっているように、川は町の中心であり、美しい川を子々孫々まで守るため河川清掃、環境の整備など、清流北川守ろう会が中心となり、町全体で積極的な取り組みを行っている。ここの鮎、ニジマス、



『ホタルの里』北川



家田第一トンネル 起点側坑口

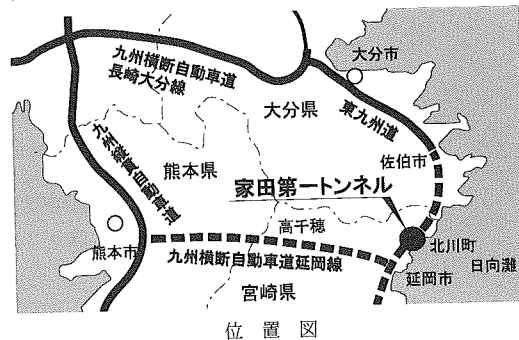
うなぎはたいへん美味しい。

ここは明治10年西南戦争の最後の激戦地であった。西郷軍は少数の兵力で勝ち目はなく、北川へと敗走した。北川町の俵野に宿陣をはり、ついに薩軍解散の命を出し、陸軍大将の軍服を裏庭で焼いたと言われる。西郷はその後鹿児島に辿り着いたが城山で自決した。

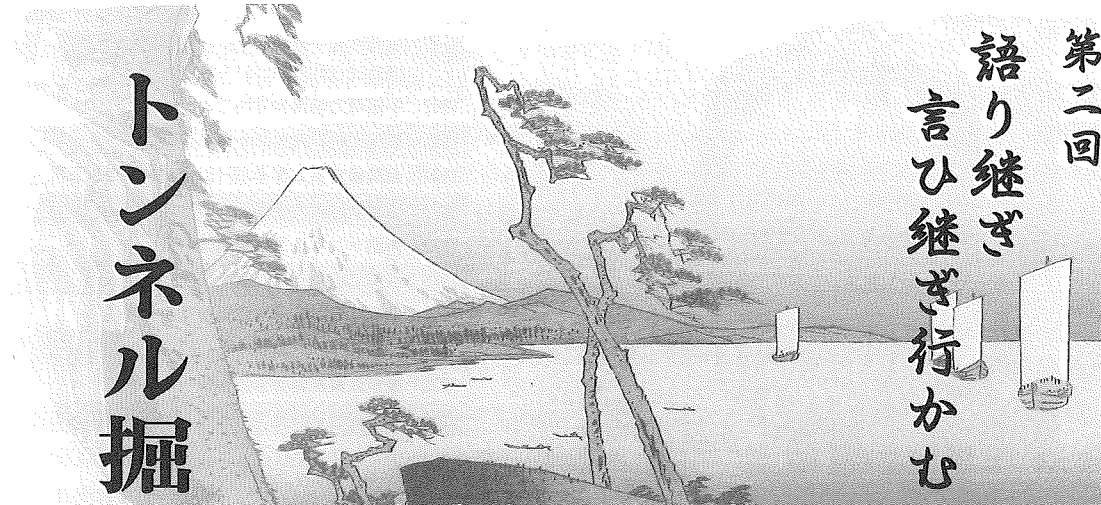
当トンネル工事は東九州道の、蒲江～北川間の国土交通省新直轄工事区間の一部で、トンネル延長L=495mである。延岡の抱える問題の一つとして“羽田から一番遠い10万人都市”と言われ、南に位置する宮崎空港まで車で2時間30分、北に位置する大分空港までは2時間、九州最大都市の福岡市までは佐伯から高速道路を利用しても4時間30分かかるため、東九州道に対する周辺住民の期待は高く、整備が急がれる。

現在トンネル掘進100mであるが、貫通、10月の竣工を目指し、無事故で品質の高いトンネルを作りたいと思う。

(東洋建設(株)家田第一トンネル作業所主任)



語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ 第二回



トンネル掘って三十年

鹿島建設(株)社友
児玉安彦

はじめに (トンネル工事との出会い)

私は昭和22年9月大学を卒業し、敗戦でそれまで大勢就職していた内務省が解体されたので数人の先輩の意見を聞いたところ「これからは民間が良い」と言うので、当時名前もよく知られていない鹿島組に就職した。担任の吉田徳次郎先生は「請負は大変だぞ」と言われたが、正にそのとおりであった。入社4日目の日曜日、キャストリン台風で決壊した利根川の復旧工事に木炭トラックの荷台に乗せられ赴任したが、最初の夜は寝る所もなく、外の土俵を作る俵の中に潜り込んで寝た。次ぎの日は夜勤で、その翌日には東京の工事に転勤するような状態であった。

私がトンネル工事を初めて見たのは、国鉄の信濃川発電所工事の見学であったが、坑内環境の悪さに辟易し見学もそこそこにして坑外へ出たのを記憶している。数日後、他の工区での落盤事故で三十

数人の死者が出たと報じられ、トンネル工事に不安を感じたのが当時の実感であった。

昭和25年から従事した鬼怒川上流の五十里ダム河床掘削の排水用トンネル工事が、私にとって初めてのトンネル工事であった。戦前に700mほど掘られていたトンネルを100mほど延長する契約で、坑夫数人と社員1人の2組で昼夜2交代で休みもなく、練り粉で濛々とした劣悪な作業環境の中でカンテラの明かりによって作業した。この間1か月以上も太陽もほとんど拝めないような生活が続き、職業を変えようかと悩んだこともあった。

このように、私とトンネル工事との出会いは良い印象のものではなかった。

トンネルの機械化施工

昭和32年、中部電力畑雑発電所の工事が出件した。この工事は、延長約2,900m、直径5mの円形断面の導水路トンネルが主な工事で



青函ずい道建設企業体出向時の著者
(トンネルと地下, Vol. 4, No.10より抜粋)

あった。このトンネルは上部半断面をアーチコンクリートで抑えた後、下部を掘削して、本巻きコンクリートは円形断面を一度に巻き立てる仕様で、従来の工法では施工が困難であり、本格的な機械化施工が必要であった。

掘削用の主な機械は、ドリフタ6台搭載のジャンボ、ロッカーショベル(RS-85)、3m³積みの鋼製ずり運搬車、換気用ファン、コンプレッサー、蓄電車などほとんどが初めて使う機械であった。また、換気用の送風管も安価な紙製のものを採用した。

掘削は曲がりなりに順調に進んだが、改良するべき点もいくつかあった。一つは鋼製支保工で、当時H形鋼はまだ普及していなかったため、炭鉱で使っていたV字鋼を採用した。また、ずり運搬車の入れ替え方法もいろいろと考えた

し、ロッカーショベルのコンベヤが短くて運搬車の奥まで届かないので、後のコンベヤを列車分の長さにして、列車の入れ替えをしないで済むように改良した。

コンクリートポンプは石川島の機械式のものでガチコン、ガチコンと押し出す試作品に近い物であった。最初のアーチコンクリートは50m³ほどであったが、パイプの中で詰まり、そのたびにパイプをばらしてやり直し、56時間も要した。これに加えて型枠を外すまでの時間も問題であった。従来の工法ではセントルを外すまで約7日間養生していた。私は、新しい工法の考え方では荷重は支保工で持たせてあるので2日で外せると主張したが、企業者がどうしても7日間置けというので、そのようにしたら今度は型枠が外れない。ジャッキが壊れても外れない。結局型枠

著者略歴

- 1947 東京帝国大学第一工学部土木工学科卒業
鹿島組(現鹿島建設)入社
- 1957 中部電力畑雑発電所工事
- 1961 東海道新幹線蒲原トンネル工事
- 1967 台湾曾文ダムダイバージョントンネル工事
- 1971 山陽新幹線大平山トンネル工事所長
- 1972 青函トンネル工事企業体所長
- 1976 台湾北回り鉄道工事所長
- 1986 鹿島建設(株)常務取締役九州支店長
- 1988 鹿島建設(株)顧問
- 1989 東京産業廃棄物協会会長
- 現在 鹿島建設(株)社友、東京産業廃棄物協会名誉会長

を一枚一枚ばらしてやっと外すことができた。下請けの親父は「この工法は駄目だ。自分で金を出して木製セントルを作る。」と怒鳴り込んできた。採石場にロッドミルを新設し、砂の粒度を改善してコンクリートのワーカビリティを良くし、また型枠の方も改良して上手く行くようになり、徐々に短縮されて1日1回の打設が可能になった。全断面を一度に巻き立てる本巻きコンクリートは、ニードルビームを使った型枠で問題なく、予想以上の成果をあげることができた。

地質の判断は地質屋さんに地表を歩いて判断してもらっていたが、この工事で京都大学の先生方と共同で「地震探査」「電気探査」の試験を行った。これで断層の位置の予想などは大体わかるようになったが、破碎帯の程度、水の有無などの予測をできるまでには至らなかった。

新幹線のトンネル工事

私は畑雑工事を終えて2年後の昭和36年から、初めて工務主任と

いう責任者として、蒲原トンネル東口2,500m、富士川橋梁1,900m、富士市の路盤4,000m、計約8,400mの区間を担当することになった。工務主任の仕事は施工計画を作り、実行予算を組み、下請けに対して契約金額を決めることが主なものであった。

施工計画は畑雑工事の経験に改良を加え、鋼製支保工はH形鋼を使用し、複線底設導坑先進上部半断面掘削工法を採用した。下請けの契約単価を決める前に、私は1週間ひと時も現場を離れず、仕事のやりぶり、作業手順などを見ていた。そのときは1日4.5mの進行であったが、私は6mはできると判断して単価を計算し、下請けの社長に提示した。社長の頭には在来工法の金額しかなく、それまでの単価と比べて安かったため、かんかんに怒って帰ってしまった。そこで私は社長の息子と呼んで、1週間現場で見えてきた一つ一つのデータを説明し、炊事婦の給料から社長の給料も予測で入れて、十分できる単価であることを説明したらさすがに若い息子は納得し、それでやってみようと言って帰った。翌日現場に見に行ったら労務

者の目の色が変わっていた。日進6mは簡単にクリアでき、そのうちに7.5m、9mが普通になり、月進250mの記録も出て工事は順調に進んだ。

さて、新幹線は長大トンネルが多く、施工する各社はいろいろな工法で技術を競い合った。底設導坑先進工法、上部半断面先進工法、側壁導坑先進工法、原爆型(キノコ型)掘削工法などであったが、東海道新幹線の主なトンネル工事の1か月あたりの進行は下表の如くである。

8年後に山陽新幹線のトンネル工事を担当したときは、工期は初めから100mを超える平均進行で設定されていたが、蒲原トンネルの経験に改良を加え、新工法も取り入れてクリアすることができた。

青函トンネル

昭和46年11月、山陽新幹線大平山トンネル工事も順調に進み、徳山は気候もよく、魚も美味しく、しばらく良い生活が楽しめると思っていた。ある日突然、本社の石川副社長から直接電話で「青函トンネルが出件して君を所長に任命したから、直ちに現場を見て見積も

東海道新幹線の主なトンネル工事の進行

トンネル名	工区延長(m)	導坑(m/月)	全体(m/月)
南郷トンネル(東)	2,477	103	80
城堀トンネル	1,415	94	49
泉越トンネル	2,766	115	77
丹那トンネル(東)	2,950	98	70
丹那トンネル(西)	2,920	94	67
蒲原トンネル(東)	2,550	108	104
由比トンネル(東)	1,860	143	66
由比トンネル(西)	2,140	93	61
牧の原トンネル	1,950	原爆工法	69

りをするように」との命令を受けた。

鉄建公団が直営で施工してきた斜坑と作業坑を見たが、整然と工事は進められており海底トンネルという怖さは感じられなかった。しかし一般のトンネル工事と異なる困難を肌で感じた。

■生活と作業環境の整備

竜飛は風の強い所である。11～4月までほとんど毎日20m/s以上の寒風が吹き、体感温度はマイナス25～6℃にも下がるのに対して、トンネル内の湿度は90%、気温はプラス25℃で、坑外と坑内の温度差は50℃を越すことになる。この過酷な条件の中で、いかに、千人を越す作業員に安全に働いてもらえる環境を作るかが、トンネルを掘る以前の問題であった。宿舎は南極の基地のごとく強固な物とし、宿舎間とトンネルの坑口までは鉄製のトンネルで結び、斜坑の下に着替えの部屋を作って対処することにした。

社員宿舎、作業員宿舎、作業員の家族宿舎も作ったので、食料、日用品の売店の建物を作り、近村の業者に組合を作ってもらって運用し、品物は青森などから仕入れてもらった。また、診療所も鉄建公団と共同で開設し、パーパー竜飛も開設して、ようやく生活ができるようになった。

■ジョイントベンチャー(JV)の運営

青函トンネルのような大工事には、建設各社は強い参加希望を持っていたが、結局その頃一般的でなかったJV方式が取り入れられ、

海底部については、北海道側を大成建設スポンサー、本州側を鹿島建設スポンサーのそれぞれ3社JVで担当することに決まった。

1本のトンネルを3社JVで施工するには、3社が一体となってやるべきだと考えていたが、実際にどのように運営するかで大分苦労した。JVの1社は、「当社は自費で作業用の斜坑をもう1本掘っても、工区を分割して独自で施工する」と新聞に発表したほどだから、東京ではJVの運営方針は決まらなかった。現地へ乗り込んで飯を一緒に食いながら話せばうまく行くと考えたが、現地の所長も食堂さえも一緒にしたくないと言う。いろいろ話し合った結果、どうしても分離できないずり出しコンベヤ、排水ポンプの運転などはJVで行い、本工事は工区を分けてJVから各社に下請けさせる方式で収まった。その後いろいろあったが、1年ほどでどうやらお互いに理解し合えるようになって、スムーズに進むようになった。

■契約の更改

国鉄の支払い方法は工事数量に単価を掛けた金額であり、仮設費や経費もすべて単価に入れられていた。一般的な工期の工事では、当初にかかる費用は前渡金で支払われて、全体としては金利がほとんど発生しないように、つじつまが合っていた。しかし青函工事では事情が違う。青函トンネルは工期7年、2,000億円できるという条件で着工が許可になったとのことで、当初の見積もり条件も工期は7年であった。しかしわれわ

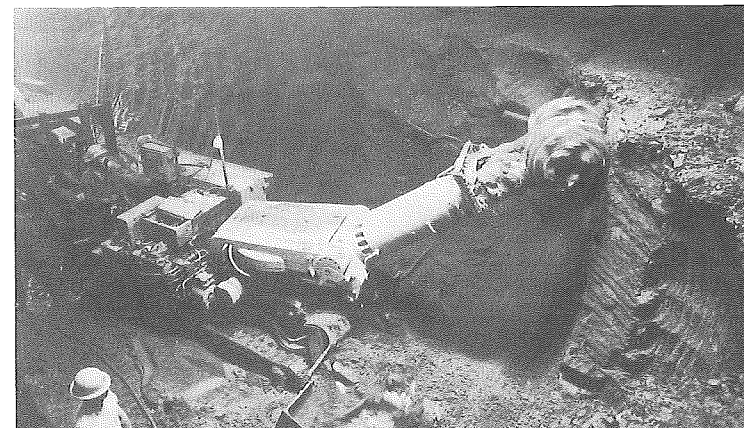
れの計画では、工期は12年は要する。当初作る宿舎だけでも10億円以上になる。私の試算では金利だけで24億円になった。工期7年と12年ではこの金利は大きく変動する(実際には16年かかった)。それにもとづいて積算して見積書を提示したが、この金利のことは、公団側にはなかなか理解していただけなかった。約1年かけて説得して、ようやく私の希望する方向で認めてもらう見通しがついた。

■工事での問題

これで私の心にかかっていた三つの問題は大体解決したので、在任3年半で所長を交代させてもらった。この間工事の方で苦労したことを二、三書いて置こう。

① TBM

契約では作業坑でTBMを使用することになっていた。しかし、私が80日間かけて世界を一周して見たときには、使用できる物は見つからなかった。だが、本社の幹部は、TBMの実績がないのは工事の参加に悪影響があるということで、4億円も掛けて機械を購入して、ある工事に導入した。工事



アルピネマイナAM-50による大背掘削

は成功したが、1,000m掘っただけで他工事に転用することもなくお蔵入りとなった。

工事を始めて工期が延びるのがわかっていながら、TBMを使わないと非難される恐れもあるので、注入作業の邪魔になる前面閉鎖型でなく、しかも硬岩も掘削できるオーストリアのアルピネマイナを作業坑に導入した。これは成功であった。その後本坑にも転用して成績を上げた。

② 暴風による停電

竜飛では強い風が吹くことは前にも書いたが、一番ひどかったときは風速計が67m/sで壊れていたということを聞いていた。私が経験したのは昭和49年1月のことである。風速49m/sという暴風に見舞われ停電した。工事用の電力としては一般営業線1万kW、専用線1万kW、自家用発電機5,800kWの設備を持っていた。停電で、自家用発電機を動かしても斜坑底の主ポンプが動かない。公団で、万一に備えて坑底に1,000m³の貯水坑を掘っていた。水は溢れてこの貯水坑に流れ始め、後15分で水没

する危機に瀕したとき、停電の原因がわかり危機を脱することができた。原因は塩を含んだ雪が変電所の碍子に積もったため、吹雪の中、必死で消防ポンプで消雪して危機を脱することができた。

その他いろいろな問題を克服して青函トンネルは完成したが、世界の経済情勢の変化により、未だに、新幹線を通すという当初の目的が果たされていないことは誠に残念である。しかし、数年後には函館までは通ずるといっているので楽しみにしている。

台湾のトンネル工事

鹿島は戦前47年間台湾に拠点を置いて、鉄道工事の40%を施工し、また、日月潭発電所や嘉南烏山頭ダム、大圳工事を手がけてきた。

■曾文ダムダイバージョントンネルの技術指導

曾文水庫ダムの建設が計画され、ダイバージョントンネル建設の技術指導に、私は所長代理を命ぜられ赴任した。この工事は政府の水利局が企業者で、施工者は、大陸から移動してきた蒋介石軍の退役

軍人が軍隊組織を保ったまま建設工事に従事する組織である「栄工処」であった。このダイバージョントンネルは、直径12mの円形断面で、長さ約1,000mの2本のトンネルであった。山の地質もとくに悪くなく、工事は技術的に問題のあるものではなかったが、戦勝国の異民族との初めての技術指導で、大変苦労し忘れられない工事であった。

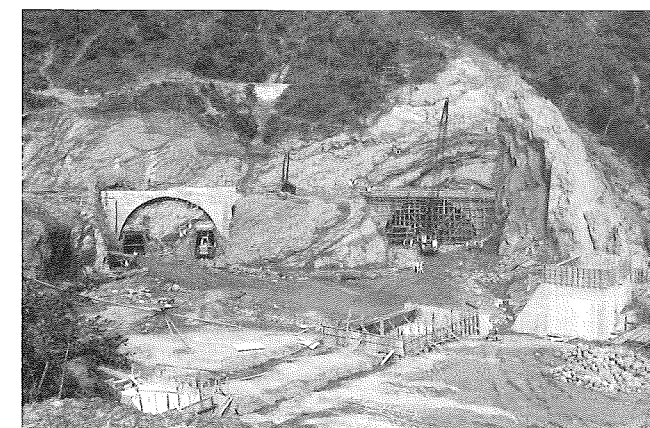
昭和42年5月に調査のため現地を視察した。その後、2、3回現地に行き技術指導について打ち合わせをしていたが、あまり具体的に話が進まないうちに至急赴任してもらいたいという要請があり、年末の12月15日、正月を前にして先遣隊7名が急遽赴任した。前に約束していた宿舎はできていないので近くの部落の旅社に寝泊まりして、約束した車もなく小型トラックに乗って通勤した。

待遇の悪さはある程度覚悟していたが、折角早く赴任したのに話すべき相手がいない。誰と話してもさっぱり話が通じない。企業者側に台湾電力から出向して来てい

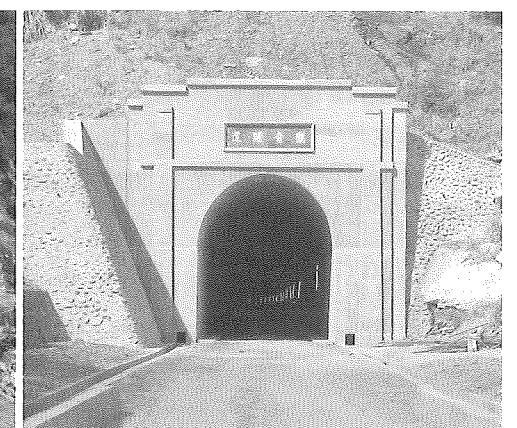
た技術者5名が、請負側の栄工処に入ることになり、ようやく話ができる相手が出てきた。しかし、ガイダンスの方法については意見が別れた。その主なものは、鹿島には指揮権は与えないが工期に責任を持つてというようなもので、自分達は絶対責任を負わず責任はすべて鹿島に負わせるというやり方で、その言論は誠に巧妙で、私達は毎晩遅くまで苦しい議論をして毎日怒っていた。しかし怒ることが自分を傷つけるだけだと悟りを開くころになって、中国側の事情も理解できるようになり、彼らも私達の言っていることもわかるようになった。そうなるまでに1年余を要した。1年半で1号トンネルは完成し2号も貫通したので私は帰任した。苦労はしたが、それ以来鹿島と栄工処との信頼関係は親密になり、後に書く十大建設のうち、北回り鉄道工事を含めて五つの工事まで鹿島が関係するようになり、今も台湾での工事は続いている。

■北回り鉄道工事

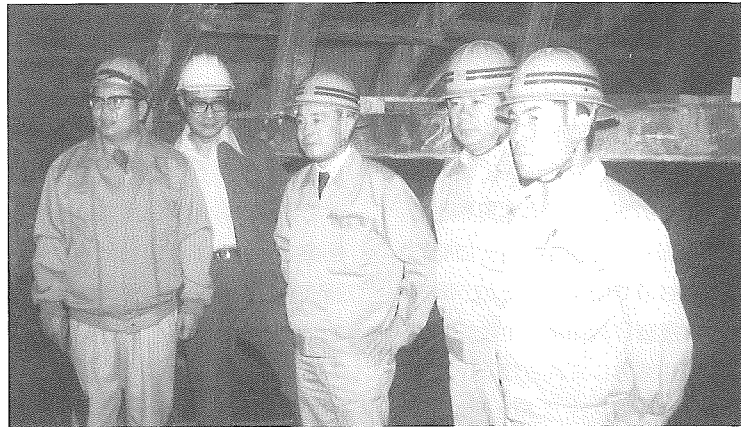
私が青函にいるころ、台湾では原子力発電所の建設など十大建設



曾文ダム ダイバージョントンネル 上口



北回り鉄道工事 観音隧道 坑門



北回り鉄道建設当時の著者(中央) 台湾担当大臣の現場視察

が進められていて、鹿島が請負、技術指導で関係していた四つの工事を含めて、ほとんどは順調に進行していた。しかし北回り鉄道だけは難航しているという噂が聞こえて来た。私が青函から本社に帰って半年あまりしたころ、台湾側から正式に日本トンネル技術協会に対して調査の要請があり、鹿島はこの工事にはまだ関係していなかったが、私も調査団として参加した。調査に入って、その地形と地質条件の過酷さに度肝を抜かれたというのが第一の印象である。蘇澳、花蓮間は約80kmであるが、その半分はほぼ垂直に100mを越す断崖が海に突き刺さっている。3日ほどの大変な危険を冒した調査で、トンネル工事が難航している原因は直ちに判った。

第一は路線ルート選定の失敗である。長いトンネルを避けて、山

の縁の地質の悪い所に選定している。第二はビックジョンの採用である。これは、私が10年前80日間かけて世界のTBMを調査したときに「これは駄目だ」と烙印を押した機械で、それを採用しているのでびっくりした。

報告書はルートを山側に寄せ40本のトンネルを16本に集約し、7,700mの長大トンネルもできたが施工法も示したものとなった。

報告書を出したら直ちに鹿島に施工を依頼してきたので、南の地質の良い所は技術指導、北の悪い所は請負と言うことで、約100名程の社員を引き連れて二度目の台湾に赴任した。二度目なので曾文のときのような人間関係での苦労は少なかったが、1日に850mm、5日で2,000mmという、想像もつかない台風の豪雨に見舞われたり、筆舌に尽くしがたい苦労もあった

が、無事竣工することができた。

竣工10年目に台湾を訪ねたとき、飛行機の故障で到着が夜の12時過ぎになったのに多勢の人々が出迎えてくれ、汽車に乗ればわれわれの紹介の放送はしてくれるし、現地の役場では横断幕と爆竹で歓迎してくれ、そのうえ記念の立派な額まで用意しておいてくれた。往年の苦労も報われたと喜びに変わった。

おわりに

私は敗戦の飢餓と混乱の時代に世の中に出、復興から高度成長の時代を生き、すべての産業の基盤整備を担当する建設業に従事して、苦労があったが、少しでもお役に立てたと思えば、大変幸せな生き甲斐のある人生だったと感謝している次第である。そのもとになっているのは技術革新、開発であり、それは総合的な技術に支えられた中の土木技術であると思っている。

