

トンネルと地下 10

vol. 46
no. 10
2015

Tunnels and Underground

新幹線橋脚フーチング横を離隔40cmでJES函体施工
自然由来のヒ素を含む大量湧水の減水対策試験
内部補強と外部補強を組み合わせたシールドトンネル変状対策(施工編)
水圧ハンマを用いた高速ボーリングによる切羽前方探査技術の開発
「ITA総会および世界トンネル会議(クロアチア)」報告

日本トンネル技術協会誌



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

JTH3200R-III PLUS / JTH3200R-III / JTH2200R-III

国土交通省 第3次排出ガス対策型建設機械(トンネル工事用建設機械)指定機

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。



新型油圧ドリフタHD220搭載



▼JTH3200R-III PLUS

◆主な仕様	JTH3200R-III PLUS 3ブーム、2ケージ	JTH3200R-III 3ブーム、2ケージ	JTH2200R-III 2ブーム、2ケージ
質量	48.5 ton	44 ton	35.5 ton
全長 × 全幅 × 全高	15.6m × 3.1m × 4.2m	14.8m × 3.1m × 4.2m	14.2m × 2.7m × 4m
水平さく孔範囲(幅 × 高さ)	16m × 10.5m	13.2m × 8.8m	12.8m × 8.5m

自走式コンクリート吹付機(コンプレッサ搭載型)

CJM2200E-V

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機です。

質量	24 ton
全長 × 全幅 × 全高	16 m × 3 m × 4 m
水平吹付範囲(幅 × 高さ)	13.3 m × 10 m

△ 古河機械金属グループ

FRD 古河ロックドリル株式会社

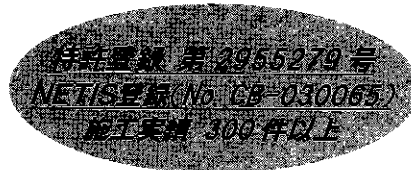
www.furukawarockdrill.co.jp

本社 〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号

特機部 ☎03(3231)6966

札幌 ☎011-786-2222 東北 ☎022-384-8991 宮古 ☎0193-77-4245 関東 ☎027-326-9611
名古屋 ☎0568-77-7700 関西 ☎06-6475-8221 中四国 ☎082-832-3542 九州 ☎092-948-2010

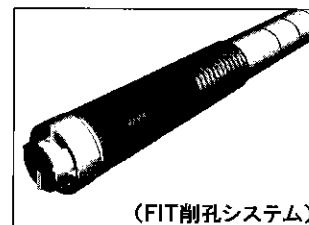
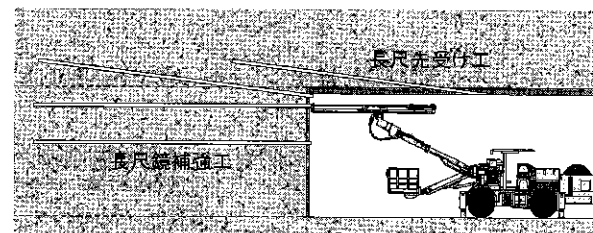
全方位 GFRP 管長尺補強システム



FIT 工法
FRP INJECTION TUBE



切削可能で掘削の妨げにならないGFRP管を使用し、切羽前方地山を確実にホールドできます。



(FIT削孔システム)



フォアボーリング



(FIT工法施工前)

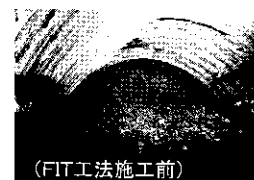


(FIT工法施工後)



FIT工法

(数値解析による効果の検証例)



(FIT工法施工前)



(FIT工法施工後)

KFC 株式会社 ケー・エフ・シー

東京土木営業部
大阪土木営業部
札幌支店

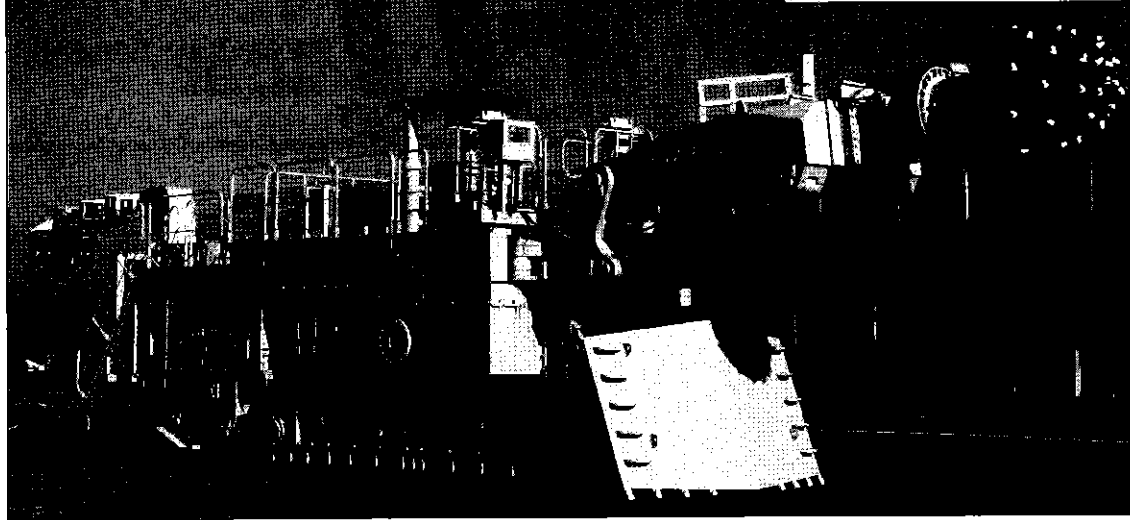
TEL(03)6402-8251 FAX(03)6402-8255
TEL(06)6363-1884 FAX(06)6313-0755
TEL(011)751-4681 FAX(011)751-6482

ホームページ <http://www.kfo-net.co.jp/>

全断面对応トンネル高速施工掘進機



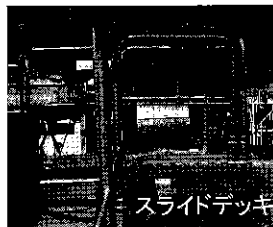
中折れブーム



全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。
- 切削高さは最大 8.8m になり、大断面トンネルにおける全断面掘削、及び上半掘削が可能です。
又、中折れブームを使用することで、ベンチ長を最大 5m まで確保できます。
- 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。
- 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、下部掘削等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。



スライドデッキ

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**

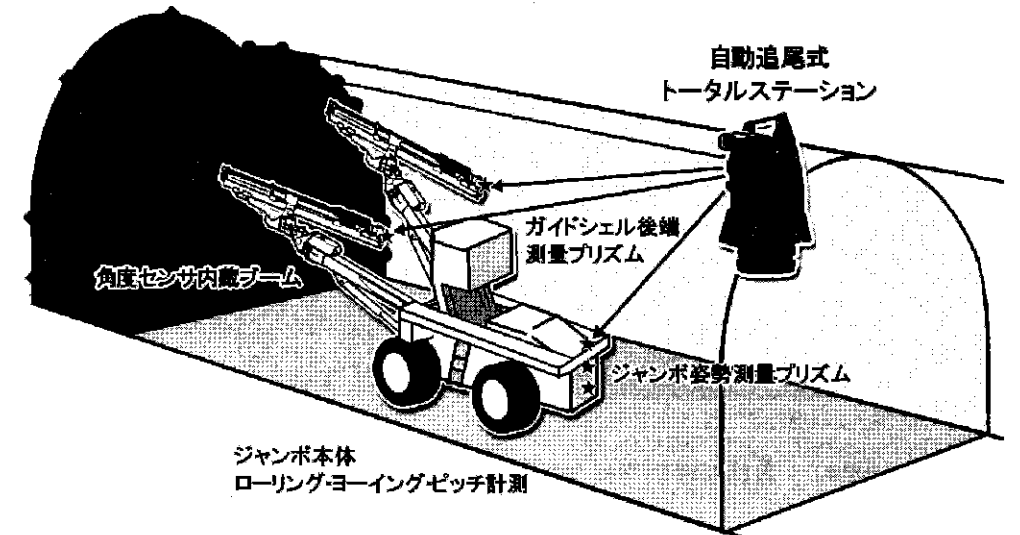
本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
産業機械営業部 TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203
<http://www.mitsuiiike.co.jp> E-mail:sanki@mitsuiiike.co.jp

NETIS登録番号:KK-100049-A

自動追尾式余掘り低減システム

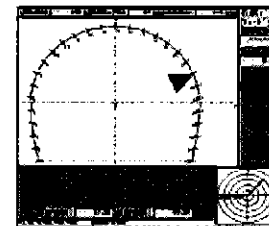
国土交通省 公共工事等における新技術活用システム『NETIS』に登録。

自動追尾式測量器(トータルステーション)との連動により、外周装業孔の高精度さく孔を可能にしました。余掘量の低減に効果を発揮し、余吹き・覆工コンクリート量を低減することが可能です。



ジャンボ本体
ローリング・ヨーイングピッチ計測

■ディスプレイ表示



さく孔位置・さし角表示

1. 最も重要な外周孔(追尾視準範囲)に限定することにより、従来のナビゲーションと比較し低コストを実現しました。
2. ガイドシールの後端のターゲットを自動追尾することにより常に高い精度を得る事ができます。
3. 自動測量により本体セットアップが簡単に行なえます。
4. 操作方法が簡単でオペレータへの特別な教育を必要としません。

多数の採用実績および余掘り低減の実績を有する本システムのご用命は

MAC マック 株式会社

〒272-0832 千葉県市川市菅谷8-16-3
TEL:047-371-3191 FAX:047-371-3190

FRD 古河ロックドリル株式会社
FURUKAWA

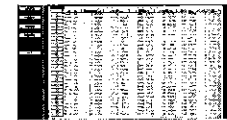
〒103-0027 東京都中央区日本橋1-5-3
特機部
TEL:03-3231-6966 FAX:03-3231-6993

トンネルCIM元年 2015



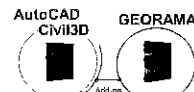
基礎資料の収集

モデル作成に必要なデータや管理したい調査データを収集します。



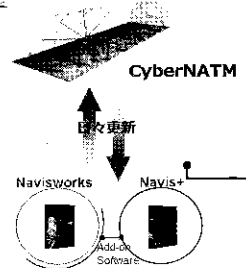
① 初期モデルの作成

基礎資料をもとにCivil3D/GEORAMAを利用してモデル化を行います。



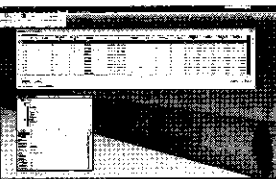
② 施工モデルの作成

計測データや施工属性データをモデル化に反映し、日々の工事状況を可視化、管理していきます。



③ 維持管理モデル

施工時に作成したモデルを利用して維持管理側でも利用します。追加の情報はエクセル等を用いて、その都度更新が可能です。



現在稼働中も含めて多数の実績があります。CIMに関する相談は、下記にお問い合わせ下さい。



株式会社 演算工房
■本社 〒602-8268 京都府京都市上京区智恵光院通中立売下ル山里町 237 番地 3
TEL: 075-417-0100 FAX: 075-417-0200

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6』 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、保水性・保温性が得られます。

実績および採用決定
(平成27年2月現在)

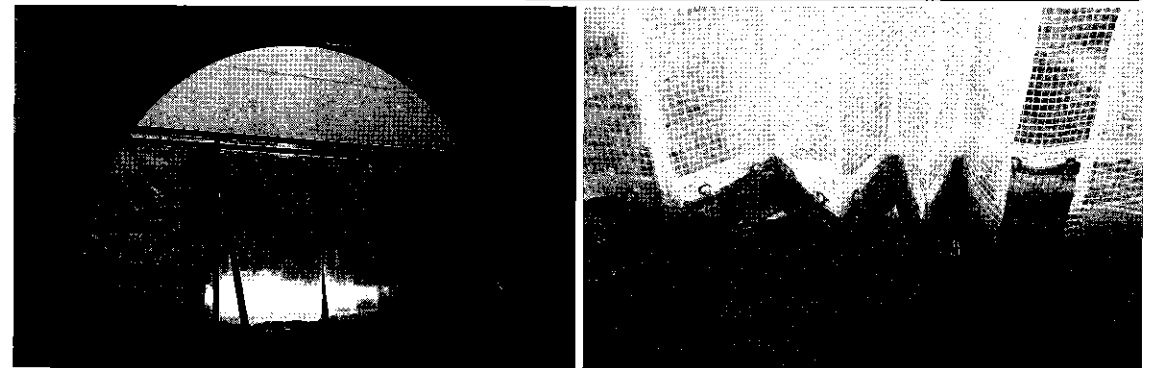
施主	実績	計画物件
国土交通省	45件	11件
NEXCO	9件	6件
その他	35件	10件
合計	89件	27件

【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。

貫通後の通風を防止し、ひび割れを抑制します

『トンネルパーテーション』 NETIS登録:CG-110082-A



トンネル貫通後の坑口部に設置し、通風を防止します。
トンネル全断面を通風遮断シートで覆います。
固定式、移動式と用途に応じて仕様を選定できます。

実績および採用決定
(平成27年2月現在)

施主	実績	計画物件
国土交通省	6件	10件
NEXCO	4件	3件
その他	9件	8件
合計	19件	21件

【効果】

- ・貫通後の通風を防止できます。
- ・坑内温度・湿度を一定にできます。
- ・覆工コンクリートのひび割れが低減できます。

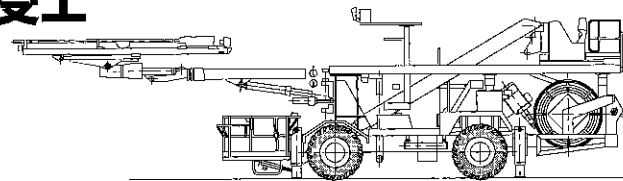
株式会社 マシノ トンネルグループ

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

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO **AGF** System

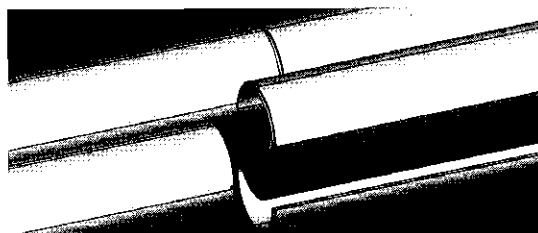
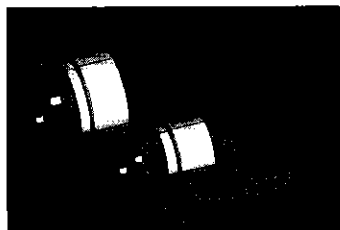
All Ground Fastening;
Long-Distance, Fore-Pilling Method



AGF-Me工法

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

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



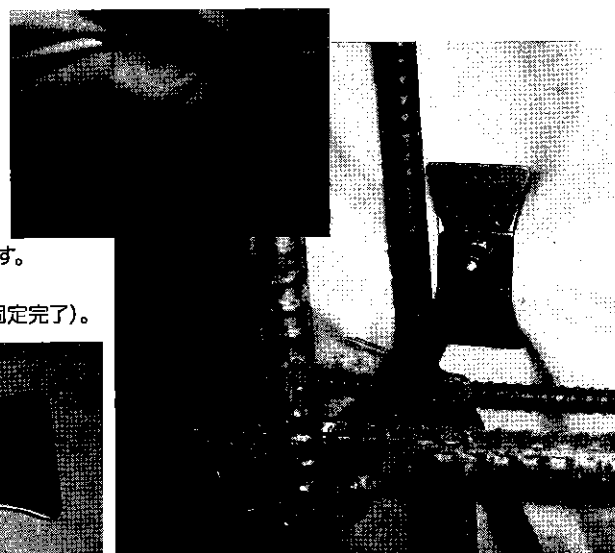
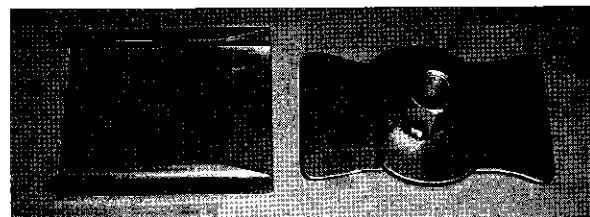
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

固定方法は3ステップ

1. 支保工へ溶接したグリッ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
TOHO KINZOKU Co., LTD

営業部

〒541-0051
大阪府大阪市中央区備後町2-4-9 日本精化ビル2階
Tel: 06-6229-9881 Fax: 06-6229-8150
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)

日本で生まれ、世界へ広がる。 NATMの補助工法

当社は、注入式フォアポーリングや長尺フォアポーリング、長尺鏡ボルトなど山岳トンネル工事の補助工法における樹脂系の注入材のパイオニアとして、数多くの実績を築いてきました。

スーパーSRFは「湧水地山においても水の白濁や泡立ちがなく確実に発泡固結し、湧水に流されることなく効果を発揮する」という他の樹脂系注入材にはない圧倒的な優位性があります。更に、多くの特許を取得しているため、他が追従できない商品です。

補助工法ラインナップ

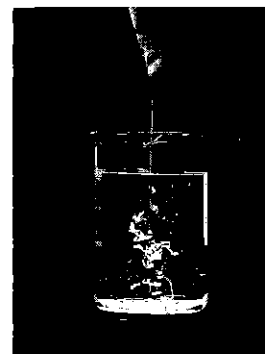
- ⇒ 注入式フォアポーリング
- ⇒ 各種長尺フォアパイリング
- ⇒ 多重式長尺フォアパイリング
- ⇒ エコリムーブ工法
- ⇒ パノラマ工法
(φ60.5MRS, φ76.3, φ89.1)

※特許取得、NETIS登録されている場合がありますので、お問い合わせください。

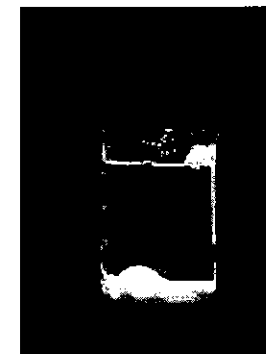
スーパーSRFの優位性

スーパーSRFは、水に溶解、希釈することなく反応して発泡固結体を形成するため、湧水地山においても、水の白濁や泡立ちが発生せず、地山中に沈着し強固に結合するため、湧水に流されることなく卓越した効果を発揮します。これが他の樹脂系注入材には存在しない圧倒的な優位性であり、多くの特許を取得した「唯一無二」の技術です。

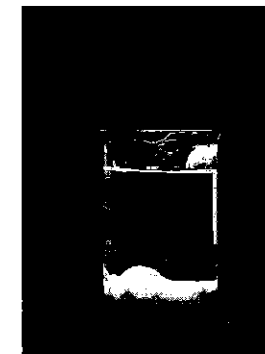
混合直後



3分後



10分後



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.jp/>

技術部・中部営業部

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

東京支店

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

東京支店(仙台事務所)

TEL) 022-344-6041 FAX) 022-344-6042

関西営業所

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

九州営業所

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

北海道地区(株)エイチ・アール・オー

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

快適な作業環境を提供する騒音対策システム
～25年の実績が最大級の安心をご提供いたします～



【防音扉】

HFS型 マークII
HFS型 マークII 10s
HFS型 マークII 10c
HFS型 マークII 15c



防音扉には生産物賠償責任保険(対人)が付いております。

『防音扉マークII』の音響性能

対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	18 dB(A)	13 dB
2基設置	28 dB(A)	19 dB

『防音扉マークII 10s』の音響性能

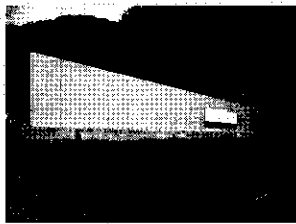
対策	騒音レベル	低周波音圧レベル
1基設置	19 dB(A)	16 dB
2基設置	29 dB(A)	25 dB

『防音扉マークII 10c』の音響性能

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

『防音扉マークII 15c』の音響性能

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



【防音壁】
【防音ハウス】
【防音シェルター】
【防音ボックス】



Sタイプ(スタンダードタイプ)

Dタイプ(デラックスタイプ)

Hタイプ(ハイデラックスタイプ)



『防音パネルSタイプ』の音響性能

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

『防音パネルDタイプ』の音響性能

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

『防音パネルHタイプ』の音響性能

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

防音設備の設計、製造、施工、リース

株式会社ヒューズ

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

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

建設業登録: 東京都知事許可(般-25)第130153号

【建設騒音対策協会】E-mail: souon@fuse-ind.co.jp

月刊推進技術
購読のご案内



年間定期購読料金 **12,337円** 1冊1,130円(本体952円 税76円 送料102円)

わが国のライフラインなどのインフラ整備またはその再構築や新たな地下空間の築造に、掘削残土量やCO₂排出量を抑制し、なおかつ耐震性の高い推進工法のニーズが高まっています。月刊推進技術では、円滑かつ適正に推進工事を行っていただくため、必要とされる技術情報をわかりやすく解説しております。また、推進関連のニュースはどきよりも早く、かつ情報満載でお届けしており、管路敷設に限らず、地下インフラの再構築の計画・設計・施工の業務にお役立ていただける内容となっております。

申込方法

お申込は、郵便局備え付けの払込取扱票に口座番号: 00130-3-576039 加入者名: 株式会社エルエスプランニングとして、通信欄に購読開始月を明記し年間定期購読料金12,337円をお支払いください。
詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたしております。

http://www.lsweb.co.jp/micro-tunnelling/ 月刊推進技術



月刊推進技術 編集室

http://www.lsweb.co.jp/micro-tunnelling/

〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201 株式会社 LSプランニング内
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail akasaka@lsweb.co.jp

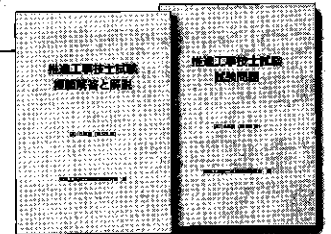
推進工事技士試験 過去13年間(平成14~26年度)

試験問題と模範解答・解説集

推進工事技士試験問題研究会編

推進工事技士試験は、推進工法に係わる技術、技能を適正に認定することを目的に(公社)日本推進技術協会が平成4年度より実施している制度で、管路施工の安全性と品質を確保する上で有益な制度です。

解答付きの解説書に対する受験者の皆様からのご要望に応じて、この程、推進工事技士試験過去問題集を刊行しました。受験対策書としてご利用いただければ幸いです。



平成26年度版発売中!!

1. 内容の特長

- 過去13年間の試験「学科」と「実地」問題を一年単位に収録
- 各年度の試験問題と模範解答・解説集は別冊になっており実力テストに最適
- 解説には設問に採用された図書(推進工法体系)の出典箇所を明記

2. 価格

各年度単位に1set 2,000円(消費税・送料込)

3. 申込方法

本図書のお申込は前金でお願いしています。
ご購入ご希望の方は、郵便局備え付けの払込取扱票に①「通信欄」に購入したい年度と冊数②「ご依頼人」欄に発送先の郵便番号、住所、会社(団体)名、氏名、電話番号を記入して郵便局からお申込下さい。
これらのことをインターネットでご案内しています。 [推進工事技士試験] [検索]

株式会社 LSプランニング

http://www2.ocn.ne.jp/~ls_siken/

〒135-0033 東京都江東区深川2-12-4-201
電話 03-5621-7850 FAX 03-5621-7851 E-mail oda@lsweb.co.jp

好評発売中

地形にも相がある 地形の性質を知ろう!



トンネル技術者のための 地相入門

大島洋志 監修 木谷日出男 編著
B5判 203頁 定価3,200円+税 送料別

図・表・写真 288点収録

山にも人の人相のように山の相がある。地形の性質を知り、事前に危険な箇所を把握することはトンネルを施工する上で重要である。本書のように地形中心にこれほどまとまったトンネル技術書は今までになかった。施工者には施工中に予測される地形上の危険把握のため、発注者にはもっとも安全に施工できる路線選定ため、本書を有効利用いただくことが執筆陣の願いである。

第I編では地形図の読み方を平易にまとめ、第II編ではそれぞれの地形種について施工事例を交え説明している。第III編では監修者の経験を基に路線選定の注意点を施工事例とともに紹介している。

《主要目次》

- 序編 まえがき
地相は人相 山の性状
- 第I編 地形から読み取れる情報
地形から地相を読む方法 / 地形から得る具体的な情報
- 第II編 地形種とトンネルの施工事例
段丘・台地 / 崖錐・沖積錐・扇状地 / 傾斜層 / 地すべり / マスムーブメント・滑落崖 / 断層(断層変位地形) / 断層(断層剝地形) / 火山地形 / カルスト地形・残丘 / 地形改変
- 第III編 路線選定
地相をよく観て路線選定を行う
- あとがきにかえて
座談会

お申し込みは当社へFAX, または、お近くの書店にてお申し込みください

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

ゴムクローラ式エレクトラ付 コンクリート吹付システム
『新型スコピオン NSCPI-TN』



安全・操作性を徹底的に追求した次世代型吹付機!
状況に応じキャッチャーやポンプの選択が可能!

項目	仕様	単位	標準値	オプション	単位	標準値	備考
1. 全長	13450	mm	13450	13450	mm	13450	
2. 全幅	2710	mm	2710	2710	mm	2710	
3. 重量	3500	kg	3500	3500	kg	3500	
4. 最大掘削径	φ800	mm	φ800	φ800	mm	φ800	
5. 最大掘削深	100	m	100	100	m	100	
6. 最大掘削速度	1.5	m/min	1.5	1.5	m/min	1.5	
7. 最大掘削出力	150	kw	150	150	kw	150	
8. 最大掘削圧力	10	MPa	10	10	MPa	10	
9. 最大掘削回転数	100	rpm	100	100	rpm	100	
10. 最大掘削トルク	1500	Nm	1500	1500	Nm	1500	
11. 最大掘削速度	1.5	m/min	1.5	1.5	m/min	1.5	
12. 最大掘削出力	150	kw	150	150	kw	150	
13. 最大掘削圧力	10	MPa	10	10	MPa	10	
14. 最大掘削回転数	100	rpm	100	100	rpm	100	
15. 最大掘削トルク	1500	Nm	1500	1500	Nm	1500	

T&M

Tunnel & Mining

ニシオティードエム株式会社
山田トンネル施工機械等の総合レンタル企業
<http://www.nishio-tm.co.jp>

〒569-0836 大阪府高槻市唐崎西2-26-1

- 北海道営業所 TEL:0133-72-3715
- 東北営業所 TEL:0197-71-2405
- 東日本支店 TEL:0268-62-1426
- 浜松営業所 TEL:0538-66-0166
- 西日本支店 TEL:072-677-2101
- 九州支店 TEL:0982-26-2111
- 福岡営業所 TEL:092-976-6331

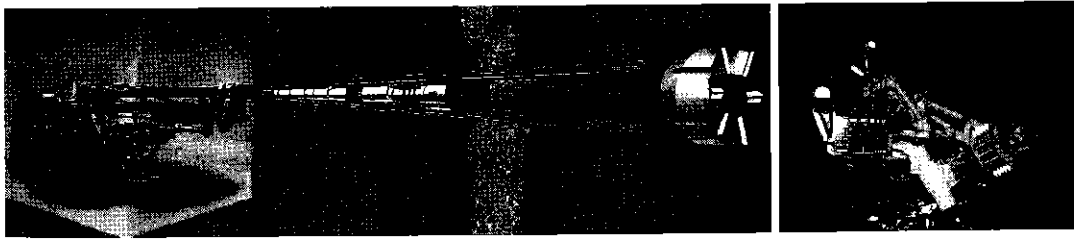


トンネルの掘削や吹付作業において、より簡単に掘削や吹付作業を行うことが可能で、かつ掘削や吹付作業の効率を向上させることができます。また、掘削や吹付作業の安全性を向上させることができます。詳しくは、弊社までお問い合わせください。

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

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



地球に
KOKEN 鉦研工業株式会社

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

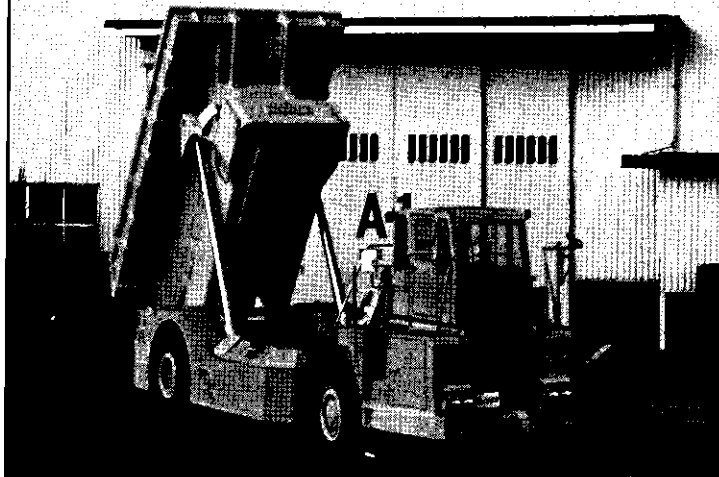
お問合せ先: エンジニアリング本部 エンジニアリング部
TEL 03-6907-7512 FAX 03-6907-7522

<http://www.koken-boring.co.jp>

- 北海道支店: (011) 561-4961 東北支店: (022) 782-6075 信越支店: (025) 275-6877 首都圏事業部: (03) 6907-7511
- 大阪支店: (06) 6385-0350 中国支店: (083) 972-8757 九州支店: (092) 924-5001 海外事業部: (03) 6907-7515

MIWA K-40N KIRUNA

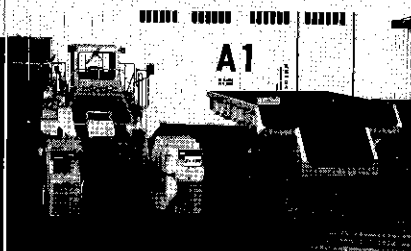
K-40Nトンネルズリ運搬車
オフロード法 2014年排出ガス基準適合エンジン搭載車



最新型コンテナ式運搬車

特徴

1. 工期短縮
2. 運搬車両台数の削減
3. 坑内作業環境の向上
4. ズリ搬出制約の対応
5. 多目的使用



流れすみやかに！トランスポート・イノベーション ミワ・システム車両
三輪運輸工業株式会社

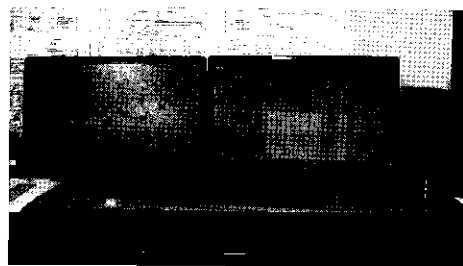
本 社 〒651-0072 神戸市中央区臨浜町 2-1-16
TEL:078-251-5001 FAX:078-251-4525
ブロードカンパニー 〒675-0155 兵庫県加古郡播磨町新島 39
TEL:079-435-5115 FAX:079-435-1565
http://www.miwa-gr.co.jp

ダンプ運行管理システム

技術提案・創意工夫

FOMA回線とGPSを利用したダンプの運行ルート・位置情報を管理するシステムです。

- ・現場毎の条件に合わせたシステム変更に対応致します。
- ・狭隘区間での離合対策に。
- ・速度超過の管理が可能です。
- ・危険箇所での注意喚起アナウンスがセット可能です。
(学校、減速地点、分岐地点、曲がり角、等々)
- ・事務所内のPCでリアルタイムに把握する事が可能です。
- ・搬出時に積載重量を計測する事が可能です。(オプション)
- ・運行ルートを正しく通過したかを把握する事が可能です。
※運転手の意識向上・現場ルールの遵守に役立ち、近隣対策になります。



ICタグ入出坑管理システムも別途あります。
トンネル内でも大型車両までICタグが使用出来ます。



《開発元》
東海プラネット株式会社
東京本社 東京都国分寺市本町2-23-5
ラフォーネ込山3-503
TEL: 042-321-1910 FAX: 042-322-6973
URL: http://www.tokai-planet.co.jp

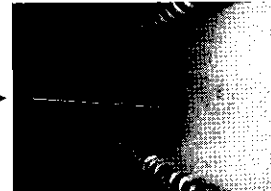
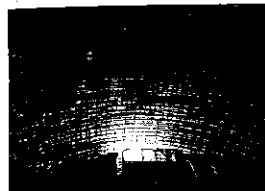


《問い合わせ先》
株式会社アローズ 代表取締役佐川和矢
Mobile: 080-1604-1097 (365days 24h OK)
〒168-0064 東京都杉並区永福2-36-4-107
TEL: 03-3327-7089 FAX: 03-6800-2163
E-mail: ksagawa@arrows-sgw.com
URL: www.arrows-sgw.com

コストダウンを可能にする Kリング・Kプレート

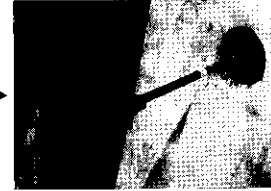
施工方法等詳細については下記までご連絡ください
製造・販売元 **静岡スチール**
〒436-0342 静岡県掛川市上西郷 765-1
TEL: 0537-24-3886 FAX: 0537-24-3859
Mail: ktk@r5.dion.ne.jp

- ①アーチ鉄筋組立金物 (Kリング) 特許出願中 (特願 2001-309314 号)
トンネル覆工工事におけるアーチ鉄筋組立金物。
- ②トンネル覆工鉄筋防水シート接着ジベル筋組立 (Kプレート) 特許出願中 (特願 2015-037746 号)
円型プレートを直接支保工下地防水シートに接着して使用します。Kリングと併用します。



ウォータータイト(全周止水)トンネルにおいて覆工コンクリートの鉄筋を自立させることによって、鉄筋受け架台の鋼製支保工コストの大幅削減を可能にすることができます。

鋼製支保工を設置した場合もKプレートを 사용할ことが可能です。



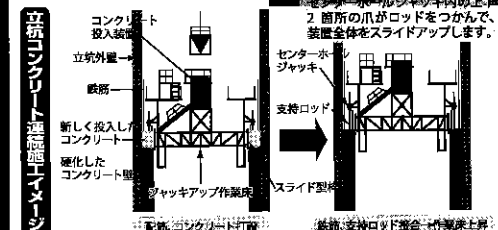
Kプレートで鋼製支保工を固定。架台の鋼製支保工の固定にも使用できます。

スーパージャッキシステム

トンネル・地下工事に貢献!

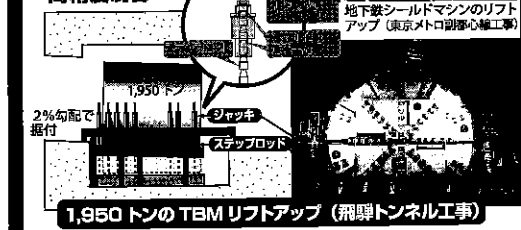
立坑スリップフォーム工法

- コンクリート連続打設で工期短縮
- 型枠・足場組ばらし不要
- 掘削・グラウトスカフォード兼用でコストダウン



シールドマシン・TBMアップダウン

- 安全確実で経済的なステップロッド方式
- イコライザー機構で荷重・変位のバラ付きを解消
- 複数ジャッキを高精度制御

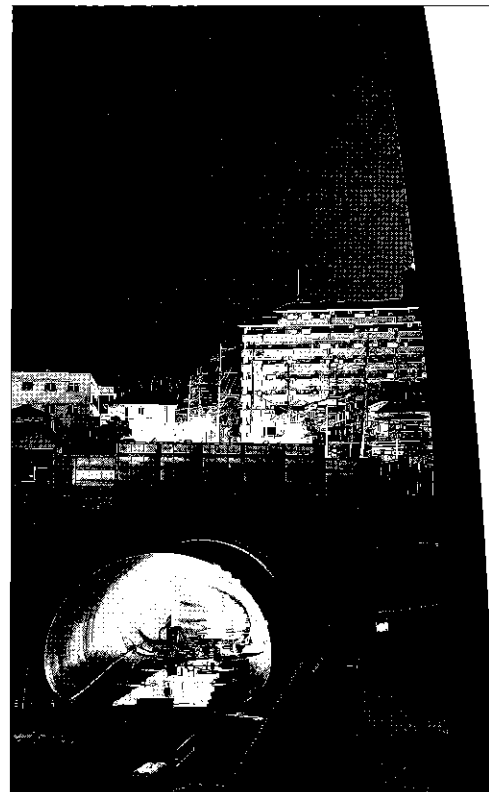


営業品目

■ジャッキリース・オペレータ
■架台・型枠足場 設計・製作・据付工事

JFE シビル 株式会社
JFE 都市基礎営業部 特殊工法グループ

〒111-0051 東京都台東区蔵前2丁目17番4号 (JFE蔵前ビル)
TEL: 03-3864-5293 FAX: 03-3864-7319
URL: http://www.jfe-civil.com/ E-mail: jack@jfe-civil.com



振動 マネージメント ソリューション

近接地に住居が存在する場合、振動の予測と管理を複雑高度な技術に頼らざるを得ません。利害関係は多岐にわたるので失敗をする余地は殆どありません。トンネル、道路、トレンチ、港湾、パイプライン等の掘削は、今後ますますコスト高となり、時間のかかる作業となってきました。

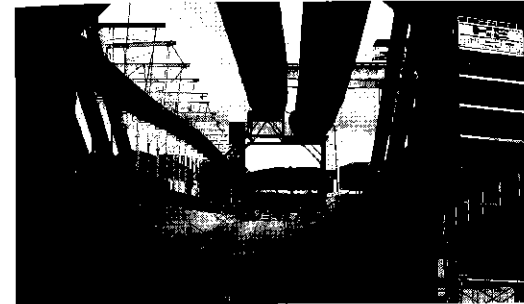
オリカ社は、日々直面するチャレンジに対する方策を見出す為に、全世界の技術研究所と技術力を使って前向きな考え方で取り組んでおります。その成果は電子書管eDevilや発破デザインソフトであるShotPlus-T また、各種の爆薬に表れておりご理解頂けるものと思います。

一日でも早く完工する為に、日々の発破のモデル化、計測そして効率化を図っております。オリカ社がどの様な形で貴社のお手伝い出来るかについてCorica.com/eDevilにアクセスしてeDevil Case Studyのビデオをご覧ください。

orica.com

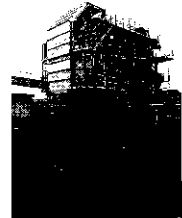


Clever Conveying



Tunnel Diameter: 7,10 m
Min. Radius: 1,000 m
Mineral: EPB
TBM Supplier: Herrenknecht
Conveyor Length: 2,500 m
Belt Width: 1,200 mm
Capacity: 2,000 t/h
Installed Power: 2x355 kW
Belt Storage Capacity: 400 m / vertical

Tunnel Diameter: 11,30 m
Min. Radius: >457 m
Mineral: EPB, Hard Rock
TBM Supplier: Herrenknecht
Conveyor Length: 5,410 m
Belt Width: 1,000 mm / 1,600 mm
Capacity: 1,200 t/h
Installed Power: 4x160 kW, 2x90 kW
Belt Storage Capacity: 2x300 m / horizontal



H+E Logistik GmbH
日本代理店



山崎マシーナリー株式会社

担当: 渡邊

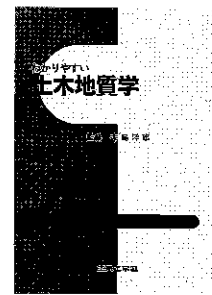
〒438-0216 静岡県磐田市飛平松 216 番地 1
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410

[好評発売中]

わかりやすい 土木地質学

大島洋志 監修

B5判 209頁 本体価格2,500円 税込340円



主要目次

序編 トンネルと地質の関わり

1. 地質学とは、応用地質学とは 2. トンネルと地質

第I編 トンネル工事に必要となる基礎的地質学

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

第II編 トンネル工事と地質条件

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

第III編 地質調査法

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

第IV編 工事を対象とした地質調査の進め方

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

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

株式会社 土木工学社

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

VOLVO 建設機械

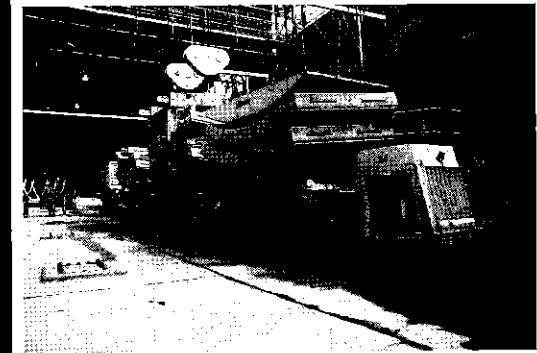
TMS Techni-Metal Systemes

高い作業性とクールなデザインが人気
年々強化される排ガス規制にも対応



ボルボ建機社 日本代理店 担当: 浅野
(直通) TEL0538-66-1215 FAX0538-66-6162

多目的運搬台車
4次オフロード法取得 レールからの解放



TMS社 日本代理店
担当: 渡邊



山崎マシーナリー株式会社

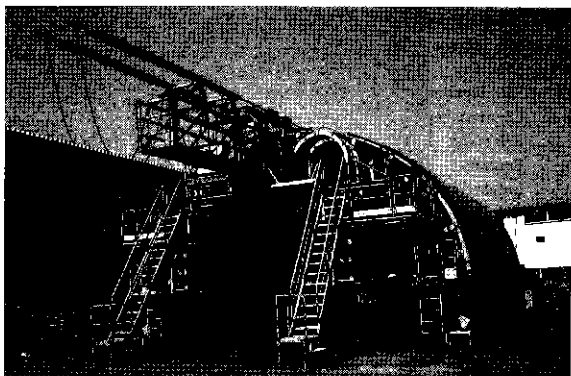
〒438-0216 静岡県磐田市飛平松 216 番地 1
代表 TEL0538-66-1211 FAX0538-66-6410

要求性能を満たす 覆工コンクリートの品質向上技術

鉄筋区間併用タイプ

天端引抜バイブレータ装置

NETIS 登録 No.HR-080001-V
(平成 26 年度活用促進技術)



期待される効果・特徴

- ・トンネルクラウン部の締固めと密充填が出来る
- ・高品質な覆工コンクリートが形成出来る
- ・鉄筋区間で一部主筋をずらして使用することが出来る
(但し、カーブ区間はケーブル式を推奨します)
- ・覆工表面の縮模様を減らすことが出来る

コンクリート湿潤養生システム

NETIS 登録 No.CG-080012-A (製造:株式会社マシノ)



期待される効果・特徴

- ・セントルと養生台車を連続してシートで覆い、坑内通気から遮断し、乾燥収縮クラックを防止する
- ・脱型直後の覆工コンクリートに水を噴霧し、湿潤状態を保持し、初期強度を向上させる
- ・養生中に追加噴霧することで湿潤状態を長期保て、覆工コンクリートの長期強度が増進する
- ・3台連結することにより7日間の湿潤養生が出来る

 **北陸鋼産株式会社**

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

北野工場: 〒936-0806 富山県滑川市北野新 888 番地 TEL076(476)2155 FAX076(476)2177

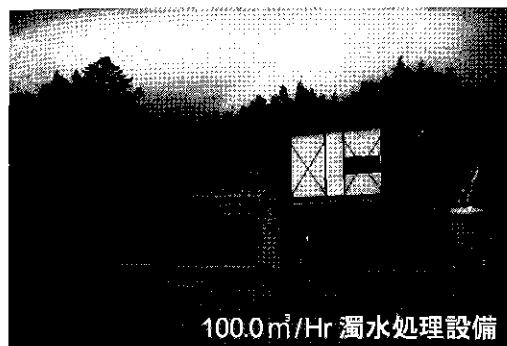
滑川工場: TEL076(476)0333 FAX076(475)9121 東北営業所・工場: TEL0223(32)2420 FAX0223(32)2423

東京支店: TEL03(3851)1016 FAX03(6908)6789 大阪支店: TEL06(4963)3520 FAX06(4963)3521

濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

環境にやさしい TWS 型濁水処理シリーズ

小規模のpH中和装置～ダム骨材用の大規模処理装置まで対応します



100.0m³/Hr 濁水処理設備



複枠式フィルタープレス

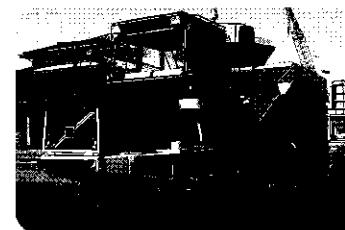
【TWS型濁水処理装置の特徴】

1. シックナーを大型化し、沈降面積を増やし槽内流速を抑えています
2. 複枠式フィルタープレスにより、確実な自動運転を実現しています
3. 砂ろ過装置、高分子自動溶解装置等豊富なオプション設備で様々な条件に対応します

《汎用車輛全般》



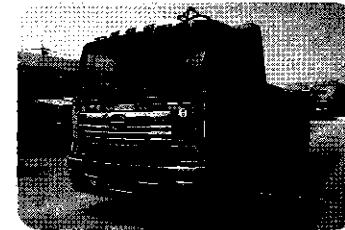
VOLVO ダンプトラック (A25CTS,A25CTR,A20/30CT)



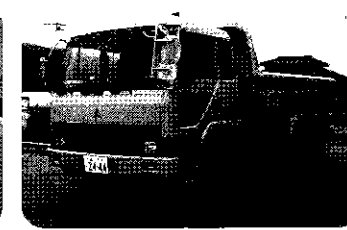
10T ミキサー



4.5m³ベッセル搭載ダンプ



10T 低床ダンプ



10T ダンプ

各種車輛 取り扱っております

 **株式会社 フジテックス**

〒930-0821 富山市飯野 12-1 TEL (076)452-1616(代) FAX(076)452-1617

CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTE

■巻頭言

先進の道路サービスとメンテナンス

岡本 博5

■研究

水圧ハンマを用いた高速ボーリングによる切羽前方探査技術の開発

磐田 吾郎・伊藤 哲・木野村有亮49

■報告

「ITA総会および世界トンネル会議(クロアチア)」報告

日本トンネル技術協会国際委員会ITA統括WG59

■施工

新幹線橋脚フーチング横を離隔40cmでJES函体施工

—横須賀線 住吉こ道橋—

山田 宣彦・本田 諭・星 光紀・齋藤 貴7

自然由来のヒ素を含む大量湧水の減水対策試験

—北薩横断道路 北薩トンネル(出水工区)—

木佐貫浄治・宮本 裕二・鈴木 雅文・辰巳 勇司19

温泉とは？ 温泉の有効利用は？ この1冊であなたの疑問を解決します！！

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 本体価格1,200円(税込1,296円)

【主要目次】 1. バブル景気と『ふるさと創生一億円』 2. バブル崩壊後の温泉景気 3. 温泉とは 4. 温泉の分布と特徴 5. 温泉の成因と寿命 6. 温泉の探査技術 7. 温泉談義アラカルト 8. 外国の温泉 9. 日本の地熱開発 10. 将来の温泉開発と建設の考え方

お申し込みは当社へFAX,または、お近くの書店にてお申し込みください

株式会社 土木工学社 〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16-1 メイジャー神楽坂
TEL 03-3267-2888 FAX 03-3267-2807

ENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

内部補強と外部補強を組み合わせたシールドトンネル変状対策(施工編)

—みなとみらい線 高島トンネル—

杉山 伸康・神保 誠二・桜井 靖彦・横山 顕25

■連載講座

山岳トンネル覆工の長寿命化技術(9)

—覆工の補修・補強(技術①)—

「山岳トンネル覆工の長寿命化技術」連載講座小委員会71

■現場だより

「津軽海峡を望む交通要所のまち」木古内町より

沢藤 尚文18

■語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ

九州の山はいつも移り気

江藤 俊文37

■資料

土木情報

編集部48

工法・技術・製品ニュース

編集部80

トンネルジャーナル

編集部70

トンネルワールドニュース

JTA国際委員会81

■会報

会報

日本トンネル技術協会84

【表紙説明】 内部補強と外部補強を組み合わせたシールドトンネル変状対策(施工編) —みなとみらい線 高島トンネル—



本工事は、みなとみらい線新高島駅付近のトンネルにおいて、変形したトンネルの恒久的な安全性を確保するため、高圧噴射攪拌工法による外部補強工と、補強区間のうち変形がとくに大きい区間に対する二次覆工による内部補強工を併用したトンネル補強工事である。施工上の課題として、営業線内での補強工事であることから列車運行に対する安全性の確保、施工条件に制約がある中での品質の確保、トンネル直上付近で計画されている土地開発に対する安全対策工事として工期短縮が求められた。写真は、セグメント組立て状況である。(写真提供：横浜市)(本文25頁参照)

