平成28年9月1日発行（毎月1回1日発行）　第47巻第9号　通巻553号　　ISSN 0285-631X

トンネルと地下 9

vol. 47
no. 9
2016

Tunnels and Underground

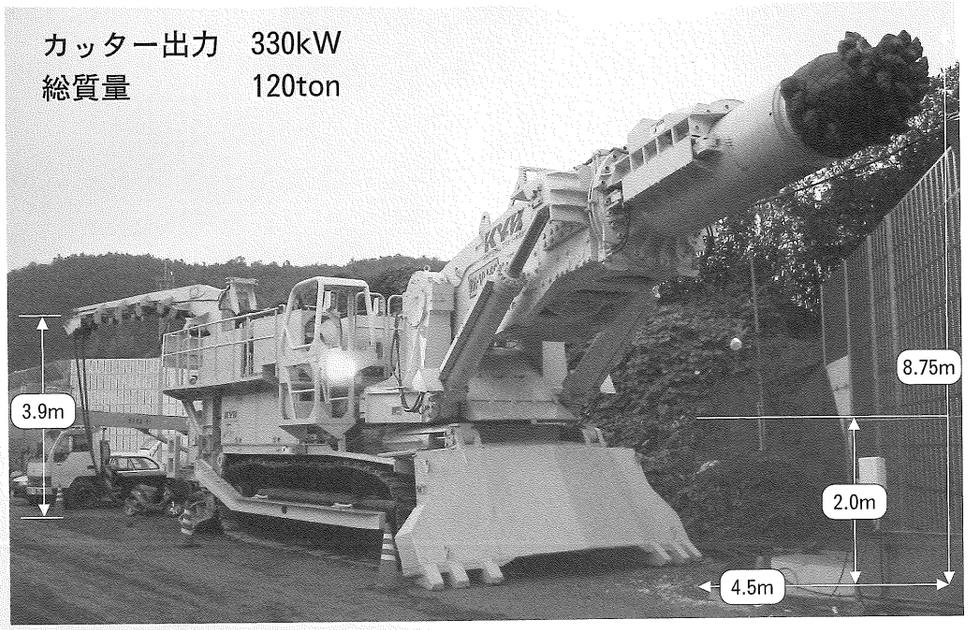
高精度秒時電子雷管を用いて地盤振動と低周波音を低減
分岐部大断面のトンネル掘削と覆工コンクリートへの取組み
φ3,000㎜シールドで巨礫対策を駆使して帯水砂礫層を長距離掘進
山岳トンネルの設計と現場との乖離（1）
第42回ITA総会および世界トンネル会議（米国）報告

日本トンネル技術協会誌



ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー





主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO.,LTD.

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

本社・営業 〒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

吸引ダクトが無くても全ての断面、全ての延長に対応

たった37kWで2,750m³/min イーダスコ270使用時

トンネル工事用 電気集じん器

e-DUSCO

イーダスコ240/イーダスコ270
ファン動力30kW ファン動力37kW

NETIS
公共工事等における新技術活用システム
登録番号：TH-100024-VE

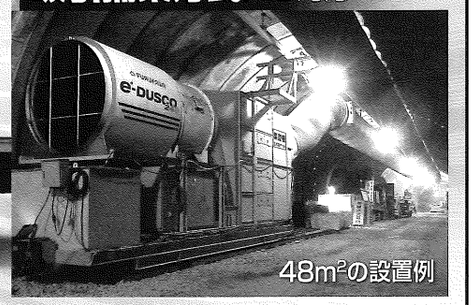
経済産業省後援
第39回優秀環境装置
日本産業機械工業会 会長賞

全てのトンネルに適用可能！



- クラス最高の集じん効率95%※4
- 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



希釈封じ込め方式での計算例

❶ 粉じん発生量

$Fo = 360 \times 22m^3/h \times 0.75 = 5,940 (mg/min)$

❷ 所要換気量

$$Q4a = \frac{5,940}{3.0-0.07} = 2,027 (m^3/min)$$

$Qa = 54.0 + 2,027 = 2,081 (m^3/min)$

❸ 集じん機の選定

$$Qs = 1.2 \times \frac{2,081}{0.93} = \mathbf{2,686 (m^3/min) \leqq 2,750 (m^3/min)}$$

品名	e-DUSCO240	e-DUSCO270
型式	FTE2400/FTE2400-E	FTE2700-E
集じん装置の容量	1800・2100・2400m³/min 任意設定の4モード	1800・2100・2700m³/min 任意設定の4モード※5
全長※1	7411mm（サイレンサー含む）	
全幅	2350mm	
全高※2	3700mm	
本体重量	10t	11t
電源仕様	3相3線400V58kVA	3相3線400V107kVA
ファン動力	30kW	37kW
消費電力	23kW・28kW・33kW・任意（伸縮風管接続時も同じ）	23kW・28kW・40kW・任意（伸縮風管接続時も同じ）
洗浄水※3	2.4～3.2m³/回	
捕集ダスト処理	湿式	
集じん効率※4	95%以上	93%以上
吸引捕集方式	対応可	

注）伸縮風管システムは本体には含まれません。

※1 入口ダクト及び絞りダクトは含みません。※2 台車および揚重用治具の高さは含みません。※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)に定める試験方法**に基づき第三者計量機関により測定した値です。※5 任意設定にて最大**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 ☎03-3212-6575
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 ☎022-221-3532 九州支店 ☎092-741-5193 小山栃木工場 ☎0285-23-8662

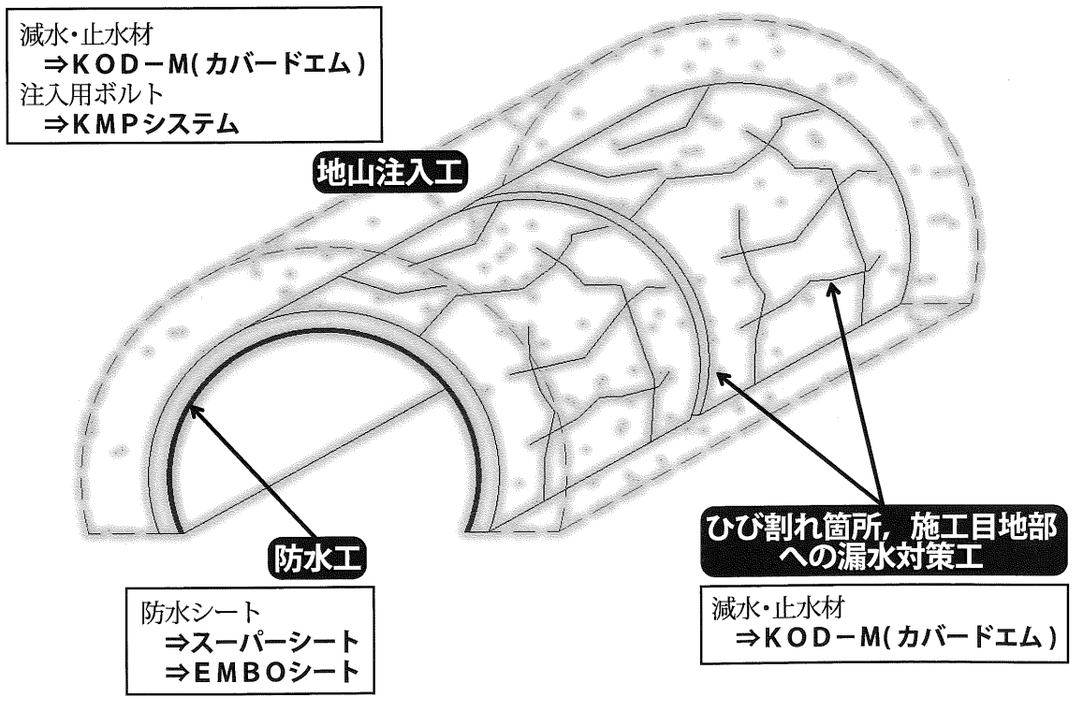
K series カテックスの補修・補強材料

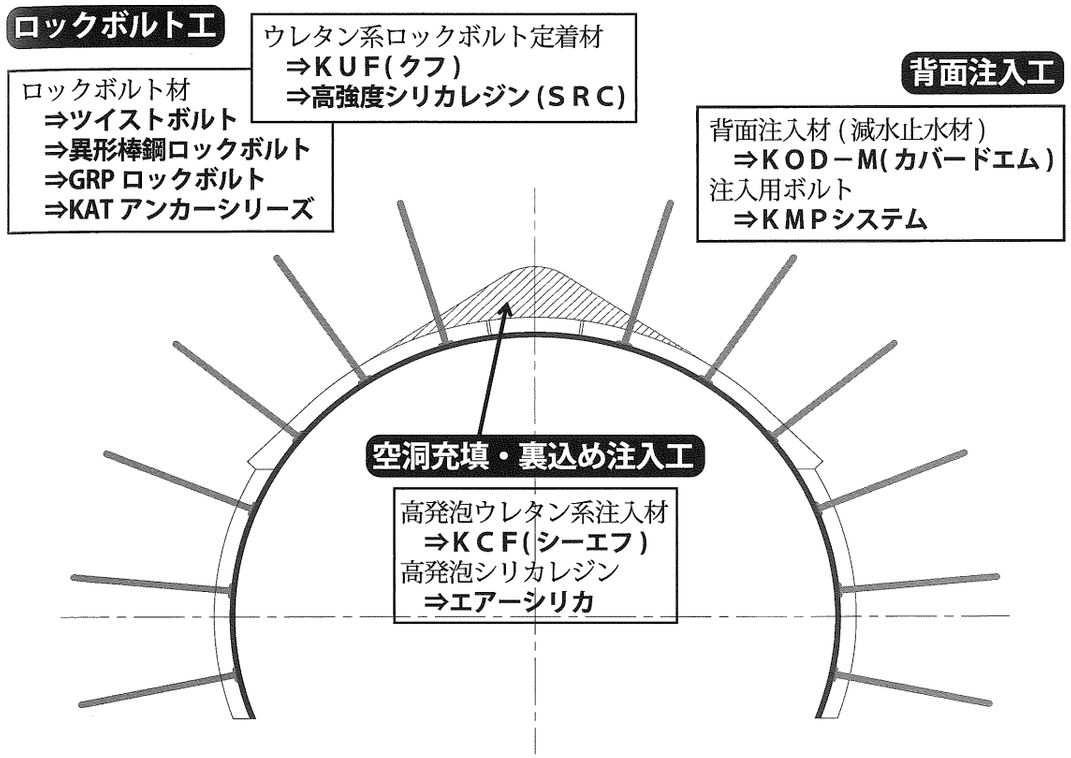
当社は，注入式フォアポーリングや長尺フォアパイリング，長尺鏡ボルトなど山岳トンネル工事の補助工法における樹脂系の注入材のパイオニアとして，数多くの実績を築いてきました．

一方，老朽化してきている既設トンネルにおいては，適正に維持管理をし延命化するための補修，補強工事が行われています．これらに対応して，当社の樹脂系注入材の豊富なノウハウと技術力を活用して，既設トンネル補修，補強工事に適する樹脂系材料「Kシリーズ」を開発しました．

このKシリーズには，①減水止水材料あるいは地山注入工として適用する圧縮強度**60**ＭＰａ以上を有する高強度ウレタン系注入材「ＫＯＤ－Ｍ(カバードエム)」，②空洞充填工や裏込め注入工として適用する高発泡ウレタン系注入材「ＫＣＦ(シーエフ)」，③滞水弱層におけるロックボルト工の定着材として適用する湧水に流されることなく即効果を発揮するウレタン系ロックボルト定着材「ＫＵＦ(クフ)」があります．

いずれも山岳トンネル工事の補助工法における樹脂系注入材で培われたノウハウと環境保全を優先する技術力を注ぎ込んで開発しています．





営　業　品　目

- スーパーシート(防水シート)
- ＥＭＢＯシート(防水シート)
- 高耐力ロックボルト
- ロックボルト定着材
- 減水止水材(ＫＯＤ－Ｍ)
- 各種注入材
- 濁水処理設備
- アルカリフリー型液体急結材ＡＦＫ－777Ｊ
- ツイストボルト/異形ロックボルト
- ＧＲＰロックボルト
- 空洞充填材(高発泡ウレタンＫＣＦシリーズ)
- 切羽対策工全般
- コンクリート被膜養生剤クラテキュア
- 建設資材全般

KATECS　株式会社　カテックス
建設資材事業部
ホームページ　http://www.katecs.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(㈱エイチ・アール・オー)
TEL）011-821-5868　FAX）011-821-6644
R²C(スキュアール)工法研究会 事務局 ㈱カテックス 内　TEL）052-331-3997

高耐食性めっき「ZAM®」鋼管を採用した膨張型摩擦式ロックボルト

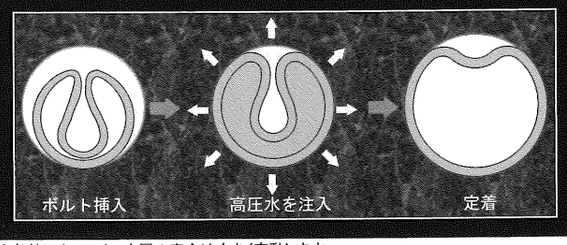
RPE ROCKBOLT

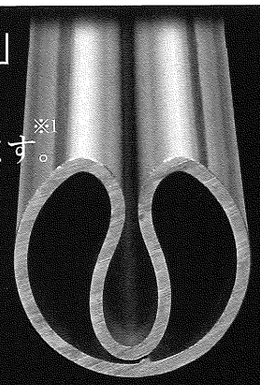
RPE ロックボルト

RUST PROOFING EXPANSIVE

「鋼管膨張型摩擦式ロックボルトの進化形」

即効性、耐湧水性、定着材不要による省力化。
高耐食性めっきによる半永久的な機能が期待できます。※1



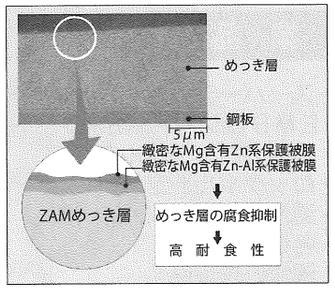


※1 地山条件によってめっき層の寿命は大きく変動します。

①「RPE ロックボルト」の特徴

- 施工後、直ちに地山支保性能を発揮します。
- 摩擦抵抗による定着のため、定着材は不要です。
- 定着材の養生が必要ないため、湧水時にも使用できます。
- 定着材の空袋が発生しないことから産業廃棄物の低減が図れます。
- 「ZAM®めっき」は、他の亜鉛めっきと比較し、硬度が高く傷が付きにくいめっき構造です。また、施工時の膨張によるめっき層の剥離はありません。
- pH4～12 の地山条件において優れた耐食性を発揮します。
- 耐力 180kN タイプには高張力鋼を使用、軽量化により取り扱いが容易です。

◎ZAMの耐食機構



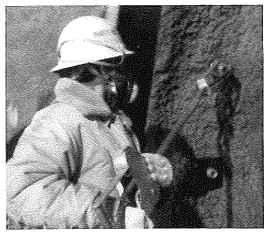
・「ZAM」は、日新製鋼株式会社の登録商標です。
・「ZAM」は、日新製鋼株式会社が開発した溶融亜鉛 Zn-アルミニウム Al-マグネシウム Mg 合金めっき鋼板の商品名です。

②「RPE ロックボルト」の仕様

■ RPE ロックボルトの種類

呼称	RPE120	RPE180
耐力(kN)	120 以上	180 以上
推奨穿孔径(mm)	φ 45～φ 51	φ 45～φ 51
鋼種	NTRB-400	NTRB-540
本体外径(母材鋼管)(mm)	φ 36(φ 54×2.0t)	φ 36(φ 54×2.3t)
単位質量(kg／m)	2.6	2.7
破断伸び(%)	35 以上	20 以上
標準長さ(m)	(2.0),3.0,4.0,(6.0)	3.0,4.0,6.0

※標準長さの( )内は、受注生産になります。



（RPE ロックボルト施工状況）

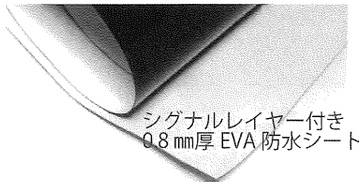
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー
東京土木営業部：東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 TEL 03－6402－8251
大阪土木営業部：大阪市北区西天満 3 丁目 2－17 TEL 06－6363－1884
技術部 ：東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 TEL 03－6402－8256

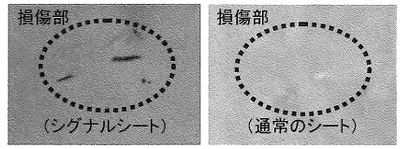
損傷を目視で確認できる防水シート

シグナルシート

NETIS 登録番号
KK-100083-A

防水層に「シグナルレイヤー」を設けることにより目視で傷を容易にチェックできます。





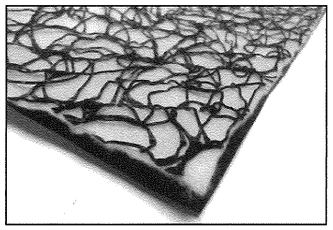
通常のシートに比較し、通常の明かりにおいて目視でたやすく損傷が確認できます。



「立体網状体」による高排水機能

立体網状体付き長繊維不織布

「立体網状体」の効果により、抜群の排水性能を発揮します。

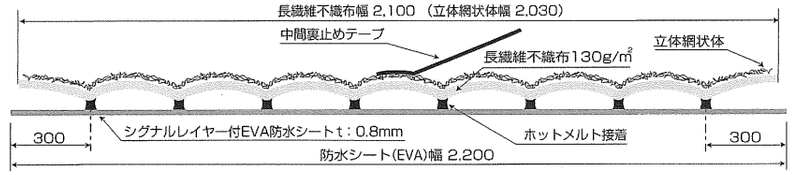


「立体網状体付き長繊維不織布」は通常の厚さ3mm の不織布に比較して約40倍の排水性能を有します。

排水能力比較結果 （試験方法 ISO12958 準拠）

商品名		ハイパネルSSシート SS-8030	ハイパネルシグナルシート SGP-8013/20
		不織布3mm	立体網状体付き長繊維不織布
載荷重	0.05MPa	0.0354L/10分	1.3670L/10分
	0.10MPa	0.0180L/10分	0.8030L/10分

■「シグナルシート」と「立体網状体長繊維不織布」の組み合わせ



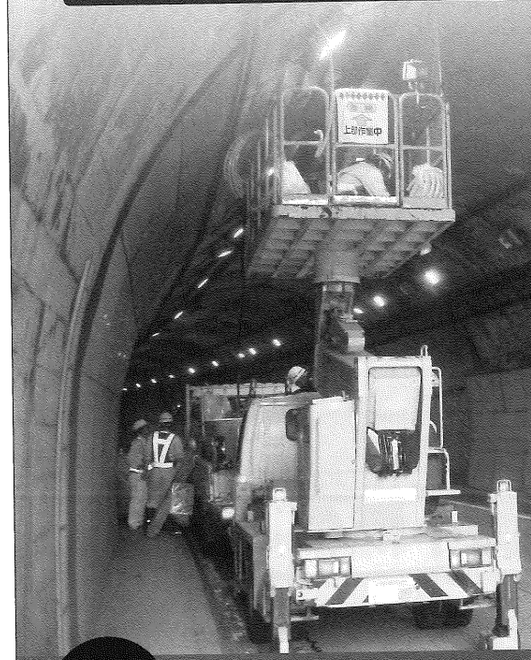
KFC 株式会社 ケー・エフ・シー
東京土木営業部：東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 TEL 03－6402－8251
大阪土木営業部：大阪市北区西天満 3 丁目 2－17 TEL 06－6363－1884
技術部 ：東京都港区芝公園 2 丁目 4 番 1 号 TEL 03－6402－8256

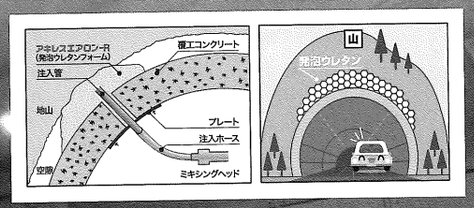
NETIS登録番号 KT-070035-VR

アキレスTn-p工法

トンネル裏込補修用ウレタン注入工法

老朽化したトンネルを災害から守る新しい工法です





1. 超軽量で安全性向上
2. 注入設備がコンパクト
3. 急速固化でリーク減少
4. 環境対応型ノンフロン

NETIS 平成26年度 活用促進技術（新技術活用評価会議）に指定!

「活用促進技術」とは

- 総合的に活用の効果が優れている技術
- 特定の性能又は機能が著しく優れている技術
- 特定の地域のみで普及しており、全国に普及することが有益と判断される技術

に該当する技術から選考されます。

NETISに登録された新技術を活用することにより

入札・契約時 **総合評価方式での提案で加点対象**

完成時・完成後 **工事成績評定において加点対象**

になる場合があり、さまざまな利点があります。

あなたの身近にいつも…
Achilles
アキレス株式会社

断熱資材販売部

本社	〒169-8885	東京都新宿区北新宿2-21-1 新宿フロントタワー	03-5338-9642
関西支社	〒530-0005	大阪府大阪市北区中之島2-2-7 中之島セントラルタワー	06-4707-2355
北海道営業所	〒061-3241	北海道石狩市新港西1-726-3	0133-73-9591
九州営業所	〒813-6591	福岡県福岡市東区多の津1-1-4	092-622-2871

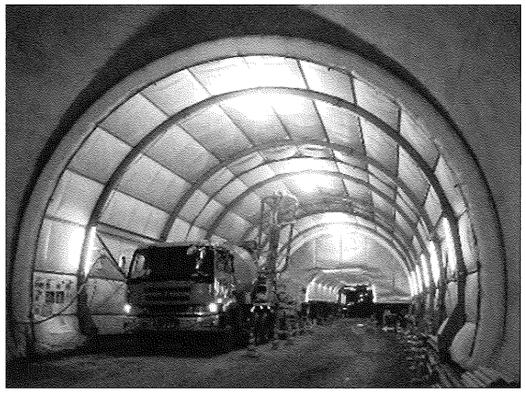
Tn-p工法 検索

http://www.achilles-foamsystem.com/

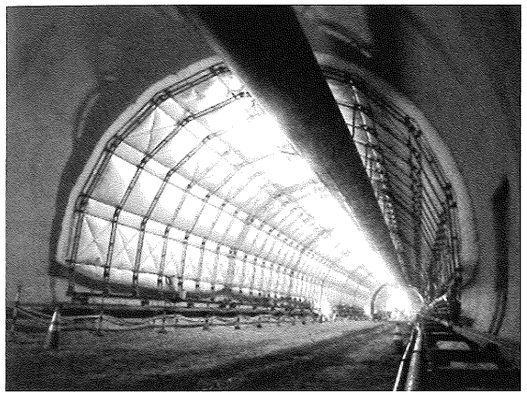
バルーンの東宏です



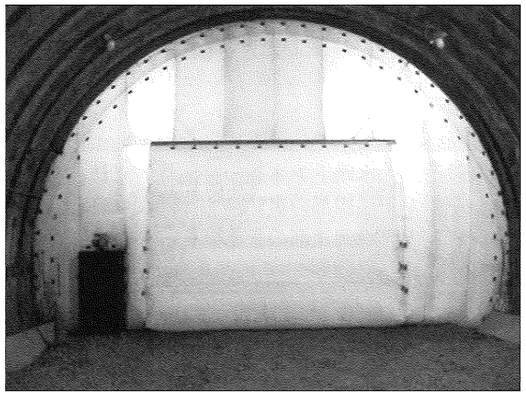
セントル養生バルーン(HR-04005VE)



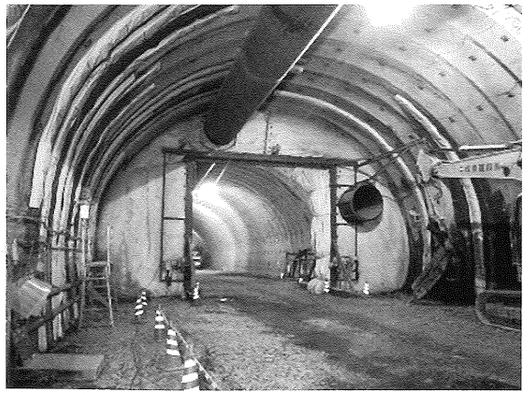
コンクリート養生バルーン（HR-04005VE）



アクアカーテン（HR-110011VE）



隔壁バルーン（HK-100007VR）



トラベルクリーンカーテン（HK-120040A）



肌落防護マット

《取扱い製品》 積算温度管理システム、モイスチャータックプチ、トラミッキーカバー、ベルコン昇降装置
キュアマイスター、モイストキュア、支保工スクレッパ、セントル、シート台車、桟橋、他

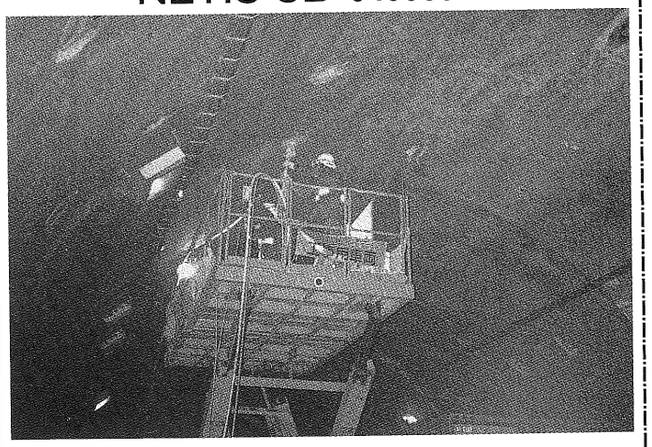
toukou 株式會社 東宏

本社 札幌市東区東雁来9条3丁目2番3号
TEL011-792-3000 FAX011-792-3333

東京支店 江戸川区平井2丁目5番2号 平井ビル3F
TEL03-3683-8011 FAX03-3683-8028

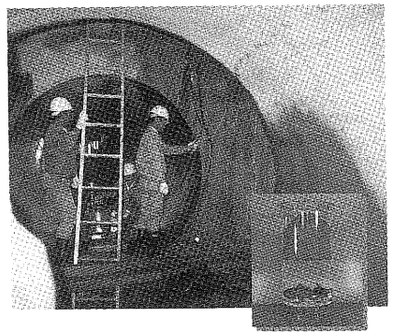
URL http://www.k-toukou.co.jp/

急結性・高性能裏込注入材
セットフォーム工法
NETIS CB-040060-V



●既設道路・水路トンネルの裏込注入工法
●シールド急曲線部の裏込注入(即時地盤反力の効果)
●シールド発進到達部の止水

漏水を瞬時にストップ!
SF-A工法
長期耐久性に優れた無溶剤タイプのウレタン系止水材



●山岳トンネル,下水道,共同溝,地下鉄,地下室,その他地下構造物の漏水補修
●地下構造物の背面空洞の充填
●地盤や岩盤の止水，および固結安定

ケミカルフォーム協会会員

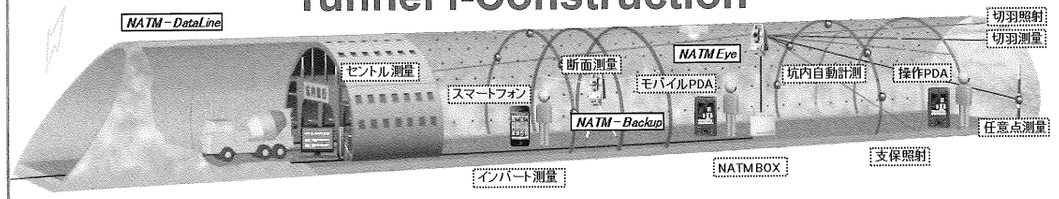
旭ケミテック株式会社	〒150-0002	東京都渋谷区1-9-8	TEL 03-3486-5471
アルス株式会社	〒950-0944	新潟県新潟市中央区愛宕1-4-25	TEL 025-280-0337
株式会社内田工業	〒332-0032	埼玉県川口市中青木2-12-2	TEL 048-257-0848
エコシビックエンジ株式会社	〒135-0047	東京都江東区富岡1-12-4み満きビル	TEL 03-3643-7241
エスイーリペア株式会社	〒811-1313	福岡県福岡市南区日佐5-15-24	TEL 092-585-5133
MC山三ポリマーズ株式会社	〒103-0012	東京都中央区日本橋堀留町1-2-10イトーピア日本橋SAビル	TEL 03-3662-0253
株式会社共和	〒462-0846	愛知県名古屋市西区浮野町91番	TEL 052-508-6927
四国リニューアル株式会社	〒780-8027	高知県高知市高見町325-6	TEL 088-832-3320
株式会社シーテクノ	〒371-0017	群馬県前橋市日吉町3-22-3	TEL 027-235-5498
ショーレジン株式会社	〒104-0032	東京都中央区八丁堀3-14-4直平ビル	TEL 03-3551-8391
株式会社総合開発	〒768-0065	香川県観音寺市瀬戸町2-14-16	TEL 0875-25-4162
日本綜合防水株式会社	〒171-0022	東京都豊島区南池袋3-11-10ペリエ池袋	TEL 03-5950-8211
株式会社デーロス・ジャパン	〒921-8005	石川県金沢市間明2-70	TEL 076-229-7260
林建設工業株式会社	〒998-0023	山形県酒田市幸町1-6-6	TEL 0234-23-3322
北陸エースコン株式会社	〒920-1303	石川県金沢市辰巳町ロ21番地	TEL 076-229-0050
北海道エースコン株式会社	〒062-0935	北海道札幌市豊平区平岸5条9-6-24	TEL 011-813-1818
前田産業株式会社	〒755-0032	山口県宇部市寿町3-5-23	TEL 0836-21-2666
株式会社マイティー	〒003-0822	北海道札幌市白石区菊水元町2条4-4-10	TEL 011-875-7030
株式会社マシノ	〒733-0822	広島県広島市西区庚午中1-19-23	TEL 082-507-2737
株式会社松井商店	〒062-0902	北海道札幌市豊平区豊平2条1-1-1	TEL 011-820-8688
株式会社マノール	〒120-0047	東京都足立区宮城2-4-16	TEL 03-3927-1331
株式会社三原工業	〒531-0074	大阪府大阪市北区本庄東1-22-3四本ビル	TEL 06-6371-9947

協会事務局
〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町1-2-10イトーピア日本橋SAビル MC山三ポリマーズ(株)内
TEL 03-3662-0253 http://www.chemicalfoam.jp

製造元 日清紡ケミカル株式会社 断熱事業部
〒289-2505 千葉県旭市鎌数9163-13 TEL 0479-60-3555

NEW
究極のトンネル施工管理システム
生産性向上への挑戦！！ En-Note

Tunnel i-Construction





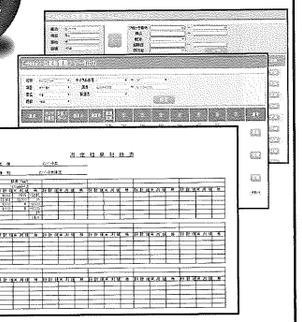
タブレット端末
・品質
・出来形
・材料
・切羽観察
・写真
・チャット
・遠隔試験

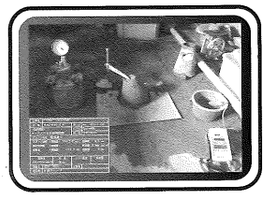


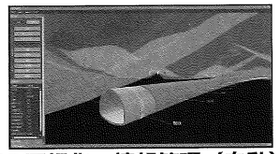




職員パソコン







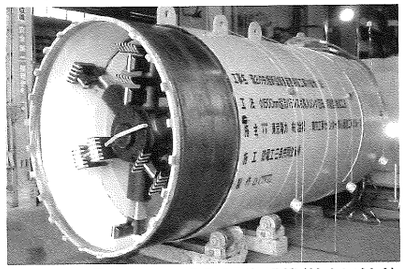
3D可視化＋情報管理（自動）

・現場で計測値を直観的な操作でタブレットに入力
・工事用小黒板で楽々撮影
↓
黒板、野帳要らずで、現場の作業のみで各種情報はデータサーバへ保管

enzan 株式会社 演算工房
■京都本社 〒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

超流バランスセミシールド工法　超流セミシールド協会

貫入リング押出し回転切削型接合工法



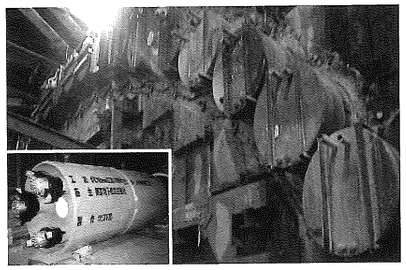
φ1500mm 貫入リング回転切削型掘進機（接合切削時）

① 人孔直接到達　② 到達作業省略形
③ 到達地盤改良省略　④ 急曲線・高深度施工

貫入リング回転切削型接合工法の特徴

- 呼び径φ800～φ1500に対応可能（それ以上はMELIT）
- PC・RC・鋼製セグメント等の既設構造物を直接切削接合可能
- 大規模な到達地盤改良が不要（掘進機内注入可）
- 人孔等の直接到達後、内部駆動装置を発進側へ迅速に引戻しが可能（駆動装置引き戻し再設置可能）
- 急曲線・高深度施工に対応可能
- 軟弱層～玉石・砂礫層に対応可能

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法



φ1016mm鋼管対応リターン回収機能付掘進機

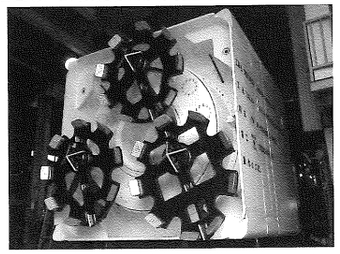
① 地下水位以下の施工が可能　② 高水圧対応
③ 長距離・曲線施工　④ 到達立坑不要

密閉型先受け長距離・曲線パイプルーフ工法の特徴

- JIS鋼管φ812～φ1216に対応可能（角鋼管も対応可能）
- 密閉型掘進機のため、高水圧下においても施工可能
- 長距離・急曲線推進が可能
- 軟弱層～粘性土層～硬質土層に対応可能
- 到達回収立坑がない場合でも、迅速な引き戻し回収が可能

ボックス推進工法　ボックス推進工法協会　NETIS　QS-100019-A

多軸自転・公転掘進機（内空寸法□3000×3000）



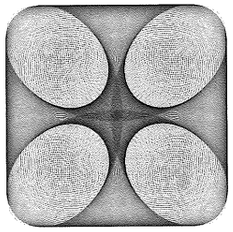
多軸自転・公転掘進機（内空寸法□2800×1800）



① 経済性　② 工期短縮　③ 狭路施工技術
④ 地表面への影響低減　⑤ 短距離からの施工

ボックス推進工法の活用例

- 電力函路や通信函路の構築
- 開かずの踏切の解決策として、軌道下の人道通路の構築
- 高速道路盛土区間の横断通路の構築
- 必要流量を確保した下水函渠・雨水函渠の構築
- 先受け大断面アンダーパス工事の構築



カッタービット軌跡

ボックス推進工法の特徴

- 低土被り推進が可能
- 長距離・曲線推進が可能
- PC・RCボックスカルバート函体および角鋼管に対応可能
- 密閉型のため切羽の安定性に優れ、地山の緩みを防止可能
- 高トルク掘進機のため、多用な土質に適用可能
- 工場製品のボックスカルバート函体を直接推進するため、迅速な施工が可能

協会事務局・技術本部　株式会社 アルファシビルエンジニアリング

αCIVIL

〒812-0015福岡市博多区山王1丁目1番18号
TEL（092）482-6311　FAX（092）482-6363
E-mail:arfa@oregano.ocn.ne.jp
URL http://www.alpha-civil.com

建設コンサルタント登録番号：建23第8677号
測量登録番号：登録第(2)-30507号
建設許可番号：国土交通大臣許可（特-23）第19193号

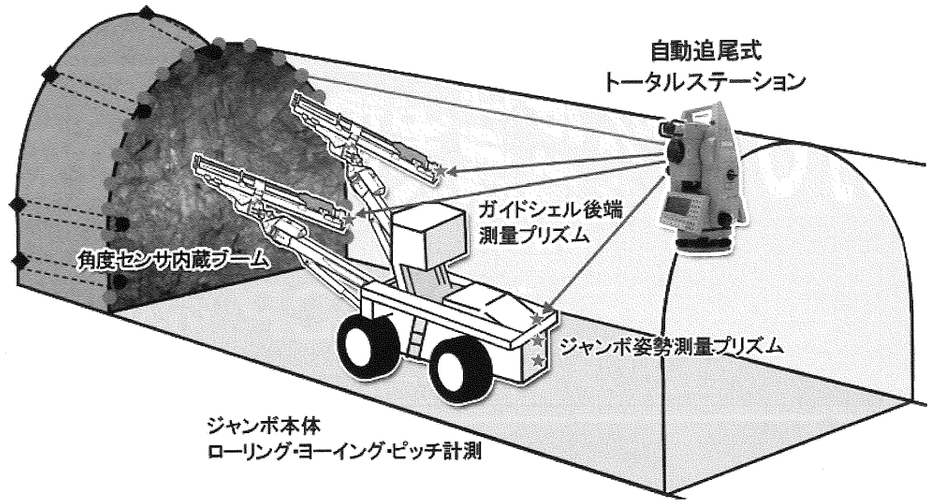
※各工法協会員名簿については、ホームページをご参照下さい。

NETIS登録番号：KK-100049-A

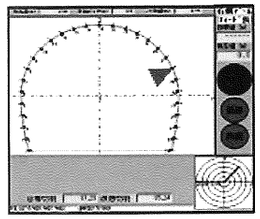
自動追尾式余掘り低減システム

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、外周装薬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。



■ディスプレイ表示



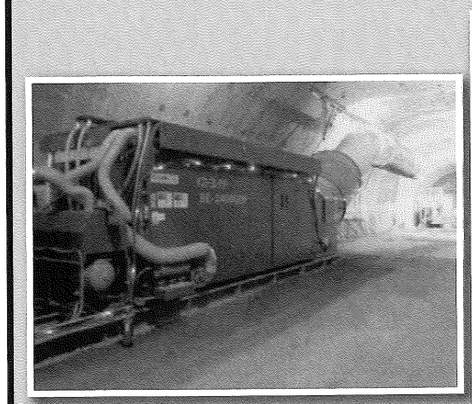
さく孔位置・さし角表示

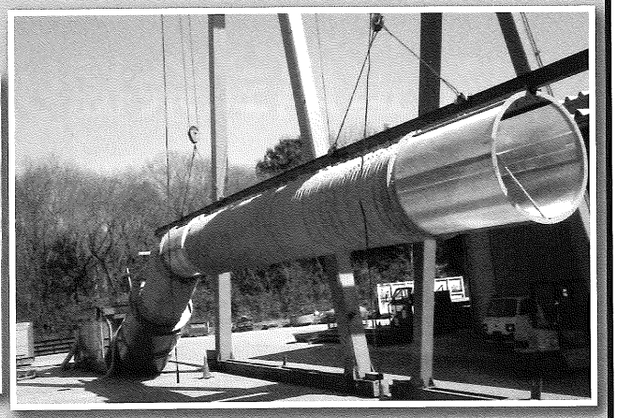
1. 最も重要な外周孔（追尾視準範囲）に限定することにより、従来のナビゲーションと比較し低コストを実現しました。
2. ガイドシェルの後端のターゲットを自動追尾することにより常に高い精度を得る事ができます。
3. 自動測量により本体セットアップが簡単に行なえます。
4. 操作方法が簡単でオペレータへの特別な教育を必要としません。

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　千葉県市川市曽谷8-16-3
TEL：047-371-3191　FAX：047-371-3190

古河機械金属グループ
FRD FURUKAWA　古河ロックドリル株式会社
〒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

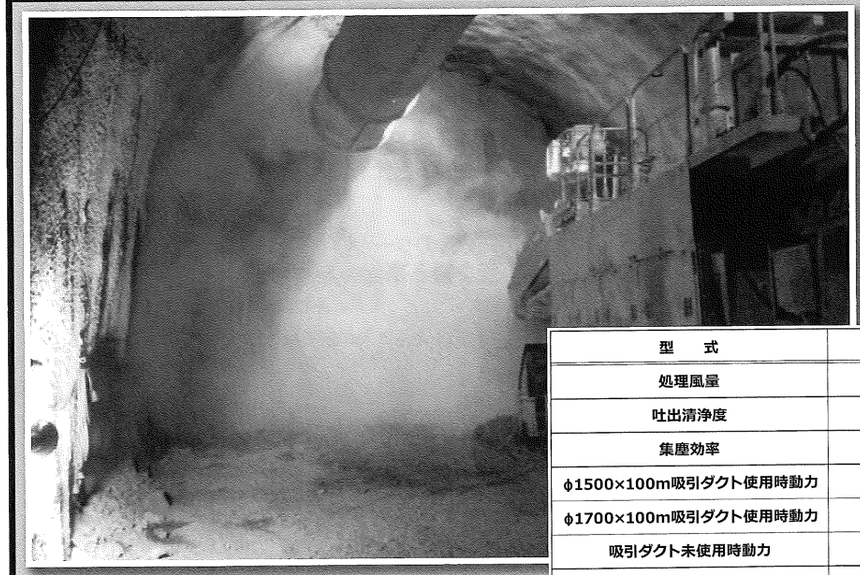




動力６０％低減実現！（当社従来比）

吸引捕集換気システム RE−2400QDP 新登場

「コンパクト＆低動力＆高清浄度」を一度に実現した孤高のスペック



型　式	RE-2400QDP
処理風量	2,400m³/min
吐出清浄度	0.1mg/m³以下
集塵効率	99%以上
ϕ1500×100m吸引ダクト使用時動力	440V･83kW
ϕ1700×100m吸引ダクト使用時動力	440V･64kW
吸引ダクト未使用時動力	440V･58kW
寸法（L×W×H）	2,869×12,963×3,387(mm)
重量	12,600kg

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：eigyobu@ryuki.com

(PC･スマホ専用)

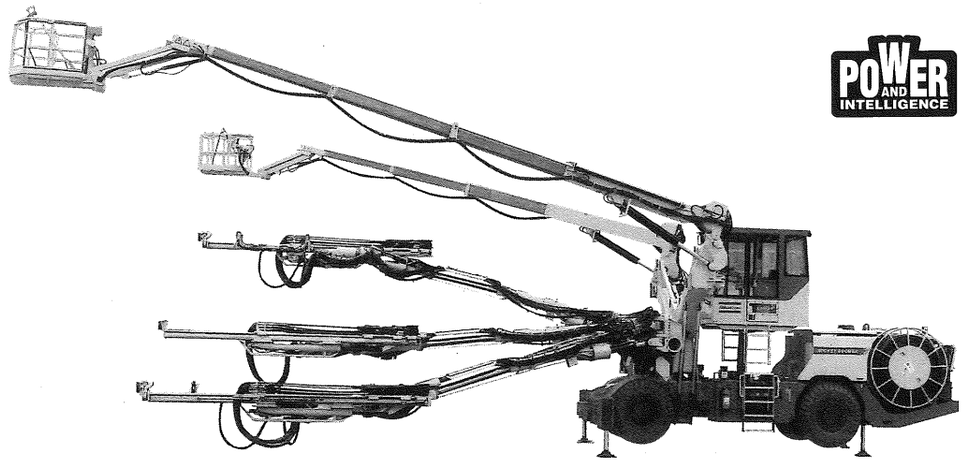
アトラスコプコ・コンピュータジャンボ

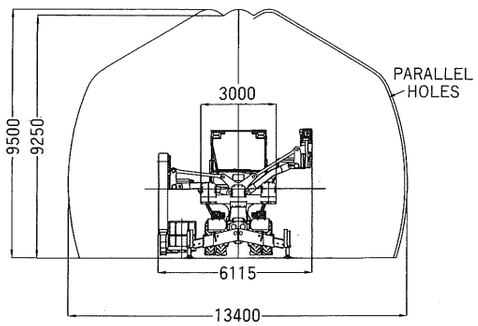
The Next Generation ロケットブーマーL3C-2B

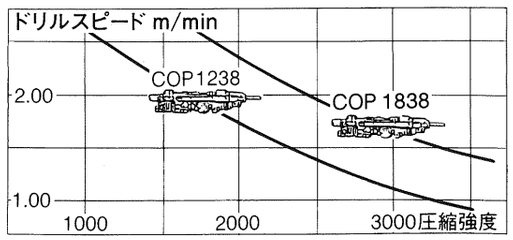
COP1838油圧ドリフター搭載

3ブーム･2バスケット

POWER AND INTELLIGENCE







ドリルマシン株式会社
DRILL MACHINE CO.,LTD.