最近「失われた十年」「百年に一度の不況」とか言っておりあまり良いニュースがないが、携帯電話に象徴されるIT革命、医療技術の革新、宇宙開発などわれわれ老人には付いて行けない技術開発も行われているようである。精神の作興、心の革新も行っており、現在以上の充実した幸せな世の中になることを願っている次第である。

解説

豊川用水のトンネル技術今昔

(独)水資源機構豊川用水総合事業部次長 小西邦寿

1 はじめに

わが国のトンネル技術は、鉄道トンネルをはじめとして、その昔から世界のトップクラスにある。近年、トンネル技術は飛躍的に進歩し、掘進技術と合わせ、安全性や作業環境も格段に向上した。本稿は、豊川用水でのトンネル施工技術の今昔について、事業の変遷と合わせて紹介するものである。

2 豊川用水の事業の変遷(図-1,表-1)

2-1 豊川用水事業(昭和24~43年度)

愛知県の東部に位置する東三河地方は、気候が温暖であり、なかでも渥美半島は、厳冬期においても降雪・降霜・氷点下を記録することが滅多にない地域である。

しかし、この地域は水源に恵まれないため、干害に絶えず見舞われ、飲料水にも事欠く状況にあったことから、地下水の利用、ため池の築造、河川からの導水などが行われたものの、水量が乏しく、用水を十分に確保できない状況にあった。

この地に水を引くという用水構想は大正年間に芽生え、地元から国や県への働きかけにより、昭和24年、農林省の事業として豊川用水事業が始まった。事業当初は、東三河地域と静岡県湖西地域に農業用水を供給する国営農業水利事業であったが、昭和25年、国土総合開発法が制定され、翌年、その一環として天竜東三河地域が特定地域として指定された。昭和33年、事業計画の変更により、水道用水および工業用水が追加された。昭和36年には愛知用水公団が事業を承継し、昭和43年に完成した。

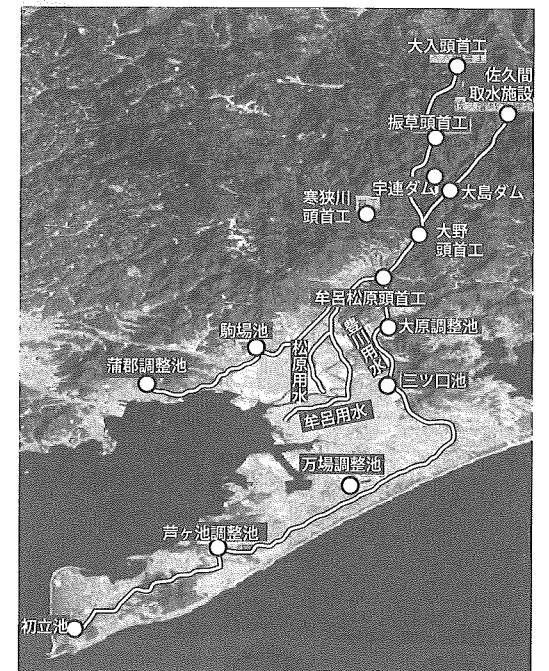


図-1 豊川用水概要図

この事業では、水源となる宇連ダム(堤高65m、堤頂長246m、有効貯水量2,842万 m^3 、重力式コンクリートダム)、取水口から渥美半島(豊橋市、田原市)へ送水する東部幹線水路約76km(水路断面22.8~1.8 m^3/s)、同じく豊川市・蒲郡市方面へ送水する西部幹線水路約36km(水路断面7.2~2.3 m^3/s)、農業用支線水路約550km、地区内の調整池として、三ッ口池・駒場池・初立池などが建設された。

幹線水路は開水路を主体とした水路形式であるが、トンネル・暗渠が東部幹線・西部幹線を合わせ、約35km(幹線水路全延長の約3割)を占めている。

表-1 豊川用水の事業経緯

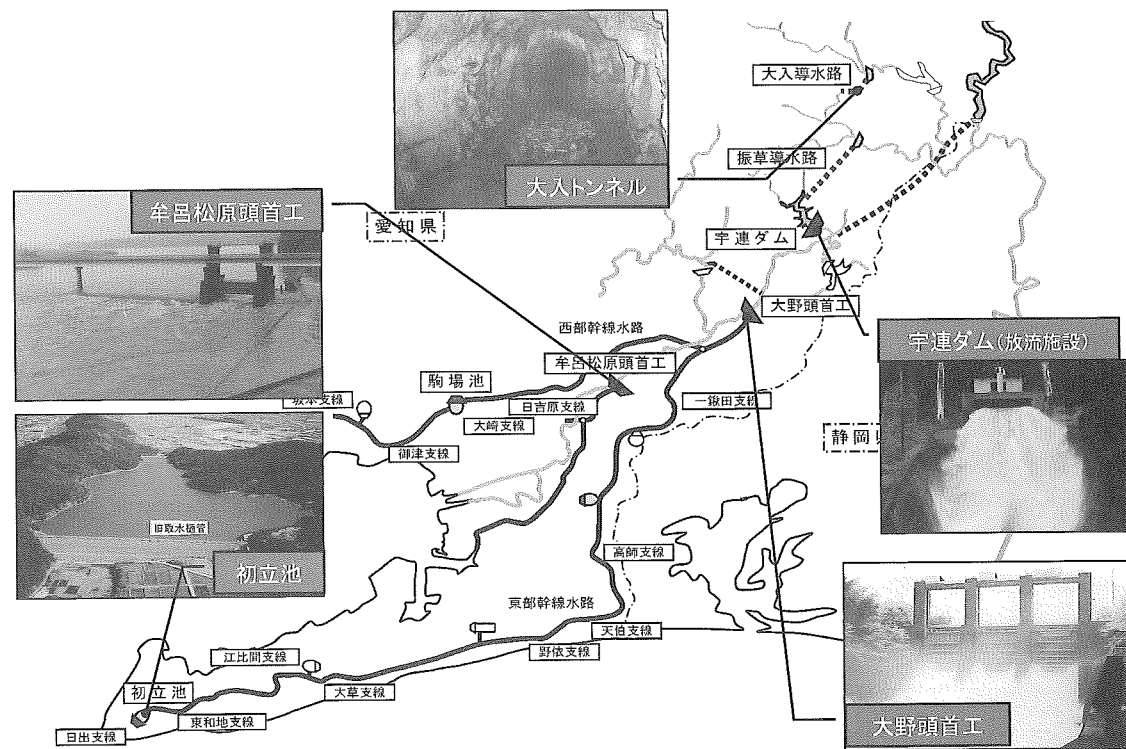
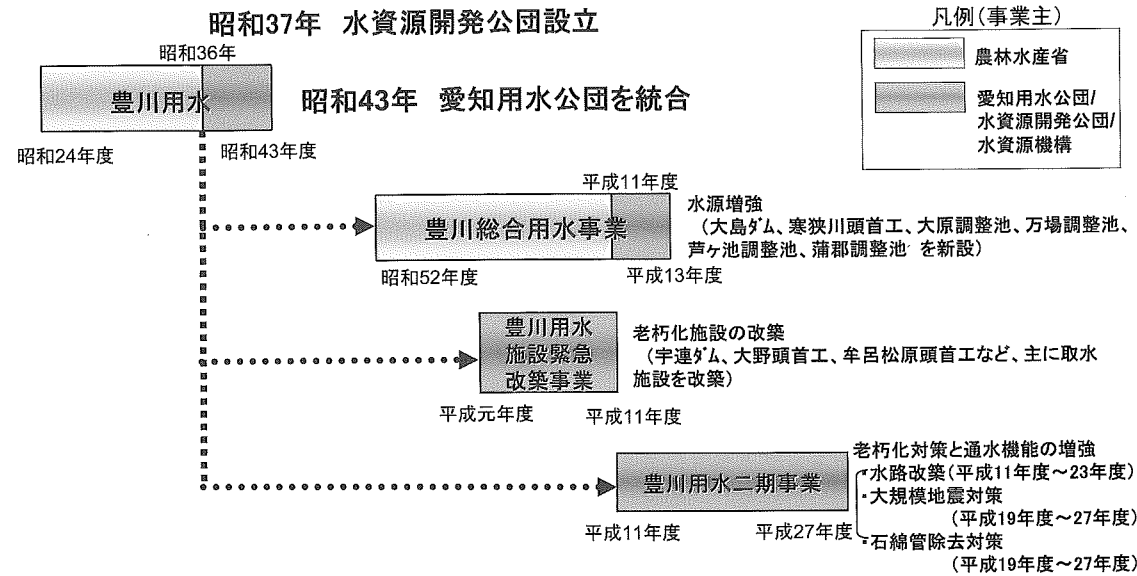


図-2 豊川用水施設緊急改築事業(老朽化した施設)

2-2 豊川総合用水事業(昭和52~平成13年度)

施設完成後、水需要の増大に伴い、水源を開発し、用水の安定供給を図るため、農林水産省と愛

知県企業庁により、豊川総合用水事業が行われた(平成11年度より水資源開発公団が継承施行)。

この事業では、大島ダム(堤高69m、堤頂長160m、有効貯水量1,130万m³/s、重力式コンクリー

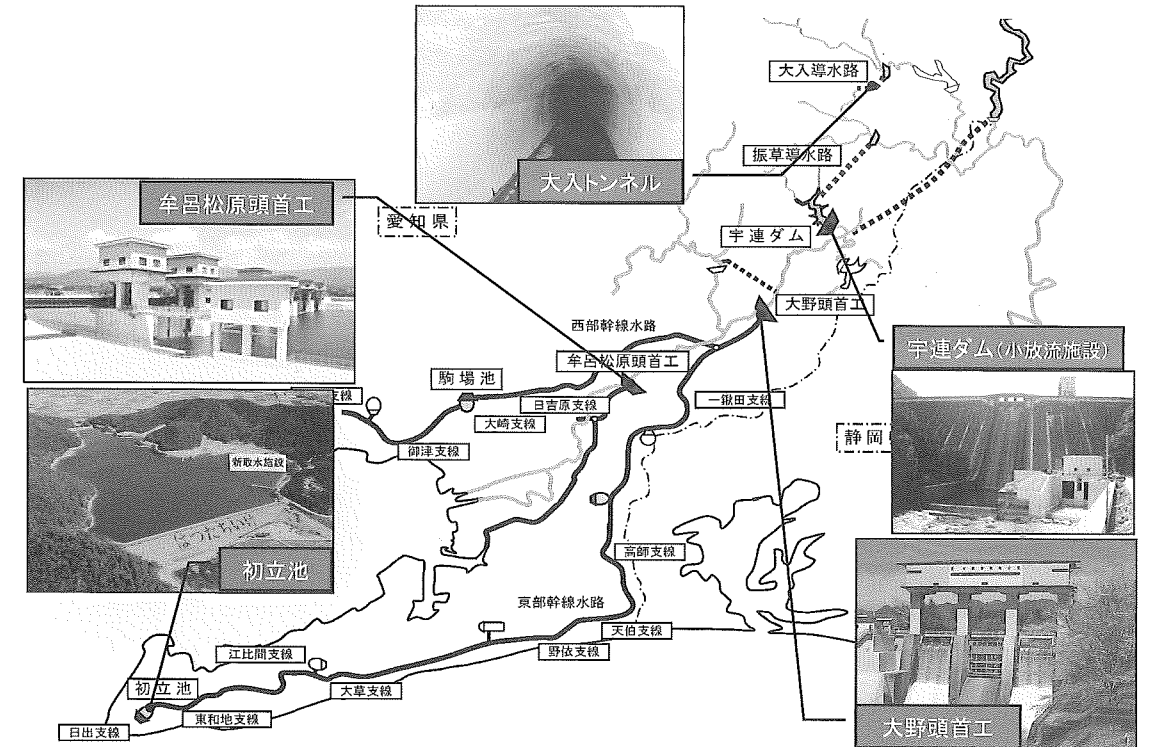


図-3 豊川用水施設緊急改築事業(改築した施設)

トダム)、寒狭川頭首工、大原調整池、万場調整池、芦ヶ池調整池、蒲郡調整池などが建設され、水源施設が増強された。

豊川用水地域では、ほぼ毎年、渇水に見舞われ、節水を強いられた状況にあったが、水源の増強により、ここ4年は節水を行うことなく済んできている。

2-3 豊川用水施設緊急改築事業(平成1~11年度)

その一方で、施設の老朽化が進み、その対策として、豊川用水施設緊急改築事業が行われ、ダムの放流施設や頭首工など、基幹となる取水施設について改築が行われた(図-2, 3)。

2-4 豊川用水二期事業(平成11~27年度)

平成11年度からは、水路の改築として、豊川用水二期事業(以下、「二期事業」と言う)を展開している。

この二期事業では、老朽化した水路の改修を行

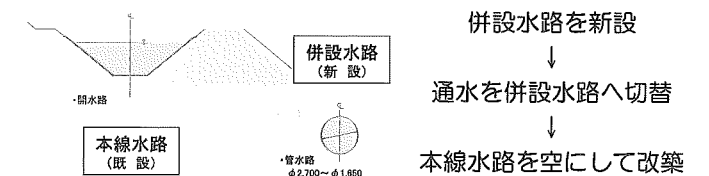
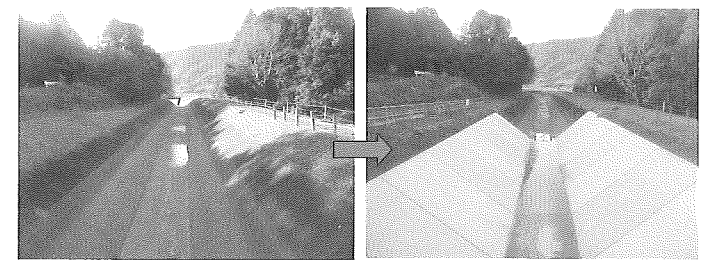


図-4 開水路の改築

うほか、大規模地震対策として施設の耐震補強、農業用支線水路に用いられた石綿管の除去対策を行っている。

老朽化した水路の改修は、水路内を空にして行うが、水路には農業用水・水道用水・工業用水を通水しており、通水を停止できないことから、既設の水路に併行して新たに管水路を設け、そちら

へ通水を切り替えた後、改修を行っている。

新設した管水路は、開削工法、推進工法、山岳トンネル工法、シールド工法により建設され、東部幹線・西部幹線を合わせて約76kmに及んでいる。

新設した管水路は、大規模地震などにより開水路での通水が不可能となった場合でも、そちらを代替水路として活用できる役割も備えている。水路の2系統化はあちらこちらで進められているが、開水路を主体とした水路と、これに併設する管水路の複合水路システムは世界で初めてのものである(図-4)。

3 豊川用水のトンネル技術今昔

3-1 むかし(豊川用水事業での取り組み)

3-1-1 豊川用水のトンネルの概要

豊川用水のトンネルの規模は、最大流量30m³/sを通水する内空断面直径4.7mから、2m³/sを通水する内空断面直径1.6mまでである。

形状は原則として標準馬てい形としたが、硬岩トンネルの素掘断面および小断面の長いトンネルを機械施工する場合は、作業上の最小幅を確保するために4R馬てい形を採用した。また、サイフォンのトンネル部は円形断面とした。

地質は、山岳部においては硬岩や軟岩、平野部においては地下水位の高い砂質土など、変化に富んでいる。

工法の特徴として、大断面トンネルで行っていた機械施工を小断面トンネルにも適用したほか、農業用水路トンネルとしてはわが国で初めて圧

シールド工法を採用した。また、局所的な地盤処理としてケミカルグラウトの施工、ディーブウエル、ウエルポイントなどを行った(トンネルタイプ;図-5)。

3-1-2 設計施工の基本事項

豊川用水のトンネルの設計は、地質およびトンネルの規模を問わず、全面的に鋼製アーチ式支保工を採用した。豊川用水に先立って、愛知用水公



写真-1 支保工設置状況

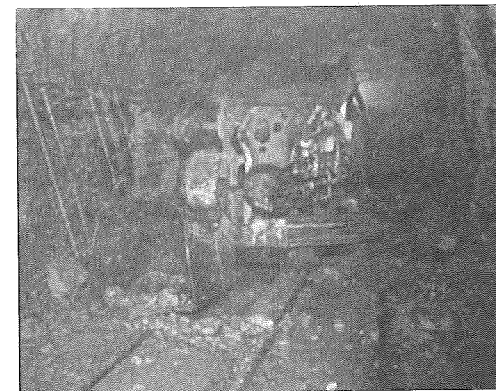


写真-2 ロッカーショベル

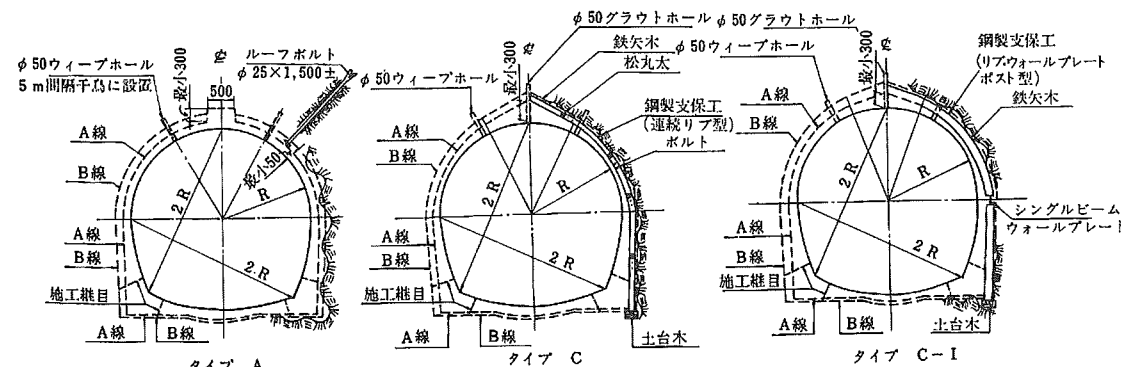


図-5 トンネルタイプ(主なもの)

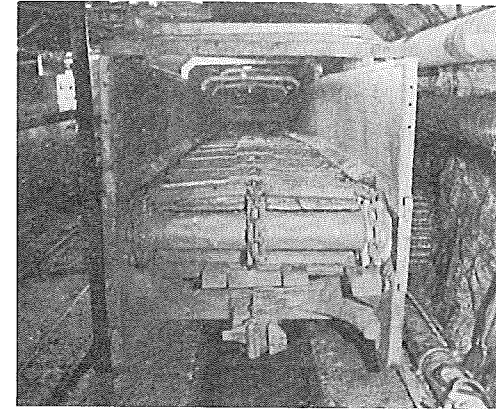


写真-3 シャトルカー



写真-4 ジャクソンコンベヤ

団が施工した愛知用水のトンネルでは、木製支柱式支保工であった。

構造の考え方は、施工中の外圧は支保工でもたせ、施工完了後は支保工とコンクリートが一体となって最終の外圧に抗するものとした(掘削関連;写真-1~4)。

3-1-3 ライニング工法

(1) アーチサイド

経済性を検討のうえ、延長がおおよそ700m以上の岩トンネルについては、スチールフォームとコンクリートポンプまたはコンクリートブレーサーの組み合わせとし、700m以下のトンネルについては、鋼製セントルとメタルフォームの組み合わせによる打設とした。

コンクリートポンプは設備が大きいことから、直径2.7m以上のトンネルに使用し、それ以下の場合にはコンクリートブレーサーとした(ライニング関連;写真-5~7)。

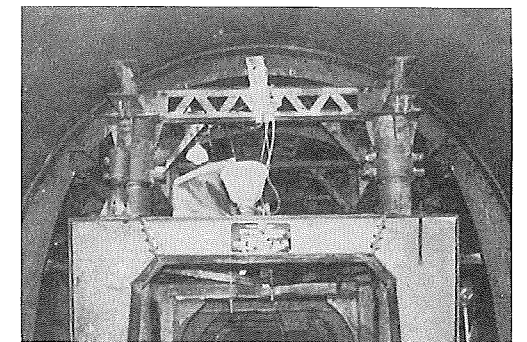


写真-5 スチールフォーム

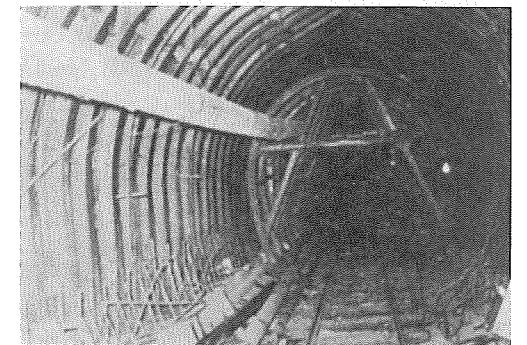


写真-6 鋼製セントル

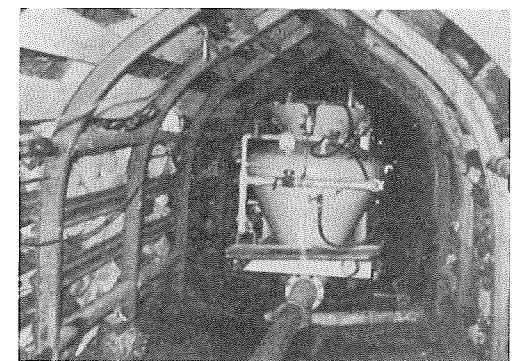


写真-7 コンクリートブレーサー

(2) インバート

インバートフィニッシャーおよびスリップフォームを使用した。

3-1-4 グラウト

グラウトはセメントベントナイトモルタルとエアモルタルの2種を使用した。

3-2 いま(豊川用水二期事業での取り組み)

二期事業で建設したトンネルは、仕上がり断面直径2.7~1.65mまであり、形状は円形のコンクリート覆工がほとんどであるが、内水圧が高い区間に

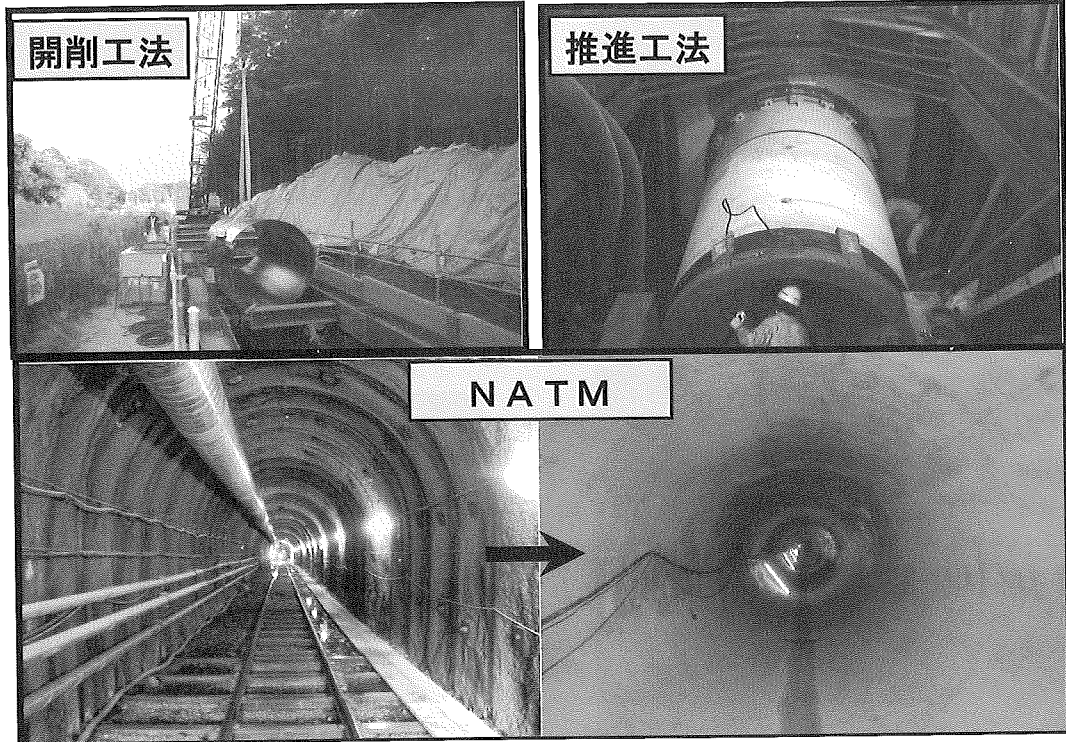


写真-8 併設水路の施工状況

あっては、内挿管により水密性を保つようになっている。

工法は、NATMがほとんどであるが、地形・地質・経済性・既設水路との離隔などを総合的に勘案してシールド工法も選定している(写真-8)。

4 おわりに

豊川用水は、この地域の発展に多大な貢献を果たしてきた。また、施設完成後、社会状況の変化・時代の要請に応じて、水源の増強や改築事業などを行いながら、今日まで施設を保ち、24時間365日、用水を送り続け、昭和43年通水開始以来、平成18年には通水量が100億トンに達した。

豊川用水はこの地域にとって欠くことのできない重要な社会資本の一つである。先人が当時の最高の技術を駆使して築き上げたこの財産を、現在の技術を用いながら後世へ引き継いでいかなければならない。