管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.CB-120032-A

コンクリートトータル養生システム

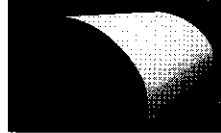
セントル型枠

加温しながら初期強度を上げる
加温養生（型枠）



第二養生

加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



第三養生

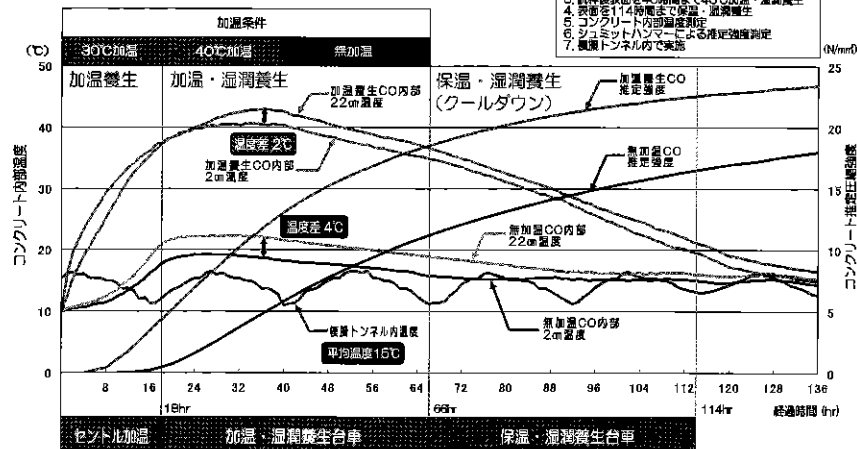
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



コンクリートの強度を予測管理
養生管理システム

コンクリート打設完了から養生完了までのコンクリート内部温度及び推定強度を表示します
必要なコンクリート強度から使用者の判断で任意に加温設定が可能です

◆覆工コンクリート温度・圧縮強度(推定)の推移



岐阜工業株式会社

本社 岐阜県瑞穂市田之上 811 番地 TEL 058-257-1000(代) FAX 058-257-1013
営業部本部 TEL 058-257-1001 東京支店 TEL 03-5836-0531 札幌営業所 TEL 011-374-7027
仙台営業所 TEL 022-259-2239 九州営業所 TEL 092-918-3880 宮古出張所 TEL 0193-77-5472

【製作・販売協力】
TECHNO
テクノプロ株式会社

株式会社 東 宏

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〕

小山 幸 則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

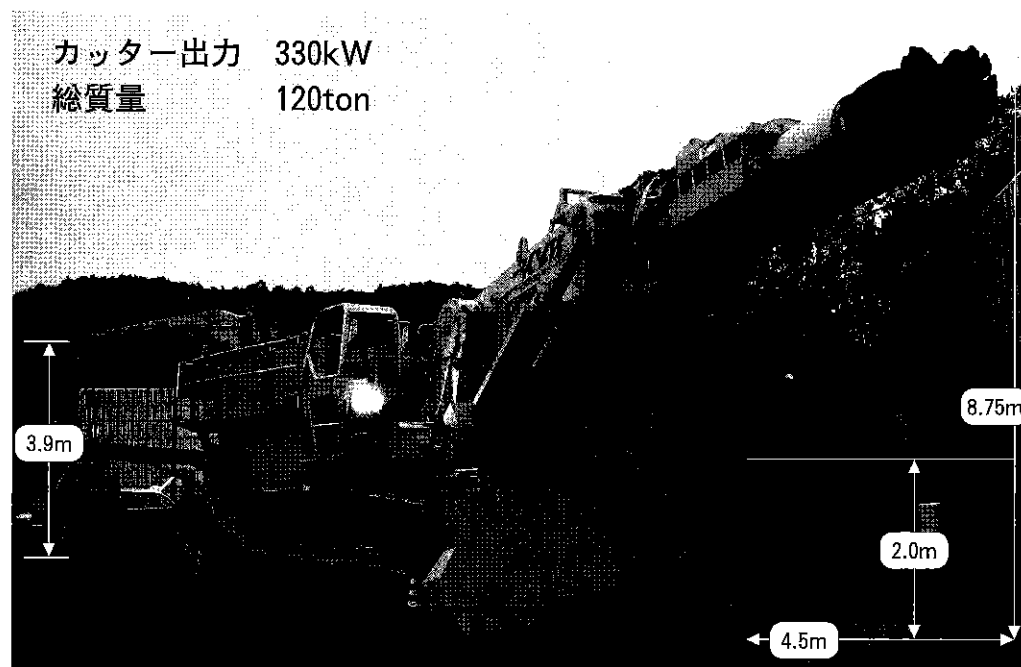
〔幹 事〕

- | | |
|--|---|
| 居 相 好 信
株式会社大林組生産技術本部統括部長 | 西 岡 和 則
鹿島建設株式会社土木管理本部統括技師長
(兼)土木管理本部土木工務部トンネルグループ長 |
| 伊 藤 聡
東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部
改良建設企画課長 | 藤 井 義 文
株式会社竹中土木常務執行役員 |
| 岩 田 美 幸
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官 | 松 原 利 之
飛島建設株式会社土木事業本部
エンジニアリング部部长 |
| 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 | 八 木 弘
株式会社高速道路総合技術研究所参与(外環担当)
道路研究部トンネル研究担当部長 |
| 小 松 敏 彦
前田建設工業株式会社土木事業本部土木部
担当部長(トンネル) | 吉 富 幸 雄
大成建設株式会社土木本部土木技術部
トンネル室参与 |
| 志 岐 寛
清水建設株式会社土木技術本部地下空間統括部
部長 | 渡 邊 修
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 |

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4.5m
- ・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 〒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
カスタマーサービス 相模事業所 〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号 TEL 042-767-2586
大阪支店 〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番地20号TEK第二ビル TEL 06-6387-3371
福岡支店 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル TEL 092-411-4998
三重工場 〒514-0396 三重県津市雲出長常町1129番地11 TEL 059-234-4111

編集委員会の構成 (五十音順・敬称略)

〔編集委員長〕

小山 幸 則 立命館大学総合科学技術研究機構客員教授

〔編集参与〕

大島 洋 志 国際航業株式会社技術本部最高技術顧問 首都大学東京客員教授	松浦 将 行 地方共同法人日本下水道事業団理事
木谷 日出男 国際航業株式会社フェロー技術本部 土木地盤研究担当	山田 隆 昭 株式会社ネクスコ東日本エンジニアリング 常務取締役
今田 徹 東京都立大学名誉教授	

〔委員〕

家壽田 昌 司 東京都下水道局建設部設計調整課長	真下 英 人 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部長
清水 満 東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長	八木 弘 株式会社高速道路総合技術研究所参与(外環担当) 道路研究部トンネル研究担当部長
谷内 雅 之 東京都交通局建設工務部計画改良課長	焼田 真 司 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部トンネル研究室長
中谷 誠 一 東京都水道局建設部工務課長	山本 武 史 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
沼田 敦 東京地下鉄株式会社鉄道本部改良建設部 技術基準担当課長	綿引 秀 夫 東京電力株式会社パワーグリッド・カンパニー 工務部管路・土木技術担当

トンネル二次覆工型枠総合メーカー

スライダ打設システム

特許 第4083308号
NETIS登録 KT120099-A

トンネル天端部懸垂パイプレタ締固め工法

NETIS登録 KK-120003-A

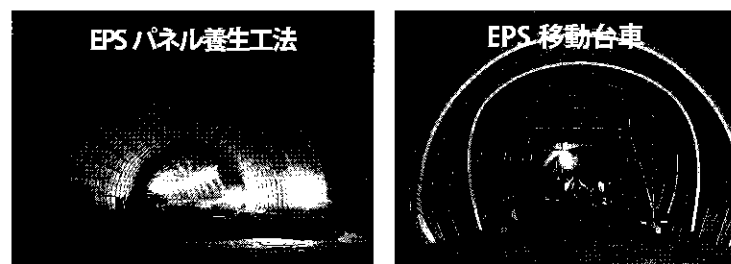
セントル位置・変位自動測定監視システム (セントル監視くん)

特許 第5247491号
NETIS登録 KT-130037-A

型枠パイプレタ集約制御システム DKV-20

NETIS登録 KK-130066-A

新しいタイプの覆工コンクリート養生システム



EPSパネルの保温性、保湿性が効く

実績および計画		
施主	実績	計画中
国土交通省	27	0
NEXCO	6	1
地方自治体	20	6
鉄道・運輸機構	1	0

平成27年8月31日 現在

実施権許諾第 10396号
NETIS登録 (No.CB-090003-VE)

一歩前進! ~限りない未来への挑戦~

大栄工機株式会社

本社 〒526-0842 滋賀県長浜市春近町90番地 TEL 0749-64-0246 FAX 0749-63-6765
URL <http://www.daieikouki.co.jp/> E-Mail: daiei-co@minos.ocn.ne.jp
営業品目 各種鋼製型枠(セントル)の設計・製造・販売 ※詳しくはホームページを御覧ください

トンネルと地下 VOL.46 No.10 掲載概要

新幹線橋脚フーチング横を離隔40cmでJES函体施工 —横須賀線 住吉こ道橋—

東日本旅客鉄道(株) 山田 宣彦

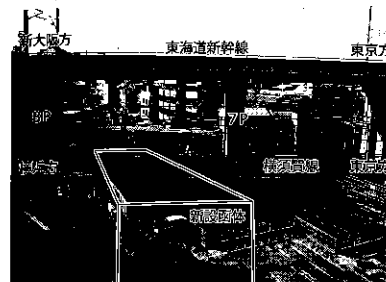
本工事は、品鶴線(横須賀線)品川・西大井間の住吉踏切付近において、東京都市計画道路補助第26号線をアンダーパスにて整備するものである。JR横須賀線と平行して東海道新幹線の高架橋があり、その橋脚基礎フーチングと新設する道路函体との離隔は最小約40cmと過去に例のない近接度である。東海道新幹線橋脚への影響検討、施工時の対策と計測管理について、有識者による設計施工委員会を設置し、事前に十分な議論を行った。

本稿では、新幹線橋脚への影響を最小限に抑えるために採用した、HEP&JES工法についての施工計画検討内容および施工時の構造物計測実績に加え、地下水対策工法の適用状況を報告する。

Build Underpass 40cm Away from A Pile Cap of Shinkansen Viaduct using JES Box Jacking Technique— Yokosuka Line Sumiyoshi Underpass—

By Nobuhiko Yamada, East Japan Railway Company

These works are to build the underpass of the No. 26 secondary road stipulated in Tokyo City Plan in the vicinity of the Sumiyoshi level crossing between Shinagawa and Nishi-Oi on the Hinkaku Line (Yokosuka Line). There is the Tokaido Shinkansen viaduct that runs parallel with the JR Yokosuka Line. The distance



写真は現地状況

between the pile caps of the viaduct and the newly constructed structure is approximately 40 cm at minimum, a proximity that has never been attempted before. The design and construction committee of experts was formed in advance to thoroughly discuss investigations of the effects on the Tokaido Shinkansen viaduct, countermeasures during construction and measurement management.

This report contains information on countermeasures against groundwater in addition to information on contents for investigation of construction plan of the HEP & JES technique adopted in order to minimize the effects on the Shinkansen viaduct and measurement results of viaduct during construction.

自然由来のヒ素を含む大量湧水の減水対策試験 —北薩横断道路 北薩トンネル(出水工区)—

鹿児島県 木佐貫浄治

鹿児島県北西部に位置する北薩トンネルの出水工区においては、掘削中に最大1,200t/hの大量湧水に見舞われ、トンネル貫通後も恒常的に約600t/hの湧水が継続して発生している。その湧水に環境基準値を超過するヒ素が含まれていたことから、恒久的に坑内湧水を減水させる対策が必要となった。

トンネル掘削が完了して土かぶり200mを越える大量湧水箇所において、施工済みの支保構造を取壊しながらウォータータイト構造のトンネルを再構築することは困難であるため、減水対策としてダムのグラウチング技術におけるコンソリデーショングラウチングを採用し、トンネル断面外周に極超微粒子セメントによるリング状の止水ゾーンを形成する方法を提案し、試験施工を実施した。

Water-Reducing Tests for Large Inflow of Water Containing Arsenic Originating from Natural—Hokusatsu Odan Road Hokusatsu Tunnel (Izumi Section)—

By Joji Kisanuki, Kagoshima Prefecture

In the Izumi section of Hokusatsu Tunnel located in the northwest of Kagoshima Prefecture, large inflow of water occurred during excavation with a maximum of 1,200 t/h. There has been continued and constant inflow of water at approximately 600 t/h even after the tunnel was fully penetrated. Due to the fact that inflow-water contained more than a permitted environmental level of arsenic, it is essential to implement countermeasures to constantly reduce water in the tunnel.

We adopted consolidation grouting of dam grouting technique as a measure to reduce water because it is difficult to reconstruct the watertight tunnel while removing installed supports of tunnel at groundwater-discharge area 200 m under the surface. We implemented test construction after proposed the technique to form ring-shaped water blocking zone around tunnel using extremely-superfine particle cement.

写真はインバート掘削時の底面湧水状況

本工事は、みなとみらい線新高島駅付近のトンネルにおいて、変形したトンネルの恒久的な安全性を確保するため、高圧噴射攪拌工法による外部補強工と、補強区間のうち変形がとくに大きい区間に対する二次覆工による内部補強工を併用したトンネル補強工事である。

外部補強では、施工中のトンネル変位などについて自動計測による安全管理、高粘着力地盤における改良体の品質、出来形管理がおもな課題であった。内部補強では、新工法での施工ということもあり、トンネル内仮設物などの安全管理、品質や工程確保のための施工計画の確立がおもな課題であった。外部補強、内部補強ともに諸課題に対して試験施工を実施するなど、施工プロセスにおけるPDCAサイクルを機能させることで、安全、品質、工程の確保に努めた。

本稿では、前回の設計編に引続きトンネル補強工事の施工概要について報告する。

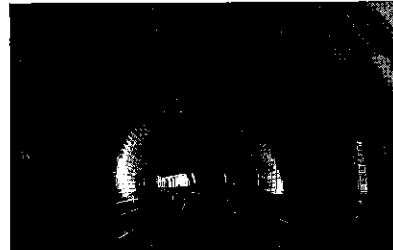
Measures that Combined Internal and External Reinforcement against Deformation of Shield Tunnel (Construction Phase)—Minatomirai Line Takashima Tunnel—

By Nobuyasu Sugiyama, Yokohama City

These were tunnel reinforcement works in order to ensure permanent safety in the deformed tunnel, both external reinforcement works using the high-pressure jet mixing technique and internal reinforcement works through a secondary lining implemented for the particularly large deformed section in the vicinity of Shin-Takashima Station on the Minatomirai Line.

The main issues in external reinforcements were safety management with automatic measurements of tunnel deformation during construction, quality of improvement in the ground with high cohesion and management of finished dimension. The main issues in internal reinforcements were the establishment of plan for safety management of temporary structures in the tunnel and plan for construction in order to secure quality and schedule as new construction technique. Efforts were made to ensure safety, quality and schedule by making use of the PDCA cycle in the construction process such as conducting trial construction to deal with issues for both internal and external reinforcement.

This report contains an outline of construction works to reinforce the tunnel continuing on from the previous design edition.



写真は内部補強完成状況

トンネル切羽から行うノンコア前方探査の施工時間と頻度を削減するため、水圧ハンマを搭載したロングフィードボーリングマシンによる高速ノンコア削孔システムを開発した。エネルギーロスが少ない水圧ハンマの採用と、ロングフィードによるロッド継ぎ回数削減により、長距離を短時間で削孔できる。地山状況は、水圧ハンマの削孔データから推定する。先端駆動型の水圧ハンマは、地山や削孔条件により打撃が複雑に変化するため、得られる削孔データからその打撃状況を的確に判断し、地山評価を行う手法を考案した。

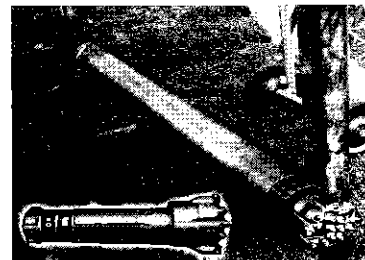
本稿では、当システムの削孔性能と地山評価の妥当性について述べる。

Development of Geological Exploration Technology Ahead of Tunnel Face using New Rapid Drilling System with Water-Powered Hammer

By Goro Iwata, Obayashi Corporation

We have developed the rapid non-core drilling system using a long feed drills equipped with water-powered hammer in order to reduce the frequency and time of exploration of ahead geological condition that is conducted from tunnel face using non-core drill. It is possible to drill a longer hole in less time than before by equipping with water-powered hammer characterized by low energy loss and reducing relays of rods by using long ones. Ground status is estimated from drilling data of water-powered hammer. Hammering energy of head-driven water-powered hammer changes accurately depending on conditions of ground or drilling works. We developed the technology that evaluates ground condition by judging precisely hammering status from boring data obtained.

This report contains information on the validity of this system's drilling ability and ground evaluation.



写真は水圧ハンマwassaraW80HD

第41回国際トンネル協会(ITA)の総会は、2015年5月22~27日にクロアチアのドゥブロブニクで開催され、加盟72か国中、54か国が参加した。また、総会にあわせて開催された2015年世界トンネル会議(WTC)は、「南東ヨーロッパ地域におけるトンネルの促進(Promoting Tunnelling in SEE Region)」のテーマのもとで71か国、1,543名の参加者があった。

本稿では、ITA総会およびWTCのうち、ITAの全体的な動向およびワーキング(WG)などの技術的側面の活動に関する概要を報告する

ITA General Assembly and World Tunnel Congress (Croatia) Report By Japan Tunnelling Association

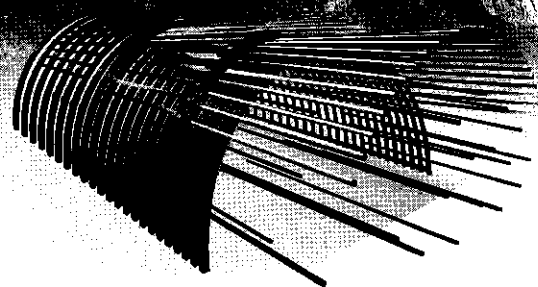
The International Tunnelling and Underground Space Association (ITA-AITES) held its 41th meeting in Dubrovnik, Croatia from 22th to 27th May, 2015 with participants from 54 of the 72 member nations. The World Tunnel Congress (WTC) 2015 which was held in conjunction with the meeting had 1,543 participants from 71 nations with the theme of "Promoting Tunnelling in south east Europe region".

This report outlines overall ITA trends and the technical activities of working groups and so on at the ITA meeting and the WTC.



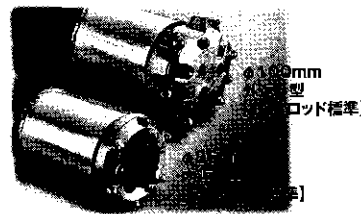
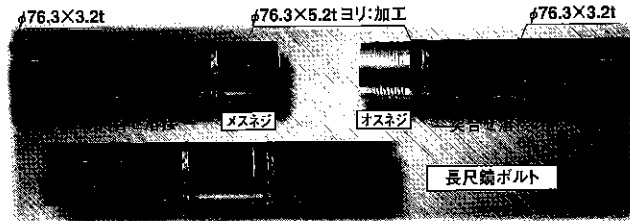
写真は第41回 ITA総会会場

ユニークな発想でVEを提案



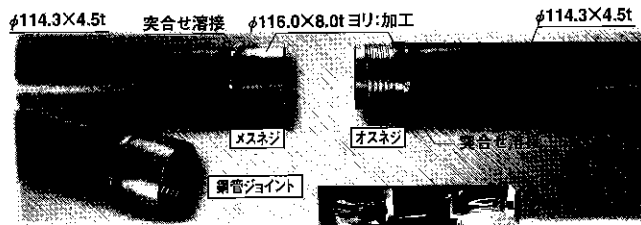
FIXチューブ(S型)

- ※長尺鏡ボルトは凹み面状の鋼管で周辺地山をしっかりとFIXします。
- ※長尺フォアパイリングのねじ強度改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



AGF-STD工法

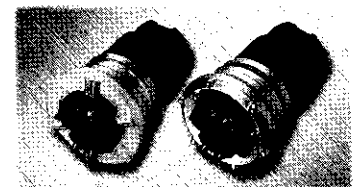
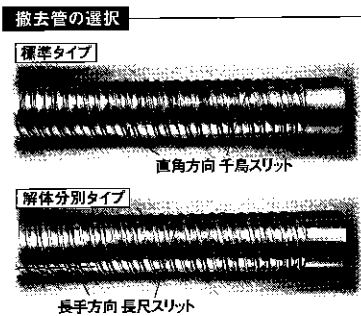
- ※軽量化による作業性とねじ強度の改善!
- ※鋼製シースで環境に優しい無拡幅施工!



曲げ耐力30%UP!!



接続部の抗折力試験



STD BITS (ロッドリング方式)

標準	鋼管径	リング径(外径)
100A	φ114.3	φ124

注入材・その他工法

- ※ウレタン系注入材: NEW-TSRF、NEW-TBU
- ※セメント系注入材: コロイダルスーパー、デンカES
- ※セメント系充填材: デンカPモル
- ※高速フォアボーリング: SP-IF工法
- ※高速ルートパイル: SPフィックスパイル工法
- ※φ27.2注入管、自穿孔ボルト各種在庫あり



エステーエンジニアリング株式会社

ST ENGINEERING CORPORATION

〒581-0833 大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2

TEL:072-990-0250 FAX:072-990-0251

http://www.st-eng.co.jp

巻頭言

(題字 佐藤信彦会長)



先進の道路サービスとメンテナンス

阪神高速道路(株)常務執行役員

岡本 博

阪神高速道路公団が民営化され、阪神高速道路(株)としてスタートしてから10年が経ちました。「先進の道路サービスへ」を企業理念として、安全・安心・快適なネットワークを通じてお客様の満足を実現し、関西の暮らしや経済の発展に貢献することを目指しています。この中でも、道路の適切なメンテナンスはもっとも基本で重要な業務の一つです。

高度成長期を通じて大量に建設された道路の維持管理・補修の重要性が再認識される時代となりました。国土交通省は2013(平成25)年を「メンテナンス元年」と位置づけ、社会資本の老朽化対策やメンテナンスの重要性を強調しています。2014(平成26)年4月には、社会資本整備審議会から「最後の警告—今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切れ」という道路の老朽化対策の本格実施に関する提言が出されました。この中では、2012(平成24)年12月、中央自動車道笹子トンネル上り線で天井板落下事故が発生、9人の尊い命が犠牲となり、長期にわたって通行止めとなったことが、老朽化時代が本格的に到来したことを告げる警鐘として挙げられています。

高速道路については老朽化対策として、民営化時に2050年までとされていた料金徴収期間を15年間延長し、大規模な更新・修繕の費用を捻出する法改正が、2014(平成26)年5月になされました。

阪神高速道路についても、供用中総延長259kmのうち橋梁が209kmで、約3割にあたる83kmの構造物が40年を経過しています。約5kmについては、重大な損傷が生じている橋を耐久性の高い構造の橋に架け替えるなど、大規模な更新が必要で、約1,500億円の費用がかかると見込まれます。また約57kmについては、通常の補修工事では構造物の健全性を高めることができず、大規模な補修が必要で、約2,200億円の事業費が見込まれます。これらの事業について、道路整備特別措置法などの手続きを経て詳細な調査・設計に着手しています。

ここで取り上げている大規模更新などの対象は橋梁が中心ですが、阪神高速ではトンネル区間が28kmあり、交通量が多い都市内トンネルの設備の老朽化対策、機能向上対策もきわめて重要です。

笹子トンネルの天井版落下事故を踏まえ、阪神高速でも天井版撤去を実施しています。まず、新神戸トンネル北行きの4.8kmについて、老朽化したトンネル覆工コンクリートの補強工事に合わせて、天井版の撤去工事を行いました。工事は、安全を確保しつつ交通への影響を最小限に抑えるため、2014(平成26)年9月1日～10月11日の午後11時20分～午前6時、夜間通行止めで実施しました。このトンネルは、笹子トンネルのような吊り天井方式部分は250mしかなく、大部分はRC天井版を両側壁の受け台で支える形式でしたが、供用後約37年が経過し、将来の天井版の劣化によるコンクリート片の剥落が懸念されました。一方で、現在の排ガス状況ではジェットファンによる縦流換気方式でも対応できることから、より安全性を高めるため、天井版を撤去することとしました。撤去工事は、多軸台車という荷台にジャッキ設備を搭載した大型車両を用いて、天井版を下から支えながら切断し、トレーラーに移し替えてトンネル外に搬出する方法で行いました。午後11時20分の通行止め開始から4時間40分の間で天井版切断・撤去・運搬作業を行い、午前4時から路面清掃し、午前6時には交通解放するという非常に厳しい時間制約の中でした。狭くて長いトンネルの中で、厳しい時間制約のもとに多軸台車を中心とする6つのパーティが同時並行作業を行うという難工事でしたが、無事工期内に終了できたことについて関係者のご努力に敬意を表します。今後社会資本の維持更新工事が増加する中で、施工関係者の技術力と工夫が重要とされる好事例といえるでしょう。さらに、2015(平成27)年度には神戸山手線の神戸長田トンネル(上下線計4,400m)についても天井版の撤去工事を実施する予定で、既に工事契約を済ませ、現在具体的な工事方法などについて検討中です。

天井版以外にも、トンネル内には、安全・快適な交通確保のために、照明・換気・火災対策・通信・監視・避難誘導などのさまざまな設備が設置されています。これらの設備が必要となるときに適正に稼働するためには、常日頃の点検と修繕が不可欠です。阪神高速では、これらの点検が効率的に行えるような新技術の開発活用にも取り組んでいます。例えば、火災時の水噴霧装置について、交通規制なしに点検ができるような装置やジェットファンの異常振動検知装置などがあります。

今後、老朽化したトンネル本体と設備の点検・補修・改良がますます増加すると思われます。「先進の道路サービスへ」のためには、常日頃の点検の一層の合理化・効率化が求められます。また、厳しい制約下での修繕・更新工事が必要とされます。阪神高速では、維持修繕更新に関する技術提案を公募型共同研究として積極的に取り入れようとしています。建設業界では、修繕工事は新設工事と比べて手間がかかり、利益が出にくいとされていますが、メンテナンスに関する技術開発や既存技術活用の工夫を促進し、努力を適切に評価できるよう取り組みたいと考えています。関係する皆様のご協力をよろしくお願いいたします。

施工

新幹線橋脚フーチング横を離隔40cmでJES 函体施工

—横須賀線 住吉こ道橋—

東日本旅客鉄道(株)構造技術センター地下・トンネル構造グループ 山田 宣彦
 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所工事管理室地下・トンネル構造副課長 本田 諭
 鉄建・ジェイアール東海建設共同企業体現場代理人 星 光紀
 東日本旅客鉄道(株)構造技術センター地下・トンネル構造グループ課長 齋藤 貴

1 はじめに

東京都が整備を進めている都市計画道路補助第26号線は、品川区東大井1丁目を起点とし、板橋区水川町を終点とする延長約22.4kmの都市計画道路である。

大崎駅構内住吉こ道橋は図-1に示す品鶴線(JR横須賀線)品川・西大井間の住吉踏切付近において、補助第26号線をJES函体とボックスカルバートによるアンダーパスとして整備するものである。

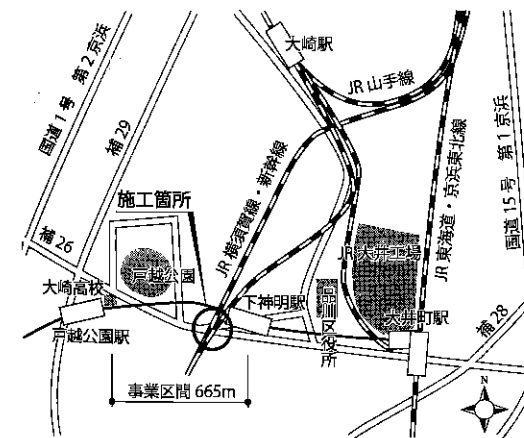


図-1 施工場所概略図

なお、アンダーパスは車道部のみであり、自転車道と歩道はこ線人道橋を整備して、住吉踏切の除却を行う計画である。

施工箇所は、JR横須賀線(以下「横須賀線」という)と平行して東海道新幹線の高架橋があり、その橋脚基礎フーチングと新設する道路函体との離隔は最小約40cmと過去に例のない近接度である。そのため、小断面の鋼製エレメント(以下「エレメント」という)を順次掘進し、地表面の変状だけでなく、近接構造物への影響を抑えることが可能なHEP & JES工法を採用した。HEP工法(High speed Element Pull Method)とはエレメントを到達側からけん引施工する工法である(図-2)。

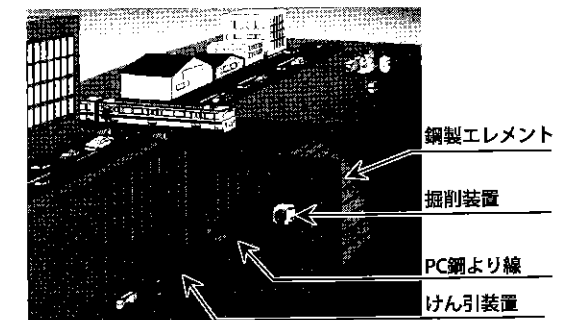


図-2 HEP & JES工法の概要図

2) JES工法 (Jointed Element Structure Method)とは、特殊な継手(JES継手)を有する小断面のエレメントを順次地盤中に挿入し、継手部をグラウト充填により一体化したのち、エレメント内にコンクリートを充填し構造物を構築する工法である。また、当該箇所は地下水位が高いためエレメントけん引時を含めた地下水対策が必要となった。検討の結果、薬液注入工法と比べて近接構造物への影響が少ない地下水位低下工法を採用した。

本稿は、既設東海道新幹線橋脚基礎に近接して施工したHEP & JES工法についての施工計画検討内容および構造物計測実績に加え、地下水対策工法の適用状況を報告するものである。

2 構造概要

2-1 全体概要

本工事は、写真-1、図-3, 4に示すように、横須賀線、東海道新幹線高架橋および側道(区道)下をHEP & JES工法により函体を構築し、接続するRCボックスカルバートを開削工法にて構築するものである。なお、こ線人道橋については、横須賀線直上、東海道新幹線高架橋下に位置し、基礎の一部をボックスカルバート上に設置する計画としている。

2-2 JES函体の構造形式

構造物のおもな諸元を、以下に示す。
 構造形式：1層1径間ボックスカルバート
 構造寸法：幅11.5m、高さ7.7m、延長31.6m
 土かぶり：施工基面高より0.57m
 (横須賀線直下)

エレメント掘進は、発進立坑側から側道下部、東海道新幹線高架部(空伏せ部)、横須賀線下部に区分した(図-5)。エレメントは高さ0.85mとし、上床版、下床版は掘進本数を減らすためエレメント幅を2.07mと通常の2倍の幅(以下「Wエレメント」という)で計画した。とくに、上床版は横須賀線下を夜間線路閉鎖間合いで施工するため、Wエレメントとすることは工期的に有利である。側壁エレメントは、高さ1.46m×幅0.85mとした(図-6)。



写真-1 現地状況写真

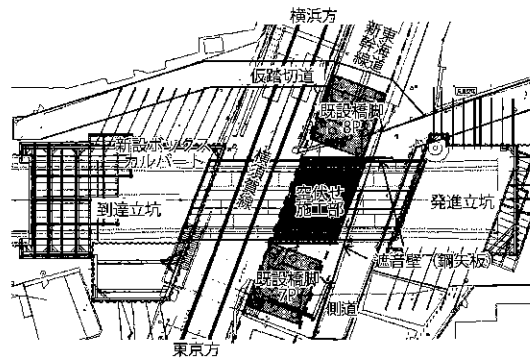


図-3 全体平面図

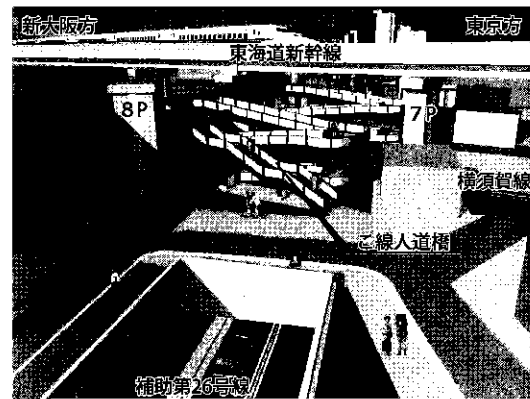


図-4 完成パース

2-3 地盤条件

地質柱状図を図-5に示す。

上部より関東ローム層(Lm, Lc)、武蔵野段丘礫層(Mg)、東京層(Tos1, Toc, Tos2)で構成されており、武蔵野礫層(Mg)までの地盤が本工事の掘削対象層となる。

なお、地下水位については、下床版付近の武蔵

野礫層が被圧されており、自然水位がGL-4.60mと側壁中段の高さとなっているため、エレメント掘進時における地下水対策が必要となった。

3 東海道新幹線高架橋への影響

3-1 設計施工委員会による検討

新設するJES函体と東海道新幹線の橋脚基礎フーチングが非常に近接しているため、東海道新幹線橋脚(以下「新幹線橋脚」という)への影響検討、施工時の対策と計測管理について、京都大学の小山幸則教授を委員長とする設計施工委員会を設置し検討を行った。委員会では、新幹線橋脚への影響を最小限に抑える施工法として、HEP & JES工法を採用することとし、対策として以下の内容を実施することとした。

- ① エレメント掘進時の新幹線橋脚への影響を抑制するため、東海道新幹線高架部について遮断壁を設置する。
- ② 遮断壁の鋼矢板を土留めとして、あらかじめ上床版の下端まで掘削し、エレメントを空伏せにて設置する(以下「空伏せ部」という)。
- ③ 地下水対策として、薬液注入では、注入自体が新幹線橋脚に影響を与えることが懸念されるため、地下水位低下工法(ディープウェル工法、リチャージ工法を併用)を採用する。

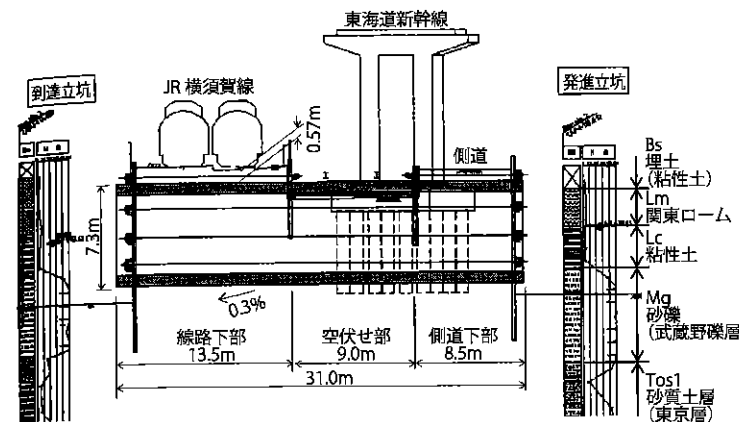


図-5 JES函体側面図

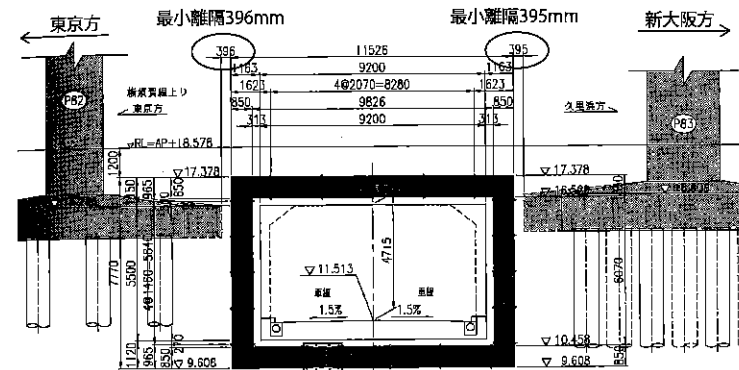
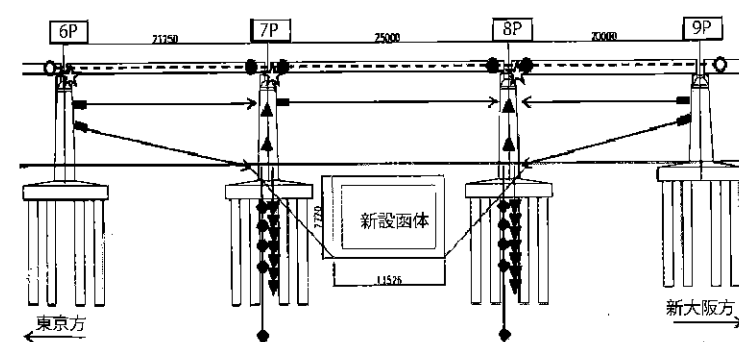


図-6 JES函体断面図(空伏せ部)



計測対象	使用計器	凡例	管理値
桁の水平・鉛直の変位	ラインゲージ (基準点)	○	○
	ラインゲージ (計測点)	●	
橋脚間の距離	レーザー距離計	☐	
橋脚の傾斜	レーザー距離計	▲	
沓座の動き	変位計	☆	○
地盤の鉛直変位	層別沈下計	⊙	
地盤の水平変位	多段式傾斜計	▼	○

図-7 新幹線橋脚計測器の配置図

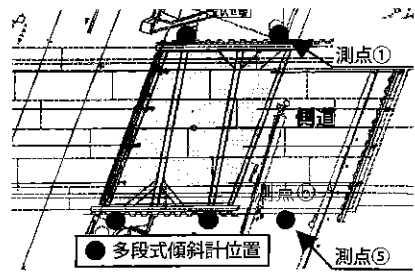


図-8 多段式傾斜計の配置

3-2 影響検討と計測管理

新幹線橋脚の計測管理項目は、以下の3項目とした。

- ① 軌道管理目標値から定まる項目。
- ② 杭部材の変位から定まる項目。
- ③ 支承部の可動範囲から定まる項目。

計測機器の配置を図-7に示す。

遮断壁の挙動および側道下の地盤影響を把握し、予測解析結果と比較するため、JR東日本にて図-8のように多段式傾斜計を設置し、遮断壁背面および遮断壁のない箇所の計測を行った。なお、新幹線橋脚の計測については、JR東海にて実施している。

4 施工計画

4-1 遮断壁設置

エレメント掘進による新幹線橋脚への影響抑制を目的とした遮断壁を打設した。遮断壁は、鋼矢板IV型を基本としたが、新幹線橋脚のフーチングと新設函体の離隔が、最小約40cmと狭隘であるため、図-9のように部分的に鋼矢板Ⅲ型とした。

4-2 空伏せ部掘削

遮断壁として打設した鋼矢板を土留めとして活用し、支保工(1段梁)を設置しながら、上床版エレメント下面高さまで掘削し、エレメントを空伏せ施工する計画とした。これにより、エレメント掘進に伴う新幹線橋脚への影響の抑制を図った。なお、空伏せ部掘削では、鋼矢板の変位

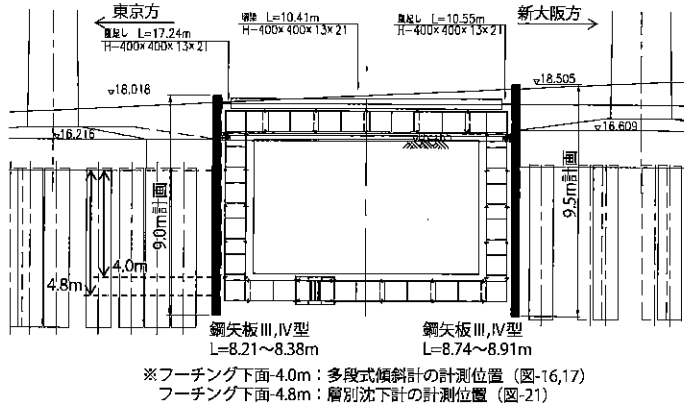
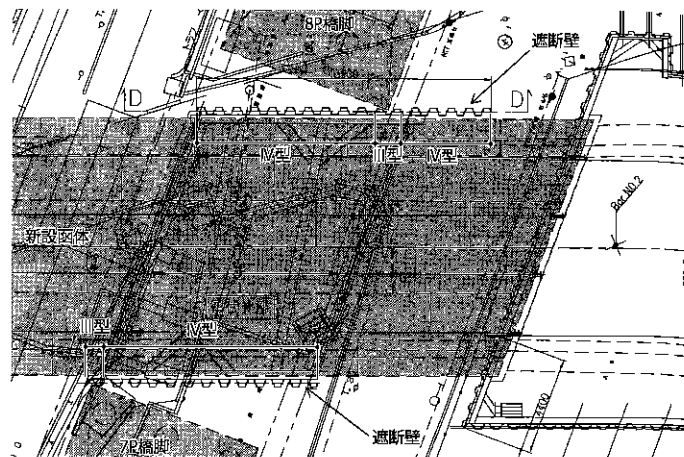


図-9 遮断壁配置図(上:平面図, 下:断面図)

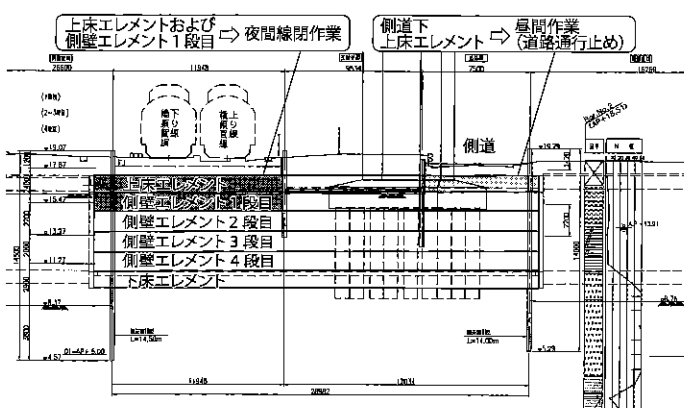


図-10 作業時間帯区分(JES函体側面図)

を抑えるため、初期の掘削を最小限に留めることとし、支保工設置箇所のみ先行して溝掘りし、支保工設置後に全体の掘削を行う計画とした。

4-3 エレメント掘進の作業時間帯

掘進作業は、人力掘進を基本とした。図-10に

エレメント掘進の作業時間帯を示す。側道下については、上床版エレメント掘進時は車両通行止めとし、昼間作業で施工した。空伏せ部の施工は、4-2節に示したように、開削後にエレメントをけん引する作業であり、新幹線橋脚への影響がないため昼間作業とした。

また、横須賀線の軌道下については、土かぶりが2.0m以下となる上床版および側壁1段目の掘進は、夜間線路閉鎖間合(貨物列車の有無によって、0:33~2:36、もしくは0:24~4:28)での施工を行った。側壁2段目以降のエレメントは、昼間作業による掘進とした。

4-4 側壁エレメントの裏込め注入

エレメント掘進時の地山の乱れや人力掘進時の余掘りにより、エレメントと地山の間に空隙が生じることがある。この空隙を裏込め注入により充填することは重要である。側壁エレメント施工時の裏込め注入は、通常、側壁の施工完了後に実施するが、本工事では、新幹線橋脚基礎への影響に配慮し、1本ごとに裏込め注入を行うとともに、函体内面側に対しても裏込め注入を行うこととした。注入材は、函体外面側にJETMS、内面側にe-soilを採用した。注入に際しては、注入圧上限値Pを0.01MPa(≒0.57m(土かぶり)×16kN/m³×0.8)として、圧力を管理することとした。

5 高架橋の計測管理

5-1 軌道に関する管理項目

軌道に関する管理項目は、高架橋桁に取り付けたラインゲージによる桁の水平変位および鉛直変位とし、計測を行った。ラインゲージは、隣接する6P橋脚、9P橋脚に不動点を設置し、7P橋脚および8P橋脚上の起点方、終点方をそれぞれ計測した。

5-1-1 水平変位

ラインゲージによる桁の水平変位の計測結果を図-11に示す。図中のA~Gは、各記号に対応するエレメントの掘進期間を記載しており、対応するエレメント名を図-12に示す。

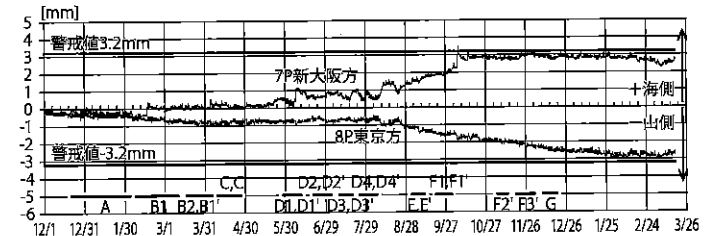


図-11 桁の水平変位(ラインゲージ)

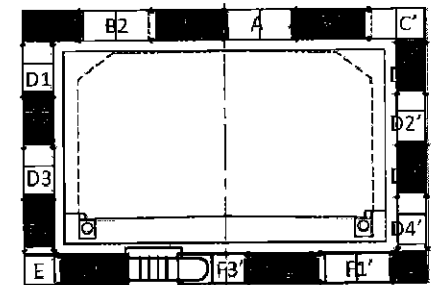


図-12 JESエレメント割付け図

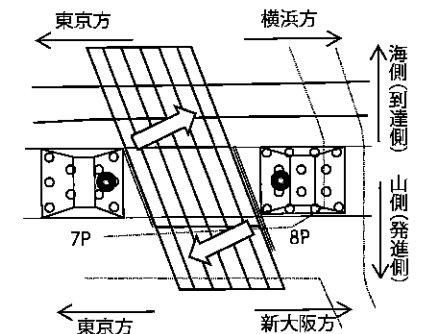


図-13 橋脚傾斜方向のイメージ

水平変位は、7P橋脚が海側へ、8P橋脚が山側へそれぞれ変位しており、いずれも下床版施工時(E, E', F1, F1')に3mm程度の変位が生じている。

7P橋脚と8P橋脚が、それぞれ逆方向への変位が計測されている要因として、図-13に示すように、新幹線高架橋と新設函体が斜角(約70°)を有しているため、それぞれの橋脚が新設函体に対して、直角方向に変位したことにより、その変位量の橋軸直角方向成分が計測されたことが想定された。そこで、橋脚全体の変位を検証するため、桁の水平変位の計測結果を検証する目的で測定した。橋脚の傾斜および多段式傾斜計による地盤の水平変位の計測値を確認した。図-14~17に計測

値を示す。

図-14に示す橋脚の橋軸直角方向の傾斜については、7P橋脚は同じ方向へ若干の変位は見られるものの、8P橋脚では、8P橋脚は上部で桁の水平変位と同様に山

側への傾斜傾向が見られる一方で、7P橋脚は同じ方向へ若干の変位は見られるものの、8P橋脚の変位量と比べて小さい。図-15に示す橋軸方向の傾斜については、7P橋脚はほとんど変位が生じなかったが、8P橋脚に2mm程度の変位が計測された。

図-16, 17に示す地盤変位については、両橋脚ともに、フーチング直下において、橋脚の傾斜と同様の方向の変位が観測され、杭先端(フーチング下面-4.0m)付近では変位が生じなかった。両橋脚とも地盤変位は、側壁エレメント掘進時から始まっていた。一方、橋脚の傾斜および桁ラインゲージの変位は下床版エレメント施工時より計測値が大きくなっている。このことから、側壁エレメントの掘進以降、エレメント掘進とともに側方の地山が緩められ、橋脚フーチング付近の地盤が新設函体方向へ変位し、その影響が、橋脚の傾斜および天端の変位として順次観測されたと考えられる。

5-1-2 施工時の地下水位上昇の影響

下床版エレメント掘進時に、ラインゲージによる桁の水平変位の計測値(図-11)が、一時的に警戒値(3.2mm)を超過する事象があった。図-18は警戒値超過時前後の桁の水平変位の計測結果および同時期の地下水位の計測結果である。また、図-19は、地下水位観測井の設置位置を示したものである。大雨による急激な地下水位の上昇があり、未閉合状態の函体が水圧の影響を受けたものと考えられる。

5-1-3 鉛直変位

エレメント掘進時のラインゲージによる桁の鉛直変位の計測結果を図-20に示す。

鉛直変位については、7P橋脚、8P橋脚ともに下床版エレメント施工時か

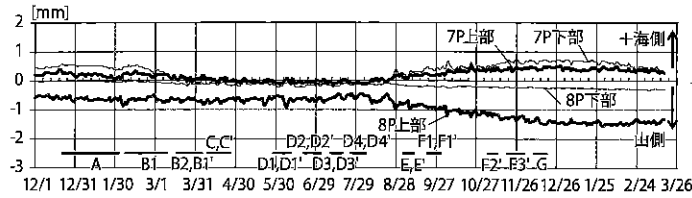


図-14 橋脚の橋軸直角方向の変位(傾斜計)