本　社	〒116-0014　東京都荒川区東日暮里６-16-８桂ビル5階 TEL（03）3806-3377番　FAX（03）3806-8461番
関西支店	〒657-0864　兵庫県神戸市灘区新在家南町5-8-4 TEL（078）802-5551番　FAX（078）802-5528番
東北営業所	〒024-0055　岩手県北上市大堤南 2-1-36 TEL（0197）72-7416番　FAX（0197）72-7418番
九州営業所	〒830-0021　福岡県久留米市篠山町 12-3-301 TEL（0942）27-5992番　FAX（0942）27-5993番
兵庫工場	〒679-1332　兵庫県多可郡多可町加美区大袋川端454-3 TEL（0795）36-0461番　FAX（0795）36-0467番

最新型・電気集じん機

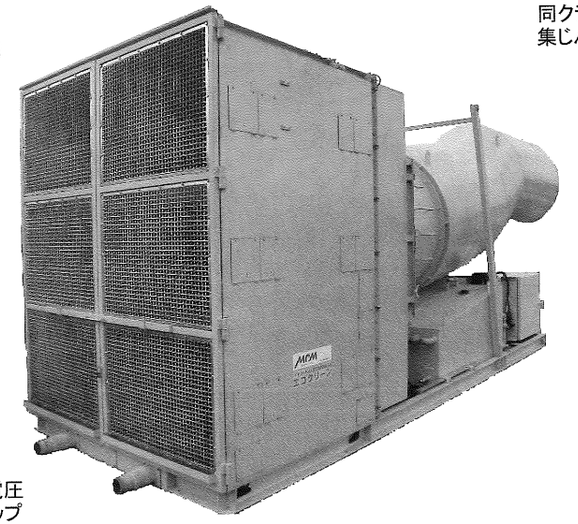
エコクリーンX

NETIS登録番号：KT-040047-A

このたび、弊社エムシーエムは1999年にクリンジェット1号機を現場納入して以来、
培ってきたノウハウを結集し、電気集じん機の大幅な性能アップを図った
「エコクリーンX」を開発いたしました。

極板放電方式
放電線をなくし消耗品の
削減と断線トラブルの撲滅

少ない消費電力
同クラスのフィルター方式
集じん機に比べおよそ1/4



コンパクト
同クラス集じん
機の中で最小

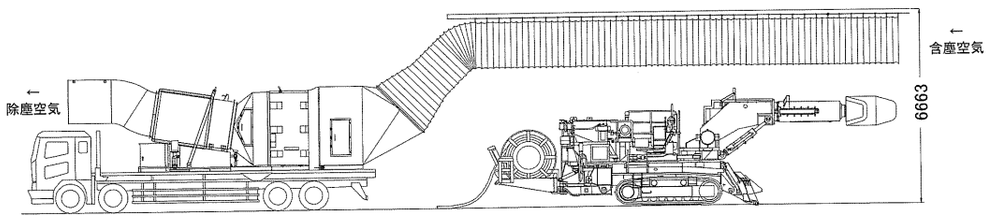
処理風量
750㎥/minから3000㎥
/minまで製作実績あり

貯水タンク
自動洗浄が
随時可能

高圧電源分割
集じんユニット毎の個別電圧
印加により集じん効率アップ

オプション
自走クローラ台車
自走ホイール台車
伸縮風管...etc.

伸縮風管(軽量型Φ1500,Φ1600製作実績あり)



伸縮風管接続例

弊社では「エコクリーンX」以外にTBM用吹付け"サブショットシステム"等、多様なトンネル工事用システムを開発ご提供しております。
機器に関するお問合せはご遠慮なく下記までどうぞ。

株式会社エムシーエム

http://www.mcmcm.jp

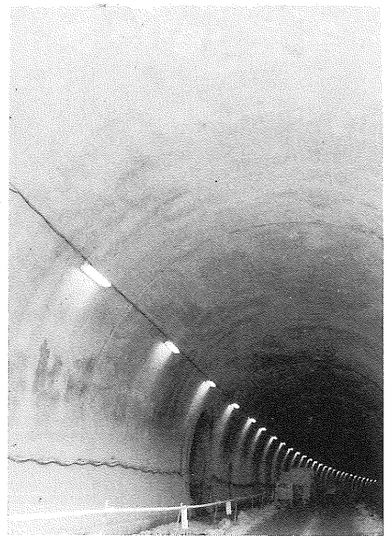
本　社：愛知県名古屋市天白区植田東2丁目1014番地
tel.052-804-9633　fax.052-804-1505

北陸センター：富山県高岡市福岡町下老子43番地2号
tel.0766-64-0351　fax.0766-64-0352

コンクリートの劣化，欠陥箇所の改修，補修……

急硬性改修モルタル

ドクターQ改修工法



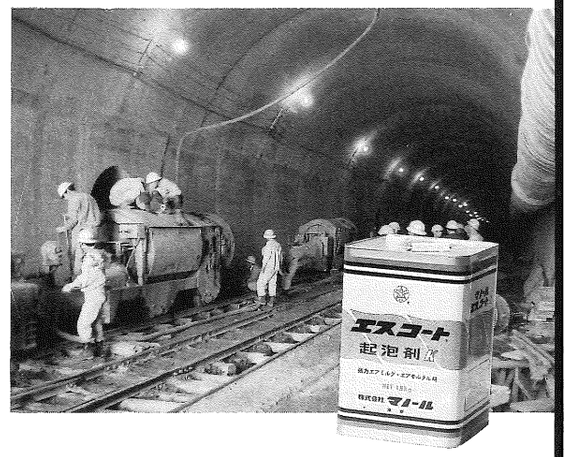
〈工期短縮，即日仕上り〉

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

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

エアモルタル裏込め注入……

エスコート L&K 起泡剤



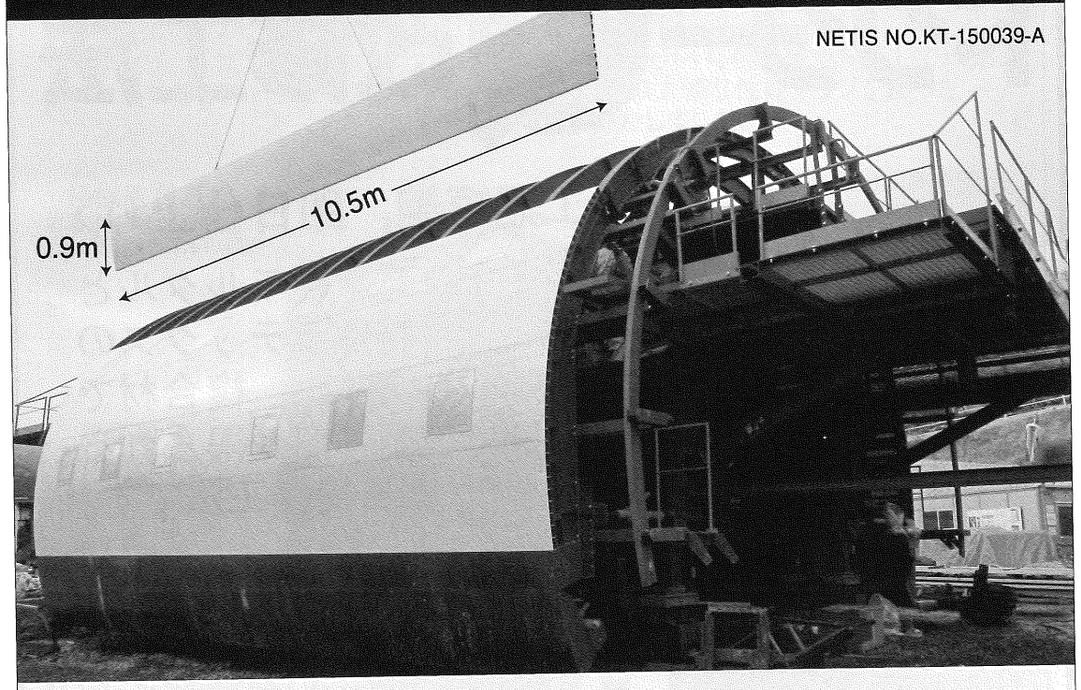
- 強力な分散性と安定した流動性
- ノーブリージング
- 任意の強度の選定
- セメント，骨材の種類が任意

◆土木資材の綜合プランナー◆

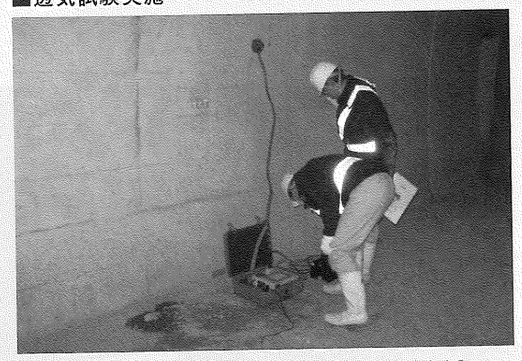
株式会社マノール　〒120-0047 東京都足立区宮城 2-4-16
TEL 03(3927)1331(代)

NEW

トンネル覆工初期養生FRP工法
～ハイブリッドフォーム誕生～



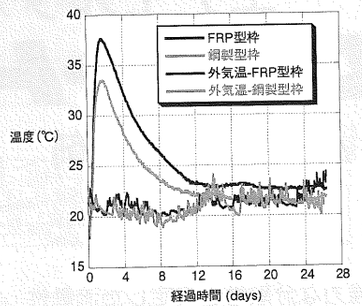
■透気試験実施



覆工コンクリートの表層部分の透気係数を測定することにより、コンクリートの中性化速度係数が30%～50%程度低下し耐久性が大幅に向上

■覆工コンクリート温度の経時変化

[宮崎大学との共同研究により、㈱フジタ 古江トンネル南にて測定]



◎3～4℃の保温効果により、コンクリート強度が15～20%向上

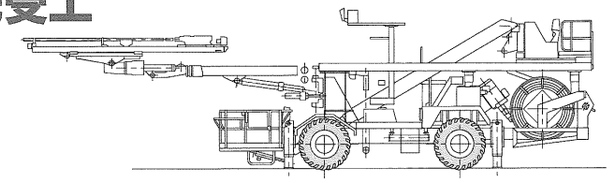
M.K.E 株式会社 エムケーエンジニアリング

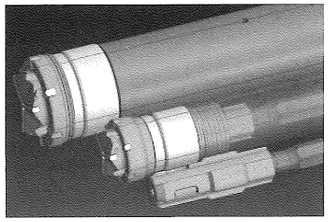
■ 本　　社　〒553-0006　大阪市福島区吉野1-20-30 阪神野田駅前ビル　TEL:06-6443-7060
■ 九州営業所　〒812-0011　福岡市博多区博多駅前2丁目20番1号　TEL:092-409-8008
■ 指定工場　〒919-0441　福井県坂井市春江町定重(森本工業)　TEL:0776-51-2410

環境対応型長尺鋼管先受工

TOHO AGF System

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

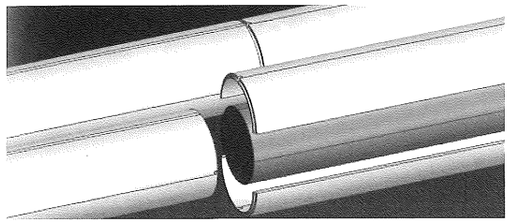


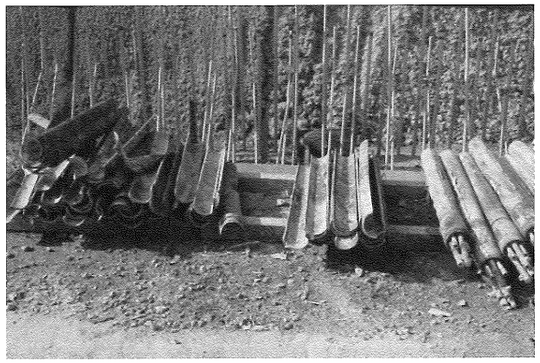


AGF-Me工法

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

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



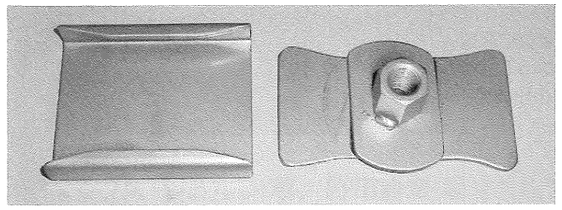


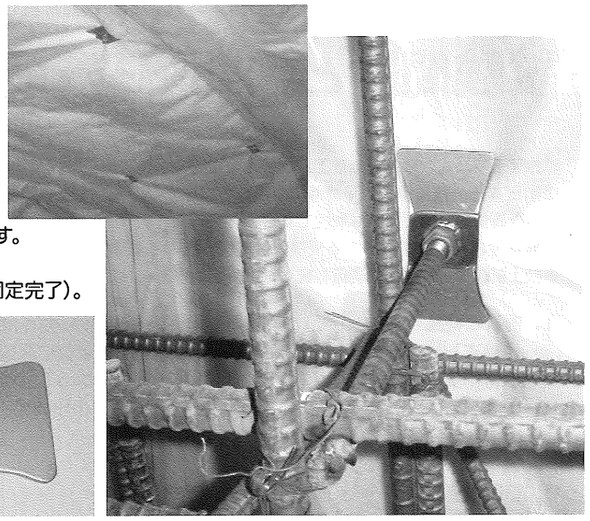
防水シート非貫通型鉄筋吊り金具

TKグリッパー

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

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





東邦金属株式会社 営業部
TOHO KINZOKU Co., LTD
〒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 トーキンオール
〒210-0854
神奈川県川崎市川崎区浅野町4-11
Tel:044-333-0012　Fax:044-333-0321
(お問い合わせ先)

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CO_2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をしております。また、推進関連のニュースはどこよりも早く、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います。

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。

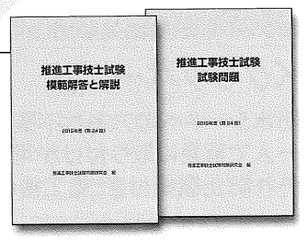
詳しくは、月刊推進技術編集室にてご案内いたしております。

スマホで立読み PCでも スタート

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

お問い合わせ先
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６年間（2010～2015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、管渠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えて、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活用いただければ幸いです。

2015年度版発売中!!

１．内容と特長
○過去14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

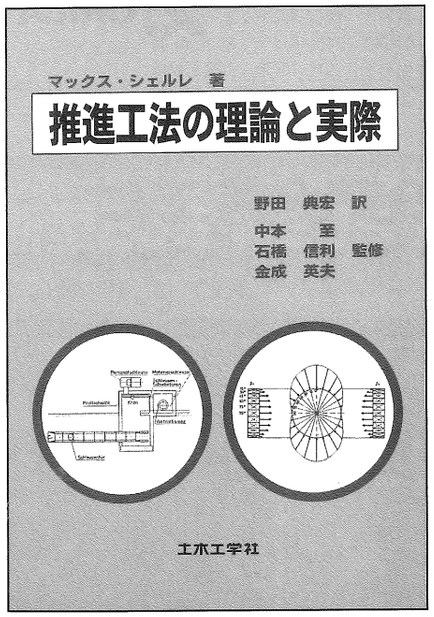
２．価格
各年度単位に 1set 2,000円（消費税・送料込）

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

お問い合わせ先
株式会社 LSプランニング
http://www.lsweb.co.jp/shiken/annai
〒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

推進工法の理論と実際

マニュアルを超えて
推進工法の理解を
さらに深める一冊



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

推薦の言葉

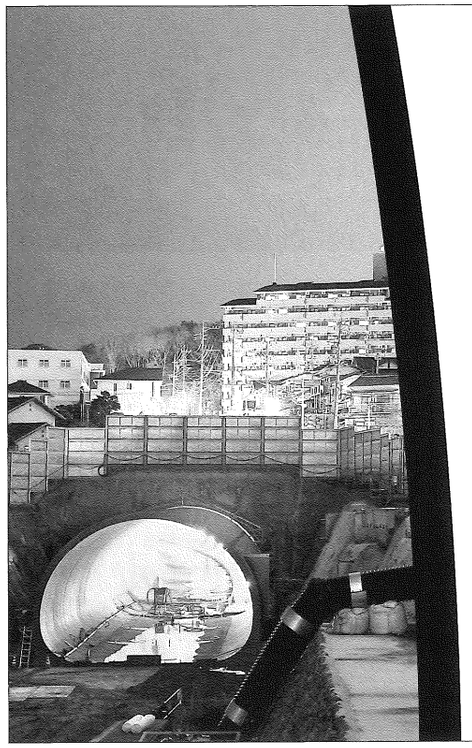
中本　至・石橋信利・金成英夫

推進工法によって、下水道をはじめ多くの管渠が布設されている。下水道については一九六〇年にはわが国の普及率は十五％にすぎなかったが、今日では六〇％近くになっている。当初、一五〇〇キロしか施工実績がなかったが、近年の施工延長は年間一五、〇〇〇キロになっている。下水管渠の施工方法の選定にあたって、施工条件や建設環境、地下埋設物や地盤条件などの関係から、開削工法より推進工法などの特殊工法が選定されることが多くなり、その中でもとくに推進工法の適用は多くなった。ところが、わが国では推進工法に関する実務書は多いが理論面を記述したものはあまり見当たらず、推進工法の一層の発展のためにも理論書が求められていた。

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

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

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



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ています。

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。その成果は電子雷管eDevII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を出来るかについてorica.com/edevIIにアクセスしてeDevII Case Studyのビデオをご覧になって下さい。

orica.com

ORICA

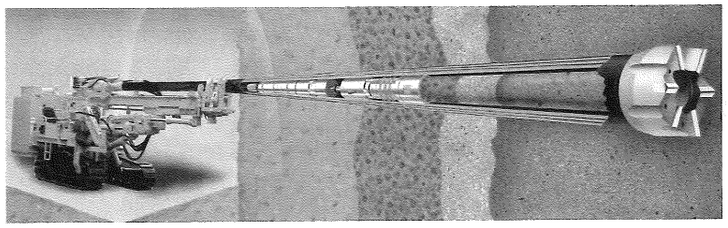


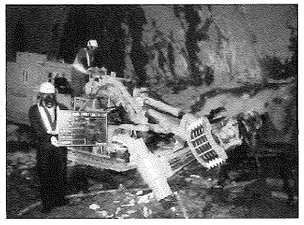
トンネル掘さくの安全施工に
アロードリル前方探査システム

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もなう難地層のコアサンプリングをスピーディかつ確実に行なえ、施工時間が大幅に短縮できます。

■2重管ワイヤラインサンプリングシステムにより、地質条件にかかわりなく、コアサンプルの採取率が従来と比べて大幅に向上しました。





地球にKOKEN する会社。 鉱研工業株式会社

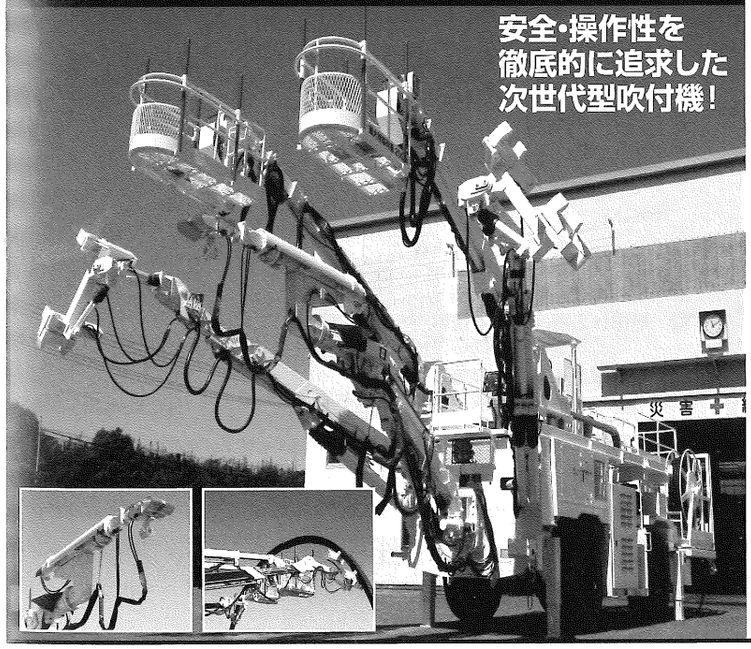
本社 〒171-8572 東京都豊島区高田2丁目17番22号 目白中野ビル1階
TEL(03)6907-7888(大代表) FAX(03)6907-7527

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)762-6075　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

エレクター付 コンクリート吹付システム（ホイール式）

『新型EJS NEJS I-TN』



◆シャーシからの開発機種
3種類の走行モードにより、
高い機動力を発揮。

◆最新の吹付ロボット
上下、左右の同調方式を採用し、
意のままの操作が可能。

◆優れたエレクター機能
1台で上、下半、インバートの
全支保工建込が可能。

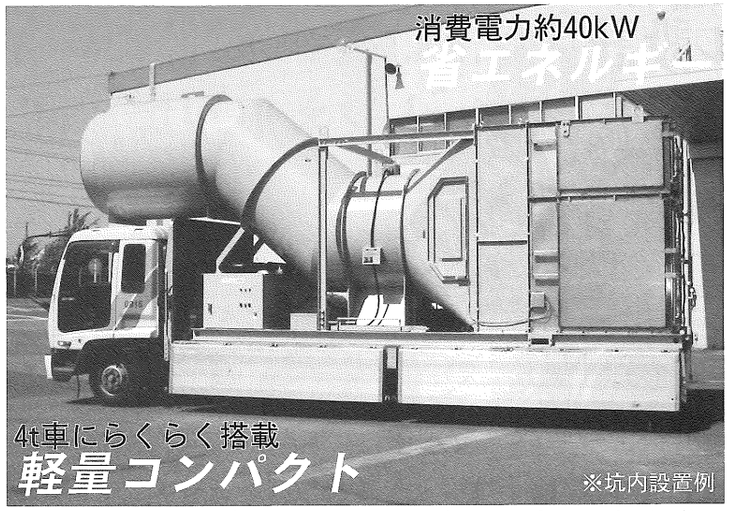
◆トラベル式円形バスケット
車体からの直接乗込、
地山への密着が出来、安全性にも考慮。

T&M
Tunnel & Mining
ニシオティーアンドエム株式会社
山岳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

≪東日本カンパニー≫
■北日本支店
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
浜松サービスステーション TEL:0538-66-0166

≪西日本カンパニー≫
■大阪支店 TEL:072-677-2101
■九州支店 TEL:0982-26-2111
福岡営業所 TEL:092-976-6331



RENT

取扱レンタル商品

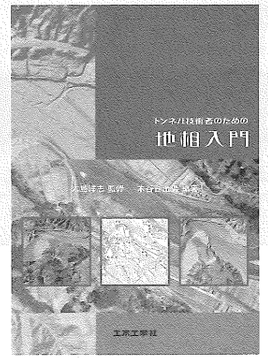
- MACレーザーシステム
- オアシス(坑内休憩室)
- 発電機エコ装置
(従来より小容量の発電機で施工できる為、省エネ効果)

National電気集塵機クリンジェット(2,000m³/minタイプ)

株式会社 レ ン ト　　特機営業課　担当者　工藤

〒134-0093 東京都江戸川区二之江町1409-1　TEL：03-5667-7803　FAX：03-3804-6053
URL：http://www.rent.co.jp　E-mail：kudo.yuji@rent.co.jp

好評発売中　地形にも人相がある　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

《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(断層削剥地形) / 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

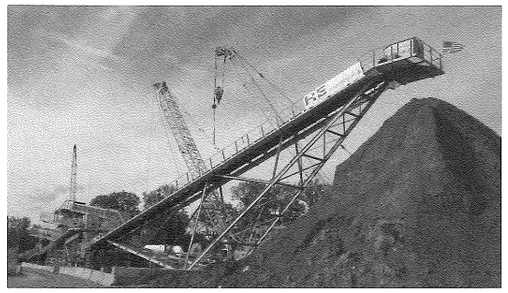
図・表・写真 288点収録

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

H+E LOGISTIK GMBH　Clever Conveying



Tunnel Diameter :	7.10 m
Min. Radius :	1,000 m
Minera l:	EPB
TBM Supplier :	Herrenknecht
Conveyor Length :	2,500 m
Belt Width :	1,200 mm
Capacity :	2,000 t/h
Installed Power :	2×355 kW
Belt Storage Capacity :	400 m / vertical



Tunnel Diameter :	11.30 m
Min. Radius :	> 457 m
Minera l:	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 :	4×160 kW , 2×90 kW
Belt Storage Capacity :	2×300 m / horizontal



H+E Logistik GmbH
日本代理店

Yamazaki Machinery

山崎マシーナリー株式会社　担当：富樫
〒438-0216　静岡県磐田市飛平松216番地1
代表 TEL0538-66-1211　FAX0538-66-6410

VOLVO 建設機械

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

TMS Techni-Métal Systèmes

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

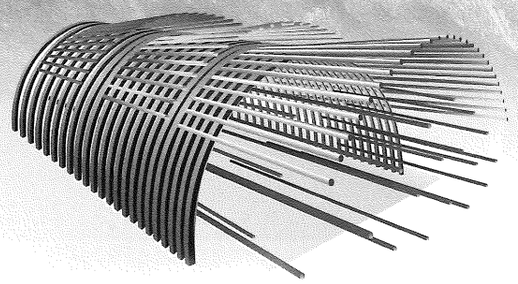


TMS 社 日本代理店
担当：富樫

Yamazaki Machinery

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

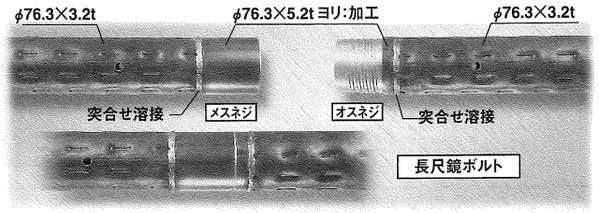
ユニークな発想でVEを提案



NETIS登録申請中

FIXチューブ(S型)（ストロング）

※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!

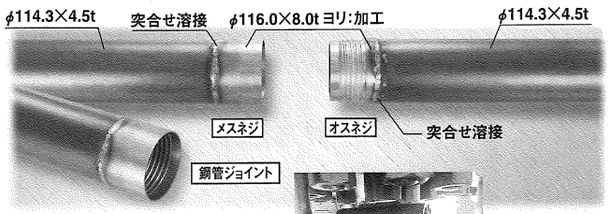




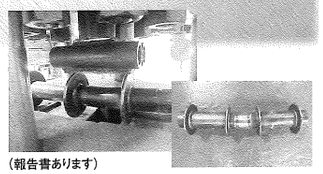
NETIS No.KK-150045-A

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!!

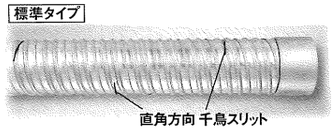


（報告書あります）

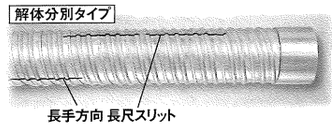
接続部の抗折力試験

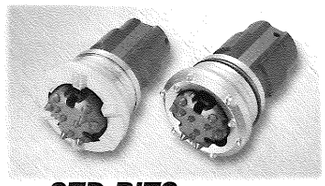
撤去管の選択

標準タイプ



解体分別タイプ





STD BITS (ロストリング方式)

呼称	鋼管径	リングビット径
100A	φ114.3	φ124

注入材・その他工法

※ウレタン系注入材：NEW-TSRF、NEW-TBU
※ウレタン系空洞充填：NTR工法
※高速フォアポーリング：SP-IF工法
※高速ルートパイル：SPフィックスパイル工法
※高速マイクロパイル：SPマイクロパイル工法
※φ27.2注入管、自穿孔ボルト各種在庫あり

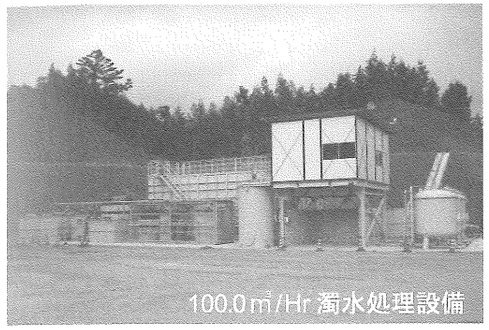
STE
エスティーエンジニアリング株式会社
ST ENGINEERING CORPORATION
〒581-0833　大阪府八尾市旭ヶ丘1丁目108番地2
TEL.072-990-0250 FAX.072-990-0251
http://www.st-eng.co.jp

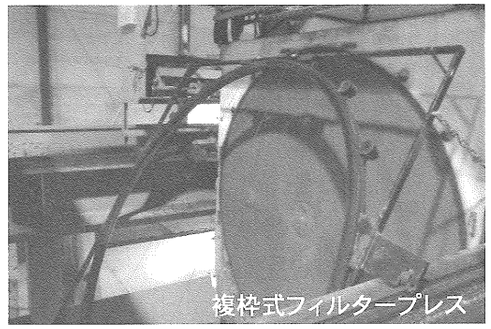
濁水処理からズリ出しまで トータルにフォローアップいたします

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


100.0㎥/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

≪汎用車輌全般≫


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





10T ミキサー


4.5㎥ベッセル搭載ダンプ


10T 低床ダンプ


10T ダンプ

各種車輌 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

トンネルと地下　9月号目次　Vol.47, No.9, 2016 Sep.

■巻頭言

人生すべからく夢なくしてはかないません
金崎　智樹 …… 5

■報告

山岳トンネルの設計と現場との乖離（1）
―アンケート結果―
JTA技術委員会山岳工法小委員会支保ワーキング …… 41

第42回ITA総会および世界トンネル会議（米国）報告
JTA国際委員会ITA統括ワーキング …… 53

■施工

高精度秒時電子雷管を用いて地盤振動と低周波音を低減
―新名神高速道路　箕面トンネル―
勘定　茂・前田　佳克・渕先　弘一・北村　義宜 …… 7

分岐部大断面のトンネル掘削と覆工コンクリートへの取組み
―国道178号浜坂道路　余部トンネル―
長央　貴晴・芝本　芳生・市橋　勝行・畑山　昌之 …… 17



CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS CONTENTS

φ3,000㎜シールドで巨礫対策を駆使して帯水砂礫層を長距離掘進
―名古屋市上水道　犬山系導水路―
白坂　広史・橘　寛行 …… 27

■連載講座

トンネル新技術への挑戦（10）
―密閉型矩形シールド（パドル・シールド）工法―
「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会 …… 65

■現場だより

長州の古刹「大寧寺」より　長門・俵山道路
渡邉　博 …… 15

■語り継ぎ　言ひ継ぎ行かむ

自然との共生
岩井　勝彦 …… 33

■資料

土木情報
編　集　部 …… 16

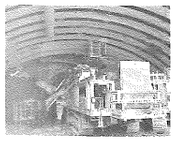
工法・技術・製品ニュース
編　集　部 …… 73

トンネルジャーナル
編　集　部 …… 26

■会報

会報
日本トンネル技術協会 …… 74

【表紙説明】　分岐部大断面のトンネル掘削と覆工コンクリートへの取組み
―国道178号浜坂道路　余部トンネル―

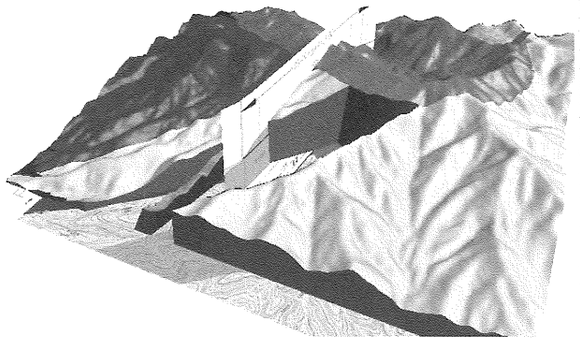


国道178号浜坂道路は，山陰近畿自動車道のほぼ中央に位置する9.8kmの自動車専用道路である．余部トンネル起点側の54m間は，インターチェンジへの分岐車線を含む3車線の大断面となっている．大断面トンネルの発破掘削で発生する騒音・振動・低周波音にかかわる環境問題，覆工厚80cmの大断面覆工コンクリートのひび割れ抑制といった課題を克服しながら，本年8月に竣工した．写真は，大断面上半のトンネル掘削状況（鋼製支保工建込み）である．　〔写真提供：兵庫県但馬県民局〕（本文17頁参照）

Geo-Graphia® を活用した３次元浸透流解析とトンネルの地下水情報化施工支援

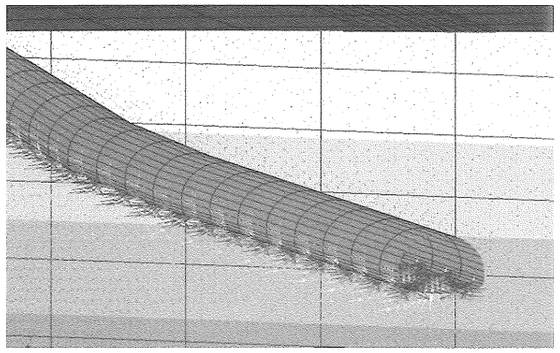
地質モデルの作成と更新

- 様々な資料を 3 次元画面に表示しながら地質モデルを作成します。
  - ・地質断面図、平面図
  - ・ボーリング結果
  - ・地質境界推定線、推定面
- 先進ボーリングや前方探査、トンネル掘削時の切羽観察などの結果をもとに、地質モデルを更新します。



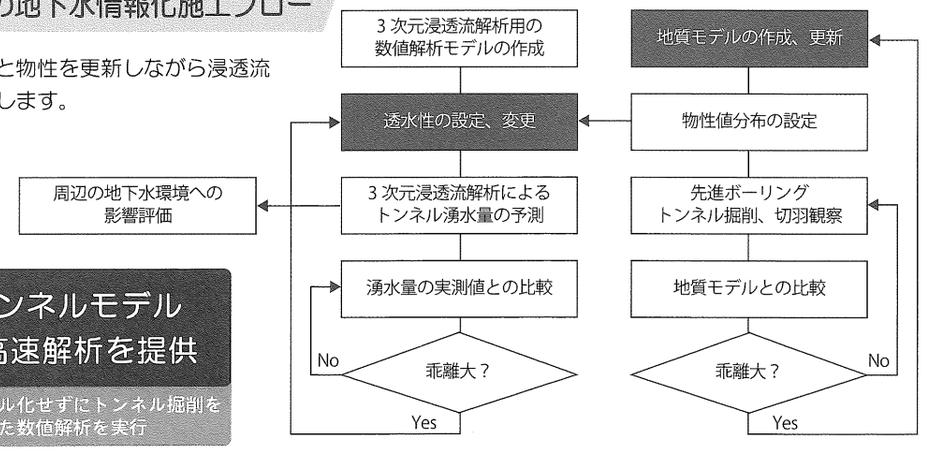
３次元浸透流解析

- 分水界を境界とした領域にトンネル掘削を考慮した数値解析メッシュを作成し、地質モデルを反映します。
- トンネル掘削時の湧水量や周辺の地下水環境への影響を予測します。
- 地質モデルが更新された場合は、速やかに数値解析モデルへ物性値などを反映させます。



トンネルの地下水情報化施工フロー

- 地質モデルと物性を更新しながら浸透流解析を実行します。



仮想トンネルモデルによる高速解析を提供

トンネルをモデル化せずにトンネル掘削を考慮した数値解析を実行

Geo-Graphia 特設サイト

GEOSCIENCE RESEARCH LABORATORY

株式会社 地層科学研究所

本　　社　〒242-0017　神奈川県大和市大和東 3-1-6　ＪＭビル 4F　TEL.046-200-2281
東京事務所　〒112-0004　東京都文京区後楽 2-3-25　金子ビル 6F　TEL.03-5842-7677
大阪事務所　〒532-0011　大阪市淀川区西中島 5-7-9　第７新大阪ビル 301 号　TEL.06-6886-7774

http://www.geolab.jp/　お問い合わせは　chisouken@geolab.jp

総務委員会広報小委員会会誌WGの構成（五十音順・敬称略）

〔主　　査〕

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

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

江戸川 修 一
清水建設株式会社土木技術本部
地下空間統括部長

久多羅木 吉治
東亜建設工業株式会社土木事業本部技術部長

見 坂 茂 範
国土交通省大臣官房技術調査課技術企画官

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

藤 井 義 文
株式会社竹中土木常務執行役員

松 原 利 之
飛島建設株式会社技術研究所所長

森　　正 彦
前田建設工業株式会社土木事業本部
トンネル担当部長

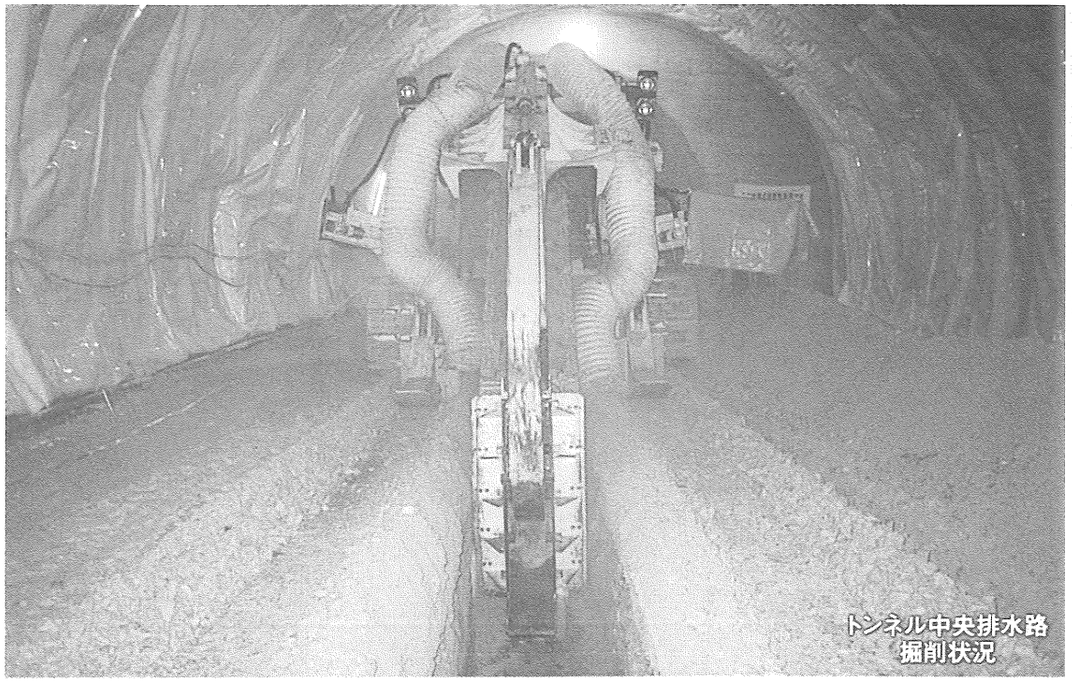
八 木　　弘
株式会社高速道路総合技術研究所参与（外環担当）
道路研究部トンネル研究担当部長

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

渡 邉　　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

トレンチャー

硬質地盤の溝掘はトレンチャーをお試し下さい。



トンネル中央排水路
掘削状況



施工例



トレンチャーによる
施工

トレンチャーの性能・諸元

トレンチャーの種類	TRS-985	1175/D6	M3
メーカー名	テスメック	テスメック	テスメック
掘削幅 cm	60	75	90
掘削岩の硬さ（最大）	500kg/cm²	700kg/cm²	800kg/cm²
重量 t	36	40	40
長さ m	13.0	10.8	11.2
幅 m	2.5	3.2	2.67
高さ m	3.30	2.86	3.41
エンジンの出力 PS	300	402	350

※掘削岩の硬さは目安になります。詳細はご相談ください。

ワールド開発工業株式会社

●本社/営業部　〒381-0101 長野県長野市若穂綿内7484

☎(026)213-7024(代) FAX(026)282-5803　http://www.wkk.co.jp/

編集委員会の構成（五十音順・敬称略）

〔編集委員長〕

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

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

今田徹
東京都立大学名誉教授

真下英人
一般社団法人日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所所長

松浦將行
地方共同法人日本下水道事業団理事

山田隆昭
東日本高速道路株式会社参与
（シニアエキスパート）

〔委員〕

砂金伸治
国立研究開発法人土木研究所つくば中央研究所
道路技術研究グループ(トンネル)上席研究員

岡野法之
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室長

清水満
東日本旅客鉄道株式会社構造技術センター次長

中井宏
東京都下水道局建設部設計調整課長

中谷誠一
東京都水道局建設部工務課長

平野隆
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

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

安田智
東京都交通局建設工務部計画改良課長

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

吉本正浩
東京電力パワーグリッド株式会社
工務部管路土木技術担当

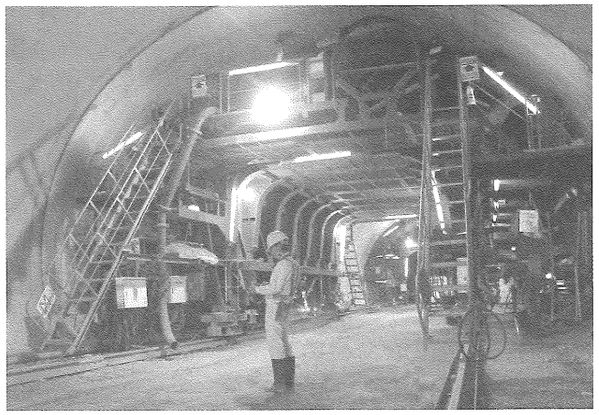
NETIS 登録番号 QS-110040-VE

特許取得済

表面温度センサ！

【スマートセンサ型枠システム・セントル仕様】

無線なので打設毎の配線手間が不要！



スマートセンサ型枠システム【 セントル仕様 】の特長

コンクリート表面温度を自動計測！

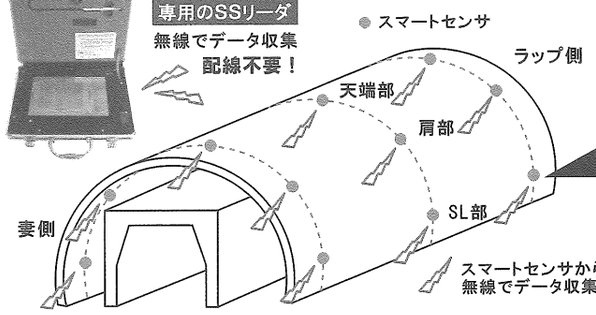
コンクリートの表面温度や型枠周辺温度、打設開始・脱型時期を記録します。

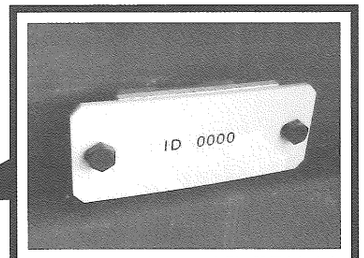
専用リーダでデータを読み取り！

表面温度や推定強度はグラフやカラーマッピングで解りやすく表示され、躯体の状態を現場でリアルタイムに把握することができます。



専用のSSリーダ
無線でデータ収集
配線不要！





※スマートセンサはセントル内側に設置されます（上図参照）

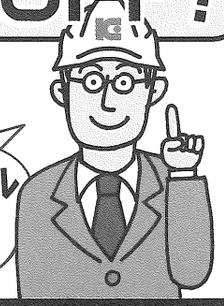
NETIS標準仕様見積り単価

Ⅱ型樹脂型枠完成キャンペーン!! ９月末日までのご成約案件に限り

30~40%OFF！

- スマートセンサシステム
  （1セット＝1断面5台×3列＝15台）＊セントル本体は別途
  - 使用料金…~~140,000円~~ → 90,000円 / 打設回数（基本料金含む）
  - 取付け・調整料金 … 400,000円・回/1セット（センサの穴あけ別途）
  - 取外し・校正料金 … 400,000円・回/1セット（センサ部分の穴埋め別途）
- SSリーダ
  - 使用料金 …… 2,500円/日（基本料金含む）
  - 諸経費・一般管理費（技術指導・動作確認含む）

使用料金がよりリーズナブルになりました！



児玉株式會社 & 東京大学 大学院工学系研究科 建築材料研究室

共同研究開発 特許製品

児玉株式会社エンジニアリング事業部
〒812-0042 福岡市博多区豊2-4-23 TEL：092-474-5360
Email：engi.office@kodama-boss.jp

トンネルと地下　VOL.47　No.9　掲載概要

掲載頁 7

高精度秒時電子雷管を用いて地盤振動と低周波音を低減

—新名神高速道路　箕面トンネル—

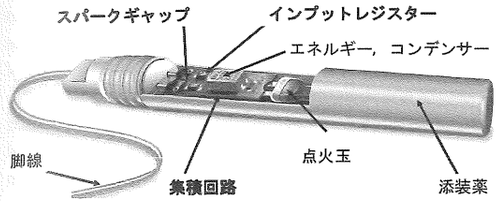
西日本高速道路(株)　勘定　茂

新名神高速道路箕面トンネル西工事では，坑口と住宅地が近接していることから，発破時に発生する地盤の振動や低周波音が住宅地に及ぼす影響を低減させることを目的として，高精度秒時電子雷管を用いた制御発破を採用している．発破時に住宅地内で振動や騒音を計測した結果，起爆秒時間隔を適切に制御することで地盤振動や低周波音を効果的に低減できるだけでなく，近隣家屋における建具のがたつきも抑制できることがわかったので，本稿ではこれらの結果について報告する．

Reduce Ground Vibration and Low-Frequency Sound Using High-Accuracy Delay Electronic Detonators—Shin-Meishin Expressway, the Mino-O Tunnel—

By Shigeru Kanjo, West Nippon Expressway Company Limited

Works west lot of the Mino-o Tunnel on the Shin-Meishin Expressway aim to reduce the effects of ground vibration and low-frequency sound caused by blasting as its portal is close to a residential area and to adopt controlled blast techniques using high-accuracy delay electronic detonators. This report contains as follows: effectively reducing ground vibration and low-frequency sound by appropriately controlling the detonating interval that was shown by monitoring of vibration and noise in the residential area during blasting, knowledge that this technique is also able to control the rattling of fixtures in nearby houses.