インフラ整備を取り巻く社会状況は、新しいものづくりに加え、これまでに整備された施設の維持管理・長寿命化の時代へ移行してきている。

トンネルにかかわる技術も、こうした社会状況に応じた技術が求められている。

参考文献

- 1) 愛知用水公団：豊川用水技術誌。

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

研究

道路トンネルへの耐火型 SFRC セグメントの適用

—首都高速横浜環状北線シールドトンネル—

首都高速道路(株)神奈川建設局設計グループ担当課長 津野和宏

首都高速道路(株)神奈川建設局設計グループ係長 足立義彦

大林・奥村・西武 横浜環状北線シールドトンネル特定建設工事共同企業体監理技術者 松原健太

大林・奥村・西武 横浜環状北線シールドトンネル特定建設工事共同企業体副監理技術者 近藤由也

1 はじめに

現在、首都高速道路(株)(以下、「首都高速」)が整備を進めている横浜環状北線(以下、「北線」)は、横浜市の交通ネットワークの骨格を形成する横浜環状道路の北側区間であり、第三京浜道路「港北インターチェンジ」と首都高速道路横浜羽田空港線「生麦ジャンクション」をつなぐ延長約8.2kmの自動車専用道路である(図-1, 2参照)。北線では、家屋の移転を少なくし、周辺環境を保全するために、全体の約7割をトンネル構造とした。

横浜環状北線シールドトンネル工事は、北線のトンネル部のうち、延長約5.5kmの併設トンネルをシールド工法により構築するものである。本シールドトンネルでは二次覆工を省略するため、セグメントには高い耐久性と耐火性が要求される。本工事では、耐火型鋼繊維補強高流動コンクリートセグメント(以下、「耐火型SFRCセグメント」)を適用することとした。耐火型SFRCセグメントは、高流動コンクリートに鋼繊維とポリプロピレン繊維を混入して製作するセグメントで、鋼繊維の効果により耐久性を向上させ、ポリプロピレン繊維の効果により火災時の爆裂を抑制するものである。適用にあたっては、要求性能を満足することを確

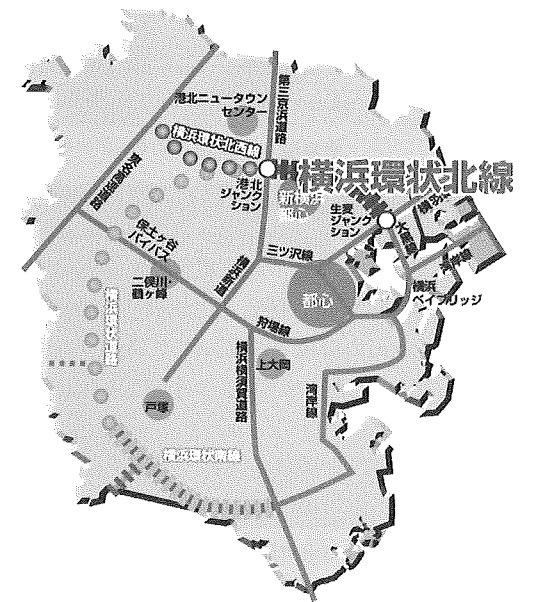


図-1 事業概要

認するため、曲げ剛性、曲げ耐力に関しては構造性能試験を、また、耐火性に関しては設計断面力を導入した実大規模の耐火試験をそれぞれ実施した。

本稿では、耐火型SFRCセグメントの概要と、適用にあたって実施した構造性能試験と耐火試験の詳細について述べる。

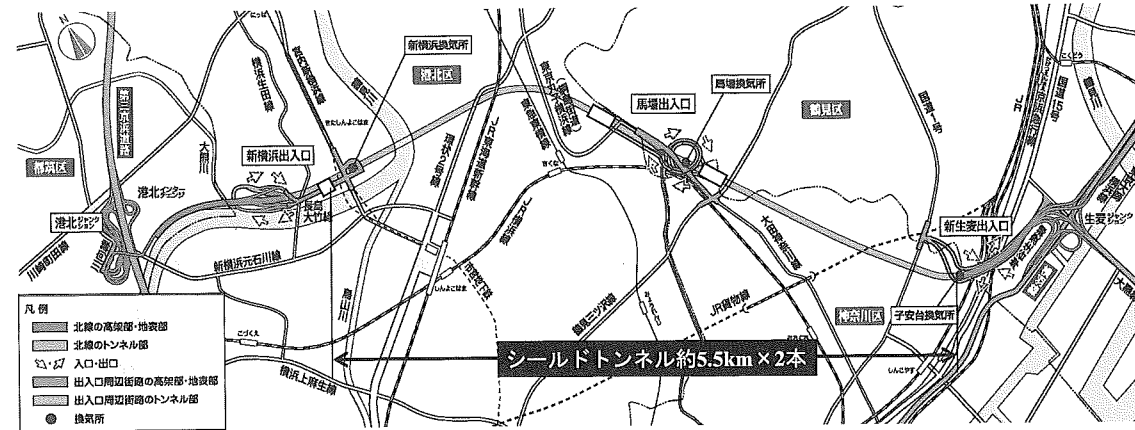


図-2 路線平面図

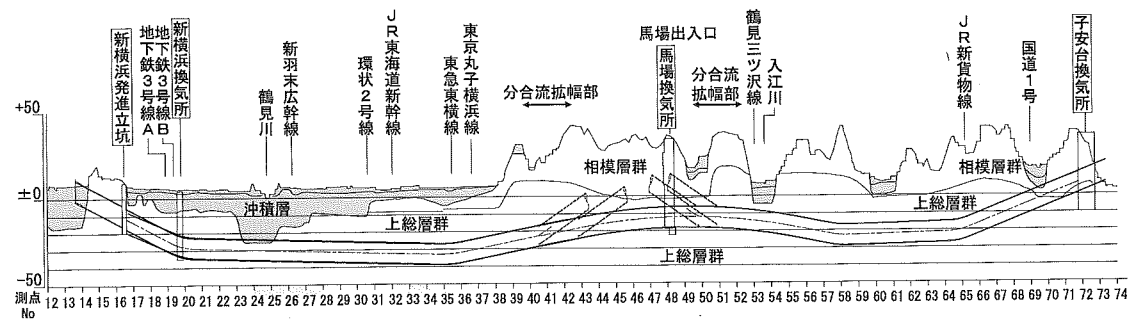


図-3 シールドトンネル部の地質縦断想定図

2 工事概要

図-3にシールドトンネル部地質縦断想定図を示す。本工事は、新横浜発進立坑から子安台換気所までの約5.5kmの併設トンネルを2台のシールドを用いて構築するものである。各トンネルには、それぞれ出口と入口が1か所ずつ、合計4か所の分合流部がある。シールドトンネルの土かぶり厚は11~56mで、掘進土質は上総層群の泥岩(Km)、砂質泥岩(Kms)、砂・砂岩(Ks)が主体で、*N*値はいずれも50以上、KmおよびKmsの一軸圧縮強度は1,000kN/m²以上と硬質な地盤である。ただし、鶴見川付近と国道1号線付近においては、*N*値3程度の沖積層がトンネル頂部まで達している。Ks層の透水係数は10⁻³オーダーであり、トンネルには最大0.5MPaの水圧が作用する。

3 トンネル構造

シールドトンネル部は、全線を通じて縦流換気

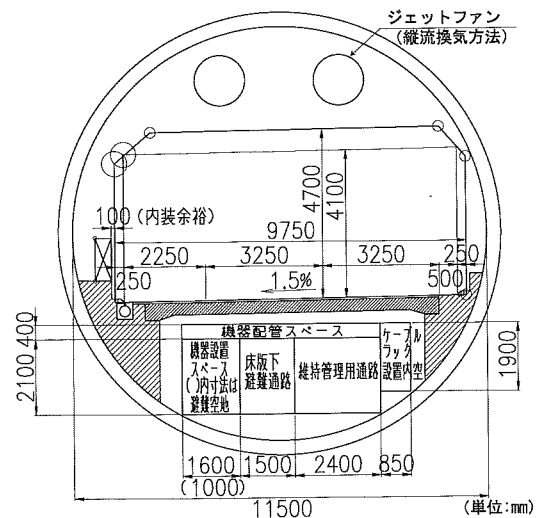


図-4 トンネル断面図(一般部)

方式を採用しており、図-4に示すように床版上部は車両の走行空間(2車線+全路肩)、床版下部は避難通路、維持管理用通路、機器設置・機器配管スペース、ケーブルラック設置スペースとして使用される。

4 道路トンネル覆工の要求性能

道路トンネルの覆工は、耐久性に加えて、トンネル内で火災が発生してもトンネルの構造性能を保持できるよう耐火性を確保していることが重要である。従来、シールド工法により構築した道路トンネルにおいては、二次覆工が耐火機能を果たしていた。昨今は、コスト削減や工期短縮への取り組みから二次覆工を省略する事例が多く、首都高速中央環状新宿線では、セグメント内面に耐火吹付けや耐火パネルを施工することにより耐火性を確保した。また、首都高速中央環状品川線においては、更なるコスト削減・工期短縮と維持管理(点検容易性)に対する配慮から、コンクリートに有機短繊維を混入し耐火機能を有したRCセグメントを適用した。

北線においては、有機短繊維(ポリプロピレン繊維)によりRCセグメント自体に耐火機能を確保させるとともに、鋼繊維により、配力筋およびフープ筋を省略したRCセグメントを適用することとした。

5 耐火型SFRCセグメントの概要

本工事で適用する耐火型SFRCセグメントは、表-1に示すように高流動コンクリートに鋼繊維(写真-1参照)とポリプロピレン繊維(写真-2参照)を混入して製作したセグメントである。耐火型SFRCセグメントと従来のRCセグメントの構造概念図を図-5に、耐火型SFRCセグメントの特徴を表-2に、開発にあたって実施した構造性能確認試験の一覧を表-3に示す。耐火型SFRCセグメン

トは、鋼繊維の混入により、コンクリートの引張強度が期待でき、せん断強度が増加することから、主鉄筋量の低減や配力筋・フープ筋の省略が可能となる。また、高流動コンクリートと組み合わせることにより製作時においてはテーブルバイブレータが不要、鉄筋量が少なくコンクリートの充填に有利など製作性が大きく向上し、品質の確保が容易となる。さらにひび割れ抑制効果や主鉄筋の防

表-1 耐火型SFRCセグメントの配合条件

鋼 繊 維	混入率0.6vol%
ポリプロピレン繊維	混入率0.2vol%, アスペクト比570
スランブフロー	50~65cm

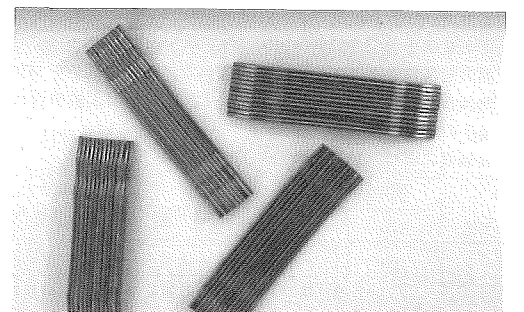


写真-1 鋼繊維

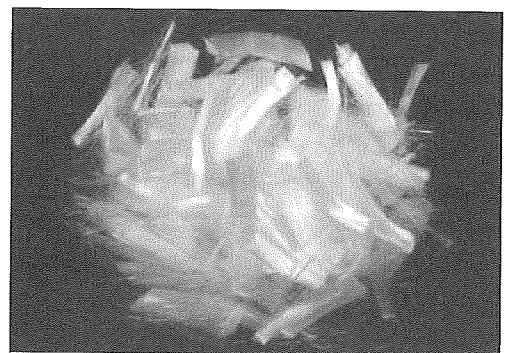


写真-2 ポリプロピレン繊維

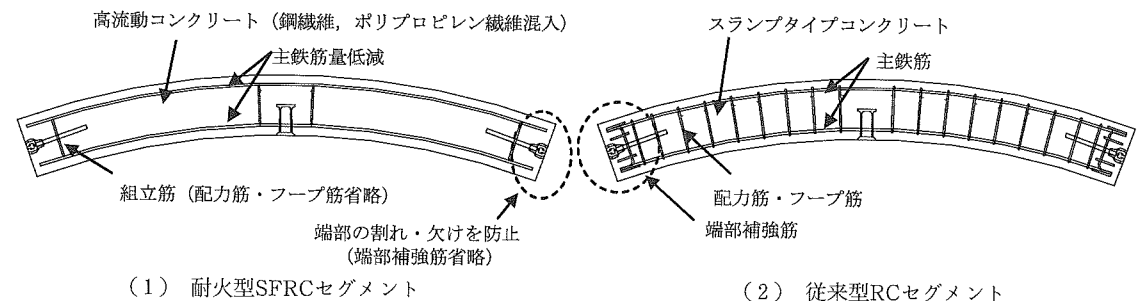
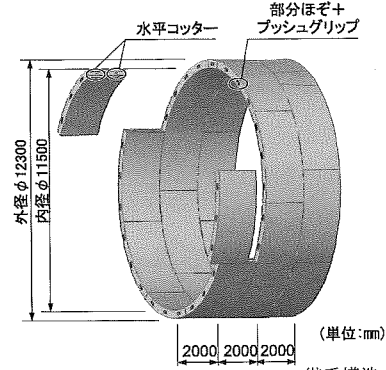


図-5 セグメントの構造概念図

表-2 耐火型SFRCセグメントの特徴

1. 覆工品質・耐久性が向上	
・鋼繊維により、ひび割れが分散し、ひび割れ幅が低減	
・鋼繊維により、コンクリート内部の鉄筋を防食	
・鋼繊維により、セグメント端部の割れ、欠けを防止	
・製作時はテーブルバイブレータが不要、鉄筋量が少なくコンクリートの充填に有利なことから製作性が向上し品質の確保が容易	
2. 構造性能が向上	
・鋼繊維の混入により、じん性やせん断強度が増加	
・鋼繊維の混入により、コンクリートの引張強度が期待でき、主鉄筋量の低減が可能	
・鋼繊維の混入による応力分散性能により、配力筋、フープ筋、せん断補強筋などの省略が可能	
3. 耐火性の確保	
・ポリプロピレン繊維の混入により、セグメントの耐力に影響を及ぼす爆裂を抑制	
・耐火被覆材でセグメント表面を覆わないためメンテナンス性に優れる(セグメントの目視点検が可能・耐火被覆材の落下の心配がない)	
・鋼繊維により、被災後の残存強度が高い	



セグメント主要寸法		継手位置	
項目	主要寸法	リング間	継手
外径	φ12,300mm	ピース間	部分ほぞ+プッシュグリップ
内径	φ11,500mm		水平コッター
桁高	400mm (外径比率3.25%)	混入繊維	
幅	2,000mm	種類	混入率
分割数	9分割(縮小K)	鋼繊維	0.6vol%
		PP繊維	0.2vol%

図-6 耐火型SFRCセグメントの構造概要

表-3 耐火型SFRCセグメントの構造性能確認試験一覧表

項目(性能)	セグメントに対する補強効果	性能・効果の確認	
		セグメント性能確認試験	試験結果
耐久性	ひび割れが分散して発生し、ひび割れ幅は小さくなる。	・単体曲げ試験	供試体に曲げひび割れが分散して発生することを確認した。
	セグメントに万一損傷があった場合でも、コンクリート片のはく離、はく落が防止できる。	・充填分散状況確認試験(供試体作成、断面切断)	X線写真撮影により、鋼繊維が均等に分散していることを確認した。
		・推力試験	掘進時のシールドジャッキ推力に対して、ひび割れの発生がないことを確認した。
鋼繊維	所要の強度の確保、およびじん性向上によりトンネルのぜい性破壊を防止する。	・単体曲げ試験	従来のRCセグメントと同等の曲げ強度および変形性能を有していることを確認した。
		・曲げ圧縮破壊試験	
	セグメントの主鉄筋量の低減が可能。(本工事で、全断面圧縮であるため鋼繊維の補強効果による主鉄筋量の低減は行っていない)	・単体曲げ試験	従来のRCセグメントと同等の曲げ強度および変形性能を有していることを確認した。
	配力筋およびせん断補強筋の省略が可能となる。	・主鉄筋応力分布確認試験	配力筋を省略した場合でも従来のRCセグメントと同等の主鉄筋の応力分布であることを確認した。
		・リング継手(ほぞ)せん断試験	ほぞを設置した場合、リング継手(ほぞ)のせん断強度が増加することを確認した。
フープ筋の省略が可能となる。	・曲げ圧縮破壊試験	圧縮破壊が主鉄筋の座屈に起因せず、コンクリート強度で決定されることを確認した。	
PP繊維	耐火性能	耐火試験(RABT曲線(1,200°C-60分))	爆裂を抑制でき、耐火性能を確保できることを確認した。

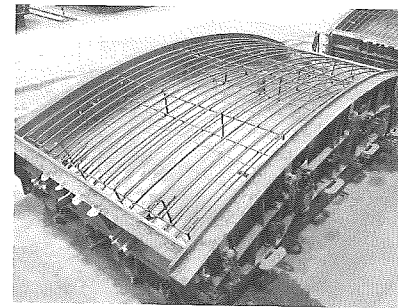


写真-3 耐火型SFRCセグメントの配筋状況

錯効果によって耐久性が向上するなどの利点も挙げられる^{1)~3)}。また、ポリプロピレン繊維の効果により火災発生時のコンクリート表面の爆裂を抑制し、耐火性を確保することができる。

本工事に適用する耐火型SFRCセグメントの構造概要を図-6に、鉄筋の配筋状況を写真-3に示す。本工事のセグメントでは配力筋およびフープ筋を省略したが、主鉄筋については、供用時のセグメントの応力状態が軸圧縮力卓越で、鉄筋量は最小鉄筋量もしくは圧縮応力で決まるため、主鉄筋量の低減は行わなかった。

6 構造性能試験

本工事への適用にあたり、強度に関する要求性能を満足することを確認するため、「単体曲げ試験」「継手曲げ試験」「推力試験」を実施し、所要の強度を有していることを確認した。

本稿では、単体曲げ試験の結果について以下に詳述する。

単体曲げ試験の試験体としては、本工事に適用するセグメント(9分割)のA型セグメントを使用した。コンクリート設計基準強度は42N/mm²、鋼繊維とポリプロピレン繊維の混入率はそれぞれ0.6、0.2vol%で、配力筋およびフープ筋を省略している。

図-7に単体曲げ試験における荷重-変位関係を示す。ひび割れ発生までの荷重-変位関係は計算値と同等であり、本セグメントは設計で考慮している曲げ剛性を有していることがわかる。ひび割れは、計算値147kNに対して300kNで発生し、最

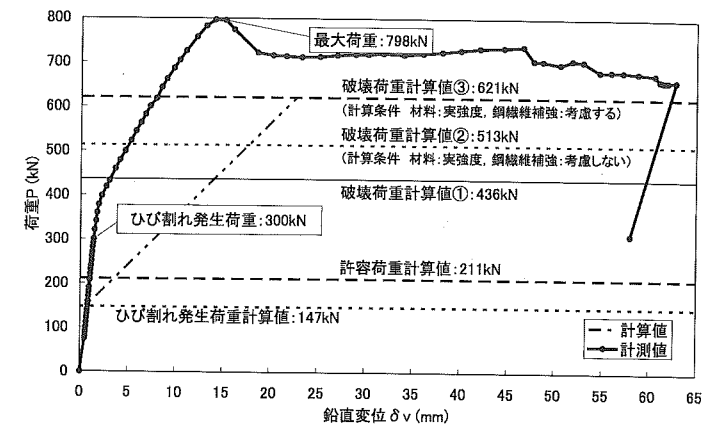


図-7 単体曲げ試験における荷重-変位関係

表-4 材料実強度と鋼繊維補強によるコンクリート引張応力を考慮した破壊荷重計算値と実測値の比較

	計算条件		破壊荷重計算値(kN)	実測値(kN)
	材料強度	鋼繊維補強によるコンクリートの引張応力		
① 設計強度	考慮しない		436	798
② 実強度*	考慮しない		513	
③ 実強度*	考慮する(設計値 ¹⁾)		621	

*コンクリート圧縮強度: 56.6N/mm²(一軸圧縮試験より)
鉄筋降伏強度: 392.8N/mm²(鋼材検査証明書より)

大荷重は、計算値436kNに対して798kNであった。その後は、荷重を保持した状態を保ちながら変位が進行しており、セグメントが十分な変形性能を有していることがわかる。

本試験では、実測値が計算値を大きく上回った。その要因としては、図-7、表-4に示すように、コンクリートや鉄筋の実強度が設計値よりも大きいことに加えて、鋼繊維の混入によって期待できるコンクリート引張強度の効果が考えられる。

単体曲げ試験や他の試験結果から、耐火型SFRCセグメントは強度に関する要求性能を十分満足していること、また、鋼繊維の補強効果により構造性能が向上し、より安全な構造であることを確認した。

7 耐火試験

首都高速では、表-5に示す耐火工の要求性能を規定し、シールドトンネルの耐火設計を行っている。「常時」に関する項目は、供用中のトンネル

表-5 耐火工の要求性能

常時	①供用中のトンネル内部環境や走行安全性に影響を及ぼさないこと ②所要の耐久性を有すること ③維持管理が容易なこと
火災時および火災後	④火災によって部材耐力が低下したとしてもトンネルが崩壊に至らないこと ⑤周辺環境に影響を及ぼすような損傷・変形・変状を生じないこと ⑥道路利用者の避難および消火活動に支障を及ぼさないこと ⑦火災後は、火災前と同等の性能を確保できる復旧(補修ならびに補強)が可能であること ⑧人体に有害な物質を発生しないこと

内部環境や走行安全性ならびに耐久性・維持管理性を確保するために定めたものである。また、「火災時および火災後」に関する項目は、避難環境および消火活動環境の確保、火災時および火災鎮火後も含めたトンネルの過度な変形・崩壊の防止、また、それらによる地表面の沈下や陥没、周辺構造物の変状などの二次災害防止のために定めたものである。

耐火型SFRCセグメントは、セグメント自体に耐火機能を付与しており、耐火被覆材は設置しないため、「常時」の要求性能については満足している。このため、「火災時および火災後」の要求性能に対して照査することとした。

7-1 耐火試験方法

火災による損傷の程度、部材内温度分布、爆裂現象などは、覆工の規模、コンクリートの配合、継手の有無および応力状態の違いなどで異なる。そこで、試験体は、実大規模、同一配合で、継手の有無を再現し、設計断面力を導入して耐火試験を行うことで、要求性能を照査することとした。

試験体の概要を図-8, 9に示す。試験体は、実際のセグメントを模擬して幅2,000mm×長さ2,600mm×厚さ400mm(加熱面:幅2,000mm×長さ1,000mm)の平板型とし、セグメント本体部を模擬した試験体(ケース1)とセグメント継手部を模擬した試験体(ケース2)の2種類とした。各試験体断面内にはPC鋼棒を偏心させて配置するとともに、試験体外部(非加熱面側)からジャッキもしくはPC鋼棒により荷重を作用させることで断面力を導入した。

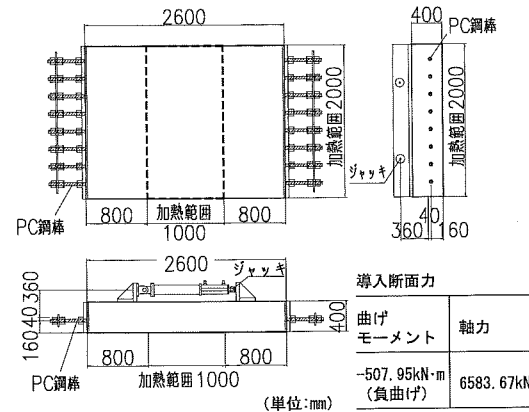


図-8 ケース1試験体(セグメント本体部)

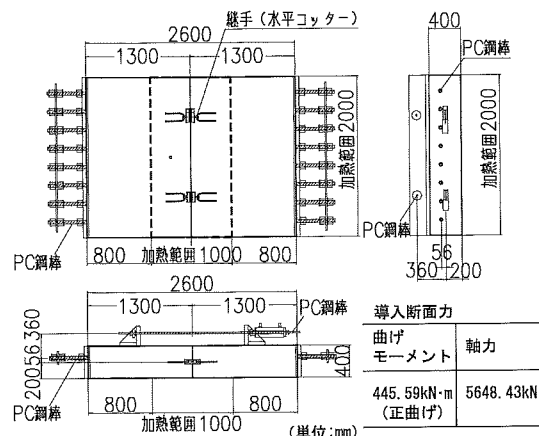
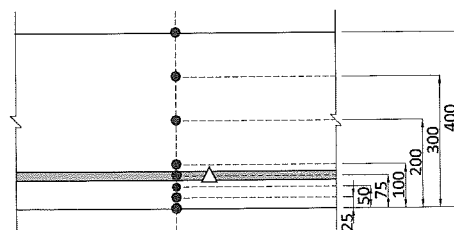
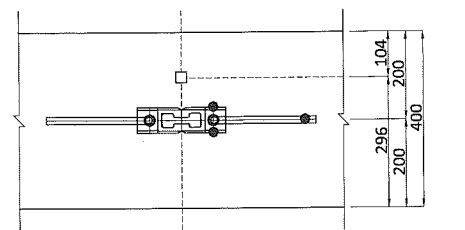


図-9 ケース2試験体(セグメント継手部)



● コンクリート温度 ▲ 鉄筋温度



● 継手温度 □ シール材温度 (単位:mm)