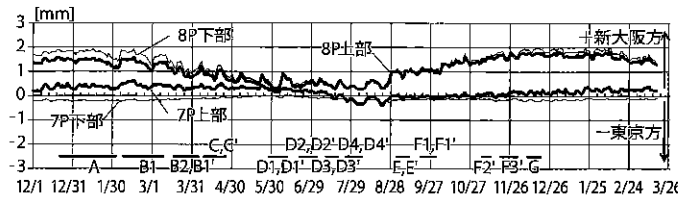


図-15 橋脚の橋軸方向の変位(傾斜計)

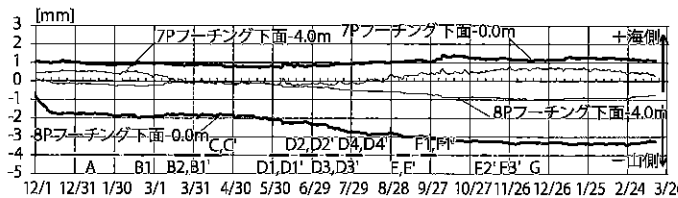


図-16 フーチング直下の橋軸直角方向の水平地盤変位(多段式傾斜計)

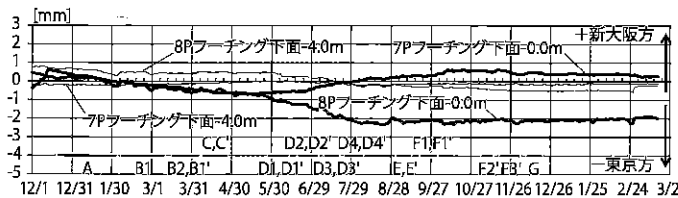


図-17 フーチング直下の橋軸方向の水平地盤変位(多段式傾斜計)

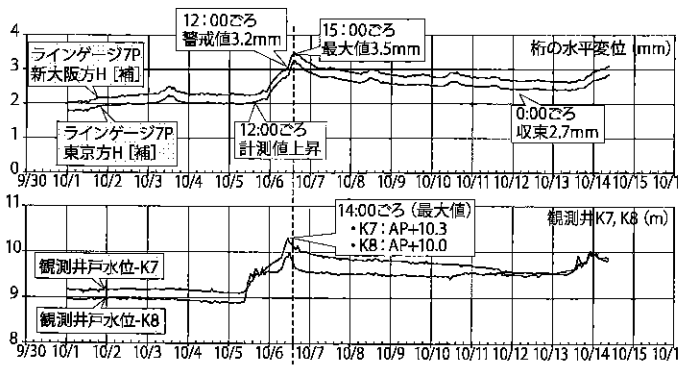


図-18 桁の水平変位と地下水位(短期)

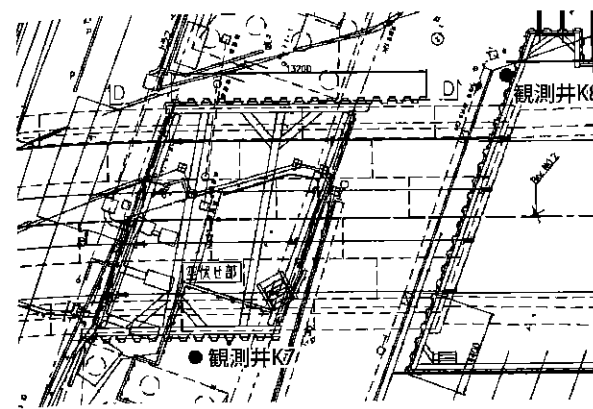


図-19 地下水位観測井の配置図

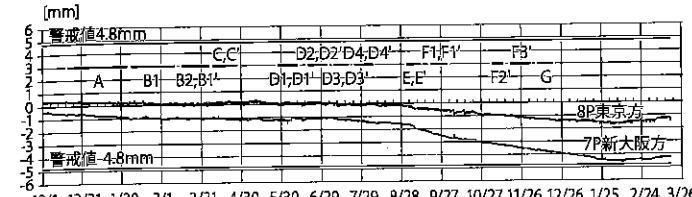


図-20 桁の鉛直変位(ラインゲージ)

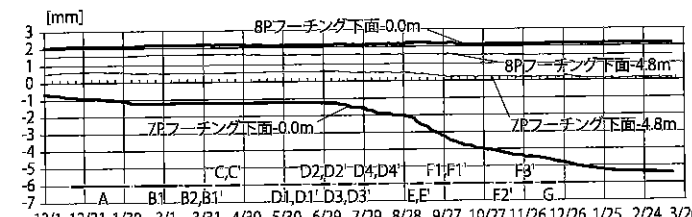


図-21 フーチング直下の鉛直地盤変位(層別沈下計)

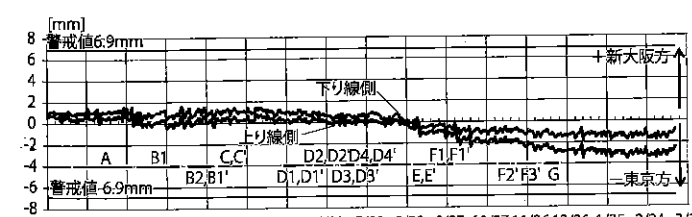


図-22 7P橋脚上の新大阪方支承部の変位

らどちらも沈下傾向が見られ、7P橋脚の方が沈下量が大きい結果となった。沈下傾向は、下床版エレメントの中埋めコンクリートの打込み以降、収束しており、函体の閉合により、周辺地盤への影響も収束することが確認できる。なお、基準値に対しては、いずれの観測点においても、警戒値

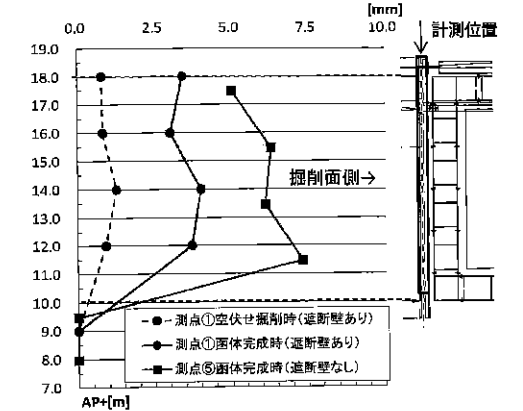


図-23 遮断壁背面の地盤変位

4.8mm以下であり、問題となるような変位は生じなかった。

図-21は、フーチング直下の層別沈下計による鉛直地盤変位の計測値である。フーチング直下の地盤の鉛直変位については、7P橋脚のフーチング直下(フーチング下面より-0.0m)地点において、沈下傾向が見られるが、その他の観測点においては、ほとんど変化が見られない。そのため、桁の鉛直変位の要因として、地盤の変位(沈下)の影響は小さいと考えられる。

5-2 杭部材に関する項目

杭部材に関する項目については、前述の多段式傾斜計による地盤水平変位(図-16, 17)による管理を行った。その結果、いずれの計測箇所においても変位量は1~3mm程度であった。

5-3 支承部に関する管理項目

支承部については、橋軸方向の水平変位が可動支承の可動範囲内であることを確認するため、その変位を直接計測した。計測結果を図-22に示す。変位量は上り線側で3mm程度であった。

5-4 遮断壁の計測結果

遮断壁については、遮断壁背面にて4か所と遮断壁のない側道下で1か所、多段式傾斜計により、水平変位を計測した(図-8)。遮断壁設置箇所お

び遮断壁未設置箇所の地盤変位の計測結果を図-23に示す。工事の進捗に伴って、高架橋計測におけるフーチング直下の地盤変位と同様に、新設函体側に地盤が変位している。また、遮断壁の有無による違いによる変位抑制効果を確認できる。

6 地下水対策

6-1 地下水位低下対策の問題点

図-24に示すように施工箇所では地下水位が高いため、地下水対策が必要であった。委員会での議論の結果、薬液注入工法に比べて近接構造物への影響が少ない地下水位低下工法を採用することとなった。当該箇所では、揚水した地下水処理に下水道を利用できないこと、周辺での地下水利用があることから、周辺地域への影響を考慮して、揚水した地下水を地盤に還元する方法を用いることにした。

しかし、一部の井戸で注水できない事象が発生したため所定の注水量をどのように確保するかが求められた。また、効果的に地下水位を低下させるために、線路脇の狭隘な箇所にディープウェルの設置が計画されていたが、施工が困難な状況にあったので、同等の揚水量を確保するための対策が必要となった。

6-2 エコリチャージ工法の採用

揚注水を計画的に行うためには、おもに注水量を制御することが不可欠であることから、地盤中に加圧注水する「エコリチャージ工法」(循環型地下水制御工法)^{21,22)}を採用した。

図-25にエコリチャージ工法の概要を示す。本工法は、揚水した地下水をポンプで加圧して地盤に戻すことで、注水量を増加させ、下水などへの排水を少量にするものである。

注水圧の増減により注水量を制御できるほか、注水量の増加により稼働させる注水井の本数を減らすことが可能になる。また、下水道への排水を少なくすることが可能となりコスト縮減になる。

6-3 小口径揚水工法の採用

線路脇の狭隘な箇所には、ディープウェルの代わりとして、小口径揚水工法⁹⁾を一部に採用した。

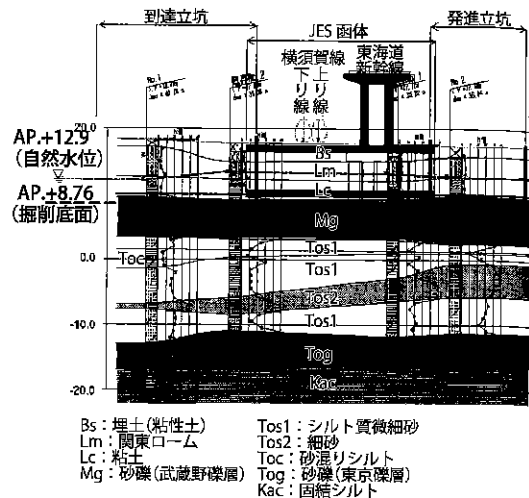


図-24 施工箇所の地層断面

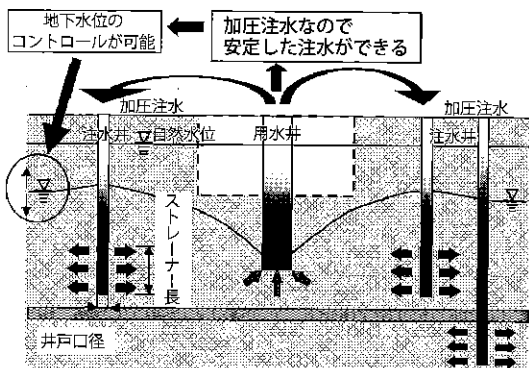


図-25 エコリチャージ工法の概要

小口径揚水工法とは、地上から帯水層にジェット流体を送込むことで小口径かつ高い揚程を実現する揚水井である。狭隘な箇所で大口径の揚水井を適用できない場合や、ウェルポイント工法の揚程に限界があり、深い地層からの揚水ができないといった課題を解決する。工法の特徴を以下に示す。

- ① 井戸内にポンプを設置する必要がなく井戸径を小さくでき、線路内などの狭隘地や空頭制限があるところでも施工が可能となる。
- ② 一般的なウェルポイント工法で揚水できない深度からの揚水が可能となる。
- ③ 井戸内に可動部を持たないため、駆動系のトラブルリスクが減り、メンテナンスが軽減できる。

図-26に小口径揚水井の概要図、図-27に内管と

揚水管で構成される二重管の先端に設けているエジェクター部の揚水機構図を示す。

6-4 揚注水計画

図-28に施工箇所の平面図を示す。地下水位低下範囲は、発進側立坑、線路下、到達側立坑となる約70m×24mの範囲である。揚注水する層は、武蔵野段丘礫層(Mg層)である。地下水位は、図-24に示したように、事前調査によりAP.+12.9mであり、構造物施工には水位をAP.+8.76m(立坑

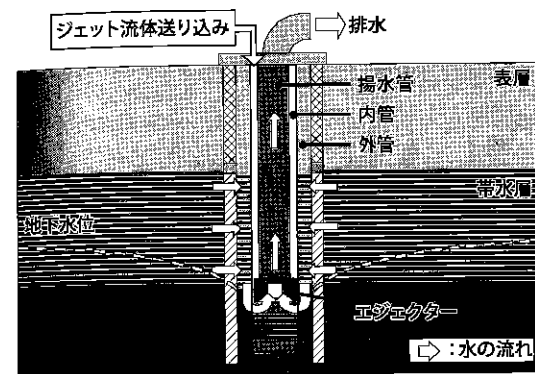


図-26 小口径揚水工法の概要

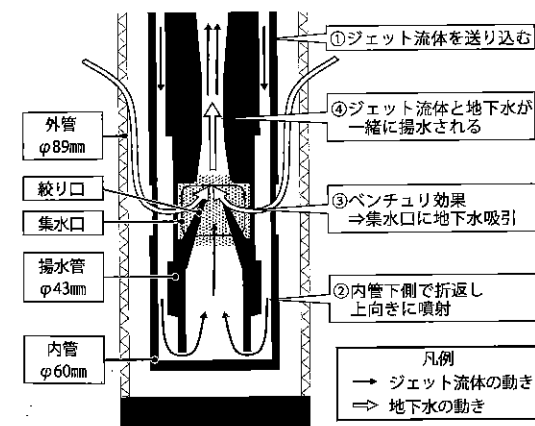


図-27 小口径揚水機構(エジェクター部)

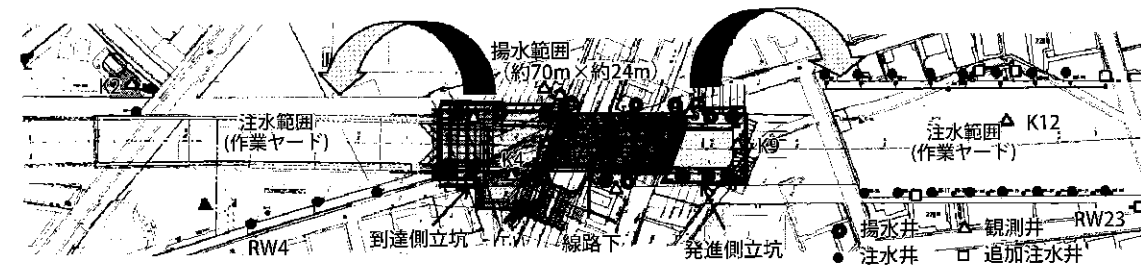


図-28 施工箇所の平面図および井戸配置図

床付けおよびボックスカルバート下端)まで低下(水位低下量-4.4m)させる必要があった。揚注水計画は、井戸理論(Theisの非定常式)を用いて行うことにし、事前に到達側ヤード内で現場揚水、注水試験を行っている。

井戸の配置を図-28に示す。地下水は発進側および到達側立坑部と線路下部で揚水し、発進側および到達側の作業ヤードに設置した注水井で還元した。揚水範囲の地下水位は、井戸の配置にもとづき、Theis式などを用いて計画水位まで低下することを確認した。施工中は周辺の観測井の実測値をフィードバックして、計算値とほぼ一致するように仮の透水係数などを算出し、後の地下水位の低下に必要な揚水量、注水量を推定した。

注水試験を実施したところ、一部の注水井で井戸周囲からの漏水が確認された。追加地質調査ボーリングを行ったところ、当初想定していた不透水層(関東ローム層(Lm層))が薄いことがわかった。そのため、十分な遮水効果が得られず、井戸周辺に水みちができたことが、漏水の原因であると推定した。そこで、発進側ヤードでは、当初計画した一部の井戸は地下水涵養のため最低限の注水を行いながら、より深い第2帯水層である東京礫層(Tog層)にも注水することで、不足した注水量を確保することにした。

6-5 揚水量と注水量の経時変化

図-29に、総揚水量、総注水量の経時変化、図-30に観測井(K4, K9, K2, K12)の水位変動を示す。2013年9月の運転開始以降、立坑内(K4, K9)の地下水位は低下しているが、発進側、到達側作業ヤード(K2, K12)の地下水位には大きな変動が見られない。さらに、全揚水量と全注水量はほぼ同

じ変動になっており、周辺の地下水位を安定させながら注水量を制御できている。

6-6 注水圧と注水量の関係

図-31に、武蔵野段丘礫層(Mg層)への注水井(RW4)および東京礫層(Tog層)への注水井(RW23)の2014年9月~2015年2月の注水量と注水圧の関係のプロットしたものを示す。RW4の実績に対して、RW23の注水能力は相対的に低くなっている。これは、武蔵野段丘礫層(Mg層)の透水係数が $k=3.0 \times 10^{-2}$ cm/secであるのに対して、

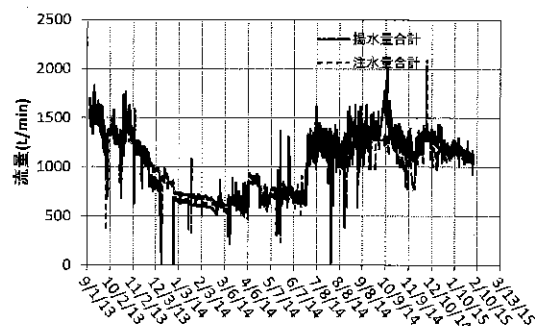


図-29 総揚水量と総注入量の経時変化

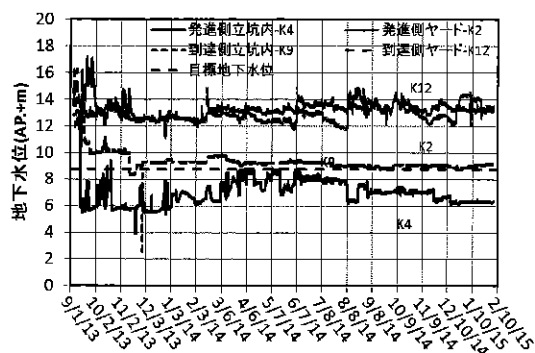


図-30 地下水位の経時変化

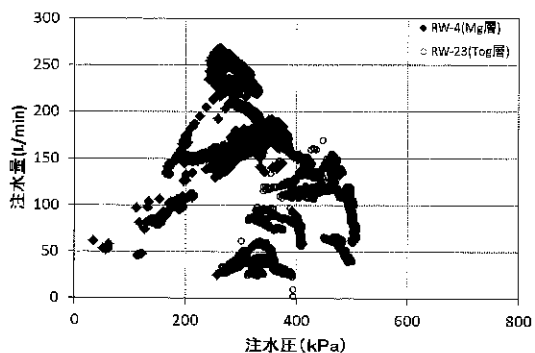


図-31 注水圧と注水量の関係

東京礫層(Tog層)の透水係数が $k=2.9 \times 10^{-3}$ cm/secと小さいことが要因と考えられる。

注水能力について、RW4の注水量、注水圧の経時変化を示したものが図-32である。時間とともに注水量が低下していく傾向があり、それに伴って注水圧も上昇した。写真-2に1年以上経過したポンプ内のスケールの発生状況を示す。管内がスケールによって塞がれ、排水の効率が悪くなっていることが確認された。今回のような鉄分を多く含んだ地下水では、本工法でも定期的な逆洗浄を

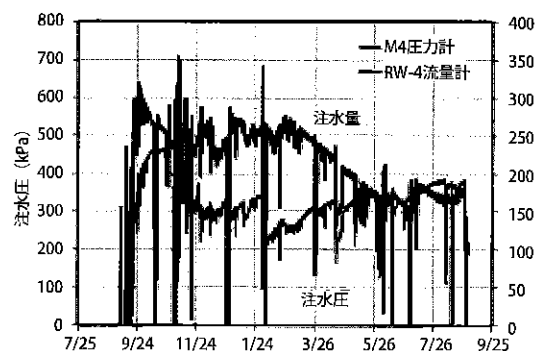


図-32 RW-4の注水圧と注水量の経時変化

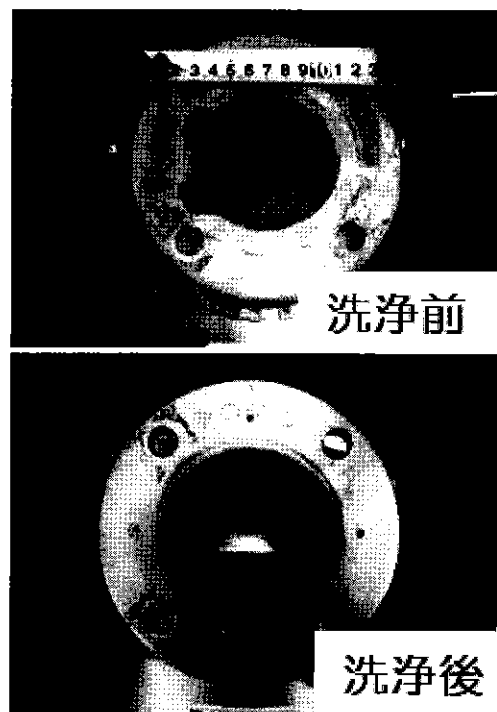


写真-2 ポンプ内スケール付着状況

行い、注水効率の回復を図っていく必要があると考えられる。

写真-2に示すように、ポンプのみの洗浄によっても注水の回復が見られたが、注水井も同時に洗浄することで、さらに注水の回復を得ることができた。その他の注水井についても、同様の傾向が確認されている。エコリチャージ工法では、地下水位等の計測結果にもとづき、自動的に各注水井の注水量、注水圧を制御しているの、注水量が低下しても、ただちに注水の効率が低下し、洗浄の必要な状況であるとは限らない。注水効率を確認しながら、ポンプおよび注水井戸の洗浄を計画していくことで、効率的な運転を行うことが可能であると考えている。

7 おわりに

本報告では、東海道新幹線橋脚に近接して、ボックスカルバートを構築する工事において、実施した対策工および計測結果、地下水対策工について報告した。

過去に例のない近接度での施工に対して、委員会を設置し十分な検討を行い、近接構造物や軌道

に対して影響の少ないHEP & JES工法を採用し、地下水対策工としてエコリチャージ工法を採用した。

施工時の計測結果より、効果的に地下水位低下を行うことができ、エレメント掘進においても新幹線橋脚に対して安全に施工できたことを確認した。本工事の知見が類似工事の一助になれば幸いである。

本工事においては、委員会立上げ以前より、多くの関係者の方にご指導、ご支援をいただいている。この場を借りて、改めて感謝の意を表したい。

参考文献

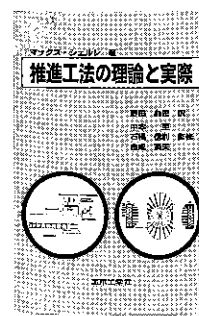
- 1) 東日本旅客鉄道：非開削工法設計施工マニュアル、2013.
- 2) 小泉秀之・桑原清・柳博文：効率的なりチャージウェルの開発、高圧注水試験、土木学会第60回年次学術講演会6-210, pp.419-420, 2005.9.
- 3) 桑原清・小泉秀之：復水効率を向上させた新しいリチャージ工法の開発、トンネルと地下、Vol.37, No.10, pp.39-46, 2006.10.
- 4) 榎間遼・本田諭・小泉秀之・柳博文・小池敏雄：小口径揚水井の開発、日本地下水学会秋季講演会講演予稿、2014.11.

推進工法の理論と実際

B5判 437頁 本体価格8,500円 送料460円

マックス・シェルレ 著

野田典宏 訳 中本 至・石橋信利・金成英夫 監修



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

株式会社 土木工学社

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



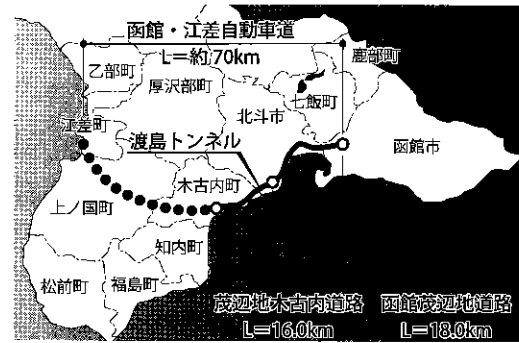
「津軽海峡を望む交通要所のまち」木古内町より

沢藤尚文

広大な北海道の南西部に位置する北海道上磯郡木古内町は津軽海峡に面した渡島半島南面のほぼ真ん中に位置している。

マグロの一本釣りで有名な津軽海峡を眼下に、夏は緑と太陽のコントラストで青く光る海峡がとても眩しい。しかし、冬は一転し寒風吹き荒れ一晩で数十cmもの積雪に覆われる日も少なくはない。そんな厳寒の中で200年ほど前から毎年1月の大寒の前の15日に行われる「寒中みそぎ祭り」は有名である。選ばれし4人の男性行修者が佐女川神社のご神体を抱き、安全と豊漁豊作を祈願して下帯1枚で厳寒の海峡へ飛び込む。雪が容赦なく降り積もる中、行修者たちが津軽海峡の荒波でご神体を清め、互いの身体に真水を豪快に受けながら一点を見つめ五穀豊穡と大漁を祈願する姿は圧巻である。

そんな木古内町の人口は約4,600人。小さな町ではあるが来年春には北海道新幹線が開業を控えているため、町は慌ただしく開業の準備に追われている。古くから鉄道が栄え、旧松前線、旧江差線、津軽海峡線が分岐しているのが木古内町である。本州側にはJR津軽海峡線に乗り約50分で海峡を越えた青森県内に到着する。昨年廃線となったJR江差線は今も線路が残り、ローカル線の名残惜しむ観光客が後を絶たない。とくに北海道では珍しい炭酸水素塩泉の温泉がある上ノ国町やニシン漁で栄え、いまま日本海の豊かな漁場に恵まれ観光客も多い江差町、また桜の名所である松前町、昭和の名横綱を育てた福島町、北海道最古の温泉があ



位置図



薬師山より北海道新幹線木古内駅を望む
る知内町も、みなこの木古内町と鉄道でつながっている。

鉄道の沿線地域とともに道路も整備されたが、それぞれ併走する幹線道路が1本しかなく、集中豪雨による土砂災害などで通行止めが発生した際は片道2時間以上の大きな迂回が余儀なくされている。函館江差自動車道の開通により渡島西部地域と松山南部地域と函館市間を結ぶ幹線機能が確保され、国道や道道の代替路として救急搬送時の大幅な時間短縮が見込まれるほか、北海道縦貫自動車道、函館新外環状道路との共用により広域移動における大幅な時間短縮が期待されている。

延長約70kmの函館江差自動車道は函館茂辺地道路(L=18km)がすでに供用されており、現在その延伸部の茂辺地木古内道路(L=16km)の工事が行われている。当工事では、木古内町と北斗市の境に位置する渡島トンネル(L=2,518m)のうち、木古内町側の1,087mを構築する。冬期での坑口付けのあと、3月からトンネル掘削を開始し、現在発破による掘削を行っている。延長1km強の短いトンネルであるが、坑内の良好な環境維持、安全性向上を目的として連続ベルトコンベヤを採用している点が特徴である。2017年8月末の工期末まで無事故・無災害で工事が終わられるよう、所員全員、みそぎ祭りに選ばれた若者のように気を引き締めて工事を進めている。無事竣工の暁には、みなで木古内町の名酒「みそぎの舞」で祝杯を挙げたい。(大成・田中JV渡島トンネル木古内工区工事作業所長)

施工

自然由来のヒ素を含む大量湧水の減水対策試験

—北薩横断道路 北薩トンネル(出土工区)—

鹿児島県北薩地域振興局建設部技術補佐 木佐貫 浄 治

鹿児島県土木部道路建設課技術専門員 宮本 裕 二

熊谷・渡辺特定建設工事共同企業体北薩トンネル作業所副所長 鈴木 雅 文

熊谷・渡辺特定建設工事共同企業体北薩トンネル作業所所長 辰巳 勇 司

1 はじめに

北薩横断道路は、鹿児島県北西部と鹿児島空港を結ぶ地域高規格道路であり(図-1)、北薩トンネルはその経路上にある紫尾山を最高峰とする出水山地を貫く、延長4,850mの長大トンネルである。

トンネル工事は、出土工区(L=2,610m)とさつま工区(L=2,240m)に分割して両坑口から掘削を行い、2013(平成25)年3月に貫通したのちに、さつま工区側の二次覆工まで終了している。

出土工区においては、掘削中に最大1,200t/hの

大量湧水に見舞われ、貫通後も恒常的に約600t/hの湧水が発生した。この湧水には、一部区間で0.1~0.3mg/Lの高濃度のヒ素含有が確認されたことから、ヒ素処理設備を設置して対応にあたった。

ヒ素処理においては、公共用水域における水質汚濁にかかわる環境基準にもとづき、排出先河川でのヒ素濃度が0.01mg/L以下となることを目標としている。さらに、恒久的な対策工としてヒ素を含む大量の湧水を減らすことが必要であり、湧水箇所の地山を改良して透水係数を小さくすることで湧水量を減少させる工法を提案し、試験施工を実施した。

2 工事概要

2-1 地質概要

本工事箇所の地質縦断面図を図-2に示す。本工事施工区間の地質状況は、出水側坑口から約1,700mまでの区間は四万十層群の砂岩・頁岩互層、坑奥側は四万十層群より年代の新しい花崗岩で構成されている。このうち、坑口から1,500~2,200mの区間は高濃度ヒ素湧水区間であり、中でも坑口から1,800~1,900m区間は花崗岩と四万十層群の境界付近で、亀裂が発達した湧水の多い低速度帯に相当する。

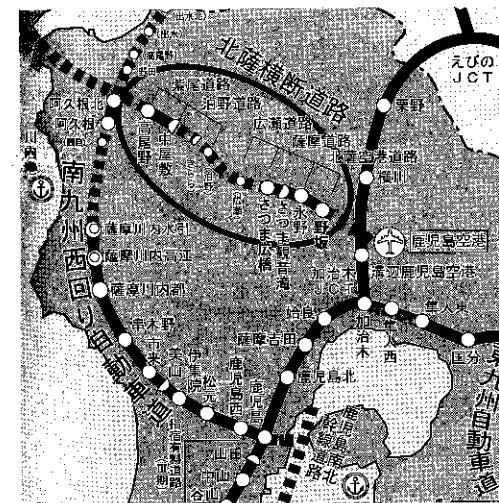


図-1 位置図

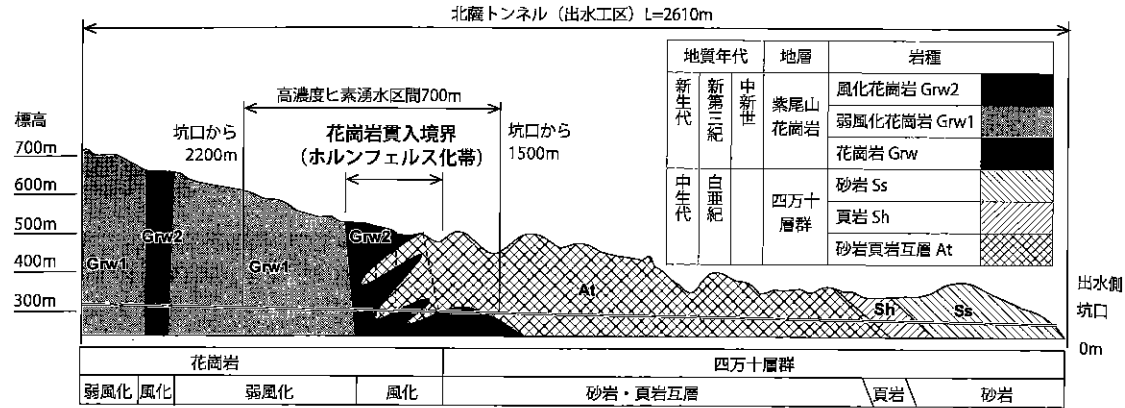


図-2 地質縦断面図⁹⁾



写真-1 掘削時大量出水状況



写真-3 インバート掘削時の底面湧水状況



写真-2 トンネル掘進時の壁面湧水状況

2-2 湧水状況

掘削が上述の低速度帯に達した直後、写真-1のような大量湧水(300t/h)が発生した。

切羽を構成する岩塊が比較的硬質であったため大規模な崩落は生じなかったが、掘削を続けても全体湧水量は減ることはなく、写真-2に示すような湧水が発生し続けた。インバート掘削時には写

真-3のように掘削箇所が水没するほどの湧水が底面から発生した。

3 減水対策工

3-1 1次減水対策工

これらの湧水対策として、湧水と反応して発泡固結する性質のウレタン系薬液 (Minova 社 Carbo Pur(カーボプル)WF) を使用して1次減水対策工を実施した⁹⁾。ウレタン系薬液による注入ゾーンは、トンネル支保工背面の3.6m程度を目安として行い(図-3)、大きな水みちを閉塞して底面からの湧水を減少させることができ、インバートの施工性が非常に向上した。

しかし、注入により大きな水みちを閉塞したのち、地山の地下水位上昇に伴い別の小さな水みちから湧水が発生する状況となった(写真-4)ことから、更なる対策工を検討したが、土かぶり200m以上の大量湧水箇所には既設支保工を取り壊しなが

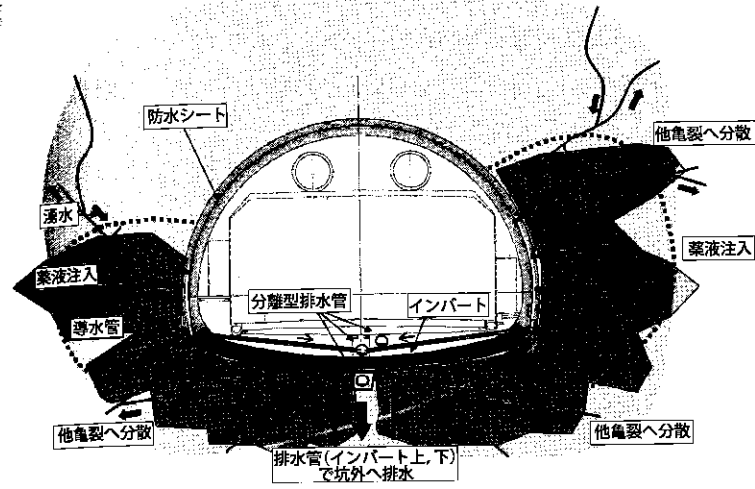


図-3 1次減水薬液注入概念図



写真-4 天端からの湧水状況

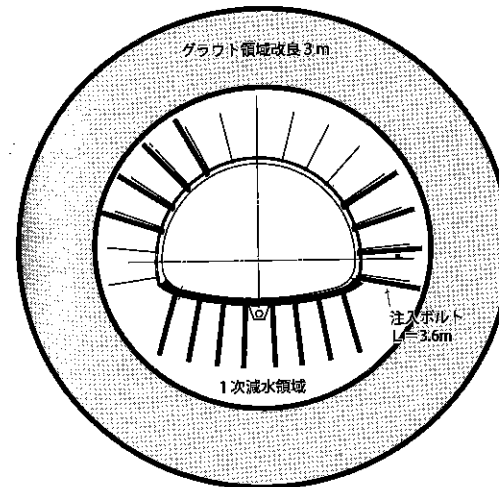


図-4 2次減水注入断面図

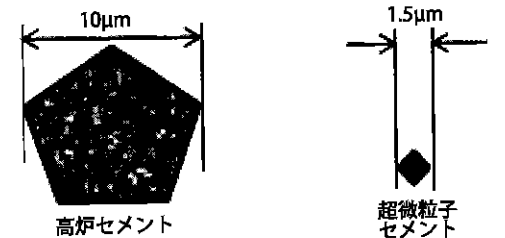


図-5 セメント平均粒径の比較イメージ

らウォータータイト構造のトンネルを再構築することは非常に困難であると判断されたため、以下に示す2次減水対策を検討した。

3-2 2次減水対策工

2次減水対策にあたり、透水係数をパラメータとした浸透流解析を実施した。現状の地山における透水係数は 4×10^{-4} cm/sec であり、湧水を坑外河川へ放流した場合の環境に対する影響を最小限とするためには、対象区間の透水係数を 4×10^{-6}

cm/sec以下に改良する必要があるという解析結果となった。そこで、1次減水対策を行った領域の外側にリング状の地山改良ゾーンを設けることで、坑内に流入する湧水を減水させる対策工を提案した。

しかし、掘削完了後の坑内から、トンネル全周方向に注入改良を行う工法については、事例が少なく確立された手法がないことから、ダムのコソリレーショングラウト工の手法を採用することとした。改良厚さは、複数案の解析検討の結果から、経済性と効果を勘案して3mとした(図-4)。

ダムグラウティングで設定する改良目標値は、ルゾン値(Lu)で2.0~10.0Lu程度⁹⁾であるが、今回は透水係数 4×10^{-6} cm/sec ($\approx 0.4Lu$) 以下を改良目標値とすることから、通常使用される高炉セメントや超微粒子セメントでは改良が難しいことが予想されたため、極超微粒子セメントを注入材料として採用した(図-5)。

3-3 試験施工

本トンネルの湧水箇所のうち、もっとも湧水量が多くヒ素濃度も高い、坑口から1,800~1,900mの延長100mを減水対策区間とした。また、本工法は手法、材料について確立されたものがないことから、まず、施工そのものが可能であるかどうか、使用材料が適正であるかどうかについて確認試験を行い、その結果を踏まえた試験施工を実施した。

3-3-1 確認試験

当該区間は四万十層群と花崗岩の境界領域であることから、四万十層群と花崗岩の両方でL=12mずつの確認試験区間を設定し、孔配置、注入量、グラウト配合、注入圧力などの有効性について試験を実施した。注入仕様を表-1に、確認試験位置

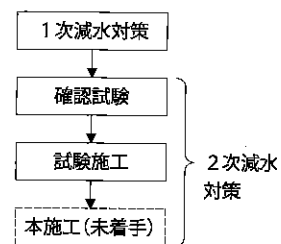


図-6 減水対策工基本フロー

表-1 確認試験注入仕様

項目	内容
削孔方法、孔径	ロータリー、φ46mm
改良目標値	0.4Lu以下
注入材料	極超微粒子セメント
注入圧力	湧水圧力+0.5MPa
使用配合	ルジオン値により1:10~1:1切替

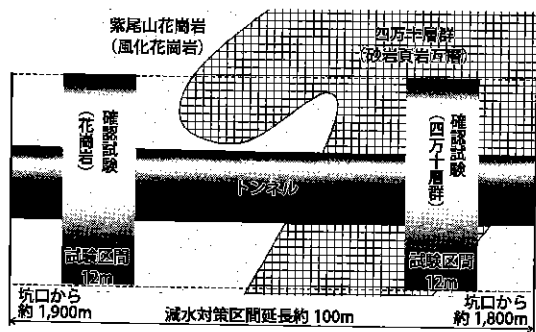


図-7 確認試験位置断面図¹⁾

を図-7に示す。

施工は中央内挿法を基本として行い、すべての孔で水押し試験を実施してルジオン値を確認しながら使用配合を決定し、所定の注入圧力下で一定の注入速度以下となるまで注入した。

図-8に超過確率図を示す。これより施工回数が進むにしたがい順調に改良が進んでいることがわかる。また、1次孔施工前(改良前)の平均ルジオン値は30.2Luであったが、最終回数孔の平均ルジオン値は0.2Luとなり、改良目標値を達成することができた(表-2)⁴⁾。

図-9に示すルジオン値と単位注入セメント量の関係図では、非常によい相関を示すことが確認され、高い注入効果が発揮されていることがわかる。

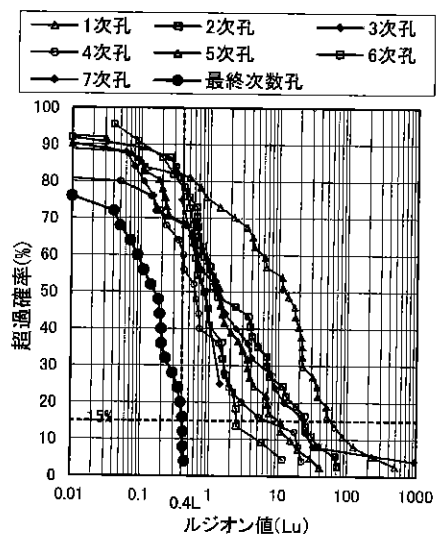


図-8 超過確率図

表-2 確認試験結果

次数	孔数	ルジオン値		セメント量 平均値 (kg/m)
		超過確率 15%値	平均値	
1次孔	72	37.4	30.2	275.6
2次孔	72	17.6	7.4	110.9
3次孔	48	12.0	24.4	110.4
4次孔	48	4.3	2.5	29.7
5次孔	110	4.1	2.6	26.0
6次孔	50	2.3	1.3	6.1
7次孔	3	—	0.9	3.4
最終回数孔	48	0.4	0.2	0.4

3-2 試験施工

上述の確認試験の結果を受けて、図-10に示す箇所(0区間)において試験施工を行い、以下の項目を確認することとした。

- ・確認試験で得られた知見から見直した孔配置、

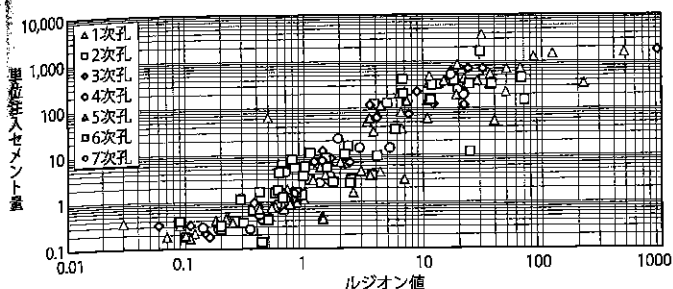


図-9 ルジオン値・単位注入セメント量相関図

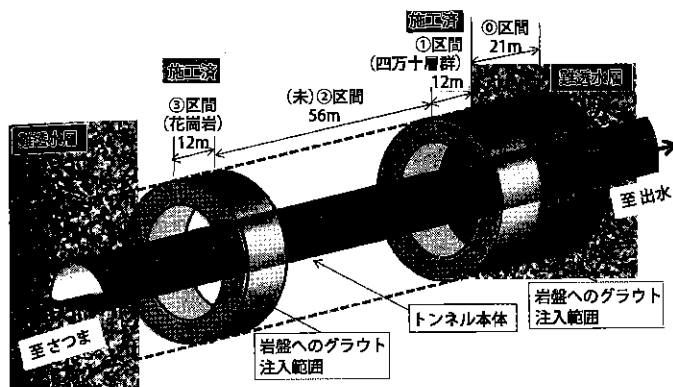


図-10 試験施工箇所

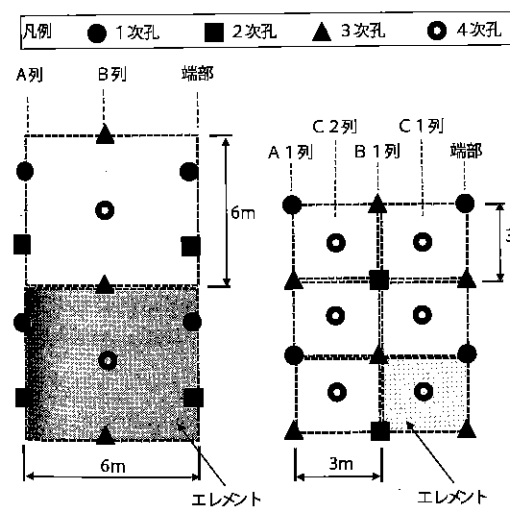


図-11 孔配置の改善(展開図)

注入仕様の効果確認

- ・確認試験区間と連続した注入区間を形成して他の区間に湧水が回り込むかどうかの確認

(1) 孔配置

注入効果の確認を行う最小単位区画(エレメント)を、6m×6m(確認試験)から3m×3m(試験施工)と小さくした(図-11)。

(2) 注入仕様

孔配置以外の注入仕様に関する改善点を、表-3に示す。

また、断面的な孔配置は図-12に示すとおり、1~3次孔は1断面に24孔

表-3 注入仕様の改善

改善内容	改善方法
注入圧力	湧水圧+0.5MPa→湧水圧+1.0MPa 注入範囲の拡大により追加孔が減少する
ダメ押し開始基準	1.0L/min/孔→0.6L/min/孔 注入範囲の拡大により追加孔が減少する
粗詰め配合の追加	Lu>30の孔は高炉セメントで粗詰めする 注入材と注入時間の節約
注入省略	Lu<0.1の孔は注入を省略する 注入材と注入時間の節約

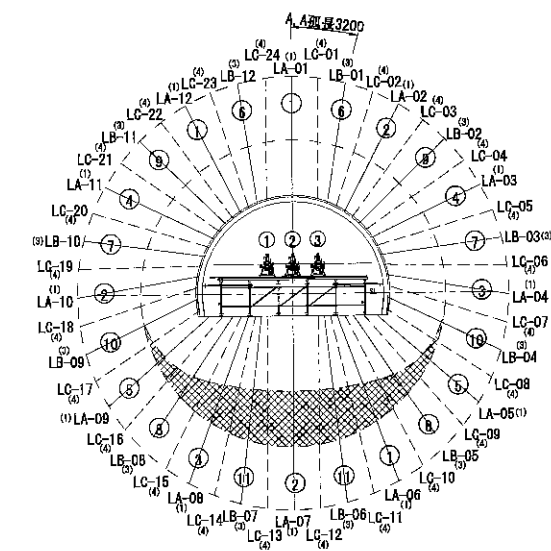


図-12 円周方向の孔配置

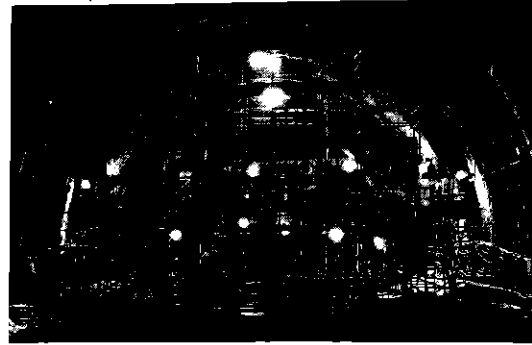


写真-5 グラウチング足場状況

配置し、4次孔は1~3次孔と千鳥配置となるように24孔配置した。

(3) 施工方法

1次減水対策工においては、トンネル掘削時に使用したドリルジャンボにより削孔を行ったが、2次減水対策工では、孔荒れを最小限とするために坑内に足場架台を構築し、ロータリーボーリングマシンにより削孔を実施した。

足場架台の状況を写真-5に示す。

(4) 試験結果

今回の試験施工の結果、以下の事項を確認することができた。

- ① 注入判定の最小単位区画が小さくなったことから、必ず施工する規定孔の数が増加したが、状況に応じて施工する追加孔の数は減少した。
- ② 施工回数によるルジオン値の遞減、ルジオン値と単位注入セメント量の相関は、確認試験とほぼ同じ傾向となった。
- ③ 全体的な施工時間が短縮された。
- ④ 地下水位は徐々に回復傾向にあるが、施工区間を越えて坑口側への湧水の回り込みは発生していない。
- ⑤ 施工完了部においては、壁面からの湧水がほぼ止まっている(写真-6)。

以上のことから、トンネル湧水の減水対策としてダムグラウチング技術の適用は有効であることが確認できた。

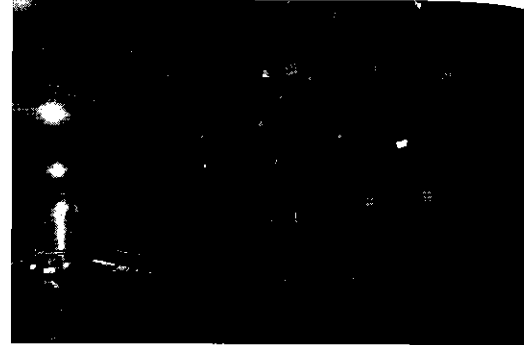


写真-6 写真-2と同一箇所 注入後の状況

4 今後の課題

今後、残りの減水対策区間に本手法を適用するにあたり、グラウト工の進捗に伴う内空変位測定や水位回復に伴う水圧増加などについて計測結果のフィードバックを行いながら、数値解析を進めていくことが重要であると考えられる。

5 おわりに

今回の試験施工ならびに今後の減水対策工の結果が、土かぶりが大きく有害な成分を含む大量湧水の対策として参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工検討にあたって北薩トンネル技術検討委員会の委員の皆様から多くの貴重なご助言をいただきましたことを、ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 宮本裕二・木佐貫浄治・椿秀作・北村良介・中川浩二・鈴木雅文・大山洋一：自然由来重金属を含むトンネル湧水の減水対策について、地盤工学会 第11回環境地盤工学シンポジウム, 2015.7.
- 2) 辰巳勇司・鈴木雅文：自然由来のヒ素を含むトンネル内大量湧水の減水対策工について、日本トンネル技術協会第27回施工体験発表会(山岳), pp.63-69, 2013.
- 3) 国土技術研究センター：グラウチング技術指針・同解説, 大成出版社, 2003.
- 4) 古田島信義・鈴木雅文・宮本裕二：ダムのグラウチング技術を適用した山岳トンネルの湧水処理確認試験, 土木学会第70回年次学術講演会第Ⅲ部門, 地盤の挙動, 2015.9.