図は高精度秒時電子雷管の構造

掲載頁 17

分岐部大断面のトンネル掘削と覆工コンクリートへの取組み

—国道178号浜坂道路　余部トンネル—

兵庫県　長央　貴晴

国道178号浜坂道路の起点に位置する余部トンネルは，延長1,255mのNATMによる道路トンネルである．本トンネルの起点側坑口から54m間はインターチェンジへの分岐車線を含む3車線断面で，掘削断面積が上下半192m²(インバートまで含めると245m²)の大断面となっている．

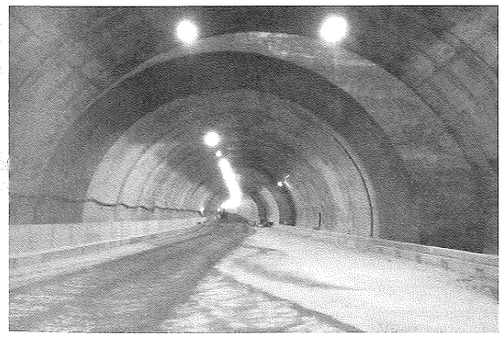
特殊な設計に加えて，現場の周辺環境への配慮を含めた施工上の課題がいくつかあった．本稿では，これらのうち代表的な課題をトンネル掘削と覆工コンクリートに分けて整理し，現場での対応について報告する．

Tunnel Excavation of Large Cross-Section at Fork and Finishing of Lining Concrete—National Route 178 Hamasaka Road, the Amarube Tunnel—

By Takaharu Nagao, Hyogo Prefecture

The Amarube Tunnel, which is located at the start of National Route 178 the Hamasaka Road, is a road tunnel of 1,255m in length built by conventional tunneling. The 54m stretch from the starting portal is a 3-lane section including a turn lane to the interchange and the excavation cross-section area is large at 192m² (245m² including tunnel invert) in the upper and lower sections.

In addition to the special design, there were a few construction challenges including preserving the environment surrounding the site. This report gives the information on the techniques used on site dividing the typical challenges into tunnel excavation and lining concrete.



写真は坑内現況

掲載頁 27

φ3,000㎜シールドで巨礫対策を駆使して帯水砂礫層を長距離掘進
—名古屋市上水道　犬山系導水路—

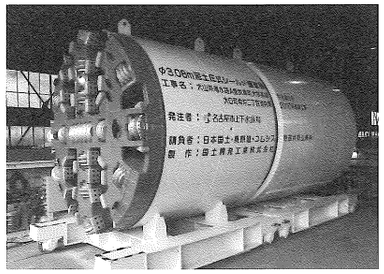
名古屋市　白坂　広史

名古屋市上下水道局では，老朽化が進んでいる犬山系導水路A管の耐震化および導水能力向上を目的とした「犬山系導水路A管整備事業」を2009年度より着手している．この整備事業は3本ある既設導水管の下部に，新たな導水管をシールド工法にて構築するものである．全6工区(約13km)のうち2，3工区は，延長約3,200mを泥土圧シールド工法にて施工したものである．

本稿では，シールド掘進にあたり，最大礫径700㎜以上の玉石を含み，透水係数が大きい洪積砂礫層において遅滞なく掘進するために行った，シールド選定などの事前検討，ビット交換や噴発対策などの施工実績について報告する．

φ3,000mm Shield TBM Dig Long-Distance Tunnel against Boulders in Aquiferous Gravel—Nagoya City Waterworks the Inuyama Head Race Tunnel—

By Koji Shirakasa, Nagoya City



写真はシールド全景

The Nagoya City Waterworks & Sewerage Bureau began works on the Inuyama head race tunnel the tube A project in 2009 with the aim of improving its aseismicity and water conveyance capacity which has been deteriorating. This project is to construct a new tube below 3 existing tubes using shield TBMs. Lot 2, 3 of the 6 lots (approx. 13km) with a length of approximately 3,200m were constructed with an EPB shield TBM.

This report contains information on pre-investigations such as shield selection for steady progress of the TBM in a highly permeable diluvial sandy gravel containing boulders with maximum diameter of over 700mm and construction results such as bit replacement and collapse due to air blow during shield excavation.

掲載頁 41

山岳トンネルの設計と現場との乖離(1)
—アンケート結果—

日本トンネル技術協会

トンネル工事を施工する際に，設計図書や示方書に記述されている内容どおりに施工することが困難，あるいは，できない場合がしばしばある．本WGでは，この課題について，「設計と施工の乖離」と考え，その現状を調査し，その結果を本誌Vol.44，No.6，7(2013(平成25)年6，7月号)に報告した．

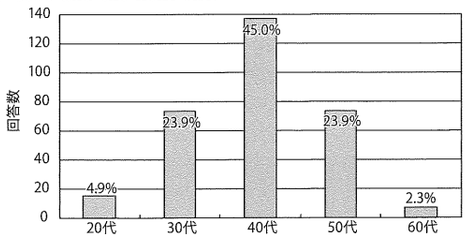
今回，本協会設立40周年記念事業として，この課題について議論するシンポジウム「山岳トンネルの設計と現場との乖離」を開催した．ここでは，前回の調査結果に加えて，新たに追加の課題・疑問点を再度アンケート調査し，その現状を把握するとともに，実施した調査結果をもとにシンポジウムのテーマを設定することとした．本稿では，実施したアンケート調査結果とシンポジウムについて今号と次号の2回に分けて報告する．

Disconnect between Dogma and Reality of Tunnel Supports (1)—Survey Results—

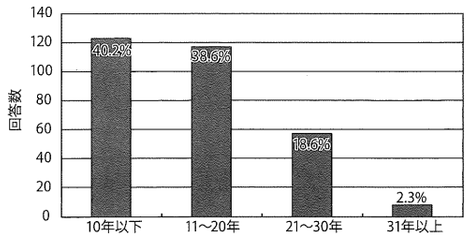
By Japan Tunnelling Association

When conduction tunnelling works, some works are often difficult or even impossible to construct in accordance with design documents and specifications. We considers this issue as 'disconnect between dogma and reality', researched the current situation and reported its results in Vol.44, No. 6 and 7 (June/July, 2013) of this magazine.

A symposium 'The Disconnect between Design and Execution in Conventional Tunnelling', was held to discuss this problem as a project to commemorate the 40th anniversary of JTA. In addition to previous survey results, we conducted a new survey concerning additional problems and, along with understanding of the current situation, the symposium theme was set based on the survey results. Results of the survey and the symposium is being reported in two parts, in this issue and the next one.



(1)　年齢構成



(2)　経験年数構成

図は施工者回答者の年齢・経験年数の分布

掲載頁 53

第42回ITA総会および世界トンネル会議(米国)報告

日本トンネル技術協会

第42回国際トンネル協会(ITA)の総会が，2016年4月22～28日に米国のサンフランシスコで開催され，72の加盟国のうち54か国が参加した．

総会に併せて開催された2016年世界トンネル会議(WTC)は，「トンネル業界の統合(Uniting the Industry)」のテーマのもとで54か国，2,319名の参加者があった．日本からは，ITA総会，作業部会(WG)の担当者およびWTCの論文発表者など含め，61名が参加した．

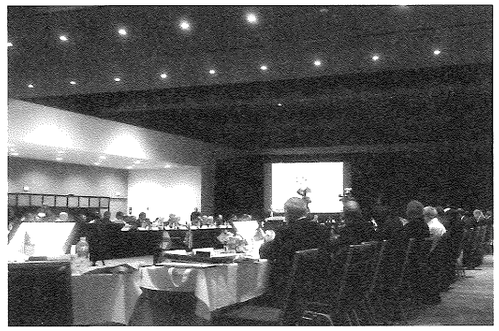
本稿では，ITA総会およびWTCのうち，ITAの全体的な動向および作業部会(WG)などの技術的な側面の活動に関する概要を報告する．

42nd ITA General Assembly and World Tunnel Congress (USA) Report

By Japan Tunnelling Association

The International Tunnelling and Underground Space Association (ITA-AITES) held its The 42nd meeting in San Francisco, USA from 22nd to 28th April, 2016 with participants from 54 of the 72 member nations. The World Tunnel Congress (WTC) 2016, which was held in conjunction with the meeting had 2,319 participants from 54 nations with the theme of 'Uniting the Industry'. There was a total of 61 participants from Japan including ITA General Assembly and Working Group members as well as WTC speakers.

This report outlines overall ITA trends and the technical activities of the Working Groups at the ITA General Assembly and the WTC.



写真は第42回ITA総会会場

管理しながらコンクリートを育てる

NETIS登録No.CB-120032-A

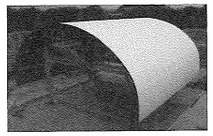
コンクリートトータル養生システム



加温しながら初期強度を上げる
加温養生（型枠）



加温と湿潤を同時に行い品質向上
加温・湿潤養生



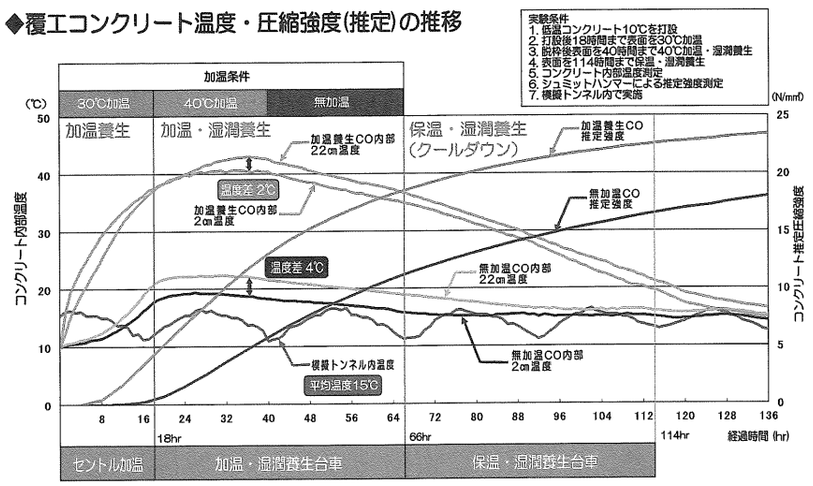
保温湿潤しながら急激な変化を防ぐ
保温・湿潤養生



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



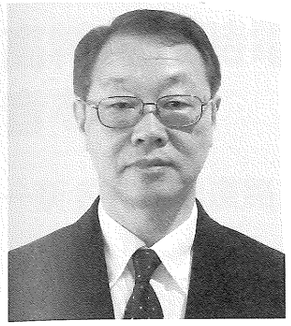
岐阜工業株式会社

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】
テクノプロ株式会社
株式会社 東宏

巻頭言

（題字　佐藤信彦会長）



人生すべからく夢なくしてはかないません

本州四国連絡高速道路(株)取締役常務執行役員(本協会理事)
金崎 智樹

いつも心にとめておきたい言葉である．夢のあるプロジェクトがなければ，技術の進歩もなく，その夢がかなうこともないというふうに，私なりに解釈している．

JR舞子駅前の舞子公園内，明石海峡大橋の神戸側アンカレイジ1Aの東隣に「夢レンズ」というモニュメントがある．このモニュメントは明石海峡大橋開通5周年を記念して，架橋を提唱した故原口忠次郎・元神戸市長を顕彰するため，2003(平成15)年に建立されたものであり，モニュメントの碑には『人生すべからく夢なくしてはかないません』という氏の言葉が刻まれている．

氏は，京都大学卒業後，内務省に入省し，神戸や四国の土木出張所長を歴任され，1940(昭和15)年の全国土木出張所長会議で，まず鳴門架橋構想を提唱された．1940(昭和15)年といえば，米国ではすでに中央径間1,280mのゴールデンゲート橋が開通しており，また，旧タコマナロウズ橋が風により落橋したまさにその年である．1,000m級の吊橋は，すでに技術的に可能であると氏は確信を持っていたのであろう．ただし，戦前のことである．この構想は海軍から「戦争が起こったとき，橋が落とされたら軍艦の航行に支障をきたす.」との反対にあい，日の目を見ることはなかった．

また同じころ，トンネルによる明石海峡と鳴門海峡の渡海構想も提唱されたが，戦争の激化によりこの案も実現されることはなかった．

戦後の1949(昭和24)年，神戸市長に当選された原口氏は，明石海峡の架橋構想を練り上げ，1957(昭和32)年，ついに神戸市の予算案に明石海峡架橋調査費350万円を提出した．このとき，市議会で「市長は白日夢でも見ているのではないか？」と質問されたが，原口市長は，「人生すべからく夢なくしてはかないません」と答弁し，反対する市議たちを説得したとのことである．

氏の調査費計上から明石海峡大橋の完成まで，約40年を要したが，多くの技術者が，氏の夢を国民の夢に変え，さらに実現へと推し進めるため，新たな技術を開発し，経験を積み重ねてきた．氏の夢がなければ，日本における長大橋技術の進歩もなかったかもしれない．まさに，『夢なくしてはかなわない』のである．

本四架橋には同じようなエピソードがほかにもある．

1889(明治22)年５月，讃岐鉄道の開通祝賀会で，香川県議会議員の大久保諶之丞(じんのじょう)は，「塩飽諸島ヲ橋台トシテ架橋連絡セシメバ，常ニ風波ノ憂イナク，南来北向，瞬時ヲ費サズ，ソレ国利民福コレヨリ大ナルハナシ.」と打ち上げた．演説の６年前にはニューヨークのマンハッタン島にブルックリン橋が完成しており，讃岐鉄道開通の２か月前に米国興業から帰国した軽業師が金刀比羅宮にブルックリン橋の石版画を絵馬として奉納している．この絵馬を見た大久保県議が，架橋構想を夢としてぶちあげたのではないかと言われている．こちらの夢は，瀬戸大橋として実現されるまでに約100年を要したが，いずれにしても夢の実現のために多くの努力が払われ，技術開発が行われたことは言うまでもない．

さて，振り返ってみて，今日われわれの周りにこのような夢のあるプロジェクトがあるだろうか？　28年間世界最長を誇った青函トンネルも去る６月１日にスイスのゴッタルドベーストンネルにその座を譲った．明石海峡大橋はいまだ世界最長スパンであるが，トルコでは2,000mを超えるダーダネルス海峡大橋の計画が進んでいるという．残念ながら日本にはこのような世界一を目指す計画はない．

最近，土木を目指す学生が減少していると聞く．夢を語ることができないでいるわれわれにも問題があるのではないか？　私たちが先人の夢を食べ尽くしてしまったのであれば，次の世代が取り組めるような，夢を生み出す責任もある．次なる青函トンネルや明石海峡大橋のような，夢のあるプロジェクトを育てたいと思う．

施工

高精度秒時電子雷管を用いて地盤振動と低周波音を低減

—新名神高速道路　箕面トンネル—

西日本高速道路(株)関西支社新名神大阪西事務所工事長　勘定　茂
(株)高速道路総合技術研究所道路研究部トンネル研究室　前田佳克
鹿島建設(株)関西支店箕面トンネル西工事事務所現場代理人　渕先弘一
鹿島建設(株)土木設計本部地下空間設計部設計主査　北村義宜

1 はじめに

新名神高速道路は，愛知県名古屋市から三重県，滋賀県，京都府，大阪府を経由して兵庫県神戸市に至る約174kmの高速道路である．名神高速道路や中国自動車道と適切な交通機能を分担し，渋滞緩和を図るとともにダブルネットワーク化による高速道路の信頼性を確保することで日本の産業・文化・社会経済活動の振興に大いに寄与することが期待されている．この路線は南海トラフ地震などによる激甚な災害時の代替路としての機能も有している．図-1に新名神高速道路の路線図を示す．

名神高速道路と接続する高槻JCT(仮称)から中国自動車道，山陽自動車と接続する神戸JCT間の40.5kmは，大阪府北部の高槻市，茨木市，豊能(とよの)町，箕面(みのお)市および池田市を経て兵庫県川西市，猪名川(いながわ)町，宝塚市および神戸市に至る，大阪府域19.5kmおよび兵庫県域21kmの区間である．

道路構成は土工が12.5km，橋梁が11.2km，トンネルが16.8kmとなっており，山間部をおもに通過することから，トンネルが約42%と大半を占める．

各トンネル工事においては，周辺環境に配慮し

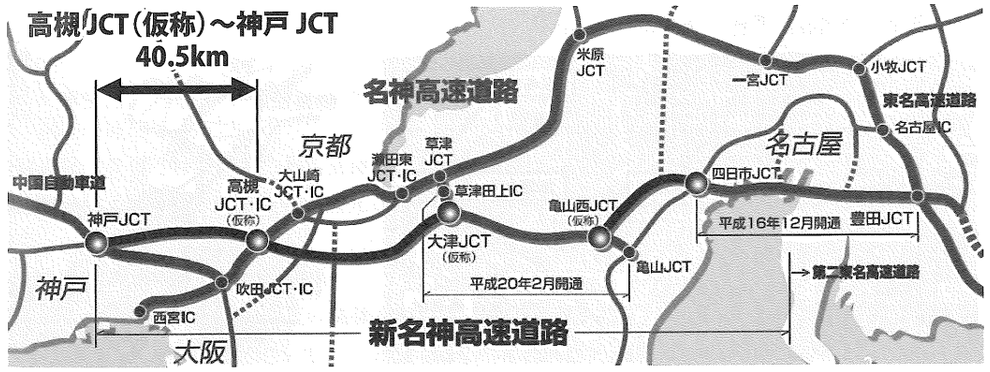


図-1　新名神高速道路の路線図

ながら工事を進めているが，住宅地などが近接しているトンネルでは，環境影響の緩和を目的として制御発破を実施している．このうち箕面トンネル西工事では，坑口と住宅地が近接していることから，発破時に発生する地盤の振動や低周波音が住宅地に及ぼす影響を低減させることを目的として，高精度秒時電子雷管を用いた制御発破を採用している．発破時に住宅地内で振動や騒音を計測した結果，起爆秒時間隔を適切に制御することで地盤振動や低周波音を効果的に低減できるだけでなく，近隣家屋における建具のがたつきも抑制できることがわかったので，本稿ではこれらの結果について報告する．

2　箕面トンネル西工事の概要

2-1　全体工事概要

箕面トンネルは新名神高速道路(高槻JCT・IC(仮称)～神戸JCT，全長40.5km)のうち，大阪府箕面市北部を東西に横断する全長約5kmの2車線双設道路トンネルである．箕面トンネル西工事では，このうち西側約2.5kmを施工している(図-2参照)，本工事の諸元と工事概要を表-1に示す．

2-2　トンネル坑口と民家との近接状況

本工事は図-3に示すようにトンネル坑口と隣接民家との離隔が，上り線で85m，下り線で130mと近接しているだけでなく，上り線では坑口より約210m，下り線では坑口より約125mの位置から発破が必要となる硬岩が出現した．発破の開始位置が住宅地ときわめて近接しており，発破に伴って生じる地盤の振動と，騒音，低周波音がもたらす住宅地への環境影響を極限まで低減する必要があったため，高精度秒時電子雷管を用いた制御発破により坑口に隣接する住宅地に対する発破振動，発破騒音の抑制を図りながら掘削を進めた．

3　高精度秒時電子雷管の特徴

箕面トンネル西工事で使用した高精度秒時電子雷管(図-4参照)の特徴を表-2に示す．この雷管を用いることで斉発薬量を1孔あたりの薬量にまで完全に分離することが可能となり，発破持続時間も現場で任意に調整できる．

なお，本雷管はNETIS登録済(登録No，KT-140090-A)であるため，雷管の詳細については，そちらを参照願いたい．

表-1　トンネル工事概要と諸元

工事名称		新名神高速道路箕面トンネル西工事
工事場所		大阪府箕面市下止々呂美
発注者		西日本高速道路(株)関西支社
施工者		鹿島建設(株)
工期		2012(平成24)年6月5日～ 2017(平成29)年6月8日
工事内容	トンネル掘削	上り線　2,510m，下り線　2,475m
	覆工コンクリート	上り線　2,577m，下り線　2,524m
	非常駐車帯	6か所
	避難連絡坑	3か所
道路規格		第1種第2級B規格
平面線形		直線～R2,500m
縦断勾配		2.0%
掘削断面積		76.2～99.0m^2
内空断面積		73.4m^2

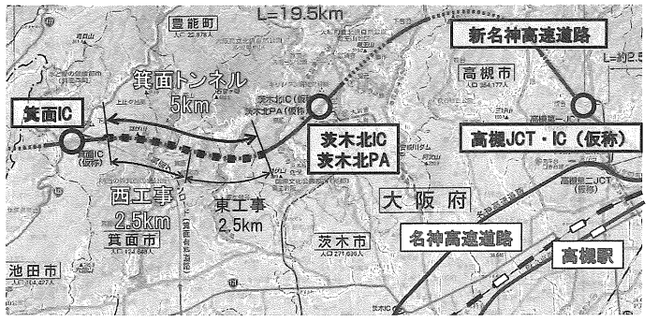


図-2　箕面トンネル西工事の位置図

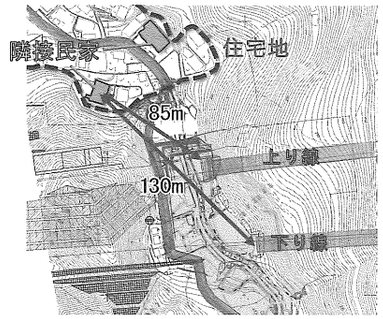


図-3　トンネル坑口と住宅地の位置関係

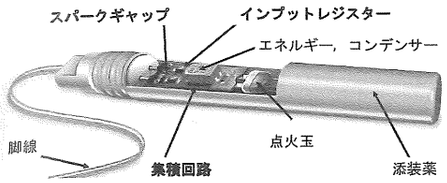


図-4　高精度秒時電子雷管の構造

表-2　高精度秒時電子雷管の特徴

起爆秒時	1ms刻みで0～20sまでの起爆秒時を任意に設定可能
最大段発数	500段
秒時精度	設定起爆秒時±0.01%
秒時差/発破順序	専用スキャナにより雷管固有のIDを読み取ることで，任意の秒時差，発破順序の設定が可能
結線作業	雷管脚線端末のプラスチック製コネクタをハーネスワイヤーに挟み込むことにより結線作業が完了
起爆信号	専用発破器からの信号のみに反応 迷走電流，静電気による誤爆なし

4　高精度秒時電子雷管の特性検証

本工事では下り線の掘削が上り線より先行したため，まず下り線にて秒時間隔をパラメータとした試験発破を実施し，振動，騒音および低周波音を計測した．また，これらの計測結果をもとに住環境に与える負荷と秒時間隔の関係を検証した．

4-1　試験発破の概要

(1)　計測位置と計測目的

下り線の坑口よりおよそ120m入った位置から試験発破を実施した．試験発破時に設定した計測点はヤード内6か所(A～F)と住宅地内5か所(G～K)の合計11か所である(図-5参照)．なお，各計測点では表-3に示す評価を行うことを目的として，騒音，低周波音および振動速度を計測した．

(2)　試験発破諸元

今回の試験発破では3種類の秒時間隔に対して2回の発破を実施した．試験発破の諸元を表-4に示す．

4-2　秒時間隔と振動速度の関係

発破位置からの距離と振動速度の関係を秒時間隔ごとに整理し，旭化成の式[1]を用いてK値を求めた結果を図-6に示すが，秒時間隔を変えてもK値に有意な差はなかった．図-7には，もっとも近距離のG点における振動波形を高速フーリエ変換にて周波数ごとにパワースペクトルを分析した結果も示しているが，各秒時ともに設定した秒時の逆数(のn倍)に卓越周波数が表れている．起振の周波数と卓越周波数が一致していることから，今

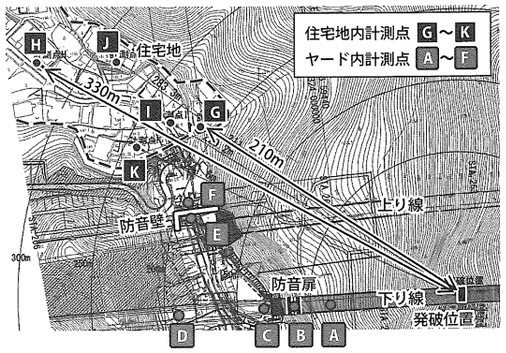


図-5　発破位置と計測点(下り線試験発破)

表-3　計測位置と評価目的(下り線試験発破)

位置	計測項目	計測点番号	評価目的
ヤード内	騒音 低周波音	A	坑内距離減衰
		B	防音壁による減衰
		C	防音壁による減衰
		D	坑外距離減衰
		E	坑外距離＋回折減衰
		F	防音壁減衰
住宅地	騒音 低周波音 振動速度	G	坑外距離減衰 地盤振動特性
		H	
		I	
		J	
		K	

表-4　試験発破諸元(下り線試験発破)

試験回数	秒時間隔	孔数	最大斉発薬量	総装薬量	持続時間
1回目	一律30ms	72	0.6kg	35.0kg	2.26秒
2回目		72	0.6kg	24.3kg	2.26秒
3回目	孔間7ms 段間28ms	73	0.6kg	22.8kg	0.68秒
4回目		63	0.6kg	23.4kg	0.68秒
5回目	一律17ms	68	0.6kg	24.6kg	1.14秒
6回目		64	0.6kg	14.7kg	1.07秒

※奇数回は昼間，偶数回は夜間に試験発破を実施した

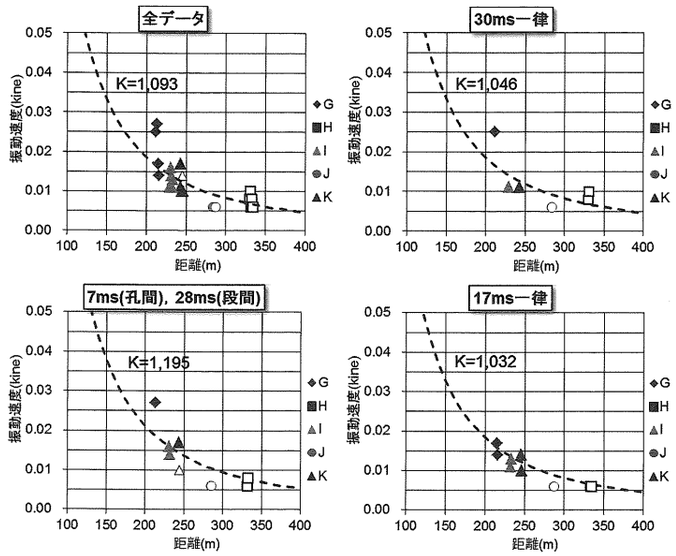


図-6　秒時間隔に応じたK値の推定結果

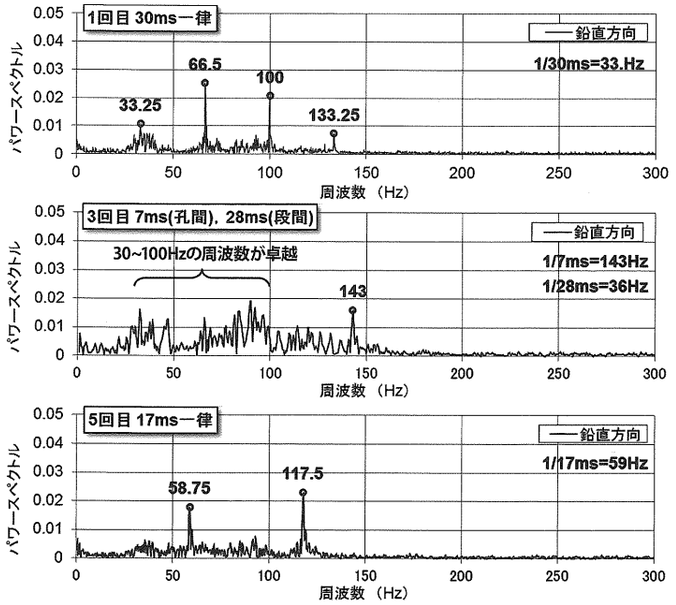
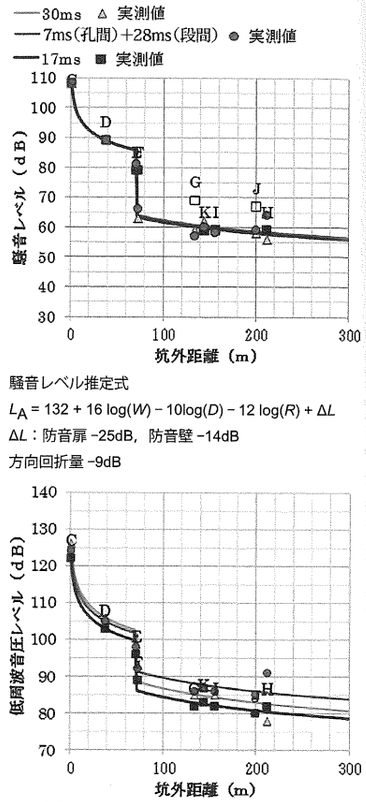


図-7　振動波形のパワースペクトル解析結果



騒音レベル推定式

$L_A = 132 + 16\log(W) - 10\log(D) - 12\log(R) + \Delta L$

ΔL：防音扉 −25dB，防音壁 −14dB

方向回折量 −9dB

低周波音レベル推定式

$L_C = 131 + 7\log(W) - 12\log(D) - 28\log(R) + \Delta L$

ΔL：防音扉および防音壁は秒時間隔に依存

方向回折量 −4dB

図-8　秒時間隔別の坑外距離と騒音および低周波音レベル

回使用した電子雷管の秒時精度がきわめて高く，短い秒時間隔を設定しても確実に斉発が分離されていることがわかった．

4-3　秒時間隔と騒音・低周波音の関係

坑外距離と騒音レベルおよび低周波音圧レベルの関係について秒時間隔ごとにグラフ化した結果を図-8に示す．同図には，一般的に騒音，低周波音の予測に用いられる船津式[1]の諸値と今回の測定結果から同定した予測線も示している．同図からも明らかなように，秒時間隔を変えても騒音レベルに明確な差は生じなかったが，低周波音圧レベルに関しては秒時間隔を一律17msとした場合が住宅地における環境影響の低減にもっとも有利であることがわかった．なお，船津式のA値に相当する値を算定した結果，騒音・低周波音とも131～132dBとなった．騒音レベルはDS雷管（A＝130dB）とほぼ変わらない値であるが，低周波音

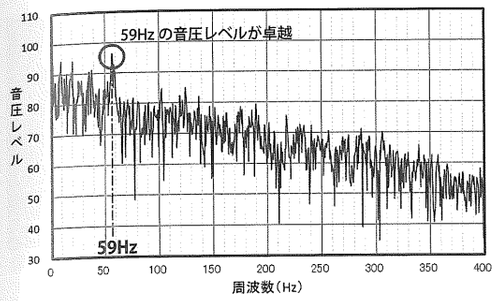


図-9　音圧レベルのスペクトル解析結果（秒時間隔17msとした際の計測結果）

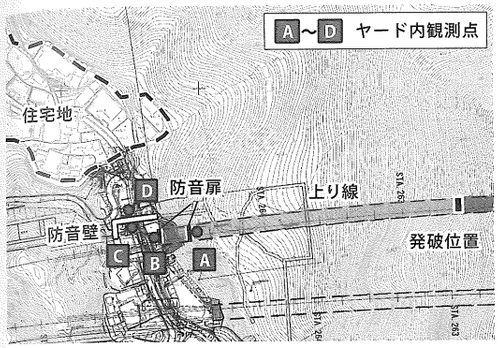


図-10　発破位置と低周波音の観測点

圧レベルはDS雷管（A＝141dB）よりも約10dB低い値が得られている．

近隣住民からヒアリングを行った結果からも，秒時間隔を一律17msとした発破の印象がもっともよく，計測結果と人間の体感が整合した．この原因は，秒時間隔を短くすることで低周波音圧レベルの中で卓越する周波数が高くなり，距離に対する減衰効果が得られやすくなったこと，発破持続時間が短くなったことによる心理的な不安感が和らいだことによると考えられる．

4-4　秒時間隔により低周波音レベルに違いが生じた原因に関する考察

秒時間隔を一律17msとして発破した際に坑内で計測した音圧レベルをスペクトル解析した結果を図-9に示す．この結果より，秒時間隔17msの逆数である59Hz（≒1,000ms/17ms）の音圧レベルが卓越していることが確認できる．

ここで防音設備による周波数別の減音効果を調べるため図-10に示す位置にて発破を行い，周波

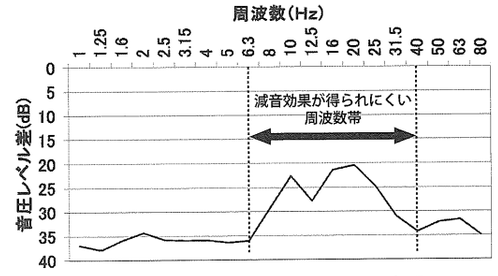


図-11　防音扉による周波数別減音量

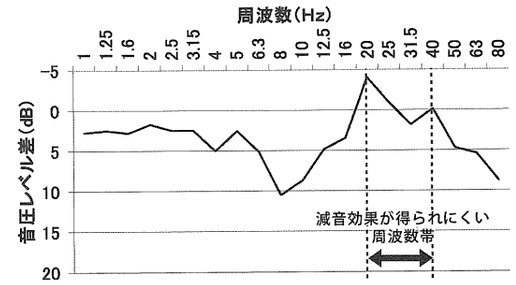


図-12　防音壁による周波数別減音量

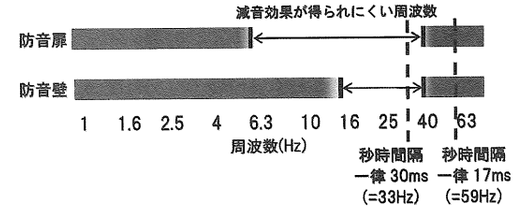


図-13　防音設備による減音効果が得られにくい周波数帯と低周波音が卓越する周波数の関係

数別の低周波音圧レベルをヤード内の観測点（A～D）で計測した．なお，観測点A～B間には防音扉，観測点C～D間には防音壁が介在している．

観測点AとBの差分により防音扉による周波数別の減音効果を，観測点CとDの差分により防音壁による周波数別の減音効果を算出した結果を図-11, 12にそれぞれ示す．同図から防音扉は6.3～40Hz，防音壁は20～40Hzの周波数域で減音効果が得られにくいことがわかった．

これは，秒時間隔を一律30msとすれば，33Hz（≒1,000ms/33ms）付近における音圧レベルが卓越することで，防音扉および防音壁による減音効果が得られにくくなる一方，59Hz（≒1,000ms/17ms）付近はいずれも十分な減音効果が得られる周

波数域にあることに起因すると考えられる(図-13参照).

このため防音設備の減音性能を十分に生かす点において高精度秒時電子雷管により秒時間隔を一律17msとする発破は優位であり，周辺の住環境への影響も軽減されることがわかった.

5　低周波音に起因する近隣住宅の建具がたつきに関する考察

本工事では段発電気雷管(DS雷管)を用いて発破しても地盤の変位速度が0.03kine以下の完全な無感レベルとなる距離まで高精度秒時電子雷管の使用を継続した．これ以降は段発電気雷管を用いて掘進したが，爆薬の使用量が増加したことにより，近隣住宅の建具ががたつくとの苦情が寄せられた．このため，段発電気雷管と高精度秒時電子雷管を用いた発破を行い，このときに発生する低周波音を比較して建具ががたつく要因を検証した.

5-1　がたつきを調査した住宅と発破条件

上下線にて段発電気雷管と高精度秒時電子雷管による発破を行い，図-14に示す調査対象住宅内で建具のがたつきを体感するとともに，対象住宅の庭地にて低周波音を計測した．このときの発破諸元を表-5に示す.

5-2　建具がたつきの調査結果

対象家屋内で建具のがたつきを体感した結果，表-6に示すように上り線にて段発電気雷管を用いたときのみ建具のがたつきが発生し，高精度秒時電子雷管を用いた際には，いっさい，がたつきは生じなかった．また，下り線で段発電気雷管を用いた場合も，がたつきは生じなかったが，これは坑口から調査対象住宅までの距離が上り線よりも長く，かつ下り線の坑口が上り線よりも奥まった位置にあるためと考えられる.

5-3　低周波音の計測結果と建具がたつきの原因

調査対象住宅の庭地にて周波数別の低周波音レベルを計測した．上り線の発破時に計測した結果を図-15に，下り線の発破時に計測した結果を図-16にそれぞれ示す．なお，これらの図には参考のため，『低周波音問題対応の手引書』[2]に示される物的苦情に関する参照値(以下，「環境省参照値」と称する)も示している.

高精度秒時電子雷管は段発電気雷管と比較して，低周波音圧レベルのピークが現れる周波数が高周波側に移行しており，物的苦情に関する環境省参照値も下回っている．一方，上り線にて段発電気雷管を用いて発破した際には，10～20Hzの周波数帯で80dBを超える比較的大きな低周波音が観測された(図-15参照)が，下り線の発破時には80dBを超える低周波音は生じなかった(図-16参照)．このため，10～20Hzの周波数帯で80dBを超える低周波音が発生すれば建具ががたつくと推定し，上り線で用いる雷管を高精度秒時電子雷管に変更して掘削を続けたところ，建具のがたつきが発生しなくなった.

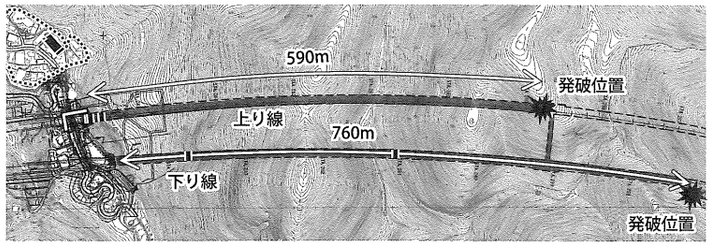


図-14　がたつき調査対象家屋

表-5　発破諸元(建具のがたつき検証時)

発破回数	発破位置	坑口からの距離	使用雷管	総装薬量
1回目	上り線	570m	段発電気雷管	42.8kg
2回目		593m	段発電気雷管	72.5kg
3回目		594m	高精度秒時電子雷管	71.0kg
4回目	下り線	756m	段発電気雷管	75.3kg
5回目		757m	高精度秒時電子雷管	38.4kg

表-6　建具がたつきの調査結果

発破回数	発破位置	使用雷管	建具がたつき調査結果
1回目	上り線	段発電気雷管	激しくがたつく
2回目		段発電気雷管	ややがたつく
3回目		高精度秒時電子雷管	がたつかない
4回目	下り線	段発電気雷管	がたつかない
5回目		高精度秒時電子雷管	がたつかない

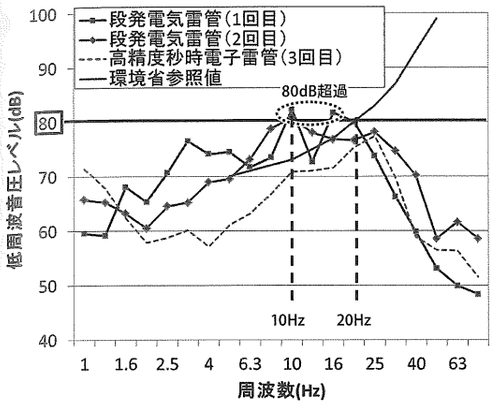


図-15　上り線発破時の低周波音圧レベル

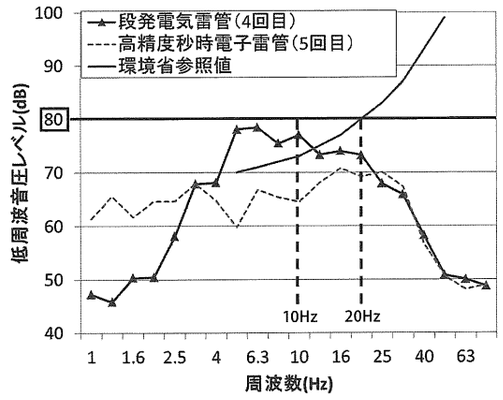


図-16　下り線発破時の低周波音圧レベル

6　段発電気雷管と高精度秒時電子雷管による低周波音特性の違い

6-1　音圧レベルがピークとなる周波数

本工事では発破時の低周波音による近隣住宅の建具がたつきを抑制するため，高精度秒時電子雷管を継続して使用した．およそ100m掘進するごとに段発電気雷管を用いた試験発破を実施し，住宅地に伝播する低周波音の特性が高精度秒時電子雷管の使用時とどのように異なるかについて検証を行った.

図-17,18は，上り線にて段発電気雷管と高精度秒時電子雷管を用いて発破した際に発生した周波数別の低周波音圧レベルを，調査対象住宅の庭地にて計測した結果を示している.

図-17の平均値より段発電気雷管の音圧レベルは4Hzにてピークが現れていることがわかる．これは，段発電気雷管の秒時間隔が250msであるため，1,000ms/250ms＝4Hzにおける音圧が最大となったものと考えられる．一方，高精度秒時電子雷管の秒時間隔は17msに設定して発破を継続しているが，図-18の平均値に示すように4～16Hzの領域でおおむね一定の音圧レベルを示しており，明瞭なピークは現れないことがわかった.

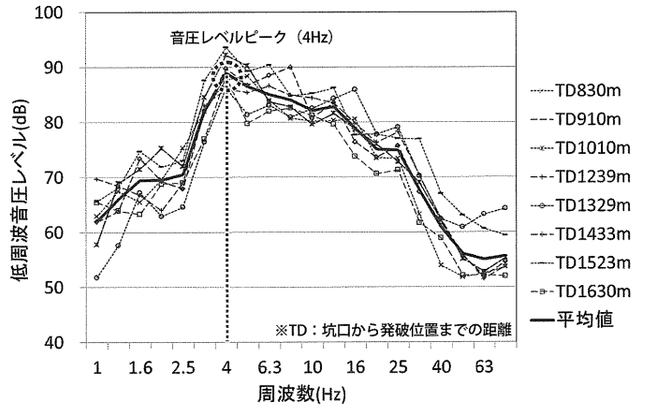


図-17　段発電気雷管の使用時の低周波音圧レベル

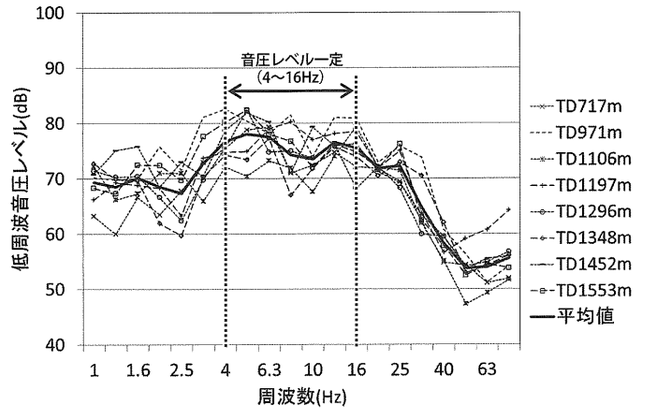


図-18　高精度秒時電子雷管使用時の低周波音圧レベル

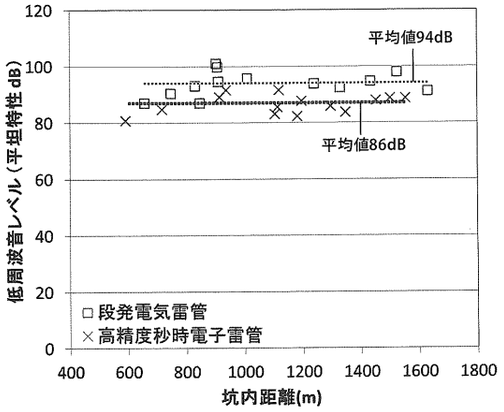


図-19　雷管別の坑内距離と低周波音圧レベル(平坦特性)

6-2　距離減衰特性と低周波音レベルの差

低周波音レベルの大きさは一般に以下の船津式[1]で表される．定点で観測する場合は総装薬量Wと坑外距離Rに支配され，坑口から発破位置までの距離(坑内距離)に依存しないとされている．

$$L_c = A + 7\mathrm{Log}(W) - 20\mathrm{Log}(R) + \Delta L \quad (1)$$

L_c　：低周波音レベル(dB)
A　：雷管固有の設定値(dB)
W　：総装薬量(kg)
R　：坑外距離(m)
ΔL　：減衰補正量(dB)

図-19は坑口から発破位置までの距離に応じた低周波音レベル(平坦特性)を雷管別に示している．総装薬量の平均値は段発電気雷管で80kg，高精度秒時電子雷管で76kgとおおむね同等である．同図よりトンネルの進捗に応じた音圧レベルの低下は確認できないことから，坑内距離による減衰は生じにくいことが裏づけられる．また，低周波音レベル(平坦特性)の平均値は段発電気雷管で94dB，高精度秒時電子雷管で86dBとなっていることから，高精度秒時電子雷管の使用により低周波音レベルを8dB程度低減できることもわかった．

7　おわりに

本工事では発破位置と住宅地とが近接しており，発破に伴う地盤の振動や低周波音が周辺の住環境に悪影響を与えることが懸念された．このため，高精度秒時電子雷管を用いて，短い秒時間隔で1孔ずつ発破することで，発破振動を抑制するとともに，振動，騒音のモニタリングと近隣住民へのヒアリングの定期的な実施を通じて，住民の体感や家屋内での状況を適宜発破に反映した．この結果，住宅地の地盤振動を無感レベルまで抑制できただけでなく，起爆秒時間隔の調整による地盤振動のさらなる抑制と低周波音の低減を実現できた．

住宅地と近接する位置に坑口を設けてトンネルを掘削する場合，発破時に発生する地盤の振動や低周波音が原因となって近隣住民から苦情を受けると，工程の遅延を招くだけでなくトータルコストの上昇にもつながる．高精度秒時電子雷管を用いた制御発破は，一般的な段発電気雷管と比較して高価であるものの，発破に起因する苦情を未然に回避できるだけでなく，従来は環境影響により機械掘削を余儀なくされていた坑口部の施工において昼夜での発破施工を早期に実施することが可能となるため，トータルコストを縮減できる有用性の高い技術である．

参考文献

1) 日本火薬工業会：あんな発破こんな発破　発破事例集，2002.
2) 環境省：低周波音問題対応の手引書，2004.