図-10 熱伝対設置位置

ケース1に導入する断面力は、爆裂に対して厳しい条件⁴⁾を想定して、セグメント内面の圧縮応力度⁵⁾がもっとも大きくなる負曲げの設計断面力とした。また、ケース2に導入する断面力は、シール材および継手金物に対して厳しい条件を想定して、継手部の目開きが助長される正曲げ最大モーメントの設計断面力とした。各試験体には図-10の位置に熱伝対を配置し、コンクリート断面内の温度分布や各部位の温度を測定した。

加熱方法の概要を図-11に示す。汎用耐火炉上部に試験体を設置しRABT曲線⁶⁾(図-13, 14参照)にて加熱した。その際、熱が支承やPC定着部に伝わらないように、支承を載せるH形鋼材周辺部は断熱材で被覆した。

また、試験期間中は、試験体に導入する曲げモーメントが所定の値を下回らないように、試験体背面に設置したジャッキもしくはPC鋼棒の荷重を制御した。なお、加熱時における試験体の表面状態は、汎用耐火炉側面の小窓よりCCDカメラを用いて観察した。

7-2 確認項目

表-5に示す「火災時および火災後」の要求性能に対して、今回の耐火試験で確認した項目と判定基準を表-6に示す。

火災時の要求性能に対しては、爆裂の状況や試験体の外観を観察して、加熱時および加熱後にも所定の設計断面力を保持し、崩壊や過大な変形がないことを確認した。また、セグメント内部の受熱温度分布を測定し、鉄筋については許容温度を300℃、継手金物については許容温度を350℃と定

め、これ以下であることを確認した。コンクリートについては、受熱温度に応じて低下するコンクリート強度を算定して応力度照査を行い、安全性

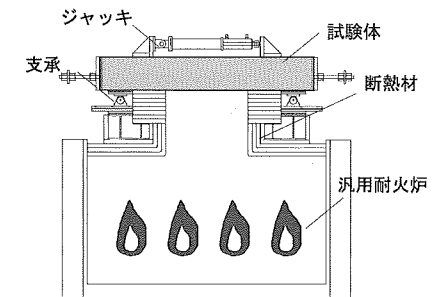


図-11 加熱方法の概要

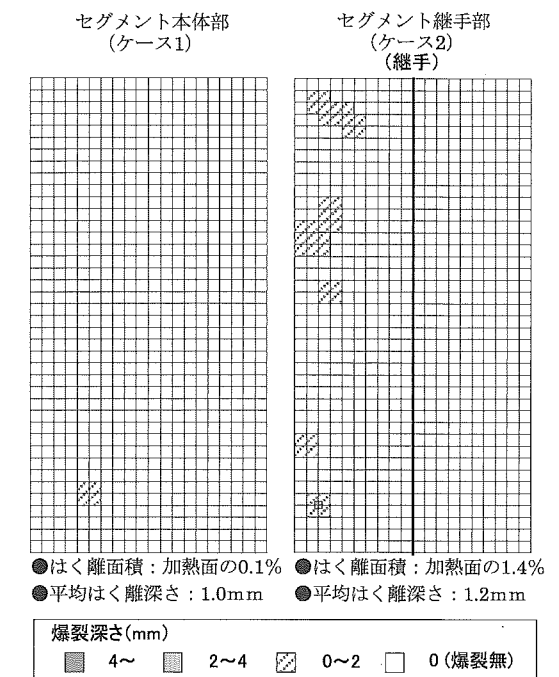


図-12 はく離深さ測定結果

表-6 耐火試験における確認項目と判定基準

照査する要求性能 ⁴⁾	耐火試験における確認項目	判定基準
④, ⑤, ⑦	加熱時および加熱後の試験体の外観	加熱時および加熱後に崩壊もしくは過大な変形を生じないこと
④~⑦	爆裂の状況	耐力に影響を及ぼすような爆裂などを生じないこと
④, ⑤, ⑦	構造部材の受熱温度(コンクリートおよび鉄筋、継手の受熱温度)	鉄筋: 300℃以下 継手金物: 350℃以下 継手アンカー筋: 300℃以下 コンクリートの受熱による強度低下を考慮した応力度照査により安全性が確認できること
⑦	地山側シール材位置の受熱温度	100℃以下

注)記載の数字(④~⑦)は表-5に示す「火災時および火災後」における要求性能を示す。

を評価した。

火災後の要求性能に対しては、補修が困難である地山側シール材に着目し、シール材の受熱温度が著しい劣化を生じない温度(100℃)以下であることを確認した。

なお、表-5に示した有害物質の発生に関する要求性能⑧については、別途、発熱性試験を行い、要求性能を満足していることを確認した。

7-3 耐火試験結果

7-3-1 試験体の外観と爆裂の状況

いずれのケースでも、加熱時および加熱後に、試験体に崩壊もしくは過大な変形が生じることはなく、設計断面力を保持することができた。加熱した部位におけるコンクリート爆裂状況について、

50mmメッシュで測定した結果を、図-12に示す。コンクリート表面に、わずかなはく離が確認されたが、はく離箇所は加熱面の1.5%以下であり、平均はく離深さは、1.0mm程度であった。

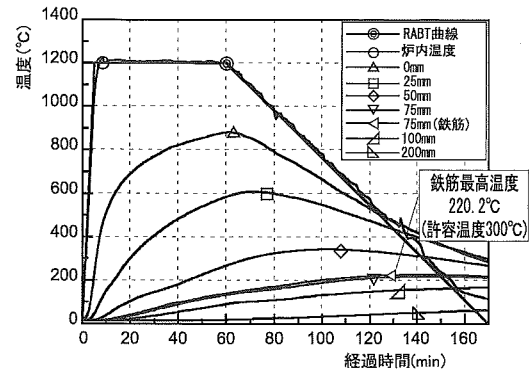


図-14 ケース2 コンクリート・鉄筋の温度履歴

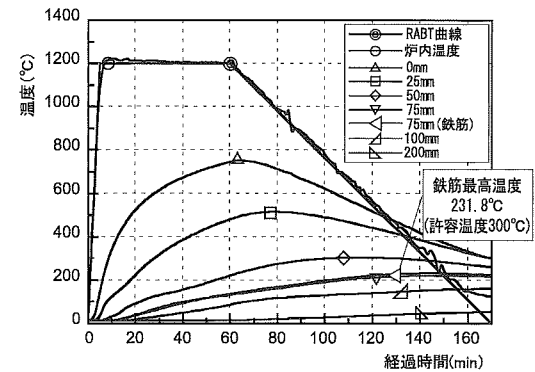


図-13 ケース1 コンクリート・鉄筋の温度履歴

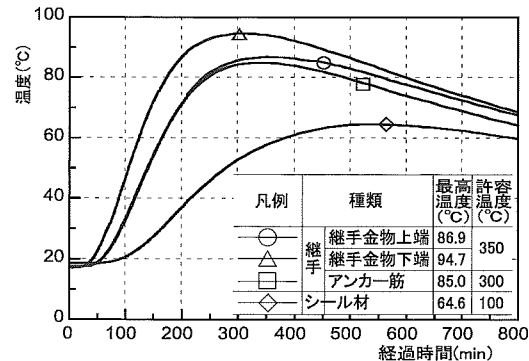


図-15 ケース2 継手部・シール材位置の温度履歴

表-7 耐火試験結果のまとめ

確認項目	判定基準	試験結果	
		ケース1(セグメント本体部)	ケース2(セグメント継手部)
加熱時および加熱後の試験体の外観	加熱時および加熱後に崩壊もしくは過大な変形を生じないこと	崩壊・過大な変形なし	崩壊・過大な変形なし
爆裂の状況	耐力に影響を及ぼすような爆裂などを生じないこと	耐力に影響なし 表面の一部がはく離 はく離面積：加熱面の0.1% 平均はく離深さ：1.0mm	耐力に影響なし 表面の一部がはく離 はく離面積：加熱面の1.4% 平均はく離深さ：1.2mm
部材最高温度	鉄筋：300℃以下	231.8℃	220.2℃
	継手金物：350℃以下	—	上端：86.9℃ 下端：94.7℃
	継手アンカー筋：300℃以下	—	85.0℃
	地山側シール材：100℃以下	—	64.6℃
	コンクリートの強度低下を考慮した応力度照査により安全性が確認できること	安全	安全

7-3-2 構造部材および地山側シール材の受熱温度

試験体におけるコンクリートおよび鉄筋の温度履歴をそれぞれ図-13, 14に、ケース2の継手部および地山側シール材位置における温度履歴を図-15に示す。コンクリートの温度分布は、加熱面から内部側に離れるほど低く、ケース1, 2とも同様の温度履歴の傾向を示している。

鉄筋、継手および継手アンカー筋の最高温度は、加熱面から同距離にあるコンクリートと同程度であり、いずれも許容温度以下であった。コンクリートについては受熱温度に応じて低下したコンクリート強度を算出し、設計断面力に対する応力度照査を行った。応力度照査では、加熱面の発生応力度がコンクリート強度を超える範囲は、断面欠損しているものとして扱い、収束するまでくり返し計算を行った。その結果、発生応力度がコンクリート強度を上回る範囲は、ケース1では加熱面から30mm、ケース2では加熱面から2mmの範囲にとどまり、セグメントの安全性を確認することができた。

また、地山側シール材位置については、最高温度が64.6℃で、許容温度の100℃以下であることが確認できた。

7-4 耐火試験結果のまとめ

耐火試験結果のまとめを表-7に示す。いずれも判定基準を満足するものであることから、本工事で適用する耐火型SFRCセグメントは、表-5に示した「火災時および火災後」における要求性能を確保しているものと判断した。

8 おわりに

今回、構造性能試験および耐火試験により、耐火型SFRCセグメントは、二次覆工を省略した道路トンネルのセグメントとして、要求性能を満足していることを確認した。

北線工事の進捗は、平成21年11月現在、新横浜付近においては、発進立坑および開削トンネル部が、また、子安台付近においては、到達立坑となる開削トンネル部および換気所が、それぞれ施工中となっている。シールド工事に関しては、本編にて紹介した耐火型SFRCセグメントおよびシールドを製作中であり、来年度からシールド工事に着手する予定である。耐火型SFRCセグメントについては、引続き実施工を通じて、構造性能や耐久性などの評価を行っていく予定である。

本稿が、今後のシールドトンネル計画の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 土橋ほか：鋼繊維補強コンクリートのシールドセグメントへの適用，構造工学論文集，Vol.52A，2006.3.
- 2) 屋代ほか：高炉スラグ微粉末を用いた鋼繊維補強高流動コンクリートセグメントの耐火性，土木学会第64回年次学術講演会，p.53，2009.9.
- 3) 川西ほか：ポリプロピレン短繊維の形状と混入率を変化させた鋼繊維補強高流動コンクリートの耐火性，土木学会第64回年次学術講演会，p.779，2009.9.
- 4) 土木学会：コンクリート構造物の耐火技術研究小委員会報告ならびにシンポジウム論文集，2004.10.
- 5) 日本道路協会：シールドトンネル設計・施工指針，p.185，2009.2.

〔土木工学社図書案内〕

岩盤の計測と解析 工博 鈴木 光著

A 5判 箱入 244ページ 本体価格4,200円 (〒380円)

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

このような理由から、建設工事では、従来にも増して計測や解析が重要となりつつある。本書は、応用範囲も広く重要と思われる岩盤の計測と解析法の紹介と解説を試みた実務書である。

土木情報 No.440

今月の主な入札結果
(12月10日～1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	道央用水(3期)農業水利事業道央注水工馬追T	戸田・岩田地崎JV	1,866
中国四国農政局	吉野川下流域農地防災事業第十幹線水路(1工区その2)	大本組	220
〃	〃 北部 (板東・萩原工区)	フジタ	1,628
東北森林管理局	銅山川地区直轄地すべり防止VI	大成・大旺新洋・羽陽JV	1,075
中部地整	H21 302号相原地区道路建設	吉川建設	591.78
九州地整	東九州道(県境～北川)地下西地区改良外	大瀬建設産業	182.49
〃	〃 (清武～北郷)年見第2T	前田建設工業	837.5
鉄道・運輸機構	九州新幹線(西九州), 彼杵T外2箇所外	鹿島・梅林・長崎西部JV	6,532
日本下水道事業団	東京都勝島ポンプ所流入管渠その2	前田・鴻池・大日本JV	3,816
中日本高速道路	中部横断自動車道八之尻T	清水・岩田地崎JV	4,864
〃	東名高速道路瀬谷地区歩道函渠工	奥村組	480
埼玉県	右岸流域処理場緊急放流管築造	和光建設	108.85
都・下水道局	江東区森下五丁目, 墨田区菊川三丁目付近再構築	イチフジ	558.7
〃	目黒区青葉台一丁目, 上目黒一丁目付近枝線その2	大洋基礎工業	103.42
〃	杉並区南阿佐ヶ谷三丁目, 阿佐ヶ谷北一丁目付近枝線その2	福田組	528
〃	三河島水再生センター第二浅草系ポンプ室管廊	松村組	312.06
新潟県	緊地街1504号3・3・4 飯門田新田線緊急地方道(街路)道路改良	田中産業	223.5
和歌山県	紀の川中流流域下水道(那賀処理区)那賀幹線管渠(シールド)	若葉・中井JV	698
〃	国道424号(仮称滝頭T)道路改築	森本・古部JV	767.6
島根県	(市)鯛原柏線御津工区改築(県代行改良)(仮称)御津柏T	カナツ・まるなかJV	865
福岡県	付替県道入部中原停車場線五ヶ山T	ハザマ・松山JV	825
牛久市	21国補公下第3号, 下町第一雨水幹線管渠布設	松丸・サカエJV	110
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6号)	ユニバーサル・ストウJV	101.3
横浜市	南部処理区初音雨水支線下水道整備	清水・馬淵JV	888
〃	(仮称)環状4号線口径1200mm配水管新設(その36)	相鉄建設	340.5
〃	南部処理区蒔田地区下水道再整備(その10)	奈良建設	329.9
川崎市	渋川6号雨水幹線その2	真成・藤木JV	222
横須賀市	8工区堀の内排水区汚水第2幹線他築造(第1期)及び(第2期)	フジタ・泰峰JV	794.59
広島市	主地五日市筒賀線(古野BP)T	森本組	283.89
福岡市	中部7号幹線築造	清水・大豊・松本・西光JV	2,037.23
〃	箱崎9号幹線築造	ハザマ・安藤・九建・西部JV	1,997.71
〃	板付第2雨水幹線築造	フジタ・アイサワ・土工JV	1,240.98

研究

サイドパイルの沈下抑制効果に関する研究

鉄道・運輸機構鉄道建設本部審議役 北川 隆

1 はじめに

近年、小土かぶり未固結地山におけるトンネルでは、地表面の沈下対策として支保工脚部補強工などの各種補助工法が施工されているが、それらの沈下抑制効果について、そのメカニズムなど、具体的な検証がなされていない部分が多い。

小土かぶり未固結地山における補助工法の効果については、どのような地形、地質にどのような補助工法が適するのかが、補助工法をどの程度施工すればどの程度の効果が上がるかといった定量化された判定指標は、まだ十分な知見が得られていない。

このため、実際の設計・施工段階において、補助工法の選定基準、設計手法が確立されておらず、補助工法の設計・施工は、試行錯誤的、経験的になされることが多いのが現状である。

このような背景から、小土かぶり未固結地山におけるトンネルの掘削においては、地表面の沈下対策が重要な要素であり、脚部補強工などの沈下対策工について、メカニズムの解明、設計・施工にあたっての選定基準の確立が待たれている状況にある。

本研究は、最近施工された東北新幹線のトンネル群を対象に、現地における計測結果から、小土かぶり未固結地山トンネルの掘削時の地山変位の調査・分析を行い、沈下抑制効果が確認された脚部補強を主とする沈下対策工について整理した。

また、施工性がよく、工事費も安価であるサイドパイルに着目し、室内模型実験および数値解析

により、その沈下抑制効果のメカニズムを明らかにし、そして、小土かぶり未固結地山トンネルにおけるサイドパイルの設計手法を示すものである。

2 東北新幹線(八戸・七戸)の概要および地山変位と沈下対策工

2-1 東北新幹線(八戸・七戸)の概要

現在建設中の東北新幹線(八戸・新青森間)のうち、八戸・七戸間においては小土かぶり未固結地山トンネルが13トンネル施工されている。これらのトンネルの土かぶりの分布を図-1に示す。ここで、土かぶり2D(D=トンネル掘削幅≒約10m)以下を小土かぶりトンネルと定義すると、80%以上のトンネルが小土かぶりトンネルに該当する。

2-2 地山変位と沈下対策工

東北新幹線(八戸・七戸間)の各トンネルの施工結果から、土かぶり、地表面沈下、天端沈下、脚部沈下、内空変位、切羽地質、沈下形状などに着目し、現地で計測されたデータの分析を行った。その結果、以下のことが判明した。

- ① 土かぶりが2D以下の小土かぶりの条件下では、変形量は土かぶりに依存する傾向が強くなり、土かぶりの減少に伴い変形が増加する傾向

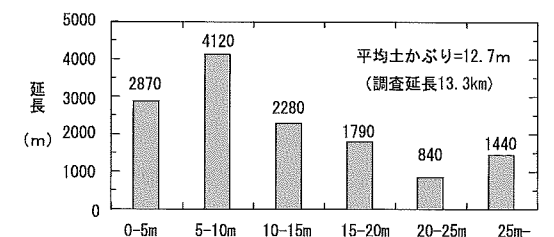


図-1 トンネル群の土かぶりの分布

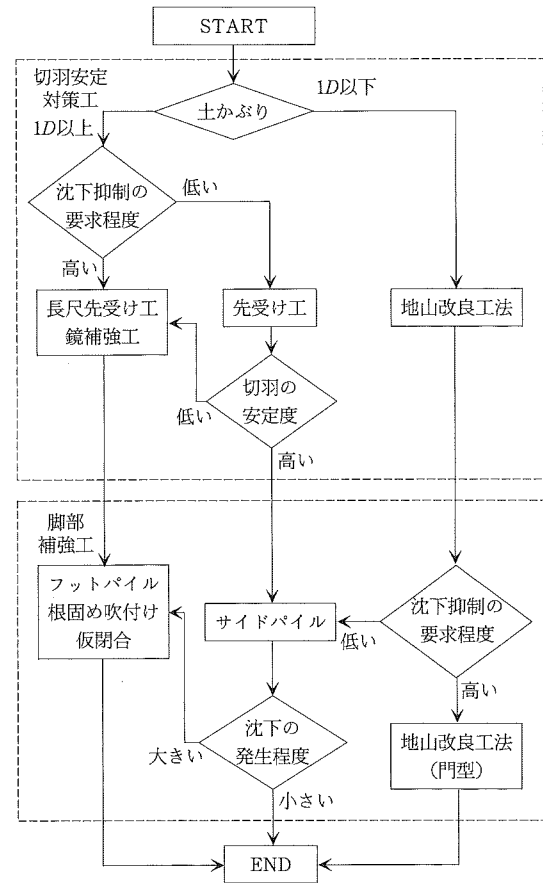


図-2 沈下対策工の選定

向を示す。

- ② 小土かぶり未固結地山におけるトンネルでは、「地表面沈下量」=「天端沈下量」=「脚部沈下量」となる「とも下がり現象」が生じ、沈下が卓越した変形挙動が観測された。これは、小土かぶりトンネルではグラウンドアーチの形成が不十分であり、地表面にまで変位が及んでいるものと考えられる。
- ③ トンネルの掘削に伴う沈下は、狭い範囲に集中して生じており、これは「とも下がり現象」が生じているためと考えられる。
- ④ 天端沈下は、土かぶり、切羽の地質構成に依存し、切羽上部に砂層、下部にシルト層の条件の場合

には沈下が大きくなる。

また、切羽の安定の確保や地表面沈下に対しては、各補助工法により対策がなされているが、補助工法の採用には土かぶりに依存している傾向にある。現地における補助工の採用実績から、補助工法の選定の考え方を図-2のように整理した。

3 サイドパイルの模型実験

3-1 概要

補助工法の中でサイドパイルは比較的安価な沈下対策工として、いくつかの現場で用いられ、地山条件によっては効果が確認されている。

サイドパイルは、 $\phi=65\sim 76\text{mm}$ 、長さ $L=2.75\sim 5.5\text{m}$ の鋼管を水平方向に打設するものである。サイドパイルの適用例を図-3に示す。

ここでは、鋼管径は $\phi=65\text{mm}$ 、鋼管長は $L=2.75\text{m}$ である。施工方法は、掘削後の鋼製支保工建て込み直後に、鋼管を圧入打撃し、圧入後、鋼管を前後の鋼製支保工にわたした等辺山形鋼に溶接する。その後、吹付けコンクリートを施工し、鋼製支保工と鋼管とを一体化させている。

サイドパイルの効果はロックボルトの効果と類似しているが、①支保の沈下防止効果、②地山のせん断補強効果、③内圧効果、④地山の締め固め効果などが考えられている。とくに、小土かぶり未固結地山トンネルは、地表面、トンネル天端、トンネル脚部が同程度沈下する沈下挙動を示すことから、サイドパイルをトンネル側面のトンネル掘削による影響が少ない地盤領域まで圧入し、支持させることにより、トンネルおよびトンネル周

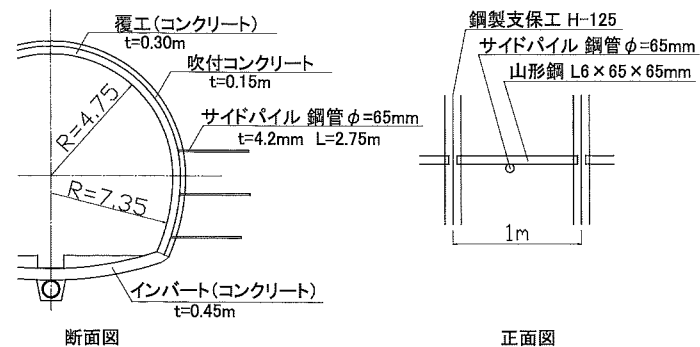


図-3 サイドパイルの適用例

辺地盤の沈下を抑制する効果をもつことが期待されている。

本研究では、サイドパイルの沈下抑制効果に関して、作用のメカニズムやサイドパイルが効果を発揮する条件を解明するため、降下床を用いた模型実験を実施した。

3-2 実験方法

図-4にモデル化の考え方を示す。実トンネルにおけるサイドパイルは、掘削、鋼製支保工設置後、トンネル側壁～側壁脚部にかけて水平方向に打設することにより、下半掘削時あるいは次のサイクルの上半掘削時の沈下を防止すると考えられる。そこで、実験においては、図-5に示すように降下床実験装置を使用することとした。

図-5に示すように、トンネル模型を降下床と固定床の境界に設置し、降下床を降下させることで掘削に伴うトンネルの沈下を表現し、サイドパイルの有効性の検討を行うものである。ここでは、

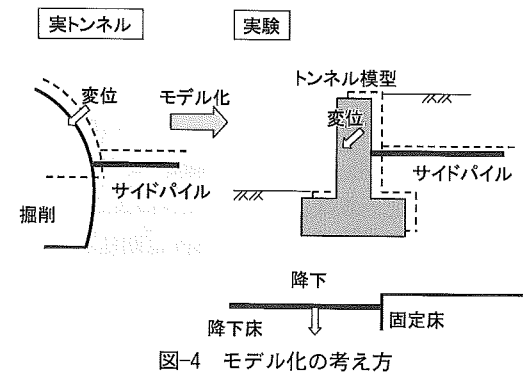


図-4 モデル化の考え方

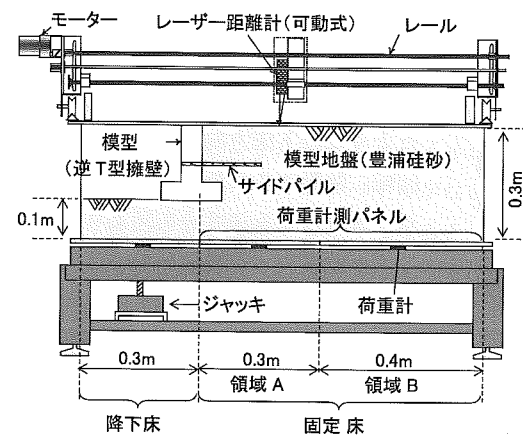


図-5 降下床実験装置

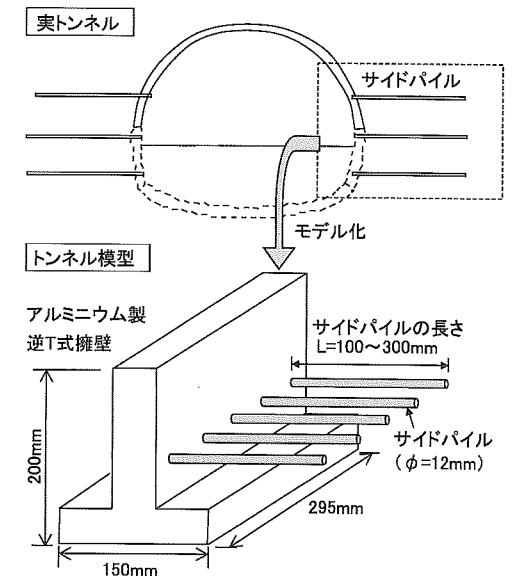


図-6 トンネル模型

サイドパイルの効果にのみ着目することにして、図-6に示すように、トンネル壁面部を抽出し、逆T形擁壁を降下床と固定床の境界に設置し、擁壁の降下床の側に地盤の沈下を意図的に発生させて作用させる簡易な実験システムにより実施した。