施工

内部補強と外部補強を組み合わせたシールドトンネル変状対策(施工編)

—みなとみらい線 高島トンネル—

横浜市交通局工務部施設課安全担当係長 杉山伸康

清水建設(株)土木横浜支店工事長 神保誠二

東急建設(株)首都圏土木支店主任 桜井靖彦

日本シビックコンサルタント(株)地下空間技術事業部課長 横山 顕

表-1 工程表

		平成24年度				平成25年度				平成26年度			
		6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3
外部補強工	試験施工1												
	試験施工2												
	準備工												
	本施工												
内部補強工	セグメントの検討												
	荷重試験												
	セグメント組立て												
	本施工												
工	裏込め												
	充填工												

1 はじめに

本工事は、みなとみらい線横浜駅から新高島駅までの複線シールドトンネル(以下「高島トンネル」という)のうち、延長110m(キロ程0k624~734m)に対するトンネル補強工事である(前号(設計編)図-1参照)。

発注：横浜高速鉄道(株)

施工：清水・東急建設共同企業体
設計・施工管理：

日本シビックコンサルタント(株)

工期：2012(平成24)年6月~

2015(平成27)年3月(表-1)

本工事は、前回の設計編で報告したとおり、トンネル直上で行われた宅地造成工事などの影響により変形したトンネルに対して、その恒久的な安全性を確保するために、高圧噴射攪拌工法による外部補強工事(スーパージェットミディ工法)と、補強区間のうち変形がとくに大きい区間(30m)への二次覆工による内部補強工事(鋼製段差継手セグメント)を併用したトンネル補強工事である(図-1)。

施工上の課題として、営業線内での補強工事であることから列車運行に対する安全性の確保、施工条件に制約がある中での品質の確保、トンネル直上付近で計画されている土地開発に対する安全対策工事として工期短縮が求められた。

外部補強工事(以下「外部補強」という)では、施工中のトンネル変位などに対する自動計測による安全管理、高粘着力地盤における改良体の品質・出来形管理が主な課題であった。

内部補強工事(以下「内部補強」という)では、新工法での施工ということもあり、トンネル内の仮設物などの安全管理、品質や工程確保のための施工方法の確立がおもな課題であった。

外部補強、内部補強ともに諸課題に対して試験施工を実施し、施工プロセスにおけるPDCAサイクルを機能させることで、安全、品質ならびに工程の確保に努めた。

2 外部補強

2-1 施工方針

トンネルへの影響の程度や設計の現地地盤への適用性を確認するため、合計16本の試験施工を実施した(図-2)。このとき、トンネルへの影響の程度の差を考慮して、トンネル直上部を頂部、トンネル側部に接する部分を近接部、近接部から外側の部分を側部、と分けて施工を管理することとした(前号(設計編)図-7参照)。

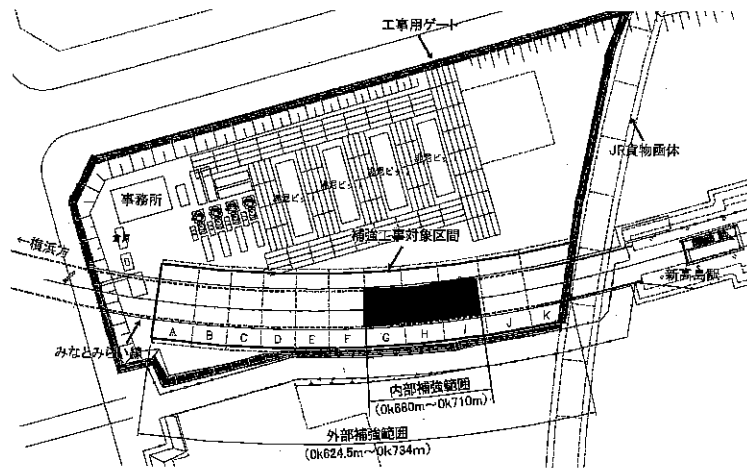


図-1 工事概要図

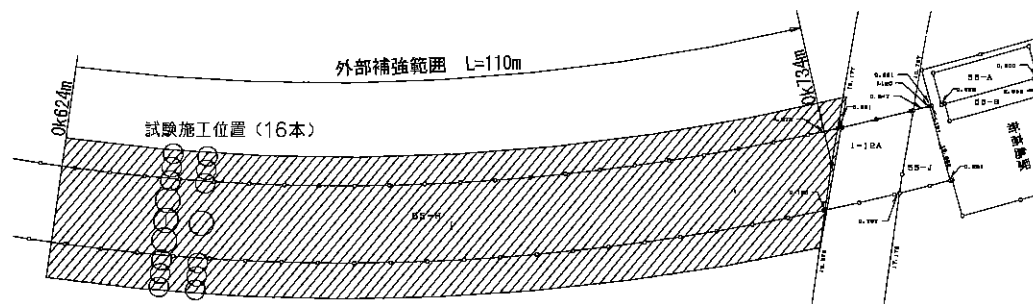


図-2 試験施工位置図

2-1-1 施工時の安全対策

試験施工の結果、トンネルへの影響について以下の3点を確認した(図-3, 4)。

- ① トンネル近接部と側部の施工においては、トンネル内径の水平変位が縮小する方向の変形(以下「復元方向の変形」という)が生じる(一数mm～一10mm/1本)。
- ② トンネル頂部施工においては、トンネル内径の水平変位が拡大する方向の変形(以下「進行方向の変形」という)が生じる(+数mm程度)。
- ③ 最終的には、復元方向の変形で変位が収束する(一20mm程度)。

施工による影響については、トンネルが復元方向の変形が支配的であるので、トンネルや軌道の状態を自動計測(前号(設計編)表-1参照)を常時監視しながら施工スピードのコントロールや施工手順の修正を行うことで、設定した管理値(前号(設計編)表-2参照)を越えない範囲で慎重に施工を進めることとした。

施工中の漏水については、試験施工の1本目に頂部からの発生を確認したが、列車運行の支障となるほどの漏水量ではなく改良体が硬化するとともに漏水は止まった。漏水に対する安全管理方法は、トンネル内部を常時監視し突発的な漏水が発生したら施工をストップできる態勢をとることとした。

施工順序については、近接部と側部の施工による復元方向に変形すること、頂部の施工で若干進行方向に変形することを考慮して、近接部、側部、頂部の順序で施工を進めることとした。

2-2 施工時間帯

施工の時間帯については、近接部の施工では、土圧力が直接トンネルに作用しトンネル変位量変動の程度が大きくなることから、線路閉鎖時間帯(約3時間)に実施することとした。頂部および側部の施工では、内空直径の変化量が小さいので工期短縮のため施工時間帯の制約を設けずに昼間施工で行うこととした。

2-3 施工性の確保

施工性については、削孔径や減水剤の有無などのパラメーターで検証し、排泥の排出が良好となる仕様(前号(設計編)表-4参照)を確定した。

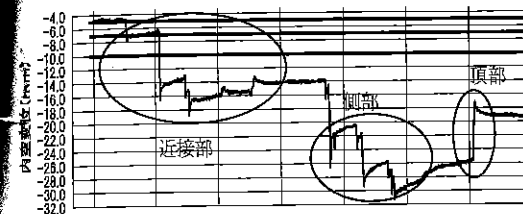


図-3 試験施工内空計測結果

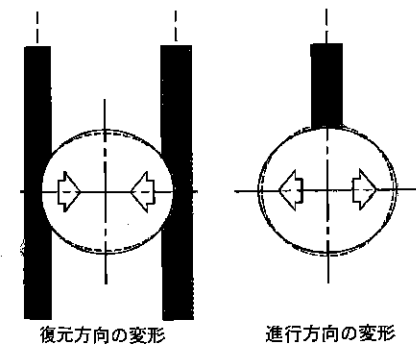


図-4 トンネル変形方向の概念図

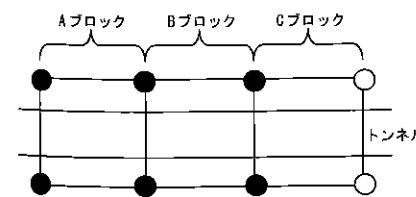


図-5 ブロックごと試験施工位置図

2-1-4 品質管理

品質については、杭1本あたりの立体的な出来形にばらつきが多いことを確認した。原因としては、対象地盤が高い粘着力を有する地盤であるとともに、基盤層の傾斜が急であり複雑な地層を形成する地盤であることに起因すると考えられた。

このため、外部補強区間全体の110m区間を均一な改良径および杭割付けで施工することは品質確保の面で困難であると考えられた。そのため、補強区間を10mごとに11ブロック(A~Kブロック)に分割し、ブロックごとに四隅の杭において試験施工を行い(図-5)、試験データにもとづいてブロックごとに改良杭1本あたりの有効径を設定し、杭の割付けを行う施工手順を採った。

2-2 施工ステップ

2-2-1 有効径の確定

ブロックごとの改良杭の有効径については、四隅の試験杭のコアボーリングを行い、中心からの離れにおける硬化コアの採取率により判定した(図-6)。

頂部はトンネル上部の将来荷重を近接部および側部に伝達する梁部材であり、確実なラップが必要となる。このため、硬化コア採取率90%以上を合格値とした。近接部および側部は、頂部に作用する荷重を基盤層まで伝達する柱部材と考え、硬化コアの採取率が低下しても柱面積を増やすことで荷重の伝達が可能であると考えた。このため、70%以上を合格値とした。

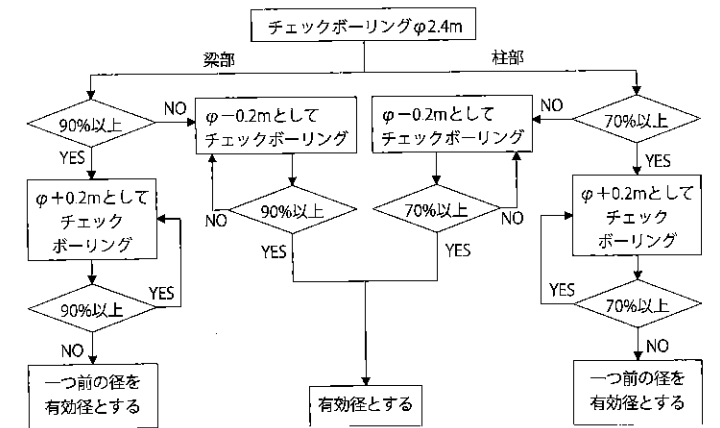


図-6 改良杭の有効径確定プロセス

2-2-2 柱部の幅の確定

改良体柱部の幅については、硬化コアの採取率が100%の場合に必要な柱幅(2.76m)を硬化コアの採取率で除算して、ブロックごとに柱幅を修正することとした。例えば、有効径決定時の硬化コアの採取率が70%の場合、当該ブロックの柱幅は、 $2.76m \div 0.70 = 3.9m$ となる。柱幅に対して確定した有効径の改良杭を完全ラップ配置で杭の割付けを行うこととした。

2-3 外部補強と内部補強の施工順序

外部補強と内部補強の併用区間における施工順序は、当初計画では内部補強を先行して施工する予定であった。これは、事前解析の結果、外部補強の施工影響により進行方向の変形が生じることが懸念されていたためであり、内部補強を先行することでトンネルの断面性能を高めたうえで外部補強を行う計画であった。

しかし、試験施工の結果、外部補強施工時の改良圧によるトンネルを押し側の影響が想定よりも大きく作用し、懸念していた進行方向の変形ではなく、復元方向の変形が支配的となったことから、外部補強を先行し、トンネルが復元方向に変形した後に内部補強を実施する施工順序を検討した。

先行して実施した2ブロック(A・Fブロック)の施工でも試験施工と同様の変形傾向を確認できたので、併用区間では外部補強を先行することとした。

2-4 品質・出来形結果

ブロックごとに改良杭の割付けを行い、外部補強が完了した(図-7, 8)。施工数量は、杭本数が657本、施工体積が43,900m³となった。改良杭の

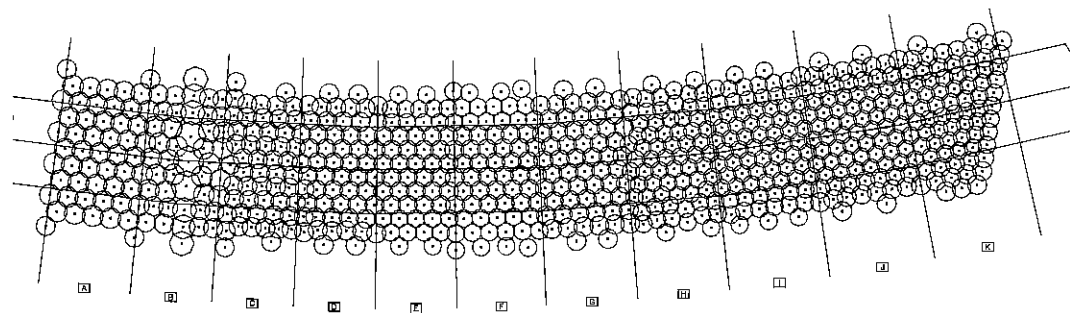


図-7 外部補強平面図

有効径は、 $\phi 2,000 \sim 2,400mm$ であった。工事計画時の有効径は $\phi 3,200mm$ を想定していたので、当初予定よりも相当小さい有効径となる結果となったが、ブロックごとに修正設計をする中で改良体幅を必要最小限に修正していたので、全体の改良

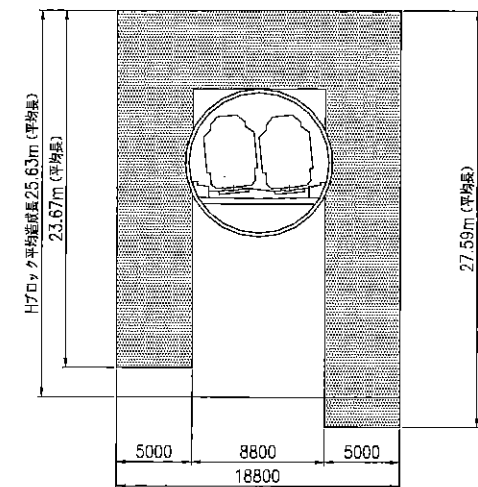
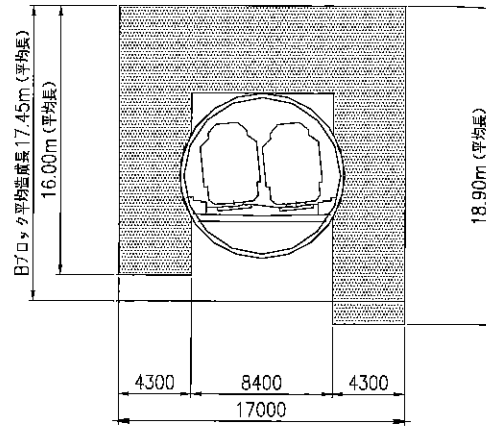


図-8 外部補強断面図(B・Hブロック)

体積としては、約3%の増加に留めることができた。

コアボーリングにより、ブロックごとに頂部から1か所、近接部・側部から2か所、計33本試料を採取し改良体の出来形と強度を確認した。ボーリング位置は杭がラップする箇所とした(図-9)。

出来形の評価は、フェノールフタレイン溶液により鉛直方向の硬化コア採取率で確認した(図-10)。また品質の評価は、それぞれ試料から任意にサンプリングし圧縮強度試験で確認した(表-2)。

その結果、試験施工では70%以上

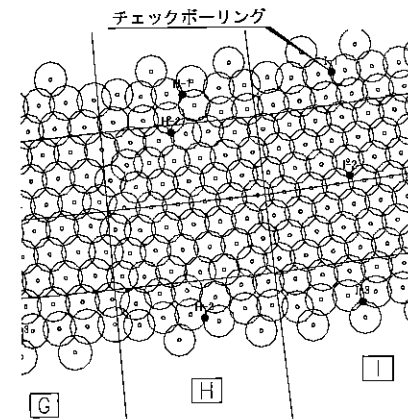


図-9 チェックボーリング位置図

孔番	H-1	平均 達成率=2238 m	TP-13.088	硬化コア採取率 (%)
梁部	頂部-1		~ TP-14.088	100%
			~ TP-15.088	100%
			~ TP-16.088	100%
			~ TP-17.088	100%
			~ TP-18.088	100%
Ave.				100%
柱部			~ TP-20.088	100%
			~ TP-21.088	100%
			~ TP-22.088	100%
			~ TP-23.088	100%
	SL部-1		~ TP-24.088	100%
			~ TP-25.088	100%
			~ TP-26.088	100%
			~ TP-27.088	100%
			~ TP-28.088	90%
	下部-1		~ TP-29.088	100%
			~ TP-30.088	100%
			~ TP-31.088	100%
			~ TP-32.088	100%
		~ TP-33.088	100%	
		~ TP-34.088	100%	
		~ TP-35.088	100%	
		~ TP-36.088	100%	
		~ TP-37.088	100%	
Ave.				994%

図-10 チェックボーリング結果(Hブロック)

表-2 圧縮強度試験結果(Hブロック)

	海側H-1		トンネル上部H-2		山側H-3		管理値	有効コア率 (%)	強度
	有効コア率 (%)	強度 (kN/m ²)	有効コア率 (%)	強度 (kN/m ²)	有効コア率 (%)	強度 (kN/m ²)			
頂部 1	100.0	1,506.3	100.0	—	100.0	—	90	70	1,000kN/m ²
頂部 2		—		2,087.9		—			
頂部 3		—		—		2,404.6			
SL部 1	99.4	2,228.9	—	—	99.5	—	70	1,000kN/m ²	
SL部 2		—				—			3,531.8
SL部 3		—				—			2,641.3
下部 1		2,184.4				—			—
下部 2		—				—			2,177.2
下部 3		—				—			3,383.7
評価	合格	合格	合格	合格	合格	合格			

(柱部)の硬化コアの採取率で有効径を確定していたが、面的な施工の影響で隣り合う改良杭同士が相互補完したことにより、全体的におおむね100%の硬化コアの採取率を確認できた。また、圧縮強度については、設計強度(1,000KN/m²)の2~3倍程度を確保していることが確認できた。

2-5 安全管理結果

2-5-1 トンネル内空計測結果

トンネル内空計測結果を図-11と表-3に示す。全体的に復元方向への変形が30~50mm程度発生した。すべての断面において、水平変位(スプリングライン位置)と鉛直変位が相関性をもっていた。また、ひずみ量についても、内空変位量と相関関係をもって変動していることを確認した。以上の2点から、おおむね弾性的にトンネルが変形していたと推定し、施工に伴う変形履歴によりトンネルの安定性に悪影響を与えていないと評価した。

2-5-2 その他の計測結果

水盛式沈下計の計測結果により、全体的に10mm程度のトンネルの隆起変位が確認された。変位傾向としては、復元方向の変形の場合はトンネルが隆起し、進行方向の変形の場合はトンネルが沈下しており、トンネルの内空変位との相関関係が見

られた。

軌道変位計の計測結果により、トンネル本体の変位に応じて、軌道の通り・高低が変位することを確認した。軌道変位量としては、バラスト軌道であったこともあり、軌道整備基準値の範囲内に収まっており、列車運行に影響はなかった。

表-3 トンネル内空計測結果

キロ程 (m)	施工前計測値 (mm)		施工後計測値 (mm)		累積増減量(mm)	
	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向 (参考)
0k610	+6		+8		+2	0
0k620	+13		+15		+2	
0k630	+49		+20		-29	+30
0k640	+80		+42		-38	
0k650	+83		+48		-35	+35
0k660	+88		+53		-35	
0k670	+107		+70		-37	+34
0k680	+119		+82		-37	
0k690	+130		+92		-38	+40
0k700	+134		+93		-41	+38
0k710	+122		+71		-51	+45
0k720	+86		+45		-41	+35
0k730	+41		+16		-25	+22
0k740	+3		+2		-1	±0

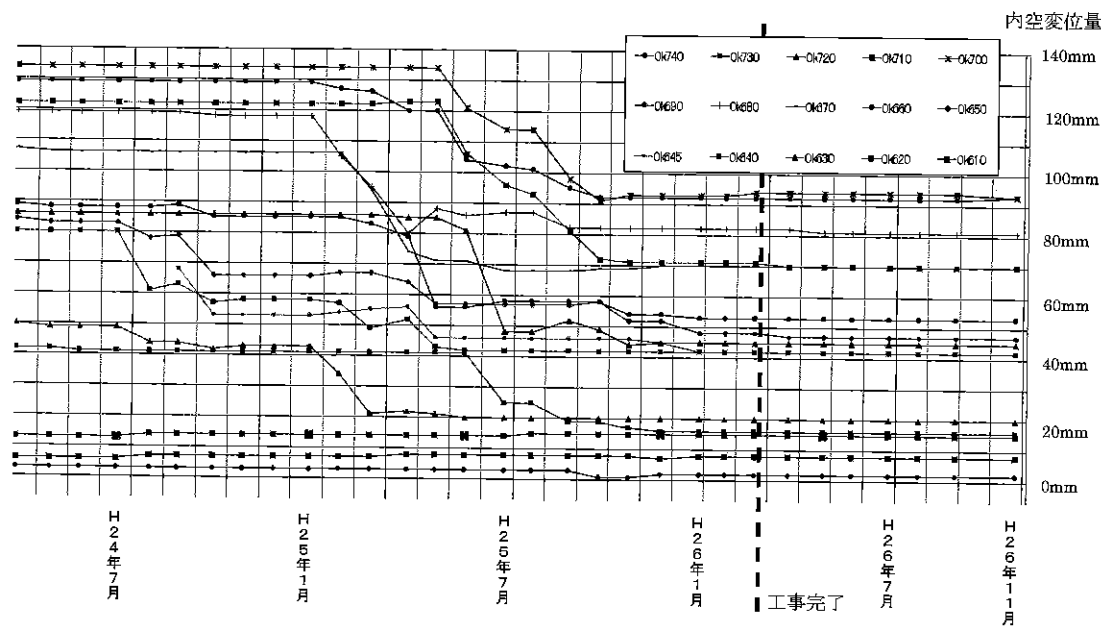


図-11 トンネル内空計測結果

2-5-3 漏水

試験施工時には、多少の漏水が確認されたが、本施工時には施工による漏水は発生しなかった。施工前から発生していた漏水については、改良体が構築されることにより止水された。改良杭の配置が完全ラップであったので、トンネル背面側からの止水効果も有していたと考えられるが、止水効果の持続性については不明である。

2-6 工期短縮の工夫

施工当初は、近接部の施工によりトンネル計測値が大きく変位するので、近接部施工は線路閉鎖時間帯に限定して実施していた。しかしながら、施工を進めるうちに変位傾向を把握することができ、近接部であっても隣接の杭が施工されている場合には、各計測値に変位がほとんど生じないことが確認された。そこで、近接部であっても隣接杭が施工済である場合は、施工時間帯の制約を解除し、昼夜間施工とすることで工期短縮を図ることとした。外部補強の施工期間は、試験施工期間を除き1年1か月で完了し、予定工期を遵守することができた。

3 内部補強

3-1 概要

3-1-1 構造コンセプト

内部補強の目的は、トンネルの覆工が終局状態に達する荷重(終局荷重)が現況荷重に対して安全率 $F_s=1.5$ を確保する補強を行うことである。補強構造は、既設トンネル覆工の内側にさらに覆工体を設置して二重リング構造とし、二重リングの全体で安全率を確保する構造である。

既設トンネルのシールドセグメントを1リングごとの構造物と見なし、1リングの幅1,200mmに対して、補強部材は中央部の幅900mmを補強する構造とした。内部補強を行う30m区間にはシールドセグメントが25リングと半分の割付けであったことから、補強部材も900mm幅で25リング、および450mm幅で1リングの合計26リングの構成とした(前号(設計編)図-11参照)。

補強部材は、①鋼製段差継手セグメント、②脚

部モルタル、③裏込めモルタルの3部材で構成される(前号(設計編)図-12参照)。それぞれの役割・構造・性能は下記のとおりである。

(1) 鋼製段差継手セグメント

鋼製段差継手はインバートを通じてアーチ状となり、設計荷重を支える部材である。鋼製のセグメントおよびボルトからなる構造である。

防錆仕様は、ピースが小さく、また形状が複雑であることから、塗装による塗布では施工上困難であったため、溶融亜鉛めっき(HDZ55)とした。

(2) 脚部モルタル

脚部モルタルは、セグメントと既設トンネル構造物との界面にて応力を伝達するための部材である。既設のトンネルのトラフ台コンクリート上で、セグメントに発生する圧縮応力の水平分力を、セグメント脚部の最下段ピースに設置したボルト鋼材を介して伝達し、既設トンネル路盤に打設したあと施工アンカー、鉄筋材、無収縮モルタルにて既設トンネルと閉合させる構造とした。

(3) 裏込めモルタル

裏込めモルタルは、既設トンネル覆工に設計荷重が作用した際に、二重リング構造間で応力を伝達する部材であり、無収縮モルタルからなる構造である。セグメント26リングに対し、1.2m³/リング、合計約31m³のモルタルを打設する。

3-1-2 セグメント組立て方法

列車の運行を確保しながら、線路閉鎖時間内にセグメントを組み立てるには、時間的および空間的な制限があるためトンネル内に大規模な仮設物を設置することはできない。この条件下で施工を行う方法として、設置箇所最下段に1段分のセグメントを組み立てて油圧ジャッキでせり上げ、できたスペースに更に1段分を組み立ててせり上げるといった手順でセグメントを下から順に組み上げ、天頂部で閉合させることで1リングの補強材を組み立てる方法を検討した(図-12)。

この施工方法の場合、閉合する前の過程では、組み立てたセグメントが自立しない不安定な状態となる。このため、組立て中におけるセグメントの安定性を保ち、かつ所定の位置まで正確にセグ

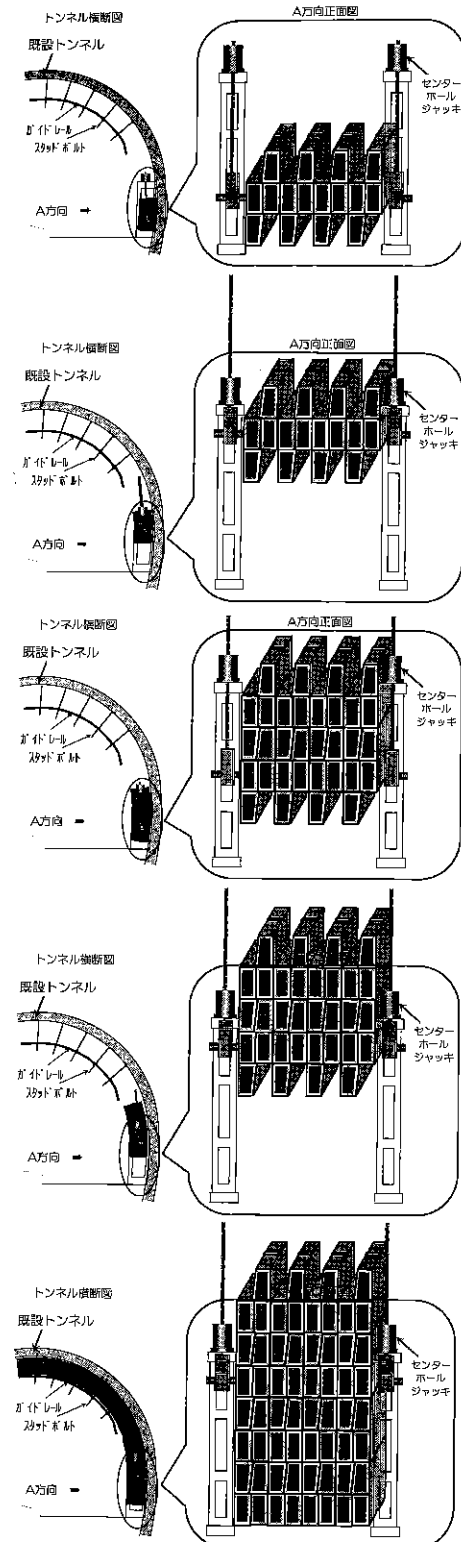


図-12 セグメント組立てステップ

メントを誘導するガイドレールの設置を計画した。また、建築限界外の限られた空間に設置できるセグメントせり上げ用の架台や油圧ジャッキなどの設備を計画した。

3-2 試験施工

3-2-1 セグメントの荷重試験

設計の断面性能が確保できることを確認するために、試作品を製作し、工場にて荷重試験を実施した。試験は、設計荷重時および許容荷重時にセグメントと継手に異常がないこと、ならびに荷重と変形量から所定の断面性能を有することを目的とした。試験台上にセグメントの試作品を4ピース組立て、その中央部に荷重を積載し、供試体に設置した変位計で変形量を測定した(図-13)。

荷重試験の結果、設計荷重時における弾性変形領域であることを確認した。また、変形量は予測値を下回る結果となり、剛性性能も十分であることが確認できた。

3-2-2 セグメント組立て試験

計画した組立て方法について、地上部に模擬トンネルを作成し、組立て試験を実施して検証することとした(写真-1)。

セグメントせり上げ時の仮受け部材となる、スタッドボルト、およびガイドレールにひずみ計を設置して、荷重に対する鋼材の変形を計測し、想定しない荷重による破壊がないことを確認した。

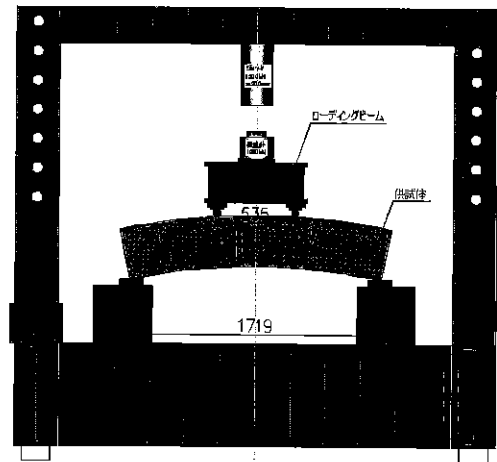


図-13 荷重試験図

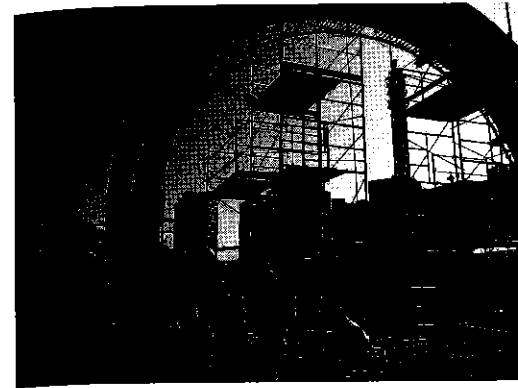


写真-1 組立て試験状況

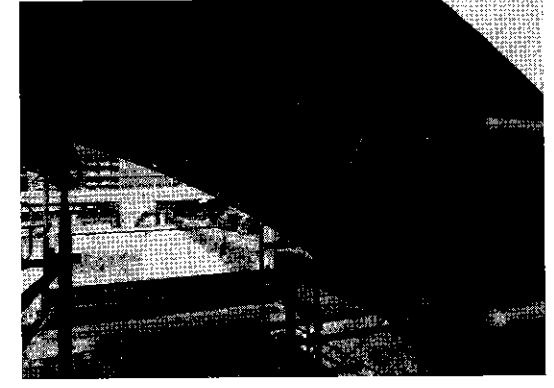


写真-2 妻型枠取付け状況

また、スタッドボルトは上向き方向の打設となることから、引き抜き試験を行い、所定強度以上の溶接強度が得られていることを確認した。さらに、万一スタッドボルトが切断した場合でも、セグメントが軌道に倒れてこないダブルセーフティー対策として、既設トンネルに落下防止金具を取り付けることとし、設置状況、建築限界からの収まりなどの確認を行った。

組立て試験の結果、セグメント形状や仮設部材の細かい修正を要することとなったが、施工方法の実現性を確認することができた。

3-2-3 裏込め充填の試験施工

作業はすべて営業線内での施工であり、大量のモルタルの漏れや、営業時間内の滴下が発生すると、列車運行支障を発生させることとなる。このため、モルタル材料の適合性、妻型枠材の強度、隙間からの漏れ、使用予定の機械類の適性、および材料の充填性など、裏込め充填作業の実現性を確認するため、セグメント組立て試験を実施した模擬トンネルにて、充填試験を行った。

(1) 試験施工の計画

使用する材料には、高いチクソトロピー性を有する空隙充填用グラウト材を採用した。この材料は、無収縮グラウトと比較して隙間からの漏れ量をコントロールしやすい性質を持っている。

妻型枠材はセグメントとボルトにて固定する鋼製型枠材を採用した。変形したトンネルに対して真円の内部補強材を設置するため裏込めモルタル厚は50~110mm程度と不均一となった。これに対

応するため型枠形状は扇形とし、セグメントと連結する固定ボルト穴は長穴とすることにより汎用性の高い型枠形状とした(写真-2)。型枠どうしおよび型枠とトンネルとの接合部には隙間テープを貼付け、モルタルの漏れ防止を図った。セグメントのピース間からの漏れを防止するため、セグメント背面にはポリフィルムを貼付けを行った。混練りはモルタルミキサにて行い、モルタルポンプによる打設を計画した。モルタル注入孔は、1孔からの最大打ち上げ高さを約4.3mとして、トンネル両脚部の下段部、中段部、および上段部に2か所、1断面あたり計6か所設置した。下段部の注入孔から充填を開始し、モルタルを下から上方向へ充填し、一つ上の注入孔からの漏洩を確認後注入孔の盛り替えを行い一晩の作業でトンネルの天頂部まで打設を完了する計画とした。

(2) 試験施工の結果

両脚部の注入孔から打設を開始したところ、注入孔付近の妻型枠どうしの隙間、および妻型枠とトンネルとの隙間からのモルタルの漏れが発生したため、妻型枠の固定方法など施工方法の見直しを行うこととした。

ポンプの吐出圧を抑える対策としては、注入孔を増設し、1か所からの打ち上げ高さを抑えることとした。1孔からの最大打ち上げ高さは、約2.3mとした。再度試験施工を行ったところ、問題なく充填を完了できた。

養生後、充填状況の確認を行ったところ、注入孔盛り替え箇所付近に若干のエア溜まりが見られ

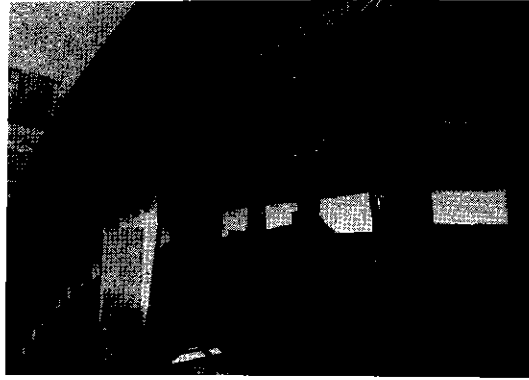


写真-3 裏込め充填不良状況

たほか、天頂部付近に幅1m程度の未充填箇所が確認された(写真-3)。これらの未充填箇所は、いずれも注入孔を設けた妻型枠と反対側の妻部に生じていた。これらのことから、注入孔の盛り替え方法を改善し、エア溜まりを生じないような工夫を行うこととした。

3-3 施工ステップ

3-3-1 仮設部材の設置

セグメントの組立てに必要な、スタッドボルト、ガイドレール、および落下防止金具などの仮設部材の設置を行った。

(1) スタッドボルトの打設

スタッドボルトの打設は、線路閉鎖および電停止後にトンネル内に足場を組んで、打設を行った。

(2) ガイドレールの設置

上半部はスタッドボルトにてトンネルから吊り下げる形状で、下半部はトンネルにもたれ掛ける形状である(写真-4)。これは、セグメントを最下段よりせり上げる場合、初期の段階ではトンネル側部にもたれ掛かりながらせり上がり、ある程度の高さまでせり上がった段階でトンネル中心方向にもたれ掛かることになるため、どの場合でもセグメントが不安定にならない形状とした(図-14)。補強区間のトンネルは扁平に変形しているが、セグメントは、組み立てた形状が真円形となるため、ガイドレールは真円となるように、外部補強完了



写真-4 ガイドレール設置状況

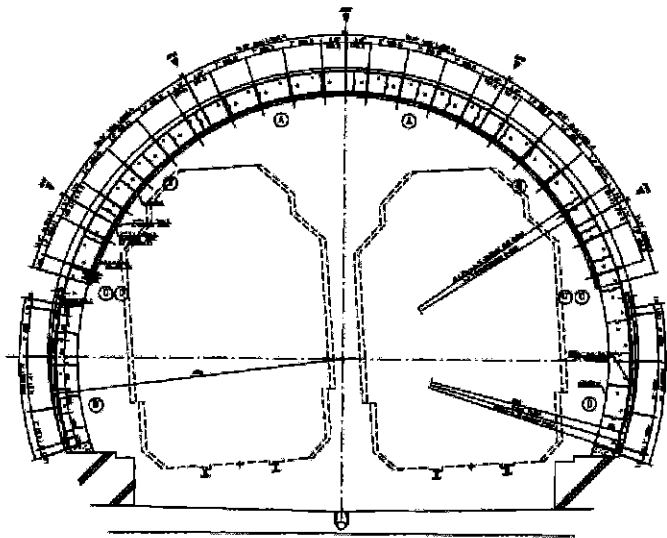


図-14 ガイドレール設置図

後にプロファイラーで測定した計測結果により設置位置を調整した。設置は、レール材とローラ材を分割で設置した。レール材を先行してスタッドボルトに取付け、その後、ローラ材の取付けを行った。設置完了後、レール材の内空を計測することにより真円度を確認した。

3-3-2 セグメントの運搬

セグメントは、1ピース約100kgである。地上部からの搬入および駅構内のセグメントの運搬は、全て荷役用の台車を用いて、2ピース単位で行った(写真-5)。台車への積み込みおよび荷下ろしは人力にて行った。駅構内移動はEVを用いて営業時間外に行った。

ホーム上の仮囲い内にセグメントを一時ストッ

クシ、補強リングの1段分である4ピースをボルトにて締結し、以降はすべて、4ピースを1単位で作業を行うこととした。

ホームから施工箇所までの運搬は、組立て式の小型門形クレーンを用いて軌道にセグメントを下し、アルミ軽便トロを用いて手押しで運搬した。施工箇所ではローラーコンベヤを用いて組立て箇所まで移動し、ホイスにて組立て箇所への投入を行った。

3-3-3 セグメント組立て

試験施工の際は、嵌合部の製作精度が低かったため、1ピースの組立てでも嵌合部が入らずに時間を要したが、凸部の面取りを行ったことと製作の精度が向上した結果、4ピースごとであっても、わずかな調整で組み立てることができた(写真-6, 7)。

セグメント組立ては、線路閉鎖の限られた時間内でありながら、最短で1リングあたり6日での施工が可能となり、8か月間で完了した。

3-3-4 脚部モルタル工

既設コンクリートへの接合方法は、チップング処理とケミカルアンカーによる、あと施工アンカーとした。無収縮モルタルは、ハンドミキサにて混練りを行い、バール缶で打設を行った(写真-8)。

3-3-5 裏込め充填工

妻型枠の設置については、セグメントと型枠をボルトにより固定した。また、吐出圧力や静水圧による型枠のずれを防止するため、隣接するリングよりサポート材で突っ張り補強することとした。

試験施工では、注入孔と反対側の妻型枠側にエア溜まりによる未充填ができていたことから、本施工では、注入孔をトンネル進行方向に対して千鳥配置として打設を行った(図-15)。1リングあたりの打設は、上半および下半部に分割し、下半部を先行して施工し、2日で施工する手順で実施した(図-16)。

施工中のモルタルの漏れは発生せず、順調に施工を進めることができた(写真-9)。また、試験施工で確認されていたエア溜まりによる未充填部はなく、良好な出来栄を確認できた(写真-10)。



写真-5 セグメント構内運搬状況



写真-6 セグメント組立て状況

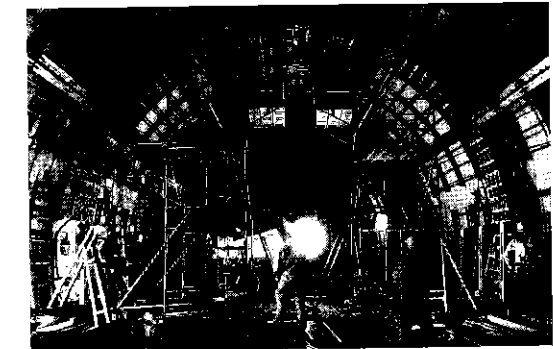


写真-7 セグメント組立て状況全景



写真-8 脚部コンクリート打設状況

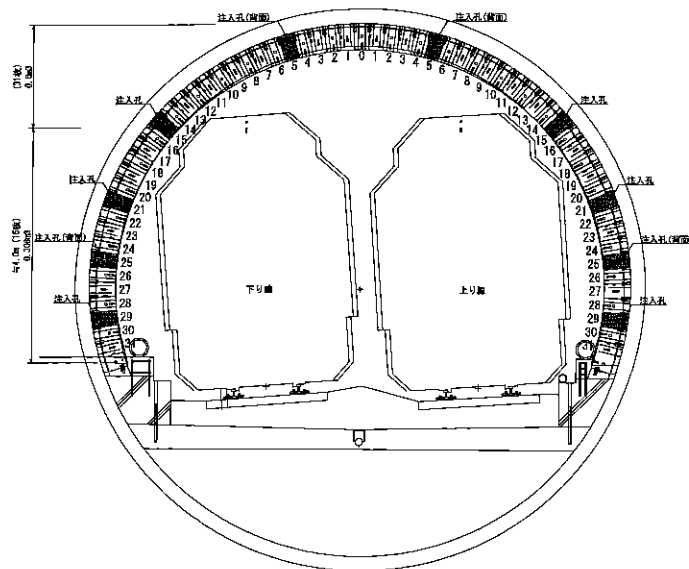


図-15 裏込め注入孔配置図

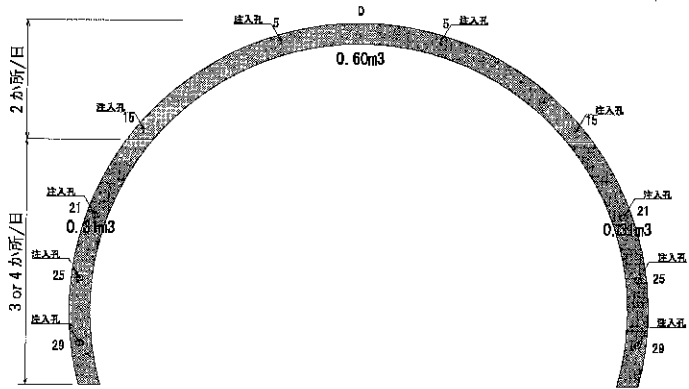


図-16 裏込め充填打設分割図

4 おわりに

外部補強では、トンネルの変位や変形が想定以上に発生すること、現地の地盤条件が思いのほか厳しいことから、安全性と品質、両面の確保が非常に困難であることが試験施工により明らかになった。一方、工期遵守のため、諸課題に対しては迅速な対応が求められた。安全性については、試験施工を経て施工を進める中でトンネルへ与える影響の傾向や程度を把握し、施工に伴う変位や

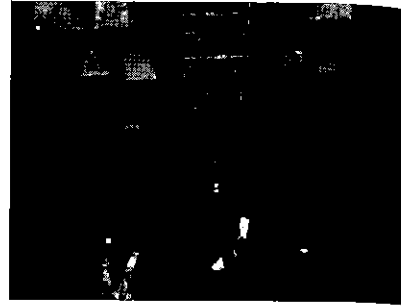


写真-9 裏込めモルタル打設状況

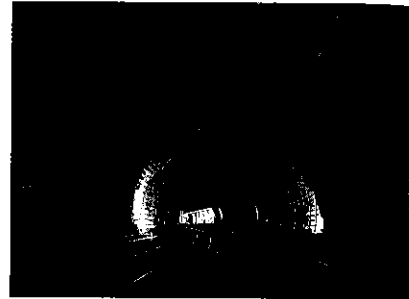


写真-10 内部補強完成状況

変形をコントロールすることができた。品質については、試験施工を10mごとに実施し適宜設計を修正することで、当初施工量の範囲で良好な品質を確保することができた。

内部補強では、初めての工法を採用したため施工方法の確立に課題があったが、各施工段階で試験施工を実施することで適切な施工方法を確立することができた。

施工者、設計者、発注者が協力して課題解決のプロセスを検討し、鉄道運行の安全性を確保しながら慎重に施工をすすめ、当初予定のコストならびに工期の範囲内で、良好な品質を確保したうえで無災害での竣工を達成することができた。

本工事で得られた知見が、近接して施工する地盤改良がトンネルに与える影響程度の推定や、営業線での二次覆工によるトンネル補強工事の参考事例となれば幸いである。

第七十回 語り継ぎ 言ひ継ぎ 花か



九州の山はいつも移り気 江藤 俊文

(元)株熊谷組

はじめに

入社当時、先輩方によく言われたものだ。

「土木の世界に入ったのだからまず、浅く広く経験してみることだ」「若いうちは多くの現場に回してもらい、その後気に入った工種を希望すればいい。まあ、浅く広くとは、ダムもトンネルも橋梁もシールドも道路舗装も短期間経験してみなさいということである。ある意味ぜいたくな希望だが、当時九州にはそれほどの現場が存在した。

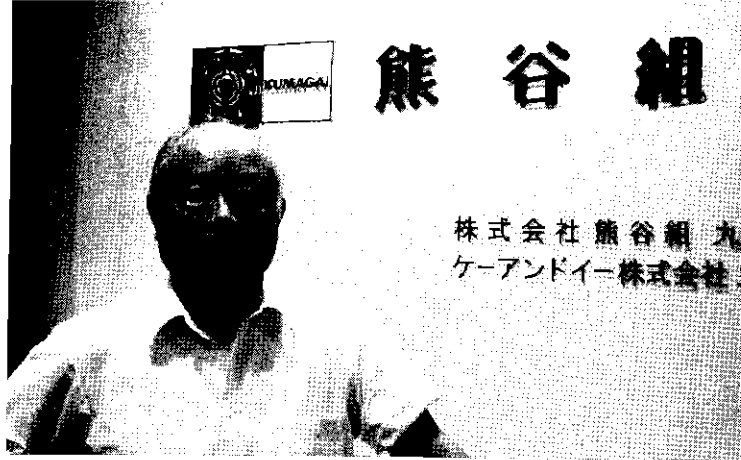
そうした中、最初に配属された現場は鉾山だった。大分県津久見市下青江。何年経っても忘れることのないこの地名は、初めて社会人としてスタートを切った場所であり、日鉄津久見鉾山の現場だった。氷壁のように切り立った石灰山の中腹に、網の目のように坑道が掘られ、それぞれにレールが敷いてある。石灰岩を採取して破碎

室へ送り、製品として津久見の港に搬送されていた。熊谷組は、数本の坑道掘削とグローリーホールの工事ほかを請負っていた。

新入りの私の仕事はまず出前取りだ。昼夜100人くらいの作業員がいたから、朝の7時から2時間くらいかけて坑内数箇所の切羽からグローリーホールまで見て回り、作業員の人数を把握しその後先輩方と合流し測量などの業務について。下請は2社入っていたが、まだ「班」であった時代。作業員の中には背中一面の倶利伽羅紋や元憲兵隊の隊長さん、また、大相撲の行事あがりもいて、けっこうバラエティに富んでいた。