建設工事の地質診断と処方
石井康夫・矢嶋壮吉 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



長州の古刹「大寧寺」より　長門・俵山道路

渡邉　博

大寧寺(たいねいじ)は山口県の西北部，長門市の市街地から南に約5kmに位置する．長門湯本温泉のシンボルで，「西の高野山」とも呼ばれる応永17(1410)年に建立された曹洞宗の古刹である．

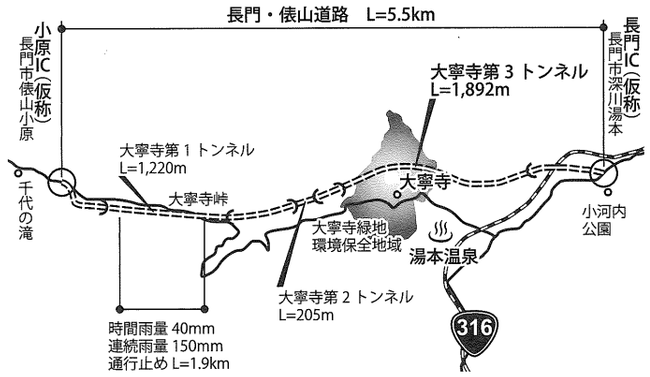
平安時代より連綿として栄えた大内家当主・大内義隆公は，天文20(1551)年に突如，重臣・陶隆房の謀反により山口を追われ，大内氏の香華寺である大寧寺に逃れ，重臣とともに自刃し，寺も焼失(大寧寺の変)，大内家は31代にして断絶した．主従の墓は裏山の遊仙窟に眠る．本堂はその後，毛利家の庇護を受けて再建された．寛永17(1640)年，火災により本堂，山門などが焼失．延宝5(1677)年に益田家により山門が再建され，文政12(1829)年に衆寮を建替え，増改築によって本堂も再建された．本堂の前に立つと謀反に敗れた戦国大名の無念さを凛とした佇まいの中に感じる．



大寧寺

長門湯本温泉は，音信川(おとずれがわ)沿いに大規模な温泉旅館が林立し，山口市の湯田温泉と並び，山口県を訪れる観光客の主要な宿泊地となっている．開湯は応永34(1427)年である．大寧寺の住職が発見した．住吉大明神のご神託によって発見したとされる．開湯時に発見された泉源は現在も湧出し，所有も大寧寺のものである．湯につかりながら，せせらぎや鳥のさえずりに耳を澄ます時間は，私にとっても最高のリフレッシュのひとときである．

一般国道491号は，下関市を起点とし，山口県北西部地域の内陸部を通過し長門市に至る延長約50kmの主要な幹線道路である．このうち，一般国道491号長門・俵山道路は，長門市俵山小原から長門市深川湯本に至る延長5.5kmの自動車専用道路で，山陰地方の高規格幹線道路網の一部を形成し，並行する一般国道491号や主要地方道下関長門線などの要防災対策箇所，事前通行規制区間の解消，俵山地区の災害時の孤立回避，救急医療活動の支援など，地域の安全・安心の確保を目的とする．



位置図

本工事は，長門・俵山道路で計画された3本のトンネルの中でもっとも長く，2工区に分けられた大寧寺第3トンネル(1,829m)を北側(長門市側)から掘削(1,224m)する工事である．本年4月に坑口付けを行い，平成29(2017)年10月の到達を目指し鋭意掘削中である．無事故で到達を迎えるべく力を合わせ邁進している．

(飛島建設(株)大寧寺トンネル作業所所長)

土木情報 No. 519 今月の主な入札結果

（7月10日～8月9日）

事業主体	工事名	請負会社	請負額 単位百万円
北陸農政	加治川用水農業水利事業加治川右岸幹線用水路（その３）	真柄建設	301.6
北海道開発局	旭川紋別道遠軽町野上西函渠	丸田組	2,190
〃	勇払東部（二期）農業水利事業厚幌導水路隧道工建設	宮坂建設工業	339.5
近畿地整	岩中地区樋門他整備	巴建設	146.35
〃	ぬたり樋門築造他整備	渋谷組	196.1
鉄道・運輸機構	中央新幹線，中央アルプスT（山口）	鹿島・日本国土・吉川JV	13,795.99
東日本高速道路	東京外かく環状道路大泉南	大成・飛島・大豊JV	50,500
中日本高速道路	新東名高速川西	清水・岩田地崎JV	21,140
〃	〃　高松T	清水・ピーエス三菱・岩田地崎JV	23,699.85
〃	東名高速大和T拡幅	西松建設	3,432.87
西日本高速道路	舞鶴若狭道綾部	青木あすなろ建設	3,782
福島県	R118・（仮称）鳳坂T	大林組	5,730
茨城県	28国補地道第285-1号，道路横断函渠新設	株木・クボタ総建JV	1,165
都・水道局	小平市天神町三丁目地内から同市花小金井南町三丁目地先開導水管（2600㎜）及び外１か所送水管（2000㎜）用立坑築造	鹿島・須山JV	2,049.1
〃	渋谷区千駄ヶ谷二丁目地先から新宿区霞ヶ丘町地先間配水本管（1100㎜）移設	大成建設	1,620
都・交通局	浅草線東日本橋駅～浅草橋駅間T長寿命化	化工建設	123
新潟県	県営ため池等整備事業（用排水・小規模）吉井地区推進工第３次	植木組	214
鳥取県	R482（つく米BP）わかさ氷ノ山T	鴻池・青木あすなろ・栗山JV	2,508
岡山県	県道新見勝山線公共道路月田本T（仮称）	大本・中村JV	1,368
山口県	島田川工業用水道建設事業導水T	成長・共同・大海JV	1,044.14
長崎県	一般県道奥ノ平時津線道路改良（〈仮称〉久留里T）	西松・三基・錦JV	5,034.39
東京都都市づくり公社	町田市公下小川1-2号雨水幹線	古久根・東邦JV	662.68
前橋市	天川ポンプ場圧送管地震対策（国ポ地震第１号）	宮下・泉野・大島JV	848
熊谷市	H28別府排水区下水道	田部井建設	246.7
鴻巣市	西部第３排水区雨水整備事業雨水幹線管渠築造（H28）	和光建設	205.59
富士見市	新河岸川第５排水区別所雨水幹線築造（第２工区）	島田建設	150.64
船橋市	木戸川右岸第二排水区管渠築造	福田・高根JV	806.4
市原市	蕗原中央幹線管渠築造	進和建設	220
横須賀市	10工区上町・下町BP管築造	戸田・あおみ・花和JV	3,730.11
伊勢原市	H28雨水矢羽根第1-1幹線整備	日翔建設	100.2
名古屋市	中村中部雨水調整池流入管下水道築造	ノバック	248.9
吹田市	吹田市公下事業雨水レベルアップ整備中の島・片山第１工区	大成・橋本・エフワイJV	3,377.3
広島市	筒瀬T（仮称）建設	錦建設	984.5

施工

分岐部大断面のトンネル掘削と覆工コンクリートへの取組み

—国道178号浜坂道路　余部トンネル—

兵庫県但馬県民局新温泉土木事務所浜坂道路第２課長　長央貴晴
兵庫県県土整備部土木局道路街路課街路班（市町道担当）主任　芝本芳生
大成建設・竹中土木・窪田工業・ソネック特別共同企業体作業所長　市橋勝行
大成建設・竹中土木・窪田工業・ソネック特別共同企業体工事課長　畑山昌之

1　はじめに

国道178号浜坂道路は，兵庫県美方郡香美町余部と新温泉町浜坂を結ぶ9.8kmの自動車専用道路である．京都府宮津市から兵庫県但馬北部を経由し，鳥取県の山陰自動車道に至る山陰近畿自動車道（延長約120km）の一区間として，2008（平成20年）度から事業着手されている（図-1）．

本工事では，浜坂道路の起点に位置する余部トンネル1,255mを施工し，引続き新桃観トンネル（東工区）388mの施工を行う（写真-1）．余部トンネルの起点側坑口から54m間はインターチェンジへの分岐車線を含む3車線断面で，掘削断面積が上下半192m²（インバートまで含めると245m²）の大断面となっている．

本稿では，この大断面DIII-L3パターンの施工（トンネル掘削および覆工コンクリート）における課題と対応について報告する．

2　大断面区間の地形・地質概要

地質は，新生代新第三紀の豊岡累層（砂岩，泥岩，礫岩およびこれらの互層）である．トンネルは尾根部の右側斜面に進入するかたちになっており，トンネル左側から偏土圧を受ける地形になってい

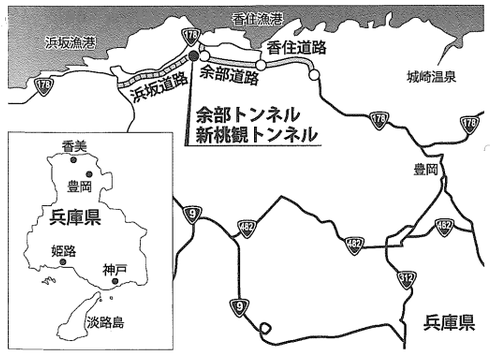


図-1　現場位置図

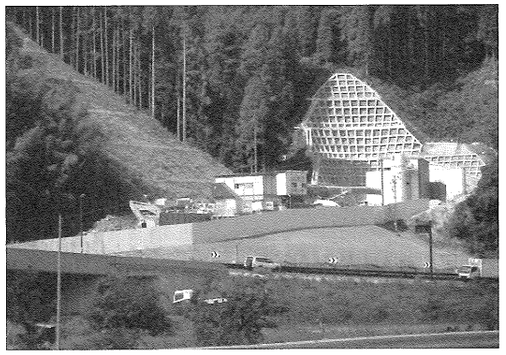


写真-1　仮設ヤードの状況（手前が供用中の余部道路）

る(当該右側斜面に，ソイルセメントによる人工地山を盛土してからトンネル掘削を施工する設計)．

大断面区間は，風化が進行したD級から比較的硬質なCH級岩盤で，水平ボーリング孔(L＝75m)から30～50L/minの湧水が発生していた．

3　設　計　概　要

大断面DⅢ-L3パターンの設計概要は次のとおりである．

3-1　トンネル掘削

①　最初に中央導坑を施工し(図-2，写真-2, 3)，

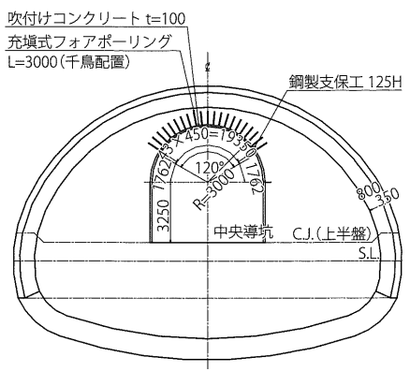


図-2　中央導坑支保パターン図

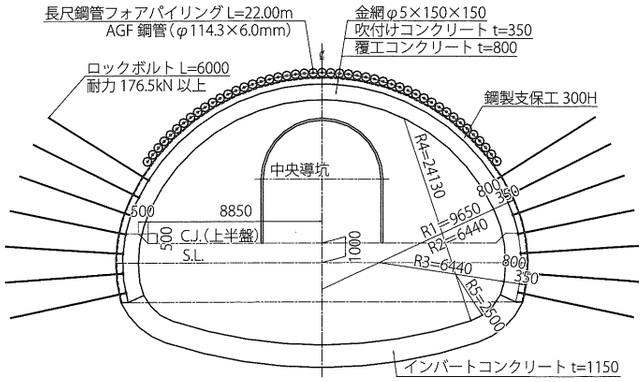


図-3　DⅢ-L3支保パターン図

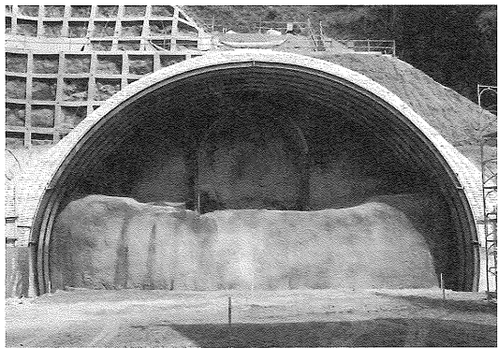
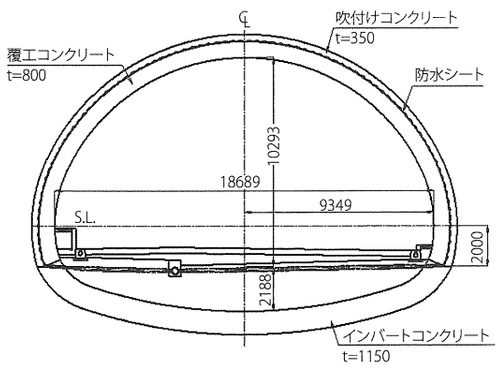


写真-2　坑口付け完了



写真-3　地山状況(中央導坑掘削時)



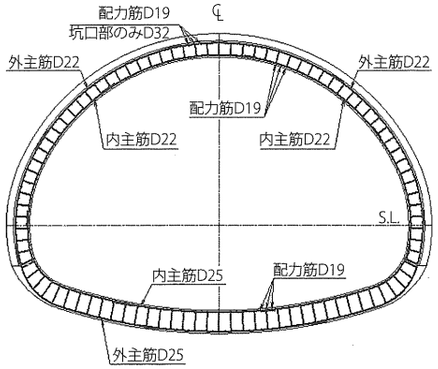


図-4　DⅢ-L3覆工コンクリート断面図・配筋図

その後拡幅掘削(図-3)．

②　鋼製支保工がH-300×300，吹付け厚35cm．

③　右アーチ部分において人工地山を掘削(坑口から約20m間)．

3-2　覆工コンクリート

①　覆工厚80cm(図-4)．

②　主筋がD22，200㎜ピッチのダブル配筋．

③　設計基準強度30N/㎟，スランプ15cm，高炉セメントB種．

4　施工上の課題

上述の設計に対して，現場の周辺環境への配慮を含めた施工上の課題をトンネル掘削と覆工コンクリートに分けて述べる．

4-1　トンネル掘削

中央導坑，大断面DⅢ-L3パターンともに，施工上あるいは材料運搬上の問題から鋼製支保工の加背割りを見直す必要があった．中央導坑は全断面2分割で鋼製支保工が設計されており，狭隘な空間での切羽への運搬，切羽での建込みが困難になることが想定された．

大断面DⅢ-L3パターンについては，上半の鋼製支保工が，原設計の寸法形状では通常の大型車両で運送できない問題があった．さらに，この上半の鋼製支保工はH-300×300であり，長尺であることから通常の油圧ホイールジャンボ，支保工エレクタでは建込みができない問題もあった(重量と把持装置の問題)．

坑口から20～30m間は，人工地山と固結度の低い砂岩が続くため，掘削面の自立性が悪いものの機械掘削が十分可能と予測された．しかし，それ以降は一軸圧縮強度が20,000～35,000kN/m²の砂岩あるいは砂岩優勢互層が続くため，発破掘削に変更する必要があった．坑口の脇105mのところに民家があるため(図-5)，発破掘削時の騒音・振動・低周波音対策が課題となった．

工事の発注時に規定された，当該民家における騒音・振動・低周波音の管理目標値は表-1のとおりである．

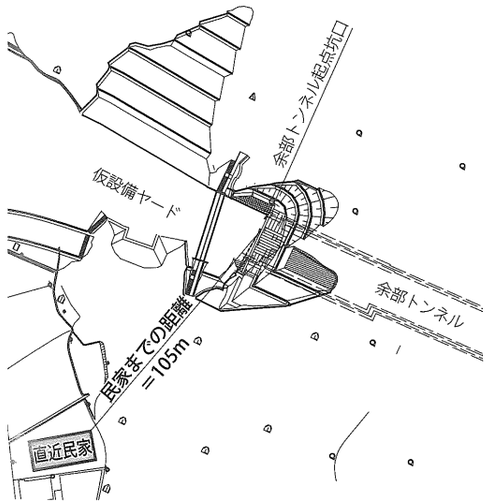


図-5　坑口付近の民家位置図

表-1　発破時の騒音・振動・低周波音の管理目標値

項　目	管理目標値(dB)	
	昼間	夜間
騒　音	100	70
低周波音	130	100
振　動	79	64

火薬学会の提言値より

4-2　覆工コンクリート

当地は日本海が近く冬季の風雪も厳しいことから，凍害・塩害による坑口付近の覆工コンクリートの経年劣化が懸念された．さらに大断面で覆工厚80cmのコンクリートであるため，通常の覆工コンクリートに増してひび割れ抑制が課題となった．本工事と別の工事ではあるが，大断面覆工コンクリートのひび割れ指数を求めたところ0.82だった実績があり(大成建設(株)の実績)，本工事

表-2　標準的なひび割れ発生確率とひび割れ係数(安全係数)

対策レベル	ひび割れ発生確率(%)	ひび割れ指数(安全係数)
ひび割れを防止したい場合	5	1.85以上
ひび割れの発生をできる限り制限したい場合	15	1.40以上
ひび割れの発生を許容するが，ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合	50	1.00以上

土木学会2012年制定コンクリート標準示方書［設計編］より

でも1.0を下回ることが想定された．土木学会標準示方書［設計編］では，ひび割れを防止したい場合にはひび割れ指数を1.85以上と規定している(表-2)．

以上のように，坑口に位置する大断面の覆工コンクリートのひび割れ抑制対策が本工事施工上の課題となった．

5　課題への対応(トンネル掘削)

5-1　加背割りの変更

5-1-1　中央導坑

鋼製支保工の加背割りを図-6のように，当初2分割だったものをS.L.にも継手板を設けて4分割に変更した．上下半に分割したものの，補助ベンチは付けず全断面で掘削した．

建込みは次の手順で施工した．

① 上半の鋼製支保工を切羽に運搬後，天端部の継手板を接合し上半位置まで持上げ(油圧ジャンボ使用)．

② 下半鋼製支保工を，持上げた上半の鋼製支保工下方に運搬し，左右各々の継手板で上下半を接合．

③ 切羽での鋼製支保工組立て完了後，所定の位置に建込み．

切羽での作業時間が20分以上に及ぶため，安全確保のため掘削ごとに鏡吹付けコンクリート(t=3 cm)を施工した．

5-1-2　大断面DⅢ-L3パターン

上半の鋼製支保工について，原設計の寸法形状では通常の大型車両で運送できないため，上半を2分割し，上半・中半・下半の加背割りに変更した(図-7)．

変更当初は，上半と中半を補助ベンチ付き掘削の要領で施工するように考えたが，素掘りの切羽での作業時間長期化を避けるため上半掘削後に中半を掘削することとした(その後下半掘削)．

中央導坑が先進しているものの，鏡面の面積が広く層状の砂岩から岩塊がしばしば崩落する状況

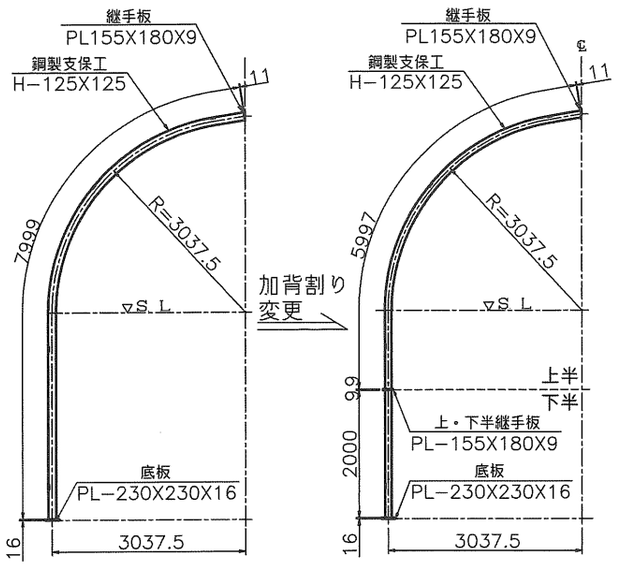


図-6　中央導坑鋼製支保工加背割り変更図

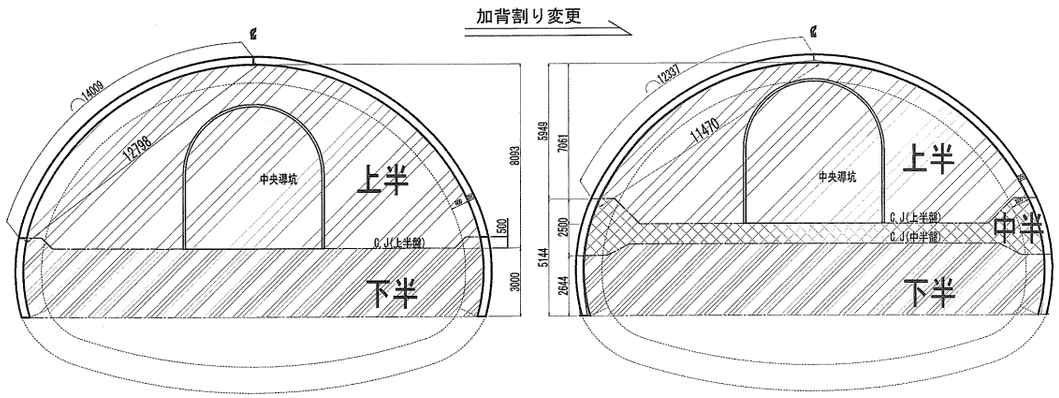


図-7　DⅢ-L3パターン鋼製支保工加背割り変更図

が認められたため，作業の安全確保のため鏡吹付けコンクリート(t=5 cm)を掘削ごとに施工した．

5-2　鋼製支保工H-300×300の建込み可能な支保工エレクタの新作

汎用している支保工エレクタや油圧ホイールジャンボで鋼製支保工を建込む場合，通常は

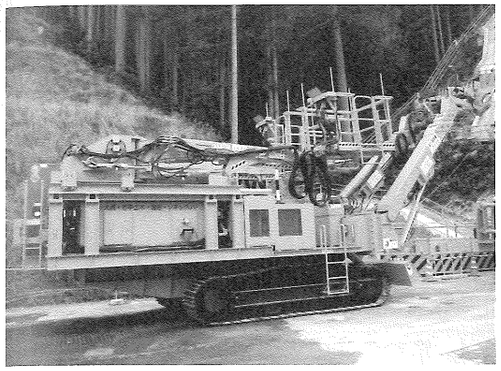


写真-4　新作した支保工エレクタ



写真-5　コンクリート2層式防音扉と坑口付近の状況

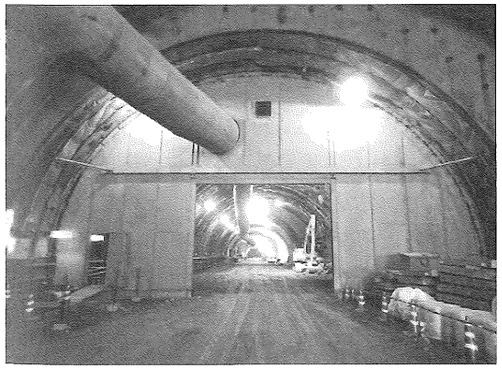


写真-6　断面変化点に設置したグラスウール式防音扉

H-200×200(大きくてもH-250×250)が最大である．機械メーカーからも，大断面のH-300×300の建込みには重量の問題から油圧ホイールジャンボを使わないように忠告された．

そこで，本工事では鋼製支保工H-300×300の建込みが可能な支保工エレクタを新作した(写真-4)．通常のH-125×125鋼製支保工なども把持できるように製作し，大断面DⅢ-L3パターン以外の支保パターンでも当該エレクタを使用した．

5-3　大断面坑口にコンクリート2層式防音扉を設置

坑口の脇105mの位置で，発破騒音および低周波音の管理目標値(夜間)をクリアするのは難しいと思われたので，事前に発破時のシミュレーションを行った．

この結果も踏まえて，現在使われている防音扉の中でもっとも高性能なコンクリート2層式の防音扉を選定した．上下半で192m^{2}の大断面の坑口に，この構造の防音扉が使われるのはおそらく本工事が初めてである(写真-5)．

DⅢ-L3パターンの上半掘削が坑口から40m進んだ時点で，試験的に発破掘削を実施し，坑口から100mの民家で騒音などの測定を行った(防音扉設置済み，爆薬量15kg)．結果は低周波音が103dBで，これだけ夜間の管理目標値をクリアすることができなかった．

発破掘削を継続的に行うようになってからも測定を続け，作業時間の制限をしながら掘削を進めた．DⅢ-L3パターンの掘削が完了後，掘削断面が変わったところでグラスウール式防音扉を増設し(写真-6)，その後の発破掘削で当該管理値をクリアすることができた．増設した防音扉には，コンクリートパネルを設置することにより遮音性能の向上を図った．

6　課題への対応(覆工コンクリート)

大断面覆工コンクリートのひび割れ指数を改善するため，以下に述べる事項を計画・実施した．

6-1　低熱ポルトランドセメントの採用

原設計では使用するセメントは高炉セメントB

表-3　覆工コンクリートの配合

スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	粗骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m³)				
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	高性能AE減水剤 SP
18	4.5	50.0	51.1	175	350	899	869	$C\times0.65\%$

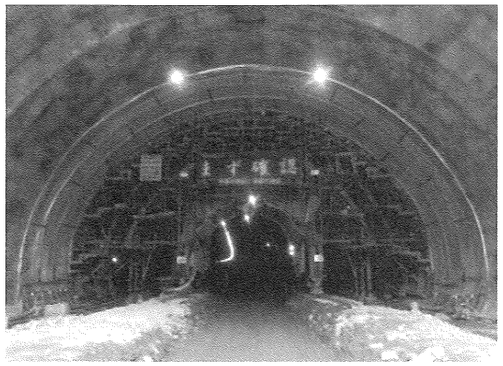


写真-7　アクアカーテン設置状況

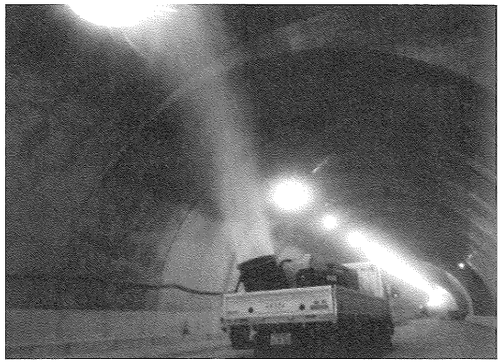


写真-8　ミスト噴霧状況

種だったが，これを低熱ポルトランドセメントに変更した(表-3)．

低熱ポルトランドセメントは高炉セメントB種に対して，水和発熱量が小さいためコンクリートの断熱温度上昇量が小さく，自己収縮も小さいという特長がある．

6-2　脱型後～材齢7日間の浸水養生

脱型してから材齢7日間は，アクアカーテン(コンクリート構造物の浸水養生システム)を使って浸水養生を実施した(写真-7)．アクアカーテンは，標準断面ではいったん組立てた設備を順次移動できるタイプがあるものの，大断面では移動式が作られていない．したがって，本工事においては移動の度に組立て・解体が発生した．覆工延長が長い場合には移動可能な浸水養生システムを新作することが必要である．

6-3　ミスト噴霧の継続による湿潤養生

材齢7日以降は，強度増進によるひび割れ防止と乾燥収縮の抑制を目的として，覆工コンクリート面の湿潤養生を行うこととした．平トラックにミスト噴霧機を搭載し，坑内の相対湿度をおおむね80%以上に維持できるようにした．低熱ポルトランドセメントが長期にわたって強度が増進する特性に対応するため，コンクリート打設後3か月以上湿潤養生を行った(写真-8)．

6-4　事前の室内実験により温度応力解析の入力データを決定

施工に先立って，実際に使用する低熱ポルトランドセメントで混練りしたコンクリートの硬化物性，発熱特性，自己収縮，熱膨張係数を測定した．この測定結果を使って後述する温度応力解析を行った．発熱および自己収縮を測定するために簡易断熱温度試験を実施し，硬化後物性として圧縮強度，ヤング係数，割裂引張強度を測定した．

測定結果を以下にまとめる．

① 簡易断熱温度試験結果から算出された断熱温度上昇量は，日本コンクリート工学会(以下，「JCI」)指針の推奨式とほぼ一致した(図-8,9)．したがって，コンクリートの断熱温度上昇特性は，打込み温度による断熱温度上昇量の違いも含めてJCI指針の推奨式を用いることにした．

② 測定結果から算出された自己収縮ひずみは，JCI指針の推奨式よりも大きい値になっていた．したがって，解析では図-10に示す自己収縮ひずみ(解析設定値)を用いることにした．

③ 表-4に熱膨張係数の測定結果を示す．この測定値を温度応力解析に用いることとした．これは，自己収縮ひずみを算出する際の温度ひずみの算出にも使用した．

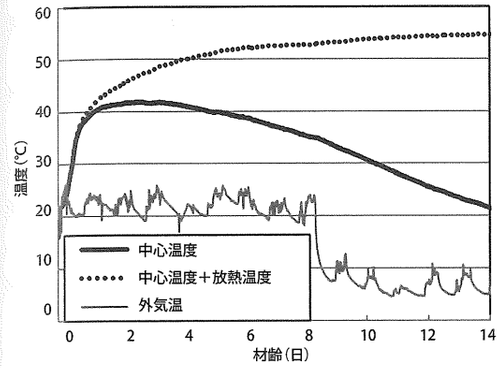


図-8　断熱温度上昇量の算出

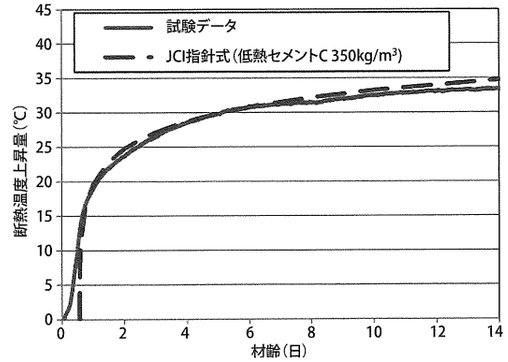
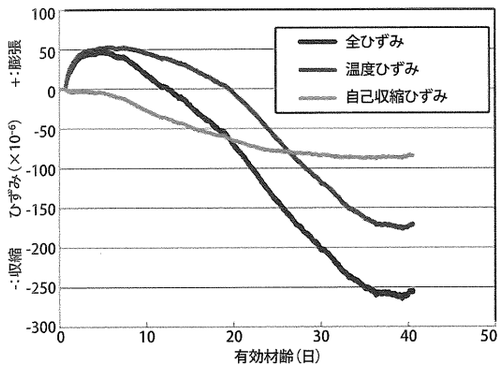


図-9　断熱温度上昇量



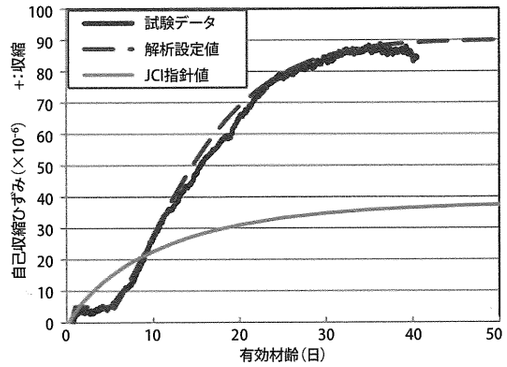


図-10　コンクリートの収縮ひずみの経時変化

表-4　コンクリートの熱膨張係数

	熱膨張係数 (×10⁻⁶/℃)
温度上昇時	6.57
温度降下時	7.20
平均	6.89

④ 圧縮強度，ヤング係数，割裂引張強度の試験結果は表-5のとおりである．

表-5　圧縮強度・ヤング係数・割裂引張強度試験結果

(有効)材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm²)	ヤング係数 (GPa)	割裂引張強度 (N/mm²)
3	5.31	12.9	0.689
5	6.72	15.6	0.904
7	9.65	17.1	1.304
28	41.00	30.2	3.767
56	51.90	31.6	4.189

6-5　3次元FEMによる温度応力解析を実施(ひび割れ指数の算定)

前述のデータをもとに3次元FEMによる温度応力解析を実施した．解析に用いたモデルを図-11に示す．覆工コンクリートは，中央断面を断熱境界とした1/2スケールをモデル化し，余掘り量は50mmを考慮した．

地山(吹付けコンクリート)と覆工コンクリートの間には防水シートを設置しているので，地山が覆工コンクリートを拘束しない条件とした．

解析結果から次のことがわかった．

① 夏期打設では，覆工コンクリート脚部の最小ひび割れ指数は1.44であり，ひび割れが発生する可能性がある．これに対して天端のひび割れ指数は1.85以上となっている．

② 秋期打設では，覆工コンクリート脚部の最小ひび割れ指数は1.83であり，ひび割れが発

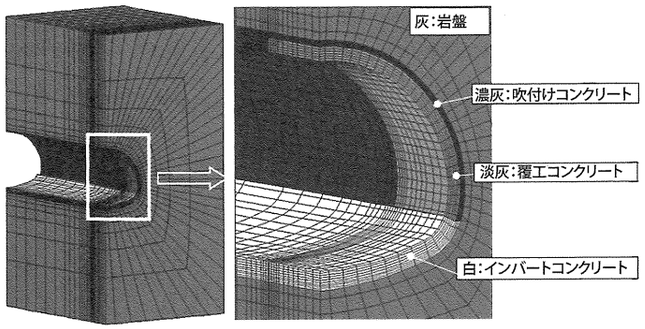


図-11　解析モデル図



写真-9　坑内現況

生する可能性があるが，その確率は非常に低い．

③　冬期打設では，覆工コンクリート脚部の最小ひび割れ指数は2.75であり，ひび割れが防止できると評価される．

ひび割れを防止する観点から，大断面部覆工コンクリートの打設は夏期を避け，秋期・冬期に施工するように工程管理を実施することとした．

6-6　初回打設時におけるひび割れ防止対策の効果の検証

初回のコンクリート打設は昨年９月１日に施工したが，ひび割れ防止対策を検証するために，覆工コンクリート断面の中央部に無応力計，ひずみ計，有効応力計を設置した．脚部については，トンネル軸方向のひずみ，応力を測定し，天端部については周方向のひずみを測定した．さらにひずみ計の設置箇所においてコンクリート温度の測定も行った．本計測結果をもとに，対策の効果とひび割れに関して再度評価を行った．まとめると以下のようになる．

①　脚部における実測値の最小ひび割れ指数は1.96だった．これは，事前の簡易断熱温度試験から算出された自己収縮ひずみに対して実測値が1/3程度で，コンクリートに発生する引張応力が大幅に低減されたことによる．コンクリートの養生効果により，自己収縮ひずみが低減されたと考えられる．

②　天端部については応力がほぼ発生していない．地山(吹付けコンクリート)が覆工コンクリートを拘束していないと考えられる(鋼製支保工が入った支保パターンで吹付け面の凹凸も少なく，防水シートによるアイソレーションの効果もあった)．

③　計測結果をもとにひび割れ指数の再評価を行ったところ，冬期における外気温の低下を考慮してもひび割れ指数が2.0以上である．

以上の結果から，コンクリートの配合・養生条件(方法)を修正せずに，計画どおりの施工をその後の打設でも継続した．

6-7　覆工コンクリートの現状

コンクリート打設は昨年12月に完了し，打設後の養生も計画どおりに実施した．本稿を執筆する７月現在，ひび割れはゼロである(写真-9)．

7　おわりに

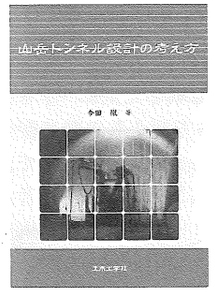
当地は，近代土木遺産である「余部鉄橋」の所在地として著名である．本工事は，「鉄橋のように後世に誇れる構造物を造ろう！」をスローガンに工事を進め，本年８月に竣工を迎えようとしている．

トンネル発破掘削以外の工種でも，昼夜にわたり周辺住民に対して騒音振動対策が求められる工事だったが，これまで苦情ひとつなかったことは工事の大きな成果と考えている．

本稿が，類似した設計条件あるいは周辺環境におかれた工事の参考になれば幸いである．

参考文献

1) 日本火薬工業会：あんな発破　こんな発破　発破事例集，p.7，33，2002.
2) 土木学会：2012年制定　コンクリート標準示方書［設計編］，p.304，2012.
3) 日本コンクリート工学会：マスコンクリートのひび割れ制御指針2008，pp.46-57，2008.