実験パラメータは、サイドパイルの長さ(0~300mm)、剛性(材料:アルミ、ポリエチレン、木)、トンネル模型との結合条件である。計測項目は、地表面沈下、トンネル模型の変位、降下床に作用する荷重である。

3-3 実験結果

3-3-1 サイドパイルの長さの影響

図-7に示すように、サイドパイルの導入により地表面沈下が抑制されることが確認できる。また、沈下量の抑制効果はサイドパイルが長いほど大きくなるが、サイドパイルの長さが十分に長くなると頭打ちの傾向となる。

3-3-2 サイドパイルの剛性の影響

剛性に着目すると、地表面沈下量は、アルミニウム<木<ポリエチレンとなり、サイドパイルの剛性が大きくなれば、地表面沈下抑制効果も大きくなることを確認できた。

3-3-3 サイドパイルの結合条件の影響

トンネルとサイドパイルの結合条件の違い(剛

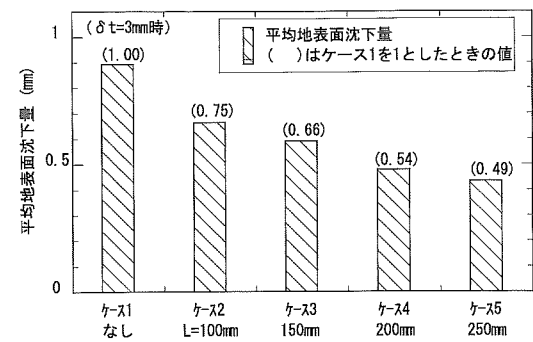


図7 サイドパイルの長さの影響

結とフリー)については、フリーの場合、以下のことが判明した。

- ① トンネルと地山との間に隙間が出てトンネル近傍で地表面沈下が増えること
- ② トンネルの水平変位が大きいことから、剛結の場合よりも変位が大きくなる傾向にあること

3-4 サイドパイルの作用メカニズム

模型実験からサイドパイルの沈下抑制効果を図-8のように推定した。すなわち、サイドパイがない場合、降下床の降下に伴い、降下床上方の地盤に作用していた荷重は、地盤に作用するせん断力により側方に伝達され、支持されているものと考えられる。サイドパイがある場合は、降下床上方の地盤に作用していた荷重は、トンネル模型周辺の地盤に加えて、サイドパイのせん断力によっても側方に伝達され、その結果として沈下が小さくなったものと考えられる。降下床上部に作

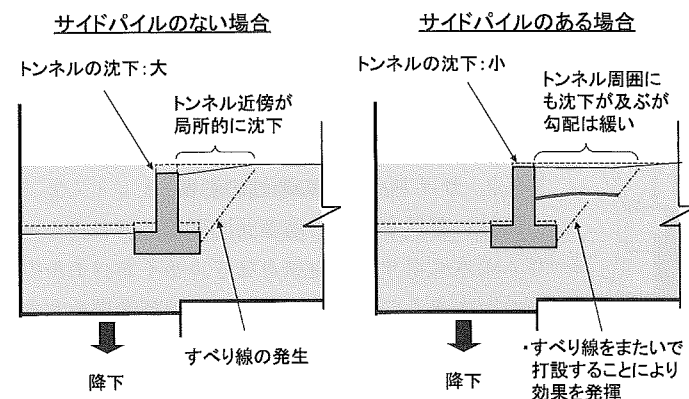


図8 サイドパイルの沈下抑制効果

用する荷重がサイドパイのせん断力により側方に伝わると、降下床に作用する荷重が減少すると考えられる。また、サイドパイの剛性が大きい場合や、サイドパイとトンネル模型とを剛結とした場合にはサイドパイを介して伝わるせん断力が大きくなるため、沈下抑制効果が大きくなったと考えられる。

4 模型実験の数値解析

模型実験のシミュレーション解析を通じ、解析手法の有効性の確認を行った。また、パラメータ解析を行い、地盤条件やサイドパイとトンネルとの結合条件がサイドパイの沈下抑制効果に与える影響について検討を行った。

4-1 シミュレーション解析

4-1-1 解析手法

本研究においては、すべり線とサイドパイとの位置関係に着目して考察を行う必要から、解析手法としては、弾性変形を無視し極限状態だけを直接考察する剛塑性有限要素法を用いることにした。

図-9に模型実験の条件を忠実にモデル化した解析メッシュを示す。入力物性値などは実験値と同じとし、解析ケースは、サイドパイの長さを0~400mmとし、トンネルとの結合条件は剛結とした。

4-1-2 解析結果

変形・破壊挙動変形・破壊挙動の一例として、ケース1(サイドパイなし)およびケース6(L=250mm)の場合の変位速度図および塑性ひずみ速度分布図を図-10に示す。

降下床の降下に伴い、実験で見られたような降下床方向にトンネル模型が回転、移動する挙動が確認できる。また、塑性ひずみ速度分布図より、塑性ひずみ速度の大きな部分をつないだ線、すなわちすべり線は、降下床の端部からトンネル模型の底部の左右端をめざして斜め方向に角度をもって地表面に向けて立ち上がっていることがわかる。サイドパイの長さで降下床に作用

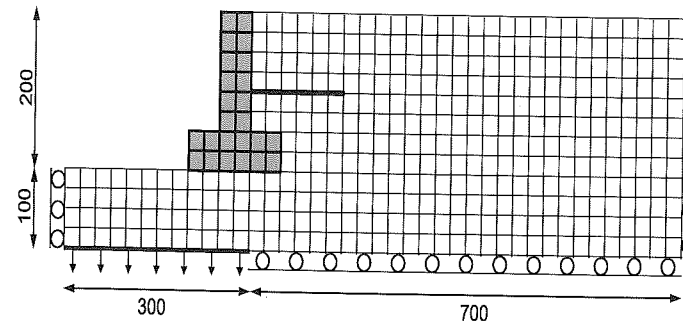


図9 解析メッシュ

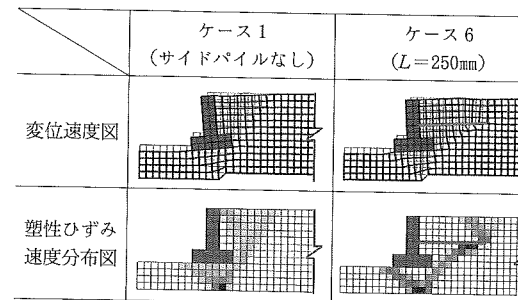


図10 変位速度図および塑性ひずみ速度分布

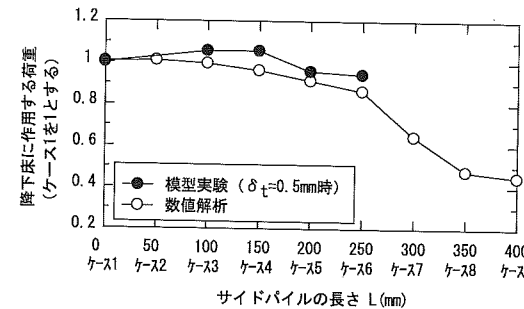


図11 サイドパイの長さで降下床に作用する荷重

する荷重との関係を図-11に示す。解析においてはサイドパイの長さが長いほど降下床に作用する荷重が小さく、ケース7(L=300mm)から降下床に作用する荷重が大きく低下していることがわかる。また、サイドパイがある程度の長さ以上になり、サイドパイがないときのすべり線の位置を横断するようになると、サイドパイの効果が発揮されるようになるものと考えられる。

4-2 パラメータ解析

4-2-1 解析手法

地盤条件(内部摩擦角 ϕ)やトンネル模型との結合条件が、サイドパイの沈下抑制効果に及ぼす

影響について、これらの条件をパラメータとして解析を行った。解析手法はシミュレーション解析と同じ剛塑性有限要素法である。

内部摩擦角 ϕ やサイドパイとトンネル模型との結合条件を変化させ、それぞれについてサイドパイの長さをL=0~400mmに変化させて解析を行った。

4-2-2 解析結果

(1) サイドパイの長さの影響

内部摩擦角を変化させた場合のサイドパイの長さで降下床に作用する荷重の関係を図-12に示す。

条件A($\phi=0^\circ$)の場合はサイドパイの長さが長くなっても荷重の低下が小さく、サイドパイの効果が条件B($\phi=30^\circ$)、C($\phi=45^\circ$)の場合より小さくなっている。これは、サイドパイ~地盤間ですべりが生じるためと考えられ、サイドパイが効果を発揮するためには、サイドパイ~地盤間にすべりが生じない程度の内部摩擦角 ϕ が必要であることがわかった。

(2) サイドパイの結合条件の影響

結合条件によるサイドパイの長さで降下床に作用する荷重の関係を図-13に示す。

条件F(分離)の場合は条件C(剛結)の場合と比べてサイドパイの効果は小さく、また、サイドパイを長くしても効果がそれほど増加しなくなっている。よって、サイドパイとトンネルとは剛結しておくこととサイドパイの効果が高まること

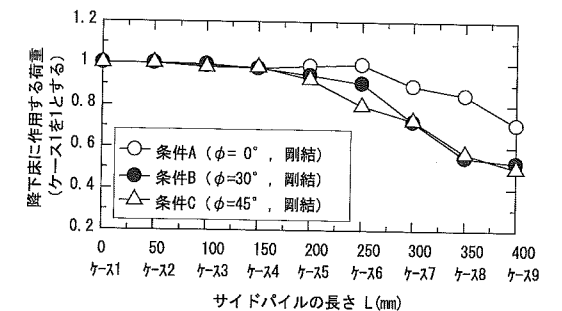


図12 地盤条件によるサイドパイの長さで降下床に作用する荷重の関係

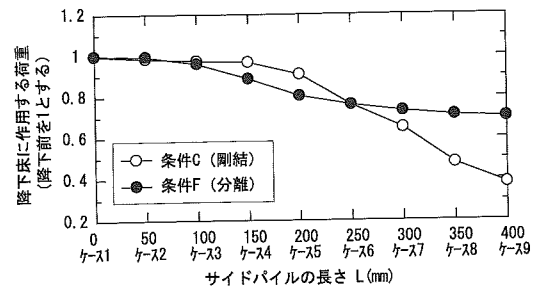


図-13 結合条件によるサイドパイルの長さで降下床に作用する荷重の関係

わかった。

5 実トンネルを想定した数値解析

5-1 解析方法

サイドパイルの沈下抑制効果やその作用メカニズムに関して、新幹線の実トンネル断面を想定した数値解析により改めて検証する。さらに、地盤条件、サイドパイルの長さがサイドパイルの沈下抑制効果に及ぼす影響について検討するために、パラメータ解析を実施した。

解析は、模型実験の数値解析と同じく、剛塑性有限要素法を用いた。ここでは、破壊時の重力加速度で評価する。破壊時の重力加速度に対する通常の重力加速度の比を荷重係数と呼び、以下では荷重係数を μ で表す。 $\mu=1$ が通常の重力場を意味し、 $\mu=1$ 未満の場合は通常の重力場で不安定であると判断して考察する。

解析モデルは、東北新幹線牛鍵トンネルを想定した。ただし、モデルを単純化するため、図-14に示すように地層は上下2層としてモデル化した。

また、作用メカニズムを明確に把握しやすいように、サイドパイルは1本のみモデル化している。さらに、トンネル側方にすべりが生じやすい状況において検討するために、インバート掘削時の状態について検討した。

パラメータ解析の解析ケースは、サイドパイルの長さ、粘着力および内部摩擦角、サイドパイルの施工位置について、その条件を変化させて実施した。

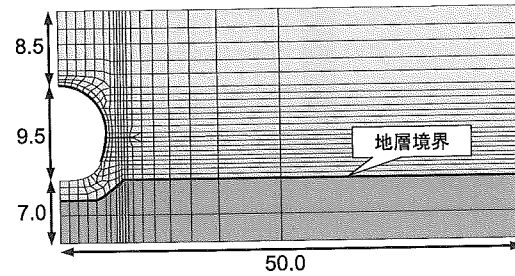


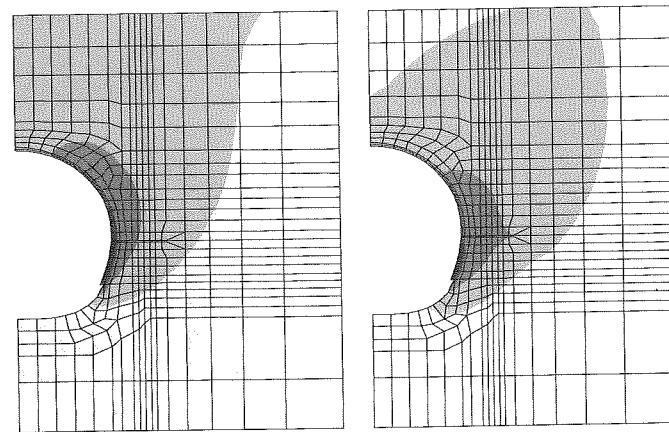
図-14 解析メッシュ

5-2 解析結果

解析の結果、サイドパイルなしの場合 $\mu=0.55$ 、サイドパイルありの場合 $\mu=1.18$ となった。すなわち、サイドパイルなしの状態では破壊するものの、サイドパイルがあると破壊しないという結果になり、サイドパイルを施工することで、トンネルの破壊に対する安全性が向上したことがわかる。また、図-15の変位速度分布や塑性せん断ひずみ速度分布の解析結果からも、サイドパイルの効果が地表面沈下を広く分散させる傾向や、サイドパイルがすべり線をまたぐとすべり線をトンネルから離れた領域に移動させることが判明した。

サイドパイルの長さで荷重係数の関係を図-16に示す。この図より、サイドパイルの長さが順次長くなるほど荷重係数 μ が大きくなり、トンネル構造体の安定性に寄与しており、ある一定の長さ(この場合は3m)を超えるとサイドパイルの沈下抑制効果が出現することがわかる。

内部摩擦角を変化させ、それぞれサイドパイル



(1) サイドパイルなしのケース (2) サイドパイルありのケース

図-15 変位速度分布図

ありとサイドパイルなしの荷重係数を検討した。その結果を図-17に示す。これより、内部摩擦角が小さい場合はサイドパイルの効果は非常に小さく、大きくなるほど、加速度的に効果が増すことがわかる。

サイドパイルの打設位置に着目して、打設位置がトンネルの上(S.L.+1.5m)、中(S.L.-0.5m)、下(S.L.-2.56m)の場合について検討を行った。

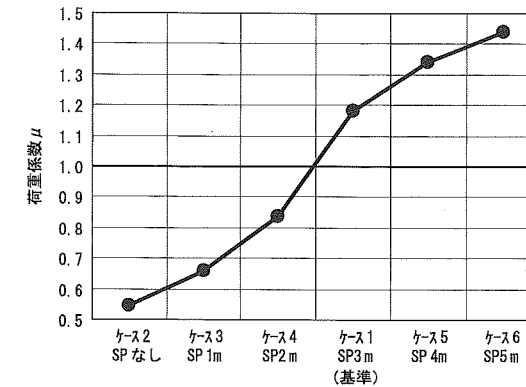


図-16 サイドパイルの長さで荷重係数

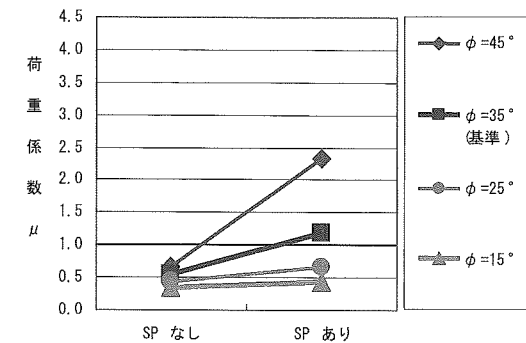


図-17 内部摩擦角とサイドパイルの効果の関係

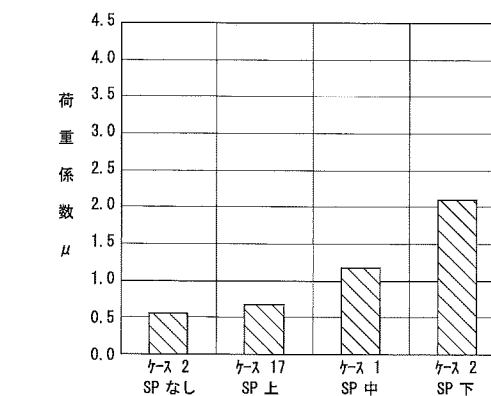


図-18 サイドパイルの打設位置と荷重係数

打設位置と荷重係数の関係を図-18に示す。この結果、トンネルの下方に打設した方が荷重係数 μ は大きく、サイドパイルの打設位置はなるべく下の方に打設する方が効果的ということがわかる。

以上の実トンネルを想定したパラメータ解析の結果をまとめると、以下のことが判明した。

- ① サイドパイルの長さは長いほど効果があり、本検討のような小土かぶり未固結トンネルの場合は3m程度以上あることが望ましい。
- ② 粘着力の値が大きくなるほどサイドパイル効果がやや大きくなる。
- ③ 内部摩擦角の小さい地山においてはサイドパイルの効果が小さくなる。
- ④ サイドパイルの打設位置はなるべく低い位置の方が効果は大きい。

6 サイドパイルの設計法と施工手順の提案

6-1 サイドパイルの長さの決定

砂質地盤の場合のすべり線は、トンネル掘削に伴い天端および側面が内側に変位することにより、 $(45^\circ + \phi/2)$ の傾きをもっている。

これよりトンネルの掘削高を H 、内部摩擦角を ϕ とすると、図-19に示すようにサイドパイルがすべり線と交差する位置までの長さ L_1 は、次

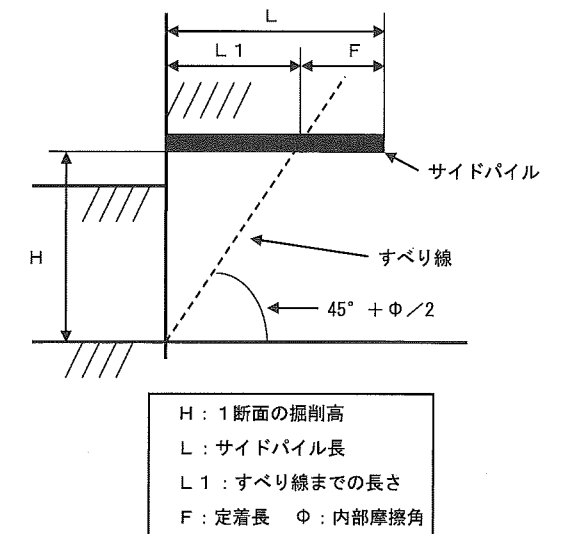


図-19 サイドパイルの長さの求め方

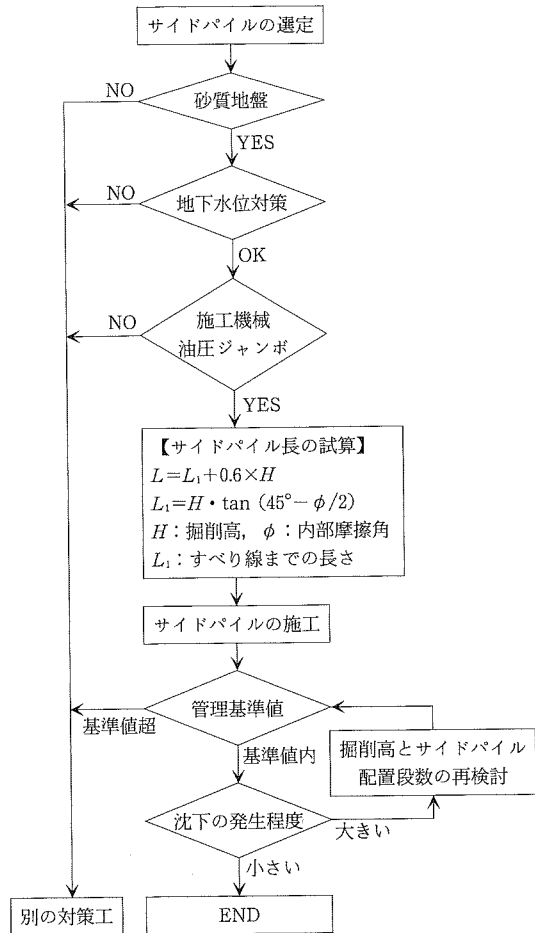


図-20 サイドパイルの設計法と施工手順

式により求めることができる。サイドパイルの必要長は、これに定着長 F を加えたものとなる。

$$L_1 = H \cdot \tan(45^\circ - \phi/2)$$

$$L = H \cdot \tan(45^\circ - \phi/2) + F$$

掘削高 H と定着長 F の比を $k(=F/H)$ とすれば、模型実験および実トンネルモデルの数値解析結果から、 $k=0.6\sim 0.7$ となり、ここでは実トンネルモデルの数値解析結果の 0.6 を採用する。よって、設計サイドパイル長は次式で求められる。

$$L = H \cdot \tan(45^\circ - \phi/2) + 0.6 \cdot H$$

このサイドパイルの長さの設計手法と実際の施

工を考慮した「サイドパイルの設計法と施工手順」を図-20に示す。

7 おわりに

本研究では、東北新幹線のトンネルのデータを用いて小土かぶり未固結地山トンネルの沈下挙動をまとめ、現地における補助工の採用実績から、補助工法の選定の考え方を整理した。さらに、模型実験および数値解析結果から、サイドパイルの沈下抑制効果を解明し、小土かぶり未固結地山トンネルにおけるサイドパイルの設計の考え方および設計・施工手順を提案した。

しかしながら、トンネルの設計施工を行ううえでもっとも大事なことは『地山を主体に考える』ことである。そして、未固結地山における NATM の施工においては、掘削に伴うトンネル周辺地山のゆるみを極力抑制することである。地山の地質や帯水状況などを十分把握し、ゆるみが広がりやすいかどうか、すべり線はどのように形成されるのかを想定し、すべり線を発達させず、ゆるみ領域の広がりを抑制することが重要である。今後、小土かぶり未固結地山トンネルを都市部で施工する場合など、地表面沈下など、地表に与える影響を極力抑えることが要求される場合は、このことを十分念頭においた設計、施工が必要であるとする。

また、本研究は、東北新幹線(八戸・七戸間)で施工された小土かぶり未固結地山の13トンネルで蓄積された多くの実績調査データを使用して検討を行った。今後、各機関で施工されたトンネルにおける同様な地形、地質および施工結果の実績も用いて検討を加えると、さらに詳細な検討・整理が可能と考えられる。さらに、トンネルの規模、施工方法、その他の条件が異なる場合について、本研究で提案した補助工法の選定法が同様に適用できるのかどうかの検証が、今後の課題と考える。

連載講座

ずり処理入門(2)

—掘削ずりの処理—

「ずり処理入門」連載講座小委員会

① はじめに

発破、または機械掘削などにより切り崩した土砂や岩石を、ずり運搬車に積み込み、坑外に搬出し、仮置きする作業をずり処理という。ずり処理は、ずり積み(坑内での積み込み作業)、ずり運搬(坑内から仮置き場までの運搬作業、坑外における搬出先までの運搬作業)、ずり置き(坑内外での仮置きなど)に分かれる。ずり処理は、トンネルの掘進速度を支配する大きな要素であり、計画にあたっては、地山条件(地質、湧水など)、立地条件(周辺の環境、ずり搬出先、運搬路など)、トンネル断面の大きさ、延長、勾配、掘削工法、掘削方式、ずりの性状などを考慮して、ずり積み込み機械、ずり運搬方式、運搬機械、ずり処理設備などを定めなければならない^{1,2)}。

一般に、発破掘削では、ずり積み作業に要する時間が掘削サイクル上のクリティカル・パスとなるため、その短縮化が重要となる。ずり積み作業に要する時間は、「掘削サイクルごとの発生土量」と「発生土の積み込み方法」に左右されることから、この2点に留意してずり処理計画を立てる必要がある。

一方、機械掘削では、主に掘削作業時間が掘削サイクル上のクリティカル・パスとなるが、不適切な「発生土の積み込み方法」を選定した場合、掘削作業時間に悪影響を及ぼすことになる。このため、機械掘削においても、選定した掘削機械や

ずり運搬方式に応じて、効率的にずり積み作業が行える「発生土の積み込み方法」を選定する必要がある。

また、ずり仮置き場の計画では、掘削サイクルと「掘削サイクルごとの発生土量」を予測したうえで、発生土の仮置き量を設定しなければならない。さらに、ずりの最終的な搬出先となる盛土場では、「トンネル掘削に伴う発生土量」を予測したうえで、盛土場の計画を行う必要がある。

このように、発生土量の予測とその積み込み方法の選定は、ずり処理計画および盛土場の施工計画を立てるうえで欠かすことのできない重要な要素となっている。ここでは、この発生土量とその積み込み方法について述べる。

② 発生土量

2-1 発生土量の変化要因

トンネルの設計掘削断面積から求めた地山の体積と実際に搬出したずりの体積とを比較すると、後者の方が著しく大きい。これは、掘削時の余掘りや、切り崩し・積み込みなどによる空隙の増加などが原因である。このため、ずり積み込みに要する時間やずり運搬車の必要台数を算定するにあたっては、余掘りや土量の増加率を考慮する必要がある。