そんな中でも早く仕事を覚えようと、毎日ただがむしゃらに働いた。結局1年そこそこで転勤命令が出るのだが、この現場で忘れられないことが2つある。

その1つは斜坑掘削だ。ほぼ直角に近い角度の導坑を下から上へ切り上げていく。断面は5㎡程度、延長は80m。足場を組んでの



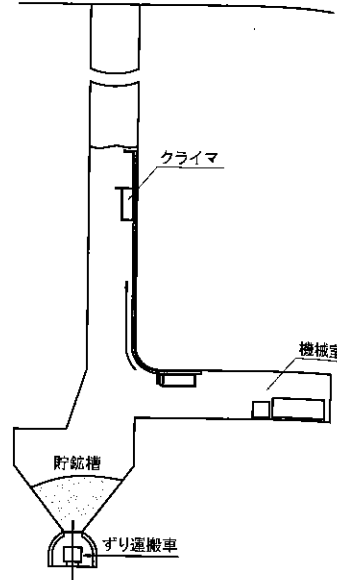
著者近影

著者略歴

- 昭和39年4月 (株)熊谷組入社
日鉄津久見ずい道工事
- 昭和40年3月 日向水路改修工事
- 昭和43年7月 高千穂線第一高千穂ずい道その他工事
- 昭和44年11月 高千穂線高千穂橋梁その他その1工事
- 昭和46年9月 一般国道251号線道路改良工事(4工区)(飯盛第一、第二隧道)
- 昭和47年12月 一般国道202号線道路改良工事(京泊トンネル工事)
- 昭和49年8月 国見道第5号国見道路建設工事(トンネル)
- 昭和51年12月 一般国道382号線道路改良工事(トンネル工区)(対馬)
- 昭和52年12月 主要地方道飯原豆蔵美津島線道路改良工事(トンネル工区)(対馬)
- 昭和53年9月 九州自動車道木原トンネル南工事
- 昭和57年6月 芦浜トンネル工事(飯島)
- 昭和58年9月 九州自動車道福智山トンネル工事
- 昭和61年10月 福岡3号城山トンネル新設工事(JV所長)
- 昭和63年4月 大分自動車道乙原工事(トンネル)(JV副所長)
- 平成4年12月 九州自動車道肥後トンネル南(その1)工事(JV所長)
- 平成8年9月 九州新幹線塩鶴トンネル工事(JV所長)
- 平成14年11月 九州新幹線玉名トンネル(南)他1工事(JV所長)
- 平成21年8月 九州新幹線玉名トンネル(南)他2工事(JV所長)

掘削などは不可能だから、この導坑掘削のために当時世界にまだ4台しかないというスウェーデン製のクライマーという機械を導入した。今で言えばジャンボの先端に付いている作業架の少し大きめのものと思えば良い。坑夫が2~3人乗れて削岩機を積んでガイド

レールを盤面に固定して、そのレールに下がるかたちでクライマーが上昇する。動力は圧縮空気だ。エアにより上昇し、切羽に到達したら穿孔してダイナマイトを落下しないよう装填する。クライマーは下降し機械室へ避難する。発破のずりはそのままたゲートに落下す



立坑概要図

るからずり出しなどの作業はない。同じような工程で上昇し、ガイドレールを延長しながら進んでいく。発破が効いていようがまいが、浮き石があろうがなかろうが、確認するにしろ掘削するにしろ上昇しなければならない。まさにギャンプル掘削だった。40mくらい上昇したところから坑夫が怖気づき始め、おだて上げなだめすかしながら作業をしたことを覚えている。頂上に到達したら、今度は上から下へ断面を大きくして立坑として切り下がっていく。「すごい仕事をせねばならんのだなあ」と思ったことを覚えている。

そしてもう1つは、当時日鉄さんには鉱山の中腹にある現場詰所で安全講習をやっていただいた。熊谷組の職員や下請け作業員、日鉄さんの作業員など集めて発破の注意点や作業の心構えなど教育していただいた。新入りの私にとって作業の安全もさることながら、

土木用語、トンネルの専門知識などを知ることができ、とても感謝している。

熊谷組がこうした安全教育などの行事を現場で行うのは、それから何年も先のことだから、実りある1964(昭和39)年だった。とにもかくにも私はこの1年そこそこの現場において斜坑、立坑、横坑、連絡坑とトンネルの掘削方法というものを浅く広く知ってしまうことになったのである。

技術のデパート
—在来からNATMへ—

昭和40年代から50年代前半にかけてのトンネルは在来工法(矢板工法)の時代だった。また、この

時代トンネルは技術のデパートとも言われ、さまざまな施工法が存在していた。そして私もまた、先輩方とともにそうした施工法を経験することになった。

長崎の諫早大水害で滑動したと言われた国道251号飯盛の2本の短いトンネルは側壁導坑先進で施工した。変位が大きく、側壁コンクリートを打設し上半掘削へ移るとき、万全を期して頂設から切り抜けた。この欄で多くの先輩方が伝えておられる斧指の、まさに腕の見せどころだった。

同じ長崎の佐世保と佐賀の伊万里を結ぶ国見トンネルは上半先進で掘削した。7ブームのガントリージャンボが主役だった。(そう言え

ば最近このトンネルを火野正平がチャリ漕いで走っていたなあ、BSで見たぞ)

そしておそらく日本道路公団として最後の在来工法となったのではと思われる九州自動車道木原トンネルは底設導坑先進によるレール方式で施工した。霧島火山系の影響を受けた地質に何度も何度も後荷に苦しめられ、そのたびに縫返しを強いられた。H-175の支保工が変形し、すぐさま「ボウズ(支柱)」で受け止めて圧力をくい止める。根固めコンクリートなどの補強を行い縫返しに着手する。H-200で再施工だ。覆工も設計厚70cmで設定された。難産の末、破砕部を克服した。転石混じりの



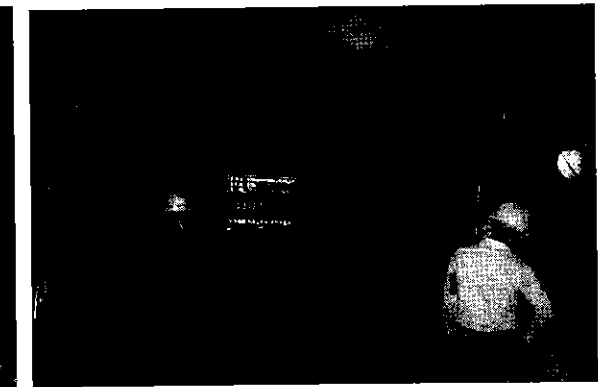
後荷の典型的な状況(切羽の5~6m後方)



転倒装置(GPトロ6㎡積み、坑内から出されたずりをこうしたかたちで排出する機橋はある程度の延長、高低差が必要だ)



木原トンネル上半部切羽状況



木原トンネル底設導坑部切羽状況

切羽では29mmの鉄筋アンカーで、吊下げ効果を狙って対応した。唯一の救いは、このトンネルには一滴の水も存在しなかったことだった。そしてこの工事を境に九州にもNATMの時代がやって来る。

大分自動車道 乙原トンネル

温泉地帯を施工したトンネルとして、大分自動車道乙原トンネル(949m)が記憶に残る。別府～大分間についてはとくに温泉腐食について、発注者である日本道路公園では計画段階より検討が重ねられてきた。本トンネルもまた、坑口より450m区間が温泉変質地帯となっており、いろいろな対策が組み込まれていた。



乙原トンネル坑口(出口)付近に出現した板状節理の火山砕屑岩

工事は2ブームの油圧削岩機、積込みはサイドダンプ950B(2.1m³)にて行い、11tダンプトラックでずり搬出した。吹付けは乾式を選択し、換気は送気式。基本的にはショートベンチカットとしてベンチ長を50～100mと幅を持たせた。これは地熱の影響をできる限り少なくする意味もある。湧水はさほど多くなく、毎分1t未満だったが、天井から落ちる水滴は冷たく、切羽からの水はぬるく、下から湧く水はとても熱かった。pH値は調査段階の値と類似しており、6～8とほぼ中性だった。水温は22～41℃と高く、区間によっては温泉的な様相を呈した。

とくにインバート掘削の路盤は地熱も高く、雨の日に搬出されるずりが雨に打たれダンプの荷台から立昇る白煙は圧巻だった。こうした地質状況を考慮し、早期閉合を基本に、切羽掘削をストップしてインバート全幅のコンクリート打設として施工した。坑内の環境は切羽や路盤の地熱、吹付けコンクリートの硬化熱などで蒸し暑く、30℃を超えるときもあった。このため作業員の環境を維持するために風管をできる限り切羽に接近させ、また、労働時間を短縮するなどして作業員の疲労を防いだ。彼らもまた、早く貫通させ、この「別府地獄」から抜け出そうとがんばっていたのだが、意外な落とし穴が待っていた。

この時代、在来工法がNATMに交代したように、爆薬もまた、膠質ダイナマイトから含水爆薬への交代時期でもあったが、坑夫の中

には安全性を高めた含水爆薬より爆破性が高く、作業効率の良い前者を好む者も少なくなかったのである。坑口より400m、切羽はCIIパターン1.2m、両輝石安山岩、温泉余土を挟み水はほとんどなく滲みる程度。しかし、このころの切羽は不発が目立つようになってきた。不発残留の回収が多くなり進行にも影響が出て、発破記録を見ると毎回「当たり発破」だ。坑夫は「マイト(ダイナマイト)の効きが悪いからだ、元に戻せ」と言ったが、私は、「もしかして、いつか火薬の本で読んだことのある『デッド(死圧現象)』が起きているのでは?」と考えた。温泉余土に多く見られる現象で、「こうしたなさい」とは書かれてはいなかったが、うなずける面も多いのだ。その現象がいよいよ顕著になり、現象をまとめてみると、以下のようになる。

- ① 問題なく発破が成功するのは芯抜きだけ。
- ② 地質の強弱と思われるが、不発は段数においてランダムに出る。
- ③ 親ダイの電気雷管は起爆しているのに、マイトが導爆しておらず親ダイとしての役割が果たされていない。当然、増しダイも残っている。
- ④ 親ダイが半爆状態で残っている。

もちろん、中には完爆している孔もあるが、こんな状況だから発破効果がほとんどない。穿孔した穴に装填したマイトが孔もるとも圧力を受け爆発できないでいるの

はもう明らかだった。「ロードヘッダーに切替えよう」とか、「穴にパイプを入れその中に装填したら」とか、「いや、パイプは静電気を引き起こすから、かえって危ない」とか安全サイドの意見も強かった。本社も「これだ」という妙案もなく、現場の考え同様に「孔間隔を広げ、死圧の影響の出ない距離を保ちやっけていくしかないだろう」という意見だった。「どうすればいい?」結論がでないまま、切羽は部分発破とプレーカーで昼夜で2.4mとか1.2mとか情けない進行が続いていた。

ところが、この難題は意外なところから解決策が持ち込まれてきた。それは火薬メーカーだった。ある日のことだ。「今、回収した火薬類を見せてもらいました。明らかに電気雷管が変形しています。この件、私どもにも参加させてもらえませんか? 変形するような製品を納入したのでは私どもの面目も立ちません」と、「大きく出たな」と思ったが、知恵は欲しいところだ。「何か策はあるのか」「ひとつあります。ご承知のように電気雷管は銅でできています。これを鉄に変えましょう。鉄製の電気雷管に変えましょう」と言うのである。「そんなことがすぐにできるのか」「任せてください」「勝手に雷管を鉄管に改造するなんて法的に問題は出てこないのか」「心配いりません」と言って帰っていった。

それから数日後のことだ。現場から「試し打ちをするのですぐ来てください」と連絡があり行って

みると鉄管に変更した電気雷管で作った親ダイと、耐衝撃性が一段高いというサンベックスを持ち込んで孔間隔を50cmに広げ、1回打ってみるという工事主任の説明にうなずいた。スイッチを押すと何やら聞き覚えのある懐かしい轟音が坑内に響き、切羽に行ってみると1.2mがきれいに返っているではないか。結局、このときよりこのパターンでサイクルを回すことになるのだが、20も行かないうちに温泉余土は消え、安山岩の切羽に戻っていき切羽は安定を取り戻した。

しかし、こうした一連の流れの中で思い知らされたことがある。自分の周りにはいろいろな応援団がいることに気づきもせずに、ただ地質だけを見つめ、切羽の前を右往左往する己の姿はまだ未熟と感じた現場だった。

切羽はこの後坑口付近の板状節理を伴った火山砕屑岩に遭遇するが、これもウレタン注入により節理を包み込み無事貫通させた。

九州自動車道 肥後トンネル

九州自動車道肥後トンネルは全長6,340m。当時の高速道路トンネルとしては関越、恵那山に次いで国内第3位の長さを誇る長大トンネルだ。1998(平成元)年下り線のみが対面通行として供用されたが、その後の交通量の大幅な増加により上り線の施工が決定した。

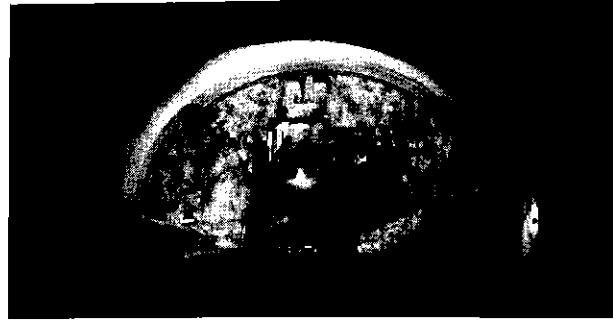
下り線施工時に上り線中心位置に作業坑が施工され、供用後には避難坑としてその役割を果たしており、対面通行の坑内において走

行車両の衝突炎上などの緊急事態が発生したときのドライバーや同乗者のいわゆる逃げ道となっている。今回の工事はこの避難坑を標準断面に拡幅するものだが、施工中であつても一瞬たりとも避難坑としての機能を損なってはならないという厳しい前提条件が付いた。こうした工事は前例がなく、日本道路公園にとつても熊谷組にとつても初めての試みとなった。

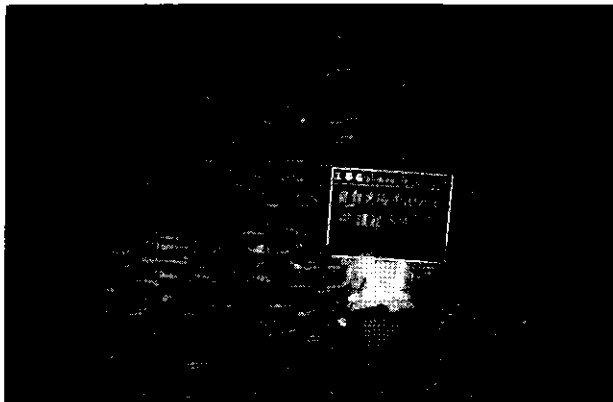
工事は南北に分割され、まず南側のみの施工となった。その1工事として1,400m、その2工事として2,569m、合計3,969mを肥後トンネル南避難坑拡幅工事として施工した。

避難坑はNATM区間、在来工法(矢板工法)区間また二次覆工、インバートの有無などさまざまな施工で完成しており、当時の難工事が想像される。今回の施工は、この避難坑を解体撤去しながら拡幅していくものだが、一般のトンネルと比較した場合、以下のような相違点が挙げられる。

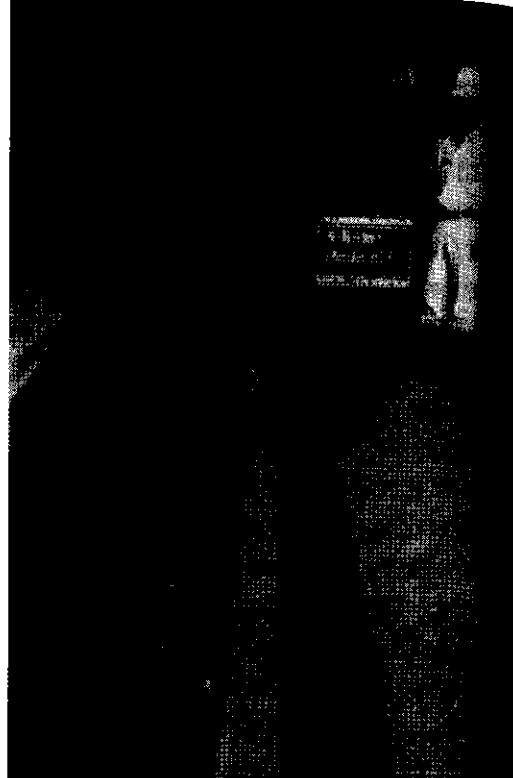
- ① 避難坑の既設支保部材(鋼製支保工、ロックボルト、金網、鉄筋、木製矢板、底盤コンクリート、二次覆工コンクリート、吹付けコンクリート、U字溝)を撤去しながらの施工となる。
- ② 避難坑内を流れている湧水量は10t/分存在するが、この清水を汚すことなく坑外河川へ排水処理するための清濁分離方法が必要となる。
- ③ 約400m間隔で設けられている供用線と避難坑を連結す



肥後トンネル切羽掘削状況



連絡坑扉前の防護状況



左側が清水、そのまま河川へ。右側が濁水、プラントで処理

る連絡坑付近を掘削する際には、避難扉および連絡坑に損傷を与えないような措置が必要となる。

④ 避難坑を利用して切羽以奥の地質状況が判断できるメリットがある。

⑤ 換気計画は避難坑自体が貫通していることもあり、こうした状況下の計画となる。

大別すると上記のように代表されるが、これを施工結果より判断してみよう。

①について、避難坑自体をすでに芯抜きが完了している切羽と想定し、また、避難坑周辺の緩みも考慮した発破計画を立て施工を行った。発破後の状態だが、支保工は変形するが、骨組形状を残した形

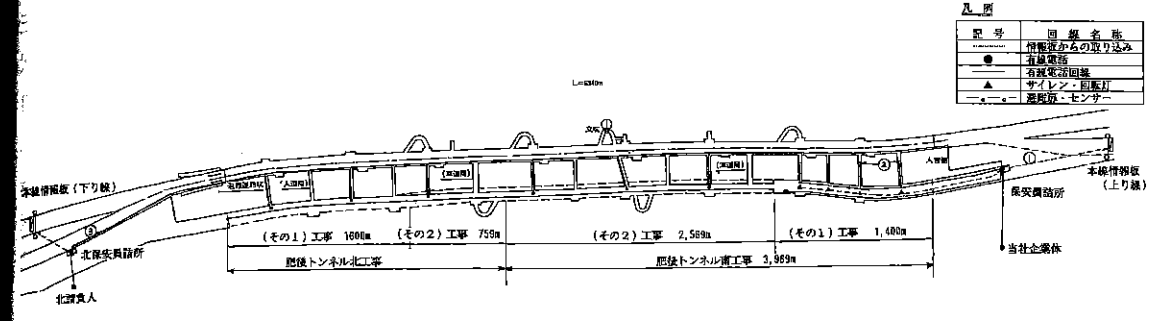
でタイロッドとともに残り、ロックボルトはずりの中に埋設するが、岩石などの付着はない。金網、鋼矢板は発破とともに飛散するが、残ったものはブレーカーなどで叩落し処理をした。支保工については油圧切断機などを使用して処理をした。

②について、切羽以奥の両側水路(一部片側のみ布設)に約150m(1か月の進行予定)つる巻きパイプを布設、清水を管内に導水、上部に2.3mmの鉄製蓋で防護し切羽を通過させた。また、蓋の上部を切羽重機が稼働するため路盤はカマボコ形に仕上げ、その状態はセントル後方まで保ちそこで清濁2系列に切替えた。セントル後方より坑口までは幅15cm、高さ45cm

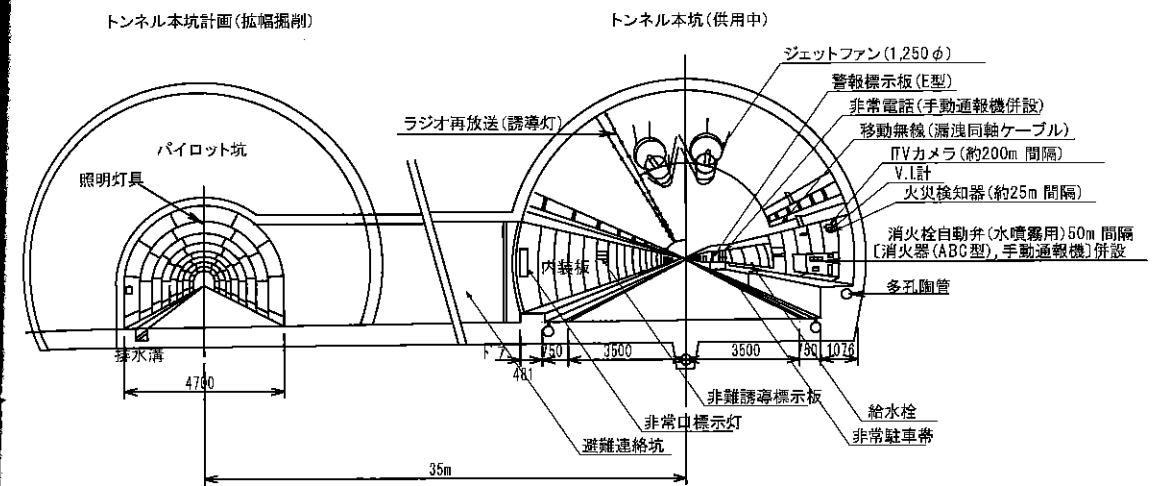
のコンクリートで分水壁を作り側壁側に清水を道路側に濁水を流して両方が交わることはないように完全分離ができた。

③について、400m間隔で設けられている供用線と、避難坑を結ぶ連絡坑は16か所存在する。両方の入口には扉が設置されており、女性や子供でも簡単に開閉できるやさしい構造となっている。こうした構造物を発破の衝撃で供用線に吹飛ばすことのないように扉の前に鉄製の扉を設置し、さらに土のうで扉を完全に防護、そして吹付けコンクリートにて固定し掘削を行った。結果、扉構造物にいったん変状はなかった。

④について、これは本工事における一番のメリットであった。な



肥後トンネル平面図



肥後トンネル断面図

により作業員自身が切羽以奥の地質状況および施工方法などを確認できるため、実態に即した対応が可能となり危険予知が判断できて十分な備えができた。

⑥について、これが難解である。避難坑はすでに貫通しており、避難坑の中を流れる風は北から南へまた、南から北へと1日のうちでも変化する場合もあり全くの無風状態のときもある。換気は送気式として2,000m³/分のコントラファン、φ1,400mmの風管でまずスタートした。避難坑内の風が北から南へ吹いてくるときは、坑口から切羽に送気された。風は切羽で合流して一気に南へ吹き戻されるため

坑内換気は最良の状況となるが、その逆に南から北へ流れるときは送気されたコントラファンの風は、避難坑の中へ消えていき風管の先端より切羽までの状況は良いが、セントル付近から坑口までの間に排気の滞留が見られた。結局この問題も含め、切羽以奥の避難坑を閉塞することになるのだが(避難坑に避難してきた人はすべて北へ避難する)。坑内はこれにより一般のトンネル状況と同様となり坑内換気問題は収まったのだが、閉塞したことにより避難坑内の換気を極端に悪化させ、避難坑内の防災機械が汗をかくという問題も出てきた。換気計画は片側のみならず

全体も考慮する必要があると感じた。

■供用線における保安対策

避難坑拡張工事を施工するにあたり、関係機関の協力を得て「九州自動車道肥後トンネル工事保安対策協議会」が設立された。警察、消防、道路公団八代管理事務所などが名を連ね、道路公団八代工事事務所、熊谷組共同企業体とともに供用線の緊急時の避難、救急活動を円滑に行うことを目的とした。当然のことながら、前例のない工事を始めるわけだから次のような問題点が出された。

① 拡張工事における発破衝撃は供用線構造物に影響を与え

ないか。

② 拡幅工事における発破衝撃は、ドライバーに運転を誤らせないか。

③ 供用線緊急事態における連絡および協力体制についてどのような計画としているか。

①と②については、実際に振動試験を実施した。供用線坑内に1断面1か所、連絡坑に1断面3か所の地中変位計を設置することにして供用線のトンネル清掃作業時間に合わせ22:30より朝の4:30までボーリング作業からケーブル設置まで完了させた。

試験発破により振動結果は1kine以下であり、①と②はクリアできた。問題は③である。

連絡体制としては、以下のかたちをとった。

- ・両坑口に保安要員を24時間常駐させ、監視および連絡業務に就かせる。
- ・供用線情報版が「進入禁止」になったら保安要員詰所、坑内ともに連動し回転灯サイレンが作動する。
- ・16か所の連絡坑の扉にセンサーを取付け、供用線より人が入っ

たとき自動的に保安員詰所および坑内で回転灯サイレンが一斉に作動する。

以上のようなかたちで回転灯サイレンが作動すれば坑内すべての作業は即中止、協力体制へ切り替える。

■協力体制

緊急事態において、ドライバーほか同乗者の避難通路を迅速に確保することが最大の使命であるため、作業中止はもちろん避難のための通路を速やかに整える必要がある。

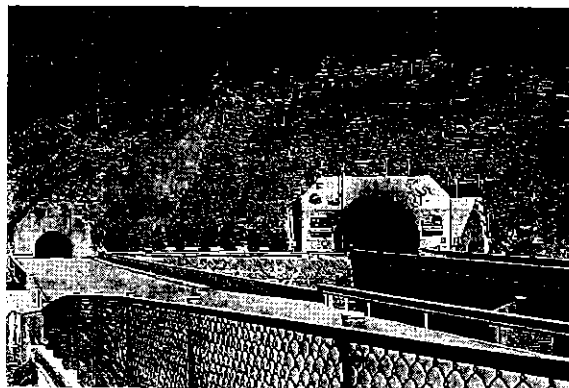
① 拡幅工事が完了し、二次覆工が完了した坑内には供用線側に幅3.5mのアスファルト舗装の通路を事前確保し、工事車両の駐車や資機材の置場などにはいっさい使用せず、常に解放しておく。

② 避難者に対しては、マスク、担架、車両の提供など避難者の早期救護に協力し、企業体事務所、会議室などを避難者に明け渡す。

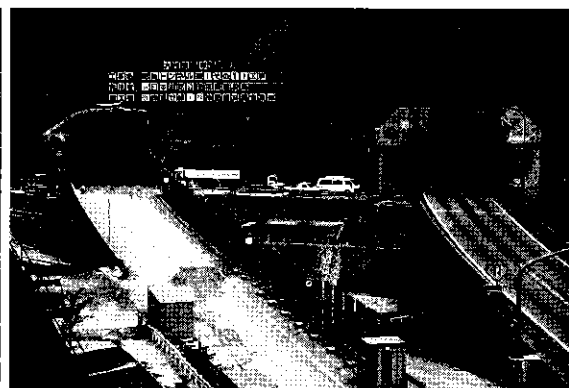
③ こうした事態に備え、定期的に教育訓練を実施しておく。以上のような連絡、協力体制と

し、施工と同時進行のかたちで真正銘の「危険と隣り合わせ」状態が5年間続いた。供用線両坑口にある信号が赤になり、進入禁止の情報版の文字が出るたびに緊張が走り、坑内に100mごとに設置した黄色回転灯とサイレンが作動し、供用線坑口前には通行車両が長蛇の列となる。長時間の場合、短時間で済む場合とどちらも毎年数回は必ず発生した。中には深夜トンネル工事のせいで通行止めと勘違いしたドライバーが職員や保安要員に罵声を浴びせたり、あるときは観光バスの女性客からトイレを貸して欲しいと言われ企業体事務所に車で送迎したりといういろいろあったが、幸いなことに供用線坑内から避難してくるという事態には至らなかった。

思い返してみれば、毎年地元の神社に全員で工事の安全祈願に行くのだが、工事の安全もさることながら「供用線の肥後トンネルにおいて1件の交通事故も発生しませんように」とお願いするものだから、神社の神様も「なんと厚かましい連中じゃ」と思ったことだろう。



肥後トンネル(着工前)



肥後トンネル(施工中)

た。

① 4,175mを片押し施工として行う。

② 施工基地が狭溢である。

③ 坑口と坑口前町道の高低差が20mある。

④ 基本はロードヘッダー掘削だが、発破工法との併用区間がある。

⑤ 出口(終点側)付近400mが小土かぶり区間となっている。大別すると、以上のような項目が特徴として挙げられる。

4,000m級のトンネルを片押し施工する場合、何よりも大事なことは工期の厳守である。途中トラブルが発生し、立ち止まればその先は途方もない道のりになる。立ち止まらないために何にが必要か、最悪立ち止まったとして早急に回復する手立ては何か。責任者として常に自問自答し、備えを怠ってはならぬことである。そのためには良いものはどんどん取入れ、障害となりそうなものについては除去していかなければならない。本工事において④と⑤のロードヘッダー、発破の併用、小土かぶり、これは技術的な問題であり自信が

肥後トンネルには相当の数の見学者がお見えになった。やはり目を引いたのは清濁分離である。トンネル奥から流れてくる10tの清流は見る人に清涼感を与え、「魚を放流したらどうですか」とか「そうめん流しができますね」と言われる方々もいた。こうした状況は職員や作業員の意識に変化を持たせ、切羽に存在する水は汚す必要はないのではないか、汚すことは良くないのではないかという考えが浸透し始めたから、それはそれでたいしたものだ。そしてこうした意識の変化は今後の工事に生かされることになるだろう。

九州新幹線 塩鶴トンネル

九州新幹線塩鶴トンネルは全長4,175mの長大トンネルだ。私個人としては、1968(昭和43)年国鉄日之影~高千穂線高千穂トンネル以来の鉄道トンネルだった。懐かしい馬蹄形の断面は変わらないが、今回は断面も一段と大きく、なによりもインバートが全線にわたって付いている。

懐かしさと同時に楽しみなこの工事の特徴は次のような点にあっ

ある。懸念すべきは②と③にある。坑口と道路との高低差20mを解消するために計画案は10%の勾配による延長200mの栈橋が示されていた。狭溢な地形を縦断するかたちでの大栈橋案は塩鶴トンネルのど元に刺さった大きなトゲだった。地形を測量し計画を練り直し、地元の皆さん、地権者そして発注者をお願いをし、町道から坑口までの取付け道路案を示し了承をいただいた。幅4.5m、延長120m、大型車両どうしの対面通行が可能な道路を坑口まで取付け、坑口下には日進10m進行可能なすりピンを設け、栈橋予定地には資機材置場、仮設備などに利用。こうして4,175mの長大トンネルとしての施工基地の体裁を整わせることができた。

そしてもうひとつ、インバート施工も気がかりだった。工程厳守のため2日に1回必ず10.5m打設する必要がある。今度も問題は栈橋だ。切羽と同時施工だから切羽の車両をさばきながら施工していかなければならない。そのためには栈橋が重要な意味を持つ。当時の栈橋製造企業の資料図面と製品をつ



塩鶴トンネル 3200m付近での崩落状況(200m程度)。吹付け⇒土砂取除き⇒縫返し⇒注入⇒先受け工などで4日間の足止めの後掘削再開だ



塩鶴トンネル 貫通

ぶさに検討したが、満足するには足りず結局現場で製造する決断をした。それもジャッキで横送りとかの前近代的な構造ではなく、シンプルで安全性の高い作品として完成させた。納入した鉄骨にて架台を組上げ、足元にはキャタピラーを取り付けた。ボタン操作で横、縦に移動し機動性を持たせた自走式とした。2本の小さなキャタピラーが大きな架台を背負って歩く姿を、だれかが塩鶴のカニ棧橋と呼んだが、局からお見えになった皆さんが切羽からの帰りに「あれっ、来るときは左を渡って来たのにいつの間にも右に来たんだろう」と驚かれた。こうしたこともあり、この現場手造り棧橋は少し話題をさらった。そしていろいろあって結局、特許取得というおまけまで付いた。4,175m一度もダウンすることなく、十分過ぎるほど稼働し期待に応えてくれた。

小土かぶり区間はかぶり2~5mの厚さで推移したが、発注者と地権者にお願いをし、換気立坑を設けさせてもらった。立坑といっても直径50cm程度の換気孔だ。大型の換気扇を取付け坑内の換気を循環させた4,000mの切羽に時折日が差込んで、さながらスポットライトを浴びたステージのようであつた。小土かぶり区間の溶結凝灰岩層は比較的大塊であるため先受けボルトなどの補助工法も採用した。また、大規模な空洞も数箇所確認されたため地表面よりコンクリートを充填し、岩盤補強を行った。そして小土かぶり区間はすべてのかぶり

が5mになるようにシラスとセメント系の固化材を混合した改良土で盛土を行った。2001(平成13)年10月九州新幹線塩鶴トンネルは貫通した。4年半の道のりだった。

おわりに

「語り継ぎ言い継ぎ行かむ」。

若い諸君はどう捉えるだろうか。トンネル工法が在来工法(矢板工法)からNATMへ大きく変遷したように、時代背景もまた大きく変化した。われわれの若かりし時代それは「寛容の時代」だった。大きなヘマをやらかしても頭の上に雷のひとつやふたつは落ちてきた。しかしそれはせいぜい竹刀か木刀で叩かれた程度の痛みであり、この痛みはやがて元に戻りいつの間にか忘れてしまうことができた。しかし今はどうだろう。同じような失敗をすればそれは日本刀で斬られたような傷となり、後々まで引きずることになりはしないかとさえ思う。

この管理された社会においてやや窮屈である意味息苦しい時代を生きねばならぬ若い諸君に同情を禁じ得ないが、社会がそうした時代を求めるのなら受け止めて行かねばならないだろう。だが、どんな時代であっても忘れてはならないことがある。技術の革新だ。

今はNATMの時代だが、若い諸君でもっと良い工法を導きだしてもらいたい。今回書くことはできなかったが、いろいろな産業がコンピューターを導入し始めた昭和50年代。建設業にもロボットの時代が来るとして、熊谷組はいち早

くジャンボにコンピューターを搭載。群馬の採石場で模擬切羽を設定し試行錯誤をくり返し、九州自動車道福智山トンネルに全自動油圧削岩機として導入した。水とほこりと湿気を嫌うと言われていたコンピューターをあえてトンネルへ持ち込んだ。「その意気や良し」と思う。大量の湧水と突発的な出水などで撤退を余儀なくされたが、こうした挑戦は間違っていないと感じた。

それから若い諸君にひとつお願いしたいことがある。発注者が安全に対して影響力を持ち始めてから、作業員に対する状況が一段と厳しさを増した。通常の安全管理に加え、発注者を気にしながらの安全管理が加わるものだから、無事故、無災害で終わっても「無災害で終わったが、一步間違えれば重大災害につながるケースもあった」となってしまう。素直に評価すれば良いものと思うが、どうしても不公平感が漂うのだ。お願いというのはこの点だ。「ほめてやって欲しい」と思う。なかなか少ない。ほめてやるべき要因が、しかし少ない中から見つけ出すことも若い技術者の仕事だと思っている。作業員にはある程度の公平感を持たせないとトンネルに良い人材は集まらない。現場所長名での表彰なども視野に積極的に考えてもらいたいと思う。

私には分野分野において信頼すべき「相棒」がいた。大型工事では必ず顔を出す協力企業笹島建設の岩館、そして機電のスペシャリスト熊谷組の山中、必ず話が一致

するというのではないが、ひとつだけ一致点があった。取るに取らない話ではあるが、正月、5月、お盆の連休と長い休みを取るあいだ、無人の坑内であってもコントラファンは低速で回転させ、電気は最低限照明を灯した。切羽に止めてあるジャンボまできっちり通電した。トンネルの長短にかかわらず必ず行って来た。坑内の環境を維持し、電線の結露防止、有毒

ガスの発生予防、湧水の増水防止などもあるが、長期の休み明けであっても日常の昼夜交代のようにスムーズに仕事に入るためでもある。若い諸君の中には異論もあらうが一考されたい。

最後になるが、九州で生まれ九州で育ち九州の山しか知らず、ただトンネル一筋の「暗闇人生」に光を灯していただいた鉄道・運輸機構の皆様、かつての日本道路公

団の皆様は厚くお礼を申し上げるとともにまた、一緒にJVを組んだ企業体の若き優秀な技術者諸君にもお礼を言いたい。そしてまた、肥後、塩鶴、玉名と最後は4,000m級のトンネル3連発で終わったが、この3地区の区長さんよりいただいた感謝状も大切にしている。長い期間この地区において生活をともにできたことに感謝しつつ筆を置きたい。

土木情報 No.508

今月の主な入札結果

(8月10日～9月9日)

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位 百万円
沖縄総合事務局	那覇空港滑走路増設BC	りんかい日産・呉屋JV	1,202
関東地整	田尻高谷改良その26	テクト	236.88
"	" その27	テクト	229.8
"	北長池貯留槽設置他	中野土建	200
近畿地整	大和御所道路朝町T	アイサワ工業	894.1
"	十津川道路豆市T	鹿島建設	2,444.49
西日本高速道路	京滋BP宇治T(上り線)覆工補修	上都建設	133.9
都・交通局	新宿線河川交差部構造物補強	化工建設	177.3
"	浅草線本所吾妻橋駅～押上駅間T長寿命化	化工建設	163
都・水道局	練馬区大泉学園町4丁目地内から同区石神井台1丁目地内間送水管(2600mm)用立坑築造	安藤ハザマ・富士工JV	1,652.49
都・下水道局	北区赤羽台1丁目, 岩淵町付近枝線立坑設置	大豊建設	1,039
"	豊島区東池袋4, 5丁目付近再構築その2	アイサワ工業	430
兵庫県	(二)船場川水系船場川調節池導水路	前田・美樹・川嶋JV	1,577
愛媛県	R197松柏T建設	大林・奥村組土木・浅田JV	2,730
熊本県	R445 27年発生道路災害復旧(瀬目T)	戸田・丸昭・味岡JV	2,470
鹿児島県	道路改築(北薩T出水2工区)	熊谷・渡辺・鎌田JV	801.31
茨城県取手地方広域下水道組合	26国補第63-124号・27国補第63-115号, 雨水枝線	菊地植木建設	109.8
千葉県下水道公社	木更津市地下金田西1号幹線(H27-1)建設(中島)	興和建設	119
"	" (瓜倉)	新興土建	108
水戸市	国補公下那珂川第1排水区枝線(1-1工区)	東洋・上水戸関JV	184.7
牛久市	27社総交公下第1-1号, 柏田第一雨水幹線管渠布設	キムラ・菊水サトーJV	555
"	27社総交公下第1-2号, 田宮地区雨水管渠布設	樋口・ミーサンJV	142
大田原市	中央雨水枝線築造その1	那須土木	127.2
さいたま市	南部処理区下水道(北建-27-74)	カタヤマ	163.16
八千代市	H27公下事業大和田新田地区浸水対策管渠整備	加賀田組	107
立川市	立川市公下西砂川雨水第10幹線及び多摩川上流処理区西砂川第1排水区雨水枝線埋設	ティーディーイー	173.71
相模原市	公下相南地区雨水幹線整備(3工区)	日栄建設	122.3
"	公下第85処理区分整備(1工区)	菊永建設	101.3
茅ヶ崎市	公下松浪1丁目地内外(雨水)通常27-1	浅岡・大西JV	538
大磯町	雨水管整備(その2)	アコック	226.5
燕市	都施工27-9号井土巻須頃線調整池設置	吉田・河村JV	125
豊橋市	公下築造(2工区)	奥村・神野JV	780
東京メトロ	東西線飯田橋・九段下間折返し設備設置飯田橋工区改良土木	清水建設	1,770
"	" 九段下工区改良土木	五洋建設	2,378

研究

水圧ハンマを用いた高速ボーリングによる 切羽前方探査技術の開発

(株)大林組生産技術本部トンネル技術部副課長 菅野 誠

(株)大林組生産技術本部トンネル技術部副課長 伊藤 隆

(株)大林組生産技術本部トンネル技術部 木野 浩

① はじめに

トンネル切羽から行う先進ボーリング技術は、前方地山の状況を事前に把握し、トンネルを安全に掘削するうえで欠かせない存在である。わが国では、古くは丹那トンネルで実施され、青函トンネルでは600mを超える長尺ボーリングによる前方探査も行われた実績がある。また、トンネル全断面で掘削を進めるNATMが全盛となってからは、切羽安定に必須の水抜きを行う補助工法として、さらに必要性の高い技術として多用されるようになってきている¹⁾。

先進ボーリングは、その削孔長から以下の4区分に分類される¹⁾。

- ・短尺：20～50m前後
- ・中尺：数百m以下(短尺を除く)
- ・長尺：数百m以上(超長尺を除く)
- ・超長尺：1,000m以上

トンネル切羽で行うボーリング作業は、トンネル掘削工程に影響を与えるため、1回の作業で切羽掘進を停止させる時間とその頻度が、少ない工法が望まれる。短尺・中尺ボーリングは、1回あたりの作業時間が短いため、日曜日などのトンネル掘進停止日内で施工完了し、工程への影響を与えずに施工した事例も報告されている¹⁾。また、長尺・超長尺ボーリングは、切羽側方にボーリング作業空間を別途設置することで、掘削工程への

影響を軽減する事例が多い。

筆者らは、掘削停止日内に150m以上を削孔できる中尺ボーリング技術を新たに開発した。エネルギー伝達ロスが少なく、安定した速度で削孔した実績²⁾のある水圧ハンマを採用した。波方ボタン貯留工事の水封ボーリングに水圧ハンマを適用³⁾した際に、そのエネルギー効率・精度の良さを体験し、開発に踏み入れた。また、定量的に地質状況を判断するため、水圧ハンマの削孔特性に合った地山評価方法も考案した。

本稿では、まず、システムの特徴と、地山評価手法を説明する。そして、実地山での施工結果から、その削孔性能と地山評価の妥当性について報告する。地山評価手法については、開発途中において、改善した経緯についても述べる。

② 高速ノンコア削孔システムの概要

高速ノンコア削孔システムは、長距離高速削孔性能に優れた水圧ハンマを、新しく開発したロングフィード式の専用ボーリングマシンに搭載した前方探査システムである⁴⁾。以下に、水圧ハンマの特徴、ロングフィード式の専用ボーリングマシンの概要、および地山評価に用いる削孔データ収集機構について述べる。

2-1 水圧ハンマの特徴

水圧ハンマは、近年改良が進み、実績を上げているダウンザホール式の水圧ハンマである。高圧水で

ピストンを振動させることで打撃を発生させる。打撃を発生する原理は、エアハンマと同様であるが、圧縮空気に代わって、高圧水で稼働することで、パワーの伝導が良く、削孔効率が低い⁹⁾。

また、水圧ハンマは削孔長延長に伴うエネルギーロスも小さいため、長距離削孔にも適したハンマである。従来のトップハンマ式の油圧ハンマは、ロッド後端に与える打撃エネルギーがロッド継手などで減衰するため、削孔延長の増加に伴って削孔効率が低下する。それに対して、ロッド先端で

表-1 水圧ハンマと油圧ハンマの違い

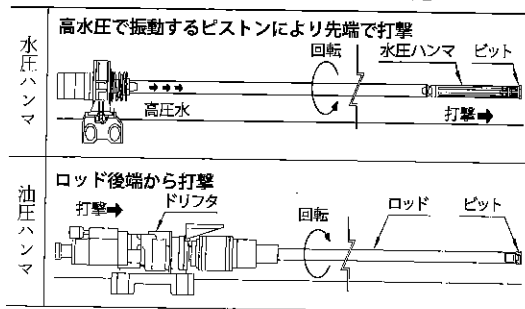


表-2 水圧ハンマ諸元一覧⁹⁾

項目	単位	wassara ハンマ形式						
		W50	W70	W80HD	W100	W120	W150	W200
削孔径	mm	58-70	82-89	88-105	100-130	130-152	152-216	216-254
推奨作動水圧	Bar	150	160	180	180	180	150	150
出力	kW	6-7	—	14	26	35	34	50
打撃エネルギー	J	90	—	210	400	650	850	1600
打撃数	Hx	70	70	65	65	64	40	30
推奨ドリルロッド径	mm	46	63.5	76	89	102	127	140

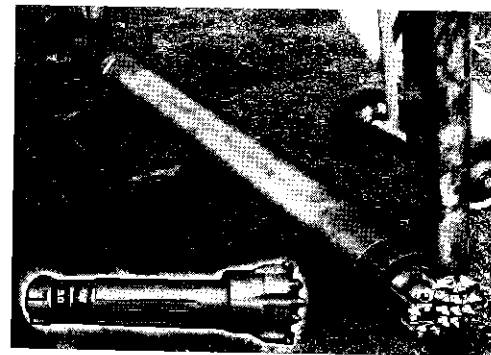


写真-1 水圧ハンマwassaraW80HD

打撃を発生する水圧ハンマは、エネルギーロスが少なく、長距離削孔においても速度低下なく削孔することができる(表-1)。

過去の施工事例では、18時間で200m(wassara W100使用)を削孔した実績があり、優れた長距離高速削孔性能を有している⁹⁾。

当システムで搭載する水圧ハンマwassara W80 HD(スウェーデンG-Drill社開発)の詳細を表-2⁹⁾、写真-1に示す。水圧ハンマの径はφ50~200mmまで適用範囲があるが、当システムでは、使用するボーリングマシン(多目的削孔機SM-401:ソイルメック社)の仕様および施工性からφ80mmのハンマを採用した。

2-2 ロングフィード式ボーリングマシン

削孔以外の作業時間を低減し、水圧ハンマの優れた高速削孔性能を最大限に活用するため、ボーリングマシンに8mの長尺ガイドセルを搭載し(写真-2)、長尺ロッドを使用可能とした。ボーリングの作業時間を構成するのは、おもに削孔時間とロッドの継ぎ足し時間である。通常、1.5mもしくは3.0mのロッドを使用するのに対し、本システムでは、6mロッドを使用するため、ロッド継ぎ足し

表-3 ベースマシン諸元(SM-401)

項目	単位	数値
最大フィード力(押込み)	kN	45
最大トルク	kN・m	14
最大回転数	rpm	238
総重量	t	13.4

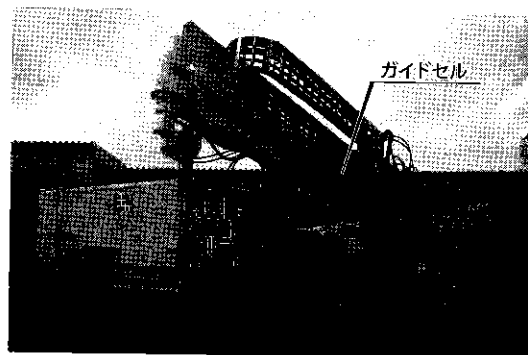


写真-2 ロングフィード式ボーリングマシン

表-4 収集削孔データ一覧

計測項目	計測方法	計測ピッチ	記録頻度	記録値
削孔深度	ロータリエンコーダ	0.01sec	削孔深度1cmごと	計測値
削孔速度V	油圧センサ			1cmの削孔時間から逆算
フィード力F	油圧センサ	0.1sec		直近1秒間の平均値
回転トルクT	油圧センサ			
送水圧P	水圧計			
送水流量Q	流量計			

回数は半分以下に低減し、その作業時間を大幅に削減できる。

マシンの形状および、ベースマシンの仕様を表-3に示す。内空幅6.3m以上のトンネルであれば、坑内での削孔が可能である。

2-3 削孔データ収集機構

当システムで収集する削孔データを表-4に示す。削孔深度は、ロッドフィードに取り付けたエンコーダでフィード量を累積して計測し、削孔速度はその時間あたりの変化量から換算する。ロッドに与えるフィード力、トルクは、ボーリングマシンの給進油圧、回転油圧をセンサで計測し、換算する。水圧ハンマへの送水圧と送水流量は、送水管に取り付けた圧力計と送水ポンプの流量計で計測する。計測データはボーリングマシンに搭載した記録装置に収集する。

記録装置にデータを収集する頻度は、削孔深度1cmごととした。頻度を増やすことも可能であるが、100mを超える削孔では、収集データが膨大になるため、1cmごととした。削孔速度は、1cmの削孔に要した時間から換算した値を記録する。フィード力・トルク・送水圧・送水流量は、その深度到達時の直近1秒間の測定データの平均を記録する。