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　〒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メイジャー神楽坂
電話　(03) 3267-2888（代）　振替 00110-8-190072

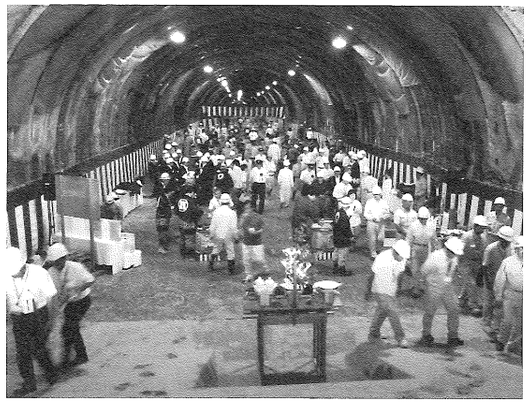
トンネルジャーナル

岡山県「八島田トンネル」が貫通

岡山県が整備する地域高規格道路美作岡山道路の「八島田トンネル」が貫通し，7月21日，坑内で式典が開催された．式典には地元の赤磐市長，和気町長ら約200名が出席．貫通発破につづいて，樽神輿が入場，鏡開きののちに，地元や工事関係者らが通り初めを行い貫通を祝った．

同トンネルは，美作岡山道路佐伯IC～吉井IC(仮称)間6.9kmの中ほどに位置する，岡山県和気郡和気町宇生と同県赤磐市八島田を結ぶ延長1,248mの2車線道路トンネル．施工を大本組・アイサワ工業・蜂谷工業JVが担当し，工事費は約24億円．昨年の5月12日に掘削に着手したのち，おもに中生代白亜紀後期の花崗岩からなる地山を，補助ベンチ付き全断面掘削方式の発破によるNATMで掘進した．湧水や変状もなく順調に掘削を進め，最大月進約155mで，6月末に掘削を終えた．

坑口周辺には住居が存在していたことから，夜間のずり出しを自主規制し，ベッセル工法を用いて坑内にずりを仮置きしたほか，防音扉を設置したうえで両坑口から200mの範囲では夜間発破を自主規制するなど，周辺環境に配慮した施工を行っている．



式典参加者による通り初め(写真提供：岡山県)

同道は中国縦貫道，山陽道，中国横断道岡山米子線と一体となって，広域交通圏を形成するとともに，美作圏域と岡山圏域の交流を促進し，地域の活性化に大きく寄与する道路として，沿線の期待が高く，このたびの貫通により，佐伯IC～吉井IC間の早期供用に向け，弾みがついた．

土木学会全国大会が開催　9月7～9日の3日間



土木学会は，2016年度全国大会を9月7～8日の3日間，仙台市の東北大学川内北キャンパスと仙台国際センターを主会場として開催する．東日本大震災から5年目の節目の年での開催となり，大会テーマに「復興，そして創生へ～土木の力で地域を元気に～」を掲げ，被災地域の「今」と「これから」について，各方面からの発表が予定されている．今大会初の取組みとして，広く一般も対象として，日本の土木のビッグプロジェクトや旬なテーマについて第一人者が解説を行う「リレー講演会『土木のいまを聞く』」が実施され，東京外環，JRリニア，ICT，広報戦略などをテーマに約10講座が開かれる．

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（〒210円）
株式会社 土木工学社　〒162-0832 東京都新宿区岩戸町16メイジャー神楽坂
電話 (03) 3267-2888（代）　振替 00110-8-190072

施工

φ3,000mmシールドで巨礫対策を駆使して帯水砂礫層を長距離掘進

—名古屋市上水道　犬山系導水路—

名古屋市上下水道局建設部建設工事事務所技師　白坂広史
日本国土・桑原組・コムシス特別共同企業体現場代理人　橘　寛行

1　はじめに

名古屋市が供給している上水道は，木曽川を水源とし，市北部の犬山市内から取水して春日井浄水場・鍋屋上野浄水場へ導水する犬山系と，市北西部の一宮市(旧朝日村)内から取水して大治浄水場へ導水する朝日系との2系統で導水されており，どちらの系統も3本の導水管で導水している．図-1に本市の導水系統を示す．

犬山系導水路の取水場から春日井浄水場までの3本(A～C管)のうち，A管は呼び径1,250mmの普通鋳鉄製で継手に耐震機能はなく，布設後80年以上経過している．

名古屋市上下水道局では，この老朽化が進んでいるA管の耐震化および導水能力向上(B，C管と同じ呼び径2,000mmへの増径)を目的とした「犬山系導水路A管整備事業」を2009(平成21)年度より着手している．この整備事業は3本ある既設導水管の下に，将来新A管となる導水管をシールド工法にて構築するものである．全工区の総延長は約13kmで，全体を6工区に分割し順次整備を進めている．そのうち1工区(約2,200m)および4工

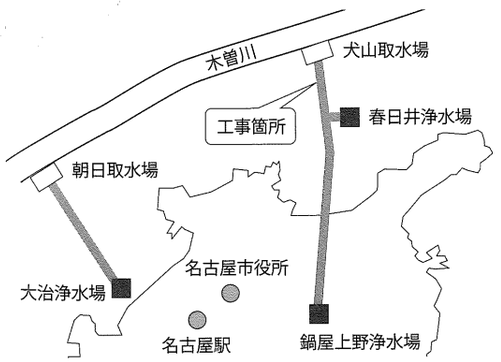


図-1　導水系統図

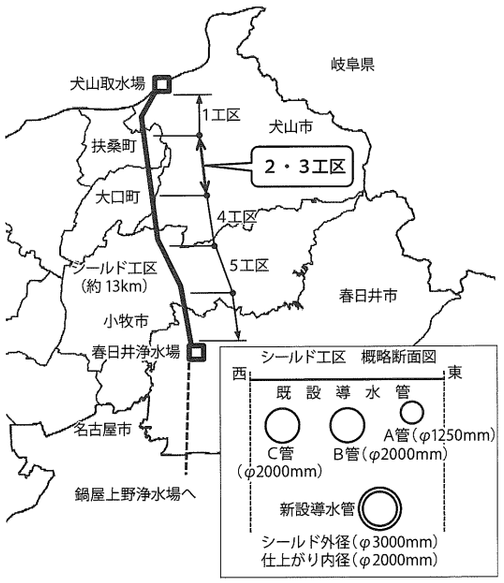


図-2　シールド工区位置図

区(約2,900m)は昨年度末までに完了し，現在2・3工区および5工区を施工中である．図-2にシールド工区位置図を示す．

本稿では，最大礫径700㎜以上の巨礫を全区間にわたって含む帯水砂礫層での長距離掘進(約3,200m)となる2・3工区におけるシールド選定などの事前検討と，ビット交換や噴発対策などの施工実績について報告する．

2　工事概要および地質概要

2-1　工事概要

工事名：犬山系導水路A管扶桑町大字高雄字北郷から大口町仲沖二丁目地内間2000耗整備工事

工　期：2014(平成26)年3月3日～2018(平成30)年3月16日

【一次覆工】

泥土圧シールド工法

シールド外径：φ3,080㎜

セグメント外径：φ2,950㎜(鋼製)

施　工　延　長：L＝3,259.7m

【二次覆工】

シールド内および立坑内配管：

呼び径2,000㎜(ダクタイル鋳鉄管および鋼管)

施工延長：L＝3,331.4m

【立坑工】

中間立坑：1か所(ライナープレート)

立坑寸法：11.48m×5.2m，H＝16.64m

※発進立坑および到達立坑は隣接工区にて築造したものを引き継ぐ．

2-2　地質概要

工事場所は濃尾平野北東端部に位置し，犬山扇状地の木曽川による氾濫平野部にあたる．

事前の地質調査結果より，シールドの対象土質は小牧礫層の玉石混じり砂礫層(Dg1)および第二礫層の玉石を所々に混入する砂礫層(Dg2)であり，発進立坑より約1.5kmがDg1とDg2の層境付近，以降はDg1層である．両層の玉石は濃飛流紋岩，チャート，砂岩が主体であり，最大礫径は700㎜

表-1　施工条件

土質条件	地　層	Dg1	Dg2
	土　質	洪積砂礫層	
	N　値	20～300以上 平均177.6 代表78	33～300以上 平均154.4 代表63
	透水係数(cm/s)	10^{-4}～10^{0} 平均2.53×10^{-1}	10^{-5}～10^{-3} 平均6.45×10^{-4}
	最大礫径	700㎜以上(1.0m級を想定)	
土かぶり		12～17m	
地下水位		GL-1～-6m	
その他		一級河川合瀬川および五条川の横断(渇水期(11～3月)までの間に通過)	

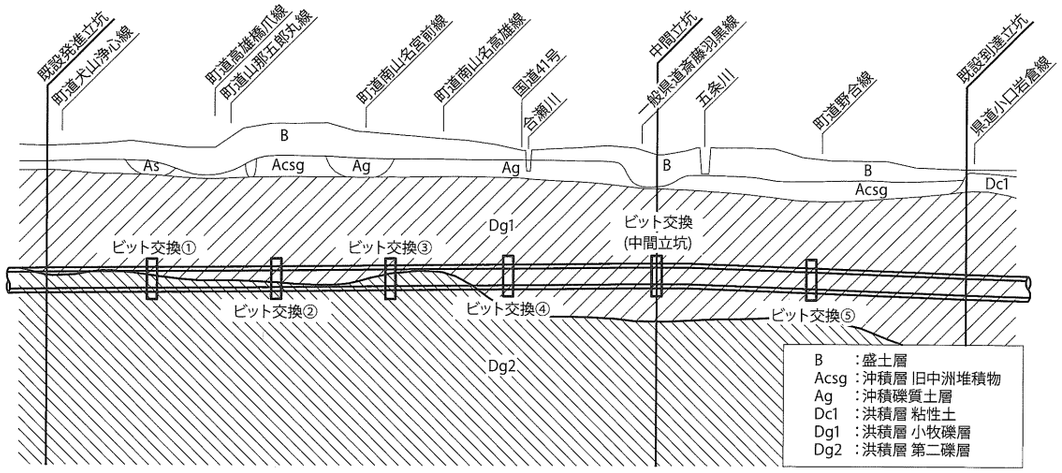


図-3　地質縦断図

を超える．また，第1工区で採取された玉石の圧縮強度試験では，240～270MN/m²の値が得られており，非常に硬質な玉石であることがわかる．

一方，粒度分布においてDg2層ではシルト，粘土分(バインダー分)が約20%であったのに対して，Dg1層では約10%程度と非常に少なく，最小で6.6%の箇所が存在する．また，透水係数においてはDg2層の平均で6.45×10^{-4}cm/sであったのに対し，Dg1層では平均で2.53×10^{-1}cm/sと大きな値を示している．表-1に施工条件を，図-3に地質縦断図を示す．

3　施工上の課題

シールドは玉石混じり砂礫層(Dg1，Dg2層)を長距離掘進する．最大礫径700㎜以上の巨礫が存在することから，ビットの摩耗やチャンバ，スクリュー閉塞による掘進不能が懸念された．また，地中でのビット交換を約400～500mごとに想定したが，この区間割りが適切であるかも重要なポイントとなる．

さらに，掘進ルートは全線にわたり，本市において最重要とも言える既設導水管の直下での施工である．Dg1層はバインダー分が少なく，透水係数10^{0}を示す箇所も存在し，非常に噴発を招きやすい地層である．噴発は切羽地山の応力開放による崩壊を招き，場合によっては取込み土砂の過多による地表面沈下につながる．既設導水管破損を防ぐためにも，噴発を未然に防ぐ対策工法が必要であった．

4　課題への事前対策

4-1　シールド

掘削機側での検討項目は，面盤，ビット，カッタトルク，テール構造など多岐にわたった．図-4

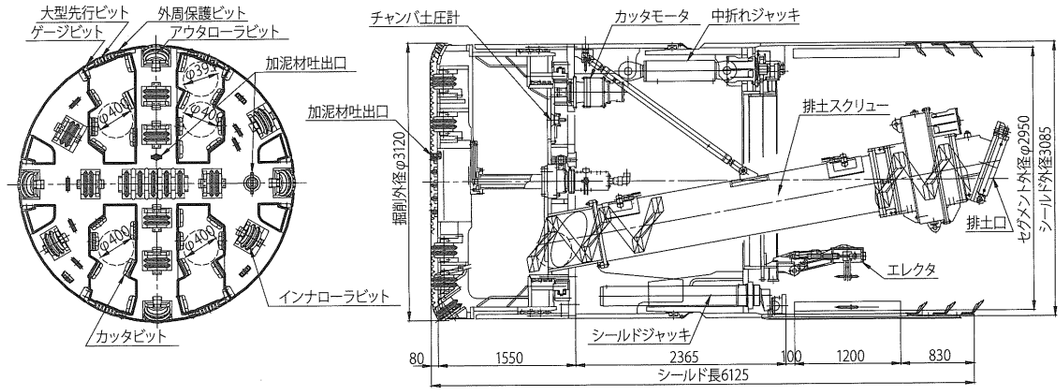


図-4　シールド概要図

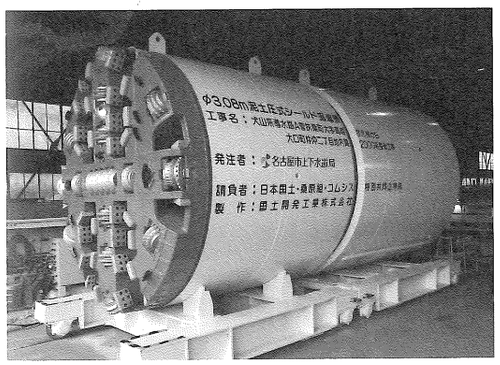


写真-1　シールド全景

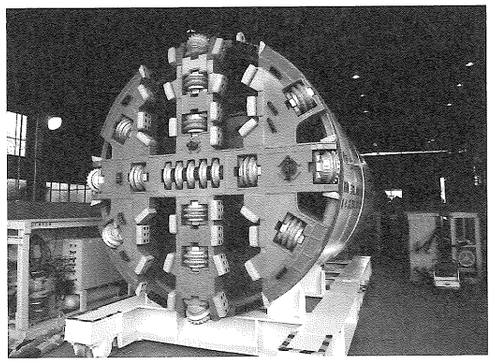


写真-2　シールド面盤

にシールド概要図を示す．また，写真-1にシールド全景を，写真-2にシールド面盤を示す．

4-1-1　面盤の開口規制

面盤の開口規制は取り込むリボンスクリューとのバランスを熟慮した．このクラスのシールドで採用可能なスクリューケーシング径は最大φ600㎜級であり，リボンスクリューのピッチも強度などのバランスをとると同程度が望ましい．これらを考慮すると，排出可能な礫径はφ500㎜程度である．

規制に対し長形方向の礫が入り込むことも考慮し，開口規制を0.8倍≒400㎜に設定した．面盤全体としての開口率は約35％である．

4-1-2　ローラビット

ローラビットは礫の強度に対抗するためチップインサート型(12in)とし，開口規制など面盤のバランスをとったうえで可能な限り数多く配置し，計19個を装備した．また，重要度の高いアウターローラは，摩耗の激しい最外周に対し最大限配慮し，1パス4カットとした．

4-1-3　カッタビット

通常このクラスのシールドでは，幅100㎜程度のカッタビットが装備されるケースが多い．本機では硬質な礫とコンタクトする機会が多いことから，耐衝撃性，耐久性を考慮し，幅200㎜のビットを採用した．

目的別の具体的な対策は，次のとおりである．

① ビットの耐久性向上として，超硬チップ(E5種)の配列の工夫と硬化肉盛溶接によりチップの保護強化を図った．また，ビット固定ボルトを通常より大型化した高力ボルトとし，本数を増やすことにより強靭化した．

② 面盤補強として，開口規制の玉石寸法制限箇所にもカッタビットを追加で配置した．

③ カッタトルクの低減として逃げ角，すくい角といった角度をあえて0°とした．

4-1-4　カッタトルク

今回のような硬質地盤においては，カッタトルクの強化が重要である．本機はカッタトルク係数α＝35.7(通常10～25程度)とし，最大限，強化を図った．なお，トルク増大による反力として，切羽側のセグメントにローリング力が作用し，Kセグメントのボルト破断が懸念されたため，該当ボルトを高力ボルトに変更し対処した．

4-1-5　その他

そのほか導入した装備は，以下のとおりである．

・テールブラシは3段とし，自動給脂装置を採用した．

・チャンバ内閉塞の対策としてハッチ部にジャッキを装備し，チャンバ内にロッドを差し込むことにより礫を動かすことを可能とした．

・スクリュー駆動部のケーシング内部を一般部より20㎜程度サイズアップし，圧密を防ぎ，取り込んだ礫を確実に排出する構造とした．

4-2　添加材

今回のような比較的高い地下水圧下の地山を掘進するにあたり，チャンバ内に適度な塑性流動性と止水性を持った土砂を充満させることが非常に重要となる．しかしながらバインダー分が10％程度を下回るような箇所では，通常の鉱物系や高分子系の添加材だけでは対処できない．よって，このような区間の掘進を見据え，沈下抑制などでシールド外周に高粘性可塑材を注入するクレーショック工法(NETIS登録No.KT-160022-A)を併用し対処可能な設備とした．

また，通常時使用の高分子系添加材のプラントは地上に置かず，急な地山の変化時に配合や材料を遅滞なく変更が可能なように後続台車区間に設置した．

5　実際の施工

5-1　巨礫の排出

面盤規制とスクリューのバランスは適切であるか不安が拭えないまま発進を迎えたが，実際の掘進に入ると400㎜を超える玉石が次々と排出された(写真-3, 4)．

しかし，到達に至るまで巨礫によるスクリュー閉塞は一度も起こらなかったことから，今回設定した開口規制400㎜で取り込んだ礫を，径・ピッチとも600㎜級のリボンスクリューで排土することとしたバランスは適切であったと言える．

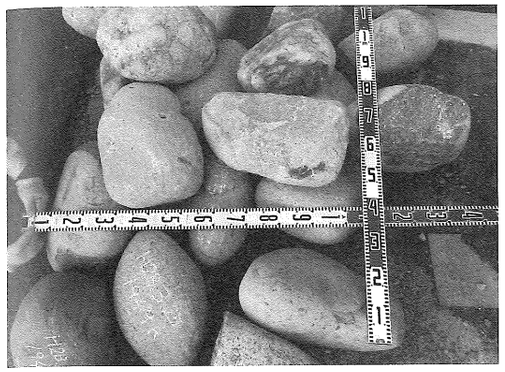


写真-3　排出された玉石



写真-5　地中でのビット交換作業

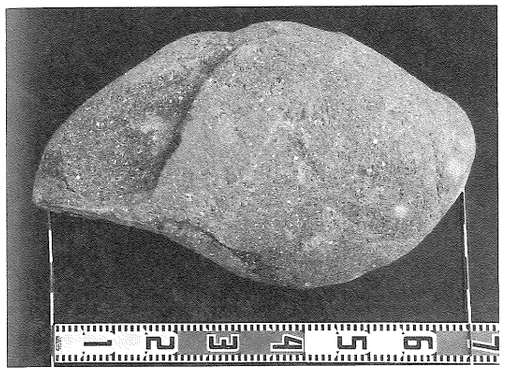


写真-4　600㎜級の玉石

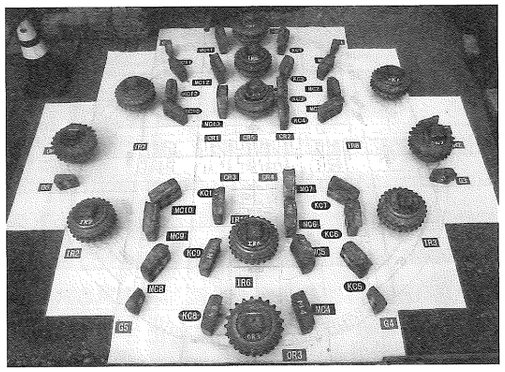


写真-6　交換したビット

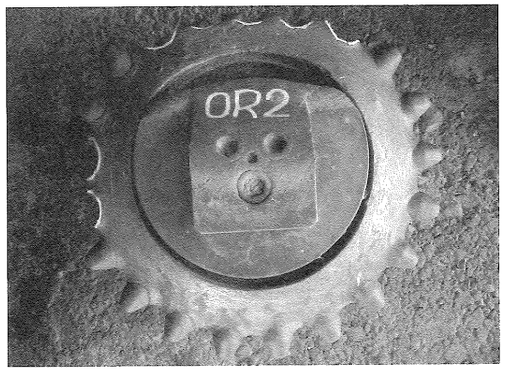


写真-7　破損したローラビット

5-2　ビットの摩耗

ビット摩耗量の予測は各々の転動距離(地山を転がった距離)によって算出される．よって掘進スピードの仮定に大きく左右されることとなる．事前検討では400～500mごとでのビット交換を予定していたが，傾向をつかむために，1回目は約340m地点で行い，以降の参考とした(写真-5)．

初回以降は410～520mごと，中間立坑到達時を含め計6回のビット交換を行ったが，ローラビットに限れば最外周のアウターローラの摩耗，破損が顕著であった以外は，想定内の通常摩耗の範囲であった．カッタビットは超硬チップの割れが目立ったが，大型化していたことが功を奏し，面盤部分までの完全な摩耗はほぼ見られなかった(写真-6, 7)．

5-3　添加材

5-3-1　配　合

発進当初より懸念していた噴発が度々起こり，高粘性可塑材(クレーショック工法)を併用して掘進したが，期待していたほどのチャンバ内塑性流動化の効果は得られなかった．原因としては，高

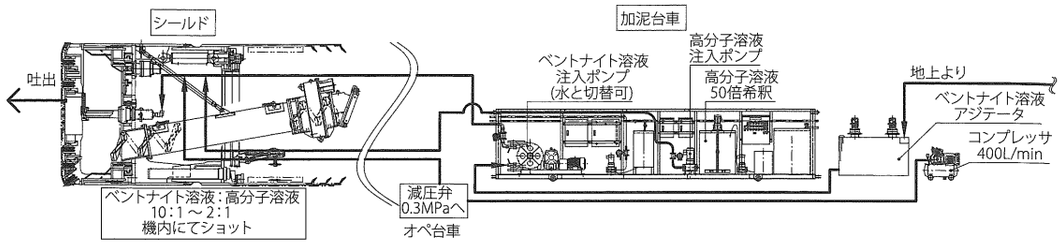


図-5　添加材エアショット概念図

表-2　スルーショックの配合例

	A液(1 m³)		B液(0.10m³)	
材料名	TAC-αII	水	TACスルーH	水
数　量	49kg (33kg)	981L (654L)	10kg (6.7kg)	490L (327L)

※( )内は1.0m³あたり配合
※TACスルーHは50倍希釈(20kg/m³)溶液

粘性のため面盤吐出口からの添加ができず，チャンバ隔壁から添加したため攪拌効率が低下し，高粘性可塑材が掘削土と一体化しなかったためと考えられた．そこで添加材の選定を見直し，鉱物系(TAC-αII)溶液と高分子系添加材(TACスルーH)とをショットさせ，塑性流動化させるスルーショック工法への切替えを試みた．表-2にスルーショックの配合例を示す．スルーショック工法の利点は，次のとおりである．

① クレーショックに比べ粘性は劣るものの，シルト分と水とをまとめて凝集し，フロックを形成(チャンバ内での反応)するため，掘削土と一体化がより期待でき，地下水の希釈に対しても強い．

② クレーショックは粘性が高くゲル化した材料であるがゆえに，面盤吐出口からの添加には不向きであるが，スルーショックは通常の添加材として扱えるため，面盤から切羽への直接添加も問題なく，より攪拌効率が向上する．

この工法変更により，以降の掘進において噴発を抑制することができた．

5-3-2　切羽へのエアショット

もう一つの試みとして，添加材に減圧したエアをショットし，切羽に送り込んだところ，チャンバ内への地下水浸入に対してより高い抑制効果が発揮された．切羽へのエアショットの利点は，次のとおりである．

① 地下水浸入が抑制されることにより，添加率12～15%と少ない添加材注入率でチャンバ内の安定を図れた．

② チャンバ内が安定することで，ゲートを完全に開けての掘進が可能となり，土圧および取込み土量の管理も容易となった．

③ チャンバ内の水分や土砂の一部がエアと置き換わることにより，カッタトルクが減少した．

これらの効果により，結果として掘進時間の大幅短縮につながった．ただし，エアを使うことで残留エアが悪影響を及ぼす可能性があることを念頭に置かなければならない．具体的な注意点としては，次が挙げられる．

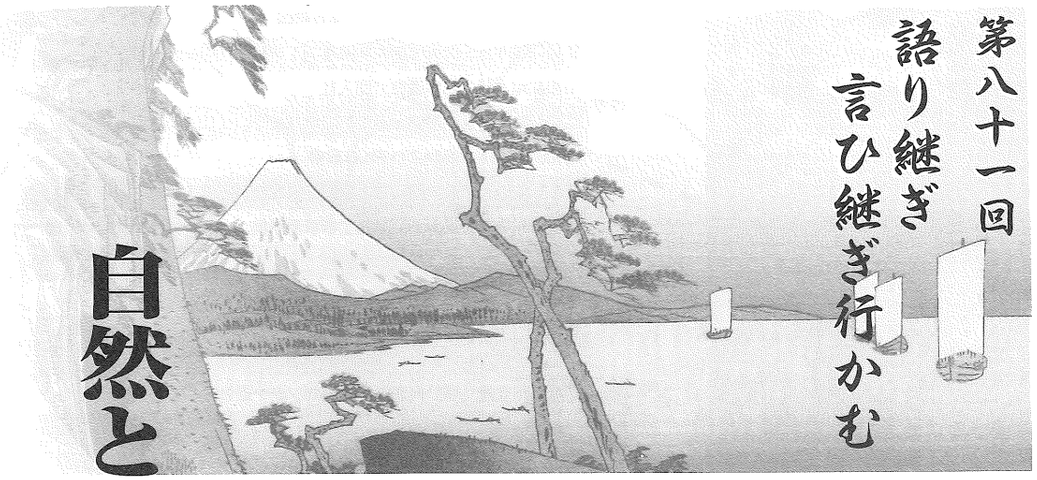
① 可能な限りエアの圧力は抑え，添加材注入圧力より若干高い程度とする．

② 打設エアの量の管理は，エア配管に流量計を設置し把握する．

図-5に添加材エアショット概念図を示す．

6　おわりに

今回，巨礫を含む帯水砂礫層でのシールド長距離掘進における対策，対応について報告したが，到達まで掘進停止を招くような大きなトラブルの発生はなく，ほぼ計画どおりに進捗した．これは日々変化する地山に対する本工事関係者の的確な判断と，迅速かつ慎重な対応がもたらした成果といえる．本稿が類似した厳しい条件下でのシールド施工に対し参考になれば幸いである．



自然との共生

(一元)日本道路公団
岩井　勝彦

まえがき

筆者は1968(昭和43)年，日本道路公団(現在のNEXCO：Nippon Expressway Corporation limited，2006(平成18)年4月より「NEXCO」と言う)に入社し，1995(平成7)年5月に日本道路団を退社後，(財)高速道路技術センター(後年(公財)高速道路調査会に統合される)，次いで(株)東京道路エンジニアリング((現)中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京)に籍を置き，現在は(株)高速道路総合技術研究所研究アドバイザー(非常勤)として必要の都度，NEXCOにかかわるトンネルの技術的課題に関する意見を求められる立場にある．

ところでトンネルの技術について，入社前はもちろん「零」であったし，入社後は一社員として，いわゆる実務も，人並みにこなしてきたつもりである．したがって技術的には自分自身を経験豊かとは言えず，本シリーズでいう，後輩に「語り継ぐ」執筆者として資格を有しているかどうか自信がない．しかし，本稿が少しでも読者の今後の技術の糧になればと思い，これまでの自分の体験を時系列に振返ってみることにした．

入社後の本社在籍期間

入社直後の配属先は，本社技術部技術第一課であった．技術第一課の所掌業務は，交通技術，構造技術以外のすべての業務であった．その中で何を担当することになるのか，上司からの業務命令を待っていた．そして上司に呼ばれて言われたのは，トンネルの付帯設備(換気，防災など)関係の業務であった．社会人になった以上，何でも受け入れる覚悟はしていたが，正直言ってちょっと予想外の分野であった．こうして筆者のトンネルとのかかわりが始まっていったが，まさかそのかかわりが一生続いていくことになろうとはその当時は思いもよらなかった．

入社当時には名神は全通してお



樽酒で貫通を喜ぶ筆者（関越トンネル）

著者略歴

昭和43年３月	大阪大学大学院構築工学科（土木）修士課程修了
昭和43年４月	日本道路公団入社
昭和47年８月	カリフォルニア大学バークレイ校に留学
昭和51年	同学よりPh.D取得
昭和54年２月	新潟建設局六日町工事事務所石打工事長
昭和61年８月	関越トンネル工事事務所長
平成元年４月	本社技術部調査役
平成４年10月	新潟建設局建設部長
平成７年５月	日本道路公団退社 （財）高速道路技術センター入社
平成15年３月	（財）高速道路技術センター退社
平成15年４月	東京道路エンジニアリング（株）入社
平成19年９月	東京道路エンジニアリング退社 NEXCO総研研究アドバイザー（非常勤）．現在に至る

り，東名も翌年全通し，やがて建設の中心がいわゆる新規５道に移り変っていった時代であった．換気，防災については半横流換気方式を採用した天王山トンネルを始め，新装の付帯設備を施された高速道路トンネルがデビューしていった時代である．

次に，当時の公団では入社して３年経つと，ある程度英語力があり，しかも外国の大学から留学を認められた場合に，２年間を上限としてその職員の留学を認める制度があった．

筆者の英語力ではとても合格ラインをこすのは無理だろうと思ったが，受けるだけ受けてみることにした．結果は意外にも下から２番目で合格であった．それから大急ぎで準備にとりかかり，U.C. Berkeleyに応募したところ，これも意外にOKの返事をいただいた．応募の際，向こうの大学で，何をとくに勉強したいのか書く必要があったが，いろいろ考えて「岩盤力学」と記すことにした．月日が経ち出発の日がすぐにやってきた．初めての海外での生活ということで期待と不安に包まれての旅立ちであったが，到着してすぐ，甘い期待感は消えてしまい，激しい生存競争にまきこまれていったのである．

以下は，筆者が海外留学から帰国したあとの，おもだったトンネルとの苦闘について述懐する．

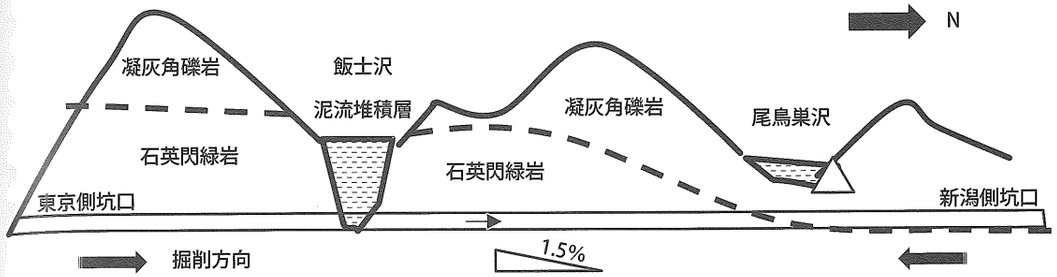
飯士山トンネル

関越道飯士山（いいじ）トンネル（（現）塩沢石打トンネル）は，日本でも有数の豪雪地である新潟県の塩沢町に施工された延長1,500mほどのトンネルである．このトンネルは筆者が工事長として石打工事区に赴任したとき，初めて経験することとなったトンネル現場である．

南から北に流れる魚野川に平行するように，飯士山の山裾を貫くこのトンネルには，トンネルをちょうど３等分する位置ぐらいに南から飯士沢，尾鳥巣（おとりす）沢の２つの沢が魚野川に流れこんでいた．とくに飯士沢は底盤部まで泥流堆積層からなり，掘削という立場から見れば，できるだけかぶりを大きく取りたいところであるが，明かり部の線形をいじめることになり，結局，飯士沢では土かぶり$H=15$m，という厳しいものになった．さらに沢から南側の本坑は東京方面に向け1.5%の上り勾配で，掘削は両坑口からの在来工法による上下線同時施工であったので，南からの掘削は「突込み勾配」となった（飯士山トンネル概略縦断図参照）．

飯士沢の具体的な工事方法は，直径800㎜程度のコルゲートパイプで沢を切回し，ディープウェルで地下水位を下げながらメッセル工法で地山が緩まないようにして掘削し，掘削の影響がなくなった時点で，沢部は３面張りの河川修復工で仕上げるというものであった．

異変が起こったのは，地表は厚い雪に覆われていたものの冬にしては暖かい日が続いていた夜の飯



飯士沢トンネル概略縦断図

士沢の掘削中のことであった．連絡を受け，現場に駆け付けたが，突然，切羽が崩れ，水が坑内に流れ込んできたということであった．突込み勾配のゆえ，水の捌け口がなく，水の量がトンネルの中でだんだん増えていった．

飯士沢の地表水を坑内に引き込んでいることは明らかで，早速地表の状況を調べたところ，仮設の付替え水路が壊されており，沢と切羽が水みちでつながったための出水と判断できた．問題はなぜ付替え水路が壊れたかということであるが，これは雪解け水の仕業と推論した．雪解け時の雪解け水による被害は地元でも，ときおり経験するということであった．

できた水みちを塞ぎ，コルゲートパイプの径も大きくして，多少の流木が当たっても耐えられるものにして再施工した．地表の修復工を終えたのち，坑内の水を排水して修復工は終了した．水がひいたあと坑内の傷み具合を調べてみたが，案外傷んでなかったのでほっとしたことを覚えている．

初めてのトンネル現場で厳しい経験をしたが，この経験でトンネルの突込み施工のリスクの大きさを痛感することとなった．またトンネルの思い出として，当時，地元の町長さんが，塩沢には温泉が出ないけど飯士山トンネルを掘ればきっと温泉が出るはずだと言って温度計持参でトンネルの現場に来られたりした．開通後，塩沢石打トンネルを通る機会があるたびに，この現場で経験したこれらのことの数々が，不思議に懐かしく思い出された．

関越トンネル（二期線）

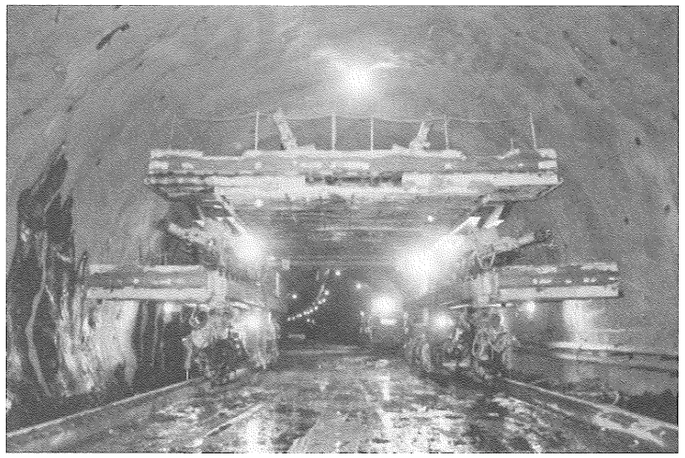
関越トンネル（二期線）工事の工事事務所長として，福岡から工事事務所の社宅がある群馬県の沼田へ移って来たのは1986（昭和61）年８月14日であった．

沼田の夏は涼しくて快適と聞いていたがそのとおりであった．到着したその日だったので荷ほどきをしようと思った矢先に工事事務所から早速電話連絡があった．一期線のトンネルの方で火災か何か起こったらしいということであった．幸い，その事件は大ごとにならずに済んだが，その第１報が３年８か月にわたる関越トンネル工事事務所とのかかわりの幕開けであった．

関越トンネルは言うまでもなくわが国最長級の自動車トンネルであり，換気方式は世界初となる電気集塵機付き立坑送排気縦流換気方式を採用し，工事でも工期短縮に向け掘削，ずり処理などの計画にさまざまな工夫がもりこまれていた．

まず掘削工法としては，坑口区間を除き高速施工を目指して全断面NATMが採用された．全断面の潜在能力を引き出すためにも，高速，同時削孔が望まれるが，これに対しては湯沢側では機動性に重点を置き３ブーム油圧ホイールジャンボ×２台＋２ブーム油圧ホイールジャンボ×１台，水上側では安定性に重点を置いて６ブーム油圧ガントリージャンボ＋２ブーム油圧ホイールジャンボ×１台の編成が組まれた．

全断面掘削は１サイクルあたりのずりの量も多く，坑外への土運搬距離も長いことから「大型コンテナ坑内仮置き方式」というずり処理方式を採用した．この方式は土運搬距離が長く，しかも１サイクルあたりの処理量が多い場合に，切羽をできるだけ早く次作業に開放するため，切羽周りのずりを入れたコンテナを坑道中間で仮置きし，切羽で次の作業に取りかかったのちに，仮置きしているコンテ



6 ブーム油圧ホイールジャンボ

ナのずりを最終処理へ運搬する方式である．

この掘削とずり処理方式で進行としては月あたり大略150～200mぐらいの実績が残っている．早く掘って早くずりを坑外に出しても，捨土工区の場合，最終処分場，すなわち埋め土場が確保されてなければトンネルの掘削は進まない．関越トンネルの二期線工事で苦労した点の１つは埋め土場の確保であった．

埋め土場が間に合わないから掘削を止めざるを得ないということだけは避けたかった．湯沢側も砂防との難しい協議が続いていたが，担当工事長に任せて，もっぱら協議が難航していた水上側の対応に担当工事長とともに専念した．

掘削ずりは国有地を掘削する場合，掘削ずりを本線外に持ち出すときは，営林サイドと協議が必要になることもあり，売却などの手段は制限された．本線内の空きスペースも最大限利用し，学校の校庭の嵩上げや，工業団地用地への活用，利根川右岸荒廃地への盛土など，小口も用意したが，最後の大物として下り線下牧のPAの周りを，10,000m²ほど追加買収し，本線脇の盛土場として利用しようと画策していた．追加買収も順調にいき，これで水上側のずり処理の問題も実質終わったかなと思った途端，買った用地に文化財があることがわかり，県の文化財担当に頼み込んで遅滞なく，ずり処理の工程に間に合うよう異例の早さで調査をしてもらったことを思い出す．

最後の問題は山はね区間の掘削であった．山はねについては，誌面の都合上，ここでの記述は省略するが(詳細は文献１)参照)，AE計測(Accoustic Emmision)をして山はねの発生を予測しながら無事故でしかも遅滞なく突破することができた．

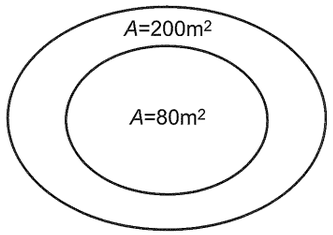
このような努力の積重ねで11kmのトンネルを約３年余りの短期間で掘削できたことは勲章ものだと思っている．

新東名・新名神トンネルの施工の合理化を目指して

1989(平成元)年４月，関越トンネル(二期線)工事事務所長を卒業し，本社技術部トンネル担当調査役として勤務することになった．７年ぶりに本社にまた務めることになったが，情勢は一変していた．新東名・新名神のプロジェクトをどう進めればよいのかの事前検討や事前調査が業務の中心であった．約200m²のトンネル掘削断面を見て驚きもし，また，身の引き締まる思いでもあった(通常の２車線トンネルとの楕円近似による掘削断面の概略比較は下図参照)．

この巨大断面トンネル群の大量生産を前にして何から手を付けていったらいいのか．大きな課題として，断面形状，支保パターン，掘削の方法が考えられたが，幸い断面形状については，東京都立大((現)首都大学東京)の今田徹先生を始め学識経験者の協力のもと，すでに検討が進められていた．

支保パターンについては，仮想設計として薄肉のリング構造と考えた場合，部材厚と半径の比を，通常断面と超大断面トンネルで同一にするとラフに考えても，既存の支保材料では吹付けコンクリートや二次覆工の数量が大きくなりすぎて，現実的でないことがわかる．したがって，吹付けコンクリートや鋼製支保工などの支保材料の高強度化も含め，支保パターンのスリム化を図る必要があった．このテーマについては当時の試験研究所の力を借りることにした．多くの若い優秀な人材がこのテーマの研究を通じて育っていくことになった．



掘削断面の比較

次のターゲットは扁平大断面トンネルをどう掘っていくかということであった．２車線トンネルの掘削は，先受け工法の著しい進歩や大型機械の積極的な導入により，それまでの導坑による小断面分割方式から先行地山補強補助ベンチ付き全断面掘削工法へのシフトが一般的となっていた．扁平大断面トンネルが掘削対象となった場合，現状の工法で果たして所定の進行が得られるかどうかであるが，先受け工のいっそうの進歩がない限り，答えは「NO」であろうと考えた．

ではどうやって対応したらよいか．いろいろ考えた結果，答えは高速掘進が可能なTBM(トンネルボーリングマシン)で導坑を先行施工し，地質確認，水抜き，事前補強など必要な手当てをして，あとは大断面のまま切拡げを行うという案であった．

２車線程度のトンネルを，TBMで導坑を先行して，のちに拡幅しても，経済的には通常のNATMで施工する方が有利となるが，新東名・新名神の大断面トンネルになると拡幅部分が大きく，全体の経済性も遜色ないのではと考えた．いずれにしてもTBMについての勉強も始めておかねばと思い，東京大学の西松裕一先生に委員長をお願いしてTBM関係の委員会を立ち上げることにした．TBMについては道路公団は過去苦い経験があったので少し逆風に曝されるかなと思ったが，逆に元気づけていただいたりして，うまく船出ができた．

委員会の議論を深めるためにも，また来るべき扁平大断面の掘削に生かすためにも，TBM導坑先進全断面拡幅工法を念頭に置いたTBMの試験施工を実施するべきと考え，その旗揚げをすることにした．試験計画ではϕ＝3.5mのTBMで上半部に導坑を施工し，ついで全断面に拡幅するというもので，通常のNATMでの掘削に比べて，やはり３%程度高くなるという答えは得ていたが，試験施工ということで割り切ることにした．２車線トンネルのTBM導坑先進拡福工法の試験現場は，工程的にも，また延長も適切であった湯田第二トンネル(2,413m)の関係者の方々にお願いすることになった．

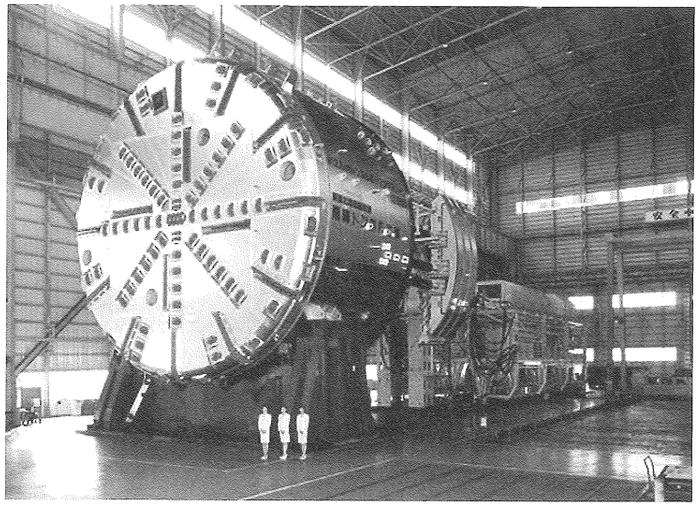
次のステップとして，新東名・新名神の巨大プロジェクトの中にはトンネルが数多く含まれており，未経験のままトンネルの大量生産に取り掛かるのは適切ではないと考え，「大断面扁平トンネル」の試験施工の必要性を社内に説明し，その準備に取り掛かった．試験サイトについては新東名・新名神のトンネルがもちろん望ましかったが，工程的にまだ試験施工を実施する余裕がなかったので，当初は高知道針木(はりぎ)トンネルを候補地として関係部課の同意を取り付けていったが，新東名・新名神の担当部局から「工程を進める努力をして新東名のトンネルで試験施工をやろうではないか」という話になり，その方向で試験施工に取り組むことが本決まりとなった．

筆者がかかわったのはおよそこの辺りまでで，その後，試験現場として静岡県の清水第三トンネルとしたことなども含め，試験施工実施に伴う現場での諸事はそのほとんどを後任に委ねるかたちで新潟建設局建設部長へと転勤となった．

以上が筆者自身が大なり小なり，組織の一員としてかかわってきたトンネルに関する業務の概略の内容である．その後，新潟建設局の建設部長を最後に，1995(平成７)年５月(財)高速道路技術センターに籍を移し，今度は公団の技術的サポート役として，個々のトンネルの技術的問題点の対応に参加するという立場になった．幸いこれまで多数のトンネルでの技術検討に参加する機会に恵まれたが，そのうち，印象深かったものについて以下に記しておく．

飛騨トンネル

飛騨トンネルは籾糠山(もみぬか)の天生(あもう)峠下を貫く延長10,710mの長大トンネルである．当初は天生トンネルと称していたが，途中で飛騨トンネルに改名された．縦断勾配は長大トンネルでありながら，岐阜県



大断面TBM

の飛騨市河合から同じく岐阜県の白川村まで2%の下り一方勾配という珍しい線形であった.

暫定2車施工のため,2車線トンネル1本とそれに平行した避難坑を掘削する計画であり,そのうち避難坑ではϕ=4.5mのTBMによる先行施工を計画していた.ここまでは普通の計画であるが,本坑も全断面TBMで掘削できないかという話が持ち上がっていた.

これについて筆者の意見も求められた.この本坑全断面TBMの導入については賛否両論という状況であったが,筆者は主体的な判断ができるほどTBMの技術力があったわけでなく判断に苦慮したが,結局「新技術への挑戦」という技術屋魂と,「一緒にやってほしい」という仲間意識をくすぐられて,それと底部に空間ができると厳しい環境の中での立坑の工事は避けられると思い,全断面TBM導入のサポーターとなる決意をした.

それ以降,陰に陽に,この壮大なプロジェクトに参加していくこととなった.そして工事は不良地山と大量,高圧湧水に行く手を阻まれ,現場に厳しい苦難を強いることとなった.詳細については文献2)に記載されているが,振返ってみて,このプロジェクトで気の付いた点を以下にまとめてみた.

① 避難坑TBMは不良地山,大量,高圧湧水帯に阻まれながら掘削を進めたが,貫通予定地点を前にして地山に拘束され,マシンの一部は取り出されることなく,その地点に埋殺された.大量湧水,高圧の具体的な値は,最大70t/min,水圧は5.4MPaという記録的なものであった.山が深ければ湧水量も湧水圧も凄まじいものとなる.

② 水抜きと地質調査を兼ねて超長尺ボーリング(シールドリバース工法)に取り組んだが,最大でも700m程度で掘進不能となった.超長尺ボーリングは青函トンネルの掘削で開発されたものと聞いているが,それを凌駕できなかった.ノンコアでいいから高速で長距離掘進可能なボーリング技術の開発がまたれる.

③ 避難坑TBMは道中何度も地山に拘束されたが,掘削を断念した最後の箇所では寺田(元)所長によると幅2～3mの粘土帯に遭遇し,事前に5cmの拡径をして掘削に臨んだが,中胴部で地山に拘束され,以降時間とともに拘束圧が増加し身動き不能となって埋没したということであった.もしマシンがオープンタイプであればどうなっていたか.多少は拘束に対して有利だったかなあと思ったりしている.マシンのタイプは一長一短がありその選定は難しい.それとわれわれの持つ内空変位の「相場」は計測結果(すなわち切羽後方約1mが計測開始点)により醸成されたものであり,TBM施工時の実変位量と少し乖離があるのでは,と思ったりしている.

④ 岩そのものは十分堅いが節理の発達した地山においては,TBMで掘削時,口径が大きくなるとカッタヘッド前面の地山がブロック状に抜け落ちる.本坑全断面TBMが濃飛流紋岩の掘削中にこの「先掘れ現象」が起こり,この空洞の拡大を防ぐための先受け工による事前補強が必要となっている.また,掘削がデイスクカッタから面盤による圧砕となり,面盤の摩耗(本現場では厚さ8cmの面盤が一部摩耗)とマシンの損傷につながっていった.先掘れ現象が予知される場合は面板をフラットタイプからドーム型にという配慮も必要かもしれない.

⑤ このトンネルの地質はそれほどいいとは思っていなかったが,当初の地質図面と実際の地質に大きな違いがあった.その原因は,当該地は地形的にも住環境的にも厳しく,人里離れた土地であったことから,地質調査手法にもおそらくなんらかの制約があったこと,また当地の地質情報が極端に少なかったことなどによるものと思われる.土かぶりが大きく,しかもこれまでほかに掘削された事例もないようなトンネルの地質は,懐疑の目でみる必要があるのかもしれない.

土木史上まれに見る難工事となった本工事は,予定工期から大幅に遅れて供用にこぎつけた.飛騨トンネルといえば難工事だけがクローズアップされがちであるが,新たな技術開発,例えばシングルシェル覆工構造とか,選択集中排気縦流換気方式の確立などの成果を挙げている.

工事関係車両の往来などでにぎやかだった現場も今ごろは,天生峠の美しい女妖怪の呪縛から解き放たれ,帰雲城と一緒に眠る埋蔵金も夢に消え,もとの静寂が戻ってきているだろう.聞くところによるとトンネルの湧水で発電してくれているらしい.喝采ものである.

トンネルの変状

■盤ぶくれ

トンネルの変状にはさまざまなものがあるが,まず盤ぶくれについて考えてみよう.盤ぶくれには掘削中あまり間をおかず盤ぶくれが発生する場合と,供用後,年に数㎜ずつ10年以上も変位が続き,しかも変位が枝垂れる傾向がないような場合がある.

前者の例として,飛騨トンネルでは本坑掘削に先行し,避難坑をTBM掘削していたが,森茂断層部で本坑の通過に伴い避難坑で激しい変状(1mを超す盤ぶくれ)が発生した.芯々で3D(D:トンネル直径)ほどの離隔距離でⅡ期線を掘っていれば,トンネル相互の影響はあるのだろうか,という昔からの疑念に対してこの事例は明快な答えを与えてくれている.Ⅰ期線で20cmを超す内空変位のあった箇所を,Ⅱ期線でも同じように20cmを超す変位を許して掘れば,Ⅰ期線のトンネルには変状が発生する可能性は大きいのである.

供用後,十数年,路盤隆起が続き,途中,切削オーバーレイなどで対応したが,最終的にインバートを設置したという例もよく耳にする.これは本来インバートが必要な地山であったのを,掘削中,見た目は健全に見えたのでインバートを省略したものと思われる.供用しながらインバートを追加設置するのはそう簡単にはいかず,現地の管理事務所社員を悩ませている.遅々とした盤ぶくれが避難坑に発生し,防煙,避難のための仕切り扉が開かなくなり,補修補強を強いられているトンネルもある.それから,これまでNEXCOで2トンネル,国交省で1トンネルが,インバートを設置しているにもかかわらず変状を起こしている.