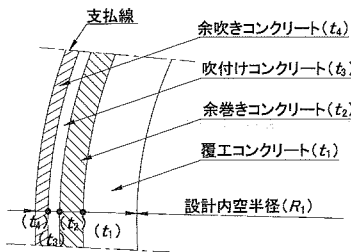
2-1-1 余掘り

トンネル工事では、設計断面どおり掘削することは困難であり、設計巻き厚を確保するためには、

表-1 余掘り・余巻き・余吹き厚(国土交通省)⁹⁾
(単位: cm)

掘削方式	掘削区分	余掘り厚	余巻き厚	余吹き厚
発破	B	27	23	4
	CI	22	17	5
	CII	20	13	7
	DI	17	10	7
	DI	17	10	7
機械	CI	13	8	5
	CII			
	DI			
	DII			

注1) 設計巻き厚, 設計吹付けコンクリート厚および設計掘削断面に対する割増し厚さである。
 注2) 非常駐車帯, 避難連絡坑などについても上表を適用する。
 注3) 変形余裕量を見込む場合は余掘り, 余巻きは上表より5cm減じ, 掘削断面に変形余裕量を加えるものとする。
 注4) 設計値と支払線の関係は, 図-1を標準とする。
 ※引用原文を一部加筆修正
 ※小断面トンネルについては別途設定



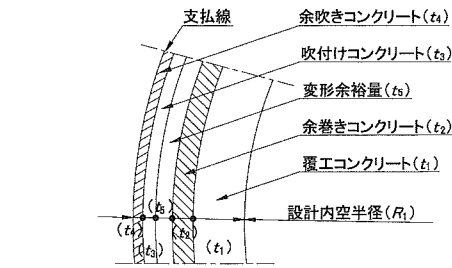
設計掘削半径 = 設計内空変形(R_1) + 覆工コンクリート厚(t_1) + 吹付けコンクリート厚(t_2)
 支払掘削半径 = (設計内空変形(R_1) + 覆工コンクリート厚(t_1) + 吹付けコンクリート厚(t_2)) + 余掘り
 = 設計掘削半径 + 余掘り
 余掘り = 余巻きコンクリート(t_2) + 余吹きコンクリート(t_1)

図-1 変形余裕を見込まない場合の掘削半径および余掘り(国土交通省)⁹⁾

掘削面の凹凸や施工誤差を見込み, 設計掘削断面積より大きく掘削しなければならない。一般に, これを余掘りといい, 覆工および吹付けコンクリートで充填するものとし, それぞれ余巻きおよび余吹きという。

また, この余掘りを考慮した断面積の外周を支払線(ペイライン)といい, 当初から掘削と覆工および吹付けコンクリートの設計数量に見込むものとしている⁹⁾。

なお, 国土交通省積算基準では, 表-1に示す余



設計掘削半径 = 設計内空変形(R_1) + 覆工コンクリート厚(t_1) + 吹付けコンクリート厚(t_2) + 変形余裕量(t_s)
 支払掘削半径 = (設計内空変形(R_1) + 覆工コンクリート厚(t_1) + 吹付けコンクリート厚(t_2) + 変形余裕量(t_s)) + 余掘り
 = 設計掘削半径 + 余掘り
 余掘り = 余巻きコンクリート(t_2) + 余吹きコンクリート(t_1)

図-2 変形余裕を見込む場合の掘削半径および余掘り(国土交通省)⁹⁾

表-2 余掘り・余巻き・余吹き厚(東・中・西日本高速道路)⁹⁾
(単位: cm)

掘削工法	上半先進			補助ベンチ付き			
	ベンチカット工法			全断面掘削工法			
方式	地山等級	余掘り厚	余吹き厚	余巻き厚	余掘り厚	余吹き厚	余巻き厚
爆破方式	A	-	-	-	25	5	20
	B	-	-	-	25	5	20
	CI	-	-	-	21	5	16
	CII-a	-	-	-	21	5	16
	CII-b	-	-	-	17	5	12
	DI	-	-	-	15	5	10
	DII	-	-	-	15	9	6
	DIII	-	-	-	15	9	6
機械方式		13	7	6	-	-	-

注1) 余掘り, 余巻きは設計数量に割掛けて算出する。
 注2) 変形余裕量を見込む(変形余裕量は契約書類に明示)支保パターンの余掘り厚は余巻き厚を考慮しないこととし, 余吹き厚に変形余裕量を加算して算出する。なお, 覆工コンクリート単価には, 余巻き分を含めないものとする。

掘り, 余巻き, 余吹きを標準とし, 掘削半径および余掘りを図-1, 2のように定めている。また, 東・中・西日本高速道路(株)では, 表-2を標準としている。

なお, 発注者により, 掘削方式(発破, 機械)や地山区分で, 余掘り, 余巻き, 余吹き厚が異なるため, 発注者ごとの設計要領や積算要領にもとづく必要がある。

2-1-2 土量の増加率

土量の増加率は一般に, 土砂よりも岩石の方が大きく, 岩種, 掘削方法などによって異なる。また, 運搬車に積み込まれたとき, 仮置き場で落ち着いたとき, 流用盛土として転圧されたときなど, 土の状態によっても異なる。

国土交通省積算基準では, 土量の変化を次に示

表-3 土量の変化率(国土交通省)⁹⁾

主要区分	変化率L	変化率C	
			礫質土
砂および砂質土	砂	1.20	0.95
	砂質土(普通土)	1.20	0.90
粘性土	粘性土	1.30	0.90
	高含水比粘性土	1.25	0.90
岩塊・玉石	1.20	1.00	
硬岩 I	1.30	1.15	
軟岩 II	1.50	1.20	
中硬岩	1.60	1.25	
軟岩 I	1.65	1.40	

表-4 岩の変化率(東・中・西日本高速道路)⁹⁾

地山等級	地山単位質量(t/m ³)	岩の変化率(標準値)	
		L	C
A	2.6	1.85	1.40
B	2.5	1.70	1.30
C (CI・CII)	2.4	1.60	1.20
D (DI・DII)	2.3	1.50	1.05
E	-	-	-
第三紀のC	2.3	1.50	1.05
第三紀のD	2.2	1.40	0.95

注) 第三紀のCおよび第三紀のDの地質は, 第三紀, 上・下洪積層, 沖積層とする(ただし, 火成岩は除く)。また, 地山等級Eは特殊な条件や地質であるため, 実態を考慮し別途算出する。

表-5 ふえ率(鉄道・運輸機構)⁹⁾

区分	岩I	岩II	岩III	岩IV	
新幹線トンネル	1.45	1.60	1.85	1.90	
横坑トンネル	一般部	1.45	1.55	1.80	1.95
	拡幅部	1.40	1.55	1.80	1.90

注) ふえ率は, 切羽から坑外に搬出するずり運搬数量の対象となるもので, 余掘りを含む率をいう。

※引用原文を一部加筆修正

す三つの土量に区分している。

- ・地山の土量: 掘削すべき土量
 - ・ほぐした土量: 運搬すべき土量
 - ・締め固め後の土量: 出来上がりの盛土量
- さらに, 三つの状態の体積変化を次式のように表し, LおよびCを土量変化率としている。

$$L = \frac{\text{ほぐした土量}(m^3)}{\text{地山の土量}(m^3)}$$

$$C = \frac{\text{締め固め後の土量}(m^3)}{\text{地山の土量}(m^3)}$$

土量の配分計画を立てる場合には, この土量変化率を用いて, 切土, 盛土の土量計算を行うこととしており, 表-3を標準とする。

また, 東・中・西日本高速道路(株)では, トンネル工事における地山分類として, 表-4を標準としており, 地山等級ごとに地山単位質量や岩の変化率(土量の増加率)を定めている。

なお, 鉄道・運輸機構では, 発破タイヤ方式のトンネルにおいて, 余掘りを含めたふえ率(表-5)を採用している。

2-2 発生土量の予測

予想発生土量は, 一般的に余掘りを含めた掘削断面積に土量の増加率を乗じて求められるが, 2-1節で述べたように, 余掘りや土量の増加率は, 発注者により異なる。また, 事前に岩種, 掘削・積み込み方法などを考慮して発生土量を予測し, ずり処理計画や盛土場の計画が行われるが, トンネルは長距離線状地下構造物であり, トンネル全線を対象としたボーリング調査など, 設計段階に高精度の事前地質調査が実施されるケースは少なく, 実施工では当然, 想定地山との相違が生じる。このため, 事前に検討していた土量と実際の土量との間に差が生じることとなる。この差がとくに大きくなった場合, ずり処理計画や盛土場の計画の見直しが必要となり, 現地で実際の土量変化率を確認し, 発生土量を正確に把握しなければならない。土量変化率の確認方法の一例(フロー図)を図-3に示す。なお, ずり積み込みに要する時間やずり運搬車の必要台数を算定する場合の土量の変化率(L)と, 最終的な搬出先となる盛土場の計画

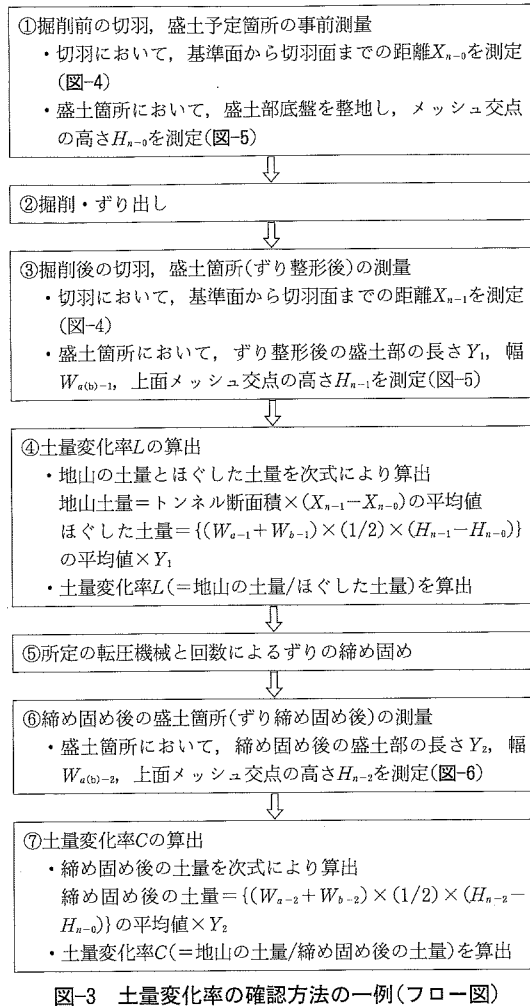


図-3 土量変化率の確認方法の一例(フロー図)

や盛土転圧などに適用する場合の土量の変化率(C)は異なるため注意を要する。

③ 発生土の積み込み方法

坑内のずり処理の基本となる作業は、ずり運搬である。ずり積み込み方法は、ずり運搬方式(タイヤ方式、レール方式など)を選定したうえで、ずりの性状を考慮し、ずり積み込み機械、運搬機械、およびこれらの組み合わせを比較検討し、安全かつ効率的な方法に決定する必要がある。

なお、ずり運搬方式とその選定については、このあと連載予定の「ずり処理入門(3)」以降に記すものとし、ここでは、積み込み方法の現状とずり積み込み機械について述べる。

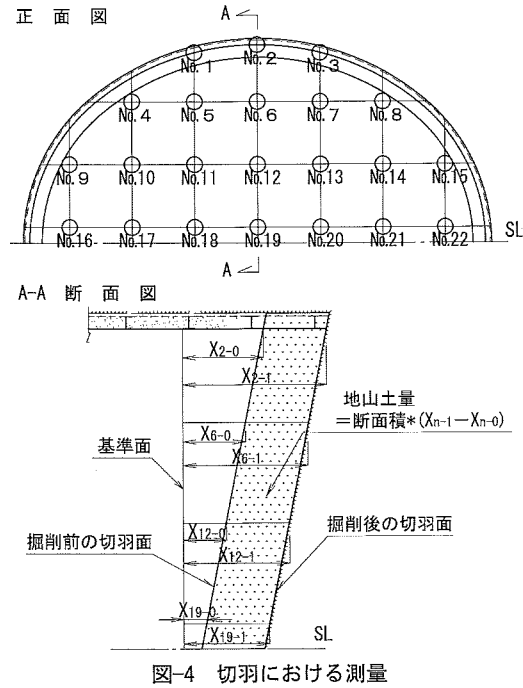
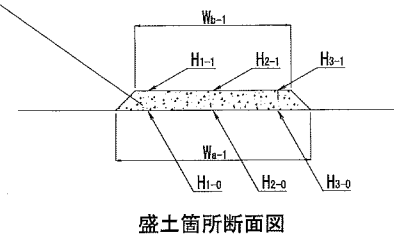


図-4 切羽における測量

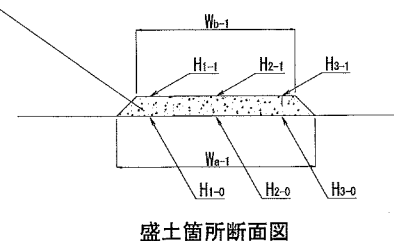
整形後の土量(ほぐした土量)
 $= [(W_{a-1}+W_{b-1})/2 \times (H_{n-1}-H_{n-0})]$ の平均値 \times 長さ (Y_1)



盛土箇所断面図

図-5 盛土箇所(ずり整形後)における測量

整形後の土量(ほぐした土量)
 $= [(W_{a-1}+W_{b-1})/2 \times (H_{n-1}-H_{n-0})]$ の平均値 \times 長さ (Y_1)



盛土箇所断面図

図-6 盛土箇所(ずり締め固め後)における測量

3-1 積み込み方法の現状

3-1-1 積算基準におけるずり積み込み方法

国土交通省、鉄道・運輸機構および東・中・西日本高速道路(株)における積算基準にもとづいた

表-6 積算基準で定められているずり出し方法(国土交通省)⁴⁾

区分	ずり搬出方式	断面積	延長	掘削工法など	ずり積み込み機械	ずり運搬機械
トンネル工(NATM)(発破工法)				補助ベンチ付き全断面(B, C) 上半先進ベンチカット(D) (ショートベンチカット工法) (上下半交互併進)	トンネル工用排出ガス対策型ホイールローダ、サイドダンプ山積み2.3m ³ 級	坑内用普通ディーゼルダンプトラック10t積み
トンネル工(NATM)(機械掘削工法) ※一軸圧縮強度49N/mm ² 程度以下	タイヤ	設計掘削断面積 50m ² 以上 95m ² 以下	2,500m以下	上半先進ベンチカット(C, D) (ショートベンチカット工法) (上下半同時併進)	【上半】 トンネル工用排出ガス対策型ホイールローダ サイドダンプ山積み2.3m ³ 級 【下半】 トンネル工用排出ガス対策型バックホウ山積み0.8m ³ 級	
小断面トンネル工(NATM)(発破工法)	タイヤ	設計掘削断面積 35m ² 以上 50m ² 未満	500m以下	全断面	トンネル工用排出ガス対策型ホイールローダ サイドダンプ山積み2.3m ³ 級	坑内用普通ディーゼルダンプトラック10t積み
	レール(複線)	設計掘削断面積 20m ² 以上 35m ² 未満	1,000m以下		ずり積み機(クローラ式・バックホウ型:能力150m ³ /h)	ずり鋼車バッテリー式12t(側開転倒式3.0~6.0m ³)

表-7 積算基準で定められているずり出し方法(鉄道・運輸機構)⁶⁾

区分	ずり搬出方式	対象断面	延長	掘削工法など	ずり積み込み機械	ずり運搬機械
新幹線トンネル NATM (発破タイヤ方式)				全断面または補助ベンチ付き全断面	トンネル工用排出ガス対策型トラクタショベル3.0m ³ (サイドダンプ式・ホイール型) トンネル工用排出ガス対策型バックホウ0.8m ³	【トンネル延長2,600m以内】 トンネル工用排出ガス対策型ダンプトラック23t車 【トンネル延長2,600mを超える場合】 コンテナ式運搬車 トンネル工用排出ガス対策型(コンテナは20m ³ 積みが標準、勾配は6%まで)
新幹線トンネル NATM (機械タイヤ方式) ※弾性波速度2.6km/sec程度以下	タイヤ	新幹線トンネル断面	片押し おおむね 4.5km まで	ショートベンチ(ベンチ長35m程度)の上下半交互進行または上下半部分併進	【上半および下半大背(岩 I _{LS} , I _L)】 トンネル工用排出ガス対策型トラクタショベル2.3m ³ (サイドダンプ式・ホイール型) 【下半土平(岩 I _{LS} , I _L)】 トンネル工用排出ガス対策型バックホウ0.8m ³	ダンプトラック10t (坑内用、黒煙浄化装置付き)
横坑トンネル NATM (発破タイヤ方式)				全断面	トンネル工用排出ガス対策型トラクタショベル1.5m ³ (サイドダンプ式・クローラ型)	ダンプトラック10t (坑内用、黒煙浄化装置付き)
横坑トンネル NATM (機械タイヤ方式) ※弾性波速度2.6km/sec程度以下	タイヤ	横坑トンネル断面	片押し おおむね 2km まで			

表-8 積算基準で定められているずり出し方法(東・中・西日本高速道路)⁹⁾

区分	ずり搬出方式	対象断面	延長	掘削工法など	ずり積み込み機械	ずり運搬機械
トンネル工 発破掘削方式	タイヤ	(超大断面)	おおむね 3.5km 未 満	補助ベンチ付き 全断面	トンネル工用排出ガス対策型 ホイールローダ (トラクタショベル) サイドダンプ3.0m ³ 級	トンネル工用排出ガス対 策型ダンプトラック25t
トンネル工 機械掘削方式 ※一軸圧縮強度 50N/mm ² 程度以下				上半先進 ベンチカット (上下半同時施 工)	【上半】 トンネル工用排出ガス対策型 ホイールローダ (トラクタショベル) サイドダンプ2.3m ³ 級 【下半】 トンネル工用排出ガス対策型 バックホウ山積み0.4m ³ 級	黒煙浄化装置付きダンプト ラック10t
トンネル工 (第二東名・名神) 発破掘削方式				上半先進 TBM導坑先進 拡幅掘削	トンネル工用排出ガス対策型 ホイールローダ (トラクタショベル) サイドダンプ3.0m ³ 級	トンネル工用排出ガス対 策型ダンプトラック30t ※中央導坑から上半へのず り運搬はずり積み機で行う
トンネル工 (第二東名・名神) 機械掘削方式 ※一軸圧縮強度 50N/mm ² 程度以下				中央導坑先進 拡幅掘削	トンネル工用排出ガス対策型 ホイールローダ (トラクタショベル) サイドダンプ2.3m ³ 級	黒煙浄化装置付きダンプト ラック10t ※中央導坑から上半へのず り運搬はずり積み機で行 う
トンネル工 (側壁導坑部等) 発破掘削方式				(側壁導坑 先進工法の 導坑・上半・ 大背、避難 連絡坑)	おおむね 片押し延 長50m以 内	トンネル工用排出ガス対策型 ホイールローダ (トラクタショベル) サイドダンプ3.0m ³ 級 ※本坑と兼用 【人道用標準構造断面】 トンネル工用排出ガス対策型 バックホウ0.6m ³ 級
トンネル工 (側壁導坑部等) 機械掘削方式	トンネル工用排出ガス対策型 ホイールローダ (トラクタショベル) サイドダンプ2.3m ³ 級 ※本坑と兼用 【大背】 トンネル工用排出ガス対策型 バックホウ0.6m ³ 級	黒煙浄化装置付きダンプト ラック10t ※本坑と兼用				



写真-1 サイドダンプ式のホイールローダ



写真-2 油圧ショベル(バックホウ)

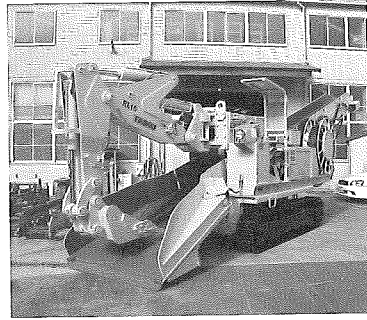


写真-3 ずり積み機(クローラ式・バックホウ型)

表-9 各発注機関によるずり積み込み機械の呼び方

発注機関	ずり積み込み機械①	ずり積み込み機械②
	サイドダンプ式のホイールローダ	油圧ショベル(バックホウ)
国土交通省	【機種】：ホイールローダ 【規格】：トンネル工用排出ガス対策型 サイドダンプ山積み0m ³	【機種】：バックホウ 【規格】：トンネル工用排出ガス対策型 ・クローラ型 山積み0m ³
鉄道・運輸機構	【種別】：トラクタショベル0m ³ 【記事】：サイドダンプ式・ホイール型 【注】：トンネル工用排出ガス対策型	【種別】：バックホウ0m ³ 【記事】：クローラ型 【注】：トンネル工用排出ガス対策型
東・中・西日本高速道路	【機械】：トンネル工用排出ガス対策型 ホイールローダ(トラクタショベル) サイドダンプ0m ³ 級	【機械】：トンネル工用排出ガス対策型 バックホウ0m ³ 級

ずり出し方法について以下に述べる。

表-6~8は、発生土の積み込み方法として、掘削方式(発破、機械)および掘削断面積などに応じたずり積み込み機械とずり運搬機械の組み合わせを、発注機関ごとに示したものである。ずり積み込み機械の主流は、サイドダンプ式のホイールローダ(写真-1)であり、下半掘削などでは油圧ショベル(バックホウ；写真-2)が、また、小断面のトンネルのレール方式ではずり積み機(クローラ式・バックホウ型；写真-3)が採用されている。

なお、ずり積み込み機械については、同じ機械であっても、表-9のように各発注者によって呼び方が異なる。

3-1-2 実施工におけるずり積み込み方法

ここでは、実際のトンネル工事におけるずり積み込み方法について述べる。

最近のトンネル工事におけるずり出し方法の選定例を表-10に示す。

また、ずり出し方式調査WG報告書(日本トンネル技術協会平成19~20年度に実施された技術委員会共通技術小委員会ずり出し方式調査WGの成果)には、おおむね過去10年以内に施工した延長1,000m以上のトンネルを対象としたアンケート調査結果として、ずり出し方式と積み込み機械との関係が表-11のように示されている。

表-10, 11に示したように、実施工で主に使われているずり積み込み機械は、3-1-1項で示した積算基準における機械が一般的であると言える。

次に、表-10に示したずり積み込み機械につい

て述べる。長大トンネルでは、ずり運搬に連続ベルトコンベヤ方式が多く採用されているが、その場合の積み込み機械は、タイヤ方式でも採用実績の多いホイールローダが一般的である(TBM採用事例を除く)。

タイヤ方式における積み込み機械としては、掘削断面積が大きいトンネルでは、ローディングショベル(写真-4)が採用されているほか、小断面かつ延長の短いトンネルでは、ロードホールダンプ(写真-5)の採用例がある。

レール方式における積み込み機械としては、クローラ式・バックホウ型ずり積み機が採用されているほか、ロッカショベル(写真-6)も採用されている。

特殊事例における積み込み機械として、TWS掘削、TBM掘削、斜坑におけるレール方式でのベルトコンベヤの採用例や、斜坑におけるクローラ式・バックホウ型ずり積み機の採用例がある。また、立坑では、シャフトマッカー(写真-7)や電動式ミニバックホウが採用されている。さらに、TBM掘削において、ジェットポンプ(配管圧送)やスクリーコンベヤにより、切羽(チャンバ)から直接、ずりの搬出が行われている例がある。

3-2 ずり積み込み機械

3-2-1 概説

ずり積み込み機械は、切羽においてトンネルの掘削ずりをダンプトラックやずり鋼車、ベルトコンベヤなどの運搬機械に積み込むものである。一般に、ずり運搬方式がタイヤ方式の場合は、タイ