3 地山評価方法

3-1 水圧ハンマの打撃機構

水圧ハンマには、ピストンと水流の向きを切替えるバルブが搭載されており、これらが連動して打撃を発生させる。ロッド先端が地山に接触して

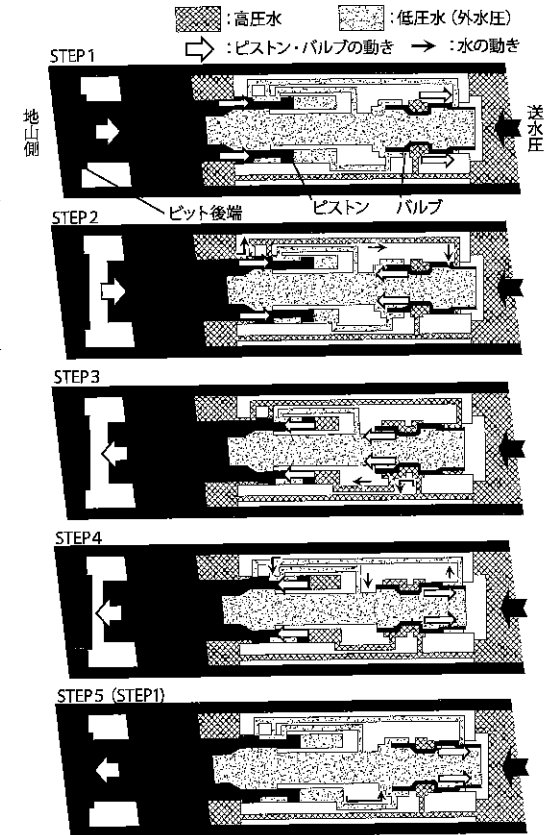


図-1 水圧ハンマ打撃サイクル概要図⁹⁾

反力が得られると、ピストンとバルブの前後に水圧差が発生し、ハンマが起動する。振動のサイクルを図-1に示す⁹⁾。ピストンとバルブは送水系統が連結されており、その水流方向がピストンおよびバルブの振動に伴って切替わることによって、反復運動をくり返す仕組みになっている。

3-2 エネルギー地山評価指標値

当システムでは、削孔に要した水圧ハンマの打撃エネルギーを地山評価指標とすることとした。水圧ハンマは、削孔延長増加に伴うエネルギーロスが少ないため、エネルギーによる評価が妥当と考えた。

水圧ハンマの1回の打撃エネルギーは、図-1に示すSTEP 3~4の間に、高水圧により加速されたピストンの運動エネルギーと考えられる。ピストンの加速力は高圧水の水圧に比例する(正確にはピストン前後の圧力差)ため、ビットを打撃す

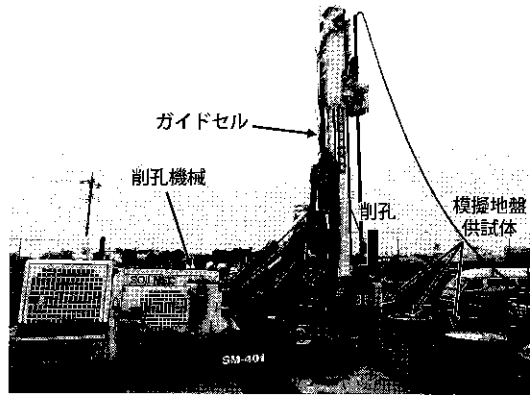


写真-3 模擬地盤削孔試験状況

る際に与えられるエネルギーは送水圧 $P \times$ 振幅 A に比例する。単位時間あたりの打撃数を f とすると、単位時間あたりに水圧ハンマが地山に与える打撃エネルギーは $P \times A \times f$ に比例する。単位時間あたりの削孔延長は削孔速度 V となるため、単位長さを削孔するのに要した打撃エネルギーは、 $P \times A \times f / V$ に比例する。当システムでは、単一の水圧ハンマを使用する (A :一定) ため、 $P \times f / V$ をエネルギー指標値として、地山評価を行うこととした。

3-3 模擬地盤削孔試験

つぎに、強度の異なる模擬地盤供試体を削孔した際に得られた削孔データから、前述したエネルギー指標値と地山強度の関係性を述べる⁹⁾。

3-3-1 試験概要

模擬地盤供試体を作成し、高速ノンコア削孔システムで単管削孔を行った(写真-3)。削孔データとして、表-4に示した削孔データに加え、供試体内外に設置した加速度ピックアップで、水圧ハンマの打撃数の計測も行った。

3-3-2 供試体

供試体はヒューム管φ500mm、 $L=2.4$ mの中に、模擬地盤材料(セメントベントナイト:強度1, 4MPa, モルタル:強度50, 60, 70MPa)を打設して作成した。模擬地盤材料の配合および削孔時の

表-5 模擬地盤材料配合・強度

供試体No.	材 料	水	7日強度
①	普通セメント	150kg	813kg
	ベントナイト	400kg	
②	普通セメント	150kg	781kg
	ベントナイト	500kg	
③	早強セメント	1,230kg	615kg
	高性能減水剤	24.6L	
④	早強セメント	1,344kg	578kg
	高性能減水剤	26.9L	
⑤	W/(C+T)	32.00%	4 kg
	プレミックス材	25kg	

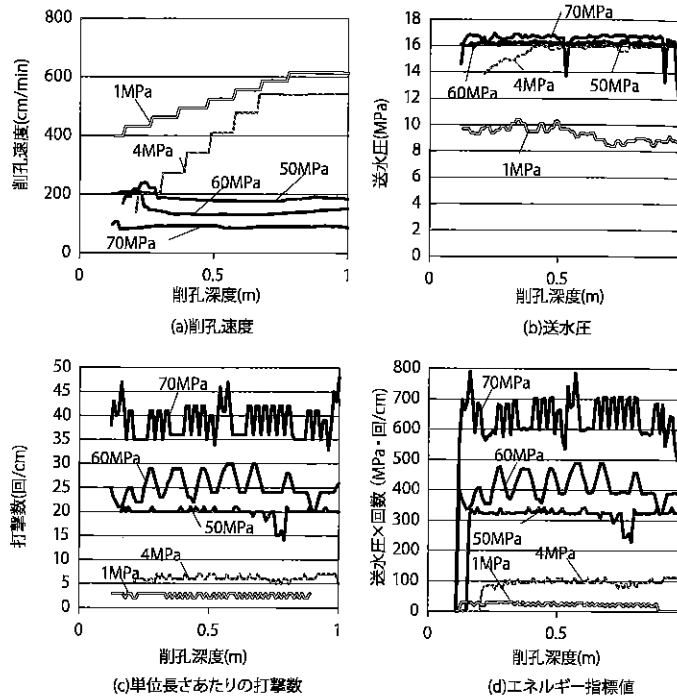


図-2 模擬地盤削孔試験結果

圧縮強度(材齢7日)を表-5に示す。

3-3-3 試験結果

図-2(a)~(d)に供試体強度ごとの各測定データを示す。なお、削孔時のフィード力は10kN、送水量は150L/minで一定とした。

この結果、供試体の強度が大きいほど(a)削孔速度は小さくなった。(b)送水圧は、1MPaの供試体を除いて、16MPa程度で一定となった。(c)単位長さを削孔するのに要した打撃回数は、供試

体強度の増加に伴って、大きな値となった。

なお、図示していないが、水圧ハンマの単位時間あたりの打撃数 f は、強度1MPaの場合を除き、すべての供試体で約60Hzであった。強度1MPaの場合、いずれの場合も20~30Hzであった。これは、供試体が低強度のため、打撃反力が小さく、送水圧が低下する影響と考えられる。

(d)エネルギー指標値については、強度が大きいほど高い値となり、地山の硬軟を明瞭に判断できる結果となった。

実現場では、打撃数の測定が困難となるが、試験結果より、強度が4MPa以上の地盤であれば、送水圧を保つことで、打撃数を一定に維持できると考えられる。よって、送水圧を16MPaに維持するように削孔することを基本として、地山評価を行うこととした。

4 現場実証試験

高速ノンコア削孔システムの性能と地山評価の妥当性を検証するため、道路トンネル現場2か所で実証試験を行った。1か所は比較的均質な地山、もう1か所は脆弱層が介在する地山である。前者では施工速度、後者では地山評価の妥当性および脆弱層での削孔性能を確認した。

4-1 施工速度確認試験

4-1-1 試験概要

トンネルの切羽から高速ノンコア削孔システムを用いて単管削孔を行った。比較のため、従来のロータリーパーカッションドリル(以下「RPD」)による単管削孔も同じ切羽位置から行った。RPDの仕様は表-6に示すとおりである。削孔径は80mm、ロッドは $L=1.5$ mを使用した。

当該地山は、領家変成岩類砂質片麻岩(平均 $q_u=68.1$ MPa, 100m程度)を主体として、領家変成岩類砂質片麻岩CL級岩(平均 $q_u=15.3$ MPa, 20m程度)、その後は領家花崗岩類新城石英閃緑岩(平均 $q_u=2.1$ MPa)へと変化する(中硬岩~軟岩~マサ土)地質であった。

4-1-2 試験結果

それぞれの削孔およびロッド回収(抜管)作業に

表-6 比較用RPD仕様

項 目	単 位	数 値
原 動 機	kW	111
フィード力	kN	60
打 撃 数	bpm/min	2,200
打撃エネルギー	J	750
回 転 数	rpm	36~80
回 転 トルク	kN・m	Max.8

表-7 高速ノンコア削孔システム施工時間(128.65m)

項 目	時間(秒)	備 考
削孔作業	純削孔	13,448 平均速度57.4cm/min
	その他	705 おもにフラッシング作業
	ロッド継足し	5,160 246秒×21回 41秒/m
	小計	19,313
抜管作業	2,222	101秒×22回 17秒/m
総施工時間	21,535	=5.98時間

表-8 比較用RPD施工時間(40.23m)

項 目	時間(秒)	備 考
削孔作業	純削孔	5,191 平均速度46.5cm/min
	その他	1,325 おもにフラッシング作業
	ロッド継足し	1,842 70.8秒×26回 47秒/m
	小計	8,358
抜管作業	1,029	38.1秒×27回 25秒/m
総施工時間	9,387	=2.61時間

要した時間を表-7,8に示す。削孔延長は、高速ノンコア削孔システムが約130m、RPDが約40mである。

高速ノンコア削孔システムは、平均57.4cm/minと、RPD(46.5cm/min)を上回る結果となった。エネルギーロスが少ないため、削孔長の短いRPDと比べても、高い速度を維持できていることがわかる。

また、フラッシングに要した時間は、純削孔時間の5%程度(RPD:約26%)と、打撃に使用する水を排水することにより、効率よくくり粉を孔外に排出できていることがわかった。ロッド継ぎ足し時間については、1mあたりに換算すると、高速ノンコア削孔システムが41sec/m、RPDが47sec/mとなり、作業時間を13%削減した。抜管作業と合計すると、高速ノンコア削孔システムが58

sec/m, RPDが72sec/mとなり、作業時間を約20%削減できた。

当システムの、削孔作業速度(削孔作業+ロッド継足し作業)は平均24m/hであり、過去の水圧ハンマの施工事例(10.3m/h)⁹⁾と比較すると、倍以上の施工速度となった。地山条件や削孔径が異なるものの、長尺ロッドを使用することで、さらなる施工速度の向上を図ることができたといえる。

4-1-3 考察

施工結果を踏まえて、高速ノンコア削孔システムとRPDの施工速度について以下に考察する。

施工速度を比較するため、150mの削孔に必要な施工時間を指標とした。150mを選定した基準としては、高速施工で想定されるトンネル月進長であり、切羽からの前方探査を月1回施工する場合に必要な削孔長である。

150mの削孔に必要な施工時間推定値を図-3に示す。実削孔長以深の値について、高速ノンコア削孔システムの場合は、表-7に示す平均削孔速度およびロッド継足し、抜管作業時間から換算した。

RPDの場合は、削孔長の増加に伴う打撃エネルギーのロスにより、削孔速度の低下が予想されるため、距離減衰を考慮した削孔速度を算出し、表-8に示すロッド継足し、抜管作業時間から換算した。距離減衰の予測式としては、既往の研究¹⁰⁾より距離減衰係数を-0.225cm/sec/mとした。

推定値では、高速ノンコア削孔システムが150mを約7時間、RPDが約13時間で削孔する結果となった。高速ノンコア削孔システムであれば、休日などのトンネル掘削停止日のみでもボーリン

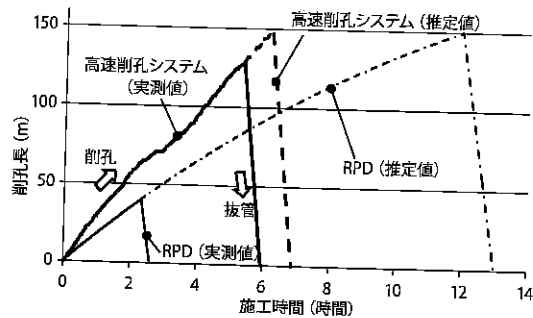


図-3 施工時間の比較

グを完了することができるため、掘削工程に影響なく地山探査や水抜きが施工可能となる。

4-2 脆弱部地山削孔・探査試験

4-2-1 試験概要

施工速度確認試験と同様に、トンネル切羽よりノンコア削孔を行った。当該地山は、花崗岩類粗粒黒雲母花崗岩を主体とし、部分的に多亀裂な脆弱部や破砕質で低抵抗帯であるひん岩の貫入ゾーンが存在していた。そのため、水抜き兼用として脆弱部を把握するためのボーリングを約100m×4本行った。

4-2-2 試験結果

4本のボーリングではいずれも、削孔途中で脆弱部が出現したが、単管で削孔が可能であった。施工速度としては、100mのボーリングを、抜管を含めて約8時間で施工した。ドリルジャンボでは、ジャミングにより10m未満しか削孔できない地山であったことから判断すると、脆弱地山での高い削孔性能が確認できた。水圧ハンマからの排水で、くり粉を孔外まで排出できるため、ジャミングが防止できたと思われる。

1か所のボーリングについて、深度ごとの削孔速度、フィード力、送水圧の結果を図-4に示す。送水量は、送水圧が模擬地盤削孔試験と同等になるように、150L/min程度とした。

4-2-3 地山評価に関する考察

削孔データから算出したエネルギー指標値とトンネル掘削後の切羽観察で得た地山評価点を比較したグラフを図-5に示す。地山状況の変化にある程度即した相関関係が得られた。

ところが、今回の実験では、送水圧を16MPaに維持するよう削孔を進めたが、実際には送水圧(図-4)は安定しない区間が多々発生した。とくに、亀裂が多い区間では、瞬間的に送水圧が低下する部分が多発した。3章で述べたとおり、エネルギー指標値による地山評価では、測定困難な打撃数の影響を排除するため、送水圧を一定に維持し、一定の打撃数で削孔する必要がある。亀裂などで送水圧が低下する部分では、打撃数も低下していると考えられるため、エネルギー指標値が過大に算

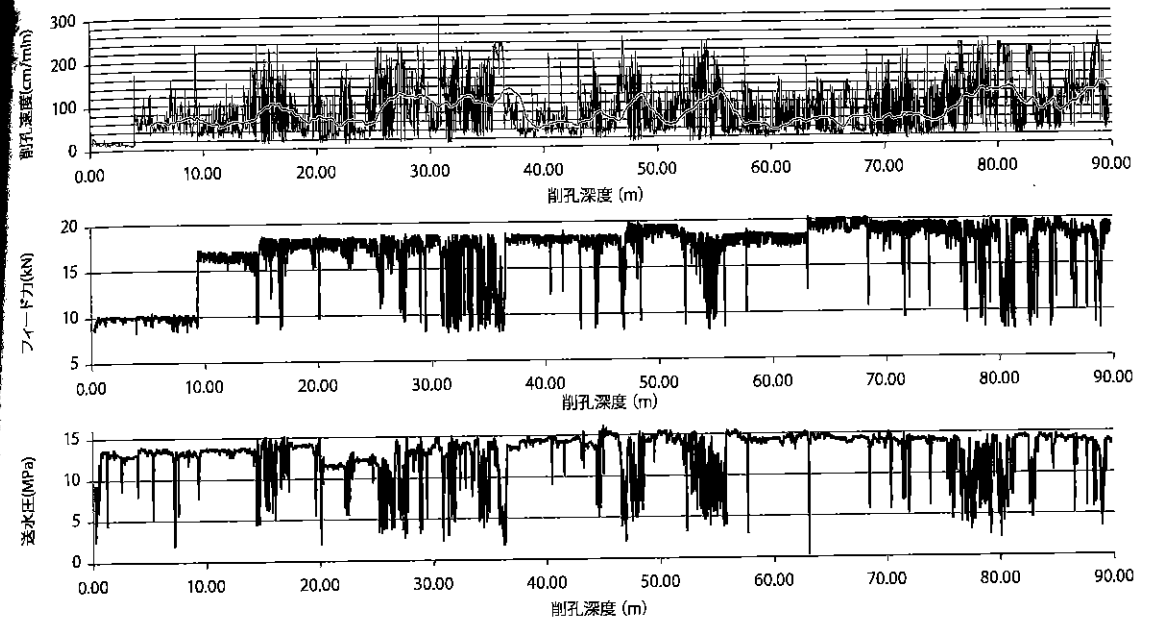


図-4 削孔データ(削孔速度・フィード力・送水圧)

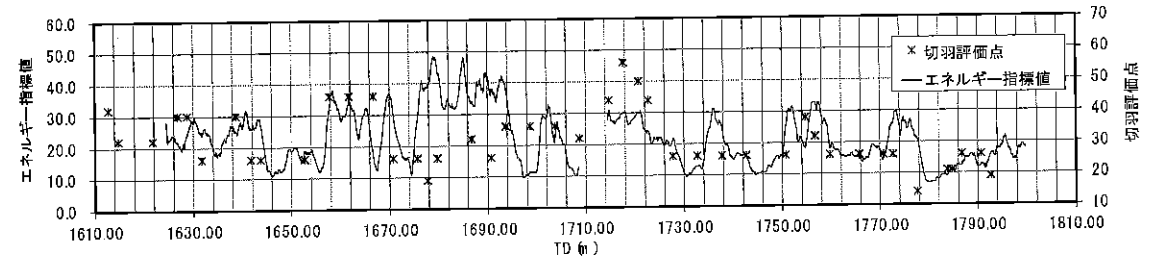


図-5 エネルギー指標値と切羽評価点比較

出されることとなる。地山判定精度を向上させるために、送水圧低下箇所の打撃数を判断できる手法が必要と考えた。

5 打撃数評価による地山判定精度向上

地山判定精度向上を目的に考案した送水圧の低下箇所の打撃数を適切に評価する手法について、以下に述べる。理論的推定を踏まえて、実験による確認を行い、打撃数の推定方法を確立した。

5-1 打撃数の理論的推定

一定の送水圧で水圧ハンマが駆動される場合、ピストンが等加速度運動するため、打撃数は \sqrt{P} に比例すると考えられる。よって、3-3節で述べた削孔試験で得られた16MPaで60Hzの関係から、送

水圧と打撃数の関係は式(1)のように考えられる。

$$f = 60 \times \sqrt{P/16} \quad (1)$$

ところが、4-2節で述べた削孔試験では、図-4に示したように、送水圧の低下は、フィード力の低下と同時に瞬間的に発生した。これは、亀裂や脆弱部に到達した際に、ロッド先端の地山反力が不足して、高圧水がピストンを起動せず、そのまま放水されたためと考えられる。このような亀裂部における水圧の低下は、ピストンが駆動されずに放水されるため、式(1)に示す関係とは異なる事象が発生していると予想される。

高圧水がそのまま放水される場合の水圧は、ロッド先端を地山から離れた状態(反力なし)の計測で4.5MPa程度であった。ハンマの打撃機構に高圧水が流れる間は16MPaとなるが、放水される間

は4.5MPaであったと仮定できる。1秒間の移動平均で計測していた送水圧 P は、その1秒間の間で反力不足の期間が発生すると、その割合分(x とする)だけ計測値が16MPaから4.5MPaに近づいて減少したと考えられる。よって、測定値 P と x の関係は式(2)で表される。

$$P = 4.5\text{MPa} \times x + 16\text{MPa} \times (1-x) \quad (2)$$

また、打撃数 f (Hz)については、高圧水でピストンが駆動される時間のみの打撃となるため、式(3)で表される。

$$f = 60\text{Hz} \times (1-x) \quad (3)$$

以上を踏まえると、 f と P の関係は式(4)で表される。

$$f = \frac{P-4.5}{11.5} \times 60 \quad (4)$$

5-2 打撃数の実計測試験

上記の理論的推定方法の妥当性を検証するために、実計測試験を行った。まず、供試体での計測試験により、精度の高い打撃数計測手法を選定し、実地山での計測試験を行った。

5-2-1 打撃数計測方法の選定

水圧ハンマによるボーリングでは、ロッド先端

で打撃が発生されるため、その回数はロッドに伝わる振動や、水圧の変動から判断しなければならない。水圧ハンマは図-1に示したとおり、1回の打撃で水流経路が小刻みに切替わるため、水圧の微小変動でも打撃が把握できる。ただし、実地山では、ロッドに伝わる振動や水圧の微小変動が実際の打撃数と等しいか確認できないため、コンクリート供試体の削孔試験(写真-4)によりその正当性・精度を確認した。供試体に取り付けた加速度計で、実際の打撃数を計測し、ロッドからの振動および水圧の微小変動と比較した。

ロッドに伝わる振動は、ボーリングマシンのドリフタに取り付けた加速度計で計測した。水圧の

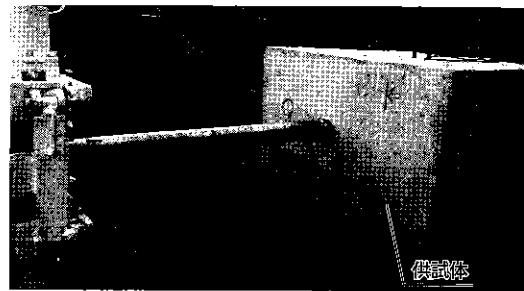


写真-4 供試体削孔試験状況

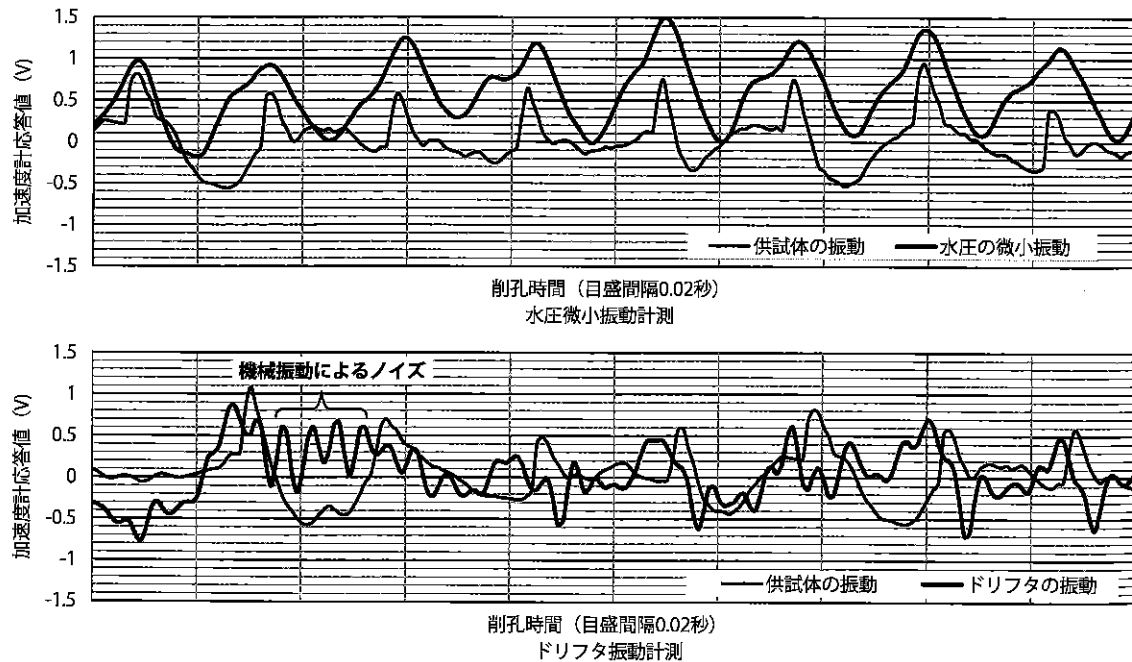


図-6 振動数計測結果(水圧微小振動とドリフタの振動比較)

微小変動は、送水管に取り付けた水圧計で計測した。60Hzの打撃を把握するため、計測ピッチは、ともに1/1,000秒とした。

試験結果を図-6に示す。ロッドに伝わる振動、水圧の微小変動ともに、実際の打撃と同周期で振動をくり返していることがわかる。ただし、ロッドに伝わる振動には、ボーリングマシン自体の機械振動などのノイズも多く見られた。

以上より、ロッドからの振動と水圧の微小変動の周期が実際の打撃と等しいことを確認した。実際のボーリングでは、削孔長の増加でロッドからの振動が減衰し、ノイズの影響を受ける可能性が懸念されたため、水圧計による打撃計測を選定することとした。

5-2-2 実地山での打撃数計測

つぎに、実地山で削孔を行い、水圧計による打撃数の計測を行った。

深度ごとの送水圧と打撃数の変動を図-7に示す。亀裂部分は、送水圧の低下が発生した。

送水圧と打撃数の関係を図-8に示す。式(1)、(4)の関係もプロットする。ほとんどの計測値は、式(1)、(4)の間となった。式(4)では、反力が不足すると、瞬間的に水圧が4.5MPaに低下し、打撃が停止すると仮定している。

ところが、実際は、送水圧の低下途中は、式(1)で表す関係で、打撃が継続されていると予想される。よって、送水圧の低下に伴う打撃数の低下(式(1))と、反力不足に起因する打撃停止の2つの事象が発生したと思われる。

5-3 打撃数低下を考慮した地山評価

実地山での打撃数計測で得られた送水圧と打撃数の関係を用いて、4-2節の削孔試験における地山指標値を再計算した。送水圧の低下に伴う打撃数の低下と、反力不足に起因する打撃停止の双方を考慮するため、図-8に示した回帰直線から打撃数を推定した。

当初判定値と比較して、打撃数の低下が発生したと思われる区間(送水圧低下区間)を抜粋したものを図-9に示す。当初判定値は、エネルギー指標値が過大に評価(最大1.7倍)されていたことがわ

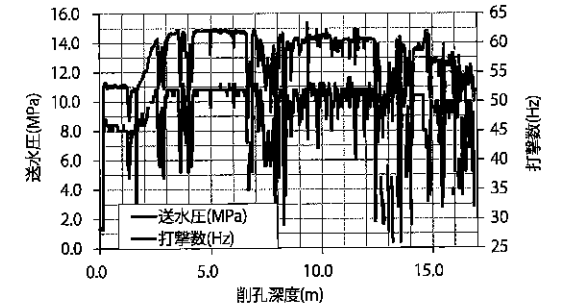


図-7 送水圧と打撃数の変動

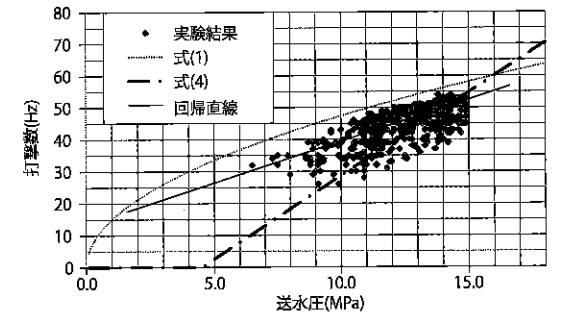


図-8 送水圧と打撃数の関係

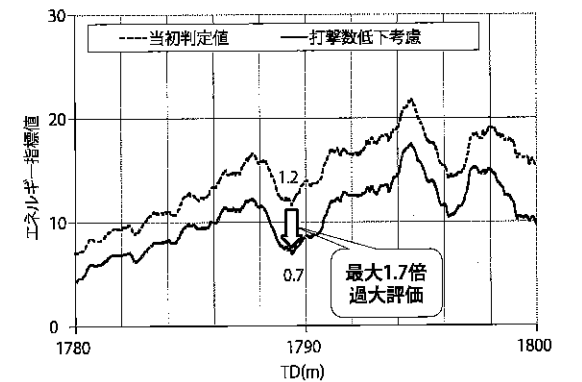


図-9 打撃数低下を考慮した地山評価

かる。水圧と打撃数の関係式を導入することで地山評価の精度は向上できたといえる。

トンネル切羽前方探査は、早期掘削再開のため、地山評価を正確かつ迅速に行う必要がある。正確な判定に打撃数は必要であるが、図-6に示したような細かいピッチでの打撃数の計測は地山判定の時間を大幅に増大させる。よって、打撃数推定手法の構築が、実用化に向けて必要な要素となる。

今後は、図-8で得られた関係をもとに地山評価を行うが、地山状況による関係の変化も探求し、

さらなる精度向上を図りたい。

6 ま と め

高速ノコア削孔システムは、水圧ハンマによる長距離高速削孔性能と、ロッドの継足し、抜管作業時間の20%程度削減を実現することで、150mを1方(8時間)で削孔できることを確認した。

地山評価精度は、エネルギー指標値が、地山の硬軟と関係があることを確認した。脆弱部では、打撃数の低下を送水圧から推定することで、判定精度を向上できることを確認した。

今後は、削孔データを蓄積して、地山判定精度をさらに向上する手法の検討や、エネルギー指標値と地山等級の関係を明確にし、削孔データから地山等級を精度よく予測できるようにしたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会：山岳トンネル先進ボーリング入門(1)，ボーリング・先進ボーリングの概要，トンネルと地下，Vol.39，No.9，pp.53-64，2008.9.
- 2) 佐々木幸一・芳賀康司・直江久永：九州新幹線筑紫トンネルの貫通，周辺環境を考慮したルート選定と施工，トンネル地下，Vol.39，No.4，pp.7-16，2008.4.

- 3) 小笠原光雅・市川雅之：650m²の大規模水封式地下岩盤貯槽を掘る，波方基地ブタン貯槽工事，土木施工，2007.9.
- 4) 斎藤有佐・加藤直樹・木梨秀雄・高橋佳孝・伊藤哲：トンネル切羽前方 高速ノコアボーリングシステムの開発，土木学会第67回年次学術講演会講演概要集，2012.
- 5) 山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会：山岳トンネル先進ボーリング入門(2)，ボーリング機器とその性能(1)，トンネルと地下，Vol.39，No.10，pp.63-73，2008.10.
- 6) 山岳トンネル先進ボーリング連載講座小委員会：山岳トンネル先進ボーリング入門(7)，施工事例(2)：施工中に切羽から実施する水抜き・地質調査ボーリング，トンネルと地下，Vol.40，No.3，pp.56-69，2009.3.
- 7) テクノドリル：Wassara drilling systemカタログ，<http://www.technoj.com/wassara.htm>.
- 8) Jorg Riechers: Impact of Drilling in Embankment Dams, Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering, 2012.
- 9) 警田吾郎・斎藤有佐・伊藤哲・泉水大輔・木梨秀雄・天野悟：高速ノコアボーリングシステムによる前方探査技術の開発，土木学会第69回年次学術講演会講演概要集，2014.
- 10) 山崎貴之・加藤建二・後藤隆之・黒川尚義・桑原徹：地すべり土塊を対象とした短尺・中尺ノコア解析によるトンネル切羽前方探査，土木学会トンネル工学委員会トンネル工学報告集，Vol.22，2012.

報 告

「ITA総会および世界トンネル会議 (クロアチア)」報告

日本トンネル技術協会国際委員会 ITA統括WG

第41回国際トンネル協会(以下「ITA」¹⁾)の総会が、2015年5月22～27日にクロアチアのドゥブロブニクで開催され、72の加盟国のうち54か国が参加した。ドゥブロブニクは以前わが国で公開されている有名なアニメ映画のモデルになったとも言われている海沿いの街で「アドリア海の真珠」とも称されている。ITA総会に併せて開催された2015年世界トンネル会議(以下「WTC」)は、「Promoting Tunnelling in SEE Region(南東ヨーロッパ地域におけるトンネルの促進)」のテーマのもとで71か国、1,543名の参加者があった。日本からは、ITA総会、作業部会(以下「WG」)の担当者およびWTCの論文発表者などを含め、51名の参加があった(以上の数値は主催者側発表²⁾による)。

本稿ではITA総会およびWTCにおける内容のうち、ITAの全体的な動向およびWGなどの技術的側面の活動に関する概要を報告する。

1 I T A 総 会

1-1 ITA総会(代表者会議)(写真-1)

ITA総会は第1部と第2部に分かれており、第1部は5月24日(日)に開催され、議題および議事進行は開会の辞、理事会報告、会計監査報告、2018年の開催立候補地からのプレゼンテーションなどが行われた。第2部は5月27日(水)に開催さ



写真-1 第41回 ITA総会会場

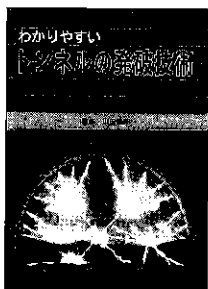
れ、オープンセッションやWGに関する報告、予算案の承認、また開催立候補地に関する投票が行われた。これらの内容についてはほぼ例年どおりであった。第2部の終了ごろに、従来まで公式言語が英仏両国語であったのを英語に統一する意見がドイツより出されたが議決などには至らなかった。以降、概要について後述する。

1-1-1 会員状況

今回、新規加盟国としてグアテマラの加盟が承認された。また、その結果、会員は全体として72か国となった。これに約300弱の会員(200のAffiliate member, 17のPrime sponsor, 50のSupporter)が参画したかたちとなっている。

1-1-2 決算報告および予算

過年度の決算報告および2015～2016年の事業計画・予算を承認した。ITAの年間の事業規模は、



トンネル発破技術のバイブル!!

わかりやすい

トンネル発破技術

監修 山田隆昭

B5判 76頁 本体価格1,500円 円300円

本書は、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詳しく解説している。

株式会社 **土木工学社**

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

おおむね60万ユーロ(8,500万円)である。

1-1-3 ITA YMG(若手技術者グループ)の活動

昨年設立が承認された35歳以下の若手のトンネル技術者のためのグループに関する活動の報告があった。ITA YMGは、若い技術者や学生のためにITA内の技術的な情報交流のための場を提供し、新世代のトンネルへの意識を高め、世代間の技術の伝承などを目指すことで設立されたものである。

これまでに12か国でグループが設立されたことが報告され、今回のITAでは非公式のイベントで63名、公式のイベントで45名の参加があったことが報告された。また、単なる若手の活動にとどまらないよう、WG 11やITA-CET, ITA-CUSなどとの連携が始まる旨の報告が行われた。

1-1-4 今後のITA総会、WTCの開催予定

2016年は米国、サンフランシスコ市、2017年ノルウェー、ベルゲン市がすでに決定している。2018年の開催地はインドのデリー市とUAEのドバイ市が立候補し、本総会で投票の結果、僅差でドバイ市に決定した。

1-2 理事会、作業部会などの活動報告

1-2-1 理事会の活動

理事会の活動報告として、昨年ブラジルの総会で策定した2014~2016年におけるITAの戦略計画に関する進捗状況の説明が行われた。戦略計画では7つの項目を掲げており、詳細は昨年本報告を参考にいただきたい。戦略計画について、2014年末に理事会より71の加盟国や46名のWGおよび委員会などの部会長ら、企業会員などを含む380のメンバーに行ったアンケートを実施した結果が報告された。それによると、おおむね活動に対して好意的な回答が寄せられたが、地下利用のさらなる促進や、WGや委員会活動の最適化がさらに必要であるとの報告があった。

今回の理事会による報告を総括すると、加盟国でのトンネルに関する会議を開催する場合の支援、WGの活動とITA-CETとの連携、理事会による法人会員との意見交換の実施などが行われており、おおむね70%程度の進捗があるといったことが報告された。

さらに、今後の市場の展望に関する分析結果についても理事会より報告された。それによれば、2000年と2013年の建設量を比較すると、年平均でアジアでは10倍以上になっており、中国におけるトンネルの市場が全世界の75%に匹敵しているとの報告があった。なお、ヨーロッパや北米でも需要が引き続き増加しており、市場規模は依然大きいとのことであった。

1-2-2 作業部会(WG)の活動

現在活動している13のWGは、WTC会期中に会合を催している。また、WTC期間外にも会合を開いている。その活動の成果としてのガイドラインや勧告などの成果はITAのウェブ^⑩で確認できる。

各WGの活動状況は以下のとおりである。

(1) WG 2: 研究

部会長: C. Yoo(韓国)

副部会長: E. Chirioti(フランス)

担当理事: E. Leca(フランス)

本WGでは地下構造物における調査研究に関する内容を取り扱っている。検討項目は計画・設計・施工など、幅広いが、おもに既往の文献を集約して技術者の手助けとなる提言をとりまとめ、ホームページで公開することなどを目標として活動している。日本からは日下敦((国研)土木研究所)が参加した。

今回の会合では、主として①トンネル計画における現地調査に関する提言、②トンネル工事におけるリスクマネジメント、③繊維補強コンクリートによる覆工セグメント、④シールドトンネル工事における切羽圧に関する提言、などについて検討した。このうち、①については2015年中に成果がホームページで公開される。また、②~④については2016年までに成果の取りまとめを行う予定となっている。

なお、本WGではシールドトンネルに関する課題を複数取り扱っている。WGでの議論を通じて、各国の技術者は日本のシールドトンネル技術を高く評価していることが感じられた。しかしながら、日本のシールド技術に関して英語で記載された文

献が少なく、また、英語で記載された文献があったとしても入手が困難である場合が多いことが課題となっていることが示唆された。今後、日本が有する技術的知見の世界に向けた発信方法についても検討する必要があるものと考えられる。

(文責: 日下敦・(国研)土木研究所)

(2) WG 3: 地下工事の契約

部会長: A. Dix(オーストラリア)

副部会長: M. Smith(イギリス)

FIDIC ITA Project Lead:

M. Neuenschwander(スイス)

担当理事: T. Celestino(ブラジル)

本WGでは、地下工事の特殊性、すなわち地盤の不確実性に起因するリスクについて、事例分析を行い、地下工事に適した契約仕様について検討を行っている。日本からは伊達健介(鹿島建設(株))が参加した。

今回の会合では、はじめにFIDIC(国際コンサルティング・エンジニア連盟)とITAが協力しながら作成を進めている地下工事の契約に関するガイドラインについて、M. Neuenschwander氏から概要方針案の説明があり、その内容について議論が行われた。本件については、FIDIC/ITA Task Group 10を中心に作成が進められているが、WG 3サイドからの査読チームも編成される見込みである。

また、2011年に発刊した『地下工事における契約骨子作成のためのチェックリスト(CPC)』を実務上の問題をより反映させるべく、ここ数年、タスクグループに分かれて議論がなされてきた。今回はCPC 2nd Editionの発刊に向けて、原稿案の読み合わせが行われ、誤解を招かない表現への追記修正など細かいチェックが行われた。CPCの中で欧米各国の地盤リスクに関するガイドラインへの関連づけ(保証)がなされる予定である。

タスクグループの課題のひとつであった『契約実務上の成功事例の情報収集と要因分析』については、分析に必要な回答数に達していないため、以前に実施したアンケート調査への協力を再度求めていく予定である。

来年の会合では、以上の項目について、その成果が発表される予定である。

(文責: 伊達健介・鹿島建設(株))

(3) WG 5: 工事中の安全衛生

部会長: D. Lamont(イギリス)

副部会長: M. Vogel(スイス)

担当理事: R. Haug(ノルウェー)

本WGでは、工事中の安全と衛生の面から多角的な検討を行っている。日本からは吉川直孝((独)労働安全衛生総合研究所)が参加した。

ITA-WTC2015開催中、2回の会合を開き、延べ13か国から23人の参加者があった。また、EN ISO DIS19296への対応を考慮するため、ITA Techからも数名参加があった。おもな議題は以下のとおりであった。

- ① EN ISO DIS19296『鉱山および土工機械の作業の安全』へのかかわりかた
- ② ITA Report No. 1『トンネル工事における労働者の安全衛生に関するガイドライン(2008年版)』の改訂の必要性
- ③ ITA Report No. 5『トンネル工事における避難用シェルター(Refuge chamber)の設置に関するガイドライン(2014年版)』の改訂の必要性
- ④ ITA Report No. 10『高気圧作業に関するガイドライン』2015年改定版の検討

①については、同EN ISO DIS19296の策定に本WGとしてどのようなかかわり方を持つべきなのか議論がなされた。同規格は鉱山とトンネル建

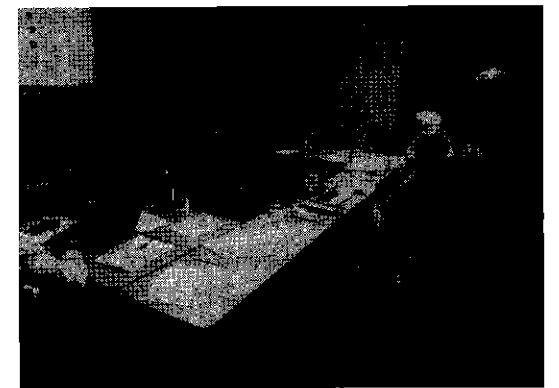


写真-2 WG5の会場の様子

設を分けるべきではなく両方を含むべきこと、火災、視界の保持、排気を含んだ規格とすること、人を搭載するリフト、人を搬送する機械、吹付け機などの特別な機械についても同規格に含めることなどをCEN(Comité Européen de Normalisation, 欧州標準化委員会)やISOに勧告することである。

②については、すでに発行されている同ITA Report No. 1 について修正が必要な箇所がないか議論された。とくに、肌落ち防止に関して、吹付けコンクリートの養生時間が数時間以内の場合は支保として考えないこと、切羽に作業員を立ち入らせないことが原則であるという意見があった。日本(吉川)から災害統計、防止策などについて情報を提供した。イギリスでも吹付けコンクリートが落下し、作業員が死亡する事故があったとのこと。どの程度の厚さと強度を有していれば、吹付けコンクリートが支保としての機能を満たすか、基準を明確にする必要があるとのことである。

③については、イギリスのCrossrailプロジェクトでは、すべてのトンネルに対して避難用シェルターを設置しており、スイスでは、1km以上のトンネルには、避難用シェルターを設置しなければならないとのことである。避難用シェルターは、十分に大きなシールドトンネルには普及しているが、NATMなどの山岳トンネルではまだそれほど普及していないようである。現在のところ、同ITA Report No. 5を改訂する必要はないようである。

④については、現在、イギリスの規格(British Standards: BS)の高気圧作業グループとともにITAでオープンセッションを開催し、共同で改訂を検討していることが報告された。また、ITAやBSのガイドラインが香港の労働安全衛生規則の基礎になっているとのことである。

今回、ITA-WTC2015と同WGに初めて参加した。世界の各国、とくにヨーロッパではITAのWGを通じて、CENやISOに積極的に働きかけ、ヨーロッパ規格(EN)や国際規格(ISO)の策定に注力しているように感じられた。国際的な規格に

自国の考えを反映させ、または規格の策定に自らかかわることで、自国の企業の海外進出を後押しする戦略であるように感じられた。

今後も、同WGの活動を通じて、日本の国際貢献の一助となれればと思っている。

(文責:吉川直孝・(独)労働安全衛生総合研究所)

(4) WG 9: 地震の影響

部会長: G. Piaggio(チリ)

副部会長: W. Qiu(中国)

担当理事: D. Peila(イタリア)

本WGでは、トンネルの地震被害についての情報を収集し、それらをデータベース化することを目標としている。今回は7か国(日本、チリ、イタリア、台湾、中国、トルコ、ノルウェー)より11名が参加した。日本からは渡辺和之、松尾知明((独)鉄道・運輸機構)が登録メンバーとして参加し、また、WGでは藍檀オメル教授(琉球大学)によるプレゼンテーションが行われた。

はじめにデータベース化する項目についての検討・議論がなされ、トンネル延長や土かぶりだけでなく、用途や地質および工法などの項目の追加が必要との意見があった。

次いで各国からの地震によるトンネルの被害実例やそれらに関する研究の紹介があった。イタリアからは解析を主としたトンネルの地震時挙動の研究とユーロコードの耐震設計についての紹介があった。また、世界各国の被害事例をまとめた表も紹介され、日本の事例が多数掲載されていた。チリからは地震時の地下駅の状況映像、高架橋などの構造物の被害状況とそれらの復興工事の紹介があった。台湾からは台湾東部で発生した地震によるトンネルの挙動と数値解析の結果についての紹介があった。

日本からは藍檀氏が国内外の地震被害の事例とその分類について報告した。国内での事例はおもに覆工の被害(ひび割れや圧ざ、剝離など)であり、阪神淡路大震災時の神戸高速鉄道大開駅(開削トンネル)も含まれていた。これらの被害事例を地形および地質的要因や、被害の状況などにより分類した結果が紹介され、海外の研究者は強い関心

を寄せているように感じた。

部会長から報告書の草案を作成中であり、今後はメール審議などを経て、あと2年程度でITAへ報告書を提出したいと提案があった。

(文責:渡辺和之・(独)鉄道・運輸機構)

(5) WG 12: 吹付けコンクリート

部会長: E. Grov(ノルウェー)

副部会長: S. Bernard(オーストラリア)

担当理事: N. Kazilis(ギリシャ)

本WGでは、吹付けコンクリートの新材料や新技術について世界各国から情報を取入れ、ITAメンバーへ広く配信することで、最新情報を世界規模で共有することを主目的としている。日本からは田原和人(デンカケミカルズ)が参加した。

1989年の活動開始以降、さまざまな情報を発信しているWGである。今回は前回の会議にて絞り込まれたテーマについて議論が行われ、おもに耐久性の評価方法と品質管理方法についての議論を中心に展開された。

1) 繊維補強吹付けコンクリート

第1案は完成したが、「なぜメッシュではなく繊維補強とするのか」についての説明および歴史について言及することとした。完成後、主要メンバーのみに回覧し、9月末までに第1案の完成を目標とするとされた。

2) コンクリートの配合と耐久性

原案は完成済みであるが、評価方法よりも評価方法に移るまでの養生方法についてどのように定めるかが議論の中心であった。標準養生か、より実環境に近い方法か結論が出なかった。

3) 品質管理

原案は完成済みである。フレッシュコンクリートの評価と急結剤添加後の品質管理方法についての記載がある。品質管理の頻度、養生方法についての議論が中心である。実構造物についても密度検査などの検査を行うべきではないかとの議論があった。9月までに原案を作成し回覧することとなった。

以上の3項目に対し各グループで回覧・校正を行い来年中の発刊を目指すことになった。また、作

業の効率化を図るためITAの委員会であるITA-techの例えば繊維補強覆工コンクリートなどと共同作業とすることで作業の効率化と規格の統一化を図ることとなった。

(文責:田原和人・デンカケミカルズ)

(6) WG 14: 機械化掘削

部会長: L. Babendererde(ドイツ)

副部会長: B. Fulcher(アメリカ)

担当理事: R. Lovat(カナダ)

本WGでは、TBM、シールドおよび自由断面掘削機を取り扱うこととしているが、現在は、とくにTBMを主体とした機械化掘削に関して主要な(チャレンジング)プロジェクトのリストの作成、また、各国の主要なガイドラインの収集、さらにこれらを念頭に置いたWG 19との合同会合が進められている。日本からは狭間裕志((株)大林組)が参加した。

本年の活動の主たる内容に関しては以下のとおりである。

1) チャレンジング・プロジェクト

チャレンジング・プロジェクトに該当するプロジェクトが、新たに2件提出された。

2) 各国のガイドライン

各国の主要なガイドラインの更新状況についての報告があった。

3) WG 19(在来工法)との合同研究

トンネル掘削工法による地下工事の選択に関する勧告に関して、各章ごとにWG 19のメンバーと討論を行い、最終ドラフトを完成させた。今後、各国メンバーにドラフトが配布され、最終版を完成させる予定で、WTC2016には完成版を配布する見込みである。

(文責:狭間裕志・(株)大林組)

(7) WG 15: 地下工事と環境

部会長: J. Rohde(ノルウェー)

副部会長: N. Bobylev(ロシア)

担当理事: A. Lewandowska(ポーランド)

WGは7か国(日本、ノルウェー、ポーランド、台湾、ロシア、米国、スイス)、8名の部会員から構成されており、部会長(ノルウェー)は欠席し、

テレビ会議で参加した。日本からは太田義和(太田技術事務所)が参加した。

掘削ずり処理に関するレポートはスイスのDRAGON社の報告(ずり処理の有効利用のための自動再資源化処理装置でTBMに連結された自動分類装置により掘削ずりを分類し外部に搬出)を待って2015年末には発行予定とのことであった。また、今後の作業としては建設中および供用中の騒音、振動に関する環境保全情報の取りまとめ、および水質保全関連情報の取りまとめを行うこととした。

(文責：太田義和・太田技術事務所)

(8) WG 19：在来工法(NATM)

部会長：H. Ehrbar(スイス)

副部会長：R. Galler(オーストリア)

担当理事：A. Gomes(チリ)

本WGでは在来工法(日本でいうNATM)を対象に工法選択や特殊条件下での施工技術、契約に関するガイドラインを発行することを目標として活動を行っている。日本からは淡路動太(清水建設(株))が参加した。