遅々とした盤ぶくれの原因は何なのか.そのような変状を起こしたトンネルの大半は泥岩や凝灰岩など水による強度劣化の激しい地山であった.盤ぶくれの原因究明,インバートの設置基準や,構造など,トンネルの底盤部掘削時の変位,変形と長期的な安定性の総括的な検討の時期にきているのかもしれない.

■剥離・剥落

剥離・剥落は走行車両の安全に直接かかわってくる事象なので道路管理者にとってはとくに気になる変状のひとつである.剥離・剥落は規模の大きいもの,小さいものがあるが,小規模なものは点検時,叩落す,規模の大きいものは補修,経過観察などの必要な措置を取る必要がある.

これまで問題となった剥離の事象を振返ってみると,コールド

ジョイント，施工継手など，クラック以外のものが破断面になったもの，覆工以外のものが落下したもの，などがある．鉄道の礼文浜トンネルは押抜きせん断破壊によるコンクリート塊の落下と言われている．せん断破壊を起こしてから落下までかなりの年数が経っていたと聞いている．

いずれにしてもクラックは主要な破断面となるので，点検時には貫通クラックかどうか，表面に段差があるかどうか，破断面は閉合構造になっているかどうかなど，点検時はクラックが発する情報を見逃さないように留意する必要がある．剥離・剥落は何の前触れもなく発生するとは考えにくい．

あ と が き

以上，長いスパンにわたる事象を思い出しながら，わずかに手元に残る資料で確認しながら書き記しました．

「現場を見ずして技術を語るなかれ」

この言葉もよく聞く言葉であり，トンネル屋はとくに現場を歩きなさいという教えである．トンネルは「体力」のほかに，地質を始め，本来の土木以外の多方面のバックグランドも必要とする幅の広い世界であり，読者の皆さんの活躍の場はきっとこの広い世界のどこかに隠れていると思います．トンネル技術もグローバル化しており国内に限らず，海外での活躍の場もきっとこれまで以上に多くなるでしょう．読者の皆さんのますますのご活躍を祈念してここで筆をおきます．

表題はこれまでの自然とのかかわりから，自然に抗うことなく，むしろ共生を目指すべきという筆者の現時点における処世観を象徴的に表現したつもりである．

参 考 文 献

1）日本道路公団東京第二建設局関越トンネル工事事務所：関越トンネルⅡ期線工事誌，1992.
2）寺田光太郎・松浦隆之：秘境を貫く飛騨トンネルの物語，中日本高速道路，2008.

報　告

山岳トンネルの設計と現場との乖離（1）

—アンケート結果—

JTA技術委員会山岳工法小委員会支保ワーキング

1 はじめに

トンネル工事を施工する際に，設計図書や示方書に記述されている内容どおりに施工することが困難であったり，あるいは，できない場合がしばしば経験される．

本WG（表-1）では，この課題について，設計と施工の乖離と考え，その現状を調査し，その結果を本誌Vol.44，No.6,7（2013（平成25）年6,7月号）に報告した．今回，本協会設立40周年記念事業として，この課題について議論するシンポジウム「山岳トンネルの設計と現場との乖離」を開催することとなった．そこで，前回の調査結果に加えて，新たに追加の課題・疑問点を再度アンケート調査し，その現状を把握するとともに，実施した2回の調査結果をもとに，シンポジウムのテーマを設定することとした．

そこで，本号で本WGで実施した第2回目の調査結果，次号でシンポジウムについて報告する．

表-1　委員会の構成
（平成26年4月～平成28年6月）

主　査	丸山　修	（独）鉄道・運輸機構
委　員	※河田　晧介	（国研）土木研究所
〃	森本　智	〃
〃	北村　元	（株）高速道路総合技術研究所
〃	※原　雅人	東京電力（株）
〃	渡辺　尚基	〃
〃	浅野　剛	（株）奥村組
〃	伊藤　哲	（株）大林組
〃	※須藤　敦史	岩田地崎建設（株）
〃	河村　巧	〃
〃	横尾　敦	鹿島建設（株）
〃	※塩川　裕之	（株）熊谷組
〃	青木　宏一	〃
〃	富澤　直樹	（株）鴻池組
〃	土田　淳也	五洋建設（株）
〃	※鈴木　仁志	佐藤工業（株）
〃	藤川　保	〃
〃	石井　三郎	清水建設（株）
〃	中塚　静夫	大成建設（株）
〃	柳　博文	鉄建建設（株）
〃	満尾　淳	東急建設（株）
〃	※岡村　光政	戸田建設（株）
〃	内藤　将史	〃
〃	※森脇　丈滋	飛島建設（株）
〃	熊谷　幸樹	〃
〃	岡井　崇彦	西松建設（株）
〃	小林　雅樹	日本国土開発（株）
〃	稲葉　秀雄	（株）安藤・間
〃	野間　達也	（株）フジタ
〃	森田　篤	前田建設工業（株）
〃	※鷹觜　智司	三井住友建設（株）
〃	今村　新吾	〃
〃	國村　省吾	応用地質（株）
〃	※石田　積	電気化学工業（株）
〃	佐々木　崇	〃

※前任者を示す

2 アンケート概要

2-1　アンケート方法

2-1-1　設　問

設計と現場との乖離に関する実態を調査する手法は，前回と同様，アンケート方式を採用した．

設問の内容は，本WGで事前に設計と施工に関する予備調査を行い，その際に集まった課題・疑問点として整理した全11問＋自由回答５項目とした．

2-1-2　回答方法

アンケートの回答方法は，回答者の負担軽減に配慮し，前回同様，回答例を複数準備した回答選択式を採用した．実態を調べる目的で各選択肢に「施工」と「理想」の２つのチェック欄を設け，施工欄については，実際に現場で実施されている，あるいは実施した経験があるものに○を，理想欄については，本来そうあるべきことや理想として実施することが「良い」と思われる(賛同される)ものに○を(複数可)，「もっとも良い」と思われるものに◎を記入していただいた．

加えて，選択肢のほかに実施したことのある対策やアイデアなど，および施工と理想の回答が異なる場合は，その理由についてフリーフォーマットで意見を記入していただいた．

2-1-3　調査対象

本協会団体会員(特Ａ級)に対して，異なる年代の回答者をそれぞれ３名程度選定していただくようお願いした．

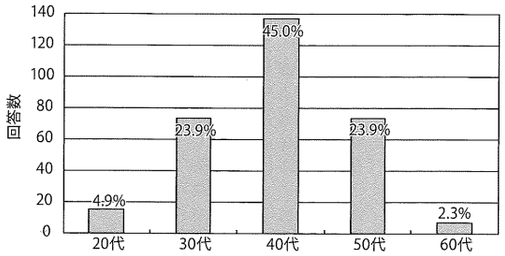
また，今回は施工者に加えて，コンサルタント会社にも同様のアンケートをお願いし，施工者と設計者で考え方や意見の相違があるのかについて調査することとした．

2-2　アンケートの集計結果

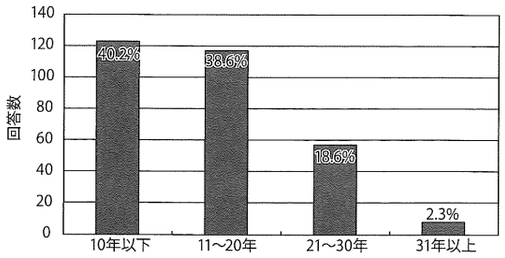
アンケートの回答は，前述会員306名，コンサルタント14名から得られた．回答者の年齢および経験年数の分布を図-1に示す．施工者の回答は，年齢別で見ると30～50代が９割強を占め，中でも40代が45％と多かった．また，経験年数で見ると10年以下と11～20年の経験者で約８割を占め，21年以上の長期経験者は約２割であった．この年齢および経験年数の分布は前回調査時とほぼ同じである．

一方，コンサルタント会社からの回答者の年齢および経験年数の分布を図-2に示す．コンサルタント会社からの回答は回答数が少なく，分布に偏りがある可能性は否めないが，回答者の年齢は40～50代が９割弱を占め，中でも50代が５割と半数であった．また，経験年数別に見ると，21～30年の経験者が４割強を占め，31年以上の長期経験者は２割強であった．

回答分析では，前回調査時に実施した分析で，実年齢や経験年数による回答に大きな差がなかっ

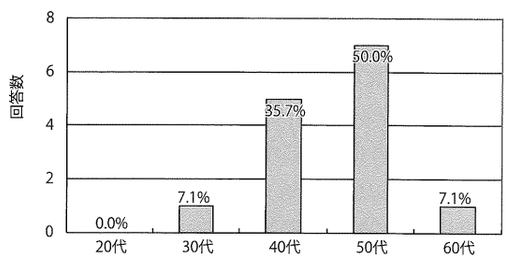


(1)　年齢構成

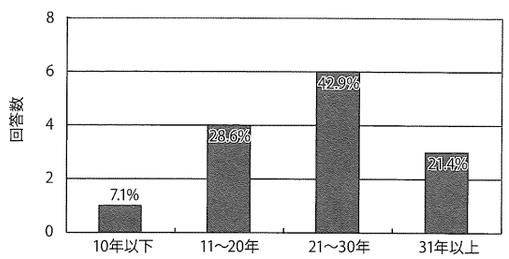


(2)　経験年数構成

図-1　施工者回答者の年齢・経験年数の分布



(1)　年齢構成



(2)　経験年数構成

図-2　コンサルタント回答者の年齢・経験年数の分布

たことが確認できているため，以下の分析結果の報告では回答数のみで整理した．

2-3　回答結果の整理方法

得られた回答から設計と施工の乖離を判定する方法として，前回調査時と同様，以下のような整理・分析を行った．

まず，各設問に対して，選択肢ごとの施工および理想の回答数をグラフ化し，その分布パターンを以下の３つの視点で捉えて，乖離の有無などについて判定した．

(１)　回答の分布・集中による判定

①　[施工]の回答が分散：回答者がイメージした現場条件や経験の差がでている可能性がある．

②　[施工]がある回答に集中：施工のやり方がほぼ決まっている．

③　(理想)の回答が分散：回答者ごとで考え方が異なり，理想の施工方法が定まっていない．

④　(理想)がある回答に集中：理想の施工方法・考え方が統一されている．

(２)　[施工]と(理想)の分布パターンの違いによる判定

①　[施工]と(理想)のパターンが異なる：理想と思っていないことを施工で行っている．

②　[施工]と(理想)のパターンが同じ：理想と施工が一致している．施工するうえでとくに問題がないと考えられる．

③　[施工]と(理想)のパターンが局所的に異なる：何か特別な理由があるかも知れないため，回答理由の記述に着目する．

(３)　[施工]と(理想)でそれぞれ回答数の多い項目の違いによる判定

①　[施工]において(理想)とされていない事項の回答が多い：理想の施工方法とは思っていないが，何らかの理由によりその施工方法を採用している．

②　[施工]において(理想)とされる事項の回答が少ない：理想の施工方法であるが，何らかの理由によりその施工方法を採用していない．

3　回答の整理結果

3-1　金網に関連する設問

> Q1　トンネル標準示方書に金網の目の１倍以上ラップさせなければならないと記載されており，上半に金網を設置する場合には，周方向にラップさせて設置します．しかし，上下半でのラップは非常に大変です．上半と下半の継目部は本当にラップさせなければならないのでしょうか？

①　金網の目的・機能から考えると，本来ラップさせるべきであり，工夫して実現する必要がある．

②　金網の目的・機能から考えると，本来ラップさせるべきであるが，現実的には施工できないので，実施していない．

③　ラップしなくても，吹付けコンクリートの機能は確保できるので，対処しない．

④　その他(ラップさせる工夫があれば，それを教えてください．)

(１)　乖離の有無と多数を占める回答

・乖離がある．[施工]では，ラップさせる必要がある①と，施工できないので実施していない②が，それぞれ149(42％)と141(40％)でほぼ同数である．これに対して，(理想)では，①が175(50％)と突出して半数を占めると同時に，吹付けコンクリートの機能だけで十分で対処しないと考えている③が38(11％)から84(24％)に増えている．

・コンサルタントの回答は，ラップで対処しない③が相対的に多い．

・施工上の課題があると考えられる．

(２)　その他の回答

・上半施工時に，金網の下端部を吹き付けない細工をする．

・下半施工時に，ラップ部をはつる．

・繊維補強や高強度の吹付けコンクリートを使用する．

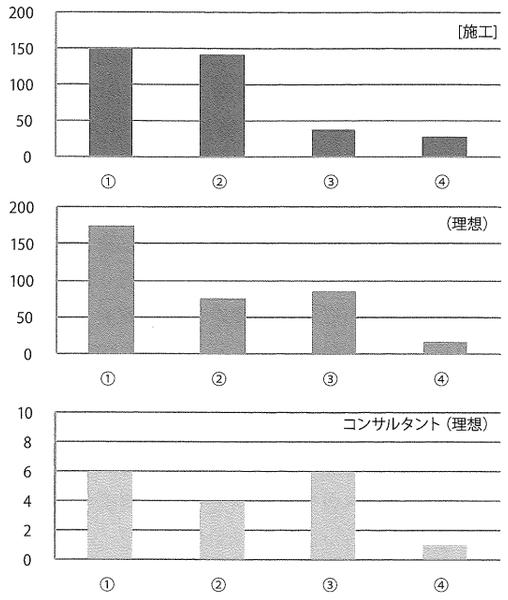


図-3 Q1 の回答結果

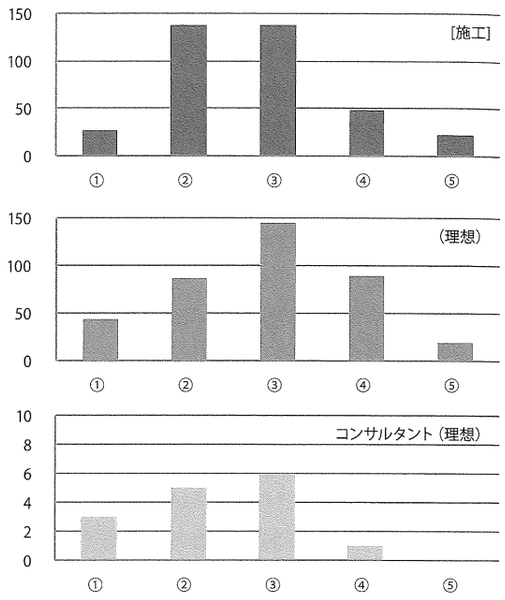


図-4 Q2 の回答結果

◆Q1 に対する WG でのコメント

・金網の効果・目的とラップの必要性，およびラップが必要な場合の施工方法の整理が今後の課題である．

3-2 タイロッドに関連する設問

> Q2 タイロッド方式のつなぎ材を使用する場合，1 基手前の支保工を図面どおりに仕上げると，鋼製支保工のフランジに吹付けコンクリートが充填されているため，つなぎ材であるボルトを通すことができません．どのように施工すればいいのでしょうか？

① 1 基手前の支保工を図面どおりに完成させる．次の鋼製支保工建込み時に，ボルト孔付近の吹付けコンクリートを撤去して，ボルトを設置する．

② 1 基手前の鋼製支保工について，ボルト孔付近に吹付けコンクリートを充填せず，切羽に建て込んだ鋼製支保工とボルトを連結したあとに，吹付けを完成させる．

③ 図面どおりの施工はできないので，さや管式や片側フック式などへの変更を協議する．

④ 図面どおりの施工はできないので，さや管式への変更を協議する．ただし，さや管方式の方が剛性が小さいので，箇所数を多くする．

⑤ その他

（1） 乖離の有無と多数を占める回答

・乖離がある．[施工] では，1 基手前の支保工のボルト孔付近に吹付けをせず切羽の支保工と連結後に完成させる②と，さや管式や片側フック式などへ変更協議をする③が，同数の138(37%)と多数を占める．これに対して(理想)では，③が145(38%)でもっとも多く，さや管方式の箇所数を多くする④が49(13%)から89(23%)に増え，②の86(23%)とほぼ同数となっている．

・コンサルタントの回答は，①～③が施工者の(理想)とほぼ同様の傾向であるが，④とその他⑤が少ない．

・安全性，施工性，品質面，支保機能，地山の安定化および NATM の考え方から，タイロッド方式は不要との意見が多い．設計上の課題があると考えられる．

・一方で，坑口付け部はタイロッドが必要であるとの意見が多い．

（2） その他の回答

・1 基手前の支保工はボルト孔を発泡スチロールで防護する．

・坑口部のみタイロッド方式を採用する．

◆Q2 に対する WG でのコメント

・発注者によらず，DⅢでは設計に入っていることが多いが，在来工法のなごりであると考えられる．タイロッド方式の必要性と必要な場合の施工方法の課題について整理する必要がある．

3-3 鋼製支保工に関連する設問

> Q3 鋼製支保工について，曲げモーメントが大きくなる天端部分やインバートの中央部にボルト継手を設けることは設計として適切でしょうか？

① これまでも多くの実績があるので，問題ない．

② トンネルの支保工は基本的には軸力が卓越した構造物であるが，不良地山では支保工に大きな曲げモーメントが生じるケースもあり疑問を感じるが，設計どおりに施工する．

③ 特殊地山など土圧の作用や変位の発生により曲げが問題となる場合には，継手部の位置変更あるいは継手部の強化など対策を協議する．

④ その他

（1） 乖離の有無と多数を占める回答

・乖離がある．[施工] では，多くの実績があるので問題ない①が，210(65%)と大多数を占めている．(理想)では，①と，曲げが問題となる場合には対策を協議する③が，それぞれ161(43%)と146(39%)となり，多数を占めている．

・コンサルタントの回答は，施工者の(理想)とほぼ同様の傾向である．

・継手部の位置変更については，部材力が大きくなる位置を事前に想定することが困難，継手位置が変わることにより施工性や安全性が低下するといった意見が多かった．また，計測などから曲げが大きくなる位置が想定できない場合は，鋼製支保工の設置間隔変更，サイズアップ，補助工法の併用を検討するという意見が多かった．

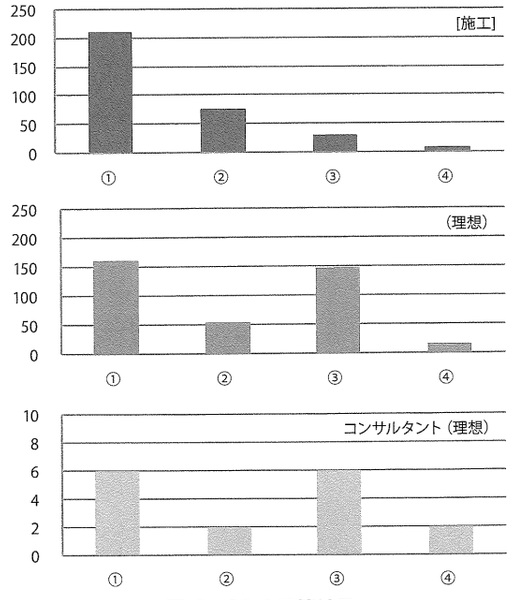


図-5 Q3 の回答結果

（2） その他の回答

・早期かつ安全に継手部を剛結できるような，新しい継手の開発が待たれる．

・インバートストラットの場合は，継手を中央部にしない方が良い．

◆Q3 に対する WG でのコメント

・現状の施工方法のままで継手位置を変更することは，施工性，安全性の面から問題が大きい．さらに，曲げモーメン分布の予測精度は高いとは言えないため，継手位置変更の検討は難しい．

> Q4 鋼製支保工が大きく変形する場合に，標準的な 2 本のボルトで固定する継手構造で耐力を十分に確保できるのでしょうか？

① 鋼製支保工の継手は吹付けコンクリートで固定されており，従来の設計どおりの 2 点で固定する構造で問題ない．

② 継手の剛性が不足するので，4 点で固定す

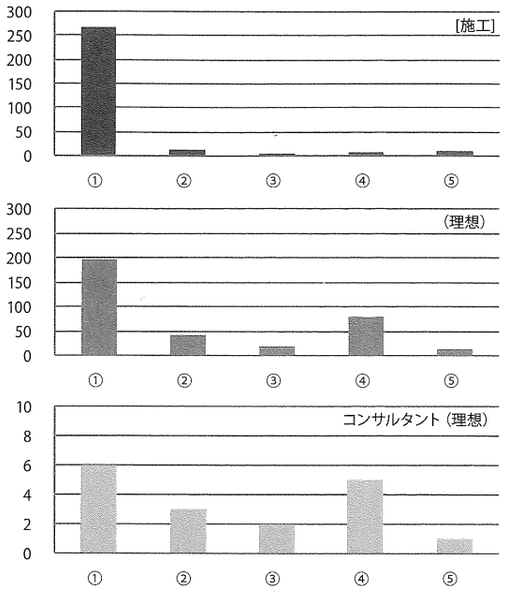


図-6 Q4 の回答結果

る継手が望ましい.

③ 継手部が開かないように補強するため，側面から当て板をした継手が好ましい.

④ 現状以上に良い方法がないので，継手部を短時間で強固に連結できる構造を検討する必要がある.

⑤ その他

(1) 乖離の有無と多数を占める回答

・乖離がある.［施工］では，従来の設計どおり2本で固定する①が，266(89%)と大多数を占めている.一方,(理想)では，継手部を短時間で強固に連結できる構造を検討する必要がある④が，8(3%)から80(20%)に増えた.

・コンサルタントの回答は，施工者の(理想)と同様の回答傾向である.

・①を肯定する意見としては，力学的に軸力部材であるから「経験上継手部がクリティカルとならない，安全上，切羽での作業時間を長くできない」，などがあげられた.

(2) その他の回答

・別の対策としては，支保のランクアップ，二重支保，ハイテンションボルト，増しボルト，吹付け配合変更などがあげられた.

◆Q4に対するWGでのコメント

・多くの人が何らかの対応策が本来は必要と感じているので，2本ボルトによる継手だけではなく，ほかの選択肢を用意するのがよい.

3-4 AGFに関連する設問

> Q5 長尺鋼管先受け工法(AGF工法)が設計に盛り込まれている場合，工事によっては天端部のロックボルトがある場合とない場合があります．ある場合には，AGF工法とロックボルトの位置が干渉して，図面どおりに打設することが困難です．AGF工法を適用する区間でロックボルトが必要なのでしょうか？

① AGFとロックボルトでは機能が異なるので，設計者が必要と考えるのであれば打設位置を調整してでも施工すべきである.

② AGFは変位抑制効果もあるため，ロックボルトは必要ないと思うが，設計図に描かれているので，施工する.

③ ロックボルトが施工できないので，ロックボルトをなくすように協議する.

④ AGFは変位抑制効果もあり，ロックボルトは必要ないと考え，ロックボルトをなくすように協議する.

⑤ その他

(1) 乖離の有無と多数を占める回答

・乖離はない.［施工］では，打設位置を調整してでも施工すべきとする①が，164(54%)と過半数を占め，ロックボルトは不要であり，なくすように協議する④が58(19%)と続く.一方，(理想)でも，［施工］とほぼ同じ傾向である.

・コンサルタントの回答も同様の傾向である.ただし，若干①に対する④の割合が増えている.

(2) その他の回答

・経験がない旨の回答が多数あった.

・ロックボルトの必要性については，AGFを

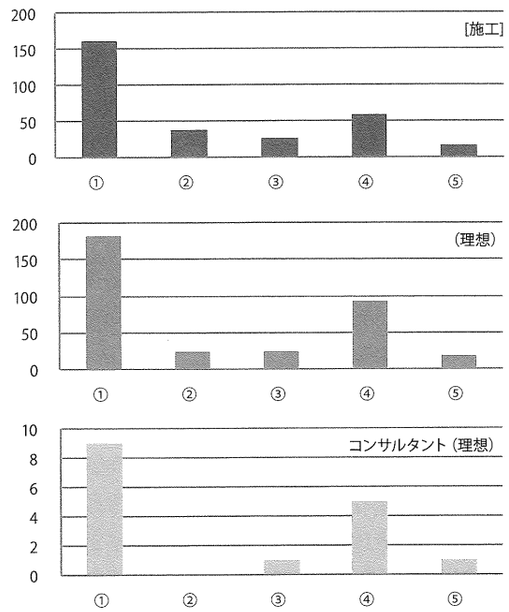


図-7 Q5 の回答結果

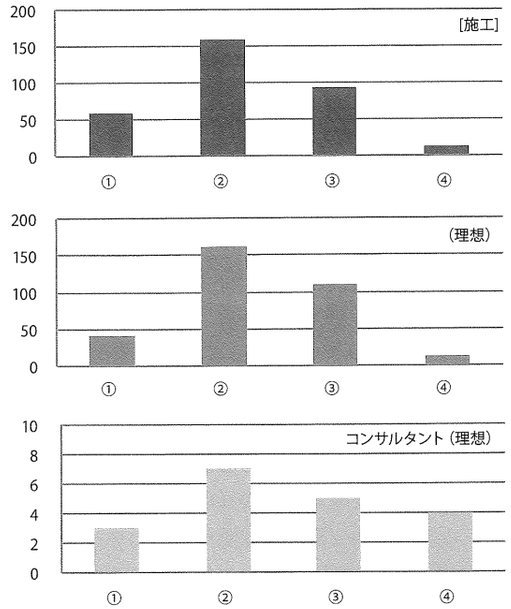


図-8 Q6 の回答結果

施工する地山にはロックボルトは効かない，土かぶりや地山状況など，状況次第であるなどの意見が多かった.

・ロックボルトは改良した地山を乱す，もしくはAGFを破損するとの意見も多かった.

◆Q5に対するWGでのコメント

・AGFの適用が考えられる地山におけるAGFとロックボルトそれぞれの効果の検証，両方を施工する場合の施工の可否と地山改良状況の明確化が今後の課題である.

3-5 インバートに関連する設問

> Q6 インバートの鉄筋継手が，継手長を増さず芋継ぎになっている設計がありますが，これでよいのでしょうか？

① これまでも多くの実績があるので問題ない.

② RC構造として設計されていない，いわゆる補強鉄筋という位置づけの単鉄筋構造では，力学的に必要とされた鉄筋でないため，芋継ぎのままでよい.

③ 鉄筋の継手は，どのような場合でもラップ長や継手位置に配慮が必要であり，芋継ぎにならないように協議により変更する.

④ その他

(1) 乖離の有無と多数を占める回答

・乖離はない.［施工］では，芋継ぎを容認する②が，158(49%)ともっとも多く，実績があるので問題ないとする①58(18%)を加えると，全体の約2/3を占める.その一方で，継手位置に配慮が必要とする③も93(29%)と少なくなく，相反する意見が定着している.(理想)も同様の傾向である.

・コンサルタントの回答も，ほぼ同様な傾向である.

・継手位置への配慮としては，継ぎ手長を増やす意見がもっとも多く，芋継ぎを避ける意見は少ない.

・芋継ぎを容認する理由としては，補強鉄筋に過ぎない，半断面施工では施工が困難などのほかに，設計要求事項である，発注者の判断による，などもあげられている.

(2) その他の回答

・インバートの片側施工での設計・計画上の配

慮がなく，受注者の裁量で，切羽を止めてインバート施工する，あるいはインバート桟橋を使用することが多い．
・発注者への明確な説明ができない場合は，発注者の判断に従うことが多い．

◆Q6 に対する WG でのコメント
・構造上必要と判断されるか，あるいは将来的に荷重を受ける懸念がある条件では，構造鉄筋として継手を考慮する必要があることは周知されている．
・インバート部の補強鉄筋の細目が関連基準などでは定められていないこと，継手方法の判断が施工側で行われることなど，設計上の課題はあると思われるが，設計変更額が小さいなどの理由で敢えて変更する努力をせずに設計に準じて施工している現状があると考えられる．

Q7　道路トンネルでは，インバート施工後に埋戻しを行いますが，全断面施工の場合，インバート桟橋がないと，養生期間を十分に確保できません．インバートは若材齢で埋戻しをしてもよいのでしょうか？

① 重機が走行しても問題がない養生期間を計算し，養生後に埋戻しを行う．
② 積算でインバートの養生期間は考慮されていないので，工程を優先して埋戻しを行う．
③ 実際には転圧荷重がコンクリートに影響を与える可能性があるが，若材齢で埋戻しを行う．
④ 計算により得られる養生期間が長いため，インバート桟橋など対策を協議する．
⑤ その他

（1） 乖離の有無と多数を占める回答
・若干乖離がある．［施工］では，重機走行を想定した養生後に埋戻しを行う①が，247(74%)と大多数を占め，転圧荷重が心配であるが若材齢で埋戻しを行う③が，42(13%)で次ぐ．一方，(理想)では，①が249(74%)と大多数を占めるのは同じであるが，③が減り，インバート桟橋などの対策を協議する④が，57(17%)に増えている．
・コンサルタントの回答は，施工者の(理想)とほぼ同じ傾向で，不十分な養生となる可能性のある②と③はゼロである．

（2） その他の回答
・施工では，大断面であれば半線施工で，中小断面であれば全断面施工で養生期間を確保すべきである．
・設計では養生期間が必要であるが，積算では考慮されていない場合があり，設計時に考慮すべきである．
・大きな曲げが作用する場合，半線ではなく，インバート桟橋などで全断面施工すべきである．

◆Q7 に対する WG でのコメント
・インバートの品質を確保するためには，設計時にインバート埋戻しの必要強度を明確にしたうえで，断面の大小や打設方法を勘案して，必要強度を確保できる養生期間を積算上で反映していくべきである．

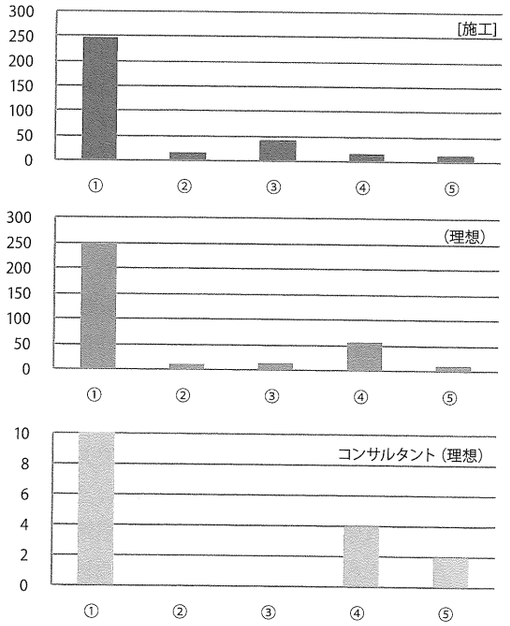


図-9　Q7 の回答結果

Q8　坑口部から新鮮な岩盤が分布していても，設計段階では，坑口パターンの次に緩衝区間としてインバート区間が設置される場合があります(例えば，坑口パターン(DⅢ)→緩衝区間ＤⅠ→ＣⅡ)．このとき，コンクリートよりも強度が十分に大きい岩盤が分布している場合でもインバートコンクリートを施工する必要があるでしょうか？

① たとえ強固な岩盤でも緩衝区間はトンネル構造安定上必要であるので，疑問は感じない．
② 疑問は感じるが，設計どおりインバートを打設する．
③ インバートコンクリートよりも強固な岩盤が分布していれば，発注者とインバート省略を協議する．
④ その他

（1） 乖離の有無と多数を占める回答
・乖離がある．［施工］では，疑問を感じるが設計どおりインバートを施工する②が，132(43%)と最多で，強固な岩盤であれば省略を協議する③と，疑問を感じない①が，それぞれ91(30%)，72(24%)で続く．一方，(理想)では，③が，182(54%)と増えて大多数を占める．
・コンサルタントの回答は，①と③がほぼ同数で，意見が分かれる．

（2） その他の回答
・そもそも緩衝区間の必要性が不明確である．
・地山を痛めてまでインバート掘削する必要はない．
・長期安定性の評価は難しいので，安全側の処置が必要である．

◆Q8 に対する WG でのコメント
・将来，劣化する可能性がある岩盤ではインバートの設置が重要であるが，緩衝区間の考え方や，強固な岩盤におけるインバートの必要性について整理する必要がある．

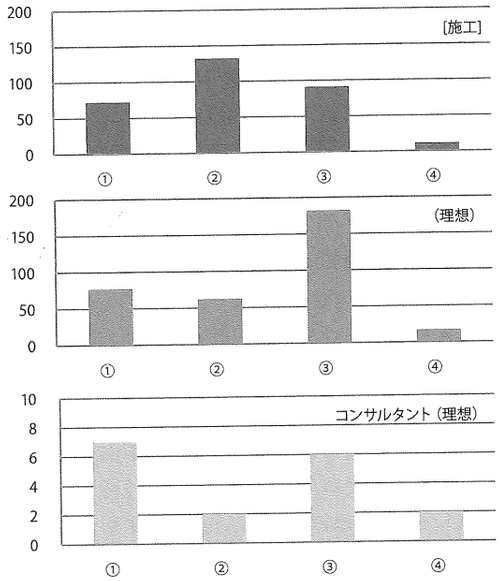


図-10　Q8 の回答結果

3-6　覆工コンクリートに関連する設問

Q9　ＤⅠなど無筋のインバート区間では，覆工側壁部にインバート拘束によるひび割れがよく発生します．このひび割れに対して，どのように対処すればいいのでしょうか？

① 発注者から補修を指示されれば補修する．
② 自主的に補修する．
③ 周方向(輪切り)の短いひび割れはトンネルの安定上問題ないので，補修しない．
④ 無筋コンクリートであり，コンクリートの性質上発生するひび割れなので，補修しない．
⑤ このようなひび割れが発生しないように，事前にひび割れ抑制対策を協議して実施する．
⑥ このようなひび割れが発生しないように，自主的にひび割れ抑制対策を実施する．
⑦ その他

（1） 乖離の有無と多数を占める回答
・乖離がある．［施工］では，発注者の指示に従い補修する①と，自主的に補修する②が，それぞれ109(30%)と101(28%)であり，ひび割れ対策を自主的に実施する⑥の46(13%)と，協議して実施する⑤の37(10%)が続く．補修

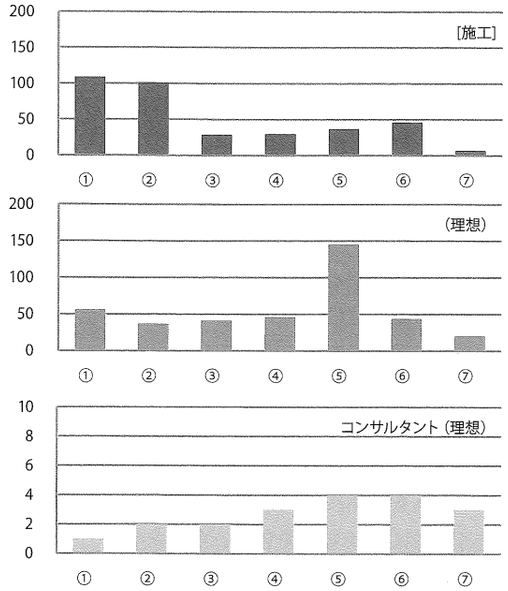


図-11　Q9 の回答結果

しない③と④は，それぞれ29(８％)と30(８％)である．一方，(理想)では①，②が大幅に減り，⑤が37(10％)から145(37％)に増えて突出して多数を占めている．

・コンサルタントの回答は，ひび割れ抑制対策を実施するとした⑤と⑥が多かった．

(２)　その他の回答

・ひび割れの程度を調査して自主的に補修する．
・事前にひび割れ抑制対策を協議し，施工後にひび割れの程度を調査して自主的に補修する．
・ひび割れ対策としては，覆工とインバートの打継目を同一箇所とする，養生台車などの養生設備を設置する，被膜養生材などを散布する，などがあげられた．

◆Q9 に対する WG でのコメント

・覆工側壁部のひび割れに対しては，分布形状や程度を調査し，トンネルが不安定化するような外荷重が原因なのかなどの発生原因を特定する．アーチ構造のトンネル覆工にとって，周方向のひび割れは安定性に影響を及ぼさない可能性が高いが，トンネルに対する要求条件や長期的な維持管理を考慮して，補修の必要性も含め対策を検討する必要がある．

Q10　坑口部など通常のＤⅢ区間では，将来的な地山荷重に対して，覆工コンクリートに補強鉄筋が計画されています．通常，この補強鉄筋は内空側に配置される単鉄筋となっていますが，これで十分なのでしょうか？

①　これまでも多くの実績があるので，このままで問題ない．
②　NATM では，基本的に支保工で地山荷重は支保し，覆工は「化粧巻き」であるので，万一ひび割れが発生しても，コンクリートブロックが落下しないように内側に鉄筋があればよい．
③　過去に不具合が生じた事例があるので，RC 構造にするべきである．
④　長期的な荷重はどのような分布・大きさになるのかわからないので，適切な地山荷重を想定してRC構造とすべきである．
⑤　その他

(１)　乖離の有無と多数を占める回答

・乖離がある．[施工] では内空側に単鉄筋を配置すればよい①と②が，それぞれ133(41％)と159(49％)を占めた．一方，(理想)では①と②が，91(25％)と137(37％)であるのに対して，適切な地山荷重を想定してRC構造にする④が，20(6％)から108(29％)へと大幅に増えている．
・コンサルタントの回答は，施工者の(理想)とほぼ同様の傾向である．
・施工者の(理想)で①または②以外を選択した理由としては，将来的な不確定要素に対する耐久性，外力に対する耐荷力や耐震性の確保のためにRC構造とするべき，地形・地質，立地条件などに応じてRC構造を検討すべきなどが多かった．

(２)　その他の回答

・坑口条件に応じて構造設計をするべきである．
・覆工に作用する荷重を明確にできれば，構造設計するべきである．
・複鉄筋構造ではなく，繊維補強コンクリートを採用する．
・複鉄筋構造の場合は充填不良が懸念されるため，巻厚を大きくするなどの対策が必要である．

◆Q10に対する WG でのコメント

・国内の基準類[1)~3)]では特殊条件下や明かり巻きについては構造設計を行うことになっている．通常の坑口部の覆工に対して構造設計する場合は，作用荷重などの設計条件の適切な設定や，施工性や経済性の確保が課題である．

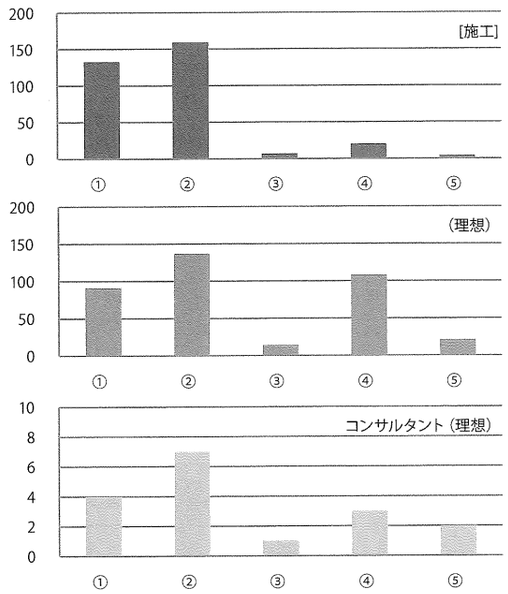


図-12　Q10の回答結果

3-7　長孔発破に関連する設問

Q11　設計としてはまだ一般的ではありませんが，工事によっては標準以上の高速施工が求められることがあります．このような場合，「長孔発破」が効果的であると考えられ，選択されます．しかし，長孔発破には問題もあると思います．本当に効果があり，望ましい方法なのでしょうか？（本Ｑは，「設計との乖離」とは少しニュアンスが異なりますが，設計で採用する背景となっている目的＝高速施工に対して，お答えください）．

①　機械の入れ替え時間の削減などサイクル的に効果がある．
②　結果的にサイクルはほとんど短縮されない．
③　火薬量と周辺余掘り量が多くなるため，地山を痛めやすく望ましくない．
④　発破後，支保完成までの時間が長くなるため，地山の安定性および作業の安全性を確保するうえで望ましくない．
⑤　その他

(１)　乖離の有無と多数を占める回答

・乖離がある．[施工] では，サイクル的に効果があるとする①が，84(34％)と多い．一方，(理想)では，地山の安定性および作業の安全性を確保するうえで望ましくない④と，地山を痛めやすく望ましくない③が，それぞれ44(18％)と51(21％)から123(31％)と112(28％)へと大幅に増え，①110(27％)を上回る．
・コンサルタントの回答は，①が多く，③が続く．
・いずれの回答でもサイクルがほとんど短縮されないとする②は少ない．

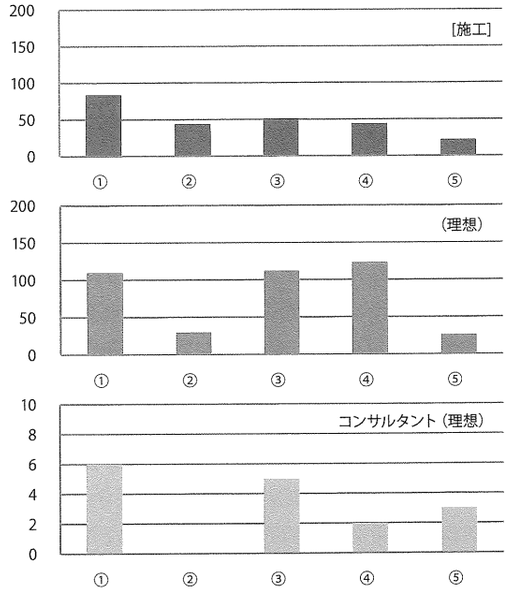


図-13　Q11の回答結果

（2）　その他の回答

・経験がない回答者が多く，［施工］への回答数が少なかった．

・安定した地山や最適な削孔長など条件が合えば，効果がある．

・余掘り量，ずり出し，機械の入替えを行うにあたり，効率的な方法を選定しないと，火薬量や材料ロス，サイクルタイムが増える．

◆Q11に対するWGでのコメント

・地山条件，削孔長などの条件を適切に選定できれば，コストやサイクルタイムに関してに長孔発破は有効である可能性がある．地山の安定性や安全性を確保するための条件設定や施工方法など検討する必要がある．

3-8　斜坑門に関連する設問

Q12　斜坑口（斜坑門）は，机上設計では合理的（コスト上有利）かもしれませんが，施工の困難さに起因して，品質確保が難しいとも言われています．斜坑口について，どのように思われますか？

①　これまでも多くの実績があるので，問題なく施工できる．

②　設計・施工上の課題はあるが，現場で工夫してやる．

③　鋼製支保工の建て込みや吹付けコンクリートの充填など，品質確保上，多くの課題があるので，望ましくない．

④　その他

（1）　乖離の有無と多数を占める回答

・乖離がある．［施工］では，現場で工夫してやる②が，140（61％）で大多数を占める．一方，（理想）では，品質上の課題があり望ましくないとする③が，55（24％）から154（50％）へと大きく増え，②は140（61％）から121（39％）へと減っている．

・コンサルタントの回答は，突出した回答はないが，相対的に②，③の回答が多い．

・多くの回答者は，実務的には施工時の対応で品質確保を図っているものの，（理想）では品質と施工性において，斜坑口は望ましくないと考えている．

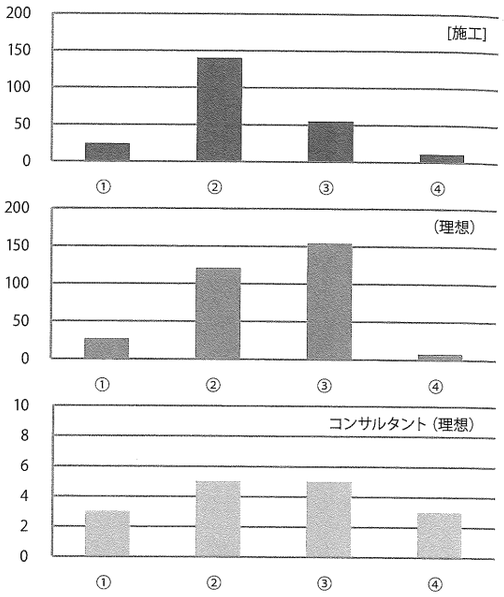


図-14　Q12の回答結果

（2）　その他の回答

・施工に多くの手間を要する．積算価格よりもコストがかかる．

・置換えコンクリート，抱き擁壁が減少し，工期短縮，コスト縮減が可能となる．

◆Q12に対するWGでのコメント

・坑口の設計においては，コストダウンや景観のみならず，構造安定性，施工性などの課題と対策について十分な検討を行ったうえで，斜坑門の適用性を判断していくことが重要である．

参　考　文　献

1）日本道路協会：道路トンネル技術基準（構造編）・同解説，p.145，2003.11.

2）鉄道・運輸機構：山岳トンネル設計施工標準・同解説，pp.101-102，2008.4.