表-10 最近のトンネル工事におけるずり出し方法の選定例

区分	坑内運搬方式	掘削方式	積み込み機械	運搬機械	加背削り	トンネル用途	掘削面積	トンネル延長	本坑最大勾配	地質	備考
一般	タイヤ	機械	サイドダンプ式 ホイールローダ3m ³	ダンプトラック25t	ロングベンチカット	新幹線	73m ²	3,179m	上り1.2%	中強硬岩	本坑へのアクセストンネルあり
			サイドダンプ式 ホイールローダ2m ³	ダンプトラック25t	ベンチカット	一般道路	74m ²	390m (全長1,100m)	上り2.0%	砂岩、頁岩砂岩互層	
			ローディングショベル3.5m ³ +サイドダンプ式 ホイールローダ2.3m ³	ダンプトラック30t	TBM導坑先推進掘削工法 ロングベンチカット	高速道路	189m ²	2,149m	下り2.0%	砂岩	
			サイドダンプ式 ホイールローダ3.8m ³	ダンプトラック30t	ショートベンチカット ロングベンチカット	高速道路	134m ²	1,925m 2,452m	上り2.0%	安山岩	本坑へのアクセストンネルあり
			サイドダンプ式 ホイールローダ3.0m ³	ダンプトラック25t	補助ベンチ付き全断面	一般道路	74m ²	1,500m	上り0.5%	砂岩、砂岩頁岩互層、頁岩砂岩互層	
			ローディングショベル3.5m ³	ダンプトラック25t	ショートベンチカット 補助ベンチ付き全断面	高速道路	100m ²	1,970m	上り2.3%	粘板岩、砂岩	
			ロードホールドンダンプ6.1m ³	同左	全断面	水溝		187m	0.0%		
			クローラ式・バックホウ型： 能力150m ³ /h	ずり積込み6m ³ (側開扉式)	補助ベンチ付き全断面	鉄道(単線)	28.8m ²	1,709m	上り2.0%	安山岩、凝灰角礫岩	積み込み機改良 ベルト幅20→820mm モーター45kW級→55kW級
			クローラ式・バックホウ型： 能力150m ³ /h	シャトルカー 15m ³ ×2	全断面	高速道路の遊離坑		2,510m	下り0.3% 下り2.5%	泥岩、粘板岩、玄武岩	
			クローラ式・バックホウ型： 能力150m ³ /h	シャトルカー 14m ³	全断面	一般道路遊離坑の 作業坑		5,432m	上り3.45%	黒色片岩、緑色片岩	
特殊	連続 ベルトコンベヤ	機械	サイドダンプ式ホイールローダ 3.0m ³ +バックホウ0.45m ³	連続ベルトコンベヤ	補助ベンチ付き全断面	新幹線	73m ²	3,030m	下り1.5%	泥岩、砂質シルト、岩流状岩	本坑へのアクセストンネルあり
			サイドダンプ式ホイールローダ 3.0m ³ +バックホウ0.45m ³	連続ベルトコンベヤ	補助ベンチ付き全断面	新幹線	74m ²	3,855m	下り1.1%	泥岩、砂質シルト、岩流状岩	
			ロードホールドンダンプ3.8m ³	連続ベルトコンベヤ	全断面	高速道路の遊離坑	19.6~34.0m ²	2,093m (全長10.7km)	下り2.0%	飛羽片凝岩	
			ベルトコンベヤ +ミニバックホウ0.14m ³	シャトルカー 14m ³ ×2	全断面、 補助ベンチ付き全断面	鉄道(単線)	30.7~34.8m ²	1,510m	下り2.0%	火山凝灰岩、凝灰角礫岩、安山岩質凝灰岩	
			ベルトコンベヤ	ずり積込み	全断面	専水路	9.6m ²	6,092m		砂岩類、閃緑岩、石英安山岩、溶岩類	自動搬送システム
			クローラ式・バックホウ型： 能力150m ³ /h	インクライン方式 作業台+ずり積込み	全断面	専水路の作業坑	12.9m ²	170m (全長204m)	下り25.5%	凝灰質泥岩、珪質泥岩	積み込み機一体型掘削機
			シャフトマッカー0.066m ³	ずりキブル1.5m ³	ショートステップ	大深度地下掘削の 機立坑	22m ²	400m	-	花崗岩、砂岩、泥岩互層	
			シャフトマッカー0.4m ³	ずりキブル6m ³	ショートステップ	大深度地下掘削の 研究坑	41.9m ²	400m	-	粘板岩、チャート、砂岩、石灰岩	
			電動式ミニバックホウ0.35m ³	ずりキブル4m ³	ショートステップ	一般道路の機立坑	63.6m ²	451m	-	粗粒玄武岩、泥岩、凝灰岩	
			ベルトコンベヤ	連続ベルトコンベヤ 290t/h	全断面	高速道路の遊離坑	16m ²	5,926m	上り0.5%(3,900m) 下り1.5%(2,100m)	砂質泥岩	
特殊	連続 ベルトコンベヤ	機械 (TBM)	ジェットホップ(搬送装置)	液体輸送 1.7m ³ /min	全断面	下水道	3.1m ²	1,171m (全長1,839m)	下り0.6%	粘板岩、砂質土(凍結注入)	
			スクリューコンベヤ	液体輸送	全断面	下水道	1.7m ²	186m	下り1.2%		

表-11 ずり出し方式とずり積み込み機械(工事件数)

ずり運搬方式	ずり積み込み機械		
	ローディング ショベル	ホイール ローダ	クローラ式 ずり積み機
タイヤ	11	67	5
連続ベルトコンベヤ	0	33	0

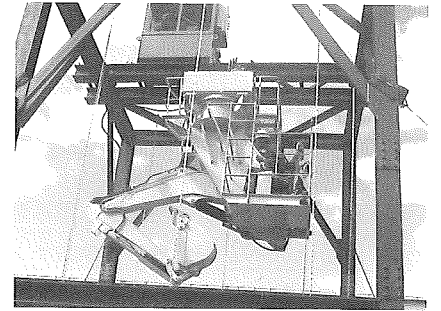


写真-7 シャフトマッカー

込み式の積み込み機械が使われるようになっている。トラクタショベルなどの駆動はエンジン式が一般的であるが、排出ガス対策として電動式を用いる場合もある²⁾。

3-2-2 ずり積み込み機械の種類

ずり積み込み機械を走行方式、積み込み方式および動力方式で分類すると、表-12のように示される。以下に、走行方式および積み込み方式について述べる。

(1) 走行方式による分類

1) タイヤ式

切羽の前面を自由に走行できるため、機動性に優れている。ただし、湧水が多い場合などには、路面の維持補修の頻度が増える³⁾。

2) クローラ式

タイヤ式と同様に切羽の前面を自由に走行できるため、作業スペースがある場合には有利である。接地圧が小さく、多少路面状態が悪い場合でも使用可能である³⁾。

3) レール式

レール式では、掘削に伴ってずり積み機用のレールを延伸する必要がある。このため、掘削進行に応じて随時レールを前送りできるようにしている³⁾。

(2) 積み込み方式による分類

1) フロントエンド式

機体の前方にあるバケットでずりをすくい上げ、バケットの昇降とダンプ機構によりバケットを前方へ出して傾倒し、ダンプトラックや鋼車などへ積み込みを行う方式である。坑内では運搬車へ積み込むために方向転換をしなければならないため、比較的広いスペースを必要とする^{2),3)}。

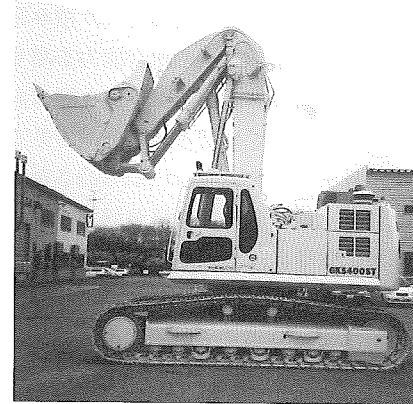


写真-4 ローディングショベル

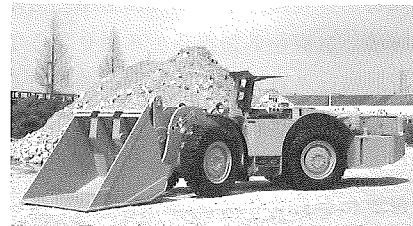


写真-5 ロードホールダンプ

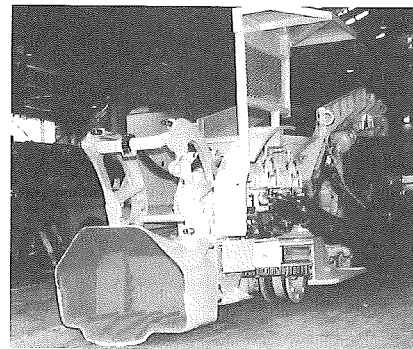


写真-6 ロッカショベル

ヤ式のトラクタショベル、クローラ式のトラクタショベル、クローラ式のパワーショベル(バックホウ)などが使用されている。

一方、ずり運搬方式がレール方式の場合は、従来は圧縮空気を動力源としたロッカショベルが多く使われていたが、最近では電動駆動によるかき

表-12 ずり積み込み機械の種類²⁾

名称	走行方式	積み込み方式	動力方式
トラクタショベル (ロードホールダンプ含む)	タイヤ式 クローラ式	サイドダンプ式 フロントエンド式	ディーゼル機関式 電動式
パワーショベル (ローディングショベル含む)	クローラ式	バックホウ式 ショベル式	ディーゼル機関式 電動式
クローラ式・バックホウ型	クローラ式 レール式	コンベヤ式	電動式
ロッカショベル	レール式 クローラ式	オーバーヘッド式 サイドダンプ式	空気動式 電動式

2) サイドダンプ式

機体の前方にあるバケットでずりをすくい上げ、バケットを側方に傾斜させ、ダンプトラックなどのずり運搬車と並列になって積み込み作業を行うことができる方式である。スペースが狭くフロントエンド式が使えないような場合に用いられる^{2),3)}。

3) ショベル式・バックホウ式

パワーショベルの本体にアタッチメントのショベルあるいはバックホウを取り付けてずりをかき寄せすくい上げ、ダンプトラックや鋼車などへ積み込みを行う方式であり、ある程度の掘削もできる。下部機体の位置を移動することなく、上部機体を360°回転することができる。また、機体を回転することなく、ベルトコンベヤなどの補助機械を用いて積み込む方法もある^{3),7)}。

4) オーバーヘッド式

機体の前方にあるバケットでずりをすくい上げ、バケットを後方に反転させる方式であり、機体の後部に取り付けてあるコンベヤに積み込むものと、鋼車へ直接積み込むものがある。ずりを後方に放出するため、安全面からレール式が有利である。作業幅の狭い箇所でも用いられる^{3),7)}。

3-2-3 ずり積み込み機械の特徴

次に、代表的なずり積み込み機械の特徴について述べる。

(1) トラクタショベル(タイヤ式)

狭い坑内でも容易に移動でき、機動性を発揮することができるため、ずり運搬がタイヤ方式の場合に標準的に使われている。動力源は大部分がディーゼルエンジンである。積み込み方式はサイドダンプ式とフロントエンド式があり、作業条件に応じて選択されるが、サイドダンプ式が多く用いられる²⁾。

タイヤ式トラクタショベルの変形で、機体の高さを低くし、大型バケットを装備して、積み込み、運搬、排土の総合能力を高くしたロードホールダンプと呼ばれているトンネル・鉱山用ずり積み込み機械もある²⁾。

(2) トラクタショベル(クローラ式)
タイヤ式と比較すると接地圧が低く、軟弱地山や不整地での作業に適している。積み込み方式としては、サイドダンプ式とフロントエンド式がある。動力源は大部分がディーゼルエンジンで、トンネル用として排気浄化マフラを装備している²⁾。

(3) パワーショベル
パワーショベルは、構造的には上部旋回体、下部走行機構、フロントアタッチメントからなる。下部走行機構はクローラ式とタイヤ式があるがトンネルではクローラ式が一般的である²⁾。

バックホウやショベルなどのフロントアタッチメントを変えることによって各種の掘削、積み込み作業が可能である。バックホウは機体より下部の掘削、積み込みに、また、ショベルは機体より上部の掘削、積み込みに適している²⁾。

(4) クローラ式・バックホウ型

ディーゼルエンジンを動力源としたものがほとんどであり、坑外のずり仮置き場での積み込み、インバート掘削ずりの積み込み、切羽での掘削ずり積み込みの補助、路盤整形および排水溝の掘削など、各種作業に広く用いられている²⁾。

クローラ式・バックホウ型は、機体中央に搭載された積み込みコンベヤに、バックホウなどにより、ずりをかき込むタイプの積み込み機械である。走行方式にはクローラ式とレール式がある。機種は、小断面の小型機のものから全断面用の大型機まで各種あるが、とくに小断面のトンネルで多用されている。動力は電動式で、機体の後部に給電用キャブタイヤケーブルとその自動巻き取り装置

を具備するが、走行のみエンジン式として自走可能としたものもある²⁾。

(5) ロッカショベル(レール式)

レール式ロッカショベルは、鉄車輪によってレール上を走行するずり積み込み機械で、動力はほとんどが空気動式である²⁾。

ずり積み込みは、ロッカアームの転動によってバケットを反転させるオーバーヘッド式が大部分を占めており、鋼車との組み合わせによって積み込み作業が行われる²⁾。

小断面トンネルや鉱山、斜坑などで従来は多く使われていたが、最近の使用例は少ない²⁾。

3-2-4 ずり積み込み機械の適用について
最後に、掘削断面積、施工延長および対象地山に対するずり積み込み機械の適用について述べる。

(1) 掘削断面積

小断面トンネルや導坑掘削方式の場合は、運搬方法にレール方式が多く採用されていることから、一般にずり鋼車に対応できるクローラ式・バックホウ型やロッカショベルなどが選定される²⁾。最近では、コンク作業とずり積み込み作業を併行して実施することで効率的な施工が可能であり、動力が電動式で坑内環境を良好に保つことができるという理由から、多くの小断面トンネルで、クローラ式・バックホウ型(シャフロダやタフロダ)が使用されている。

中・大断面のトンネルでは、タイヤ式およびクローラ式トラクタショベルなど、機動性の高いずり積み込み機械が多用されている²⁾。とくにタイヤ式かつサイドダンプ式のホイールローダの機動性は高く、数多くのトンネルで採用されているが、機動性が高い分、安全性が低下するため、作業中の立入禁止措置を確実にを行う必要がある。

大断面のトンネルでは、急速施工を目的として、バケット容量3~5m³級の大型のホイールローダやローディングショベルが採用される²⁾。ロー

(2) 対象地山

ずり積み込み機械の能力は、その走行性に左右される²⁾。対象地山によっては、湧水が路盤を泥ねい化させ、走行性に影響を及ぼす。

(3) 対象地山

泥ねい化をまねく路盤では、三つの走行方式(レール式、クローラ式、タイヤ式)のうち、レール式がもっとも積み込み能力の低下が小さく、タイヤ式がもっとも積み込み能力の低下が大きい。とくに、ロードホールダンプは、車高が低く車輪の傾きが直接バケットの傾きとなるため、路盤の不陸が大きい場合にはずり運搬中の岩塊の落下に注意を要する²⁾。

(文責：山道哲二・永久和正/(株)大林組)

参 考 文 献

- 1) 土木学会編：トンネル標準仕方書(山岳工法・同解説)，2006.7.
- 2) 最新トンネルハンドブック編集委員会編：最新トンネルハンドブック，1999.10.
- 3) (財)経済調査会NATM積算研究会編：NATMの施工と積算，2006.9.
- 4) 国土交通省大臣官房技術調査課監修：国土交通省土木工事積算基準平成21年度版，2009.5.
- 5) 東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)・西日本高速道路(株)：土木工事積算基準平成21年度版，2009.7.
- 6) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構本社鉄道建設本部：土木関係積算標準・積算要領6-3(開削・シールド・トンネル編)平成20年度版，2008.8.
- 7) (社)日本トンネル技術協会：トンネル工用機械便覧〈山岳編〉，1996.2.

トンネルジャーナル

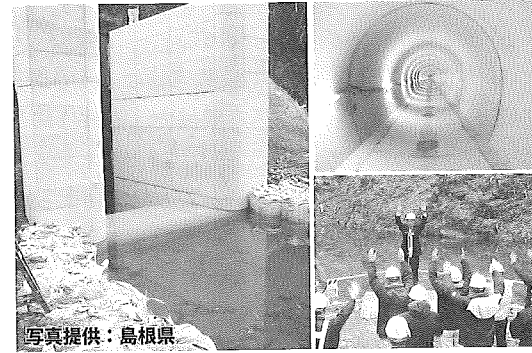
第二浜田ダムで転流式

島根県が浜田川総合開発事業として整備する第二浜田ダムで、本体ダム建設箇所の浜田川河川水を仮排水路トンネルへ迂回するための転流式が昨年12月9日に挙行された。

同トンネルは延長294m、幅3m、高さ3mで内空断面積が8.5m²。安山岩質火山礫凝灰岩を小断面NATMで掘削した。湧水・崩落はほとんどなく、平均日進1.5mで順調に施工を進めた。

同ダムは、2009年に本格着工した浜田川本川の洪水調節と河川環境保全を目的とした重力式ダムで、1963年に既設の浜田ダムが完成したのちも、83、88年と大きな浸水被害が発生したため、抜本的な

治水・利水対策を行うため整備されている。事業の完成は2016年度末を予定している。



写真提供：島根県

亀ノ瀬トンネル 80年ぶりに発掘

近畿地整大和川河川事務所は、亀ノ瀬地すべり対策事業として排水トンネルを掘進中の2008年11月に、坑口から約30m地点でレンガ構造の旧国鉄トンネル下り線を、約50m地点でレンガとコンクリート構造の上り線を発掘したと発表した。

発掘されたトンネルは、大阪府柏原市に位置する大阪鉄道(現 JR 大和路線)の亀ノ瀬隧道で、1889年に着工、1892年に完成した下り線トンネルと1917年の複線化時に増設された上り線トンネル。両トンネルは1931年に始まる大規模な地すべりにより翌年に崩壊したため、対岸への路線変更にあわせて閉鎖され坑口も残っていなかった。今回発見された箇所は地すべりブロックをわずかに外れていたため圧壊を免れたとみられている。

地すべりはこの後も徐々に拡大しながら断続的

に移動し、大和川の閉塞が懸念されたため、1962年から直轄による地すべり対策事業が行われてきた。

同工事はこの対策事業のうち7号支線工事として2008年に着工、高さ2.5m、幅2.5mの断面を機械掘削によりNATMで掘進している。これまで排水トンネルは約6.5kmにわたり掘削されているが、旧国鉄トンネルと交差したことが確認されたのは初めて。また、今回の工事にあたっては地すべり後の旧国鉄トンネルの崩壊、移動状況が不明のため、交差することは想定していなかった。

同事務所では発掘されたトンネルについて当時の鉄道技術や地すべりの破壊力を知る貴重な地域資源ととらえ、下り線の40m区間を存置し、今後、一般公開する方向で検討している。



写真提供：国土交通省

亀の背トンネル発見時の排水トンネルの切羽



写真提供：国土交通省

発見されたトンネル内部



解説

文献紹介



- 塩崎正人：覆工設計厚管理システムの紹介，建設機械，Vol.45，No.9，2009.9.
- 土橋浩：シールド工事におけるトラブルと対策，基礎工，Vol.37，No.9，2009.9.
- 都市地下トンネル工事におけるさまざまな事故例，基礎工，Vol.37，No.9，2009.9.
- 大津宏康・星野鐘雄・伊豆好弘・岸田潔：関西圏のトンネルと地下空間，地盤工学会誌，Vol.57，No.10，2009.10.
- 特集/下水管路の耐震化技術ガイド，月刊下水道，Vol.32，No.13，2009.11.

調査・設計

- 日本建設機械化協会：山岳トンネル工用機械の事故事例及びヒヤリ・ハットに関する報告書，建設の施工企画，No.714，2009.8.
- 日本建設機械化協会：シールドトンネル工用機械の事故事例及びヒヤリ・ハットに関する報告書，建設の施工企画，No.714，2009.8.
- 中村博則：エレクタージャンボコンクリート吹付システムの安全対策，建設の施工企画，No.714，2009.8.
- 吉村明・藤田和恵：甚之助谷地すべり対策事業，建設の施工企画，No.715，2009.9.
- 金平修祐：水路トンネル高度化診断技術の取組について，農村振興，No.718，2009.10.
- 島田義則：レーザー超音波によるコンクリート内部欠陥のリモートセンシング技術，建設機械，Vol.45，No.11，2009.11.
- 鈴村和也：トンネル背面の裏込充填による補修工法の取組について，農村振興，No.719，2009.11.

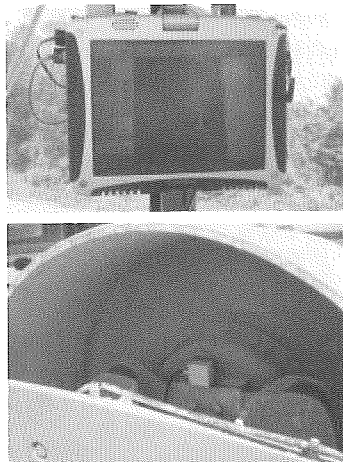
施工

- シールド掘削土を砂浜へ戻す，茅ヶ崎市合流式下水道緊急改善工事(神奈川県)，日経コンストラクション，2009年8月28日号，2009.8.
- 事故に学ぶ，シールド工事に伴って群馬県内の国道が陥没，日経コンストラクション，2009年8月28日号，

- 2009.8.
- 特集/下水道トンネルの技を磨く，月刊下水道，Vol.32，No.9，2009.8.
- 藤井実：機内から障害物を撤去する推進工法の施工例，建設機械，Vol.45，No.9，2009.9.
- 橋の基礎兼用の調節池で3億円削減，千里丘寝屋川線下仁和寺調節池築造工事(大阪府)，日経コンストラクション，2009年9月25日号，2009.9.
- 水口和之・松村遼右：道東自動車道(夕張IC～冠冠IC)におけるトンネルの設計と施工，土木技術，Vol.64，No.10，2009.10.
- 宮沢一雄：大量湧水・崩壊地山をTBMで貫通！，東北中央自動車道 栗子トンネル東避難坑工事，土木技術，Vol.64，No.10，2009.10.
- 山之江亨・河田利樹：ハイブリッド式親子シールド，京都府 いろは呑龍トンネル(雨水北幹線第2号・第3号管渠)，土木技術，Vol.64，No.10，2009.10.
- 特集/都市地下基盤の再構築①，月刊推進技術，Vol.23，No.10，2009.10.
- 石丸裕：大深度海底下没水立坑とシールドとの接合，台湾龍門原子力発電所放水路トンネルの建設，建設機械，Vol.45，No.11，2009.11.
- 和田真治・鈴木克弘：三島用水隧道の既設管挿入工法による改修，水土の知，Vol.77，No.11，2009.11.
- 特集/都市地下基盤の再構築②，月刊推進技術，Vol.23，No.11，2009.11.
- 小林康範・棟安貴治：関門トンネルリフレッシュ工事(天井板更新)，建設の施工企画，No.717，2009.11.
- 日本建設機械化協会：トンネルの補修・補強に関する技術開発動向，LCCに基づく補修・補強技術の分類と未来型補修機械の方向性，建設の施工企画，No.717，2009.11.
- 地下鉄の15cm上にトンネル構築，浅草線新橋・大門間環状第2号線交差部工事(東京都)，日経コンストラクション，2009年11月27日号，2009.11.
- 塩原正夫・本庄正樹・藤井剛・狭間稔司：地すべり地形におけるアーチカルバート工法の採用，新東名高速道路 大和田トンネル，建設機械，Vol.45，No.12，2009.12.
- 特集/最近のシールドトンネル技術，土木技術，Vol.64，No.12，2009.12.