今回の討議では、はじめにアメリカにおける在来工法のトンネル建設事例が報告された。在来工法の選択理由は、開削工法に比べて環境に与えるインパクトが小さいこと、比較的自由的な掘削断面形状などが挙げられていた。また、特殊事例のトンネルを中心にアメリカではデザインビルドの採用率はおよそ50%程度であるとの説明がなされた。

「在来工法の特殊性について契約締結に関する議論」では、WG 3(地下工事の契約)よりFIDIC関連の検討状況の途中経過が紹介され、在来工法に特有の想定地質条件と施工実績が異なったときの契約方法に関する議論が行われた。発注者と受注者が互いにWin-Winの関係となれるように、施工実績に合った柔軟な契約形態の必要性が各国の共通認識であった。

今後の検討課題として、困難な建設条件下での建設事例、在来工法と機械化工法の選択(WG 14(機械化掘削)と引続き協働)、リニューアル工法、防水型トンネルなどが挙げられていた。全般的に、

在来工法では日本国内でも議論が進められている課題が各国共通の問題点として認識されており、今後、日本の山岳トンネルに関する保有技術を積極的に発出し、世界における日本の技術プレゼンスの向上を図る余地は十分にあると感じた。

(文責：淡路動太・清水建設(株))

(9) WG 21：ライフサイクル アセット マネジメント(LCAM)

部会長：M. Muncke(オーストリア)

副部会長：L. Schwartzenruber(フランス)

担当理事：S. Eskesen(デンマーク)

本WGではトンネルなどの地下構造物において、ライフサイクルを考慮し、アセットマネジメントの概念の導入の可能性に関する議論を行うために設置されたものであり、技術者の参考となる資料を発行することを目標として活動を行っている。日本からは砂金伸治((国研)土木研究所)が参加した。

今回は、わが国を含め、11か国から代表が出席した。昨年が続いて2回目のWGの開催ということであり、今後の検討の進め方、および代表的な各国のトンネルなどの維持管理の状況に関する紹介が行われた。

今後の検討の進め方に関しては、①アセットマネジメントに関する既往例の調査とその連携方法、②検討にあたっての目標の設定について議論が行われた。とくに①に関しては、アセットマネジメントを公的に導入している実績がほとんどないものの、フランスでアセットマネジメントに関する研究が開始されたといった報告があり、その内容を俯瞰し、ITAとしての成果の取りまとめに資する部分に関しては参考とするのがよいのではないかといった議論がなされた。ただし、その議論については現在進行中であること、また、計画から維持管理までのすべての流れを捉え、その切り口が環境に与えるインパクトを検討するためのツールとしたいといった方向での検討が進められているといったことから、どの程度のデータや事例をもとに検討がなされているかは不明であった。その後、各国からの維持管理などのトピックの紹介

がなされ、日本(砂金)から道路トンネルの定期点検要領の改訂に関する情報提供を行った。

また②に関しては、来年のWGの際に、実際の報告書の目次の素案を提示することになったが、それまでもさらなる具体的な検討は実際の会議やテレビ会議などを通じて行うこととなった。

ライフサイクルアセットマネジメントを考える場合、個々の事例によるパラメータなどのインパクトが固有の事例に対してどこまで適切に用いることができるのかといった定量的な捉え方が非常に難しいと考えられる。当然、状況が異なれば、最終的な精度にも大きく影響することになるが、わが国における、実際の設計施工における流れや、例えば「メンテナンスサイクル」にみられる考え方などの発信を行うとともに、各国の動向を注視し、必要に応じて日本への状況の適切なフィードバックを行っていくことを考えている。

(文責：砂金伸治・(国研)土木研究所)

日本から参加していなかった以下のWGについては、最終日のITA総会第2部における各部会長の活動報告からその概要を紹介する。

(10) WG 6：維持修繕

WGに参加したのは6か国であった。2016年までに「道路トンネルの耐火に関するガイドライン」に関するレビューを行う予定であることが報告された。

また、吹付けとパネルによる耐火材の性能の差異、種々の燃料の違いによるトンネル内火災に与える影響、供用中のトンネルにおける地下水抑制といったトピックに関して意見交換が行われたとの報告があった。報告された内容がトンネルの耐火に関する内容にとどまっており、WGの名称である「維持修繕」に関する報告は部会長からはなかった。

(11) WG 11：沈埋・浮きトンネル

WGに参加したのは12か国から32名との報告があった。この中では6つのプロジェクトレポートおよび2つの技術的なプレゼンテーションが行われた。沈埋トンネルについては、『企業者のため

の手引き(Guide)』の第2版(2015)を発行しており、2016年までには環境に関するペーパー、また『浮きトンネルの手引き(Guide)』の第1稿を次のWTCまでに取りまとめたとの報告があった。また、データベースについてはWG20へ申し送る旨、また施工中のリスクに関するペーパーについても検討を行いたいとのことであった。

(12) WG 17：大土かぶり長大トンネル

WGに参加したのは11か国から20名であり、2日間出席したメンバーが8名との報告があった。

引続きのテーマとなっている膨張性地山などといった困難な異なる地山条件下の大土かぶり長大トンネルにおけるTBMの利用に関するデータベースの作成を行い、報告書を取りまとめたとのことであった。

(13) WG 20：都市問題と地下化による解決策

WGに参加したのは9か国から12名との報告があった。本WGは、都市の諸問題に対して地下利用による解決策に注目し、地下利用を成功に導く鍵を特定することや地下利用の意志決定をプロセスを改善することについて検討をしており、とくに今回は都市トンネルにおけるウェブベースのデータベースを立ち上げた旨の報告があった。

(文責：砂金伸治・(国研)土木研究所)

1-2-3 ITA委員会の活動

ITA委員会は、委員会への登録、参加とともにITAとは独立して運営されており、近年、各委員会の活動がとみに活発化している。ITA委員会はITA傘下の組織であり、その成果はITA加盟国を始め、誰でも共有できる。

(1) ITA-COSUF：安全運営委員会

委員長：R. Leucker(ドイツ)

副委員長：M. Wietek(スイス)

担当理事：F. Amberg(スイス)

地下施設の安全と管理運営に関する最新情報の交換と発信を目的としており、PIARCとの連携のもとで活動している。

次の4つのアクティビティグループ(AG)で活動を展開している。

AG 1：欧州および国際的な情報交換

AG 2: 基準および実施例
 AG 3: 研究および新しい知見
 AG 4: 欧州の道路トンネル安全担当官の会合
 ITA-COSUFはITA-WTCが欧州で開催される場合には併催されるが、欧州以外で開催される場合は単独で欧州国内で開催される。したがって、昨年はITA-WTCがブラジルで開催されたため、昨年の分は2014年10月にコペンハーゲンで開催された。今回は5月26日のほぼ全日にわたって開催されたが会議は参加者も少なく内容的にも十分であったとは言えない状況であった。

講演内容としては、以下に示すものがあった。

- ・ロボットによるトンネル構造体の点検
- ・トンネル維持補修による車線規制状態におけるリスクアセスメント
- ・供用下での鉄道トンネルの維持管理
- ・地下鉄火災時の高濃度煙霧中での避難実験
- ・オランダ、マーストンネルの改修工事(1942年供用、米国型楕円断面、鋼製函体のオランダ初の沈埋トンネル)

全体的にはわが国の技術に比べて非常に初歩的であるものや、前提条件が不明確で、結果の解釈についても議論が必要な印象を受けた。

(文責：太田義和・太田技術事務所)

(2) ITA-CET: 教育訓練委員会

委員長: R. Galler(オーストリア)
 副委員長: M. Deffayet(フランス)
 担当理事: D. Peila(イタリア)

ITA-CET基金のもとで、4つのグループで活動を展開している。

AG 1: ITA加盟国を対象とした教育訓練
 AG 2: 専門技術者を対象とした教育訓練
 AG 3: 大学、教育機関との連携
 AG 4: E-ラーニングや教材の開発

教育訓練プログラム研修コースを通じてITAは、教材の提供、講師の紹介などこれらを支援している。また、所定の課程の修了者には修了証書が発行され加盟大学では終了単位に組込むことも可能になっている。

なお、今回のWTCの開会式においては、小野

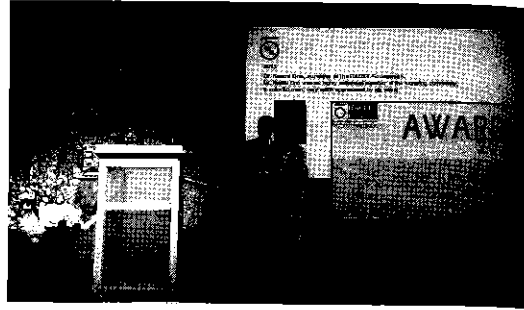


写真-3 ITA-CETによる表彰式

絃一・京都大学名誉教授(故人)のITA-CETに対する永年にわたる多大な貢献に対する表彰状とメダルがITA-CET基金副会長、グラッソ氏(イタリア)から小野正子夫人に贈呈された(写真-3)。日本人として初めての受賞であり、たいへん名誉なことである。

(文責：太田義和・太田技術事務所)

5月22日「Soft Ground Urban Tunneling」、23日「Rock Tunneling in Karst」をテーマとして、学生および若手技術者を対象としたITA-CET教育訓練コースが開催された(写真-4)。講師は総勢13名で、そのうち10名がヨーロッパ人、地元クロアチアからは2名が講義を担当した。受講者は140名、クロアチア国内の各都市(ザグレブ、リエカ、スプリット)の土木系の大学生が招待されたためか、クロアチアをはじめとする東欧からの参加者が約7割を占めており、日本からの参加者は2名であった。

22日の講義内容は、都市部の山岳工法とシールド工法についての現地調査と計測、機械化施工、



写真-4 ITA-CETの開催状況

掘削と支保、プロジェクト事例の紹介と多岐に及んでいた。切羽の安定や沈下の抑制などがおもしろい話題であった。講義終了後にITA-CETの教育活動についての説明があった。

23日は、クロアチアらしい「カルスト」を題材とし、物理探査を中心とした地質調査法、山岳トンネルの施工、プロジェクト事例の紹介と内容豊かであった。クロアチアでは地質の変化に対応しやすいNATMによる山岳工法が主流との説明があった一方、ドイツやアメリカからはTBMを用いた施工の報告もあり、国や地質による工法選定の違いが垣間見えた。共通して鍾乳洞のような空洞をいち早く発見して対策することの重要性を説いていたことが印象的であった。その後、安全管理についての特別講義があり、トンネル施工中の災害や労働環境などについての幅広い説明があった。最後には受講修了証の授与があった。講義で用いられたパワーポイントは、pdf変換したものが電子媒体で配布された。

日本国内では知り得ない海外のトンネルの実情を知ることができ、英語での講義を経験できた点でも非常に有意義であり、今後のITA参加者に受講をお勧めしたい。

(文責：渡辺和之・(独)鉄道・運輸機構)

(3) ITA-CUS: 地下利用委員会

委員長: H. Admiraal(オランダ)
 副委員長: A. Cornaro(スイス)
 担当理事: A. Elioff(アメリカ)

ITA-CUSは地下空間の有効利用に関する各国の事例収集と技術的問題点、地上構造物との対比などを都市計画的な手法も絡めて包括的に議論をする場となっている。本会議では地下利用の事例として、英国からスペイン、シアトル、ソウル、ボストン、シドニー、アムステルダム、ロンドン、デンバーなどの紹介があった。スイスからは現在開発中の地下トンネル網を利用した無人コンテナ輸送システムの開発経過の詳細な説明があった。残念ながら日本事例の紹介はなかった。今後は日本の情報の発信についても検討が必要である。

(文責：太田義和・太田技術事務所)

(4) ITA-Tech: 技術情報委員会

委員長: A. Henniger(スイス)
 担当理事: R. Lovat(カナダ)

本委員会は、地下建設に関して6つのアクティビティグループ(AG)とその6つのAGに必要なに応じて9つのサブAGから構成され、活動を行っている。AGは掘削、支保、覆工・防水工、モニタリング、維持管理、設計より構成されている。2014~2015年にかけては、3つの新たな活動が開始になったとともに、4つのガイドラインを作成したとの報告があった。

1-3 ITAオープンセッション

今回の議題は水力発電に関する内容で開催された。

水力発電は2,000年以上前の古代から現代に至るまで世界共通の水資源の有効利用として2010年時点で世界の総発電量の16.3%を賄うまでに至り、世界90%以上の国々で電力の更新がなされている。事実、世界159か国以上にわたる成熟した技術であり、25か国では総発電量の90%以上を水力発電によっている。

地下空間は水力発電に対して重要な役割を担っており、本オープンセッションでは以下の3項目について講演が行われた。

- ・環境変化、社会的、経済的枠組みのもとでの環境対策、発電効率などについての持続的維持管理について
- ・建設と技術的視点、地質調査、設計規格、自然現象と地質の危険性と耐久性と維持管理などとの対応、契約条件への柔軟対応などについて
- ・水力発電施設建設のための公的、私的な特例的資金調達、保険対応などの世界的な事例紹介

(文責：太田義和・太田技術事務所)

2 世界トンネル会議(WTC)

世界トンネル会議は5月25日に開会式が挙行され開催都市のドゥブロブニク市長などの歓迎の挨拶に続き基調講演が行われた。

2-1 基調講演など

故Sir. Muir Woodの功績をたたえる「Muir Wood Lecture」では、イタリアのPavlova大学のPietro Lunardi教授による講演があった。講演では、フランスとイタリア国境にあるフレジュストンネルを例に取り、25年前に初めて試行されたとされるトンネルの変位抑制や切羽挙動のコントロールに関する報告が行われた。

ただし、講演がイタリア語で行われ、参加者の多くが同時通訳によるヘッドフォンを必要としていたが、その通訳についても不明瞭なところがあった。国際会議の運営におけるひとつの課題とも言える。

引き続き、「ITA Heritage Lecture」として、古代ギリシャにおける大規模公共事業の技術的傾向について、Theodosios Tassios教授からの講演があった。ギリシャ時代には施工者の不履行にはペナルティが厳しく科せられていたことや、建築と土木に差異がなかったこと、紀元前600年にはギリシャの都市にはすでに水道管が布設されていたことなどについて講演があった。

休憩ののち、基調講演として、クロアチア交通省技師による「クロアチア共和国における鉄道、道路網の地下空間開発」があった。

2-2 WTCテクニカルセッション(論文発表)

後述するテーマのもとで、世界各国から論文を募集し、5月25～27日の3日間にわたって、口頭発表またはポスター発表が行われた。今回の会議は例年の会議と比較すると口頭発表が多く行われた印象がある。なお、タイトル後の数字は実際に投稿され、概要が掲載された論文数である。

今回の論文発表などにおいては、とくに27日の発表がITAの総会やWTCの閉会式と並行して行われ、運営面での課題があったのではないかと考えられる。

- ・トンネルおよび地下構造物の計画・設計、117編
- ・トンネルおよび地下構造物の火災時の安全性、10編
- ・機械化施工の発展と利用、70編

- ・トンネルおよび地下構造物の運用と維持管理、37編
 - ・地下空間の利用における発展(事例研究)、25編
 - ・地下構造物のコスト最適化と財政、6編
 - ・沈埋・浮きトンネル、12編
 - ・トンネルにおけるインテリジェントシステム、メカトロニクスおよびロボット、14編
 - ・従来工法の発展と利用、44編
 - ・都市における地下空間の計画と利用、11編
 - ・東欧地区のトンネル、15編
 - ・地下構造物におけるリスクアナリシス技術、26編
 - ・トンネルおよび地下構造物の設備、3編
- わが国からの投稿数は30編とのことであり、中国および韓国に次ぐ編数であった。

(文責：砂金伸治・(国研)土木研究所)

2-3 WTC展示会(写真-5)

会議場のロビーおよび隣接の展示会場において、掘削機械関連会社、計測機器メーカー、材料関連会社、エンジニアリングコンサルタント、現地の企業および協会などの出展があったが、大型展示については、前回より縮小した印象があった。今回は設計会社(Engineering)の出展数が少ない反面、トンネル支保、吹付け、ファイバー、防水材といった、材料メーカーの占める割合が増えた。施工業者(Contractor)による出展はWTCにおいて定常的に少ないが、今回も大手の施工業者からの出展はなかった。

内容として、BASF社などの液体急結剤メーカーは、材料中心の展示からパッケージやシステムなどの「ソリューション」展示へと軸足を变えており、液体急結剤自体が利益を出しにくいビジネスになっている背景があると推察される。また、建材向けスチールファイバー大手のBEKAERT社とトンネル支保が中心のMACCAFERRI社が合併した。スチールファイバーメーカーが乱立しており、供給過剰となっている模様である。加えて今回は一部ではあるが、3次元データの活用や、機械操作の自動化の取組みが見られた。さらに吹



写真-5 マシンメーカーや材料メーカーの展示



写真-6 WG参加者などによる意見交換会

付け作業のデモを行わせるなどの取組みが見られた。

今回はクロアチアのローカル企業の出展割合が少ない傾向が見られたが、欧米では展示会を単なる情報発信、収集のみではなく、重要な商談の場と位置づけており、WTC展示会にも各業界(各社)の意思決定者が多く集っているものと推察する。

各国のトンネル関係社が日本のトンネル技術に強い関心を持つ一方、WTCにおける日系企業および日本の存在感はきわめて低いと感じた。

(文責：保利彰宏・電気化学工業(株)、伊達健介・鹿島建設(株))

あ と が き

本原稿は、会議に参加された多くの方々から寄せられた原稿や情報をもとに、ITA統括WGで編集を行った。また、会議に関する情報に関しては、後述するウェブサイトにも掲載されている内容もあるため、適宜参考にしていただきたい。なお、現地においてITA統括WGおよびその協力メンバーによる意見交換会を開催し、実際に各WGで議題として取り上げられた事項に関して意見交換を実施した(写真-6)。現地での活動や本報告に対する協力に謝意を表し、お礼の言葉といたします。

参 考 資 料

参考ウェブサイト

- 1) ITA(国際トンネル協会) : www.ita-aites.org
- 2) 「WTC 2015」会議の内容に関する情報が掲載 : www.wtc15.com
- 3) ITAの既刊報告書リスト : www.ita-aites.org/fr/publications/

参考資料(協会保有資料)

- 4) WTCプログラム。
- 5) WTC2015論文概要集, 829p.
- 6) WTC2015論文概要集, USB版。
- 7) ポルトガルにおけるトンネル掘削報告書, 425p.

トンネルジャーナル

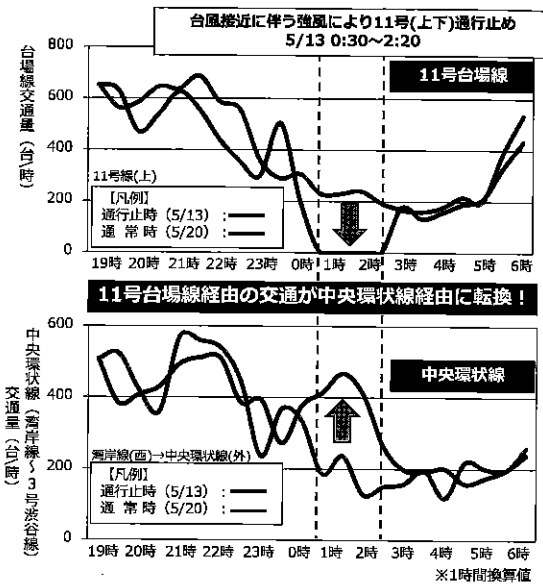
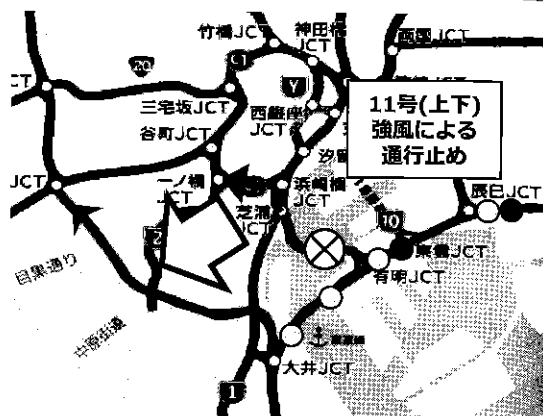
中央環状線品川線開通後3か月 ストック効果の発現も

首都高速道路と東京都は、ことし3月7日に開通した首都高速中央環状線(高速湾岸線~高速3号渋谷線)~中央環状品川線~の開通後3か月の整備効果を発表した。

これによると、全線開通後1か月にわたる調査で得られた効果と同様に、中央環状線の全線開通による渋滞緩和効果や定時性の向上が継続して発現している。中央環状線の内側の交通について、前年と比較して、利用交通量は約5%の減少、渋滞損失時間は約5割減少し、中央環状線を経由して新宿から羽田空港へ向かう交通などは渋滞による遅れを見込まず必要なく安定して到着できるとされている。

開通にともない中央環状線の内側では渋滞が大幅に緩和されたことで、おもに渋滞に起因して発生していた追突事故の件数が約4割も減少した。また、5月に台風が接近したさいには、強風により11号台場線(レインボーブリッジ)が通行止めされたが、通行止め時の交通が中央環状線へと迂回していたことが確認されるなど、開通によりリダンダンシーが強化されていることが確認された。ヒアリングによる調査では、中央環状線の利用者の多くが所要時間の短縮を実感し、「目的地での滞在時間が伸びた」「より遠くの目的地へ行けるようになった」などの回答が得られており、物流の効率化や観光の活性化に寄与していることがうかがえる。

首都高速中央環状線は、都心から半径約8kmに位置する総延長約47kmの環状道路。圏央道、外環道とともに首都圏の高速道路ネットワークの骨格となる「首都圏3環状道路」を構成し、もっとも内側に位置する。3月に開通した区間は、中央環状線の南側区間を形成し、湾岸線から3号渋谷線までを接続する約9.4kmの路線。トンネル区間はφ12.55mの泥土圧シールドで掘進された。首都圏3環状で初の全線開通となりオリンピックの開催される2020年に



「中央環状線(高速湾岸線~高速3号渋谷線)開通後3ヶ月の整備効果について」別紙pdfより

は、外環道が千葉県市川市の高谷JCT(仮称)から北側を回って東京都世田谷区の東名JCT(仮称)に至る約65km、圏央道の延長約300kmのうち約9割が開通する計画となっている。

建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著 A5判 326頁 本体価格 4,300円(〒300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

連載講座

山岳トンネル覆工の長寿命化技術(9)

—覆工の補修・補強(技術①)—

「山岳トンネル覆工の長寿命化技術」連載講座小委員会

① はじめに

前回の「覆工の補修・補強(概論)」(以下「前回(第8回)」)というにつづき、今回は覆工の補修・補強に関する技術について詳述する。これら補修・補強対策工の実施にあたっては、変状原因や発生形態により使用する材料や工法が異なる。よって、本稿では、前回(第8回)で定義した「外力」「剝落防止」「漏水」の3つに区分し、主として補強対策となることを期待するものとして「外力対策」に関する技術を紹介する。

② 外力対策

2-1 内面補強工

内面補強工は、覆工コンクリート表面に引張強度が高い鋼板、成型版、連続繊維シートやFRPなどの格子筋などを貼り付ける工法で、耐荷力向上・変形抑制効果を期待して施工するが、剝落防止効果、防水効果なども併せもっているものが多い。以下に、各材料における特徴を紹介する。

2-1-1 鋼板接着工

鋼板接着工は、鋼板を覆工表面にコンクリートアンカーで固定して樹脂接着剤などで貼り付ける工法であり、図-1に鋼製補強工パネルと施工断面図の例を示す。鋼板接着工に使用する鋼板およびボルトは、ステンレスなどの耐蝕性の高い材料を用いることを基本に材料選定を行う必要がある。また、鋼板は重量が大きく、施工性も他の材料と

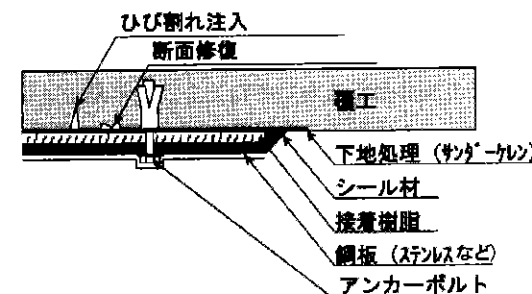


図-1 施工断面図の例¹⁾

比較して劣るので、自重を考慮した設計や接着剤の効果の持続性などを勘案し、施工計画を立案する必要がある。鋼板を一部分に施工することは、できるだけ避けることが望ましいが、使用した場合は脱落の危険性がないか点検時に確認することが重要である。

2-1-2 成型版接着工

成型版としては、炭素繊維シートやアラミド繊維シートなどの繊維シートをあらかじめ樹脂含浸させてパネル化したもの、軽量かつ高強度のフレキシブルボードに各種繊維シートを表面接着または内蔵させたもの、繊維補強コンクリートやポリマー含浸コンクリートなどでパネルを成型したものなどがある。成型版の構造図および接合方法の例を図-2に示す。成型版は、工場製品であるため美観に優れるものが多い。成型版の固定は、自重を考慮した設計や接着剤の効果の持続性などを勘案し、アンカーボルトを用いて覆工コンクリート表面に仮固定し、樹脂接着剤を注入して一体化さ

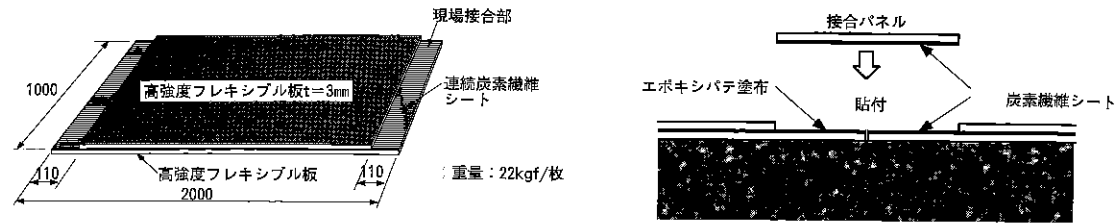


図-2 成型版の構造図例および接合方法例²⁾

せる。アンカーボルトは、ステンレス製を用いるなど、錆の発生を防止する必要がある。振動によるナットの脱落防止対策を実施する必要がある。

2-1-3 繊維シート補強工

連続繊維シートをエポキシ樹脂などの接着樹脂を用いて覆工コンクリート表面に含浸接着させ積層するものである。繊維シート補強工の断面図の例を図-3に示す。繊維シートは、鋼材と比較すると比重のわりに引張強度が大きく耐候性や耐薬品性に優れているものが多い。樹脂接着剤は、繊維シートに含浸したのちに硬化して、FRPを形成するための結合材となる。樹脂接着剤には、アクリル系やエポキシ系の樹脂があるが、エポキシ系樹脂が用いられることが多い。

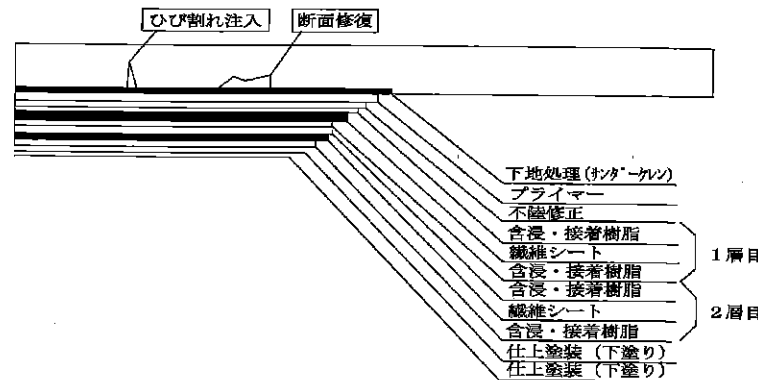


図-3 繊維シート補強工の断面図の例¹⁾

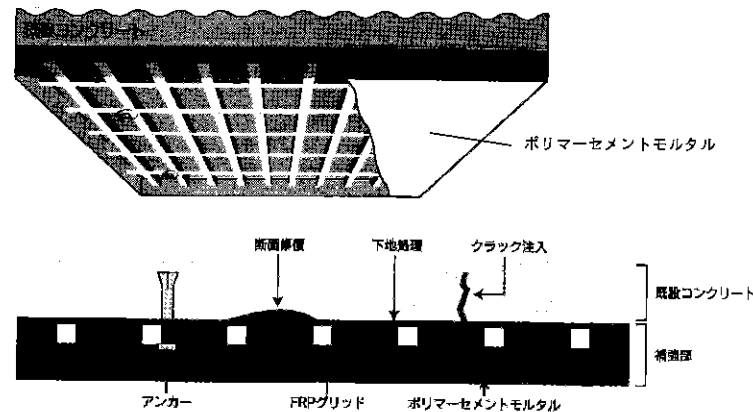


図-4 格子筋補強工の施工概念図³⁾

2-1-4 格子筋補強工

覆工コンクリート表面に、引張補強材として溶接金網やFRP格子筋、繊維ネットなどをアンカーで固定し、その上にポリマーセメントモルタルなどの塗布材料を薄く吹付けまたはコテ塗りし、既設覆工コンクリートと一体化するものである。格子筋補強工の施工概念図を図-4に示す。ポリマーセメントモルタルなどの塗布材料は、コンクリートとの付着強度を十分にもち、耐久性、紫外線や水、ガスなどの劣化要因を遮断する性能をもつものを使用する必要がある。漏水がある場合は、導水工、止水工との併用が必要で

ある。

2-2 内巻き補強工

内巻き補強工は、覆工コンクリートの有効断面を増加させることにより、引張だけでなく、曲げ、圧縮、せん断耐力を高め構造物としての機能を回復させ、覆工コンクリートを全面的に補強するものである。なお、本補強を適用することで、併せて覆工コンクリート表面の劣化やコンクリート片の剥落の防止効果も期待できる。ただし、本工法は、建築限界の有無により適用できる工法が制限

されることに留意する必要がある。内巻き補強工には、プレキャスト工、場所打ち工、鋼材補強工、埋設型枠・モルタル注入工、吹付け工があり、以下に各工法について紹介する。

2-2-1 プレキャスト工

プレキャスト工は、プレキャストのコンクリート版を用いてトンネル内側から新しい覆工を構築する工法である。本工法は、既設覆工コンクリートの内側に5cm程度の隙間をあけてプレキャストのコンクリート版を設置し、その間にエアモルタルなどの裏込め材を充填して補強するものである。設置方法については、写真-1にあるように専用の装置によりコンクリート版を片側車線ずつ設置していく方法と、図-5にある特殊架台を用いて、写真-2にあるように坑外ですべてのプレキャスト版を組立てて、坑内に移動してセットする方法と

がある。前者は、車線規制により施工が可能で、後者は、交通開放下での活線作業が可能となる特長を有する。なお、後者の特殊架台は、運搬中に一般車両が下部を通過することは、通行車両の安全確保の観点で困難であるが、車両通行時に停止することで現地まで搬入し、施工した事例である。

プレキャストコンクリート版のトンネル断面方向の分割は左右2分割が標準であり、部材長としては6~12m程度となる。左右の版の接合は、脱落防止を目的として、版をかみ合わせる構造としボルトをトンネル縦断方向に通している。また、部材幅は架設方式や施工条件などによって異なるが1~2mが標準である。部材厚は、8~15cmが一般的である。

2-2-2 場所打ち工

場所打ち工は、セントル型枠を用いて、既設の

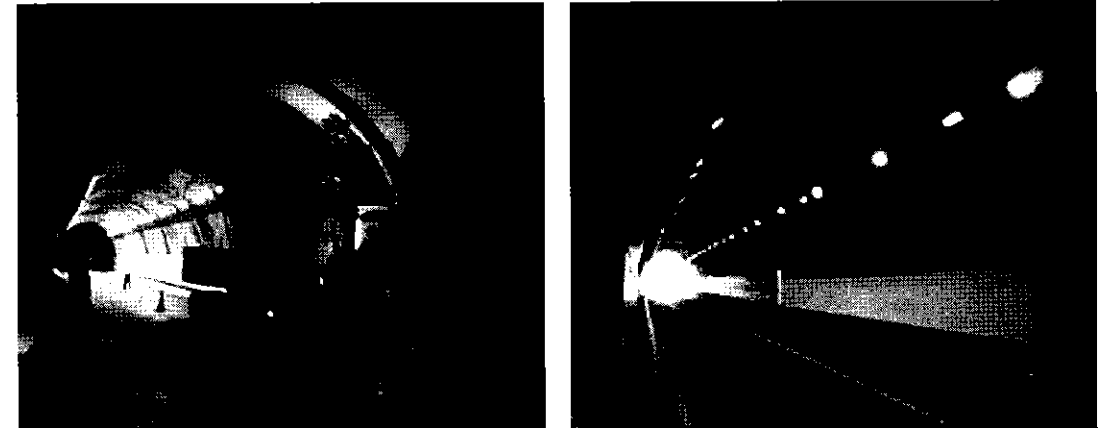


写真-1 プレキャスト工の施工状況および完成状況⁴⁾

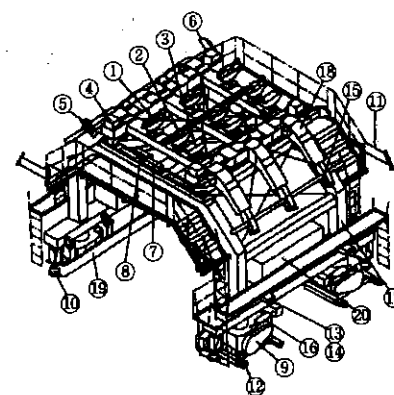


図-5 特殊架台例

No	名 称
1	サポーターローラA
2	サポーターローラB
3	サポーターローラC
4	メインリフト装置
5	パネルクランプ装置
6	パネルストップ装置
7	横行装置
8	旋回装置
9	駆動装置
10	アウトリガ
11	障害物検知器
12	自動検出器
13	異常軌道検出器
14	サイドリフト装置
15	ロック装置
16	操舵装置
17	ガンテリ
18	上部アーチフレーム
19	ガードレール
20	油圧ユニット

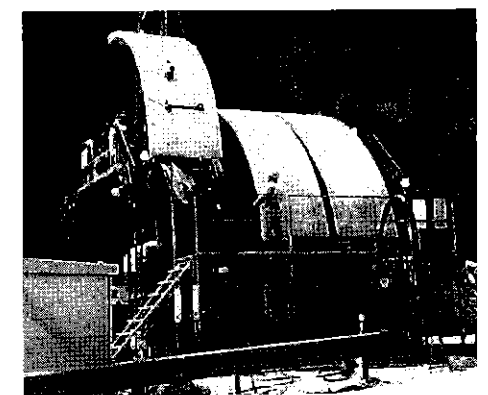


写真-2 坑外での組立て状況

覆工コンクリートにコンクリートやモルタルを内巻きする工法である。

写真-3, 4に道路トンネルの横にTBMで施工した歩道トンネルで本工法を適用した事例を示す。同トンネルでは、既設の覆工(吹付けコンクリート $t=5\text{ cm}$)のひび割れなどの変状が見られていた。同トンネルでは、利用者の迂回が可能で、建築限界に対し施工余裕が確保できる条件であったことから、場所打ち工を選定した。

しかし本工法は、前回(第8回)で述べたとおり適用事例が少ないのが実状である。

2-2-3 鋼材補強工

鋼材補強工は、一般に鋼アーチ支保工を補強セントルとして使用し、ライナープレートや鋼板を鋼アーチ支保工内面に設置し、鋼材と覆工コンクリートの間にモルタルなどを充填する工法である。近年では写真-5のように専用機械を用い、鋼板接着工で用いられる薄肉の鋼板より厚肉の鋼板をト

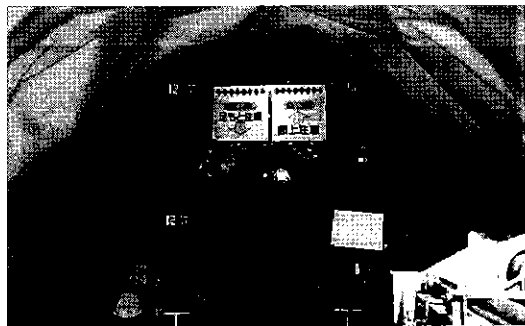


写真-3 場所打ち工のセントル設置状況



写真-4 場所打ち工完成状況

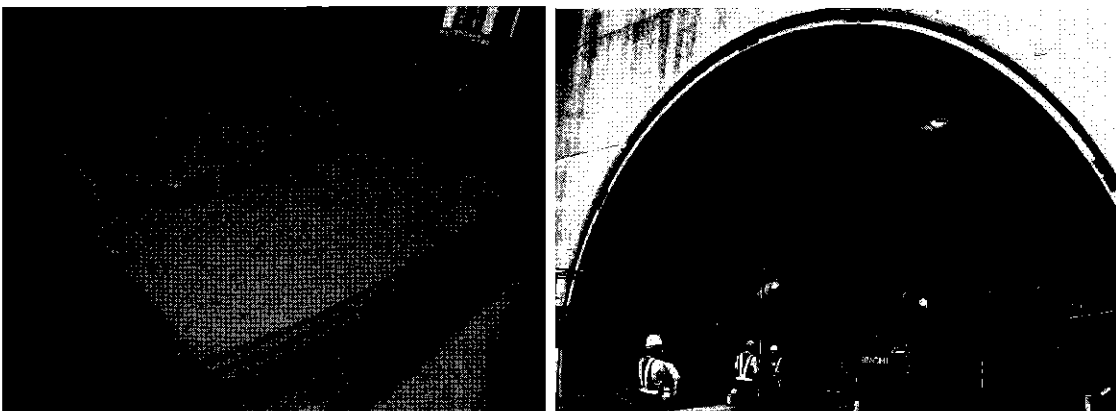


写真-5 鋼材補強パネル例および鋼材補強工施工例

ンネル覆工全体に設置し、補強を行う工法がある。この工法は車線規制を実施し、交通開放を行いながらの施工ができるという利点がある。

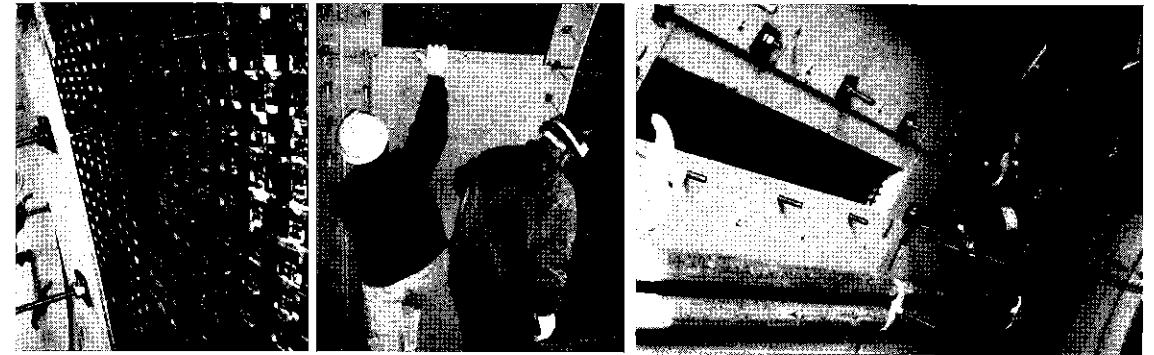
2-2-4 埋設型枠・モルタル注入工

埋設型枠としては、ひび割れ抵抗性・分散効果に優れ、薄肉でも曲げ耐力の大きなものが適しており、写真-6や図-6にあるような成型版が使用される。

また、曲げ耐力や靱性をさらに向上させる場合には、既設覆工コンクリートと埋設型枠の間に繊維マット、FRP格子筋、補強鉄筋などを設置することもある。

モルタル注入工は、既設覆工の内側に埋設型枠をセットし、埋設型枠と既設覆工との間に高強度のモルタルなどを注入して一体化を図る役割を担っている。

本補強工は、軽量でパネル化した成型版を使用するため、人力作業で設置が可能である。

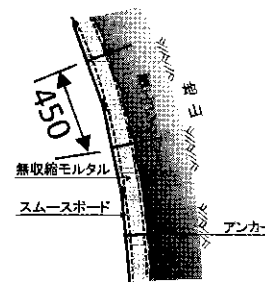


連続繊維メッシュ設置状況

埋設型枠材設置状況

短繊維補強モルタル打設状況

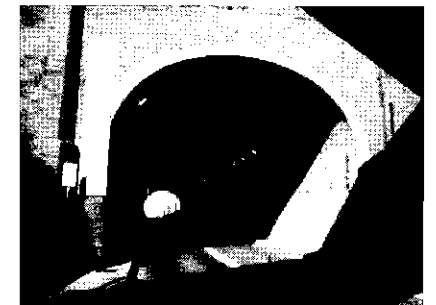
写真-6 埋設型枠・モルタル注入工写真



埋設型枠・モルタル注入工断面図



埋設型枠材設置状況



内巻き補強工完成状況

図-6 高靱性セメントボードの施工例

また、覆工面に合わせてパネルをフレキシブルに曲げることが可能なものが多く、現場での切断や孔開け加工が容易である。そのためプレキャスト工法などと比較して作業性がよく、交互に車線規制の切替えを行うことなく片側車線規制下で連続して作業できるメリットがある。

2-2-5 吹付け工

吹付け工は、前回(第8回)で述べたとおり吹付け材の劣化による剝落のおそれや施工時の坑内粉塵発生の問題などから最近での適用事例は少ない。しかし震災復旧など、補強工事の緊急性が求められる場合には、吹付け工によって応急対策を実施し、その後に他工法の内巻き補強工を実施する事例がある。

2-3 裏込め注入工

裏込め注入工は、トンネル内から覆工背面に注入材を注入して固結させ、覆工背面の空洞を充填することにより、地山と覆工との密着性を向上して、地盤反力の均等化や、地山の緩みの拡大防止

を図る工法である。

裏込め注入材は、前回(第8回)に示したとおりであり、その材料特性により注入工法が異なる。

注入材に混和する材料には、分散、気泡、膨張(発泡)およびセメント量を少なくすることを目的とする製品があるので目的に応じて適宜選定する必要がある。セメント量を少なくする材料には、フライアッシュなどがあり、施工性を向上させる材料としては、ベントナイトなどが挙げられる。分散作用を促進させるには、通常減水剤が用いられ注入材の流動性を向上させるのに効果的である。起泡剤は、それぞれ特徴があるのでセメントなどの種類に応じたものを選ぶ必要があり、膨張剤には一般にアルミニウム粉末が用いられる。ポリマーセメント系の注入材は、混合するベントナイトの粘性が大きいことより、水、セメント、混和剤(ポリマー)、ベントナイトの順にミキサーへ投入する必要がある。

以下に注入材料別の注入工法について述べる。

2-3-1 従来型注入材

エアモルタルを注入材として用いるもので、市場プラントよりモルタルを運搬し、図-7にある設備によりエアモルタルを製造し、圧送して注入を行う工法である。

2-3-2 可塑状注入材

添加剤、添加材などを混合することにより固化前の状態においてチキソトロピー性(せん断応力を受けると粘度が低下する性質)を持たせたグラ

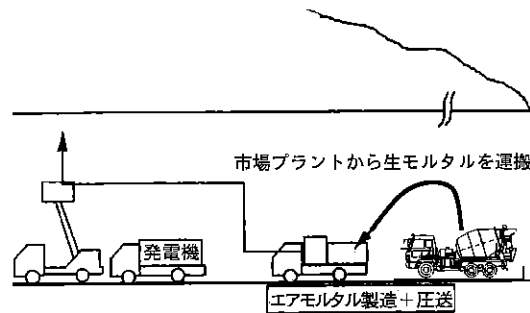


図-7 従来型注入材の工事用仮設備配置例⁹⁾

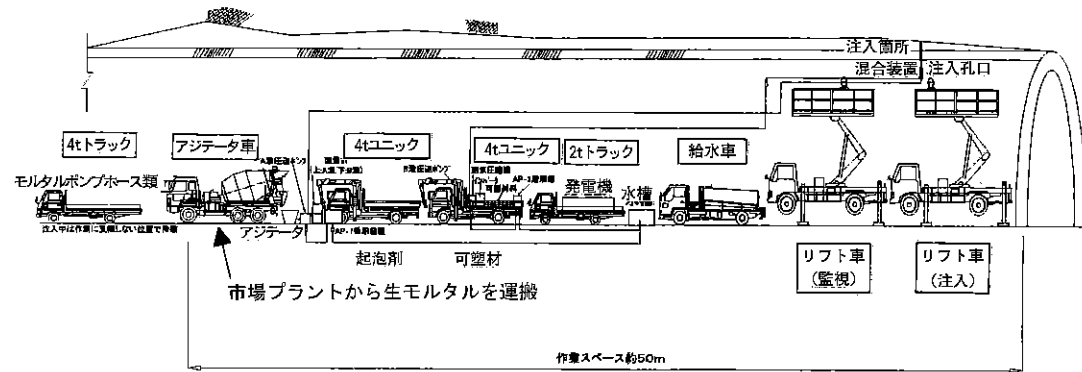


図-8 可塑状注入材(エア系)の工事用仮設備配置例⁹⁾

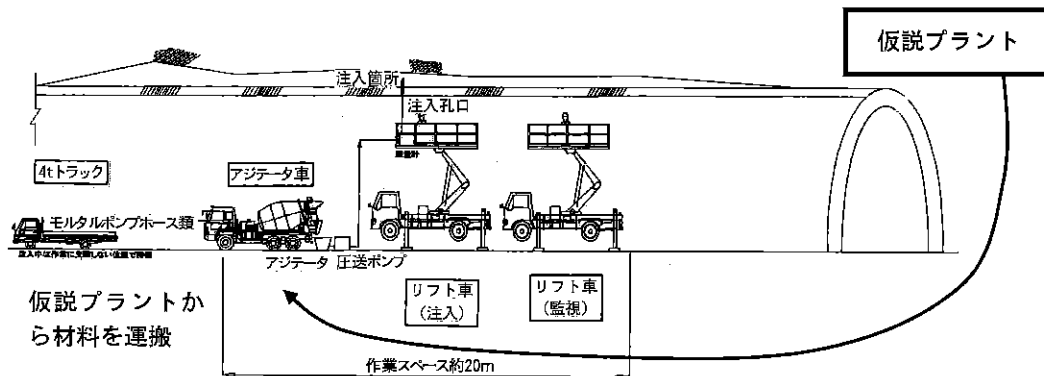


図-9 可塑状注入材(非エア系)の工事用仮設備配置例⁹⁾

ウト材である。流動性、限定注入性、圧送性に優れ、トンネルの裏込め注入材の主流となっている。エア系と非エア系に大きく分けられる。

エア系の可塑状注入材の注入工法は、図-8の工事用仮設備配置例にあるように、エアモルタルと可塑剤を製作して別々に圧送し、注入箇所付近で2液を混合したあとに注入ホースを経て可塑状の注入材でトンネル空洞内に充填する工法である。

非エア系の可塑状注入材の注入工法は、エアを使用しておらず、材料を混合するだけで可塑性が確保できることで、図-9の工事用仮設備配置例にあるようにそのまま圧送ポンプで施工が可能な工法である。

2-3-3 非セメント系注入材

材料として、ウレタンなどのセメント系以外の材料を用いる注入工法で、図-10の工事用仮設備配置例にあるように、2種類の薬液が、薬液タンクから注入ポンプによりホースを介して、ミキシ

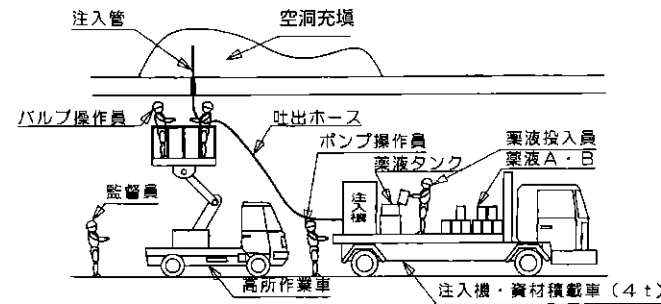


図-10 非セメント系注入材の工事用仮設備配置例⁹⁾

ングユニット部で合流し、注入する工法である。

これらの工法は、裏込め注入工施工箇所に施工プラントを搬入する必要があり、裏込め注入工を行うまでに時間を要する。近年では、裏込め注入工を行うトンネル坑口にこうした施工プラントを配置し、トンネル内の通行の支障とならないスペースに圧送用の配管を設置することで、施工時間の短縮を図っている事例がある。

2-4 インバート工

インバート工は、盤ぶくれ、路面沈下、側壁の押出しなどの変状に対する補強対策として新たにインバートを設置し、既設覆工と断面閉合することで、トンネル構造体としての耐力を向上する工法である。