3）東・中・西日本高速道路：設計要領第三集，（1）トンネル本体工建設編，p.146，2014.7.

報　告

第42回ITA総会および世界トンネル会議（米国）報告

JTA国際委員会ITA統括ワーキング

第42回国際トンネル協会（以下，「ITA」[1]）総会が，2016年4月22～28日に米国のサンフランシスコで開催され，72の加盟国のうち54か国が参加した．米国での開催は1979年のアトランタ，1996年のワシントンに続く3回目の開催であった．

ITA年次総会と併催された2016年世界トンネル会議（以下，「WTC」）は，「Uniting the Industry（トンネル業界の統合）」のテーマで54か国，2,319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の論文発表者など含め，61名の参加があった（以上の数値は主催者側発表による[2]）．



写真-1　第42回ITA総会会場

1　ITA総会

1-1　ITA総会（代表者会議）（写真-1）

ITA総会は2部構成で，第1部は24日（日）に開催された．総会は開会の辞に始まり，理事会活動報告，会計監査報告，会長・副会長・理事の選挙と2019年の開催立候補地4か国のプレゼンテーションなどが行われた．また，加盟国の活動報告は代表者の挙手により指名後に報告がそれぞれ行われた．日本からは中村武夫・JTA国際委員会委員長が熊本震災のお見舞いに対する謝辞を述べたあとに活動報告を行った．

第2部は27日（水）に開催され，オープンセッションや部会長による各WG報告，予算案の承認，役員選挙とともに2019年開催地の投票が行われた．

1-1-1　会員状況

新たな会員入会の承認が報告された．会員は全体として団体会員（公共機関，総合建設業，メーカー，コンサルタントなど）が184，個人会員が87の合計271で，これに加えて18のプライムスポンサー，56のサポーターが参画している．

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，おおむね76万ユーロ（8,800万円）である．

1-1-3　今後のITA総会・WTCの開催予定

今後のITA総会およびWTCの開催地は2017年がベルゲン（ノルウェー），2018年がドバイ（UAE）に内定している．

2019年の開催地は英国，イタリア，オーストリア，トルコが立候補し，開票の結果，ナポリ(イタリア)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

理事会の活動報告では，2014年ブラジル総会で立ち上げた７つの戦略計画に対する昨年の進捗状況の説明が行われた．計画された活動に関しては完了，もしくは完了間近としているが，引き続き戦略活動を注視し，計画の見直しや新規の活動は戦略として留めることとなった．これまでは，新規加入国を中心とするその他加盟国，WG，各種委員会との連携の強化や教育・訓練を通じた知識の共有，ITA-YMG(若年技術者グループ)との関係促進や地下空間利用の促進などを戦略として掲げて活動してきた．戦略目標の達成に向けての進捗状況は理事会開催時に確認されており，今後２年間でも精査される予定である．

今回の報告では加盟国の新規加入状況，担当理事による加盟国の活性化，プライムスポンサーとの活動状況，加盟国でのトレーニングコースやワークショップの支援，ITA-YMGの活動状況や姉妹協会との連携などの報告があった．

最後に，本年11月10，11日にシンガポールで開催される第２回トンネル大賞の案内があった．この賞は2015年にトンネルと地下工事分野での成果を表彰するために創設された．

この賞に関してITA事務局からインタビューで，「事業者や企業にとって良いモチベーションになっている．日本からも第１回の大賞に応募し，ファイナリストに残ったが受賞を逃したことは残念だった．今後，日本からも応募が増えるよう協会としても情報提供に努めていく」と回答した．

1-2-2　作業部会(WG)の活動(写真-2)

現在活動している13のWGは，ITAやWTCの会期中に会合を催している．また，この１年間に会合を開いているいくつかのWGやSWGがある．その活動の成果として，ガイドラインや勧告などが提示されている．

各WGの活動状況は以下のとおりである．



写真-2　WG11作業風景および集合写真

(１)　WG２：研究

部　会　長：C. Yoo(韓国)
副部会長：E. Chiriotti(フランス)
担当理事：E. Leca(フランス)
日本の参加者：吉川直孝((独)労働安全衛生総合研究所)

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・施工などにわたり幅広いが，おもに既刊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．今回は16か国から45名の参加があった．

主として，①シールドトンネル工事における切羽圧に関する提言，②工事におけるリスクマネジメント，③計画における現地調査に関する提言，④セグメントの設計，⑤施工による周辺環境への影響，⑥セグメントの損傷，⑦地質解釈基準の選択，⑧繊維補強コンクリートによる覆工セグメントの縦断方向の継手の設計，⑨施工による沈下と構造物の損傷などの議論がなされた．

とくに④については，各国の設計方法の情報収集を実施したことが発表された．すでにWG２の報告書として大筋はまとめられており，査読および修正が終了次第，公表する予定である．⑥については，日本の土木学会でまとめられた統計データを参考に，WG２のメンバーがアンケート用紙を作成した．今後，このアンケート用紙を配布し，各国のセグメントの損傷に関するデータを収集するとのことである．⑨については，過去のITAの会議論文などからトンネルの崩壊した事例を収集することとなった．

本WGの最後に，新部会長にE. Chiriotti氏，副部会長にR. Tluczek氏が選出された．

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．その中で，日本のセグメントの損傷事例をまとめた土木学会の書籍や日本の設計法が引用されている．海外，とくに米国土木学会や英国土木学会では，発注者との契約の関係上，損傷事例のような統計をまとめることはできないそうである．今後，日本が有する技術的知見や経験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/吉川直孝・(独)労働安全衛生総合研究所)

(２)　WG３：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(英国)
担当理事：T. Celestino(ブラジル)
日本の参加者：村上浩次(鹿島建設(株))

本WGでは，地下工事の特殊性，地盤の不確実性に起因する契約上のリスクの解消を活動の目標としている．今回はFIDICのTask Group 10のメンバーも含め，17か国から27名の参加があった．

活動のテーマは過年度から継続の２つに，今年新たに１つ追加し，３つとなった．１つ目のテーマは，2011年に第１版を発刊した『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)』の改訂作業である．部会で最終確認を行った改訂版は年内にITAのWebページ上に公開される予定である．２つ目は「契約実務上の成功事例の情報収集と要因分析」である．世界中の工事関係者にアンケートを行い，契約慣習がプロジェクトの成否に与える影響を分析することがこのテーマの目的である．今年のWTCのテクニカルセッションにおいて，分析結果が発表され，部会ではその概要の報告があった．

また，「EU圏内における地下工事の契約に関連した商慣習の改革」のサブグループが立ち上がった．EUでは，2016年４月に３分野(インフラ，官業，コンセッション方式)の公共の調達に関する指令を改訂した．新たな指令の目的は，地下構造物に限らず，建設契約の変更手続きを明確にすることであるが，各加盟国の国内法への反映はあまり進んでいないようである．本WGでは，今回の改訂を契機としたEU圏内での商慣習の改革を新たな活動目標として設定した．

(文責：村上浩次・鹿島建設(株))

(３)　WG５：工事中の安全衛生

部　会　長：D. Lamont(英国)
副部会長：M. Vogel(スイス)
担当理事：R. Haug(ノルウェー)
日本の参加者：吉川直孝((独)労働安全衛生総合研究所)

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．とくに，ITAのガイドラインの作成とISOやCEN(Comité Européen de Normalisation，欧州標準化委員会)へのかかわり合いを重視している．今回は７か国から９名の参加があった．

おもな議題は発出されているITAのガイドラインの見直し，CENやISOとの関係に関してであった．本WGは活発に活動を継続しており，No.1『トンネル工事における労働者の健康と安全に関するガイドライン(2008年版)』，No.5『トンネル工事における避難用チャンバ(Refuge chamber)の設置に関するガイドライン(2014年版)』，No.10『圧気下の作業に関するガイドライン』などは既刊，ITAのサイトで更新されている．

No.5のガイドラインについて議論がなされた．避難用チャンバはトンネル内で火災などの災害が発生した際に，作業員が一時的に避難するものである．英国のCrossrailプロジェクトでは，全トンネルに対して避難用チャンバを設置している．スイスでは，１km以上のトンネルには，避難用チャンバを設置しなければならない．今回の議論は，避難用チャンバの防爆機能である．可燃性ガスが発生しているトンネルでは，バッテリーなどの爆発のリスクがあるため，ガイドラインの一部が改正されることとなった．そのほか，EN ISO DIS19296「鉱山および土工機械の作業の安全」へのかかわり方が話し合われたが，すでに策定に

向け始動中で，ITAがかかわれる状況にはないことが伝えられた．今後はITAの本WGの中でトンネル用建設機械の安全について，ガイドラインなどを策定することを計画している．

(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)
日本の参加者：玉井達毅・森本恭弘
((独)鉄道・運輸機構)

本WGでは，トンネルの地震被害や地震の影響に対する検討方法について情報を収集し，データベース化すること，地震に対する設計，計測，リスクアセスメントなどの考え方をとりまとめることを目標としている．今回は9か国から14名の参加があった．

今年は，トンネルの地震の影響に対する検討方法がおもなテーマとなり，4名のメンバーからプレゼンテーションがあった．初めに，部会長から1970年代から現在までの地下鉄におけるトンネル構築のための施工法と数値解析手法の変遷の紹介があり，次にチリでの地下鉄新線の設計と施工について紹介があった．台湾からは，トンネルに計測機器を取付け，地震時におけるトンネル挙動のモニタリングを行った事例の紹介があった．そのほか，ロサンゼルスの地下鉄建設での地震の影響に対する検討方法や地震時におけるトンネルと隣接する建築物との相互作用に関する研究の話題提供があった．

最後に，部会長から提案があり，今後のWGでの報告書作成にあたり，以下の方針を確認した．

① 地震被害に関しては，昨年度WGで話題となった藍檀オメル教授(琉球大学)をはじめとした各国からの報告をとりまとめる．
② 地震の影響に対する検討では，今回のWGでの内容を参考にとりまとめを行うが，地震に対する設計手法は各国で異なることに留意し，一般的に推奨される手法や事例の紹介などを記載するに留める．
③ 年内にこれらの報告書の草案を作成し，メール審議などを経て，2年以内を目途にITAへ報告書を提出したい．

(文責：玉井達毅・(独)鉄道・運輸機構)

(5) WG 11：沈埋・浮きトンネル

部 会 長：J. Babar(英国)
副部会長：E. v Putten(オランダ)
担当理事：D. Kolic(クロアチア)
日本の参加者：白井孝典(日本シビックコンサルタント(株))

本WGでは，沈埋・浮きトンネルに対する新たな課題および解決法について検討を行っている．討議内容は非常に実務的で，各国で実施しているプロジェクトを紹介しながら，設計，施工上の問題点や苦労した点，およびその解決方法や対処方法について討議している．今回は11か国から30名の参加があった．

今回の会合では以下の報告や討議がなされた．

1) 沈埋トンネル

作成中の『Immersed Tunnels Owner's Guide』については，第3稿が完成しWTCオープンセッションで説明されると報告された．最終稿は2017年のWTCに提出予定であることが合わせて報告された．データベースの作成状況については，ウェブサイト掲載に向けてITAとの協議が開始される旨の報告があった．

2) 浮きトンネル

作成中の『Submerged Floating Tunnels Owner's Guide』についてドラフト版の説明がなされ，浮きトンネルの定義について討議された．今後，ドラフト版のレビューが行われる．

3) 各国の報告ならびにプロジェクト紹介

WG 11では毎回，プロジェクトの実績と知識や疑問などを共有する非公式な討議が行われている．今回は9プロジェクトの紹介があった．

また，1)～3)以外では，建設リスクに関するトピックをまとめること，および出版物『A Better Way to Cross Waterways』の更新作業を今後の作業とすることが報告された．

(文責：白井孝典・日本シビックコンサルタント(株))

(6) 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)
日本の参加者：保利彰宏(デンカ(株))

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り入れ，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．今回は17か国から33名の参加があった．

1) 繊維補強コンクリート

これまでの活動結果を受け，今後の活動目的の討議がテーマ責任者より提起された．その結果，責任者が報告の方向性案を策定し，WGメンバーへ配信することになった．ただし，本テーマは技術レポートに利害関係が生じる可能性があるため，異なる見解が出された際は双方をレポートに記載し，意見の相違が技術的根拠にもとづかない場合は意見自体を記載しない旨が合意された．

2) PSCL(Permanent Sprayed Concrete Layer)

吹付けコンクリートを永久構造物として利用する設計手法については，テーマ責任者を中心にエンジニア会社や建設会社が中心に記述し，読み手側が使いやすい内容にすることで合意された．

1)～2)以外にもQC(品質管理)の話題があったもののテーマ責任者の欠席にて協議されなかったWGのマネジメントに関する議論や，吹付けノズルマンの講習会および技能認定制度について報告があった．吹付けコンクリートの品質はノズルマンの技量に左右されるところが大きく，技能認定制度に対して積極的に適用範囲を広げるべきとの意見が目立った．

(文責：保利彰宏・デンカ(株))

(7) WG 14：機械掘削

部 会 長：B. Fulcher(米国)
副部会長：K. Bappler(ドイツ)
担当理事：R. Lovat(カナダ)
日本の参加者：杉本光隆(長岡技術科学大学大学院)，福本勝司・三野秀作((株)大林組)

本WGでは，TBM，シールドおよび自由断面掘削を取り扱うこととしているが，現在はTBMを主体とした機械化掘削に関して特筆すべき(チャレンジング)プロジェクトのリスト作成，また，各国の主要なガイドラインの収集，さらにWG 19(在来工法)と共同して『トンネル掘削工法による地下工事の選択に関する勧告』の作成が進められている．今回は11か国から27名の参加があった．

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 部会長と副部会長の選出が行われ，新部会長にはB. Fulcher氏が昇任し，新副部会長はK. Bappler女史が選出された．
② 前回のWGからチャレンジングプロジェクトのリストへの更新がなく，プロジェクトの選出を積極的に行っていくことを確認した．
③ WGへの参加登録や議事録の閲覧が行えるよう，専用のホームページの開設が検討された．また，ホームページ上でWG内での情報交換や作業が行えるよう，設定についての意見交換を行った．
④ 『トンネル掘削工法による地下工事の選択に関する勧告』の最終ドラフトについて，各国の掘削土処理に関する法令・規制，掘削土砂の搬出方法の選定，機械掘削・発破掘削の工法選定，ディスクカッタやピック(ロードヘッダー)の摩耗評価・管理方法，掘削地盤の摩耗評価方法・評価基準の標準化，高圧下での機械化掘削，TBM内からの地盤改良，前方探査，地下水対策，添加材，スラリー，各種グラウト工法などの意見交換が行われた．

これ以外に来年のITA総会までに行うWGの中間会議の開催場所について協議された．

(文責：三野秀作・(株)大林組)

(8) 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)
日本の参加者：小野知義(佐藤工業(株))

本WGでは，「掘削ずり」と「騒音と振動」の2つのテーマについて討議が行われている．今回は7か国から7名の参加があった．

「掘削ずり」に関しては，2016年3月時点のレポートに対する審議が行われ，ずり処理の事例や文献，写真，さし絵を追加し，内容を充実させることになった．また，図表番号や本文中の参照番号の確認，文献リストの作成を行い，レポートを完成させることになった．「騒音と振動」に関しては，部会長がレポートの目次案を提示し，メンバーは各国の指針や推奨値を2016年秋までに返信することになった．

（文責：小野知義・佐藤工業(株)）

(9) WG 17：大土かぶり長大トンネル

部 会 長：G. Seingre(スイス)
副部会長：M. Schivre(フランス)
担当理事：J. Yan(中国)
日本の参加者：大塚勇(大成建設(株))

本WGでは，延長が長大土かぶりトンネルを対象にTBMで掘削した際の問題点と対策工について議論した．今回は9か国からの14名の参加があった．昨年はヨーロッパのメンバーで4回の打合せが行われた．

初日は各国における最近の大土かぶり長大トンネルの紹介とノルウェーのFollo Line Projectに関する報告があった．日本では，中央新幹線のプロジェクトが本格的に始まることを報告した．また，TBMで掘削した飛騨トンネルやパハン・セランゴール導水トンネルについて，TBMのデータベースに付け加えることとなった．なお，Follo Line Projectはオスロ駅とスキー駅を結ぶ延長約22kmの鉄道トンネル2本を掘削する工事である．TBMの掘削延長は約20kmであり，現在4台のマシンを使って施工中である．

2日目は，困難な地山条件下でのTBM掘削についてまとめた報告書のレビューを行った．ほぼ完成している同報告書は，困難な地山条件として，山はね，膨張性地山，高水圧などの危険要素を定義し，予見性などについてまとめている．また，それぞれの危険要素に対して，型式別(開放型，密閉型)に起こりうる現象と起きたときの損害についてリスク分析を行い，各危険要素に対しては対策工をリストアップし，型式別に対策工の効果，適用性についてまとめている．

今後は，報告書を完成させ，本年秋に査読を受けて発刊し，ITAのウェブ上に公開する．

（文責：大塚勇・大成建設(株)）

(10) 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)
日本の参加者：淡路動太(清水建設(株))

本WG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．今回は11か国から8名の参加があった．

今回の討議では，WG 14との協同により在来工法と機械化工法の選択に関する指針が完成したことが報告された．次いでブラジルにおいて，高架橋で計画されていた道路をトンネルにより地下化した事例について紹介された．工法の変更は，都市の美観を確保することによって地表部分での商業を活性化させることがおもな目的であったと説明された．近年，都市部において景観確保のために道路をトンネル化するケースが増えていることが指摘されていた．都市部におけるNATMは地山改良や補助工法などの特殊工法を併用することから，シールド工法に比べて必ずしもコストメリットがあるとは限らないが，道路線形や断面形状の自由度の高さから採用を検討する事例が増加しているとの説明があった．

このほか，新部会長に米国のNasri Munfah氏が選出された．今後については都市部などの困難な地質条件下におけるNATMの設計と適用に関するガイドラインの策定が提案された．都市部の軟岩～土砂条件下におけるガイドラインは少ないため，策定へのニーズが高いことが指摘された．内容として，各地での建設事例のとりまとめに加えて，都市条件下における地質調査方法，地山分類法，掘削時の地山挙動の評価手法，地山改良工法，周辺施設への影響，支保等級とその要求性能，契約方法などに関してとりまとめることが提案された．部会長からは，各国の代表が自国内に検討グループを作り，サポートすることが強く求められた．ガイドライン策定にあたって日本の保有技術を積極的に発出できれば，世界における日本の技術プレゼンスを大いに向上することができる．

（文責：淡路動太・清水建設(株)）

(11) WG 20：都市問題と地下化による解決策

部 会 長：W. Broere(オランダ)
副部会長：D. McGirr(英国)
担当理事：In-Mo Lee(韓国)
日本の参加者：岸田潔(京都大学)，小松原渉(パシフィックコンサルタンツ(株))

本WGでは，都市問題と地下空間の利活用による解決法について，とりまとめを行っている．近年のおもな活動内容は，各国の地下空間利用の事例をとりまとめデータベース化を図ることを目的としている．今回は11か国から15名の参加があった．

当日の内容は，インドからムンバイメトロの紹介，英国から国内のワーキング活動の紹介，その後，各国の地下空間の活用事例のデータベース化方法について議論を行った．

ムンバイメトロは，延長33.5km，駅数27を予定しており，JICAから約57.2%の円借款を受けている地下鉄事業である．課題として，住宅や貴重な遺跡に対する近接施工を抱え，地上部の立退きおよび移転に関する保証が必要であることが紹介された．

英国からは，現在利用されていないDown street tunnelの活用方法について，コンサルタントだけでなく，建築家や都市計画の専門家とともに意見交換を行った活動内容の紹介があった．各国からは，他分野の専門家を入れ，多くの視点から地下空間の利用方法について意見交換を行うことに興味が示された．

地下空間利用の成功事例のデータベース化については，これまでの作業フローを見直し，Wikipediaを例に閲覧と閲覧者による記載内容の更新が行えるオンデマンド仕様にする提案が部会長よりあった．これについて，地下空間利用の成功事例の定義や，掲載事例の規模および内容について質疑があった．ITA-WG20のweb上では，すでに数事例の記載がある．「都市問題と地下空間の利活用による解決法」の先例を多く有する日本としても，地下空間利用の事例紹介を行っていくことが，諸外国で活動する日本の技術をアピールするうえで必要不可欠である．そのためには，種々の事例紹介に対する発注者の積極的な協力が必要になると考えられる．

（文責：小松原渉・パシフィックコンサルタンツ(株)）

(12) 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. D'Aloia S.(フランス)
担当理事：S. Eskesen(デンマーク)
日本の参加者：河田皓介((株)オリエンタルコンサルタンツ)

本WGは，トンネルなどの地下構造物における，ライフサイクルを考慮した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，オーナーのライフサイクルマネジメントを補助するガイドラインの作成を目指している．今回は13か国から13名の参加があった．

今回のWGでは，フランスによる最新の取組みの事例紹介が行われた．内容は，安全教育の技術とオーナーのための維持管理に関する規則やガイドラインについての説明であった．フランスでは，山岳，開削トンネルの構造物および運用施設の維持管理に関する特別な規則に関する『Fascisule 40』というガイドラインが出されている．これには構造物が被害を受ける要因(地盤の環境条件，水，施工方法，使用上の環境条件など)についてとりまとめられている．また，施設に対するメンテナンスレベルの設定として，日常的な管理から緊急時の対応についての記載がある．ほかにもトンネルの詳細な点検による分析方法に関するガイ

ドラインも出されていることが紹介された．

今後は，昨年のWG後に作成された報告書の素案を，フランスの事例を参考にしながら，各国の事例を踏まえて内容を更新することとなった．具体的な作業の検討は，通常の会議やテレビ会議などを通じて行う．さらに，本WGとITAのBIM(Building Information Modelling)のワークショップが協力し，新たなWGを立ち上げることが提案された．

(文責：河田皓介・(株)オリエンタルコンサルタンツ)

今回，日本が不参加のWG 6 (維持修繕)については，最終日のITA総会第2部における活動報告によれば，WGへの参加は8か国であり，2013年にITA事務局へ提出された『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2014年に回収し，2015年に同報告書がレビューとともに再提出されたとのことであった．

1-2-3 ITA YMGの活動(写真-3)

ITA-YMGは，2014年よりトンネル分野および地下開発分野に属する35歳以下の若手技術者および学生で構成される組織として発足した．目的は各国の同世代間のつながりを増やし世代間のギャップを埋めることを目的として活動している．ITAでのイベントの企画や，各国の活動への支援，雑誌『breakthrough』の発刊を通じたITAへの参加啓発をおもに行っている．

本WTCの期間中に，Young Member Student Scholarship Orientation，Networking Event，General Meetingが行われた．日本からは河田皓介((株)オリエンタルコンサルタンツ)と小松原渉(パシフィックコンサルタンツ(株))が参加した．



写真-3 YM-General Meetingの状況

Networking Eventは親睦を兼ねたパーティで，参加者は北米，南米，ヨーロッパなどから40～50名程度であり，業種は技術者，大学准教授，博士号取得中の学生などであった．アジア圏からは日本のみの参加で，現時点では欧米を中心とした活動である印象が強かった．当日は各国の参加者との議論を通じて各国の活動状況も知りえた．米国や英国，ブラジルなどではすでに自国でYMGが組織されており，参加人数も多数に及んでいるとのことであった．また，General Meetingでは各国の若手技術者が集い，YMGにおける英国内の活動の紹介があった．この後，5名程度のグループに分かれ，ITA-YMGの今後の活動の在り方や雑誌の掲載内容，各国でのYMGの組織設立や活動を行ううえでのITA-YMGの支援の在り方について議論が交わされた．最後に次期YMGの理事の投票が行われた．米国，英国，イタリア，カナダ，スウェーデン，デンマーク，南アフリカの代表が立候補し，議長にイタリア，副議長に英国とカナダの代表が選ばれた．

ITA-YMGの活動は，世界に向けた情報発信，意見交換の場の一つとして重要な役割を担っていくと思われる．業界では人材不足や技術力の低下が課題で，若手が主体的に活動し，交流・勉強できる場は，各国の技術の底上げや分野の魅力向上につながると考えられる．日本では正式なYMGの活動基盤はないが，構築に向けて人員構成，活動拠点や内容および目的とその成果を明確化させることが重要である．これらの活動には，機会，時間，費用面で，所属組織や業界全体の理解と支援が必要であると考えられる．

(文責：砂金伸治・(国研)土木研究所，河田皓介・(株)オリエンタルコンサルタンツ)

1-2-4 ITA委員会の活動

ITA委員会は，委員会への登録，参加ともにITA傘下ではあるがITAとは独立して運営されており，近年，各委員会の活動が活発化している．成果はITA加盟国も共有でき，全体で4つの委員会(ITA-COSUF：安全運営委員会，ITA-CET：教育訓練委員会，ITA-CUS：地下利用委員会，ITA-Tech：技術情報委員会)がある．その中で今回のWTCにおいて日本から参加があった委員会の内容に関して報告する．

(1) ITA-CET：教育訓練委員会(写真-4)

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)

4月22，23日の2日間で「Monitoring and Control in Tunnelling」および「Underground Space Use」をテーマとした2つのITA-CET教育訓練コースが開催された．今回，前者の講習を受講したのでその内容について報告する．講師は総勢19名で，米国から4名，欧州11名，南米2名，アジア2名(中国，韓国)が講義を担当した．講義時間は1コマ30～45分で，パワーポイントを用いた座学形式で行われた．受講者は62名で，日本からは4名であった．

22日には，午前にトンネルにおけるモニタリングの必要性，種類と方法，計測機器の紹介，得られたデータの解釈，午後に山岳工法やシールド工法などのトンネル施工法ごとのモニタリングの方法，トンネルの設計・施工とモニタリングの関係に関する講義があった．また，23日には，契約や責任，リスクマネジメントにおけるモニタリングの意義や役割，ケーススタディとして実際のトンネル工事現場でのモニタリングの実施例に関する講義があった．講習では，GNSSやInSARなどの衛星測位システムを利用したモニタリング技術や，BIMやCIMに代表される3Dデータモデルの構築など国内でも話題になっている技術の紹介があった．

講義を通じて，トンネルにおけるモニタリングの重要性を再認識し，得られた情報からトンネルと地山の状況を的確に判断するには，日々経験を積んで，自らの技術力を向上させていかなければならないと実感した．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．



写真-4 ITA-CETの開催状況[3)]

(文責：玉井達毅・(独)鉄道・運輸機構)

(2) 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「Think Deep」と銘打って，オープンセッションが開催された．セッションは2つのテーマに分け，前半は「過去，現在，そして未来」のテーマで，Ray Sterling教授と砂金伸治((国研)土木研究所)の代理として吉川直孝((独)労働安全衛生総合研究所)が講演した．また，後半は「挑戦的な地下空間の共同利用」のテーマで，Yvette Korber氏，Nicolas Ziv氏，Petr Salak氏が講演した．

両セッションでのおもな議論は，効率的かつ有効な都市の地下空間の利用について，地下鉄，地下道，ガス管，水道管，下水道管，電気ケーブル，通信ケーブルなどのライフラインの各施主が構想段階から協議し，全体像を明確にすべきとの内容であった．ただし，施主の責務に関することが今後の共通課題であり，不具合や事故が発生した場合にどの施主がどこまでその対応を負担するのかを明確にしないと共同利用は難しいとの認識であった．

地下利用に関する計画は全体像を決定してから細部を決定しないと煩雑なものになることが多い．日本では各管理者がその時代の要望に応じてライ

フラインなどを整備してきたが，今後，全体像も含めた明確なビジョンを持ったうえで，地下空間を効率的かつ有効に整備していくことが望まれていくものと考えられ，世界的な認識も同様であった．(文責：砂金伸治・(国研)土木研究所，吉川直孝・(独)労働安全衛生総合研究所)

1-3 ITAオープンセッション(写真-5)

今回のオープンセッションは2部構成で行われた．第1部では，WGからこれまでの活動の成果として，以下の概要報告がなされた．

- WG 2：繊維補強コンクリートを用いた覆工セグメントの20年間の実績
- WG 11：沈埋トンネルのオーナーズガイド
- WG 14/WG 19：これまでのトンネル掘削方法を用いた地下プロジェクトの発展に対する提言
- ITAtech：繊維補強コンクリートを用いた覆工セグメントのガイダンス，都市部での削孔・発破の制御

第2部では，「現在，将来のトピックス」と題して3つのWGがそれぞれ用意したテーマでパネルディスカッションが行われた．議題を以下に示す．

- WG 2：リスクマネジメント，高地圧・応力再配分の計測，繊維補強コンクリートを用いた覆工セグメント
- WG 3：うまくいかなかった過去の契約慣習とその理由，ITA/FIDICのコラボレーション：地下を対象とした新しいFIDIC条文
- WG20：都市部での地下空間利用における政治的，経済的な取組み

(文責：村上浩次・鹿島建設(株))



写真-5 ITAオープンセッションの開催状況

2 世界トンネル会議(WTC)

世界トンネル会議は4月25日に開会式が挙行され，開催都市の歓迎の挨拶に続き基調講演が行われた．以下に代表的な内容を報告する．

2-1 基調講演など

基調講演は，Bruce Grewrock氏(CEO Kiewit Companies)とPerter Hirshberg氏(Inovation Advisor)の2名により行われた．

Grewrock氏のタイトルは「Time to Dig In: A New Vision for Tunneling」，Hirshberg氏のタイトルは，「Infrastructure Innovation and the Maker City」であった．

Grewrock氏は，トンネル・地下空間産業の将来について，シアトルなど米国内の大規模なプロジェクトに触れ，トンネル・地下構造の産業が，エネルギー，環境など多岐にわたり社会へ多大な貢献をしており，今後も新たな可能性が広がっていくことの説明がなされた．また，難しい条件に対して新技術を用いてチャレンジしてくことの意義や，さまざまなリスクに早急に対応・解決し，プロフェッショナルを育成することの重要性について語った．

Hirshberg氏からは，インフラの挑戦と変革をおもに，都市開発や地下構造の多様な可能性について，マレーシアやスイスのプロジェクトを例に説明がなされた．そこでは，道路トンネルを有事の際の緊急の排水路トンネルやコンサートホールとして利用している例が取り上げられた．また，地下施設の更なる可能性について，SNSやオープンデータを用いた情報の視覚化や共有を行うことで新たな発想による都市や地下空間の開発ができる可能性があり，柔軟な視点で開発にチャレンジすることに意義があると語った．

(文責：河田皓介・(株)オリエンタルコンサルタンツ)

2-2 WTCテクニカルセッション(写真-6)

主催者発表によれば，今回のWTCにおけるアブストラクトの投稿数は738編であり，その中で口頭発表が185編，ポスター発表が168編であった．

各セッションの会場が，展示会場やその他のセッション会場と近いこともあってか，最終日も会場は賑わっていた．ただ，今年も，最終日午後のセッションはITA総会とWTC閉会式と同時開催となった．

運営面での日本国内の会議との相違点として，①1つのプレゼンテーションを複数の人が分担して発表していたり，②発表当日に，ポスターから口頭発表への変更があったりした．②により生じる，配布プログラムからの時間変更の情報は，スマートフォンのWTC専用アプリで確認できるようになっていた．日本国内で開催する国際会議でも，海外の趨勢として，これらの試みは参考にできるのではないかと感じた．

口頭発表とポスターセッションは論文募集時に25あったテーマを以下の18テーマに再分類し，行われた．

なお，以下の数字は開催準備段階での口頭発表とポスターセッションの数である．実際には未発表のものや提示されないポスターもあったことから，上記の主催者発表の実績値とは異なる．

- 設計，施工の安全，17編
- 「発破工法」と「大空洞」，16編
- 地山の安定，19編
- イノベーションによるトンネル技術の発展，29編
- 「事例検討」と「施工困難な地山」，17編
- 計測，モニタリング，14編
- 複雑なプロジェクト，30編
- 地山と構造物の相互作用，17編
- シールド工法，極小断面トンネル，14編
- シールド工法の前方探査，運転管理，解析，15編
- シールド工法　都市部での挑戦，14編
- 計画，ファイナンス，原位置調査，21編
- 「リスクマネジメント」と「契約慣習」，22編
- 「地盤改良」と「立坑」，15編
- TBMトンネルと新たなアプローチ，22編
- 「リハビリテーション」と「オペレーションとメンテナンス」，16編
- 未来のプロジェクト，10編
- 環境計画と都市計画，17編

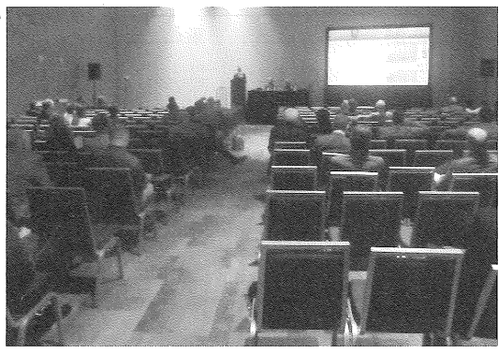


写真-6 テクニカルセッションの状況

ポスターセッションでは，昨年度に比べ分野が細分化されていたように思われる．展示会場では，施工事例を紹介するポスターの閲覧者が比較的多く感じられたが，全体的には少ない印象を受けた．日本からのポスターは全8編確認できた．今回のWTCでの規程サイズは独自のものであり，投稿時において多少の混乱があり，会場でも提示様式と異なるサイズでの掲示が多々見受けられた．

(文責：村上浩次・鹿島建設(株)/小松原渉・パシフィックコンサルタンツ(株))

2-3 WTC展示会(写真-7, 8)

本年の展示会には世界中から200社以上および2,500人以上(主催者発表)が参加した．展示会場は，ポスターセッション会場が併設されており，例年より広い空間であった．建設機械，建設材料，設計コンサルタント，建設会社，各国の協会などから合計298の展示ブースが出展され，中でも2019年のWTC開催国に立候補している国々の展示ブースは華やかであった．さらに，バーチャルリアリティー技術を使った大型機械の操作を疑似体験できるブースもあった．

全体的にはTBMに関する展示ブースが多かった．出展企業の傾向としてはTBM機械メーカー，重機メーカー，設計会社，各種材料メーカーと，例年と大きな変化はないが，地元の北米およびカナダからの出展数が多かった．また，設計会社としてはスイス，英国，米国などから，施工業者としてはフランスなどから出展されており，バラン

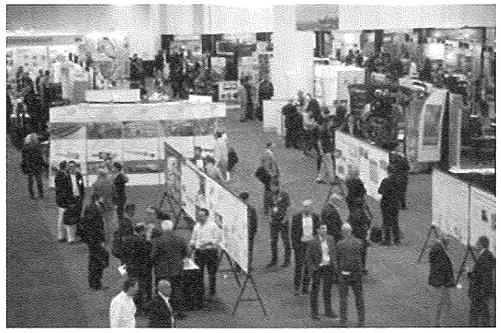


写真-7　展示会の状況

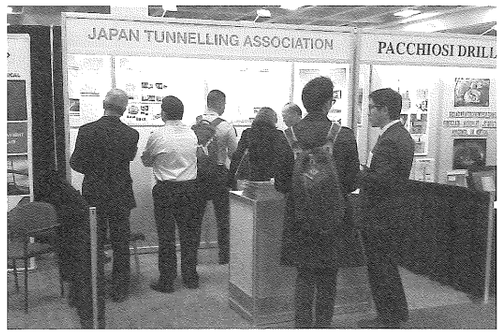


写真-8　JTA展示ブースの状況

スが取れていると感じた．

また，本年は日本トンネル技術協会として初めての出展をした．最新版のTunnelling Activities in Japanに掲載した5プロジェクトを紹介するポスター掲示をし，Tunnelling Activities in Japan 2016とバックナンバーの配布と，各国からの来場者へ日本のプロジェクトの紹介をした．来場者は35か国からのべ約400人であった．日本への要望や展示に関する興味・関心など，今回の成果に関しては今秋予定の報告会で詳細を報告する．

（文責：大塚勇・大成建設(株)/保利彰宏・デンカ(株)）

あ と が き

本報告は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記載しているものであり，参加者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．会議に関する情報は後記のウェブサイトに詳細に掲載されている．現地での活動や本報告に対する関係各位の協力に謝意を表し，お礼の言葉といたします．

〈コラム〉

◆「海外に行くと日本人がいかにマジメにやっているかがわかる」と，現地でご一緒させていただいた大学教授から伺った．今回ポスター発表で参加したが，確かにそう思えるポスターが見受けられた．研究内容のみならず，発表形式も多岐にわたる．言い方を変えれば「型破り」である．縦1.2m×横2.4mというサイズ規定があるが，一部のポスターが型破り．言ってしまえば独創的というよりは独走的だった．例えば，ポスター用掲示板から下にはみ出したもの．はみ出した部分が反り上がるので，読むのに少々苦労する．あるいは掲示板から横にはみ出したもの．隣のポスターに乗っかったものもあり，下のポスターのAbstractを読もうとすると，上のポスターをめくらねばならず，覗き見をしているような気分になってくる．さらに，縦横比1：2は合っているのだが，肝心の寸法が合っていないものもある．正確に測ってはいないが，30cm×60cmほどの大きさだ．作者もこれではさすがに小さくわ分かりにくいと考えたのか，同じものを2枚横並びにしていた．だが，結局小さい．ポスターを読むよりも写真を撮る人の方が多かったように思う．

今回，日本では中々お目に掛かれないとても貴重なものを見た気がする．世界の技術者よ，これからも独創的であれ．ただ，願わくは規定内の「型破り」であって欲しい．なお，自身も「もっと独創性に走れば良かったか」などと厚かましくも考えたが，もう少し経験を重ねてから走ることとしよう．（Y. M.）

参 考 資 料

参考ウェブサイト

1）ITA（国際トンネル協会）：http:www.ita-aites.org

2）「WTC 2016」に関するウェブサイト：www.wtc2016.us/noticeThankyou.cfm?contactType=New

参考資料（協会保有資料）

3）WTCプログラム．

4）WTC2016論文概要集（電子版）．

連載講座

トンネル新技術への挑戦（10）

—密閉型矩形シールド（パドル・シールド）工法—

「トンネル新技術への挑戦」連載講座小委員会

1 はじめに

昨今，都市内では輻輳する埋設物や小土かぶりといった厳しい施工条件の工事が増加し，また，トンネル断面の有効活用のために，矩形断面のシールド工法へのニーズが高まっている．

これに応え今回，汎用品の使用や機構の単純化を図った軸付き横配置カッタ，強制攪拌によりチャンバ内土砂の塑性流動性を向上させるためのパドルスクリュー，さらに，小土かぶり部での地表面の変位を抑制できる上段カッタスライド機構を装備した掘削機を用いた「密閉型矩形シールド工法（パドル・シールド工法）」を開発・実用化したので紹介する．

なお，パドルとは船をこぐ櫂（かい）の意味で，櫂のように前後方向に回転させながら掘削する機構を持つことから命名した．

2 開発の背景

従来のシールドは一般的に円筒形が多く，掘進時に地盤を切削するカッタは，時計の針のように横断方向に円回転する方式がほとんどであった．そのため，従来のカッタ方式で矩形断面を切削した場合，コーナー部などに未切削部分が発生しないように，円形カッタを多数配置したり（写真-1参照），矩形端部まで切削するための複雑な回転機構（写真-2参照）の採用が必要なことから，掘削機は機構が複雑で高価であるという課題があった．

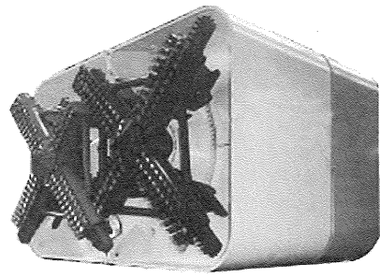


写真-1　円形カッタの多数配置例

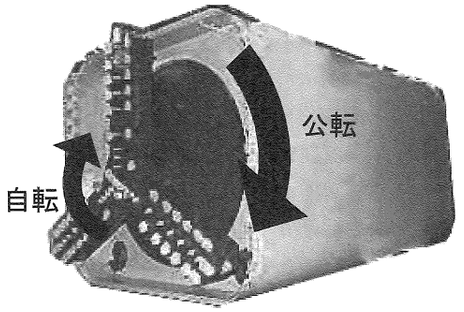


写真-2　複雑な回転機構例

また，小土かぶりにおける矩形断面の掘削は，円形断面に比べて，掘削部上部のアーチ効果による地表面の変状抑制が期待できないという課題もあった．図-1に本工法のイメージ図を示す．

複雑で高価な掘削機構という課題に対しては，従来の発想を転換しカッタの回転方向を横断方向から前後方向に変更した軸付き横配置カッタを採用することで機構の単純化を可能とした（写真-3参照）．

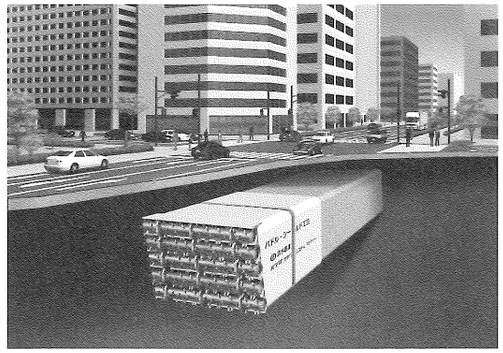


図-1　パドル・シールド工法イメージ図

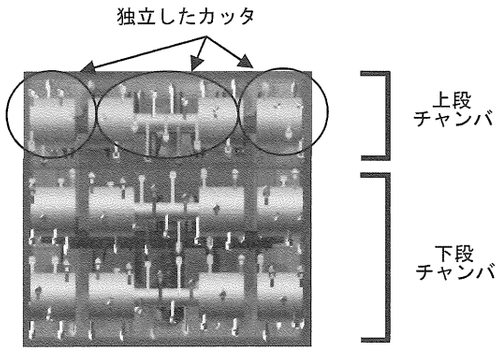


図-2　機構正面図(チャンバ２段時)

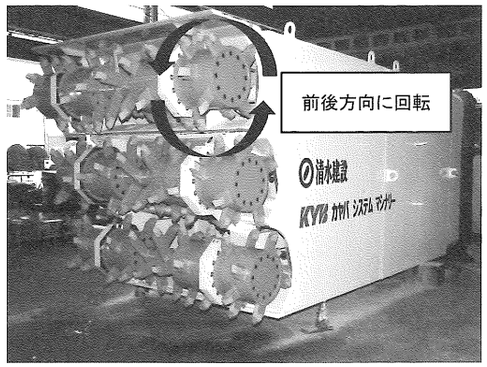


写真-3　横配置カッタ

また，この機構の採用により，汎用品(汎用モーターや減速機)の使用が可能となり掘削機のコストダウンが可能となった．

一方，円形断面に比べて，掘削部上部のアーチ効果による地表面の変状抑制が期待できないという課題に対しては，上段カッタのスライド機構を装備することで地山の先受け効果を発揮し，小土かぶり部での地表面の変状を抑制することを可能とした．

③ 技術の概要

本技術は密閉型矩形土圧式シールドであり，以下の３つの新機構により構成される．

3-1　軸付き横配置カッタ

従来の矩形シールドでは，円形カッタで矩形断面を掘削する．円軌道で矩形断面を掘削するにあたり，掘り残しのないようにするためには，円形カッタを多数配置もしくは，円形カッタを複雑に動かす必要があった．

本技術では，カッタは円筒形の横軸にビットを装備し，軸の回転により地山を切削する．このため，この軸付き横配置カッタによる掘削断面は矩形形状となる．

縦方向にこの横配置カッタを複数段配置(図-2参照)することで特殊な機構(複雑な回転制御など)を用いなくても掘削断面を矩形とすることが可能となった．

各段カッタは複数の独立したカッタから構成されており，同じ横軸上ではあるが，個別に回転方向や速度を制御できる．

最上段チャンバは１本のカッタ，２段目以下のチャンバは複数のカッタ(２～３本)で構成している．このシンプルな機構により低コストで矩形断面の掘り残しのない合理的な掘削が可能となる．

3-2　独立強制攪拌機構であるパドルスクリュー

従来の矩形シールドでは，チャンバ内の攪拌機構はアジテータ式や攪拌棒などによるものとなっているが，いずれも，チャンバ内土砂取込み口付近での局所的な攪拌であった．この方式ではとくに粘性土において攪拌が不十分になり，土圧が精度よく管理できないリスクがあった．

本技術の機構側面図を図-3に示す．チャンバ内に装備したパドルスクリューは独立して制御可能であり，強制的にチャンバ内全体を攪拌することができる．この攪拌性能の向上により，掘削土と加泥材は効率よく攪拌され(塑性流動化し)，高い精度でチャンバ内土圧を管理することが可能となる．