工法・技術・製品ニュース

工法 GNSSを利用した盛土品質管理システム



(上)車載モニター画面
(下)加速度センサーの設置状況

ハザマ広報・IR室
TEL : 03-3588-5711
<http://www.hazama.co.jp>

ハザマは、仮想基準点方式によるGNSS(全地球的衛星航法システム)を利用して基準局を必要としない「盛土品質管理システム」を開発した。

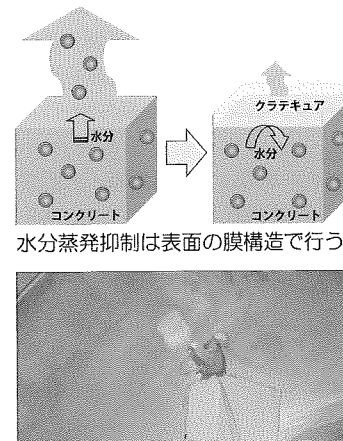
同工法は、「GNSS位置座標にもとづく締め固め回数管理」と「CCV(加速度応答値)による盛土材料締め固め品質管理」で構成され、前者は、GNSSが取得する振動ローラーの位置座標をもとに締め固め回数の分布図を作成し、規定の締め固め回数を完了した範囲と未完了の範囲がリアルタイムに把握できるシステム。施工管理者が締め固め回数を確実に管理できるほか、振動ローラーのオペレーターも車載モニターでこの情報を確認できる。

後者は、振動ローラーの振動輪(非回転部分)に取り付けた加速度セ

ンサーによって振動加速度を測定し、その周波数から数式によって算出されるCCVの傾向を分析して締め固め状況を把握するシステムで、これまでは締め固め作業後、所定の作業面積ごとに品質計測をしていたが、本システムでは施工しながら自動的に品質管理データを取得できる。

位置座標を取得するGNSS測位法に、基準局を必要としない新技術を採用したため、現場敷地内に設置した基準局から移動局の位置を把握する従来のシステムに比べ、基準局への給電設備などが不要となり、またその地点の座標点を事前に測っておく手間も省くことができる。そのため、施工距離が長く、基準局の設置替えが必要な場合などは効率性が向上するものとしている。

製品 コンクリート構造物を長寿命化する「クラテキュア」



(上)概念図(下)施工状況

五洋建設(株)経営企画部広報グループ
TEL : 03-3817-7550
<http://www.penta-ocean.co.jp>

五洋建設、第一工業製薬、カテックスは共同で、コンクリートのひび割れなどを防ぐコンクリート用被膜養生剤「クラテキュア」を開発した。

同製品は、水分閉鎖性に優れた油性成分を水中に分散した乳化物。打設したコンクリートの型枠を撤去した後、同製品をコンクリート表面に噴霧することで、表面に“膜”を形成し、養生時のコンクリート表面から水分蒸発を抑制する。養生時に水分蒸発を抑制するためコンクリート構造物の品質と耐久性を向上させ構造物の長寿命化を実現する。

コンクリート表面に膜を形成するので初期材齢時に水分蒸発が抑制され、コンクリート表面の急激な乾燥収縮によるひび割れを低減させる。長さ変化率試験では、無塗布に比べ、

1か月で約50%に低減できることを確認している。

また、最適な条件下で水和反応(水中養生と同様の環境)が進行するので、強度の発現性が向上し、これにより乾燥収縮によるひび割れが抑制できるため、コンクリートの耐久性の向上につながる。同品の噴霧によって、圧縮強度の発現性は向上し、他社製品と同量の塗布で1.2倍の強度の向上が確認されている。

コンクリート打設後に、噴霧可能な状況であれば、あらゆるコンクリート部材に使用することができ、現在までに、トンネルや橋梁工事など5件の適用実績があり、今後は、建築構造物にも適用を図る予定。

販売はカテックスと第一建が行う。

工法 携帯電話を活用したコンクリート打設管理システム



打設管理情報入力画面

飛鳥建設(株)技術研究所第一研究室
TEL : 04-7198-7572
<http://www.tobishima.co.jp>

飛鳥建設は、コンクリート工事の品質確保を目的に、携帯電話を活用してリアルタイムに打設管理を行う「コンクリート打設管理システム」を開発した。現在、西日本高速道路九州支社管内で建設を進めている新津トンネル工事のコンクリート打設管理に適用し、品質管理の信頼性をより向上できることを確認した。

生コン車ごとにコンクリート製造時刻や打設時刻を携帯電話またはパソコン(Web上)で入力し、また、スランプ、空気量、塩分量など品質検査の結果や撮影画像を送信することで専用サーバ上で情報を一元管理する。事務所や現場で生コン車の運行状況、現場での打設状況、フレッシュコンクリートの性状などの情報をインターネットを通じてどこでも

リアルタイムに情報を共有することが可能となり、また、リアルタイムに確認することで、問題が生じる懸念がある場合、迅速に施工ヘフィードバックさせることにより不具合を未然に防ぐことができる。

入力装置として普段使用している携帯電話を利用することから操作性に優れるほか、あらかじめコンクリートの使用制限時間や打ち重ね制限時間などの管理値を設定することにより、経過時間が管理値に迫ってきた場合に現場担当者の携帯電話へメールで対応を促す。打ち重ね時間は打設位置および層ごとに管理ができる。また、入力された情報から自動的に指定書式で管理帳票が作成され、作成作業の労力や時間を大幅に削減できる。

工法 可視光通信 3次元位置計測システムを現場に適用し実用化



(上)LED光源(下)計測システム

三井住友建設(株)広報室
Tel : 03-5332-7230
<http://www.smcon.co.jp>

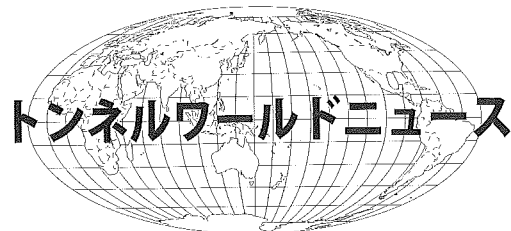
三井住友建設、慶應義塾大学大学院システム・デザインマネジメント研究科および中川研究所は共同で、「可視光通信 3次元位置計測システム」を開発し、2か所の工事現場に適用し24時間連続無人測量を実施することで同システムを実用化した。

同システムの基本となるシステムは、市販の高解像度デジタル一眼レフカメラと画像解析用のパソコンおよび標点となるLED光源から構成され、LED光源は、固有のID番号などを表すデータパターンに従って点滅をくり返す。

適用方法は、まず、座標が既知の基準点用光源と、測量しようとする位置に測量点用のLED標点を設置し、それら全体をデジタルカメラによって2か所から一定の時間連続撮

影する。その撮影データを連結しているパソコンに取り込み、画像解析を行うことによって各光源の位置の算出およびID番号を受信。そして、2か所で撮影したデータを用いて、各測量点の3次元座標を算出する。

標点の座標とそのID情報を同時に取得するため、多点の3次元座標算出の完全自動化が可能となり、測量作業の大幅な省力化が達成できたほか、夜間の無人自動測量が可能となった。また、測量のたびに技術者が測点に行く必要がなくなることから、安全性の向上と省力化が可能となる。さらに、市販のデジタルカメラやパソコンで構成されるシステムを用いて、GPS測量に匹敵する精度の測量が行えることから、経済性にも優れている。



(社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ヘレンクニヒト社製 TBM の貫通

Herrenknecht社はスイスのGotthard Base Tunnel(GBT)プロジェクトで数台掘進中のTBMのうち東側のErstfeld-AmsteglegトンネルでGabi1と呼ばれている掘削外径9.58mのTBMを予定より6か月早く貫通した。

この硬岩対応のグリッパ型TBMは7.2kmのトンネル延長を18か月で掘進し、その到達精度は目標から水平に4mm、垂直に8mmの誤差であったと報じた。

トンネル地質は硬質の片麻岩で土かぶりは約1,000mである。平均日進はおおむね14m、最大日進は40mで安全に掘進ができた。

2台目のTBM Gabi2はGabi1の姉妹機だが、Amsteglegの西側トンネルの延伸分440mを掘進中で、カットトルクは5,000馬力である。このマシンは今までに6,000mのトンネル掘進を完了し、

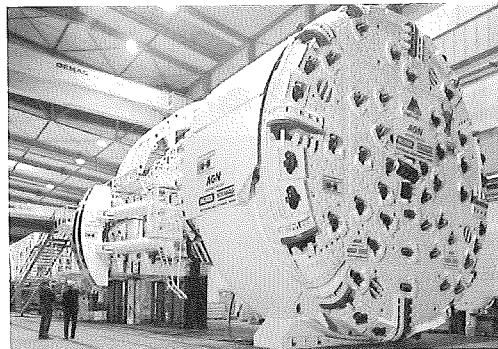


写真-1 Herrenknecht社 TBM Gabi1

延伸分も85%の掘進を完了している。西側トンネルの掘進完了は今秋となる予定である。

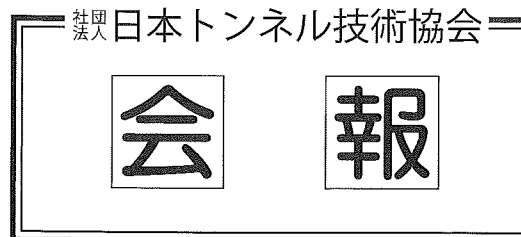
その他2台のTBMがGBTプロジェクトの南坑口Faido-Sedrun間に導入されている。このトンネルの貫通予定は2011年の初めとなる予定である。

GBTプロジェクトは現在順調に進んでおり、完成すると全体のトンネル延長で153.5kmとなる。現在掘削の進捗率は約88%に達している。

このトンネルが完成するとアルプスを貫く高規格鉄道となりヨーロッパ北部と中央、そしてイタリアまでをつなぐことになる。

GBTは2017年に開通予定で、鉄道トンネルとしては世界一となる。

(WT '09.7, 8 担当：篠原慶二・前田建設工業(株))



1. 会員の現状

	12月25日現在
正 会 員	1,710名
団体会員	300名
個人会員	1,410名

2. 委員会の開催状況(12月1日~31日)

①運営広報関係委員会

◎総務委員会

広報小委員会会誌WG(12/2)

大島洋志主査ほか13名、1月号の会誌と3か月計画を検討

広報小委員会・ホームページWG合同(12/10)

竹内友章委員長ほか10名、文献検索作成方針を検討

◎国際委員会

海外文献WG(12/15)

大久保誠介主査ほか14名、海外文献を査読

海外文献小委員会海外ニュースWG(12/16)

早坂治敏主査ほか7名、海外ニュースを翻訳
対外広報WG(12/24)

早坂治敏主査ほか8名、原稿を査読

計 5回開催 57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(12/21)

栗原謙一郎主査ほか6名、格言内容を検討

山岳トンネル小委員会支保WG(12/17)

深沢成年主査ほか16名、インバートの接合方法を検討

安全環境小委員会(12/16)

豊澤康男委員長ほか12名、WG作業報告、作業方針を検討

◎受託研究特別委員会

効率的掘削工法特別委員会施工・支保材料WG(12/1)

領家邦泰主査ほか5名、作業方針を検討

北海道新幹線(本州方)トンネル施工技術委員会(12/1)

小山幸則委員ほか22名、現地の施工状況を視察

効率的掘削工法特別委員会技術資料WG(12/4)

楠本太主査ほか5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(12/22)

鈴木雅行主査ほか10名、調査項目を検討

計 7回開催 83名出席

合計 12回開催 140名出席

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 Service of a Sustainable Society」	2011. 5. 21~25	ヘルシンキ (フィンランド)	Finnish Association of Civil Engineers RIL (フィンランド土木学会) 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

『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)

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	18	愛知県	2.0
大阪地区トンネル現場研修会	2009.12.11	18	大阪府	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

2010トンネル技術の特別講演と技術研究発表会プログラム

主催 北海道土木技術トンネル研究委員会
社団法人日本トンネル技術協会

日時：平成22年2月26日(金) 10:00~17:00

場所：北海道大学学術交流会館(大学正門内左側)
(札幌市北区北8条西5丁目 TEL:011-706-2141)

参加費：研究発表会 6,000円(論文集を含む), 意見交換会 4,000円

申し込み方法：FAXにて出欠をお知らせ下さい(メールでも結構です)。

申し込み先：トンネル研究委員会講習講演小委員会事務局
(株)開発工営社内 熊木 TEL:011-207-3666 FAX:011-200-1377

E-mail:kumaki@kai-koei.co.jp

もしくは、((株)ダイヤコンサルタント内 杉浦・加藤 TEL:011-729-2701)

締め切り：平成22年2月19日(金)

定員：300名

その他：・参加費は、なるべく事前に銀行振込(振込料はご負担願います)でお願い申し上げます。
また、当日会場にて現金もしくは後日銀行振込でも結構ですが、その旨を申し込み書に記載して頂きますようお願い申し上げます。

・論文集は当日、ご所属、ご氏名を確認のうえ、会場でお渡し致します。

・発表会場に駐車場がありません。JR、地下鉄、バス等の公共交通機関をご利用下さい。

※なお、本研究発表会は(社)土木学会のCPDプログラムに認定されています。

プログラム：

10:00~10:15 開会挨拶 北海道土木技術会トンネル研究委員会委員長 三上 隆

10:15~12:15 特別講演「山岳トンネルの調査、設計、施工と施工結果」
(社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所技師長 亀岡 美友

12:15~13:15 休憩(昼食)

研究発表(第1部)

13:15~13:40 「幌延深地層研究計画における大深度立坑掘削の実績と今後の課題」

(独)日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センター施設建設課 山西 毅・関谷 美智
大成建設(株)札幌支店幌延地下施設工事 ○北川 義人・三浦 養一・羽出山吉裕

13:40~14:05 「粒状エマルジョン爆薬による機械装填発破実績」

前田・大本・若築 JV カラリトンネル作業所 ○萬 正己・三浦 勝則
カヤク・ジャパン(株)技術部担当部長 中村 聡磯・吉原 潔

14:05~14:30 「覆工コンクリートの養生技術の動向とラッピング養生工法について」

清水建設(株)北海道支店土木部 新谷 義行・○宇治川徳夫
清水建設(株)土木技術本部地下空間統括部 田代 浩信

(株)東宏 小林 雅彦

14:30~14:55 「自然由来の重金属類を含む掘削ズリの取扱いと今後の対応について」

(独)土木研究所寒地土木研究所防災地質チーム 田本 修一

14:55~15:10 休憩

研究発表(第2部)

15:10~15:35 「自然由来重金属問題対策フローマニュアルの作成とリスク評価への試み」

(株)ドーコン環境事業本部地質部 ○堀内 康光
(株)レアックス 亀和田俊一

15:35~16:00 「大土被りの脆弱地山(蛇紋岩)における山岳トンネル施工報告」

(株)鴻池組大阪本店土木技術部 ○山田 浩幸
東日本高速道路(株)千歳工事事務所 高橋 俊長

鴻池・飛鳥特定建設工事共同企業体穂別トンネル西工事 大村 修一・高田 篤・古瀬 裕司

16:00~16:25 「トンネルにおける断熱材の設計とその環境対策について」(TMS 分科会報告)

岩田地崎建設(株) ○須藤 敦史・河村 巧
北海道大学大学院 三上 隆

(独)土木研究所寒地土木研究所 佐藤 京

(株)エーティック 角谷 俊二

(株)構研エンジニアリング 五十嵐隆浩

16:25~16:50 「北海道のトンネル建設技術の変遷~維持管理の時代を迎えて~」(NATM 分科会報告)

北海道開発局道路建設課 戸松 義博

(株)ダイヤコンサルタント北海道支社 ○高橋 輝明

16:50~17:00 閉会挨拶 北海道土木技術会トンネル研究委員会副委員長 池田 憲二

17:30~19:00 意見交換会 センチュリーロイヤルホテル 20F 白鳥の間

3月号予告[3月1日発売予定]

- 無線センサを用いたトンネル変状監視
- 九州新幹線 西九州ルート(武雄温泉・諫早間)
- 北海道横断自動車道 タンネナイトンネル
- 一般国道12号 旭川トンネル
- 小田急小田原線 連続立体交差事業および複々線事業

【連載講座】

- ずり処理入門(3)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆お気づきの方も多いと思いますが、本年1月号より、新企画が始まり、また一部コーナーの書式を変更いたしました。新企画のほうは、先月号で最終回を迎えた「トンネル千夜一夜」の後を受けての企画で「語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ」という企画です。この企画は、トンネルに携わってこられた大先輩の方々に技術の継承を意識しながら思いの丈を語ってもらうものです。毎号貴重な経験談を披露していただくこととなりますので楽しみにお待ちください。ちなみに、こちらの記事の頁は本文の外周をグレーの縁取りにしましたので、雑誌を閉じた状態でもどこの頁かすぐにわかります。ぜひ、最初に広げて読んでいただきたいと思っております。

◆書式の変更は「トンネルジャーナル」と「工法・技術・製品ニュース」のコーナーです。どちらも情報コーナーです。変更の主旨はビジュアル性と情報量のアップです。「トンネルジャーナル」は今までほとんど写真の掲載はありませんでしたが基本的に写真を掲載するようにいたしました。「工法・技術・製品ニュース」もより見やすく、情報量をアップいたしました。この2つのコーナーは投稿を随時受け付けておりますので、掲載の希望の方は土木工学社編集部(TEL:03-3267-2888)のほうまでお問い合わせください。読者の方に有効的にご利用いただきたいと思います。

(I.Y)

★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(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41巻 第2号 [通巻474号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成22年1月20日 印刷

平成22年2月1日 発行

社団法人日本トンネル技術協会

会長 佐藤 信彦

〒104-0041 東京都中央区新富2丁目14番7号(新光第一ビル)

TEL:03-3553-6174

FAX:03-3553-6145

http://www.japan-tunnel.org

発行所 株式会社土木工学社

〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16

番地メイジャー神楽坂

TEL:03-3267-2888

FAX:03-3267-2807

http://www.tunnel.ne.jp

発行人 山本 育徳

編集人 山本 勝誉

印刷 新協印刷株式会社

本誌の購読について

■購読をご希望の方は、書店または土木工学社へ直接お申し込みください。

■お申し込みの際は、誌名、購読期間、住所、所属、氏名などを明記のうえ、FAX(03-3267-2807)にてお申し込みください。後日、小社より振込用紙をお送りいたします。

購読料

1冊 1,575円(送料108円)
(本体価格 1,500円)

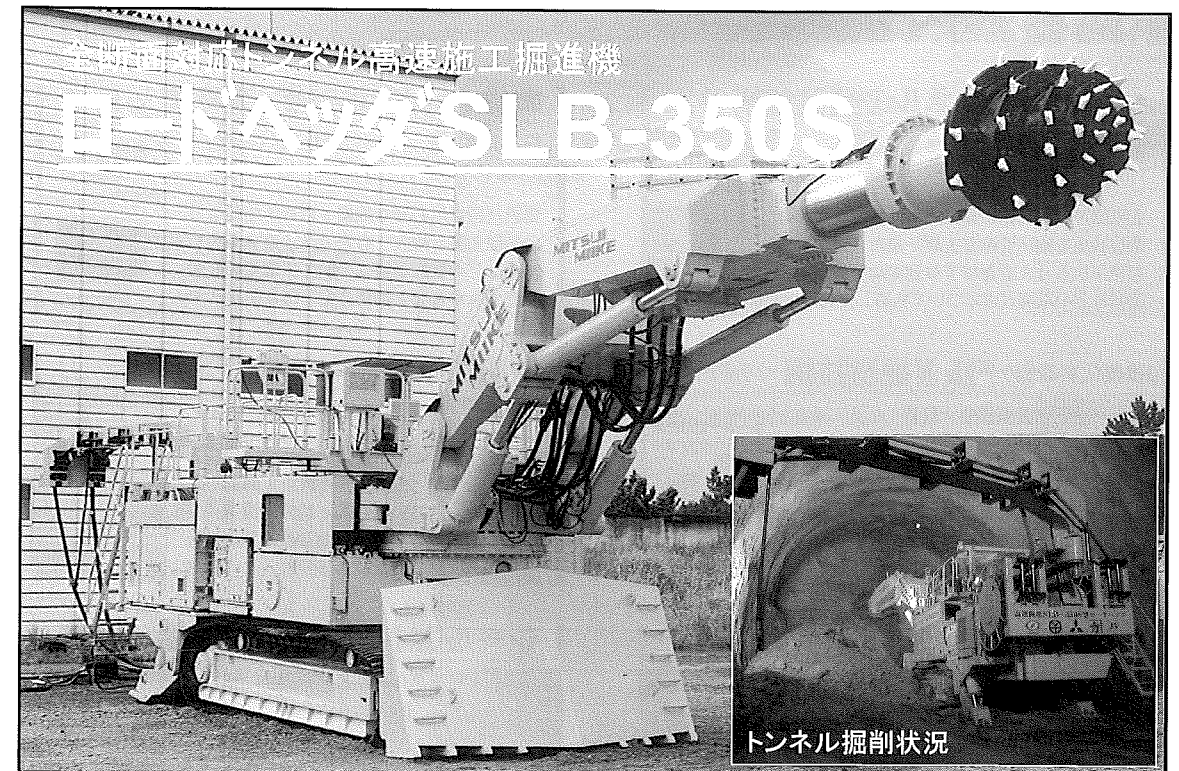
1年 15,000円(前納)

振替 00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

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

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



トンネル掘削状況


大断面トンネルの高速施工を目指して

特徴

- 国内最大の350kW-4/6P定出力型2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても十分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており、ベンチ長は最大5mまで確保できます。又、中折れブームを取り外しての全断面掘削、及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し、及び低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。(硬岩用ドラム使用)
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。
- ディーゼルエンジンの搭載により、ロードヘッダ単独での走行が可能です。
※1,2
よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。

※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。
※2 揺寄・コンベヤ仕様の場合、ディーゼルエンジンは搭載されません。



製造、販売、レンタル及びメンテナンス  株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館

産業機械営業部 TEL.03-3270-2008, 03-3241-4711 FAX.03-3245-0203

http://www.mitsumiike.co.jp E-mail sanki@mitsumiike.co.jp

わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修
1,500円＋税 B5判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著
6,000円＋税 A5判

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



ブロック理論と岩盤工学への応用

R.E.グッドマン・G.H.シー 共著、
吉中龍之進・大西有三 共訳
4,855円＋税 A5判

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



岩盤の計測と解析

鈴木光 著
4,200円＋税 A5判

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



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修
2,500円＋税 B5判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著
4,757円＋税 B5判

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



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。



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。



推進工法の理論と実際

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

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



シールドトンネルの新技术

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。



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

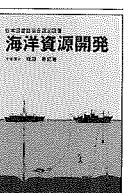
ジオテクスタイルの交通施設への利用について詳述された1981年の報告書を完訳。



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。



わかりやすい土木地質学

大島洋志 監修
2,500円＋税 B5判

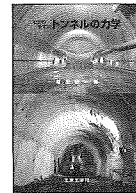
土木工事にかかわりのある地質学の基礎知識を盛り込み、土木工事において問題となる地質事象や、各種地質調査の原理についてわかりやすい解説を与えた。



わかりやすいトンネルの力学

福島啓一 著
5,825円＋税 B5判

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



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・齊藤正忠・
北川隆 共訳
9,800円＋税 B5判

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した。



トンネルと地下

1,500円＋税 B5判 月刊(毎月1日発売)

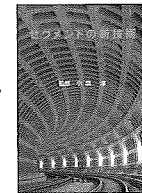
日本で唯一のトンネルと地下構造物の専門月刊誌。研究、調査・設計から施工にいたるまで、その時点での技術的問題点を中心に、業界の動向などをあわせて網羅しながら、新鮮な情報を提供する。



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。



地下水の科学 I～III(全3巻)

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

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



第I巻 地下水の物理と化学
4,078円＋税 B5判

第II巻 地下水環境学
4,272円＋税 B5判

第III巻 地下水と地質
3,689円＋税 B5判

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患や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



書籍のお申し込み

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

株式会社 土木工学社

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

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。



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

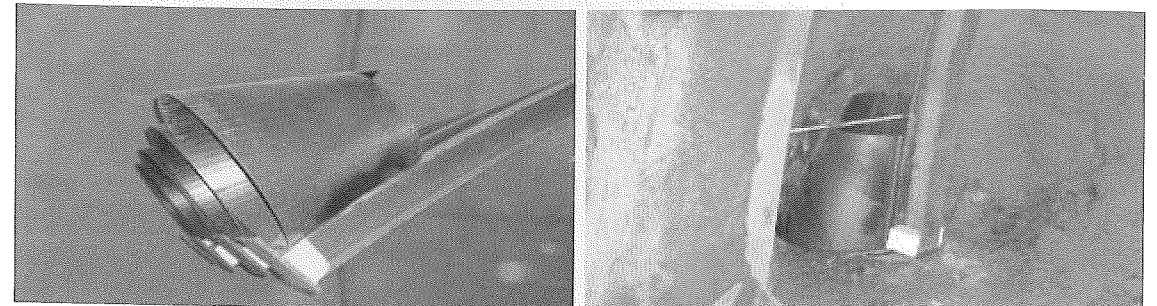
URL <http://www.suga-kikai.co.jp>

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

軟弱地盤に効果を発揮

薄鋼板を用いたウイングリブ
『YM ウイングコーン』 NETIS登録:CG-070015-A



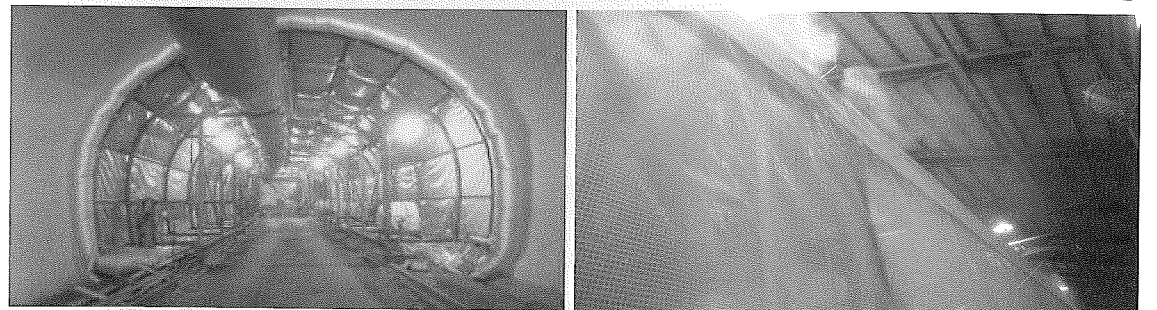
従来のH形鋼ではなく、薄鋼板を中空の円錐台形に加工したウイングリブです。現場ストックが可能な、ボルトによる脱着式です。

【効果】

- ・直接コーン内に吹付コンクリートを吹き込み、地山と密着させ一体化させることにより、初期沈下抑制効果を発揮します。
- ・吹付コンクリートで地山密着させるため、危険な切羽近傍での接地面の地山均しが不要です。
- ・現場でのストックが可能なため、事前対策・急な地山変化に効果を発揮します。

トンネル覆工コンクリートの品質革命

散水式による覆工コンクリート養生システム
『トンネルミスト@』 NETIS登録:CG-080012-A



散水式養生台車を使用します。

養生シートと覆工コンクリートの空間に散水を行い、湿潤養生を行います。気密性が保持され、保湿性・保温性が得られます。

【効果】

- ・コンクリートは密実になり、初期・長期強度を確保できます。
- ・乾燥収縮・温度応力によるひび割れが低減できます。
- ・耐久性に優れたコンクリートが得られ剥離剥落を防止できます。
- ・従来のひび割れ補修に比べて工期が短縮でき、コストダウンが可能となります。

実績および計画物件
(平成21年12月現在)

施主	実績	計画物件
国土交通省	11件	8件
NEXCO	4件	2件
その他	3件	2件
合計	18件	12件

株式会社 マシノ トンネルグループ

本社 〒733-0822 広島市西区庚午中1丁目19-23
TEL (082) 507-2737 FAX (082) 507-2721
大阪支店 〒564-0062 大阪府吹田市垂水町3丁目16-3
TEL (06) 6389-6400 FAX (06) 6389-6410