インバート工は、補強効果は大きいものの、供用しているトンネルに新たにインバートを施工することは、舗装面下、あるいは、軌道下を掘削することとなり、供用に影響を与える大がかりな工事となる。なお、既存のインバートが盤ぶくれなどで破壊した際に、インバートの改築を行う場合もある。

インバート工は、安全面、施工性および品質を考えると、通行止めを行い舗装面下をすべて掘削したのち、インバートを施工することが望ましい。しかし、施工が長期となり、通行止めによる施工は困難なケースが多い。そのため、最近では、片側車線を開放しながらの施工実績が確認されている。以下に施工事例を紹介する。

2-4-1 片側車線ごとのインバート構築

車道2車線のトンネルにおいて、走行車両の通行帯と工事箇所とを分離する仮設防護柵兼土留め

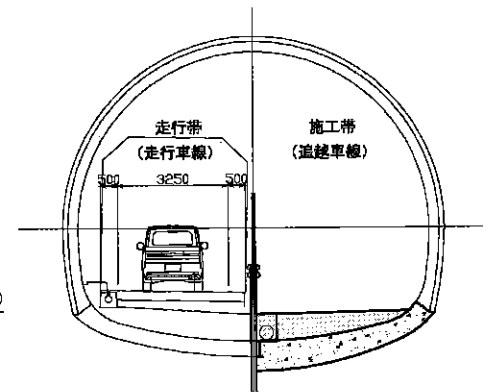


図-11 片側車線施工断面図⁹⁾

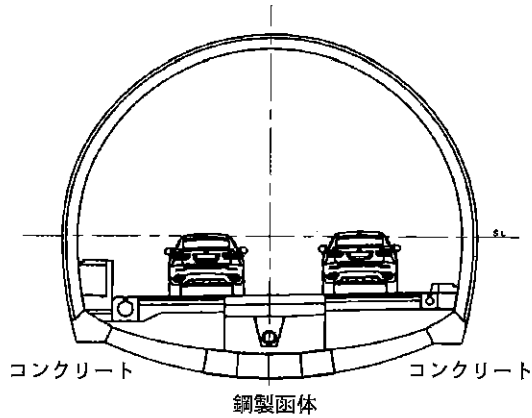
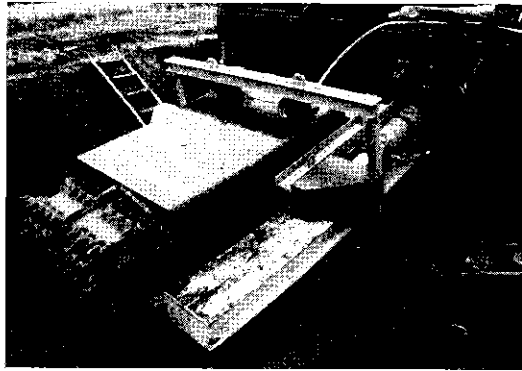


写真-7 片側車線インバート工施工状況⁹⁾

杭を図-11に示す箇所に打設し、一般車両を通行させながら、片側車線ずつインバートを構築した事例である(写真-7参照)。当該対策箇所は、既設インバートが設置されているにもかかわらず、それが損傷して変状が発生している。そのため、仮設土留め杭については、既設インバートが損傷していることを踏まえ、安全性を考慮し既設インバートを貫き地山に貫入し定着させる構造としている。当該トンネルは、トンネル幅員が比較的広く、あらかじめ車線をシフトさせることで、車線境界部の施工を可能にした事例である。

2-4-2 曲線函体推進工法

片側車線ごとのインバート構築を行う事例^①に必要な幅員がなく、車線をシフトできないトンネルにおいての事例である。このようなトンネルでは、図-12のような施工割付けとなり、左右の部分は片側車線規制により施工が可能であるが、中央部の施工は困難である。そのため中央部施工

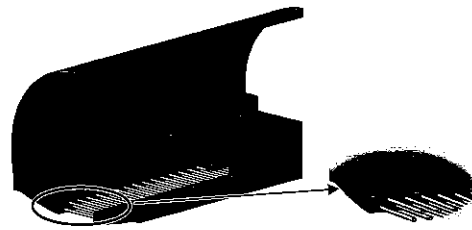
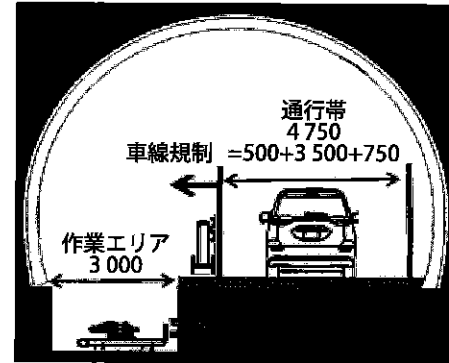
図-12 曲線函体推進工法施工断面図¹⁰⁾写真-8 掘削機械¹⁰⁾

においては、片側車線規制を実施したヤード内において、掘削を行った側面から写真-8にある鋼製の外殻を有する掘削機械により掘削し、外殻内にコンクリートを打設し、両側のインバートと接続させることでインバート構築を可能とした事例である。また、外殻外においてもモルタル注入をすることで地山との一体化を図っている。

ほかにも前述の工法と同様に、片側車線規制によりトンネル中央部の施工を行う工法が研究開発されており、図-13にあるように中央部を鋼管とした鋼管複合構造のインバートの研究が報告されている¹¹⁾。本工法は、図-14にあるように、掘削した側面から、鋼管を打撃により打設し、両側のインバートと接続させることでインバート構造とするものである。

2-5 ロックボルト工

ロックボルト工は、一般的には、ボーリングマ

図-13 鋼管複合構造のインバートイメージ図¹¹⁾図-14 作業イメージ図¹¹⁾写真-9 ロックボルト施工例¹²⁾

シンにより地山を削削し、孔内にモルタルなどを充填したのちロックボルトを挿入し、ベースプレートとナットを用いて覆工に締結することにより施工する工法である。土砂地山などで孔壁が自立せず、穿孔後のモルタルの充填、ロックボルトの挿入ができない場合には、孔壁保護材や自穿孔ロックボルトが採用される場合もある。また、湧水が多い場合において定着材が洗い流される場合や、十分な定着が得られない場合は、セメントカプセルや、鋼管膨張型ボルトが採用される場合もある。

ロックボルト工に使用される機械・材料は多種

多様であることから、現場条件および地質条件に対応したものを選定する必要がある。

塑性圧対策として側壁部に施工する場合のほか、路盤隆起を生じたトンネルの対策工として下向きに施工される事例(写真-9)もある。

⑧ おわりに

今回は、覆工の補修・補強(技術)のうち、主として補強対策となることを期待する「外力対策」に関する技術について紹介した。次回は、主として補修対策となることを期待するものとして「剝落防止対策」に関する技術および「漏水対策」に関する技術を紹介する予定である。

(文責：水野希典/(株)高速道路総合技術研究所、野城一栄/(一財)鉄道総合技術研究所、桜井邦昭/(株)大林組、武藤直樹/国際航業(株))

参考文献

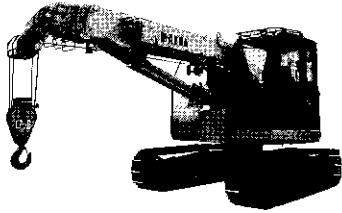
- 1) 鉄道総合技術研究所：トンネル補修・補強マニュアル，2007.1.
- 2) 成和リニューアルワークス：ホームページ，<http://www.seiwarw.co.jp/services/renewal/panel.html> (平成27年7月時点確認)
- 3) NETIS新技術情報システム：技術名称FRPグリッド増厚・巻立て工法(平成27年7月時点確認)
- 4) 土木研究所：ホームページ，https://www.pwri.go.jp/jpn/results/tec-info/pcl_r/(平成27年7月時点確認)
- 5) 桐山和晃・竹内貴司・柿崎稔・羽上田裕章・高林努・矢野嘉孝・広沢則行・今福健一郎：トンネル薄肉鋼製補強工の構造と施工事例，新日鉄技報，No.382，pp.43-47，2005.
- 6) 土木研究所・鉄建建設・クラレ：高強度・高じん性モルタルを用いたトンネル覆工の補強方法の開発に関する共同研究報告書，2006.3.
- 7) 三木浩司・新保学幸・大越秀夫・柴田剛志：高靱性セメントボードによる補修工法の施工について，土木学会第68回年次学術講演会，pp.955-956，2013.9.
- 8) 東・中・西日本高速道路：矢板工法トンネルの背面空洞注入工 設計・施工要領，2006.10.
- 9) 丸山勝・中野清人・天野淨行・下村哲雄：61日間連続車線規制によるインバート再構築工事，上信越自動車道 日暮山トンネル，トンネルと地下，Vol.44，No.12，pp.17-28，2013.12.
- 10) 鈴木雄吾・岩永茂治：通行止めを回避した新たなトンネル路面隆起対策技術の適用，トンネルと地下，Vol.45，No.7，pp.7-18，2014.7.
- 11) 岩尾哲也・北村元・西村和夫・安井成豊：供用中トンネルにおける中央部を鋼管構造としたインバート設置工法の研究，トンネルと地下，Vol.45，No.6，pp.55-64，2014.6.
- 12) 渡邊康夫・藍郷一博・鈴木尊：供用中の新幹線トンネルで発生した路盤隆起の原因とその対策，トンネルと地下，Vol.38，No.9，pp.7-16，2007.9.

『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)

工法・技術・製品ニュース

製品 新型クローラークレーンを発売



(株)前田製作所産業機械本部産機事業部
営業部
TEL. 026-292-2228
E-mail: tomoko_oota@dbmed.komatsu.co.jp

前田製作所は新型クローラークレーンGC1485S-1 国内仕様の販売を開始した。

同機はLC1385M-8のモデルチェンジ機で、クレーン容量は4.9m×3.2m。新しくなったブームは、従来、5角形断面だったものを7角形断面に変更することで横方向への剛性を上げたほか、スライドプレートを採用してハンチングが起きにくい

構造としている。環境性の面では、第4次排ガス規制に対応した新型エンジンを搭載し、2014年基準に適合させた。これに加え、エンジンのダウンサイジングと油圧制御の最適化により40%の燃費向上を実現した。

その他、後方旋回半径を50mm、全高を100mm低減させ、カウンタウエイトを3t未満とするなど、よりコンパクトな仕様とした。

製品 環境性に優れた小型ホイールローダを新発売



キャタピラージャパン(株)広報室
TEL. 03-5717-1122
E-mail: cjl-public@cat.com

キャタピラージャパンは、Cat 907Mホイールローダを発売した。

同機はバケット容量1.0m³、運転質量6tで、Cat907H2のフルモデルチェンジ機。DPF内に堆積する煤を高温の排気熱により燃焼させるDPF再生システムを採用したのに加え、高い環境性能を発揮するCat C3.3Bディーゼルエンジンを搭載し、オフ

ロード法2011年基準に適合した。また、電子制御コントロールのジョイスティックレバーを採用して軽いレバー操作で作業効率の向上とオペレーターの負担の軽減もさせた。新型の転倒時運転者保護構造ROPSと落下物保護構造FOPS規格にも対応しており、高い居住性と安全性を確保している。

山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著

B5判 183頁 上製本 本体価格3,200円 円350円

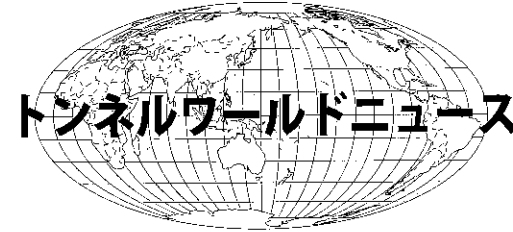
山岳トンネルを設計するうえでの考え方は勿論、設計の留意点などを平易にまとめている。山岳トンネル工事に携わる諸兄の必読書である。

主要目次

山岳トンネル技術の要素と変遷/トンネル掘削による周辺地山の挙動/岩石の特性/トンネルと地質/トンネルの線形/断面の設計/支保構造物/吹付けコンクリート/ロックボルト/鋼アーチ支保工/覆工/切羽の安定/掘削工法・掘削方式の選定/併設トンネルの設計/特殊地山/坑口の設計/環境対策

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



(一社)日本トンネル技術協会
国際委員会

ブレンナーベーストンネル Isarco川工区で契約授与

Salini Impregilo社、Strabag社、Consorzio Cooperative Costruzioni (CCC)社、Collini Lavori社の4社JVは7月7日、ブレンナーベーストンネルの鉄道プロジェクトの南部工区にあたるIsarco川のアンダーパス工事の仮契約を締結したと発表した。

当プロジェクト全体で4億581万USドルと推定され、そのうちSalini Impregilo社は41%のシェアを持つ。

Salini Impregilo社およびStrabag社は、オーストリアにおける「Tulfes-Pfons」の契約を5億1,400万USドルで獲得したわずか数箇月後に「Isarco川アンダーパス」の契約を獲得した。Tulfes-Pfonsは欧州横断ネットワーク(TEN)の一部であるブレンナーベーストンネルの主要工区である。

「Isarco川アンダーパス」は、延長64kmと世界でもっとも長い鉄道トンネルであるブレンナーベーストンネルプロジェクトの最後の工区であり、ミュンヘンとイタリアのヴェローナを結ぶ新しい主要路線となる。

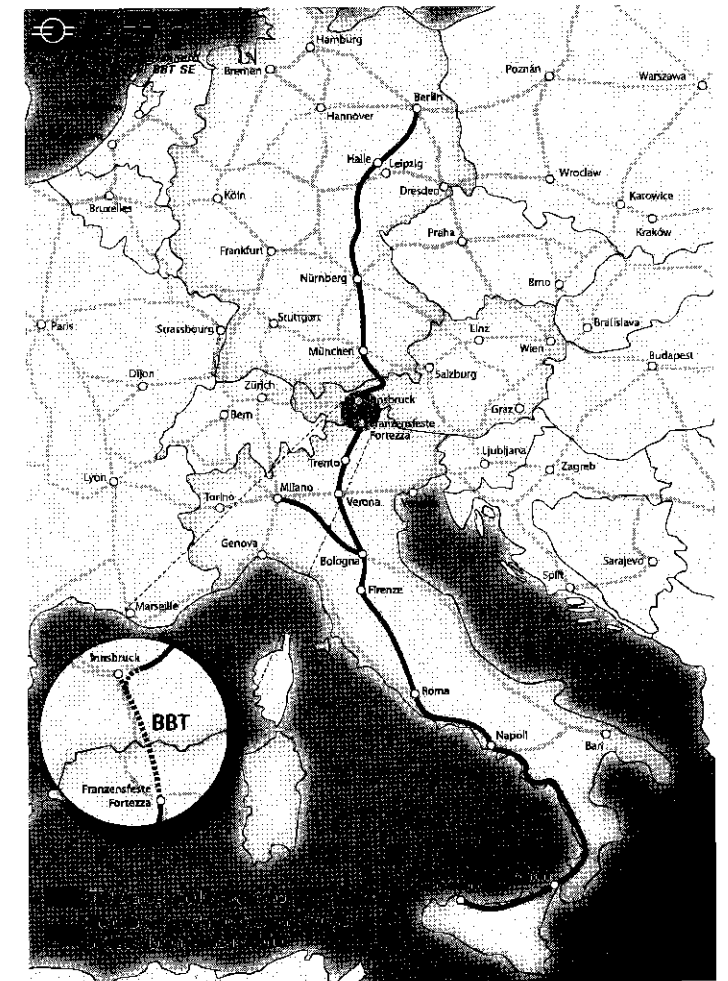
この鉄道回廊を走行する旅客列車は、最高速度250km/hに制限される。現在約80分の移動時間は、新規

路線が完成すると約25分に短縮される。

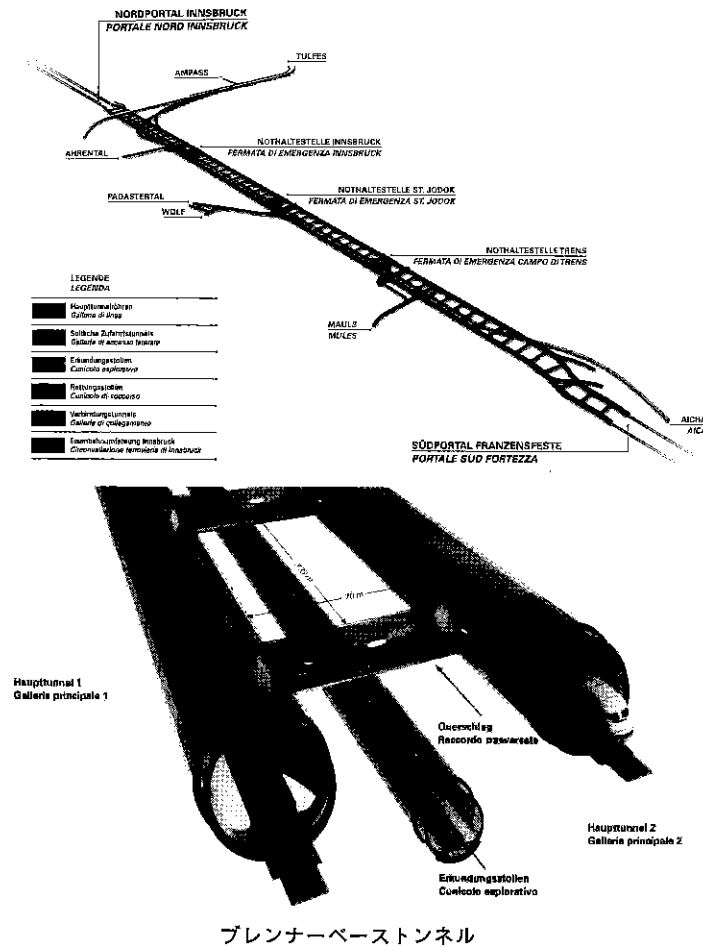
「Isarco川アンダーパス」はイタリアのボルツァーノ州プラディンプラに位置するブレンナーベーストンネルの南工区にある。

プロジェクトの建設予定は、総延長約4.3kmの2本の本線トンネルに関わる土木工事だけでなく、既存の鉄道線に接続する総延長2.3kmの2本のトンネルも含まれる。

本線トンネルと接続トンネルの両方がIsarco川、高速道路A22、SS12およびVerona-Brenner鉄道線の下を最小余裕で通過するため、施工は技術的な観点から非常に複雑となる。当プロジェクトは施工の影響を受けた地域における環境回復への取り組みを以って完了する。



位置図



ブレンナーベーストンネル

工事は今年の後半に着手し、工期は8年の予定である。

(T&T '14.8 担当：岡嶋和義・大成建設(株))

二つのデリーメトロプロジェクトが貫通

TBMを製造するTerratec社は、インドのニューデリーの地下鉄で2つのTBMが貫通したと発表した。

これはデリーメトロ・フェーズ3のCC-07工区とCC-24工区のプロジェクトである。

7月31日、CC-07工区を施工するTerratec社製TBMは、Jama Masjid駅からLal Quila駅までの下りラインの掘削を完了。貫通式がロシアのMetrostoryとインドのインフラ会社ERAのJVと、クライアントであるデリーメトロの代表者により開催された。

8月2日、CC-24工区のHazarat Nizamuddin駅からAshram駅までが完成。CC-24工区は、インドのJ. Kumar Infraprojects と中国鉄道第三グループ(CRTG)のJVによる。

S25号線では、Vinoba Puri駅とAshram駅間で次のシールド掘進が予定されている。

この2台のマシンとともに掘削外径6.61mの泥土圧シールドでカット出力は、交流900kW電動機式である。

このEPBM(泥土圧式シールド)は、軟弱地盤や岩石を対象に、最高33個の17インチディスクカッターを取り付けることができ、機動性関節と2つのグラウト埋め戻しシステムを有する。

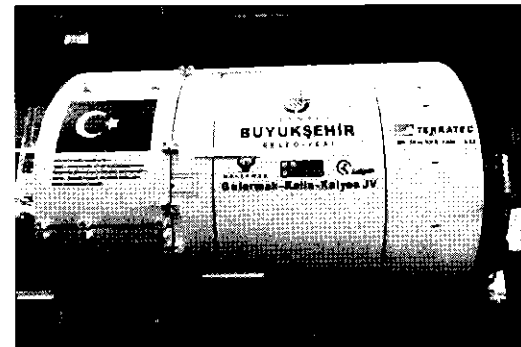
CC-07工区が遭遇した地質には、新鮮で非常に硬く(最高200MPa)、非常に摩耗しやすい珪岩が含まれていた。岩塊が切羽全体に広がったり、非常に大きな転石が出現したりと、変化に富んだ地質にも遭遇した。

(T&T '14.9 担当：村上真一・(株)安藤・間)

イスタンブール地下鉄工事でTerratec社のTBMを採用

イスタンブール地下鉄工事でマシンメーカーのTerratec社が8月28日にシールドの工場検査において施工JVの検査合格を受け式典を開いた。施工企業体はGKK-JVである。

この泥土圧シールドの掘削外径は6.56mでカットフェース仕様はイスタンブールの砂礫層や岩盤層を対象に設計されている。トンネルは内径5,700mm、外径6,300mmのRCセグメントで構築される。マシンは運搬され年末に発進を予定する。施工JVはイスタンブール地下鉄社よりMecidiyekoy~Mahmutbeyの高速地下鉄システム建設を請負っている。この新線延長は17.5kmで15駅を26分で結ぶ、開通予定は2017年である。



Terratec社製のシールド

(T&T '14.9 担当：篠原慶二・前田建設工業(株))

Femern A/Sが事前資格審査について発表

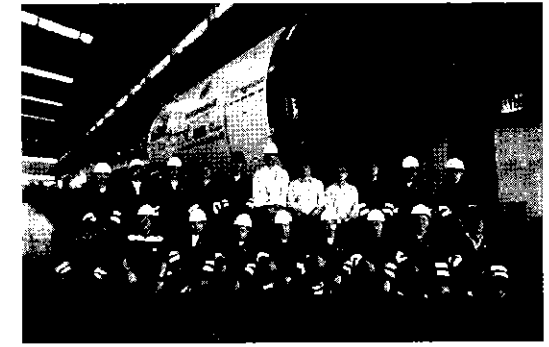
Femern A/Sはトンネルや電車に電力を供給する変電所の建設およびFehmarnbeltトンネルの電気・機械設備の契約に関して事前資格審査された企業およびコンソーシアムを発表した。

電気・機械工事についてはデンマーク、オーストリア、イギリス、スウェーデン、イタリア、フランスおよびドイツの会社で構成される4コンソーシアムが事前資格審査された。

変電所については、デンマーク、フランスおよびポーランドの会社で構成される3コンソーシアムが事前資格審査された。

「私はこれら2件の主要な工事をまもなく入札にかけられることを大変喜んでいる。それらの工事は交通の流れが安全かつ効率的であることを確実にするためにトンネルに設置されるべきインテリジェントシステムおよびFehmarnbelt fixed linkへの電力供給に関するものである」とFemern A/SのKim Smedegaard Andersen契約担当理事は言う。

Femern A/Sは電気・機械工事を集約して1件の大きな契約にすることにした。数多くの異なる要素で構成されている本契約は数億ユーロになる。本契約はトンネル内の通信システムならびにトンネルあるいは建物内の換気装置、非常扉、消火



システム、排水設備、ケーブル配線、配管、エレベーター、トランス、照明器具、モニターに関するものである。

「より小さいプロジェクトにおいて、これらの工事は典型的に個々の契約に分けられてきた。しかし、われわれはそれらを統合する選択をした。なぜならばわれわれはすべての要素が継ぎ目なく組み合わせられた完璧なソリューションを保持したいからである。個々の工事を統合することにより、Fehmarnbeltトンネルに対する最善のソリューションが保証される」とKim Smedegaard Andersenは言う。

2件目の契約にはRødbyhavn東の大規模な新変電所の建設が含まれている。

変電所は列車運行設備や電気設備に電力を供給する。列車は大規模な電力を必要とする。そのため変電所は主要な地方都市相当の世帯数である10,000世帯に供給するのに十分なくらいの大きさとなっている。

軌道、カテナリー、信号などその他の鉄道設備工事はトンネル建設が完了したのちに開始する。したがって、1件目の入札は今から約2年後になるだろう。

入札手順に関して、事前資格審査された企業は同様な入札案件である4件の主要トンネル工事を参考に技術提案書の準備を始めるだろう。Femern A/Sは2015年末までに最終的な入札書を受け取り、2016年には契約を締結したい。

(T&T '14.10 担当：山口洋介・鉄道・運輸機構)

一般社団法人

日本トンネル技術協会

1. 会員の現状

	8月31日現在
個人会員	893名
団体会員	203名
推薦会員	207名
特別会員	12名
名誉会員	3名
賛助会員	175名
合計	1,495名

2. 委員会の開催状況(8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(8/5)

大島洋志主査ほか13名, 9月号の会誌と3か月計画を検討

◎国際委員会

国際委員会打合せ会(8/11)

中村武夫委員長ほか7名, ITA統括WGの活動方針の検討

海外ニュースWG(8/27)

清水健志主査ほか8名, 海外文献を査読

海外文献WG(8/28)

福井勝則主査ほか10名, 海外文献を査読

◎事業委員会

事業委員会(8/3)

桑原彌介委員長ほか8名, 催物開催結果と催物計画などを検討

計 5回開催 51名出席

②調査研究関係委員会

◎受託研究特別委員会

・既設・新設構造物接合検討委員会(8/27)

二羽淳一郎委員長ほか30名, 接合方法に関する実験計画案ほかを検討

計 1回開催 31名出席

合計 6回開催 82名出席

◀訂正とお詫び▶

8月号会報欄総会報告で総務委員長の所属に誤りがありましたので、お詫び方々訂正します。

委員会名	委員長名	所属
総務委員会	服部 修一	(独)鉄道・運輸機構

個人会員のメールアドレス登録依頼

積極的な情報提供を行うため、団体会員の窓口および個人会員のメールアドレスを登録していただいております。協会の催物をはじめ各種の連絡事項などの発信に活用させていただきます。ご登録をお願いします。なお、登録後に変更が生じた場合はご連絡願います。

①メールアドレス登録方法

送信タイトルを「JTAアドレス登録」とし、氏名、所属、TEL、E-mailアドレスを記載のうえ webmaster@japan-tunnel.orgまで送信願います。

②その他

協会からの情報を発信する場合は送信タイトルに「jta」を明記します。

ご意見・ご要望をお待ちしております

当協会のホームページ・情報開示や諸活動に対するご意見ご要望がありましたら下記へご連絡願います。担当委員会と協議してできるだけ会員のニーズを反映した活動を実施したいと考えております。

TEL: 03-3524-1755 FAX: 03-5148-3655

E-mail: webmaster@japan-tunnel.org

個人会員加入のお誘い

技術の習得のために個人会員に加入してはどうか。協会ホームページの申込書で簡単に入会手続きができます。

個人会費: 年12,000円(月1,000円)

メリット1: 協会の機関紙「トンネルと地下」を毎月、無料でお届けします。

メリット2: 協会刊行図書が個人会員価格で購入できます。

メリット3: 協会開催の各種催物に個人会員価格で参加できます。

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第42回ITA総会およびコンgres「Uniting the Industry」	2016. 4.22~28	サンフランシスコ(アメリカ)	Underground Construction Association of SME ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc.2016.us
第43回ITA総会およびコンgres「Surface problems - Underground solutions」	2017. 6. 9~16	ベルゲン(ノルウェー)	Norwegian Tunnelling Society ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc.2017.no
第44回ITA総会およびコンgres「Smart Cities: Managing the Use of Underground Space to Enhance the Quality of Life」	2018. 4.20~26	ドバイ(UAE)	Society of Engineers - UAE ITA(国際トンネル協会) http://www.uaesocietyofengineers.com

*会議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。 TEL: 03-3524-1755 FAX: 03-5148-3655

4. 平成27年度催物開催予定

(平成27年8月現在)

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(現場研修会)				
東村山水路トンネル現場研修会	2015. 7.23	16	東京	2.5
九州新幹線現場研修会	2015. 8.27	16	佐賀, 長崎	3.2
(武雄トンネル~大草野トンネル~久山トンネル)				
新名神高速道路貫通トンネル現場研修会	2015. 9.18	25	大阪	3.0
(施工体験発表会)				
第76回(山岳)「課題克服に取り組んだトンネル工事—新技術, 創意工夫, 周辺環境への配慮—」	2015. 6.24	168	東京	5.5
第77回(都市)「市街地におけるトンネル・地下構造物の築造技術」	2015. 6.25	109	東京	4.7
(講習会・シンポジウム)				
トンネル技術者のための地相入門講習会	2015. 9.30	40	東京	6.2
第17回ステップアップ研修会「シールド部門」	2015.10.19, 20	30	東京	—
(設立40周年記念事業)				
設立40周年記念展	2015. 8. 2~ 8	841	東京	—
親子見学会	2015. 8. 4	45	神奈川	—
山岳トンネルの設計と現場との乖離(仮称)	2015.11.18	200	東京	—
トンネル維持管理業務講習会(基礎編)	2015.12.14	40	東京	—

催物の案内は逐次協会のホームページに掲載いたしますのでご覧ください。 http://www.japan-tunnel.org/event_japan

設立40周年記念展報告

記念事業実行委員会作品展示等WG

「日本トンネル技術協会 設立40周年記念展—暮らしを支え、夢を叶えるトンネル・地下空間—」として、一般の方々を対象としたパネル展を実施しましたので報告します。

パネルの展示にあたっては、国土交通省をはじめ18の団体からご後援をいただくとともに、会員の皆様による展示物の提供や多数の貫通記念グッズの提供をいただき盛会裏に終了いたしました。

また、期間中、土木写真家の西山芳一先生によるギャラリートーク「トンネルを撮る—トンネル写真の撮り方と楽しみ方—」が開催されました。

会 期：平成27年8月2日(日)～8日(土)

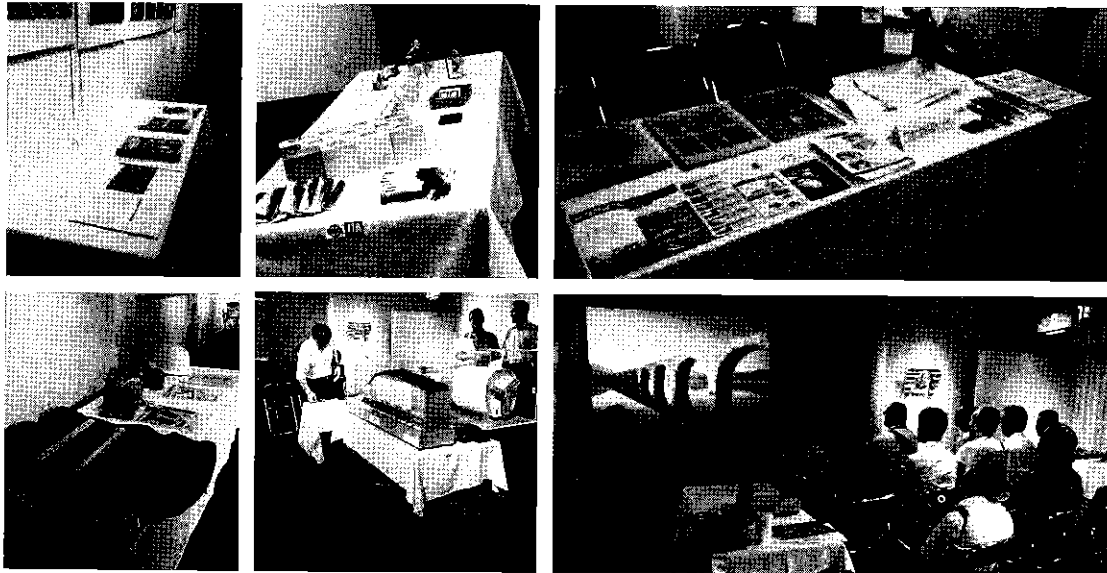
会 場：東京交通会館 地下1階 ゴールドサロン

主な展示物：「日本一、日本初のトンネル大集合パネル」「トンネルのつくりかた説明パネル」「フォトコンテスト入賞作品」「安全標語入賞作品」「シールドマシンや山岳トンネル施工の模型」「火薬模型」「トンネル工専用保護具」「貫通石・お守り等の記念グッズ」「機械のミニチュア」「北陸新幹線・リニア実験線パンフレット」「NPOのパンフレット」「西山芳一写真作品」「フィルムショー」など

参加者数：841名(7日間)

展示会場には、説明員として各社のご協力により1日4名の方が常駐し、来場者に積極的に説明をしていただきました。来場者の年齢は幅広かったのですが、年配者や昔工事に携わった方の質問には、少々てこずった場面もありました。また、一般の方々は、いろいろな展示物もさることながら、貫通記念のグッズ、とくに貫通石に対してはたいへん興味をもっていただき、難しく思われているトンネルについて理解をしていただける糸口になったのではないかと感謝いたしております。

トンネル工事中は住民の協力が不可欠です。これからも一般の方々の理解を得るため、官学民ともに努力が必要と考えます。最後に各位のご協力にお礼申し上げます。



展示会場の風景

設立40周年記念事業

親子見学会開催報告

記念事業実行委員会催物企画等WG

設立40周年記念事業の一環として、国民生活の安全向上、経済活動に不可欠なトンネルに対する一般市民の方々の理解を深めてもらうため小学校3～6年生の児童と保護者を対象とした親子見学会を開催しましたので報告します。

開催日：平成27年8月4日(火)

参加者数：子供24名、保護者21名の計45名

相模鉄道(相鉄)とJR線を相互乗り入れするために建設が進められている羽沢駅(仮称)、西谷トンネルを見学しました。現場では関係者により説明をしていただいたあと、トンネル内を見学し、チョークによるお絵かきを楽しみました。また、トンネルの役割や形による強さの違いについてペットボトルを使用した模型実験をしました。さらに、移動車中には、トンネルに関するクイズを行い、楽しみながら夏休みの宿題にも利用できる見学会といたしました。

親子見学会終了後、参加された方々から「工事中のトンネルを見るのは初めてなのでびっくりした」「ていねいに説明していただいたので現場のこと、トンネルのことがよくわかった」「実験がとても楽しかった」「トンネルがなぜ円いのかよくわかった」「夏休みの宿題に使います」「こんなにいろんなことを考えてインフラ整備されているのかと思うと、皆さんの努力に頭が下がります」などの感想をいただきました。

当協会では、今後も、一般の方々にトンネルについて興味を持っていただくよう努力したいと考えております。最後に、現場でご対応いただいた皆様と企画・準備にご協力いただいた幹事の皆様へ心よりお礼申し上げます。



記念集合写真(第1班)



記念集合写真(第2班)



現場での説明風景



チョークによるお絵かき風景



ペットボトルによる実験風景

11月号予告[11月1日発売予定]

- 防音扉と吸音体によるトンネル発破低周波音低減システム
 - 九州新幹線 大草野トンネル
 - 札幌自動車道 若竹・朝里トンネル
 - 八街市 大池第三雨水幹線
 - これまでの地震対策への取組み(1)
- 【連載講座】
- 山岳トンネル覆工の長寿命化技術(最終回)

*内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆荒川下流の左岸の堤内沿いを歩くと、大正～昭和初期の荒川放水路建設により立派な堤防がそびえています。その外側には、江戸時代に整備された荒川堤の名残がみられるところもあります。その一角に、幅5mほどのレンガ造りの2連アーチの樋門を見つけました。案内を見ると、かつての農業用水跡を緑道公園として整備していたさいに、荒川堤と用水があたる付近でこの水門が掘り出されたため、公園の設計を変更して復元整備したとのこと。用水の流末を樋管を通して(旧)荒川に放出し、洪水時に逆流を防ぐための構造物だったようです。明治時代に、中川の沖積低地である埼玉・東京の東部地域ではレンガ造りの水門が多く造られ、とくに埼玉県内には多数残存していますが、素人目では、その流れをくんだ意匠のように感じられました。トンネル的な興味では樋管もレンガ巻きだったのか知りたいところですが、さすがにそこまでは載っていません。樋の近くには、雨水排水を荒川(放水路)に放流するためのポンプ所があります。おもに水理的・地形的な理由から設置されたのですが、ある場所の果たしている役割が、昔から変わっていないことに感心します。こういった施設を残すことで土地の成立ちや役割が後世に伝えられることは望ましいと感じました。東京にあるレンガ造りの農業水利施設としては、水元公園わきにある式郷半領猿又閘門(通称：閘門橋)が有名です。ただその案内板に「都内唯一のレンガ造りのアーチ橋」とあるのが、土木構造物の役割をただしく伝えるうえで、残念なことだと思っています。

(K.K.)

★購読の申し込み、または、送付先変更などの問い合わせは(株)土木工学社までご連絡ください。

★(一社)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(一社)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46巻 第10号 [通巻542号]

ISSN 0285-631X

Tonneru to chika

平成27年9月20日 印刷

平成27年10月1日 発行

一般社団法人 日本トンネル技術協会
会長 佐藤 信彦

〒104-0045 東京都中央区築地2丁目11番26号(築地MKビル6階)

TEL : 03-3524-1755

FAX : 03-5148-3655

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。



NETIS
国土交通省 新技術
認定番号 TH-100

経済産業省 特選
第39回優秀環境装置
日本産業機械工業会 会長賞

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO₂₄₀

e-DUSCO₂₇₀

たった37kWで
2750m³/min

新版・換気技術指針でも全ての断面、全ての延長に対応。

全てのトンネルに適用可能!



- クラス最高の集じん効率95%*
- 有害な微細粉じんも逃さない電気式
- 現場メンテナンスは手間いらず
- 大風量と省エネを同時に実現

吸引捕集方式にも対応



48m²の設置例

希釈封じ込め方式での計算例

① 粉じん発生量
Fo = 360 × 22m³/h × 0.75 = 5,940 (mg/min)

② 所要換気量
Q4a = $\frac{5,940}{3.0-0.07} = 2,027$ (m³/min)
Qa = 54.0 + 2,027 = 2,081 (m³/min)

③ 集じん機の選定
Qs = 1.2 × $\frac{2,081}{0.93} = 2,686$ (m³/min) ≤ 2,750 (m³/min)

品名	e-DUSCO240	e-DUSCO270
型式	FTE2400-E	FTE2700-E
集じん装置の仕様	1800・2100・2400m ³ /min 任意設定の4モード	1800・2100・2700m ³ /min 任意設定の4モード*
全長*	7411mm (サイレンサ含む)	7411mm (サイレンサ含む)
全幅*	2350mm	2350mm
全高*	3700mm	3700mm
本体重量	10t	11t
電源仕様	3相3線400V56kVA	3相3線107kVA
ファン動力	30kW	37kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意 (伸縮風管接続時同)	23kW・28kW・40kW・任意 (伸縮風管接続時同)
洗浄水	2.4m ³ /回*	2.4m ³ /回*
捨棄ダスト処理	湿式	湿式
集じん効率*	95%以上	93%以上

注) 伸縮風管システムは本体には含まれません。
*1 入口ダクト及び出口ダクトは含まれません。*2 台車の高さは含まれません。*3 機種により多少異なります。*4 JIS Z 8808 並びに 換気技術指針(H24.3)に定める設置方法に基づき測定した値です。
*5 任意設定にて2,750m³/minまで可能です。

古河機械金属グループ
古河産機システムズ株式会社 URL : http://www.furukawa-sanki.co.jp/

本社
〒100-8370 東京都千代田区丸の内2-2-3
第三営業部 ☎03-9212-6575

大阪支店 ☎06-6344-2532 名古屋支店 ☎052-561-4580 札幌支店 ☎011-784-1179
東北支店 ☎022-221-9532 九州支店 ☎092-741-5193 小瀬工場 ☎0285-23-8662

トンネル技術者のための地相入門

大島洋志 監修, 木谷日出男 編著, 3,200円+税 B5判

トンネルの計画・設計・施工にあたって留意すべき「地相」について、施工事例をもとに、豊富な図版と地形図を用いて、ていねいに解説した、画期的な入門書。



セグメントの新技术

小泉 淳 監修, 2,000円+税 B5判

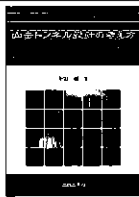
1990年代から急速に機能が拡大したシールド用セグメント34種を掲載。セグメントの設計・施工の際に利用しやすいよう各々の特徴を整理して掲載した。



山岳トンネル設計の考え方

今田 徹 著, 3,200円+税 B5判

地山の力学状態を表す理論式から導かれる地山挙動の特徴を図表などを用いて手際よく説明した。トンネル掘削における工学的な理解を深化させる一冊。



続きみの庭にも温泉が出る

石井康夫・侯野恭寛 共著, 1,200円+税 新書判

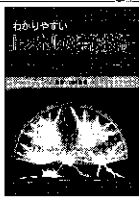
温泉開発における一般論から探査技術についてまとめ、今後の温泉開発の考え方を、外国の事例も交えながらわかりやすくまとめた。



わかりやすいトンネルの発破技術

山田隆昭 監修, 1,500円+税 B5判

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



建設工事の保安地質学〔改訂版〕

石井康夫 著, 6,000円+税 A5判

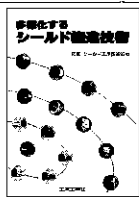
建設技術者に必要な地質・岩石・岩盤などの基礎知識と酸欠・有害ガス・ガス爆発・湧水などの建設災害について、著者の経験を交えながらまとめた。



多様化するシールド掘進技術

シールド工法技術協会 監修, 2,500円+税 B5判

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



地質工学概論

菊地宏吉 著, 4,757円+税 B5判

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



推進工法の理論と実際

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

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



地下水の科学 I~III(全3巻)

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

地球という複雑なシステムを循環する水、とくに地下水循環を考え、汚染地下水など環境問題を地下水理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

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。



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。



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

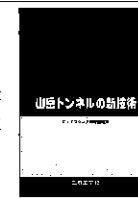
岩盤内に分布する不連続面と、掘削面など自由面の間の三次元的幾何学的関係から安定に影響する岩塊を見出す新手法を解説。



山岳トンネルの新技术

ジェオフロンテ研究会 編, 14,573円+税 B5判

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



ジオテキ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

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



岩盤地下空洞の設計と施工

E.フック・E.T.ブラウン 共著, 小野寺透・吉中龍之進・斎藤正忠・北川 隆 共訳, 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。



建設工事の地質診断と処方

石井康夫・矢嶋壯吉 共著, 4,300円+税 A5判

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



トンネル工事の衛生と環境保全

臼谷三郎・橋本康孝・友田 孝 共著, 3,200円+税 A5判

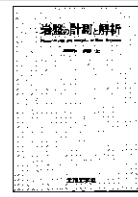
トンネル工事の際の労働衛生と環境保全の検討に有用な項目について、医学分野の知見から職業性疾患や有害環境条件、健康障害、衛生管理、保護具などを解説した。



岩盤の計測と解析

鈴木 光 著, 4,200円+税 A5判

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



わかりやすいトンネル技術入門(都市トンネル編)

橋本定雄・松本義崇・松本正敏 共著, 2,800円+税 A5判

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



海洋資源開発

稲田善紀 著, 3,400円+税 A5判

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



トンネルと地下

1,500円+税 B5判 月刊(毎月1日発売)

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



書籍のお申し込み

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

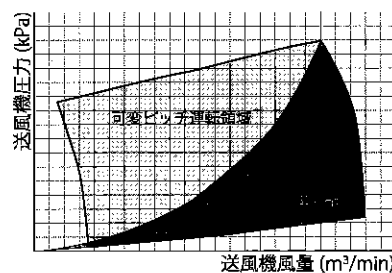
(株)土木工学社 〒162-0832 東京都新宿区岩戸16 メイジャー神楽坂 TEL: 03 3267 2888 FAX: 03 3267 2807

トンネル工事の必需品 可変ピッチ軸流送風機 BIG-LOG



BIG-LOG は当社の開発商品です

- 可変ピッチとは……必要に応じ羽根の角度を変えて風量調整をおこなう方式（右上図）
- 風量を減らした場合でも圧力変動が少なくインバーター制御には無い幅広い運転領域を確保できます（右図）
- 風管抵抗に合わせて自動可変をおこない圧損調整をするため無駄な電力を消費しません
- 風量設定が数値で出来るため一定風量で運転が可能（風量の見える化）



型 式	能 力	電 動 機	騒 音 値 機側 5m
CDH1120-30-60(4)W	1000m ³ /min × 3.92/4.9kPa	60kW×4P×2台	74 dB
	1500m ³ /min × 3.5/2.6kPa	50/60Hz 400/440V	
CDH1250-26-80(4)W	1500m ³ /min × 3.92/4.9kPa	80kW×4P×2台	74 dB
	2000m ³ /min × 1.76/1.76kPa	50/60Hz 400/440V	
CDH1250-26-110(4)W	2000m ³ /min × 4.11/4.9kPa	110kW×4P×2台	74 dB
	3000m ³ /min × 1.8/2.45kPa	50/60Hz 400/440V	
CDH1400-30-175(4)W	3000m ³ /min × 4.6/4.9kPa	175kW×4P×2台	77 dB
		50/60Hz 400/440V	

※2段で記載の機種はどちらか選択ができます

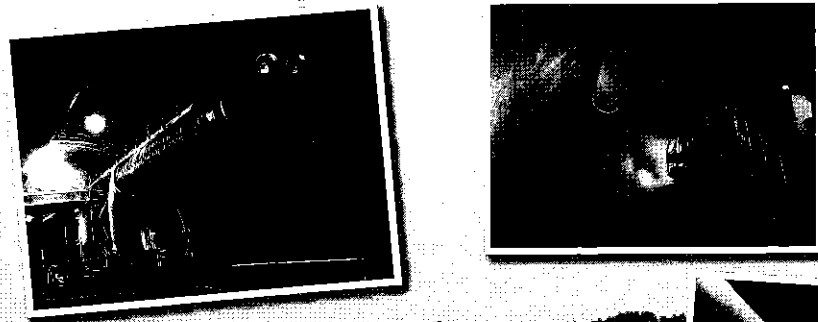


菅機械工業株式会社

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	〒101-0042	東京都千代田区神田東松下町12番地	TEL 03(5296)0551
福岡支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東1-16-8	TEL 092(431)7181
名古屋営業所	〒455-0008	愛知県名古屋市中区九番町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

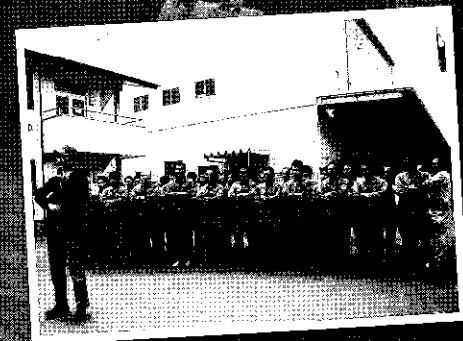


大型集じん機 300 台！
送風機 650 台！
世界最大の換気設備保有メーカー！

いままでにない技術、いままでにない挑戦

なんとかする力

「トンネル環境」のトータルソリューションは当社へお任せください。



1977年創業から、平素よりお世話になっております。
昨年10月、39期より西村司が代表取締役社長に就任し、新しい「風」とともに全社員一丸で邁進しています。
手に掴めない「流」体を「機」械で「エンジニアリング」する会社として、様々な分野の『最適環境の創造』をして参ります。

最適環境を創造する
株式会社 流機 エンジニアリング

〒108-0073 東京都港区三田 3-4-2
TEL: 03-3452-7400
URL: <http://www.ryuki.com/>
E-mail: elgyobu@ryuki.com



ビットで斬る! 杭を斬る!

三菱の支障物切削技術は、シールドのカッターに杭切削用の特殊ビットを取り付けた円錐形状のカッターヘッドで、接触した支障物を中央部から外周部へと徐々に切削するシステムです。地中に残置されたH型鋼、鋼矢板、RC杭、PHC杭、松杭の切削が可能です。

支障物用ビット



特長

切羽に人が出る必要がなく安全性が高い。

泥土圧・泥水式どちらでも適用可能。

切削時の騒音、振動がほとんどなく、昼夜施工が可能。

周辺地盤の沈下などはほとんどなく、近接物への影響が小さい。

施工実績



φ2680泥土圧シールド
H型鋼(300H)×8本
鋼矢板(V型)×2面



φ4240泥土圧シールド
H型鋼(350H)×6本
鋼矢板(VI型)×2面



φ4680泥土圧シールド
H型鋼(250H)×2本
鋼矢板(III型)×2面



φ2780泥土圧シールド
RC杭(φ800, φ1000)×6本
PHC杭(φ350)×6本



φ2690泥水式シールド
鋼矢板(II, III型)×12面

三菱重工メカトロシステムズ(株)の支障物切削技術

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.078-672-2872 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 1,620円
本体価格1,500円

雑誌06619-10



4910066191054
01500