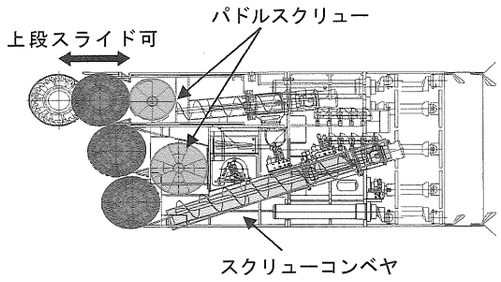


図-3　機構側面図



写真-4　上段カッタのスライド機構

また，パドルスクリューには，カッタで切削した土砂とカッタ付近で吐出される加泥材の攪拌混合に加え，攪拌混合した土砂をスクリューコンベヤの取込み口まで横移動させる機能もある．

3-3　上段カッタスライド機構

矩形シールドにおいて，従来は上段スライド機構を装備するのは困難であった．本技術では軸付き横配置カッタを採用しているため，カッタ，チャンバ，パドルスクリューとスクリューコンベヤが一体となってスライドする機構により掘削することが可能となっている(写真-4, 図-4参照)．

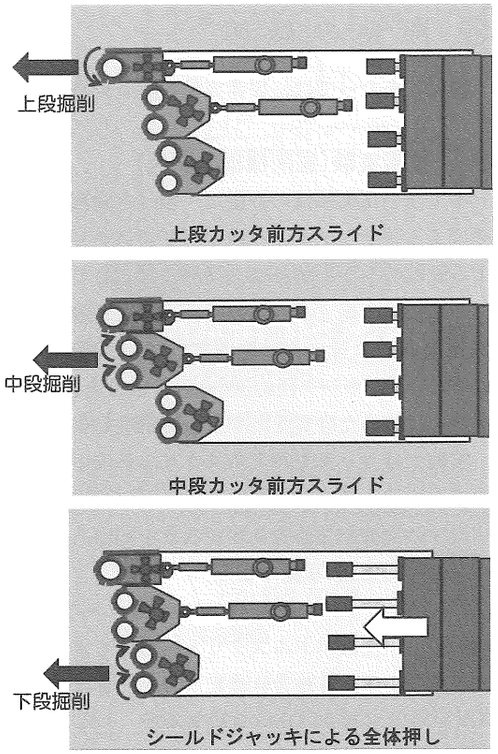


図-4　カッタスライド機構を使用した掘進手順図(チャンバ３段，スライド２段想定時)

小土かぶり地盤においては，掘進始めは最上段カッタを押出しスライドしながらセグメント１リング分の長さまで掘進し，上から順に各チャンバのカッタでスライド掘進をくり返すことで，地山の先受け効果により地表面の変状を抑制する．また，このスライド機構は複数段設置することも可能であり，とくに大きな断面を掘削する際には，小断面に分割された各段を順次スライドさせることにより，より地表面の変状抑制および，地山の安定に寄与できる．

図-4の例では，まず上段のみスライドしながら掘進し，その後中段がスライドしながら掘進を行う．最後にシールドジャッキにてシールド全体を押しながら下段の掘進を行う．この際に，上段・中断は移動せず，シールド内に再び格納される．

④ 開発の経緯

開発にあたっては，要素実験と実証実験を行った．

4-1　要素実験(掘削機構の開発)

本工法の掘削機構の特徴は，軸付き横配置カッタによる掘削とチャンバ内のパドルスクリューによる強制攪拌が一体となり機能することである．

この機構を確立するため４回にわたり掘削機構の要素実験を行った．要素実験では，実機の約1/4サイズ，カッタ径約300㎜の実験機を製作し，土槽内に詰めた砂質土とシルトを掘削し検証した．

実験ではカッタやパドルスクリューのトルクや地表面の沈下量などを測定し，さらにパドルスクリューの混練，土砂送り状況などを観察した．

・第１回実験(**写真-5**参照)
　装備：カッタ１段，パドルスクリュー１段(排土はパドルスクリューのサイドから)
　目的：１段目軸付き横配置カッタおよびパドルスクリューの性能実証
　結果：カッタ形状が悪く，地表面が隆起傾向であった．

・第２回実験(**写真-6**参照)
　装備：カッタ１段，パドルスクリュー１段，スクリューコンベヤ１台
　目的：カッタ形状の改良および，スクリューコンベヤの排土量制御による地山の安定的な掘削確認
　結果：カッタ形状の改良およびスクリューコンベヤの回転数制御により，地表面の隆起・沈下を制御できることを確認した．

・第３回実験(**写真-7**参照)
　装備：カッタ２段，スクリューコンベヤ１台
　目的：上下カッタ間の土砂流れとカッタ回転方向の関係性検証
　結果：有効な排土ができず，地表面変位のコントロールが困難であった．

・第４回実験
　装備：カッタ２段(第３回実験カッタ改良)
　目的：第３回実験と同じ
　結果：掘削土砂の滞留が発生しない上下相互の回転方向の確認や，上下カッタ間の土砂流れとカッタ回転方向の関係性を把握した．

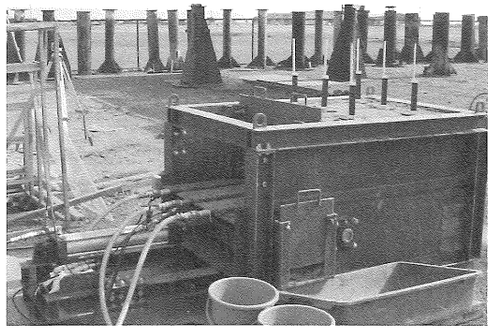


写真-5　第１回実験状況

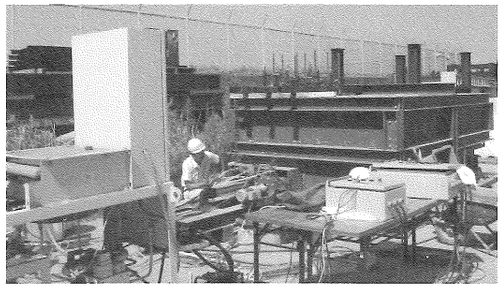


写真-6　第２回実験状況

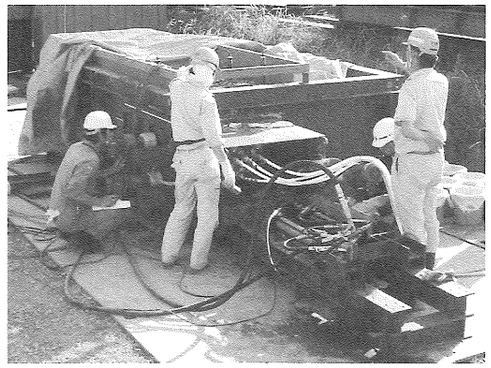


写真-7　第３回実験状況

4-2　実証実験

実証実験は，断面が2.1m×2.1mの泥土圧式掘削機を新規に製作して実施した．掘削機は，軸付き横配置カッタを３段装備し，チャンバは２段構成とした．パドルスクリューは各チャンバ内に装備し，上段チャンバはスライド機構を装備した．

上段チャンバのスライドは，実験に使用されるセグメントのリング幅に合わせてストローク長を500㎜とした．土圧計は上段チャンバに２か所，下段チャンバに４か所設置した．掘削時には，土圧計を常時監視しながらスクリューコンベヤの排土量を調整し，所定の土圧を維持した．実証実験機を**写真-8, 9, 図-5**に示す．

4-2-1　目　的

実証実験では，以下の項目について検証を行った．

① 小土かぶり掘進時，周辺地盤への影響を抑制しながら，掘進可能であること
② 従来の泥土圧式掘削機と同様の線形管理が可能であること
③ 排土状況が良好であること(土砂の均一な塑性流動性の確保)

4-2-2　掘進線形

実験の掘進線形は，都市内アンダーパスを想定し，地表面付近から５％の下り勾配で発進し，R＝150mの縦断曲線を経て１D(2.1m)の土かぶりで水平に移行する．平面線形は直線とした．掘進延長は28m，掘削地盤はおもにN値１の軟弱地盤(沖積シルト・粘性土)である．**図-6**に掘進縦断図を示す．

4-2-3　地表面沈下計測

周辺地盤への影響を確認するために，地表面には各計測ポイントにプリズムを設置，トータルステーションで変状を計測するシステムを導入した．**図-7**に計測ポイント配置平面図を，**写真-10**に計測ポイント設置状況を示す．

4-2-4　仮設備

実証実験の仮設備は実施工と同様の設備を配置し，掘削を行った．裏込め注入設備，作泥材注入設備，滑材注入設備を配置した．**図-8**に地上設備の配置図を示す．なお，作泥材は気泡材を用いて掘削土砂の塑性流動化を図った．また，掘削延長が短いため掘削機の排土はベルトコンベヤで発進立坑まで搬送し，バケットで地上の土砂タンクへ搬出することとした．セグメントはスチール製とした．セグメント幅は500㎜，セグメント分割数は８分割とし，人力による坑内セグメント搬送および組立てを行った．

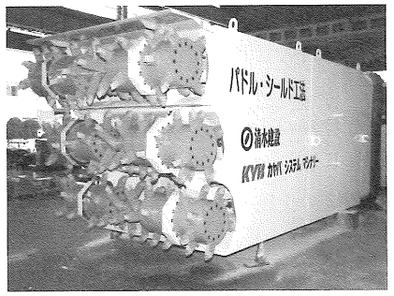


写真-8　実証実験機(全景)

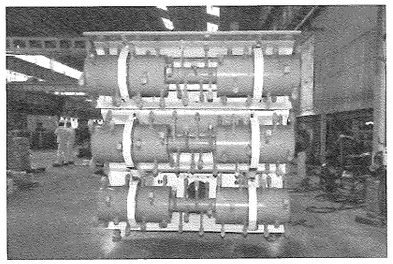


写真-9　実証実験機(カッタ前面)

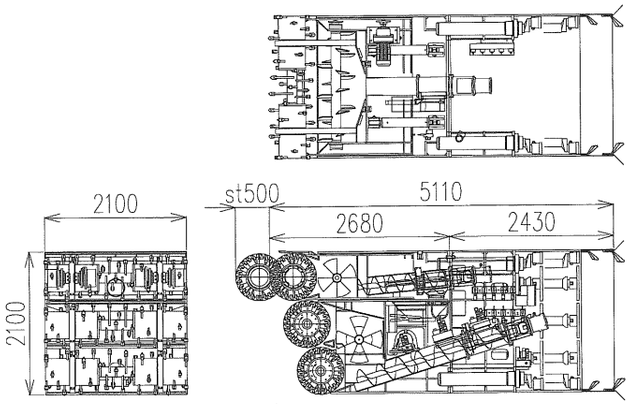


図-5　実証実験機概要図

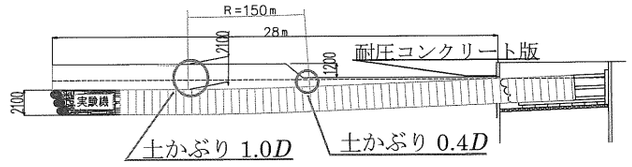


図-6　掘進縦断図

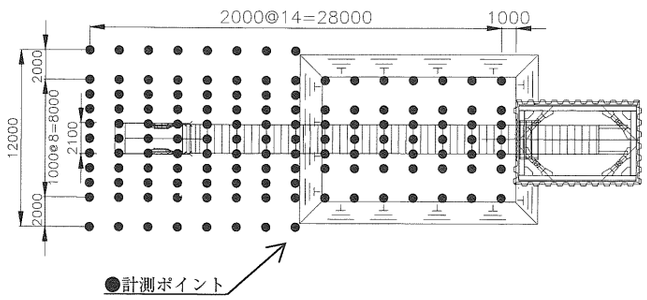


図-7　計測ポイント配置平面図

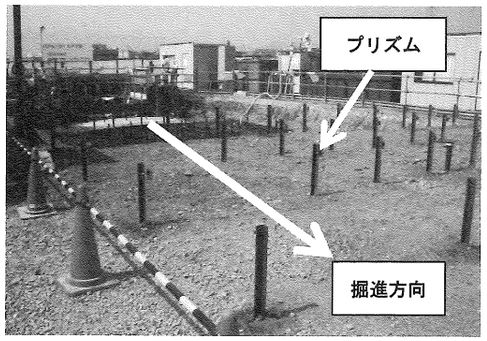


写真-10　計測ポイント設置状況

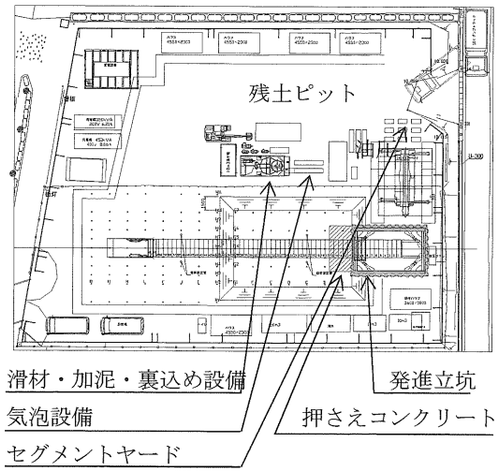


図-8　地上設備配置図

4-2-5　掘削時

発進坑口に矩形のエントランスを設置し，発進時から土圧管理を行った．土かぶり150㎜での発進となるため，発進直後に作泥材や裏込め注入材，滑材の地上への噴発が懸念された．そこで，発進部直上の地表面に厚さ100㎜の押さえコンクリート(耐圧コンクリート版)を掘削機進行方向２ｍの延長で設置した．

切羽安定管理は，掘進中チャンバに取り付けた土圧計を常時監視し，スクリューコンベヤの排土量を調整しながら所定の土圧を維持した．

掘進は，上段掘削部を先行して500㎜掘進し，本体と一体構造である下段掘削部は，上段掘削部終了後シールドジャッキを伸張して掘進した．裏込めは可塑状裏込め材を使用し，下段掘進時に即時注入で行った．

計測は地表面変状(地表面沈下量など)，掘削機各機能(カッタトルク，推進力など)，計画線とのずれをおもに測定した．

4-2-6　実証実験結果

実証実験の結果を以下に示す．

(１)　地表面の変状抑制について

小土かぶり0.4D(D=2,100㎜)の地点において最大隆起は切羽通過直後に発生し，シールドテール通過後に収束する傾向が確認された．また土かぶり1.0Dの地点においても上述した傾向とほぼ同様であり，最大変位は10㎜程度ときわめて微小であった．また，2地点ともシールド幅，2.1m範囲内直上に集中し掘削機下方より45°の影響範囲内に収まっている．

これより上段掘削部スライド機構の地表面変状抑制への有効性が確認できた．

図-9，および図-10に地表面測定結果を示す．

(２)　線形管理について

平面および縦断線形について，計画線形に対して，ともに誤差±30㎜以内に収まった．図-11,12に線形出来形図を示す．以上のことより，従来の円形泥土圧式掘削機と同様に線形管理が可能であることが確認できた．

(３)　排土状況について

掘進時にはカッタで掘削された土砂と気泡がパドルスクリューにより十分攪拌され，排土は全掘削延長にわたり順調に排土された．排土からは，土砂の均一な塑性流動性の確保できていることが

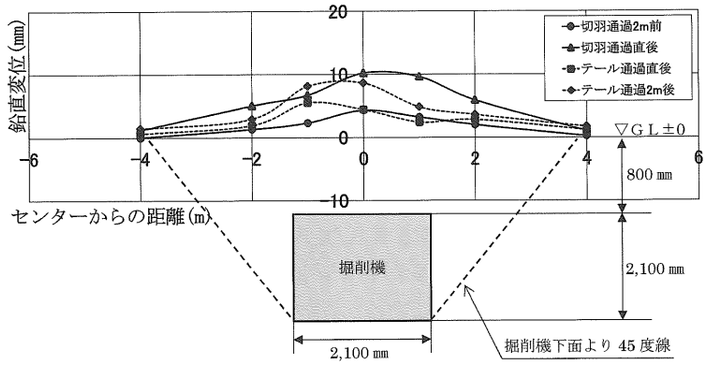


図-9　地表面鉛直変位(土かぶり0.4D)

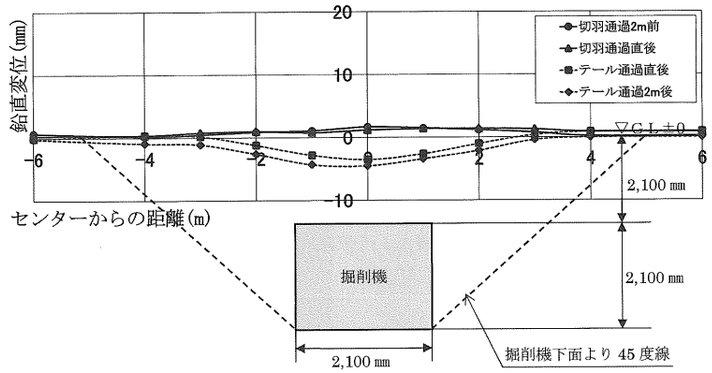


図-10　地表面鉛直変位(土かぶり1.0D)

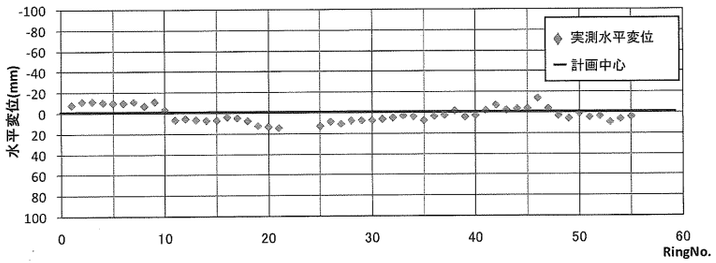


図-11　平面線形出来形図

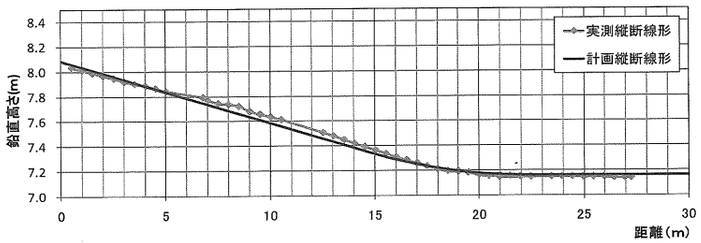


図-12　縦断線形出来形図(セグメント)

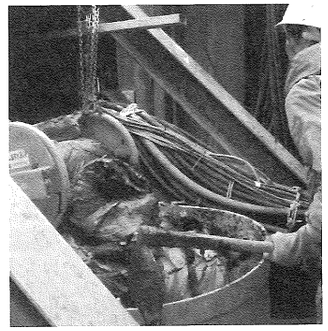


写真-11　排土状況

確認できた．写真-11に排土状況を示す．

⑤　工法の特長

以下に実証実験を踏まえた当工法の特長を記す．

5-1　カッタスライド機構により地表面変状抑制可能

上段カッタスライド機構の採用により，地山の先受け効果を発揮し，地表面の変状抑制が可能である．軟弱地盤，小土かぶりの施工条件下でその効果を確認した．

5-2　従来の泥土圧掘削機同等の線形管理が可能

平面および縦断線形において，計画線形に対して，ともに誤差±30㎜以内に収まっており，従来の泥土圧式掘削機と同等の線形管理が可能である．

5-3　パドルスクリューの強制攪拌で良好な排土を実現

チャンバ内に装備したパドルスクリューは独立して制御可能であり，強制的にチャンバ内全体を攪拌することができる．この攪拌性能の向上により，掘削土と加泥材は効率よく攪拌され，

均一な塑性流動性をもった良好な排土となる．これにより，高い精度でチャンバ内土圧を管理することが可能となる．また，上下に独立した土砂チャンバを保有しているため，チャンバごとに緻密な土圧管理を行うことで，より安定した地山の保持が可能となった．

5-4　シールドタイプと推進タイプの両方に適用可能

パドル・シールド工法で用いる掘削機は，シールドタイプ(実大実証実験)だけでなく，推進タイプ(実工事：地下送水管工事)にも対応できるため，施工距離や条件に柔軟に対応可能である．

5-5　掘削機のコストダウン，製作工期短縮

軸付き横配置カッタの採用により掘削機構を単純化し，モーターなど汎用部品も多く採用したことで，掘削機の製作コストダウン，製作工期短縮が可能となった(実証機では，従来の矩形シールドに対して約30％削減，製作工期は約50％削減)．

⑥ おわりに

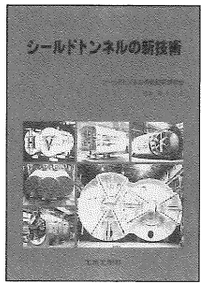
本工法は，上述したように要素実験にて掘削機構を確立したのち，実証実験にて地表面の変状抑制効果や良好な排土状況を確認したうえで，地下送水管工事に適用した．

最後に，本工法を開発するにあたり，共同開発者であるカヤバシステムマシナリー(株)を始め，貴重なご助言，ご指導をいただきました関係者に，誌面を借りて，厚くお礼申し上げます．

(文責：大木智明／清水建設(株))

参考文献

1) 金丸清人・小高宏幸他：矩形断面トンネル構築技術「パドル・シールド工法」の開発(その１)，土木学会第65回年次学術講演会，Ⅵ-470，2010.
2) 金丸清人・小高宏幸他：矩形断面トンネル構築技術「パドル・シールド工法」の開発(その２)，土木学会第65回年次学術講演会，Ⅵ-471，2010.
3) 金丸清人：パドル・シールド工法の開発，建設の施工企画，2010.9.



シールドトンネルの新技術

シールドトンネルの新技術研究会編　代表　鈴木　　章

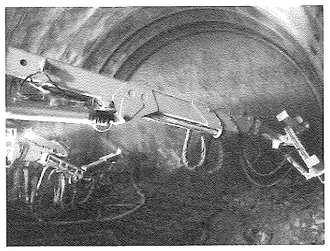
B５判 285頁　本体価格4,660円　〒350円

本書は，最近のシールドトンネルの新技術を実務経験者を中心にまとめたものである．本書の特色は，シールド工法の変遷と将来の技術開発の方向性の現況をまとめたうえで，新技術について調査・計画編，設計・施工編とに分けて，その理論と実際についてソフト，ハードにわたり記載している．また，これらのことを実務にすぐさま活用できるように，付録としてセグメントの設計，地盤変位予測解析，施工計画についての計画・設計例も紹介し，実務者をはじめトンネル技術者のニーズに応えた内容となっている．

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

工法・技術・製品ニュース

工法 吹付けコンクリートの遠隔操作技術を開発



遠隔操作による吹付け状況

(株)熊谷組
経営企画本部 広報部
TEL. 03-3235-8155
http://www.kumagaigumi.co.jp/

熊谷組と西尾レントオールは共同で，山岳トンネル工事の安全性向上と効率化を目指し，無人化施工技術を活用して，作業員が切羽から離れた安全でクリーンな環境下で吹付けコンクリートを施工できる「吹付けコンクリートの遠隔操作技術」を開発したと発表した．

同技術は，切羽作業の遠隔操作化の一環として開発されたもので，エレクター一体型吹付け機に取り付けたモニタカメラの映像を，切羽から離れた場所にある操作室に送信し，作業員は操作室でカメラの映像を確認しながら吹付け機を操作する．吹付け機のエレクターブームに搭載したモニタカメラ２台により，従来の作業員の立ち位置からの視野を確保するほか，キャビン上方に搭載した１台のモニタカメラで吹付け箇所全体を俯瞰しながら吹付け状況を確認する．吹付け機と操作室はLANケーブルで接続される．

鉄道・運輸機構九州新幹線建設局発注の九州新幹線(西九州)，第１岩松トンネル外３箇所他工事において試験施工を行い，同技術を用いた施工の実現性を確認している．

製品 キャタピラーから新型モータグレーダ



キャタピラージャパン(株)
GCI Marketing Innovation
TEL. 03-5717-1292
http://www.caterpillar.com/

キャタピラージャパンは，オフロード法2014年基準(少数特例)に適合する環境性能を備えたCat®16M3モータグレーダを発売した．

同機は，従来機から採用しているジョイスティックレバーを引続き搭載．旋回(ステアリング)，前後進切替え，作業機操作などを２本のジョイスティックレバーに機能を集約し，オペレータの作業効率を向上させた．また，Cat® プロダクトリンク，Cat® グレードコントロールなどの新たな技術を搭載したのに加えて，先進の排出ガスクリーン化技術により，オフロード法2014年基準(少数特例)に適合する環境性能を備えている．

情報化施工にも対応し，情報化施工に必要な配線やセンサなどを工場出荷時にあらかじめ装備することで，情報化施工を導入する際に簡単に後付け可能となっている．

製品 ユーザーフレンドリーな超小旋回型ミニショベル



日立建機(株)
ブランド・コミュニケーション本部
広報戦略室 広報・IR部 広報グループ
TEL. 03-5826-8152
http://www.hitachi-kenki.co.jp/

日立建機は，新型ミニショベルZX20UR-5A(標準バケット容量0.07 m³，機械質量1,990kg)を発売した．

同機は，フロントレバー操作方式に油圧パイロット式を採用したのに加え，高効率油圧システムの採用により燃費効率を，従来機に比べ９％向上させ，作業性・操作性を向上させた．また，左右のレバースタンド間隔を広げ，上位クラスのZX30UR-5Bと同幅にし，シートスライド機能を完備したほか，フロアマット位置を従来機より低くしたことで，スムーズな乗降が可能となるなど，高い居住性を実現した．

上下スライド式エンジンカバーおよびワイドオープンカバーの採用により，メンテナンスが容易で，冷却装置(ラジエータ，オイルクーラ)を並列に配置することで，清掃性と冷却性を向上させるなど，整備性も高めた．

一般社団法人
日本トンネル技術協会
会報

1. 会員の現状

	7月31日現在
個人会員	911名
団体会員	204名
推薦会員	205名
特別会員	8名
名誉会員	4名
賛助会員	222名
合　計	1,554名

2. 委員会の開催状況（7月1日～31日）

①運営広報委員会関係

◎総務委員会

・広報小委員会

会誌WG(7/6)

小山幸則主査ほか13名，8月号の会誌と3か月計画を検討

・トンネル関係技術者資格制度準備会(7/12)

砂金伸治座長ほか11名，実施方法を検討

◎国際委員会

・ITA統括WG(7/1)

砂金伸治主査ほか16名，WTC2016に関連する報告会開催などの検討

・海外文献小委員会

海外ニュースWG(7/28)

佐々木養一主査ほか8名，海外文献の査読

計　4回開催　52名出席

②調査研究委員会関係

◎技術委員会

・技術委員会打合せ(7/6)

居相好信委員ほか5名，ODA工事の課題を検討

・シールドアセスメント検討WG(7/27)

中川宏主査ほか8名，関係法令の確認結果を検討

◎受託研究特別委員会

・長期耐久性特別委員会

幹事会(7/1)

松岡茂幹事長ほか21名，報告書原稿を検討

・東西線木場駅改良土木工事に関する検討技術委員会(7/4)

小泉淳委員長ほか29名，既設構造物の計測計画ほかを検討

・保守管理小委員会(7/15)

淺見郁樹委員長ほか15名，講習会対策および新規テーマを検討

計　4回開催　83名出席

合計　8回開催　135名出席

新刊図書案内

■都市部近接施工ガイドライン《図書番号201504》
平成28年1月(A4判　370頁)
頒布価格：個人会員 4,500円，団体会員 5,000円
一　般 6,000円

■シールド技術変遷史《図書番号201505》
平成28年3月(A4判　315頁)
頒布価格：個人会員 6,000円，団体会員 7,000円
一　般 9,000円

■トンネル年報2016《図書番号201601》
平成28年6月(A4判　116頁)
頒布価格：個人会員 2,000円，団体会員 2,000円
一　般 3,000円
＊トンネル工事記録のみのCD-R版
頒布価格：個人会員 10,000円，団体会員 10,000円
一　般 15,000円

■Tunnelling Activities in Japan 2016
《図書番号201602》
平成28年5月(A4判　29頁)
頒布価格：個人会員 3,000円，団体会員 3,000円
一　般 3,600円

■第78回施工体験発表(山岳)テキスト
《図書番号201603》
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―
平成28年6月，CD-R版　頒布価格：5,000円

■第79回施工体験発表(都市)テキスト
《図書番号201604》
市街地における地下構造物の新設および改良工事―近接，拡幅，再構築等の施工事例―
平成28年6月，CD-R版　頒布価格：5,000円

※1 頒布価格は消費税込みです．送料は実費負担となります．

※2 掲載内容，お申し込み方法などの詳細は協会ホームページをご参照ください．

3. 国際会議の開催予定

会議名	開催日	場所	主催者等
第43回ITA総会およびコングレス「Surface problems -Underground solutions」	2017．6．9～15	ベルゲン（ノルウェー）	Norwegian Tunnelling Society, ITA(国際トンネル協会) http://www.wtc2017.no/
第44回ITA総会およびコングレス「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
第45回ITA総会およびコングレス「Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art」	2019．5．3～9	ナポリ（イタリア）	Italian Tunnelling Society, ITA(国際トンネル協会) http://www.societaitalianagallerie.it/Prj/Hom.asp

＊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28年度催物開催現況

（平成28年7月現在）

催物名	開催日	人数	場所	CPD取得単位
(現場見学会)				
横浜市下水道トンネル現場研修会(磯子トンネル)	2016．5.20	21	神奈川	2.0
新東名高速道路トンネル建設工事現場研修会(羽根トンネル)	2016．6.28	25	神奈川	2.5
北海道トンネル建設工事現場研修会	2016．7.28	22	北海道	4.8
新北陸トンネル建設工事現場研修会(葉原・大桐・奥野々工事)	**2016．8.26**	**25**	**福　井**	**4.0**
(施工体験発表会)				
第78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―」	2016．6.22	169	東　京	5.9
第79回(都市)「市街地における地下構造物の新設および改良工事―近接，拡幅，再構築等の施工事例―」	2016．6.23	111	東　京	4.3
(講習会)				
都市トンネルのための地盤改良講習会	2016．5.18	44	東　京	5.7
第2回トンネル維持管理業務講習会(基礎編)	**2016．9．2**	**40**	**東　京**	**6.3**

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閲覧ください．　http://www.japan-tunnel.org/event_japan

10月号予告[10月1日発売予定]

- ●名古屋市都市計画道路椿町線
- ●新東名高速道路　臼子トンネル・稲木トンネル
- ●九州横断道　高木トンネル
- ●ICTによる地下鉄トンネル維持管理システムの構築
- ●山岳トンネルの設計と現場との乖離(2)
  【連載講座】
- ●トンネル新技術への挑戦(11)

＊内容等は変更になる場合がございます

編集後記

◆本号が発刊されるころにはリオでのオリンピックも終わり，パラリンピックが開催されているころです．4年後の2020年のオリンピック・パラリンピックが東京で開催されることもあり，今大会は競技以外にも施設や運営などに関心があったのではないでしょうか．今大会が始まる前は，会場の建設が間に合うのか，治安は大丈夫なのか，「ジカ熱」などの感染症は大丈夫なのか，など4年に一度のスポーツの祭典が始まる高揚感よりも，不安な要素が先行していました．大会が始まってからは，国の威信をかけた熱い戦いに多くの感動と勇気をもらいましたが，「ジカ熱」を恐れ，出場を辞退した世界ランクが上位の選手も数多くいたり，ロシアのドーピングの問題も加わり，先行きが不安のまま大会が始まったことが残念でした．

◆これからわれわれは，4年後の東京オリンピック・パラリンピックに向け，メイン会場となる国立競技場や選手村の建設をはじめ，ソフト・ハード両面の課題を，一つひとつクリアにして「さすが日本」と世界に認められるような最高の舞台を提供しなければなりません．また，このような国際的イベントは，世界に発信されるため，グローバル化してきた現代にとって千載一遇のチャンスでもあります．この機会にどんどん日本の技術を紹介し「技術の日本」をアピールできればよいと思います．さらに，大会が終了しても，もう一度日本に行きたいと思われるように「日本の素晴らしさ」や「おもてなしの精神」を紹介できたら良いと思います．

(K.Y)

★購読の申し込み，または，送付先変更などの問い合わせは(株)土木工学社までご連絡ください．
★(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47巻 第9号〔通巻553号〕
ISSN 0285-631X
Tonneru to chika
平成28年8月20日　印刷
平成28年9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．

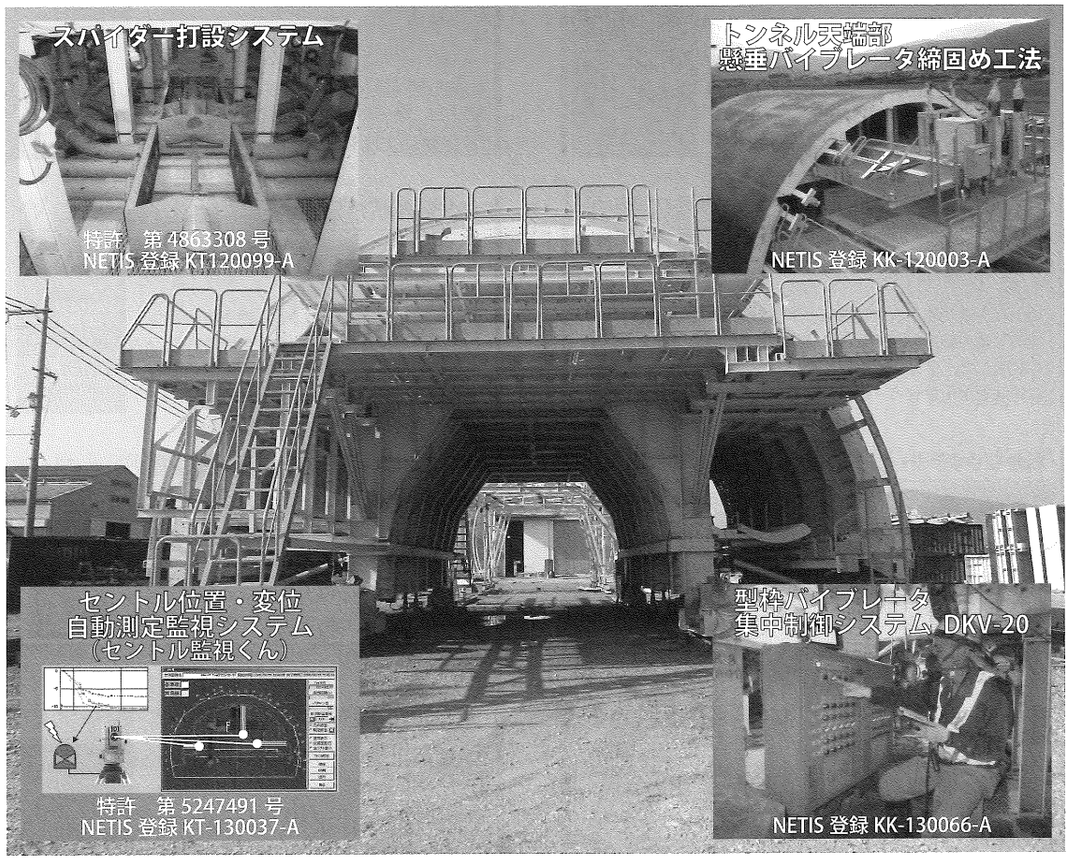
購読料
1冊　1,620円(送料110円)
　　(本体価格　1,500円)
1年　15,000円(前納)
振替　00110-8-190072

本誌広告のお申し込み方法

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

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

トンネル二次覆工型枠総合メーカー



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	28	0
NEXCO	6	1
地方自治体	25	4
鉄道・運輸機構	1	0

平成28年4月1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

図書案内

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.

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.

わかりやすいトンネルの発破技術



山田隆昭　監修
1,500円＋税　B5判

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

多様化するシールド掘進技術



シールド工法技術協会　監修
2,500円＋税　B5判

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

推進工法の理論と実際



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

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

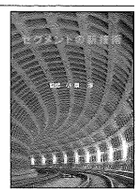
わかりやすい土木地質学



大島洋志　監修
2,500円＋税　B5判

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

セグメントの新技術



小泉　淳　監修
2,000円＋税　B5判

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

続 きみの庭にも温泉が出る



石井康夫・俣野恭寛　共著
1,200円＋税　新書判

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

建設工事の保安地質学〔改訂版〕



石井康夫　著
6,000円＋税　A5判

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

地質工学概論



菊地宏吉　著
4,757円＋税　B5判

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

地下水の科学Ⅰ～Ⅲ(全3巻)



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

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

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

株式会社 土木工学社

シールドトンネルの新技術



シールドトンネルの新技術研究会　編
4,660円＋税　B5判

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

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術



ジェオフロンテ研究会　編
14,573円＋税　B5判

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

ジオテキスタイル設計マニュアル



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

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

岩盤地下空洞の設計と施工



E.フック・E.T.ブラウン　共著，
小野寺透・吉中龍之進・斉藤正忠・
北川　隆　共訳
9,800円＋税　B5判

岩盤内に地下空洞の設計を行うための地盤工学上の基本的事項について詳述した.

建設工事の地質診断と処方



石井康夫・矢嶋壯吉　共著
4,300円＋税　A5判

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

トンネル工事の衛生と環境保全



臼谷三郎・橋本康孝・友田　孝　共著
3,200円＋税　A5判

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

岩盤の計測と解析



鈴木　光　著
4,200円＋税　A5判

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

わかりやすいトンネル技術入門〈都市トンネル編〉



橋本定雄・松本崇義・松本正敏　共著
2,800円＋税　A5判

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

海洋資源開発



稲田善紀　著
3,400円＋税　A5判

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

トンネルと地下



1,500円＋税　B5判　月刊(毎月1日発売)

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

書籍のお申し込み

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

(株)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

TKK

トンネル・地下工事で使用される資・機材のリース・販売。確かな技術と豊富な実績で様々なニーズにお応えいたします。

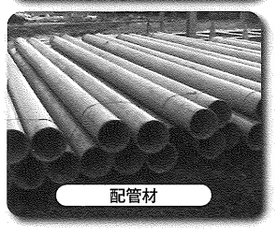
東京機材工業は創業以来、国内外のプロジェクトにおいて資・機材の受注製作はもとより、各種多彩なリースや保守管理も担っております。ご要望や用途に応じた資・機材の検討から納品まで一貫体制をとっており、的確できめ細か、かつ迅速に対応できる体制を整えております。

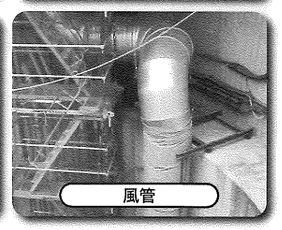

バッチャープラント


30tターンテーブル


タイヤ泥落とし装置


トンネル支保工材


配管材


風管

主な取扱商品

受注製作品　支保工材、架設架台
鋼構造物、風管 他

リース商品　バッチャープラント、ターンテーブル
タイヤ泥落し装置、水処理装置
配管材、汎用機材各種 他

全国7か所の機材センターから、必要なものを必要なタイミングで提供する体制を整えています。


野田機材センター第一


野田機材センター第二


野田機材センター第三


東北第一機材センター

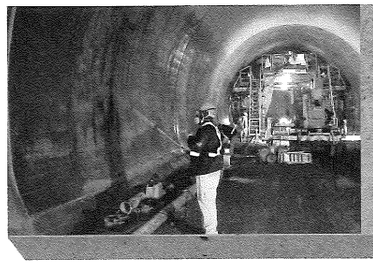

名古屋機材センター


大阪機材センター


九州機材センター

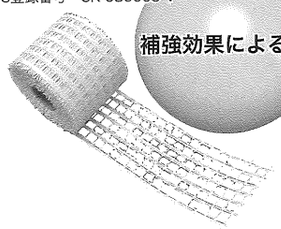
TKK 東京機材工業株式会社
http://www.t-kizai.co.jp

本　社　〒103-0022 東京都中央区日本橋室町1-9-12 共同ビル3階　TEL 03-3245-1001 FAX 03-3245-0160
大阪支店　〒541-0042 大阪府大阪市中央区今橋3-2-20 洪庵日生ビル8階　TEL 06-6121-6261 FAX 06-6121-6241
東北支店　〒980-0023 宮城県仙台市青葉区北目町1-18 ピースビル北目町4階　TEL 022-738-7011 FAX 022-748-7881
九州支店　〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前2-2-1 福岡センタービル8階　TEL 092-432-0501 FAX 092-432-0504
名古屋営業所　〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦2-19-1 名古屋鴻池ビルディング13階　TEL 052-228-6441 FAX 052-228-6442



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

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



補強効果によるひび割れ幅低減

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

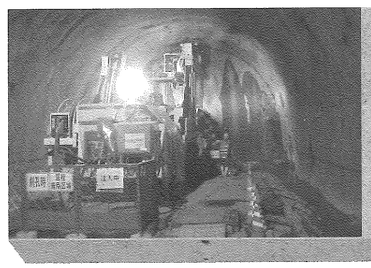


コンクリート収縮抑制

養生効果

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





様々な現場で力を発揮する注入材、裏込材“最適な選択をご提供”

注入材	超微粒子注入材	太平洋アロフィクスMC
	瞬結工法用無機懸濁型 土質安定材・下水道止水材	太平洋アロフィクスMC2号
	注入式長尺先受工法用注入材	太平洋スーパーハード
	注入式長尺先受工法用注入材	太平洋スーパーファスナー
裏込材	プレミックス裏込用充填材	太平洋フォルトカバー

太平洋マテリアル株式会社
〒135-0064東京都江東区青海 2-4-24　青海フロンティアビル 15F
http://www.taiheiyo-m.co.jp
営業本部　TEL.03-5500-7510　FAX.03-5500-7542

トンネルと地下　平成28年9月1日発行第47巻第9号
出版元　株式会社土木工学社　東京都新宿区岩戸町16番地メイジャー神楽坂

デンカのトンネル関連技術

おかげさまでデンカは昨年創立１００年周年を迎えました。
私たちデンカのしごとは化学のチカラでさまざまな「できる」をつくりだすこと。
人に、社会に、世界に貢献する ものづくり企業として次の１００年へと前進していきます。

デンカが誇る信頼の急結剤「デンカナトミック」

驚異の低粉じん吹付けが可能！
『デンカクリアショット工法』 KT-080020VR

・ハイブリッド急結剤により、「低粉じん」と「確かな初期強度発現性」を両立！ 労働環境、作業性、安全性が向上！
・再利用可能なリターナブルコンテナを使用するため、廃棄物削減による環境負荷を低減します！
・付着性が高く、跳ね返りが少ない！
・日本国内ですでに数十本ものトンネル工事現場で採用実績のある信頼性の高い吹付け工法です！

クリアショット吹付け状況（２ノズル吹付け）



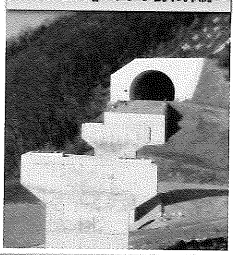
写真提供：宮古盛岡横断道路 新区界トンネル工事

覆工コンクリートの品質向上技術

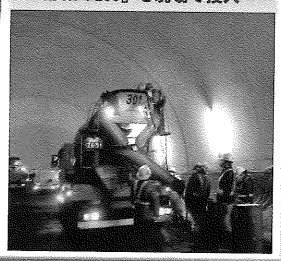
トンネル覆工ひび割れ抑制に
『デンカパワーCSA TYPE-T』 KT-130059A
・トンネル専用膨張材
・乾燥収縮、温度ひび割れ抑制に

後添加型中流動コンクリート混和剤
『ADVA-PLUS』 JIS A 6204適合
・過大な粘性を与えることなく、分離抵抗性を向上します

『ＣＳＡ』でひび割れ抑制



『ADVA-PLUS』を現場で投入

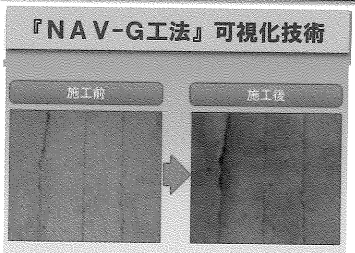


その他 トンネル関連技術・製品

可視型はく落防止工法（NEXCO規格対応工法）
『NAV－G工法』 KT-100023A
・アクリル系樹脂の特徴である速硬化性、低温硬化性で、寒冷地、時間制限のある工事で工期の短縮が可能
・透明度の高いFRPを形成し、施工後も目視観察が可能

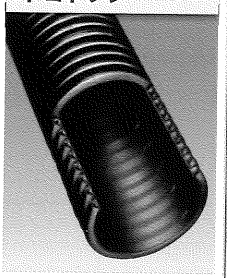
トンネル中央排水工・裏面排水工 コルゲート管
『トヨドレン』
・ポリエチレン樹脂製で腐食に強く耐衝撃性に優れます

『ＮＡＶ-Ｇ工法』可視化技術



繊維シート貼付け後も、
ひび割れの経過観察が可能です

トヨドレン



できるをつくる。 Denka

デンカ株式会社
東京都中央区日本橋室町2-1-1　日本橋三井タワー
www.denka.co.jp　Tel: 03-5290-5358

定価 1,620円
本体価格1,500円
雑誌06619-9
4910066190965
01500